НАЧИНАЕМ ПРОГРАММИРОВАТЬ НА >>> PYTHON®

5-Е ИЗДАНИЕ



bhv®

+ Материалы на www.bhv.ru

ТОНИ ГЭДДИС

STARTING OUT WITH

PYTHON®

FIFTH EDITION

STARTING OUT WITH

PYTHON®

FIFTH EDITION

Tony Gaddis
Haywood Community College

Pearson

ТОНИ ГЭДДИС

НАЧИНАЕМ ПРОГРАММИРОВАТЬ НА >>> PYTHON®

5-Е ИЗДАНИЕ

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2022

УДК 004.438 Python
ББК 32.973.26-018.1
Г98

Гэддис Т.

Г98 Начинаем программировать на Python. — 5-е изд.: Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2022. — 880 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-6803-6

Изложены принципы программирования, с помощью которых читатель приобретет навыки алгоритмического решения задач на языке Python, даже не имея опыта программирования. Дано краткое введение в компьютеры и программирование. Рассмотрен ввод, обработка и вывод данных, управляющие структуры и булева логика, структуры с повторением, функции, файлы и исключения, списки и кортежи, строковые данные, словари и множества, классы и ООП, наследование, рекурсия, программирование интерфейса, функциональное программирование и др.

Для облегчения понимания сути алгоритмов широко использованы блок-схемы, псевдокод и другие инструменты. Приведено большое количество сжатых и практичных примеров программ. В каждой главе предложены тематические задачи с пошаговым анализом их решения.

В пятом издании добавлена глава о программировании баз данных.

Для начинающих программистов,
старших школьников и студентов первых курсов

УДК 004.438 Python
ББК 32.973.26-018.1

Группа подготовки издания:

Руководитель проекта	*Евгений Рыбаков*
Зав. редакцией	*Людмила Гауль*
Компьютерная верстка	*Ольги Сергиенко*
Оформление обложки	*Зои Канторович*

Authorized translation from the English language edition, entitled Starting Out wth Python, 5th Edition, by Tony Gaddis, published by Pearson Education, INC, publishing as Prentice Hall. Copyright © 2021 by Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc. Russian language edition published by LLC "BHV". Copyright © 2022.

Авторизованный перевод англоязычного издания под названием Starting Out with Python, 5th Edition, by Tony Gaddis, опубликованного Pearson Education, Inc. и подготовленного к изданию Prentice Hall. © 2021 Pearson Education, Inc.

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, если на то нет разрешения Pearson Education, Inc. Перевод на русский язык «БХВ», © 2022.

Подписано в печать 03.03.22.
Формат 84×108 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 92,4.
Тираж 2000 экз. Заказ № 3681.
"БХВ-Петербург", 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО "Принт-М", 142300, М.О., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

ISBN 978-0-13-592903-2 (англ.)
ISBN 978-5-9775-6803-6 (рус.)

© Pearson Education, Inc., 2021
© Перевод на русский язык, оформление.
ООО "БХВ-Петербург", ООО "БХВ", 2022

Краткое оглавление

Оглавление ..... **XI**

Предисловие **1**
Прежде всего управляющие структуры и только потом классы 1
Изменения в пятом издании 1
Краткий обзор глав 2
Организация учебного материала 6
Структурные элементы и условные обозначения книги 6
Дополнительные материалы 7
Электронный архив 8
Об авторе 8

Глава 1. Введение в компьютеры и программирование **9**
1.1 Введение 9
1.2 Аппаратное и программное обеспечение 10
1.3 Как компьютеры хранят данные 15
1.4 Как программа работает 20
1.5 Использование языка Python 28
Вопросы для повторения 32
Упражнения 36

Глава 2. Ввод, обработка и вывод **38**
2.1 Проектирование программы 38
2.2 Ввод, обработка и вывод 43
2.3 Вывод данных на экран при помощи функции *print* 43
2.4 Комментарии 46
2.5 Переменные 47
2.6 Чтение входных данных с клавиатуры 57
2.7 Выполнение расчетов 61
2.8 Конкатенация строковых литералов 74
2.9 Подробнее об инструкции *print* 76
2.10 Вывод на экран форматированного результата с помощью f-строк 79
2.11 Именованные константы 88
2.12 Введение в черепашью графику 90
Вопросы для повторения 118
Упражнения по программированию 124

Глава 3. Структуры принятия решения и булева логика **128**
3.1 Инструкция *if* 128
3.2 Инструкция *if-else* 136
3.3 Сравнение строковых значений 140
3.4 Вложенные структуры принятия решения и инструкция *if-elif-else* 144
3.5 Логические операторы 152

3.6 Булевы переменные ... 159
3.7 Черепашья графика: определение состояния черепахи ... 160
Вопросы для повторения ... 168
Упражнения по программированию ... 172

Глава 4. Структуры с повторением ... 179
4.1 Введение в структуры повторения ... 179
4.2 Цикл *while*: цикл с условием повторения ... 180
4.3 Цикл *for*: цикл со счетчиком повторений ... 187
4.4 Вычисление нарастающего итога ... 198
4.5 Сигнальные метки ... 202
4.6 Циклы валидации входных данных ... 204
4.7 Вложенные циклы ... 208
4.8 Черепашья графика: применение циклов для рисования узоров ... 215
Вопросы для повторения ... 219
Упражнения по программированию ... 222

Глава 5. Функции ... 226
5.1 Введение в функции ... 226
5.2 Определение и вызов функции без возврата значения ... 229
5.3 Проектирование программы с использованием функций ... 234
5.4 Локальные переменные ... 241
5.5 Передача аргументов в функцию ... 243
5.6 Глобальные переменные и глобальные константы ... 252
5.7 Введение в функции с возвратом значения: генерирование случайных чисел ... 256
5.8 Написание функций с возвратом значения ... 267
5.9 Математический модуль *math* ... 281
5.10 Хранение функций в модулях ... 284
5.11 Черепашья графика: модуляризация кода при помощи функций ... 290
Вопросы для повторения ... 296
Упражнения по программированию ... 302

Глава 6. Файлы и исключения ... 308
6.1 Введение в файловый ввод и вывод ... 308
6.2 Применение циклов для обработки файлов ... 325
6.3 Обработка записей ... 332
6.4 Исключения ... 345
Вопросы для повторения ... 358
Упражнения по программированию ... 362

Глава 7. Списки и кортежи ... 365
7.1 Последовательности ... 365
7.2 Введение в списки ... 365
7.3 Нарезка списка ... 374
7.4 Поиск значений в списках при помощи инструкции *in* ... 377
7.5 Методы обработки списков и полезные встроенные функции ... 379
7.6 Копирование списков ... 386
7.7 Обработка списков ... 388
7.8 Включение в список ... 401
7.9 Двумерные списки ... 404
7.10 Кортежи ... 408
7.11 Построение графиков с данными списков при помощи пакета *matplotlib* ... 410
Вопросы для повторения ... 427
Упражнения по программированию ... 432

Глава 8. Подробнее о строковых данных ... 436
8.1 Базовые строковые операции ... 436
8.2 Нарезка строковых значений ... 443
8.3 Проверка, поиск и манипуляция строковыми данными ... 448
Вопросы для повторения ... 464
Упражнения по программированию ... 467

Глава 9. Словари и множества ... 472
9.1 Словари ... 472
9.2 Множества ... 498
9.3 Сериализация объектов ... 512
Вопросы для повторения ... 518
Упражнения по программированию ... 524

Глава 10. Классы и объектно-ориентированное программирование ... 528
10.1 Процедурное и объектно-ориентированное программирование ... 528
10.2 Классы ... 531
10.3 Работа с экземплярами ... 548
10.4 Приемы конструирования классов ... 571
Вопросы для повторения ... 582
Упражнения по программированию ... 585

Глава 11. Наследование ... 590
11.1 Введение в наследование ... 590
11.2 Полиморфизм ... 604
Вопросы для повторения ... 611
Упражнения по программированию ... 613

Глава 12. Рекурсия ... 615
12.1 Введение в рекурсию ... 615
12.2 Решение задач на основе рекурсии ... 618
12.3 Примеры алгоритмов на основе рекурсии ... 621
Вопросы для повторения ... 629
Упражнения по программированию ... 632

Глава 13. Программирование графического пользовательского интерфейса ... 633
13.1 Графические интерфейсы пользователя ... 633
13.2 Использование модуля *tkinter* ... 635
13.3 Вывод текста с помощью виджетов *Label* ... 639
13.4 Упорядочение виджетов с помощью рамок *Frame* ... 649
13.5 Виджеты *Button* и информационные диалоговые окна ... 651
13.6 Получение входных данных с помощью виджета *Entry* ... 655
13.7 Применение виджетов *Label* в качестве полей вывода ... 657
13.8 Радиокнопки и флаговые кнопки ... 665
13.9 Виджеты *Listbox* ... 671
13.10 Рисование фигур с помощью виджета *Canvas* ... 691
Вопросы для повторения ... 711
Упражнения по программированию ... 715

Глава 14. Программирование баз данных ... 718
14.1 Системы управления базами данных ... 718
14.2 Таблицы, строки и столбцы ... 720
14.3 Открытие и закрытие соединения с базой данных с помощью SQLite ... 724
14.4 Создание и удаление таблиц ... 727
14.5 Добавление данных в таблицу ... 731
14.6 Запрос данных с помощью инструкции SQL *SELECT* ... 739

14.7 Обновление и удаление существующих строк 754
14.8 Подробнее о первичных ключах 761
14.9 Обработка исключений базы данных 765
14.10 Операции CRUD 767
14.11 Реляционные данные 775
Вопросы для повторения 791
Упражнения по программированию 798

Приложение 1. Установка Python 803
Скачивание Python 803
Установка Python 3.*x* в Windows 803

Приложение 2. Введение в среду IDLE 805
Запуск среды IDLE и использование оболочки Python 805
Написание программы Python в редакторе IDLE 807
Цветовая разметка 808
Автоматическое выделение отступом 808
Сохранение программы 809
Выполнение программы 809
Другие ресурсы 810

Приложение 3. Набор символов ASCII 811

Приложение 4. Предопределенные именованные цвета 812

Приложение 5. Подробнее об инструкции *import* 817
Импортирование конкретной функции или класса 817
Импорт с подстановочным символом 818
Использование псевдонимов 818

Приложение 6. Форматирование числовых результатов с помощью функции *format()* 820
Форматирование в научной нотации 821
Вставка запятых в качестве разделителей 822
Указание минимальной ширины поля 822
Процентный формат чисел с плавающей точкой 824
Форматирование целых чисел 824

Приложение 7. Установка модулей при помощи менеджера пакетов *pip* 825

Приложение 8. Ответы на вопросы в *Контрольных точках* 826
Глава 1 826
Глава 2 827
Глава 3 829
Глава 4 831
Глава 5 832
Глава 6 834
Глава 7 836
Глава 8 838
Глава 9 839
Глава 10 840
Глава 11 841
Глава 12 842
Глава 13 842
Глава 14 844

Предметный указатель 847

Оглавление

Краткое оглавление ..... **VII**

Предисловие **1**
Прежде всего управляющие структуры и только потом классы 1
Изменения в пятом издании 1
Краткий обзор глав 2
Организация учебного материала 6
Структурные элементы и условные обозначения книги 6
Дополнительные материалы 7
Онлайновые учебные ресурсы 7
Ресурсы для преподавателя 7
Электронный архив 8
Об авторе 8

Глава 1. Введение в компьютеры и программирование **9**
1.1 Введение 9
1.2 Аппаратное и программное обеспечение 10
Аппаратное обеспечение 10
Центральный процессор 11
Основная память 13
Вторичные устройства хранения 13
Устройства ввода 14
Устройства вывода 14
Программное обеспечение 14
Системное программное обеспечение 14
Прикладное программное обеспечение 15
1.3 Как компьютеры хранят данные 15
Хранение чисел 16
Хранение символов 18
Хранение чисел повышенной сложности 19
Другие типы данных 19
1.4 Как программа работает 20
От машинного языка к языку ассемблера 23
Высокоуровневые языки 23
Ключевые слова, операторы и синтаксис: краткий обзор 25
Компиляторы и интерпретаторы 26
1.5 Использование языка Python 28
Установка языка Python 28
Интерпретатор языка Python 28
Интерактивный режим 29
Написание программ Python и их выполнение в сценарном режиме 30
Среда программирования IDLE 31

Вопросы для повторения ... 32
Множественный выбор ... 32
Истина или ложь ... 35
Короткий ответ ... 36
Упражнения ... 36

Глава 2. Ввод, обработка и вывод ... 38
2.1 Проектирование программы ... 38
Цикл проектирования программы ... 38
Подробнее о процессе проектирования ... 39
Понять задачу, которую программа должна выполнить ... 39
Определить шаги, необходимые для выполнения задачи ... 40
Псевдокод ... 41
Блок-схемы ... 41
2.2 Ввод, обработка и вывод ... 43
2.3 Вывод данных на экран при помощи функции *print* ... 43
Строковые данные и строковые литералы ... 44
2.4 Комментарии ... 46
2.5 Переменные ... 47
Создание переменных инструкцией присваивания ... 48
Правила именования переменных ... 51
Вывод нескольких значений при помощи функции *print* ... 52
Повторное присваивание значений переменным ... 53
Числовые типы данных и числовые литералы ... 54
Хранение строковых данных с типом *str* ... 55
Повторное присвоение переменной значения другого типа ... 55
2.6 Чтение входных данных с клавиатуры ... 57
Чтение чисел при помощи функции *input* ... 58
2.7 Выполнение расчетов ... 61
В центре внимания Вычисление процентов ... 63
Деление с плавающей точкой и целочисленное деление ... 64
Приоритет операторов ... 65
Группирование при помощи круглых скобок ... 66
В центре внимания Вычисление среднего арифметического значения ... 66
Оператор возведения в степень ... 68
Оператор остатка от деления ... 68
Преобразование математических формул в программные инструкции ... 69
В центре внимания Преобразование математической формулы в программную инструкцию ... 70
Смешанные выражения и преобразование типов данных ... 72
Разбиение длинных инструкций на несколько строк ... 73
2.8 Конкатенация строковых литералов ... 74
Неявная конкатенация строковых литералов ... 75
2.9 Подробнее об инструкции *print* ... 76
Подавление концевого символа новой строки в функции *print* ... 76
Задание символа-разделителя значений ... 77
Экранированные символы ... 77
2.10 Вывод на экран форматированного результата с помощью f-строк ... 79
Выражения-местозаполнители ... 80
Форматирование значений ... 80
Округление чисел с плавающей точкой ... 80
Вставка запятых в качестве разделителя ... 82
Форматирование числа с плавающей точкой в процентах ... 82

Форматирование в научной нотации ... 83
Форматирование целых чисел ... 83
Указание минимальной ширины поля ... 84
Выравнивание значений ... 85
Порядок следования условных обозначений ... 86
Конкатенация f-строк ... 87
2.11 Именованные константы ... 88
2.12 Введение в черепашью графику ... 90
Рисование отрезков прямой при помощи черепахи ... 90
Поворот черепахи ... 91
Установка углового направления черепахи в заданный угол ... 95
Получение текущего углового направления черепахи ... 96
Поднятие и опускание пера ... 96
Рисование кругов и точек ... 96
Изменение размера пера ... 98
Изменение цвета пера ... 99
Изменение цвета фона ... 99
Возвращение экрана в исходное состояние ... 99
Установление размера графического окна ... 100
Перемещение черепахи в заданную позицию ... 100
Получение текущей позиции черепахи ... 101
Управление скоростью анимации черепахи ... 102
Сокрытие черепахи ... 102
Вывод текста в графическое окно ... 102
Заполнение геометрических фигур ... 104
Получение входных данных с помощью диалогового окна ... 106
Получение строковых входных данных с помощью команды *turtle.textinput* ... 109
Использование *turtle.done()* для оставления графического окна открытым ... 109
В центре внимания Программа "Созвездие Ориона" ... 109
Вопросы для повторения ... 118
Множественный выбор ... 118
Истина или ложь ... 122
Короткий ответ ... 122
Алгоритмический тренажер ... 122
Упражнения по программированию ... 124

Глава 3. Структуры принятия решения и булева логика ... 128
3.1 Инструкция *if* ... 128
Булевы выражения и операторы сравнения ... 130
Операторы >= и <= ... 132
Оператор == ... 132
Оператор != ... 133
Собираем все вместе ... 133
В центре внимания Применение инструкции *if* ... 134
3.2 Инструкция *if-else* ... 136
Выделение отступом в инструкции *if-else* ... 138
В центре внимания Применение инструкции *if-else* ... 138
3.3 Сравнение строковых значений ... 140
Другие способы сравнения строковых значений ... 141
3.4 Вложенные структуры принятия решения и инструкция *if-elif-else* ... 144
Проверка серии условий ... 148
В центре внимания Многочисленные вложенные структуры принятия решения ... 148
Инструкция *if-elif-else* ... 150

3.5 Логические операторы 152
Оператор *and* 153
Оператор *or* 153
Вычисление по укороченной схеме 154
Оператор *not* 154
Пересмотренная программа одобрения на получение ссуды 155
Еще одна программа об одобрении ссуды 156
Проверка числовых диапазонов при помощи логических операторов 157
3.6 Булевы переменные 159
3.7 Черепашья графика: определение состояния черепахи 160
Определение позиции черепахи 160
Определение углового направления черепахи 160
Определение положения пера над холстом 160
Определение видимости черепахи 161
Определение текущего цвета 161
Определение размера пера 162
Определение скорости анимации черепахи 162
В центре внимания Игра "Порази цель" 163
Вопросы для повторения 168
Множественный выбор 168
Истина или ложь 170
Короткий ответ 170
Алгоритмический тренажер 171
Упражнения по программированию 172

Глава 4. Структуры с повторением 179
4.1 Введение в структуры повторения 179
Циклы с условием повторения и со счетчиком повторений 180
4.2 Цикл *while*: цикл с условием повторения 180
Цикл *while* как цикл с предусловием 183
В центре внимания Проектирование программы с циклом *while* 185
Бесконечные циклы 186
4.3 Цикл *for*: цикл со счетчиком повторений 187
Применение функции *range* с циклом *for* 190
Использование целевой переменной в цикле 191
В центре внимания Проектирование цикла со счетчиком повторений на основе инструкции *for* 194
Пользовательский контроль итераций цикла 195
Порождение итерируемой последовательности в диапазоне от максимального до минимального значения 197
4.4 Вычисление нарастающего итога 198
Расширенные операторы присваивания 200
4.5 Сигнальные метки 202
В центре внимания Применение сигнальной метки 202
4.6 Циклы валидации входных данных 204
В центре внимания Написание цикла валидации входных данных 206
4.7 Вложенные циклы 208
В центре внимания Применение вложенных циклов для печати комбинаций символов 212
4.8 Черепашья графика: применение циклов для рисования узоров 215
Вопросы для повторения 219
Множественный выбор 219
Истина или ложь 221

Короткий ответ 221
Алгоритмический тренажер 221
Упражнения по программированию 222

Глава 5. Функции 226
5.1 Введение в функции 226
Преимущества модуляризации программы на основе функций 227
Функции без возврата значения и с возвратом значения 228
5.2 Определение и вызов функции без возврата значения 229
Определение и вызов функции 229
Вызов функции 230
Выделение отступом в Python 233
5.3 Проектирование программы с использованием функций 234
Составление блок-схемы программы с использованием функций 235
Нисходящая разработка алгоритма 235
Иерархические схемы 236
В центре внимания Определение и вызов функций 237
Приостановка исполнения до тех пор, пока пользователь не нажмет клавишу <Enter> 239
Использование ключевого слова *pass* 240
5.4 Локальные переменные 241
Область действия и локальные переменные 241
5.5 Передача аргументов в функцию 243
Область действия параметрической переменной 245
В центре внимания Передача аргумента в функцию 245
Передача нескольких аргументов 247
Внесение изменений в параметры 248
Именованные аргументы 250
Смешивание именованных и позиционных аргументов 252
5.6 Глобальные переменные и глобальные константы 252
Глобальные константы 254
В центре внимания Использование глобальных констант 254
5.7 Введение в функции с возвратом значения: генерирование случайных чисел 256
Функции стандартной библиотеки и инструкция *import* 257
Генерирование случайных чисел 258
Вызов функций из f-строки 261
Эксперименты со случайными числами в интерактивном режиме 261
В центре внимания Использование случайных чисел 262
В центре внимания Использование случайных чисел для представления других значений 264
Функции *randrange*, *random* и *uniform* 265
Начальные значения случайного числа 265
5.8 Написание функций с возвратом значения 267
Использование инструкции *return* по максимуму 269
Как использовать функции с возвратом значения? 270
Использование таблиц "ввод-обработка-вывод" 271
В центре внимания Модуляризация функций 272
Возвращение строковых значений 276
Возвращение булевых значений 276
Использование булевых функций в программном коде валидации входных данных 277
Возвращение нескольких значений 278
Возвращение встроенного значения *None* 279
5.9 Математический модуль *math* 281
Значения *math.pi* и *math.e* 283

5.10 Хранение функций в модулях 284
Исполнение функции *main* по условию в модуле 288
5.11 Черепашья графика: модуляризация кода при помощи функций 290
Хранение собственных графических функций в модуле 294
Вопросы для повторения 296
Множественный выбор 296
Истина или ложь 299
Короткий ответ 300
Алгоритмический тренажер 300
Упражнения по программированию 302

Глава 6. Файлы и исключения 308
6.1 Введение в файловый ввод и вывод 308
Типы файлов 310
Методы доступа к файлам 310
Имена файлов и файловые объекты 310
Открытие файла 311
Указание места расположения файла 312
Запись данных в файл 313
Чтение данных из файла 315
Конкатенация символа новой строки со строковым значением 318
Чтение строкового значения и удаление из него символа новой строки 319
Дозапись данных в существующий файл 320
Запись и чтение числовых данных 321
6.2 Применение циклов для обработки файлов 325
Чтение файла в цикле и обнаружение конца файла 326
Применение цикла *for* для чтения строк 328
В центре внимания Работа с файлами 329
6.3 Обработка записей 332
В центре внимания Добавление и вывод записей на экран 336
В центре внимания Поиск записи 338
В центре внимания Изменение записей 340
В центре внимания Удаление записей 342
6.4 Исключения 345
Обработка многочисленных исключений 351
Использование одного выражения *except* для отлавливания всех исключений 353
Вывод заданного по умолчанию сообщения об ошибке при возникновении исключения 354
Выражение *else* 356
Выражение *finally* 357
Что если исключение не обработано? 358
Вопросы для повторения 358
Множественный выбор 358
Истина или ложь 360
Короткий ответ 361
Алгоритмический тренажер 361
Упражнения по программированию 362

Глава 7. Списки и кортежи 365
7.1 Последовательности 365
7.2 Введение в списки 365
Оператор повторения 367
Последовательный обход списка в цикле *for* 368
Индексация 369

Функция *len* 370
Использование цикла *for* для обхода списка по индексу 370
Списки как мутируемые последовательности 371
Конкатенирование списков 372
7.3 Нарезка списка 374
7.4 Поиск значений в списках при помощи инструкции *in* 377
7.5 Методы обработки списков и полезные встроенные функции 379
Метод *append()* 379
Метод *index()* 381
Метод *insert()* 382
Метод *sort()* 383
Метод *remove()* 383
Метод *reverse()* 384
Инструкция *del* 385
Функции *min* и *max* 385
7.6 Копирование списков 386
7.7 Обработка списков 388
В центре внимания Использование элементов списка в математическом выражении 388
Суммирование значений в списке 389
Усреднение значений в списке 390
Передача списка в функцию в качестве аргумента 391
Возвращение списка из функции 392
В центре внимания Обработка списка 393
Случайный выбор элементов списка 396
Работа со списками и файлами 397
7.8 Включение в список 401
Использование условий *if* с операцией включения в список 403
7.9 Двумерные списки 404
7.10 Кортежи 408
В чем смысл? 409
Преобразование между списками и кортежами 410
7.11 Построение графиков с данными списков при помощи пакета *matplotlib* 410
Импорт модуля *pyplot* 411
Построение линейного графика 412
Добавление заголовка, меток осей и сетки 413
Индивидуализация настроек осей *x* и *y* 414
Вывод маркеров в точках данных 418
Построение гистограммы 420
Индивидуальная настройка ширины столбика 421
Изменение цвета столбиков 422
Добавление заголовка, меток осей и индивидуальная настройка подписей меток делений 423
Построение круговой диаграммы 424
Вывод меток долей и заголовка диаграммы 425
Изменение цвета долей 427
Вопросы для повторения 427
Множественный выбор 427
Истина или ложь 430
Короткий ответ 430
Алгоритмический тренажер 431
Упражнения по программированию 432

Глава 8. Подробнее о строковых данных ... 436
8.1 Базовые строковые операции ... 436
Доступ к отдельным символам в строковом значении ... 436
Обход строкового значения в цикле *for* ... 437
Индексация ... 439
Исключения *IndexError* ... 440
Функция *len* ... 440
Конкатенация строковых данных ... 441
Строковые данные как немутируемые последовательности ... 442
8.2 Нарезка строковых значений ... 443
В центре внимания Извлечение символов из строкового значения ... 445
8.3 Проверка, поиск и манипуляция строковыми данными ... 448
Проверка строковых значений при помощи *in* и *not in* ... 448
Строковые методы ... 448
Методы проверки строковых значений ... 449
Методы модификации ... 451
Поиск и замена ... 452
В центре внимания Анализ символов в пароле ... 454
Оператор повторения ... 457
Разбиение строкового значения ... 458
В центре внимания Строковые лексемы ... 459
В центре внимания Чтение CSV-файлов ... 462
Вопросы для повторения ... 464
Множественный выбор ... 464
Истина или ложь ... 466
Короткий ответ ... 466
Алгоритмический тренажер ... 467
Упражнения по программированию ... 467

Глава 9. Словари и множества ... 472
9.1 Словари ... 472
Создание словаря ... 473
Получение значения из словаря ... 473
Применение операторов *in* и *not in* для проверки на наличие значения в словаре ... 474
Добавление элементов в существующий словарь ... 475
Удаление элементов ... 476
Получение количества элементов в словаре ... 477
Смешивание типов данных в словаре ... 477
Создание пустого словаря ... 479
Применение цикла *for* для последовательного обхода словаря ... 479
Несколько словарных методов ... 480
Метод *clear()* ... 480
Метод *get()* ... 481
Метод *items()* ... 481
Метод *keys()* ... 482
Метод *pop()* ... 483
Метод *popitem()* ... 484
Метод *values()* ... 485
В центре внимания Применение словаря для имитации карточной колоды ... 485
В центре внимания Хранение имен и дней рождения в словаре ... 488
Включение в словарь ... 495
Использование условий *if* с операциями включения в словарь ... 497

9.2 Множества 498
Создание множества 499
Получение количества элементов в множестве 500
Добавление и удаление элементов 500
Применение цикла *for* для последовательного обхода множества 502
Применение операторов *in* и *not in* для проверки на принадлежность значения множеству 503
Объединение множеств 503
Пересечение множеств 504
Разность множеств 505
Симметричная разность множеств 505
Подмножества и надмножества 506
В центре внимания Операции над множествами 507
Включение в множество 509
9.3 Сериализация объектов 512
Вопросы для повторения 518
Множественный выбор 518
Истина или ложь 520
Короткий ответ 521
Алгоритмический тренажер 522
Упражнения по программированию 524

Глава 10. Классы и объектно-ориентированное программирование 528
10.1 Процедурное и объектно-ориентированное программирование 528
Возможность многократного использования объекта 529
Пример объекта из повседневной жизни 530
10.2 Классы 531
Определения классов 533
Скрытие атрибутов 538
Хранение классов в модулях 541
Класс *BankAccount* 543
Метод *__str__* 545
10.3 Работа с экземплярами 548
В центре внимания Создание класса *CellPhone* 550
Методы-получатели и методы-мутаторы 553
В центре внимания Хранение объектов в списке 554
Передача объектов в качестве аргументов 556
В центре внимания Консервация собственных объектов 558
В центре внимания Хранение объектов в словаре 560
10.4 Приемы конструирования классов 571
Унифицированный язык моделирования 571
Идентификация классов в задаче 571
Составление описания предметной области задачи 572
Идентификация всех именных групп 572
Уточнение списка именных групп 573
Идентификация обязанностей класса 577
Класс *Customer* 577
Класс *Car* 579
Класс *ServiceQuote* 580
Это только начало 582
Вопросы для повторения 582
Множественный выбор 582
Истина или ложь 584

Короткий ответ 584
Алгоритмический тренажер 585
Упражнения по программированию 585

Глава 11. Наследование 590
11.1 Введение в наследование 590
Обобщение и конкретизация 590
Наследование и отношение "род — вид" 590
Наследование в диаграммах UML 599
В центре внимания Использование наследования 600
11.2 Полиморфизм 604
Функция *isinstance* 607
Вопросы для повторения 611
Множественный выбор 611
Истина или ложь 612
Короткий ответ 612
Алгоритмический тренажер 612
Упражнения по программированию 613

Глава 12. Рекурсия 615
12.1 Введение в рекурсию 615
12.2 Решение задач на основе рекурсии 618
Применение рекурсии для вычисления факториала числа 618
Прямая и косвенная рекурсия 621
12.3 Примеры алгоритмов на основе рекурсии 621
Последовательность Фибоначчи 622
Нахождение наибольшего общего делителя 624
Ханойские башни 625
Рекурсия против циклов 628
Вопросы для повторения 629
Множественный выбор 629
Истина или ложь 630
Короткий ответ 631
Алгоритмический тренажер 631
Упражнения по программированию 632

Глава 13. Программирование графического пользовательского интерфейса 633
13.1 Графические интерфейсы пользователя 633
Программы с GUI, управляемые событиями 634
13.2 Использование модуля *tkinter* 635
13.3 Вывод текста с помощью виджетов *Label* 639
Добавление границ в виджет *Label* 642
Заполнение 643
Добавление внутреннего заполнения 644
Добавление внешнего заполнения 646
Одновременное добавление внутреннего и внешнего заполнения 647
Добавление разного количества внешнего заполнения с каждой стороны 648
13.4 Упорядочение виджетов с помощью рамок *Frame* 649
13.5 Виджеты *Button* и информационные диалоговые окна 651
Создание кнопки выхода из программы 653
13.6 Получение входных данных с помощью виджета *Entry* 655
13.7 Применение виджетов *Label* в качестве полей вывода 657
В центре внимания Создание программы с GUI 661

13.8 Радиокнопки и флаговые кнопки 665
Радиокнопки 665
Использование функций обратного вызова с радиокнопками 668
Флаговые кнопки 668
13.9 Виджеты *Listbox* 671
Задание размера виджета *Listbox* 673
Использование цикла для заполнения виджета *Listbox* 673
Выбор элементов в виджете *Listbox* 674
Извлечение выбранного элемента или элементов 675
Удаление элементов из виджета *Listbox* 677
Исполнение функции обратного вызова, когда пользователь щелкает на элементе виджета *Listbox* 678
В центре внимания Программа часовых поясов 678
Добавление полос прокрутки в виджет *Listbox* 682
Добавление вертикальной полосы прокрутки 682
Добавление только горизонтальной полосы прокрутки 684
Добавление вертикальной и горизонтальной полос прокрутки одновременно 687
13.10 Рисование фигур с помощью виджета *Canvas* 691
Экранная система координат виджета *Canvas* 691
Рисование прямых: метод *create_line()* 693
Рисование прямоугольников: метод *create_rectangle()* 695
Рисование овалов: метод *create_oval()* 697
Рисование дуг: метод *create_arc()* 699
Рисование многоугольников: метод *create_polygon()* 704
Рисование текста: метод *create_text()* 706
Настройка шрифта 708
Вопросы для повторения 711
Множественный выбор 711
Истина или ложь 713
Короткий ответ 714
Алгоритмический тренажер 714
Упражнения по программированию 715

Глава 14. Программирование баз данных 718
14.1 Системы управления базами данных 718
SQL 719
SQLite 719
14.2 Таблицы, строки и столбцы 720
Типы данных в столбцах 721
Первичные ключи 722
Идентификационные столбцы 722
Разрешение использовать значения *null* 723
14.3 Открытие и закрытие соединения с базой данных с помощью SQLite 724
Указание месторасположения базы данных на диске 726
Передача инструкций языка SQL в СУБД 726
14.4 Создание и удаление таблиц 727
Создание таблицы 727
Создание нескольких таблиц 729
Создание таблицы, только если она еще не существует 730
Удаление таблицы 731
14.5 Добавление данных в таблицу 731
Вставка нескольких строк с помощью одной инструкции *INSERT* 734
Вставка нулевых данных 734

Вставка значений переменных 735
Следите за атаками SQL-инъекций 737
14.6 Запрос данных с помощью инструкции SQL *SELECT* 739
Образец базы данных 739
Инструкция *SELECT* 739
Выбор всех столбцов в таблице 743
Указание критериев поиска с помощью выражения *WHERE* 745
Логические операторы языка SQL: *AND*, *OR* и *NOT* 747
Сравнение строковых значений в инструкции *SELECT* 748
Использование оператора *LIKE* 748
Сортировка результатов запроса *SELECT* 750
Агрегатные функции 751
14.7 Обновление и удаление существующих строк 754
Обновление строк 754
Обновление нескольких столбцов 757
Определение числа обновленных строк 757
Удаление строк с помощью инструкции *DELETE* 758
Определение числа удаленных строк 760
14.8 Подробнее о первичных ключах 761
Столбец *RowID* в SQLite 761
Целочисленные первичные ключи в SQLite 762
Первичные ключи, отличные от целочисленных 763
Составные ключи 763
14.9 Обработка исключений базы данных 765
14.10 Операции CRUD 767
В центре внимания Приложение CRUD по ведению учета инвентаря 767
14.11 Реляционные данные 775
Внешние ключи 777
Диаграммы связей между сущностями 778
Создание внешних ключей на языке SQL 779
Поддержка внешних ключей в SQLite 779
Обновление реляционных данных 783
Удаление реляционных данных 783
Извлечение столбцов из нескольких таблиц в инструкции *SELECT* 784
В центре внимания Приложение с GUI для чтения базы данных 786
Вопросы для повторения 791
Множественный выбор 791
Истина или ложь 796
Короткий ответ 796
Алгоритмический тренажер 797
Упражнения по программированию 798

Приложение 1. Установка Python 803
Скачивание Python 803
Установка Python 3.*x* в Windows 803

Приложение 2. Введение в среду IDLE 805
Запуск среды IDLE и использование оболочки Python 805
Написание программы Python в редакторе IDLE 807
Цветовая разметка 808
Автоматическое выделение отступом 808
Сохранение программы 809
Выполнение программы 809
Другие ресурсы 810

Приложение 3. Набор символов ASCII **811**

Приложение 4. Предопределенные именованные цвета **812**

Приложение 5. Подробнее об инструкции *import* **817**
Импортирование конкретной функции или класса 817
Импорт с подстановочным символом 818
Использование псевдонимов 818

Приложение 6. Форматирование числовых результатов с помощью функции *format()* **820**
Форматирование в научной нотации 821
Вставка запятых в качестве разделителей 822
Указание минимальной ширины поля 822
Процентный формат чисел с плавающей точкой 824
Форматирование целых чисел 824

Приложение 7. Установка модулей при помощи менеджера пакетов *pip* **825**

Приложение 8. Ответы на вопросы в *Контрольных точках* **826**
Глава 1 826
Глава 2 827
Глава 3 829
Глава 4 831
Глава 5 832
Глава 6 834
Глава 7 836
Глава 8 838
Глава 9 839
Глава 10 840
Глава 11 841
Глава 12 842
Глава 13 842
Глава 14 844

Предметный указатель **847**

Предисловие

Добро пожаловать в пятое издание книги "Начинаем программировать на Python". В ней изложены принципы программирования, с помощью которых вы приобретете навыки алгоритмического решения задач на языке Python, даже если у вас нет опыта программирования. На доступных для понимания примерах, псевдокоде, блок-схемах и других инструментах вы научитесь разрабатывать алгоритмы и реализовывать их в программах. Книга идеально подходит для вводного курса по программированию или курса программной логики и разработки программного обеспечения на основе языка Python.

Отличительным признаком издания является его ясное, дружественное и легкое для понимания изложение материала. Помимо этого, оно располагает большим количеством сжатых и практичных примеров программ. Программы, в свою очередь, содержат лаконичные примеры, посвященные конкретным темам программирования, а также более развернутые примеры, направленные на решение задач. В каждой главе предложено одно или несколько тематических исследований, которые обеспечивают пошаговый анализ конкретной задачи и демонстрируют обучаемому ее решение.

Прежде всего управляющие структуры и только потом классы

Python — это полностью объектно-ориентированный язык программирования, однако, чтобы начать программировать на нем, обучаемому не обязательно разбираться в понятиях. Книга сначала знакомит с основными принципами хранения данных, консольного и файлового ввода-вывода, управляющими структурами, функциями, последовательностями и списками, а также объектами, которые создаются из классов стандартной библиотеки. Затем обучаемый учится программировать классы, изучает темы наследования и полиморфизма и учится писать рекурсивные функции. И наконец, он приобретает навыки разработки простых событийно-управляемых приложений с графическим пользовательским интерфейсом (graphical user interface, GUI).

Изменения в пятом издании

Четкий стиль написания этой книги остается таким же, как и в предыдущем издании. Тем не менее было внесено много дополнений и улучшений, которые кратко изложены далее.

- **Программирование баз данных.** В этом издании добавлена новая глава о программировании баз данных на SQL и Python с помощью СУБД SQLite (*см. главу 14*).
- **Списки, словари и множества.** В этом издании объясняются операции включения в список, словарь и множество.

- **Обновленные темы о строковых литералах.** Добавлено несколько новых тем, в том числе:
  - в программах, представленных в книге, используются f-строки, которые были введены в Python 3.6, для вывода на экран форматированных данных. В f-строках используется краткий и интуитивно понятный синтаксис, и их легче выучить, чем функцию форматирования. Предыдущий материал о функции форматирования был перенесен в *приложение б*;
  - в *главу 8* добавлено обсуждение строковых лексем (токенов);
  - в *главу 8* добавлен пример чтения и разбора CSV-файлов;
  - обсуждение конкатенации строк в *главе 2* было расширено, чтобы включить неявную конкатенацию соседних строковых литералов.
- **Программирование графического интерфейса.** В *главу 13* было добавлено несколько новых тем о программировании графического интерфейса, в том числе:
  - добавление границ в виджеты;
  - внутреннее и внешнее заполнение;
  - виджеты списков и полосы прокрутки.
- **Черепашья графика.** Добавлены две команды для чтения вводимых пользователем данных с помощью диалоговых окон:
  - `turtle.numinput`;
  - `turtle.textinput`.
- **Случайный выбор элементов списка.** Функция `random.choice()` введена в *главе 7* как способ случайного выбора элементов списка.
- **Новые темы, связанные с функциями.** В *главу 5* было добавлено несколько новых тем, в том числе:
  - введено ключевое слово `pass`;
  - расширенное обсуждение значения `None` и причин, по которым функция может возвращать `None`;
  - в новом издании принята стандартная практика условного выполнения главной функции `main`.

Краткий обзор глав

Глава 1. Введение в компьютеры и программирование

Глава начинается с объяснения в очень конкретной и легкой для понимания форме принципов работы компьютеров, способов хранения и обработки данных, а также причин написания программ на высокоуровневых языках. В ней предлагается введение в язык Python, интерактивный и сценарный режимы работы и среду разработки IDLE.

Глава 2. Ввод, обработка и вывод

Глава знакомит с циклом разработки программ, переменными, типами данных и простыми программами, которые пишутся как последовательности структур. Обучаемый учится писать простые программы, способные считывать данные с клавиатуры, выполнять матема-

тические операции и выводить результаты на экран. Кроме того, он знакомится с такими инструментами разработки программ, как псевдокод и блок-схемы. В этой главе также представлен дополнительный материал о библиотеке черепашьей графики.

Глава 3. Структуры принятия решения и булева логика

В данной главе обучаемый знакомится с операторами сравнения и булевыми выражениями и учится управлять потоком выполнения программы при помощи управляющих структур. Рассматриваются инструкции `if`, `if-else` и `if-elif-else`, обсуждаются вложенные управляющие структуры и логические операторы. Данная глава также включает дополнительный материал, посвященный черепашьей графике, с обсуждением приемов применения управляющих структур для проверки состояния черепахи.

Глава 4. Структуры с повторением

В главе демонстрируются способы создания структур повторения на основе циклов `while` и `for`. Рассматриваются счетчики, накопители, нарастающие итоги и сигнальные метки, а также приемы написания циклов проверки допустимости вводимых данных. Глава содержит дополнительный материал, посвященный применению циклов для рисования узоров с использованием библиотеки черепашьей графики.

Глава 5. Функции

В данной главе обучаемый сначала учится программировать и вызывать функции без возврата значения — так называемые функции `void`, или пустые. Показаны преимущества использования функций в плане модуляризации программ, и обсуждается нисходящий подход к их разработке. Затем обучаемый учится передавать аргументы в функции. Рассматриваются общие библиотечные функции, в частности функции генерации случайных чисел. Научившись вызывать библиотечные функции и использовать возвращаемые ими значения, обучаемый приобретает навыки написания и вызова собственных функций и применения модулей для упорядочения функций. В качестве дополнительного материала обсуждаются темы модуляризации программного кода с инструкциями черепашьей графики на основе функций.

Глава 6. Файлы и исключения

Глава знакомит с последовательным файловым вводом и выводом. Читатель учится считывать и записывать большие наборы данных и хранить данные в виде полей и записей. Глава заканчивается рассмотрением темы исключений и знакомит с приемами написания программного кода для обработки исключений.

Глава 7. Списки и кортежи

В данной главе вводится понятие последовательности в языке Python и рассматривается применение двух часто встречающихся последовательностей Python: списков и кортежей. Обучаемый учится применять списки для массивоподобных операций, таких как хранение объектов в списке, последовательный обход списка, поиск значений в списке и вычисление суммы и среднего арифметического значения в списке. В этой главе обсуждается тема включения элементов в список, нарезки списка и другие списковые методы. Рассматриваются одно- и двумерные списки. Представлены анализ пакета `matplotlib` и приемы его применения для построения диаграмм и графиков из списков.

Глава 8. Подробнее о строковых данных

В этой главе читатель учится обрабатывать строковые данные в развернутом виде. Обсуждаются нарезка строковых данных и алгоритмы, которые выполняют последовательный перебор отдельных символов в строковом значении. Глава также знакомит с несколькими встроенными функциями и строковыми методами обработки символов и текста. Дополнительно в этой главе приведены примеры разметки строк и синтаксического анализа CSV-файлов.

Глава 9. Словари и множества

Данная глава знакомит с такими структурами данных, как словарь и множество. Читатель учится хранить данные в словарях в виде пар "ключ : значение", отыскивать значения, изменять существующие значения, добавлять новые пары "ключ : значение" и удалять такие пары. Объясняется, как хранить значения в множествах в виде уникальных элементов и выполнять широко применяемые операции над множествами, такие как объединение, пересечение, разность и симметрическая разность. Данная глава заканчивается обсуждением темы сериализации объектов и знакомит читателя с Python-модулем `pickle` для консервации данных.

Глава 10. Классы и объектно-ориентированное программирование

В данной главе сравниваются методы процедурного и объектно-ориентированного программирования. В ней раскрываются фундаментальные понятия классов и объектов. Обсуждается тема атрибутов, методов, инкапсуляции и сокрытия данных, а также рассматриваются функции инициализации `__init__` (аналогичные конструкторам), методы-получатели и методы-мутаторы. Читатель учится моделировать классы при помощи унифицированного языка моделирования (UML) и идентифицировать классы в конкретной задаче.

Глава 11. Наследование

В данной главе изучение классов продолжится, и на этот раз темами изучения станут понятия наследования и полиморфизма. Будут затронуты темы надклассов, подклассов, роли функции `__init__` в наследовании, а также темы переопределения методов и полиморфизма.

Глава 12. Рекурсия

В данной главе рассматриваются рекурсия и ее применение в решении задач. Будет представлена визуальная трассировка рекурсивных вызовов и рассмотрены рекурсивные приложения. Здесь показаны рекурсивные алгоритмы для ряда задач, таких как нахождение факториалов, нахождение наибольшего общего знаменателя, суммирование диапазона значений в списке и классический пример головоломки "Ханойские башни".

Глава 13. Программирование графического пользовательского интерфейса

В данной главе рассматриваются основные аспекты разработки приложения с графическим интерфейсом пользователя (GUI) на языке Python с применением модуля `tkinter`. Обсуждаются фундаментальные элементы визуального интерфейса — виджеты, такие как метки, кнопки, поля ввода данных, переключатели, флаговые кнопки и диалоговые окна. Обучаемый также узнает, как в приложении с GUI работают события и как для обработки событий программировать функции обратного вызова. В главе обсуждаются виджет `Canvas` и приемы

его использования для рисования линий, прямоугольников, овалов, дуг, многоугольников и текста.

Глава 14. Программирование баз данных

Эта глава знакомит читателя с программированием баз данных. В главе сначала представлены основные понятия баз данных, такие как таблицы, строки и первичные ключи. Затем читатель учится использовать систему управления базами данных (СУБД) SQLite для подключения к базе данных с помощью Python. Вводится язык запросов SQL, и читатель учится выполнять запросы и инструкции, которые выполняют выборку строк из таблиц, добавляют новые, обновляют существующие и удаляют ненужные строки. Демонстрируются приложения CRUD, и глава завершается обсуждением реляционных данных.

Приложение 1. Установка языка Python

В приложении даются разъяснения по поводу скачивания и установки интерпретатора Python 3.*x*.

Приложение 2. Введение в среду IDLE

Приводится обзор интегрированной среды разработки IDLE, которая поставляется вместе с Python.

Приложение 3. Набор символов ASCII

В качестве справочного материала приводится набор символов ASCII.

Приложение 4. Предопределенные именованные цвета

Представлен перечень предопределенных названий цветов, которые могут использоваться вместе с библиотекой черепашьей графики, пакетами `matplotlib` и `tkinter`.

Приложение 5. Подробнее об инструкции `import`

Рассматриваются различные способы применения инструкции импорта `import`. Например, эту инструкцию можно использовать для импортирования модуля, класса, функции либо присвоения модулю псевдонима.

Приложение 6. Форматирование числовых результатов с помощью функции `format()`

В этом приложении обсуждается функция `format()` и показаны способы использования ее спецификаторов формата для управления отображением числовых значений.

Приложение 7. Установка модулей при помощи менеджера пакетов `pip`

Обсуждаются способы применения менеджера пакетов `pip` для установки сторонних модулей из каталога пакетов Python, или PyPI.

Приложение 8. Ответы на вопросы в *Контрольных точках*

Представлены ответы на вопросы из разделов "Контрольная точка", которые встречаются в конце почти каждого раздела книги.

Организация учебного материала

Представленный в книге тренировочный материал учит программировать в пошаговом режиме. Каждая глава наращивает знание по мере продвижения от темы к теме. Главы можно изучать в существующей последовательности. Вместе с тем имеется определенная гибкость относительно порядка следования учебного материала. На рис. 1 показана зависимость между главами.

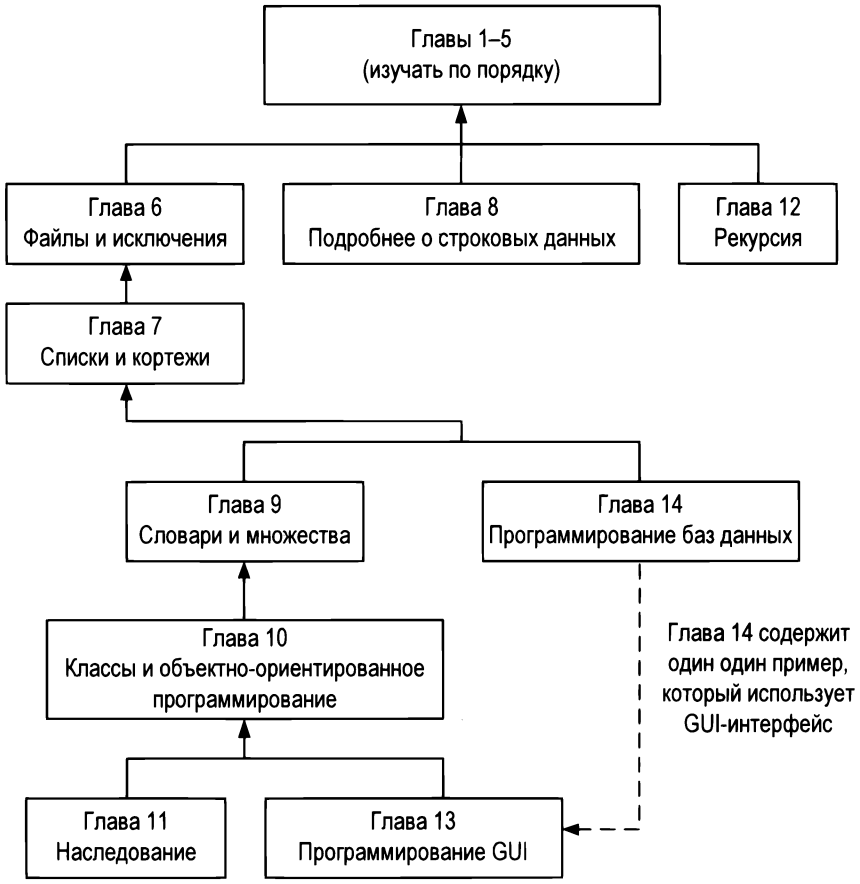


Рис. 1. Зависимости между главами

Структурные элементы и условные обозначения книги

Ключевые положения — Все главные разделы книги начинаются с объяснения принципов и понятий.

Примеры программ — Главы содержат многочисленные примеры законченных программ и фрагменты кода — все они предназначены для демонстрации текущей темы.



Тематическое исследование "В центре внимания" — Каждая глава содержит одно или несколько тематических исследований под рубрикой "В центре внимания", в которых обучаемому предоставляется подробный пошаговый анализ и демонстрация решения задач.



Видеозаписи — Онлайновые видеоматериалы, разработанные специально для настоящей книги, доступны для просмотра на **https://media.pearsoncmg.com/ph/esm/ecs_gaddis_sowpython_5/cw/#videonotes**. Соответствующие значки напоминают обучаемому о видеоматериалах по конкретным темам.



Примечания — Примечания представляют собой короткие объяснения интересных или нередко недопонимаемых вопросов, относящихся к рассматриваемой теме.



Советы — Советы предоставляют обучаемому консультации относительно оптимальных подходов к решению различных задач по программированию.



Предупреждения — Предупреждения предостерегают обучаемого относительно приемов или методов программирования, которые могут привести к неправильному функционированию программ либо потере данных.



Контрольные точки — Контрольные точки представляют собой перечень промежуточных вопросов, размещенных в конце разделов книги. Они предназначены для быстрой проверки знаний после изучения новой темы.

Вопросы для повторения — Каждая глава содержит глубокий и разнообразный перечень вопросов и упражнений для повторения пройденного материала. Здесь представлены тест с множественным выбором, тест с определением истинного или ложного утверждения, алгоритмический тренажер и вопросы, требующие короткого ответа.

Упражнения по программированию — Каждая глава предлагает широкий круг задач по программированию, предназначенных для закрепления знаний, полученных при изучении текущей темы.

Дополнительные материалы

Онлайновые учебные ресурсы

Специально для этой книги издателем предоставлено большое количество учебных ресурсов. В частности, можно найти следующие материалы:

- исходный код для каждого приводимого в книге примера программы (**https://media.pearsoncmg.com/ph/esm/ecs_gaddis_sowpython_5/cw/**);
- доступ к сопроводительным видеоматериалам (**https://media.pearsoncmg.com/ph/esm/ecs_gaddis_sowpython_5/cw/#videonotes**).

Ресурсы для преподавателя

Приведенные ниже дополнительные материалы доступны только квалифицированным преподавателям:

- ответы на все вопросы в разделах "Вопросы для повторения";
- решения к упражнениям;

- слайды презентаций PowerPoint для каждой главы;
- тестовый банк.

По поводу получения информации о доступе к вышеназванным ресурсам посетите Образовательный преподавательский ресурсный центр Pearson (**www.pearsonhighered.com/irc**) или свяжитесь со своим местным представителем Образовательного центра Pearson.

Электронный архив

По ссылке **https://zip.bhv.ru/9785977568036.zip** можно скачать электронный архив с рассмотренными проектами и исходными кодами примеров, ответами на вопросы для повторения, решениями задач по программированию, а также дополнительную *главу 15* "Принципы функционального программирования". Эта ссылка доступна также со страницы книги на сайте **www.bhv.ru**.

Об авторе

Тони Гэддис — ведущий автор серии книг "Начинаем программировать..." (Starting Out With). У него почти двадцатилетний опыт преподавания курсов информатики в колледже округа Хейвуд, шт. Северная Каролина. Его преподавательские заслуги общепризнаны: ему присвоено звание "Преподаватель года" колледжем Северной Каролины, он удостаивался премии "Педагогическое мастерство", вручаемой Национальным институтом кадрового и организационного развития. В серии "Начинаем программировать..." издаются книги, посвященные языкам программирования C++, Java™, Microsoft® Visual Basic®, Microsoft® C#®, Python®, Alice, среде визуальной разработки Android-приложений App Inventor, а также программированию логики и дизайна. Все они были опубликованы в издательстве Pearson. Дополнительную информацию можно найти на сайте **www.pearsonhighered.com/gaddisbooks**.

ГЛАВА 1

Введение в компьютеры и программирование

1.1 Введение

Давайте подумаем, каким образом люди используют компьютеры. В учебных заведениях компьютеры нужны для составления докладов и написания сочинений, поиска статей, пересылки электронных писем и участия в онлайновых учебных занятиях. На работе люди используют компьютеры, чтобы анализировать данные, составлять презентации, проводить деловые транзакции, общаться с клиентами и коллегами, управлять машинами на заводах и др. Дома компьютеры используются для оплаты счетов, покупки в онлайновых магазинах, общения с друзьями и семьей и, конечно же, для развлечений. Не забывайте также, что сотовые телефоны, планшеты, смартфоны, автомобильные системы навигации и множество других устройств — это тоже компьютеры. В повседневной жизни разнообразие применений компьютеров почти безгранично.

Компьютеры умеют выполнять такой широкий круг задач, потому что они программируемы. Из этого следует, что компьютеры приспособлены выполнять не одну задачу, а любую задачу, которую их программы предписывают им выполнить. *Программа* — это набор инструкций, которые компьютер исполняет с целью решения задачи. Например, на рис. 1.1 представлены снимки экранов с двумя популярными программами — Microsoft Word и PowerPoint.

Программы принято называть *программным обеспечением* (ПО). Программное обеспечение имеет для компьютера решающее значение, потому что оно управляет всем, что делает компьютер. Все ПО, которое мы используем, чтобы сделать наши компьютеры полезными, создается людьми — программистами, или разработчиками программного обеспечения. *Программист*, или *разработчик программного обеспечения*, — это человек с профессиональной подготовкой и квалификацией, необходимыми для проектирования, создания и тестирования компьютерных программ. Наверняка вы знаете, что результаты работы программистов используются в бизнесе, медицине, правительственных учреждениях, правоохранительных органах, сельском хозяйстве, научных кругах, развлекательных заведениях и многих других сферах человеческой деятельности.

С помощью этой книги вы познакомитесь с фундаментальными понятиями и принципами программирования на языке Python. Он идеально подходит для новичков, потому что легок в освоении и программы пишутся на нем очень быстро. К тому же Python — это мощный язык, который популярен среди профессиональных разработчиков программного обеспечения. Не раз сообщалось, что Python используется в Google, NASA, YouTube, на Нью-Йоркской фондовой бирже, различными компаниями, специализирующимися на разработке игр, и многими другими организациями.

Прежде чем приступить к исследованию принципов программирования, необходимо понять несколько основных идей относительно компьютеров и принципов их работы. Эта глава за-

ложит прочный фундамент знаний, на который можно будет постоянно опираться по ходу изучения информатики. Сначала мы обсудим физические компоненты, из которых компьютеры обычно состоят. Затем рассмотрим способы хранения компьютерами данных и выполнения ими программ. И наконец, будет предложено краткое введение в программное обеспечение, которое используют для написания программ на Python.

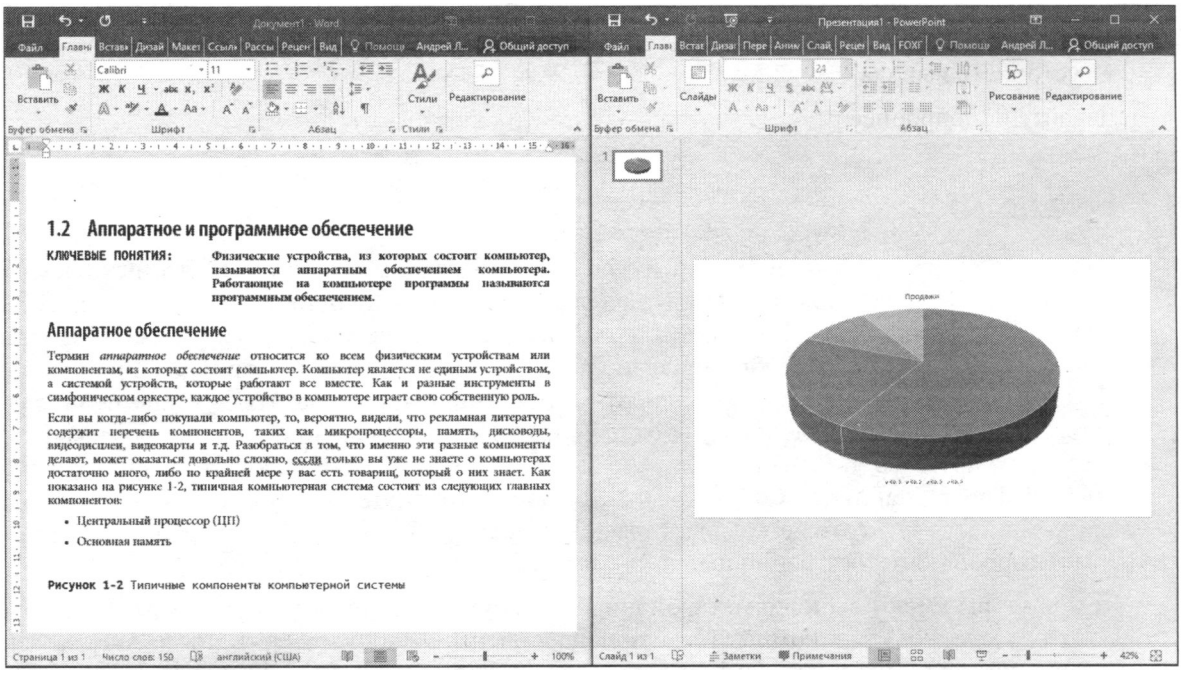


РИС. 1.1. Программы для обработки текстов (*слева*) и презентации (*справа*)

1.2 Аппаратное и программное обеспечение

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Физические устройства, из которых состоит компьютер, называются аппаратным обеспечением компьютера. Работающие на компьютере программы называются программным обеспечением.

Аппаратное обеспечение

Термин *"аппаратное обеспечение"* (hardware) относится ко всем физическим устройствам или *компонентам*, из которых состоит компьютер. Компьютер представляет собой не единое устройство, а систему устройств, которые работают во взаимодействии друг с другом. Как и разнообразные инструменты в симфоническом оркестре, каждое устройство в компьютере играет собственную роль.

Если вы когда-либо покупали компьютер, то, вероятно, видели, что рекламная литература содержит перечень компонентов, таких как микропроцессоры, память, дисководы, видеодисплеи, видеокарты и т. д. Довольно сложно разобраться в том, что именно делают эти разнообразные компоненты, если только вы уже не знаете о компьютерах достаточно много

либо у вас нет товарища, который о них что-то знает. Как показано на рис. 1.2, типичная компьютерная система состоит из следующих главных компонентов:

- центрального процессора (ЦП);
- основной памяти;
- вторичных устройств хранения данных;
- устройств ввода;
- устройств вывода.

Давайте поподробнее рассмотрим каждый из этих компонентов.

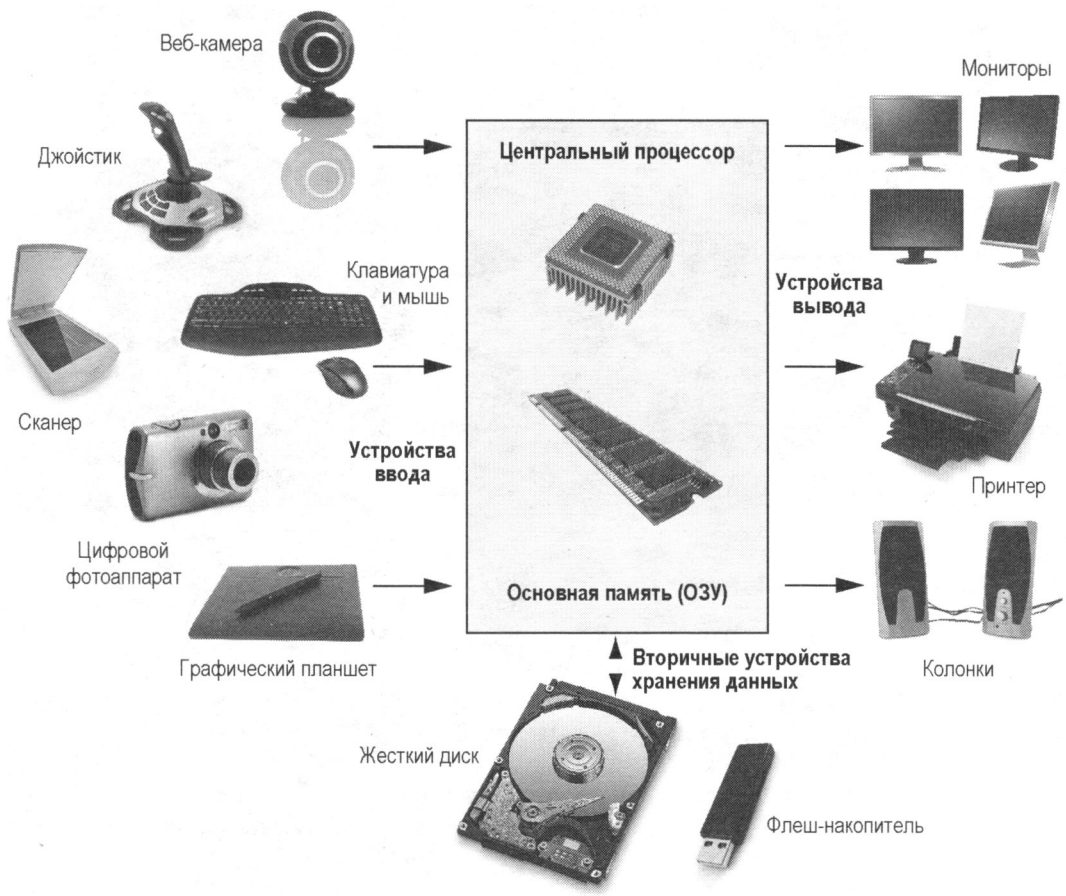


РИС. 1.2. Типичные компоненты компьютерной системы

Центральный процессор

Когда компьютер занят задачами, которые программа поручает ему выполнить, мы говорим, что компьютер *выполняет*, или *исполняет*, программу. *Центральный процессор* (ЦП) является той частью компьютера, которая фактически исполняет программы. Это самый важный компонент в компьютере, потому что без него компьютер не сможет выполнять программы.

В самых ранних компьютерах ЦП представлял собой огромные устройства, состоящие из электрических и механических компонентов, таких как вакуумные лампы и переключатели.

На фотографии рис. 1.3 две женщины работают с историческим компьютером ENIAC. ENIAC, который многими считается первой в мире программируемой электронно-вычислительной машиной, был создан в 1945 г. с целью вычисления орудийных баллистических таблиц для армии США[1]. Эта машина, которая первоначально представляла один большой ЦП, имела высоту 2,5 м, ширину 30,5 м и весила 30 т.

В наше время ЦП представляют собой миниатюрные кристаллы интегральной микросхемы, которые называются *микропроцессорами*. На рис. 1.4 представлена фотография техническо-

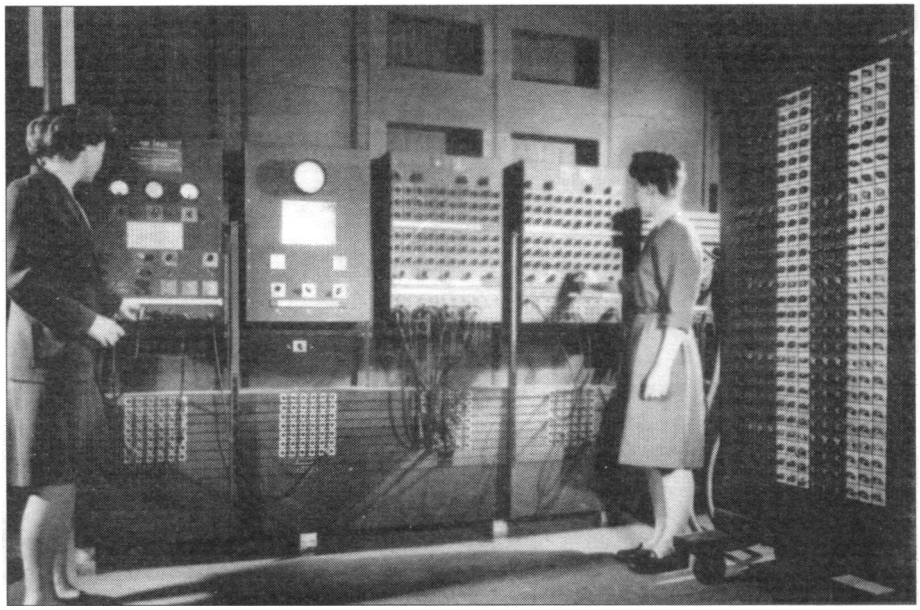


РИС. 1.3. Компьютер ENIAC
(с разрешения фотофонда U.S. Army Historic Computer Images)

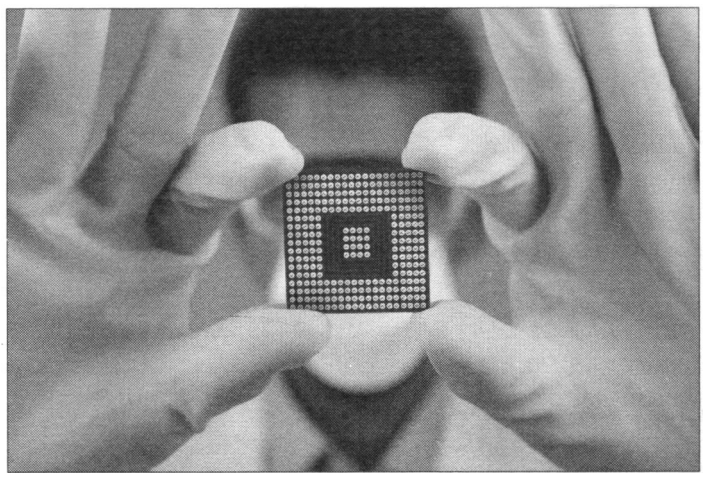


РИС. 1.4. Техник-лаборант держит современный процессор

[1] Первый советский компьютер, МЭСМ, был создан несколько позже под руководством С. А. Лебедева. Соответствующие работы начались только с осени 1948 г. и в конце 1951 г. МЭСМ прошел испытания и был принят в эксплуатацию Комиссией АН СССР во главе с академиком Келдышем. — *Прим. пер.*

го специалиста лаборатории, который держит в руках современный микропроцессор. Помимо того, что они намного меньше старых электромеханических ЦП в ранних компьютерах, микропроцессоры к тому же гораздо мощнее.

Основная память

Основную память можно представить, как рабочую область компьютера. Это то место, где компьютер хранит программу, пока та выполняется, и данные, с которыми программа работает. Например, предположим, вы используете программу обработки текста, чтобы написать работу для одного из своих учебных занятий. Пока вы это делаете, программа обработки текста и ваше сочинение хранятся в основной памяти.

Основную память принято называть *оперативным запоминающим устройством* (ОЗУ), или запоминающим устройством с произвольным доступом (ЗУПД), или просто *оперативной памятью*. Называется она так, потому что ЦП способен получать немедленный доступ к данным, хранящимся в любой произвольной единице хранения в ОЗУ. Как правило, ОЗУ является *энергозависимым* типом памяти, которая используется только для временного хранения, пока программа работает. Когда компьютер выключают, содержимое ОЗУ стирается. В вашем компьютере ОЗУ размещено в кристаллах интегральной микросхемы, подобных тем, которые показаны на рис. 1.5.

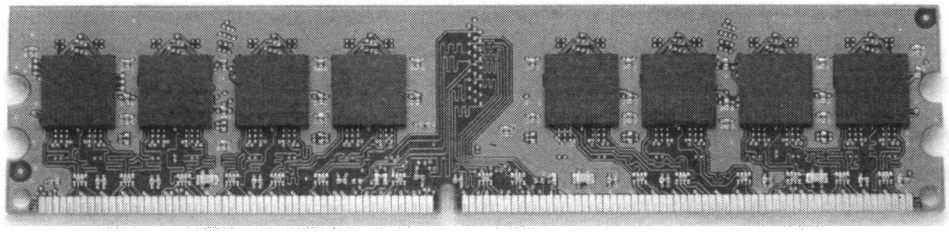


РИС. 1.5. Кристаллы интегральной микросхемы памяти

Вторичные устройства хранения

Вторичное устройство хранения — это тип памяти, который может хранить данные в течение долгих промежутков времени, даже когда к компьютеру не подведено электропитание. В обычных условиях программы хранятся во вторичной памяти и загружаются в основную память по мере необходимости. Важные данные, такие как документы текстового редактора, данные платежных ведомостей и складских запасов, тоже хранятся во вторичной памяти.

Наиболее распространенным типом вторичного устройства хранения является *жесткий диск*. Традиционный жесткий диск сохраняет данные путем их магнитной записи на вращающийся круговой диск. Все бóльшую популярность приобретают *твердотельные диски*, которые сохраняют данные в твердотельной памяти. Твердотельный диск не имеет подвижных частей и работает быстрее, чем традиционный диск. В большинстве компьютеров обязательно имеется какое-то вторичное устройство хранения, традиционный диск или твердотельный диск, смонтированное внутри своего корпуса. Имеются также вторичные устройства хранения, которые присоединяются к одному из коммуникационных портов компьютера. Вторичные устройства хранения используются для создания резервных копий важных данных либо для перемещения данных на другой компьютер.

Для копирования данных и их перемещения на другие компьютеры помимо вторичных устройств хранения были созданы разнообразные типы устройств. Возьмем, к примеру, *USB-диски*. Эти небольшие устройства подсоединяются к порту USB (универсальной последовательной шине) компьютера и определяются в системе как внешний жесткий диск. Правда, эти диски на самом деле не содержат дисковых пластин. Они хранят данные в памяти особого типа — во *флеш-памяти*. USB-диски, именуемые также *картами памяти* и *флеш-накопителями*, имеют небольшую стоимость, надежны и достаточно маленькие, чтобы можно было носить их в кармане одежды.

Устройства ввода

Вводом называются любые данные, которые компьютер собирает от людей и от различных устройств. Компонент, который собирает данные и отправляет их в компьютер, называется *устройством ввода*. Типичными устройствами ввода являются клавиатура, мышь, сенсорный экран, сканер, микрофон и цифровая фотокамера. Дисководы и оптические диски можно тоже рассматривать как устройства ввода, потому что из них извлекаются программы и данные, которые затем загружаются в оперативную память компьютера.

Устройства вывода

Выводом являются любые данные, которые компьютер производит для людей или для различных устройств. Это может быть торговый отчет, список имен или графическое изображение. Данные отправляются в *устройство вывода*, которое их форматирует и предъявляет. Типичными устройствами вывода являются видеодисплеи и принтеры. Дисководы можно тоже рассматривать как устройства вывода, потому что компьютерная система отправляет на них данные с целью их сохранения.

Программное обеспечение

Для функционирования компьютера требуется программное обеспечение. Все, что компьютер делает с момента нажатия на кнопку включения питания и до момента выключения компьютерной системы, находится под контролем программного обеспечения. Имеются две общие категории программного обеспечения: системное программное обеспечение и прикладное программное обеспечение. Большинство компьютерных программ четко вписывается в одну из этих двух категорий. Давайте рассмотрим на каждую из них подробнее.

Системное программное обеспечение

Программы, которые контролируют и управляют основными операциями компьютера, обычно называются *системным программным обеспечением*. К системному ПО, как правило, относятся следующие типы программ.

Операционная система (ОС) — фундаментальный набор программ на компьютере. Она управляет внутренними операциями аппаратного обеспечения компьютера и всеми подключенными к компьютеру устройствами, позволяет сохранять данные и получать их из устройств хранения, обеспечивает выполнение других программ. К популярным операционным системам для ноутбуков и настольных компьютеров относят Windows, Mac OS X и Linux. Популярные операционные системы для мобильных устройств — Android и iOS.

Обслуживающая программа, или *утилита*, выполняет специализированную задачу, которая расширяет работу компьютера или гарантирует сохранность данных. Примерами обслужи-

вающих, или сервисных, программ являются вирусные сканеры, программы сжатия файлов и программы резервного копирования данных.

Инструменты разработки программного обеспечения — это программы, которые программисты используют для создания, изменения и тестирования программного обеспечения. Ассемблеры, компиляторы и интерпретаторы являются примерами программ, которые попадают в эту категорию.

Прикладное программное обеспечение

Программы, которые делают компьютер полезным для повседневных задач, называются *прикладным программным обеспечением*. На выполнение этих программ на своих компьютерах люди по обыкновению тратят бóльшую часть своего времени. На рис. 1.1 был представлен снимок экрана с двумя популярными приложениями: программой обработки текста Microsoft Word и программой для презентаций PowerPoint. В качестве других примеров прикладного ПО можно назвать программы для работы с электронными таблицами, почтовые программы, веб-браузеры и компьютерные игры.



Контрольная точка

1.1. Что такое программа?

1.2. Что такое аппаратное обеспечение?

1.3. Перечислите пять главных компонентов компьютерной системы.

1.4. Какая часть компьютера исполняет программы фактически?

1.5. Какая часть компьютера служит рабочей областью для хранения программы и ее данных, пока программа работает?

1.6. Какая часть компьютера содержит данные в течение долгого времени, даже когда к компьютеру не подведено электропитание?

1.7. Какая часть компьютера собирает данные от людей и от различных устройств?

1.8. Какая часть компьютера форматирует и предоставляет данные людям и подключенным к нему устройствам?

1.9. Какой фундаментальный набор программ управляет внутренними операциями аппаратного обеспечения компьютера?

1.10. Как называется программа, которая выполняет специализированную задачу, в частности, такие программы, как вирусный сканер, программа сжатия файлов или программа резервного копирования данных?

1.11. К какой категории программного обеспечения принадлежат программы обработки текста, программы по работе электронными таблицами, почтовые программы, веб-браузеры и компьютерные игры?

1.3 Как компьютеры хранят данные

Ключевые положения

Все хранящиеся в компьютере данные преобразуются в последовательности, состоящие из нулей и единиц.

Память компьютера разделена на единицы хранения, которые называются *байтами*. Одного байта памяти достаточно только для того, чтобы разместить одну букву алфавита или не-

большое число. Для того чтобы делать что-то более содержательное, компьютер должен иметь очень много байтов. Большинство компьютеров сегодня имеет миллионы или даже миллиарды байтов оперативной памяти.

Каждый байт разделен на восемь меньших единиц хранения, которые называются *битами*, или *разрядами*. Термин *"бит"* происходит от англ. binary digit и переводится как *двоичная цифра*. Программисты обычно рассматривают биты, как крошечные переключатели, которые могут находиться в одном из двух положений: включено или выключено. Однако на самом деле биты не являются "переключателями", по крайней мере не в стандартном смысле. В большинстве компьютерных систем биты — это крошечные электрические компоненты, которые могут содержать либо положительный, либо отрицательный заряд. Программисты рассматривают положительный заряд, как переключатель в положении "Включено", и отрицательный заряд, как переключатель в положении "Выключено". На рис. 1.6 показано, как программист может рассматривать байт памяти: как коллекцию переключателей, каждый из которых установлен в положение "Вкл" либо "Выкл".

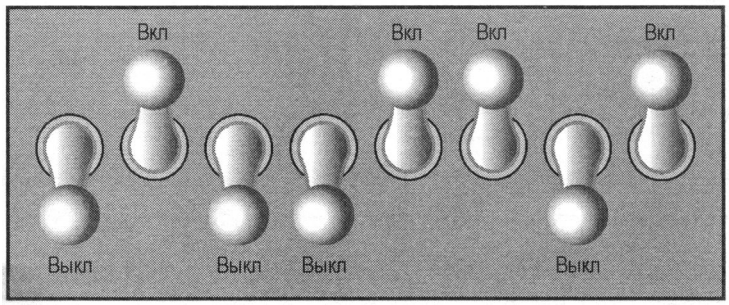


РИС. 1.6. Рассматривайте байт как восемь переключателей

Когда порция данных сохраняется в байте, компьютер размещает восемь битов в двухпозиционной комбинации "включено-выключено", которая представляет данные. Например, на рис. 1.7, слева показано, как в байте будет размещено число 77, а справа — латинская буква A. Далее мы объясним, каким образом эти комбинации определяются.

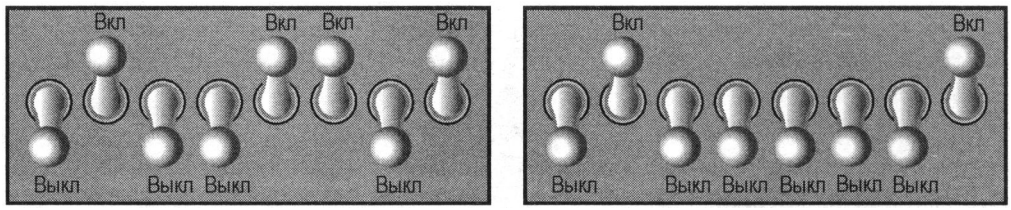


РИС. 1.7. Комбинации двоичных разрядов для числа 77 (*слева*) и латинской буквы A (*справа*)

Хранение чисел

Бит используется для представления чисел в весьма ограниченной форме. В зависимости от того, "включен" он или "выключен", бит может представлять одно из двух разных значений. В компьютерных системах выключенный бит представляет число 0, а включенный — число 1. Это идеально соответствует *двоичной системе исчисления*, в которой все числовые

значения записываются как последовательности нулей и единиц. Вот пример числа, которое записано в двоичной системе исчисления:

```
10011101
```

Позиция каждой цифры в двоичном числе соответствует определенному значению. Как показано на рис. 1.8, начиная с самой правой цифры и двигаясь влево, значения позиций равняются 2^0, 2^1, 2^2, 2^3 и т. д. На рис. 1.9 показана та же схема, но здесь позиции вычислены и равняются 1, 2, 4, 8 и т. д.

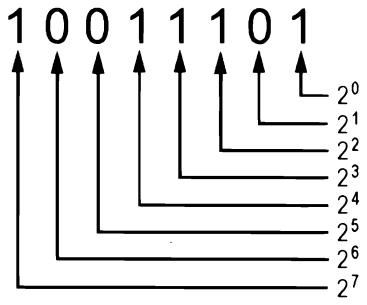


РИС. 1.8. Значения двоичных разрядов как степеней 2

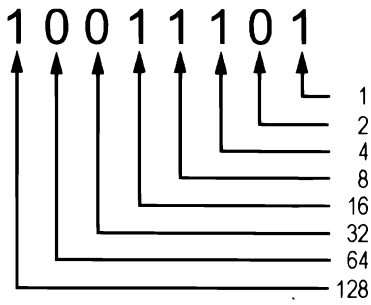


РИС. 1.9. Значения двоичных разрядов

Для того чтобы определить значение двоичного числа, нужно просто сложить позиционные значения всех единиц. Например, в двоичном числе 10011101 позиционные значения единиц равняются 1, 4, 8, 16 и 128 (рис. 1.10). Сумма всех этих позиционных значений равняется 157. Значит, двоичное число 10011101 равняется 157 в десятичной системе исчисления.

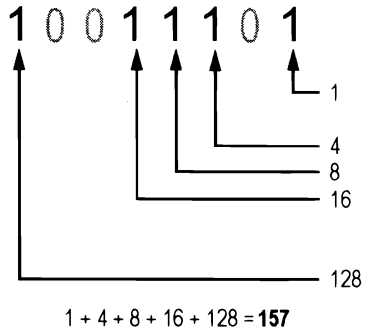


РИС. 1.10. Определение значения 10011101

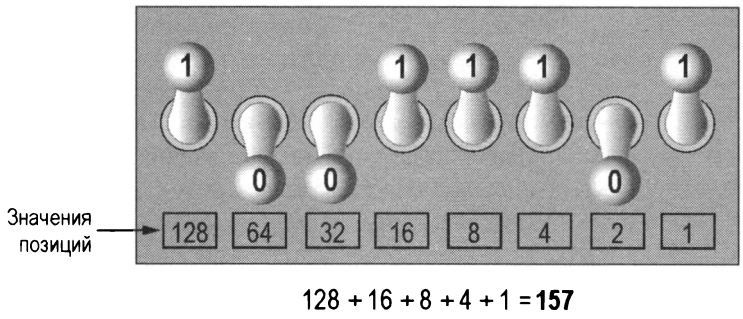
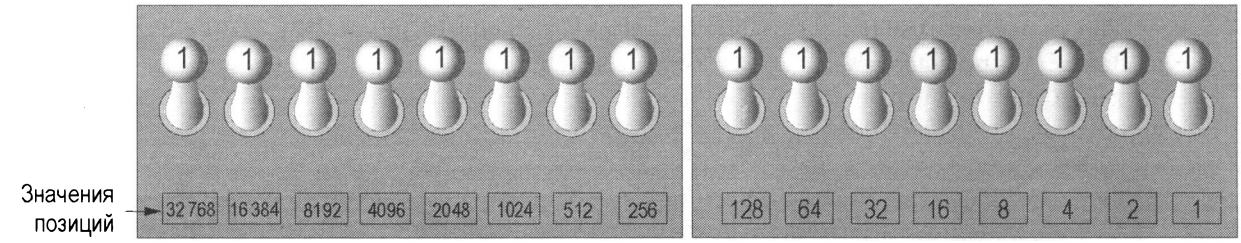


РИС. 1.11. Комбинация двоичных разрядов для числа 157

На рис. 1.11 показано, как можно изобразить хранение числа 157 в байте оперативной памяти. Каждая 1 представлена битом в положении "Вкл", а каждый 0 — битом в положении "Выкл".

Когда всем битам в байте назначены нули (т. е. они выключены), значение байта равняется 0. Когда всем битам в байте назначены единицы (т. е. они включены), байт содержит самое большое значение, которое в нем может быть размещено. Оно равняется 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + + 32 + 64 + 128 = 255. Этот предел является следствием того, что в байте всего восемь бит.

А если нужно сохранить число, которое больше 255? Ответ прост: использовать еще один байт. Например, мы расположили два байта вместе. В итоге получаем 16 бит. Позиционные значения этих 16 бит будут 2^0, 2^1, 2^2, 2^3 и т. д. до 2^{15}. Максимальное значение, которое



32 768 + 16 384 + 8192 + 4096 + 2048 + 1024 + 512 + 256 + 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = **65 535**

РИС. 1.12. Для большого числа использованы два байта

можно разместить в двух байтах, равно 65 535 (рис. 1.12). Если же нужно сохранить еще большее число, для этого потребуется больше байтов.



СОВЕТ

Если вы чувствуете, что этот материал дается с трудом, расслабьтесь! Программируя, вам не придется заниматься преобразованием чисел в двоичную форму. Знание о том, как этот процесс происходит в компьютере, поможет вам в ходе обучения, и в долгосрочной перспективе это знание сделает из вас хорошего программиста.

Хранение символов

Любая порция данных в оперативной памяти компьютера должна храниться как двоичное число. Это относится и к символам, таким как буквы и знаки препинания. Когда символ сохраняется в памяти, он сначала преобразуется в цифровой код. И затем этот цифровой код сохраняется в памяти как двоичное число.

За прошедшие годы для представления символов в памяти компьютера были разработаны различные схемы кодирования. Исторически самой важной из этих схем кодирования является схема кодирования *ASCII* (American Standard Code for Information Interchange — *американский стандартный код обмена информацией*). ASCII представляет собой набор из 128 цифровых кодов, которые обозначают английские буквы, различные знаки препинания и другие символы. Например, код ASCII для прописной английской буквы A (латинской) равняется 65. Когда на компьютерной клавиатуре вы набираете букву A в верхнем регистре, в памяти сохраняется число 65 (как двоичное число, разумеется). Это показано на рис. 1.13.

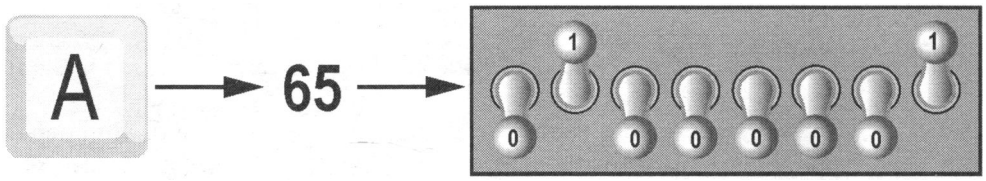


РИС. 1.13. Буква A хранится в памяти как число 65



ПРИМЕЧАНИЕ

Аббревиатура ASCII произносится "аски".

На случай, если вам любопытно, код ASCII для английской B в верхнем регистре равняется 66, для C в верхнем регистре — 67 и т. д. В *приложении 3* приведены все коды ASCII и символы, которые ими представлены.

Набор символов ASCII был разработан в начале 1960-х годов и в конечном счете принят почти всеми производителями компьютеров. Однако схема кодирования ASCII имеет ограничения, потому что она определяет коды только для 128 символов. Для того чтобы это исправить, в начале 1990-х годов был разработан набор символов Юникода (Unicode). Это широкая схема кодирования, совместимая с ASCII, которая может также представлять символы многих языков мира. Сегодня Юникод быстро становится стандартным набором символов, используемым в компьютерной индустрии.

Хранение чисел повышенной сложности

Итак, вы познакомились с числами и их хранением в памяти. Во время чтения вы, возможно, подумали, что двоичная система исчисления может использоваться для представления только целых чисел, начиная с 0. Представить отрицательные и вещественные числа (такие как 3.14159) при помощи рассмотренного нами простого двоичного метода нумерации невозможно.

Однако компьютеры способны хранить в памяти и отрицательные, и вещественные числа, но для этого помимо двоичной системы исчисления в них используются специальные схемы кодирования. Отрицательные числа кодируются с использованием метода, который называется *дополнением до двух*, а вещественные числа кодируются в форме записи с *плавающей точкой*[1]. От вас не требуется знать, как эти схемы кодирования работают, за исключением того, что они используются для преобразования отрицательных и вещественных чисел в двоичный формат.

Другие типы данных

Компьютеры принято называть цифровыми устройствами. Термин *"цифровой"* применяется для описания всего, что использует двоичные числа. *Цифровые данные* — это данные, которые хранятся в двоичном формате, *цифровое устройство* — любое устройство, которое работает с двоичными данными. Мы уже рассмотрели приемы хранения чисел и символов в двоичном формате, но компьютеры также работают со многими другими типами цифровых данных.

Например, возьмем снимки, которые вы делаете своей цифровой фотокамерой. Эти изображения состоят из крошечных точек цвета, которые называются *пикселами*. (Термин "пиксел" образован от слов picture element — *элемент изображения*.) Каждый пиксел в изображении преобразуется в числовой код, который представляет цвет пиксела (рис. 1.14). Числовой код хранится в оперативной памяти как двоичное число.

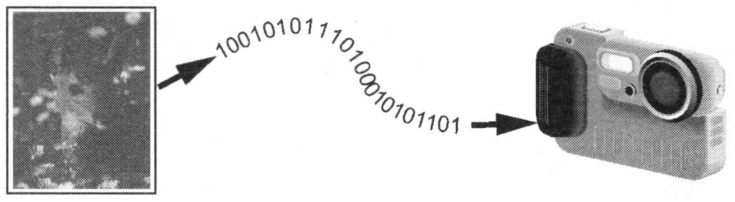


РИС. 1.14. Цифровое изображение, хранимое в двоичном формате

[1] Числа с плавающей точкой (или запятой) — это общепринятый способ представления чисел, имеющих десятичный разделитель. В англоязычных странах в качестве десятичного разделителя используется точка (.), в большинстве остальных — запятая (,). — *Прим. пер.*

Музыка, которую вы транслируете в потоковом режиме из онлайнового источника или воспроизводите на MP3-плеере, тоже является цифровой. Цифровая песня разбивается на небольшие порции, которые называются *выборками*, или *семплами*[1]. Каждая выборка конвертируется в двоичное число, которое может быть сохранено в памяти. Чем больше выборок, на которые песня подразделяется, тем ее качество звучания становится ближе к оригиналу музыкальной композиции при ее воспроизведении. Например, песня с качеством звучания CD подразделяется более чем на 44 000 выборки в секунду!



Контрольная точка

1.12. Какого объема памяти достаточно для хранения буквы алфавита или небольшого числа?

1.13. Как называется крошечный "переключатель", который может быть установлен в положение "включено" или "выключено"?

1.14. В какой системе исчисления все числовые значения записываются как последовательности нулей и единиц?

1.15. Какова задача схемы кодирования ASCII?

1.16. Какая схема кодирования является достаточно широкой, чтобы включать символы многих языков мира?

1.17. Что означают термины "цифровые данные" и "цифровое устройство"?

1.4 Как программа работает

Ключевые положения

ЦП компьютера может понимать только те инструкции, которые написаны на машинном языке. Поскольку людям очень сложно писать какие-либо программы на машинном языке, были придуманы другие языки программирования.

Ранее мы установили, что ЦП — самый важный компонент в компьютере, потому что это та его часть, которая выполняет программы. Иногда ЦП называют "мозгом" компьютера и даже используют эпитет "умный" (smart). Хотя эти метафоры встречаются очень часто, следует понимать, что ЦП не является мозгом и его нельзя назвать умным. ЦП — это электронное устройство, которое предназначено для выполнения конкретных вещей. В частности, ЦП служит для выполнения таких операций, как:

- чтение порции данных из оперативной памяти;
- сложение двух чисел;
- вычитание одного числа из другого;
- умножение двух чисел;
- деление одного числа на другое число;

[1] Здесь речь идет о частоте дискретизации сигнала, т. е. количестве замеров величины сигнала, осуществляемых в одну секунду. Дискретизация сигнала также называется частотой выборки или частотой семплирования. — *Прим. пер.*

- перемещение порции данных из одной ячейки оперативной памяти в другую;
- определение, равно ли одно значение другому значению.

Как видно из этого списка, ЦП выполняет простые операции с порциями данных. Однако ЦП ничего не делает самостоятельно. Ему нужно сообщить, что именно надо сделать, и это является целью программы. Программа — это не более чем список инструкций, которые заставляют ЦП выполнять операции.

Каждая инструкция в программе — это команда, которая поручает ЦП выполнить конкретную операцию. Вот пример инструкции, которая может появиться в программе:

```
10110000
```

Для нас это всего лишь вереница нулей и единиц. Для ЦП она является инструкцией с указанием выполнить какую-то операцию[1] и записывается в виде нулей и единиц, потому что ЦП понимают только те инструкции, которые написаны на *машинном языке*, а инструкции машинного языка всегда имеют двоичную структуру.

Инструкция на машинном языке существует для каждой операции, которую ЦП способен выполнить. Весь перечень инструкций, которые ЦП может исполнять, называется *набором инструкций* ЦП.



ПРИМЕЧАНИЕ

Сегодня имеется несколько микропроцессорных компаний, которые изготавливают центральные процессоры. Самые известные — Intel, AMD и Motorola. Если вы внимательно посмотрите на свой компьютер, то сможете найти наклейку с логотипом его микропроцессора.

Каждый бренд микропроцессора имеет собственную уникальную систему инструкций, которая, как правило, понятна микропроцессорам только того же бренда. Например, микропроцессоры Intel понимают одинаковые инструкции, но они не понимают инструкции для микропроцессоров Motorola.

Ранее показанная инструкция на машинном языке является примером всего одной инструкции. Однако, для того чтобы компьютер делал что-то содержательное, ему требуется гораздо больше инструкций. Поскольку операции, которые ЦП умеет выполнять, являются элементарными, содержательная задача может быть выполнена, только если ЦП выполняет много операций. Например, если вы хотите, чтобы ваш компьютер вычислил сумму процентного дохода, которую вы получите на своем сберегательном счете в этом году, то ЦП должен будет исполнить большое количество инструкций в надлежащей последовательности. Вполне обычной является ситуация, когда программы содержат тысячи или даже миллионы инструкций на машинном языке.

Программы обычно хранятся на вторичном устройстве хранения, таком как жесткий диск. Когда вы устанавливаете программу на свой компьютер, она обычно скачивается с веб-сайта или устанавливается из интернет-магазина приложений.

Хотя программа размещается на вторичном устройстве хранения, таком как жесткий диск, тем не менее при каждом ее исполнении центральным процессором она должна копироваться в основную память, или ОЗУ. Например, предположим, что на диске вашего компьютера имеется программа обработки текста. Для ее исполнения вы делаете двойной щелчок

---

[1] Приведенный пример является фактической командой для микропроцессора Intel. Она поручает микропроцессору переместить значение в ЦП.

мышью по значку программы. Это приводит к тому, что программа копируется с диска в основную память. Затем ЦП компьютера исполняет копию программы, которая находится в основной памяти (рис. 1.15).

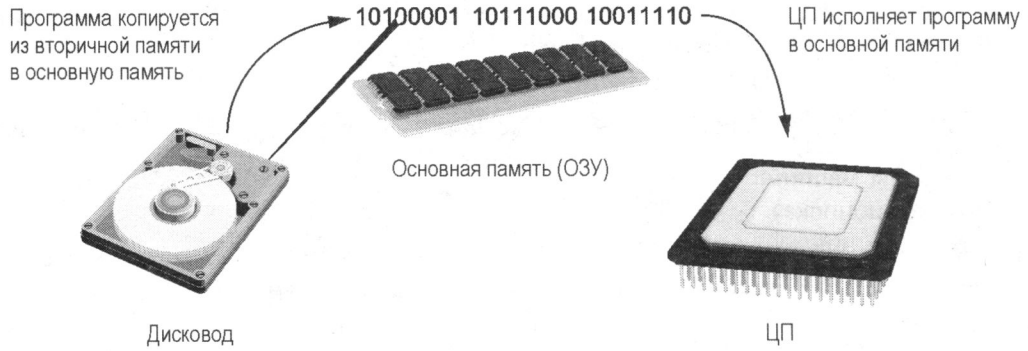


РИС. 1.15. Программа копируется в основную память и затем исполняется

Когда ЦП исполняет инструкции в программе, он участвует в процессе, который называется циклом *выборки-декодирования-исполнения*. Этот цикл состоит из трех шагов и повторяется для каждой инструкции в программе. Эти шаги следующие:

1. **Выборка.** Программа представляет собой длинную последовательность инструкций на машинном языке. Первый шаг цикла состоит в выборке, или чтении, следующей инструкции из памяти и ее доставки в ЦП.
2. **Декодирование.** Инструкция на машинном языке представляет собой двоичное число, обозначающее команду, которая даст указание ЦП выполнить операцию. На этом шаге ЦП декодирует инструкцию, которая только что была выбрана из оперативной памяти, чтобы определить, какую операцию он должен выполнить.
3. **Исполнение.** Последний шаг в цикле состоит в исполнении, или осуществлении, операции.

На рис. 1.16 проиллюстрированы эти шаги.

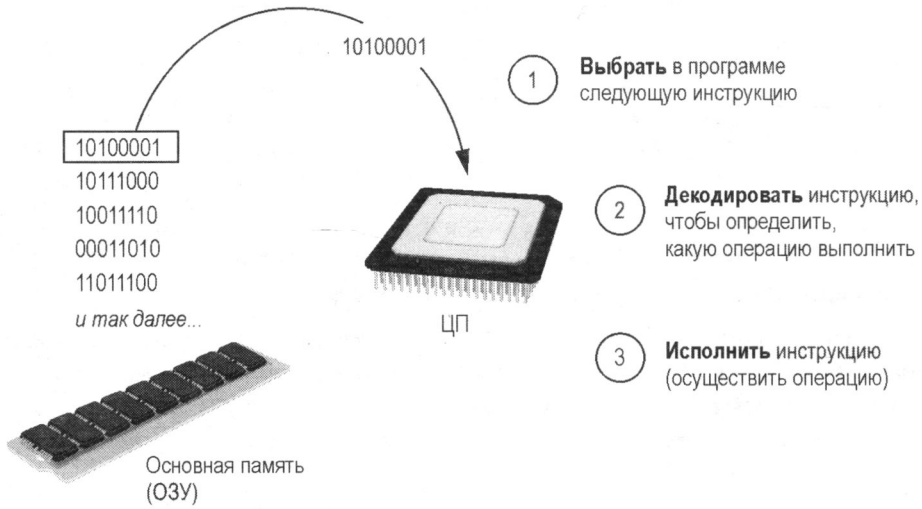


РИС. 1.16. Цикл выборки-декодирования-исполнения

От машинного языка к языку ассемблера

Компьютеры могут исполнять только те программы, которые написаны на машинном языке. Как упоминалось ранее, программа может иметь тысячи или даже миллионы двоичных инструкций, и написание такой программы было бы очень утомительной и трудоемкой работой. Программировать на машинном языке будет тоже очень трудно, потому что если разместить 0 или 1 в неправильном месте, это вызовет ошибку.

Хотя ЦП компьютера понимает только машинный язык, люди практически неспособны писать программы на нем. По этой причине с первых дней вычислительных систем[1] в качестве альтернативы машинному языку был создан *язык ассемблера* (от англ. *assembly* — сборка, монтаж, компоновка). Вместо двоичных чисел, которые соответствуют инструкциям, в языке ассемблера применяются короткие слова, которые называются *мнемониками*, или мнемокодами. Например, на языке ассемблера мнемоника `add`, как правило, означает сложить числа, `mul` — умножить числа, `mov` — переместить значение в ячейку оперативной памяти. Когда для написания программы программист использует язык ассемблера, вместо двоичных чисел он имеет возможность записывать короткие мнемоники.



ПРИМЕЧАНИЕ

Существует много разных версий языка ассемблера. Ранее было упомянуто, что каждый бренд ЦП имеет собственную систему инструкций машинного языка. Как правило, каждый бренд ЦП также имеет свой язык ассемблера.

Вместе с тем программы на языке ассемблера ЦП исполнять не может. ЦП понимает только машинный язык, поэтому для перевода программы, написанной на языке ассемблера, в программу на машинном языке применяется специальная программа, которая называется *ассемблером*. Этот процесс показан на рис. 1.17. Программа на машинном языке, которая создается ассемблером, затем может быть исполнена центральным процессором.

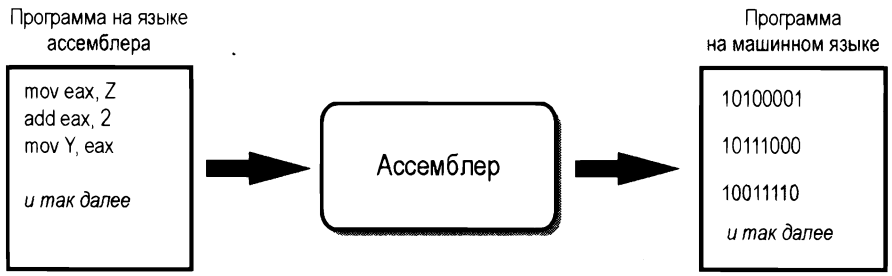


РИС. 1.17. Ассемблер переводит программу на языке ассемблера в программу на машинном языке

Высокоуровневые языки

Хотя язык ассемблера делает ненужным написание двоичных инструкций на машинном языке, он имеет свои сложности. Язык ассемблера прежде всего является непосредственной заменой машинного языка и подобно машинному языку он обязывает вас к тому, чтобы вы хорошо разбирались в ЦП. Язык ассемблера также требует, чтобы вы писали большое количество инструкций даже для самой простой программы. Поскольку язык ассемблера по

[1] Самый первый язык ассемблера, по всей видимости, был разработан в 1940-х годах в Кембриджском университете с целью его применения на историческом компьютере под названием EDSAC.

своей природе непосредственно связан с машинным языком, он называется *низкоуровневым языком*.

В 1950-х годах появилось новое поколение языков программирования, которые называются *высокоуровневыми языками*. Высокоуровневый язык позволяет создавать мощные и сложные программы, не требуя знаний особенностей работы ЦП, и написания большого количества низкоуровневых инструкций. Кроме того, в большинстве высокоуровневых языков используются легко понимаемые слова. Например, если бы программист использовал COBOL (который был одним из ранних высокоуровневых языков, созданных в 1950-х годах), то, к примеру, для отображения на мониторе сообщения "Привет, мир!" он написал бы следующую инструкцию:

```
DISPLAY "Привет, мир!"
```

Python — это современный, высокоуровневый язык программирования, который мы будем использовать в этой книге. В Python сообщение "Привет, мир!" выводится на экран при помощи такой инструкции:

```
print('Привет, мир!')
```

Выполнение того же самого на языке ассемблера потребовало бы нескольких инструкций и глубокого знания того, как ЦП взаимодействует с компьютерным устройством вывода. Как видно из этого примера, высокоуровневые языки позволяют программистам сосредоточиваться на задачах, которые они хотят выполнять при помощи своих программ, а не на деталях того, как ЦП будет исполнять эти программы.

Начиная с 1950-х годов были созданы тысячи высокоуровневых языков. В табл. 1.1 перечислены некоторые из наиболее известных языков.

Таблица 1.1. Языки программирования

Язык	Описание
Ada	Был создан в 1970-х годах прежде всего для приложений, использовавшихся Министерством обороны США. Язык назван в честь графини Ады Лавлейс, влиятельной исторической фигуры в области вычислительных систем
BASIC	Универсальная система символического кодирования для начинающих (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code) является языком общего назначения, который был первоначально разработан в начале 1960-х годов, как достаточно простой в изучении начинающими программистами. Сегодня существует множество разных версий языка BASIC
FORTRAN	Транслятор формул (FORmula TRANslator) был первым высокоуровневым языком программирования. Он был разработан в 1950-х годах для выполнения сложных математических вычислений
COBOL	Универсальный язык для коммерческих задач (Common Business-Oriented Language) был создан в 1950-х гг. для бизнес-приложений
Pascal	Создан в 1970 г. и первоначально был предназначен для обучения программированию. Этот язык был назван в честь математика, физика и философа Блеза Паскаля
C и C++	C и C++ (произносится как "си плюс плюс") являются мощными языками общего назначения, разработанными в компании Bell Laboratories. Язык C был создан в 1972 г., язык C++ был выпущен в 1983 г.
C#	C# произносится "си шарп". Этот язык был создан компанией Microsoft примерно в 2000 г. для разработки приложений на основе платформы Microsoft .NET

Таблица 1.1 *(окончание)*

Язык	Описание
Java	Был создан компанией Sun Microsystems в начале 1990-х годов. Он используется для разработки программ, которые работают на одиночном компьютере либо через Интернет с веб-сервера
JavaScript	Был создан в 1990-х годах и используется на веб-страницах. Несмотря на его название JavaScript с Java никак не связан
Python	Используемый в этой книге язык Python является языком общего назначения, который был создан в начале 1990-х годов. Он стал популярным в коммерческих и научных приложениях
Ruby	Ruby является языком общего назначения, который был создан в 1990-х годах. Он становится все более популярным языком для создания программ, которые работают на веб-серверах
Visual Basic	Широко известный как VB, является языком программирования Microsoft и средой разработки программного обеспечения, позволяет программистам быстро создавать Windows-ориентированные приложения. VB был создан в начале 1990-х годов

Ключевые слова, операторы и синтаксис: краткий обзор

Каждый высокоуровневый язык имеет свой набор предопределенных слов, которые программист должен использовать для написания программы. Слова, которые составляют высокоуровневый язык программирования, называются *ключевыми*, или *зарезервированными*, *словами*. Каждое ключевое слово имеет определенное значение и не может использоваться ни для какой другой цели. В табл. 1.2 перечислены все ключевые слова языка Python.

Таблица 1.2. Ключевые (зарезервированные) слова языка Python

`and`	`break`	`elif`	`for`	`in`	`not`	`True`
`as`	`class`	`else`	`from`	`is`	`or`	`try`
`assert`	`continue`	`except`	`global`	`lambda`	`pass`	`while`
`async`	`def`	`False`	`if`	`None`	`raise`	`with`
`await`	`del`	`finally`	`import`	`nonlocal`	`return`	`yield`

В дополнение к ключевым словам языки программирования имеют *операторы*, которые выполняют различные операции с данными. Например, все языки программирования имеют математические операторы, которые выполняют арифметические вычисления. В Python, а также большинстве других языков знак + является оператором, который складывает два числа. Вот пример сложения 12 и 75:

```
12 + 75
```

В языке Python имеется большое количество других операторов, о многих из них вы узнаете по ходу чтения книги.

Помимо ключевых слов и операторов, каждый язык также имеет свой *синтаксис*, т. е. набор правил, которые необходимо строго соблюдать при написании программы. Синтаксические правила предписывают то, как в программе должны использоваться ключевые слова, операторы и различные знаки препинания. При изучении языка программирования знание синтаксических правил этого конкретного языка является обязательным.

Отдельные команды, которые используются для написания программы на высокоуровневом языке программирования, называются *инструкциями*[1]. Инструкция языка программирования может состоять из ключевых слов, операторов, знаков препинания и других допустимых элементов языка программирования, расположенных в надлежащей последовательности с целью выполнения операции.

Компиляторы и интерпретаторы

Поскольку ЦП понимает инструкции только на машинном языке, программы, написанные на высокоуровневом языке, должны быть переведены, или транслированы, на машинный язык. В зависимости от языка, на котором была написана программа, программист для выполнения трансляции использует компилятор либо интерпретатор.

Компилятор — это программа, которая транслирует программу на высокоуровневом языке в отдельную программу на машинном языке. Программа на машинном языке затем может быть выполнена в любое время, когда потребуется (рис. 1.18). Обратите внимание, что компиляция и исполнение — это два разных процесса.

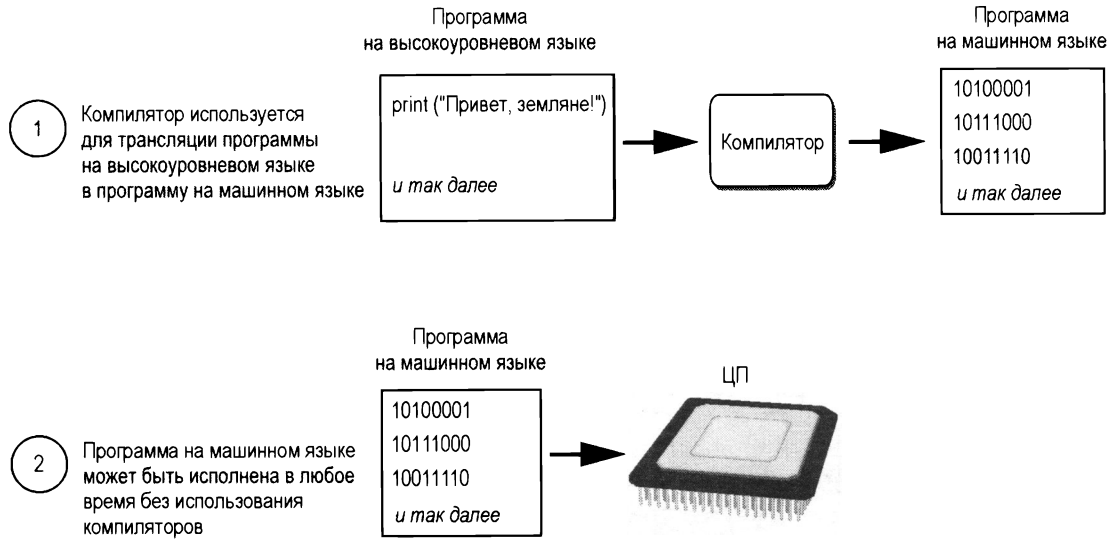


РИС. 1.18. Компилирование высокоуровневой программы и ее исполнение

В языке Python используется *интерпретатор*. Это программа, которая одновременно транслирует и исполняет инструкции в программе, написанной на высокоуровневом языке. По мере того, как интерпретатор читает каждую отдельную инструкцию в программе, он ее преобразовывает в инструкции на машинном языке и затем немедленно их исполняет. Этот процесс повторяется для каждой инструкции в программе (рис. 1.19). Поскольку интерпретаторы объединяют процессы трансляции и исполнения, как правило, отдельные программы на машинном языке ими не создаются.

Инструкции, которые программист пишет на высокоуровневом языке, называются *исходным кодом*, программным кодом или просто *кодом*. Как правило, программист набирает код

[1] Характерно, что до середины 1980-х годов англ. термин *statement* переводился как *утверждение* или *высказывание* языка программирования, что более соответствует понятию языка. — *Прим. пер.*

программы в текстовом редакторе, затем сохраняет его в файле на диске компьютера. Далее программист использует компилятор для трансляции кода в программу на машинном языке либо интерпретатор для трансляции и исполнения кода. Однако, если программный код содержит синтаксическую ошибку, он не может быть транслирован. *Синтаксическая ошибка* — это неточность в программе, такая как ключевое слово с опечаткой, недостающий знак препинания или неправильно использованный оператор. Когда это происходит, компилятор или интерпретатор выводит на экран сообщение об ошибке, говорящее, что программа содержит синтаксическую ошибку. Программист исправляет ошибку, затем пробует транслировать программу еще раз.



РИС. 1.19. Исполнение высокоуровневой программы интерпретатором



ПРИМЕЧАНИЕ

В естественных языках тоже есть синтаксические правила. Вспомните, как на уроках русского языка в школе вы проходили правила расстановки запятых, использования кавычек, написания с заглавной буквы и т. д. Во всех этих случаях вы изучали синтаксис русского языка.

Несмотря на то что люди в своей устной и письменной речи нередко нарушают синтаксические правила своего родного языка, обычно собеседники понимают, что имеется в виду. К сожалению, компиляторы и интерпретаторы такой способностью не обладают. Если в программе появляется всего одна-единственная синтаксическая ошибка, то программа не может быть откомпилирована или исполнена. Когда интерпретатор встречает синтаксическую ошибку, он прекращает исполнение программы.



Контрольная точка

1.18. ЦП понимает инструкции, которые написаны только на одном языке. Как называется этот язык?

1.19. Как называется тип памяти, в которую программа должна копироваться при каждом ее исполнении центральным процессором?

1.20. Как называется процесс, в котором участвует ЦП, когда он исполняет инструкции в программе?

1.21. Что такое язык ассемблера?

1.22. Какой язык программирования позволяет создавать мощные и сложные программы, не разбираясь в том, как работает ЦП?

1.23. Каждый язык имеет набор правил, который должен строго соблюдаться во время написания программы. Как называется этот набор правил?

1.24. Как называется программа, которая транслирует программу, написанную на высокоуровневом языке, в отдельную программу на машинном языке?

1.25. Как называется программа, которая одновременно транслирует и исполняет инструкции программы на высокоуровневом языке?

1.26. Причинами какого типа ошибок обычно является ключевое слово с опечаткой, недостающий знак препинания или неправильно использованный оператор?

1.5 Использование языка Python

Ключевые положения

Интерпретатор Python исполняет программы Python, которые хранятся в файлах, либо оперативно исполняет инструкции Python, которые набираются на клавиатуре в интерактивном режиме. Python поставляется вместе с программой под названием IDLE, которая упрощает процесс написания, исполнения и тестирования программ.

Установка языка Python

Прежде чем вы сможете испытать любую программу, приведенную в этой книге, либо написать какие-нибудь собственные программы, вам нужно убедиться, что на компьютере установлена среда разработки программ на языке Python, и она должным образом сконфигурирована. Если вы работаете в компьютерном классе, то это уже, по-видимому, было сделано. Если же вы используете свой компьютер, то, чтобы скачать и установить Python, вам следует соблюсти указания из *приложения 1*.

Интерпретатор языка Python

Ранее вы узнали, что Python — это интерпретируемый язык. Во время установки языка Python на компьютер одним из устанавливаемых элементов является интерпретатор языка Python. *Интерпретатор языка Python* — это программа, которая может читать инструкции программы на Python и их исполнять. (Иногда мы будем называть интерпретатор языка Python просто интерпретатором.)

Интерпретатор может использоваться в двух режимах: интерактивном и сценарном. В *интерактивном режиме* интерпретатор ожидает от вас, что вы наберете инструкцию Python на клавиатуре. После этого интерпретатор ее исполняет и ожидает от вас набора следующей инструкции. В *сценарном режиме* интерпретатор читает содержимое файла, в котором сохранены инструкции Python. Такой файл называется *программой Python*, или *сценарием Python*. Интерпретатор исполняет каждую инструкцию в программе Python по ходу чтения файла.

Интерактивный режим

Когда в вашей операционной системе язык Python установлен и настроен, интерпретатор запускается в интерактивном режиме, если перейти в командную оболочку операционной системы и набрать команду:

```
python
```

Если вы используете Windows, то можно, например, набрать в поле поиска Windows слово *python*. Среди результатов поиска вы увидите программу под названием Python 3.9 или что-то в этом роде (3.9 — это версия Python, которая была установлена). Щелкнув по этому элементу, вы запустите интерпретатор Python в интерактивном режиме.



ПРИМЕЧАНИЕ

Когда интерпретатор Python работает в интерактивном режиме, его нередко называют *оболочкой Python*.

Когда интерпретатор Python начнет работу в интерактивном режиме, вы увидите, что в консольном окне будет выведено что-то вроде:

```
Python 3.9.5 (tags/v3.9.5:0a7dcbd, May 3 2021, 17:27:22)
[MSC v.1928 64 bit (Intel)] on win64
Type "help", "copyright", "credits" or "license"
for more information.
>>>
```

Видите сочетание символов >>>? Это подсказка о том, что интерпретатор ожидает от вас набора инструкций Python. Давайте его испытаем. Самое простое, что можно сделать в Python, — это вывести на экран сообщение. Например, приведенная ниже инструкция выведет на экране сообщение "Программировать на Python — это круто!":

```
print('Программировать на Python - это круто!')
```

Эту инструкцию можно представить как команду, которую вы отправляете в интерпретатор Python. Если набрать эту инструкцию в точности, как показано, то на экране будет напечатано сообщение "Программировать на Python — это круто!". Вот пример того, как эта инструкция набирается напротив подсказки интерпретатора:

```
>>> print('Программировать на Python - это круто!') Enter
```

После набора инструкции нажмите клавишу <Enter>, и интерпретатор Python исполнит инструкцию, как показано ниже:

```
>>> print('Программировать на Python - это круто!') Enter
Программировать на Python - круто!
>>>
```

После вывода сообщения снова появляется подсказка >>>, которая говорит о том, что интерпретатор ожидает от вас набора следующей инструкции.

Давайте рассмотрим еще один пример. В приведенном ниже примере сеанса мы ввели две инструкции:

```
>>> print('Быть или не быть?') Enter
Быть или не быть?
```

```
>>> print('Вот в чем вопрос.') Enter
Вот в чем вопрос.
>>>
```

Если в интерактивном режиме набрать инструкцию неправильно, то интерпретатор выведет на экран сообщение об ошибке. Это делает интерактивный режим очень полезным во время изучения языка Python. По мере изучения новых компонентов языка их можно испытывать в интерактивном режиме и получать непосредственную обратную связь от интерпретатора.

Для того чтобы выйти из интерпретатора Python в интерактивном режиме на компьютере под управлением Windows, нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<Z> (нажимайте обе клавиши одновременно) и вслед за этим <Enter>. В Mac OS X, Linux или на компьютере под управлением UNIX нажмите <Ctrl>+<D> .



ПРИМЕЧАНИЕ

В *главе 2* мы рассмотрим приведенные ранее инструкции подробнее. Если вы хотите их испытать прямо сейчас в интерактивном режиме, то убедитесь, что набираете их на клавиатуре в точности, как показано.

Написание программ Python и их выполнение в сценарном режиме

Интерактивный режим полезен для тестирования программного кода. Вместе с тем инструкции, которые вы вводите в интерактивном режиме, не сохраняются в качестве программы. Они просто исполняются, и их результаты отображаются на экране. Если вы хотите сохранить перечень инструкций Python в качестве программы, то эти инструкции следует сохранить в файле. Затем, чтобы исполнить эту программу, интерпретатор Python следует запустить в сценарном режиме.

Например, предположим, что вы хотите написать программу Python, которая выводит на экран приведенные далее три строки текста:

```
Мигнуть
Моргнуть
Кивнуть.
```

Для написания программы следует создать файл в простом текстовом редакторе, таком как Блокнот (который установлен на всех компьютерах с Windows), содержащий следующие инструкции:

```
print('Мигнуть')
print('Моргнуть')
print('Кивнуть.')
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Для создания программы Python можно использовать текстовой процессор, но вы должны убедиться, что сохраняете программу как файл с обычным текстом. В противном случае интерпретатор Python не сможет прочитать его содержимое.

При сохранении программы Python ей следует дать имя с расширением *py*, которое идентифицирует ее как программу Python. Например, приведенную выше программу можно сохра-

нить под именем test.py. Для того чтобы выполнить программу, следует перейти в каталог, в котором сохранен файл, и в командной оболочке операционной системы набрать команду:

```
python test.py
```

Эта команда запустит интерпретатор Python в сценарном режиме, в результате чего он исполнит инструкции в файле test.py. Когда программа закончит исполняться, интерпретатор Python прекратит свою работу.

Среда программирования IDLE

Видеозапись "Использование интерактивного режима в среде IDLE" (Using Interactive Mode in IDLE)

В предыдущих разделах рассматривался способ запуска интерпретатора Python в интерактивном либо сценарном режимах в командной оболочке операционной системы. Как вариант, можно использовать интегрированную среду разработки, т. е. отдельную программу, которая предлагает все инструменты, необходимые для написания, исполнения и тестирования программы.

Последние версии Python содержат программу под названием IDLE[1], которая устанавливается автоматически во время установки языка Python. При запуске среды IDLE появляется окно, показанное на рис. 1.20. Обратите внимание, что в окне IDLE имеется подсказка >>>, говорящая о том, что интерпретатор работает в интерактивном режиме. Напротив этой подсказки можно набирать инструкции Python и видеть их исполнение в окне IDLE.

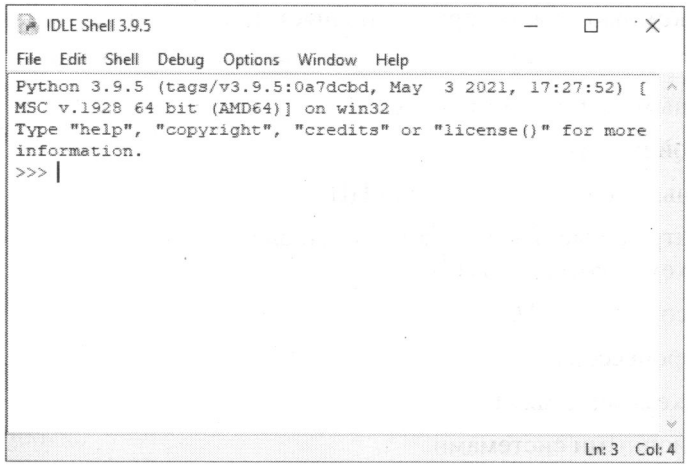


РИС. 1.20. Окно интегрированной среды разработки

Среда IDLE также имеет встроенный текстовый редактор с функциональными возможностями, специально предназначенными для того, чтобы помогать вам писать свои программы на Python. Например, редактор IDLE "расцвечивает" код таким образом, что ключевые слова и другие части программы размечаются на экране своим специальным цветом. Это упрощает чтение программ. В редакторе IDLE можно писать программы, сохранять на диск и исполнять их. В *приложении 2* предоставлено краткое введение в среду IDLE, которое проведет вас по всему процессу создания, сохранения и исполнения программы на языке Python.

[1] Integrated DeveLopment Environment — интегрированная среда разработки.



ПРИМЕЧАНИЕ

Помимо среды IDLE, которая устанавливается вместе с Python, существует несколько других интегрированных сред разработки на Python. Ваш преподаватель определит, какую из них использовать на занятиях.

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. _____ — это набор инструкций, которые компьютер исполняет, чтобы решить задачу.
   а) компилятор;
   б) программа;
   в) интерпретатор;
   г) язык программирования.
2. Физические устройства, из которых компьютер состоит, называются _____.
   а) аппаратным обеспечением;
   б) программным обеспечением;
   в) операционной системой;
   г) инструментами.
3. Компонент компьютера, который исполняет программы, называется _____.
   а) ОЗУ;
   б) вторичным устройством хранения;
   в) основной памятью;
   г) центральным процессором, или ЦП.
4. Сегодня центральные процессоры представляют собой небольшие кристаллы интегральной микросхемы, которые называются _____.
   а) процессорами ENIAC;
   б) микропроцессорами;
   в) микросхемами памяти;
   г) операционными системами.
5. Компьютер хранит программу во время ее исполнения, а также данные, с которыми программа работает, в _____.
   а) вспомогательной памяти;
   б) ЦП;
   в) основной памяти;
   г) микропроцессоре.
6. Энергозависимый тип памяти, который используется только для временного хранения инструкций и данных во время работы программы, называется _____.
   а) ОЗУ;
   б) вторичным устройством хранения;

в) дисководом;

г) USB-диском.

7. Тип памяти, который может хранить данные в течение долгого времени, даже когда к компьютеру не подведено электропитание, называется _____.

а) ОЗУ;

б) основной памятью;

в) вторичным устройством хранения;

г) устройством хранения данных ЦП.

8. Компонент, который собирает данные от людей и различных устройств и отправляет их в компьютер, называется _____.

а) устройством вывода;

б) устройством ввода;

в) вторичным устройством хранения;

г) основной памятью.

9. Видеодисплей является _____.

а) устройством вывода;

б) устройством ввода;

в) вторичным устройством хранения;

г) основной памятью.

10. _____ достаточно только для того, чтобы хранить одну букву алфавита или небольшое число.

а) байта;

б) бита;

в) переключателя;

г) транзистора.

11. Байт состоит из восьми _____.

а) центральных процессоров;

б) инструкций;

в) переменных;

г) битов.

12. В _____ системе исчисления все числовые значения записываются как последовательности нулей и единиц.

а) шестнадцатеричной;

б) двоичной;

в) восьмеричной;

г) десятичной.

13. Бит в положении "включено" представляет значение _____.

а) 1;

б) −1;

в) 0;

г) "нет".

14. Набор из 128 числовых кодов, которые обозначают английские буквы, различные знаки препинания и другие символы, представлен _____.

а) двоичной системой исчисления;

б) таблицей ASCII;

в) Юникодом;

г) процессором ENIAC.

15. Широкая схема кодирования, которая может представлять символы многих языков мира, называется _____.

а) двоичной системой исчисления;

б) таблицей ASCII;

в) Юникодом;

г) процессором ENIAC.

16. Отрицательные числа кодируются при помощи _____.

а) метода дополнения до двух;

б) метода представления в формате с плавающей точкой;

в) таблицы ASCII;

г) Юникода.

17. Вещественные числа кодируются при помощи _____.

а) метода дополнения до двух;

б) метода представления в формате с плавающей точкой;

в) таблицы ASCII;

г) Юникода.

18. Крошечные цветные точки, из которых состоят цифровые изображения, называются _____.

а) битами;

б) байтами;

в) цветными пакетами;

г) пикселами.

19. Если бы вам пришлось обратиться к программе на машинном языке, то вы бы увидели _____.

а) исходный код Python;

б) поток двоичных чисел;

в) английские слова;

г) микросхемы.

20. На этапе _____ в цикле "выборка-декодирование-исполнение" ЦП определяет, какую операцию он должен выполнить.

а) выборки;

б) декодирования;

в) исполнения;

г) деконструирования.

21. Компьютеры могут исполнять только те программы, которые написаны на _____.

а) Java;

б) языке ассемблера;

в) машинном языке;

г) Python.

22. _____ транслирует программу на языке ассемблера в программу на машинном языке.

а) ассемблер;

б) компилятор;

в) транслятор;

г) интерпретатор.

23. Слова, которые составляют высокоуровневый язык программирования, называются _____.

а) двоичными инструкциями;

б) мнемониками;

в) командами;

г) ключевыми словами.

24. Правила, которые должны соблюдаться при написании программы, называются _____.

а) синтаксическими правилами;

б) правилами расстановки знаков препинания;

в) правилами написания ключевых слов;

г) правилами применения операторов.

25. _____ транслирует программу, написанную на высокоуровневом языке, в отдельную программу на машинном языке.

а) ассемблер;

б) компилятор;

в) транслятор;

г) сервисная программа.

Истина или ложь

1. Сегодня ЦП представляют собой огромные устройства, изготовленные из электрических и механических компонентов, таких как вакуумные лампы и переключатели.
2. Основная память также называется оперативной памятью, или ОЗУ.

3. Любая порция данных, которая хранится в памяти компьютера, должна храниться в виде двоичного числа.
4. Изображения, аналогичные создаваемым вашей цифровой камерой, нельзя сохранить как двоичное число.
5. Машинный язык — это единственный язык, который ЦП понимает.
6. Язык ассемблера считается высокоуровневым языком.
7. Интерпретатор — это программа, которая транслирует и исполняет инструкции в программе на высокоуровневом языке.
8. Синтаксическая ошибка не препятствует тому, чтобы программа была скомпилирована и исполнена.
9. Windows, Linux, Android, iOS и Mac OS X — все они являются примерами прикладного программного обеспечения.
10. Программы обработки текста, программы по работе с электронными таблицами, почтовые программы, веб-браузеры и игры — все они являются примерами обслуживающих программ.

Короткий ответ

1. Почему ЦП является самым важным компонентом в компьютере?
2. Какое двоичное число представляет включенный бит? Какое двоичное число представляет выключенный бит?
3. Как называется устройство, которое работает с двоичными данными?
4. Как называются слова, которые составляют высокоуровневый язык программирования?
5. Как называются короткие слова, которые используются в языке ассемблера?
6. Какова разница между компилятором и интерпретатором?
7. Какой тип программного обеспечения управляет внутренними операциями аппаратного обеспечения компьютера?

Упражнения

1. Для того чтобы убедиться, что вы научились взаимодействовать с интерпретатором Python, попробуйте выполнить на своем компьютере приведенные ниже шаги.
   - Запустите интерпретатор Python в интерактивном режиме.
   - Напротив подсказки >>> наберите следующую инструкцию, затем нажмите клавишу <Enter>:

     ```
     print('Проверка интерпретатора Python.') Enter
     ```

   - После нажатия клавиши <Enter> интерпретатор исполнит инструкцию. Если вы ввели все правильно, то ваш сеанс должен выглядеть так:

     ```
     >>> print('Проверка интерпретатора Python.') Enter
     Проверка интерпретатора Python.
     >>>
     ```

   - Если вы увидите сообщение об ошибке, введите инструкцию снова и убедитесь, что вы ее набираете в точности, как показано.

- Выйдите из интерпретатора Python. (В Windows нажмите клавиши <Ctrl>+<Z>, а затем <Enter>. В других операционных системах нажмите клавиши <Ctrl>+<D>.)

2. Для того чтобы убедиться, что вы научились взаимодействовать с интегрированной средой разработки IDLE, попробуйте выполнить на своем компьютере приведенные ниже шаги.


Видеозапись "Выполнение упражнения 2" (Performing Exercise 2)

- Запустите среду IDLE: в Windows наберите слово *IDLE* в поле поиска. Щелкните на элементе IDLE (IDLE Python 3.9), который будет выведен в отчете о результатах поиска.
- При запуске среды IDLE она должна появиться в окне, похожем на то, которое было представлено на рис. 1.20. Напротив подсказки >>> введите приведенную ниже инструкцию, затем нажмите клавишу <Enter>:

```
print('Проверка IDLE.') Enter
```

- После нажатия клавиши <Enter> интерпретатор Python исполнит инструкцию. Если все набрано правильно, то ваш сеанс должен выглядеть так:

```
>>> print('Проверка среды IDLE.') Enter
Проверка среды IDLE'.
>>>
```

- Если вы видите сообщение об ошибке, то введите инструкцию снова и убедитесь, что набираете ее в точности, как показано.
- Выйдите из IDLE, выбрав в меню **File** (Файл) команду **Exit** (Выход) (или нажав клавиши <Ctrl>+<Q>).

3. Примените ваши знания о двоичной системе исчисления, чтобы преобразовать следующие ниже десятичные числа в двоичные:

```
 11
 65
100
255
```

4. Примените ваши знания о двоичной системе исчисления, чтобы преобразовать следующие ниже двоичные числа в десятичные:

```
  1101
  1000
101011
```

5. По таблице ASCII из *приложения 3* определите коды каждой буквы какого-нибудь английского имени.

6. Проведите исследование истории языка программирования Python при помощи Интернета и ответьте на следующие вопросы:

- Кто является создателем языка Python?
- Когда Python был создан?
- В сообществе разработчиков на Python создателя языка Python принято называть BDFL. Что означает эта аббревиатура?

ГЛАВА 2

Ввод, обработка и вывод

2.1 Проектирование программы

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Прежде чем приступать к написанию программы, ее необходимо спроектировать. Во время процесса проектирования программисты применяют специальные инструменты, такие как псевдокод и блок-схемы, для создания модели программы.

Цикл проектирования программы

В *главе 1* вы узнали, что для создания программ разработчики используют преимущественно высокоуровневые языки, такие как Python. Однако создание программы отнюдь не ограничивается написанием кода. Процесс создания правильно работающей программы, как правило, подразумевает пять фаз, показанных на рис. 2.1. Весь этот процесс называется *циклом разработки программы*.



РИС. 2.1. Цикл разработки программы

Рассмотрим каждый этап данного цикла подробнее.

1. **Спроектировать программу.** Все профессиональные программисты вам скажут, что до того, как рабочий код программы будет написан, программа должна быть тщательно спроектирована. Когда программисты начинают новый проект, они никогда не бросаются к написанию кода с места в карьер. Они начинают с того, что создают проект программы. Существует несколько способов проектирования программы, и позже в этом разделе мы рассмотрим отдельные методы, которые можно применять для разработки программ Python.
2. **Написать код.** После создания проекта программы разработчик начинает записывать код на высокоуровневом языке, в частности на Python. Из *главы 1* известно, что каждый язык имеет свои синтаксические правила, которые должны соблюдаться при написании программы. Эти правила языка диктуют, каким образом использовать такие элементы, как ключевые слова, операторы и знаки препинания. Синтаксическая ошибка происходит в случае, если программист нарушает какое-либо из этих правил.

3. **Исправить синтаксические ошибки.** Если программа содержит синтаксическую ошибку или даже простую неточность, такую как ключевое слово с опечаткой, то компилятор или интерпретатор выведет на экран сообщение об ошибке с ее описанием. Практически любой программный код содержит синтаксические ошибки, когда он написан впервые, поэтому, как правило, программист будет тратить некоторое время на их исправление. После того как все синтаксические ошибки и простые неточности набора исходного кода исправлены, программа может быть скомпилирована и транслирована в программу на машинном языке (либо, в зависимости от используемого языка, исполнена интерпретатором).
4. **Протестировать программу.** Когда программный код находится в исполнимой форме, его тестируют с целью определения каких-либо логических ошибок. *Логическая ошибка* — это неточность, которая не мешает выполнению программы, но приводит к неправильным результатам. (Математические неточности являются типичными причинами логических ошибок.)
5. **Исправить логические ошибки**. Если программа приводит к неправильным результатам, программист выполняет *отладку* кода — отыскивает в программе логические ошибки и исправляет их. Иногда во время этого процесса программист обнаруживает, что оригинальный проект программы должен быть изменен. Тогда разработка программы вновь начинается и продолжается до тех пор, пока все ошибки не будут обнаружены и устранены.

Подробнее о процессе проектирования

Процесс проектирования программы, возможно, является самой важной частью цикла. Проект программы можно представить, как фундамент. Если возвести дом на плохо поставленном фундаменте, то в конечном счете можно оказаться в ситуации, когда придется потратить уйму времени и усилий, чтобы его укрепить! Так и с программой: если она спроектирована плохо, вам придется проделать большую работу, чтобы ее исправить.

Процесс проектирования программы можно обобщить так:

1. Понять задачу, которую программа должна выполнить.
2. Определить шаги, которые должны быть проделаны для выполнения задачи.

Давайте рассмотрим каждый из этих шагов подробнее.

Понять задачу, которую программа должна выполнить

Прежде всего крайне важно понять, что именно программа должна делать. Как правило, профессиональный программист достигает этого понимания, работая непосредственно с клиентом — заказчиком проекта. Мы используем термин *"клиент"* для обозначения человека, группы или организации, которые поручают вам написать программу. Это может быть клиент в традиционном значении слова, т. е. тот человек, который платит вам деньги за написание программы. Но им также может быть ваш руководитель или начальник отдела в вашей компании. Независимо от того, кем клиент является, он будет опираться на вашу программу при выполнении важной задачи.

Для того чтобы понять предназначение программы, программист обычно берет у заказчика интервью: клиент описывает задачу, которую программа должна выполнять, а программист задает вопросы, чтобы выяснить как можно больше подробностей о задаче. Обычно требу-

ется еще одно интервью, потому что во время первой встречи клиенты редко упоминают все, что они хотят получить, и у программистов часто возникают дополнительные вопросы.

Программист изучает информацию, которая была получена от клиента во время обоих интервью, и создает список различных технических требований к программному обеспечению. *Техническое требование к программному обеспечению* — это просто отдельное задание, которое необходимо выполнить для удовлетворения потребностей клиента. Как только клиент соглашается, что список технических требований полон, программист может перейти к следующей фазе разработки.



СОВЕТ

Если вы намерены стать профессиональным разработчиком ПО, то вашим клиентом будет любой, кто поручает вам писать программы в рамках вашей работы. Однако, коль скоро вы пока что еще учащийся, вашим клиентом является ваш преподаватель! Можно утверждать практически со стопроцентной гарантией, что на каждом занятии по программированию, которое вы будете посещать, ваш преподаватель будет ставить перед вами задачи. Для того чтобы ваша академическая успеваемость была на высоте, первым делом убедитесь, что вы понимаете технические требования своего преподавателя к этим задачам, и старайтесь писать свои программы в соответствии с ними.

Определить шаги, необходимые для выполнения задачи

После того как вы разобрались в задаче, которую программа будет выполнять, вам нужно разбить задачу на серию шагов. Например, предположим, что кто-то вас просит объяснить, как вскипятить воду. Эту задачу можно разбить на серию шагов следующим образом:

1. Налить нужный объем воды в чайник.
2. Поставить чайник на плиту.
3. Включить плиту.
4. Следить за водой, пока вода не начнет бурлить. Когда она забурлит, вода будет вскипячена.

Это пример *алгоритма*, т. е. набора четко сформулированных логических шагов, которые должны быть проделаны для выполнения задачи. Обратите внимание, что в этом алгоритме шаги последовательно упорядочены. Шаг 1 должен быть выполнен перед шагом 2 и т. д. Если человек выполняет эти шаги в точности, как они описаны, и в правильном порядке, то он сможет успешно вскипятить воду.

Программист разбивает задачу, которую программа должна выполнить, схожим образом. Он создает алгоритм с перечислением всех логических шагов, которые должны быть выполнены. Например, предположим, вам поручили написать программу, которая рассчитывает и показывает заработную плату до налоговых и прочих удержаний для сотрудника с почасовой ставкой оплаты труда. Вот шаги, которые вы бы проделали:

1. Получить количество отработанных часов.
2. Получить почасовую ставку оплаты труда.
3. Умножить число отработанных часов на почасовую ставку оплаты труда.
4. Показать результат вычисления, выполненного на шаге 3.

Разумеется, этот алгоритм совсем не готов к тому, чтобы его можно было исполнить на компьютере. Шаги, перечисленные в этом списке, сначала должны быть переведены в про-

граммный код. Для достижения этой цели программисты широко применяют два инструмента: псевдокод и блок-схемы. Давайте взглянем на каждый из них более детально.

Псевдокод

Поскольку неточности, т. е. слова с опечатками и пропущенные знаки препинания, могут вызывать синтаксические ошибки, программисты должны быть внимательны к таким мелким деталям при написании кода. По этой причине, прежде чем написать программу в рабочем коде языка программирования, в частности на Python, программисты считают полезным написать программу в псевдокоде (т. е. с пропуском несущественных подробностей).

Слово "псевдо" означает "фикция, подделка", поэтому *псевдокод* — это фиктивный код. Это неформальный язык, который не имеет каких-либо синтаксических правил и не предназначен для компиляции или исполнения. Вместо этого для создания моделей, или макетов, программ разработчики используют псевдокод. Поскольку при написании псевдокода программистам не приходится беспокоиться о синтаксических ошибках, они могут спокойно сосредоточить все свое внимание на проектировании программы. После того как на основе псевдокода создан отвечающий требованиям проект, псевдокод может быть переведен непосредственно в рабочий код. Вот пример того, как можно написать псевдокод для программы вычисления зарплаты, которую мы рассмотрели ранее:

```
Ввести отработанные часы.
Ввести почасовую ставку оплаты труда.
Рассчитать заработную плату до удержаний, как произведение отработанных часов
и ставки оплаты труда.
Показать заработную плату.
```

Каждая инструкция в псевдокоде представляет операцию, которая может быть выполнена на языке Python. Например, Python может прочитать входные данные, набираемые на клавиатуре, выполнить математические расчеты и показать сообщения на экране.

Блок-схемы

Блок-схемы являются еще одним инструментом, который программисты используют для проектирования программ. *Блок-схема* — это диаграмма, которая графически изображает шаги в программе. Блок-схема для программы расчета заработной платы представлена на рис. 2.2.

Обратите внимание, что в блок-схеме имеется три типа символов: овалы, параллелограммы и прямоугольники. Каждый из этих символов представляет шаг в программе, как описано далее.

- Овалы, которые появляются вверху и внизу блок-схемы, называются *терминальными символами*. Терминальный символ *Начало* отмечает начальную точку программы, терминальный символ *Конец* — ее конечную точку.
- Параллелограммы используются в качестве *входных* и *выходных символов*. Они обозначают шаги, в которых программа считывает данные на входе (т. е. входные данные) или показывает итоговые данные на выходе (т. е. выходные данные).
- Прямоугольники используются в качестве *обрабатывающих символов*. Они обозначают шаги, в которых программа выполняет некую обработку данных, такую как математическое вычисление.



РИС. 2.2. Блок-схема программы расчета заработной платы

Символы соединены стрелками, которые представляют "поток" вычислений программы. Для того чтобы пройти символы в надлежащем порядке, нужно начать с терминального символа *Начало* и следовать вдоль стрелок, пока не будет достигнут терминальный символ *Конец*.



Контрольная точка

2.1. Кто является клиентом программиста?

2.2. Что такое техническое требование к программному обеспечению?

2.3. Что такое алгоритм?

2.4. Что такое псевдокод?

2.5. Что такое блок-схема?

2.6. Что означают приведенные ниже символы блок-схемы?

- Овал.
- Параллелограмм.
- Прямоугольник.

2.2 Ввод, обработка и вывод

Ключевые положения

Входные данные — это данные, которые программа получает на входе. При получении данных программа обычно их обрабатывает путем выполнения над ними некой операции. Выходные данные, или итоговый результат операции, выводятся из программы.

Компьютерные программы, как правило, выполняют приведенный ниже трехшаговый процесс:

1. Получить входные данные (ввести данные).
2. Выполнить некую обработку входных данных.
3. Выдать выходные данные (вывести данные).

Входные данные — это любые данные, которые программа получает во время своего выполнения. Одной из типичных форм входных данных являются данные, вводимые с клавиатуры. После того как входные данные получены, обычно они подвергаются некой обработке, такой как математическое вычисление. Результаты этой обработки отправляются из программы в качестве выходных данных.

На рис. 2.3 показаны шаги в программе расчета заработной платы, которую мы рассмотрели ранее. Количество отработанных часов и почасовая ставка оплаты труда передаются в качестве входных данных. Программа обрабатывает эти данные путем умножения отработанных часов на почасовую ставку оплаты труда. Результаты расчетов выводятся в качестве выходных данных.



РИС. 2.3. Ввод, обработка и вывод программы расчета заработной платы

В этой главе мы обсудим основные способы, которыми вы можете вводить, обрабатывать и выводить данные с использованием языка Python.

2.3 Вывод данных на экран при помощи функции *print*

Ключевые положения

Функция `print` используется для вывода на экран выходных данных в программе Python.

Видеозапись "Использование функции print" (Using the print function)

Функция — это фрагмент заранее написанного кода, который выполняет некую операцию. Python имеет многочисленные встроенные функции, которые выполняют различные опера-

ции. Возможно, самой фундаментальной встроенной функцией является функция печати `print`, которая показывает выходные данные на экране. Вот пример инструкции, которая исполняет функцию `print`:

```
print('Привет, мир!')
```

Если набрать эту инструкцию и нажать клавишу <Enter> в интерактивном режиме, то на экран будет выведено сообщение "Привет, мир!". Вот пример, который показывает, как это делается:

```
>>> print('Привет, мир!') Enter
Привет, мир!
>>>
```

Когда программисты исполняют функцию, они говорят, что *вызывают* функцию. При вызове функции `print` набирается слово `print`, а затем пара круглых скобок. Внутри круглых скобок набирается *аргумент*, т. е. данные, которые требуется вывести на экран. В предыдущем примере аргументом является `'Привет, мир!'`. Отметим, что во время исполнения этой инструкции символы кавычек не выводятся. Символы кавычек просто задают начало и конец текста, который вы хотите показать.

Предположим, что ваш преподаватель поручает вам написать программу, которая выводит на мониторе имя и адрес. В программе 2.1 представлен код с результатом, который она произведет при ее выполнении. (В книге номера строк, которые появляются в распечатке программы, не являются частью программы. Номера строк используются в ходе изложения, чтобы можно было ссылаться на фрагменты программы.)

Программа 2.1 (output.py)

```
1 print('Кейт Остен')
2 print('123 Фул Серкл Драйв')
3 print('Эшвиль, Северная Каролина 28899')
```

Вывод программы

```
Кейт Остен
123 Фул Серкл Драйв
Эшвиль, Северная Каролина 28899
```

Важно понять, что инструкции в этой программе исполняются в том порядке, в котором они появляются в программе сверху вниз. При выполнении этой программы исполнится первая инструкция, вслед за ней вторая инструкция и затем третья.

Строковые данные и строковые литералы

Программы почти всегда работают с данными какого-то типа. Например, программа 2.1 использует три приведенные порции данных:

```
'Кейт Остен'
'123 Фул Серкл Драйв'
'Эшвиль, Северная Каролина 28899'
```

Эти порции данных представляют собой цепочки символов. В терминах программирования цепочка символов, которая используется в качестве данных, называется *символьной после-*

довательностью, или *строковым значением*, или просто *строкой*. Когда символьная последовательность появляется в рабочем коде программы, она называется *строковым литералом*. В программном коде Python строковые литералы должны быть заключены в знаки кавычек. Как отмечалось ранее, знаки кавычек просто отмечают, где строковые данные начинаются и заканчиваются.

В Python можно заключать строковые литералы в одинарные кавычки (') либо двойные кавычки ("). Строковые литералы в программе 2.1 заключены в одинарные кавычки, но этот программный код можно написать так же, как показано в программе 2.2.

Программа 2.2 (double_quotes.py)

```
1 print("Кейт Остен")
2 print("123 Фул Серкл Драйв")
3 print("Эшвиль, Северная Каролина 28899")
```

Вывод программы

```
Кейт Остен
123 Фул Серкл Драйв
Эшвиль, Северная Каролина 28899
```

Если требуется, чтобы строковый литерал содержал одинарную кавычку (апостроф), то можно заключить строковый литерал в двойные кавычки. Например, программа 2.3 выводит две строки, которые содержат апострофы.

Программа 2.3 (apostrophe.py)

```
1 print("Из всех рассказов О'Генри")
2 print("мне больше нравится 'Вождь краснокожих'.")
```

Вывод программы

```
Из всех рассказов О'Генри
мне больше нравится 'Вождь краснокожих'.
```

Аналогичным образом строковый литерал, в котором внутри содержатся двойные кавычки, можно заключить в одинарные кавычки (программа 2.4).

Программа 2.4 (display_quote.py)

```
1 print('Домашнее задание на завтра - прочитать "Гамлета".')
```

Вывод программы

```
Домашнее задание на завтра - прочитать "Гамлета".
```

Python позволяет заключать строковые литералы в тройные кавычки (""" либо '''). Строки, которые заключены в тройные кавычки, внутри могут содержать одинарные и двойные кавычки.

```
print("""Вместо рассказов О'Генри сегодня займусь "Гамлетом".""")
```

Эта инструкция напечатает

```
Вместо рассказов О'Генри сегодня займусь "Гамлетом".
```

Тройные кавычки используются для заключения многострочных строковых данных, для которых одинарные и двойные кавычки не могут применяться. Вот пример:

```
print("""Один
Два
Три""")
```

Эта инструкция напечатает:

```
Один
Два
Три
```



Контрольная точка

2.7. Напишите инструкцию, которая показывает ваше имя.

2.8. Напишите инструкцию, которая показывает приведенный ниже текст:

```
Python - лучше всех!
```

2.9. Напишите инструкцию, которая показывает приведенный ниже текст:

```
Кошка сказала "мяу".
```

2.4 Комментарии

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Комментарии — это описательные пояснения, которые документируют строки программы или ее разделы. Комментарии являются частью программы, но интерпретатор Python их игнорирует. Они предназначены для людей, которые, возможно, будут читать исходный код.

Комментарии — это короткие примечания, которые размещаются в разных частях программы и объясняют, как эти части программы работают. Несмотря на то, что комментарии являются критически важной частью программы, интерпретатор Python их игнорирует. Комментарии адресованы любому человеку, который будет читать программный код, и не предназначены для компьютера.

В Python комментарий начинается с символа решетки #. Когда интерпретатор Python видит символ #, он игнорирует все, что находится между этим символом и концом строки кода. Например, взгляните на программу 2.5. Строки кода 1 и 2 — комментарии, которые объясняют цель программы.

Программа 2.5 (comment1.py)

```
1 # Эта программа показывает
2 # ФИО и адрес человека.
3 print('Кейт Остен')
4 print('123 Фул Серкл Драйв')
5 print('Эшвиль, Северная Каролина 28899')
```

Вывод программы

```
Кейт Остен
123 Фул Серкл Драйв
Эшвиль, Северная Каролина 28899
```

В своем коде программисты чаще всего используют концевые комментарии. *Концевой комментарий* — это комментарий, который появляется в конце строки кода. Он обычно объясняет инструкцию, которая расположена в этой строке. В программе 2.6 приведен пример, в котором каждая строка кода заканчивается комментарием, кратко объясняющим, что эта строка кода делает.

Программа 2.6 (comment2. py)

```
1 print('Кейт Остен')                          # Показать полное имя.
2 print('123 Фул Серкл Драйв')                 # Показать адрес проживания.
3 print('Эшвиль, Северная Каролина 28899')     # Показать город и индекс.
```

Вывод программы

```
Кейт Остен
123 Фул Серкл Драйв
Эшвиль, Северная Каролина 28899
```

Как начинающий программист, вы, возможно, будете противиться идее щедро наполнять ваши программы комментариями. В конце концов, может показаться более продуктивным писать лишь программный код, который делает что-то фактически! Между тем крайне важно тратить дополнительное время на написание комментариев. Они почти наверняка сэкономят время вам и другим в будущем, когда потребуется видоизменить или отладить программу. Большие и сложные программы практически невозможно прочитать и понять, если они должным образом не были задокументированы.

2.5 Переменные

Ключевые положения

Переменная — это имя, которое представляет место хранения в памяти компьютера.

Программы обычно хранят данные в оперативной памяти компьютера и выполняют операции с этими данными. Например, рассмотрим типичный опыт совершения покупок в онлайн-магазине: вы просматриваете веб-сайт и добавляете в корзину товары, которые хотите приобрести. По мере того как вы добавляете товары, данные об этих товарах сохраняются в памяти. Затем, когда вы нажимаете кнопку оформления заказа, выполняющаяся на компьютере веб-сайта программа вычисляет стоимость всех товаров, которые находятся в вашей корзине, с учетом стоимости доставки и итоговой суммы всех сборов. При выполнении этих расчетов программа сохраняет полученные результаты в памяти компьютера.

Программы используют переменные для хранения данных в памяти. *Переменная* — это имя, которое представляет значение в памяти компьютера. Например, в программе, вычисляющей налог с продаж на приобретаемые товары, для представления этого значения в памяти

может использоваться имя переменной tax (налог). Тогда как в программе, которая вычисляет расстояние между двумя городами, для представления этого значения в памяти может использоваться имя переменной distance (расстояние). Когда переменная представляет значение в памяти компьютера, мы говорим, что переменная *ссылается* на это значение.

Создание переменных инструкцией присваивания

Инструкция присваивания используется для создания переменной, которая будет ссылаться на порцию данных. Вот пример инструкции присваивания:

```
age = 25
```

После исполнения этой инструкции будет создана переменная с именем age (возраст), и она будет ссылаться на значение 25. Этот принцип показан на рис. 2.4: здесь число 25 следует рассматривать как значение, которое хранится где-то в оперативной памяти компьютера. Стрелка, которая направлена от имени age в сторону значения 25, говорит, что имя age этой переменной ссылается на это значение.

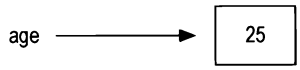


РИС. 2.4. Переменная age ссылается на значение 25

Инструкция присваивания записывается в приведенном ниже общем формате:

```
переменная = выражение
```

Знак "равно" (=) называется *оператором присваивания*. В данном формате *переменная* — это имя переменной, а *выражение* — значение либо любая порция программного кода, которая в результате дает значение. После исполнения инструкции присваивания переменная, заданная слева от оператора =, будет ссылаться на значение, заданное справа от оператора =.

Для того чтобы поэкспериментировать с переменными, можно набрать инструкции присваивания в интерактивном режиме, как показано ниже:

```
>>> width = 10 Enter
>>> length = 5 Enter
>>>
```

Первая инструкция создает переменную с именем width (ширина) и присваивает ей значение 10. Вторая инструкция создает переменную с именем length (длина) и присваивает ей значение 5. Далее, как показано ниже, можно применить функцию print для отображения значений, на которые эти переменные ссылаются:

```
>>> print(width) Enter
10
>>> print(length) Enter
5
>>>
```

Во время передачи в функцию print переменной в качестве аргумента не следует заключать имя переменной в кавычки. Для того чтобы продемонстрировать причину, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
>>> print('width') Enter
width
```

```
>>> print(width) Enter
10
>>>
```

В первой инструкции в качестве аргумента функции `print` передано `'width'`, и функция вывела строковый литерал `width`. Во второй инструкции в качестве аргумента функции `print` передано `width` (без кавычек), и функция показала значение, на которое ссылается переменная `width`.

В инструкции присваивания переменная, получающая присваиваемое значение, должна стоять с левой стороны от оператора =. Как показано в приведенном ниже интерактивном сеансе, если единица языка с левой стороны от оператора = не является переменной, то произойдет ошибка[1]:

```
>>> 25 = age Enter
SyntaxError: can't assign to literal
>>>
```

В программе 2.7 демонстрируется переменная. Строка 2 создает переменную с именем `room` (комната) и присваивает ей значение 503. Инструкции в строках 3 и 4 выводят сообщения. Обратите внимание, что строка 4 выводит значение, на которое ссылается переменная `room`.

Программа 2.7 (variable_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует переменную.
2 room = 503
3 print('Я нахожусь в комнате номер')
4 print(room)
```

Вывод программы

```
Я нахожусь в комнате номер
503
```

В программе 2.8 приведен пример кода, в котором используются две переменные. Строка 2 создает переменную с именем `top_speed` (предельная скорость), присваивая ей значение 160. Строка 3 создает переменную с именем `distance` (расстояние), присваивая ее значение 300 (рис. 2.5).

Программа 2.8 (variable_demo2.py)

```
1 # Создать две переменные: top_speed и distance.
2 top_speed = 160
3 distance = 300
4
5 # Показать значения, на которые ссылаются переменные.
6 print('Предельная скорость составляет')
7 print(top_speed)
```

[1] В примере выводится системное сообщение об ошибке, которое переводится как *синтаксическая ошибка: нельзя присвоить значение литералу. — Прим. пер.*

```
8 print('Пройденное расстояние составляет')
9 print(distance)
```

Вывод программы

```
Предельная скорость составляет
160
Пройденное расстояние составляет
300
```

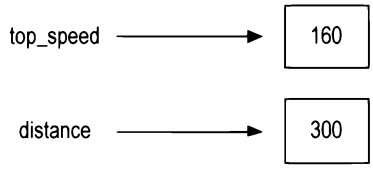


РИС. 2.5. Две переменные



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Переменную нельзя использовать, пока ей не будет присвоено значение. Если попытаться выполнить операцию с переменной, например напечатать ее, до того, как ей будет присвоено значение, то произойдет ошибка.

Иногда ошибка может быть вызвана простой опечаткой при наборе. Одним из таких примеров является имя переменной с опечаткой:

```
temperature = 74.5 # Создать переменную
print(tempereture) # Ошибка! Имя переменной с опечаткой
```

В этом фрагменте кода переменная `temperature` (температура) создается инструкцией присваивания. Однако в инструкции `print` имя переменной написано по-другому, что вызовет ошибку. Еще одним примером является неединообразное использование прописных и строчных букв в имени переменной. Вот пример:

```
temperature = 74.5 # Создать переменную
print(Temperature) # Ошибка! Неединообразное применение регистра
```

В этом примере переменная `temperature` (все буквы в нижнем регистре) создается инструкцией присваивания. В инструкции `print` имя `Temperature` написано с буквой T в верхнем регистре. Это вызовет ошибку, потому что в Python имена переменных *чувствительны к регистру* символов (регистрочувствительны).



ПРИМЕЧАНИЕ

Переменные в Python работают иначе, чем переменные в большинстве других языков программирования. Там переменная — это ячейка памяти, которая содержит значение. В этих языках, когда вы присваиваете значение переменной, оно сохраняется в выделенной для этой переменной ячейке памяти.

В Python переменная — это ячейка памяти, которая содержит *адрес* другой ячейки памяти. Когда вы присваиваете значение переменной в Python, это оно хранится в отдельном от переменной месте. Переменная будет содержать адрес ячейки, в которой хранится значение. Вот почему в Python вместо того, чтобы говорить, что переменная "содержит" значение, мы говорим, что переменная "ссылается" на переменную.

Правила именования переменных

Хотя разрешается придумывать переменным свои имена, необходимо соблюдать правила.

- В качестве имени переменной нельзя использовать одно из ключевых слов Python (см. табл. 1.2 с перечнем ключевых слов).
- Имя переменной не может содержать пробелы.
- Первый символ должен быть одной из букв от a до z, от A до Z либо символом подчеркивания[1] (_).
- После первого символа можно использовать буквы от a до z или от A до Z, цифры от 0 до 9 либо символы подчеркивания.
- Символы верхнего и нижнего регистров различаются. Это означает, что имя переменной `ItemsOrdered` (ЗаказаноТоваров) не является тем же, что и `itemsordered` (заказанотоваров).

В дополнение к соблюдению этих правил также всегда следует выбирать имена переменных, которые дают представление о том, для чего они используются. Например, переменная для температуры может иметь имя `temperature`, а переменную для скорости автомобиля можно назвать `speed`. У вас может возникнуть желание давать переменным имена, типа `x` и `b2`, но такие имена не дают ключ к пониманию того, для чего переменная предназначена.

Поскольку имя переменной должно отражать ее назначение, программисты часто оказываются в ситуации, когда им приходится создавать имена из нескольких слов. Например, посмотрите на приведенные ниже имена переменных:

```
grosspay
payrate
hotdogssoldtoday
```

К сожалению, эти имена с трудом удается прочесть, потому что слова в них не отделены. Поскольку в именах переменных нельзя использовать пробелы, нужно найти другой способ отделять слова в многословном имени переменной и делать его более удобочитаемым для человека.

Один из способов — использовать символ подчеркивания вместо пробела. Например, приведенные ниже имена переменных читаются проще, чем показанные ранее:

```
gross_pay
pay_rate
hot_dogs_sold_today
```

Этот стиль именования переменных популярен среди программистов на Python и является стилем, который мы будем использовать в книге. Правда, есть и другие стили, такие как *горбатыйСтиль* написания имен переменных. Имена переменных в горбатом стиле записываются так:

- имя переменной начинается с букв в нижнем регистре;
- первый символ второго и последующих слов записывается в верхнем регистре.

---

[1] Имена, или идентификаторы, переменных и собственных функций могут иметь кириллические буквы. Так, допустимым будет имя переменной `ширина` или `вычислить_площадь`. — *Прим. пер.*

Например, приведенные ниже имена переменных написаны в горбатом стиле:

```
grossPay
payRate
hotDogsSoldToday
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Этот стиль именования переменных называется горбатым, потому что буквы верхнего регистра в имени напоминают горбы верблюда.

В табл. 2.1 перечислено несколько примеров имен переменных и указано, какие из них допустимы в Python и какие нет.

Таблица 2.1. Примеры имен переменных

Имя переменной	Допустимое или недопустимое
`units_per_day`	Допустимое
`dayOfWeek`	Допустимое
`3dGraph`	Недопустимое. Имена переменных не могут начинаться с цифры
`June1997`	Допустимое
`Mixture#3`	Недопустимое. В именах переменных могут использоваться только буквы, цифры или символы подчеркивания

Вывод нескольких значений при помощи функции *print*

Если вы обратитесь к программе 2.7, то увидите, что в строках кода 3 и 4 мы использовали приведенные две инструкции:

```
print('Я нахожусь в комнате номер')
print(room)
```

Мы вызывали функцию `print` дважды, потому что нам нужно было вывести две порции данных. Строка 3 выводит строковый литерал `'Я нахожусь в комнате номер'`, строка 4 выводит значение, на которое ссылается переменная `room`.

Однако эту программу можно упростить, потому что Python позволяет выводить несколько значений одним вызовом функции `print`. Мы просто должны отделить значения друг от друга запятыми, как показано в программе 2.9.

Программа 2.9 **(variable_demo3.py)**

```
1 # Эта программа демонстрирует переменную.
2 room = 503
3 print('Я нахожусь в комнате номер', room)
```

Вывод программы

```
Я нахожусь в комнате номер 503
```

В строке 3 мы передали в функцию `print` два аргумента: первый аргумент — это строковый литерал `'Я нахожусь в комнате номер'`, второй аргумент — переменная `room`. Во время исполнения функция `print` вывела значения этих аргументов в том порядке, в каком мы их передали функции. Обратите внимание, что функция `print` автоматически напечатала пробел, разделяющий значения. Когда в функцию `print` передаются многочисленные аргументы, при их выводе они автоматически отделяются пробелом.

Повторное присваивание значений переменным

Переменные называются так потому, что во время работы программы они могут ссылаться на разные значения. Когда переменной присваивается значение, она будет ссылаться на это значение до тех пор, пока ей не будет присвоено другое значение. Например, в программе 2.10 инструкция в строке 3 создает переменную с именем `roubles` и присваивает ей значение 2.75 (верхняя часть рис. 2.6). Затем инструкция в строке 8 присваивает переменной `roubles` другое значение — 99.95. В нижней части рис. 2.6 показано, как это изменяет переменную `roubles`. Старое значение 2.75 по-прежнему находится в памяти компьютера, но оно больше не может использоваться, потому что на него переменная не ссылается. Когда переменная больше не ссылается на значение в памяти, интерпретатор Python автоматически его удаляет из памяти посредством процедуры, которая называется *сборщиком мусора*.

Программа 2.10 (variable_demo4.py)

```
1 # Эта программа показывает повторное присвоение значения переменной.
2 # Присвоить значение переменной roubles.
3 roubles = 2.75
4 print('У меня на счете', roubles, 'рублей.')
5
6 # Повторно присвоить значение переменной roubles,
7 # чтобы она ссылалась на другое значение.
8 roubles = 99.95
9 print('А теперь там', roubles, 'рублей!')
```

Вывод программы

```
У меня на счете 2.75 рублей.
А теперь там 99.95 рублей!
```

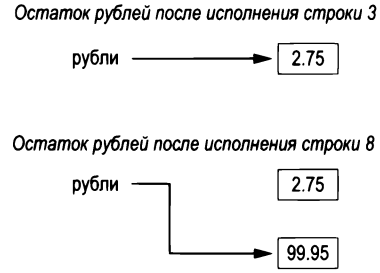


РИС. 2.6. Повторное присвоение значения переменной в программе 2.10

Числовые типы данных и числовые литералы

В *главе 1* мы рассмотрели, каким образом компьютеры хранят данные в оперативной памяти (*см. разд. 1.3*). Из этого обсуждения вы, возможно, помните, что для хранения вещественных чисел (чисел с дробной частью) компьютеры используют прием, который отличается от хранения целых чисел. Мало того, что этот тип чисел хранится в памяти по-другому, но и аналогичные операции с ними тоже выполняются иначе.

Поскольку разные типы чисел хранятся и обрабатываются по-разному, в Python используются *типы данных* с целью классификации значений в оперативной памяти. Когда в оперативной памяти хранится целое число, оно классифицируется как `int`, а когда в памяти хранится вещественное число, оно классифицируется как `float`.

Давайте посмотрим, как Python определяет у числа тип данных. В нескольких приведенных ранее программах числовые данные записаны внутри программного кода. Например, в приведенной ниже инструкции (см. программу 2.9) записано число 503:

```
room = 503
```

Эта инструкция приводит к тому, что значение 503 сохраняется в оперативной памяти, и переменная `room` начинает ссылаться на это значение. В приведенной ниже инструкции (из программы 2.10) записано число 2.75:

```
roubles = 2.75
```

Эта инструкция приводит к тому, что значение 2.75 сохраняется в оперативной памяти, и переменная `roubles` начинает ссылаться на это значение. Число, которое записано в коде программы, называется *числовым литералом*.

Когда интерпретатор Python считывает числовой литерал в коде программы, он определяет его тип данных согласно следующим правилам:

- числовой литерал, который записан в виде целого числа *без десятичной точки*, имеет целочисленный тип `int`, например `7`, `124` и `-9`;
- числовой литерал, который записан *с десятичной точкой*, имеет вещественный тип `float`, например `1.5`, `3.14159` и `5.0`.

Так, в приведенной далее инструкции значение 503 сохраняется в памяти как `int`:

```
room = 503
```

А другая инструкция приводит к тому, что значение 2.75 сохраняется в памяти как `float`:

```
roubles = 2.75
```

Когда значение сохраняется в оперативной памяти, очень важно понимать, о значении какого типа данных идет речь. Скоро вы увидите, что некоторые операции ведут себя по-разному в зависимости от типа участвующих данных, и некоторые операции могут выполняться со значениями только того или иного типа данных.

В качестве эксперимента, чтобы определить тип данных конкретного значения в интерактивном режиме, можно воспользоваться встроенной функцией `type`. Взгляните на приведенный ниже сеанс:

```
>>> type(1) Enter
<class 'int'>
>>>
```

В этом примере в функцию type в качестве аргумента передано значение 1. Сообщение, выводимое на следующей строке, <class 'int'> указывает на то, что это значение имеет целочисленный тип int. Вот еще один пример:

```
>>> type(1.0) Enter
<class 'float'>
>>>
```

В этом примере в функцию type в качестве аргумента передано значение 1.0. Сообщение, выводимое на следующей строке, <class 'float'> указывает на то, что это значение имеет вещественный тип float.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В числовых литералах запрещено использовать обозначения денежных единиц, пробелов или запятых. Например, приведенная ниже инструкция вызовет ошибку:

```
value = $4,567.99 # Ошибка!
```

Эта инструкция должна быть написана вот так:

```
value = 4567.99   # Правильно
```

Хранение строковых данных с типом *str*

В дополнение к целочисленным типам данных int и вещественным типам данных float Python имеет тип данных str, который используется для хранения в оперативной памяти строковых данных. В программе 2.11 показано, как строковые данные присваиваются переменным.

Программа 2.11 (string_variable.py)

```
1 # Создать переменные, которые ссылаются на два строковых значения.
2 first_name = 'Кэтрин'
3 last_name = 'Марино'
4
5 # Показать значения, на которые эти переменные ссылаются.
6 print(first_name, last_name)
```

Вывод программы

```
Кэтрин Марино
```

Повторное присвоение переменной значения другого типа

Следует учитывать, что в Python переменная — это просто имя, которое ссылается на порцию данных в оперативной памяти. Этот механизм упрощает вам, программисту, хранение и получение данных. Интерпретатор Python отслеживает создаваемые вами имена переменных и порции данных, на которые эти имена переменных ссылаются. Всякий раз, когда необходимо получить одну из этих порций данных, просто используется имя переменной, которое на эту порцию ссылается.

Переменная в Python может ссылаться на значения любого типа. После того как переменной присвоено значение одного типа, ей можно заново присвоить значение другого типа. Взгля-

ните на приведенный ниже интерактивный сеанс. (Для удобства добавлены номера строк программного кода.)

```
1 >>> x = 99 Enter
2 >>> print(x) Enter
3 99
4 >>> x = 'Отведите меня к своему шефу' Enter
5 >>> print(x) Enter
6 Отведите меня к своему шефу.
7 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает переменную с именем `x` и присваивает ей значение 99 с типом `int`. На рис. 2.7 показано, как переменная ссылается на значение 99 в оперативной памяти. Инструкция в строке 2 вызывает функцию `print`, передавая ей переменную `x` в качестве аргумента. Результат функции `print` выводится в строке 3. Затем инструкция в строке 4 присваивает строковое значение переменной `x`. После того как эта инструкция исполнится, переменная `x` больше не будет ссылаться на тип `int`, а будет ссылаться на строковое значение `'Отведите меня к своему шефу'` (рис. 2.8). Строка 5 снова вызывает функцию `print`, передавая переменную `x` в качестве аргумента. Строка 6 показывает результат функции `print`.

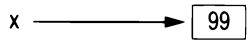


РИС. 2.7. Переменная `x` ссылается на целое число



РИС. 2.8. Переменная `x` ссылается на строковое значение



Контрольная точка

2.10. Что такое переменная?

2.11. Какие из приведенных ниже имен переменных недопустимы в Python и почему?

```
99bottles
july2009
theSalesFigureForFiscalYear
r&d
grade_report
```

2.12. Являются ли имена переменных `Sales` и `sales` одинаковыми? Почему?

2.13. Допустима ли приведенная ниже инструкция присваивания? Если она недопустима, то почему?

```
72 = amount
```

2.14. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
val = 99
print('Значение равняется', 'val')
```

2.15. Взгляните на приведенные ниже инструкции присваивания:

```
value1 = 99
value2 = 45.9
```

```
value3 = 7.0
value4 = 7
value5 = 'abc'
```

Какой тип данных Python будут иметь эти значения, когда на них будут ссылаться переменные после исполнения указанных инструкций?

2.16. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
my_value = 99
my_value = 0
print(my_value)
```

2.6 Чтение входных данных с клавиатуры

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программы должны уметь считывать входные данные, набираемые пользователем на клавиатуре. Для этих целей мы будем использовать функции Python.



Видеозапись "Чтение входных данных с клавиатуры" (Reading input from the keyboard)

Большинство ваших программ должны будут читать входные данные и затем выполнять с ними операцию. В этом разделе мы обсудим элементарную операцию ввода — чтение данных, набранных на клавиатуре. Когда программа считывает данные с клавиатуры, она обычно сохраняет их в переменной, чтобы потом программа могла эти данные использовать.

Для чтения данных, вводимых с клавиатуры, мы будем использовать встроенную функцию Python `input`. Функция `input` читает порцию данных, которая была введена с клавиатуры, и возвращает эту порцию данных в качестве строкового значения назад в программу. Функцию `input` обычно применяют в инструкции присваивания, которая соответствует приведенному ниже общему формату:

переменная = input(*подсказка*)

В данном формате *подсказка* — это строковый литерал, который выводится на экран. Его предназначение — дать пользователю указание ввести значение. А *переменная* — это имя переменной, которая ссылается на данные, введенные на клавиатуре. Вот пример инструкции, которая применяет функцию `input` для чтения данных с клавиатуры:

```
name = input('Как Вас зовут? ')
```

Во время исполнения этой инструкции происходит следующее:

1. Строка `'Как Вас зовут? '` выводится на экран.
2. Программа приостанавливает работу и ждет, когда пользователь введет что-нибудь с клавиатуры и нажмет клавишу <Enter>.
3. Когда клавиша <Enter> нажата, набранные данные возвращаются в качестве строкового значения и присваиваются переменной `name`.

В качестве демонстрации взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
>>> name = input('Как Вас зовут? ') Enter
Как Вас зовут? Холли Enter
```

```
>>> print(name) Enter
Холли
>>>
```

После того как была введена первая инструкция, интерпретатор вывел на экран подсказку `'Как Вас зовут? '` и приостановил работу в ожидании, когда пользователь введет немного данных. Пользователь ввел `Холли` и нажал клавишу <Enter>. В результате строковое значение `'Холли'` было присвоено переменной `name`. Когда была введена вторая инструкция, интерпретатор показал значение, на которое ссылается переменная `name`.

В программе 2.12 представлен законченный код, который использует функцию `input` для чтения двух строковых значений с клавиатуры.

Программа 2.12 (string_input.py)

```
1 # Получить имя пользователя.
2 first_name = input('Введите свое имя: ')
3
4 # Получить фамилию пользователя.
5 last_name = input('Введите свою фамилию: ')
6
7 # Напечатать пользователю приветствие.
8 print('Привет,', first_name, last_name)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свое имя: Винни Enter
Введите свою фамилию: Пух Enter
Привет, Винни Пух
```

Взгляните поближе на строковый литерал в строке 2, который мы использовали в качестве подсказки:

```
'Введите свое имя: '
```

Обратите внимание, что в нем последний символ внутри кавычек — пробел. То же самое относится и к приведенному ниже строковому литералу, используемому в качестве подсказки в строке 5:

```
'Введите свою фамилию: '
```

Мы помещаем пробел в конец каждого строкового значения, потому что функция `input` не выводит пробел автоматически после подсказки. Когда пользователь начинает набирать символы, они появляются на экране сразу после подсказки. Добавление в конец подсказки символа пробела позволяет визуально отделять подсказку на экране от вводимых пользователем данных.

Чтение чисел при помощи функции *input*

Функция `input` всегда возвращает введенные пользователем данные как строковые, даже если пользователь вводит числовые значения. Например, предположим, что вы вызываете функцию `input`, набираете число 72 и нажимаете клавишу <Enter>. Возвращенное из функции `input` значение будет строковым, `'72'`. Может возникнуть проблема, если вы захотите

использовать это значение в математической операции. Математические операции могут выполняться только с числовыми значениями, а не строковыми.

К счастью, в Python имеются встроенные функции для преобразования, или конвертации, строкового типа в числовой. В табл. 2.2 приведены две такие функции.

Таблица 2.2. Функции преобразования данных

Функция	Описание
`int(`*значение*`)`	В функцию `int()` передается аргумент, и она возвращает значение аргумента, преобразованное в целочисленный тип `int`
`float(`*значение*`)`	В функцию `float()` передается аргумент, и она возвращает значение аргумента, преобразованное в вещественный тип `float`

Предположим, что вы пишете программу расчета заработной платы и хотите получить количество часов, которое пользователь отработал. Взгляните на приведенный ниже фрагмент программного кода:

```
string_value = input('Сколько часов Вы отработали? ')
hours = int(string_value)
```

Первая инструкция получает от пользователя количество часов и присваивает его значение строковой переменной `string_value`. Вторая инструкция вызывает функцию `int()`, передавая `string_value` в качестве аргумента. Значение, на которое ссылается `string_value`, преобразуется в целочисленное `int` и присваивается переменной `hours`.

Этот пример иллюстрирует прием работы с функцией `int()`, однако он не эффективен, потому что создает две переменные: одну для хранения строкового значения, которое возвращается из функции `input()`, а другую для хранения целочисленного значения, которое возвращается из функции `int()`. Приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует оптимальный подход. Здесь одна-единственная инструкция делает всю работу, которую ранее делали две приведенные выше инструкции, и она создает всего одну переменную:

```
hours = int(input('Сколько часов Вы проработали? '))
```

Эта инструкция использует вызов *вложенной функции*. Значение, которое возвращается из функции `input()`, передается в качестве аргумента в функцию `int()`. Вот как это работает:

1. Инструкция вызывает функцию `input()`, чтобы получить значение, вводимое с клавиатуры.
2. Значение, возвращаемое из функции `input()` (т. е. строковое), передается в качестве аргумента в функцию `int()`.
3. Целочисленное значение `int`, возвращаемое из функции `int()`, присваивается переменной `hours`.

После исполнения этой инструкции переменной `hours` будет присвоено введенное с клавиатуры значение, преобразованное в целочисленное `int`.

Давайте рассмотрим еще один пример. Предположим, что вы хотите получить от пользователя почасовую ставку оплаты труда. Приведенная ниже инструкция предлагает пользователю ввести это значение с клавиатуры, преобразует это значение в вещественное `float` и присваивает его переменной `pay_rate`:

```
pay_rate = float(input('Какая у вас почасовая ставка оплаты труда? '))
```

Вот как это работает:

1. Инструкция вызывает функцию `input()`, чтобы получить значение, вводимое с клавиатуры.
2. Значение, возвращаемое из функции `input()` (т. е. строковое), передается в качестве аргумента в функцию `float()`.
3. Вещественное значение `float`, возвращаемое из функции `float()`, присваивается переменной `pay_rate`.

После исполнения этой инструкции переменной `pay_rate` будет присвоено введенное с клавиатуры значение, преобразованное в вещественное `float`.

В программе 2.13 представлен законченный код, в котором используется функция `input()` для чтения значений строкового `str`, целочисленного `int` и вещественного `float` типов в качестве вводимых с клавиатуры данных.

Программа 2.13 (input.py)

```
 1 # Получить имя, возраст и доход пользователя.
 2 name = input('Как Вас зовут? ')
 3 age = int(input('Сколько Вам лет? '))
 4 income = float(input('Какой у Вас доход? '))
 5
 6 # Вывод данных на экран.
 7 print('Вот данные, которые Вы ввели:')
 8 print('Имя:', name)
 9 print('Возраст:', age)
10 print('Доход:', income)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Как Вас зовут?? Крис [Enter]
Сколько Вам лет? 25 [Enter]
Какой у Вас доход? 75000.0 [Enter]
Вот данные, которые Вы ввели:
Имя: Крис
Возраст: 25
Доход: 75000.0
```

Давайте рассмотрим этот программный код подробнее.

- Строка 2 предлагает пользователю ввести свое имя. Введенное значение присваивается в качестве строкового значения переменной `name`.
- Строка 3 предлагает пользователю ввести свой возраст. Введенное значение конвертируется в целочисленное `int` и присваивается переменной `age`.
- Строка 4 предлагает пользователю ввести свой доход. Введенное значение конвертируется в вещественное `float` и присваивается переменной `income`.
- Строки 7–10 показывают введенные пользователем значения.

Функции `int()` и `float()` срабатывают, только если преобразуемое значение представляет собой допустимое числовое значение. Если аргумент не может быть преобразован в указанный тип данных, то происходит ошибка, которая называется исключением. *Исключение* —

это неожиданная ошибка, происходящая во время выполнения программы, которая заставляет программу остановиться, если ошибка должным образом не обрабатывается. Например, взгляните на приведенный ниже сеанс интерактивного режима[1]:

```
>>> age = int(input('Сколько Вам лет? ')) Enter
Сколько Вам лет? xyz Enter
Traceback (most recent call last):
    File "<pyshell#81>", line 1, in <module>
        age = int(input('Сколько Вам лет? '))
ValueError: invalid literal for int() with base 10: 'xyz'
>>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

В этом разделе мы говорили о пользователе. *Пользователь* — это любой гипотетический человек, который использует программу и предоставляет для нее входные данные. Такой пользователь иногда называется *конечным пользователем*.



Контрольная точка

2.17. Вам нужно, чтобы пользователь программы ввел фамилию клиента. Напишите инструкцию, которая предлагает пользователю ввести эти данные и присваивает их переменной.

2.18. Вам нужно, чтобы пользователь программы ввел объем продаж за неделю. Напишите инструкцию, которая предлагает пользователю ввести эти данные и присваивает их переменной.

2.7 Выполнение расчетов

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Python имеет много операторов, которые используются для выполнения математических расчетов.

Большинство реально существующих алгоритмов требует, чтобы выполнялись расчеты. Инструментами программиста для расчетов являются *математические операторы*. В табл. 2.3 перечислены математические операторы, которые имеются в языке Python.

Приведенные в табл. 2.3 операторы программисты используют для создания математических выражений. *Математическое выражение* выполняет расчет и выдает значение. Вот пример простого математического выражения:

```
12 + 2
```

Значения справа и слева от оператора + называются *операндами*. Оператор + складывает эти значения между собой. Если набрать это выражение в интерактивном режиме, то можно увидеть, что оно выдаст значение 14:

---

[1] В этом сеансе показан отчет об обратной трассировке, где самый недавний вызов в отчете приводится последним и указывает на ошибку: *ValueError: недопустимый литерал для функции int() с основанием 10: 'xyz'*. Ошибка `ValueError`, т. е. ошибка значения, сообщает, что функция получает аргумент правильного типа, но который имеет неподходящее значение. — *Прим. пер.*

```
>>> 12 + 2 Enter
14
>>>
```

Таблица 2.3. Математические операторы Python

Символ	Операция	Описание
+	Сложение	Складывает два числа
-	Вычитание	Вычитает одно число из другого
*	Умножение	Умножает одно число на другое
/	Деление	Делит одно число на другое и выдает результат в качестве числа с плавающей точкой
//	Целочисленное деление	Делит одно число на другое и выдает результат в качестве целого числа
%	Остаток от деления	Делит одно число на другое и выдает остаток от деления
**	Возведение в степень	Возводит число в степень

Переменные тоже могут использоваться в математическом выражении. Например, предположим, что имеются две переменные с именами `hours` (часы) и `pay_rate` (ставка оплаты труда). Приведенное ниже математическое выражение использует оператор `*` для умножения значения, на которое ссылается переменная `hours`, на значение, на которое ссылается переменная `pay_rate`:

```
hours * pay_rate
```

Когда для вычисления значения используется математическое выражение, обычно мы хотим сохранить его результат в оперативной памяти, чтобы им снова можно было воспользоваться в программе. Это делается при помощи инструкции присваивания (программа 2.14).

Программа 2.14 (simple_math.py)

```
 1 # Присвоить значение переменной salary.
 2 salary = 25000.0
 3
 4 # Присвоить значение переменной bonus.
 5 bonus = 12000.0
 6
 7 # Рассчитать заработную плату до удержаний, сложив salary
 8 # и bonus. Присвоить результат переменной pay.
 9 pay = salary + bonus
10
11 # Вывести переменную pay.
12 print('Ваша заработная плата составляет', pay)
```

Вывод программы

```
Ваша заработная плата составляет 37000.0
```

Строка 2 присваивает значение 25 000.0 переменной `salary`, строка 5 присваивает значение 12 000.0 переменной `bonus`. Строка 9 присваивает результат выражения `salary + bonus` переменной `pay`. Как видно из вывода программы, переменная `pay` ссылается на значение 37 000.0.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Вычисление процентов

Если вы пишете программу, которая работает с процентами, то прежде, чем выполнять любые математические расчеты с процентами, необходимо убедиться, что десятичная точка процентного значения находится в правильной позиции. Это в особенности верно в случае, когда пользователь вводит процентное значение в качестве входных данных. Большинство пользователей вводит число 50, имея в виду 50%, 20, имея в виду 20%, и т. д. Перед выполнением любых вычислений с таким процентным значением необходимо его разделить на 100, чтобы преобразовать в доли числа.

Давайте пошагово разберем процесс написания программы, которая вычисляет процентное значение. Предположим, что розничное предприятие планирует организовать распродажу, где цены всех товаров будут снижены на 20%. Нам поручили написать программу для вычисления отпускной цены товара после вычета скидки. Вот алгоритм:

1. Получить исходную цену товара.
2. Вычислить 20% исходной цены. Это сумма скидки.
3. Вычесть скидку из исходной цены. Это отпускная цена.
4. Вывести на экран отпускную цену.

На шаге 1 мы получаем исходную цену товара. Мы предложим пользователю ввести эти данные на клавиатуре. В нашей программе для этого мы применим приведенную ниже инструкцию. Обратите внимание, что вводимое пользователем значение будет сохранено в переменной с именем `original_price` (первоначальная цена).

```
original_price = float(input("Введите исходную цену товара: "))
```

На шаге 2 мы вычисляем сумму скидки. Для этого мы умножаем исходную цену на 20%. Приведенная ниже инструкция исполняет это вычисление и присваивает полученный результат переменной `discount`:

```
discount = original_price * 0.2
```

На шаге 3 мы вычитаем скидку из исходной цены. Приведенная ниже инструкция исполняет это вычисление и сохраняет полученный результат в переменной `sale_price`:

```
sale_price = original_price - discount
```

Наконец, на шаге 4 для вывода на экран отпускной цены мы воспользуемся приведенной ниже инструкцией:

```
print('Отпускная цена составляет', sale_price)
```

В программе 2.15 представлен весь код с примером вывода.

Программа 2.15 (sale_price.py)

```
1 # Эта программа получает исходную цену товара
2 # и вычисляет его отпускную цену с 20%-й скидкой.
3
4 # Получить исходную цену товара.
5 original_price = float(input("Введите исходную цену товара: "))
6
7 # Вычислить сумму скидки.
8 discount = original_price * 0.2
9
10 # Вычислить отпускную цену.
11 sale_price = original_price - discount
12
13 # Показать отпускную цену.
14 print('Отпускная цена составляет', sale_price)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите исходную цену товара: 100.00 Enter
Отпускная цена составляет 80.0
```

Деление с плавающей точкой и целочисленное деление

Стоит отметить, что Python имеет два разных оператора деления (см. табл. 2.3). Оператор / выполняет деление с плавающей точкой, оператор // осуществляет целочисленное деление. Оба оператора делят одно число на другое. Разница между ними состоит в том, что оператор / выдает результат в качестве значения с плавающей точкой, а оператор // — результат в качестве целочисленного значения. Давайте воспользуемся интерпретатором в интерактивном режиме, чтобы продемонстрировать работу этих операторов:

```
>>> 5 / 2 Enter
2.5
>>>
```

В этом сеансе мы применили оператор / для деления числа 5 на 2. Как и ожидалось, результатом будет 2.5. Теперь давайте применим оператор // для выполнения целочисленного деления:

```
>>> 5 // 2 Enter
2
>>>
```

Как видно, результат равняется 2. Оператор // работает следующим образом:

- когда результат положительный, он *усекается*, т. е. его дробная часть отбрасывается;
- когда результат отрицательный, он *округляется вверх* (по модулю) до ближайшего целого числа.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу оператора //, когда результат отрицательный:

```
>>> -5 // 2 Enter
-3
>>>
```

Приоритет операторов

В Python можно писать операторы, в которых используются сложные математические выражения с участием нескольких операторов. Приведенная ниже инструкция присваивает переменной `answer` сумму из значения 17, значения переменной `x`, значения 21 и значения переменной `y`:

```
answer = 17 + x + 21 + y
```

Правда, некоторые выражения не настолько прямолинейные. Рассмотрим приведенную ниже инструкцию:

```
outcome = 12.0 + 6.0 / 3.0
```

Какое значение будет присвоено переменной `outcome`? Число 6.0 может использоваться в качестве операнда для оператора сложения либо для оператора деления. Результирующей переменной `outcome` может быть присвоено 6.0 либо 14.0 в зависимости от того, когда происходит деление. К счастью, ответ можно предсказать, потому что Python соблюдает тот же порядок следования операций, которые вы изучали на уроках математики.

Прежде всего сначала выполняются операции, которые заключены в круглые скобки. Затем, когда два оператора используют операнд совместно, сначала применяется оператор с более высоким приоритетом. Ниже приведен приоритет математических операторов от самого высокого до самого низкого:

1. Возведение в степень: `**`.
2. Умножение, деление и остаток от деления: `* / // %`.
3. Сложение и вычитание: `+ -`.

Отметим, что операторы умножения (`*`), деления с плавающей точкой (`/`), целочисленного деления (`//`) и остатка от деления (`%`) имеют одинаковый приоритет. Операторы сложения (`+`) и вычитания (`-`) тоже имеют одинаковый приоритет. Когда два оператора с одинаковым приоритетом используют операнд совместно, они выполняются слева направо.

Теперь вернемся к предыдущему математическому выражению:

```
outcome = 12.0 + 6.0 / 3.0
```

Значение, которое будет присвоено переменной `outcome`, составит 14.0, потому что оператор деления имеет более высокий приоритет, чем оператор сложения. В результате деление выполняется перед сложением. Это выражение можно изобразить схематически, как показано на рис. 2.9.

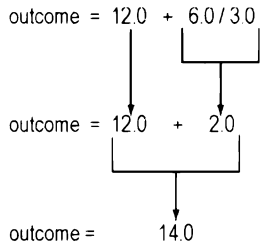


РИС. 2.9. Приоритет операторов

В табл. 2.4 показаны некоторые другие примеры выражений вместе со своими значениями.

Таблица 2.4. Некоторые выражения

Выражение	Значение
`5 + 2 * 4`	13
`10 / 2 - 3`	2.0
`8 + 12 * 2 - 4`	28
`6 - 3 * 2 + 7 - 1`	6



ПРИМЕЧАНИЕ

- Из правила вычисления слева направо есть исключение. Когда два оператора возведения в степень `**` используют операнд совместно, операторы выполняются справа налево. Например, выражение `2 ** 3 ** 4` вычисляется как `2 ** (3 ** 4)`.

Группирование при помощи круглых скобок

Части математического выражения можно группировать при помощи круглых скобок, чтобы заставить некоторые операции выполняться перед другими. В приведенной ниже инструкции переменные `a` и `b` складываются, и их сумма делится на 4:

```
result = (a + b) / 4
```

Без круглых скобок переменная `b` будет поделена на 4, и результат прибавлен к переменной `a`. В табл. 2.5 показаны еще несколько выражений и их значений.

Таблица 2.5. Еще несколько выражений и их значений

Выражение	Значение
`(5 + 2) * 4`	28
`10 / (5 - 3)`	5.0
`8 + 12 * (6 - 2)`	56
`(6 - 3) * (2 + 7) / 3`	9.0



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Вычисление среднего арифметического значения

Среднее арифметическое группы значений вычисляется очень просто: надо сложить все значения и разделить полученную сумму на количество значений. Хотя оно вычисляется достаточно просто, при написании программы, которая вычисляет среднее арифметическое значение, очень легко допустить ошибку. Например, предположим, что каждая переменная `a`, `b` и `c` содержит числовое значение, и мы хотим вычислить среднее арифметическое этих зна-

чений. Если быть неосмотрительными, то для выполнения этого вычисления можно написать инструкцию, к примеру, такого содержания:

```
average = a + b + c / 3.0
```

Заметили, где в этой инструкции ошибка? Во время ее исполнения первым будет выполнено деление. Значение в `c` будет разделено на 3, затем полученный результат будет прибавлен к `a + b`. Это неправильный способ вычисления среднего значения. Для того чтобы исправить эту ошибку, вокруг выражения `a + b + c` следует поместить круглые скобки:

```
average = (a + b + c) / 3.0
```

Давайте разберем шаг за шагом процесс написания программы, которая вычисляет среднее значение. Предположим, что на занятиях по информатике вы получили три оценки и хотите написать программу, которая выведет средний балл из полученных оценок. Вот алгоритм:

1. Получить первую оценку.
2. Получить вторую оценку.
3. Получить третью оценку.
4. Вычислить средний балл, сложив эти три оценки и разделив сумму на 3.
5. Показать средний балл.

В шагах 1, 2 и 3 мы предложим пользователю ввести эти три оценки. Мы сохраним их в переменных `test1`, `test2` и `test3`. В шаге 4 мы вычислим средний балл из этих трех оценок. Для того чтобы вычислить и сохранить результат в переменной `average`, воспользуемся приведенной ниже инструкцией:

```
average = (test1 + test2 + test3) / 3.0
```

Наконец, в шаге 5 мы покажем среднюю оценку. В программе 2.16 представлен код.

Программа 2.16 (test_score_average.py)

```
 1 # Получить три оценки и присвоить их переменным
 2 # test1, test2 и test3.
 3 test1 = float(input('Введите первую оценку: '))
 4 test2 = float(input('Введите вторую оценку: '))
 5 test3 = float(input('Введите третью оценку: '))
 6
 7 # Вычислить средний балл из трех оценок
 8 # и присвоить результат переменной average.
 9 average = (test1 + test2 + test3) / 3.0
10
11 # Показать переменную average.
12 print('Средний балл составляет', average)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите первую оценку: 5 Enter
Введите вторую оценку: 3 Enter
Введите третью оценку: 4 Enter
Средний балл составляет 4.0
```

Оператор возведения в степень

В дополнение к элементарным математическим операторам сложения, вычитания, умножения и деления Python предоставляет оператор возведения в степень (`**`). Например, приведенная инструкция возводит переменную `length` в степень 2 и присваивает результат переменной `area`:

```
area = length**2
```

Представленный ниже сеанс с интерактивным интерпретатором показывает значения выражений `4**2`, `5**3` и `2**10`:

```
>>> 4**2 Enter
16
>>> 5**3 Enter
125
>>> 2**10 Enter
1024
>>>
```

Оператор остатка от деления

В Python символ `%` является оператором остатка от деления. (Он также называется *оператором деления по модулю*.) Оператор остатка выполняет деление, но вместо того, чтобы вернуть частное, он возвращает остаток. Приведенная ниже инструкция присваивает 2 переменной `leftover` (остаток).

```
leftover = 17 % 3
```

Эта инструкция присваивает 2 переменной `leftover`, потому что 17 деленное на 3 равно 5 с остатком 2. В определенных ситуациях оператор остатка от деления оказывается очень полезным. Он широко используется в вычислениях, которые преобразовывают показания времени или расстояния, обнаруживают четные или нечетные числа и выполняют другие специализированные операции. Например, программа 2.17 получает от пользователя количество секунд и преобразует его в часы, минуты и секунды: 11 730 секунд в 3 часа 15 минут 30 секунд.

Программа 2.17 (time_converter.py)

```
 1 # Получить от пользователя количество секунд.
 2 total_seconds = float(input('Введите количество секунд: '))
 3
 4 # Получить количество часов.
 5 hours = total_seconds // 3600
 6
 7 # Получить количество оставшихся минут.
 8 minutes = (total_seconds // 60) % 60
 9
10 # Получить количество оставшихся секунд.
11 seconds = total_seconds % 60
12
```

```
13 # Показать результаты.
14 print('Вот время в часах, минутах и секундах:')
15 print('Часы:', hours)
16 print('Минуты:', minutes)
17 print('Секунды:', seconds)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите количество секунд: 11730 Enter
Вот время в часах, минутах и секундах:
Часы: 3.0
Минуты: 15.0
Секунды: 30.0
```

Давайте рассмотрим этот программный код подробнее.

- Строка 2 получает от пользователя количество секунд, приводит это значение к типу `float` и присваивает его переменной `total_seconds`.
- Строка 5 вычисляет количество часов в заданном количестве секунд. В одном часе 3600 секунд, следовательно, эта инструкция делит `total_seconds` на 3600. Обратите внимание, что мы использовали оператор целочисленного деления (`//`). Это вызвано тем, что мы хотим получить количество часов без дробной части.
- Строка 8 вычисляет количество оставшихся минут. Инструкция сначала использует оператор `//` для деления `total_seconds` на 60. Это дает нам общее количество минут. Затем она использует оператор `%`, чтобы разделить общее количество минут на 60 и получить остаток от деления. Результатом является количество оставшихся минут.
- Строка 11 вычисляет число оставшихся секунд. В одной минуте 60 секунд, следовательно, эта инструкция использует оператор `%`, чтобы разделить `total_seconds` на 60 и получить остаток от деления. Результатом является количество оставшихся секунд.
- Строки 14–17 показывают количество часов, минут и секунд.

Преобразование математических формул в программные инструкции

Из уроков алгебры вы, вероятно, помните, что выражение $2xy$ понимается как произведение 2 на x и на y. В математике оператор умножения не всегда используется. С другой стороны, Python, а также другие языки программирования, требует наличия оператора для любой математической операции. В табл. 2.6 показаны некоторые алгебраические выражения, которые выполняют умножение, и эквивалентные им программные выражения.

Таблица 2.6. Алгебраические выражения

Алгебраическое выражение	Выполняемая операция	Программное выражение
$6B$	Произведение 6 на B	`6 * B`
$3 \cdot 12$	Произведение 3 на 12	`3 * 12`
$4xy$	Произведение 4 на x на y	`4 * x * y`

Во время преобразования некоторых алгебраических выражений в программные выражения нередко приходится вставлять круглые скобки, которые отсутствуют в алгебраическом выражении. Например, взгляните на формулу:

$$x = \frac{a+b}{c}.$$

Для того чтобы преобразовать ее в программную инструкцию, выражение `a + b` нужно заключить в круглые скобки:

```
x = (a + b) / c
```

В табл. 2.7 приведены дополнительные алгебраические выражения и их эквиваленты на Python.

Таблица 2.7. Алгебраические и программные выражения

Алгебраическое выражение	Инструкция на Python
$y = 3\frac{x}{2}$	`y = 3 * x / 2`
$z = 3bc + 4$	`z = 3 * b * c + 4`
$a = \frac{x+2}{b-1}$	`a = (x + 2) / (b - 1)`

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Преобразование математической формулы в программную инструкцию

Предположим, что вы хотите внести определенную сумму денег на сберегательный счет и оставить ее там для начисления процентного дохода в течение следующих 10 лет. В конце 10-летнего срока вы хотели бы иметь на счету 10 000 руб. Сколько денег необходимо внести сегодня, чтобы это реализовать в будущем? Для того чтобы это узнать, можно воспользоваться формулой:

$$P = \frac{F}{(1+r)^n},$$

где P — это текущая стоимость или сумма, которую необходимо внести сегодня; F — это будущее значение, которое вы хотите иметь на счету (в данном случае F составляет 10 000 руб.); r — это годовая процентная ставка; n — это количество лет, в течение которых вы планируете оставить деньги на счету.

Целесообразно для выполнения этих расчетов написать компьютерную программу, потому что тогда можно поэкспериментировать с разными значениями переменных. Вот алгоритм, который можем применить:

1. Получить желаемое будущее значение.
2. Получить годовую процентную ставку.

3. Получить количество лет, в течение которых деньги будут лежать на счету.
4. Рассчитать сумму, которая должна быть внесена на счет.
5. Показать результат расчетов, полученный в шаге 4.

В шагах 1–3 мы предложим пользователю ввести указанные значения. Мы присвоим желаемое будущее значение переменной `future_value` (будущее значение), годовую процентную ставку — переменной `rate` и количество лет — переменной `years`.

В шаге 4 мы вычислим текущую стоимость, представляющую собой сумму денег, которую мы должны будем внести. Мы преобразуем ранее показанную формулу в приведенную ниже инструкцию. Эта инструкция хранит результат расчетов в переменной `present_value` (текущая стоимость).

```
present_value = future_value / (1.0 + rate)**years
```

На шаге 5 мы покажем значение в переменной `present_value`. Программа 2.18 демонстрирует этот алгоритм.

Программа 2.18 (future_value.py)

```
1 # Получить требуемое будущее значение.
2 future_value = float(input('Введите требуемое будущее значение: '))
3
4 # Получить годовую процентную ставку.
5 rate = float(input('Введите годовую процентную ставку: '))
6
7 # Получить количество лет хранения денег на счете.
8 years = int(input('Введите количество лет хранения денег на счете: '))
9
10 # Рассчитать сумму, необходимую для внесения на счет.
11 present_value = future_value / (1.0 + rate)**years
12
13 # Показать сумму, необходимую для внесения на счет.
14 print('Вам потребуется внести сумму:', present_value)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите требуемое будущее значение: 10000.0 Enter
Введите годовую процентную ставку: 0.05 Enter
Введите количество лет хранения денег на счете: 10 Enter
Вам потребуется внести сумму: 6139.13253541
```



ПРИМЕЧАНИЕ

В отличие от итогового результата, показанного для этой программы, суммы в долларах, рублях и в любой другой валюте обычно округляются до двух десятичных разрядов. Позже в этой главе вы научитесь форматировать числа с округлением до конкретного количества десятичных разрядов.

Смешанные выражения и преобразование типов данных

Когда выполняется математическая операция с двумя операндами, тип данных результата будет зависеть от типа данных операндов. При вычислении математических выражений Python следует руководствоваться указанными ниже правилами.

- Когда операция выполняется с двумя целочисленными значениями `int`, результатом будет `int`.
- Когда операция выполняется с двумя вещественными значениями `float`, результатом будет `float`.
- Когда операция выполняется с `int` и `float`, целочисленное значение `int` будет временно преобразовано в вещественное `float`, и результатом операции будет `float`. (Выражение, в котором используются операнды разных типов данных, называется *смешанным выражением*.)

Первые две ситуации очевидны: операции с `int` производят `int` и операции с `float` производят `float`. Давайте посмотрим на пример третьей ситуации, в которой задействовано смешанное выражение:

```
my_number = 5 * 2.0
```

Когда эта инструкция исполнится, значение 5 будет приведено к типу `float` (5.0) и затем умножено на 2.0. Результат, 10.0, будет присвоен переменной `my_number`.

Преобразование `int` в `float`, которое имеет место в приведенной выше инструкции, происходит неявно. Если нужно выполнить преобразование явным образом, то можно применить функцию `int()` либо `float()`. Например, как показано в приведенном ниже фрагменте кода, можно применить функцию `int()` для преобразования значения с плавающей точкой в целое число:

```
fvalue = 2.6
ivalue = int(fvalue)
```

Первая инструкция присваивает значение 2.6 переменной `fvalue`. Вторая инструкция передает `fvalue` в качестве аргумента в функцию `int()`. Функция `int()` возвращает значение 2, которое присваивается переменной `ivalue`. После исполнения этого фрагмента кода переменной `fvalue` по-прежнему будет присвоено значение 2.6, а переменной `ivalue` будет присвоено значение 2.

Как продемонстрировано в предыдущем примере, функция `int()` преобразует аргумент с плавающей точкой в целое число путем его *усечения*. Это означает, что отбрасывается дробная часть числа. Вот пример, в котором используется отрицательное число:

```
fvalue = -2.9
ivalue = int(fvalue)
```

Во второй инструкции из функции `int()` возвращается значение –2. После исполнения этого фрагмента кода переменная `fvalue` будет ссылаться на значение –2.9, а переменная `ivalue` — на значение –2.

Функцию `float()` можно применить для явного преобразования `int` в `float`:

```
ivalue = 2
fvalue = float(ivalue)
```

После исполнения этого фрагмента кода переменная `ivalue` будет ссылаться на целочисленное значение 2, переменная `fvalue` будет ссылаться на значение с плавающей точкой 2.0.

Разбиение длинных инструкций на несколько строк

Большинство программных инструкций пишут на одной строке. Однако если программная инструкция слишком длинная, то вы не сможете ее увидеть целиком в своем окне редактора, не используя горизонтальную прокрутку. Кроме того, если при распечатке программного кода на бумаге одна из инструкций окажется слишком длинной, чтобы уместиться на одной строке, то она продолжится на следующей строке и тем самым сделает ваш код неудобочитаемым.

При помощи *символа продолжения строки*, в качестве которого используется обратная косая черта (\), Python позволяет разбивать инструкцию на несколько строк. Для этого просто нужно ввести символ обратной косой черты в точке, где следует прервать инструкцию, и затем нажать клавишу <Enter>.

Вот инструкция с математическими расчетами, которая была разбита, чтобы уместиться на двух строках:

```
result = var1 * 2 + var2 * 3 + \
         var3 * 4 + var4 * 5
```

Символ продолжения строки, который появляется в конце первой строки кода, говорит интерпретатору, что инструкция продолжится на следующей строке.

Python позволяет разбивать на несколько строк любую часть инструкции, которая заключена в круглые скобки, не используя для этого символ продолжения строки. Например, взгляните на приведенную ниже инструкцию:

```
print("Продажи в понедельник составили", monday,
      "во вторник они составили", tuesday,
      "и в среду они составили", wednesday)
```

Приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует еще один пример:

```
total = (value1 + value2 +
         value3 + value4 +
         value5 + value6)
```



Контрольная точка

2.19. Заполните значение каждого выражения в столбце "Значение" в приведенной ниже таблице.

Выражение	Значение
`6 + 3 * 5`	
`12 / 2 - 4`	
`9 + 14 * 2 - 6`	
`(6 + 2) * 3`	
`14 / (11 - 4)`	
`9 + 12 * (8 - 3)`	

2.20. Какое значение будет присвоено переменной `result` после того, как исполнится приведенная ниже инструкция?

```
result = 9 // 2
```

2.21. Какое значение будет присвоено переменной `result` после того, как исполнится приведенная ниже инструкция?

```
result = 9 % 2
```

2.8 Конкатенация строковых литералов

Ключевые положения

Конкатенация строковых значений — это добавление одного строкового литерала в конец другого.

Распространенной операцией, выполняемой на строковых литералах, является конкатенация, которая означает добавление одного строкового литерала в конец другого строкового литерала. В Python для конкатенирования строковых литералов применяют оператор +. Он создает строковый литерал, представляющий собой комбинацию двух строковых литералов, используемых в качестве его операндов. В следующем ниже интерактивном сеансе показан пример:

```
>>> message = 'Здравствуй, ' + 'мир' Enter
>>> print(message) Enter
Здравствуй, мир
>>>
```

Первая инструкция конкатенирует строковые литералы `'Здравствуй, '` и `'мир'`, создавая строковый литерал `'Здравствуй, мир'`. Затем переменной `message` присваивается строковый литерал `'Здравствуй, мир'`. Во второй инструкции указанный строковый литерал выводится на экран.

Программа 2.19 демонстрирует конкатенацию строковых литералов подробнее.

Программа 2.19 (concatenation.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует конкатенацию строковых литералов.
2 first_name = input('Введите ваше имя: ')
3 last_name = input('Введите вашу фамилию: ')
4
5 # Объединить имена с пробелом между ними.
6 full_name = first_name + ' ' + last_name
7
8 # Вывести на экран полное имя пользователя.
9 print('Ваше полное имя: ' + full_name)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите ваше имя: Алекс Enter
Введите вашу фамилию: Морган Enter
Ваше полное имя: Алекс Морган
```

Давайте подробнее рассмотрим программу. В строках 2 и 3 пользователю предлагается ввести свои имя и фамилию. Имя пользователя присваивается переменной `first_name`, а фамилия — переменной `last_name`.

Строка 6 присваивает результат конкатенации строковых литералов переменной `full_name`. Строковый литерал, присвоенный переменной `full_name`, начинается со значения переменной `first_name`, затем продолжается пробелом (`' '`), за которым следует значение переменной `last_name`. В примере вывода программы пользователь ввел имя Алекс и фамилию Морган. В результате этого переменной `full_name` было присвоено строковое значение `'Алекс Морган'`. Инструкция в строке 9 выводит на экран значение переменной `full_name`.

Конкатенация строковых литералов бывает полезной для разбиения строкового литерала, в результате чего длинный вызов функции `print` может охватывать несколько строк программы. Вот пример:

```
print('Введите объем ' +
      'продаж в день и ' +
      'нажмите Enter.')
```

Эта инструкция выведет на экран следующее:

```
Введите объем продаж в день и нажмите Enter.
```

Неявная конкатенация строковых литералов

Когда два или более строковых литерала записываются рядом друг с другом, разделенные только пробелами, символами табуляции или символами новой строки, Python неявно объединит их в строковый литерал. Например, посмотрите на следующий интерактивный сеанс:

```
>>> my_str = 'один' 'два' 'три'
>>> print(my_str)
одиндватри
```

В первой строке кода строковые литералы `'один'`, `'два'` и `'три'` разделены только пробелом, в результате Python объединяет их в строковый литерал `'одиндватри'`. Затем этот строковый литерал присваивается переменной `my_str`.

Неявная конкатенация строковых литералов обычно используется для разбиения длинных строковых литералов на несколько строк кода. Вот пример:

```
print('Введите объем '
      'продаж за каждый день и '
      'нажмите Enter.')
```

Эта инструкция покажет следующее:

```
Введите сумму продаж за каждый день и нажмите Enter.
```



Контрольная точка

2.22. Что такое конкатенация строковых литералов?

2.23. Какое значение будет присвоено переменной `result` после исполнения следующей ниже инструкции?

```
result = '1' + '2'
```

2.24. Какое значение будет присвоено переменной `result` после исполнения следующей ниже инструкции?

```
result = 'п' 'р' 'и' 'в' 'е' 'т'
```



2.9 Подробнее об инструкции *print*

До сих пор мы обсуждали лишь элементарные способы вывода данных. Наверняка вы захотите более тщательно контролировать появление данных на экране. В этом разделе вы познакомитесь с функцией Python `print` подробнее и увидите различные приемы форматирования выходных данных.

Подавление концевого символа новой строки в функции *print*

Функция `print` обычно показывает одну строку вывода. Например, три приведенные ниже инструкции произведут три строки вывода:

```
print('Один')
print('Два')
print('Три')
```

Каждая показанная выше инструкция выводит строковое значение и затем печатает *символ новой строки*. Сам символ новой строки вы не увидите, но когда он выводится на экран, данные выводятся со следующей строки. (Символ новой строки можно представить как специальную команду, которая побуждает компьютер переводить позицию печати на новую строку.)

Если потребуется, чтобы функция `print` не начинала новую строку, когда заканчивает выводить на экран свои выходные данные, то в эту функцию можно передать специальный аргумент `end=' '`:

```
print('Один', end=' ')
print('Два', end=' ')
print('Три')
```

Обратите внимание, что в первых двух инструкциях в функцию `print` передается аргумент `end=' '`. Он говорит о том, что вместо символа новой строки функция `print` должна в конце своих выводимых данных напечатать пробел. Вот результат исполнения этих инструкций:

```
Один Два Три
```

Иногда, возможно, потребуется, чтобы функция `print` в конце своих выводимых данных ничего не печатала, даже пробел. В этом случае в функцию `print` можно передать аргумент `end=''`:

```
print('Один', end='')
print('Два', end='')
print('Три')
```

Отметим, что в аргументе `end=''` между кавычками нет пробела. Он указывает на то, что в конце выводимых данных функции `print` ничего печатать не нужно. Вот результат исполнения этих инструкций:

```
ОдинДваТри
```

Задание символа-разделителя значений

Когда в функцию `print` передается много аргументов, они автоматически отделяются друг от друга пробелом при их выводе. Вот пример в интерактивном режиме:

```
>>> print('Один', 'Два', 'Три') Enter
Один Два Три
>>>
```

Если потребуется, чтобы между значениями не печатался пробел, то в функцию `print` можно передать аргумент `sep=''`:

```
>>> print('Один', 'Два', 'Три', sep='') Enter
ОдинДваТри
>>>
```

Этот специальный аргумент также можно применить, чтобы определить, какой именно символ будет разделять несколько значений:

```
>>> print('Один', 'Два', 'Три', sep='*') Enter
Один*Два*Три
>>>
```

Обратите внимание, что в этом примере в функцию `print` передан аргумент `sep='*'`. Он указывает на то, что выводимые значения должны быть отделены друг от друга символом `*`. Вот еще один пример:

```
>>> print('Один', 'Два', 'Три', sep='~~~') Enter
Один~~~Два~~~Три
>>>
```

Экранированные символы

Экранированный символ — это специальный символ в строковом литерале, которому предшествует обратная косая черта (\). Во время печати строкового литерала с экранированными символами (или экранированными последовательностями) они рассматриваются как специальные команды, которые встроены в строковый литерал.

Например, `\n` — это экранированная последовательность новой строки. При ее печати она на экран не выводится. Вместо этого она переводит позицию печати на следующую строку. Например, взгляните на приведенную ниже инструкцию:

```
print('Один\nДва\nТри')
```

Во время выполнения этой инструкции она выводит

```
Один
Два
Три
```

Python распознает несколько экранированных последовательностей, некоторые из них перечислены в табл. 2.8.

Таблица 2.8. Некоторые экранированные последовательности Python

Экранированная последовательность	Результат
\n	Переводит позицию печати на следующую строку
\t	Переводит позицию печати на следующую горизонтальную позицию табуляции
\'	Печатает одинарную кавычку
\"	Печатает двойную кавычку
\\	Печатает обратную косую черту

Экранированная последовательность `\t` продвигает позицию печати к следующей горизонтальной позиции табуляции. (Позиция табуляции обычно появляется после каждого *восьмого* символа.) Вот пример:

```
print('Пн\tВт\tСр')
print('Чт\tПт\tСб')
```

Первая инструкция печатает `Пн` и переносит позицию печати к следующей позиции табуляции, потом печатает `Вт` и переносит позицию печати к следующей позиции табуляции, затем печатает `Ср`. Результат будет выглядеть так:

```
Пн      Вт      Ср
Чт      Пт      Сб
```

Экранированные последовательности `\'` и `\"` применяются для отображения кавычек. Приведенные ниже инструкции являются наглядным примером:

```
print("Домашнее задание на завтра - прочитать \"Гамлета\".")
print('Дочитаю рассказ О\'Генри и возьмусь за домашку.')
```

Эти инструкции покажут следующее:

```
Домашнее задание на завтра - прочитать "Гамлета".
Дочитаю рассказ О'Генри и возьмусь за домашку.
```

Как показано в приведенном ниже примере, экранированная последовательность `\\` используется для вывода обратной косой черты:

```
print('Путь C:\\temp\\data.')
```

Эта инструкция покажет:

```
Путь C:\temp\data.
```



Контрольная точка

2.25. Как подавить завершающий символ новой строки в функции `print`?

2.26. Как изменить символ, который автоматически выводится между несколькими элементами, передаваемыми в функцию `print`?

2.27. Что такое экранированная последовательность `'\n'` и что она делает?



2.10 Вывод на экран форматированного результата с помощью f-строк

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

F-строка — это особый тип строкового литерала, который позволяет форматировать значения различными способами.



ПРИМЕЧАНИЕ

F-строки были введены в Python 3.6. Если вы используете более раннюю версию Python, то вместо этого рассмотрите возможность использования функции `format`. Дополнительную информацию *см. в приложении 6*.

F-строки, или *отформатированные строковые литералы*, предоставляют простой способ отформатировать результат, который вы хотите показать на экране с помощью функции `print`. С помощью f-строки можно создавать сообщения, содержащие значения переменных, и форматировать числа различными способами.

F-строка — это строковый литерал, заключенный в кавычки и снабженный префиксом, состоящим из буквы `f`. Вот очень простой пример f-строки:

```
f'Здравствуй, мир'
```

Она выглядит как обычный строковый литерал, за исключением того, что имеет префикс из буквы `f`. Если мы хотим вывести на экран f-строку, то должны передать ее функции `print`, как показано в следующем интерактивном сеансе:

```
>>> print(f'Здравствуй, мир') Enter
Здравствуй, мир
```

Однако f-строки намного мощнее обычных строковых литералов. F-строка может содержать местозаполнители для переменных и других выражений. Например, посмотрите на следующий интерактивный сеанс:

```
>>> name = 'Джонни' Enter
>>> print(f'Привет, {name}.') Enter
Привет, Джонни.
```

В первой инструкции мы присваиваем `'Джонни'` переменной `name`. Во второй инструкции передаем f-строку функции `print`. Внутри f-строки `{name}` является местозаполнителем для переменной `name`. При выполнении инструкции местозаполнитель заменяется значением переменной `name`. В результате инструкция печатает `'Привет, Джонни'`.

Вот еще один пример:

```
>>> temperature = 45 Enter
>>> print(f'Сейчас {temperature} градусов.') Enter
Сейчас 45 градусов.
```

В первой инструкции мы присваиваем значение 45 переменной `temperature`. Во второй инструкции передаем f-строку функции `print`. Внутри f-строки `{temperature}` является местозаполнителем для переменной `temperature`. При выполнении инструкции местозаполнитель заменяется значением переменной `temperature`.

Выражения-местозаполнители

В предыдущих примерах f-строк мы использовали местозаполнители для вывода значений переменных на экран. В дополнение к именам переменных местозаполнители могут содержать любое допустимое выражение. Вот пример:

```
>>> print(f' Значение равно {10 + 2}.') Enter
Значение равно 12.
```

В этом примере `{10 + 2}` является местозаполнителем. При выполнении инструкции местозаполнитель заменяется значением выражения 10 + 2. Вот еще пример:

```
>>> val = 10 Enter
>>> print(f'Значение равно {val + 2}.') Enter
Значение равно 12.
```

В первой инструкции мы присваиваем значение 10 переменной `val`. Во второй инструкции мы передаем f-строку функции `print`. Внутри f-строки конструкция `{val + 2}` является местозаполнителем. При выполнении инструкции местозаполнитель заменяется значением выражения `val + 2`.

Важно понимать, что в приведенном выше примере переменная `val` не изменяется. Выражение `val + 2` просто дает нам значение 12. Оно никоим образом не изменяет значение переменной `val`.

Форматирование значений

Заполнители в f-строке могут содержать *спецификатор формата*, который приводит к форматированию значения местозаполнителя при его выводе на экран. Например, с помощью спецификатора формата можно округлять значения до заданного числа десятичных знаков и показывать числа с разделителями. Кроме того, с помощью спецификатора формата можно выравнивать значения по левому или правому краю либо по центру. На самом деле, вы можете использовать спецификаторы формата для управления многими способами вывода значений на экран.

Вот общий формат для написания местозаполнителя со спецификатором формата:

{*местозаполнитель*:*спецификатор формата*}

Обратите внимание, что в общем формате местозаполнитель и спецификатор формата разделены двоеточием. Давайте рассмотрим несколько конкретных способов использования спецификаторов формата.

Округление чисел с плавающей точкой

Возможно, вы не всегда будете довольны тем, как числа с плавающей точкой отображаются на экране. Когда функция `print` выводит число с плавающей точкой на экран, оно может содержать до 17 значащих цифр. Это показано в выводе программы 2.20.

Программа 2.20 (f_string_no_formatting.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, как отображается число
2 # с плавающей точкой без форматирования.
3 amount_due = 5000.0
```

```
4 monthly_payment = amount_due / 12.0
5 print(f'Ежемесячный платеж составляет {monthly_payment}.')
```

Вывод программы

```
Ежемесячный платеж составляет 416.6666666666667.
```

Поскольку эта программа выводит на экран денежную сумму, было бы неплохо, чтобы эта сумма была округлена до двух знаков после точки. Мы можем сделать это с помощью следующего спецификатора формата:

```
.2f
```

В спецификаторе формата `.2` — это условное обозначение *степени точности*, указывающее на то, что число должно быть округлено до двух знаков после точки. Буква `f` является условным обозначением типа и указывает на то, что значение должно выводиться с фиксированным числом цифр после десятичной точки. Когда мы добавим этот спецификатор формата в местозаполнитель в строке 5 программы, он будет выглядеть следующим образом:

```
{monthly_payment:.2f}
```

Это приведет к тому, что значение переменной `monthly_payment` будет выводиться на экран как 416.67. Программа 2.21 это демонстрирует.

Программа 2.21 (f_string_rounding.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует округление числа
2 # с плавающей точкой.
3 amount_due = 5000.0
4 monthly_payment = amount_due / 12.0
5 print(f'Ежемесячный платеж составляет {monthly_payment:.2f}.')
```

Вывод программы

```
Ежемесячный платеж составляет 416.67.
```

Следующий интерактивный сеанс демонстрирует округление числа до 3 десятичных знаков:

```
>> pi = 3.1415926535 Enter
>> print(f'{pi:.3f}') Enter
3.142
>>>
```

В следующем интерактивном сеансе показано, как округлить значение выражения-местозаполнителя до 1 знака после десятичной точки:

```
>> a = 2 Enter
>> b = 3 Enter
>> print(f'{a / b:.1f}') Enter
0.7
>>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Условное обозначение типа с фиксированной точкой можно писать в нижнем регистре (`f`) либо в верхнем регистре (`F`).

Вставка запятых в качестве разделителя

Человеку легче читать большие числа, если они выводятся на экран с запятыми в качестве разделителя[1]. Вы можете использовать спецификатор формата для вставки запятых в число, как показано в следующем интерактивном сеансе:

```
>>> number = 1234567890.12345 Enter
>>> print(f'{number:,}') Enter
1,234,567,890.12345
>>>
```

А вот пример того, как можно объединить спецификаторы формата, чтобы одновременно округлять число и вставлять запятые в качестве разделителей:

```
>>> number = 1234567890.12345 Enter
>>> print(f'{number:,.2f}') Enter
1,234,567,890.12
>>>
```

В спецификаторе формата запятую нужно записывать *перед* (слева) условным обозначением точности. В противном случае при исполнении программного кода возникнет ошибка.

Программа 2.22 демонстрирует использование запятой как разделителя и точность до двух знаков после точки для форматирования числа в качестве суммы в валюте (или в денежном эквиваленте).

Программа 2.22 (dollar_display.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует вывод на экран
2 # числа с плавающей точкой в качестве валюты.
3 monthly_pay = 5000.0
4 annual_pay = monthly_pay * 12
5 print(f'Ваша годовая зарплата составляет ${annual_pay:,.2f}')
```

Вывод программы

```
Ваша годовая зарплата составляет $60,000.00
```

Форматирование числа с плавающей точкой в процентах

Вместо того чтобы использовать символ `f` в качестве условного обозначения типа, можно указывать символ `%` для процентного форматирования числа с плавающей точкой. Символ `%` приводит к тому, что число умножается на 100 и выводится на экран со знаком % после него. Приведем пример:

```
>>> discount = 0.5
>>> print(f'{discount:%}') Enter
50.000000%
>>>
```

[1] В русской нотации мы привыкли к тому, что большие числа выводятся с *пробелами* в качестве разделителя тысяч и *запятой* в качестве *разделителя* целой и десятичной частей, т. е. не `1,234,567,890.1234`, а `1 234 567 890,1234`. — *Прим. ред.*

А вот пример, который округляет выходное значение до 0 знаков после точки:

```
>>> discount = 0.5
>>> print(f'{discount:.0%}') Enter
50%
>>>
```

Форматирование в научной нотации

Если вы предпочитаете выводить на экран числа с плавающей точкой в научной нотации, то вместо `f` можете использовать букву `e` или `E`. Ниже приведено несколько примеров:

```
>>> number = 12345.6789
>>> print(f'{number:e}') Enter
1.234568e+04
>>> print(f'{number:.2e}') Enter
1.23e+04
>>>
```

Первая инструкция просто форматирует число в научной нотации. Число выводится на экран с буквой `e`, обозначающей показатель степени. (Если в спецификаторе формата вы используете `E` в верхнем регистре, то результат будет содержать `E` в верхним регистре.) Во второй инструкции дополнительно указывается точность в два знака после точки.

Форматирование целых чисел

Все предыдущие примеры демонстрировали форматирование чисел с плавающей точкой. F-строка также может использоваться для форматирования целых чисел. При написании спецификатора формата, который будет применяться для форматирования целого числа, следует иметь в виду две особенности.

- Когда вам нужно использовать условное обозначение типа, следует записывать `d` или `D`. Эти буквы сообщают о том, что значение должно выводиться на экран в виде целого числа.
- Условное обозначение точности вообще не используется.

Давайте рассмотрим несколько примеров в интерактивном интерпретаторе. В следующем сеансе число 123456 выводится без специального форматирования:

```
>>> number = 123456
>>> print(f'{number:d}') Enter
123456
>>>
```

В следующем сеансе число 123456 выводится с запятыми в качестве разделителя:

```
>>> number = 123456
>>> print(f'{number:,d}') Enter
123,456
>>>
```

Указание минимальной ширины поля

Спецификатор формата может также содержать минимальную ширину поля, т. е. минимальное число знаков, которые следует отвести для вывода значения на экран. В приведенном ниже примере выводится число в поле шириной 10 знаков:

```
>>> number = 99
>>> print(f'Число равняется {number:10}') Enter
Число равняется         99
>>>
```

В этом примере значение 10 в спецификаторе формата является условным обозначением ширины поля. Оно указывает на то, что значение должно быть выведено в поле шириной не менее 10 знаков. В нашем случае длина выводимого значения меньше ширины поля. Число 99 использует только 2 знака на экране, но оно выводится в поле шириной 10 знаков. В данном случае число в поле выравнивается по правому краю, как показано на рис. 2.10.

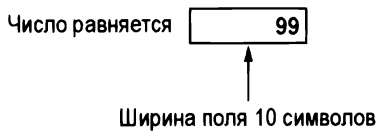


РИС. 2.10. Ширина поля выводимого на экран элемента



ПРИМЕЧАНИЕ

Если значение слишком велико, чтобы поместиться в заданную ширину поля, ширина поля автоматически увеличивается.

В следующем примере на экран выводится значение с плавающей точкой, округленное до 2 знаков после точки, с запятыми в качестве разделителей в поле шириной 12 знаков:

```
>>> number = 12345.6789
>>> print(f'Число равняется {number:12,.2f}') Enter
Число равняется   12,345.68
>>>
```

Обратите внимание, что условное обозначение ширины поля записывается *перед* (слева) разделителем. В противном случае при исполнении программного кода возникнет ошибка. Вот пример, в котором задаются ширина поля и точность, но не используются разделители:

```
>>> number = 12345.6789
>>> print(f'Число равняется {number:12.2 f}) Enter
Число равняется    12345.68
>>>
```

Ширина поля в спецификаторе формата широко используется, когда нужно вывести числа, выровненные в столбцах. Например, взгляните на программу 2.23. Переменные выводятся в двух столбцах шириной 10 знаков каждый.

Программа 2.23 (columns.py)

```
1 # Эта программа выводит на экран следующие ниже числа
2 # в двух столбцах.
```

```
num1 = 127.899
num2 = 3465.148
num3 = 3.776
num4 = 264.821
num5 = 88.081
num6 = 799.999

# Каждое число выводится в поле из 10 знаков и
# округляется до 2 знаков после точки.
print(f'{num1:10.2f}{num2:10.2f}')
print(f'{num3:10.2f}{num4:10.2f}')
print(f'{num5:10.2f}{num6:10.2f}')
```

Вывод программы

```
    127.90   3465.15
      3.78    264.82
     88.08    800.00
```

Выравнивание значений

Когда значение выводится в поле, которое шире значения, значение должно быть выровнено по правому или левому краю либо по центру поля. По умолчанию числа выравниваются по правому краю, как показано в следующем интерактивном сеансе:

```
>>> number = 22
>>> print(f'Число равно {number:10}') Enter
Число равно         22
>>>
```

В этом примере число 22 выровнено вправо в поле шириной 10 знаков. Строковые литералы по умолчанию выравниваются по левому краю, как показано в следующем интерактивном сеансе:

```
>>> name = 'Джей'
>>> print(f'Привет {name:10}. Рад познакомиться.')
Привет Джей       . Рад познакомиться.
>>>
```

В этом примере строковый литерал `'Джей'` выровнен влево в поле шириной 10 знаков. Если вы хотите изменить выравнивание, которое по умолчанию используется для значения, можете применить оно из условных обозначений выравнивания в спецификаторе формата, приведенных в табл. 2.9.

Таблица 2.9. Условные обозначения выравнивания

Условное обозначение выравнивания	Описание
<	Выровнять значение по левому краю
>	Выровнять значение по правому краю
^	Выровнять значение по центру

Предположим, что переменная `number` ссылается на целое число. Следующая ниже f-строка выравнивает значение переменной по левому краю в поле из 10 знаков:

```
f'{number:<10d}'
```

Предположим, что переменная `total` ссылается на значение с плавающей точкой. Приведенная ниже f-строка выравнивает значение переменной по правому краю в поле из 20 символов и округляет значение до 2 десятичных знаков:

```
f'{total:>20,2 f}'
```

В программе 2.24 представлен пример выравнивания строк по центру. Программа выводит на экран шесть строковых литералов, выровненных по центру в поле шириной 20 символов.

Программа 2.24 (center_align.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует выравнивание строковых литералов по центру.
 2 name1 = 'Гордон'
 3 name2 = 'Смит'
 4 name3 = 'Вашингтон'
 5 name4 = 'Альварадо'
 6 name5 = 'Ливингстон'
 7 name6 = 'Джонс'
 8
 9 # Вывод имен на экран.
10 print(f'***{name1:^20}***')
11 print(f'***{name2:^20}***')
12 print(f'***{name3:^20}***')
13 print(f'***{name4:^20}***')
14 print(f'***{name5:^20}***')
15 print(f'***{name6:^20}***')
```

Вывод программы

```
***       Гордон       ***
***        Смит        ***
***     Вашингтон      ***
***     Альварадо      ***
***     Ливингстон     ***
***       Джонс        ***
```

Порядок следования условных обозначений

При использовании нескольких условных обозначений в спецификаторе формата важно записывать их в правильном порядке, а именно:

```
[выравнивание][ширина][,][.точность][тип]
```

Если условные обозначения записаны не по порядку, произойдет ошибка. Например, предположим, что переменная `number` ссылается на значение с плавающей точкой. Приведенная ниже инструкция выводит значение переменной, выровненное по центру в поле из 10 символов, вставляет разделители в виде запятой и округляет значение до 2 десятичных знаков:

```
print(f'{number:^10,.2f}')
```

Однако следующая ниже инструкция приведет к ошибке, поскольку условные обозначения расположены в неправильном порядке:

```
print(f'{number:10^,.2f}') # Ошибка
```

Конкатенация f-строк

При конкатенировании двух или более f-строк результатом также будет f-строка. Например, посмотрите на следующий интерактивный сеанс:

```
1 >>> name = 'Эбби Ллойд'
2 >>> department = 'Отдел продаж'
3 >>> position = 'Менеджер'
4 >>> print(f'Имя сотрудника: {name}, ' +
5           f'Отдел: {department}, ' +
6           f'Должность: {position}')
7 Имя сотрудника: Эбби Ллойд, Отдел: Отдел продаж, Должность: Менеджер
8 >>>
```

В строках 4, 5 и 6 мы конкатенируем три f-строки, и результат передается функции `print` в качестве аргумента. Обратите внимание, что строки, которые мы конкатенируем, имеют префикс `f`. Если в любом из конкатенируемых строковых литералов опустить префикс `f`, то эти строки будут рассматриваться как обычные строковые литералы, а не f-строки. Например, взгляните на приведенное ниже продолжение предыдущего интерактивного сеанса:

```
9 >>> print(f'Имя сотрудника: {name}, ' +
10           'Отдел: {department}, ' +
11           'Должность: {position}')
12 Имя сотрудника: Эбби Ллойд, Отдел: {department}, Должность: {position}
13 >>>
```

Строковые литералы в строках 10 и 11 примера программы не имеют префикса `f`, поэтому рассматриваются как обычные строковые значения. В итоге местозаполнители, которые появляются в этих строках программы, не функционируют, как ожидается. Вместо этого они выводятся на экране в виде обычного текста.

Вы можете использовать неявную конкатенацию с f-строками, как показано ниже:

```
print(f'Имя сотрудника: {name}, '
      f'Отдел: {department} ,'
      f'Должность: {position}')
```



Контрольная точка

2.28. Что будет выведено на экран в следующем ниже фрагменте кода?

```
name = 'Карли'
print('Привет, {name}')
```

2.29. Что будет выведено на экран в следующем ниже фрагменте кода?

```
name = 'Карли'
print(f'Привет, {name}')
```

2.30. Что будет выведено на экран в следующем ниже фрагменте кода?

```
value = 99
print(f'Значение равно {value + 1}')
```

2.31. Что будет выведено на экран в следующем ниже фрагменте кода?

```
value = 65.4321
print(f'Значение равно {value:.2f}')
```

2.32. Что будет выведено на экран в следующем ниже фрагменте кода?

```
value = 987654.129
print(f'Значение равно {value:,.2f}')
```

2.33. Что будет выведено на экран в следующем ниже фрагменте кода?

```
value = 9876543210
print(f'Значение равно {value:,d}')
```

2.34. Какова цель числа 10 в спецификаторе формата в следующей ниже инструкции?

```
print(f'{name:10}')
```

2.35. Какова цель числа 15 в спецификаторе формата в следующей ниже инструкции?

```
print(f'{number:15,d}')
```

2.36. Какова цель числа 8 в спецификаторе формата в следующей ниже инструкции?

```
print(f'{number:8,.2f}')
```

2.37. Каково назначение символа < в спецификаторе формата в следующей ниже инструкции?

```
print(f'{number:<12d}')
```

2.38. Каково назначение символа > в спецификаторе формата в следующей ниже инструкции?

```
print(f'{number:>12d}')
```

2.39. Каково назначение символа ^ в спецификаторе формата в следующей ниже инструкции?

```
print(f'{number:^12d}')
```

2.11 Именованные константы

Ключевые положения

Именованная константа — это имя, представляющее специальное значение, которое называется магическим числом.

На мгновение предположим, что вы — программист и работаете на банк. Вы обновляете существующую программу, которая вычисляет данные, имеющие отношение к кредитам, и видите приведенную ниже строку кода:

```
amount = balance * 0.069
```

Поскольку эту программу написал кто-то другой, вы не уверены, что именно означает число 0.069. Выглядит, как процентная ставка, но может быть числом, которое используется для вычисления какого-то сбора. Назначение числа 0.069 невозможно определить, просто прочитав эту строку кода. Этот наглядный пример демонстрирует магическое число. *Магическое число* — это значение, которое появляется в программном коде без объяснения его смысла.

Магические числа могут создавать проблемы по ряду причин. Во-первых, как проиллюстрировано в нашем примере, читающий программный код специалист может испытывать трудности при определении назначения числа. Во-вторых, если магическое число используется в программе в нескольких местах, то в случае возникновения необходимости поменять это число во всех местах его появления могут потребоваться невероятные усилия. В-третьих, всякий раз, когда вы набираете это магическое число в программном коде, вы рискуете сделать опечатку. Например, предположим, что вы намереваетесь набрать 0.069, но случайно набираете .0069. Эта опечатка вызовет математические ошибки, которые бывает сложно отыскать.

Эти проблемы могут быть решены при помощи именованных констант, которые ассоциированы с магическими числами. *Именованная константа* — это имя, представляющее специальное значение. Вот пример объявления именованной константы в программном коде:

```
INTEREST_RATE = 0.069
```

Эта инструкция создает именованную константу `INTEREST_RATE`, которой присваивается значение 0.069. Обратите внимание, что именованная константа пишется буквами в верхнем регистре. В большинстве языков программирования такое написание является общепринятой практикой, потому что это делает именованные константы легко отличимыми от регулярных переменных.

Одно из преимуществ использования именованных констант состоит в том, что они делают программы более очевидными. Приведенная ниже инструкция:

```
amount = balance * 0.069
```

может быть изменена и читаться как

```
amount = balance * INTEREST_RATE
```

Новый программист прочтет вторую инструкцию и поймет, что тут происходит. Совершенно очевидно, что здесь остаток суммы умножается на процентную ставку.

Еще одно преимущество от использования именованных констант состоит в том, что они позволяют легко вносить изменения минимальными затратами сил в программный код. Скажем, процентная ставка появляется в десятке разных инструкций по всей программе. Когда ставка изменяется, инициализирующее значение в объявлении именованной константы будет единственным местом, которое нужно изменить. Если ставка повышается до 7.2%, объявление может быть заменено на:

```
INTEREST_RATE = 0.072
```

После этого новое значение 0.072 будет применено к каждой инструкции, которая использует константу `INTEREST_RATE`.

Еще одно преимущество от применения именованных констант состоит в том, что они помогают избегать опечаток, которые часто случаются при использовании магических чисел. Например, если в математической инструкции вместо 0.069 случайно набрать .0069, про-

грамма вычислит неправильное значение. Однако если при наборе имени INTEREST_RATE вы сделаете опечатку, то интерпретатор Python выведет сообщение с указанием, что такое имя не определено.



Контрольная точка

2.40. Каковы три преимущества от использования именованных констант?

2.41. Напишите инструкцию Python, которая задает именованную константу для 10-процентной скидки.

2.12 Введение в черепашью графику

Ключевые положения

Черепашья графика, или графика с относительными командами, — это интересный и очень простой способ изучения элементарных принципов программирования. Система черепашьей графики языка Python имитирует "черепаху", которая повинуется командам рисования простых графических изображений.

В конце 1960-х годов преподаватель Массачусетского технологического института (MIT) Сеймур Пейперт начал использовать роботизированную черепаху для обучения программированию. Черепаха была связана с компьютером, на котором обучаемый мог вводить команды, побуждающие черепаху перемещаться. У черепахи также имелось перо, которое можно было поднимать и опускать, и поэтому ее можно было класть на лист бумаги и программировать рисование изображений. Python имеет систему *черепашьей графики*, которая имитирует эту роботизированную черепаху. Данная система выводит на экран небольшой курсор (черепаху). Для того чтобы перемещать черепаху по экрану, рисуя линии и геометрические фигуры, можно использовать инструкции Python.



Видеозапись "Введение в черепашью графику" (Introduction to Turtle Graphics)

Первый шаг в использовании системы черепашьей графики Python состоит в написании приведенной ниже инструкции:

```
import turtle
```

Система черепашьей графики не встроена в интерпретатор Python и хранится в файле как *модуль* `turtle`. Поэтому инструкция `import turtle` загружает данный модуль в память, чтобы интерпретатор Python мог его использовать.

При написании программы Python, в которой используется черепашья графика, в начале программы следует написать инструкцию импорта `import`. Если есть желание поэкспериментировать с черепашьей графикой в интерактивном режиме, то эту инструкцию можно набрать прямо в оболочке Python:

```
>>> import turtle
>>>
```

Рисование отрезков прямой при помощи черепахи

Черепаха языка Python первоначально расположена в центре графического окна, которое служит ее холстом. Для того чтобы отобразить черепаху в ее окне, в интерактивном режиме

можно ввести команду `turtle.showturtle()`. Ниже приводится демонстрационный сеанс, который импортирует модуль черепахи и затем показывает ее:

```
>>> import turtle
>>> turtle.showturtle()
```

В результате появляется графическое окно (рис. 2.11). Черепаха совсем не похожа на черепаху в собственном смысле этого слова. Напротив, она скорее выглядит, как указатель стрелки (➤). Это очень важно, потому что он указывает в ту сторону, куда черепаха обращена в настоящее время. Если дать черепахе команду переместиться вперед, то она переместится в том направлении, куда указывает наконечник стрелки. Давайте попробуем. Для перемещения черепахи вперед на *n* пикселов применяется команда `turtle.forward(n)`. (Просто наберите желаемое число пикселов вместо *n*.) Например, команда `turtle.forward(200)` переместит черепаху вперед на 200 пикселов. Ниже приводится пример полного сеанса в оболочке Python:

```
>>> import turtle
>>> turtle.forward(200)
>>>
```

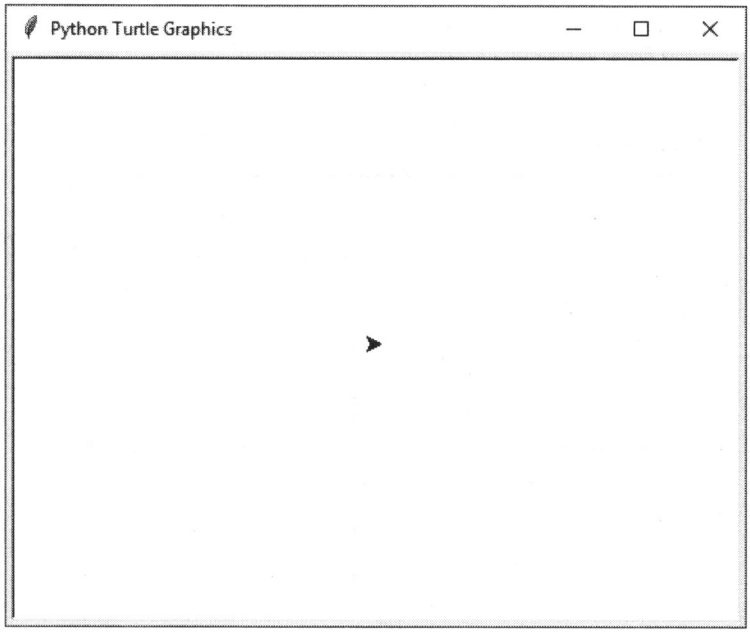


РИС. 2.11. Графическое окно черепахи

На рис. 2.12 представлен результат этого интерактивного сеанса. Обратите внимание, что по ходу перемещения черепахи была начерчена линия.

Поворот черепахи

Когда черепаха появляется в начале сеанса, она по умолчанию направлена на восток (т. е. вправо, или под углом 0°) — рис. 2.13.

Вы можете повернуть черепаху так, чтобы она смотрела в другом направлении, используя команду `turtle.right(`*угол*`)` либо команду `turtle.left(`*угол*`)`. Команда `turtle.right(`*угол*`)`

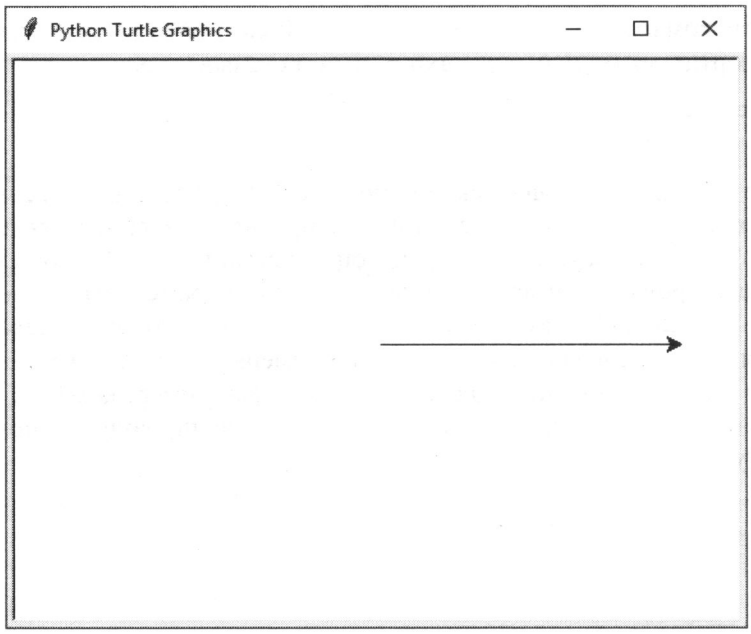


РИС. 2.12. Черепаха перемещена вперед на 200 пикселов

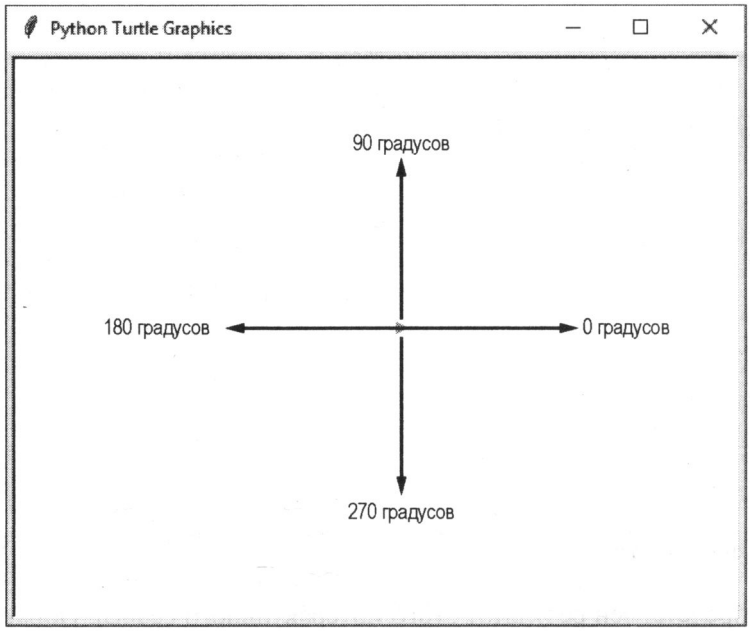


РИС. 2.13. Угловые направления черепахи

поворачивает черепаху вправо на градусы *угла*, а команда `turtle.left(`*угол*`)` поворачивает черепаху влево на градусы *угла*. Вот пример сеанса, в котором используется команда `turtle.right(`*угол*`)`:

```
>>> import turtle
>>> turtle.forward(200)
```

```
>>> turtle.right(90)
>>> turtle.forward(200)
>>>
```

Эта сессия сначала перемещает черепаху вперед на 200 пикселов. Затем она поворачивает черепаху вправо на 90° (черепаха будет направлена вниз). Затем она перемещает черепаху вперед на 200 пикселов. Результаты сеанса показаны на рис. 2.14.

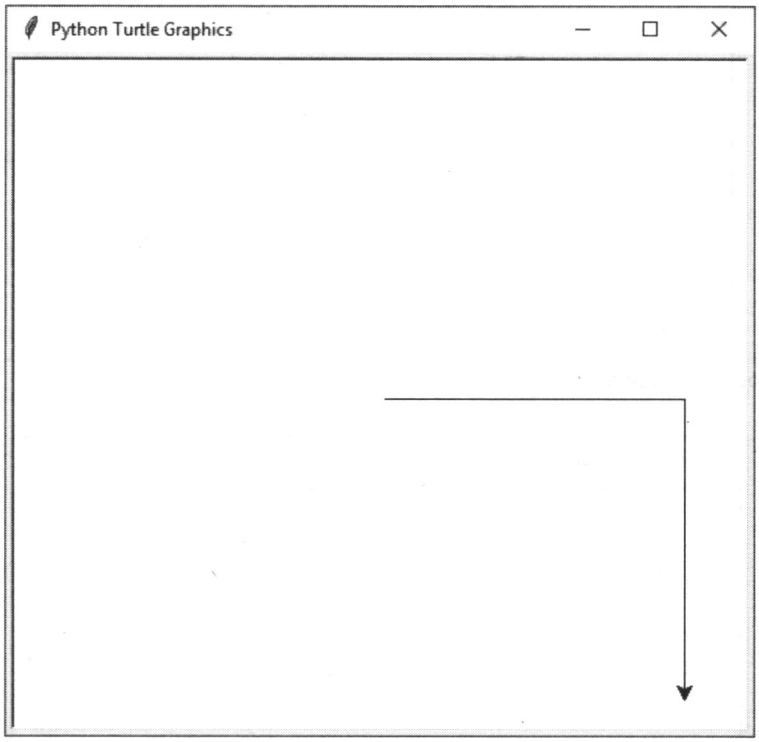


РИС. 2.14. Черепаха поворачивается вправо

Вот пример сеанса, в котором используется команда `turtle.left(`*угол*`)`:

```
>>> import turtle
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.left(120)
>>> turtle.forward(150)
>>>
```

Этот сеанс сначала перемещает черепаху на 100 пикселов вперед. Затем он поворачивает черепаху на 120° влево (черепаха будет смотреть на северо-запад). И далее он перемещает черепаху на 150 пикселов вперед. Результат сеанса показан на рис. 2.15.

Следует иметь в виду, что команды `turtle.right` и `turtle.left` поворачивают черепаху под указанным углом. Например, текущее угловое направление черепахи составляет 90° (строго на север). Если ввести команду `turtle.left(20)`, то черепаха будет повернута влево на 20°. Это означает, что курс черепахи будет 110°, т. е. угловое направление черепахи составит 110°.

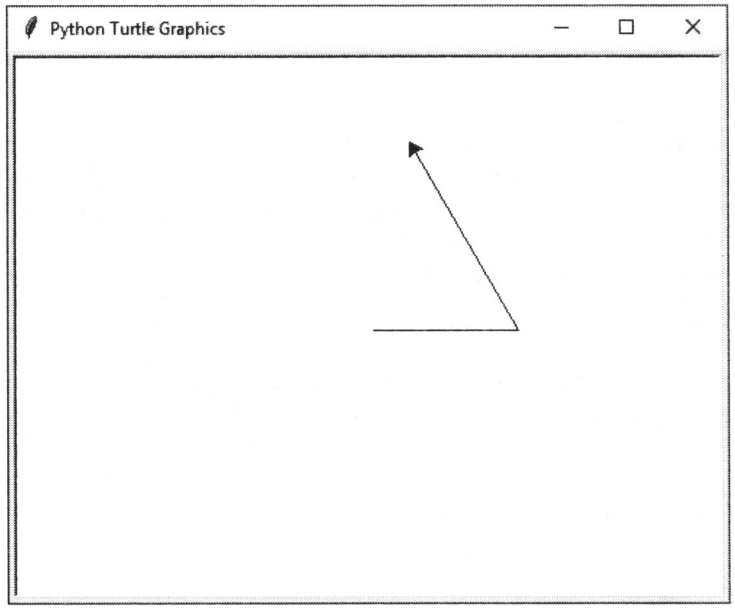


РИС. 2.15. Черепаха поворачивается влево

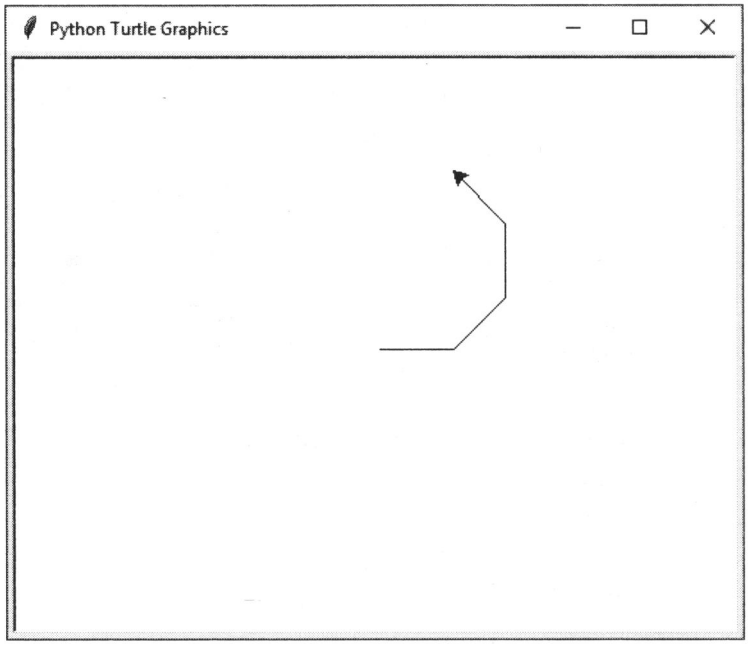


РИС. 2.16. Многократное поворачивание черепахи на 45°

В качестве еще одного примера взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
>>> import turtle
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.left(45)
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.left(45)
```

```
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.left(45)
>>> turtle.forward(50)
>>>
```

На рис. 2.16 показан результат сеанса. В начале этого сеанса направление черепахи составляет 0°. В строке 3 черепаха поворачивается на 45° влево. В пятой строке черепаха снова поворачивается влево на дополнительные 45°. В седьмой строке черепаха еще раз поворачивается на 45° влево. После всех этих поворотов на 45° угловое направление черепахи, наконец, составит 135°.

Установка углового направления черепахи в заданный угол

Команда `turtle.setheading(`*угол*`)` применяется для установки углового направления черепахи в заданный угол. В качестве аргумента *угол* надо просто указать желаемый угол. Вот пример:

```
>>> import turtle
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.setheading(90)
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.setheading(180)
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.setheading(270)
>>> turtle.forward(100)
>>>
```

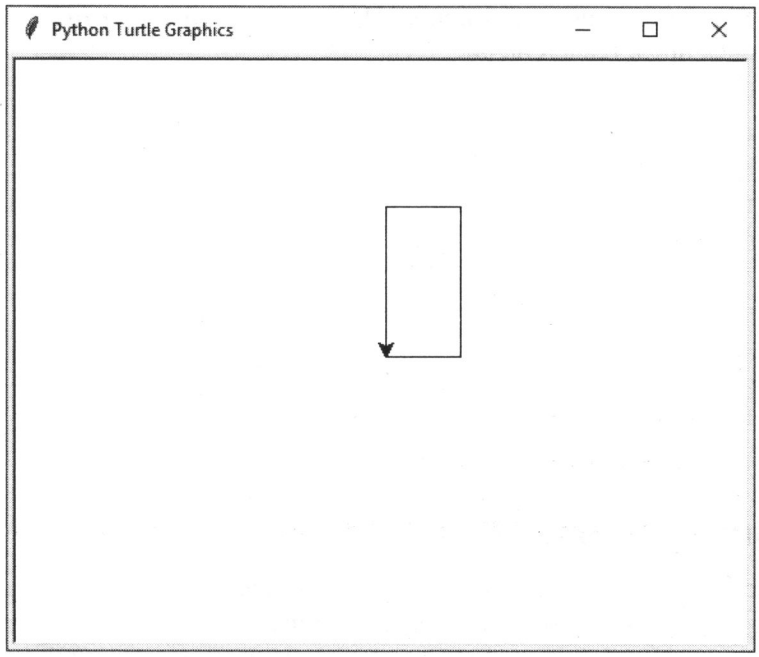


РИС. 2.17. Установка углового направления черепахи

Как обычно, первоначальное угловое направление черепахи составляет 0°. В третьей строке направление черепахи установлено в 90°. Затем в пятой строке направление черепахи установлено в 180°. Потом в седьмой строке направление черепахи установлено в 270°. Результат сеанса показан на рис. 2.17.

Получение текущего углового направления черепахи

В интерактивном сеансе можно применить команду `turtle.heading()`, чтобы вывести на экран текущее угловое направление черепахи. Пример:

```
>>> import turtle
>>> turtle.heading()
0.0
>>> turtle.setheading(180)
>>> turtle.heading()
180.0
>>>
```

Поднятие и опускание пера

Исходная роботизированная черепаха лежала на большом листе бумаги и имела перо, которое можно было поднимать и опускать. Когда перо опускалось, оно вступало в контакт с бумагой и чертило линию во время перемещения черепахи. Когда перо поднималось, оно не касалось бумаги, и поэтому черепаха могла перемещаться без начертания линии.

В Python команда `turtle.penup()` применяется для поднятия пера, а команда `turtle.pendown()` — для опускания пера. Когда перо поднято, черепаха будет перемещаться без начертания линии. Когда перо опущено, черепаха оставляет линию во время ее перемещения. (По умолчанию перо опущено.) Приведенный ниже сеанс демонстрирует пример. Результат сеанса представлен на рис. 2.18.

```
>>> import turtle
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.penup()
>>> turtle.forward(25)
>>> turtle.pendown()
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.penup()
>>> turtle.forward(25)
>>> turtle.pendown()
>>> turtle.forward(50)
>>>
```

Рисование кругов и точек

Для того чтобы черепаха нарисовала круг, применяют команду `turtle.circle(`*радиус*`)`, и она начертит круг с радиусом в пикселах, заданным аргументом *радиус*. Например, команда `turtle.circle(100)` побуждает черепаху нарисовать круг с радиусом 100 пикселов. Приведенный ниже интерактивный сеанс выводит результат, показанный на рис. 2.19:

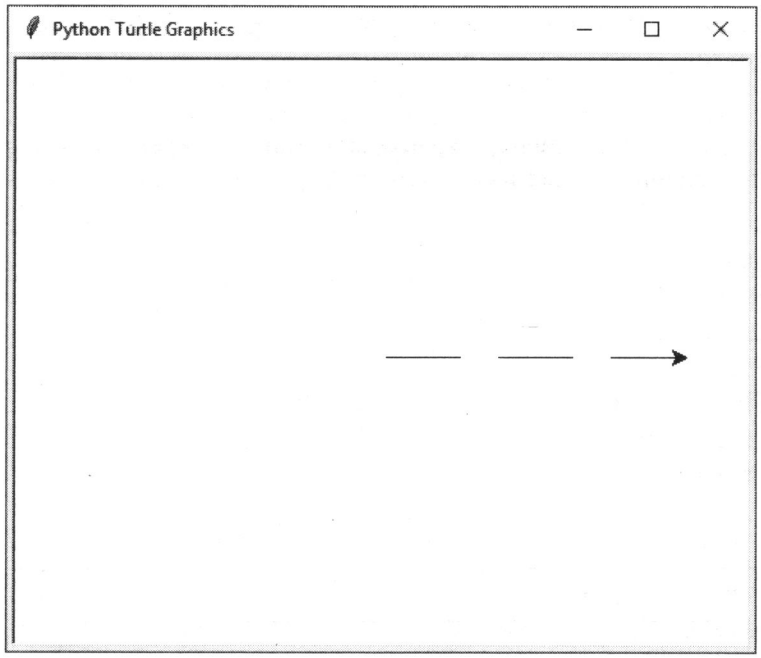


РИС. 2.18. Поднятие и опускание пера

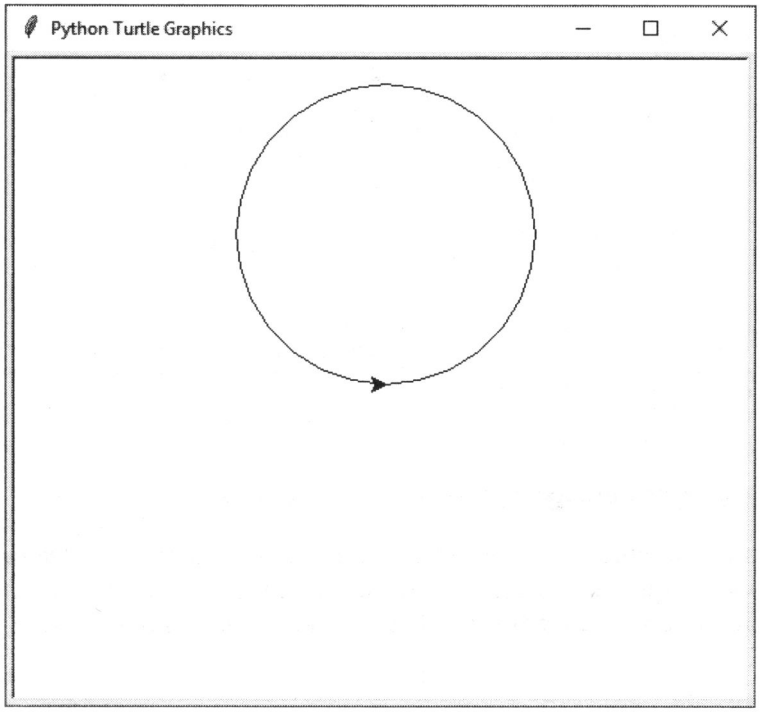


РИС. 2.19. Круг

```
>>> import turtle
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

Команда `turtle.dot()` применяется, чтобы заставить черепаху начертить простую точку. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс производит результат, который показан на рис. 2.20:

```
>>> import turtle
>>> turtle.dot()
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.dot()
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.dot()
>>> turtle.forward(50)
>>>
```

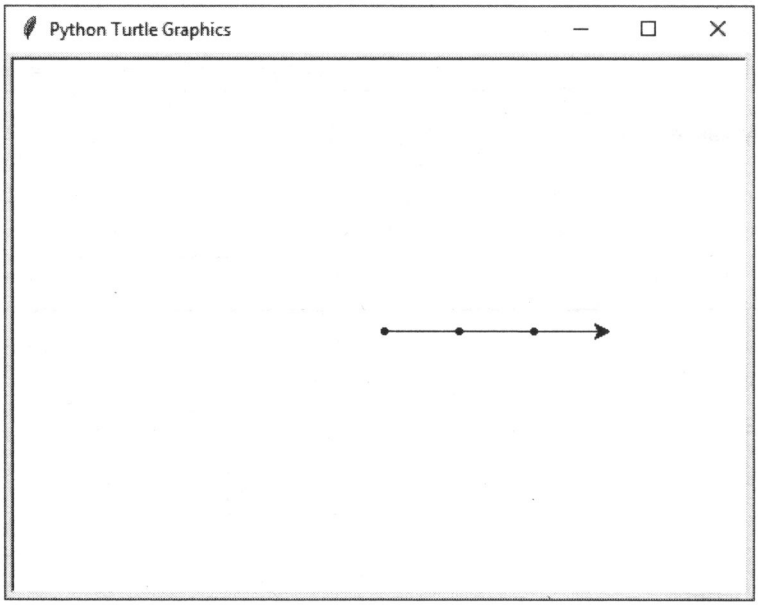


РИС. 2.20. Рисование точек

Изменение размера пера

Для изменения ширины пера черепахи в пикселах можно применить команду `turtle.pensize(`*ширина*`)`. Аргумент *ширина* — это целое число, которое задает ширину пера. Например, следующий ниже интерактивный сеанс назначает ширине пера 5 пикселов и затем рисует круг:

```
>>> import turtle
>>> turtle.pencsize(5)
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

Изменение цвета пера

Для изменения цвета пера, которым рисует черепаха, можно применить команду `turtle.pencolor(цвет)`. Аргумент *цвет* — это название цвета в виде строкового литерала. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс меняет цвет пера на красный и затем рисует круг:

```
>>> import turtle
>>> turtle.pencolor('red')
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

С командой `turtle.pencolor` можно использовать многочисленные предопределенные названия цветов, и в *приложении 4* приведен их полный перечень. Вот некоторые из наиболее широко используемых названий цветов: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`[1].

Изменение цвета фона

Для изменения фонового цвета графического окна черепахи можно применить команду `turtle.bgcolor(цвет)`. Аргумент *цвет* — это название цвета в виде строкового литерала. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс меняет цвет фона на серый, цвет рисунка на красный и затем рисует круг:

```
>>> import turtle
>>> turtle.bgcolor('gray')
>>> turtle.pencolor('red')
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

Как было упомянуто ранее, существуют многочисленные предопределенные названия цветов, и в *приложении 4* приведен их полный перечень.

Возвращение экрана в исходное состояние

Для возвращения графического окна черепахи в исходное состояние существуют три команды: `turtle.reset()`, `turtle.clear()` и `turtle.clearscreen()`.

- Команда `turtle.reset()` стирает все рисунки, которые в настоящее время видны в графическом окне, задает черный цвет рисунка и возвращает черепаху в ее исходное положение в центре экрана. Эта команда не переустанавливает цвет фона графического окна.
- Команда `turtle.clear()` просто стирает все рисунки, которые в настоящее время видны в графическом окне. Она не меняет положение черепахи, цвет пера или цвет фона графического окна.
- Команда `turtle.clearscreen()` стирает все рисунки, которые в настоящее время видны в графическом окне, переустанавливает цвет пера в черный, переустанавливает цвет фона графического окна в белый и возвращает черепаху в ее исходное положение в центре графического окна.

---

[1] Красный, зеленый, синий, желтый и голубой. — *Прим. пер.*

Установление размера графического окна

Для установления размера графического окна можно применить команду `turtle.setup(`*ширина*`, `*высота*`)`. Аргументы *ширина* и *высота* — это ширина и высота в пикселах. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс создает графическое окно шириной 640 и высотой 480 пикселов:

```
>>> import turtle
>>> turtle.setup(640, 480)
>>>
```

Перемещение черепахи в заданную позицию

Декартова система координат используется для идентификации позиции каждого пиксела в графическом окне черепахи (рис. 2.21). Каждый пиксел имеет координаты *X* и *Y*. Координата *X* идентифицирует горизонтальную позицию пиксела, координата *Y* — его вертикальную позицию. Важно понимать следующее:

- пиксел в центре графического окна находится в позиции (0, 0), т. е. его координата *X* равняется 0, координата *Y* равняется 0;
- значения координат *X* увеличиваются при перемещении в правую сторону и уменьшаются при перемещении в левую сторону окна;
- значения координат *Y* увеличиваются при перемещении вверх и уменьшаются при перемещении вниз окна;
- пикселы, расположенные справа от центральной точки, имеют положительные координаты *X*, а расположенные слева от центральной точки — отрицательные координаты *X*;

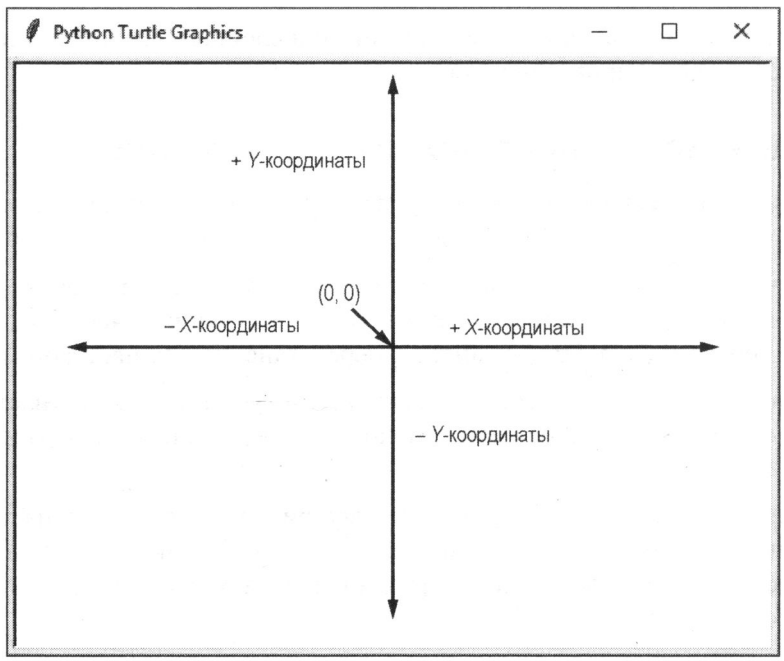


РИС. 2.21. Декартова система координат

- пикселы, расположенные выше центральной точки, имеют положительные координаты *Y*, а расположенные ниже центральной точки — отрицательные координаты *Y*.

Для перемещения черепахи из ее текущего положения в конкретную позицию в графическом окне применяется команда `turtle.goto(x, y)`. Аргументы `x` и `y` — это координаты позиции, в которую черепаха будет перемещена. Если перо черепахи опущено вниз, то по ходу перемещения черепахи будет начерчена линия. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс чертит линии, показанные на рис. 2.22:

```
>>> import turtle
>>> turtle.goto(0, 100)
>>> turtle.goto(-100, 0)
>>> turtle.goto(0, 0)
>>>
```

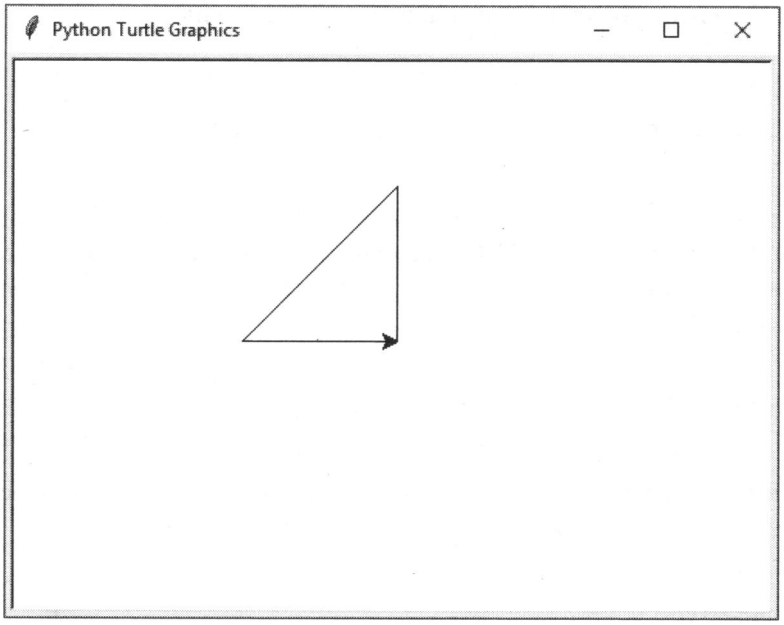


РИС. 2.22. Перемещение черепахи

Получение текущей позиции черепахи

Для отображения текущей позиции черепахи в интерактивном сеансе применяется команда `turtle.pos()`:

```
>>> import turtle
>>> turtle.goto(100, 150)
>>> turtle.pos()
(100.00, 150.00)
>>>
```

Для отображения координаты *X* черепахи служит команда `turtle.xcor()`, а для отображения координаты *Y* черепахи — команда `turtle.ycor()`:

```
>>> import turtle
>>> turtle.goto(100, 150)
>>> turtle.xcor()
100
>>> turtle.ycor()
150
>>>
```

Управление скоростью анимации черепахи

Для изменения скорости, с которой черепаха перемещается, можно применить команду `turtle.speed(`*скорость*`)`. Аргумент *скорость* — это число в диапазоне от 0 до 10. Если указать 0, то черепаха будет делать все свои перемещения мгновенно (анимация отключена). Например, приведенный ниже интерактивный сеанс отключает анимацию черепахи и затем рисует круг. В результате круг будет нарисован немедленно:

```
>>> import turtle
>>> turtle.speed(0)
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

Если указать значение скорости в диапазоне 1–10, то 1 будет самой медленной скоростью, 10 — самой большой скоростью. Приведенный ниже интерактивный сеанс устанавливает скорость анимации в 1 (в самую медленную скорость) и затем рисует круг:

```
>>> import turtle
>>> turtle.speed(1)
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

При помощи команды `turtle.speed()` можно получить текущую скорость анимации (аргумент *скорость* не указывается):

```
>>> import turtle
>>> turtle.speed()
3
>>>
```

Сокрытие черепахи

Если не нужно, чтобы черепаха отображалась на экране, то для этого применяется команда `turtle.hideturtle()`, которая ее прячет. Эта команда не изменяет то, как рисуется графическое изображение, она просто скрывает значок черепахи. Когда потребуется снова вывести черепаху на экран, применяется команда `turtle.showturtle()`.

Вывод текста в графическое окно

Для вывода текста в графическое окно применяется команда `turtle.write(`*текст*`)`. Аргумент *текст* — это строковый литерал, который требуется вывести на экран. После вывода левый нижний угол первого символа будет расположен в точке с координатами X и Y чере-

пахи. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует. Результат сеанса показан на рис. 2.23.

```
>>> import turtle
>>> turtle.write('Привет, мир!')
>>>
```

Приведенный далее интерактивный сеанс показывает еще один пример, в котором черепаха перемещается в соответствующие позиции для вывода текста. Результат сеанса представлен на рис. 2.24.

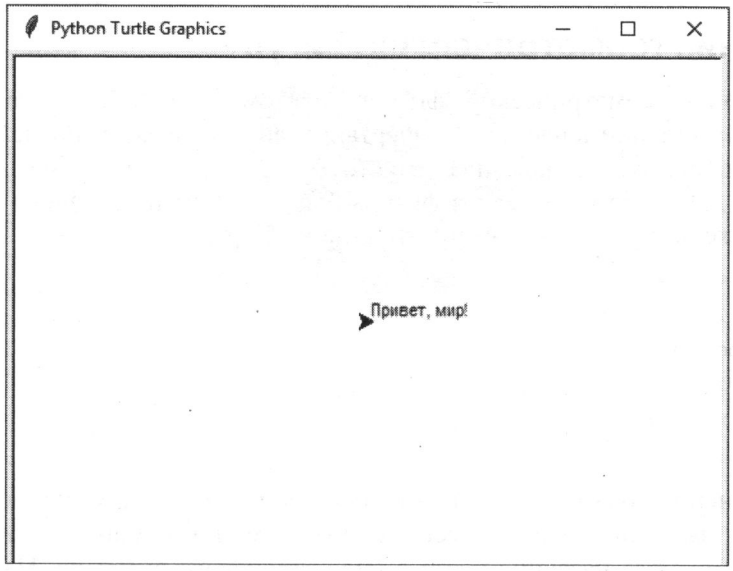


РИС. 2.23. Текст выведен в графическом окне

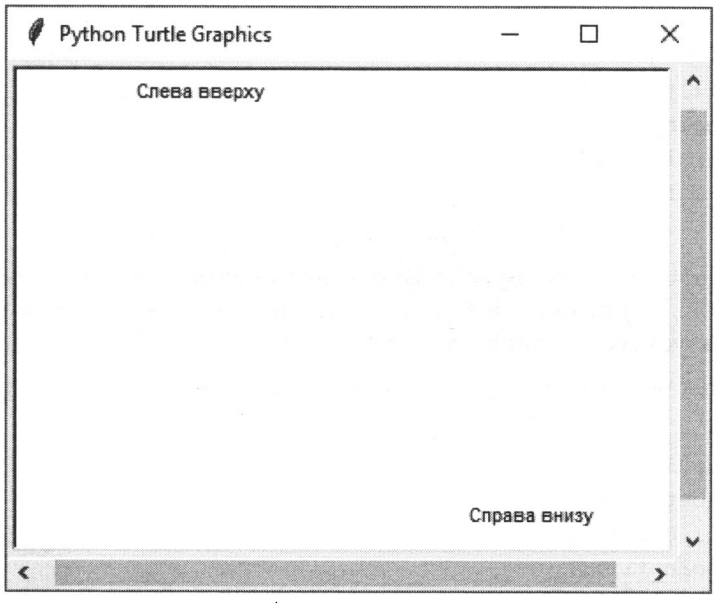


РИС. 2.24. Текст выведен в графическом окне в указанных позициях

```
>>> import turtle
>>> turtle.setup(400, 300)
>>> turtle.penup()
>>> turtle.hideturtle()
>>> turtle.goto(-120, 120)
>>> turtle.write("Слева вверху")
>>> turtle.goto(70, -120)
>>> turtle.write("Справа внизу")
>>>
```

Заполнение геометрических фигур

Для заполнения геометрической фигуры цветом используется команда `turtle.begin_fill()`, причем она применяется до начертания фигуры, и затем после того, как фигура была начерчена, используется команда `turtle.end_fill()`. Во время исполнения команды `turtle.end_fill()` геометрическая фигура будет заполнена текущим цветом заливки. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует.

```
>>> import turtle
>>> turtle.hideturtle()
>>> turtle.begin_fill()
>>> turtle.circle(100)
>>> turtle.end_fill()
>>>
```

После выполнения кода круг будет заполнен черным цветом, являющимся цветом по умолчанию. Цвет заливки можно изменить при помощи команды `turtle.fillcolor(`*цвет*`)`. Аргумент *цвет* — это название цвета в виде строкового литерала. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс изменяет цвет рисунка на красный и затем рисует круг (рис. 2.25):

```
>>> import turtle
>>> turtle.hideturtle()
>>> turtle.fillcolor('red')
>>> turtle.begin_fill()
>>> turtle.circle(100)
>>> turtle.end_fill()
>>>
```

С командой `turtle.fillcolor()` можно использовать многочисленные предопределенные названия цветов. В *приложении 4* приведен их полный перечень. Вот некоторые из наиболее широко используемых названий цветов: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`.

Посмотрите, как чертится квадрат, заполненный синим цветом. Результат сеанса показан на рис. 2.26.

```
>>> import turtle
>>> turtle.hideturtle()
>>> turtle.fillcolor('blue')
>>> turtle.begin_fill()
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.left(90)
```

```
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.left(90)
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.left(90)
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.end_fill()
>>>
```

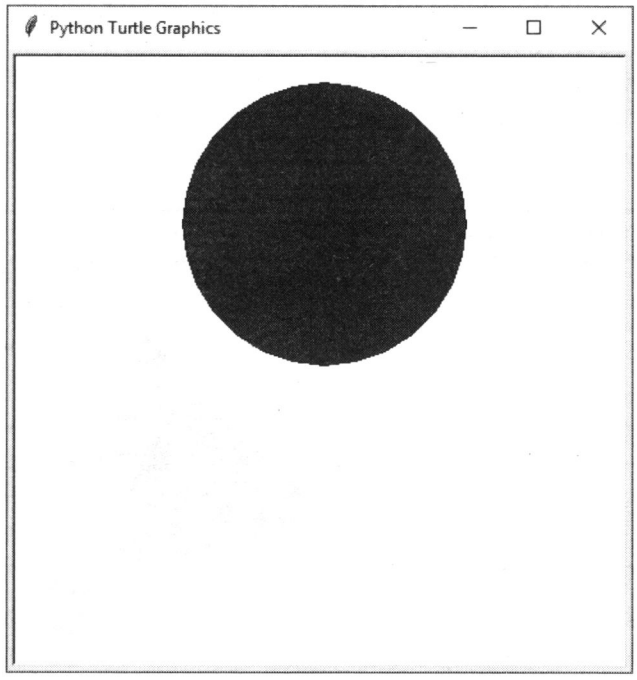


РИС. 2.25. Заполненный круг

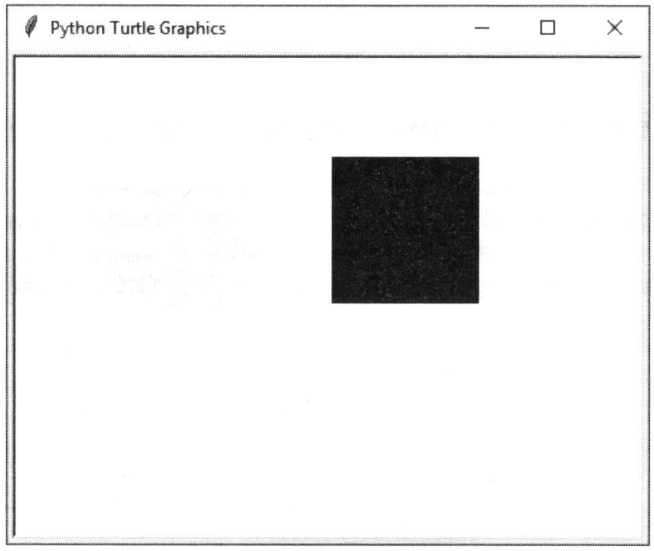


РИС. 2.26. Заполненный квадрат

Если закрасить незамкнутую фигуру, то она будет заполнена, как будто был начерчен отрезок, соединяющий начальную точку с конечной точкой. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс чертит два отрезка прямой. Первый из (0, 0) в (120, 120), второй из (120, 120) в (200, –100). Во время выполнения команды `turtle.end_fill()` фигура заполняется, как будто имелся отрезок из (0, 0) в (200, –120). На рис. 2.27 показан результат сеанса.

```
>>> import turtle
>>> turtle.hideturtle()
>>> turtle.begin_fill()
>>> turtle.goto(120, 120)
>>> turtle.goto(200, -100)
>>> turtle.end_fill()
>>>
```

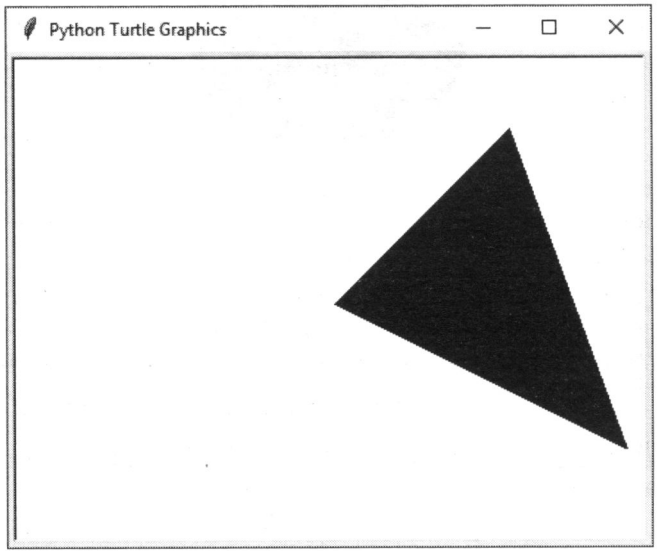


РИС. 2.27. Заполненная фигура

Получение входных данных с помощью диалогового окна

Вы можете применять команду `turtle.numinput`, чтобы получить от пользователя число и назначить его переменной. Команда `turtle.numinput` выводит на экран небольшое графическое окно, именуемое *диалоговым окном*. Диалоговое окно предоставляет пользователю область для набора входного значения, а также кнопки **OK** (Готово) и **Cancel** (Отмена). На рис. 2.28 показан пример.

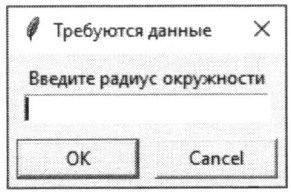


РИС. 2.28. Диалоговое окно

Вот общий формат инструкции, в которой используется команда `turtle.numinput`:

переменная = `turtle.numinput(`*заголовок*, *подсказка*`)`

В общем формате *переменная* — это имя переменной, которой будет присвоено значение, введенное пользователем. Аргумент *заголовок* — это строковый литерал, который выводится в строке заголовка диалогового окна (строка в верхней части окна), а аргумент *подсказка* — это строковый литерал, который выводится внутри диалогового окна. Цель *подсказки* состоит в том, чтобы разъяснить пользователю, какие именно данные он должен ввести. Когда пользователь нажимает кнопку **OK**, команда возвращает число (в форме значения с плавающей точкой), введенное пользователем в диалоговом окне. Затем это число присваивается *переменной*.

Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует. Результаты сеанса показаны на рис. 2.29.

```
>>> import turtle
>>> radius = turtle.numinput('Требуются данные', 'Введите радиус окружности')
>>> turtle.circle(radius)
>>>
```

Вторая инструкция в приведенном выше интерактивном сеансе выводит на экран диалоговое окно, показанное слева на рис. 2.29. В примере сеанса пользователь вводит 100 в диалоговом окне и нажимает кнопку **OK**. В результате команда `turtle.numinput` возвращает значение 100, которое присваивается переменной `radius`. Следующая инструкция в сеансе выполняет команду `turtle.circle`, передавая переменную `radius` в качестве аргумента. В результате будет нарисован круг радиусом 100, как показано справа на рис. 2.29.

Если пользователь нажимает кнопку **Cancel** вместо кнопки **OK**, то команда `turtle.numinput` возвращает специальное значение `None`, которое указывает на то, что пользователь не ввел никаких входных данных.

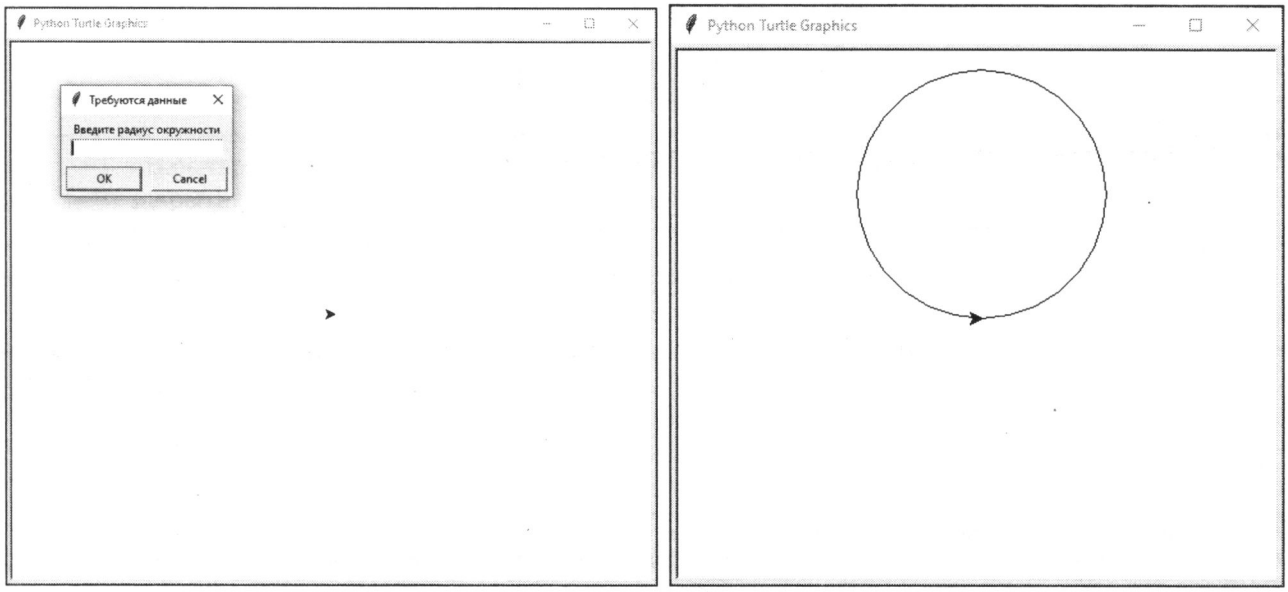


РИС. 2.29. Приглашение ввести радиус окружности

В дополнение к аргументам *заголовка* и *подсказки* с командой `turtle.numinput` можно использовать три необязательных аргумента, как показано в приведенном ниже общем формате:

```
переменная = turtle.numinput(заголовок, подсказка, default=x, minval=y, maxval=z)
```

- Аргумент `default=x` указывает на то, что вы хотите, чтобы значение *x* изначально выводилось в поле ввода. Это позволяет пользователю просто нажимать кнопку **OK** и принимать значение по умолчанию.
- Аргумент `minval=y` указывает на то, что вы хотите отклонять любое вводимое пользователем число, которое меньше *y*. Если пользователь введет число меньше *y*, то появится сообщение об ошибке и диалоговое окно останется открытым.
- Аргумент `maxval=z` указывает на то, что вы хотите отклонять любое вводимое пользователем число, которое больше *z*. Если пользователь введет число больше *z*, то появится сообщение об ошибке и диалоговое окно останется открытым.

Вот пример инструкции, в которой используются все необязательные аргументы:

```
num = turtle.numinput('Требуются данные', 'Введите значение в интервале 1-10',
                      default=5, minval=1, maxval=10)
```

Эта инструкция задает значение 5 как используемое по умолчанию, минимальное значение 1 и максимальное значение 10. На рис. 2.30 показано диалоговое окно, выводимое на экран указанной инструкцией. Если пользователь введет значение меньше 1 и нажмет кнопку **OK**, то система выведет сообщение, аналогичное тому, которое показано слева на рис. 2.31. Если пользователь введет значение больше 10 и нажмет кнопку **OK**, то система выведет сообщение, аналогичное тому, которое показано справа на рис. 2.31.

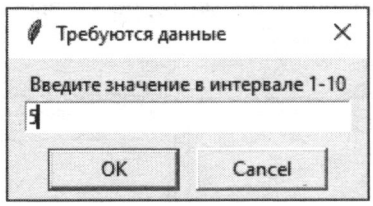


РИС. 2.30. Диалоговое окно со значением, выводимым на экран по умолчанию

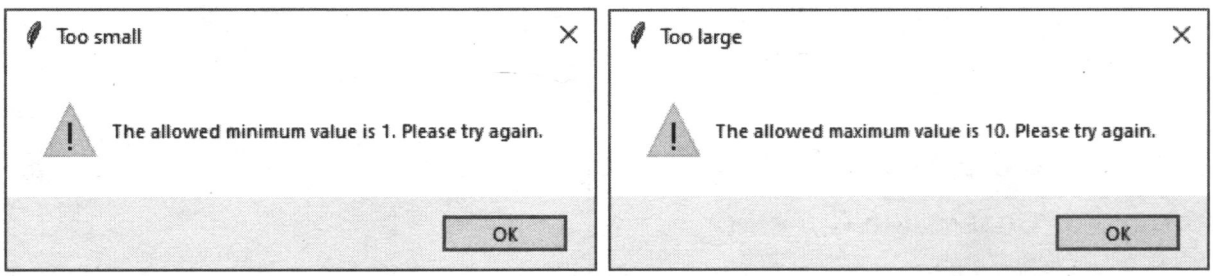


РИС. 2.31. Сообщения об ошибках для входных значений за пределами интервала. Введены слишком малое и слишком большое значения, и соответственно введены сообщения "Разрешенное минимальное значение равно 1. Попробуйте еще раз" и "Разрешенное максимальное значение равно 10. Попробуйте еще раз"

Получение строковых входных данных с помощью команды *turtle.textinput*

Вы также можете использовать команду `turtle.textinput` для получения от пользователя строковых входных данных. Вот общий формат инструкции, в которой используется команда `turtle.textinput`:

```
переменная = turtle.textinput(заголовок, подсказка)
```

Команда `turtle.textinput` работает так же, как команда `turtle.numinput`, за исключением того, что команда `turtle.textinput` возвращает введенное пользователем значение в виде строкового литерала. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует. Диалоговое окно, выводимое второй инструкцией, показано на рис. 2.32.

```
>>> import turtle
>>> name = turtle.numinput('Требуются данные', 'Введите свое имя')
>>> print(name)
Джесс Клаус
>>>
```

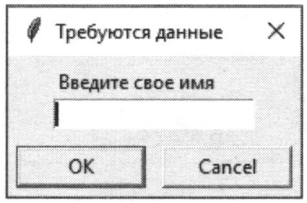


РИС. 2.32. Диалоговое окно с запросом имени пользователя

Использование *turtle.done()* для оставления графического окна открытым

Если вы выполняете программу Python черепашьей графики из среды, отличной от IDLE (например, в командной строке), то заметите, что графическое окно исчезает, как только ваша программа заканчивается. Для того чтобы предотвратить закрытие окна после завершения программы, вам нужно добавлять инструкцию `turtle.done()` в самый конец ваших программ черепашьей графики. Это приведет к тому, что графическое окно останется открытым и вы сможете видеть его содержимое после завершения работы программы. Для закрытия окна просто нажмите его стандартную кнопку **Закрыть**.

Если вы выполняете свои программы из среды IDLE, то использовать инструкцию `turtle.done()` в своих программах нет необходимости.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Программа "Созвездие Ориона"

Орион — одно из самых известных созвездий на ночном небе. Схема на рис. 2.33 показывает приблизительные положения нескольких звезд в данном созвездии. Самые верхние звезды — это плечи Ориона, ряд из трех звезд в середине — пояс Ориона, две нижние звезды — колени Ориона. На рис. 2.34 показаны названия всех этих звезд, а на рис. 2.35 — линии, которые, как правило, используются для соединения звезд.

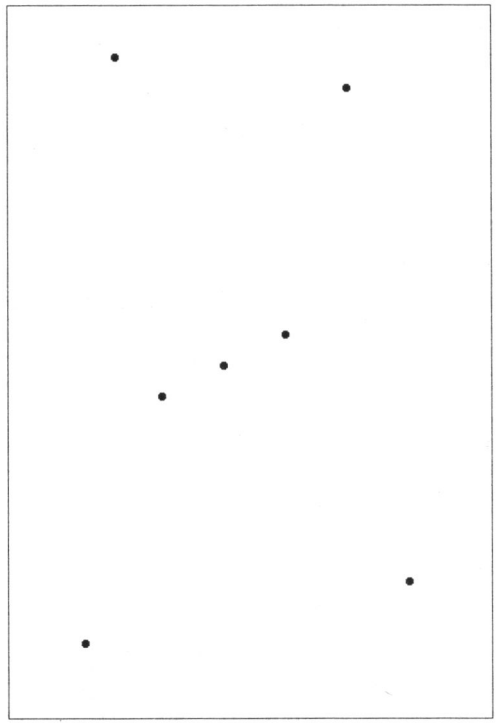


РИС. 2.33. Звезды в созвездии Ориона

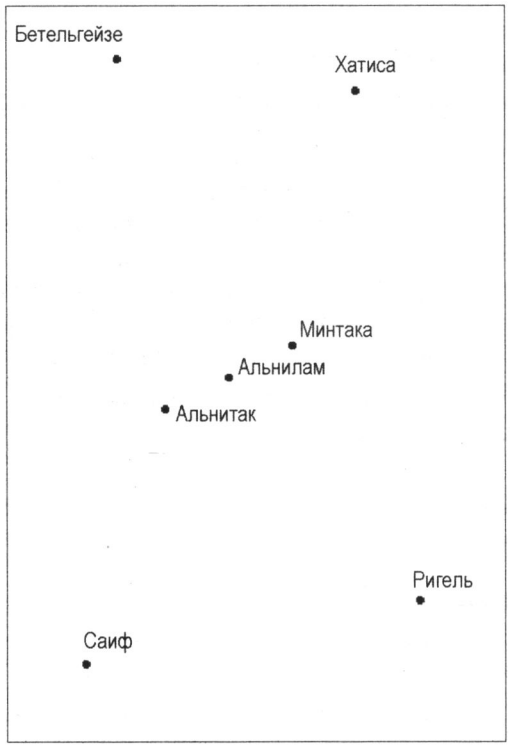


РИС. 2.34. Названия звезд

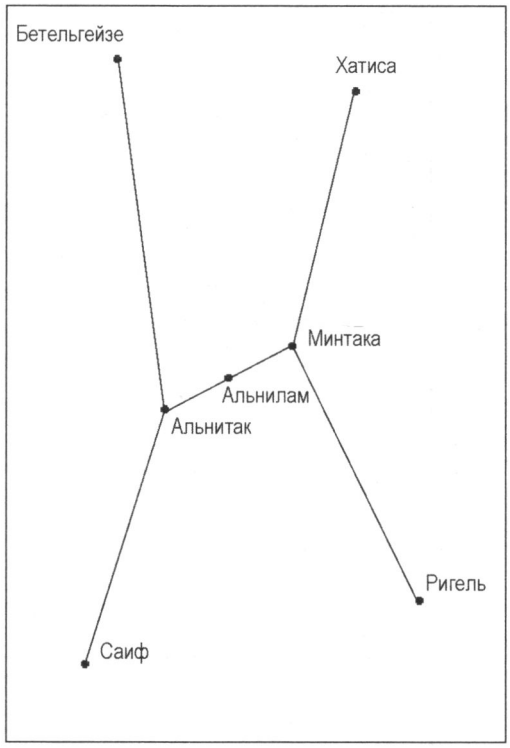


РИС. 2.35. Линии созвездия

В этом разделе мы разработаем программу, которая рисует звезды, их названия и линии созвездия в том виде, как они показаны на рис. 2.35. Будем использовать графическое окно шириной 500 и высотой 600 пикселов. Программа будет ставить точки, которые будут представлять звезды. Мы воспользуемся миллиметровой бумагой (рис. 2.36), чтобы сделать набросок позиций точек и определить их координаты.

В нашей программе мы много раз будем использовать координаты, которые были идентифицированы на рис. 2.36. Отслеживать правильные значения координат каждой звезды может оказаться сложным и утомительным делом. Для того чтобы все максимально упростить, создадим именованные константы, которые будут представлять координаты каждой звезды:

```
LEFT_SHOULDER_X = -70
LEFT_SHOULDER_Y = 200
RIGHT_SHOULDER_X = 80
RIGHT_SHOULDER_Y = 180
LEFT_BELTSTAR_X = -40
LEFT_BELTSTAR_Y = -20
MIDDLE_BELTSTAR_X = 0
MIDDLE_BELTSTAR_Y = 0
RIGHT_BELTSTAR_X = 40
RIGHT_BELTSTAR_Y = 20
LEFT_KNEE_X = -90
LEFT_KNEE_Y = -180
RIGHT_KNEE_X = 120
RIGHT_KNEE_Y = -140
```

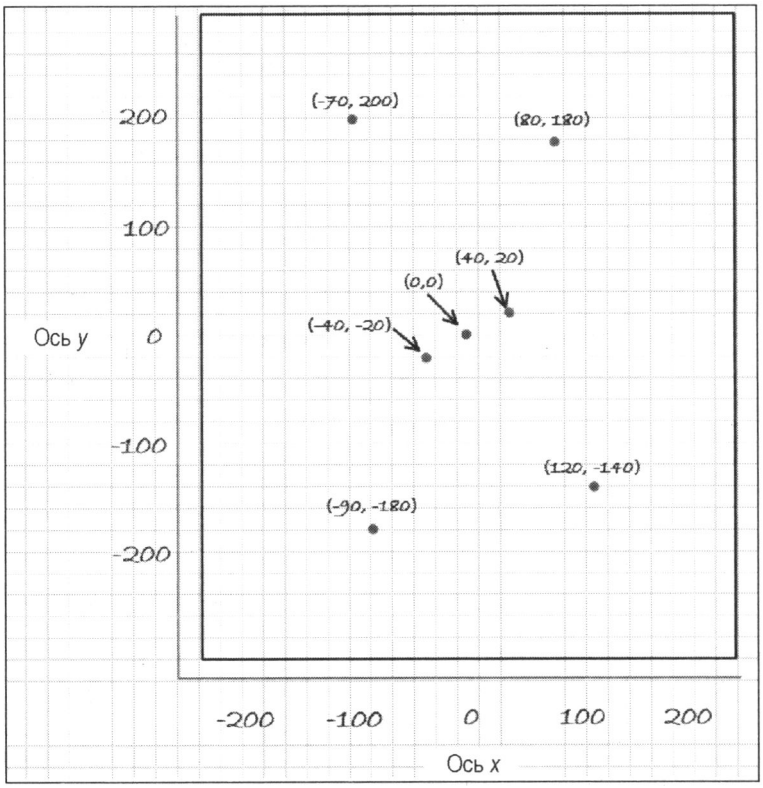


РИС. 2.36. Эскиз созвездия Ориона

Теперь, когда мы идентифицировали координаты звезд и создали именованные константы для их представления, можно написать псевдокод для первой части программы, которая выводит звезды:

```
Задать размер графического окна шириной 500 пикселов и высотой 600 пикселов
# Левое плечо
Нанести точку в (LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y)
# Правое плечо
Нанести точку в (RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y)
# Крайняя левая звезда в поясе
Нанести точку в (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
# Средняя звезда в поясе
Нанести точку в (MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
# Крайняя правая звезда в поясе
Нанести точку в (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
# Левое колено
Нанести точку в (LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y)
# Правое колено
Нанести точку в (RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y)
```

Далее мы выведем название каждой звезды (рис. 2.37). Псевдокод для отображения их названий следует ниже.

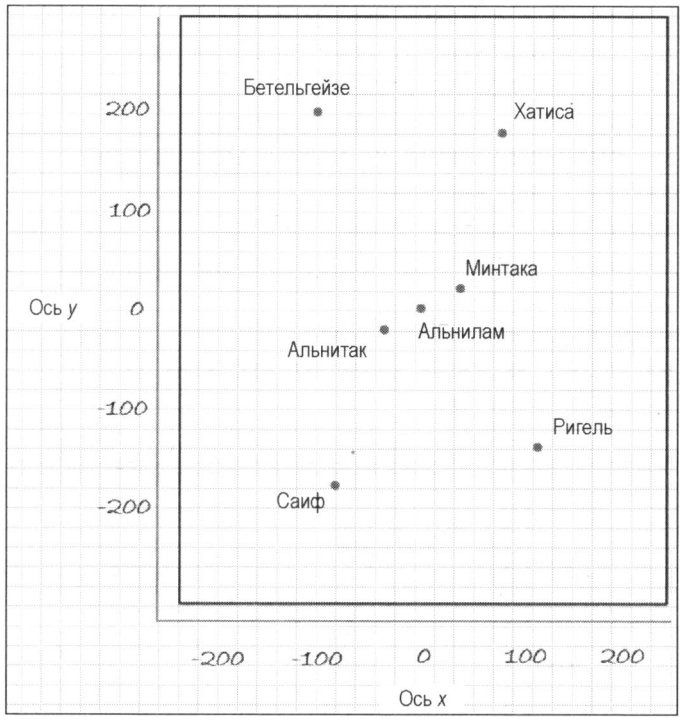


РИС. 2.37. Эскиз Ориона с названиями звезд

```
# Левое плечо
Вывести текст "Бетельгейзе" в (LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y)
# Правое плечо
Вывести текст "Хатиса" в (RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y)
# Крайняя левая звезда в поясе
Вывести текст "Альнитак" в (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_ BELTSTAR_Y)
# Средняя звезда в поясе
Вывести текст "Альнилам" в (MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
# Крайняя правая звезда в поясе
Вывести текст "Минтака" в (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
# Левое колено
Вывести текст "Саиф" в (LEFT_KNEE_X, LEFT_ KNEE_Y)
# Правое колено
Вывести текст "Ригель" в (RIGHT_KNEE_X, RIGHT_ KNEE_Y)
```

Затем прочертим линии, которые соединяют звезды (рис. 2.38). Псевдокод для нанесения этих линий следует ниже.

```
# Из левого плеча в левую звезду пояса
Нанести линию из (LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y)
в (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
# Из правого плеча в правую звезду пояса
Нанести линию из (RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y)
в (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
```

```
# Из левой звезды пояса в среднюю звезду пояса
Нанести линию из (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
в (MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
# Из средней звезды пояса в правую звезду пояса
Нанести линию из (MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
в (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
# Из левой звезды пояса в левое колено
Нанести линию из (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
в (LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y)
# Из правой звезды пояса в правое колено
Нанести линию из (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
в (RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y)
```

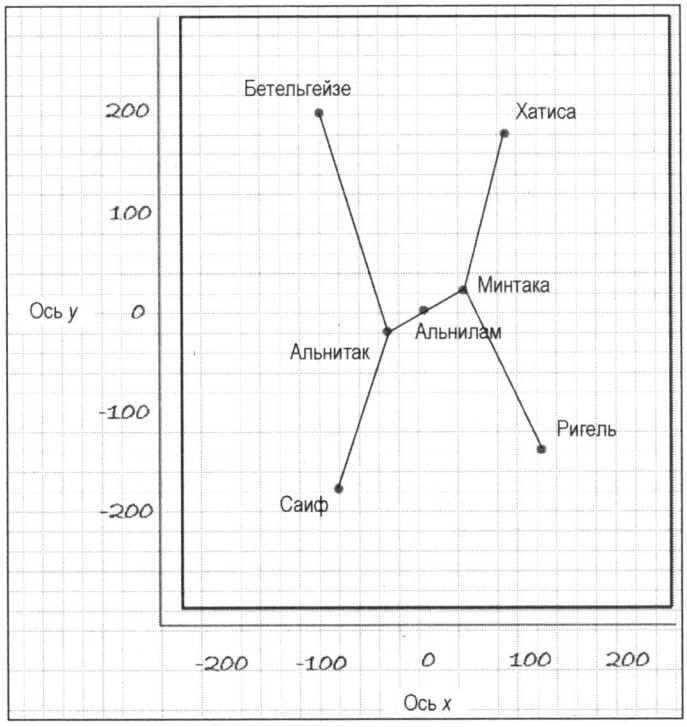


РИС. 2.38. Эскиз Ориона с названиями звезд и линиями созвездия

Теперь, когда мы знаем логические шаги, которые программа должна выполнить, мы готовы к созданию кода. В программе 2.25 приведен код целиком. Когда программа работает, она сначала выводит звезды, потом названия звезд и затем линии созвездия. На рис. 2.39 представлен результат работы программы.

Программа 2.25 (orion.py)

```
1 # Эта программа наносит звезды созвездия Ориона,
2 # названия звезд и линии созвездия.
3 import turtle
4
```

```
# Задать размер окна.
turtle.setup(500, 600)

# Установить черепаху.
turtle.penup()
turtle.hideturtle()

# Создать именованные константы для звездных координат.
LEFT_SHOULDER_X = -70
LEFT_SHOULDER_Y = 200

RIGHT_SHOULDER_X = 80
RIGHT_SHOULDER_Y = 180

LEFT_BELTSTAR_X = -40
LEFT_BELTSTAR_Y = -20

MIDDLE_BELTSTAR_X = 0
MIDDLE_BELTSTAR_Y = 0

RIGHT_BELTSTAR_X = 40
RIGHT_BELTSTAR_Y = 20

LEFT_KNEE_X = -90
LEFT_KNEE_Y = -180

RIGHT_KNEE_X = 120
RIGHT_KNEE_Y = -140

# Нанести звезды.
turtle.goto(LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y) # Левое плечо
turtle.dot()
turtle.goto(RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y) # Правое плечо
turtle.dot()
turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y) # Левая звезда в поясе
turtle.dot()
turtle.goto(MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y) # Средняя звезда
turtle.dot()
turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y) # Правая звезда
turtle.dot()
turtle.goto(LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y) # Левое колено
turtle.dot()
turtle.goto(RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y) # Правое колено
turtle.dot()

```

```
# Вывести названия звезд.
turtle.goto(LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y) # Левое плечо
turtle.write('Бетельгейзе')
turtle.goto(RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y) # Правое плечо
turtle.write('Хатиса')
turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y) # Левая звезда в поясе
turtle.write('Альнитак')
turtle.goto(MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y) # Средняя звезда
turtle.write('Альнилам')
turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y) # Правая звезда
turtle.write('Минтака')
turtle.goto(LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y) # Левое колено
turtle.write('Саиф')
turtle.goto(RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y) # Правое колено
turtle.write('Ригель')

# Нанести линию из левого плеча в левую звезду пояса
turtle.goto(LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y)
turtle.pendown()
turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
turtle.penup()

# Нанести линию из правого плеча в правую звезду пояса
turtle.goto(RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y)
turtle.pendown()
turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
turtle.penup()

# Нанести линию из левой звезды пояса в среднюю звезду пояса
turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
turtle.pendown()
turtle.goto(MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
turtle.penup()

# Нанести линию из средней звезды пояса в правую звезду пояса
turtle.goto(MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
turtle.pendown()
turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
turtle.penup()

# Нанести линию из левой звезды пояса в левое колено
turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
turtle.pendown()
turtle.goto(LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y)
turtle.penup()

```

```
 96 # Нанести линию из правой звезды пояса в правое колено
 97 turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
 98 turtle.pendown()
 99 turtle.goto(RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y)
100
101 # Оставить окно открытым. (В среде IDLE не требуется.)
102 turtle.done()
```

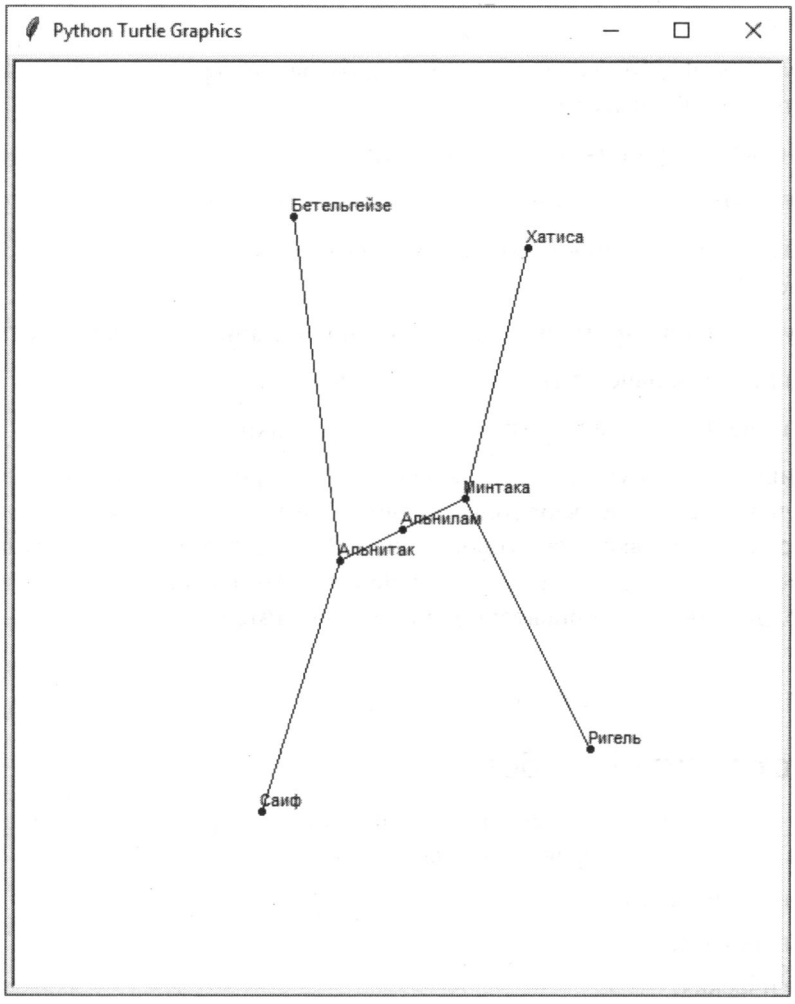


РИС. 2.39. Результат выполнения программы orion.py



Контрольная точка

2.42. Каково угловое направление черепахи по умолчанию, когда она появляется в самом начале?

2.43. Как переместить черепаху вперед?

2.44. Как повернуть черепаху вправо на 45°?

2.45. Как переместить черепаху в новую позицию без нанесения линии?

2.46. Какую команду применить, чтобы показать текущее направление черепахи?

2.47. Какую команду применить, чтобы начертить круг с радиусом 100 пикселов?

2.48. Какую команду применить, чтобы поменять размер пера черепахи на 8 пикселов?

2.49. Какую команду применить, чтобы поменять цвет пера на синий?

2.50. Какую команду применить, чтобы поменять цвет фона графического окна черепахи на черный?

2.51. Какую команду применить, чтобы задать размер графического окна черепахи шириной 500 пикселов и высотой 200 пикселов?

2.52. Какую команду применить, чтобы переместить черепаху в позицию (100, 50)?

2.53. Какую команду применить, чтобы вывести координаты текущей позиции черепахи?

2.54. Какая из приведенных команд ускорит анимацию — `turtle.speed(1)` или `turtle.speed(10)`?

2.55. Какую команду применить, чтобы отключить анимацию черепахи?

2.56. Опишите, как начертить фигуру, заполненную цветом.

2.57. Как вывести текст в графическое окно черепахи?

2.58. Напишите инструкцию окна черепашьей графики, которая выводит диалоговое окно, получающее от пользователя число. Текст `'Введите значение'` должен появиться в строке заголовка диалогового окна. В диалоговом окне должна появиться надпись `'Каков радиус окружности?'`. Значение, которое пользователь вводит в диалоговое окно, должно быть присвоено переменной с именем `radius`.

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. _____ ошибка не мешает выполнению программы, но приводит к тому, что программа производит неправильные результаты.
   а) синтаксическая;
   б) аппаратная;
   в) логическая;
   г) фатальная.
2. _____ — это отдельная функция, которую программа должна выполнять для удовлетворения потребностей клиента.
   а) задача;
   б) техническое требование;
   в) предварительное условие;
   г) предикат.

3. _____ — это набор четко сформулированных логических шагов, которые должны быть предприняты для выполнения задачи.
   а) логарифм;
   б) план действий;
   в) логическая схема;
   г) алгоритм.
4. Неформальный язык, у которого нет синтаксических правил и который не предназначен для компиляции или исполнения, называется _____.
   а) ненастоящим кодом;
   б) псевдокодом;
   в) языком Python;
   г) блок-схемой.
5. _____ — это диаграмма, графически изображающая шаги, которые имеют место в программе.
   а) блок-схема;
   б) пошаговый план;
   в) кодовый граф;
   г) граф программы.
6. _____ — это последовательность символов.
   а) обобщенная последовательность символов;
   б) коллекция символов;
   в) строковое значение;
   г) блок текста;
   д) кодовый граф;
   е) граф программы.
7. _____ — это имя, которое ссылается на значение в памяти компьютера.
   а) переменная;
   б) регистр;
   в) страница ОЗУ;
   г) байт.
8. _____ — это любой гипотетический человек, который использует программу и предоставляет для нее входные данные.
   а) разработчик;
   б) пользователь;
   в) подопытный кролик;
   г) испытуемый.
9. Строковый литерал в Python должен быть заключен в _____.
   а) круглые скобки;
   б) одинарные кавычки;

в) двойные кавычки;

г) одинарные или двойные кавычки.

10. Короткие примечания в разных частях программы, объясняющие, как эти части программы работают, называются _____.

а) комментариями;

б) справочником;

в) учебным руководством;

г) внешней документацией.

11. _____ приводит к тому, что переменная начинает ссылаться на значение в оперативной памяти компьютера.

а) объявление переменной;

б) инструкция присваивания;

в) математическое выражение;

г) строковый литерал.

12. Этот символ отмечает начало комментария в Python.

а) `&`;

б) `*`;

в) `**`;

г) `#`.

13. Какая из приведенных ниже инструкций вызовет ошибку?

а) `x = 17`;

б) `17 = x`;

в) `x = 99999`;

г) `x = '17'`.

14. В выражении `12 + 7` значения справа и слева от символа + называются _____.

а) операндами;

б) операторами;

в) аргументами;

г) математическими выражениями.

15. Этот оператор выполняет целочисленное деление.

а) `//`;

б) `%`;

в) `**`;

г) `/`.

16. Это оператор, который возводит число в степень.

а) `%`;

б) `*`;

в) `**`;

г) `/`.

17. Этот оператор выполняет деление, но вместо того, чтобы вернуть частное, он возвращает остаток.

а) `%`;

б) `*`;

в) `**`;

г) `/`.

18. Предположим, что в программе есть следующая инструкция: `price = 99.0`. На какой тип значения будет ссылаться переменная `price` после выполнения этой инструкции?

а) `int`;

б) `float`;

в) `currency`;

г) `str`.

19. Какую встроенную функцию можно применить для считывания данных, введенных на клавиатуре?

а) `input()`;

б) `get_input()`;

в) `read_input()`;

г) `keyboard()`.

20. Какую встроенную функцию можно применить для конвертации целочисленного значения в вещественное?

а) `int_to_float()`;

б) `float()`;

в) `convert()`;

г) `int()`.

21. Магическое число — это _____.

а) число, которое математически не определено;

б) значение, которое появляется в программном коде без объяснения его смысла;

в) число, которое невозможно разделить на 1;

г) число, которое приводит к сбою компьютера.

22. _____ — это имя, представляющее значение, которое не меняется во время исполнения программы.

а) именованный литерал;

б) именованная константа;

в) сигнатура с переменным количеством аргументов;

г) ключевой термин.

Истина или ложь

1. Программисты должны следить за тем, чтобы не делать синтаксические ошибки при написании программ на псевдокоде.
2. В математическом выражении умножение и деление происходят перед сложением и вычитанием.
3. В именах переменных могут иметься пробелы.
4. В Python первый символ имени переменной не может быть числом.
5. Если напечатать переменную, которой не было присвоено значение, то будет выведено число 0.

Короткий ответ

1. Что профессиональный программист обычно делает в первую очередь, чтобы получить представление о задаче?
2. Что такое псевдокод?
3. Какие три шага обычно выполняются компьютерными программами?
4. Какой тип данных будет у итогового результата, если математическое выражение прибавляет вещественное число к целочисленному?
5. Какова разница между делением с плавающей точкой и целочисленным делением?
6. Что такое магическое число? Почему магические числа представляют проблему?
7. Допустим, что в программе используется именованная константа `PI` для представления значения 3.14159. Программа применяет ее в нескольких инструкциях. В чем преимущество от использования именованной константы вместо фактического значения 3.14159 в каждой инструкции?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите фрагмент кода на Python, который предлагает пользователю ввести свой рост и присваивает введенное пользователем значение переменной с именем `height`.
2. Напишите фрагмент кода Python, который предлагает пользователю ввести свой любимый цвет и присваивает введенное пользователем значение переменной с именем `color`.
3. Напишите инструкции присваивания, которые выполняют приведенные ниже операции с переменными `a`, `b` и `c`:
   а) прибавляет 2 к `a` и присваивает результат `b`;
   б) умножает `b` на 4 и присваивает результат `a`;
   в) делит `a` на 3.14 и присваивает результат `b`;
   г) вычитает 8 из `b` и присваивает результат `a`.
4. Допустим, что переменные `w`, `x`, `y` и `z` являются целочисленными и `w = 5`, `x = 4`, `y = 8` и `z = 2`. Какое значение будет сохранено в результате после того, как все приведенные ниже инструкции будут исполнены?

а) `result = x + y;`

б) `result = z * 2;`

в) `result = y / x;`

г) `result = y - z;`

д) `result = w // z.`

5. Напишите инструкцию Python, которая присваивает сумму 10 и 14 переменной `total`.
6. Напишите инструкцию Python, которая вычитает переменную `down_payment` (предоплата) из переменной `total` (итоговая сумма) и присваивает результат переменной `due` (к оплате).
7. Напишите инструкцию Python, которая умножает переменную `subtotal` (нарастающий итог) на 0.15 и присваивает результат переменной `total`.
8. Что будет показано в результате исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
a = 5
b = 2
c = 3
result = a + b * c
print(result)
```

9. Что будет показано в результате исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
num = 99
num = 5
print(num)
```

10. Допустим, что переменная `sales` ссылается на вещественное значение. Напишите инструкцию, которая показывает значение, округленное до двух десятичных знаков после точки.
11. Допустим, что была исполнена приведенная ниже инструкция:

```
number = 1234567.456
```

Напишите инструкцию Python, показывающую значение, на которое ссылается переменная `number`, отформатированное как:

```
1,234,567.5
```

12. Что покажет приведенная ниже инструкция?

```
print('Джордж', 'Джон', 'Пол', 'Ринго', sep='@')
```

13. Напишите инструкцию черепашьей графики, которая чертит круг с радиусом 75 пикселов.
14. Напишите инструкции черепашьей графики, чтобы нарисовать квадрат со стороной 100 пикселов и заполненный синим цветом.
15. Напишите инструкции черепашьей графики, чтобы нарисовать квадрат со стороной 100 пикселов и круг в центре квадрата. Радиус круга должен составить 80 пикселов. Круг должен быть заполнен красным цветом. (Квадрат не должен быть заполнен цветом.)

Упражнения по программированию

1. **Персональные данные.** Напишите программу, которая выводит приведенную ниже информацию:
   - ваше имя;
   - ваш адрес проживания, с городом, областью и почтовым индексом;
   - ваш номер телефона;
   - вашу специализацию в учебном заведении.



Видеозапись "Задача прогнозирования продаж" (The Sales Prediction Problem)

2. **Прогноз продаж.** В компании было подсчитано, что ее ежегодная прибыль, как правило, составляет 23% общего объема продаж. Напишите программу, которая просит пользователя ввести плановую сумму общего объема продаж и затем показывает прибыль, которая будет получена от этой суммы.

   Подсказка: для представления 23% используйте значение 0.23.

3. **Расчет площади земельного участка.** Один акр земли эквивалентен 4046,86 квадратным метрам. Напишите программу, которая просит пользователя ввести общее количество квадратных метров участка земли и вычисляет количество акров в этом участке.

   Подсказка: разделите введенное количество на 4047, чтобы получить количество акров.

4. **Общий объем продаж.** Покупатель приобретает в магазине пять товаров. Напишите программу, которая запрашивает цену каждого товара и затем выводит накопленную стоимость приобретаемых товаров, сумму налога с продаж и итоговую сумму. Допустим, что налог с продаж составляет 7%.

5. **Пройденное расстояние.** Допустим, что несчастные случаи или задержки отсутствуют, тогда расстояние, проезжаемое автомобилем по автостраде, можно вычислить на основе формулы:

   расстояние = скорость × время.

   Автомобиль движется со скоростью 70 км/ч. Напишите программу, которая показывает:
   - расстояние, которое автомобиль пройдет за 6 часов;
   - расстояние, которое автомобиль пройдет за 10 часов;
   - расстояние, которое автомобиль пройдет за 15 часов.

6. **Налог с продаж.** Напишите программу, которая попросит пользователя ввести величину покупки. Затем программа должна вычислить федеральный и региональный налоги с продаж. Допустим, что федеральный налог с продаж составляет 5%, а региональный — 2.5%. Программа должна показать сумму покупки, федеральный налог с продаж, региональный налог с продаж, общий налог с продаж и общую сумму продажи (т. е. сумму покупки и общего налога с продаж).

   Подсказка: для представления 2.5% используйте значение 0.025, для представления 5% — 0.05.

7. **Расход бензина в расчете на километры пройденного пути.** Расход бензина в расчете на километры пройденного автомобилем пути можно вычислить на основе формулы:

   расход = пройденные километры / расход бензина в литрах.

Напишите программу, которая запрашивает у пользователя число пройденных километров и расход бензина в литрах. Она должна рассчитать расход бензина автомобилем и показать результат.

8. **Чаевые, налог и общая сумма.** Напишите программу, которая вычисляет общую стоимость заказанных блюд в ресторане. Программа должна попросить пользователя ввести стоимость еды, вычислить размер 18-процентных чаевых и 7-процентного налога с продаж и показать все стоимости и итоговую сумму.

9. **Преобразователь температуры по шкале Цельсия в температуру по шкале Фаренгейта.** Напишите программу, которая преобразует показания температуры по шкале Цельсия в температуру по шкале Фаренгейта на основе формулы:

$$F = \frac{9}{5}C + 32 .$$

Программа должна попросить пользователя ввести температуру по шкале Цельсия и показать температуру, преобразованную по шкале Фаренгейта.

10. **Регулятор ингредиентов.** Рецепт булочек предусматривает ингредиенты:

- 1.5 стакана сахара;
- 1 стакан масла;
- 2.75 стакана муки.

С таким количеством ингредиентов этот рецепт позволяет приготовить 48 булочек. Напишите программу, которая запрашивает у пользователя, сколько булочек он хочет приготовить, и затем показывает число стаканов каждого ингредиента, необходимого для заданного количества булочек.

11. **Процент учащихся обоего пола.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя количество учащихся мужского и женского пола, зарегистрированных в учебной группе. Программа должна показать процент учащихся мужского и женского пола.

Подсказка: предположим, что в учебной группе 8 юношей и 12 девушек, т. е. всего 20 учащихся. Процент юношей можно рассчитать, как 8/20 = 0.4, или 40%. Процент девушек: 12/20 = 0.6, или 60%.

12. **Программа расчета купли-продажи акций.** В прошлом месяце Джо приобрел немного акций некой IT-компании. Вот детали этой покупки:

- число приобретенных акций было 2000;
- при покупке акций Джо заплатил 40.00 долларов за акцию;
- Джо заплатил своему биржевому брокеру комиссию, которая составила 3% суммы, уплаченной за акции.

Две недели спустя Джо продал акции. Вот детали продажи:

- количество проданных акций составило 2000;
- он продал акции за 42.75 долларов за акцию;
- он заплатил своему биржевому брокеру комиссию, которая составила 3% суммы, полученной за акции.

Напишите программу, которая показывает приведенную ниже информацию:

- сумму денег, уплаченную за акции;
- сумму комиссии, уплаченную брокеру при покупке акций;

- сумму, за которую Джо продал акции;
- сумму комиссии, уплаченную брокеру при продаже акций.
- сумму денег, которая у Джо осталось, когда он продал акции и заплатил своему брокеру (оба раза). Если эта сумма — положительная, то Джо получил прибыль. Если же она — отрицательная, то Джо понес убытки.

13. **Выращивание винограда.** Владелец виноградника высаживает несколько новых гряд винограда, и ему нужно знать, сколько виноградных лоз следует посадить на каждой гряде. Измерив длину будущей гряды, он определил, что для расчета количества виноградных лоз, которые поместятся на гряду вместе с концевыми опорами, которые должны быть установлены в конце каждой гряды, он может применить приведенную ниже формулу:

$$V = \frac{R - 2E}{S},$$

где V — количество виноградных лоз, которые поместятся на гряде; R — длина гряды в метрах; E — размер пространства в метрах, занимаемого концевыми опорами; S — расстояние между виноградными лозами в метрах.

Напишите программу, которая для владельца виноградника выполняет расчеты. Данная программа должна попросить пользователя ввести:

- длину гряды в метрах;
- пространство, занимаемое концевой опорой в метрах;
- расстояние между виноградными лозами в метрах.

После того как входные данные будут введены, программа должна рассчитать и показать количество виноградных лоз, которые поместятся на гряде.

14. **Сложный процент.** Когда банк начисляет процентный доход по сложной ставке на остаток счета, он начисляет процентный доход не только на основную сумму, которая была внесена на депозитный счет, но и на процентный доход, который накапливался в течение долгого времени. Предположим, что вы хотите внести немного денег на сберегательный счет и заработать доход по сложной ставке в течение определенного количества лет. Ниже приведена формула для вычисления остатка счета после конкретного количества лет:

$$A = P\left(1 + \frac{r}{n}\right)^{nt},$$

где A — денежная сумма на счете после конкретного количества лет; P — основная сумма, которая была внесена на счет в начале; r — годовая процентная ставка; n — частота начисления процентного дохода в год; t — конкретное количество лет.

Напишите программу, которая выполняет для вас расчеты. Программа должна попросить пользователя ввести:

- основную сумму, внесенную на сберегательный счет в самом начале;
- годовую процентную ставку, начисляемую на остаток счета;
- частоту начисления процентного дохода в год (например, если проценты начисляются ежемесячно, то ввести 12; если процентный доход начисляется ежеквартально, то ввести 4);

- количество лет, в течение которых сберегательный счет будет зарабатывать процентный доход.

После того как входные данные будут введены, программа должна рассчитать и показать сумму денег, которая будет на счету после заданного количества лет.



ПРИМЕЧАНИЕ

Пользователь должен ввести процентную ставку в виде процента. Например, 2% будут вводиться как 2, а не как .02. Программа должна сама разделить введенное число на 100, чтобы переместить десятичную точку в правильную позицию.

15. **Рисунки черепашьей графики.** Примените библиотеку черепашьей графики для написания программ, которые воспроизводят все эскизы, показанные на рис. 2.40.

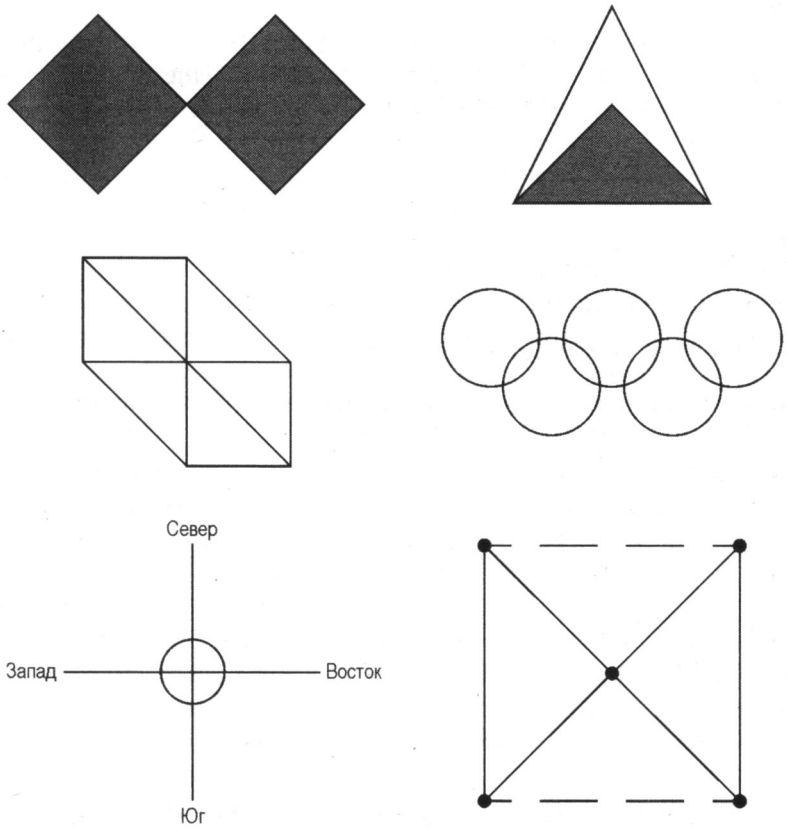


РИС. 2.40. Эскизы

ГЛАВА 3

Структуры принятия решения и булева логика

3.1 Инструкция *if*

Ключевые положения

Инструкция `if` применяется для создания управляющей структуры, которая позволяет иметь в программе более одного пути исполнения. Инструкция `if` исполняет одну или несколько инструкций, только когда булево выражение является истинным.

Видеозапись "Инструкция if" (The if Statement)

Управляющая структура — это логическая схема, управляющая порядком, в котором исполняется набор инструкций. До сих пор мы использовали только самый простой тип управляющей структуры: последовательную структуру, т. е. структуру с последовательным исполнением. *Последовательная структура* представляет собой набор инструкций, которые исполняются в том порядке, в котором они появляются. Например, приведенный ниже фрагмент кода имеет последовательную структуру, потому что инструкции исполняются сверху вниз:

```
name = input('Как Вас зовут? ')
age = int(input('Сколько Вам лет? '))
print('Вот данные, которые Вы ввели:')
print('Имя:', name)
print('Возраст:', age)
```

Хотя в программировании последовательная структура находит активное применение, она не способна справляться с любым типом задач, т. к. некоторые задачи просто невозможно решить путем поочередного выполнения набора упорядоченных шагов. Рассмотрим программу расчета заработной платы, которая определяет, работал ли сотрудник сверхурочно. Если сотрудник работал более 40 ч, ему выплачиваются сверхурочные за все часы свыше 40. В противном случае начисление сверхурочных должно быть пропущено. Такого рода программы требуют другого типа управляющих структур: тех, которые могут исполнять набор инструкций только при определенных обстоятельствах. Этого можно добиться при помощи управляющей *структуры принятия решения*. (Структуры принятия решения также называются структурами с выбором.)

В простейшей структуре принятия решения определенное действие выполняется, только если существует определенное условие. Если условия нет, то действие не выполняется. Блок-схема на рис. 3.1 показывает, каким образом можно схематически изобразить логику принятия повседневного решения в виде управляющей структуры принятия решения. Ромбовидный символ обозначает логическое условие со значениями истина/ложь. Если условие

истинное, то мы следуем по пути, который приводит к исполнению действия. Если условие ложное, то мы следуем по пути, который это действие пропускает.

В блок-схеме ромбовидный символ обозначает некоторое условие, которое должно быть проверено. В данном случае мы определяем, является ли условие `На улице холодно` истинным или ложным. Если это условие истинное, то выполняется действие `Надеть куртку`. Если условие ложное, то действие пропускается. Действие *исполняется по условию*, потому что оно выполняется только в том случае, если определенное условие истинное.

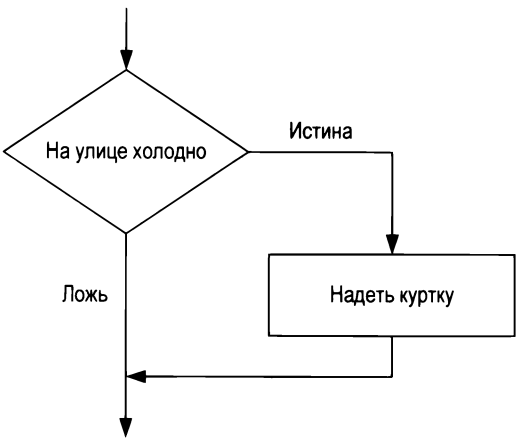


РИС. 3.1. Простая структура принятия решения



РИС. 3.2. Структура принятия решения, которая исполняет три действия при условии, что на улице холодно

Программисты называют показанный на рис. 3.1 тип структуры *структурой принятия решения с единственным вариантом*. Это связано с тем, что она предоставляет всего один вариант пути исполнения. Если условие в ромбовидном символе истинное, то мы принимаем этот вариант пути. В противном случае мы выходим из этой структуры. На рис. 3.2 представлен более детализированный пример, в котором выполняются три действия, только когда на улице холодно. Это по-прежнему структура принятия решения с единственным вариантом, потому что имеется всего один вариант пути исполнения.

В Python для написания структуры принятия решения с единственным вариантом используется инструкция `if`. Вот общий формат инструкции `if`:

```
if условие:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Для простоты мы будем называть первую строку *условным выражением*, или *выражением* `if`. Условное выражение начинается со слова `if`, за которым следует *условие*, т. е.

выражение, которое будет вычислено, как истина либо ложь. После *условия* стоит двоеточие. Со следующей строки начинается блок инструкций. *Блок* — это просто набор инструкций, которые составляют одну группу. Обратите внимание, что в приведенном выше общем формате все инструкции блока выделены отступом. Такое оформление кода обязательно, потому что интерпретатор Python использует отступы для определения начала и конца блока.

Во время исполнения инструкции `if` осуществляется проверка *условия*. Если *условие* истинное, то исполняются инструкции, которые появляются в блоке после условного выражения. Если *условие* ложное, то инструкции в этом блоке пропускаются.

Булевы выражения и операторы сравнения

Как упоминалось ранее, инструкция `if` осуществляет проверку выражения, чтобы определить, является ли оно истинным или ложным. Выражения, которые проверяются инструкцией `if`, называются *булевыми выражениями* в честь английского математика Джорджа Буля. В 1800-х годах Буль изобрел математическую систему, в которой абстрактные понятия истинности и ложности могли использоваться в вычислениях.

Как правило, булево выражение, которое проверяется инструкцией `if`, формируется *оператором сравнения* (реляционным оператором). Оператор сравнения определяет, существует ли между двумя значениями определенное отношение. Например, оператор больше (>) определяет, является ли одно значение больше другого. Оператор равно (==) — равны ли два значения друг другу. В табл. 3.1 перечислены имеющиеся в Python операторы сравнения.

Таблица 3.1. Операторы сравнения

Оператор	Значение
>	Больше
<	Меньше
>=	Больше или равно
<=	Меньше или равно
==	Равно
!=	Не равно

Ниже приведен пример выражения, в котором для сравнения двух переменных, `length` и `width`, применен оператор больше (>):

```
length > width
```

Это выражение определяет, является ли значение, на которое ссылается переменная `length`, больше значения, на которое ссылается переменная `width`. Если `length` больше `width`, то значение выражения является истинным. В противном случае значение выражения является ложным.

В приведенном ниже выражении, чтобы определить, является ли переменная `length` меньше переменной `width`, применяется оператор меньше (<):

```
length < width
```

В табл. 3.2 представлены примеры нескольких булевых выражений, которые сравнивают переменные x и y.

Таблица 3.2. Булевы выражения с использованием операторов сравнения

Выражение	Значение
`x > y`	x больше y?
`x < y`	x меньше y?
`x >= y`	x больше или равно y?
`x <= y`	x меньше или равно y?
`x == y`	x равно y?
`x != y`	x не равно y?

Для того чтобы поэкспериментировать с этими операторами, можно воспользоваться интерпретатором Python в интерактивном режиме. Если напротив подсказки >>> набрать булево выражение, то интерпретатор это выражение вычислит и покажет его значение как `True` (Истина) или `False` (Ложь). Например, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс. (Для удобства добавлены номера строк.)

```
1 >>> x = 1 Enter
2 >>> y = 0 Enter
3 >>> x > y Enter
4 True
5 >>> y > x Enter
6 False
7 >>>
```

Инструкция в строке 1 присваивает значение 1 переменной x. Инструкция в строке 2 присваивает значение 0 переменной y. В строке 3 мы набираем булево выражение `x > y`. Значение выражения (`True`) выводится в строке 4. Затем в строке 5 мы набираем булево выражение `y > x`. Значение выражения (`False`) выводится в строке 6.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует оператор <:

```
1 >>> x = 1 Enter
2 >>> y = 0 Enter
3 >>> y < x Enter
4 True
5 >>> x < y Enter
6 False
7 >>>
```

Инструкция в строке 1 присваивает значение 1 переменной x. Инструкция в строке 2 присваивает значение 0 переменной y. В строке 3 мы набираем булево выражение `y < x`. Значение выражения (`True`) выводится в строке 4. Затем в строке 5 мы набираем булево выражение `x < y`. Значение выражения (`False`) выводится в строке 6.

Операторы >= и <=

Два следующих оператора, >= и <=, выполняют проверку более одного отношения. Оператор >= определяет, является ли операнд с левой стороны больше или равняется операнду с правой стороны. Оператор <= определяет, является ли операнд с левой стороны меньше или равняется операнду с правой стороны.

Например, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
 1 >>> x = 1 Enter
 2 >>> y = 0 Enter
 3 >>> z = 1 Enter
 4 >>> x >= y Enter
 5 True
 6 >>> x >= z Enter
 7 True
 8 >>> x <= z Enter
 9 True
10 >>> x <= y Enter
11 False
12 >>>
```

В строках 1–3 мы присваиваем значения переменным x, y и z. В строке 4 мы вводим булево выражение x >= y, которое является истинным (True). В строке 6 мы вводим булево выражение x >= z, которое является истинным (True). В строке 8 мы вводим булево выражение x <= z, которое является истинным (True). В строке 10 мы вводим булево выражение x <= y, которое является ложным (False).

Оператор ==

Оператор == определяет, равняется ли операнд с левой стороны операнду с правой стороны. Если значения, на которые ссылаются оба операнда, одинаковые, то выражение является истинным. Допустим, что a равно 4, тогда выражение a == 4 является истинным, а выражение a == 2 является ложным.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует оператор ==:

```
1 >>> x = 1 Enter
2 >>> y = 0 Enter
3 >>> z = 1 Enter
4 >>> x == y Enter
5 False
6 >>> x == z Enter
7 True
8 >>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Оператор равенства состоит из двух последовательных символов =. Не путайте этот оператор с оператором присваивания, который состоит из одного символа =.

Оператор !=

Оператор `!=` является оператором неравенства. Он определяет, не равняется ли операнд с левой стороны операнду с правой стороны, т. е. противоположен оператору `==`. Допустим, что `a` равно 4, `b` равно 6 и `c` равно 4, тогда оба выражения, `a != b` и `b != c`, являются истинными, потому что `a` не равно `b` и `b` не равно `c`. Однако `a != c` является ложным, потому что `a` равно `c`.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует оператор `!=`:

```
1 >>> x = 1 Enter
2 >>> y = 0 Enter
3 >>> z = 1 Enter
4 >>> x != y Enter
5 True
6 >>> x != z Enter
7 False
8 >>>
```

Собираем все вместе

Давайте взглянем на приведенную ниже инструкцию `if`:

```
if sales > 50000:
    bonus = 500.0
```

Эта инструкция применяет оператор `>`, чтобы определить, является ли `sales` (продажи) больше 50 000. Если выражение `sales > 50000` является истинным, то переменной `bonus` присваивается значение 500.0. Однако если это выражение является ложным, то инструкция присваивания пропускается. На рис. 3.3 представлена блок-схема для этого фрагмента кода.

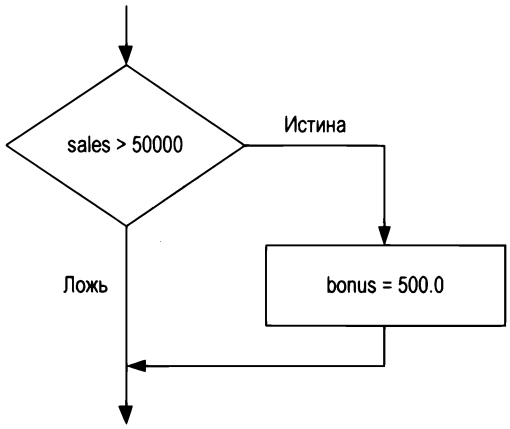


РИС. 3.3. Пример структуры принятия решения с одной инструкцией

Приведенный ниже пример исполняет блок с тремя инструкциями по условию. На рис. 3.4 приведена блок-схема для этого фрагмента кода.

```
if sales > 50000:
    bonus = 500.0
    commission_rate = 0.12
    print('Вы выполнили свою квоту продаж!')
```

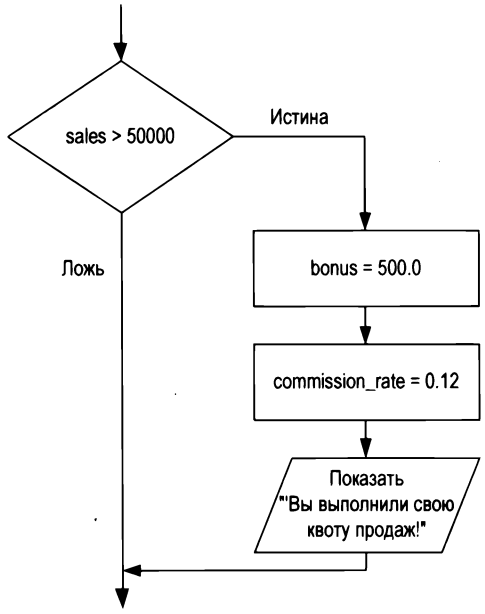


РИС. 3.4. Пример структуры принятия решения с тремя инструкциями

В приведенном ниже фрагменте кода используется оператор ==, позволяющий определить, являются ли два значения равными. Выражение `balance == 0` будет истинным, если переменной `balance` будет присвоено значение 0. В противном случае выражение будет ложным.

```
if balance == 0:
    # Появляющиеся здесь инструкции будут исполнены,
    #  только если переменная balance равна 0.
```

В приведенном ниже фрагменте кода используется оператор !=, чтобы определить, являются ли два значения *не* равными. Выражение `choice != 5` будет истинным, если переменная `choice` не ссылается на значение 5. В противном случае выражение будет ложным.

```
if choice != 5:
    # Появляющиеся здесь инструкции будут исполнены,
    #  только если переменная choice не равна 5.
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Применение инструкции *if*

Кэтрин преподает естественно-научный предмет, и ее студенты обязаны выполнить три контрольные работы. Она хочет написать программу, которую ее студенты могут использовать для расчета своего среднего балла. Она также хочет, чтобы программа с энтузиазмом поздравила студента, если его средний балл больше 95. Вот соответствующий алгоритм в псевдокоде:

```
Получить оценку за первую контрольную работу.
Получить оценку за вторую контрольную работу.
Получить оценку за третью контрольную работу.
Рассчитать средний балл.
```

Показать средний балл.
Если средний балл больше 95:
    Поздравить пользователя

В программе 3.1 приведен соответствующий код.

Программа 3.1 (test_average.py)

```
 1 # Эта программа получает три оценки за контрольные работы
 2 # и показывает их средний балл. Она поздравляет пользователя,
 3 # если средний балл высокий.
 4
 5 # Именованная константа HIGH_SCORE содержит значение, которое
 6 # считается высоким баллом.
 7 HIGH_SCORE = 95
 8
 9 # Получить три оценки за контрольные работы.
10 test1 = int(input('Введите оценку 1: ' ))
11 test2 = int(input('Введите оценку 2: ' ))
12 test3 = int(input('Введите оценку 3: ' ))
13
14 # Рассчитать средний балл.
15 average = (test1 + test2 + test3) / 3
16
17 # Напечатать средний балл.
18 print('Средний балл составляет:', average)
19
20 # Если средний балл высокий, то
21 # поздравить пользователя.
22 if average >= HIGH_SCORE:
23     print('Поздравляем!')
24     print('Отличный средний балл!')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите оценку 1: 82 Enter
Введите оценку 2: 76 Enter
Введите оценку 3: 91 Enter
Средний балл составляет: 83.0
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите оценку 1: 93 Enter
Введите оценку 2: 99 Enter
Введите оценку 3: 96 Enter
Средний балл составляет: 96.0
Поздравляем!
Отличный средний балл!
```

Контрольная точка

3.1. Что такое управляющая структура?

3.2. Что такое структура принятия решения?

3.3. Что такое структура принятия решения с единственным вариантом исполнения?

3.4. Что такое булево выражение?

3.5. Какие типы отношений между значениями можно проверить при помощи операторов сравнения (реляционных операторов)?

3.6. Напишите инструкцию `if`, которая присваивает значение 0 переменной `x`, если переменная `y` равна 20.

3.7. Напишите, инструкцию `if`, которая присваивает значение 0.2 переменной `commissionRate` (ставка комиссионного вознаграждения), если переменная `sales` (продажи) больше или равна 10 000.

3.2 Инструкция *if-else*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Инструкция `if-else` исполняет один блок инструкций, если ее условие является истинным, либо другой блок, если ее условие является ложным.

Видеозапись "Инструкция if-else" (The if-else Statement)

В предыдущем разделе вы познакомились со структурой принятия решения с единственным вариантом (инструкцией `if`), в которой имеется всего один вариант пути исполнения. Теперь мы рассмотрим *структуру принятия решения с двумя альтернативными вариантами*, в которой имеется два возможных пути исполнения — один путь принимается, если условие является истинным, и другой путь принимается, если условие является ложным. На рис. 3.5 представлена блок-схема для структуры принятия решения с двумя альтернативными вариантами.

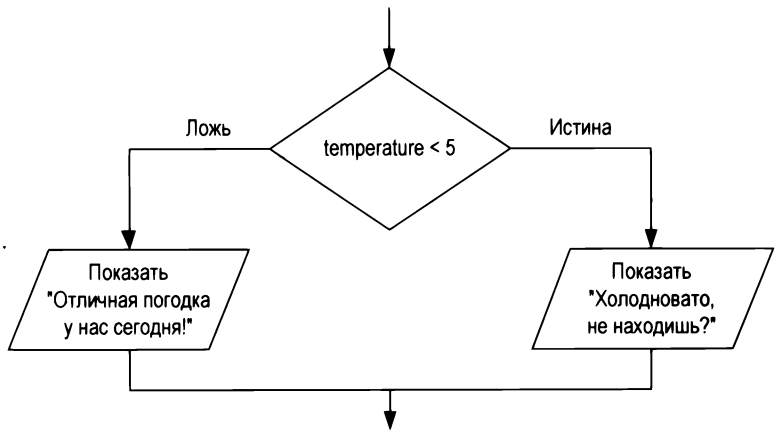


РИС. 3.5. Структура принятия решения с двумя альтернативными вариантами

В приведенной блок-схеме структура принятия решения выполняет проверку выражения `temperature < 5`. Если это условие является истинным, то исполняется инструкция `print("Холодновато, не находишь?")`. Если условие является ложным, то исполняется инструкция `print("Отличная погодка у нас сегодня!")`.

В программном коде мы записываем структуру принятия решения с двумя альтернативными вариантами, как инструкцию `if-else`. Вот общий формат инструкции `if-else`:

```
if условие:
    инструкция
    инструкция
    ...
else:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Когда эта инструкция исполняется, осуществляется проверка *условия*. Если оно истинное, то исполняется блок инструкций с отступом, расположенный после условного выражения, затем поток управления программы перескакивает к инструкции, которая следует за инструкцией `if-else`. Если условие ложное, то исполняется блок инструкций с отступом, расположенный после выражения `else`, затем поток управления программы перескакивает к инструкции, которая следует за инструкцией `if-else`. Это действие описано на рис. 3.6.

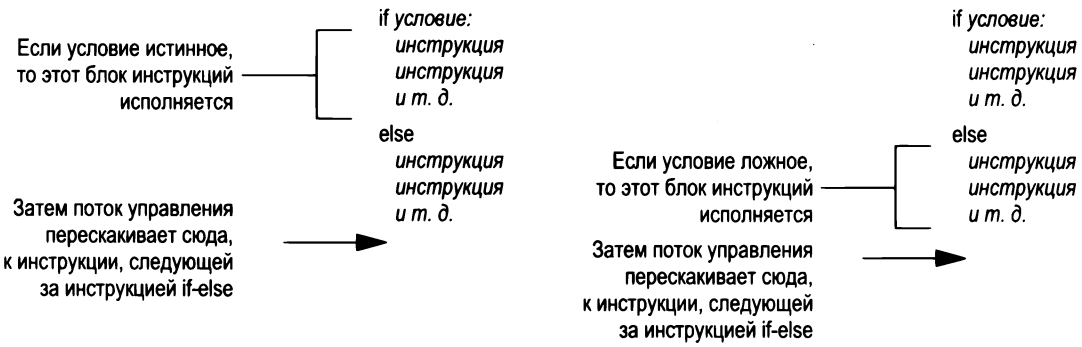


РИС. 3.6. Исполнение по условию в инструкции `if-else`

Приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует пример инструкции `if-else`. Этот фрагмент соответствует блок-схеме на рис. 3.5.

```
if temperature < 5:
    print("Холодновато, не находишь?")
else:
    print("Отличная погодка у нас сегодня!")
```

Выделение отступом в инструкции *if-else*

Когда вы пишете инструкцию `if-else`, при выделении отступами следует руководствоваться следующими принципами:

- убедитесь, что выражение `if` и выражение `else` выровнены относительно друг друга;
- выражение `if` и выражение `else` сопровождаются блоком инструкций. Убедитесь, что инструкции в блоках расположены с одинаковым отступом.

Это показано на рис. 3.7.

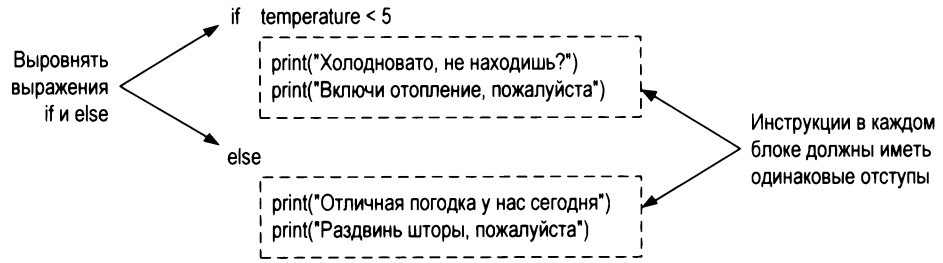


РИС. 3.7. Выделение отступом в инструкции `if-else`

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение инструкции *if-else*

Крис владеет авторемонтным предприятием и имеет в подчинении несколько сотрудников. Если сотрудники работают больше 40 часов в неделю, то он им платит в 1.5 раза больше их регулярной почасовой оплаты труда в течение всех часов свыше 40. Он попросил вас разработать простенькую программу расчета заработной платы, которая вычисляет заработную плату до удержаний, включая надбавку за сверхурочную работу. Вы разрабатываете приведенный ниже алгоритм:

```
Получить количество отработанных часов.
Получить почасовую ставку оплаты труда.
Если сотрудник работал более 40 часов:
    Рассчитать и показать зарплату до удержаний со сверхурочными.
Иначе:
    Рассчитать и показать зарплату до удержаний в обычном порядке.
```

Соответствующий программный код приведен в программе 3.2. Обратите внимание на две переменные, которые создаются в строках 3 и 4. Именованной константе `BASE_HOURS` присваивается значение 40, т. е. количество часов, которые сотрудник может работать в неделю без надбавки за сверхурочную работу. Именованной константе `OT_MULTIPLIER` присваивается значение 1.5, т. е. повышающий коэффициент ставки оплаты труда за сверхурочную работу. Она означает, что почасовая ставка оплаты труда сотрудника умножается на 1.5 для всех сверхурочных часов.

Программа 3.2 (auto_repair_payroll.py)

```
# Именованные константы представляют базовые часы
# и коэффициент сверхурочного времени.
BASE_HOURS = 40       # Базовые часы в неделю.
OT_MULTIPLIER = 1.5   # Коэффициент сверхурочного времени.

# Получить отработанные часы и почасовую ставку оплаты труда.
hours = float(input('Введите количество отработанных часов: '))
pay_rate = float(input('Введите почасовую ставку оплаты труда: '))

# Рассчитать и показать заработную плату до удержаний.
if hours > BASE_HOURS:
    # Рассчитать заработную плату до удержаний без сверхурочных.
    # Сначала получить количество отработанных сверхурочных часов.
    overtime_hours = hours - BASE_HOURS

    # Рассчитать оплату за работу в сверхурочное время.
    overtime_pay = overtime_hours * pay_rate * OT_MULTIPLIER

    # Рассчитать заработную плату до удержаний.
    gross_pay = BASE_HOURS * pay_rate + overtime_pay
else:
    # Рассчитать заработную плату до удержаний без сверхурочных.
    gross_pay = hours * pay_rate

# Показать заработную плату до удержаний.
print(f'Заработная плата до удержаний составляет: ${gross_pay:,.2f}.')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите количество отработанных часов: 40 Enter
Введите почасовую ставку оплаты труда: 20 Enter
Заработная плата до удержаний составляет: $800.00.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите количество отработанных часов: 50 Enter
Введите почасовую ставку оплаты труда: 20 Enter
Заработная плата до удержаний составляет: $1,100.00.
```



Контрольная точка

3.8. Как работает структура принятия решения с двумя альтернативными вариантами?

3.9. Какую инструкцию следует применить в Python для написания структуры принятия решения с двумя альтернативными вариантами?

3.10. При каких обстоятельствах срабатывают инструкции, которые появляются после выражения `else` при написании инструкции `if-else`?

3.3 Сравнение строковых значений

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Python предоставляет возможность сравнивать строковые значения. Это позволяет создавать структуры принятия решения, которые выполняют их проверку.

В предыдущих примерах вы увидели, как в структуре принятия решения могут сравниваться числа. В Python можно сравнивать и строковые значения. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
name1 = 'Mary'
name2 = 'Mark'
if name1 == name2:
    print('Имена одинаковые.')
else:
    print('Имена НЕ одинаковые.')
```

Оператор == сравнивает имена `name1` и `name2`, чтобы определить, являются ли они равными. Поскольку строки `'Mary'` и `'Mark'` не равны, выражение `else` выведет сообщение `'Имена НЕ одинаковые.'`.

Давайте взглянем на еще один пример. Допустим, что переменная `month` ссылается на строковое значение. Приведенный ниже фрагмент кода использует оператор `!=`, чтобы определить, не равно ли значение, на которое ссылается переменная `month`, слову `'Январь'`:

```
if month != 'Январь':
    print('Сейчас не время праздновать Татьянин день!')
```

В программе 3.3 представлен законченный код, демонстрирующий, как могут сравниваться два строковых значения. Здесь пользователю предлагается ввести пароль, затем программа пытается определить, равно ли введенное строковое значение слову `'prospero'`.

Программа 3.3 (password.py)

```
 1 # Эта программа сравнивает два строковых значения.
 2 # Получить от пользователя пароль.
 3 password = input('Введите пароль: ')
 4
 5 # Определить, был ли введен правильный
 6 # пароль.
 7 if password == 'prospero':
 8     print('Пароль принят.')
 9 else:
10     print('Извините, этот пароль неверный.')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите пароль: ferdinand Enter
Извините, этот пароль неверный.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите пароль: prospero Enter
Пароль принят.
```

Операции сравнения строковых значений имеют одну особенность — они чувствительны к регистру. Например, строковые значения `'суббота'` и `'Суббота'` не равны, потому что в первом значении буква "с" написана в нижнем регистре, а во втором значении — в верхнем регистре. Приведенный ниже пример сеанса с программой 3.3 показывает, что происходит, когда в качестве пароля пользователь вводит слово `Prospero` (буква "P" в верхнем регистре).

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите пароль: Prospero Enter
Извините, этот пароль неверный.
```



СОВЕТ

В *главе 8* вы узнаете, как манипулировать строковыми значениями для выполнения нечувствительных к регистру сравнений.

Другие способы сравнения строковых значений

Помимо выяснения, являются ли строковые значения равными или не равными друг другу, можно также определить, является ли одно строковое значение больше или меньше другого строкового значения. Это полезно, потому что программистам очень часто приходится проектировать программы, которые сортируют строковые значения в каком-то определенном порядке.

Из *главы 1* известно, что в действительности в оперативной памяти хранятся не символы, такие как A, B, C и т. д. Вместо этого там хранятся числовые коды, которые представляют эти символы. В *главе 1* упоминалось, что ASCII — это широко используемая схема кодирования символов (стандартный американский код обмена информацией). Вы найдете набор кодов ASCII в *приложении 3*, однако здесь приведено несколько фактов об этой схеме кодирования:

- символы верхнего регистра A–Z представлены числами в интервале от 65 до 90;
- символы нижнего регистра a–z представлены числами в интервале от 97 до 122;
- когда цифры 0–9 хранятся в памяти как символы, они представлены числами в интервале от 48 до 57 (например, строковое значение 'abc123' будет храниться в оперативной памяти в виде кодов 97, 98, 99, 49, 50 и 51);
- пробел представлен числом 32.

Наряду с введением набора числовых кодов, которые представляют символы в оперативной памяти, схема кодирования ASCII также предусматривает упорядоченность символов. Символ A идет перед символом B, который идет перед символом C и т. д.

Когда программа сравнивает символы, она фактически сравнивает коды символов. Например, взгляните на приведенную ниже инструкцию `if`:

```
if 'a' < 'b':
    print('Буква a меньше буквы b.')
```

Этот фрагмент кода определяет, является ли код ASCII для символа `'a'` меньше кода ASCII для символа `'b'`. Выражение `'a' < 'b'` будет истинным, потому что код для символа `'a'`

меньше кода для символа 'b'. И если бы этот фрагмент кода был частью рабочей программы, то он бы вывел сообщение 'Буква a меньше буквы b.'.

Давайте посмотрим, каким образом обычно происходит сравнение строковых значений, состоящих из более одного символа. Предположим, что программа использует строковые значения 'Mary' и 'Mark' следующим образом:

```
name1 = 'Mary'
name2 = 'Mark'
```

На рис. 3.8 показано, как отдельные символы в строковых значениях 'Mary' и 'Mark' фактически будут храниться в памяти на основе кодов ASCII.

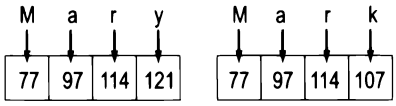


РИС. 3.8. Символьные коды для строковых значений 'Mary' и 'Mark'

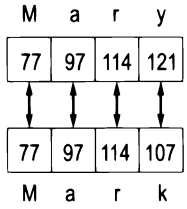


РИС. 3.9. Сравнение каждого символа в строке

Когда для сравнения этих строковых значений применяются реляционные операторы, они сравниваются посимвольно. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
name1 = 'Mary'
name2 = 'Mark'
if name1 > name2:
    print('Строка Mary больше строки Mark')
else:
    print('Строка Mary не больше строки Mark')
```

Оператор > сравнивает каждый символ в строках 'Mary' и 'Mark', начиная с первых, или крайних левых, символов. Это показано на рис. 3.9.

Вот как происходит процесс сравнения:

1. Символ 'M' в 'Mary' сравнивается с символом 'M' в 'Mark'. Поскольку они одинаковые, выполняется переход к сравнению следующих символов.
2. Символ 'a' в 'Mary' сравнивается с символом 'a' в 'Mark'. Поскольку они одинаковые, выполняется переход к сравнению следующих символов.
3. Символ 'r' в 'Mary' сравнивается с символом 'r' в 'Mark'. Поскольку они одинаковые, выполняется переход к сравнению следующих символов.
4. Символ 'y' в 'Mary' сравнивается с символом 'k' в 'Mark'. Поскольку они не одинаковые, два строковых значения не равны. Символ 'y' имеет более высокий код ASCII (121), чем символ 'k' (107), поэтому определяется, что строка 'Mary' больше строки 'Mark'.

Если одно из сравниваемых строковых значений короче другого, то сравниваются только соответствующие символы. Если соответствующие символы идентичны, то более короткое значение считается меньше более длинного значения. Так, при сравнении строковых значений 'High' и 'Hi' строка 'Hi' будет считаться меньше строки 'High', потому что она короче.

Программа 3.4 является простой демонстрацией того, как два строковых значения могут сравниваться оператором <. Пользователю предлагается ввести два имени, и программа выводит их в алфавитном порядке.

Программа 3.4 (sort_names.py)

```
 1 # Эта программа сравнивает строковые значения оператором <.
 2 # Получить от пользователя два имени.
 3 name1 = input('Введите фамилию и имя: ')
 4 name2 = input('Введите еще одну фамилию и имя: ')
 5
 6 # Показать имена в алфавитном порядке.
 7 print('Вот имена, ранжированные по алфавиту:')
 8
 9 if name1 < name2:
10     print(name1)
11     print(name2)
12 else:
13     print(name2)
14     print(name1)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите фамилию и имя: Коста, Джоанна Enter
Введите еще одну фамилию и имя: Джонс, Ричард Enter
Вот имена, ранжированные по алфавиту:
Джонс, Ричард
Коста, Джоанна
```



Контрольная точка

3.11. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
if 'z' < 'a':
    print('z меньше a.')
else:
    print('z не меньше a.')
```

3.12. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
s1 = 'Нью-Йорк'
s2 = 'Бостон'
if s1 > s2:
    print(s2)
    print(s1)
else:
    print(s1)
    print(s2)
```

3.4 Вложенные структуры принятия решения и инструкция *if-elif-else*

Ключевые положения

Для проверки более одного условия структура принятия решения может быть вложена внутрь другой структуры принятия решения.

В *разд. 3.1* мы упомянули, что управляющая структура определяет порядок, в котором исполняется набор инструкций. Программы обычно разрабатывают, как комбинации разных управляющих структур. Например, на рис. 3.10 показана блок-схема, которая объединяет структуру принятия решения с двумя последовательными структурами.

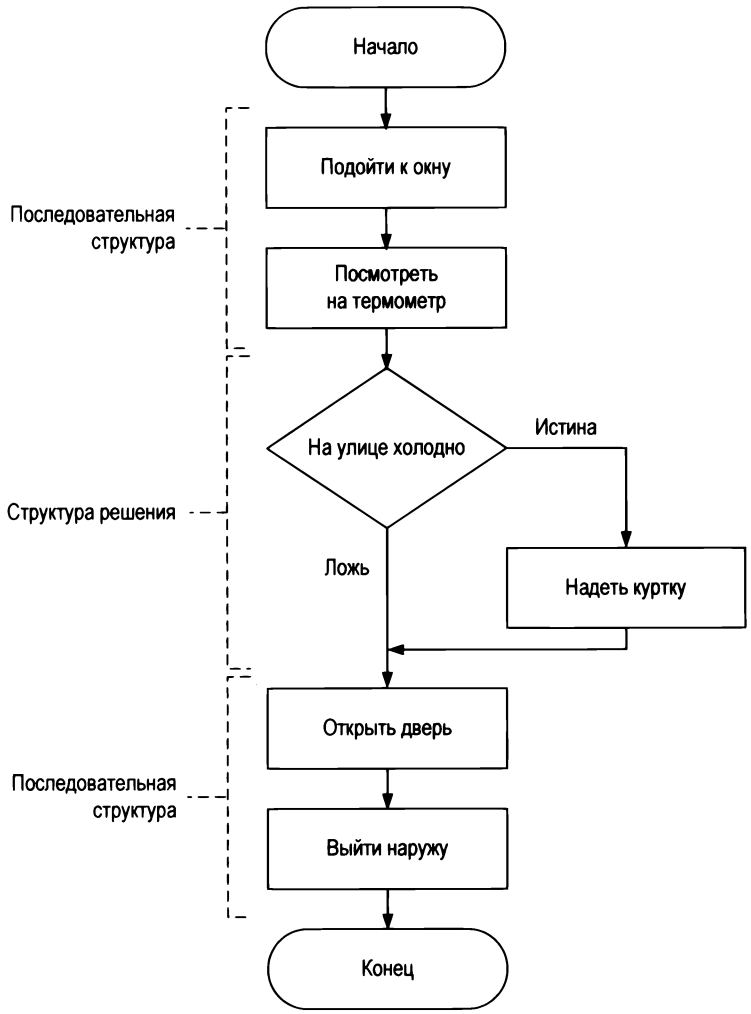


РИС. 3.10. Объединение последовательных структур со структурой принятия решения

Блок-схема начинается с последовательной структуры. Допустим, что в вашем окне есть наружный термометр. Первым шагом будет `Подойти к окну`, следующим шагом — `Посмотреть на термометр`. Затем появляется структура принятия решения, которая проверяет условие

`На улице холодно`. Если это правда, то выполняется действие `Надеть куртку`. Затем появляется еще одна последовательная структура. Выполняется шаг `Открыть дверь`, за которым следует шаг `Выйти наружу`.

Довольно часто структуры должны быть вложены внутрь других структур. Например, взгляните на фрагмент блок-схемы, приведенный на рис. 3.11. Она показывает структуру принятия решения, внутрь которой вложена последовательная структура. Структура принятия решения проверяет условие `На улице холодно`. Если это условие является истинным, то выполняются шаги в последовательной структуре.

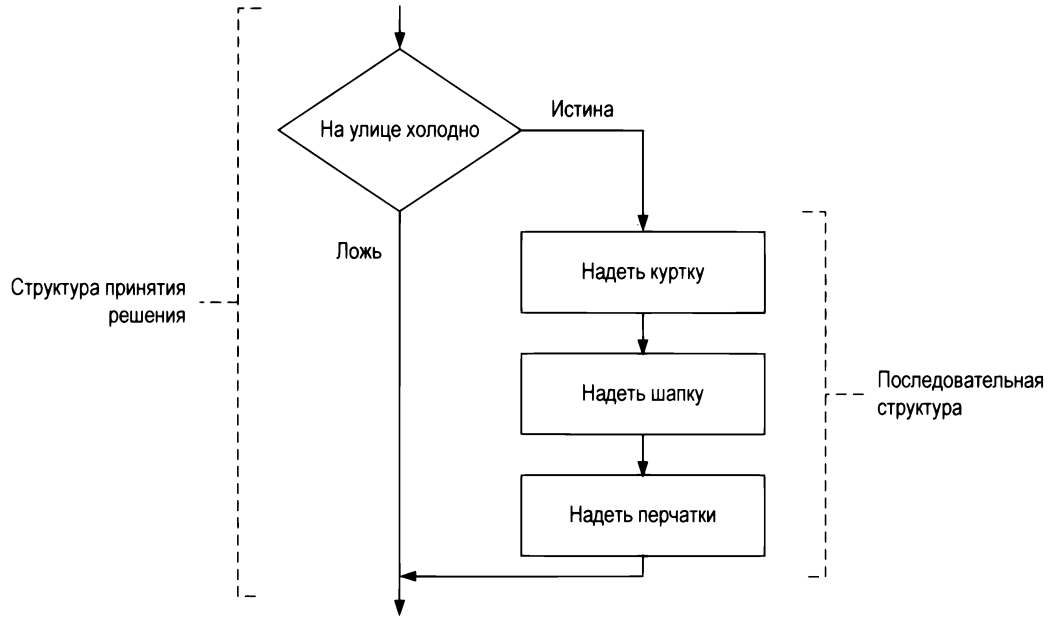


РИС. 3.11. Последовательная структура вложена в структуру принятия решения

Можно вкладывать структуры принятия решения в другие структуры принятия решения. В программах, которые должны проверять более одного условия, это типично. Например, рассмотрим программу, которая определяет, имеет ли клиент банка право на ссуду. Для того чтобы получить одобрение на получение ссуды, должны выполниться два условия: во-первых, клиент должен зарабатывать не меньше 30 000 долларов в год, и во-вторых, клиент должен иметь работу в течение не менее двух лет. На рис. 3.12 представлена блок-схема алгоритма, который может использоваться в такой программе. Допустим, что переменной `salary` (зарплата) присвоен годовой доход клиента, а переменной `years_on_job` (рабочий стаж) — количество лет, в течение которых клиент отработал на своей текущей работе.

Проследив поток выполнения, мы увидим, что сначала проверяется условие `salary >= 30000`. Если это условие является ложным, то выполнять дальнейшие проверки не нужно; мы знаем, что клиент не имеет право на ссуду. Однако если условие является истинным, то мы должны проверить второе условие. Это делается при помощи вложенной структуры принятия решения, которая проверяет условие `years_on_job >= 2`. Если это условие является истинным, то клиент получает одобрение на ссуду. Если это условие является ложным, то клиент не проходит квалификацию. В программе 3.5 представлен соответствующий код.

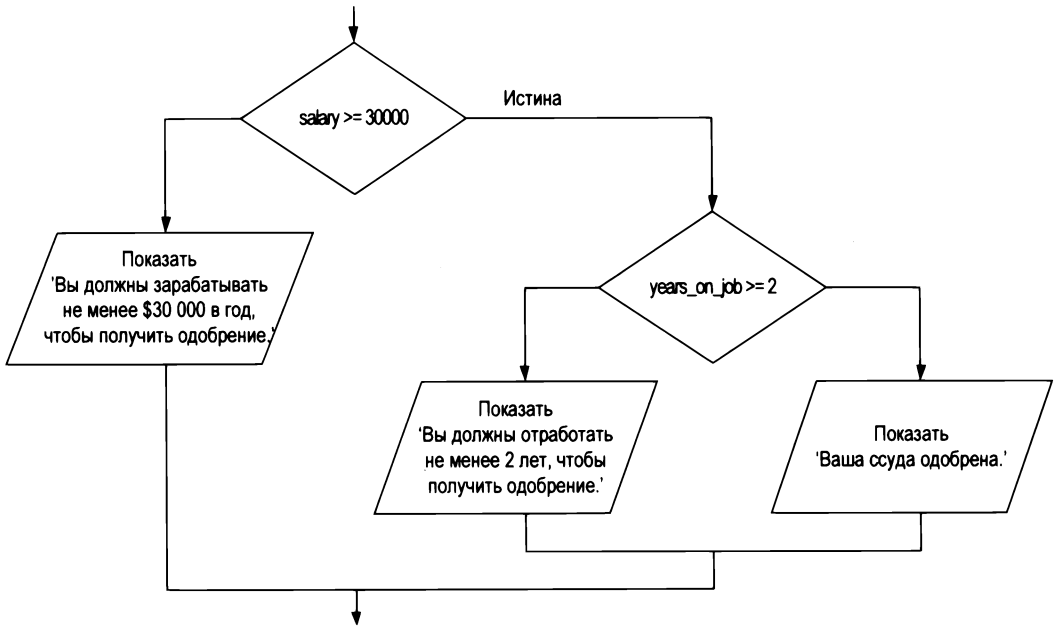


РИС. 3.12. Вложенная структура принятия решения

Программа 3.5 (loan_qualifier.py)

```
# Эта программа определяет, удовлетворяет ли
# клиент требованиям банка на получение ссуды.

MIN_SALARY = 30000.0 # Минимально допустимая годовая зарплата.
MIN_YEARS = 2        # Минимально допустимый стаж
                     # на текущем месте работы.
# Получить размер годовой заработной платы клиента.
salary = float(input('Введите свой годовой доход: '))

# Получить количество лет на текущем месте работы.
years_on_job = int(input('Введите количество лет' +
                         'рабочего стажа: '))

# Определить, удовлетворяет ли клиент требованиям.
if salary >= MIN_SALARY:
    if years_on_job >= MIN_YEARS:
        print('Ваша ссуда одобрена.')
    else:
        print(f'Вы должны отработать',
              f'не менее {MIN_YEARS}',
              f'лет, чтобы получить одобрение.')
else:
    print(f'Вы должны зарабатывать не менее $',
          f'{MIN_SALARY:,.2f}',
          f' в год, чтобы получить одобрение.')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой доход: 35000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 1 Enter
Вы должны отработать не менее 2 лет, чтобы получить одобрение.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой оклад: 25000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 5 Enter
Вы должны зарабатывать не менее $30,000.00 в год, чтобы получить одобрение.
```

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой оклад: 35000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 5 Enter
Ваша ссуда одобрена.
```

Взгляните на инструкцию `if-else`, которая начинается в строке 15. Она проверяет условие `salary >= MIN_SALARY`. Если это условие является истинным, то исполняется инструкция `if-else`, которая начинается в строке 16. В противном случае программа переходит к выражению `else` в строке 22 и исполняет инструкцию в строках 23–25.

При этом во вложенной структуре принятия решения очень важно использовать надлежащий отступ, который не только требуется для интерпретатора Python, но и позволяет любому читателю вашего программного кода видеть, какие действия выполняются каждой частью структуры. При написании вложенных инструкций `if` соблюдайте приведенные ниже правила:

- убедитесь, что каждое выражение `else` выровнено по соответствующему ему выражению `if` (рис. 3.13);

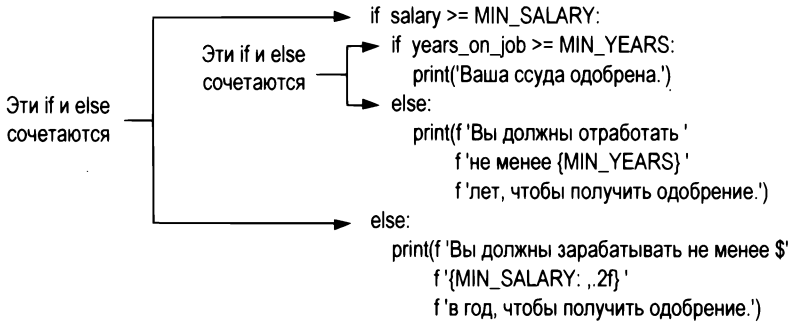


РИС. 3.13. Выравнивание выражений `if` и `else`

- убедитесь, что инструкции в каждом блоке выделены отступом единообразным образом. Затененные части рис. 3.14 показывают вложенные блоки в структуре принятия решения. Обратите внимание, что в каждом блоке все инструкции имеют одинаковый отступ.

```
if salary >= MIN_SALARY:
    if years_on_job >= MIN_YEARS:
        print('Ваша ссуда одобрена.')
    else:
        print(f'Вы должны отработать'
              f'не менее {MIN_YEARS}'
              f'лет, чтобы получить одобрение.')
else:
    print(f'Вы должны зарабатывать не менее $'
          f'{MIN_SALARY:,.2f}'
          f' в год, чтобы получить одобрение.')
```

РИС. 3.14. Вложенные блоки

Проверка серии условий

В предыдущем примере вы увидели, каким образом в программе для проверки более одного условия применяются вложенные структуры принятия решения. Нередки случаи, когда в программе имеется серия условий, подлежащих проверке, и затем действие выполняется в зависимости от того, какое из этих условий является истинным. Один из способов этого добиться состоит в том, чтобы иметь структуру принятия решения, в которую вложено несколько других структур принятия решения. Например, взгляните на программу, представленную в следующей рубрике *"В центре внимания"*.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Многочисленные вложенные структуры принятия решения

Доктор Суарес преподает литературу и для всех своих контрольных работ использует приведенную ниже пятиуровневую градацию баллов.

Баллы	Уровень
90 и выше	A
80–89	B
70–79	C
60–69	D
Ниже 60	F

Он попросил написать программу, которая позволит студенту вводить баллы и затем будет показывать его уровень знаний. Вот алгоритм, который вы будете использовать:

1. Попросить пользователя ввести баллы за контрольную работу.
2. Определить уровень знаний следующим образом:

```
Если количество баллов больше или равно 90, то уровень знаний - A.
  Иначе если количество баллов больше или равно 80, то уровень знаний - B.
```

Иначе если количество баллов больше или равно 70, то уровень знаний - C.
Иначе если количество баллов больше или равно 60, то уровень знаний - D.
Иначе уровень знаний - F.

Вы решаете, что процесс определения уровня знаний потребует нескольких вложенных структур принятия решения (рис. 3.15). В программе 3.6 представлен соответствующий код. Фрагмент кода с вложенными структурами принятия решения находится в строках 14–26.

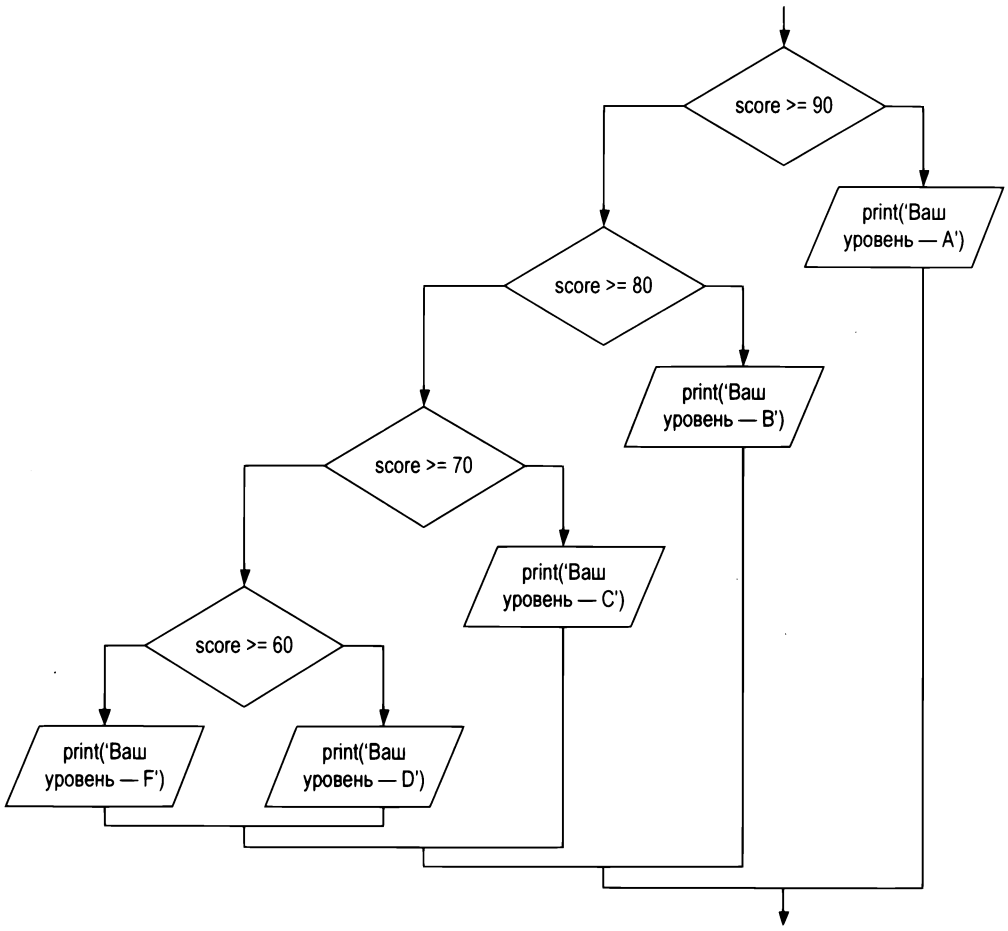


РИС. 3.15. Вложенная структура принятия решения для определения уровня знаний

Программа 3.6 (grader.py)

```
1 # Эта программа получает от пользователя количество баллов
2 # и показывает соответствующий буквенный уровень знаний.
3
4 # Именованные константы, представляющие пороги уровней.
5 A_SCORE = 90
6 B_SCORE = 80
7 C_SCORE = 70
8 D_SCORE = 60
9
```

```
10 # Получить от пользователя баллы за контрольную работу.
11 score = int(input('Введите свои баллы: '))
12
13 # Определить буквенный уровень.
14 if score >= A_SCORE:
15     print('Ваш уровень - A.')
16 else:
17     if score >= B_SCORE:
18         print('Ваш уровень - B.')
19     else:
20         if score >= C_SCORE:
21             print('Ваш уровень - C.')
22         else:
23             if score >= D_SCORE:
24                 print('Ваш уровень - D.')
25             else:
26                 print('Ваш уровень - F.')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свои баллы: 78 Enter
Ваш уровень - C.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свои баллы: 84 Enter
Ваш уровень - B.
```

Инструкция *if-elif-else*

Хотя приведенный в программе 3.6 пример является простым, логика вложенной структуры принятия решения довольно сложная. Python предоставляет специальный вариант структуры принятия решения, именуемый инструкцией `if-elif-else`, которая упрощает написание логической конструкции такого типа. Вот общий формат инструкции `if-elif-else`:

```
if условие_1:
    инструкция
    инструкция
    ...
elif условие_2:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Вставить столько выражений `elif`, сколько нужно:

```
else:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

При исполнении этой инструкции проверяется *условие_1*. Если оно является истинным, то исполняется блок инструкций, который следует сразу после него, вплоть до выражения `elif`. Остальная часть структуры игнорируется. Однако если *условие_1* является ложным, то программа перескакивает непосредственно к следующему выражению `elif` и проверяет *условие_2*. Если оно истинное, то исполняется блок инструкций, который следует сразу после него, вплоть до следующего выражения `elif`. И остальная часть структуры тогда игнорируется. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет найдено условие, которое является истинным, либо пока больше не останется выражений `elif`. Если ни одно условие не является истинным, то исполняется блок инструкций после выражения `else`.

Приведенный ниже фрагмент является примером инструкции `if-elif-else`. Этот фрагмент кода работает так же, как вложенная структура принятия решения в строках 14–26 программы 3.6.

```
if score >= A_SCORE:
    print('Ваш уровень - A.')
elif score >= B_SCORE:
    print('Ваш уровень - B.')
elif score >= C_SCORE:
    print('Ваш уровень - C.')
elif score >= D_SCORE:
    print('Ваш уровень - D.')
else:
    print('Ваш уровень - F.')
```

Обратите внимание на выравнивание и выделение отступом, которые применены в инструкции `if-elif-else`: выражения `if`, `elif` и `else` выровнены, и исполняемые по условию блоки выделены отступом.

Инструкция `if-elif-else` не является обязательной, потому что ее логика может быть запрограммирована вложенными инструкциями `if-else`. Однако длинная серия вложенных инструкций `if-else` имеет два характерных недостатка при выполнении отладки программного кода.

- Программный код может стать сложным и трудным для восприятия.
- Из-за необходимого выделения отступом продолжительная серия вложенных инструкций `if-else` может стать слишком длинной, чтобы целиком уместиться на экране монитора без горизонтальной прокрутки. Длинные инструкции имеют тенденцию "переходить" на новую строку при распечатке на бумаге, что еще больше затрудняет чтение программного кода.

Логика инструкции `if-elif-else` обычно прослеживается легче, чем длинная серия вложенных инструкций `if-else`. И поскольку в инструкции `if-elif-else` все выражения выровнены, длина строк в данной инструкции, как правило, короче.



Контрольная точка

3.13. Преобразуйте приведенный ниже фрагмент кода в инструкцию `if-elif-else`:

```
if number == 1:
    print('Один')
```

```
else:
    if number == 2:
        print('Два')
    else:
        if number == 3:
            print('Три')
        else:
            print('Неизвестное')
```

3.5 Логические операторы

Ключевые положения

Логический оператор `and` и логический оператор `or` позволяют соединять многочисленные булевы выражения для создания составного выражения. Логический оператор `not` изменяет значение булева выражения на противоположное.

Python предоставляет ряд операторов, именуемых *логическими операторами*, которые можно использовать для создания составных булевых выражений. В табл. 3.3 перечислены эти операторы.

Таблица 3.3. Логические операторы

Оператор	Значение
`and`	Оператор соединяет два булева выражения в одно составное выражение. Для того чтобы составное выражение было истинным, оба подвыражения должны быть истинными
`or`	Оператор соединяет два булева выражения в одно составное выражение. Для того чтобы составное выражение было истинным, одно либо оба подвыражения должны быть истинными. Достаточно, чтобы только одно из выражений было истинным, и не имеет значения какое из них
`not`	Оператор является унарным оператором, т. е. он работает только с одним операндом. Операнд должен быть булевым выражением. Оператор `not` инвертирует истинность своего операнда. Если он применен к выражению, которое является истинным, то этот оператор возвращает ложь. Если он применен к выражению, которое является ложным, то этот оператор возвращает истину

В табл. 3.4 представлены примеры нескольких составных булевых выражений, в которых использованы логические операторы.

Таблица 3.4. Составные булевы выражения с использованием логических операторов

Выражение	Значение
`x > y and a < b`	`x` больше `y` И `a` меньше `b`?
`x == y or x == z`	`x` равно `y` ИЛИ `x` равно `z`?
`not (x > y)`	Выражение `x > y` НЕ истинное?

Оператор *and*

Оператор `and` принимает два булевых выражения в качестве операндов и создает составное булево выражение, которое является истинным, только когда оба подвыражения являются истинными. Приведенный ниже фрагмент кода является примером инструкции `if`, в которой применен оператор `and`:

```
if temperature < 0 and minutes > 100:
    print('Температура находится в опасной зоне.')
```

В этой инструкции два булева выражения `temperature < 0` и `minutes > 100` объединены в составное выражение. Функция `print` будет вызвана, только если `temperature` меньше 0 и `minutes` больше 100. Если любое булево подвыражение является ложным, то составное выражение является ложным, и сообщение не выводится.

В табл. 3.5 представлена таблица истинности для оператора `and`. В ней перечислены выражения, соединенные оператором `and`, показаны все возможные комбинации истинности и ложности и приведены результирующие значения выражений.

Таблица 3.5. Таблица истинности для оператора `and`

Выражение	Значение выражения
Истина `and` ложь	Ложь
Ложь `and` истина	Ложь
Ложь `and` ложь	Ложь
Истина `and` истина	Истина

Как показывает таблица, для того чтобы оператор вернул истинное значение, должны быть истинными *оба выражения* в операторе `and`.

Оператор *or*

Оператор `or` принимает два булевых выражения в качестве операндов и создает составное булево выражение, которое является истинным, когда любое из подвыражений истинно. Приведенный ниже фрагмент кода является примером инструкции `if`, в которой применен оператор `or`:

```
if temperature < 0 and temperature > 40:
    print('Температура экстремальная.')
```

Функция `print` будет вызвана, только если `temperature` меньше 0 или `temperature` больше 40. Если любое булево подвыражение является истинным, то составное выражение является истинным. В табл. 3.6 приведена таблица истинности для оператора `or`.

Для того чтобы выражение `or` было истинным, требуется, чтобы *хотя бы один операнд* оператора `or` был истинным. При этом не имеет значения, истинным или ложным будет второй операнд.

Таблица 3.6. Таблица истинности для оператора `or`

Выражение	Значение выражения
Истина `or` ложь	Истина
Ложь `or` истина	Истина
Ложь `or` ложь	Ложь
Истина `or` истина	Истина

Вычисление по укороченной схеме

Оба оператора, `and` и `or`, *вычисляются по укороченной схеме*. Вот как это работает с оператором `and`. Если выражение слева от оператора `and` ложное, то выражение справа от него не проверяется. Поскольку составное выражение является ложным, если является ложным всего одно подвыражение, то проверка оставшегося выражения будет пустой тратой процессорного времени. Поэтому, когда оператор `and` обнаруживает, что выражение слева от него является ложным, он следует по укороченной схеме и выражение справа от него не вычисляет.

Вот как работает вычисление по укороченной схеме с оператором `or`. Если выражение слева от оператора `or` является истинным, то выражение справа от него не проверяется. Поскольку требуется, чтобы всего одно выражение было истинным, проверка оставшегося выражения будет пустой тратой процессорного времени.

Оператор *not*

Оператор `not` — это унарный оператор, который в качестве своего операнда принимает булево выражение и инвертирует его логическое значение. Другими словами, если выражение является истинным, то оператор `not` возвращает ложь, и если выражение является ложным, то оператор `not` возвращает истину. Приведенный ниже фрагмент кода представляет собой инструкцию `if`, в которой применен оператор `not`:

```
if not(temperature > 5):
    print('Это ниже максимальной температуры.')
```

Сначала проверяется выражение `(temperature > 5)`, в результате чего получается значение истина либо ложь. Затем к этому значению применяется оператор `not`. Если выражение `(temperature > 5)` является истинным, то оператор `not` возвращает ложь. Если выражение `(temperature > 5)` является ложным, то оператор `not` возвращает истину. Приведенный выше программный код эквивалентен вопросу: "Действительно температура не больше 5?"



ПРИМЕЧАНИЕ

В этом примере мы поместили круглые скобки вокруг выражения `temperature > 5` для того, чтобы было четко видно, что мы применяем оператор `not` к значению выражения `temperature > 5`, а не только к переменной `temperature`.

В табл. 3.7 приведена таблица истинности для оператора `not`.

Таблица 3.7. Таблица истинности для оператора `not`

Выражение	Значение выражения
`not` истина	Ложь
`not` ложь	Истина

Пересмотренная программа одобрения на получение ссуды

В некоторых ситуациях оператор `and` может применяться для упрощения вложенных структур принятия решения. Например, вспомните, что программа 3.5 одобрения на получение ссуды применяет приведенные ниже вложенные инструкции `if-else`:

```
if salary >= MIN_SALARY:
    if years_on_job >= MIN_YEARS:
        print('Ваша ссуда одобрена.')
    else:
        print(f'Вы должны отработать'
              f'не менее {MIN_YEARS}'
              f'лет, чтобы получить одобрение.')
else:
    print(f'Вы должны зарабатывать не менее $'
          f'{MIN_SALARY:,.2f}'
          f' в год, чтобы получить одобрение.')
```

Задача этой структуры принятия решения заключается в том, чтобы определить, составляет ли годовой доход человека не менее 30 000 долларов и отработал ли он на своем текущем месте работы не менее двух лет. В программе 3.7 представлен способ выполнения подобной задачи при помощи более простого кода.

Программа 3.7 (loan_qualifier2.py)

```
 1 # Эта программа определяет, удовлетворяет ли
 2 # клиент требованиям банка на получение ссуды.
 3
 4 MIN_SALARY = 30000.0 # Минимально допустимый годовой доход.
 5 MIN_YEARS = 2        # Минимально допустимый стаж на текущем месте работы.
 6
 7 # Получить размер годового дохода клиента.
 8 salary = float(input('Введите свой годовой доход: '))
 9
10 # Получить количество лет на текущем месте работы.
11 years_on_job = int(input('Введите количество лет' +
12                           'рабочего стажа: '))
13
14 # Определить, удовлетворяет ли клиент требованиям.
15 if salary >= MIN_SALARY and years_on_job >= MIN_YEARS:
16     print('Ваша ссуда одобрена.')
```

```
17 else:
18     print('Ваша ссуда не одобрена.')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой доход: 35000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 1 Enter
Ваша ссуда не одобрена.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой доход: 25000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 5 Enter
Ваша ссуда не одобрена.
```

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой доход: 35000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 5 Enter
Ваша ссуда одобрена.
```

Инструкция `if-else` в строках 15–18 проверяет составное выражение `salary >= MIN_SALARY and years_on_job >= MIN_YEARS`. Если оба подвыражения являются истинными, то составное выражение будет истинным, и выводится сообщение "Ваша ссуда одобрена". Если любое из подвыражений является ложным, то составное выражение будет ложным, и выводится сообщение "Ваша ссуда не одобрена".



ПРИМЕЧАНИЕ

Наблюдательный читатель поймет, что программа 3.7 аналогична программе 3.5, но не эквивалентна ей. Если пользователь не проходит проверку, то программа 3.7 выводит лишь одно сообщение "Ваша ссуда не одобрена", тогда как программа 3.5 выводит два возможных сообщения с объяснением, почему пользователю отказано в ссуде.

Еще одна программа об одобрении ссуды

Предположим, что банк теряет клиентов в пользу конкурирующего банка, который не настолько строг в отношении того, кому он ссужает деньги. В ответ наш банк решает изменить свои требования к получению ссуды. Теперь клиентов следует проверять всего по одному предыдущему условию, а не обоим. В программе 3.8 показан новый код для одобрения ссуды. В составном выражении, которое проверяется инструкцией `if-else` в строке 15, теперь применен оператор `or`.

Программа 3.8 (loan_qualifier3.py)

```
1 # Эта программа определяет, удовлетворяет ли
2 # клиент требованиям банка на получение ссуды.
3
4 MIN_SALARY = 30000.0 # Минимально допустимый годовой доход.
5 MIN_YEARS = 2        # Минимально допустимый стаж на текущем месте работы.
6
```

```
# Получить размер годового дохода клиента.
salary = float(input('Введите свой годовой доход: '))

# Получить количество лет на текущем месте работы.
years_on_job = int(input('Введите количество лет' +
                         'рабочего стажа: '))

# Определить, удовлетворяет ли клиент требованиям.
if salary >= MIN_SALARY or years_on_job >= MIN_YEARS:
    print('Ваша ссуда одобрена.')
else:
    print('Ваша ссуда не одобрена.')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой доход: 35000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 1 Enter
Ваша ссуда одобрена.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой доход: 25000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 5 Enter
Ваша ссуда одобрена.
```

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой годовой доход: 12000 Enter
Введите количество лет рабочего стажа: 1 Enter
Ваша ссуда одобрена.
```

Проверка числовых диапазонов при помощи логических операторов

Нередко требуется разработать алгоритм, который определяет, лежит ли числовое значение в заданном диапазоне значений либо за его пределами. При определении, находится ли число внутри диапазона, лучше всего применять оператор `and`. Например, приведенная ниже инструкция `if` проверяет значение `x`, чтобы определить, находится ли оно в диапазоне от 20 до 40:

```
if x >= 20 and x <= 40:
    print('Значение лежит в допустимом диапазоне.')
```

Составное булево выражение, проверяемое этой инструкцией, будет истинным, только когда `x` будет больше или равно 20 и меньше или равно 40. Для того чтобы это составное выражение было истинным, значение `x` должно быть в диапазоне от 20 до 40.

При определении, находится ли число вне диапазона, лучше применять оператор `or`. Приведенная ниже инструкция определяет, лежит ли переменная `x` вне диапазона от 20 до 40:

```
if x < 20 or x > 40:
    print('Значение лежит за пределами допустимого диапазона.')
```

Во время проверки диапазона чисел очень важно не перепутать логику логических операторов. Например, составное булево выражение в приведенном ниже фрагменте кода никогда не будет давать истинное значение:

```
# Ошибка!
if x < 20 and x > 40:
    print('Значение лежит за пределами допустимого диапазона.')
```

Совершенно очевидно, что x не может одновременно быть меньше 20 и больше 40.



Контрольная точка

3.14. Что такое составное булево выражение?

3.15. Приведенная ниже таблица истинности показывает разные комбинации истинности и ложности значений, соединенных логическим оператором. Заполните таблицу, обведя "И" или "Л", чтобы показать, является ли результатом такой комбинации истина или ложь.

Логическое выражение	Результат (обвести И или Л)	
Истина and ложь	И	Л
Истина and истина	И	Л
Ложь and истина	И	Л
Ложь and ложь	И	Л
Истина or ложь	И	Л
Истина or истина	И	Л
Ложь or истина	И	Л
Ложь or ложь	И	Л
not истина	И	Л
not ложь	И	Л

3.16. Допустим, что даны переменные a = 2, b = 4 и c = 6. Обведите "И" и "Л" для каждого приведенного ниже условия, чтобы показать, является ли значение истинным или ложным.

```
a == 4 or b > 2              И    Л
6 <= c and a > 3             И    Л
1 != b and c != 3            И    Л
a >= -1 or a <= b            И    Л
not (a > 2)                  И    Л
```

3.17. Объясните, каким образом работает вычисление по укороченной схеме с операторами and и or.

3.18. Напишите инструкцию `if`, которая выводит сообщение "Допустимое число", если значение, на которое ссылается `speed`, лежит в диапазоне от 0 до 200.

3.19. Напишите инструкцию `if`, которая выводит сообщение "Число не является допустимым", если значение, на которое ссылается `speed`, лежит вне диапазона от 0 до 200.



3.6 Булевы переменные

Ключевые положения

Булева, или логическая, переменная может ссылаться на одно из двух значений: `True` (Истина) или `False` (Ложь). Булевы переменные обычно применяются в качестве флагов, которые указывают на наличие каких-то конкретных условий.

До сих пор в этой книге мы работали с целочисленными (`int`), вещественными (`float`) и строковыми (`str`) переменными. Помимо этих типов данных Python также обеспечивает тип данных `bool`. Он позволяет создавать переменные, которые могут ссылаться на одно из двух возможных значений: `True` или `False`. Вот пара примеров того, как мы присваиваем значения переменной с типом `bool`:

```
hungry = True
sleepy = False
```

Булевы переменные обычно применяются в качестве флагов. *Флаг* — это переменная, которая сигнализирует о возникновении в программе некоего условия. Когда флаговая переменная получает значение `False`, она указывает на то, что условия не существует. Когда флаговая переменная получает значение `True`, она означает, что условие возникло.

Предположим, что у продавца есть квота в размере 50 000 долларов. Допустим, что переменная `sales` обозначает сумму, на которую продавец реализовал товаров. Приведенный ниже фрагмент кода определяет, была ли квота выполнена:

```
if sales >= 50000.0:
    sales_quota_met = True
else:
    sales_quota_met = False
```

В результате исполнения этого фрагмента кода переменная `sales_quota_met` (квота продаж выполнена) может использоваться в качестве флага, чтобы показывать, была ли достигнута квота продаж. Позже в программе мы могли бы проверить этот флаг следующим образом:

```
if sales_quota_met:
    print('Вы выполнили свою квоту продаж!')
```

Этот фрагмент кода показывает сообщение `'Вы выполнили свою квоту продаж!'`, в случае если булева переменная `sales_quota_met` равняется `True`. Обратите внимание, что нам не требуется применять оператор `==`, чтобы явным образом выполнить сравнение переменной `sales_quota_met` со значением `True`. Этот программный код эквивалентен следующему:

```
if sales_quota_met == True:
    print('Вы выполнили свою квоту продаж!')
```



Контрольная точка

3.20. Какие значения можно присваивать переменной с типом `bool`?

3.21. Что такое флаговая переменная?

3.7 Черепашья графика: определение состояния черепахи

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ
Библиотека черепашьей графики предоставляет многочисленные функции, которые можно использовать в структурах принятия решения для определения состояния черепахи и выполнения действия по условию.

Функции библиотеки черепашьей графики можно применять для получения разнообразных сведений о текущем состоянии черепахи. В этом разделе мы рассмотрим функции, которые определяют позицию черепахи, угловое направление черепахи, положение пера над холстом, текущий цвет рисунка и т. д.

Определение позиции черепахи

Из *главы 2* известно, что функции `turtle.xcor()` и `turtle.ycor()` применяются для получения текущих координат *X* и *Y* черепахи. Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, действительно ли координата *X* больше 249 или координата *Y* больше 349. Если это так, то черепаха перемещается в позицию (0, 0):

```
if turtle.xcor() > 249 or turtle.ycor() > 349:
    turtle.goto(0, 0)
```

Определение углового направления черепахи

Функция `turtle.heading()` возвращает угловое направление черепахи. По умолчанию направление возвращается в градусах. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.heading()
0.0
>>>
```

Приведенный далее фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, направлена ли черепаха под углом между 90 и 270 градусами. Если это так, то направление черепахи устанавливается в 180°:

```
if turtle.heading() >= 90 and turtle.heading() <= 270:
    turtle.setheading(180)
```

Определение положения пера над холстом

Функция `turtle.isdown()` возвращает `True`, если перо черепахи опущено, либо `False` в противном случае. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.isdown()
True
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, опущено ли перо черепахи. Если перо опущено, то этот фрагмент кода его поднимает:

```
if turtle.isdown():
    turtle.penup()
```

Для того чтобы определить, поднято ли перо, применяется оператор `not` вместе с функцией `turtle.isdown()`. Приведенный ниже фрагмент кода это демонстрирует:

```
if not(turtle.isdown()):
    turtle.pendown()
```

Определение видимости черепахи

Функция `turtle.isvisible()` возвращает `True`, если черепаха видима, либо `False` в противном случае. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.isvisible()
True
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, видима ли черепаха. Если черепаха видима, то этот фрагмент кода ее прячет:

```
if turtle.isvisible():
    turtle.hideturtle()
```

Определение текущего цвета

При выполнении функции `turtle.pencolor()` без передачи ей аргумента она возвращает текущий цвет пера в качестве строкового значения. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.pencolor()
'black'
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, является ли текущий цвет пера красным. Если цвет красный, то этот фрагмент кода его меняет на синий:

```
if turtle.pencolor() == 'red':
    turtle.pencolor('blue')
```

При выполнении функции `turtle.fillcolor()` без передачи ей аргумента она возвращает текущий цвет заливки в качестве строкового значения. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.fillcolor()
'black'
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, является ли текущий цвет заливки синим. Если цвет заливки синий, то этот фрагмент кода его меняет на белый:

```
if turtle.fillcolor() == 'blue':
    turtle.fillcolor('white')
```

При выполнении функции `turtle.bgcolor()` без передачи ей аргумента она возвращает текущий фоновый цвет графического окна черепахи в качестве строкового значения. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.bgcolor()
'white'
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, является ли текущий цвет фона белым. Если цвет фона белый, то этот фрагмент кода меняет его на серый:

```
f turtle.bgcolor() == 'white':
    turtle.fillcolor('gray')
```

Определение размера пера

При выполнении функции `turtle.pensize()` без передачи ей аргумента она возвращает текущий размер пера. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.pensize()
1
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, меньше ли 3 текущий размер пера. Если это так, фрагмент кода меняет его на 3:

```
if turtle.pensize() < 3:
    turtle.pensize(3)
```

Определение скорости анимации черепахи

При выполнении функции `turtle.speed()` без передачи ей аргумента она возвращает скорость текущей анимации черепахи. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.speed()
3
>>>
```

Из *главы 2* известно, что скорость анимации черепахи представляет собой значение в диапазоне от 0 до 10. Если скорость равна 0, то анимация отключена, и черепаха выполняет все свои перемещения мгновенно. Если скорость находится в диапазоне от 1 до 10, то 1 представляет самую низкую скорость, а 10 — самую высокую скорость.

Приведенный ниже фрагмент кода определяет, больше 0 ли скорость черепахи. Если это так, ее скорость устанавливается в 0:

```
if turtle.speed() > 0:
    turtle.speed(0)
```

Приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует еще один пример. В нем применена инструкция `if-elif-else` для определения скорости черепахи и задания цвета пера. Если скорость равна 0, то цвет пера устанавливается в красный. В противном случае, если скорость больше 5, цвет пера устанавливается в синий. Иначе цвет пера устанавливается в зеленый:

```
if turtle.speed() == 0:
    turtle.pencolor('red')
elif turtle.speed() > 5:
    turtle.pencolor('blue')
else:
    turtle.pencolor('green')
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Игра "Порази цель"

В этой рубрике мы обратимся к программе Python, в которой черепашья графика используется для простой игры. Когда программа запускается, она выводит графический экран (рис. 3.16). Небольшой квадрат, который нарисован в правой верхней области окна, является целью. Нужно запустить черепаху как снаряд, чтобы она попала по намеченной цели. Это

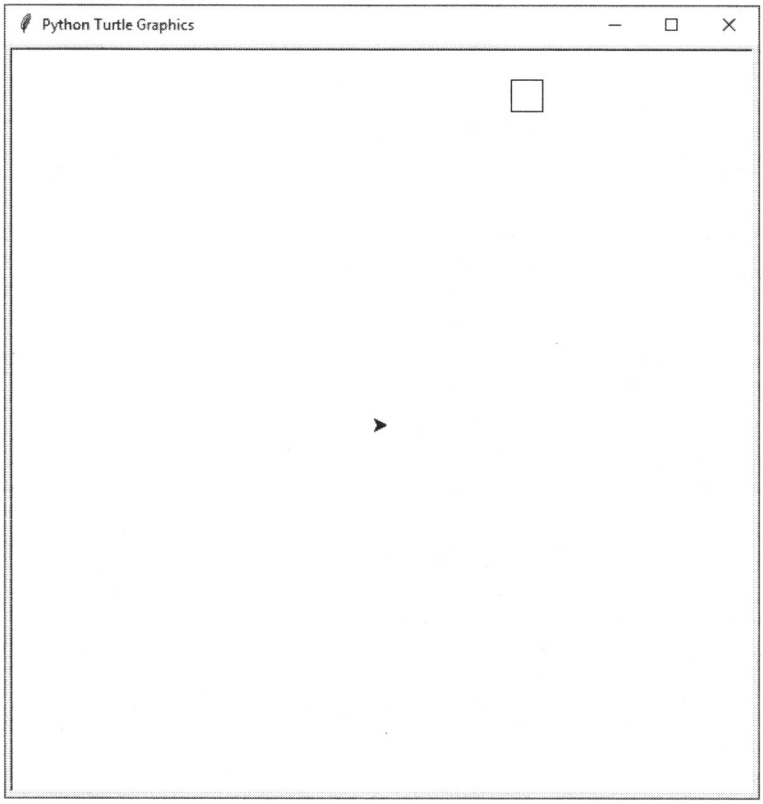


РИС. 3.16. Игра "Порази цель"

делается путем ввода в окне оболочки угла и величины силы. Затем программа устанавливает угловое направление черепахи в заданный угол и применяет заданную величину силы в простой формуле расчета расстояния, на которое черепаха переместится. Чем больше величина силы, тем дальше черепаха переместится. Если черепаха останавливается в квадрате, значит, она попала в цель.

Например, на рис. 3.17 показан сеанс с программой, в которой мы ввели 45 в качестве угла и 8 в качестве величины силы. Видно, что снаряд (черепаха) прошел мимо цели. На рис. 3.18 мы запустили программу снова и ввели 67 в качестве угла и 9.8 в качестве величины силы. Эти значения заставили снаряд достигнуть намеченной цели. В программе 3.9 представлен соответствующий код.

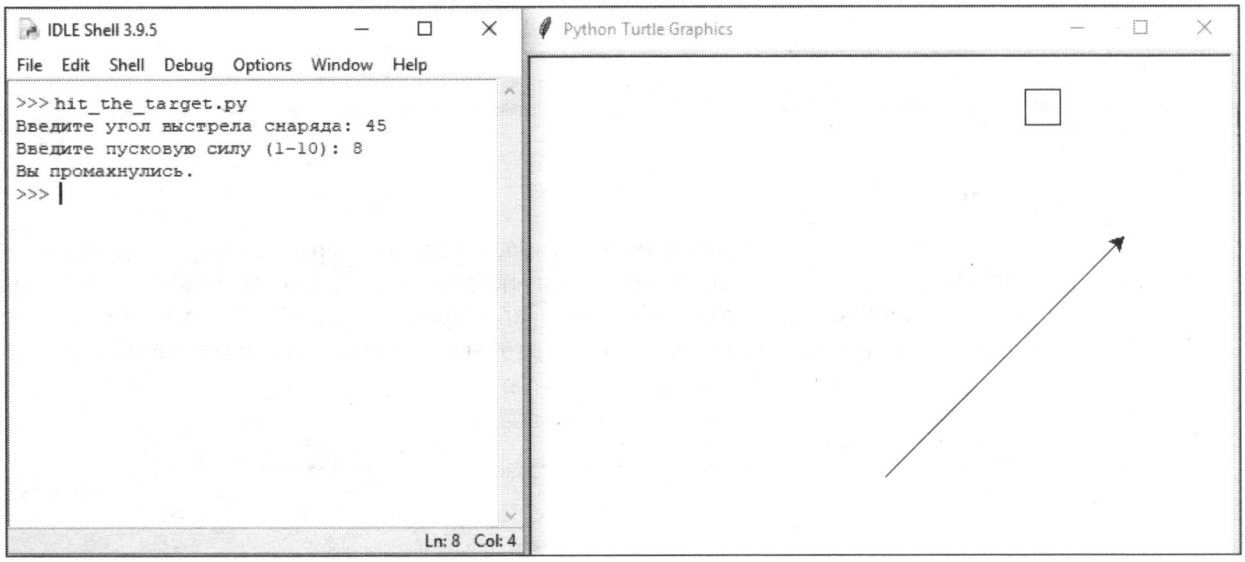


РИС. 3.17. Непопадание по цели

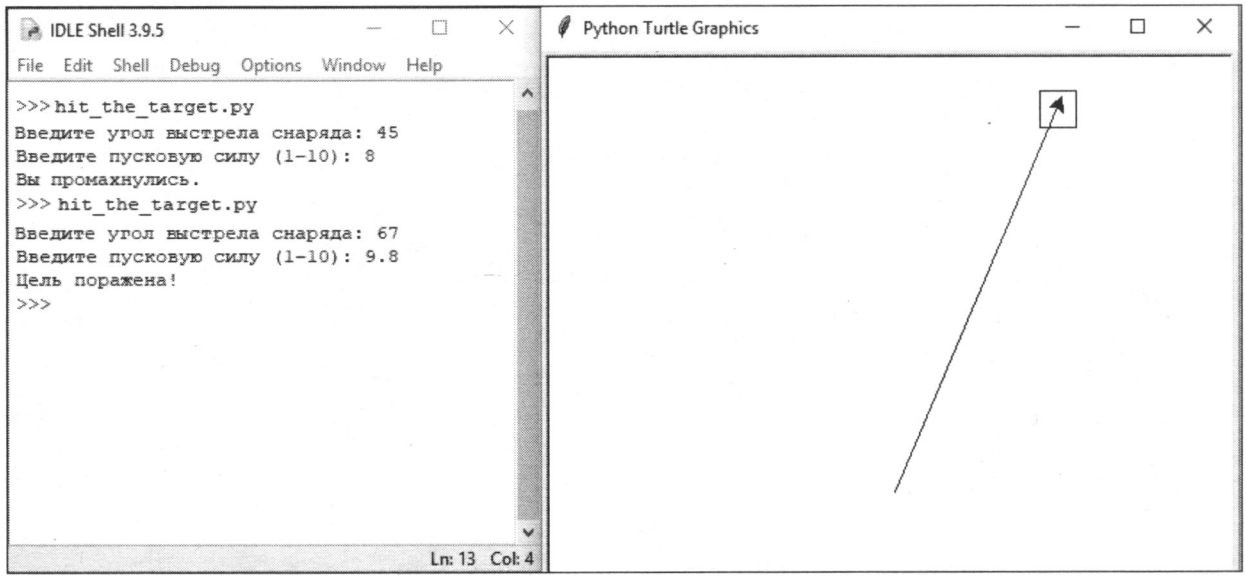


РИС. 3.18. Попадание по цели

Программа 3.9 (hit_the_target.py)

```
# Игра "Порази цель"
import turtle

# Именованные константы
SCREEN_WIDTH = 600      # Ширина экрана.
SCREEN_HEIGHT = 600     # Высота экрана.
TARGET_LLEFT_X = 100    # Левая нижняя координата X цели.
TARGET_LLEFT_Y = 250    # Левая нижняя координата Y цели.
TARGET_WIDTH = 25       # Ширина цели.
FORCE_FACTOR = 30       # Фактор произвольной силы.
PROJECTILE_SPEED = 1    # Скорость анимации снаряда.
NORTH = 90              # Угол северного направления.
SOUTH = 270             # Угол южного направления.
EAST = 0                # Угол восточного направления.
WEST = 180              # Угол западного направления.

# Настроить окно.
turtle.setup(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT)

# Нарисовать цель.
turtle.hideturtle()
turtle.speed(0)
turtle.penup()
turtle.goto(TARGET_LLEFT_X, TARGET_LLEFT_Y)
turtle.pendown()
turtle.setheading(EAST)
turtle.forward(TARGET_WIDTH)
turtle.setheading(NORTH)
turtle.forward(TARGET_WIDTH)
turtle.setheading(WEST)
turtle.forward(TARGET_WIDTH)
turtle.setheading(SOUTH)
turtle.forward(TARGET_WIDTH)
turtle.penup()

# Центрировать черепаху.
turtle.goto(0, 0)
turtle.setheading(EAST)
turtle.showturtle()
turtle.speed(PROJECTILE_SPEED)

# Получить угол выстрела и силу от пользователя.
angle = float(input("Введите угол выстрела снаряда: "))
force = float(input("Введите пусковую силу (1-10): "))

```

```
46 # Рассчитать расстояние.
47 distance = force * FORCE_FACTOR
48
49 # Задать направление.
50 turtle.setheading(angle)
51
52 # Запустить снаряд.
53 turtle.pendown()
54 turtle.forward(distance)
55
56 # Снаряд поразил цель?
57 if (turtle.xcor() >= TARGET_LLEFT_X and
58     turtle.xcor() <= (TARGET_LLEFT_X + TARGET_WIDTH) and
59     turtle.ycor() >= TARGET_LLEFT_Y and
60     turtle.ycor() <= (TARGET_LLEFT_Y + TARGET_WIDTH)):
61         print('Цель поражена!')
62 else:
63         print('Вы промахнулись.')
```

Давайте рассмотрим программный код. Строки 5–15 определяют приведенные ниже именованные константы.

- Строки 5 и 6 задают константы `SCREEN_WIDTH` и `SCREEN_HEIGHT`. Мы применим их в строке 14 для установки размера графического окна шириной 600 и высотой 600 пикселов.
- Строки 7 и 8 задают константы `TARGET_LLEFT_X` и `TARGET_LLEFT_Y`. Это произвольные значения, используемые в качестве позиции (*X*, *Y*) левого нижнего угла цели.
- Строка 9 задает константу `TARGET_WIDTH`, т. е. ширину (и высоту) цели.
- Строка 10 задает константу `FORCE_FACTOR`, которая представляет собой произвольное число, используемое в формуле для расчета расстояния, которое снаряд проходит при его запуске.
- Строка 11 задает константу `PROJECTILE_SPEED`, которую мы будем использовать в качестве скорости анимации черепахи при запуске снаряда.
- Строки 12–15 задают константы `NORTH`, `SOUTH`, `EAST` и `WEST`, которые мы применим в качестве углов для севера, юга, востока и запада, когда мы рисуем цель.

Строки 21–34 рисуют прямоугольную цель.

- Строка 21 прячет черепаху, потому что мы не должны ее видеть, пока цель не нарисована.
- Строка 22 назначает скорость анимации черепахи равной 0, и тем самым отключает анимацию черепахи. Это делается с тем, чтобы прямоугольная цель появилась немедленно.
- Строка 23 поднимает перо черепахи вверх с тем, чтобы черепаха не чертила линию, когда мы ее перемещаем из ее позиции по умолчанию (в центре окна) в точку, где мы начнем рисовать цель.
- Строка 24 перемещает черепаху в позицию левого нижнего угла цели.

- Строка 25 опускает перо черепахи вниз с тем, чтобы черепаха рисовала, когда мы ее перемещаем.
- Строка 26 назначает угловое направление черепахи равным 0°, поворачивая ее на восток.
- Строка 27 перемещает черепаху вперед на 25 пикселов, рисуя нижний край цели.
- Строка 28 назначает угловое направление черепахи равным 90°, поворачивая ее на север.
- Строка 29 перемещает черепаху вперед на 25 пикселов, рисуя правый край цели.
- Строка 30 назначает угловое направление черепахи равным 180°, поворачивая ее на запад.
- Строка 31 перемещает черепаху вперед на 25 пикселов, рисуя верхний край цели.
- Строка 32 назначает угловое направление черепахи равным 270°, поворачивая ее на юг.
- Строка 33 перемещает черепаху вперед на 25 пикселов, рисуя левый край цели.
- Строка 34 поднимает перо черепахи вверх с тем, чтобы она не чертила линию, когда мы перемещаем черепаху назад в центр окна.

Строки 37–40 перемещают черепаху назад в центр окна.

- Строка 37 перемещает черепаху в позицию (0, 0).
- Строка 38 назначает угловое направление черепахи равным 0°, поворачивая ее на восток.
- Строка 39 показывает черепаху.
- Строка 40 назначает скорость анимации черепахи равной 1, т. е. достаточно медленную, чтобы можно было увидеть, как снаряд перемещается при его запуске.

Строки 43 и 44 получают от пользователя угол и пусковую силу.

- Строка 43 предлагает пользователю ввести угол выстрела снаряда. Вводимое значение преобразуется в тип `float` и присваивается переменной `angle`.
- Строка 44 предлагает пользователю ввести пусковую силу в диапазоне 1–10. Вводимое значение преобразуется в тип `float` и присваивается переменной `force`. Числовая величина силы будет применена в строке 47 для расчета расстояния, которое снаряд пройдет. Чем больше величина силы, тем дальше снаряд переместится.

Строка 47 вычисляет расстояние, на которое черепаха переместится и присваивает это значение переменной `distance`. Расстояние вычисляется путем умножения введенной пользователем величины силы на константу `FORCE_FACTOR`, которая равняется 30. В качестве значения константы мы выбрали 30, потому что расстояние от черепахи до края окна составляет 300 пикселов (или чуть больше в зависимости от углового направления черепахи). Если в качестве величины силы пользователь введет 10, то черепаха переместится к краю экрана.

Строка 50 устанавливает угловое направление черепахи в то значение угла, которое пользователь ввел в строке 43.

Строки 53 и 54 запускают черепаху.

- Строка 53 опускает перо черепахи с тем, чтобы она чертила линию при ее перемещении.
- Строка 54 перемещает черепаху вперед на расстояние, которое было вычислено в строке 47.

Последнее, что следует сделать, — это определить, достигла ли черепаха намеченной цели. Если черепаха внутри цели, то все следующее ниже будет истинным:

- координата *X* черепахи будет больше или равна `TARGET_LLEFT_X`;
- координата *X* черепахи будет меньше или равна `TARGET_LLEFT_X + TARGET_WIDTH`;
- координата *Y* черепахи будет больше или равна `TARGET_LLEFT_Y`;
- координата *Y* черепахи будет меньше или равна `TARGET_LLEFT_Y + TARGET_WIDTH`.

Инструкция `if-else` в строках 57–63 определяет, являются ли все эти условия истинными. Если они истинные, то в строке 61 выводится сообщение `'Цель поражена!'`. В противном случае в строке 63 выводится сообщение `'Вы промахнулись.'`.



Контрольная точка

3.22. Как получить координаты *X* и *Y* черепахи?

3.23. Как определить, поднято ли перо?

3.24. Как получить текущее угловое направление черепахи?

3.25. Как определить, видима черепаха или нет?

3.26. Как определить цвет пера черепахи? Как определить текущий цвет заливки? Как определить текущий фоновый цвет графического окна черепахи?

3.27. Как определить текущий размер пера?

3.28. Как определить текущую скорость анимации черепахи?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Какая структура может исполнять набор инструкций только при определенных обстоятельствах?
   а) последовательная структура;
   б) подробная структура;
   в) структура принятия решения;
   г) булева структура.
2. Какая структура обеспечивает единственный вариант пути исполнения?
   а) последовательная структура;
   б) структура принятия решения с единственным вариантом;
   в) структура с однопутным вариантом;
   г) структура принятия решения с одиночным исполнением.
3. Какое выражение имеет значение `True` либо `False`?
   а) бинарное выражение;
   б) выражение принятия решения;

в) безусловное выражение;

г) булево выражение.

4. Символы >, < и == являются _____ операторами.

а) реляционными;

б) логическими;

в) условными;

г) трехкомпонентными.

5. Какая структура проверяет условие и затем принимается один путь, если условие истинное, либо другой путь, если условие ложное?

а) инструкция `if`;

б) структура принятия решения с единственным вариантом;

в) структура принятия решения с двумя альтернативными вариантами;

г) последовательная.

6. Инструкция _____ используется для написания структуры принятия решения с единственным вариантом.

а) перехода по условию;

б) `if`;

в) `if-else`;

г) вызова по условию.

7. Инструкция _____ используется для написания структуры принятия решения с двумя альтернативными вариантами.

а) перехода по условию;

б) `if`;

в) `if-else`;

г) вызова по условию.

8. `and`, `or` и `not` — это _____ операторы.

а) реляционные;

б) логические;

в) условные;

г) трехкомпонентные.

9. Составное булево выражение, созданное при помощи оператора _____, является истинным, только если оба его подвыражения являются истинными.

а) `and`;

б) `or`;

в) `not`;

г) `both`.

10. Составное булево выражение, созданное при помощи оператора _____, является истинным, если одно из его подвыражений является истинным.

    а) `and`;

    б) `or`;

    в) `not`;

    г) `either`.

11. Оператор _____ принимает булево выражение в качестве своего операнда и инвертирует его логическое значение.

    а) `and`;

    б) `or`;

    в) `not`;

    г) `either`.

12. _____ — это булева переменная, которая сигнализирует, когда в программе возникает некое условие.

    а) флаг;

    б) сигнал;

    в) метка;

    г) гудок.

Истина или ложь

1. Любая программа может быть написана лишь при помощи последовательных структур.
2. Программа может быть составлена только из одного типа управляющих структур. Объединять структуры нельзя.
3. Структура принятия решения с единственным вариантом проверяет условие и затем принимает один путь, если это условие является истинным, либо другой путь, если это условие является ложным.
4. Структура принятия решения может быть вложена внутрь другой структуры принятия решения.
5. Составное булево выражение, созданное при помощи оператора `and`, является истинным, только когда оба его подвыражения являются истинными.

Короткий ответ

1. Объясните, что имеется в виду под термином "исполняемый по условию".
2. Вам нужно проверить условие. Если оно является истинным, то исполнить один набор инструкций. Если же оно является ложным, то исполнить другой набор инструкций. Какую структуру вы будете использовать?
3. Кратко опишите, как работает оператор `and`.
4. Кратко опишите, как работает оператор `or`.

5. Какой логический оператор лучше всего использовать при определении, находится ли число внутри диапазона?
6. Что такое флаг и как он работает?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите инструкцию `if`, которая присваивает значение 20 переменной `y` и значение 40 переменной `z`, если переменная `x` больше 100.
2. Напишите инструкцию `if`, которая присваивает значение 0 переменной `b` и значение 1 переменной `c`, если переменная `a` меньше 10.
3. Напишите инструкцию `if-else`, которая присваивает значение 0 переменной `b`, если переменная `a` меньше 10. В противном случае она должна присвоить переменной `b` значение 99.
4. Приведенный ниже фрагмент кода содержит несколько вложенных инструкций `if-else`. К сожалению, они были написаны без надлежащего выравнивания и выделения отступом. Перепишите этот фрагмент и примените соответствующие правила выравнивания и выделения отступом.

```
if score >= A_score:
print('Ваш уровень - A.')
else:
if score >= B_score:
print('Ваш уровень - B.')
else:
if score >= C_score:
print('Ваш уровень - C.')
else:
if score >= D_score:
print('Ваш уровень - D.')
else:
print('Ваш уровень - F.')
```

5. Напишите вложенные структуры принятия решения, которые выполняют следующее: если `amount1` больше 10 и `amount2` меньше 100, то показать большее значение из двух переменных `amount1` и `amount2`.
6. Напишите инструкцию `if-else`, которая выводит сообщение `'Скорость нормальная'`, если переменная `speed` находится в диапазоне от 24 до 56. Если значение переменной `speed` лежит вне этого диапазона, то показать `'Скорость аварийная'`.
7. Напишите инструкцию `if-else`, которая определяет, находится ли переменная `points` вне диапазона от 9 до 51. Если значение переменной лежит вне этого диапазона, то она должна вывести сообщение `'Недопустимые точки'`. В противном случае она должна показать сообщение `'Допустимые точки'`.
8. Напишите инструкцию `if`, которая применяет библиотеку черепашьей графики, чтобы определить, находится ли угловое направление черепахи в диапазоне от 0 до 45° (включая 0 и 45). Если это так, то поднимите перо черепахи.
9. Напишите инструкцию `if`, которая применяет библиотеку черепашьей графики, чтобы определить, является ли цвет пера черепахи красным или синим. Если это так, то установите размер пера 5 пикселов.

10. Напишите инструкцию `if`, которая применяет библиотеку черепашьей графики, чтобы определить, находится ли черепаха в прямоугольнике. Левый верхний угол прямоугольника находится в позиции (100, 100), а его правый нижний угол — в позиции (200, 200). Если черепаха в прямоугольнике, то спрячьте черепаху.

Упражнения по программированию

1. **День недели.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя число в диапазоне от 1 до 7. Эта программа должна показать соответствующий день недели, где 1 — понедельник, 2 — вторник, 3 — среда, 4 — четверг, 5 — пятница, 6 — суббота и 7 — воскресенье. Программа должна вывести сообщение об ошибке, если пользователь вводит номер, который находится вне диапазона от 1 до 7.
2. **Площади прямоугольников.** Площадь прямоугольника — это произведение его длины на его ширину. Напишите программу, которая запрашивает длину и ширину двух прямоугольников. Программа должна выводить пользователю сообщение о том, площадь какого прямоугольника больше, либо сообщать, что они одинаковы.


Видеозапись "Задача о площадях прямоугольников" (The Arears of Rectangles Problem)

3. **Классификатор возраста.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести возраст человека. Программа должна определить, к какой категории этот человек принадлежит: младенец, ребенок, подросток или взрослый, и вывести соответствующее сообщение. Ниже приведены возрастные рекомендации:
   - если возраст 1 год или меньше, то он или она — младенец;
   - если возраст более 1 года, но менее 13 лет, то он или она — ребенок;
   - если возраст не менее 13 лет, но менее 20 лет, то он или она — подросток;
   - если возраст более 20 лет, то он или она — взрослый.
4. **Римские цифры.** Напишите программу, которая предлагает пользователю ввести число в диапазоне от 1 до 10. Программа должна показать для этого числа римскую цифру. Если число находится вне диапазона 1–10, то программа должна вывести сообщение об ошибке. В табл. 3.8 приведены римские цифры для чисел от 1 до 10.

Таблица 3.8. Римские цифры

Число	Римская цифра
1	I
2	II
3	III
4	IV
5	V
6	VI
7	VII
8	VIII
9	IX
10	X

5. **Масса и вес.** Ученые измеряют массу физического тела в килограммах, а вес в ньютонах. Если известна величина массы тела в килограммах, то при помощи приведенной ниже формулы можно рассчитать вес в ньютонах:

   $$\text{вес} = \text{масса} \times 9{,}8.$$

   Напишите программу, которая просит пользователя ввести массу тела и затем вычисляет его вес. Если вес тела больше 500 Н (ньютонов), то вывести сообщение, говорящее о том, что тело слишком тяжелое. Если вес тела меньше 100 Н, то показать сообщение, что оно слишком легкое.

6. **Магические даты.** Дата 10 июня 1960 года является особенной, потому что если ее записать в приведенном ниже формате, то произведение дня и месяца равняется году:

   ```
   10.06.60
   ```

   Разработайте программу, которая просит пользователя ввести месяц (в числовой форме), день и двузначный год. Затем программа должна определить, равняется ли произведение дня и месяца году. Если это так, то она должна вывести сообщение, говорящее, что введенная дата является магической. В противном случае она должна вывести сообщение, что дата не является магической.

7. **Цветовой микшер.** Красный, синий и желтый называются основными цветами, потому что их нельзя получить путем смешения других цветов. При смешивании двух основных цветов получается вторичный цвет:

   - если смешать красный и синий, то получится фиолетовый;
   - если смешать красный и желтый, то получится оранжевый;
   - если смешать синий и желтый, то получится зеленый.

   Разработайте программу, которая предлагает пользователю ввести названия двух основных цветов для смешивания. Если пользователь вводит что-нибудь помимо названий "красный", "синий" или "желтый", то программа должна вывести сообщение об ошибке. В противном случае программа должна вывести название вторичного цвета, который получится в результате.

8. **Калькулятор сосисок для пикника.** Допустим, что сосиски упакованы в пакеты по 10 штук, а булочки — в пакеты по 8 штук. Напишите программу, которая вычисляет количество упаковок с сосисками и количество упаковок с булочками, необходимых для пикника с минимальными остатками. Программа должна запросить у пользователя количество участников пикника и количество хот-догов, которые будут предложены каждому участнику. Программа должна показать приведенные ниже подробности:

   - минимально необходимое количество упаковок с сосисками;
   - минимально необходимое количество упаковок с булочками;
   - количество оставшихся сосисок;
   - количество оставшихся булочек.

9. **Цвета колеса рулетки.** На колесе рулетки карманы пронумерованы от 0 до 36. Ниже приведены цвета карманов:

   - карман 0 — зеленый;
   - для карманов с 1 по 10 карманы с нечетным номером имеют красный цвет, карманы с четным номером — черный;

- для карманов с 11 по 18 карманы с нечетным номером имеют черный цвет, карманы с четным номером — красный;
- для карманов с 19 по 28 карманы с нечетным номером имеют красный цвет, карманы с четным номером — черный;
- для карманов с 29 по 36 карманы с нечетным номером имеют черный цвет, карманы с четным номером — красный.

Напишите программу, которая просит пользователя ввести номер кармана и показывает, является ли этот карман зеленым, красным или черным. Программа должна вывести сообщение об ошибке, если пользователь вводит число, которое лежит вне диапазона от 0 до 36.

10. **Игра в подсчитывание монет.** Создайте игру, которая просит пользователя ввести необходимое количество монет, чтобы получился ровно один рубль. Программа должна предложить пользователю ввести количество монет достоинством 5, 10 и 50 копеек. Если итоговое значение введенных монет равно одному рублю, то программа должна поздравить пользователя с выигрышем. В противном случае программа должна вывести сообщение, говорящее о том, была ли введенная сумма больше или меньше одного рубля. Подумайте о варианте игры, где вместо рубля используется доллар и разменные монеты: пенс, пятицентовик, десятицентовик и четвертак.
11. **Очки книжного клуба.** Прозорливая книготорговая фирма владеет книжным клубом, который присуждает своим клиентам очки, основываясь на количестве книг, приобретенных ими ежемесячно. Очки присуждаются следующим образом:
    - если клиент приобретает 0 книг, то зарабатывает 0 очков;
    - если клиент приобретает 2 книги, то зарабатывает 5 очков;
    - если клиент приобретает 4 книги, то зарабатывает 15 очков;
    - если клиент приобретает 6 книг, то зарабатывает 30 очков;
    - если клиент приобретает 8 книг или больше, то зарабатывает 60 очков.

    Напишите программу, которая просит пользователя ввести количество книг, приобретенных им в этом месяце, и затем выводит присужденное количество очков.
12. **Реализация программного обеспечения.** Компания — разработчик программного обеспечения продает программный пакет, который реализуется в рознице за 99 долларов. Скидки за количество предоставляются в соответствии с табл. 3.9.

Таблица 3.9. Скидки

Количество, штук	Скидка, %
10–19	10
20–49	20
50–99	30
100 или больше	40

Напишите программу, которая просит пользователя ввести количество приобретенных пакетов. Программа должна затем показать сумму скидки (если таковая имеется) и общую сумму покупки после вычета скидки.

13. **Стоимость доставки.** Грузовая компания срочной доставки взимает плату согласно тарифам, приведенным в табл. 3.10.

Таблица 3.10. Тарифы по доставке грузов

Масса пакета, г	Ставка за 100 г, рублей
200 или меньше	150
Свыше 200, но не более 600	300
Свыше 600, но не более 1000	400
Свыше 1000	475

Напишите программу, которая просит пользователя ввести массу пакета и показывает плату за доставку.

14. **Индекс массы тела.** Напишите программу, которая вычисляет и показывает индекс массы тела (ИМТ) человека. ИМТ часто используется для определения, весит ли человек больше или меньше нормы. ИМТ человека рассчитывают по формуле:

$$\text{ИМТ} = \frac{\text{масса}}{\text{рост}^2},$$

где масса измеряется в килограммах, а рост — в метрах. Программа должна попросить пользователя ввести массу и рост и затем показать ИМТ пользователя. Программа также должна вывести сообщение, указывающее, имеет ли человек оптимальную, недостаточную или избыточную массу. Масса человека считается оптимальной, если его ИМТ находится между 18.5 и 25. Если ИМТ меньше 18.5, то считается, что человек весит ниже нормы. Если значение ИМТ больше 25, то считается, что человек весит больше нормы.

15. **Калькулятор времени.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести количество секунд и работает следующим образом.

- В минуте 60 секунд. Если число введенных пользователем секунд больше или равно 60, то программа должна преобразовать число секунд в минуты и секунды.
- В часе 3 600 секунд. Если число введенных пользователем секунд больше или равно 3 600, то программа должна преобразовать число секунд в часы, минуты и секунды.
- В дне 86 400 секунд. Если число введенных пользователем секунд больше или равно 86 400, то программа должна преобразовать число секунд в дни, часы, минуты и секунды.

16. **Дни в феврале.** Февраль обычно имеет 28 дней. Но в *високосный год* в феврале 29 дней.

Напишите программу, которая просит пользователя ввести год. Затем она должна показать количество дней в феврале в этом году. Для определения високосных лет используйте следующие критерии.

- Определить, делится ли год на 100. Если да, то этот год високосный тогда и только тогда, если он также делится на 400. Например, 2000 является високосным годом, а 2100 нет.
- Если год не делится на 100, то этот год високосный тогда и только тогда, если он делится на 4. Например, 2008 является високосным годом, но 2009 нет.

Вот пример выполнения этой программы:

```
Введите год: 2008 [Enter]
В 2008 году в феврале 29 дней.
```

17. **Диагностическое дерево проверки качества Wi-Fi.** На рис. 3.19 приведена упрощенная блок-схема поиска причины плохого Wi-Fi-соединения. Используйте ее для создания программы, которая проведет пользователя по шагам исправления плохого Wi-Fi-соединения. Вот пример вывода программы:

```
Перезагрузите компьютер и попробуйте подключиться.
Вы исправили проблему? нет [Enter]
Перезагрузите маршрутизатор и попробуйте подключиться.
Вы исправили проблему? да [Enter]
```

Обратите внимание, что программа завершается, как только решение проблемы найдено. Вот еще один пример вывода программы:

```
Перезагрузите компьютер и попробуйте подключиться.
Вы исправили проблему? нет [Enter]
Перезагрузите маршрутизатор и попробуйте подключиться.
Вы исправили проблему? нет [Enter]
Убедитесь, что кабели между маршрутизатором и модемом прочно подсоединены.
Вы исправили проблему? нет [Enter]
Переместите маршрутизатор на новое место.
Вы исправили проблему? нет [Enter]
Возьмите новый маршрутизатор.
```

18. **Селектор ресторанов.** На вашу встречу выпускников собирается прибыть группа ваших друзей, и вы хотите их пригласить в местный ресторан на ужин. Вы не уверены, что ваши друзья придерживаются диетических предпочтений, но ваши варианты выбора ресторана будут такими.

Изысканные гамбургеры от Джо — вегетарианская: нет, веганская (строгая вегетарианская): нет, безглютеновая: нет.

Центральная пиццерия — вегетарианская: да, веганская: нет, безглютеновая: да.

Кафе за углом — вегетарианская: да, веганская: да, безглютеновая: да.

Блюда от итальянской мамы — вегетарианская: да, веганская: нет, безглютеновая: нет.

Кухня шеф-повара — вегетарианская: да, веганская: да, безглютеновая: да.

Напишите программу, которая запрашивает, есть ли в группе вегетарианцы, веганцы либо приверженцы безглютеновой диеты, после чего она выводит только те рестораны, в которые можно повести группу друзей. Вот пример вывода программы:

```
Будет ли на ужине вегетарианец? да [Enter]
Будет ли на ужине веганец? нет [Enter]
Будет ли на ужине приверженец безглютеновой диеты? да [Enter]
Вот ваши варианты ресторанов:
Центральная пиццерия
Кафе за углом
Кухня шеф-повара
```

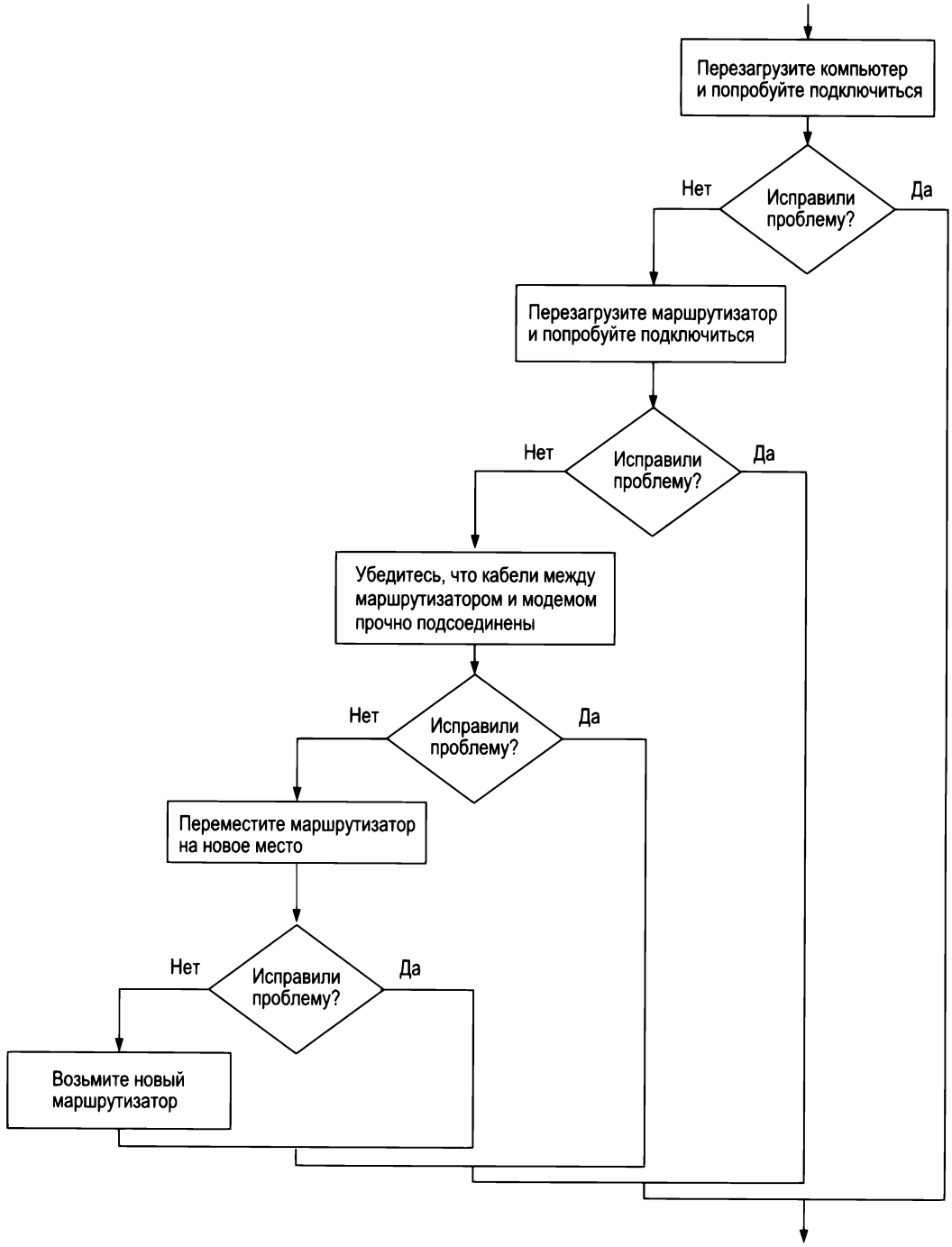


РИС. 3.19. Исправление плохого Wi-Fi-соединения

Вот еще один пример вывода программы:

```
Будет ли на ужине вегетарианец? да Enter
Будет ли на ужине веганец? да Enter
Будет ли на ужине приверженец безглютеновой диеты? да Enter
Вот ваши варианты ресторанов:
Кафе за углом
Кухня шеф-повара
```

19. **Черепашья графика: модификация игры "Порази цель".** Усовершенствуйте код из файла hit_the_target.py, который вы увидели в программе 3.9, так, чтобы при непопадании снаряда по цели программа показывала пользователю подсказки в отношении того, нужно ли увеличить или уменьшить угол и/или величину силы. Например, программа должна показывать такие сообщения, как `'Попробуйте угол побольше'` и `'Примените силу поменьше'`.

ГЛАВА 4

Структуры с повторением

4.1 Введение в структуры повторения

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Структура с повторением исполняет инструкции или набор инструкций многократно.

Программистам в большинстве случаев приходится писать код, который выполняет одну и ту же задачу снова и снова. Предположим, что вас попросили написать программу, которая вычисляет 10-процентные торговые комиссионные для нескольких продавцов. Один из подходов, который предоставляет неплохое решение, состоит в том, чтобы написать программный код, вычисляющий комиссионные для одного продавца, а затем повторить этот программный код для каждого продавца. Взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
# Получить продажи продавца и его ставку комиссионных.
sales = float(input('Введите объем продаж: '))
comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))

# Рассчитать комиссионное вознаграждение.
commission = sales * comm_rate

# Показать комиссионное вознаграждение.
print('Комиссионное вознаграждение составляет $',
      format(commission, '.2f'), sep='')

# Получить продажи еще одного продавца и его ставку комиссионных.
sales = float(input('Введите объем продаж: '))
comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))

# Рассчитать комиссионное вознаграждение.
commission = sales * comm_rate

# Показать комиссионное вознаграждение.
print('Комиссионное вознаграждение составляет $',
      format(commission, '.2f'), sep='')

# Получить продажи еще одного продавца и его ставку комиссионных.
sales = float(input('Введите объем продаж: '))
comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))
```

```
# Рассчитать комиссионное вознаграждение.
commission = sales * comm_rate

# Показать комиссионное вознаграждение.
print('Комиссионное вознаграждение составляет $',
      format(commission, '.2f'), sep='')
```

И этот код повторяется снова и снова...

Как видите, этот программный код представляет собой одну длинную последовательную структуру, содержащую много повторяющихся фрагментов. У этого подхода имеется несколько недостатков:

- повторяющийся код увеличивает программу;
- написание длинной последовательности инструкций может быть трудоемким;
- если часть повторяющегося программного кода нужно исправить или изменить, то исправление или изменение должны быть повторены много раз.

Вместо неоднократного написания *одинаковой* последовательности инструкций более оптимальный способ неоднократно выполнить операцию состоит в том, чтобы *написать* программный код операции *всего один раз* и затем поместить этот код в структуру, которая предписывает компьютеру повторять его столько раз, сколько нужно. Это делается при помощи *структуры с повторением*, которая более широко известна как *цикл*.

Циклы с условием повторения и со счетчиком повторений

В этой главе мы обратимся к двум популярным циклам: циклам с условием повторения и циклам со счетчиком повторений. *Цикл с условием повторений* использует логическое условие со значениями истина/ложь, которое управляет количеством повторов цикла. *Цикл со счетчиком повторений* повторяется заданное количество раз. Для написания цикла с условием повторения в Python применяется инструкция `while`, для написания цикла со счетчиком повторений — инструкция `for`. В этой главе мы покажем, как писать оба вида циклов.



Контрольная точка

4.1. Что такое структура с повторением?

4.2. Что такое цикл с условием повторения?

4.3. Что такое цикл со счетчиком повторений?



4.2 Цикл *while*: цикл с условием повторения

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цикл с условием повторения исполняет инструкции или набор инструкций повторно до тех пор, пока условие является истинным. В Python для написания цикла с условием повторения применяется инструкция `while`.



Видеозапись "Цикл while" (The while Loop)

Цикл `while` ("пока") получил свое название из-за характера своей работы: он выполняет некую задачу до тех пор, *пока* условие является истинным. Данный цикл имеет две части:

условие, которое проверяется на истинность либо ложность, и *инструкцию* или *набор инструкций*, которые повторяются до тех пор, пока условие является истинным. На рис. 4.1 представлена логическая схема цикла `while`.

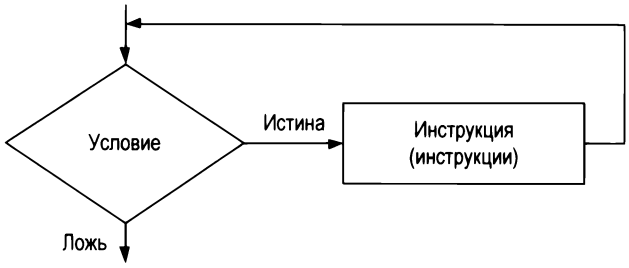


РИС. 4.1. Логическая схема цикла `while`

Ромбовидный символ представляет проверяемое условие. Обратите внимание, что происходит, если условие является истинным: исполняются одна или несколько инструкций, и выполнение программы перетекает назад к точке чуть выше ромба. Условие проверяется снова, и если оно истинное, то процесс повторяется. Если условие является ложным, программа выходит из цикла. В блок-схеме цикл всегда идентифицируется по соединительной линии, которая возвращается в предыдущую часть блок-схемы.

Вот общий формат цикла с условием повторения в Python:

```
while условие:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Для простоты мы будем называть первую строку *выражением* `while`. Оно начинается со слова `while`, после которого идет булево *условие*, вычисляемое как истина либо как ложь. После *условия* идет двоеточие. Начиная со следующей строки, расположен блок инструкций. (Из *главы 3* известно, что все инструкции в блоке должны быть единообразно выделены отступом. Такое выделение отступом необходимо потому, что интерпретатор Python использует его для определения начала и конца блока.)

При исполнении цикла `while` проверяется *условие*. Если *условие* является истинным, то исполняются инструкции, которые расположены в блоке после выражения `while`, и цикл начинается сначала. Если *условие* является ложным, то программа выходит из цикла. В программе 4.1 показано, как можно применить цикл `while` для написания программы расчета комиссионного вознаграждения, которая была представлена в начале этой главы.

Программа 4.1 **(commission.py)**

```
1 # Эта программа вычисляет торговые комиссионные.
2
3 # Создать переменную для управления циклом.
4 keep_going = 'д'
5
6 # Вычислить серию комиссионных вознаграждений.
7 while keep_going == 'д':
```

```
 8    # Получить продажи продавца и его ставку комиссионных.
 9    sales = float(input('Введите объем продаж: '))
10    comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))
11
12    # Рассчитать комиссионное вознаграждение.
13    commission = sales * comm_rate
14
15    # Показать комиссионное вознаграждение.
16    print(f'Комиссионное вознаграждение составляет ${commission:,.2f}.')
17
18    # Убедиться, что пользователь хочет вычислить еще одно вознаграждение.
19    keep_going = input('Хотите вычислить еще одно ' +
20                       '(Введите д, если да): ')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите объем продаж: 10000.00 Enter
Введите ставку комиссионных: 0.10 Enter
Комиссионное вознаграждение составляет $1,000.00
Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да): д Enter
Введите объем продаж: 20000.00 Enter
Введите ставку комиссионных: 0.15 Enter
Комиссионное вознаграждение составляет $3,000.00
Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да): д Enter
Введите объем продаж: 12000.00 Enter
Введите ставку комиссионных: 0.10 Enter
Комиссионное вознаграждение составляет $1,200.00
Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да): н Enter
```

В строке 4 мы применяем инструкцию присваивания для создания переменной с именем `keep_going` (продолжать). Отметим, что переменной присваивается значение `'д'`. Это инициализирующее значение имеет большую важность, и через мгновение вы увидите почему.

Строка 7 — это начало цикла `while`:

```
while keep_going == 'д':
```

Обратите внимание на проверяемое условие: `keep_going == 'д'`. Цикл проверяет это условие, и если оно истинное, то исполняются инструкции в строках 8–20. Затем цикл начинается заново в строке 7. Он проверяет выражение `keep_going == 'д'`, и если оно истинное, то инструкции в строках 8–20 исполняются снова. Этот цикл повторяется, пока выражение `keep_going == 'д'` будет проверено в строке 7 и не обнаружится, что оно ложное. Когда это происходит, программа выходит из цикла. Это проиллюстрировано на рис. 4.2.

Для того чтобы этот цикл прекратил выполняться, что-то должно произойти внутри цикла, что сделает выражение `keep_going == 'д'` ложным. Инструкция в строках 19–20 этим и занимается. Эта инструкция выводит подсказку `'Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да)'`. Значение, которое считывается с клавиатуры, присваивается переменной `keep_going`. Если пользователь вводит букву `д` (и она должна быть в нижнем регистре), то,

когда цикл начинается снова, выражение `keep_going == 'д'` будет истинным. А значит, инструкции в теле цикла исполнятся еще раз. Но если пользователь введет что-то иное, чем буква `д` в нижнем регистре, то, когда цикл начинается снова, выражение будет ложным, и программа выйдет из цикла.

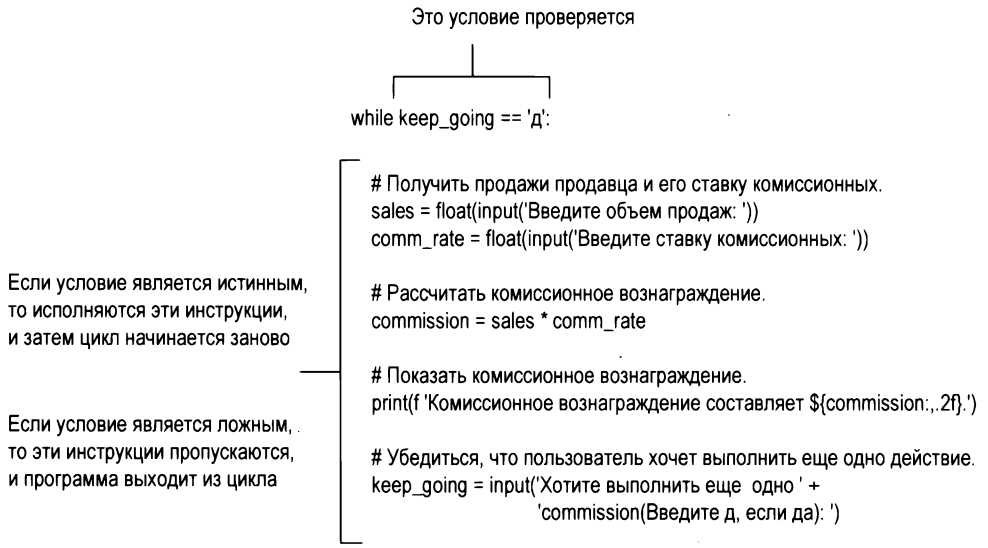


РИС. 4.2. Цикл `while`

Теперь, когда вы исследовали программный код, взгляните на результат демонстрационного выполнения программы. Сначала пользователь ввел 10 000.00 в качестве продаж и 0.10 в качестве ставки комиссионных. Затем программа показала комиссионное вознаграждение для этой суммы, которое составляет $1000.00. Далее пользователю выводится подсказка `'Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да)'`. Пользователь ввел `д`, и цикл начался заново. В демонстрационном выполнении пользователь прошел этот процесс три раза. Каждое отдельное исполнение тела цикла называется *итерацией*. В демонстрационном выполнении цикл сделал три итерации.

На рис. 4.3 представлена блок-схема программы. Здесь имеется структура с повторением, т. е. цикл `while`. Проверяется условие `keep_going == 'д'`, и если оно истинное, то исполняется серия инструкций, и поток выполнения возвращается к точке чуть выше проверки условия.

Цикл *while* как цикл с предусловием

Цикл `while` также называется *циклом с предусловием*, а именно он проверяет свое условие до того, как сделает *итерацию*. Поскольку проверка осуществляется в начале цикла, обычно нужно выполнить несколько шагов перед началом цикла, чтобы гарантировать, что цикл выполнится как минимум однажды. Например, цикл в программе 4.1 начинается вот так:

```
while keep_going == 'д':
```

Данный цикл выполнит итерацию, только если выражение `keep_going == 'д'` является истинным. Это означает, что переменная `keep_going` должна существовать, и она должна

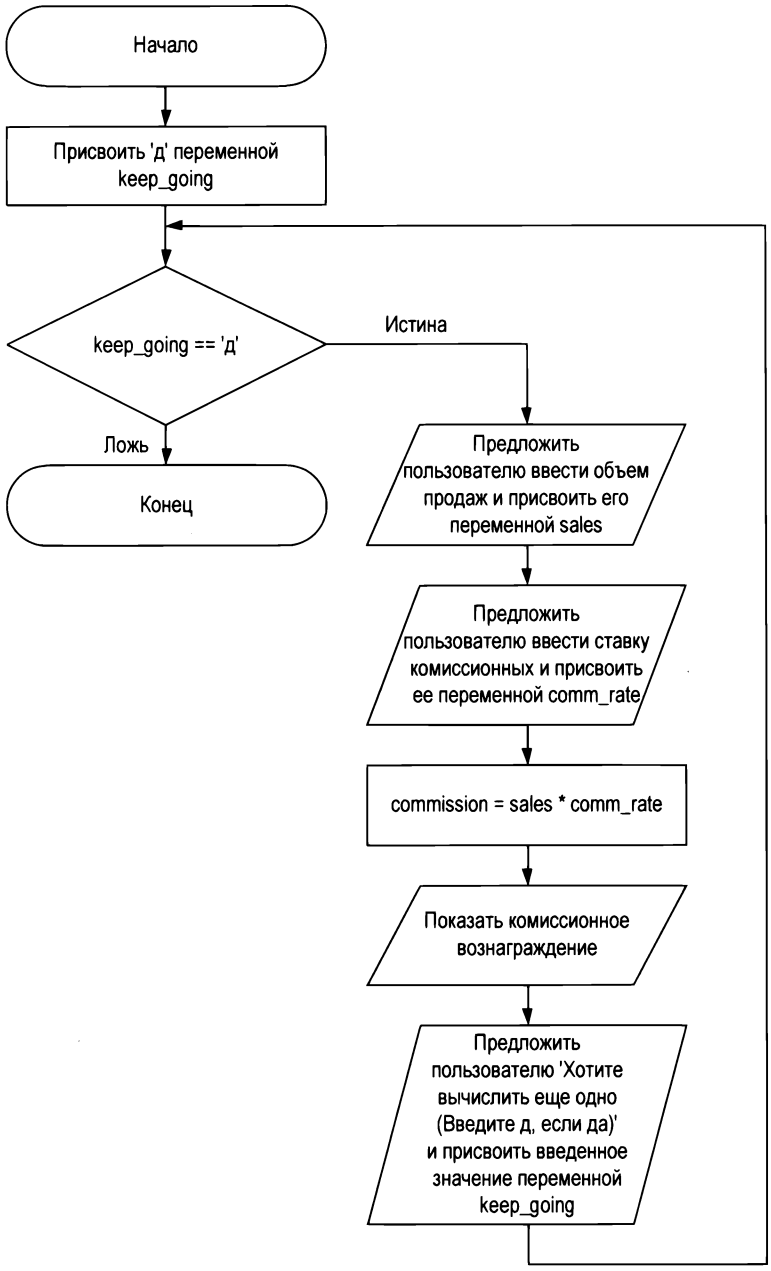
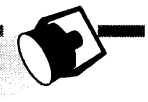


РИС. 4.3. Блок-схема программы 4.1

ссылаться на значение `'д'`. Для того чтобы выражение гарантированно было истинным при первом исполнении цикла, в строке 4 мы присвоили переменной `keep_going` значение `'д'`:

```
keep_going = 'д'
```

Выполняя этот шаг, мы знаем, что условие `keep_going == 'д'` будет истинным при первом исполнении цикла. В этом заключается важная особенность цикла `while`: он никогда не исполнится, если его условие с самого начала будет ложным. В некоторых программах это именно то, что нужно.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Проектирование программы с циклом *while*

Проект, который в настоящее время осуществляется в компании "Химическая аналитика", требует, чтобы вещество в баке непрерывно поддерживалось в нагретом состоянии. Лаборант должен проверять температуру вещества каждые 15 мин. Если температура вещества не превышает 102,5 °С, лаборант ничего не делает. Однако если температура больше 102,5 °С, то он должен убавить нагрев с помощью термостата, подождать 5 минут и проверить температуру снова. Лаборант повторяет эти шаги до тех пор, пока температура не превысит 102,5 °С. Директор по разработке попросил вас написать программу, которая будет помогать лаборанту проходить этот процесс.

Вот алгоритм:

1. Получить температуру вещества.
2. Повторять приведенные ниже шаги до тех пор, пока температура больше 102,5 °С:
   а) дать указание лаборанту убавить нагрев, подождать 5 минут и проверить температуру снова;
   б) получить температуру вещества.
3. После завершения цикла сообщить лаборанту, что температура приемлема, и проверить ее снова через 15 минут.

Изучив этот алгоритм, вы понимаете, что шаги 2а и 2б не будут выполняться, если проверяемое условие (температура больше 102,5 °С) является ложным с самого начала. В этой ситуации цикл `while` сработает хорошо, потому что он не выполнится ни разу, если его условие будет ложным. В программе 4.2 представлен соответствующий код.

Программа 4.2 (temperature.py)

```
 1 # Эта программа помогает лаборанту в процессе
 2 # контроля температуры вещества.
 3
 4 # Именованная константа, которая представляет максимальную
 5 # температуру.
 6 MAX_TEMP = 102.5
 7
 8 # Получить температуру вещества.
 9 temperature = float(input("Введите температуру вещества в градусах Цельсия: "))
10
11 # Пока есть необходимость, инструктировать пользователя
12 # в корректировке нагрева.
13 while temperature > MAX_TEMP:
14     print('Температура слишком высокая.')
15     print('Убавьте нагрев и подождите')
16     print('5 минут. Затем снимите показание температуры')
17     print('снова и введите полученное значение.')
18     temperature = float(input('Введите новое показание температуры: '))
```

```
19
20 # Напомнить пользователю проконтролировать температуру снова
21 # через 15 минут.
22 print('Температура приемлемая.')
23 print('Проверьте ее снова через 15 минут.')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите температуру вещества в градусах Цельсия: 104.7 Enter
Температура слишком высокая.
Убавьте нагрев и подождите
5 минут. Затем снимите показание температуры
снова и введите полученное значение.
Введите новое показание температуры: 103.2 Enter
Температура слишком высокая.
Убавьте нагрев и подождите
5 минут. Затем снимите показание температуры
снова и введите полученное значение.
Введите новое показание температуры: 102.1 Enter
Температура приемлемая.
Проверьте ее снова через 15 минут.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите температуру вещества в градусах Цельсия: 102.1 Enter
Температура приемлемая.
Проверьте ее снова через 15 минут.
```

Бесконечные циклы

Всегда, кроме редких случаев, циклы должны содержать возможность завершиться. То есть в цикле что-то должно сделать проверяемое условие ложным. Цикл в программе 4.1 завершается, когда выражение `keep_going == 'д'` является ложным. Если цикл не имеет возможности завершиться, он называется *бесконечным циклом*. Бесконечный цикл продолжает повторяться до тех пор, пока программа не будет прервана. Бесконечные циклы обычно появляются, когда программист забывает написать программный код внутри цикла, который делает проверяемое условие ложным. В большинстве случаев вам следует избегать применения бесконечных циклов.

Программа 4.3 демонстрирует бесконечный цикл. Это видоизмененная версия программы расчета комиссионного вознаграждения (см. программу 4.1). В этой версии мы удалили код, который изменяет переменную `keep_going` в теле цикла. Во время каждой проверки выражения `keep_going == 'д'` в строке 6 переменная `keep_going` будет ссылаться на строковое значение `'д'`. И как следствие, цикл не имеет никакой возможности остановиться. (Единственный способ остановить эту программу состоит в нажатии комбинации клавиш <Ctrl>+<C> для ее прерывания.)

Программа 4.3 (infinite.py)

```
# Эта программа демонстрирует бесконечный цикл.
# Создать переменную, которая будет управлять циклом.
keep_going = 'д'

# Предупреждение! Бесконечный цикл!
while keep_going == 'д':
    # Получить продажи продавца и его ставку комиссионных.
    sales = float(input('Введите объем продаж: '))
    comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))

    # Рассчитать комиссионное вознаграждение.
    commission = sales * comm_rate

    # Показать комиссионное вознаграждение.
    print(f'Комиссия составляет ${commission:,.2f}.')
```



Контрольная точка

4.4. Что такое итерация цикла?

4.5. Когда цикл `while` проверяет свое условие: до или после того, как он выполнит итерацию?

4.6. Сколько раз сообщение `'Привет, мир!'` будет напечатано в приведенном ниже фрагменте кода?

```
count = 10
while count < 1:
    print('Привет, мир!')
```

4.7. Что такое бесконечный цикл?

4.3 Цикл *for*: цикл со счетчиком повторений

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цикл со счетчиком повторений повторяется заданное количество раз. В Python для написания цикла со счетчиком повторений применяется инструкция `for`.



Видеозапись "Цикл for" (The for Loop)

Как упомянуто в начале этой главы, цикл со счетчиком повторений повторяется заданное количество раз. Циклы со счетчиком повторений находят широкое применение в программах. Предположим, что предприятие открыто шесть дней в неделю, и вы собираетесь написать программу для вычисления общего объема продаж за неделю. Вам понадобится цикл, который повторяется ровно шесть раз, т. е. делает шесть итераций. При каждом выполнении итерации он будет предлагать пользователю ввести продажи за один день.

Для написания цикла со счетчиком повторений применяется инструкция `for`. В Python инструкция `for` предназначена для работы с последовательностью значений данных. Когда эта инструкция исполняется, она повторно выполняется для каждого значения последовательности. Вот ее общий формат:

```
for переменная in [значение1, значение2, ...]:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Мы будем обозначать первую строку, как *выражение* `for`. В выражении `for` *переменная* — это имя переменной. Внутри скобок находится последовательность разделенных запятыми значений. (В Python последовательность разделенных запятыми значений данных, заключенная в скобки, называется *списком*. В *главе 7* вы узнаете о списках подробнее.) Начиная со второй строки, располагается блок инструкций, который исполняется во время каждой итерации цикла.

Инструкция `for` исполняется следующим образом: *переменной* присваивается первое значение в списке, и затем исполняются инструкции, которые расположены в блоке. Далее *переменной* присваивается следующее значение в списке, и инструкции в блоке исполняются снова. Этот процесс продолжается до тех пор, пока *переменной* не будет присвоено последнее значение в списке. В программе 4.4 приведен простой пример, в котором цикл `for` применяется для вывода чисел от 1 до 5.

Программа 4.4 (simple_loop1.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует простой цикл for,
2 # который использует список чисел.
3
4 print('Я покажу числа от 1 до 5.')
5 for num in [1, 2, 3, 4, 5]:
6     print(num)
```

Вывод программы

```
Я покажу числа от 1 до 5.
1
2
3
4
5
```

Во время первой итерации цикла `for` переменной `num` присваивается значение 1, и затем исполняется инструкция в строке 6 (печатающая значение 1). Во время следующей итерации цикла переменной `num` присваивается значение 2, и исполняется инструкция в строке 6 (печатающая значение 2). Как показано на рис. 4.4, этот процесс продолжается до тех пор, пока переменной `num` не присваивается последнее значение в списке. Поскольку в списке всего пять значений, цикл сделает пять итераций.

Программисты Python обычно называют переменную, которая используется в выражении `for`, *целевой переменной*, потому что она является целью присвоения в начале каждой итерации цикла.

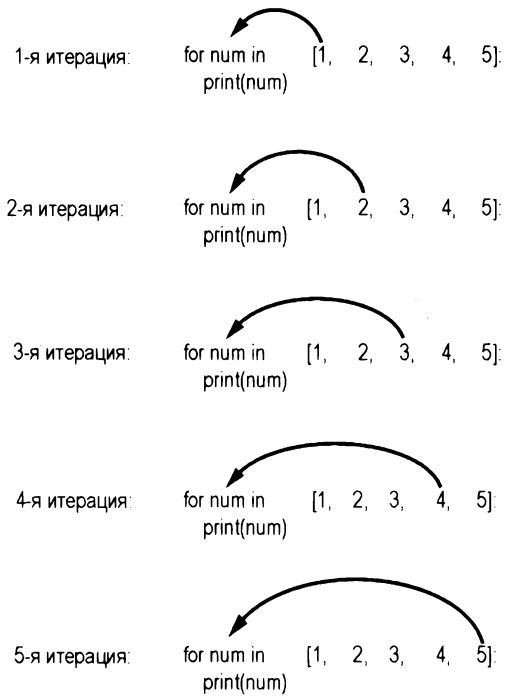


РИС. 4.4. Цикл `for`

Значения, которые появляются в списке, не обязательно должны представлять собой серию расположенных подряд чисел. Например, в программе 4.5 применяется цикл `for` для вывода списка нечетных чисел. В списке всего пять чисел, и поэтому цикл повторяется пять раз, т. е. делает пять итераций.

Программа 4.5 **(simple_loop2.py)**

```
1 # Эта программа демонстрирует простой цикл for,
2 # который использует список чисел.
3
4 print('Я покажу нечетные числа от 1 до 9.')
5 for num in [1, 3, 5, 7, 9]:
6     print(num)
```

Вывод программы

```
Я покажу нечетные числа от 1 до 9.
1
3
5
7
9
```

В программе 4.6 приведен еще один пример. Здесь цикл `for` выполняет последовательный обход списка строковых значений. Обратите внимание, что список (в строке 4) содержит три строковых значения: `'Мигнуть'`, `'Моргнуть'` и `'Кивнуть'`. В результате цикл сделает три итерации.

Программа 4.6 (simple_loop3.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует простой цикл for,
2 # который использует список строковых значений.
3
4 for name in ['Мигнуть', 'Моргнуть', 'Кивнуть']:
5     print(name)
```

Вывод программы

```
Мигнуть
Моргнуть
Кивнуть
```

Применение функции *range* с циклом *for*

Python предоставляет встроенную функцию `range` (диапазон), которая упрощает процесс написания цикла со счетчиком повторений. Функция `range` создает тип объекта, который называется итерируемым, т. е. пригодным для итеративной обработки в цикле. *Итерируемый* объект аналогичен списку. Он содержит последовательность значений, которые можно по порядку обойти на основе чего-то наподобие цикла. Вот пример для цикла, который применяет функцию `range`:

```
for num in range(5):
    print(num)
```

Обратите внимание, что вместо использования списка значений мы вызываем функцию `range`, передавая 5 в качестве аргумента. В этой инструкции функция `range` порождает итерируемую последовательность целых чисел в диапазоне от 0 до (но не включая) 5. Этот фрагмент кода работает так же, как и приведенный ниже:

```
for num in [0, 1, 2, 3, 4]:
    print(num)
```

Как видно из примера, список содержит пять чисел, и поэтому цикл выполнит пять итераций. В программе 4.7 применяется функция `range` с циклом `for` для пятикратного вывода сообщения "Привет, мир!".

Программа 4.7 (simple_loop4.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует применение
2 # функции range с циклом for.
3
4 # Напечатать сообщение пять раз.
5 for x in range(5):
6     print('Привет, мир!')
```

Вывод программы

```
Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!
```

Если передать функции range один аргумент, как продемонстрировано в программе 4.7, то этот аргумент используется в качестве конечного предела последовательности чисел. Если передать функции range два аргумента, то первый аргумент используется в качестве начального значения последовательности, второй аргумент — в качестве ее конечного предела. Вот пример:

```
for num in range(1, 5):
    print(num)
```

Этот фрагмент кода выведет следующее:

```
1
2
3
4
```

По умолчанию функция range создает последовательность чисел, которая увеличивается на 1 для каждого последующего числа в списке. Если передать функции range третий аргумент, то этот аргумент используется в качестве *величины шага*. Вместо увеличения на 1, каждое последующее число в последовательности увеличится на величину шага. Вот пример:

```
for num in range(1, 10, 2):
    print(num)
```

В этой инструкции for в функцию range переданы три аргумента:

- первый аргумент (1) — это начальное значение последовательности;
- второй аргумент (10) — это конечный предел списка. Иными словами, последним числом последовательности будет 9;
- третий аргумент (2) — это величина шага. Иными словами, 2 будет добавляться к очередному числу последовательности.

Этот фрагмент кода выведет следующее:

```
1
3
5
7
9
```

Использование целевой переменной в цикле

В цикле for целевая переменная предназначена для того, чтобы ссылаться на каждое значение последовательности значений в ходе выполнения итераций цикла. Во многих ситуациях целесообразно использовать целевую переменную в расчетах или другой задаче внутри тела цикла. Предположим, что вам нужно написать программу, которая выводит числа от 1 до 10 и соответствующие квадраты чисел (табл. 4.1).

Этого можно добиться, написав цикл for, который выполняет последовательный обход значений от 1 до 10. Во время первой итерации целевой переменной будет присвоено значение 1, во время второй итерации ей будет присвоено значение 2 и т. д. Поскольку во время выполнения цикла целевая переменная будет ссылаться на значения от 1 до 10, ее можно использовать в расчетах внутри цикла. В программе 4.8 показано, как это делается.

Таблица 4.1. Квадраты чисел

Число	Квадрат числа
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
6	36
7	49
8	64
9	81
10	100

Программа 4.8 (squares.py)

```
 1 # Эта программа использует цикл для вывода
 2 # таблицы с числами от 1 до 10
 3 # и их квадратами.
 4
 5 # Напечатать заголовки таблицы.
 6 print('Число\tКвадрат числа')
 7 print('---------------------')
 8
 9 # Напечатать числа от 1 до 10
10 # и их квадраты.
11 for number in range(1, 11):
12     square = number**2
13     print(f'{number}\t{square}')
```

Вывод программы

```
Число   Квадрат числа
--------------------
1       1
2       4
3       9
4       16
5       25
6       36
7       49
8       64
9       81
10      100
```

Прежде всего взгляните на строку 6, которая выводит заголовки таблицы:

```
print('Число\tКвадрат числа')
```

Обратите внимание на экранированную последовательность `\t` между словами "Число" и "Квадрат числа" внутри строкового литерала. Из *главы 2* известно, что экранированная последовательность `\t` подобна нажатию клавиши <Tab>; она перемещает курсор вывода к следующей позиции табуляции. Это приводит к появлению пространства, которое вы видите в примере выходных данных между фразами "Число" и "Квадрат числа".

Цикл `for`, который начинается в строке 11, применяет функцию `range` для создания последовательности, содержащей числа от 1 до 10. Во время первой итерации переменная `number` ссылается на 1, во время второй итерации `number` ссылается на 2 и т. д., вплоть до 10. В этом цикле инструкция в строке 12 возводит `number` в степень 2 (из *главы 2* известно, что `**` — это оператор возведения в степень) и присваивает результат переменной `square`. Инструкция в строке 13 печатает значение, на которое ссылается `number`, переходит к следующей позиции табуляции и затем печатает значение, на которое ссылается `square`. (Переход к позиции табуляции при помощи экранированной последовательности `\t` приводит к выравниванию чисел в двух столбцах в выводимом результате.)

На рис. 4.5 показано, как могла бы выглядеть блок-схема этой программы.

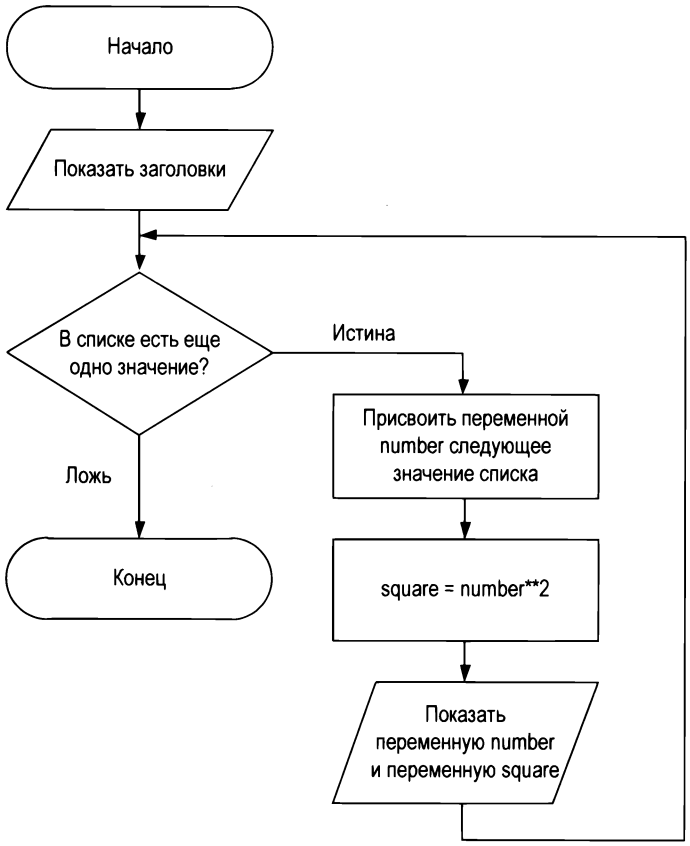


РИС. 4.5. Блок-схема программы 4.8

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Проектирование цикла со счетчиком повторений на основе инструкции *for*

Ваша подруга Аманда только что получила в наследство европейский спортивный автомобиль от своего дяди. Аманда живет в США и боится, что будет оштрафована за превышение скорости, потому что спидометр автомобиля показывает скорость в километрах в час. Она попросила вас написать программу, которая выводит таблицу скоростей, где эти значения преобразованы в мили в час. Формула для преобразования KPH (kilometers per hour) в MPH (miles per hour):

$$MPH = KPH \times 0.6214.$$

В данной формуле MPH — это скорость в милях в час, KPH — скорость в километрах в час.

Таблица, которую ваша программа выводит, должна показать скорости от 60 до 130 км/ч с приращением 10 км вместе с их значениями, преобразованными в мили в час. Таблица должна выглядеть примерно так:

KPH	MPH
60	37.3
70	43.5
80	49.7
...	...
130	80.8

Поразмыслив по поводу этой таблицы скоростей, вы решаете написать цикл `for`. Список значений, последовательный обход которых должен выполнять цикл, будет содержать скорости в километрах в час. В цикле вы вызовете функцию `range` вот так:

```
range(60, 131, 10)
```

Первым значением в последовательности будет 60. Обратите внимание, что третий аргумент задает 10 в качестве величины шага. Это означает, что числами в списке будут 60, 70, 80 и т. д. Второй аргумент задает 131 в качестве конечного предела последовательности и поэтому последним числом последовательности будет 130.

Внутри цикла вы примените целевую переменную для расчета скорости в милях в час. В программе 4.9 показан соответствующий код.

Программа 4.9 (speed_converter.py)

```
1 # Эта программа преобразует скорости от 60
2 # до 130 км/ч (с приращениями в 10 км)
3 # в mph.
4
5 START_SPEED = 60              # Начальная скорость.
6 END_SPEED = 131               # Конечная скорость.
```

```
 7 INCREMENT = 10               # Приращение скорости.
 8 CONVERSION_FACTOR = 0.6214   # Коэффициент пересчета.
 9
10 # Напечатать заголовки таблицы.
11 print('KPH\tMPH')
12 print('--------------')
13
14 # Напечатать скорости.
15 for kph in range(START_SPEED, END_SPEED, INCREMENT):
16     mph = kph * CONVERSION_FACTOR
17     print(f'{kph}\t{mph:.1f}')
```

Вывод программы

```
KPH     MPH
--------------
60      37.3
70      43.5
80      49.7
90      55.9
100     62.1
110     68.4
120     74.6
130     80.8
```

Пользовательский контроль итераций цикла

Во многих случаях программист знает точное число итераций, которые цикл должен выполнить. Вспомните программу 4.8, которая выводит таблицу с числами от 1 до 10 и их квадраты. Когда программный код был написан, программист знал, что цикл должен был выполнить последовательный перебор значений от 1 до 10.

Иногда программисту нужно предоставить пользователю возможность управлять количеством итераций цикла. Например, предположим, вы захотите, чтобы программа 4.8 была универсальнее, позволив пользователю определять максимальное значение, выводимое циклом на экран. В программе 4.10 представлено, как этого можно добиться.

Программа 4.10 **(user_squares1.py)**

```
 1 # Эта программа использует цикл для вывода
 2 # таблицы чисел и их квадратов.
 3
 4 # Получить конечный предел.
 5 print('Эта программа выводит список чисел')
 6 print('(начиная с 1) и их квадраты.')
 7 end = int(input('Насколько далеко мне заходить? '))
 8
 9 # Напечатать заголовки таблицы.
10 print()
```

```
11 print('Число\tКвадрат числа')
12 print('--------------------')
13
14 # Напечатать числа и их квадраты.
15 for number in range(1, end + 1):
16     square = number**2
17     print(f'{number}\t{square}')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Эта программа выводит список чисел
(начиная с 1) и их квадраты.
Насколько далеко мне заходить? 5 Enter

Число   Квадрат числа
--------------------
1       1
2       4
3       9
4       16
5       25
```

Эта программа просит пользователя ввести значение, которое используется в качестве конечного предела списка. Это значение присваивается переменной `end` в строке 7. Затем выражение `end + 1` используется в строке 15 в качестве второго аргумента функции `range`. (Мы должны прибавить единицу к переменной `end`, потому что иначе последовательность приблизится к введенному пользователем значению, но его не включит.)

В программе 4.11 приведен пример, который разрешает пользователю определять начальное значение и конечный предел последовательности.

Программа 4.11 (user_squares2.py)

```
1 # Эта программа использует цикл для вывода
2 # таблицы чисел и их квадратов.
3
4 # Получить начальное значение.
5 print('Эта программа выводит список чисел')
6 print('и их квадратов.')
7 start = int(input('Введите начальное число: '))
8
9 # Получить конечный предел.
10 end = int(input('Насколько далеко мне заходить? '))
11
12 # Напечатать заголовки таблицы.
13 print()
14 print('Число\tКвадрат числа')
15 print('--------------------')
16
```

```
17 # Напечатать числа и их квадраты.
18 for number in range(start, end + 1):
19     square = number**2
20     print(f'{number}\t{square}')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Эта программа выводит список чисел
и их квадратов.
Введите начальное число: 5 Enter
Насколько далеко мне заходить? 10 Enter

Число   Квадрат числа
--------------------
5       25
6       36
7       49
8       64
9       81
10      100
```

Порождение итерируемой последовательности в диапазоне от максимального до минимального значения

В рассмотренных примерах функция `range` применялась для создания последовательности с числами, которые проходят от минимального до максимального значения. Как альтернативный вариант, функцию `range` можно применить для создания последовательностей чисел, которые проходят в обратном порядке от максимального до минимального значения. Вот пример:

```
range(10, 0, -1)
```

В этом вызове функции начальное значение равняется 10, конечный предел последовательности равняется 0, а величина шага равняется –1. Это выражение создаст приведенную ниже последовательность:

```
10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1
```

Вот пример для цикла, который распечатывает числа от 5 до 1:

```
for num in range(5, 0, -1):
    print(num)
```



Контрольная точка

4.8. Перепишите приведенный ниже фрагмент кода, чтобы вместо использования списка [0, 1, 2, 3, 4, 5] он вызывал функцию `range`:

```
for x in [0, 1, 2, 3, 4, 5]:
    print('Обожаю эту программу!')
```

4.9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
for number in range(6):
    print(number)
```

4.10. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
for number in range(2, 6):
    print(number)
```

4.11. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
for number in range(0, 501, 100):
    print(number)
```

4.12. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
for number in range(10, 5, -1):
    print(number)
```

4.4 Вычисление нарастающего итога

Ключевые положения

Нарастающий итог — это сумма чисел, которая накапливается с каждой итерацией цикла. Переменная, которая используется для хранения нарастающего итога, называется накопителем.

Многие задачи программирования требуют вычисления суммы числового ряда. Предположим, что вы пишете программу, которая вычисляет общий объем продаж предприятия за неделю. На входе программа считывает продажи за каждый день и вычисляет сумму этих чисел.

Программы, которые вычисляют сумму числового ряда, обычно используют два элемента:

- цикл, читающий каждое число в ряду;
- переменную, накапливающую сумму чисел по мере их чтения.

Переменная, которая используется для накапливания суммы чисел, называется *накопителем*, или аккумулятором. Часто говорят, что цикл содержит нарастающий итог, потому что он накапливает сумму по мере чтения каждого числа в ряду. На рис. 4.6 показана стандартная логическая схема цикла, который вычисляет нарастающий итог.

Когда цикл заканчивается, накопитель будет содержать сумму чисел, которые были считаны циклом. Обратите внимание, что первый шаг в блок-схеме состоит в присвоении накапливающей переменной значения 0. Это крайне важный шаг. Всякий раз, когда цикл читает число, он прибавляет его к накопителю. Если накопитель начинается с любого значения кроме 0, то он будет содержать неправильную сумму чисел, когда цикл завершится.

Рассмотрим пример, в котором вычисляется нарастающий итог. Программа 4.12 позволяет пользователю ввести пять чисел и выводит сумму введенных чисел.

Программа 4.12 (sum_numbers.py)

```
1 # Эта программа вычисляет сумму серии
2 # чисел, вводимых пользователем.
3
```

```
 4 MAX = 5 # Максимальное число.
 5
 6 # Инициализировать накапливающую переменную.
 7 total = 0.0
 8
 9 # Объяснить, что мы делаем.
10 print('Эта программа вычисляет сумму из')
11 print(f'{MAX} чисел, которые вы введете.')
12
13 # Получить числа и накопить их.
14 for counter in range(MAX):
15     number = int(input('Введите число: '))
16     total = total + number
17
18 # Показать сумму чисел.
19 print(f'Сумма составляет {total}.')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Эта программа вычисляет сумму
из 5 чисел, которые вы введете.
Введите число: 1 Enter
Введите число: 2 Enter
Введите число: 3 Enter
Введите число: 4 Enter
Введите число: 5 Enter
Сумма составляет 15.0
```

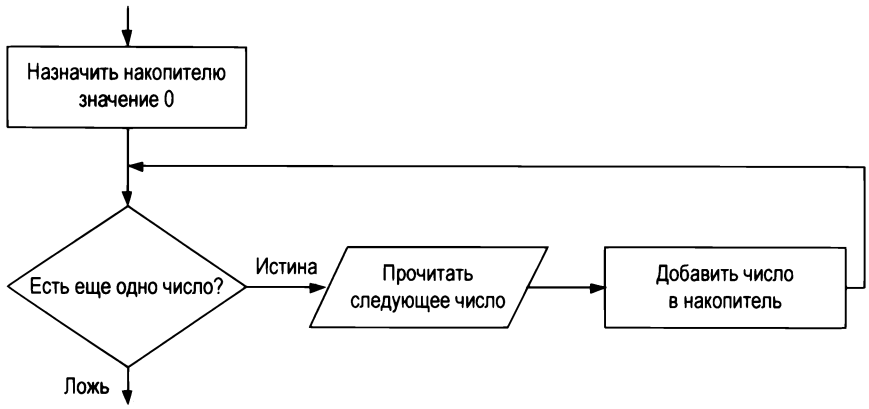


РИС. 4.6. Логическая схема вычисления нарастающего итога

Переменная `total`, создаваемая инструкцией присваивания в строке 7, является накопителем. Обратите внимание, что она инициализирована значением 0.0. Цикл `for` в строках 14–16 занимается получением чисел от пользователя и вычислением их суммы. Строка 15 предлагает пользователю ввести число и затем присваивает его переменной `number`. Следующая далее инструкция в строке 16 прибавляет это число к `total`:

```
total = total + number
```

После того как эта инструкция исполнится, значение, на которое ссылается переменная number, будет прибавлено к значению переменной total. Очень важно разобраться в том, как эта инструкция работает. Сначала интерпретатор получает значение выражения на правой стороне от оператора =, т. е. total + number. Затем оператором = это значение присваивается переменной total. В результате исполнения этой инструкции значение переменной number прибавляется к переменной total. Когда цикл завершается, переменная total будет содержать сумму всех чисел, которые были к ней прибавлены. Это значение выводится в строке 19.

Расширенные операторы присваивания

Довольно часто программы имеют инструкции присваивания, в которых переменная на левой стороне от оператора = также появляется на правой от него стороне. Вот пример:

```
x = x + 1
```

На правой стороне оператора присваивания 1 прибавляется к переменной x. Полученный результат затем присваивается переменной x, заменяя значение, на которое ранее ссылалась переменная x. В сущности, эта инструкция добавляет 1 к x. Еще один пример такого типа инструкций вы видели в программе 4.13:

```
total = total + number
```

Эта инструкция присваивает значение выражения total + number переменной total. Как упоминалось ранее, в результате исполнения этой инструкции number прибавляется к значению total. Вот еще один пример:

```
balance = balance - withdrawal
```

Эта инструкция присваивает значение выражения balance - withdrawal переменной balance. В результате исполнения этой инструкции withdrawal (снято со счета) вычтено из balance (остаток).

В табл. 4.2 представлены другие примеры инструкций, написанных таким образом.

Таблица 4.2. Различные инструкции присваивания (в каждой инструкции x = 6)

Инструкция	Что она делает	Значение *x* после инструкции
x = x + 4	Прибавляет 4 к *x*	10
x = x - 3	Вычитает 3 из *x*	3
x = x * 10	Умножает *x* на 10	60
x = x / 2	Делит *x* на 2	3
x = x % 4	Присваивает *x* остаток от *x*/4	2

Эти типы операций находят широкое применение в программировании. Для удобства Python предлагает особую группу операторов, специально предназначенных для таких задач. В табл. 4.3 перечислены *расширенные операторы присваивания*.

Как видите, расширенные операторы присваивания не требуют, чтобы программист дважды набирал имя переменной. Приведенную ниже инструкцию:

```
total = total + number
```

можно переписать как

```
total += number
```

Точно так же инструкцию

```
balance = balance - withdrawal
```

можно переписать как

```
balance -= withdrawal
```

Таблица 4.3. Расширенные операторы присваивания

Оператор	Пример использования	Эквивалент
+=	x += 5	x = x + 5
-=	y -= 2	y = y - 2
*=	z *= 10	z = z * 10
/=	a /= b	a = a / b
%=	c %= 3	c = c % 3
//=	x //= 3	x = x // 3
**=	y **= 2	y = y**2



Контрольная точка

4.13. Что такое накопитель (аккумуляторная переменная)?

4.14. Следует ли инициализировать накопитель конкретным значением? Почему или почему нет?

4.15. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
total = 0
for count in range(1, 6):
    total = total + count
    print(total)
```

4.16. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
number1 = 10
number2 = 5
number1 = number1 + number2
print(number1)
print(number2)
```

4.17. Перепишите приведенные ниже инструкции с использованием расширенных операторов присваивания:

а) `quantity = quantity + 1;`

б) `days_left = days_left - 5;`

в) `price = price * 10;`

г) `price = price / 2.`

4.5 Сигнальные метки

Ключевые положения

Сигнальная метка — это специальное значение, которое отмечает конец последовательности значений.

Рассмотрим следующий сценарий: вы разрабатываете программу, которая будет использовать цикл для обработки длинной последовательности значений. Вы еще не знаете количество значений, которые будут в последовательности. При каждом выполнении программы количество значений последовательности может быть разным. Какой вариант цикла подойдет лучше всего? Вот несколько приемов, которые вы уже видели в этой главе, вместе с недостатками их применения при обработке длинного списка значений.

- Просто спрашивать пользователя в конце каждой итерации цикла, есть ли еще одно обрабатываемое значение. Однако если последовательность значений будет длинной, то вывод этого вопроса в конце каждой итерации цикла может сделать программу громоздкой для пользователя.
- Спрашивать пользователя в начале программы, сколько в последовательности имеется значений. Правда, это также может причинить пользователю неудобства. Если последовательность очень длинная, и пользователь не знает количество значений, которые она содержит, то это потребует от него вести их учет.

При обработке длинной последовательности значений при помощи цикла, вероятно, оптимальный прием состоит в использовании сигнальной метки. *Сигнальная метка* — это специальное значение, которое отмечает конец последовательности значений. Когда программа читает значение сигнальной метки, она знает, что достигла конца последовательности, и поэтому цикл завершается.

Например, врачу требуется программа, которая вычисляет среднюю массу всех его пациентов. Такая программа могла бы работать следующим образом: цикл предлагает пользователю ввести массу пациента либо 0, если данных больше нет. Когда программа считывает 0 в качестве массы, она интерпретирует это как сигнал, что весовых данных больше нет. Цикл завершается, и программа выводит среднюю массу.

Значение сигнальной метки должно быть характерным настолько, что оно не будет ошибочно принято за регулярное значение последовательности. В приведенном ранее примере врач (либо его помощник) вводит 0, что говорит о завершении последовательности весовых данных. Поскольку масса пациента не может равняться 0, такое значение хорошо подойдет для использования в качестве сигнальной метки.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Применение сигнальной метки

Налоговая служба муниципального округа рассчитывает ежегодные налоги на имущество с использованием приведенной ниже формулы:

$$\text{налог на имущество} = \text{стоимость имущества} \times 0.0065.$$

Каждый день сотрудник налоговой службы получает список имущественных объектов и должен вычислить налог для каждого объекта в списке. Вас попросили разработать программу, которую сотрудник сможет использовать для выполнения этих расчетов.

В интервью с налоговым инспектором вы узнаете, что каждому имущественному объекту присваивается номер лота, и все номера лотов равны или больше 1. Вы решаете написать цикл, который использует в качестве значения сигнальной метки число 0. Во время каждой итерации цикла программа будет предлагать сотруднику ввести номер лота либо 0 для завершения. Соответствующий код показан в программе 4.13.

Программа 4.13 (property_tax.py)

```
 1 # Эта программа показывает налоги на имущество.
 2
 3 TAX_FACTOR = 0.0065 # Представляет налоговый коэффициент.
 4
 5 # Получить номер первого лота.
 6 print('Введите номер имущественного лота либо 0, чтобы завершить.')
 7 lot = int(input('Номер лота: '))
 8
 9 # Продолжить обработку, пока пользователь
10 # не введет номер лота 0.
11 while lot != 0:
12     # Получить стоимость имущества.
13     value = float(input('Введите стоимость имущества: '))
14
15     # Исчислить налог на имущество.
16     tax = value * TAX_FACTOR
17
18     # Показать налог.
19     print(f'Налог на имущество: ${tax:,.2f}')
20
21     # Получить следующий номер лота.
22     print('Введите следующий номер либо 0, чтобы завершить.')
23     lot = int(input('Номер лота: '))
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите номер имущественного лота либо 0, чтобы завершить работу.
Номер лота: 100 Enter
Введите стоимость имущества: 100000 Enter
Налог на имущество: $650.00
Введите следующий номер либо введите 0, чтобы завершить работу.
Номер лота: 200 Enter
Введите стоимость имущества: 5000 Enter
Налог на имущество: $32.50
Введите следующий номер либо введите 0, чтобы завершить работу.
Номер лота: 0 Enter
```



Контрольная точка

4.18. Что такое сигнальная метка?

4.19. Почему следует позаботиться о выборе характерного значения для сигнальной метки?

4.6 Циклы валидации входных данных

Ключевые положения

Валидация входных данных — это процесс обследования данных, введенных в программу, с целью убедиться в их допустимости, прежде чем они будут использованы в вычислениях. Валидация входных данных обычно выполняется при помощи цикла, который повторяется до тех пор, пока входная переменная ссылается на плохие данные.

Одно из самых известных высказываний среди программистов звучит так: "Мусор войдет, мусор выйдет". Это высказывание, иногда сокращаемое до GIGO (garbage in, garbage out), обозначает, что компьютеры не способны видеть разницу между хорошими и плохими данными. Если на входе в программу пользователь предоставит плохие данные, то программа эти плохие данные обработает и в результате произведет плохие данные на выходе. Например, взгляните на расчет заработной платы в программе 4.14 и обратите внимание, что происходит в демонстрационном выполнении программы, когда на входе пользователь предоставляет плохие данные.

Программа 4.14 (gross_pay.py)

```
1 # Эта программа показывает заработную плату до удержаний.
2 # Получить количество отработанных часов.
3 hours = int(input('Введите часы, отработанные на этой неделе: '))
4
5 # Получить почасовую ставку.
6 pay_rate = float(input('Введите почасовую ставку: '))
7
8 # Рассчитать заработную плату до удержаний.
9 gross_pay = hours * pay_rate
10
11 # Показать заработную плату до удержаний.
12 print(f'Заработная плата до удержаний составляет: ${gross_pay:,.2f}')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите часы, отработанные на этой неделе: 400
Введите почасовую ставку: 20
Заработная плата до удержаний составляет: $8000.00
```

Вы заметили, что на входе были предоставлены плохие данные? Человек, которому вручат чек на получения зарплаты, будет приятно удивлен, потому что в демонстрационном выполнении программы сотрудник бухгалтерии в качестве количества отработанных часов ввел 400. Сотрудник, вероятно, имел в виду 40, потому что в неделе не может быть 400 часов. Тем не менее компьютер об этом факте не знает, и программа обработала плохие данные так, как если бы они были хорошими. Можете ли вы представить другие типы входных данных, которые могут быть переданы в эту программу и в результате приведут к плохим выходным результатам? Один такой пример — это отрицательное число, введенное для отработанных часов; еще один — недопустимая почасовая ставка оплаты труда.

Иногда из новостных сообщений мы узнаем истории о компьютерных ошибках, которые по недоразумению в итоге взимают с людей тысячи долларов за незначительные покупки или

возмещают им большие суммы по уплате налогов, на получение которых они не имеют право. Однако эти "компьютерные ошибки" редко являются результатом работы компьютера; они чаще всего вызваны плохими данными, которые были считаны в программу на входе.

В программе целостность данных на выходе хороша лишь настолько, насколько хороша целостность ее данных на входе. По этой причине вам следует разрабатывать программы таким образом, чтобы на вход никогда не допускались плохие данные. Данные, поступающие на вход программы, должны быть тщательно обследованы, прежде чем они будут обработаны. Если входные данные недопустимы, то программа должна их отбросить и предложить пользователю ввести правильные данные. Этот процесс называется *валидацией входных данных*.

На рис. 4.7 показан стандартный метод валидации входного значения. В этом методе входное значение считывается, затем выполняется цикл. Если входное значение неправильное, то цикл исполняет свой блок инструкций. Цикл выводит сообщение об ошибке, чтобы пользователь знал, что входное значение было недопустимым, и затем он считывает новое входное значение. Цикл повторяется до тех пор, пока входное значение будет неправильным.

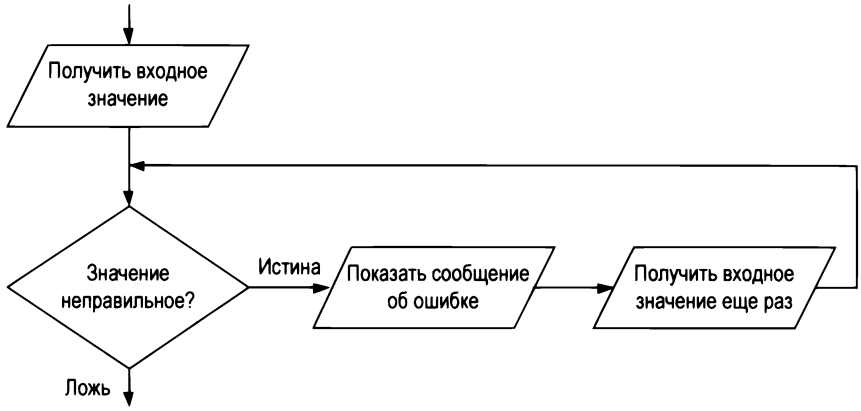


РИС. 4.7. Логическая схема с циклом валидации входных данных

Обратите внимание, что блок-схема на рис. 4.7 читает данные в двух местах: сначала сразу перед циклом и затем внутри цикла. Первая входная операция — непосредственно перед циклом — называется *первичным чтением*, и ее задача состоит в том, чтобы получить первое входное значение, которое будет проверено циклом валидации. Если это значение будет недопустимым, то цикл будет выполнять последующие входные операции.

Давайте рассмотрим пример. Предположим, что вы разрабатываете программу, которая считывает оценку за контрольную работу, и вы хотите убедиться, что пользователь не вводит значение меньше 0. Приведенный ниже фрагмент кода показывает, как можно применить цикл валидации входных данных для отклонения любого входного значения меньше 0.

```
# Получить оценку за контрольную работу.
score = int(input('Введите оценку за контрольную работу: '))
# Убедиться, что она не меньше 0.
while score < 0:
    print('ОШИБКА: оценка не может быть отрицательной.')
    score = int(input('Введите правильную оценку: '))
```

Этот фрагмент кода сначала предлагает пользователю ввести оценку за контрольную работу (это первичное чтение), затем выполняется цикл `while`. Вспомните, что цикл `while` является циклом с предусловием, т. е. он проверяет выражение `score < 0` перед выполнением итерации. Если пользователь ввел допустимую оценку за тест, то это выражение будет ложным, и цикл итерацию не выполнит. Однако если оценка за тест будет недопустимой, то выражение будет истинным, и исполнится блок инструкций цикла. Цикл выводит сообщение об ошибке и предлагает пользователю ввести правильную оценку за контрольную работу. Цикл продолжит повторяться до тех пор, пока пользователь не введет допустимую оценку за контрольную работу.



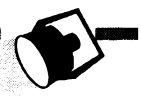
ПРИМЕЧАНИЕ

Цикл валидации входных данных иногда называется *ловушкой ошибок* или *обработчиком ошибок*.

Этот фрагмент кода отклоняет только отрицательные оценки. Что, если также требуется отклонять любые оценки за контрольную работу выше 5? Цикл валидации входных данных можно видоизменить так, чтобы в нем использовалось составное булево выражение, как показано ниже.

```
# Получить оценку за тест.
score = int(input('Введите оценку за контрольную работу: '))
# Убедиться, что она не меньше 0 или больше 5.
while score < 0 or score > 5:
    print('ОШИБКА: оценка не может быть отрицательной.')
    print('или выше 5.')
    score = int(input('Введите правильную оценку: '))
```

В этом фрагменте кода цикл определяет, является ли оценка меньше 0 или больше 5. Если любое из них истинное, то выводится сообщение об ошибке, и пользователю предлагается ввести правильную оценку.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Написание цикла валидации входных данных

Саманта владеет предприятием, которое занимается импортом, и она вычисляет розничные цены своих товаров при помощи приведенной ниже формулы:

розничная цена = оптовая стоимость × 2.5.

Для вычисления розничных цен она в настоящее время использует код, который представлен в программе 4.15.

Программа 4.15 (retail_no_validation.py)

```
1 # Эта программа вычисляет розничные цены.
2 MARK_UP = 2.5   # Процент надбавки.
3 another = 'д'   # Переменная управления циклом.
4
```

```
# Обработать один или несколько товаров.
while another == 'д' or another == 'Д':
    # Получить оптовую стоимость товара.
    wholesale = float(input("Введите оптовую стоимость товара: "))

    # Вычислить розничную цену.
    retail = wholesale * MARK_UP

    # Показать розничную цену.
    print(f'Розничная цена: ${retail:,.2f}')

    # Повторить?
    another = input('Есть еще один товар? ' +
                    '(Введите д, если да): ')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите оптовую стоимость товара: 10 Enter
Розничная цена: $25.00
Есть еще один товар? (Введите д, если да): д Enter
Введите оптовую стоимость товара: 15 Enter
Розничная цена: $37.50
Есть еще один товар? (Введите д, если да): д Enter
Введите оптовую стоимость товара: 12.5 Enter
Розничная цена: $31.25
Есть еще один товар? (Введите д, если да): н Enter
```

Тем не менее во время использования программы Саманта столкнулось с проблемой. Некоторые продаваемые ею товары имеют оптовую стоимость 50 центов, которые она вводит в программу как 0.50. Поскольку клавиша 0 расположена рядом с клавишей знака "минус", она иногда случайно вводит отрицательное число. Она попросила вас видоизменить программу так, чтобы та не давала ей вводить отрицательное число для оптовой стоимости.

Вы решаете добавить в программу цикл валидации входных данных, который отклоняет любые отрицательные числа, которые вводятся в переменную `wholesale`. Программа 4.16 иллюстрирует пересмотренный код с новым программным кодом валидации входных данных, показанным в строках 11–14.

Программа 4.16 (retail_with_validation.py)

```
# Эта программа вычисляет розничные цены.
MARK_UP = 2.5 # Процент надбавки.
another = 'д' # Переменная управления циклом.

# Обработать один или несколько товаров.
while another == 'д' or another == 'Д':
    # Получить оптовую стоимость товара.
    wholesale = float(input("Введите оптовую стоимость товара: "))

```

```
10    # Проверить допустимость оптовой стоимости.
11    while wholesale < 0:
12        print('ОШИБКА: стоимость не может быть отрицательной.')
13        wholesale = float(input('Введите правильную ' +
14                                'оптовую стоимость: '))
15
16    # Вычислить розничную цену.
17    retail = wholesale * MARK_UP
18
19    # Показать розничную цену.
20    print(f'Розничная цена: ${retail:,.2f}')
21
22
23    # Повторить?
24    another = input('Есть еще один товар? ' +
25                    '(Введите д, если да): ')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите оптовую стоимость товара: -.50 Enter
ОШИБКА: стоимость не может быть отрицательной.
Введите правильную оптовую стоимость: 0.50 Enter
Розничная цена: $1.25
Есть еще один товар? (Введите д, если да): н Enter
```



Контрольная точка

4.20. Что означает фраза "мусор войдет, мусор выйдет"?

4.21. Дайте общее описание процесса валидации входных данных.

4.22. Опишите обычно предпринимаемые шаги, когда для проверки допустимости данных используется цикл валидации входных данных.

4.23. Что такое первичное чтение? Какова его задача?

4.24. Сколько итераций выполнит цикл валидации входных данных, если входное значение, которое прочитано первичным чтением, допустимо?

4.7 Вложенные циклы

Ключевые положения

Цикл, который расположен внутри еще одного цикла, называется вложенным циклом.

Вложенный цикл — это цикл, который расположен в еще одном цикле. Часы являются хорошим примером того, как работает вложенный цикл. Секундная, минутная и часовая стрелки вращаются по циферблату. Часовая стрелка смещается всего на 1 шаг (час) для

каждых 60 шагов или 1 оборота минутной стрелки. И секундная стрелка должна сделать 60 шагов (1 оборот) для 1 шага минутной стрелки. Это означает, что для каждого полного оборота часовой стрелки (12 шагов), минутная стрелка делает 720 шагов. Вот цикл, который частично моделирует электронные часы. Он показывает секунды от 0 до 59:

```
for seconds in range(60):
    print(seconds)
```

Можно добавить переменную `minutes` и вложить цикл выше внутрь еще одного цикла, который повторяется 60 минут:

```
for minutes in range(60):
    for seconds in range(60):
        print(minutes, ':', seconds)
```

Для того чтобы сделать модель часов законченной, можно добавить еще одну переменную — для подсчета часов:

```
for hours in range(24):
    for minutes in range(60):
        for seconds in range(60):
            print(hours, ':', minutes, ':', seconds)
```

Вывод этого фрагмента кода будет таким:

```
0:0:0
0:0:1
0:0:2
```

(Программа подсчитает все секунды в 24 часах.)

```
23:59:59
```

Самый внутренний цикл сделает 60 итераций для каждой итерации среднего цикла. Средний цикл сделает 60 итераций для каждой итерации самого внешнего цикла. Когда самый внешний цикл сделает 24 итерации, средний цикл сделает 1440 итераций, а самый внутренний цикл сделает 86 400 итераций! На рис. 4.8 представлена блок-схема законченной программы имитационной модели часов, которая была показана ранее.

Пример имитационной модели часов подводит нас к нескольким моментам, имеющим отношение к вложенным циклам:

- внутренний цикл выполняет все свои итерации для каждой отдельной итерации внешнего цикла;
- внутренние циклы завершают свои итерации быстрее, чем внешние циклы;
- для того чтобы получить общее количество итераций вложенного цикла, надо перемножить количество итераций всех циклов.

В программе 4.17 приведен еще один пример. Эта программа может использоваться учителем для получения среднего балла каждого студента. Инструкция в строке 5 запрашивает у пользователя количество студентов, а инструкция в строке 8 — количество оценок в расчете на студента. Цикл `for`, который начинается в строке 11, повторяется один раз для каждого студента. Вложенный внутренний цикл в строках 20–25 повторяется один раз для каждой оценки.

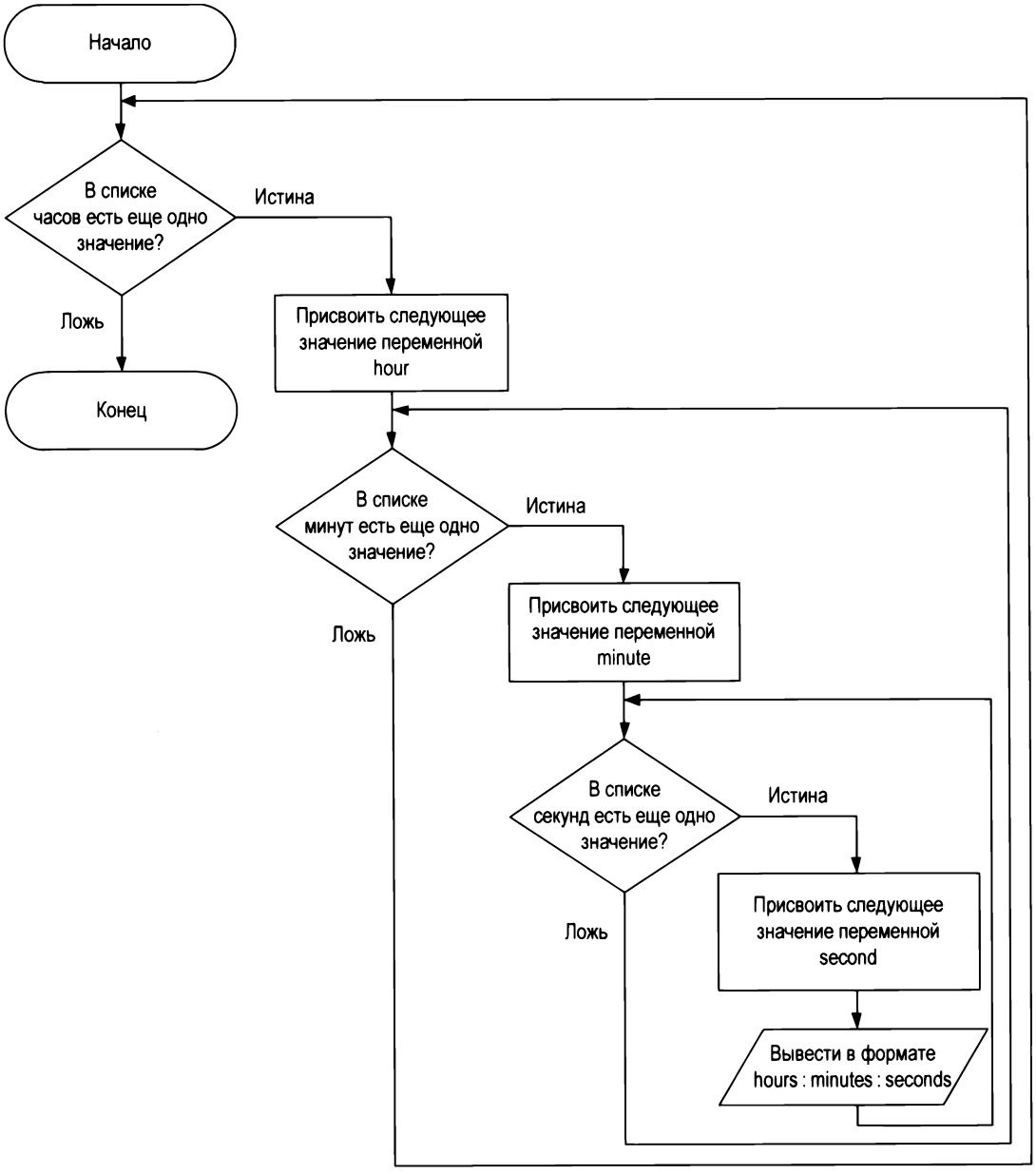


РИС. 4.8. Блок-схема имитационной модели часов

Программа 4.17 **(test_score_averages.py)**

```
1 # Эта программа усредняет оценки. Она запрашивает количество
2 # студентов и количество оценок в расчете на студента.
3
4 # Получить количество студентов.
5 num_students = int(input('Сколько у вас студентов? '))
6
```

```
# Получить количество оценок в расчете на студента.
num_test_scores = int(input('Сколько оценок в расчете на студента? '))

# Определить средний балл каждого студента.
for student in range(num_students):
    # Инициализировать накопитель оценок.
    total = 0.0

    # Получить номер студента.
    print('Номер студента', student + 1)
    print('-----------------')

    # Получить оценки за лабораторные работы
    for test_num in range(num_test_scores):
        print(f'Номер лабораторной работы {test_num + 1}', end='')
        score = float(input(': '))

        # Прибавить оценку в накопитель.
        total += score

    # Рассчитать средний балл этого студента.
    average = total / num_test_scores

    # Показать средний балл.
    print(f'Средний балл студента номер {student + 1} '
          f'составляет: {average:.1f}')
    print()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько у вас студентов? 3 Enter
Сколько оценок в расчете на студента? 3 Enter

Номер студента 1
-----------------
Номер лабораторной работы 1: 4 Enter
Номер лабораторной работы 2: 4 Enter
Номер лабораторной работы 3: 5 Enter
Средний балл студента номер 1 составляет: 4.3

Номер студента 2
-----------------
Номер лабораторной работы 1: 3 Enter
Номер лабораторной работы 2: 4 Enter
Номер лабораторной работы 3: 5 Enter
Средний балл студента номер 2 составляет: 4.0

Номер студента 3
-----------------
Номер лабораторной работы 1: 5 Enter
Номер лабораторной работы 2: 5 Enter
Номер лабораторной работы 3: 4 Enter
Средний балл студента номер 3 составляет: 4.6
```



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Применение вложенных циклов для печати комбинаций символов

Один интересный способ узнать о вложенных циклах состоит в их использовании для вывода на экран комбинаций символов. Давайте взглянем на один простой пример. Предположим, что мы хотим напечатать на экране звездочки в приведенной ниже прямоугольной комбинации:

```
******
******
******
******
******
******
******
******
```

Если представить эту комбинацию как строки и столбцы, то вы увидите, что у нее восемь строк, и в каждой строке шесть столбцов. Приведенный ниже фрагмент кода можно использовать для вывода одной строки звездочек:

```
for col in range(6):
    print('*', end='')
```

Если исполнить этот фрагмент кода в программе или в интерактивном режиме, то он произведет такой результат:

```
******
```

Для того чтобы завершить всю комбинацию, нам нужно исполнить этот цикл восемь раз. Мы можем поместить этот цикл в еще один цикл, который делает восемь итераций, как показано ниже:

```
1 for row in range(8):
2     for col in range(6):
3         print('*', end='')
4     print()
```

Внешний цикл делает восемь итераций. Во время каждой итерации этого цикла внутренний цикл делает 6 итераций. (Обратите внимание, что в строке 4 после того, как все строки были напечатаны, мы вызываем функцию `print()`. Мы должны это сделать, чтобы в конце каждой строки продвинуть экранный курсор на следующую строку. Без этой инструкции все звездочки будут напечатаны на экране в виде одной длинной строки.)

Легко можно написать программу, которая предлагает пользователю ввести количество строк и столбцов, как показано в программе 4.18.

Программа 4.18 (rectangular_pattern.py)

```
1 # Эта программа выводит прямоугольную комбинацию
2 # звездочек.
3 rows = int(input('Сколько строк? '))
4 cols = int(input('Сколько столбцов? '))
5
```

```
for r in range(rows):
    for c in range(cols):
        print('*', end='')
    print()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько строк? 5 Enter
Сколько столбцов? 10 Enter
**********
**********
**********
**********
**********
```

Давайте рассмотрим еще один пример. Предположим, что вы хотите напечатать звездочки в комбинации, которая похожа на приведенный ниже треугольник:

```
*
**
***
****
*****
******
*******
********
```

И снова представьте эту комбинацию звездочек, как сочетание строк и столбцов. В этой комбинации всего восемь строк. В первой строке один столбец. Во второй строке — два столбца. В третьей строке — три. И так продолжается до восьмой строки, в которой восемь столбцов. В программе 4.19 представлен соответствующий код, который производит эту комбинацию.

Программа 4.19 (triangle_pattern.py)

```
# Эта программа выводит треугольную комбинацию.
BASE_SIZE = 8

for r in range(BASE_SIZE):
    for c in range(r + 1):
        print('*', end='')
    print()
```

Вывод программы

```
*
**
***
****
*****
******
*******
********
```

Сначала давайте взглянем на внешний цикл. В строке 4 выражение `range(BASE_SIZE)` создает итерируемый объект, содержащий приведенную ниже последовательность целых чисел:

```
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
```

Как результат, во время выполнения внешнего цикла переменной `r` присваиваются значения от 0 до 7. Выражение `range` во внутреннем цикле в строке 5 записано как `range(r + 1)`. Внутренний цикл выполняется следующим образом.

- Во время первой итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 0. Выражение `range(r + 1)` побуждает внутренний цикл сделать одну итерацию, напечатав одну звездочку.
- Во время второй итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 1. Выражение `range(r + 1)` побуждает внутренний цикл сделать две итерации, напечатав две звездочки.
- Во время третьей итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 2. Выражение `range(r + 1)` побуждает внутренний цикл сделать три итерации, напечатав три звездочки и т. д.

Давайте взглянем на еще один пример. Предположим, что вы хотите вывести приведенную ниже ступенчатую комбинацию:

```
#
 #
  #
   #
    #
     #
      #
```

В этой комбинации шесть строк. В целом можно описать каждую строку как ряд пробелов, после которых следует символ `#`. Вот построчное описание:

Первая строка: 0 пробелов, после которых идет символ `#`.
Вторая строка: 1 пробел, после которых идет символ `#`.
Третья строка: 2 пробела, после которых идет символ `#`.
Четвертая строка: 3 пробела, после которых идет символ `#`.
Пятая строка: 4 пробела, после которых идет символ `#`.
Шестая строка: 5 пробелов, после которых идет символ `#`.

Для того чтобы вывести эту комбинацию, можно написать код с парой вложенных циклов, которые работают следующим образом.

- Внешний цикл делает шесть итераций. Каждая итерация будет делать следующее:
  - внутренний цикл поочередно выведет правильное количество пробелов;
  - затем будет выведен символ `#`.

В программе 4.20 представлен соответствующий код Python.

Программа 4.20 (stair_step_pattern.py)

```
1 # Эта программа выводит ступенчатую комбинацию.
2 NUM_STEPS = 6
3
4 for r in range(NUM_STEPS):
5     for c in range(r):
6         print(' ', end='')
7     print('#')
```

Вывод программы

```
#
 #
  #
   #
    #
     #
```

В строке 4 выражение `range(NUM_STEPS)` создает итерируемый объект, содержащий приведенную ниже последовательность целых чисел:

```
0, 1, 2, 3, 4, 5
```

Как результат, внешний цикл делает 6 итераций. Во время выполнения внешнего цикла переменной `r` присваиваются значения от 0 до 5. Внутренний цикл выполняется следующим образом.

- Во время первой итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 0. Цикл имеет вид `for c in range(0):` и повторяется ноль раз, поэтому внутренний цикл не выполняется.
- Во время второй итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 1. Цикл имеет вид `for c in range(1):` и повторяется один раз, поэтому внутренний цикл делает одну итерацию, печатая один пробел.
- Во время третьей итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 2. Цикл имеет вид `for c in range(2):` и повторяется два раза, поэтому внутренний цикл делает две итерации, печатая два пробела и т. д.

4.8 Черепашья графика: применение циклов для рисования узоров

Ключевые положения

Циклы можно применять для рисования графических изображений, которые различаются по сложности от простых фигур до изощренных узоров.

Циклы с черепахой применяются для рисования как простых фигур, так и довольно сложных узоров. Например, приведенный ниже цикл `for` делает четыре итерации, чтобы нарисовать квадрат шириной 100 пикселов:

```
for x in range(4);
    turtle.forward(100)
    turtle.right(90)
```

А здесь цикл `for` делает восемь итераций, чтобы нарисовать восьмиугольник, который показан на рис. 4.9:

```
for x in range(8):
    turtle.forward(100)
    turtle.right(45)
```

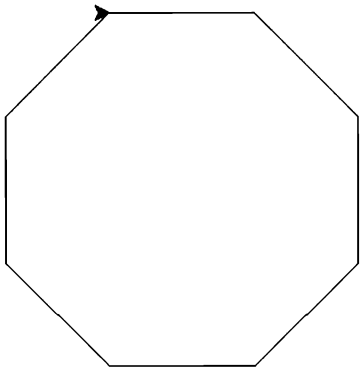


РИС. 4.9. Восьмиугольник

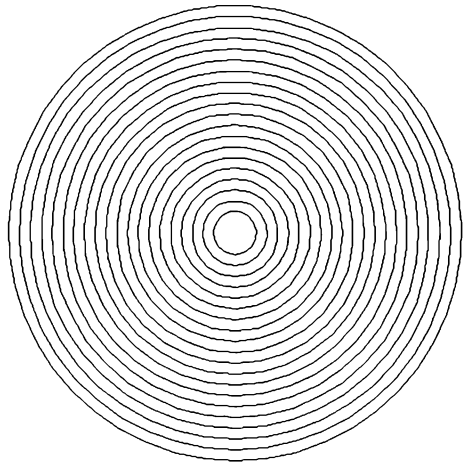


РИС. 4.10. Концентрические круги

В программе 4.21 приведен пример, в котором применяется цикл для рисования концентрических кругов[1]. Вывод этой программы показан на рис. 4.10.[2]

Программа 4.21 (concentric_circles.py)

```
 1 # Концентрические круги.
 2 import turtle
 3
 4 # Именованные константы.
 5 NUM_CIRCLES = 20
 6 STARTING_RADIUS = 20
 7 OFFSET = 10
 8 ANIMATION_SPEED = 0
 9
10 # Настроить черепаху.
11 turtle.speed(ANIMATION_SPEED)
12 turtle.hideturtle()
13
```

[1] Концентрические круги — это круги с общим центром. — *Прим. ред.*

[2] Обратите внимание, что после завершения рисования окно, в котором рисует черепашка, закрывается. Чтобы оно осталось на экране, следует в конце программы добавить `turtle.getscreen()._root.mainloop()` или `turtle.done()`. — *Прим. ред.*

```
# Задать радиус первого круга.
radius = STARTING_RADIUS

# Нарисовать круги.
for count in range(NUM_CIRCLES):
    # Нарисовать круг.
    turtle.circle(radius)

    # Получить координаты следующего круга.
    x = turtle.xcor()
    y = turtle.ycor() - OFFSET

    # Вычислить радиус следующего круга.
    radius = radius + OFFSET

    # Позиция черепахи для следующего круга.
    turtle.penup()
    turtle.goto(x, y)
    turtle.pendown()
```

Используя черепаху для неоднократного начертания простой фигуры, наклоняя ее под слегка отличающимся углом всякий раз, когда она рисует фигуру, можно создать целый ряд интересных узоров. Например, узор на рис. 4.11 был создан путем нанесения 36 кругов при помощи цикла. После начертания круга черепаха наклоняется влево на 10°. В программе 4.22 приведен соответствующий код, который создал этот узор.

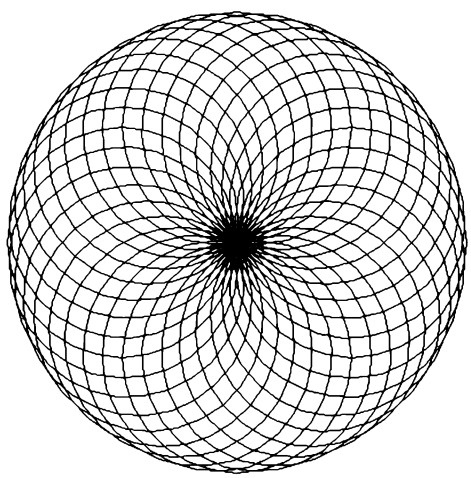


РИС. 4.11. Узор, созданный с использованием кругов

Программа 4.22 (spiral_circles.py)

```
# Эта программа рисует узор, используя повторяющиеся круги.
import turtle

```

```
# Именованные константы.
NUM_CIRCLES = 36      # Количество рисуемых кругов.
RADIUS = 100          # Радиус каждого круга.
ANGLE = 10            # Угол поворота.
ANIMATION_SPEED = 0   # Скорость анимации.

# Задать скорость анимации.
turtle.speed(ANIMATION_SPEED)

# Нарисовать 36 кругов, наклоняя черепаху на
# 10 градусов после того, как каждый круг был нарисован.
for x in range(NUM_CIRCLES):
    turtle.circle(RADIUS)
    turtle.left(ANGLE)
```

Программа 4.23 демонстрирует еще один пример. Она рисует последовательность 36 прямых линий для создания узора, который показан на рис. 4.12.

Программа 4.23 (spiral_lines.py)

```
# Эта программа рисует узор, используя повторяющиеся линии.
import turtle

# Именованные константы
START_X = -200        # Стартовая координата X.
START_Y = 0           # Стартовая координата Y.
NUM_LINES = 36        # Количество рисуемых линий.
LINE_LENGTH = 400     # Длина каждой линии.
ANGLE = 170           # Угол поворота.
ANIMATION_SPEED = 0   # Скорость анимации.

# Переместить черепаху в начальную позицию.
turtle.hideturtle()
turtle.penup()
turtle.goto(START_X, START_Y)
turtle.pendown()

# Задать скорость анимации.
turtle.speed(ANIMATION_SPEED)

# Нарисовать 36 кругов, наклоняя черепаху на
# 170 градусов после того, как каждая линия была нарисована.
for x in range(NUM_LINES):
    turtle.forward(LINE_LENGTH)
    turtle.left(ANGLE)
```

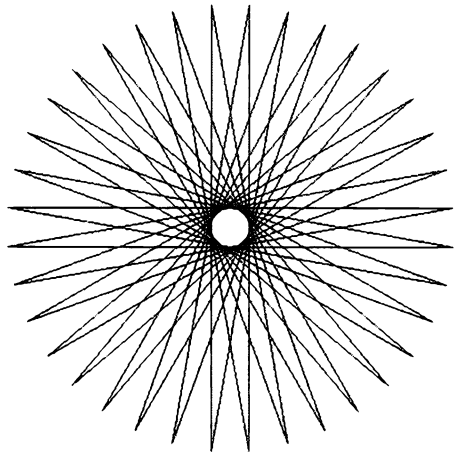


РИС. 4.12. Узор, созданный программой 4.23

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Цикл с _____ использует логическое условие со значениями истина/ложь для управления количеством раз, которые он повторяется.
   а) булевым выражением;
   б) условием повторения;
   в) принятием решения;
   г) счетчиком повторений.
2. Цикл с _____ повторяется заданное количество раз.
   а) булевым выражением;
   б) условием повторения;
   в) принятием решения;
   г) счетчиком повторений.
3. Каждое повторение цикла называется _____.
   а) циклом;
   б) полным оборотом;
   в) орбитой;
   г) итерацией.
4. Цикл `while` — это вид цикла _____.
   а) с предусловием;
   б) без условия;
   в) с предварительной оценкой;
   г) с постусловием.

5. _____ цикл не имеет возможности завершиться и повторяется до тех пор, пока программа не будет прервана.
   а) неопределенный;
   б) не завершающийся;
   в) бесконечный;
   г) вечный.
6. Оператор -= является примером оператора _____.
   а) сравнения;
   б) расширенного присваивания;
   в) составного присваивания;
   г) обратного присваивания.
7. _____ переменная содержит нарастающий итог.
   а) сигнальная;
   б) суммарная;
   в) итоговая;
   г) накапливающая.
8. _____ — это специальное значение, которое сигнализирует, когда в списке больше не осталось значений. Оно не должно быть ошибочно принято за значение из списка.
   а) сигнальная метка;
   б) флаг;
   в) сигнал;
   г) накопитель.
9. Аббревиатура GIGO обозначает _____.
   а) отличное значение на входе, отличное значение на выходе;
   б) мусор войдет, мусор выйдет;
   в) ГИГАгерцовую производительность;
   г) ГИГАбайтную операцию.
10. Целостность данных на выходе хороша лишь настолько, насколько хороша целостность ее _____.
    а) компилятора;
    б) языка программирования;
    в) данных на входе;
    г) отладчика.
11. Входная операция, которая выполняется непосредственно перед циклом валидации данных, называется _____.
    а) предвалидационным чтением;
    б) изначальным чтением;
    в) инициализационным чтением;
    г) первичным чтением.

12. Циклы валидации данных также называются _____.
    а) ловушками ошибок;
    б) циклами Судного дня;
    в) циклами предотвращения ошибок;
    г) защитными циклами.

Истина или ложь

1. Цикл с условием повторения всегда повторяется заданное количество раз.
2. Цикл `while` — это цикл с предусловием.
3. Следующее утверждение вычитает 1 из `x`: `x = x - 1`.
4. Накапливающие переменные не нужно инициализировать.
5. Во вложенном цикле внутренний цикл выполняет все свои итерации для каждой итерации внешнего цикла.
6. Для того чтобы вычислить общее количество итераций вложенного цикла, следует сложить число итераций всех циклов.
7. Процесс валидации входного значения работает следующим образом: когда пользователь программы вводит недопустимое значение, программа должна спросить: "Вы уверены, что хотели ввести именно это?". Если пользователь отвечает "да", то программа должна принять данные.

Короткий ответ

1. Что такое цикл с условием повторения?
2. Что такое цикл со счетчиком повторений?
3. Что такое бесконечный цикл? Напишите программный код для бесконечного цикла.
4. Почему соответствующая инициализация накапливающих переменных имеет критически важное значение?
5. В чем преимущество применения сигнальной метки?
6. Почему значение, применяемое в качестве сигнальной метки, следует тщательно отбирать?
7. Что означает выражение "мусор войдет, мусор выйдет"?
8. Дайте общее описание процесса валидации входных данных.

Алгоритмический тренажер

1. Напишите цикл `while`, который позволяет пользователю ввести число. Число должно быть умножено на 10, и результат присвоен переменной с именем `product`. Цикл должен повторяться до тех пор, пока `product` меньше 100.
2. Напишите цикл `while`, который просит пользователя ввести два числа. Числа должны быть сложены, и показана сумма. Цикл должен запрашивать у пользователя, желает ли он выполнить операцию еще раз. Если да, то цикл должен повториться, в противном случае он должен завершиться.

3. Напишите цикл `for`, который выводит приведенный ниже ряд чисел:

   `0, 10, 20, 30, 40, 50, ..., 1000`

4. Напишите цикл, который просит пользователя ввести число. Цикл должен выполнить 10 итераций и вести учет нарастающего итога введенных чисел.

5. Напишите цикл, который вычисляет сумму приведенного ниже числового ряда:

$$\frac{1}{30}+\frac{2}{29}+\frac{3}{28}+...+\frac{30}{1}.$$

6. Перепишите приведенные ниже инструкции с использованием операторов расширенного присваивания.

   а) `x = x + 1;`

   б) `x = x * 2;`

   в) `x = x / 10;`

   г) `x = x - 100.`

7. Напишите серию вложенных циклов, которые выводят 10 строк символов `#`. В каждой строке должно быть 15 символов `#`.

8. Напишите программный код, который предлагает пользователю ввести положительное ненулевое число и выполняет проверку допустимости входного значения.

9. Напишите программный код, который предлагает пользователю ввести число в диапазоне от 1 до 100 и проверяет допустимость введенного значения.

Упражнения по программированию

1. **Сборщик ошибок.** Сборщик ошибок собирает ошибки каждый день в течение пяти дней. Напишите программу, которая ведет учет нарастающего итога ошибок, собранных в течение пяти дней. Цикл должен запрашивать количество ошибок, собираемых в течение каждого дня, и когда цикл завершается, программа должна вывести общее количество собранных ошибок.



Видеозапись "Задача о сборщике ошибок" (Bug Collector Problem)

2. **Сожженные калории.** Бег на беговой дорожке позволяет сжигать 4,2 калорий в минуту. Напишите программу, которая применяет цикл для вывода количества калорий, сожженных после 10, 15, 20, 25 и 30 минут бега.

3. **Анализ бюджета.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести сумму, выделенную им на один месяц. Затем цикл должен предложить пользователю ввести суммы отдельных статей его расходов за месяц и подсчитать их нарастающим итогом. По завершению цикла программа должна вывести сэкономленную или перерасходованную сумму.

4. **Пройденное расстояние.** Пройденное транспортным средством расстояние можно вычислить следующим образом:

   расстояние = скорость × время.

   Например, если поезд движется со скоростью 90 км/ч в течение трех часов, то пройденное расстояние составит 270 км. Напишите программу, которая запрашивает у пользователя скорость транспортного средства (в км/ч) и количество часов, которое оно двига-

лось. Затем она должна применить цикл для вывода расстояния, пройденного транспортным средством для каждого часа этого периода времени. Вот пример требуемого результата:

```
Какая скорость транспортного средства в км/ч? 40 Enter
Сколько часов оно двигалось? 3 Enter
Час     Пройденное расстояние
--------------------------

1        40
2        80
3       120
```

5. **Средняя толщина слоя дождевых осадков.** Напишите программу, которая применяет вложенные циклы для сбора данных и вычисления средней толщины слоя дождевых осадков за ряд лет. Программа должна сначала запросить количество лет. Внешний цикл будет выполнять одну итерацию для каждого года. Внутренний цикл будет делать двенадцать итераций, одну для каждого месяца. Каждая итерация внутреннего цикла запрашивает у пользователя миллиметры дождевых осадков в течение этого месяца. После всех итераций программа должна вывести количество месяцев, общее количество миллиметров дождевых осадков и среднюю толщину слоя дождевых осадков в месяц в течение всего периода.

6. **Таблица соответствия между градусами Цельсия и градусами Фаренгейта.** Напишите программу, которая выводит таблицу температур по шкале Цельсия от 0 до 20 и их эквиваленты по Фаренгейту. Формула преобразования температуры из шкалы Цельсия в шкалу Фаренгейта:

$$F = \frac{9}{5}C + 32,$$

где F — это температура по шкале Фаренгейта; C — температура по шкале Цельсия. Для вывода этой таблицы ваша программа должна применить цикл.

7. **Мелкая монета для зарплаты.** Напишите программу, которая вычисляет денежную сумму, которую человек заработает в течение периода времени, если в первый день его зарплата составит одну копейку, во второй день две копейки и каждый последующий день будет удваиваться. Программа должна запросить у пользователя количество дней, вывести таблицу, показывающую зарплату за каждый день, и затем показать заработную плату до налоговых и прочих удержаний в конце периода. Итоговый результат должен быть выведен в рублях, а не в количестве копеек.

8. **Сумма чисел.** Напишите программу с циклом, которая просит пользователя ввести ряд положительных чисел. Пользователь должен ввести отрицательное число в качестве сигнала конца числового ряда. После того как все положительные числа будут введены, программа должна вывести их сумму.

9. **Уровень океана.** Допустим, что уровень океана в настоящее время повышается примерно на 1,6 мм в год. С учетом этого создайте приложение, которое выводит количество миллиметров, на которые океан будет подниматься каждый год в течение следующих 25 лет.

10. **Рост платы за обучение.** В некотором университете обучение студента-очника составляет 145 000 рублей в семестр. Было объявлено, что плата за обучение будет повышаться на 3% каждый год в течение следующих 5 лет. Напишите программу с циклом, который выводит плановую сумму за обучение в год (за курс) в течение следующих 5 лет.

11. **Потеря массы.** Если умеренно активный человек будет сокращать свое потребление в калориях на 500 калорий в день, то, как правило, он может похудеть примерно на 1,5 кг в месяц. Напишите программу, которая позволяет пользователю ввести его исходную массу и затем создает и выводит таблицу, показывающую, каким будет его ожидаемая масса в конце каждого месяца в течение следующих 6 месяцев, если он продолжит придерживаться этой диеты.

12. **Вычисление факториала числа.** В математике запись в форме $n!$ обозначает факториал неотрицательного целого числа n. Факториал n — это произведение всех неотрицательных целых чисел от 1 до n. Например,

$$7! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 = 5040$$

и

$$4! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 = 24.$$

Напишите программу, которая позволяет пользователю ввести неотрицательное целое число, а затем применяет цикл для вычисления факториала этого числа и показывает факториал.

13. **Популяция.** Напишите программу, которая предсказывает приблизительный размер популяции организмов. Приложение должно использовать текстовые поля, чтобы дать пользователю ввести стартовое количество организмов, среднесуточное увеличение популяции (как процент) и количество дней, которые организмам будет дано на размножение. Например, допустим, что пользователь вводит приведенные ниже значения:

- стартовое количество: 2;
- среднесуточное увеличение: 30%;
- количество дней для размножения: 10.

Программа должна вывести показанную ниже таблицу данных:

```
День      Популяция
1         2
2         2,6
3         3,38
4         4,394
5         5,7122
6         7,42586
7         9,653619
8         12,5497
9         16,31462
10        21,209
```

14. Напишите программу, которая применяет вложенные циклы для рисования этого узора:

```
*******
******
*****
****
***
**
*
```

15. Напишите программу, которая применяет вложенные циклы для рисования этого узора:

```
##
# #
#  #
#   #
#    #
#     #
```

16. **Черепашья графика: повторение квадратов.** В этой главе вы увидели пример цикла, который рисует квадрат. Напишите программу черепашьей графики, которая применяет вложенные циклы для рисования 100 квадратов, чтобы создать узор, показанный на рис. 4.13.

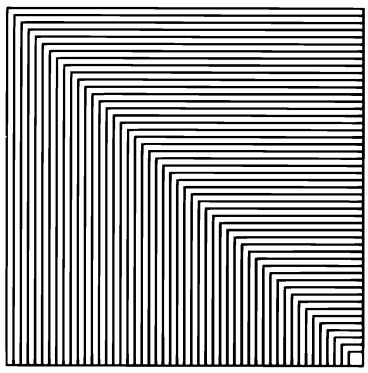


РИС. 4.13. Повторяющиеся квадраты

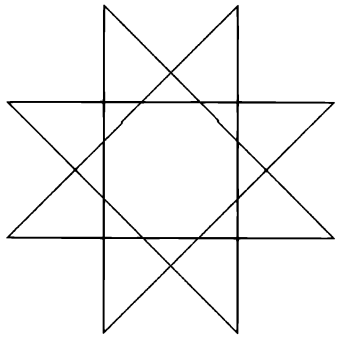


РИС. 4.14. Звездочный узор

17. **Черепашья графика: звездочный узор.** Примените цикл с библиотекой черепашьей графики, чтобы нарисовать узор, показанный на рис. 4.14.
18. **Черепашья графика: гипнотический узор.** Примените цикл с библиотекой черепашьей графики, чтобы нарисовать узор, показанный на рис. 4.15.
19. **Черепашья графика: знак STOP.** В этой главе вы увидели пример цикла, который рисует восьмиугольник. Напишите программу, которая применяет цикл для рисования восьмиугольника со словом STOP, нарисованным в его центре. Знак STOP должен быть центрирован в графическом окне (рис. 4.16).

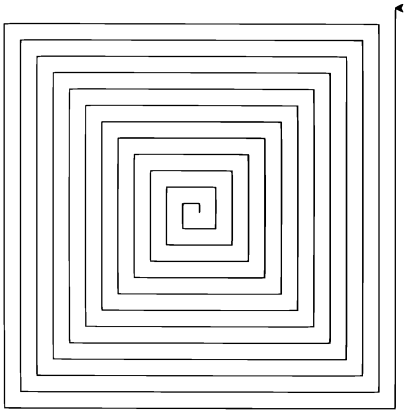


РИС. 4.15. Гипнотический узор

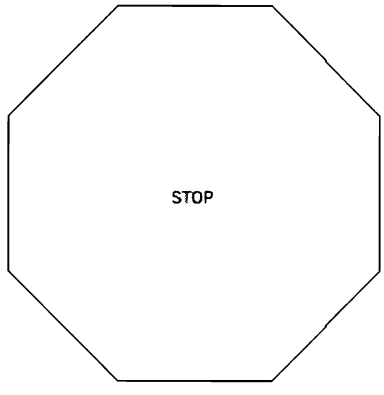


РИС. 4.16. Знак STOP

ГЛАВА 5

Функции

5.1 Введение в функции

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Функция — это группа инструкций, которая существует внутри программы с целью выполнения определенной задачи.

В *главе 2* мы описали простой алгоритм вычисления заработной платы сотрудника. В нем число отработанных часов умножается на почасовую ставку оплаты труда. Между тем, более реалистический алгоритм расчета заработной платы делал бы намного больше, чем этот. В реальном приложении полная задача расчета заработной платы сотрудника состояла бы из нескольких подзадач, в частности:

- получение почасовой ставки оплаты труда сотрудника;
- получение числа отработанных часов;
- расчет заработной платы сотрудника до удержаний;
- расчет оплаты сверхурочных часов;
- расчет налоговых и прочих удержаний;
- расчет чистой заработной платы;
- печать ведомости на получение заработной платы.

Большинство программ выполняет задачи, которые настолько крупные, что их приходится разбивать на несколько подзадач. Поэтому программисты обычно подразделяют свои программы на небольшие приемлемые порции, которые называются функциями. *Функция* — это группа инструкций, которая существует внутри программы с целью выполнения конкретной задачи. Вместо того чтобы писать большую программу как одну длинную последовательность инструкций, программист создает несколько небольших функций, каждая из которых выполняет определенную часть задачи. Эти небольшие функции затем могут быть исполнены в нужном порядке для выполнения общей задачи.

Такой подход иногда называется методом "разделяй и властвуй", потому что большая задача подразделяется на несколько меньших задач, которые легко выполнить. На рис. 5.1 иллюстрируется эта идея путем сравнения двух программ: в одной из них для выполнения задачи используется длинная сложная последовательность инструкций, в другой задача подразделяется на меньшие по объему задачи, каждая из которых выполняется отдельной функцией.

При использовании в программе функций каждая подзадача обычно выносится в собственную функцию. Например, реальная программа расчета заработной платы могла бы иметь такие функции:

- функцию получения почасовой ставки оплаты труда сотрудника;
- функцию получения количества часов;
- функцию расчета заработной платы сотрудника до удержаний;
- функцию расчета оплаты сверхурочных часов;
- функцию расчета налоговых и прочих удержаний;
- функцию расчета чистой заработной платы;
- функцию печати ведомости на получение заработной платы.

Программа, которую пишут так, что каждая подзадача помещается в свою функцию, называется *модуляризованной программой*.

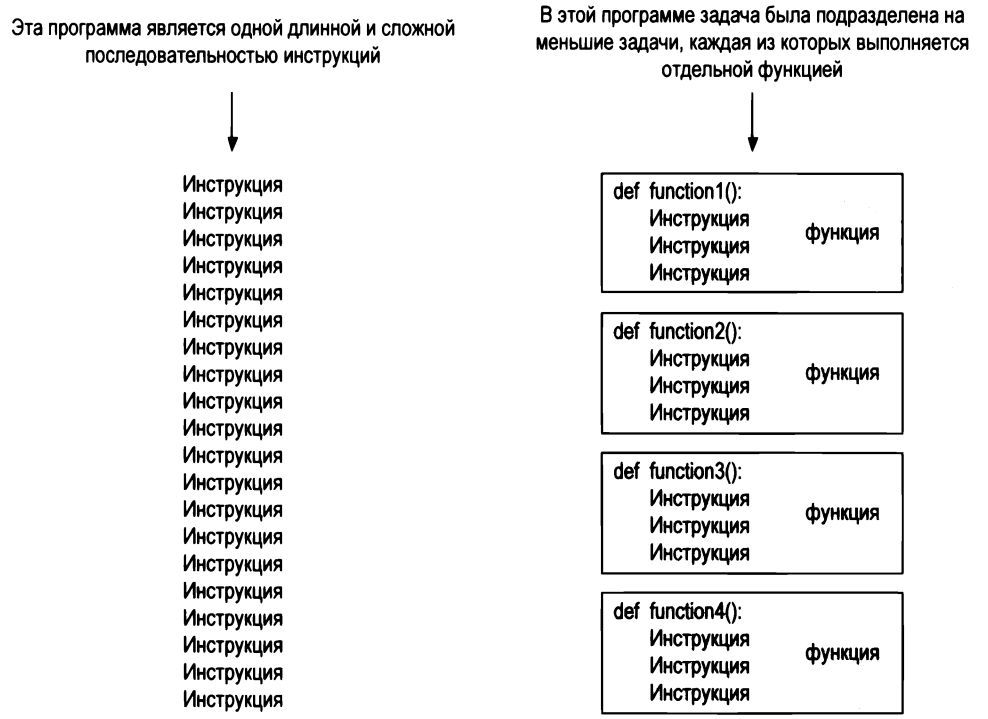


РИС. 5.1. Использование функций для разбиения задачи по методу "разделяй и властвуй"

Преимущества модуляризации программы на основе функций

В результате разбиения программы на функции она получает следующие преимущества.

- **Более простой код.** Когда код программы разбит на функции, он проще и легче для понимания. Несколько небольших функций намного легче читать, чем одну длинную последовательность инструкций.
- **Повторное использование кода.** Функции также уменьшают дублирование программного кода в программе. Если определенная операция в программе выполняется в нескольких местах, то для выполнения этой операции можно один раз написать функцию и

затем ее исполнять в любое время, когда она понадобится. Это преимущество функций называется *повторным использованием кода.*

- **Более простое тестирование.** Когда каждая задача в программе содержится в собственной функции, процессы тестирования и отладки становятся проще. Программисты могут индивидуально протестировать каждую функцию в программе и определить, выполняет ли она свою задачу правильно. Это упрощает процесс изолирования и исправления ошибок.
- **Более быстрая разработка.** Предположим, что программист или команда программистов разрабатывают многочисленные программы. Они обнаруживают, что каждая программа выполняет несколько общих задач, таких как выяснение имени пользователя и пароля, вывод текущего времени и т. д. Многократно писать программный код для всех этих задач не имеет никакого смысла. Вместо этого для часто встречающихся задач пишут функции, и эти функции могут быть включены в состав любой программы, которая в них нуждается.
- **Упрощение командной работы.** Функции также упрощают программистам работу в командах. Когда программа разрабатывается как набор функций, каждая из которых выполняет отдельную задачу, в этом случае разным программистам может быть поручено написание различных функций.

Функции без возврата значения и с возвратом значения

В этой главе вы научитесь писать два типа функций: функции без возврата значения, или пустые функции (void function), и функции с возвратом значения. Когда вызывается *функция без возврата значения*, она просто исполняет содержащиеся в ней инструкции и затем завершается. Когда вызывается *функция с возвратом значения*, она исполняет содержащиеся в ней инструкции и возвращает значение в ту инструкцию, которая ее вызвала. Функция `input` является примером функции с возвратом значения. При вызове функции `input` она получает данные, которые пользователь вводит на клавиатуре, и возвращает эти данные в качестве строкового значения. Функции `int()` и `float()` — тоже примеры функций с возвратом значения. Вы передаете аргумент функции `int()`, и она возвращает значение этого аргумента, преобразованное в целое число. Аналогичным образом вы передаете аргумент функции `float()`, и она возвращает значение этого аргумента, преобразованное в число с плавающей точкой.

Функция без возврата значения — это первый тип функции, которую вы научитесь писать.



Контрольная точка

5.1. Что такое функция?

5.2. Что означает фраза "разделяй и властвуй"?

5.3. Каким образом функции помогают повторно использовать программный код?

5.4. Каким образом функции ускоряют разработку многочисленных программ?

5.5. Каким образом функции упрощают разработку программ командами программистов?

5.2 Определение и вызов функции без возврата значения

Ключевые положения

Программный код функции называется определением функции. Для исполнения функции пишется инструкция, которая ее вызывает.

Прежде чем мы рассмотрим процесс создания и применения функций, следует упомянуть несколько вещей об именах функций. Имена функциям назначаются точно так же, как назначаются имена используемым в программе переменным. Имя функции должно быть достаточно описательным, чтобы любой читающий ваш код мог обоснованно догадаться, что именно функция делает.

Python требует, чтобы вы соблюдали такие же правила, которые вы соблюдаете при именовании переменных:

- в качестве имени функции нельзя использовать одно из ключевых слов Python (см. табл. 1.2 со списком ключевых слов);
- имя функции не может содержать пробелы;
- первый символ должен быть одной из букв от a до z, от A до Z либо символом подчеркивания (_);
- после первого символа можно использовать буквы от a до z или от A до Z, цифры от 0 до 9 либо символы подчеркивания;
- символы в верхнем и нижнем регистрах различаются.

Поскольку функции выполняют действия, большинство программистов предпочитает в именах функций использовать глаголы. Например, функцию, которая вычисляет заработную плату до удержаний, можно было бы назвать `calculate_gross_pay` (рассчитать заработную плату до удержаний). Любому читающему программный код такое имя становится очевидным, что функция что-то вычисляет. И что же она вычисляет? Разумеется, заработную плату до налоговых и прочих удержаний. Другими примерами хороших имен функций будут `get_hours` (получить часы), `get_pay_rate` (получить ставку оплаты труда), `calculate_overtime` (рассчитать сверхурочные), `print_check` (напечатать чек) и т. д. Каждое приведенное выше имя функции дает описание того, что функция делает.

Определение и вызов функции

Видеозапись "Определение и вызов функции" (Defining and Calling a Function)

Для того чтобы создать функцию, пишут ее *определение*. Вот общий формат определения функции в Python:

```
def имя_функции():
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Первая строка называется *заголовком функции*. Он отмечает начало определения функции. Заголовок функции начинается с ключевого слова `def`, после которого идет *имя_функции*, затем круглые скобки и потом двоеточие.

Начиная со следующей строки, идет набор инструкций, который называется блоком. *Блок* — это просто набор инструкций, которые составляют одно целое. Эти инструкции исполняются всякий раз, когда функция вызывается. Обратите внимание, что в приведенном выше общем формате все инструкции в блоке выделены отступом для того, чтобы интерпретатор Python использовал их для определения начала и конца блока.

Давайте обратимся к примеру функции. Следует иметь в виду, что это не полная программа. Мы покажем полный текст программы чуть позже.

```
def message():
    print('Я - Артур,')
    print('король британцев.')
```

Этот фрагмент кода определяет функцию с именем `message`. Она содержит блок с двумя инструкциями. Исполнение функции приведет к исполнению этих инструкций.

Вызов функции

Определение функции говорит о том, что именно функция делает, но оно не исполняет функцию. Для того чтобы функцию исполнить, ее необходимо *вызвать*. Вот как вызывается функция `message`:

```
message()
```

Когда функция вызвана, интерпретатор перескакивает к этой функции и исполняет инструкции в ее блоке. Затем, когда достигнут конец блока, интерпретатор перескакивает назад к той части программы, которая вызвала эту функцию, и программа возобновляет исполнение в этой точке. Когда это происходит, мы говорим, что функция *вернулась*. Для того чтобы полностью продемонстрировать, как работает вызов функции, обратимся к программе 5.1.

Программа 5.1 (function_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует функцию.
2 # Сначала мы определяем функцию с именем message.
3 def message():
4     print('Я - Артур,')
5     print('король британцев.')
6
7 # Вызвать функцию message.
8 message()
```

Вывод программы

```
Я - Артур,
король британцев.
```

Давайте разберем эту программу шаг за шагом и исследуем, что происходит, когда она работает. Сначала интерпретатор игнорирует комментарии, которые появляются в строках 1 и 2. Затем он читает инструкцию `def` в строке 3. Она приводит к тому, что в оперативной памяти создается функция под названием `message` с блоком инструкций в строках 4 и 5. (Напомним, что определение функции создает функцию, но оно не исполняет ее.) Далее интерпретатор встречает комментарий в строке 7, который игнорируется. Затем он исполняет ин-

струкцию в строке 8, которая представляет собой вызов функции. Эта инструкция приводит к исполнению функции `message`, которая печатает две строки выходных значений. На рис. 5.2 проиллюстрированы части этой программы.

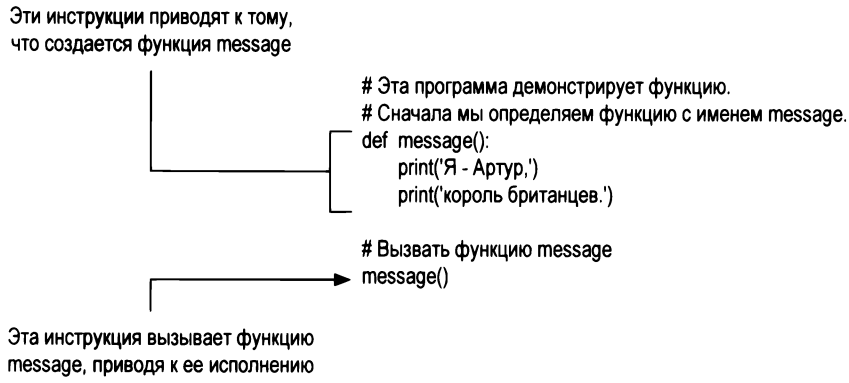


РИС. 5.2. Определение и вызов функции

Программа 5.1 имеет всего одну функцию, однако в коде можно определять много функций. Нередко программа имеет главную функцию `main`, которая вызывается, когда программа запускается. Функция `main` по мере надобности вызывает другие функции. Часто говорится, что функция `main` содержит *стержневую логику* программы, т. е. общую логику программы. В программе 5.2 приведен пример кода с двумя функциями: `main` и `message`.

Программа 5.2 **(two_functions.py)**

```
 1 # Эта программа имеет две функции.
 2 # Сначала мы определяем главную функцию.
 3 def main():
 4     print('У меня для вас известие.')
 5     message()
 6     print('До свидания!')
 7
 8 # Затем мы определяем функцию message.
 9 def message():
10     print('Я - Артур,')
11     print('король британцев.')
12
13 # Вызвать главную функцию
14 main()
```

Вывод программы

```
У меня для вас известие.
Я - Артур,
король британцев.
До свидания!
```

Определение функции `main` расположено в строках 3–6, а определение функции `message` — в строках 9–11. Как показано на рис. 5.3, инструкция в строке 14 вызывает главную функцию `main`.

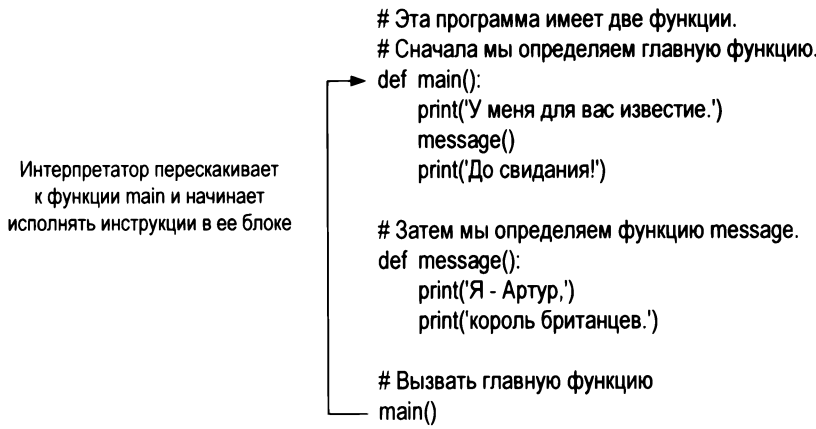


РИС. 5.3. Вызов главной функции

В функции `main` первая инструкция в строке 4 вызывает функцию `print`. Она показывает строковое значение `'У меня для вас известие.'`. Затем инструкция в строке 5 вызывает функцию `message`, и интерпретатор перепрыгивает к функции `message` (рис. 5.4). После того как инструкции в функции `message` исполнены, интерпретатор возвращается в функцию `main` и возобновляет работу инструкцией, которая следует сразу за вызовом функции. Это инструкция, которая показывает строковое значение `'До свидания!'` (рис. 5.5). Как показано на рис. 5.6, это конец функции `main`, поэтому функция возвращается. Инструкций для исполнения больше не осталось, и поэтому программа заканчивается.



ПРИМЕЧАНИЕ

Когда программа вызывает функцию, программисты обычно говорят, что *поток управления* программы передается в эту функцию. Это просто означает, что функция берет исполнение программы под свой контроль.

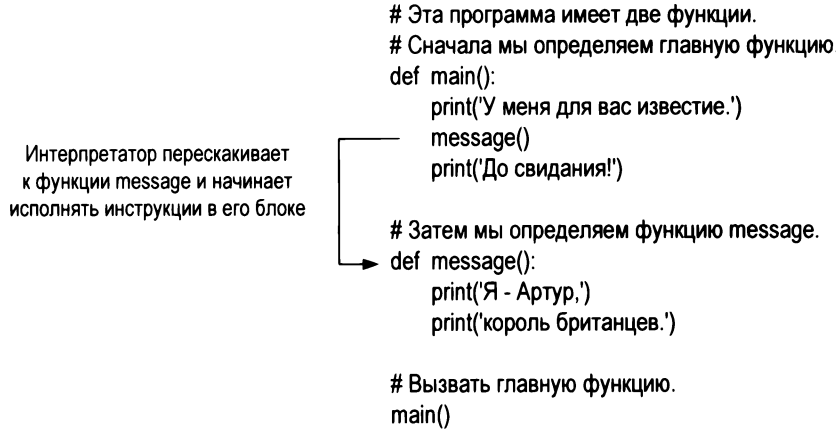


РИС. 5.4. Вызов функции `message`

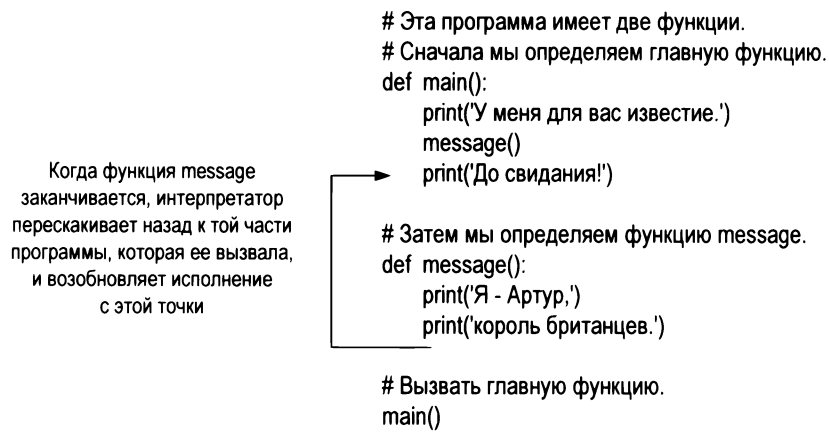


РИС. 5.5. Функция `message` возвращается

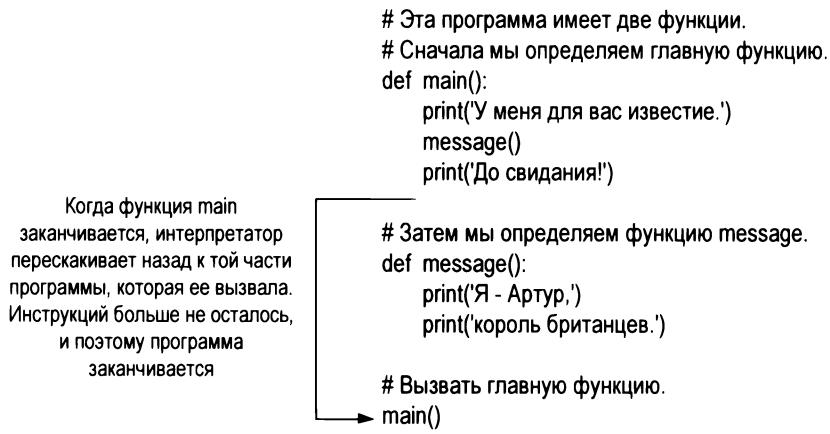


РИС. 5.6. Функция `main` возвращается

Выделение отступом в Python

В Python каждая строка в блоке должна быть выделена отступом. Последняя выделенная отступом строка после заголовка функции является последней строкой в блоке функции (рис. 5.7).

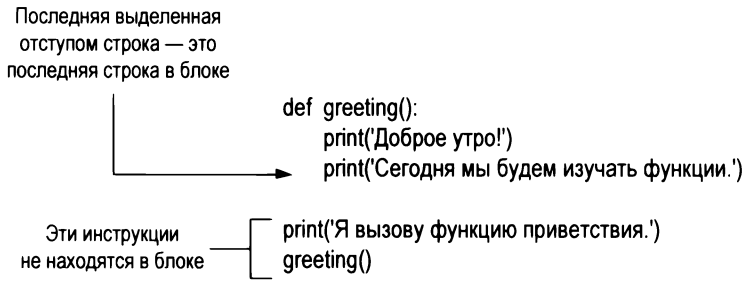


РИС. 5.7. Все инструкции в блоке выделены отступом

Когда строки выделяются отступом, следует убедиться, что каждая строка начинается с одинакового количества пробелов. В противном случае произойдет ошибка. Например, приведенное ниже определение функции вызовет ошибку, потому что все строки выделены разным количеством пробелов:

```
def my_function():
  print('А теперь')
print('что-то совершенно')
   print('другое.')
```

В редакторе существует два способа выделить строку отступом: во-первых, нажатием клавиши <Tab> в начале строки либо, во-вторых, при помощи клавиши <Пробел> для вставки пробелов в начале строки. При выделении строк отступом в блоке можно использовать либо табуляцию, либо пробелы, но не оба способа одновременно. В противном случае это может запутать интерпретатор Python и вызвать ошибку.

Среда IDLE, а также большинство других редакторов Python автоматически выделяют строки блока отступом. При наборе двоеточия в конце заголовка функции все строки, набираемые позже, будут автоматически выделяться отступом. Для того чтобы выйти из автоматического выделения отступом, следует после набора последней строки блока нажать клавишу <Backspace>.



СОВЕТ

Для выделения строк блока отступом программисты Python обычно используют четыре пробела. Вы можете использовать любое количество пробелов по вашему выбору, коль скоро все строки в блоке расположены с соразмерным отступом.



ПРИМЕЧАНИЕ

Пустые строки, которые появляются в блоке, игнорируются.



Контрольная точка

5.6. Из каких двух частей состоит определение функции?

5.7. Что означает фраза "вызвать функцию"?

5.8. Что происходит, когда во время исполнения функции достигнут конец ее блока инструкций?

5.9. Почему необходимо выделять отступом инструкции в блоке?

5.3 Проектирование программы с использованием функций

Ключевые положения

Для разбиения алгоритма на функции программисты обычно пользуются приемом, который называется нисходящей разработкой алгоритма.

Составление блок-схемы программы с использованием функций

В *главе 2* мы представили блок-схемы как инструмент разработки программ. В блок-схеме вызов функции изображается прямоугольником, у которого с каждой стороны имеются вертикальные полосы (рис. 5.8). Имя вызываемой функции пишут на прямоугольнике. Приведенный на рис. 5.8 пример показывает, как представить в блок-схеме вызов функции `message`.



РИС. 5.8. Символ блок-схемы для вызова функции

Программисты, как правило, составляют отдельную блок-схему для каждой функции в программе. Например, на рис. 5.9 показано, как будут изображены функции `main` и `message` в программе 5.2. При составлении блок-схемы функции начальный терминальный символ обычно показывает имя функции, а конечный терминальный символ обычно содержит слово `Возврат`.

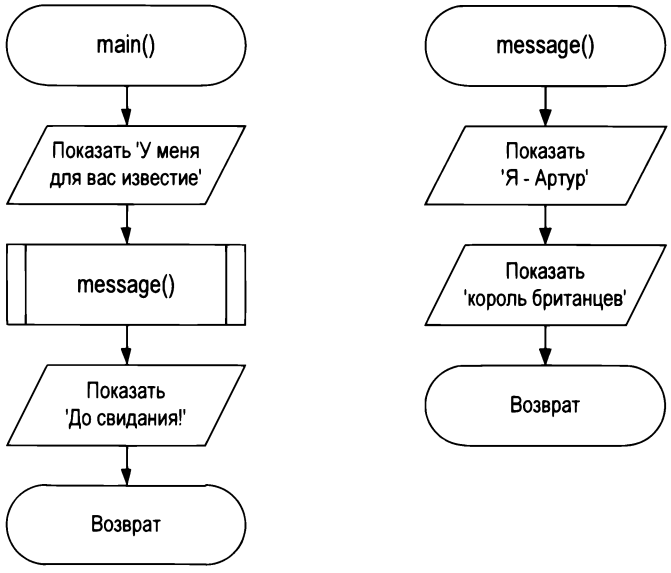


РИС. 5.9. Блок-схема программы 5.2

Нисходящая разработка алгоритма

Мы рассмотрели и продемонстрировали работу функций. Вы увидели, как при вызове функции поток управления программы передается в функцию и затем при завершении функции возвращается в ту часть программы, которая вызвала функцию. В этих механических аспектах функций очень важно хорошо разобраться.

Не меньшее значение, чем понимание того, как работают функции, имеет понимание того, как разрабатывать программу, которая использует функции. Программисты чаще всего применяют метод под названием *нисходящей разработки*, который позволяет разбивать алгоритм на функции. Процесс нисходящей разработки алгоритма выполняется следующим образом:

1. Полная задача, которую должна выполнить программа, разбивается на серию подзадач.
2. Каждая подзадача исследуется с целью установления, можно ли ее разложить дальше на другие подзадачи. Этот шаг повторяется до тех пор, пока больше ни одной подзадачи невозможно идентифицировать.
3. После того как все подзадачи были идентифицированы, их пишут в программном коде.

Этот процесс называется *нисходящей разработкой*, потому что программист начинает с того, что обращается к самому верхнему уровню выполняемых задач и затем разбивает эти задачи на подзадачи более низкого уровня.

Иерархические схемы

Блок-схемы являются хорошими инструментами графического изображения потока логики внутри функции, но они не обеспечивают визуального представления связей между функциями. Для этой цели программисты чаще всего используют иерархические схемы. *Иерархическая схема*, которая также называется *структурной схемой*, показывает каждую функцию в программе в виде прямоугольников. Прямоугольники соединены таким образом, что они иллюстрируют функции, вызываемые каждой функцией. На рис. 5.10 представлен пример иерархической схемы гипотетической программы расчета заработной платы.

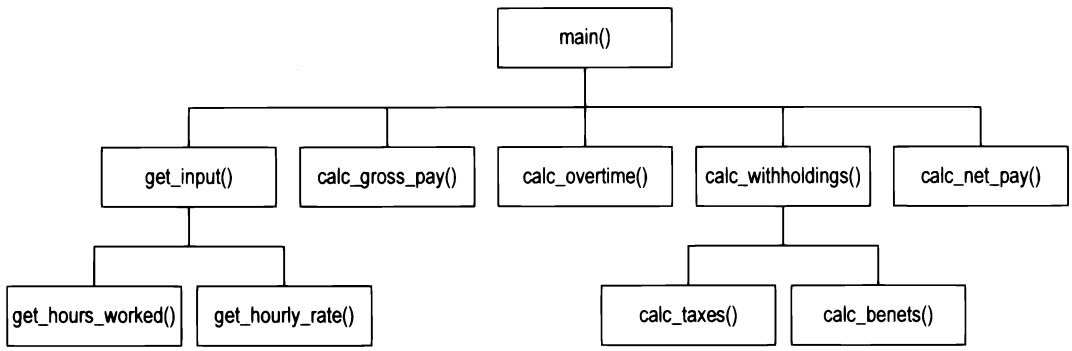


РИС. 5.10. Иерархическая схема

Приведенная на рис. 5.10 схема показывает функцию `main` как самую верхнюю функцию в иерархии. Функция `main` вызывает пять других функций: `get_input` (получить входные данные), `calc_gross_pay` (рассчитать заработную плату до удержаний), `calc_overtime` (рассчитать сверхурочные), `calc_withholdings` (рассчитать удержания) и `calc_net_pay` (рассчитать зарплату на руки). Функция `get_input` вызывает две дополнительные функции: `get_hours_worked` (получить отработанные часы) и `get_hourly_rate` (получить ставку оплаты труда). Функция `calc_withholdings` тоже вызывает две функции: `calc_taxes` (рассчитать налоги) и `calc_benefits` (рассчитать пособия).

Обратите внимание, что иерархическая схема не показывает шаги, которые предпринимаются внутри функции, и поэтому не заменяет блок-схему или псевдокод.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Определение и вызов функций

Компания "Профессиональный техсервис" предлагает услуги по техобслуживанию и ремонту бытовой техники. Владелец компании хочет предоставить каждому техническому специалисту компании небольшой карманный компьютер, который показывает пошаговые инструкции для многих выполняемых ремонтных работ. Для того чтобы увидеть, как это могло бы работать, владелец попросил вас написать программу, которая выводит приведенные ниже инструкции по разборке сушилки белья фирмы Acme:

Шаг 1: отключить сушилку и отодвинуть ее от стены.

Шаг 2: удалить шесть винтов с задней стороны сушилки.

Шаг 3: удалить заднюю панель сушилки.

Шаг 4: вынуть верхний блок сушилки.

Во время вашего интервью с владельцем вы решаете, что программа должна показывать шаги по очереди. Вы решаете, что после того, как выведены все шаги, пользователю будет предложено нажать клавишу <Enter>, чтобы увидеть следующий шаг. Вот алгоритм в псевдокоде:

```
Показать стартовое сообщение с объяснением, что программа делает.
Попросить пользователя нажать <Enter>, чтобы увидеть шаг 1.
Показать инструкции для шага 1.
Попросить пользователя нажать <Enter>, чтобы увидеть следующий шаг.
Показать инструкции для шага 2.
Попросить пользователя нажать <Enter>, чтобы увидеть следующий шаг.
Показать инструкции для шага 3.
Попросить пользователя нажать <Enter>, чтобы увидеть следующий шаг.
Показать инструкции для шага 4.
```

Этот алгоритм перечисляет задачи верхнего уровня, которые программа должна выполнить; они становятся основой главной функции программы. На рис. 5.11 показана структура программы на иерархической схеме.

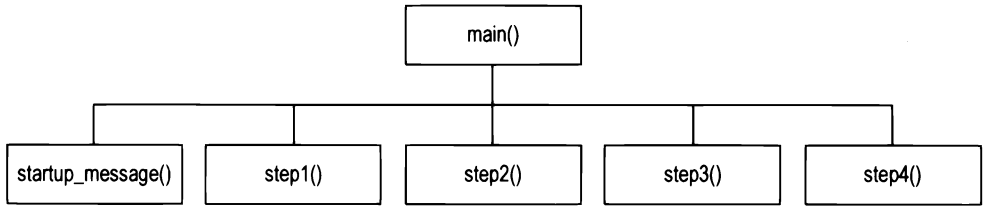


РИС. 5.11. Иерархическая схема программы

Как видно из иерархической схемы, главная функция `main` вызовет несколько других функций. Вот их краткое описание:

- `startup_message` — функция выводит стартовое сообщение, которое говорит техническому специалисту, что именно делает программа;
- `step1` — функция выводит инструкции для шага 1;

- step2 — функция выводит инструкции для шага 2;
- step3 — функция выводит инструкции для шага 3;
- step4 — функция выводит инструкции для шага 4.

Между вызовами этих функций функция main будет подсказывать пользователю нажимать клавишу, чтобы увидеть следующий шаг инструкций. В программе 5.3 приведен соответствующий код.

Программа 5.3 (acme_dryer.py)

```
# Эта программа показывает пошаговые инструкции
# для разборки бельевой сушилки фирмы Acme.
# Главная функция выполняет основную логику программы.
def main():
    # Показать стартовое сообщение.
    startup_message()
    input('Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 1.')
    # Показать шаг 1.
    step1()
    input('Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 2.')
    # Показать шаг 2.
    step2()
    input('Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 3.')
    # Показать шаг 3.
    step3()
    input('Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 4.')
    # Показать шаг 4.
    step4()

# Функция startup_message показывает
# первоначальное сообщение программы на экране.
def startup_message():
    print('Эта программа дает рекомендации')
    print('по разборке бельевой сушилки фирмы ACME.')
    print('Данный процесс состоит из 4 шагов.')
    print()

# Функция step1 показывает инструкции
# для шага 1.
def step1():
    print('Шаг 1: отключить сушилку и')
    print('отодвинуть ее от стены.')
    print()

# Функция step2 показывает инструкции
# для шага 2.
def step2():
    print('Шаг 2: удалить шесть винтов')
```

```
39     print('с задней стороны сушилки.')
40     print()
41
42 # Функция step3 показывает инструкции
43 # для шага 3.
44 def step3():
45     print('Шаг 3: удалить заднюю панель')
46     print('сушилки.')
47     print()
48
49 # Функция step4 показывает инструкции
50 # для шага 4.
51 def step4():
52     print('Шаг 4: вынуть верхний блок')
53     print('сушилки.')
54
55 # Вызвать главную функцию, чтобы начать программу.
56 main()
```

Вывод программы

```
Эта программа дает рекомендации
по разборке бельевой сушилки фирмы ACME.
Данный процесс состоит из 4 шагов.

Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 1. [Enter]
Шаг 1: отключить сушилку и
отодвинуть ее от стены.

Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 2. [Enter]
Шаг 2: удалить шесть винтов
с задней стороны сушилки.

Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 3. [Enter]
Шаг 3: удалить заднюю панель
сушилки.

Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 4. [Enter]
Шаг 4: вынуть верхний блок
сушилки.
```

Приостановка исполнения до тех пор, пока пользователь не нажмет клавишу <Enter>

Иногда требуется приостановить работу программы, чтобы пользователь мог прочесть информацию, которая была выведена на экран. Когда пользователь будет готов к тому, чтобы программа продолжила исполнение, он нажимает клавишу <Enter>, и программа возобнов-

ляет работу. Для того чтобы программа приостановила работу до нажатия клавиши <Enter>, в Python можно применять функцию `input`. Строка 7 в программе 5.3 является таким примером:

```
input('Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 1.')
```

Эта инструкция выводит подсказку `'Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 1.'` и приостанавливает работу до тех пор, пока пользователь не нажмет клавишу <Enter>. Программа использует этот прием повторно в строках 10, 13 и 16.

Использование ключевого слова *pass*

Приступая к написанию программы, вы знаете имена функций, которые планируете использовать, но еще не представляете всех деталей кода, который будет в этих функциях. В этом случае вы можете использовать ключевое слово `pass` для создания пустых функций. Позже, когда детали кода будут известны, вы можете вернуться к пустым функциям и заменить ключевое слово `pass` содержательным кодом.

Например, когда мы писали код для программы 5.3, мы могли бы вначале написать определения пустых функций для функций `step1`, `step2`, `step3` и `step4`, как показано ниже:

```
def step1():
    pass
def step2():
    pass
def step3():
    pass
def step4():
    pass
```

Интерпретатор Python игнорирует ключевое слово `pass`, и в результате этот код создаст четыре функции, которые ничего не делают.



СОВЕТ

Ключевое слово `pass` можно использовать в качестве местозаполнителя в любом месте программного кода Python. Например, его можно использовать в инструкции `if`, как показано ниже:

```
if x > y:
    pass
else:
    pass
```

Вот пример цикла `while`, в котором используется ключевое слово `pass`:

```
while x < 100:
    pass
```

5.4 Локальные переменные

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Локальная переменная создается внутри функции. Инструкции, которые находятся за пределами функции, к ней доступа не имеют. Разные функции могут иметь локальные переменные с одинаковыми именами, потому что функции не видят локальные переменные друг друга.

Всякий раз, когда переменной внутри функции присваивается значение, в результате создается *локальная переменная*. Она принадлежит функции, в которой создается, и к такой переменной могут получать доступ только инструкции в этой функции. (Термин "локальный" указывает на то обстоятельство, что переменная может использоваться лишь локально внутри функции, в которой она создается.)

Если инструкция в одной функции попытается обратиться к локальной переменной, которая принадлежит другой функции, то произойдет ошибка. Например, взгляните на программу 5.4.

Программа 5.4 (bad_local.py)

```
1 # Определение главной функции.
2 def main():
3     get_name()
4     print(f'Привет {name}.')  # Эта инструкция вызовет ошибку!
5
6 # Определение функции get_name.
7 def get_name():
8     name = input('Введите свое имя: ')
9
10 # Вызвать главную функцию.
11 main()
```

В этой программе есть две функции: `main` и `get_name`. В строке 8 переменной `name` присваивается значение, которое вводится пользователем. Эта инструкция находится в функции `get_name`, поэтому переменная `name` является для этой функции локальной. Это означает, что к переменной `name` не могут обращаться инструкции, находящиеся за пределами функции `get_name`.

Функция `main` вызывает функцию `get_name` в строке 3. Затем инструкция в строке 4 пытается обратиться к переменной `name`. Это приводит к ошибке, потому что переменная `name` локальна для функции `get_name`, и инструкции в функции `main` получить к ней доступ не могут.

Область действия и локальные переменные

Область действия переменной — это часть программы, в которой можно обращаться к переменной. Переменная видима только инструкциям в области действия переменной. Областью действия переменной является функция, в которой переменная создается. Как было

продемонстрировано в программе 5.4, никакая инструкция за пределами функции не может обращаться к такой переменной.

К локальной переменной не может обращаться программный код, который появляется внутри функции в точке до того, как переменная была создана. Например, взгляните на приведенную ниже функцию. Она вызовет ошибку, потому что функция `print` пытается обратиться к переменной `val`, но эта инструкция появляется до того, как переменная `val` была создана. Если переместить инструкцию присваивания в строку перед инструкцией `print`, то ошибка будет исправлена.

```
def bad_function():
    print(f'Значение равно {val}.') # Эта инструкция вызовет ошибку!
    val = 99
```

Поскольку локальные переменные функции скрыты от других функций, другие функции могут иметь собственные локальные переменные с одинаковым именем. Например, взгляните на программу 5.5. Помимо функции `main` эта программа имеет две другие функции: `texas` и `california`. В каждой из этих двух функций есть локальная переменная с именем `birds`.

Программа 5.5 (birds.py)

```
1 # Эта программ демонстрирует две функции, которые
2 # имеют локальные переменные с одинаковыми именами.
3
4 def main():
5     # Вызвать функцию texas.
6     texas()
7     # Вызвать функцию california.
8     california()
9
10 # Определение функции texas. Она создает
11 # локальную переменную с именем birds.
12 def texas():
13     birds = 5000
14     print(f'В Техасе обитает {birds} птиц.')
15
16 # Определение функции california. Она тоже
17 # создает локальную переменную с именем birds.
18 def california():
19     birds = 8000
20     print(f'В Калифорнии обитает {birds} птиц.')
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 main()
```

Вывод программы

```
В Техасе обитает 5000 птиц.
В Калифорнии обитает 8000 птиц.
```

Несмотря на то что в этой программе есть две отдельные переменные с именами `birds`, только одна из них видима одномоментно, потому что они находятся в разных функциях. Это проиллюстрировано на рис. 5.12. Когда выполняется функция `texas`, видима та переменная `birds`, которая создается в строке 13. Когда выполняется функция `california`, видима та переменная `birds`, которая создается в строке 19.

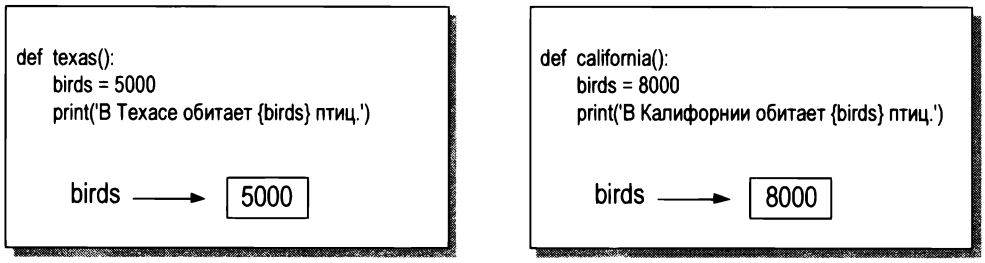


РИС. 5.12. В каждой функции есть собственная переменная `birds`



Контрольная точка

5.10. Что такое локальная переменная? Каким образом ограничивается доступ к локальной переменной?

5.11. Что такое область действия переменной?

5.12. Разрешается ли, чтобы локальная переменная в одной функции имела одинаковое имя, что и у локальной переменной в другой функции?

5.5 Передача аргументов в функцию

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Аргумент — это любая порция данных, которая передается в функцию, когда функция вызывается. Параметр — это переменная, которая получает аргумент, переданный в функцию.



Видеозапись "Передача аргументов в функцию" (Passing Arguments to a Function)

Иногда полезно не только вызвать функцию, но и отправить одну или более порций данных в функцию. Порции данных, которые отправляются в функцию, называются *аргументами*. Функция может использовать свои аргументы в вычислениях или других операциях.

Если требуется, чтобы функция получала аргументы, когда она вызывается, то необходимо оборудовать эту функцию одной или несколькими параметрическими переменными. *Параметрическая переменная*, часто именуемая просто *параметром*, — это специальная переменная, которой присваивается значение аргумента, когда функция вызывается. Вот пример функции с параметрической переменной:

```
def show_double(number):
    result = number * 2
    print(result)
```

Эта функция имеет имя show_double. Ее цель состоит в том, чтобы принять число number в качестве аргумента и показать удвоенное значение этого числа. Взгляните на заголовок функции и обратите внимание на слово number, которое появляется внутри круглых скобок. Это имя параметрической переменной. Ей будет присвоено значение аргумента, когда функция будет вызвана. Программа 5.6 демонстрирует эту функцию в законченной программе.

Программа 5.6 (pass_arg.py)

```
 1 # Это программа демонстрирует аргумент,
 2 # передаваемый в функцию.
 3
 4 def main():
 5     value = 5
 6     show_double(value)
 7
 8 # Функция show_double принимает аргумент
 9 # и показывает его удвоенное значение.
10 def show_double(number):
11     result = number * 2
12     print(result)
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 main()
```

Вывод программы

```
10
```

Когда эта программа выполняется, в строке 15 вызывается функция main. В функции main строка 5 создает локальную переменную с именем value, присваивая ей значение 5. Затем приведенная ниже инструкция в строке 6 вызывает функцию show_double:

```
show_double(value)
```

Обратите внимание, что value появляется в круглых скобках. Это означает, что value передается в функцию show_double в качестве аргумента (рис. 5.13). Во время исполнения этой инструкции будет вызвана функция show_double, и параметру number будет присвоено то же самое значение, что и в переменной value. Это показано на рис. 5.14.

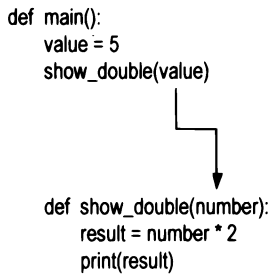


РИС. 5.13. Переменная value передана в качестве аргумента

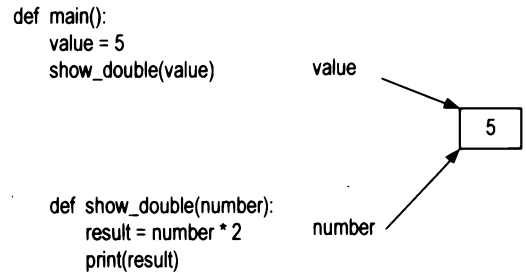


РИС. 5.14. Переменная value и параметр number ссылаются на одно и то же значение

Давайте разберем функцию `show_double` шаг за шагом. Одновременно с этим следует учесть, что параметрической переменной `number` будет присвоено значение, которое было передано ей в качестве аргумента. В программе это число равняется 5.

Строка 11 присваивает локальной переменной с именем `result` значение выражения `number*2`. Поскольку `number` ссылается на значение 5, эта инструкция присваивает результирующей переменной `result` значение 10. Строка 12 показывает переменную `result`.

Приведенная ниже инструкция показывает, как функция `show_double` вызывается с числовым литералом, переданным в качестве аргумента:

```
show_double(50)
```

Эта инструкция исполняет функцию `show_double`, присваивая 50 параметру `number`. Функция `show_double` напечатает 100.

Область действия параметрической переменной

Ранее в этой главе вы узнали, что областью действия переменной является часть программы, в которой можно обращаться к этой переменной. Переменная видима только инструкциям в области действия переменной. Областью действия параметрической переменной является функция, в которой этот параметр используется. К параметрической переменной могут получать доступ все инструкции внутри функции, и ни одна инструкция за пределами этой функции к ней доступ получить не может.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Передача аргумента в функцию

Ваш друг Майкл управляет кейтеринговой компанией. Некоторые ингредиенты, которые необходимы для его рецептов, измеряются в чашках. Однако в продуктовых магазинах эти ингредиенты реализуются только в жидких унциях. Он попросил вас написать простую программу, которая преобразует количество, выраженное в чашках, в количество в жидких унциях.

Вы разрабатываете приведенный ниже алгоритм:

```
Вывести вводный экран, который объясняет, что программа делает.
Получить количество чашек.
Преобразовать количество чашек в жидкие унции и показать результат.
```

Этот алгоритм перечисляет выполняемые программой задачи верхнего уровня, которые становятся основой главной функции программы. На рис. 5.15 показана структура этой программы на иерархической схеме.

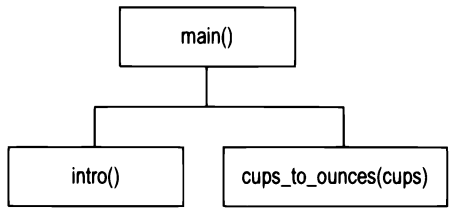


РИС. 5.15. Иерархическая схема программы

Как показано на иерархической схеме, функция `main` вызывает две другие функции.

Вот краткое описание этих функций:

- `intro` — функция будет выводить сообщение на экран с объяснением того, что программа делает;
- `cups_to_ounces` — функция будет принимать в качестве аргумента количество чашек, вычислять и показывать эквивалентное количество жидких унций.

Функция `main` также попросит пользователя ввести количество чашек. Это значение будет передано в функцию `cups_to_ounces`. Соответствующий код представлен в программе 5.7.

Программа 5.7 (cups_to_ounces.py)

```
# Эта программа конвертирует количество чашек в жидкие унции.

def main():
    # Показать вводное окно.
    intro()
    # Получить число чашек.
    cups_needed = int(input('Введите число чашек: '))
    # Конвертировать число чашек в унции.
    cups_to_ounces(cups_needed)

# Функция intro показывает экран-заставку.
def intro():
    print('Эта программа конвертирует замеры')
    print('в чашках в жидкие унции. Для')
    print('справки приводим формулу:')
    print(' 1 чашка = 8 жидких унций')
    print()

# Функция cups_to_ounces принимает число чашек
# и показывает эквивалентное количество унций.
def cups_to_ounces(cups):
    ounces = cups * 8
    print(f'Это число конвертируется в {ounces} унции(й).')

# Вызвать главную функцию.
main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Эта программа конвертирует замеры
в чашках в жидкие унции. Для
справки приводим формулу:
 1 чашка = 8 жидких унций

Введите число чашек: 4 Enter
Это число конвертируется в 32 унции(й).
```

Передача нескольких аргументов

Часто имеет смысл писать функции, которые могут принимать много аргументов. Программа 5.8 содержит функцию show_sum, которая принимает два аргумента, складывает их и показывает сумму.

Программа 5.8 (multiple_args.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует функцию, которая принимает
 2 # два аргумента.
 3
 4 def main():
 5     print('Сумма чисел 12 и 45 равняется')
 6     show_sum(12, 45)
 7
 8 # Функция show_sum принимает два аргумента
 9 # и показывает их сумму.
10 def show_sum(num1, num2):
11     result = num1 + num2
12     print(result)
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 main()
```

Вывод программы

```
Сумма чисел 12 и 45 равняется
57
```

Обратите внимание на присутствие внутри круглых скобок в заголовке функции show_sum двух параметрических переменных с именами num1 и num2. Такое перечисление аргументов часто именуется *списком параметров*. Также обратите внимание, что имена переменных отделены друг от друга запятой.

Инструкция в строке 6 вызывает функцию show_sum и передает два аргумента: 12 и 45. Эти аргументы передаются в соответствующие параметрические переменные функции *по позиции*. Другими словами, первый аргумент передается первой параметрической переменной, второй аргумент — второй параметрической переменной. Поэтому инструкция присваивает 12 параметру num1 и 45 параметру num2 (рис. 5.16).

Предположим, что нам пришлось инвертировать порядок, в котором аргументы перечислены в вызове функции так:

```
show_sum(45, 12)
```

Это приведет к тому, что параметру num1 будет передано 45, параметру num2 передано 12. Приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует еще один пример. На этот раз в качестве аргументов мы передаем переменные.

```
value1 = 2
value2 = 3
show_sum(value1, value2)
```

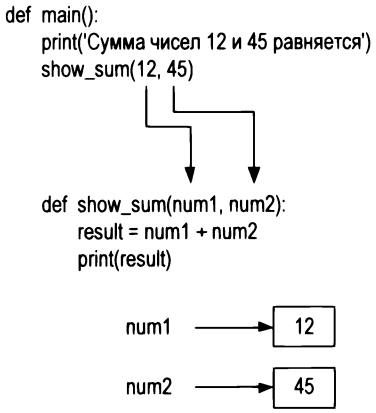


РИС. 5.16. Два аргумента переданы в два параметра

Во время исполнения функции `show_sum` в результате выполнения этого программного кода параметру `num1` будет присвоено значение 2, параметру `num2` — значение 3.

В программе 5.9 приведен еще один пример. В качестве аргументов функции эта программа передает два строковых значения.

Программа 5.9 **(string_args.py)**

```
1 # Эта программа демонстрирует передачу в функцию двух
2 # строковых аргументов.
3
4 def main():
5     first_name = input('Введите свое имя: ')
6     last_name = input('Введите свою фамилию: ')
7     print('Ваше имя в обратном порядке')
8     reverse_name(first_name, last_name)
9
10 def reverse_name(first, last):
11     print(last, first)
12
13 # Вызвать главную функцию.
14 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свое имя: Мэт Enter
Введите свою фамилию: Хойл Enter
Ваше имя в обратном порядке
Хойл Мэт
```

Внесение изменений в параметры

Когда аргумент передается в функцию Python, параметрическая переменная функции будет ссылаться на значение этого аргумента. Однако любые изменения, которые вносятся в пара-

метрическую переменную, не будут влиять на аргумент. Для того чтобы это продемонстрировать, взгляните на программу 5.10.

Программа 5.10 (change_me.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, что происходит, когда вы
2 # изменяете значение параметра.
3
4 def main():
5     value = 99
6     print(f'Значение равно {value}.')
7     change_me(value)
8     print(f'После возвращения в функцию main значение равно {value}.')
9
10 def change_me(arg):
11     print('Я изменяю значение.')
12     arg = 0
13     print(f'Теперь значение равно {arg}.')
14
15 # Вызвать главную функцию.
16 main()
```

Вывод программы

```
Значение равно 99
Я изменяю значение.
Теперь значение равно 0
После возвращения в функцию main значение равно 99
```

В строке 5 функция `main` создает локальную переменную с именем `value`, присваивая ей значение 99. Инструкция в строке 6 показывает `'Значение равно 99'`. Затем в строке 7 переменная `value` передается в качестве аргумента в функцию `change_me`. Это означает, что в функции `change_me` параметр `arg` будет тоже ссылаться на значение 99. Это показано на рис. 5.17.

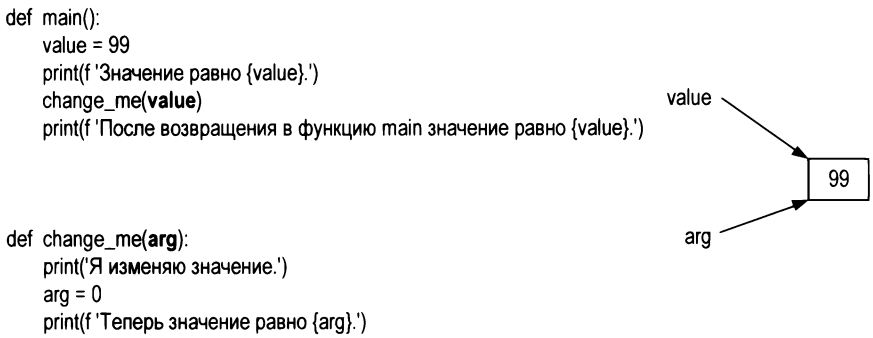


РИС. 5.17. Переменная `value` передается в функцию `change_me`

Внутри функции change_me в строке 12 параметру arg присваивается значение 0. Это повторное присваивание изменяет arg, но оно не влияет на переменную value в функции main.

Как показано на рис. 5.18, эти две переменные теперь ссылаются в оперативной памяти на разные значения. Инструкция в строке 13 показывает 'Теперь значение равно 0', и функция заканчивается.

```
def main():
    value = 99
    print(f 'Значение равно {value}.')
    change_me(value)
    print(f 'После возвращения в функцию main значение равно {value}.')


def change_me(arg):
    print('Я изменяю значение.')
    arg = 0
    print(f 'Теперь значение равно {arg}.')
```

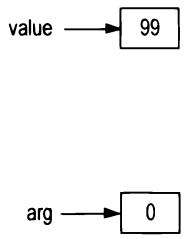


РИС. 5.18. Переменная value передается в функцию change_me. Переменная arg изменена

Поток управления программы теперь возвращается в функцию main. Следующая исполняемая инструкция находится в строке 8. Эта инструкция показывает 'После возвращения в функцию main значение равно 99'. Это доказывает, что хотя в функции change_me параметрическая переменная arg была изменена, аргумент (переменная value в функции main) не изменился.

Используемая в Python форма передачи аргументов, в которой функция не может изменять значение переданного ей аргумента, обычно называется *передачей по значению*. Эта форма показывает, как одна функция может связываться с другой функцией. Между тем канал связи работает только в одном направлении: вызывающая функция может связываться с вызванной функцией, но вызванная функция не может использовать аргумент для связи с вызывающей функцией. Позже в этой главе вы узнаете, как написать функцию, способную связываться с частью программы, которая ее вызвала, путем возврата значения.

Именованные аргументы

Программы 5.8 и 5.9 демонстрируют, как аргументы передаются в параметрические переменные функции по позиции. Большинство языков программирования таким путем сопоставляют аргументы и параметры функции. В дополнение к этой стандартной форме передачи параметров язык Python позволяет писать аргумент в приведенном ниже формате, чтобы указывать, какой параметрической переменной аргумент должен быть передан:

имя_параметра = значение

В таком формате *имя_параметра* — это имя параметрической переменной, а *значение* — значение, передаваемое в этот параметр. Аргумент, написанный в соответствии с этой синтаксической конструкцией, называется *именованным аргументом*.

Программа 5.11 демонстрирует именованные аргументы. Здесь используется функция с именем show_interest, которая показывает сумму простого процентного дохода, накопленного банковским счетом в течение ряда периодов. Функция принимает аргументы

principal (основная сумма на счете), rate (процентная ставка за период) и periods (количество периодов). Когда функция вызывается в строке 7, аргументы передаются как именованные аргументы.

Программа 5.11 (keyword_args.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует именованные аргументы.
2
3 def main():
4     # Показать сумму простого процентного дохода, используя
5     # 0.01 как процентной ставки за период, 10 как количество
6     # периодов и $10 000 как основную сумму на счете.
7     show_interest(rate=0.01, periods=10, principal=10000.0)
8
9 # Функция show_interest показывает сумму простого процентного
10 # дохода для заданной основной суммы, процентной ставки
11 # за период и количество периодов.
12
13 def show_interest(principal, rate, periods):
14     interest = principal * rate * periods
15     print(f'Простой процентный доход составит ${interest:,.2f}')
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()
```

Вывод программы

```
Простой процентный доход составит $1000.00
```

Обратите внимание, что в строке 7 порядок следования именованных аргументов не совпадает с порядком следования параметров в заголовке функции в строке 13. Поскольку именованный аргумент определяет, в какой параметр этот аргумент должен быть передан, его позиция в вызове функции не имеет значения.

В программе 5.12 приведен еще один пример. Это видоизмененная версия программы string_args (см. программу 5.9). Эта версия использует именованные аргументы для вызова функции reverse_name (переставить имя и фамилию).

Программа 5.12 (keyword_string_args.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует передачу в функцию двух
2 # строковых значений в качестве именованных аргументов.
3
4 def main():
5     first_name = input('Введите свое имя: ')
6     last_name = input('Введите свою фамилию: ')
7     print('Ваше имя в обратном порядке')
8     reverse_name(last=last_name, first=first_name)
9
```

```
10 def reverse_name(first, last):
11     print(last, first)
12
13 # Вызвать главную функцию.
14 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свое имя: Мэт Enter
Введите свою фамилию: Хойл Enter
Ваше имя в обратном порядке
Хойл Мэт
```

Смешивание именованных и позиционных аргументов

В вызове функции имеется возможность смешивать позиционные и именованные аргументы, но при этом позиционные аргументы должны стоять первыми, после которых идут именованные аргументы. В противном случае произойдет ошибка. Вот пример того, как можно было бы вызвать функцию `show_interest` в программе 5.10 с помощью позиционных и именованных аргументов:

```
show_interest(10000.0, rate=0.01, periods=10)
```

В этой инструкции первый аргумент, 10 000.0, передается в параметр `principal` по его позиции. Второй и третий аргументы передаются в качестве именованных аргументов. Однако приведенный ниже вызов функции вызовет ошибку, потому что неименованный аргумент следует за именованным:

```
# Это вызовет ОШИБКУ!
show_interest(1000.0, rate=0.01, 10)
```



Контрольная точка

5.13. Как называются порции данных, которые передаются в вызываемую функцию?

5.14. Как называются переменные, которые получают порции данных в вызванной функции?

5.15. Что такое область действия параметрической переменной?

5.16. Влияет ли изменение параметра на аргумент, который был передан в параметр?

5.17. Приведенные ниже инструкции вызывают функцию с именем `show_data`. Какая инструкция передает позиционные аргументы и какая именованные аргументы:

а) `show_data(name='Кэтрин', age=25);`

б) `show_data('Кэтрин', 25)`?

5.6 Глобальные переменные и глобальные константы

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Глобальная переменная доступна для всех функций в программном файле.

Вы узнали, что во время создания переменной при помощи инструкции присваивания внутри функции эта переменная является локальной для этой функции. Следовательно, к ней

могут обращаться только инструкции внутри функции, которая ее создала. Когда переменная создается инструкцией присваивания, написанной за пределами всех функций в программном файле, эта переменная является *глобальной переменной*. К глобальной переменной может обращаться любая инструкция в программном файле, включая инструкции в любой функции. Например, взгляните на программу 5.13.

Программа 5.13 (global1.py)

```
1 # Создать глобальную переменную.
2 my_value = 10
3
4 # Функция show_value печатает
5 # значение глобальной переменной.
6 def show_value():
7     print(my_value)
8
9 # Вызвать функцию show_value.
10 show_value()
```

Вывод программы

```
10
```

Инструкция присваивания в строке 2 создает переменную с именем `my_value`. Поскольку эта инструкция находится за пределами любой функции, она является глобальной. Во время исполнения функции `show_value` инструкция в строке 7 напечатает значение, на которое ссылается переменная `my_value`.

Если нужно, чтобы инструкция внутри функции присваивала значение глобальной переменной, то требуется дополнительный шаг. В этом случае, как показано в программе 5.14, глобальная переменная должна быть объявлена внутри функции.

Программа 5.14 (global2.py)

```
1 # Создать глобальную переменную.
2 number = 0
3
4 def main():
5     global number
6     number = int(input('Введите число: '))
7     show_number()
8
9 def show_number():
10    print(f'Вы ввели число {number}')
11
12 # Вызвать главную функцию.
13 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите число: 55 Enter
Вы ввели число 55
```

Инструкция присваивания в строке 2 создает глобальную переменную с именем `number`. Обратите внимание, что внутри функции `main` строка 5 использует ключевое слово `global`, чтобы объявить переменную `number`. Эта инструкция сообщает интерпретатору, что функция `main` намеревается присвоить значение глобальной переменной `number`. Это как раз то, что происходит в строке 6. Введенное пользователем значение присваивается переменной `number`.

Большинство программистов соглашаются, что следует ограничить использование глобальных переменных либо не использовать их вообще. Причины следующие.

- Глобальные переменные затрудняют отладку программы. Значение глобальной переменной может быть изменено любой инструкцией в программном файле. Если обнаружится, что в глобальной переменной хранится неверное значение, то придется отыскать все инструкции, которые к ней обращаются, чтобы определить, откуда поступает плохое значение. В программе с тысячами строк программного кода такая работа может быть сопряжена с большими трудностями.
- Функции, которые используют глобальные переменные, обычно зависят от этих переменных. Если возникнет необходимость применить такую функцию в другой программе, то скорее всего придется эту функцию перепроектировать, чтобы она не опиралась на глобальную переменную.
- Глобальные переменные затрудняют понимание программы. Глобальная переменная может быть модифицирована любой инструкцией в программе. Если возникнет необходимость разобраться в какой-то части программы, которая использует глобальную переменную, то придется узнать обо всех других частях программы, которые обращаются к этой глобальной переменной.

В большинстве случаев следует создавать переменные локально и передавать их в качестве аргументов в функции, которым нужно к ним обратиться.

Глобальные константы

Хотя вам следует стараться избегать использования глобальных переменных, в программе допускается применение глобальных констант. *Глобальная константа* — это глобальное имя, ссылающееся на значение, которое нельзя изменить. Поскольку значение глобальной константы не может быть изменено во время исполнения программы, вам не придется беспокоиться о многих потенциальных опасностях, которые обычно связаны с использованием глобальных переменных.

Несмотря на то что язык Python не позволяет создавать настоящие глобальные константы, их можно имитировать при помощи глобальных переменных. Если глобальная переменная не объявляется с использованием ключевого слова `global` внутри функции, то присвоенное ей значение невозможно изменить внутри этой функции. В рубрике *"В центре внимания"* продемонстрировано, как глобальные переменные могут применяться в Python для имитирования глобальных констант.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Использование глобальных констант

Мэрилин работает на "Интегрированные системы", компанию-разработчика программного обеспечения, которая имеет хорошую репутацию за превосходные дополнительные пособия

своим сотрудникам. Одним из таких пособий является ежеквартальная премия, которая выплачивается всем сотрудникам. Еще одним пособием является пенсионная программа для каждого сотрудника. Компания вносит 5% заработной платы и премий каждого сотрудника на их пенсионный счет. Мэрилин планирует написать программу, которая вычисляет взнос компании на пенсионный счет сотрудника за год. Она хочет, чтобы программа по отдельности показывала сумму взноса исходя из заработной платы и сумму взноса исходя из премий сотрудника. Вот алгоритм этой программы:

Получить ежегодную заработную плату сотрудника до удержаний.
Получить сумму выплаченных сотруднику премий.
Рассчитать и показать взнос исходя из зарплаты.
Рассчитать и показать взнос исходя из премий.

Соответствующий код приведен в программе 5.15.

Программа 5.15 **(retirement.py)**

```
1 # Программа демонстрирует использование глобальной константы
2 # для представления ставки взноса компании.
3 CONTRIBUTION_RATE = 0.05
4
5 def main():
6     gross_pay = float(input('Введите заработную плату: '))
7     bonus = float(input('Введите сумму премий: '))
8     show_pay_contrib(gross_pay)
9     show_bonus_contrib(bonus)
10
11 # Функция show_pay_contrib принимает заработную
12 # плату в качестве аргумента и показывает взнос
13 # в пенсионные накопления исходя из этого размера оплаты.
14 def show_pay_contrib(gross):
15     contrib = gross * CONTRIBUTION_RATE
16     print(f'Взнос исходя из заработной платы: ${contrib:,.2f}.')
17
18 # Функция show_bonus_contrib принимает сумму премий
19 # в качестве аргумента и показывает взнос
20 # в пенсионное накопление исходя из этой суммы оплаты.
21 def show_bonus_contrib(bonus):
22     contrib = bonus * CONTRIBUTION_RATE
23     print(f'Взнос исходя из суммы премий: ${contrib:,.2f}.')
24
25 # Вызвать главную функцию.
26 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите заработную плату: 80000 Enter
Введите сумму премий: 20000 Enter
Взнос исходя из заработной платы: $4000.00
Взнос исходя из суммы премий: $1000.00
```

Прежде всего, обратите внимание на глобальное объявление в строке 3:

```
CONTRIBUTION_RATE = 0.05
```

`CONTRIBUTION_RATE` будет использоваться в качестве глобальной константы и представлять процентную долю зарплаты сотрудника, которую компания вносит на пенсионный счет. Написание имени константы прописными буквами является общепринятой практикой. Это служит напоминанием о том, что значение, на которое ссылается это имя, в программе не должно изменяться.

Константа `CONTRIBUTION_RATE` используется в расчетах в строке 15 (в функции `show_pay_contrib`) и еще раз в строке 22 (в функции `show_bonus_contrib`).

Мэрилин решила применить эту глобальную константу, чтобы представить 5-процентную ставку взноса по двум причинам:

- это облегчает чтение программы: когда смотришь на расчеты в строках 15 и 22, становится очевидным, что происходит;
- временами ставка взноса изменяется: когда это произойдет в следующий раз, не составит труда обновить программу, изменив инструкцию присваивания в строке 3.



Контрольная точка

5.18. Какова область действия глобальной переменной?

5.19. Приведите одну серьезную причину, почему в программе не следует использовать глобальные переменные.

5.20. Что такое глобальная константа? Допускается ли применение в программе глобальных констант?

5.7 Введение в функции с возвратом значения: генерирование случайных чисел

Ключевые положения

Функция с возвратом значения — это функция, которая возвращает значение обратно в ту часть программы, которая ее вызвала. Python, а также большинство других языков программирования предоставляют библиотеку заранее написанных функций, которые выполняют частые задачи. Эти библиотеки, как правило, содержат функцию, которая генерирует случайные числа.

Вы уже узнали о функциях без возврата значения. Функция без возврата значения — это группа инструкций, которая присутствует в программе с целью выполнения определенной задачи. Когда нужно, чтобы функция выполнила свою задачу, эта функция вызывается. В результате внутри функции исполняются инструкции. Когда функция завершается, поток управления программы возвращается к инструкции, которая располагается сразу после вызова функции.

Функция с возвратом значения — это особый тип функций. Она похожа на функцию без возврата значения следующим образом:

- это группа инструкций, которая выполняет определенную задачу;
- когда нужно выполнить функцию, ее вызывают.

Однако когда функция с возвратом значения завершается, она возвращает значение назад в ту часть программы, которая ее вызвала. Возвращаемое из функции значение используется как любое другое значение: оно может быть присвоено переменной, выведено на экран, использовано в математическом выражении (если оно является числом) и т. д.

Функции стандартной библиотеки и инструкция *import*

Python, а также большинство языков программирования поставляются вместе со *стандартной библиотекой* функций, которые были уже написаны за вас. Эти функции, так называемые *библиотечные функции*, упрощают работу программиста, потому что с их помощью решаются многие задачи. На самом деле, вы уже применяли несколько библиотечных функций Python. Вот некоторые из них: `print`, `input` и `range`. В Python имеется множество других библиотечных функций. Хотя в этой книге мы не сможем охватить их все, тем не менее, мы обсудим библиотечные функции, которые выполняют фундаментальные операции.

Некоторые библиотечные функции Python встроены в интерпретатор Python. Если требуется применить в программе одну из таких встроенных функций, нужно просто вызвать эту функцию. Это относится, например, к функциям `print`, `input`, `range` и другим, с которыми вы уже познакомились. Однако многие функции стандартной библиотеки хранятся в файлах, которые называются *модулями*. Эти модули копируются на ваш компьютер при установке языка Python и помогают систематизировать функции стандартной библиотеки. Например, все функции для выполнения математических операций хранятся вместе в одном модуле, функции для работы с файлами — в другом модуле и т. д.

Для того чтобы вызвать функцию, которая хранится в модуле, нужно вверху программы написать инструкцию импорта `import`. Она сообщает интерпретатору имя модуля, который содержит функцию. Например, один из стандартных модулей Python называется `math`. В нем содержатся различные математические функции, которые работают с числами с плавающей точкой. Если требуется применить в программе какую-либо функцию из модуля `math`, необходимо в начале программы написать инструкцию импорта:

```
import math
```

Эта инструкция приводит к загрузке интерпретатором содержимого математического модуля `math` в оперативную память и в результате все функции модуля `math` становятся доступными в программе.

Поскольку внутреннее устройство библиотечных функций невидимо, многие программисты их рассматривают как *черные ящики*. Термин "черный ящик" используется для описания любого механизма, который принимает нечто на входе, выполняет с полученным на входе некоторую работу (которую невозможно наблюдать) и производит результат на выходе (рис. 5.19).



РИС. 5.19. Библиотечная функция в виде черного ящика

Далее мы продемонстрируем работу функций с возвратом значения, сперва обратившись к функциям стандартной библиотеки, которые генерируют случайные числа, и некоторым интересным программам, которые можно написать на их основе. Затем вы научитесь писать

собственные функции с возвратом значения и создавать свои модули. Последний раздел этой главы возвращается к теме библиотечных функций и обращается к некоторым другим полезным функциям стандартной библиотеки Python.

Генерирование случайных чисел

Случайные числа широко используются в большом количестве различных задач программирования. Далее перечислено всего несколько таких примеров.

- Случайные числа обычно используются в играх. Например, компьютерным играм, которые позволяют игроку подбрасывать игральный кубик, нужны случайные числа для представления значений кубика. Программы, которые раскрывают игральные карты, вынимаемые из перетасованной колоды, используют случайные числа для представления достоинства карт.
- Случайные числа широко применяются в программах имитационного моделирования. В некоторых симуляциях компьютер должен случайным образом решить, как будет вести себя человек, животное, насекомое или другое живое существо. Нередко конструируются формулы, в которых случайное число используется для определения различных действий и событий, происходящих в программе.
- Случайные числа распространены в статистических программах, которые должны случайным образом отбирать данные для анализа.
- Случайные числа обычно используются в компьютерной безопасности для шифрования уязвимых данных.

Python предлагает несколько библиотечных функций для работы со случайными числами. Эти функции хранятся в модуле `random` в стандартной библиотеке. Для того чтобы применить любую из этих функций, сначала вверху программы нужно написать вот эту инструкцию импорта:

```
import random
```

Данная инструкция приводит к загрузке интерпретатором содержимого модуля `random` в оперативную память. В результате все функции модуля `random` становятся доступными в вашей программе[1].

Первая функция генерации случайного числа, которую мы обсудим, называется `randint`. Поскольку функция `randint` находится в модуле `random`, для обращения к ней в нашей программе потребуется применить специальную форму записи через точку. В форме записи через точку именем функции будет `random.randint`. С левой стороны от точки (`.`) расположено имя модуля, с правой стороны — имя функции.

Вот пример вызова функции `randint`:

```
number = random.randint(1, 100)
```

Часть инструкции, которая представлена выражением `random.randint(1, 100)`, является вызовом функции `randint`. Обратите внимание на два аргумента, которые расположены в круглых скобках: 1 и 100. Они поручают функции выдать случайное целое число в диапа-

[1] В Python имеется несколько способов написания инструкции `import`, и каждый вариант работает по-своему. Многие программисты Python соглашаются, что предпочтительным способом импортирования модуля является тот, который представлен в этой книге.

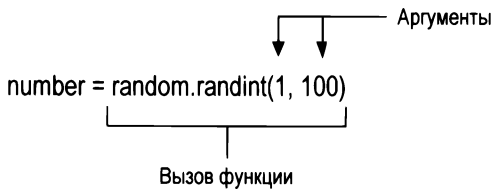


РИС. 5.20. Инструкция, которая вызывает функцию `randint`

зоне от 1 до 100 (оба значения включены в диапазон). На рис. 5.20 проиллюстрирована эта часть инструкции.

Обратите внимание, что вызов к функции `randint` появляется на правой стороне от оператора `=`. Когда функция будет вызвана, она сгенерирует случайное число в диапазоне от 1 до 100 и затем *вернет* его. Возвращенное число будет присвоено переменной `number` (рис. 5.21).

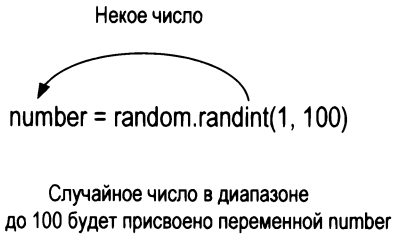


РИС. 5.21. Функция `randint` возвращает значение

В программе 5.16 представлен законченный код, в котором применяется функция `randint`. Инструкция в строке 2 генерирует случайное число в диапазоне от 1 до 10 и присваивает его переменной `number`. (Вывод программы показывает, что было сгенерировано число 7, но это значение случайное. Если бы это была действующая программа, то она могла бы показать любое число от 1 до 10.)

Программа 5.16 (random_numbers.py)

```
1 # Эта программа показывает случайное число
2 # из диапазона от 1 до 10.
3 import random
4
5 def main():
6     # Получить случайное число.
7     number = random.randint(1, 10)
8     # Показать число.
9     print(f'Число равняется {number}.')
10
11 # Вызвать главную функцию.
12 main()
```

Вывод программы

```
Число равняется 7
```

В программе 5.17 показан еще один пример. Здесь используется цикл `for`, выполняющий пять итераций. Внутри цикла инструкция в строке 8 вызывает функцию `randint` для генерации случайного числа из диапазона от 1 до 100.

Программа 5.17 (random_numbers2.py)

```
1 # Эта программа показывает пять случайных
2 # чисел из диапазона от 1 до 100.
3 import random
4
5 def main():
6     for count in range(5):
7         # Получить случайное число.
8         number = random.randint(1, 100)
9         # Показать число.
10        print(number)
11
12 # Вызвать главную функцию.
13 main()
```

Вывод программы

```
89
7
16
41
12
```

Программы 5.16 и 5.17 вызывают функцию `randint` и присваивают возвращаемое ею значение переменной `number`. Если требуется просто показать случайное число, то нет необходимости присваивать случайное число переменной. Можно отправить значение, возвращаемое из функции модуля `random`, непосредственно в функцию `print`:

```
print(random.randint(1, 10))
```

Во время исполнения этой инструкции вызывается функция `randint`. Данная функция генерирует случайное число из диапазона от 1 до 10, которое возвращается и отправляется в функцию `print`. В результате случайное число будет выведено на экран (рис. 5.22).

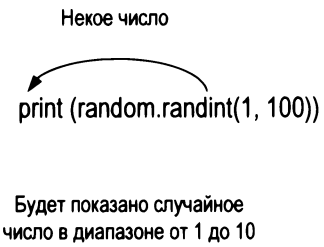


РИС. 5.22. Вывод случайного числа на экран

Программа 5.18 демонстрирует, каким образом можно упростить программу 5.17. Здесь тоже выводятся пять случайных чисел, но они не сохраняются в переменной. В строке 7 возвращаемое из функции `randint` значение отправляется непосредственно в функцию `print`.

Программа 5.18 (random_numbers3.py)

```
1 # Эта программа показывает пять случайных
2 # чисел из диапазона от 1 до 100.
3 import random
4
5 def main():
6     for count in range(5):
7         print(random.randint(1, 100))
8
9 # Вызвать главную функцию.
10 main()
```

Вывод программы

```
89
7
16
41
12
```

Вызов функций из f-строки

Вызов функции можно использовать в качестве местозаполнителя в f-строке. Вот пример:

```
print(f'Число равняется {random.randint(1, 100)}.')
```

Эта инструкция выведет на экран сообщение:

```
Число равняется 58.
```

F-строки особенно полезны, когда необходимо отформатировать результат вызова функции. Например, приведенная ниже инструкция выводит случайное число, выровненное по центру в поле шириной 10 символов:

```
print(f'{random.randint(0, 1000):^10d}')
```

Эксперименты со случайными числами в интерактивном режиме

Для того чтобы почувствовать, как функция `randint` работает с разными аргументами, можно с ней поэкспериментировать в интерактивном режиме. Взгляните на приведенный интерактивный сеанс, который демонстрирует, как это делается. (Для удобства добавлены номера строк.)

```
1 >>> import random Enter
2 >>> random.randint(1, 10) Enter
3 5
```

```
4 >>> random.randint(1, 100) Enter
5 98
6 >>> random.randint(100, 200) Enter
7 181
8 >>>
```

Давайте взглянем на каждую строку в интерактивном сеансе поближе.

- Инструкция в строке 1 импортирует модуль `random`. (В интерактивном режиме необходимо также написать соответствующие инструкции `import`.)
- Инструкция в строке 2 вызывает функцию `randint`, передавая ей 1 и 10 в качестве аргументов. В результате функция возвращает случайное число в диапазоне от 1 до 10, которое выводится в строке 3.
- Инструкция в строке 4 вызывает функцию `randint`, передавая ей в качестве аргументов 1 и 100. В результате функция возвращает случайное число в диапазоне от 1 до 100, которое выводится в строке 5.
- Инструкция в строке 6 вызывает функцию `randint`, передавая ей в качестве аргументов 100 и 200. В результате функция возвращает случайное число в диапазоне от 100 до 200, которое выводится в строке 7.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Использование случайных чисел

Доктор Кимура преподает вводный курс статистики и попросил вас написать программу, которую он мог бы использовать на занятиях для имитации бросания игральных кубиков. Программа должна случайным образом генерировать два числа в диапазоне от 1 до 6 и показывать их. В интервью с доктором Кимура вы выясняете, что он хотел бы использовать программу для имитации нескольких поочередных бросаний кубика. Вот псевдокод программы:

```
До тех пор, пока пользователь хочет бросить кубики:
    Показать случайное число в диапазоне от 1 до 6
    Показать еще одно случайное число в диапазоне от 1 до 6
    Спросить пользователя, хочет ли он бросить кубики еще раз
```

Вы пишете цикл `while`, который имитирует один бросок кубиков и затем спрашивает пользователя, следует ли сделать еще один бросок. Этот цикл повторяется до тех пор, пока пользователь отвечает "да", набирая букву "д". В программе 5.19 приведен соответствующий код.

Программа 5.19 (dice.py)

```
1 # Эта программа имитирует бросание кубиков.
2 import random
3
4 # Константы для минимального и максимального случайных чисел
5 MIN = 1
6 MAX = 6
7
```

```
 8 def main():
 9     # Создать переменную, которая управляет циклом.
10     again = 'д'
11
12     # Имитировать бросание кубиков.
13     while again == 'д' or again == 'Д':
14         print('Бросаем кубики...')
15         print('Значения граней:')
16         print(random.randint(MIN, MAX))
17         print(random.randint(MIN, MAX))
18
19         # Сделать еще один бросок кубиков?
20         again = input('Бросить кубики еще раз? (д = да): ')
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Бросаем кубики...
Значения граней:
3
1
Бросить кубики еще раз? (д = да): д Enter
Бросаем кубики...
Значения граней:
1
1
Бросить кубики еще раз? (д = да): д Enter
Бросаем кубики...
Значения граней:
5
6
Бросить кубики еще раз? (д = да): н Enter
```

Функция `randint` возвращает целочисленное значение, поэтому ее вызов можно записать везде, где используется целое число. Вы уже видели примеры, где возвращаемое из функции значение присваивается переменной или отправляется в функцию `print`. Для того чтобы более наглядно проиллюстрировать этот момент, вот инструкция, которая применяет функцию `randint` в математическом выражении:

```
x = random.randint(1, 10) * 2
```

В этой инструкции генерируется случайное число в диапазоне от 1 до 10 и затем умножается на 2. Результатом является случайное четное число от 2 до 20, которое присваивается переменной `x`. Как продемонстрировано в следующей далее рубрике *"В центре внимания"*, возвращаемое из этой функции значение можно также проверить при помощи инструкции `if`.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Использование случайных чисел для представления других значений

Доктор Кимура был так доволен симулятором бросания кубиков, который вы ему написали, что попросил вас разработать еще одну программу. Он хотел бы иметь симулятор десятикратного поочередного подбрасывания монеты. Всякий раз, когда программа имитирует подбрасывание монеты, она должна случайным образом показывать "орла" или "решку".

Вы решаете, что сможете сымитировать бросание монеты путем генерации случайного числа в диапазоне от 1 до 2. Вы напишете инструкцию `if`, которая показывает "орла", если случайное число равняется 1, или "решку" в противном случае. Соответствующий код приведен в программе 5.20.

Программа 5.20 (coin_toss.py)

```
 1 # Эта программа имитирует 10 бросков монеты.
 2 import random
 3
 4 # Константы.
 5 HEADS = 1      # Орел.
 6 TAILS = 2      # Решка.
 7 TOSSES = 10    # Количество бросков.
 8
 9 def main():
10     for toss in range(TOSSES):
11         # Имитировать бросание монеты.
12         if random.randint(HEADS, TAILS) == HEADS:
13             print('Орел')
14         else:
15             print('Решка')
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()
```

Вывод программы

```
Решка
Решка
Орел
Орел
Решка
Орел
Решка
Орел
Решка
Орел
```

Функции *randrange*, *random* и *uniform*

Модуль `random` стандартной библиотеки содержит многочисленные функции для работы со случайными числами. Помимо функции `randint`, возможно, окажутся полезными функции `randrange`, `random` и `uniform`. (Для того чтобы применить любую из этих функций, необходимо в начале программы написать инструкцию `import random`.)

Если вы помните, как применять функцию `range` (которую мы рассмотрели в *главе 4*), то почувствуете себя непринужденно с функцией `randrange`. Функция `randrange` принимает такие же аргументы, что и функция `range`. Различие состоит в том, что функция `randrange` не возвращает список значений. Вместо этого она возвращает случайно отобранное значение из последовательности значений. Например, приведенная ниже инструкция присваивает переменной `number` случайное число в диапазоне от 0 до 9:

```
number = random.randrange(10)
```

Аргумент 10 задает конечный предел последовательности значений. Функция возвратит случайно отобранное число из последовательности значений от 0 до конечного предела, но исключая сам предел. Приведенная ниже инструкция задает начальное значение и конечный предел последовательности:

```
number = random.randrange(5,10)
```

Во время исполнения этой инструкции случайное число в диапазоне от 5 до 9 будет присвоено переменной `number`. Приведенная ниже инструкция задает начальное значение, конечный предел и величину шага:

```
number = random.randrange(0, 101, 10)
```

В этой инструкции функция `randrange` возвращает случайно отобранное значение из приведенной ниже последовательности чисел:

```
[0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100]
```

Функции `randint` и `randrange` возвращают целое число. А вот функция `random` возвращает случайное число с плавающей точкой. В функцию `random` никаких аргументов не передается. Во время ее вызова она возвращает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 0.0 до 1.0 (но исключая 1.0). Вот пример:

```
number = random.random()
```

Функция `uniform` тоже возвращает случайное число с плавающей точкой, но при этом она позволяет задавать диапазон значений, из которого следует отбирать значения. Вот пример:

```
number = random.uniform(1.0, 10.0)
```

В этой инструкции функция `uniform` возвращает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 1.0 до 10.0 и присваивает его переменной `number`.

Начальные значения случайного числа

Числа, которые генерируются функциями модуля `random`, не являются подлинно случайными. Несмотря на то что мы обычно называем числа случайными, они являются *псевдослучайными* числами, которые вычисляются на основе формулы. Формула, которая генерирует случайные числа, должна быть инициализирована *начальным значением*. Оно используется в вычислении, которое возвращает следующее случайное число в ряду. Когда модуль `random`

импортируется, он получает системное время из внутреннего генератора тактовых импульсов компьютера и использует его как начальное значение. Системное время является целым числом, которое представляет текущую дату и время вплоть до одной сотой секунды.

Если бы всегда использовалось одно и то же начальное значение, то функции генерации случайных чисел всегда бы возвращали один и тот же ряд псевдослучайных чисел. Поскольку системное время меняется каждую сотую долю секунды, можно без опасений утверждать, что всякий раз, когда импортируется модуль `random`, будет сгенерирована отличающаяся последовательность случайных чисел. Вместе с тем могут иметься некоторые приложения, в которых потребуется всегда генерировать одну и ту же последовательность случайных чисел. При необходимости для этого можно вызвать функцию `random.seed`, задав начальное значение. Вот пример:

```
random.seed(10)
```

В этом примере в качестве начального значения задано 10. Если при каждом выполнении программы она вызывает функцию `random.seed`, передавая одинаковое значение в качестве аргумента, то она всегда будет порождать одинаковую последовательность псевдослучайных чисел. Взгляните на приведенные ниже интерактивные сеансы. (Для удобства добавлены номера строк.)

```
 1 >>> import random Enter
 2 >>> random.seed(10) Enter
 3 >>> random.randint(1, 100) Enter
 4 58
 5 >>> random.randint(1, 100) Enter
 6 43
 7 >>> random.randint(1, 100) Enter
 8 58
 9 >>> random.randint(1, 100) Enter
10 21
11 >>>
```

В строке 1 мы импортируем модуль `random`. В строке 2 мы вызываем функцию `random.seed`, передав 10 в качестве начального значения. В строках 3, 5, 7 и 9 мы вызываем функцию `random.randint`, чтобы получить псевдослучайные числа из диапазона от 1 до 100. Как видите, функция выдала числа 58, 43, 58 и 21. Если запустить новый интерактивный сеанс и повторить эти инструкции, то мы получим ту же самую последовательность псевдослучайных чисел, как показано ниже:

```
 1 >>> import random Enter
 2 >>> random.seed(10) Enter
 3 >>> random.randint(1, 100) Enter
 4 58
 5 >>> random.randint(1, 100) Enter
 6 43
 7 >>> random.randint(1, 100) Enter
 8 58
 9 >>> random.randint(1, 100) Enter
10 21
11 >>>
```



Контрольная точка

5.21. Чем отличается функция с возвратом значения от функций без возврата значения?

5.22. Что такое библиотечная функция?

5.23. Почему библиотечные функции похожи на "черные ящики"?

5.24. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
x = random.randint(1, 100)
```

5.25. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
print(random.randint(1, 20))
```

5.26. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
print(random.random(10, 20))
```

5.27. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
print(random.random())
```

5.28. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
print(random.uniform(0.1, 0.5))
```

5.29. Для чего импортированный модуль `random` при генерации случайных чисел использует начальное значение?

5.30. Что произойдет, если для генерации случайных чисел всегда использовать одинаковое начальное значение?

5.8 Написание функций с возвратом значения

Ключевые положения

Функция с возвратом значения имеет инструкцию `return`, которая возвращает значение в ту часть программы, которая ее вызвала.



Видеозапись "Написание функций с возвратом значений" (Writing a Value-Returning Function)

Функцию с возвратом значения пишут точно так же, как и функцию без возврата значения, но с одним исключением: функция с возвратом значения должна иметь инструкцию `return`. Вот общий формат определения функции с возвратом значения в Python:

```
def имя_функции():
    инструкция
    инструкция
    ...
    return выражение
```

Одной из инструкций в функции должна быть инструкция `return`, которая принимает приведенную ниже форму:

```
return выражение
```

Значение *выражения*, которое следует за ключевым словом `return`, будет отправлено в ту часть программы, которая вызвала функцию. Это может быть любое значение, переменная либо выражение, которые имеют значение (к примеру, математическое выражение).

Вот простой пример функции с возвратом значения:

```
def sum(num1, num2):
    result = num 1 + num 2
    return result
```

На рис. 5.23 показаны различные части функции.

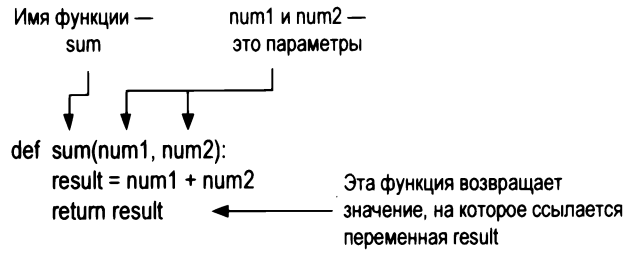


РИС. 5.23. Составные части функции

Задача этой функции состоит в том, чтобы принять два целочисленных значения в качестве аргументов и вернуть их сумму. Рассмотрим ее работу. Первая инструкция в блоке функции присваивает значение `num1 + num2` переменной `result`. Затем исполняется инструкция `return`, которая приводит к завершению исполнения функции и отправляет значение, на которое ссылается переменная `result`, назад в ту часть программы, которая вызвала эту функцию. Программа 5.21 демонстрирует эту функцию.

Программа 5.21 (total_ages.py)

```
 1 # Эта программа использует возвращаемое значение функции.
 2
 3 def main():
 4     # Получить возраст пользователя.
 5     first_age = int(input('Введите свой возраст: '))
 6
 7     # Получить возраст лучшего друга пользователя.
 8     second_age = int(input("Введите возраст своего лучшего друга: "))
 9
10     # Получить сумму обоих возрастов.
11     total = sum(first_age, second_age)
12
13     # Показать общий возраст.
14     print(f'Вместе вам {total} лет.')
15
16 # Функция sum принимает два числовых аргумента
17 # и возвращает сумму этих аргументов.
```

```
18 def sum(num1, num2):
19     result = num1 + num2
20     return result
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой возраст: 22 Enter
Введите возраст своего лучшего друга: 24 Enter
Вместе вам 46 лет.
```

В функции `main` программа получает от пользователя два значения и сохраняет их в переменных `first_age` и `second_age`. Инструкция в строке 11 вызывает функцию `sum`, передавая `first_age` и `second_age` в качестве аргументов. Значение, которое возвращается из функции `sum`, присваивается переменной `total`. В данном случае функция вернет 46. На рис. 5.24 показано, как аргументы передаются в функцию и как значение возвращается назад из функции.

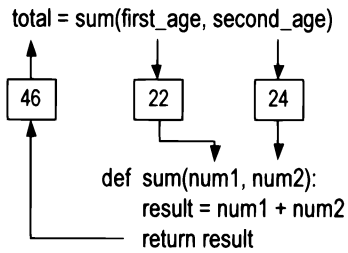


РИС. 5.24. Аргументы передаются в функцию `sum`, а затем возвращается значение

Использование инструкции *return* по максимуму

Взгляните еще раз на функцию `sum`, представленную в программе 5.21:

```
def sum(num1, num2):
    result = num 1 + num 2
    return result
```

Обратите внимание, что внутри этой функции происходят две вещи: во-первых, переменной `result` присваивается значение выражения `num1 + num2`, и во-вторых, значение переменной `result` возвращается. Хотя эта функция хорошо справляется с поставленной перед ней задачей, ее можно упростить. Поскольку инструкция `return` возвращает значение выражения, переменную `result` можно устранить и переписать функцию так:

```
def sum(num1, num2):
    return num 1 + num 2
```

Эта версия функции не сохраняет значение `num1 + num2` в переменной. Вместо этого она сразу возвращает значение выражения с помощью инструкции `return`. Эта версия функции делает то же самое, что и предыдущая версия, но только за один шаг.

Как использовать функции с возвратом значения?

Функции с возвратом значения предоставляют многие из тех же преимуществ, что имеются у функций без возврата значения: они упрощают программный код, уменьшают дублирование кода, улучшают ваши возможности по тестированию кода, увеличивают скорость разработки и способствуют совместной работе в команде.

Поскольку функции с возвратом значения возвращают значение, они могут быть полезными. Например, можно использовать такую функцию для запроса у пользователя входных данных, и затем она может вернуть введенное пользователем значение. Предположим, что вас попросили разработать программу, которая вычисляет отпускную цену товара в розничной торговле. Для того чтобы это сделать, программе потребуется получить от пользователя обычную цену товара. Вот функция, которую можно было бы определить для этой цели:

```
def get_regular_price():
    price = float(input("Введите обычную цену товара: "))
    return price
```

Затем в другом месте программы эту функцию можно вызвать:

```
# Получить обычную цену товара.
reg_price = get_regular_price()
```

Во время исполнения этой инструкции вызывается функция `get_regular_price`, которая получает значение от пользователя и возвращает его. Это значение затем присваивается переменной `reg_price`.

Такие функции можно применять для упрощения сложных математических выражений. Например, вычисление отпускной цены товара на первый взгляд выглядит простой задачей: вычисляется скидка, которая затем вычитается из обычной цены. Однако, как показано в приведенном далее примере, инструкция, выполняющая эти расчеты в программе, не такая простая. (Допустим, что `DISCOUNT_PERCENTAGE` — это глобальная константа, которая определена в программе, и она задает процент скидки.)

```
sale_price = reg_price - (reg_price * DISCOUNT_PERCENTAGE)
```

С первого взгляда видно, что эту инструкцию трудно понять, потому что она выполняет очень много шагов: она вычисляет сумму скидки, вычитает ее значение из обычной цены `reg_price` и присваивает результат переменной `sale_price`. Данную инструкцию можно упростить, вычленив часть математического выражения и поместив ее в функцию. Вот функция с именем `discount`, которая принимает в качестве аргумента цену товара и возвращает сумму скидки:

```
def discount(price):
    return price * DISCOUNT_PERCENTAGE
```

Затем эту функцию можно вызывать в своих расчетах:

```
sale_price = reg_price - discount(reg_price)
```

Эта инструкция читается легче, чем показанная ранее, и становится понятнее, что из обычной цены вычитается скидка. В программе 5.22 показан законченный код вычисления отпускной цены с использованием функций, которые были только что описаны.

Программа 5.22 (sale_price.py)

```
1 # Эта программа вычисляет отпускную цену
2 # розничного товара.
3
4 # DISCOUNT_PERCENTAGE используется в качестве
5 # глобальной константы для процента скидки.
6 DISCOUNT_PERCENTAGE = 0.20
7
8 # Главная функция.
9 def main():
10     # Получить обычную цену товара.
11     reg_price = get_regular_price()
12
13     # Рассчитать отпускную цену.
14     sale_price = reg_price - discount(reg_price)
15
16     # Показать отпускную цену.
17     print(f'Отпускная цена составляет ${sale_price:,.2f}.')
18
19 # Функция get_regular_price предлагает пользователю
20 # ввести обычную цену товара и возвращает
21 # это значение.
22 def get_regular_price():
23     price = float(input("Введите обычную цену товара: "))
24     return price
25
26 # Функция discount принимает цену товара в качестве
27 # аргумента и возвращает сумму скидки,
28 # указанную в DISCOUNT_PERCENTAGE.
39 def discount(price):
30     return price * DISCOUNT_PERCENTAGE
31
32 # Вызвать главную функцию.
33 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите обычную цену товара: 100 Enter
Отпускная цена составляет $80.00
```

Использование таблиц "ввод-обработка-вывод"

Таблица "ввод-обработка-вывод" является простым, но эффективным инструментом, который программисты иногда используют для разработки и документирования функций. Такая таблица описывает ввод, обработку и вывод функции. Эти элементы обычно размещаются в столбцах: столбец "Ввод" описывает данные, которые передаются в функцию в качестве

аргументов; столбец "Обработка" показывает описание процесса, который функция выполняет; столбец "Вывод" описывает данные, которые возвращаются из функции. Например, на рис. 5.25 показана такая таблица для функций `get_regular_price` и `discount`, которые вы видели в программе 5.22.

Для функции get_regular_price		
Ввод	Обработка	Вывод
Отсутствует	Предлагает пользователю ввести розничную цену товара	Розничная цена товара

Для функции discount		
Ввод	Обработка	Вывод
Розничная цена товара	Вычисляет товарную скидку путем умножения розничной цены на глобальную константу	Товарная скидка

РИС. 5.25. Таблицы "ввод-обработка-вывод" для функций `get_regular_price` и `discount`

Обратите внимание, что таблицы "ввод-обработка-вывод" дают лишь краткие описания входных данных, процесса обработки и выходных данных функции и не показывают конкретные шаги, предпринимаемые в функции. Во многих случаях, однако, таблицы "ввод-обработка-вывод" содержат достаточный объем информации и поэтому могут использоваться вместо блок-схем. Решение об использовании таблицы "ввод-обработка-вывод", блок-схемы либо обоих инструментов часто оставляется на личное усмотрение программиста.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Модуляризация функций

Хал владеет предприятием под названием "Создай свою музыку", которая продает гитары, барабаны, банджо, синтезаторы и другие музыкальные инструменты. Сотрудники отдела продаж работают строго на комиссионном вознаграждении. В конце месяца комиссионные каждого продавца вычисляются согласно табл. 5.1.

Таблица 5.1. Ставки комиссионного вознаграждения

Продажи в этом месяце, долларов	Ставка комиссионных, %
Меньше 10 000	10
10 000–14 999	12
15 000–17 999	14
18 000–21 999	16
22 000 или больше	18

Например, продавец с месячными продажами в размере 16 000 долларов заработает 14-процентные комиссионные (2240 долларов). Другой продавец с месячными продажами 18 000 долларов заработает 16-процентные комиссионные (2880 долларов). Человек с продажами в 30 000 долларов заработает 18-процентные комиссионные (5400 долларов).

Поскольку персонал получает выплату один раз в месяц, Хал позволяет каждому сотруднику брать до 2000 долларов в месяц авансом. Когда комиссионные с продаж рассчитаны, авансовая выплата каждому сотруднику вычитается из его комиссионных. Если комиссионные какого-либо продавца оказываются меньше суммы авансовой выплаты, то он должен возместить Халу разницу. Для вычисления месячной выплаты продавцу Хал использует формулу:

выплата = продажи × ставка комиссионных – выплата авансом.

Хал попросил вас написать программу, которая делает эти расчеты за него. Приведенный ниже общий алгоритм дает краткое описание шагов, которые должна делать программа.

Получить месячные продажи продавца.
Получить сумму авансовой выплаты.
Применить сумму месячных продаж для определения ставки комиссионных.
Рассчитать выплату продавцу с использованием ранее показанной формулы. Если сумма отрицательная, то указать, что продавец должен возместить компании разницу.

В программе 5.23 представлен соответствующий код, который написан с использованием нескольких функций. Вместо представления сразу всей программы, давайте сначала исследуем главную функцию `main` и затем каждую функцию в отдельности.

Программа 5.23 (commission_rate.py). Главная функция

```
1 # Эта программа вычисляет выплату продавцу
2 # в компании 'Создай свою музыку'.
3 def main():
4     # Получить сумму продаж.
5     sales = get_sales()
6
7     # Получить сумму авансовой оплаты.
8     advanced_pay = get_advanced_pay()
9
10    # Определить ставку комиссионных.
11    comm_rate = determine_comm_rate(sales)
12
13    # Рассчитать оплату.
14    pay = sales * comm_rate - advanced_pay
15
16    # Показать сумму выплаты.
17    print(f'Выплата составляет ${pay:,.2f}.')
18
19    # Определить, является ли выплата отрицательной.
20    if pay < 0:
21        print('Продавец должен возместить разницу')
22        print('компании.')
23
```

Строка 5 вызывает функцию `get_sales`, которая получает от пользователя сумму продаж и возвращает это значение. Возвращенное из функции значение присваивается переменной `sales`. Строка 8 вызывает функцию `get_advanced_pay`, которая получает от пользователя

сумму авансовой выплаты и возвращает это значение. Возвращенное из функции значение присваивается переменной advanced_pay.

Строка 11 вызывает функцию determine_comm_rate, передавая sales в качестве аргумента. Эта функция возвращает ставку комиссионных для суммы продаж. Это значение присваивается переменной comm_rate. Строка 14 вычисляет сумму выплаты, а затем строка 17 показывает эту сумму. Инструкция if в строках 20–22 определяет, является ли выплата отрицательной, и если это так, то выводит сообщение, указывающее, что продавец должен возместить компании разницу. Следующим идет определение функции get_sales.

Программа 5.23 (*продолжение*). **Функция get_sales**

```
24 # Функция get_sales получает от пользователя
25 # месячные продажи продавца и возвращает это значение.
26 def get_sales():
27     # Получить сумму месячных продаж.
28     monthly_sales = float(input('Введите сумму месячных продаж: '))
29
30     # Вернуть введенную сумму.
31     return monthly_sales
32
```

Задача функции get_sales состоит в том, чтобы предложить пользователю ввести сумму продаж продавца и вернуть эту сумму. Строка 28 предлагает пользователю ввести сумму продаж и сохраняет введенное пользователем значение в переменной для месячных продаж monthly_sales. Строка 31 возвращает эту сумму в переменную monthly_sales. Далее идет определение функции get_advanced_pay.

Программа 5.23 (*продолжение*). **Функция get_advanced_pay**

```
33 # Функция get_advanced_pay получает сумму
34 # авансовой выплаты конкретному продавцу
35 # и возвращает эту сумму.
36 def get_advanced_pay():
37     # Получить сумму авансовой выплаты.
38     print('Введите сумму авансовой выплаты либо')
39     print('введите 0, если такой выплаты не было.')
40     advanced = float(input('Авансовая выплата: '))
41
42     # Вернуть введенную сумму.
43     return advanced
44
```

Задача функции get_advanced_pay состоит в том, чтобы предложить пользователю ввести сумму авансовой выплаты продавцу и вернуть эту сумму. Строки 38 и 39 просят пользователя ввести сумму авансовой выплаты (либо 0, если такая выплата не была предоставлена). Строка 40 получает введенное пользователем значение и сохраняет его в переменной

advanced. Строка 43 возвращает сумму в переменную для авансового платежа advanced. Определение функции determine_comm_rate идет следующим.

Программа 5.23 (*окончание*). **Функция determine_comm_rate**

```
45 # Функция determine_comm_rate принимает сумму продаж
46 # в качестве аргумента и возвращает подходящую
47 # ставку комиссионных.
48 def determine_comm_rate(sales):
49     # Определить ставку комиссионных.
50     if sales < 10000.00:
51         rate = 0.10
52     elif sales >= 10000 and sales <= 14999.99:
53         rate = 0.12
54     elif sales >= 15000 and sales <= 17999.99:
55         rate = 0.14
56     elif sales >= 18000 and sales <= 21999.99:
57         rate = 0.16
58     else:
59         rate = 0.18
60
61     # Вернуть ставку комиссионных.
62     return rate
```

Функция determine_comm_rate принимает сумму продаж в качестве аргумента и возвращает соответствующую этой сумме продаж ставку комиссионных. Инструкция if-elif-else в строках 50–59 проверяет параметр sales и присваивает правильное значение локальной переменной rate. Строка 62 возвращает значение локальной переменной rate.

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите сумму месячных продаж: 14650
Введите сумму авансовой выплаты либо
введите 0, если такой выплаты не было.
Авансовая выплата: 1000
Выплата составляет $758.00
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите сумму месячных продаж: 9000
Введите сумму авансовой выплаты либо
введите 0, если такой выплаты не было.
Авансовая выплата: 0
Выплата составляет $900.00
```

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите сумму месячных продаж: 12000
Введите сумму авансовой выплаты либо
введите 0, если такой выплаты не было.
```

```
Авансовая выплата: 2000
Выплата составляет $-560.00
Продавец должен возместить разницу
компании.
```

Возвращение строковых значений

До сих пор вы видели примеры функций, которые возвращали только числовые значения. Помимо этого имеется возможность писать функции, которые возвращают строковые значения. Например, приведенная ниже функция предлагает пользователю ввести свое имя и затем возвращает введенное пользователем строковое значение:

```
def get_name():
    # Получить имя пользователя.
    name = input('Введите свое имя: ')
    # Вернуть имя.
    return name
```

Функция также может возвращать f-строку. В этом случае интерпретатор Python вычислит любые заполнители и спецификаторы формата, содержащиеся в f-строке, и вернет отформатированный результат. Вот пример:

```
def dollar_format(value):
    return f'${value:,.2f}'
```

Цель функции `dollar_format` состоит в том, чтобы принять числовое значение в качестве аргумента и вернуть строку, содержащую это значение в формате суммы в долларах. Например, если мы передадим функции значение с плавающей точкой 89.578, она вернет строковое значение `'$89.58'`.

Возвращение булевых значений

Python позволяет писать *булевы функции*, которые возвращают либо истину (`True`), либо ложь (`False`). Булеву функцию можно применять для проверки условия и затем возвращения значения `True` либо `False`, которые будут сигнализировать о наличии либо отсутствии условия. Булевы функции широко применяются для упрощения сложных условий, которые проверяются в структурах принятия решения и структурах с повторением.

Например, предположим, что вы разрабатываете программу, которая будет просить пользователя ввести число и затем определять, является ли это число четным или нечетным. Приведенный ниже фрагмент кода показывает, как это можно определить:

```
number = int(input('Введите число: '))
if (number % 2) == 0:
    print('Это число четное.')
else:
    print('Это число нечетное.')
```

Рассмотрим булево выражение, которое проверяется приведенной ниже инструкцией `if-else`:

```
(number % 2) == 0
```

Это выражение использует оператор %, который был представлен в *главе 2*. Он называется оператором остатка. Он делит два числа и возвращает остаток от деления. Так, в этом фрагменте кода если остаток от деления числа number на 2 равняется 0, то следует показать сообщение о том, что число четное, в противном случае показать сообщение, что число нечетное.

Поскольку деление четного числа на 2 всегда будет давать в остатке 0, эта логика будет работать. Этот фрагмент кода будет легче понять, если его переписать так, чтобы при четном числе показывать сообщение, что оно четное, и в противном случае показать сообщение, что оно нечетное. Как оказалось, это можно сделать при помощи булевой функции. В данном примере можно написать булеву функцию is_even, которая принимает число в качестве аргумента и возвращает True, если число четное, либо False в противном случае. Ниже приведен программный код для такой функции:

```
def is_even(number):
    # Определить, является ли число четным. Если это так,
    # то присвоить переменной status значение True.
    # В противном случае присвоить ей значение False.
    if (number % 2) == 0:
        status = True
    else:
        status = False
    # Вернуть значение переменной status.
    return status
```

Затем можно переписать инструкцию if-else, чтобы она для определения четности переменной number вызывала функцию is_even:

```
number = int(input('Ввести число: '))
if is_even(number):
    print('Это число четное.')
else:
    print('Это число нечетное.')
```

Эту логику не только легче понять, но и теперь есть функция, которую можно вызывать в программе всякий раз, когда необходимо проверить четность числа[1].

Использование булевых функций в программном коде валидации входных данных

Булевы функции можно также использовать для упрощения сложного кода валидации входных данных. Предположим, что вы пишете программу, предлагающую пользователю ввести номер модели изделия, которая должна принимать только значения 100, 200 и 300. Вы можете разработать алгоритм ввода данных следующим образом:

```
# Получить номер модели.
model = int(input('Введите номер модели: '))
```

[1] Создание функций, реализующих такую *простую* логику, не всегда является оптимальным решением задачи, т. к. это увеличивает размер кода и затрачивает время на вызов функции и возврат обратно результата, что может сказаться на производительности программы. — *Прим. ред.*

```
# Проверить допустимость номера модели.
while model != 100 and model != 200 and model != 300:
    print('Допустимыми номерами моделей являются 100, 200 и 300.')
    model = int(input('Введите допустимый номер модели: '))
```

Цикл валидации использует длинное составное булево выражение, который будет повторяться до тех пор, пока `model` не равняется 100 *и* `model` не равняется 200, *и* `model` не равняется 300. Это логическое построение будет работать. Вместе с тем цикл валидации можно упростить, написав булеву функцию проверки переменной `model` и вызывая эту функцию в цикле. Например, предположим, что вы передаете переменную `model` в функцию `is_invalid`, которую напишете. Функция возвращает `True`, если модель недопустима, либо `False` в противном случае. Тогда цикл валидации можно переписать следующим образом:

```
# Проверить допустимость номера модели.
while is_invalid(model):
    print('Допустимыми номерами моделей являются 100, 200 и 300.')
    model = int(input('Введите допустимый номер модели: '))
```

После этого изменения цикл становится легче читать. Теперь вполне очевидно, что цикл повторяется до тех пор, пока номер модели недопустим. Приведенный ниже фрагмент кода показывает, как можно было бы написать функцию `is_invalid`. Она принимает номер модели в качестве аргумента, и если аргумент не равен 100, и аргумент не равен 200, и аргумент не равен 300, то эта функция возвращает `True`, говоря, что он недопустимый. В противном случае функция возвращает `False`.

```
def is_invalid(mod_num):
    if mod_num != 100 and mod_num != 200 and mod_num != 300:
        status = True
    else:
        status = False
    return status
```

Возвращение нескольких значений

Примеры функций с возвратом значения, которые мы до сих пор рассматривали, возвращают единственное значение. Однако в Python вы не ограничены таким вариантом. Как показано в приведенном ниже общем формате, после инструкции `return` можно определять несколько выражений, разделенных запятыми:

```
return выражение1, выражение2, ...
```

В качестве примера взгляните на приведенное ниже определение функции с именем `get_name`. Она предлагает пользователю ввести свои имя и фамилию. Эти данные сохраняются в двух локальных переменных: `first` и `last`. Инструкция `return` возвращает обе переменные.

```
def get_name():
    # Получить имя и фамилию пользователя.
    first = input('Введите свое имя: ')
    last = input('Введите свою фамилию: ')
    # Вернуть оба значения.
    return first, last
```

Во время вызова этой функции в инструкции присваивания на левой стороне от оператора = следует использовать две переменные. Вот пример:

```
first_name, last_name = get_name()
```

Значения, указанные в инструкции return, присваиваются переменным в том порядке, в каком они появляются, с левой стороны от оператора =. После исполнения этой инструкции значение переменной first будет присвоено переменной first_name, а значение переменной last — переменной last_name. Количество переменных с левой стороны от оператора = должно совпадать с количеством значений, возвращаемых функцией. В противном случае произойдет ошибка.

Возвращение встроенного значения *None*

Python имеет специальное встроенное значение None, которое используется для указания, что значение отсутствует. Бывает полезно возвращать из функции значение None, чтобы просигнализировать о произошедшей ошибке. Например, рассмотрим следующую функцию:

```
def divide(num1, num2):
    return num1 / num2
```

Функция divide принимает два аргумента, num1 и num2, и возвращает результат num1, разделенный на num2. Однако ошибка возникнет, если num2 равен нулю, поскольку деление на ноль невозможно. В целях предотвращения аварийного отказа программы мы можем изменить функцию и выполнять проверку на равенство num2 нулю перед исполнением операции деления. Если num2 равно 0, то мы просто возвращаем None. Вот модифицированный программный код:

```
def divide(num1, num2):
    if num2 == 0:
        result = None
    else:
        result = num1 / num2
    return result
```

Программа 5.24 демонстрирует вызов функции divide и использование возвращаемого ею значения для проверки на наличие ошибки.

Программа 5.24 (none_demo.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует ключевое слово None.
 2
 3 def main():
 4     # Получить от пользователя два числа.
 4     num1 = int(input('Введите число: '))
 6     num2 = int(input('Введите еще одно число: '))
 7
 8     # Вызвать функцию деления divide.
 9     quotient = divide(num1, num2)
10
```

```
    # Вывести результат на экран.
    if quotient is None:
        print('Деление на ноль невозможно.')
    else:
        print(f'{num1} поделить на {num2} равняется {quotient}.')

# Функция divide делит num1 на num2 и возвращает
# результат. Если num2 равно 0, то указанная функция
# возвращает None.
def divide(num1, num2):
    if num2 == 0:
        result = None
    else:
        result = num1 / num2
    return result

# Исполнить главную программу.
main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите число: 10 Enter
Введите еще одно число: 0 Enter
Деление на ноль невозможно.
```

Давайте рассмотрим главную функцию подробнее. Строки 5 и 6 получают от пользователя два числа. Строка 9 вызывает функцию `divide`, передавая два числа в качестве аргументов. Возвращаемое функцией значение присваивается переменной `quotient`. Инструкция `if` в строке 12 определяет, равна ли переменная `quotient` значению `None`. Если это так, то в строке 13 на экран выводится сообщение `'Деление на ноль невозможно.'`. В противном случае в строке 15 на экран выводится результат деления. Обратите внимание, что в инструкции `if` в строке 12 не используется оператор `==`. Вместо него применяется оператор `is`, как показано ниже:

```
if quotient is None:
```

При выполнении проверки, что переменная установлена равной значению `None`, вместо оператора `==` лучше использовать оператор `is`. В некоторых сложных обстоятельствах (которые мы не рассматриваем в этой книге) сравнения `== None` и `is None` не дают одинакового результата. Поэтому при сравнении переменной с `None` следует всегда использовать оператор `is`. Если вы хотите определить, что переменная не содержит значение `None`, то нужно использовать оператор `is not`. Например:

```
if value is not None:
```

Эта инструкция будет проверять, что переменная `value` не содержит значение `None`.



Контрольная точка

5.31. Какова задача инструкции `return` в функции?

5.32. Взгляните на приведенное ниже определение функции:

```
def do_something(number):
    return number * 2
```

а) Как называется функция?

б) Что функция делает?

в) Что покажет приведенная ниже инструкция с учетом данного определения функции?

```
print(do_something(10))
```

5.33. Что такое булева функция?

5.9 Математический модуль *math*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Математический модуль `math` стандартной библиотеки Python содержит многочисленные функции для использования в математических расчетах.

Математический модуль `math` стандартной библиотеки Python содержит многочисленные функции, которые широко применяются для выполнения математических операций. В табл. 5.2 приведен ряд функций из модуля `math`. Эти функции, как правило, в качестве аргументов принимают одно или несколько значений, выполняют математическую операцию с использованием этих аргументов и возвращают результат. (Все перечисленные в табл. 5.2 функции возвращают вещественное значение `float`, за исключением функций `ceil` и `floor`, которые возвращают целочисленные значения `int`.) Например, одна из функций называется `sqrt`. Она принимает аргумент и возвращает квадратный корень из аргумента. Вот пример ее использования:

```
result = math.sqrt(16)
```

Эта инструкция вызывает функцию `sqrt`, передавая 16 в качестве аргумента. Данная функция возвращает квадратный корень из 16, который затем присваивается результирующей переменной `result`. Программа 5.25 демонстрирует функцию `sqrt`. Обратите внимание на инструкцию `import math` в строке 2. Ее следует писать в любой программе, которая использует модуль `math`.

Таблица 5.2. Функции из модуля `math`

Функция модуля `math`	Описание
`acos(x)`	Возвращает арккосинус числа `x`, заданного в радианах
`asin(x)`	Возвращает арксинус числа `x`, заданного в радианах
`atan(x)`	Возвращает арктангенс числа `x`, заданного в радианах

Таблица 5.2 *(окончание)*

Функция модуля `math`	Описание
`ceil(x)`	Возвращает самое малое целое, которое больше или равно `x`
`cos(x)`	Возвращает косинус числа `x` в радианах
`degrees(x)`	Допустим, что `x` — это угол в радианах, тогда данная функция возвращает угол, преобразованный в градусы
`exp(x)`	Возвращает e^x
`floor(x)`	Возвращает самое большое целое число, которое меньше или равно `x`
`hypot(x, y)`	Возвращает длину гипотенузы, которая проходит из (0, 0) в (`x`, `y`)
`log(x)`	Возвращает натуральный логарифм числа `x`
`log10(x)`	Возвращает логарифм по основанию 10 числа `x`
`radians(x)`	Допустим, что `x` — это угол в градусах, тогда данная функция возвращает угол, преобразованный в радианы
`sin(x)`	Возвращает синус `x` в радианах
`sqrt(x)`	Возвращает квадратный корень из `x`
`tan(x)`	Возвращает тангенс `x` в радианах

Программа 5.25 **(square_root.py)**

```
 1 # Эта программа демонстрирует функцию sqrt.
 2 import math
 3
 4 def main():
 5     # Получить число.
 6     number = float(input('Введите число: '))
 7
 8     # Получить квадратный корень числа.
 9     square_root = math.sqrt(number)
10
11     # Показать квадратный корень.
12     print(f'Квадратный корень из {number} составляет {square_root}.')
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите число: 25 Enter
Квадратный корень из 25.0 составляет 5.0.
```

В программе 5.26 показан еще один пример, который использует математический модуль `math`. Здесь применяется функция `hypot` для вычисления длины гипотенузы прямоугольного треугольника.

Программа 5.26 (hypotenuse.py)

```
1 # Эта программа вычисляет длину гипотенузы
2 # прямоугольного треугольника.
3 import math
4
5 def main():
6     # Получить длину двух сторон треугольника.
7     a = float(input('Введите длину стороны A: '))
8     b = float(input('Введите длину стороны B: '))
9
10    # Вычислить длину гипотенузы.
11    c = math.hypot(a, b)
12
13    # Показать длину гипотенузы.
14    print(f'Длина гипотенузы составляет {c}.')
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите длину стороны A: 5.0 Enter
Введите длину стороны B: 12.0 Enter
Длина гипотенузы составляет 13.0.
```

Значения *math.pi* и *math.e*

Математический модуль `math` также определяет две переменные, `pi` и `e`, которым присвоены математические значения констант π (3.14159265) и e (2.71828). Эти переменные можно применять в уравнениях, которые требуют их значений. Например, приведенная ниже инструкция, вычисляющая площадь круга, использует `pi`. (Обратите внимание, что для обращения к данной переменной применяется форма записи через точку.)

```
area = math.pi * radius**2
```



Контрольная точка

5.34. Какую инструкцию `import` необходимо написать в программе, в которой используется математический модуль `math`?

5.35. Напишите инструкцию, которая применяет функцию модуля `math` для получения квадратного корня из 100 и присваивает его значение переменной.

5.36. Напишите инструкцию, которая применяет функцию модуля `math` для преобразования 45° в радианы и присваивает значение переменной.

5.10 Хранение функций в модулях

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Модуль — это файл, который содержит программный код Python. Большие программы проще отлаживать и поддерживать, когда они подразделены на модули.

По мере того как ваши программы становятся все больше и сложнее, потребность в упорядочении программного кода возрастает. Вы уже узнали, что большая и сложная программа должна быть разделена на функции, каждая из которых выполняет определенную задачу. По мере того как вы пишете в программе все больше и больше функций, вам следует рассмотреть возможность упорядочения функций путем их сохранения в модулях.

Модуль — это всего лишь файл, который содержит программный код Python. Когда вы разбиваете программу на модули, каждый модуль должен содержать функции, которые выполняют взаимосвязанные задачи. Предположим, что вы разрабатываете систему бухгалтерского учета. Вы будете хранить все функции дебиторской задолженности в отдельном модуле, все функции кредиторской задолженности в их собственном модуле и все функции расчета заработной платы в другом модуле. Этот подход, именуемый *модуляризацией*, облегчает понимание, тестирование и поддержку программы.

Модули также позволяют повторно использовать одинаковый программный код в более чем одной программе. Если вы написали набор функций, которые требуются в нескольких разных программах, то можно поместить эти функции в модуль, а затем импортировать модуль в любую программу, в которой требуется вызов одной из таких функций.

Рассмотрим простой пример. Предположим, что ваш преподаватель попросил вас написать программу, которая вычисляет:

- площадь круга;
- длину окружности;
- площадь прямоугольника;
- периметр прямоугольника.

Очевидно, что в этой программе требуются две категории вычислений: связанные с кругами и с прямоугольниками. Вы могли бы написать все функции, связанные с кругом, в одном модуле и функции, связанные с прямоугольником, в другом. В программе 5.27 представлен модуль `circle`. Он содержит два определения функций: `area` (возвращает площадь круга) и `circumference` (возвращает длину окружности).

Программа 5.27 (circle.py)

```
1 # Модуль circle содержит функции, которые выполняют
2 # вычисления, связанные с кругами.
3 import math
4
5 # Функция area принимает радиус круга в качестве
6 # аргумента и возвращает площадь круга.
7 def area(radius):
8     return math.pi * radius**2
9
```

```
# Функция circumference принимает радиус круга
# и возвращает длину окружности.
def circumference(radius):
    return 2 * math.pi * radius
```

В программе 5.28 представлен модуль `rectangle`. Он содержит два определения функций: `area` (возвращает площадь прямоугольника) и `perimeter` (возвращает периметр прямоугольника).

Программа 5.28 (rectangle.py)

```
# Модуль rectangle содержит функции, которые выполняют
# вычисления, связанные с прямоугольниками.

# Функция area принимает ширину и длину прямоугольника
# в качестве аргументов и возвращает площадь прямоугольника.
def area(width, length):
    return width * length

# Функция perimeter принимает ширину и длину прямоугольника
# в качестве аргументов и возвращает периметр
# прямоугольника.
def perimeter(width, length):
    return 2 * (width + length)
```

Обратите внимание, что оба этих файла содержат лишь *определения функций* и не содержат программный код, который эти функции вызывает. Это будет сделано программой или программами, которые будут эти модули импортировать.

Прежде чем продолжить, следует сделать замечание об именах модулей:

- имя файла модуля должно заканчиваться на .py, иначе его не получится импортировать в другие программы;
- имя модуля не должно совпадать с ключевым словом Python. Например, если дать модулю имя `for`, то произойдет ошибка.

Для того чтобы применить эти модули в программе, их импортируют при помощи инструкции `import`. Например, вот как надо импортировать модуль `circle`:

```
import circle
```

Когда интерпретатор Python прочитает эту инструкцию, он будет искать файл circle.py в той же папке, что и программа, которая пытается его импортировать. Если он этот файл найдет, то загрузит его в оперативную память. Если не найдет, то произойдет ошибка[1].

[1] В действительности интерпретатор Python устроен так, что, когда он не находит модуль в папке программы, он производит поиск в других предопределенных местах операционной системы. Если вы решите узнать о расширенных функциональных возможностях Python, то можете выяснить, как задавать места, в которых интерпретатор осуществляет поиск модулей.

После импортирования модуля можно вызывать его функции. Допустим, что `radius` — это переменная, которой присвоен радиус круга; тогда вызов функций `area` и `circumference` будет следующим:

```
my_area = circle.area(radius)
my_circum = circle.circumference(radius)
```

В программе 5.29 показан законченный код, в котором используются эти модули.

Программа 5.29 (geometry.py)

```
# Эта программа позволяет пользователю выбирать различные
# геометрические вычисления из меню.
# Программа импортирует модули circle и rectangle.
import circle
import rectangle

# Константы для элементов меню.
AREA_CIRCLE_CHOICE = 1
CIRCUMFERENCE_CHOICE = 2
AREA_RECTANGLE_CHOICE = 3
PERIMETER_RECTANGLE_CHOICE = 4
QUIT_CHOICE = 5

# Главная функция.
def main():
    # Переменная choice управляет циклом
    # и содержит вариант выбора пользователя.
    choice = 0

    while choice != QUIT_CHOICE:
        # Показать меню.
        display_menu()

        # Получить вариант выбора пользователя.
        choice = int(input('Выберите вариант: '))

        # Выполнить выбранное действие.
        if choice == AREA_CIRCLE_CHOICE:
            radius = float(input("Введите радиус круга: "))
            print('Площадь равна', circle.area(radius))
        elif choice == CIRCUMFERENCE_CHOICE:
            radius = float(input("Введите радиус круга: "))
            print('Длина окружности равна',
                  circle.circumference(radius))
        elif choice == AREA_RECTANGLE_CHOICE:
            width = float(input("Введите ширину прямоугольника: "))
            length = float(input("Введите длину прямоугольника: "))
            print('Площадь равна', rectangle.area(width, length))
```

```
39          elif choice == PERIMETER_RECTANGLE_CHOICE:
40              width = float(input("Введите ширину прямоугольника: "))
41              length = float(input("Введите длину прямоугольника: "))
42              print('Периметр равен',
43                    rectangle.perimeter(width, length))
44          elif choice == QUIT_CHOICE:
45              print('Выходим из программы...')
46          else:
47              print('Ошибка: недопустимый выбор.')
48
49 # Функция display_menu показывает меню.
50 def display_menu():
51     print(' МЕНЮ')
52     print('1. Площадь круга')
53     print('2. Длина окружности')
54     print('3. Площадь прямоугольника')
55     print('4. Периметр прямоугольника')
56     print('5. Выход')
57
58 # Вызвать главную функцию.
59 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
 МЕНЮ
1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход
Выберите вариант: 1 Enter
Введите радиус круга: 10 Enter
Площадь равна 314.1592653589793
 МЕНЮ
1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход
Выберите вариант: 2 Enter
Введите радиус круга: 10 Enter
Длина окружности равна 62.83185307179586
 МЕНЮ
1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход
```

```
Выберите вариант: 3 Enter
Введите ширину прямоугольника: 5 Enter
Введите длину прямоугольника: 10 Enter
Площадь равна 50.0
 МЕНЮ
1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход
Выберите вариант: 4 Enter
Введите ширину прямоугольника: 5 Enter
Введите длину прямоугольника: 10 Enter
Периметр равен 30.0
 МЕНЮ
1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход
Введите вариант: 5 Enter
Выходим из программы...
```

Исполнение функции *main* по условию в модуле

При импорте модуля интерпретатор Python исполняет инструкции в модуле так же, как если бы модуль был автономной программой. Например, когда мы импортируем приведенный в программе 5.27 модуль circle.py, происходит следующее:

- импортируется математический модуль `math`;
- определяется функция с именем `area`;
- определяется функция с именем `circumference`.

Когда мы импортируем показанный в программе 5.28 модуль rectangle.py, происходит следующее:

- определяется функция с именем `area`;
- определяется функция с именем `perimeter`.

Когда программисты создают модули, они обычно не предполагают, что эти модули будут исполняться как автономные программы. Модули, как правило, предназначены для импортирования в другие программы. По этой причине в большинстве модулей определяются только функции.

Однако существует возможность создать модуль Python, который способен исполняться как отдельная программа либо импортироваться в другую программу. Например, предположим, что в программе *A* определено несколько полезных функций, которые вы хотели бы использовать в программе *B*. Поэтому вы хотели бы импортировать программу *A* в программу *B*. Однако вы не желаете, чтобы программа *A* начинала исполнять *свою* главную функцию при импортировании. Вам просто нужно, чтобы она определяла свои функции, не выполняя ни

одной из них. Для этого вам следует в программе *A* написать исходный код, который задает то, каким образом файл используется. Запускается ли он как отдельная программа? Или же он импортируется в другую программу? Ответ определит, будет ли исполняться главная функция в программе *A*.

К счастью, Python предоставляет способ делать такое определение. Когда интерпретатор Python обрабатывает файл исходного кода, он создает специальную переменную с именем `__name__`. (Имя переменной начинается с двух символов подчеркивания и заканчивается двумя символами подчеркивания.) Если файл импортируется как модуль, то переменная `__name__` будет установлена равной имени модуля. В противном случае если файл исполняется как отдельная программа, то переменная `__name__` будет установлена равной строковому значению `'__main__'`. Вы можете использовать значение переменной `__name__`, чтобы определять, должна ли исполняться главная функция или нет. Если переменная `__name__` равна `'__main__'`, то вы должны исполнить главную функцию, поскольку файл исполняется как отдельная программа. В противном случае вы не должны исполнять главную функцию, поскольку файл импортируется как модуль.

Давайте рассмотрим приведенный в программе 5.30 модуль rectangle2.py.

Программа 5.30 (rectangle2.py)

```
 1 # Функция area принимает ширину и
 2 # длину прямоугольника в качестве аргументов и возвращает площадь прямоугольника.
 3 def area(width, length):
 4     return width * length
 5
 6 # Функция perimeter принимает ширину
 7 # и длину прямоугольника в качестве аргументов и возвращает
 8 # периметр прямоугольника.
 9 def perimeter(width, length):
10     return 2 * (width + length)
11
12 # Функция main используется для тестирования другой функции.
13 def main():
14     width = float(input("Введите ширину прямоугольника: "))
15     length = float(input("Введите длину прямоугольника: "))
16     print('Площадь равна ', area(width, length))
17     print('Периметр равен ', perimeter(width, length))
18
19 # Вызываем функцию main, ТОЛЬКО если файл запускается как
20 # отдельная программа.
21 if __name__ == '__main__':
22     main()
```

В программе rectangle2.py определены функция `area`, функция `perimeter` и главная функция `main`. Инструкция `if` в строке 21 проверяет значение переменной `__name__`. Если переменная равна `'__main__'`, то инструкция строке 22 вызывает функцию `main`. В противном случае если переменная `__name__` имеет любое другое значение, то функция `main` не исполняется.

Показанная в программе 5.30 техника является хорошим практическим приемом для использования в любое время, когда у вас в исходном файле Python есть главная функция. За счет него обеспечивается контроль: при импортировании файла он будет вести себя как модуль, а при непосредственном исполнении файла он будет вести себя как автономная программа. С этого момента в книге мы будем использовать данную технику всякий раз, когда будем приводить пример, в котором присутствует главная функция.

5.11 Черепашья графика: модуляризация кода при помощи функций

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Часто используемые операции черепашьей графики могут храниться в функциях и затем вызываться всякий раз, когда возникает такая необходимость.

Использование черепахи для рисования фигуры обычно требует нескольких шагов. Предположим, что вы хотите нарисовать квадрат со стороной 100 пикселов, заполненный синим цветом. Вот шаги, которые вы предпримите:

```
turtle.fillcolor('blue')
turtle.begin_fill()
for count in range(4):
    turtle.forward(100)
    turtle.left(90)
    turtle.end_fill()
```

Написание этих шести строк кода, похоже, не составит большого труда, но что, если нам нужно нарисовать много синих квадратов в разных позициях на экране? Совсем неожиданно для себя мы обнаружим, что многократно пишем похожие строки программного кода. Эту программу можно упростить (и сэкономить много времени), написав функцию, которая рисует квадрат в заданной позиции, и затем вызывая эту функцию всякий раз, когда она требуется.

В программе 5.31 демонстрируется такая функция. Функция `square` определена в строках 14–23 и имеет следующие параметры:

- `x` и `y` — координаты *X*, *Y* левого нижнего угла квадрата;
- `width` — ширина сторон квадрата в пикселах;
- `color` — название цвета заливки в виде строкового значения.

В функции `main` функция `square` вызывается три раза.

- В строке 5 чертится квадрат, его левый нижний угол располагается в позиции (100, 0). Квадрат имеет ширину 50 пикселов и заполнен красным цветом.
- В строке 6 чертится квадрат, его левый нижний угол располагается в позиции (–150, –100). Квадрат имеет ширину 200 пикселов и заполнен синим цветом.
- В строке 7 чертится квадрат, его левый нижний угол располагается в позиции (–200, 150). Квадрат имеет ширину 75 пикселов и заполнен зеленым цветом.

На рис. 5.26 показан результат работы программы.

Программа 5.31 (draw_squares.py)

```
 1 import turtle
 2
 3 def main():
 4     turtle.hideturtle()
 5     square(100, 0, 50, 'red')
 6     square(-150, -100, 200, 'blue')
 7     square(-200, 150, 75, 'green')
 8
 9 # Функция square рисует квадрат.
10 # Параметры x и y - это координаты левого нижнего угла.
11 # Параметр width - это ширина стороны квадрата.
12 # Параметр color - это цвет заливки в виде строки.
13
14 def square(x, y, width, color):
15     turtle.penup()            # Поднять перо.
16     turtle.goto(x, y)         # Переместить в указанное место.
17     turtle.fillcolor(color)   # Задать цвет заливки.
18     turtle.pendown()          # Опустить перо.
19     turtle.begin_fill()       # Начать заливку.
20     for count in range(4):    # Нарисовать квадрат.
21         turtle.forward(width)
22         turtle.left(90)
23     turtle.end_fill()         # Завершить заливку.
24
25 # Вызвать главную функцию.
26 main()
```

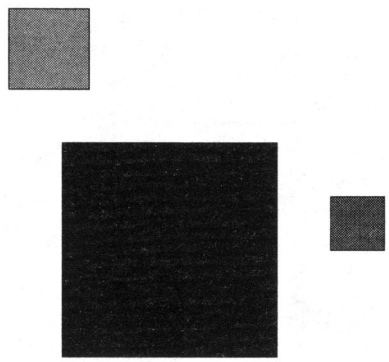


РИС. 5.26. Вывод программы 5.31

В программе 5.32 представлен еще один пример, в котором функция применяется с целью модуляризации кода рисования круга. Функция `circle` определена в строках 14–21 и имеет следующие параметры:

- `x` и `y` — координаты *X*, *Y* центральной точки круга;
- `radius` — радиус круга в пикселах;
- `color` — название цвета заливки в виде строкового значения.

В функции `main` мы вызываем функцию `circle` три раза.

- В строке 5 чертится круг, его центральная точка располагается в позиции (0, 0). Радиус круга составляет 100 пикселов, круг заполнен красным цветом.
- В строке 6 чертится круг, его центральная точка располагается в позиции (–150, –75). Радиус круга равен 50 пикселам, круг заполнен синим цветом.
- В строке 7 чертится круг, его центральная точка располагается в позиции (–200, 150). Радиус круга равен 75 пикселам, круг заполнен зеленым цветом.

На рис. 5.27 показан результат работы программы.

Программа 5.32 **(draw_circles.py)**

```
 1 import turtle
 2
 3 def main():
 4     turtle.hideturtle()
 5     circle(0, 0, 100, 'red')
 6     circle(-150, -75, 50, 'blue')
 7     circle(-200, 150, 75, 'green')
 8
 9 # Функция circle рисует круг.
10 # Параметры x и y - это координаты центральной точки.
11 # Параметр radius - это радиус круга.
12 # Параметр color - это цвет заливки в виде строки.
13
14 def circle(x, y, radius, color):
15     turtle.penup()               # Поднять перо.
16     turtle.goto(x, y - radius)   # Спозиционировать черепаху.
17     turtle.fillcolor(color)      # Задать цвет заливки.
18     turtle.pendown()             # Опустить перо.
19     turtle.begin_fill()          # Начать заливку.
20     turtle.circle(radius)        # Нарисовать круг.
21     turtle.end_fill()            # Завершить заливку.
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 main()
```

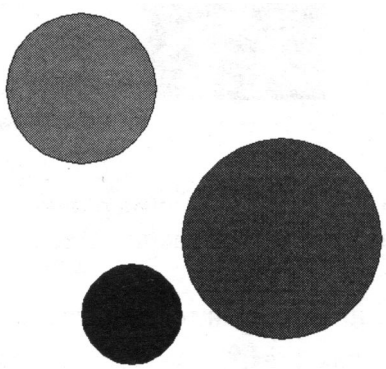


РИС. 5.27. Вывод программы 5.32

В программе 5.33 функция применяется с целью модуляризации кода рисования отрезка прямой. Функция `line` определена в строках 20–25 и имеет следующие параметры:

- `startX` и `startY` — координаты *X*, *Y* начальной точки отрезка;
- `endX` и `endY` — координаты *X*, *Y* конечной точки отрезка;
- `color` — название цвета отрезка в виде строкового значения.

В функции `main` функция `line` вызывается трижды для рисования треугольника.

- В строке 13 чертится отрезок от верхней точки треугольника (0, 100) в ее левую отмеченную точку (–100, –100). Цвет отрезка — красный.
- В строке 14 чертится отрезок от верхней точки треугольника (0, 100) в ее правую отмеченную точку (100, 100). Цвет отрезка — синий.
- В строке 15 чертится отрезок от левой отмеченной точки треугольника (–100, –100) в ее правую отмеченную точку (100, 100). Цвет отрезка — зеленый.

На рис. 5.28 показан результат работы программы.

Программа 5.33 (draw_lines.py)

```
 1 import turtle
 2
 3 # Именованные константы для точек треугольника.
 4 TOP_X = 0
 5 TOP_Y = 100
 6 BASE_LEFT_X  = -100
 7 BASE_LEFT_Y  = -100
 8 BASE_RIGHT_X =  100
 9 BASE_RIGHT_Y = -100
10
11 def main():
12     turtle.hideturtle()
13     line(TOP_X, TOP_Y, BASE_LEFT_X, BASE_LEFT_Y, 'red')
14     line(TOP_X, TOP_Y, BASE_RIGHT_X, BASE_RIGHT_Y, 'blue')
15     line(BASE_LEFT_X, BASE_LEFT_Y, BASE_RIGHT_X, BASE_RIGHT_Y, 'green')
16
17 # Функция line рисует отрезок от (startX, startY) до (endX, endY).
18 # Параметр color - это цвет отрезка.
19
20 def line(startX, startY, endX, endY, color):
21     turtle.penup()                # Поднять перо.
22     turtle.goto(startX, startY)   # Переместить в начальную точку.
23     turtle.pendown()              # Опустить перо.
24     turtle.pencolor(color)        # Задать цвет заливки.
25     turtle.goto(endX, endY)       # Нарисовать треугольник.
26
27 # Вызвать главную функцию.
28 main()
```

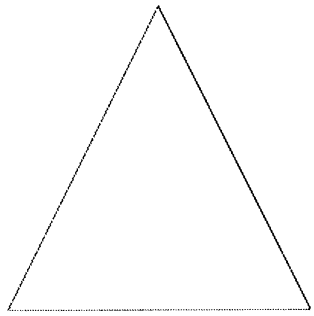


РИС. 5.28. Вывод программы 5.33

Хранение собственных графических функций в модуле

По мере написания все большего количества функций черепашьей графики следует рассмотреть возможность их хранения в модуле. Потом этот модуль можно импортировать в любую программу, в которой потребуется их применить. Например, в программе 5.34 имеется модуль my_graphics.py, который содержит представленные ранее функции `square`, `circle` и `line`. Программа 5.35 демонстрирует импортирование данного модуля и вызовы функций, которые он содержит. На рис. 5.29 показан вывод программы.

Программа 5.34 **(my_graphics.py)**

```
# Функции черепашьей графики.
import turtle

# Функция square рисует квадрат.
# Параметры x и y - это координаты левого нижнего угла.
# Параметр width - это ширина стороны квадрата.
# Параметр color - это цвет заливки в виде строки.

def square(x, y, width, color):
    turtle.penup()              # Поднять перо.
    turtle.goto(x, y)           # Переместить в указанное место.
    turtle.fillcolor(color)     # Задать цвет заливки.
    turtle.pendown()            # Опустить перо.
    turtle.begin_fill()         # Начать заливку.
    for count in range(4):      # Нарисовать квадрат.
        turtle.forward(width)
        turtle.left(90)
    turtle.end_fill()           # Завершить заливку.

# Функция circle рисует круг.
# Параметры x и y - это координаты центральной точки.
# Параметр radius - это радиус круга.
# Параметр color - это цвет заливки в виде строки.

```

```
25 def circle(x, y, radius, color):
26     turtle.penup()               # Поднять перо.
27     turtle.goto(x, y - radius)   # Спозиционировать черепаху.
28     turtle.fillcolor(color)      # Задать цвет заливки.
29     turtle.pendown()             # Опустить перо.
30     turtle.begin_fill()          # Начать заливку.
31     turtle.circle(radius)        # Нарисовать круг.
32     turtle.end_fill()            # Завершить заливку.
33
34 # Функция line рисует линию от (startX, startY) до (endX, endY).
35 # Параметр color - это цвет линии.
36
37 def line(startX, startY, endX, endY, color):
38     turtle.penup()                # Поднять перо.
39     turtle.goto(startX, startY)   # Переместить в начальную точку.
40     turtle.pendown()              # Опустить перо.
41     turtle.pencolor(color)        # Задать цвет заливки.
42     turtle.goto(endX, endY)       # Нарисовать треугольник.
```

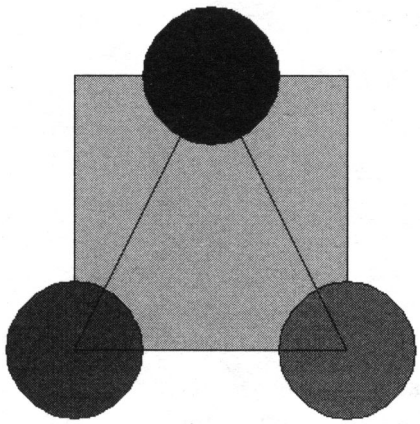


РИС. 5.29. Вывод программы 5.35

Программа 5.35 **(graphics_mod_demo.py)**

```
 1 import turtle
 2 import my_graphics
 3
 4 # Именованные константы.
 5 X1 = 0
 6 Y1 = 100
 7 X2 = -100
 8 Y2 = -100
 9 X3 = 100
10 Y3 = -100
11 RADIUS = 50
12
```

```
13 def main():
14     turtle.hideturtle()
15
16     # Нарисовать квадрат.
17     my_graphics.square(X2, Y2, (X3 - X2), 'gray')
18
19     # Нарисовать несколько кругов.
20     my_graphics.circle(X1, Y1, RADIUS, 'blue')
21     my_graphics.circle(X2, Y2, RADIUS, 'red')
22     my_graphics.circle(X3, Y3, RADIUS, 'green')
23
24     # Нарисовать несколько линий.
25     my_graphics.line(X1, Y1, X2, Y2, 'black')
26     my_graphics.line(X1, Y1, X3, Y3, 'black')
27     my_graphics.line(X2, Y2, X3, Y3, 'black')
28
29 main()
```

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Группа инструкций, которые существуют в программе с целью выполнения определенной задачи, называется _____.
   а) блоком;
   б) параметром;
   в) функцией;
   г) выражением.
2. Метод проектирования, который уменьшает дублирование кода внутри программы и обеспечивает преимущество за счет использования функций, называется _____.
   а) повторным использованием кода;
   б) методом "разделяй и властвуй";
   в) отладкой;
   г) упрощением работы в команде.
3. Первая строка определения функции называется _____.
   а) телом;
   б) введением;
   в) инициализацией;
   г) заголовком.
4. Для того чтобы исполнить функцию, ее _____.
   а) определяют;
   б) вызывают;

в) импортируют;

г) экспортируют.

5. Метод проектирования, который программисты используют для разбиения алгоритма на функции, называется _____.

а) нисходящей разработкой;

б) упрощением программного кода;

в) рефакторизацией (перестройкой) программного кода;

г) иерархическим разбиением на подзадачи.

6. _____ — это диаграмма, которая дает визуальное представление связей между функциями в программе.

а) блок-схема;

б) схема функциональных связей;

в) символьная схема;

г) иерархическая схема.

7. Ключевое слово _____ игнорируется интерпретатором Python и может использоваться в качестве местозаполнителя для кода, который будет написан позже.

а) `placeholder`;

б) `pass`;

в) `pause`;

г) `skip`.

8. _____ — это переменная, которая создается внутри функции.

а) глобальная переменная;

б) локальная переменная;

в) скрытая переменная;

г) ничего из вышеперечисленного; вы не можете создавать переменную внутри функции.

9. _____ является частью программы, в которой можно обращаться к переменной.

а) пространство объявления;

б) область видимости;

в) область действия;

г) режим.

10. _____ — это часть программы, в которой можно получать доступ к переменной.

а) область объявлений;

б) область видимости;

в) область действия;

г) режим.

11. _____ — это порция данных, которая отправляется в функцию.

а) аргумент;

б) параметр;

в) заголовок;

г) пакет.

12. _____ — это особая переменная, которая получает порцию данных, когда функция вызывается.

а) аргумент;

б) параметр;

в) заголовок;

г) пакет.

13. Переменная, которая видима любой функции в программном файле, называется _____.

а) локальной переменной;

б) универсальной переменной;

в) программной переменной;

г) глобальной переменной.

14. По мере возможности вам следует избегать использования в программе _____ переменных.

а) локальных;

б) глобальных;

в) ссылочных;

г) параметрических.

15. _____ — это заранее написанная функция, которая встроена в язык программирования.

а) стандартная функция;

б) библиотечная функция;

в) пользовательская функция;

г) функция кафетерия.

16. Данная функция стандартной библиотеки возвращает случайное целое число внутри заданного диапазона значений.

а) `random`;

б) `randint`;

в) `random_integer`;

г) `uniform`.

17. Данная функция стандартной библиотеки возвращает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 0.0 до 1.0 (но исключая 1.0).

а) `random`;

б) `randint`;

в) `random_integer`;

г) `uniform`.

18. Данная функция стандартной библиотеки возвращает случайное число с плавающей точкой внутри заданного диапазона значений.

    а) `random`;

    б) `randint`;

    в) `random_integer`;

    г) `uniform`.

19. Данная инструкция приводит к завершению функции и отправляет значение в ту часть программы, которая вызвала функцию.

    а) `end`;

    б) `send`;

    в) `exit`;

    г) `return`.

20. Данный инструмент проектирования описывает входные данные, обработку и выходные данные функции.

    а) иерархическая схема;

    б) таблица "ввод-обработка-вывод";

    в) дейтаграммная схема;

    г) схема обработки данных.

21. Данный тип функций возвращает `True` либо `False`.

    а) двоичный;

    б) "истина/ложь";

    в) булева;

    г) логическая.

22. Данная функция находится в математическом модуле `math`.

    а) `derivative`;

    б) `factor`;

    в) `sqrt`;

    г) `differentiate`.

Истина или ложь

1. Фраза "разделяй и властвуй" означает, что все программисты в команде должны быть разделены и работать в изоляции.
2. Функции упрощают работу программистов в командах.
3. Имена функций должны быть максимально короткими.
4. Вызов функции и определение функции означают одно и то же.
5. Блок-схема показывает иерархические связи между функциями в программе.
6. Иерархическая схема не показывает шаги, которые делаются в функции.

7. Инструкция в одной функции может обращаться к локальной переменной в другой функции.
8. В Python нельзя писать функции, которые принимают многочисленные аргументы.
9. В Python можно указывать, в какой параметр функции должен быть передан аргумент.
10. В вызове функции одновременно не могут быть именованные и неименованные аргументы.
11. Некоторые библиотечные функции встроены в интерпретатор Python.
12. Для того чтобы использовать функции модуля `random`, в программе не требуется наличие инструкции `import`.
13. Сложные математические выражения иногда можно упрощать путем вычленения части выражения и ее помещения в функцию.
14. Функция в Python может возвращать более одного значения.
15. Таблицы "ввод-обработка-вывод" предоставляют лишь краткие описания входных данных, обработки и выходных данных функции и не показывают конкретные шаги, предпринимаемые в функции.

Короткий ответ

1. Каким образом функции помогают повторно использовать код в программе?
2. Назовите и опишите две части определения функции.
3. Что происходит при исполнении функции, когда достигается конец блока функции?
4. Что такое локальная переменная? Какие инструкции могут обращаться к локальной переменной?
5. Какова область видимости локальной переменной?
6. Почему глобальные переменные затрудняют отладку программы?
7. Предположим, что вы хотите выбрать случайное число из приведенной ниже последовательности:

   ```
   0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
   ```

   Какую библиотечную функцию вы бы применили?
8. Какую инструкцию вы должны иметь в функции с возвратом значения?
9. Какие три элемента перечислены в таблице "ввод-обработка-вывод"?
10. Что такое булева функция?
11. В чем преимущества от разбиения большой программы на модули?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите функцию с именем `times_ten`. Эта функция должна принимать аргумент и показывать результат умножения аргумента на 10.
2. Исследуйте приведенный ниже заголовок функции, затем напишите инструкцию, которая вызывает эту функцию, передавая 12 в качестве аргумента.

   ```
   def show_value(quantity):
   ```

3. Взгляните на приведенный ниже заголовок функции:

```
def my_function(a, b, c):
```

Теперь взгляните на приведенный ниже вызов функции `my_function`:

```
my_function(3, 2, 1)
```

Какое значение будет присвоено `a`, когда этот вызов исполнится? Какое значение будет присвоено `b`? Какое значение будет присвоено `c`?

4. Что покажет приведенная ниже программа?

```
def main():
    x = 1
    y = 3.4
    print(x, y)
    change_us(x, y)
    print(x, y)

def change_us(a, b):
    a = 0
    b = 0
    print(a, b)

main()
```

5. Взгляните на приведенное ниже определение функции:

```
def my_function(a, b, c):
    d = (a + c) / b
    print(d)
```

- Напишите инструкцию, которая вызывает эту функцию и применяет именованные аргументы для передачи 2 в `a`, 4 в `b` и 6 в `c`.
- Какое значение будет показано, когда исполнится вызов функции?

6. Напишите инструкцию, которая генерирует случайное число в диапазоне от 1 до 100 и присваивает его переменной с именем `rand`.

7. Приведенная ниже инструкция вызывает функцию `half`, возвращающую значение, которое вдвое меньше аргумента. (Допустим, что переменная `number` ссылается на вещественное значение с типом `float`.) Напишите код для этой функции.

```
result = half(number)
```

8. Программа содержит приведенное ниже определение функции:

```
def cube(num):
    return num * num * num
```

Напишите инструкцию, которая передает значение 4 в эту функцию и присваивает возвращаемое ею значение переменной `result`.

9. Напишите функцию `times_ten`, которая принимает `number` в качестве аргумента. Когда функция вызывается, она должна возвращать значение ее аргумента, умноженное на 10.

10. Напишите функцию `get_first_name`, которая просит пользователя ввести свое имя и его же возвращает.

Упражнения по программированию

1. **Конвертер километров.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести расстояние в километрах и затем это расстояние преобразует в мили. Формула преобразования:

$$мили = километры \times 0.6214.$$


Видеозапись "Задача о конвертере километров" (The Kilometer Converter Problem)

2. **Модернизация программы расчета налога с продаж.** В упражнении 6 по программированию из *главы 2* рассматривалась программа расчета налога с продаж. Требовалось написать программу, которая вычисляет и показывает региональный и федеральный налоги с продаж, взимаемые при покупке. Если эта программа уже вами написана, модернизируйте ее так, чтобы подзадачи были помещены в функции. Если вы ее еще не написали, то напишите с использованием функций.

3. **Какова стоимость страховки?** Многие финансовые эксперты рекомендуют собственникам недвижимого имущества страховать свои дома или постройки как минимум на 80% суммы замещения строения. Напишите программу, которая просит пользователя ввести стоимость строения и затем показывает минимальную страховую сумму, на которую он должен застраховать недвижимое имущество.

4. **Расходы на автомобиль.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести месячные расходы на следующие нужды, связанные с его автомобилем: платеж по кредиту, страховка, бензин, машинное масло, шины и техобслуживание. Затем программа должна показать общую месячную стоимость и общую годовую стоимость этих расходов.

5. **Налог на недвижимое имущество.** Муниципальный округ собирает налоги на недвижимое имущество на основе оценочной стоимости имущества, составляющей 60% его фактической стоимости. Например, если акр земли оценен в 10 000 долларов, то его оценочная стоимость составит 6000 долларов. В этом случае налог на имущество составит 72 цента за каждые 100 долларов оценочной стоимости. Налог на акр, оцененный в 6000 долларов, составит 43.20 доллара. Напишите программу, которая запрашивает фактическую стоимость недвижимого имущества и показывает оценочную стоимость и налог на имущество.

6. **Калории за счет жиров и углеводов.** Диетолог работает в спортивном клубе и дает рекомендации клиентам в отношении диеты. В рамках своих рекомендаций он запрашивает у клиентов количество граммов жиров и углеводов, которые они употребили за день. Затем на основе приведенной ниже формулы он вычисляет количество калорий, которые получаются в результате употребления жиров:

$$калории\ от\ жиров = граммы\ жиров \times 9.$$

Затем на основе еще одной формулы он вычисляет количество калорий, которые получаются в результате употребления углеводов:

$$калории\ от\ углеводов = граммы\ углеводов \times 4.$$

Диетолог просит вас написать программу, которая выполнит эти расчеты.

7. **Сидячие места на стадионе.** На стадионе имеется три категории сидячих мест. Места класса A стоят 20 долларов, места класса B — 15 долларов, места класса C — 10 долларов. Напишите программу, которая запрашивает, сколько билетов каждого класса было продано, и затем выводит сумму дохода, полученного от продажи билетов.
8. **Оценщик малярных работ.** Малярная компания установила, что на каждые 10 квадратных метров поверхности стены требуется 5 литров краски и 8 часов работы. Компания взимает за работу 2000 руб. в час. Напишите программу, которая просит пользователя ввести площадь поверхности окрашиваемой стены и цену 5-литровой емкости краски. Программа должна показать следующие данные:
   - количество требуемых емкостей краски;
   - количество затраченных рабочих часов;
   - стоимость краски;
   - стоимость работы;
   - общая стоимость малярных работ.
9. **Месячный налог с продаж.** Розничная компания должна зарегистрировать отчет о месячном налоге с продаж с указанием общего налога с продаж за месяц и взимаемых сумм муниципального и федерального налогов с продаж. Федеральный налог с продаж составляет 5%, муниципальный налог с продаж — 2,5%. Напишите программу, которая просит пользователя ввести общий объем продаж за месяц. Из этого значения приложение должно рассчитать и показать:
   - сумму муниципального налога с продаж;
   - сумму федерального налога с продаж;
   - общий налог с продаж (муниципальный плюс федеральный).
10. **Футы в дюймы.** Один фут равняется 12 дюймам. Напишите функцию `feet_to_inches`, которая в качестве аргумента принимает количество футов и возвращает количество дюймов в этом количестве футов. Примените эту функцию в программе, которая предлагает пользователю ввести количество футов и затем показывает количество дюймов в этом количестве футов.


Видеозапись "Задача о переводе футов в дюймы" (The Feet to Inches Problem)

11. **Математический тест.** Напишите программу, которая позволяет проводить простые математические тесты. Она должна показать два случайных числа, которые должны быть просуммированы вот так:

```
  247
+ 129
```

Эта программа должна давать обучаемому возможность вводить ответ. Если ответ правильный, то должно быть показано поздравительное сообщение. Если ответ неправильный, то должно быть показано сообщение с правильным ответом.

12. **Максимальное из двух значений.** Напишите функцию `max`, которая в качестве аргументов принимает два целочисленных значения и возвращает значение, которое является бóльшим из двух. Например, если в качестве аргументов переданы 7 и 12, то функция должна вернуть 12. Примените функцию в программе, которая предлагает пользователю

ввести два целочисленных значения. Программа должна показать большее значение из двух.

13. **Высота падения.** При падении тела под действием силы тяжести для определения расстояния, которое тело пролетит за определенное время, применяется формула:

$$d = 1/2gt^2,$$

где d — расстояние, м; $g = 9.8$, м/с^2; t — время падения тела, с.

Напишите функцию `falling_distance`, которая в качестве аргумента принимает время падения тела (в секундах). Функция должна вернуть расстояние в метрах, которое тело пролетело в течение этого времени. Напишите программу, которая вызывает эту функцию в цикле, передает значения от 1 до 10 в качестве аргументов и показывает возвращаемое значение.

14. **Кинетическая энергия.** Из физики известно, что движущееся тело имеет кинетическую энергию. Приведенная ниже формула может использоваться для определения кинетической энергии движущегося тела:

$$K_E = 1/2mv^2,$$

где K_E — это кинетическая энергия; m — масса тела, кг; v — скорость тела, м/с.

Напишите функцию `kinetic_energy`, которая в качестве аргументов принимает массу тела (в килограммах) и его скорость (в метрах в секунду). Данная функция должна вернуть величину кинетической энергии этого тела. Напишите программу, которая просит пользователя ввести значения массы и скорости, а затем вызывает функцию `kinetic_energy`, чтобы получить кинетическую энергию тела.

15. **Средний балл и его уровень.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести пять экзаменационных оценок (баллов). Программа должна показать буквенный уровень для каждой оценки и средний балл. Предусмотрите в программе функции:

- `calc_average` — функция должна принимать в качестве аргументов пять балльных оценок и возвращать средний балл;
- `determine_grade` — функция должна принимать в качестве аргумента балльную оценку и возвращать буквенный уровень оценки, опираясь на приведенную в табл. 5.3 классификацию.

Таблица 5.3. Шкала классификации

Баллы	Уровень
90 и выше	A
80–89	B
70–79	C
60–69	D
Ниже 60	F

16. **Счетчик четных/нечетных чисел.** В этой главе вы увидели пример написания алгоритма, который определяет четность или нечетность числа. Напишите программу, которая генерирует 100 случайных чисел и подсчитывает количество четных и нечетных случайных чисел.

17. **Простые числа.** Простое число — это число, которое делится без остатка на само себя и 1. Например, число 5 является простым, потому что оно делится без остатка только на 1 и 5. Однако число 6 не является простым, потому что оно делится без остатка на 1, 2, 3 и 6.

    Напишите булеву функцию `is_prime`, которая в качестве аргумента принимает целое число и возвращает истину, если аргумент является простым числом, либо ложь в противном случае. Примените функцию в программе, которая предлагает пользователю ввести число и затем выводит сообщение с указанием, является ли это число простым.



СОВЕТ

Напомним, что оператор `%` делит одно число на другое и возвращает остаток от деления. В выражении `num1 % num2` оператор `%` вернет 0, если `num1` делится без остатка на `num2`.

18. **Список простых чисел.** Это упражнение предполагает, что вы уже написали функцию `is_prime` в упражнении 17. Напишите еще одну программу, которая показывает все простые числа от 1 до 100. В программе должен быть цикл, который вызывает функцию `is_prime`.

19. **Будущая стоимость.** Предположим, что на вашем сберегательном счете есть определенная сумма денег, и счет приносит составной ежемесячный процентный доход. Вы хотите вычислить сумму, которую будете иметь после определенного количества месяцев. Формула приведена ниже:

$$F = P \times (1 + i)^t,$$

    где F — будущая сумма на счете после указанного периода времени; P — текущая сумма на счете; i — ежемесячная процентная ставка; t — количество месяцев.

    Напишите программу, которая предлагает пользователю ввести текущую сумму на счете, ежемесячную процентную ставку и количество месяцев, в течение которых деньги будут находиться на счете. Программа должна передать эти значения в функцию, которая возвращает будущую сумму на счете после заданного количества месяцев. Программа должна показать будущую сумму на счете.

20. **Игра в угадывание случайного числа.** Напишите программу, которая генерирует случайное число в диапазоне от 1 до 100 и просит пользователя угадать это число. Если догадка пользователя больше случайного числа, то программа должна вывести сообщение "Слишком много, попробуйте еще раз". Если догадка меньше случайного числа, то программа должна вывести сообщение "Слишком мало, попробуйте еще раз". Если пользователь число угадывает, то приложение должно поздравить пользователя и сгенерировать новое случайное число, чтобы возобновить игру.

    Необязательное улучшение: улучшите игру, чтобы она вела подсчет попыток угадать, которые делает пользователь. Когда пользователь угадывает случайное число правильно, программа должна показать количество попыток.

21. **Игра "Камень, ножницы, бумага".** Напишите программу, которая дает пользователю возможность поиграть с компьютером в игру "Камень, ножницы, бумага". Программа должна работать следующим образом.

    1. Когда программа запускается, генерируется случайное число в диапазоне от 1 до 3. Если число равняется 1, то компьютер выбрал камень. Если число равняется 2, то компьютер выбрал ножницы. Если число равняется 3, то компьютер выбрал бумагу.

       (Пока не показывайте выбор компьютера.)

2. Пользователь вводит на клавиатуре выбранный вариант "камень", "ножницы" или "бумага".
3. Выбор компьютера выводится на экран.
4. Победитель выбирается согласно следующим правилам:
   - если один игрок выбирает камень, а другой игрок выбирает ножницы, то побеждает камень (камень разбивает ножницы);
   - если один игрок выбирает ножницы, а другой игрок выбирает бумагу, то побеждают ножницы (ножницы режут бумагу);
   - если один игрок выбирает бумагу, а другой игрок выбирает камень, то побеждает бумага (бумага заворачивает камень);
   - если оба игрока делают одинаковый выбор, то для определения победителя нужно сыграть повторный раунд.

22. **Черепашья графика: функция рисования треугольника.** Напишите функцию `triangle`, которая использует библиотеку черепашьей графики для рисования треугольника. Функция должна принимать в качестве аргументов координаты *X* и *Y* сторон треугольника и цвет, которым треугольник должен быть заполнен. Продемонстрируйте эту функцию в программе.

23. **Черепашья графика: модульный снеговик.** Напишите программу, которая использует черепашью графику для изображения снеговика (рис. 5.30). Помимо главной функции программа также должна иметь перечисленные ниже функции:
   - `drawBase` — функция должна нарисовать основу снеговика, т. е. большой снежный ком внизу;
   - `drawMidSection` — функция должна нарисовать средний снежный ком;
   - `drawArms` — функция должна нарисовать руки снеговика;
   - `drawHead` — функция должна нарисовать голову снеговика, глаза, рот и другие черты лица по вашему усмотрению;
   - `drawHat` — эта функция должна нарисовать шляпу снеговика.

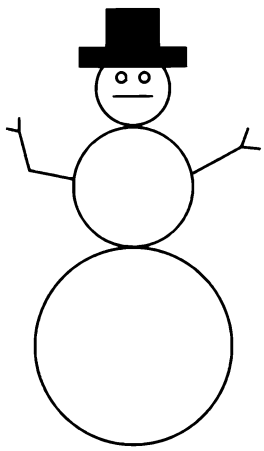


РИС. 5.30. Снеговик

24. **Черепашья графика: прямоугольный узор.** В программе напишите функцию `drawPattern`, которая использует библиотеку черепашьей графики, чтобы нарисовать прямоугольный узор (рис. 5.31). Функция `drawPattern` должна принимать два аргумента: один из них задает ширину узора, другой — его высоту. (Пример, приведенный на рис. 5.31, показывает, как узор будет выглядеть, когда ширина и высота одинаковые.) Когда программа выполняется, она должна запросить у пользователя ширину и высоту узора и затем передать эти значения в качестве аргументов в функцию `drawPattern`.
25. **Черепашья графика: шахматная доска.** Напишите программу с использованием черепашьей графики, в которой применяется представленная в этой главе функция `square` вместе с циклом (или циклами) для создания показанного на рис. 5.32 шахматного узора.

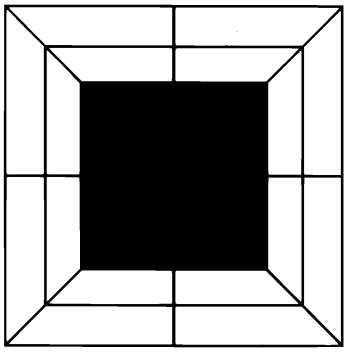


РИС. 5.31. Прямоугольный узор

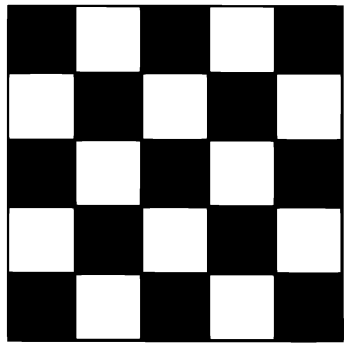


РИС. 5.32. Шахматный узор

26. **Черепашья графика: городской силуэт.** Напишите программу с черепашьей графикой, которая рисует городской силуэт (рис. 5.33). Конечная задача программы состоит в том, чтобы нарисовать контуры нескольких городских зданий на фоне ночного неба. Подразделите программу на модули, написав функции, которые выполняют приведенные ниже задачи:
    - рисование контуров зданий;
    - рисование нескольких окон в зданиях;
    - использование случайно разбросанных звезд в виде точек (убедитесь, что звезды появляются на небе, а не на зданиях).

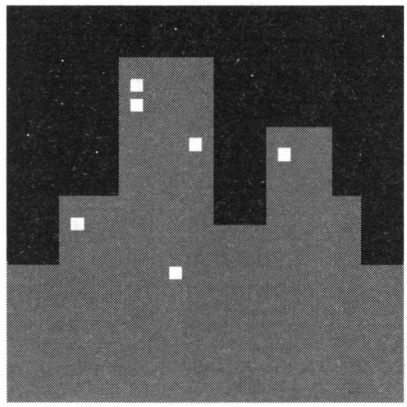


РИС. 5.33. Городской силуэт

ГЛАВА 6

Файлы и исключения

6.1 Введение в файловый ввод и вывод

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Когда программе нужно сохранить данные для дальнейшего использования, она пишет эти данные в файл. Позднее их можно прочитать из файла.

Программы, которые мы рассматривали до сих пор, требуют, чтобы пользователь повторно вводил данные при каждом запуске программы, потому что хранящиеся в ОЗУ данные (к которым обращаются переменные) исчезают, как только программа заканчивает свою работу. Если нужно, чтобы программа между своими выполнениями удерживала данные, в ней должна быть предусмотрена возможность их записи. Данные записываются в файл, который обычно хранится на диске компьютера. Сохраненные в файле данные, как правило, остаются в нем после завершения работы программы, и их можно извлечь и использовать в дальнейшем.

Большинство коммерческих пакетов программного обеспечения, используемых ежедневно, хранят данные в файлах.

- **Текстовые процессоры.** Программы обработки текста служат для написания писем, записок, отчетов и других документов. Документы сохраняются в файлах, чтобы их можно было редактировать и распечатывать.
- **Графические редакторы.** Программы редактирования изображений используются для создания графиков и редактирования изображений, в частности тех, которые вы снимаете цифровой камерой. Создаваемые или редактируемые графическим редактором изображения сохраняются в файлах.
- **Электронные таблицы.** Программы обработки электронных таблиц применяются для работы с числовыми данными. Числа и математические формулы могут вставляться в ячейки электронной таблицы. Затем электронная таблица может быть сохранена в файле для дальнейшего использования.
- **Игры.** Многие компьютерные игры содержат данные в файлах. Например, некоторые игры хранят в файле список имен игроков с их очками. Эти игры, как правило, показывают имена игроков в порядке возрастания количества их очков с наибольшего до наименьшего. Некоторые игры также позволяют сохранять в файле текущее состояние игры, чтобы можно было выйти из игры и потом продолжить игру без необходимости начинать с начала.
- **Веб-браузеры.** Иногда при посещении веб-страницы браузер хранит на компьютере небольшой файл, так называемый файл *cookie*. Cookie-файлы, как правило, содержат информацию о сеансе просмотра, такую как содержимое корзины с покупками.

Программы, которые используются в ежедневных деловых операциях, в значительной мере опираются на файлы. Программы начисления заработной платы содержат данные о сотрудниках, складские программы содержат данные об изделиях компании, системы бухгалтерского учета — данные о финансовых операциях компании и т. д. — все они хранят свои данные в файлах.

Программисты обычно называют процесс сохранения данных в файле *записью данных в файл*. Когда часть данных пишется в файл, она копируется из переменной, находящейся в ОЗУ, в файл (рис. 6.1). Термин *"файл вывода"* используется для файла, в который данные сохраняются. Он имеет такое название, потому что программа помещает в него выходные данные.

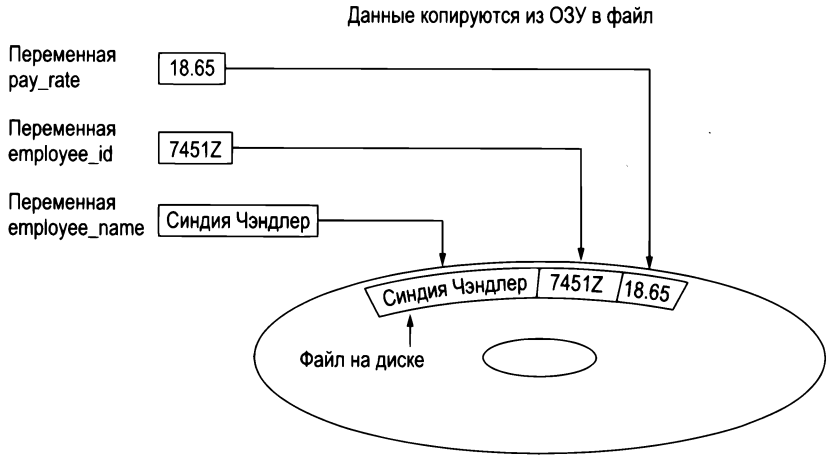


РИС. 6.1. Запись данных в файл

Процесс извлечения данных из файла называется *чтением данных из файла*. Когда порция данных считывается из файла, она копируется из файла в ОЗУ, где на нее ссылается переменная (рис. 6.2). Термин *"файл ввода"* используется для файла, из которого данные считываются. Он называется так потому, что программа извлекает входные данные из этого файла.

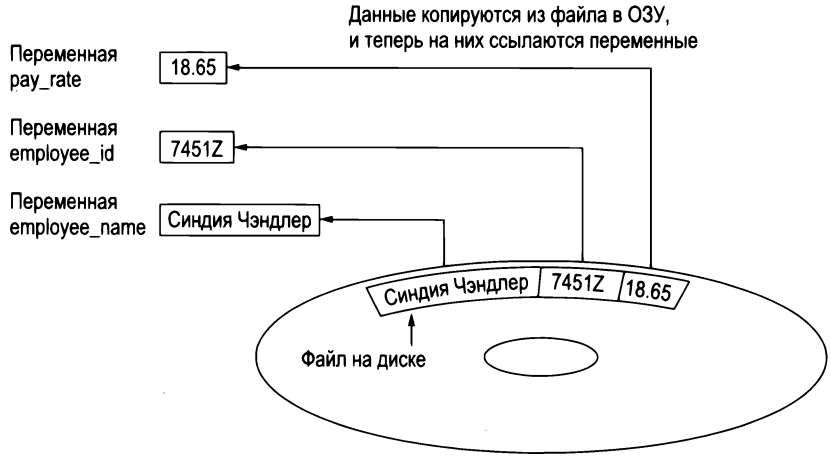


РИС. 6.2. Чтение данных из файла

В этой главе рассматриваются приемы записи данных в файлы и чтения данных из файлов. Когда в программе используется файл, всегда требуется выполнить три шага.

1. **Открыть файл.** В процессе открытия файла создается связь между файлом и программой. Открытие файла вывода обычно создает файл на диске и позволяет программе записать в него данные. Открытие файла ввода позволяет программе прочитать данные из файла.
2. **Обработать файл.** На этом шаге данные либо записываются в файл (если это файл вывода), либо считываются из файла (если это файл ввода).
3. **Закрыть файл.** Когда программа закончила использовать файл, его нужно закрыть. Эта операция разрывает связь файла с программой.

Типы файлов

Существует два типа файлов: текстовые и двоичные. *Текстовый файл* содержит данные, которые были закодированы в виде текста при помощи такой схемы кодирования, как ASCII или Юникод. Даже если файл содержит числа, они в файле хранятся как набор символов. В результате файл можно открыть и просмотреть в текстовом редакторе, таком как Блокнот. *Двоичный файл* содержит данные, которые не были преобразованы в текст. Данные, которые помещены в двоичный файл, предназначены только для чтения программой, и значит, такой файл невозможно просмотреть в текстовом редакторе.

Несмотря на то что Python позволяет работать и с текстовыми, и с двоичными файлами, в этой книге мы будем работать только с текстовыми файлами, чтобы вы смогли использовать текстовый редактор для исследования файлов, создаваемых вашими программами.

Методы доступа к файлам

Большинство языков программирования обеспечивает два разных способа получения доступа к данным, хранящимся в файле: последовательный доступ и прямой доступ. Во время работы с *файлом с последовательным доступом* происходит последовательное обращение к данным, с самого начала файла и до его конца. Если требуется прочитать порцию данных, которая размещена в конце файла, придется прочитать все данные, которые идут перед ней, — перескочить непосредственно к нужным данным не получится.

Во время работы с *файлом с прямым доступом* (который также называется *файлом с произвольным доступом*) можно непосредственно перескочить к любой порции данных в файле, не читая данные, которые идут перед ней. Это подобно тому, как работает проигрыватель компакт-дисков или MP3-плеер. Можно прямиком перескочить к любой песне, которую нужно прослушать.

В этой книге мы будем использовать файлы с последовательным доступом.

Имена файлов и файловые объекты

Большинство пользователей компьютеров привыкли к тому, что файлы определяются по их имени. Например, когда вы создаете документ текстовым процессором и сохраняете документ в файле, то вы должны указать имя файла. Когда для исследования содержимого диска вы используете такой инструмент, как Проводник Windows, вы видите список имен файлов. На рис. 6.3 показано, как в Windows могут выглядеть значки файлов с именами Записки.txt, Кот.jpg и Резюме.docx.

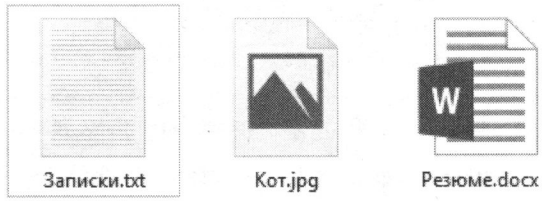


РИС. 6.3. Три файла

Каждая операционная система имеет собственные правила именования файлов. Многие системы поддерживают использование *расширений файлов*, т. е. коротких последовательностей символов, которые расположены в конце имени файла и предваряются точкой. Например, файлы, изображенные на рис. 6.13, имеют расширения jpg, txt и docx. Расширение обычно говорит о типе данных, хранящихся в файле. Например, расширение jpg сообщает о том, что файл содержит графическое изображение, сжатое согласно стандарту изображения JPEG. Расширение txt — о том, что файл содержит текст. Расширение docx (а также расширение doc) — что файл содержит документ Microsoft Word.

Для того чтобы программа работала с файлом, находящимся на диске компьютера, она должна создать в оперативной памяти файловый объект. *Файловый объект* — это программный объект, который связан с определенным файлом и предоставляет программе методы для работы с этим файлом. В программе на файловый объект ссылается переменная. Она используется для осуществления любых операций, которые выполняются с файлом (рис. 6.4).

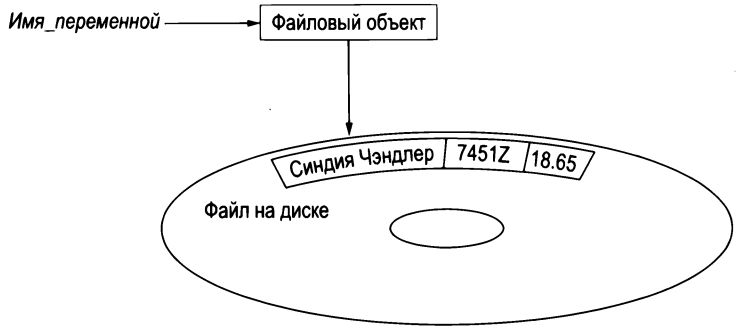


РИС. 6.4. Имя переменной ссылается на файловый объект, связанный с файлом

Открытие файла

В Python функция `open` применяется для открытия файла. Она создает файловый объект и связывает его с файлом на диске. Вот общий формат применения функции `open`:

```
файловая_переменная = open(имя_файла, режим)
```

Здесь *файловая_переменная* — это имя переменной, которая ссылается на файловый объект; *имя_файла* — это строковый литерал, задающий имя файла; *режим* — это строковый литерал, задающий режим доступа (чтение, запись и т. д.), в котором файл будет открыт.

В табл. 6.1 представлены три строковых литерала, которые можно использовать для задания режима доступа. (Существуют и другие, более сложные, режимы доступа. Мы будем использовать режимы из табл. 6.1.)

Таблица 6.1. Некоторые режимы доступа к файлам в Python

Режим	Описание
`'r'`	Открыть файл только для чтения. Файл не может быть изменен, в него нельзя записать
`'w'`	Открыть файл для записи. Если файл уже существует, то стереть его содержимое. Если файл не существует, то создать его
`'a'`	Открыть файл, в который будет выполнена запись. Все записываемые в файл данные будут добавлены в его конец. Если файл не существует, то создать его

Например, предположим, что файл customers.txt содержит данные о клиентах, и мы хотим его открыть для чтения. Вот пример вызова функции `open`:

```
customer_file = open('customers.txt', 'r')
```

После исполнения этой инструкции будет открыт файл customers.txt и переменная `customer_file` будет ссылаться на файловый объект, который можно использовать для чтения данных из файла.

Предположим, что мы хотим создать файл с именем sales.txt и записать в него данные. Вот пример вызова функции `open`:

```
sales_file = open('sales.txt', 'w')
```

После исполнения этой инструкции будет создан файл sales.txt и переменная `sales_file` будет ссылаться на файловый объект, который можно использовать для записи данных в файл.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Напомним, что при использовании режима `'w'` на диске создается файл. Если при открытии файла с указанным именем он уже существует, то содержимое существующего файла будет удалено.

Указание места расположения файла

Когда в функцию `open` передается имя файла, которое в качестве аргумента не содержит путь, интерпретатор Python исходит из предположения, что место расположения файла такое же, что и у программы. Например, предположим, что программа расположена на компьютере, работающем под управлением Windows, в папке C:\Users\Documents\Python. Если программа выполняется, и она исполняет инструкцию:

```
test_file = open('test.txt', 'w')
```

то файл test.txt создается в той же папке. Если требуется открыть файл в другом месте расположения, можно указать путь и имя файла в аргументе, который передается в функцию `open`. Если указать путь в строковом литерале (в особенности на компьютере под управлением Windows), следует снабдить строковый литерал префиксом в виде буквы `r`. Вот пример:

```
test_file = open(r'C:\Users\temp\test.txt', 'w')
```

Эта инструкция создает файл test.txt в папке C:\Users\temp. Префикс `r` указывает на то, что строковый литерал является *неформатированным*. В результате этого интерпретатор Python

рассматривает символы обратной косой черты как обычные символы. Без префикса `r` интерпретатор предположит, что символы обратной косой черты являются частью экранированных последовательностей, и произойдет ошибка.

Запись данных в файл

До сих пор в этой книге вы работали с несколькими библиотечными функциями Python и даже писали свои функции. Теперь мы представим вам другой тип функций, которые называются методами. *Метод* — это функция, которая принадлежит объекту и выполняет некоторую операцию с использованием этого объекта. После открытия файла для выполнения операций с файлом используются методы файлового объекта.

Например, файловые объекты имеют метод `write()`, который применяется для записи данных в файл. Вот общий формат вызова метода `write()`:

```
файловая_переменная.write(строковое_значение)
```

В данном формате *файловая_переменная* — это переменная, которая ссылается на файловый объект, *строковое_значение* — символьная последовательность, которая будет записана в файл. Файл должен быть открыт для записи (с использованием режима `'w'` или `'a'`), либо произойдет ошибка.

Давайте допустим, что `customer_file` ссылается на файловый объект, и файл открыт для записи в режиме `'w'`. Вот пример записи в файл строкового значения `'Чарльз Пейс'`:

```
customer_file.write('Чарльз Пейс')
```

Приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует еще один пример:

```
name = 'Чарльз Пейс'
customer_file.write(name)
```

Вторая инструкция пишет в файл, связанный с переменной `customer_file`, значение, на которое ссылается переменная `name`. В данном случае она запишет в файл строковое значение `'Чарльз Пейс'`. (Эти примеры показывают, как в файл пишется строковое значение, но таким же образом можно писать и числовые значения.)

После того как программа закончила работать с файлом, она должна закрыть его. Это действие разрывает связь программы с файлом. В некоторых системах невыполнение операции закрытия файла вывода может вызвать потерю данных. Это происходит потому, что данные, которые пишутся в файл, сначала пишутся в *буфер*, т. е. небольшую "область временного хранения" в оперативной памяти. Когда буфер полон, система пишет содержимое буфера в файл. Этот прием увеличивает производительность системы потому, что запись данных в оперативную память быстрее их записи на диск. Процесс закрытия файла вывода записывает любые несохраненные данные, которые остаются в буфере, в файл.

В Python для закрытия файла применяется метод `close()` файлового объекта. Например, приведенная ниже инструкция закрывает файл, который связан с `customer_file`:

```
customer_file.close()
```

В программе 6.1 приведен законченный код на Python, который открывает файл вывода, пишет в него данные и затем его закрывает.

Программа 6.1 (file_write.py)

```
1 # Эта программа пишет три строки данных
2 # в файл.
3 def main():
4     # Открыть файл с именем philosophers.txt.
5     outfile = open('philosophers.txt', 'w')
6
7     # Записать имена трех философов
8     # в файл.
9     outfile.write('Джон Локк\n')
10    outfile.write('Дэвид Хьюм\n')
11    outfile.write('Эдмунд Берк\n')
12
13    # Закрыть файл.
14    outfile.close()
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 if __name__ == '__main__':
18    main()
```

Строка 5 открывает файл philosophers.txt, используя режим `'w'`. (Она создает файл и открывает его для записи.) Она также создает в оперативной памяти файловый объект и присваивает этот объект переменной `outfile`.

Инструкции в строках 9–11 пишут в файл три строковых литерала: строка 9 пишет строковый литерал `'Джон Локк\n'`, строка 10 — `'Дэвид Хьюм\n'`, строка 11 — `'Эдмунд Берк\n'`. Строка 14 закрывает файл. После того как эта программа выполнится, в файл philosophers.txt будут записаны три значения (рис. 6.5).

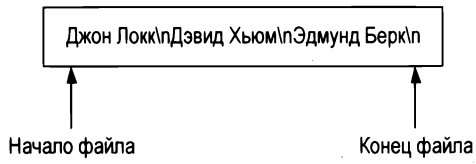


РИС. 6.5. Содержимое файла philosophers.txt

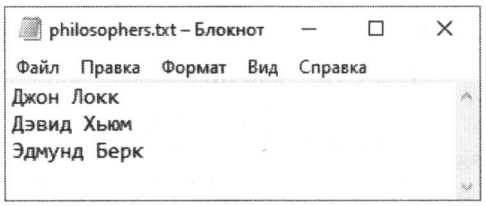


РИС. 6.6. Содержимое файла philosophers.txt в Блокноте

Обратите внимание, что все записанные в файл строковые значения оканчиваются символом `\n`, который является экранированной последовательностью новой строки. Символ `\n` не только отделяет находящиеся в файле значения, но и приводит к тому, что каждый из них появляется на отдельной строке во время просмотра данных в текстовом редакторе. Например, на рис. 6.6 показан файл philosophers.txt в том виде, как он выглядит в Блокноте.

Чтение данных из файла

Если файл был открыт для чтения (с помощью режима `'r'`), то для чтения всего его содержимого в оперативную память применяют метод файлового объекта `read()`. При вызове метода `read()` он возвращает содержимое файла в качестве строкового значения. Например, в программе 6.2 показано применение метода `read()` для чтения содержимого файла philosophers.txt, который мы создали ранее.

Программа 6.2 (file_read.py)

```
1 # Эта программа читает и показывает содержимое
2 # файла philosophers.txt.
3 def main():
4     # Открыть файл с именем philosophers.txt.
5     infile = open('philosophers.txt', 'r')
6
7     # Прочитать содержимое файла.
8     file_contents = infile.read()
9
10    # Закрыть файл.
11    infile.close()
12
13    # Напечатать данные, считанные
14    # в оперативную память.
15    print(file_contents)
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 if __name__ == '__main__':
19    main()
```

Вывод программы

```
Джон Локк
Дэвид Хьюм
Эдмунд Берк
```

Инструкция в строке 5 открывает файл philosophers.txt для чтения, используя режим `'r'`. Она также создает файловый объект и присваивает этот объект переменной `infile`. Строка 8 вызывает метод `infile.read()`, чтобы прочитать содержимое файла, которое считывается в оперативную память в качестве строкового значения и присваивается переменной `file_contents` (рис. 6.7). Затем инструкция в строке 15 печатает строковое значение, на которую ссылается эта переменная.

Несмотря на то что метод `read()` позволяет одной инструкцией легко прочитать все содержимое файла, многим программам требуется читать и обрабатывать хранящиеся в файле

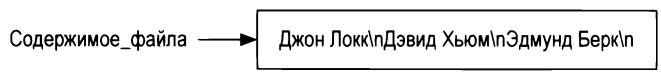


РИС. 6.7. Переменная `file_contents` ссылается на строковое значение, прочитанное из файла

значения поочередно. Например, предположим, что файл содержит ряд сумм продаж, и вам нужно написать программу, вычисляющую итоговую сумму продаж в файле. Программа будет читать каждую сумму продаж из файла и добавлять его в накопительную переменную.

В Python для чтения строкового значения из файла применяется метод `readline()`. (Строка файла представляет собой символьную последовательность, завершающуюся символом `\n`.) Этот метод возвращает строку файла как символьную последовательность, включая `\n`. В программе 6.3 показано применение метода `readline()` для построчного чтения содержимого файла philosophers.txt.

Программа 6.3 (line_read.py)

```
1 # Эта программа построчно читает
2 # содержимое файла philosophers.txt.
3 def main():
4     # Открыть файл с именем philosophers.txt.
5     infile = open('philosophers.txt', 'r')
6
7     # Прочитать три строки файла.
8     line1 = infile.readline()
9     line2 = infile.readline()
10    line3 = infile.readline()
11
12    # Закрыть файл.
13    infile.close()
14
15    # Напечатать данные, прочитанные
16    # в оперативную память.
17    print(line1)
18    print(line2)
19    print(line3)
20
21 # Вызвать главную функцию.
22 if __name__ == '__main__':
23    main()
```

Вывод программы

```
Джон Локк

Дэвид Хьюм

Эдмунд Берк
```

Прежде чем исследовать этот программный код, обратите внимание, что после каждой строки в выводе программы печатается пустая строка. Это вызвано тем, что каждое прочитанное из файла значение завершается символом новой строки (`\n`). Позже вы узнаете, как удалять этот символ.

Инструкция в строке 5 открывает файл philosophers.txt для чтения, используя режим `'r'`. Она также создает файловый объект и присваивает этот объект переменной `infile`. Когда

файл открыт для чтения, для этого файла внутренне поддерживается специальное значение, которое называется *позицией считывания*. Она отмечает положение следующего значения, которое будет прочитано из файла. Первоначально позиция считывания находится в начале файла. После того как инструкция в строке 5 исполнится, позиция считывания для файла philosophers.txt будет находиться в месте, указанном на рис. 6.8.

Инструкция в строке 8 вызывает метод `infile.readline()` для чтения первой строки файла. Возвращенная символьная последовательность присваивается переменной `line1`. После исполнения этой инструкции переменной `line1` присваивается строковое значение `'Джон Локк\n'`, а позиция считывания файла будет перенесена к следующей строке файла (рис. 6.9).

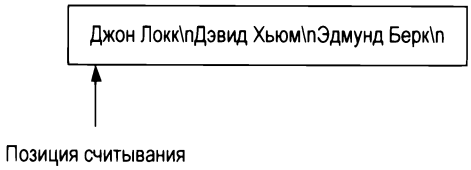


РИС. 6.8. Первоначальная позиция считывания



РИС. 6.9. Позиция считывания переместилась на следующую строку

Затем инструкция в строке 9 читает следующую строку файла и присваивает ее переменной `line2`. После исполнения этой инструкции переменная `line2` будет ссылаться на строковое значение `'Дэвид Хьюм\n'`. Позиция считывания файла будет перенесена к следующей строке файла (рис. 6.10).



РИС. 6.10. Позиция считывания переместилась на следующую строку

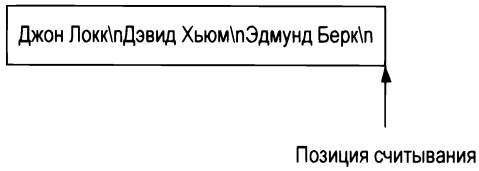


РИС. 6.11. Позиция считывания переместилась в конец файла

Затем инструкция в строке 10 читает следующую строку файла и присваивает ее переменной `line3`. После исполнения этой инструкции переменная `line3` будет ссылаться на строковое значение `'Эдмунд Берк\n'`, а позиция считывания будет перенесена в конец файла (рис. 6.11). На рис. 6.12 показаны переменные `line1`, `line2` и `line3` и строковые значения, на которые они ссылаются после того, как эти инструкции были исполнены.

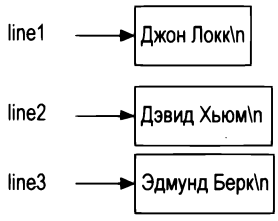


РИС. 6.12. Строковые значения, на которые ссылаются переменные `line1`, `line2` и `line3`



ПРИМЕЧАНИЕ

Если последняя строка в файле не будет заканчиваться на `\n`, то метод `readline()` вернет символьную последовательность без `\n`.

Конкатенация символа новой строки со строковым значением

Программа 6.1 записала три строковых литерала в файл, и каждый строковый литерал завершался экранированной последовательностью `\n`. В большинстве случаев записанные в файл значения данных являются не строковыми литералами, а значениями в оперативной памяти, на которые ссылаются переменные. Это будет в случае программы, которая предлагает пользователю ввести данные и затем записывает эти данные в файл.

Когда программа записывает введенные пользователем данные в файл, обычно перед их записью необходимо в данные добавить, или конкатенировать, экранированную последовательность `\n`. В результате каждая порция данных записывается в отдельной строке файла. В программе 6.4 показано, как это делается.

Программа 6.4 (write_names.py)

```
1 # Эта программа получает от пользователя три имени
2 # и пишет их в файл.
3
4 def main():
5     # Получить три имени.
6     print('Введите имена трех друзей.')
7     name1 = input('Друг # 1: ')
8     name2 = input('Друг # 2: ')
9     name3 = input('Друг # 3: ')
10
11    # Открыть файл с именем friends.txt.
12    myfile = open('friends.txt', 'w')
13
14    # Записать имена в файл.
15    myfile.write(name1 + '\n')
16    myfile.write(name2 + '\n')
17    myfile.write(name3 + '\n')
18
19    # Закрыть файл.
20    myfile.close()
21    print('Имена были записаны в friends.txt.')
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 if __name__ == '__main__':
25    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите имена трех друзей.
Друг # 1: Джо Enter
```

```
Друг # 2: Роуз Enter
Друг # 3: Джерри Enter
Имена были записаны в friends.txt.
```

Строки 7–9 предлагают пользователю ввести три имени, и эти имена присваиваются переменным `name1`, `name2` и `name3`. Строка 12 открывает файл friends.txt для записи. Затем строки 15–17 записывают введенные пользователем имена с добавлением символа `'\n'`. В результате при записи каждого имени в файл в конец каждого имени будет добавлена экранированная последовательность `\n`. На рис. 6.13 показано содержимое файла с введенными пользователем именами в демонстрационном выполнении программы.

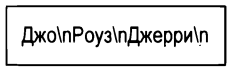


РИС. 6.13. Файл friends.txt



СОВЕТ

В программе 6.4 строки 15–17 легко можно переписать с помощью f-строк вместо обычных. Эти строки программы будут выглядеть следующим образом:

```
myfile.write(f'{name1}\n')
myfile.write(f'{name2}\n')
myfile.write(f'{name3}\n')
```

Чтение строкового значения и удаление из него символа новой строки

Иногда возникают сложности из-за символа `\n`, который появляется в конце строковых значений, возвращаемых из метода `readline()`. Например, как вы, наверное, заметили, в демонстрационном выполнении программы 6.3 после каждой строки вывода печатается пустая строка. Это связано с тем, что все строковые значения, которые печатаются в строках 17–19, завершаются экранированным символом `\n`. Во время печати строковых значений символ `\n` вызывает появление дополнительной пустой строки.

Символ `\n` отделяет сохраненные в файле значения друг от друга. Однако в ряде случаев возникает необходимость удалить `\n` из строкового значения после того, как оно прочитано из файла. В Python каждое значение со строковым типом имеет метод `rstrip()`, который удаляет, или "отсекает", определенные символы с конца строкового значения. (Имя метода `rstrip()` говорит о том, что он отсекает символы с правой стороны строкового значения.) Приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует пример использования метода `rstrip()`.

```
name = 'Джоанна Менчестер\n'
name = name.rstrip('\n')
```

Первая инструкция присваивает строковый литерал `'Джоанна Менчестер\n'` переменной `name`. (Обратите внимание, строковое значение завершается экранированным символом `\n`.) Вторая инструкция вызывает метод `name.rstrip('\n')`. Этот метод возвращает копию строкового значения `name` без замыкающего `\n`. Это строковое значение присваивается обратно переменной `name`. В результате замыкающий `\n` удаляется из строкового значения `name`.

В программе 6.5 представлен еще один пример кода, который читает и выводит на экран содержимое файла philosophers.txt. Здесь применяется метод `rstrip()` для удаления символа `\n` из прочитанных из файла строковых значений перед тем, как они будут выведены на экран. В результате этого дополнительные пустые строки в выводе не появляются.

Программа 6.5 (strip_newline.py)

```
 1 # Эта программа читает содержимое файла
 2 # philosophers.txt построчно.
 3 def main():
 4     # Открыть файл с именем philosophers.txt.
 5     infile = open('philosophers.txt', 'r')
 6
 7     # Прочитать три строки из файла.
 8     line1 = infile.readline()
 9     line2 = infile.readline()
10     line3 = infile.readline()
11
12     # Удалить \n из каждого строкового значения.
13     line1 = line1.rstrip('\n')
14     line2 = line2.rstrip('\n')
15     line3 = line3.rstrip('\n')
16
17     # Закрыть файл.
18     infile.close()
19
20     # Напечатать данные, прочитанные в оперативную память.
21     print(line1)
22     print(line2)
23     print(line3)
24
25 # Вызвать главный метод.
26 if __name__ == '__main__':
27     main()
```

Вывод программы

```
Джон Локк
Дэвид Хьюм
Эдмунд Берк
```

Дозапись данных в существующий файл

Когда для открытия файла вывода используется режим `'w'`, и файл с указанным именем уже на диске существует, имеющийся файл будет удален, и будет создан новый пустой файл с тем же именем. Иногда есть необходимость оставить существующий файл и добавить в его текущее содержимое новые данные. В этом случае новые данные дописываются в конец данных, которые уже имеются в файле.

В Python режим `'a'` используется для открытия файла вывода в *режиме дозаписи*, то есть:

- если файл уже существует, то он не будет стерт; если файл отсутствует, он будет создан;
- когда данные пишутся в файл, они будут дописываться в конец текущего содержимого файла.

Например, допустим, что файл friends.txt содержит приведенные ниже имена, при этом каждое имя расположено на отдельной строке:

```
Джо
Роуз
Джерри
```

Приведенный ниже фрагмент кода открывает файл и дописывает дополнительные данные в его существующее содержимое.

```
myfile = open('friends.txt', 'a')
myfile.write('Мэт\n')
myfile.write('Крис\n')
myfile.write('Сьюзи\n')
myfile.close()
```

После выполнения этой программы файл friends.txt будет содержать приведенные ниже данные:

```
Джо
Роуз
Джерри
Мэт
Крис
Сьюзи
```

Запись и чтение числовых данных

Строковые значения могут записываться в файл непосредственно методом `write()`, однако числа перед их записью должны быть преобразованы в строковый тип. Python имеет встроенную функцию `str`, которая преобразует значение в строковый тип. Например, переменной `num` присвоено значение 99, тогда выражение `str(num)` вернет строковое значение `'99'`.

В программе 6.6 приведен пример использования функции `str` для преобразования числового значения в строковое и записи получившегося строкового значения в файл.

Программа 6.6 (write_numbers.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует преобразование
2 # числовых значений в строковые перед их
3 # записью в текстовый файл.
4
5 def main():
6     # Открыть файл для записи.
7     outfile = open('numbers.txt', 'w')
8
```

```
 9     # Получить от пользователя три числа.
10     num1 = int(input('Введите число: '))
11     num2 = int(input('Введите еще одно число: '))
12     num3 = int(input('Введите еще одно число: '))
13
14     # Записать эти числа в файл.
15     outfile.write(str(num1) + '\n')
16     outfile.write(str(num2) + '\n')
17     outfile.write(str(num3) + '\n')
18
19     # Закрыть файл.
20     outfile.close()
21     print('Данные записаны в numbers.txt')
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 if __name__ == '__main__':
25     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите число: 22 Enter
Введите еще одно число: 14 Enter
Введите еще одно число: -99 Enter
Данные записаны в numbers.txt
```

Инструкция в строке 7 открывает файл numbers.txt для записи. Затем инструкции в строках 10–12 предлагают пользователю ввести три числа, которые присваиваются переменным num1, num2 и num3.

Взгляните на инструкцию в строке 15, выполняющую запись в файл значения, на которое ссылается num1:

```
outfile.write(str(num1) + '\n')
```

Выражение `str(num1) + '\n'` преобразует значение, на которое ссылается num1, в строковое и добавляет экранированную последовательность `\n` в это строковое значение. В демонстрационном выполнении программы в качестве первого числа пользователь ввел 22, и, следовательно, это выражение производит строковое значение `'22\n'`. В результате значение `'22\n'` записывается в файл.

Строки 16 и 17 выполняют аналогичные операции, записывая в файл значения, на которые ссылаются num2 и num3. После исполнения этих инструкций показанные на рис. 6.14 значения будут записаны в файл. На рис. 6.15 показан файл, открытый в Блокноте.

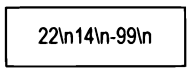


РИС. 6.14. Содержимое файла numbers.txt

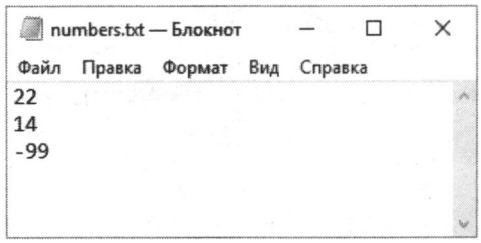


РИС. 6.15. Файл numbers.txt, открытый в Блокноте

При чтении чисел из текстового файла они всегда читаются как строковые значения. Предположим, что программа использует приведенный ниже фрагмент кода для чтения первой строки из файла numbers.txt, созданного программой 6.6:

```
1 infile = open('numbers.txt', 'r')
2 value = infile.readline()
3 infile.close()
```

Инструкция в строке 2 применяет метод `readline()` для чтения строки из файла. После исполнения этой инструкции переменная `value` будет ссылаться на строковое значение `'22\n'`. Это может вызвать затруднения, если мы намереваемся выполнить с переменной `value` математическую операцию, потому что математические операции со строковыми значениями не работают. Значит, необходимо преобразовать строковый тип в числовой.

Из *главы 2* известно, что Python предлагает встроенную функцию `int()`, которая конвертирует значение со строковым типом в целочисленный, и встроенную функцию `float()`, которая преобразует значение со строковым типом в вещественный. Например, ранее приведенный фрагмент кода можно видоизменить следующим образом:

```
1 infile = open('numbers.txt', 'r')
2 string_input = infile.readline()
3 value = int(string_input)
4 infile.close()
```

Инструкция в строке 2 читает строку из файла и присваивает ее переменной `string_input`. В результате `string_input` будет ссылаться на строку `'22\n'`. Затем инструкция в строке 3 применяет функцию `int()` для преобразования `string_input` в целое число и присваивает полученный результат переменной `value`. После исполнения этой инструкции переменная `value` будет ссылаться на целое число `22`. (Функции `int()` и `float()` игнорируют любое количество символов `\n` в конце строкового значения, которое передается в качестве аргумента.)

Приведенный выше фрагмент кода демонстрирует шаги, связанные с чтением строкового значения из файла методом `readline()` и преобразования этого значения в целое число функцией `int()`. Этот фрагмент кода можно упростить. Более оптимальный способ состоит в том, чтобы прочитать строковое значение из файла и конвертировать его в одной инструкции:

```
1 infile = open('numbers.txt', 'r')
2 value = int(infile.readline())
3 infile.close()
```

Обратите внимание, что в строке 2 вызов метода `readline()` применяется в качестве аргумента функции `int()`. Вот как этот фрагмент кода работает: сначала вызывается метод `readline()`, и он возвращает строковое значение. Это значение передается в функцию `int()`, которая преобразует его в целое число. Полученный результат присваивается переменной `value`.

В программе 6.7 показан более полный пример. Содержимое файла numbers.txt считывается, преобразуется в целые числа и суммируется.

Программа 6.7 (read_numbers.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, как прочитанные из файла
2 # числа конвертируются из строкового представления
3 # перед тем, как они используются в математической операции.
4
5 def main():
6     # Открыть файл для чтения.
7     infile = open('numbers.txt', 'r')
8
9     # Прочитать три числа из файла.
10    num1 = int(infile.readline())
11    num2 = int(infile.readline())
12    num3 = int(infile.readline())
13
14    # Закрыть файл.
15    infile.close()
16
17    # Сложить три числа.
18    total = num1 + num2 + num3
19
20    # Показать числа и их сумму.
21    print('Числа: {num1}, {num2}, {num3}')
22    print('Их сумма: {total}')
23
24 # Вызвать главную функцию.
25 if __name__ == '__main__':
26    main()
```

Вывод программы

```
Числа: 22 14 -99
Их сумма: -63
```



Контрольная точка

6.1. Что такое файл вывода?

6.2. Что такое файл ввода?

6.3. Какие три шага программа должна сделать, когда она использует файл?

6.4. Какие бывают два типа файлов? Каково различие между ними?

6.5. Какие бывают два типа доступа к файлу? Каково различие между ними?

6.6. С какими двумя именами, связанными с файлами, необходимо работать в своем программном коде при написании программы, которая выполняет файловую операцию?

6.7. Что происходит с уже существующим файлом при попытке его открыть как файл вывода (используя режим `'w'`)?

6.8. Какова задача открытия файла?

6.9. Какова задача закрытия файла?

6.10. Что такое позиция считывания файла? Где первоначально находится позиция считывания при открытии файла ввода?

6.11. В каком режиме открывается файл, если требуется записать в него данные, но при этом требуется оставить существующее содержимое файла нетронутым? В какую часть файла данные записываются при этом?

6.2 Применение циклов для обработки файлов

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Файлы обычно содержат большие объемы данных, и в программах, как правило, применяется цикл, в котором обрабатываются данные, хранящиеся в файле.

Видеозапись "Применение циклов для обработки файлов" (Using Loops to Process Files)

В некоторых программах используются файлы для хранения лишь незначительных объемов данных. Вместе с тем файлы, как правило, предназначены для хранения больших коллекций данных. Когда в программе используется файл для записи или чтения большого объема данных, то, как правило, задействуется цикл. Например, взгляните на программу 6.8. Она получает от пользователя суммы продаж за несколько дней и записывает эти суммы в файл sales.txt. Пользователь задает количество дней, за которые ему нужно ввести данные о продажах. В демонстрационном выполнении программы пользователь вводит суммы продаж за пять дней. На рис. 6.16 представлено содержимое файла sales.txt с данными, введенными пользователем во время демонстрационного выполнения.

Программа 6.8 **(write_sales.py)**

```
1 # Эта программа предлагает пользователю ввести суммы
2 # продаж и записывает эти суммы в файл sales.txt.
3
4 def main():
5     # Получить количество дней.
6     num_days = int(input('За какое количество дней ' +
7                          'Вы располагаете продажами? '))
8
9     # Открыть новый файл с именем sales.txt.
10    sales_file = open('sales.txt', 'w')
11
12    # Получить суммы продаж за каждый день
13    # и записать их в файл.
14    for count in range(1, num_days + 1):
15        # Получить продажи за день.
16        sales = float(input(
17            f'Введите продажи за день № {count}: '))
18
```

```
        # Записать сумму продаж в файл.
        sales_file.write(f'{sales}\n')

    # Закрыть файл.
    sales_file.close()
    print('Данные записаны в sales.txt.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
За какое количество дней Вы располагаете продажами? 5 Enter
Введите продажи за день № 1: 1000.0 Enter
Введите продажи за день № 2: 2000.0 Enter
Введите продажи за день № 3: 3000.0 Enter
Введите продажи за день № 4: 4000.0 Enter
Введите продажи за день № 5: 5000.0 Enter
Данные записаны в sales.txt.
```

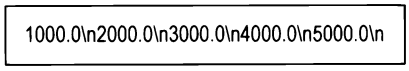


РИС. 6.16. Содержимое файла sales.txt

Чтение файла в цикле и обнаружение конца файла

Довольно часто программа должна читать содержимое файла, не зная количества хранящихся в файле значений. Например, файл sales.txt, который был создан программой 6.8, может иметь любое количество хранящихся в нем значений, потому что программа запрашивает у пользователя количество дней, за которые у него имеются сведения о суммах продаж. Если пользователь в качестве количества дней вводит 5, то программа получает 5 сумм продаж и записывает их в файл. Если пользователь в качестве количества дней вводит 100, то программа получает 100 сумм продаж и записывает их в файл.

Это создает проблему, в случае если требуется написать программу, которая обрабатывает все значения в файле, сколько бы их ни было. Например, предположим, что требуется написать программу, которая читает все суммы из файла sales.txt и вычисляет их итоговый объем. Для того чтобы прочитать значения в файле, можно применить цикл, но при этом требуется способ узнать, когда будет достигнут конец файла.

В Python метод `readline()` возвращает пустое строковое значение (`''`), когда он пытается прочитать за пределами конца файла. Это позволяет написать цикл `while`, который определяет, когда был достигнут конец файла. Вот обобщенный алгоритм в псевдокоде:

```
Открыть файл.
Применить readline, чтобы прочитать первую строку файла.
До тех пор, пока возвращаемое из readline значение не является пустым:
    Обработать значение, которое только что было прочитано из файла.
    Применить readline, чтобы читать следующую строку файла.
Закрыть файл.
```



ПРИМЕЧАНИЕ

В представленном алгоритме метод `readline()` вызывается до входа в цикл `while`. Задача этого вызова метода состоит в том, чтобы получить первую строку файла для проверки ее циклом. Эта начальная операция чтения, которая называется *первичным чтением*.

На рис. 6.17 показан этот алгоритм в блок-схеме.

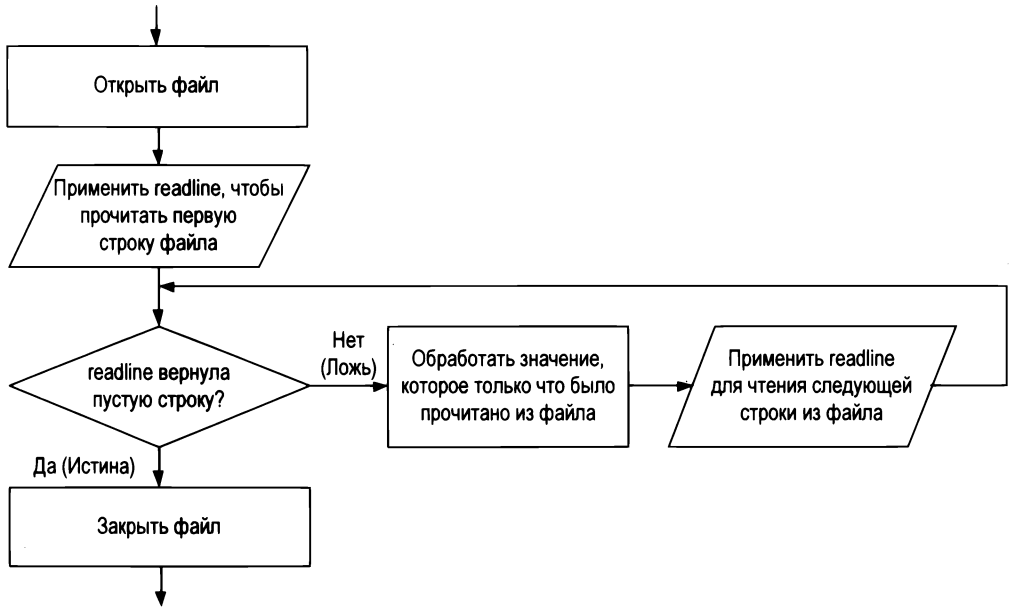


РИС. 6.17. Общая логическая схема обнаружения конца файла

Программа 6.9 демонстрирует соответствующую реализацию в коде. Здесь читаются и выводятся на экран все значения из файла sales.txt.

Программа 6.9 **(read_sales.py)**

```
1 # Эта программа читает все значения из
2 # файла sales.txt.
3
4 def main():
5     # Открыть файл sales.txt для чтения.
6     sales_file = open('sales.txt', 'r')
7
8     # Прочитать первую строку из файла, но
9     # пока не конвертировать в число. Сначала нужно
10    # выполнить проверку на пустое строковое значение.
11    line = sales_file.readline()
12
13    # Продолжать обработку до тех пор, пока из readline
14    # не будет возвращена пустая строка.
```

```
    while line != '':
        # Конвертировать строку в число с плавающей точкой.
        amount = float(line)

        # Отформатировать и показать сумму.
        print(f'{amount:.2f}')

        # Прочитать следующую строку.
        line = sales_file.readline()

    # Закрыть файл.
    sales_file.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
1000.00
2000.00
3000.00
4000.00
5000.00
```

Применение цикла *for* для чтения строк

В предыдущем примере вы увидели, что метод `readline()` возвращает пустое строковое значение, когда достигнут конец файла. Большинство языков программирования предоставляют аналогичный метод обнаружения конца файла. Если вы планируете изучать другие языки программирования, помимо Python, важно знать, как создавать такой тип логической конструкции.

Кроме того, язык Python позволяет писать цикл `for`, автоматически читающий строки в файле без проверки какого-либо особого условия, которое сигнализирует о конце файла. Этот цикл не требует операции первичного чтения и автоматически останавливается, когда достигнут конец файла. Когда требуется просто последовательно прочитать все строки файла, этот подход проще и изящнее, чем написание цикла `while`, который явным образом выполняет проверку условия конца файла. Вот общий формат такого цикла:

```
for переменная in файловый_объект:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

В данном формате *переменная* — это имя переменной, *файловый_объект* — это переменная, которая ссылается на файловый объект. Данный цикл будет выполнять одну итерацию для каждой строки в файле. Во время первой итерации цикла переменная будет ссылаться на первую строку в файле (как на символьную последовательность), во время второй итерации

она будет ссылаться на вторую строку и т. д. В программе 6.10 продемонстрирована работа этого цикла. Здесь читаются и показываются все значения из файла sales.txt.

Программа 6.10 (read_sales2.py)

```
1 # Эта программа применяет цикл for для чтения
2 # всех значений из файла sales.txt.
3
4 def main():
5     # Открыть файл sales.txt для чтения.
6     sales_file = open('sales.txt', 'r')
7
8     # Прочитать все строки из файла.
9     for line in sales_file:
10        # Конвертировать строку в число с плавающей точкой.
11        amount = float(line)
12        # Отформатировать и показать сумму.
13        print(f'{amount:.2f}')
14
15    # Закрыть файл.
16    sales_file.close()
17
18 # Вызвать главную функцию.
19 if __name__ == '__main__':
20    main()
```

Вывод программы

```
1000.00
2000.00
3000.00
4000.00
5000.00
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Работа с файлами

Кевин является внештатным видеопродюсером, который изготавливает телевизионную рекламу для местных предприятий. Когда он делает рекламный ролик, то обычно снимает несколько коротких видеоклипов, которые он позже собирает воедино для заключительного рекламного ролика. Он попросил вас написать две приведенные ниже программы.

1. Программу, которая позволяет ему вводить длительность каждого видеоклипа в проекте (в секундах). Продолжительность клипа сохраняется в файле.
2. Программу, которая читает содержимое файла, показывает длительность клипа и общую длительность всех сегментов.

Вот общий алгоритм первой программы в псевдокоде:

```
Получить количество видеоклипов в проекте.
Открыть файл вывода.
Для каждого видеоклипа в проекте:
    Получить длительность видео.
    Записать длительность в файл.
Закрыть файл.
```

В программе 6.11 представлен соответствующий код первой программы.

Программа 6.11 (save_running_times.py)

```
# Эта программа сохраняет последовательность, состоящую из
# длительностей видеоклипов, в файле video_times.txt.

def main():
    # Получить количество видеоклипов в проекте.
    num_videos = int(input('Сколько видеоклипов в проекте? '))

    # Открыть файл для записи длительностей видеоклипов.
    video_file = open('video_times.txt', 'w')

    # Получить длительность каждого видеоклипа
    # и записать его в файл.
    print('Введите длительность каждого видеоклипа.')
    for count in range(1, num_videos + 1):
        run_time = float(input(f'Видеоклип № {count}: '))
        video_file.write(f'{run_time}\n')

    # Закрыть файл.
    video_file.close()
    print('Времена сохранены в video_times.txt.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько видеоклипов в проекте? 6 Enter
Введите длительность каждого видеоклипа.
Видеоклип № 1: 24.5 Enter
Видеоклип № 2: 12.2 Enter
Видеоклип № 3: 14.6 Enter
Видеоклип № 4: 20.4 Enter
Видеоклип № 5: 22.2 Enter
Видеоклип № 6: 19.3 Enter
Времена сохранены в video_times.txt.
```

Вот общий алгоритм второй программы:

```
Инициализировать накапливающую переменную total значением 0.
Инициализировать переменную-счетчик count значением 0.
Открыть файл ввода.
Для каждой строки в файле:
    Конвертировать строку в число с плавающей точкой. (Это длительность клипа.)
    Прибавить его в переменную-счетчик. (Она ведет учет количества клипов.)
    Показать длительность этого видеоклипа.
    Прибавить длительность в накапливающую переменную.
Закрыть файл.
Показать содержимое накопителя с общей длительностью.
```

В программе 6.12 приведен соответствующий код второй программы.

Программа 6.12 (read_running_times.py)

```
1 # Эта программа читает значения из файла
2 # video_times.txt и вычисляет их сумму.
3
4 def main():
5     # Открыть файл video_times.txt для чтения.
6     video_file = open('video_times.txt', 'r')
7
8     # Инициализировать накопитель значением 0.0.
9     total = 0.0
10
11    # Инициализировать переменную для подсчета видеоклипов.
12    count = 0
13
14    print('Длительности всех видеоклипов:')
15
16    # Получить значения из файла и просуммировать их.
17    for line in video_file:
18        # Преобразовать строку в число с плавающей точкой.
19        run_time = float(line)
20
21        # Прибавить 1 к переменной count.
22        count += 1
23
24        # Показать длительность.
25        print('Видеоклип № ', count, ': ', run_time, sep='')
26
27        # Прибавить длительность к total.
28        total += run_time
29
30    # Закрыть файл.
31    video_file.close()
32
```

```
    # Показать итоговую длительность.
    print(f'Общая длительность составляет {total} секунд.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Длительности всех видеоклипов:
Видеоклип № 1: 24.5
Видеоклип № 2: 12.2
Видеоклип № 3: 14.6
Видеоклип № 4: 20.4
Видеоклип № 5: 22.2
Видеоклип № 6: 19.3
Общая длительность составляет 113.2 секунд.
```



Контрольная точка

6.12. Напишите короткую программу, которая применяет цикл `for` для записи в файл чисел от 1 до 10.

6.13. Что означает ситуация, когда метод `readline()` возвращает пустое строковое значение?

6.14. Допустим, что существует файл data.txt, который содержит несколько строк текста. Напишите короткую программу с использованием цикла `while`, который показывает все строки в файле.

6.15. Пересмотрите программу, которую вы написали выше, применив вместо цикла `while` цикл `for`.

6.3 Обработка записей

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сохраненные в файле данные часто организованы в виде записей. Запись — это полный набор данных об объекте, а поле — это отдельная порция данных в записи.

Когда данные пишутся в файл, они часто организованы в виде записей и полей. *Запись* — это полный набор данных, который описывает один объект данных, *поле* — это отдельная порция данных в записи. Предположим, что мы хотим сохранить данные о сотрудниках в файле. Файл будет содержать запись по каждому сотруднику. Каждая запись будет набором полей, таких как имя, идентификационный номер и отдел (рис. 6.18).

Всякий раз, когда запись размещается в файле с последовательным доступом, одно за другим заполняются поля, составляющие запись. Например, на рис. 6.19 показан файл, который содержит три записи о сотрудниках. Каждая запись состоит из имени сотрудника, идентификационного номера и отдела.

В программе 6.13 приведен простой пример размещения в файле записей о сотрудниках.

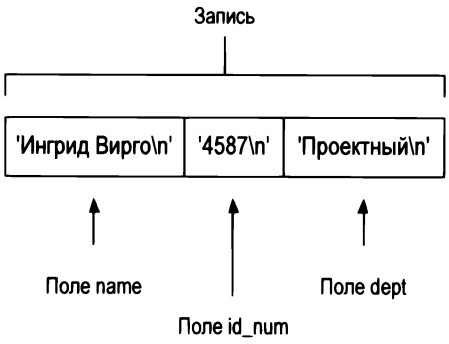


РИС. 6.18. Поля в записи

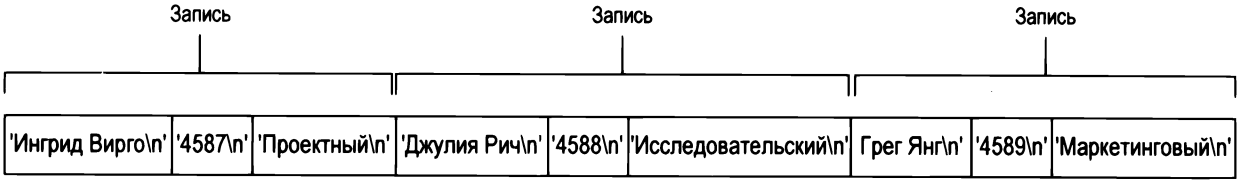


РИС. 6.19. Записи в файле

Программа 6.13 **(save_emp_records.py)**

```
1 # Эта программа получает от пользователя данные о сотрудниках
2 # и сохраняет их в виде записей в файле employee.txt.
3
4 def main():
5     # Получить количество записей о сотрудниках для создания.
6     num_emps = int(input('Сколько записей о сотрудниках ' +
7                          'Вы хотите создать? '))
8
9     # Открыть файл для записи.
10    emp_file = open('employees.txt', 'w')
11
12    # Получить данные каждого сотрудника
13    # и записать их в файл.
14    for count in range(1, num_emps + 1):
15        # Получить данные о сотруднике.
16        print(f'Введите данные о сотруднике № {count}')
17        name = input('Имя: ')
18        id_num = input('Идентификационный номер: ')
19        dept = input('Отдел: ')
20
21        # Записать в файл данные как запись.
22        emp_file.write(f'{name}\n')
23        emp_file.write(f'{id_num}\n')
24        emp_file.write(f'{dept}\n')
25
```

```
26          # Показать пустую строку.
27          print()
28
29      # Закрыть файл.
30      emp_file.close()
31      print('Записи о сотрудниках сохранены в employees.txt.')
32
33 # Вызвать главную функцию.
34 if __name__ == '__main__':
35      main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько записей о сотрудниках Вы хотите создать? 3 [Enter]
Введите данные о сотруднике № 1
Имя: Ингрид Вирго [Enter]
Идентификационный номер: 4587 [Enter]
Отдел: Проектный [Enter]

Введите данные о сотруднике № 2
Имя: Джулия Рич [Enter]
Идентификационный номер: 4588 [Enter]
Отдел: Исследовательский [Enter]

Введите данные о сотруднике № 3
Имя: Грег Янг [Enter]
Идентификационный номер: 4589 [Enter]
Отдел: Маркетинговый [Enter]

Записи о сотрудниках сохранены в employees.txt.
```

Инструкция в строках 6 и 7 предлагает пользователю ввести количество записей о сотрудниках, которые он желает создать. В цикле в строках 17–19 программа получает имя сотрудника, его идентификационный номер и отдел. Эти три значения, которые вместе составляют запись о сотруднике, пишутся в файл в строках 22–24. Цикл выполняет одну итерацию для каждой записи о сотруднике.

Во время чтения записи из файла с последовательным доступом поочередно читаются данные всех полей до тех пор, пока не будет прочитана полная запись. Программа 6.14 демонстрирует, каким образом читаются записи о сотрудниках из файла employee.txt.

Программа 6.14 (read_emp_records.py)

```
1 # Эта программа показывает записи, которые
2 # находятся в файле employees.txt.
3
4 def main():
5     # Открыть файл employees.txt.
6     emp_file = open('employees.txt', 'r')
7
```

```
 8     # Прочитать первую строку в файле, т. е.
 9     # поле с именем сотрудника первой записи.
10     name = emp_file.readline()
11
12     # Если поле прочитано, то продолжить обработку.
13     while name != '':
14         # Прочитать поле с идентификационным номером.
15         id_num = emp_file.readline()
16
17         # Прочитать поле с названием отдела.
18         dept = emp_file.readline()
19
20         # Удалить символы новой строки из полей.
21         name = name.rstrip('\n')
22         id_num = id_num.rstrip('\n')
23         dept = dept.rstrip('\n')
24
25         # Показать запись.
26         print(f'Имя: {name}')
27         print(f'ID: {id_num}')
28         print(f'Отдел: {dept}')
29         print()
30
31         # Прочитать поле с именем следующей записи.
32         name = emp_file.readline()
33
34     # Закрыть файл.
35     emp_file.close()
36
37 # Вызвать главную функцию.
38 if __name__ == '__main__':
39     main()
```

Вывод программы

```
Имя: Ингрид Вирго
ID: 4587
Отдел: Проектный

Имя: Джулия Рич
ID: 4588
Отдел: Исследовательский

Имя: Грег Янг
ID: 4589
Отдел: Маркетинговый
```

Эта программа открывает файл в строке 6, затем в строке 10 считывает первое поле первой записи. Оно будет именем первого сотрудника. Цикл `while` в строке 13 проверяет значение,

чтобы определить, является ли оно пустым строковым значением. Если нет, то цикл повторяется. Внутри цикла программа читает второе и третье поля записи (идентификационный номер и отдел сотрудника) и выводит их на экран. Затем в строке 32 читается первое поле следующей записи (имя следующего сотрудника). Цикл выполняется с начала, и этот процесс продолжается до тех пор, пока больше не останется записей для чтения.

Программам, которые хранят записи в файле, как правило, требуется больше возможностей, чем просто запись и чтение записей. Далее в рубрике *"В центре внимания"* мы исследуем алгоритмы добавления записей в файл, поиска в файле определенных записей, изменения и удаления записи.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Добавление и вывод записей на экран

Компания "Полночный кофе" — это небольшое предприятие, которое со всего мира импортирует необработанные зерна кофе и обжаривает их для изготовления широкого ассортимента изысканных сортов кофе. Джулия, владелец компании, попросила вас написать ряд программ, предназначенных для управления ее складскими запасами. Поговорив с нею, вы решили, что понадобится файл для хранения записей с данными о ее складских запасах. Каждая запись должна иметь два поля, которые будут содержать приведенные ниже данные:

- описание — строковое значение, содержащее название бренда кофе;
- количество этого бренда кофе среди ее складских запасов в фунтах в виде числа с плавающей точкой.

Ваше первое задание состоит в том, чтобы написать программу, которая может использоваться для добавления записей в файл. В программе 6.15 приведен соответствующий код. Обратите внимание, что файл вывода открывается в режиме дозаписи. При каждом выполнении программы новые записи будут добавляться в существующее содержимое файла.

Программа 6.15 (add_coffee_record.py)

```
 1 # Эта программа добавляет записи о запасах кофе
 2 # в файл coffee.txt.
 3
 4 def main():
 5     # Создать переменную для управления циклом.
 6     another = 'д'
 7
 8     # Открыть файл coffee.txt file в режиме дозаписи.
 9     coffee_file = open('coffee.txt', 'a')
10
11     # Добавить записи в файл.
12     while another == 'д' or another == 'Д':
13         # Получить данные с записью о кофе.
14         print('Введите следующие данные о кофе:')
15         descr = input('Описание: ')
16         qty = int(input('Количество (в фунтах): '))
17
```

```
        # Добавить данные в файл.
        coffee_file.write(f'{descr}\n')
        coffee_file.write(f'{qty}\n')

        # Определить, желает ли пользователь добавить
        # в файл еще одну запись.
        print('Желаете ли Вы добавить еще одну запись?')
        another = input('Д = да, все остальное = нет: ')

    # Закрыть файл.
    coffee_file.close()
    print('Данные добавлены в coffee.txt.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите следующие данные о кофе:
Описание: Бразильский кофе темной обжарки Enter
Количество (в фунтах): 18 Enter
Желаете ли Вы добавить еще одну запись?
Д = да, все остальное = нет: Д Enter
Введите следующие данные о кофе:
Описание: Суматранский кофе средней обжарки Enter
Количество (в фунтах): 25 Enter
Желаете ли Вы добавить еще одну запись?
Д = да, все остальное = нет: н Enter
Данные добавлены в coffee.txt.
```

Ваше следующее задание состоит в написании программы, которая показывает все записи в файле складских запасов. В программе 6.16 приведен соответствующий код.

Программа 6.16 (show_coffee_records.py)

```
# Эта программа показывает записи
# из файла coffee.txt.

def main():
    # Открыть файл coffee.txt.
    coffee_file = open('coffee.txt', 'r')

    # Прочитать поле с описанием первой записи.
    descr = coffee_file.readline()

    # Прочитать остаток файла.
    while descr != '':
```

```
        # Прочитать поле с количеством.
        qty = float(coffee_file.readline())

        # Удалить \n из описания.
        descr = descr.rstrip('\n')

        # Показать запись.
        print(f'Описание: {descr}')
        print(f'Количество: {qty}')

        # Прочитать следующее описание.
        descr = coffee_file.readline()

    # Закрыть файл.
    coffee_file.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Описание: Бразильский кофе темной обжарки
Количество: 18.0
Описание: Суматранский кофе средней обжарки
Количество: 25.0
```



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Поиск записи

Джулия протестировала первые две программы, которые вы для нее написали. У нее теперь есть несколько записей, сохраненных в файле coffee.txt, и она попросила вас написать еще одну программу, которую может использовать для поиска записей. Она хочет иметь возможность вводить описание и видеть список всех записей, соответствующих этому описанию. В программе 6.17 показан соответствующий код.

Программа 6.17 (search_coffee_records.py)

```
# Эта программа позволяет пользователю производить поиск
# в файле coffee.txt записей, которые соответствуют
# описанию.

def main():
    # Создать булеву переменную для использования ее в качестве флага.
    found = False

```

```
    # Получить искомое значение.
    search = input('Введите искомое описание: ')

    # Открыть файл coffee.txt.
    coffee_file = open('coffee.txt', 'r')

    # Прочитать поле с описанием кофе первой записи.
    descr = coffee_file.readline()

    # Прочитать остаток файла.
    while descr != '':
        # Прочитать поле с количеством.
        qty = float(coffee_file.readline())

        # Удалить \n из описания.
        descr = descr.rstrip('\n')

        # Определить, соответствует ли эта запись
        # поисковому значению.
        if descr == search:
            # Показать запись.
            print(f'Описание: {descr}')
            print(f'Количество: {qty}')
            print()
            # Назначить флагу found значение True.
            found = True

        # Прочитать следующее описание.
        descr = coffee_file.readline()

    # Закрыть файл.
    coffee_file.close()

    # Если поисковое значение в файле не найдено,
    # то показать сообщение.
    if not found:
        print('Это значение в файле не найдено.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите искомое описание: Суматранский кофе средней обжарки Enter
Описание: Суматранский кофе средней обжарки
Количество: 25.0
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите искомое описание: Мексиканский Алтура Enter
Это значение в файле не найдено.
```



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Изменение записей

Джулия очень довольна вашими программами. Ваше следующее задание состоит в том, чтобы написать программу, которую она сможет применять для изменения поля с количеством кофе в существующей записи. Это позволит ей обновлять записи по мере того, как кофе реализуется, или складские запасы пополняются за счет поступления кофе существующего бренда.

Для того чтобы изменить запись в последовательном файле, необходимо создать второй временный файл. Все записи исходного файла копируются во временный файл, но, когда вы добираетесь до записи, которая должна быть изменена, старое содержимое записи во временный файл не сохраняется. Вместо этого во временный файл записываются новые измененные значения записи. Затем из исходного файла во временный файл копируются все остальные записи.

Временный файл занимает место исходного файла. Исходный файл удаляется, а временный файл переименовывается, получая имя, которое имел исходный файл на диске компьютера. Вот общий алгоритм вашей программы.

```
Открыть исходный файл для ввода и создать временный файл для вывода.
Получить описание изменяемой записи и новое значение количества.
Прочитать из исходного файла первое поле с описанием.
До тех пор, пока поле с описанием не пустое:
    Прочитать поле с количеством.
    Если поле с описанием этой записи соответствует введенному описанию:
        Записать во временный файл новые данные.
    Иначе:
        Записать во временный файл существующую запись.
    Прочитать следующее поле с описанием.
Закрыть исходный файл и временный файл.
Удалить исходный файл.
Переименовать временный файл, дав ему имя исходного файла.
```

Обратите внимание, что в конце алгоритма удаляется исходный файл и затем переименовывается временный файл. Модуль `os` стандартной библиотеки Python предоставляет функцию `remove`, которая удаляет файл на диске. В качестве аргумента этой функции просто передается имя файла. Вот пример ее использования для удаления файла coffee.txt:

```
remove('coffee.txt')
```

Модуль `os` также предоставляет функцию `rename`, которая переименовывает файл. Вот пример ее использования для переименования файла temp.txt в coffee.txt:

```
rename('temp.txt', 'coffee.txt')
```

В программе 6.18 представлен соответствующий код.

Программа 6.18 (modify_coffee_records.py)

```
1 # Эта программа позволяет пользователю изменять количество
2 # в записи файла coffee.txt.
3
4 import os # Этот модуль нужен для функций remove и rename.
5
6 def main():
7     # Создать булеву переменную для использования ее в качестве флага.
8     found = False
9
10    # Получить искомое значение и новое количество.
11    search = input('Введите искомое описание: ')
12    new_qty = int(input('Введите новое количество: '))
13
14    # Открыть исходный файл coffee.txt.
15    coffee_file = open('coffee.txt', 'r')
16
17    # Открыть временный файл.
18    temp_file = open('temp.txt', 'w')
19
20    # Прочитать поле с описанием первой записи.
21    descr = coffee_file.readline()
22
23    # Прочитать остаток файла.
24    while descr != '':
25        # Прочитать поле с количеством.
26        qty = float(coffee_file.readline())
27
28        # Удалить \n из описания.
29        descr = descr.rstrip('\n')
30
31        # Записать во временный файл либо эту запись,
32        # либо новую запись, если эта запись
33        # подлежит изменению.
34        if descr == search:
35            # Записать во временный файл измененную запись.
36            temp_file.write(f'{descr}\n')
37            temp_file.write(f'{new_qty}\n')
38
39            # Назначить флагу found значение True.
40            found = True
41        else:
42            # Записать исходную запись во временный файл.
43            temp_file.write(f'{descr}\n')
44            temp_file.write(f'{qty}\n')
```

```
45
46          # Прочитать следующее описание.
47          descr = coffee_file.readline()
48
49      # Закрыть файл с данными о кофе и временный файл.
50      coffee_file.close()
51      temp_file.close()
52
53      # Удалить исходный файл coffee.txt.
54      os.remove('coffee.txt')
55
56      # Переименовать временный файл.
57      os.rename('temp.txt', 'coffee.txt')
58
59      # Если искомое значение в файле не найдено,
60      # то показать сообщение.
61      if found:
62          print('Файл обновлен.')
63      else:
64          print('Это значение в файле не найдено.')
65
66 # Вызвать главную функцию.
67 if __name__ == '__main__':
68      main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите искомое описание: Бразильский кофе темной обжарки Enter
Введите новое количество: 10 Enter
Файл обновлен.
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Во время работы с файлом с последовательным доступом приходится копировать весь файл всякий раз, когда изменяется одно значение в нем. Как можно предположить, этот подход неэффективен, в особенности если файл большой. Более подходящим подходом к работе с крупными объемами данных является использование базы данных. Мы рассмотрим базы данных в *главе 14*.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Удаление записей

Ваше последнее задание состоит в том, чтобы написать программу, которую Джулия будет применять для удаления записей из файла coffee.txt. Подобно процессу изменения записи, процесс ее удаления из файла с последовательным доступом требует создание второго, временного файла. Все записи исходного файла копируются во временный файл, за исключением записи, которая должна быть удалена. Затем временный файл занимает место исходного

файла. Исходный файл удаляется, а временный файл переименовывается, получая имя, которое исходный файл имел на диске компьютера. Вот общий алгоритм вашей программы.

```
Открыть исходный файл для ввода и создать временный файл для вывода.
Получить описание удаляемой записи.
Прочитать поле с описанием первой записи в исходном файле.
До тех пор пока описание не пустое:
    Прочитать поле с количеством.
    Если поле с описанием этой записи не совпадает с введенным описанием:
        Записать эту запись во временный файл.
    Прочитать следующее поле с описанием.
Закрыть исходный файл и временный файл.
Удалить исходный файл.
Переименовать временный файл, дав ему имя исходного файла.
```

В программе 6.19 приведен соответствующий код.

Программа 6.19 (delete_coffee_record.py)

```
1 # Эта программа позволяет пользователю удалить
2 # запись из файла coffee.txt.
3
4 import os # Этот модуль нужен для функций remove и rename.
5
6 def main():
7     # Создать булеву переменную для использования ее в качестве флага.
8     found = False
9
10    # Получить бренд кофе, который нужно удалить.
11    search = input('Какой бренд желаете удалить? ')
12
13    # Открыть исходный файл coffee.txt.
14    coffee_file = open('coffee.txt', 'r')
15
16    # Открыть временный файл.
17    temp_file = open('temp.txt', 'w')
18
19    # Прочитать поле с описанием первой записи.
20    descr = coffee_file.readline()
21
22    # Прочитать остаток файла.
23    while descr != '':
24        # Прочитать поле с количеством.
25        qty = float(coffee_file.readline())
26
27        # Удалить \n из описания.
28        descr = descr.rstrip('\n')
29
```

```
30          # Если эта запись не предназначена для удаления,
31          # то записать ее во временный файл.
32          if descr != search:
33              # Поместить запись во временный файл.
34              temp_file.write(f'{descr}\n')
35              temp_file.write(f'{qty}\n')
36          else:
37              # Назначить флагу found значение True.
38              found = True
39
40          # Прочитать следующее описание.
41          descr = coffee_file.readline()
42
43      # Закрыть файл с данными о кофе и временный файл.
44      coffee_file.close()
45      temp_file.close()
46
47      # Удалить исходный файл coffee.txt.
48      os.remove('coffee.txt')
49
50      # Переименовать временный файл.
51      os.rename('temp.txt', 'coffee.txt')
52
53      # Если искомое значение в файле не найдено,
54      # то показать сообщение.
55      if found:
56          print('Файл обновлен.')
57      else:
58          print('Это значение в файле не найдено.')
59
60  # Вызвать главную функцию.
61  if __name__ == '__main__':
62      main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Какой бренд желаете удалить? Бразильский кофе темной обжарки Enter
Файл обновлен.
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Во время работы с файлом с последовательным доступом приходится копировать весь файл всякий раз, когда удаляется одно значение из файла. Как уже упоминалось ранее, этот подход неэффективен, в особенности если файл объемный. Существуют другие, более продвинутые методы, в частности работа с файлами с прямым доступом, которые намного эффективнее. В книге эти методы не рассматриваются, но вы сможете познакомиться с ними самостоятельно.



Контрольная точка

6.16. Что такое запись? Что такое поле?

6.17. Опишите, как используется временный файл в программе, которая изменяет запись в файле с последовательным доступом.

6.18. Опишите, как используется временный файл в программе, которая удаляет запись из файла с последовательным доступом.

6.4 Исключения

Ключевые положения

Исключение — это ошибка, которая происходит во время работы программы, приводящая к ее внезапному останову. Для корректной обработки исключений используется инструкция `try/except`.

Исключение — это ошибка, которая происходит во время работы программы. В большинстве случаев исключение приводит к внезапному останову программы. Например, взгляните на программу 6.20. Она получает от пользователя два числа и делит первое число на второе. Однако в демонстрационном выполнении программы произошло исключение, потому что в качестве второго числа пользователь ввел 0. (Деление на 0 вызывает исключение, потому что оно математически невозможно.)

Программа 6.20 (division.py)

```
 1 # Эта программа делит одно число на другое.
 2
 3 def main():
 4     # Получить два числа.
 5     num1 = int(input('Введите число: '))
 6     num2 = int(input('Введите еще одно число: '))
 7
 8     # Разделить num1 на num2 и показать результат.
 9     result = num1 / num2
10     print(f'{num1} деленное на {num2} равно {result}')
11
12 # Вызвать главную функцию.
13 if __name__ == '__main__':
14     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите число: 10 Enter
Введите еще одно число: 0 Enter
Traceback (most recent call last):
  File "division.py", line 13, in <module>
    main()
```

```
  File "division.py", line 9, in main
    result = num1 / num2
ZeroDivisionError: integer division or modulo by zero
```

Длинное сообщение об ошибке, показанное в демонстрационном выполнении, называется отчетом об *обратной трассировке*. Обратная трассировка предоставляет информацию относительно одного или нескольких номеров строк, которые вызвали исключение. (Когда исключение происходит, программисты говорят, что исключение было *вызвано*, или "поднято".) Последняя строка сообщения об ошибке показывает название вызванного исключения (`ZeroDivisionError` — ошибка деления на ноль) и краткое описание ошибки, которая привела к вызову исключения (`division by zero`, т. е. деление на ноль).

Возникновение многих исключений можно предотвратить, тщательно продумывая свою программу. Например, программа 6.21 показывает, как деление на 0 может быть предотвращено простой инструкцией `if`. Вместо того чтобы допустить возникновение исключения, программа проверяет значение переменной `num2` и показывает сообщение об ошибке, если ее значение равно 0. Это пример корректного предотвращения исключения.

Программа 6.21 (division2.py)

```
 1 # Эта программа делит одно число на другое.
 2
 3 def main():
 4     # Получить два числа.
 5     num1 = int(input('Введите число: '))
 6     num2 = int(input('Введите еще одно число: '))
 7
 8     # Если переменная num2 не равна 0, то разделить
 9     # num1 на num2 и показать результат.
10     if num2 != 0:
11         result = num1 / num2
12         print(f'{num1} деленное на {num2} равно {result}')
13     else:
14         print('Деление на ноль невозможно.')
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 if __name__ == '__main__':
18     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите число: 10 Enter
Введите еще одно число: 0 Enter
Деление на ноль невозможно.
```

Однако некоторых исключений невозможно избежать независимо от того, насколько тщательно написана программа. Например, взгляните на программу 6.22. В ней вычисляется заработная плата до удержаний: пользователю предлагается ввести количество отработанных часов и почасовую ставку оплаты труда. Затем вычисляется заработная плата пользователя с помощью умножения этих чисел и вывода ее величины на экран.

Программа 6.22 (gross_pay1.py)

```
1 # Эта программа вычисляет заработную плату до удержаний.
2
3 def main():
4     # Получить количество отработанных часов.
5     hours = int(input('Сколько часов вы отработали? '))
6
7     # Получить почасовую ставку оплаты труда.
8     pay_rate = float(input('Введите свою почасовую ставку: '))
9
10    # Вычислить заработную плату до удержаний.
11    gross_pay = hours * pay_rate
12
13    # Показать заработную плату.
14    print(f'Заработная плата: ${gross_pay:,.2f}')
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 if __name__ == '__main__':
18    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько часов вы отработали? сорок Enter
Traceback (most recent call last):
  File "gross_pay1.py", line 17, in <module>
    main()
  File "gross_pay1.py", line 5, in main
    hours = int(input('Сколько часов вы отработали? '))
ValueError: invalid literal for int() with base 10: 'сорок'
```

Взгляните на демонстрационное выполнение программы. Исключение произошло, потому что во время запроса программой количества отработанных часов пользователь ввел строковое значение `'сорок'` вместо числа 40. Поскольку строковое значение `'сорок'` невозможно преобразовать в целое число, функция `int()` вызвала исключение в строке 5, и программа остановилась. Посмотрите внимательно на последнюю строку сообщения обратной трассировки, и вы увидите, что именем исключения является `ValueError` (ошибка значения), а его описанием: `invalid literal for int() with base 10: 'сорок'` (недопустимый литерал для функции `int()` с основанием 10: `'сорок'`).

Язык Python, как и большинство современных языков программирования, позволяет писать программный код, который откликается на вызванные исключения и препятствует внезапному аварийному останову программы. Такой программный код называется *обработчиком исключений* и пишется при помощи инструкции `try/except`. Существует несколько способов написания инструкции `try/except`, но приведенный ниже общий формат показывает самый простой ее вариант:

```
try:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

```
except ИмяИсключения:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

В начале данной инструкции стоит ключевое слово `try`, сопровождаемое двоеточием. Затем идет блок кода, который мы будем называть *группой* `try`. Она состоит из одной или нескольких инструкций, которые потенциально могут вызвать исключение.

После группы `try` идет *выражение* `except`. Оно начинается с ключевого слова `except`, за которым необязательно может следовать имя исключения с двоеточием. Начиная со следующей строки, располагается блок инструкций, который мы будем именовать *обработчиком*.

Во время исполнения инструкции `try/except` начинают исполняться инструкции в группе `try`. Ниже описывается, что происходит далее.

- Если инструкция в группе `try` вызывает исключение, которое задано в выражении `except` *ИмяИсключения*, то выполняется обработчик, который расположен сразу после выражения `except`. Затем программа возобновляет выполнение инструкцией, которая идет сразу после инструкции `try/except`.
- Если инструкция в группе `try` вызывает исключение, которое *не* задано в выражении `except` *ИмяИсключения*, то программа остановится и выведет сообщение об ошибке в отчете об обратной трассировке.
- Если инструкции в группе `try` выполняются, не вызывая исключения, то любые выражения `except` и обработчики в данной инструкции пропускаются, и программа возобновляет исполнение инструкцией, которая идет сразу после инструкции `try/except`.

В программе 6.23 показано, как пишется инструкция `try/except` с целью корректного отклика на исключение `ValueError`.

Программа 6.23 (gross_pay2.py)

```
1 # Эта программа вычисляет заработную плату до удержаний.
2
3 def main():
4     try:
5         # Получить количество отработанных часов.
6         hours = int(input('Сколько часов вы отработали? '))
7
8         # Получить почасовую ставку оплаты труда.
9         pay_rate = float(input('Введите свою почасовую ставку: '))
10
11        # Вычислить заработную плату до удержаний.
12        gross_pay = hours * pay_rate
13
14        # Показать заработную плату.
15        print(f'Заработная плата: ${gross_pay:,.2f}')
```

```
16     except ValueError:
17         print('ОШИБКА: Отработанные часы и почасовая ставка оплаты')
18         print('должны быть допустимыми числами.')
19
20 # Вызвать главную функцию.
21 if __name__ == '__main__':
22     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько часов вы отработали? сорок Enter
ОШИБКА: Отработанные часы и почасовая ставка оплаты
должны быть допустимыми числами.
```

Давайте рассмотрим, что произошло в демонстрационном выполнении программы. Инструкция в строке 6 предлагает пользователю ввести количество отработанных часов, и пользователь вводит строковое значение `'сорок'`. Поскольку строковое значение `'сорок'` не преобразуется в целое число, функция `int()` вызывает исключение `ValueError`. В результате программа немедленно перескакивает из группы `try` к выражению `except ValueError` в строке 16 и начинает исполнять блок обработчика, который начинается в строке 17 (рис. 6.20).

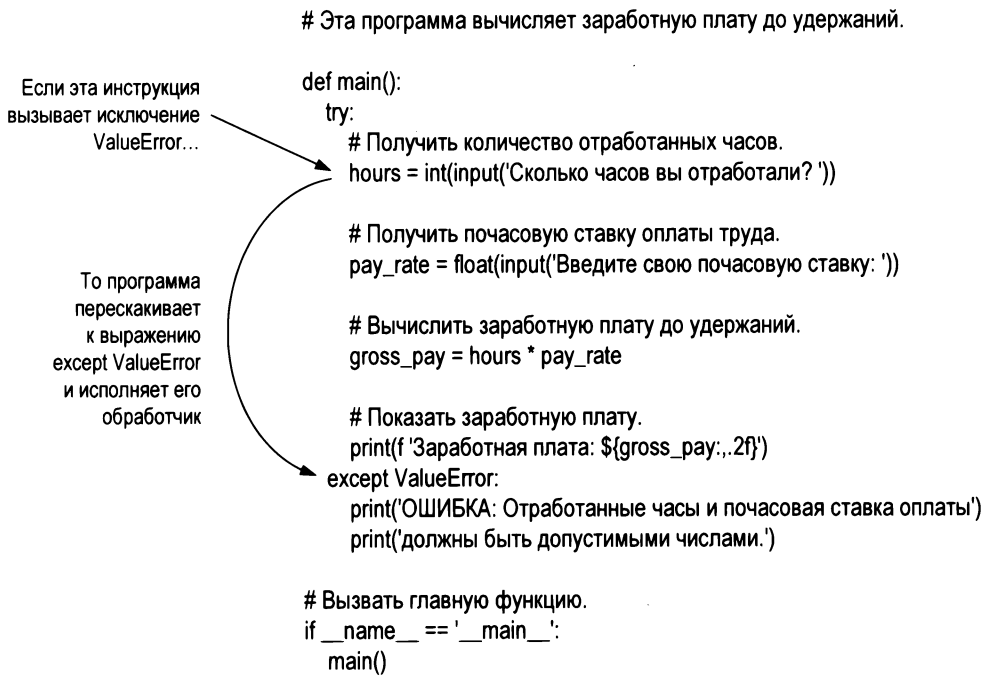


РИС. 6.20. Обработка исключения

Давайте взглянем на еще один пример в программе 6.24. Эта программа не использует обработку исключения; она получает от пользователя имя файла и затем показывает содержимое файла. Программа работает при условии, если пользователь вводит имя существующего

файла. Однако исключение будет вызвано, если указанного пользователем файла нет. Именно это и произошло в демонстрационном выполнении программы.

Программа 6.24 (display_file.py)

```
1 # Эта программа показывает содержимое
2 # файла.
3
4 def main():
5     # Получить имя файла.
6     filename = input('Введите имя файла: ')
7
8     # Открыть файл.
9     infile = open(filename, 'r')
10
11    # Прочитать содержимое файла.
12    contents = infile.read()
13
14    # Показать содержимое файла.
15    print(contents)
16
17    # Закрыть файл.
18    infile.close()
19
20 # Вызвать главную функцию.
21 if __name__ == '__main__':
22    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите имя файла: плохой_файл.txt Enter
Traceback (most recent call last):
  File "display_file.py", line 21, in <module>
    main()
  File "display_file.py", line 9, in main
    infile = open(filename, 'r')
IOError: [Errno 2] No such file or directory: 'плохой_файл.txt'
```

Инструкция в строке 9 вызвала исключение при вызове функции `open`. Обратите внимание на сообщение об ошибке в отчете об обратной трассировке: именем произошедшего исключения является `IOError` (ошибка ввода-вывода). Это исключение вызывается, когда не срабатывает файловый ввод-вывод. В отчете об обратной трассировке видно, что причиной ошибки стало `No such file or directory: 'плохой_файл.txt'` (нет такого файла или каталога: `'плохой_файл.txt'`).

В программе 6.25 показано, как при помощи инструкции `try/except`, которая корректно откликается на исключение `IOError`, можно изменить программу 6.24. Допустим, что в демонстрационном выполнении плохой_файл.txt не существует.

Программа 6.25 (display_file2.py)

```
1 # Эта программа показывает содержимое
2 # файла.
3
4 def main():
5     # Получить имя файла.
6     filename = input('Введите имя файла: ')
7
8     try:
9         # Открыть файл.
10        infile = open(filename, 'r')
11
12        # Прочитать содержимое файла.
13        contents = infile.read()
14
15        # Показать содержимое файла.
16        print(contents)
17
18        # Закрыть файл.
19        infile.close()
20    except IOError:
21        print('Произошла ошибка при попытке прочитать')
22        print('файл', filename)
23
24 # Вызвать главную функцию.
25 if __name__ == '__main__':
26     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите имя файла: плохой_файл.txt Enter
Произошла ошибка при попытке прочитать
файл плохой_файл.txt
```

Итак, во время исполнения строки пользователь ввел значение плохой_файл.txt, которое было присвоено переменной `filename`. Внутри группы `try` строка 10 пытается открыть файл плохой_файл.txt. Поскольку этот файл не существует, инструкция вызывает исключение `IOError`. Когда это происходит, программа выходит из группы `try`, пропуская строки 11–19. Поскольку выражение `except` в строке 20 задает исключение `IOError`, программа перескакивает к обработчику, который начинается в строке 21.

Обработка многочисленных исключений

Во многих случаях программный код внутри группы `try` способен вызывать более одного типа исключений. Тогда необходимо написать выражение `except` для каждого типа исключения, которое вы хотите обработать. Например, программа 6.26 читает содержимое файла с именем sales_data.txt. Каждая строка в файле содержит объем продаж в течение одного месяца, и файл имеет несколько строк. Вот содержимое файла:

```
24987.62
26978.97
32589.45
31978.47
22781.76
29871.44
```

Программа 6.26 читает все числа из файла и добавляет их в накапливающую переменную.

Программа 6.26 (sales_report1.py)

```
# Эта программа показывает итоговый объем
# продаж из файла sales_data.txt.

def main():
    # Инициализировать накопитель.
    total = 0.0

    try:
        # Открыть файл sales_data.txt.
        infile = open('sales_data.txt', 'r')

        # Прочитать значения из файла
        # и накопить их в переменной.
        for line in infile:
            amount = float(line)
            total += amount

        # Закрыть файл.
        infile.close()

        # Напечатать итог.
        print(f'{total:,.2f}')

    except IOError:
        print('Произошла ошибка при попытке прочитать файл.')

    except ValueError:
        print('В файле найдены нечисловые данные.')

    except:
        print('Произошла ошибка.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Группа try содержит программный код, который может вызывать разные типы исключений.

- Инструкция в строке 10 может вызвать исключение IOError, если файл sales_data.txt не существует.
- Цикл for в строке 14 может также вызвать это исключение, если он натолкнется на проблему при чтении данных из файла.
- Функция float() в строке 15 может вызвать исключение ValueError, если переменная line ссылается на строковое значение, которое невозможно конвертировать в число с плавающей точкой (последовательность букв, например).

Обратите внимание, что инструкция try/except имеет три выражения except:

- выражение except в строке 24 задает исключение IOError; его обработчик в строке 25 исполнится, если будет вызвано исключение IOError;
- выражение except в строке 27 задает исключение ValueError; его обработчик в строке 28 исполнится, если будет вызвано исключение ValueError;
- выражение except в строке 30 не задает какое-то определенное исключение; его обработчик в строке 31 исполнится, если будет вызвано исключение, которое не обрабатывается другими выражениями except.

Если внутри группы try происходит исключение, то интерпретатор Python сверху донизу исследует каждое выражение except в инструкции try/except. Когда он находит выражение except, которое задает тот тип, который совпадает с типом произошедшего исключения, он ответвляется к этому выражению except. Если ни одно выражение except не задает тот тип, который совпадает с исключением, то интерпретатор ответвляется к выражению except в строке 30.

Использование одного выражения *except* для отлавливания всех исключений

Предыдущий пример продемонстрировал, каким образом многочисленные типы исключений могут индивидуально обрабатываться в инструкции try/except. Иногда может возникнуть необходимость написать инструкцию try/except, которая просто отлавливает любое исключение, вызванное внутри группы try, независимо от типа исключения, и откликается одинаковым образом. Этого можно добиться, если в инструкции try/except написать одно выражение except, которое не задает конкретный тип исключения. В программе 6.27 показан соответствующий пример.

Программа 6.27 (sales_report2.py)

```
 1 # Эта программа показывает итоговую сумму
 2 # продаж из файла sales_data.txt.
 3
 4 def main():
 5     # Инициализировать накопитель.
 6     total = 0.0
 7
 8     try:
 9         # Открыть файл sales_data.txt.
10         infile = open('sales_data.txt', 'r')
11
```

```
12          # Прочитать значения из файла
13          # и накопить их в переменной.
14          for line in infile:
15              amount = float(line)
16              total += amount
17
18          # Закрыть файл.
19          infile.close()
20
21          # Напечатать итог.
22          print(f'{total:,.2f}')
23      except:
24          print('Произошла ошибка.')
25
26  # Вызвать главную функцию.
27  if __name__ == '__main__':
28      main()
```

Обратите внимание, что инструкция `try/except` в этой программе имеет всего одно выражение `except` в строке 23. Выражение `except` не задает тип исключения, и поэтому любое исключение, которое происходит внутри группы `try` (строки 9–22) вызывает переход программы к строке 23 и исполнение инструкции в строке 24.

Вывод заданного по умолчанию сообщения об ошибке при возникновении исключения

Когда исключение вызвано, в оперативной памяти создается *объект-исключение*. Он обычно содержит заданное по умолчанию сообщение об ошибке, имеющее отношение к исключению. (Фактически это такое же сообщение об ошибке, которое вы видите на экране в конце отчета об обратной трассировке, когда исключение остается необработанным.) При написании выражения `except` можно присвоить объект-исключение переменной:

```
except ValueError as err:
```

Данное выражение `except` отлавливает исключения `ValueError`. Выражение, которое появляется после выражения `except`, указывает, что мы присваиваем объект-исключение переменной `err`. (В имени `err` нет ничего особенного. Это просто имя, которое мы выбрали для примеров. Можно использовать любое имя по своему выбору.) После этого в обработчике исключений можно передать переменную `err` в функцию `print` для вывода заданного по умолчанию сообщения об ошибке, которое Python предусматривает для этого типа ошибки. В программе 6.28 представлен пример, как это сделать.

Программа 6.28 (gross_pay3.py)

```
1 # Эта программа вычисляет заработную плату до удержаний.
2
3 def main():
4     try:
5         # Получить количество отработанных часов.
6         hours = int(input('Сколько часов вы отработали? '))
```

```
 7
 8         # Получить почасовую ставку оплаты труда.
 9         pay_rate = float(input('Введите почасовую ставку: '))
10
11         # Вычислить заработную плату.
12         gross_pay = hours * pay_rate
13
14         # Показать заработную плату.
15         print(f'Зарплата: ${gross_pay:,.2f}')
16     except ValueError as err:
17         print(err)
18
19 # Вызвать главную функцию.
20 if __name__ == '__main__':
21     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько часов вы отработали? сорок Enter
invalid literal for int() with base 10: 'сорок'
```

Когда внутри группы `try` происходит исключение `ValueError` (строки 5–15), программа ответвляется к выражению `except` в строке 16. Выражение `ValueError as err` в строке 16 присваивает переменной `err` созданный объект-исключение. Инструкция в строке 17 передает переменную `err` в функцию `print`, которая выводит заданное по умолчанию сообщение об ошибке для этого исключения.

Если для отлавливания всех исключений, которые вызываются в выражении `except`, требуется иметь всего одно выражение `except`, то можно определить `Exception` как тип. В программе 6.29 показан пример.

Программа 6.29 (sales_report3.py)

```
 1 # Эта программа показывает итоговую сумму
 2 # продаж из файла sales_data.txt.
 3
 4 def main():
 5     # Инициализировать накопитель.
 6     total = 0.0
 7
 8     try:
 9         # Открыть файл sales_data.txt.
10         infile = open('sales_data.txt', 'r')
11
12         # Прочитать значения из файла
13         # и накопить их в переменной.
14         for line in infile:
15             amount = float(line)
16             total += amount
17
```

```
18          # Закрыть файл.
19          infile.close()
20
21          # Напечатать итог.
22          print(f'{total:,.2f}')
23      except Exception as err:
24          print(err)
25
26 # Вызвать главную функцию.
27 if __name__ == '__main__':
28      main()
```

Выражение *else*

Инструкция `try/except` может иметь необязательное выражение `else`, которое появляется после всех выражений `except`. Вот общий формат инструкции `try/except` с выражением `else`:

```
try:
    инструкция
    инструкция
    ...
except ИмяИсключения:
    инструкция
    инструкция
    ...
else:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Блок инструкций после выражения `else` называется *группой* `else`. Инструкции в группе `else` исполняются после инструкций в группе `try`, только в случае если ни одно исключение не было вызвано. Если исключение вызвано, то группа `esle` пропускается. В программе 6.30 показан пример.

Программа 6.30 (sales_report4.py)

```
 1 # Эта программа показывает итоговую сумму
 2 # продаж из файла sales_data.txt.
 3
 4 def main():
 5     # Инициализировать накопитель.
 6     total = 0.0
 7
 8     try:
 9         # Открыть файл sales_data.txt.
10         infile = open('sales_data.txt', 'r')
11
```

```
12          # Прочитать значения из файла
13          # и накопить их в переменной.
14          for line in infile:
15              amount = float(line)
16              total += amount
17
18          # Закрыть файл.
19          infile.close()
20      except Exception as err:
21          print(err)
22      else:
23          # Напечатать итог.
24          print(f'{total:,.2f}')
25
26  # Вызвать главную функцию.
27  if __name__ == '__main__':
28      main()
```

В программе 6.30 инструкция в строке 24 исполняется, только в случае если инструкции в группе `try` (строки 9–19) исполняются, не вызывая исключение.

Выражение *finally*

Инструкция `try/except` может иметь необязательное выражение `finally`, которое должно появляться после всех выражений `except`. Вот общий формат инструкции `try/except` с выражением `finally`:

```
try:
    инструкция
    инструкция
    ...
except ИмяИсключения:
    инструкция
    инструкция
    ...
finally:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Блок инструкций, который появляется после выражения `finally`, называется *группой `finally`*. Инструкции в группе `finally` всегда исполняются после инструкций в группе `try` и после того, как любые обработчики исключений исполнились. Инструкции в группе `finally` исполняются независимо от того, произошло исключение или нет. Цель группы `finally` состоит в том, чтобы выполнять операции очистки, такие как закрытие файлов или других ресурсов. Любой программный код, который написан в группе `finally`, будет всегда исполняться, даже если группа `try` вызовет исключение.

Что если исключение не обработано?

Необработанное исключение приведет к останову программы. Существуют две возможные ситуации, когда вызванное исключение остается необработанным. Первая заключается в том, что инструкция `try/except` не содержит выражения `except`, задающие исключение правильного типа. Вторая возможная ситуация складывается, когда исключения вызываются за пределами группы `try`. В любом случае исключение приводит к останову программы.

В этом разделе вы увидели примеры программ, которые могут вызывать исключения `ZeroDivisionError`, `IOError` и `ValueError`. В программе Python может произойти целый ряд исключений других типов. Во время разработки инструкций `try/except` узнать об исключениях, которые вам придется обрабатывать, можно, обратившись к документации Python. Она дает подробную информацию о каждом возможном исключении и типах ошибок, которые могут заставить их произойти.

Еще один способ узнать об исключениях, которые могут произойти в программе, заключается в экспериментировании. К примеру, можно запустить программу и преднамеренно выполнить действия, которые вызовут ошибки. Наблюдая за выводимыми в отчете об обратной трассировке сообщениями об ошибках, можно увидеть имена вызванных исключений. И тогда можно написать выражения `except` для обработки этих исключений.



Контрольная точка

6.19. Дайте краткое объяснение, что такое исключение.

6.20. Что происходит, если вызвано исключение, и программа его не обрабатывает инструкцией `try/except`?

6.21. Какое исключение программа вызывает, когда она пытается открыть несуществующий файл?

6.22. Какое исключение программа вызывает, когда она применяет функцию `float()` для конвертации нечислового строкового значения в число?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Файл, в который записываются данные, называется _____.
   а) файлом ввода;
   б) файлом вывода;
   в) файлом с последовательным доступом;
   г) двоичным файлом.
2. Файл, из которого данные считываются, называется _____.
   а) файлом ввода;
   б) файлом вывода;
   в) файлом с последовательным доступом;
   г) двоичным файлом.

3. Прежде чем файл может использоваться программой, он должен быть _____.
   а) отформатирован;
   б) зашифрован;
   в) закрыт;
   г) открыт.
4. Когда программа закончила использовать файл, она должна _____.
   а) стереть файл;
   б) открыть файл;
   в) закрыть файл;
   г) зашифровать файл.
5. Содержимое файла этого типа может быть просмотрено в текстовом редакторе, таком как Блокнот.
   а) текстовый файл;
   б) двоичный файл;
   в) файл на русском языке;
   г) удобочитаемый файл.
6. Файл этого типа содержит не преобразованные в текст данные.
   а) текстовый файл;
   б) двоичный файл;
   в) файл Юникода;
   г) символьный файл.
7. Во время работы с файлом этого типа вы получаете доступ к его данным постепенно с самого начала файла и до самого конца файла.
   а) файл с упорядоченным доступом;
   б) файл с двоичным доступом;
   в) файл с прямым доступом;
   г) файл с последовательным доступом.
8. Во время работы с файлом этого типа можно перескакивать непосредственно к любой порции данных в файле, не читая данные, которые находятся перед ней.
   а) файл с упорядоченным доступом;
   б) файл с двоичным доступом;
   в) файл с прямым доступом;
   г) файл с последовательным доступом.
9. Это небольшая "область временного хранения" в оперативной памяти, куда многие системы пишут данные перед тем, как их записать в файл.
   а) буфер;
   б) переменная;
   в) виртуальный файл;
   г) временный файл.

10. _____ отмечает место расположения следующего значения, которое будет прочитано из файла.
    а) входная позиция;
    б) разделитель;
    в) указатель;
    г) позиция считывания.
11. Когда файл открывается в этом режиме, данные будут записаны в конец существующего содержимого файла.
    а) это режим вывода;
    б) это режим дозаписи;
    в) это режим резервного копирования;
    г) это режим только для чтения.
12. _____ — это одиночная порция данных внутри записи.
    а) поле;
    б) переменная;
    в) разделитель;
    г) подзапись.
13. Когда генерируется исключение, говорят, что оно было _____.
    а) создано;
    б) вызвано;
    в) поймано;
    г) ликвидировано.
14. _____ — это раздел кода, который корректно откликается на исключения.
    а) генератор исключений;
    б) манипулятор исключениями;
    в) обработчик исключений;
    г) монитор исключений.
15. Эта инструкция пишется для того, чтобы откликаться на исключения.
    а) `run/handle`;
    б) `try/except`;
    в) `try/handle`;
    г) `attempt/except`.

Истина или ложь

1. Во время работы с файлом с последовательным доступом можно прямиком перескочить к любой порции данных в файле, не считывая данные, которые расположены перед ней.

2. Во время открытия уже существующего на диске файла с использованием режима `'w'` содержимое существующего файла будет стерто.
3. Процесс открытия файла необходим только с файлами ввода. Файлы вывода автоматически открываются, когда данные в них записываются.
4. При открытии файла ввода его позиция считывания первоначально устанавливается в первое значение в файле.
5. При открытии уже существующего файла в режиме дозаписи текущее содержимое файла стирается.
6. Если исключение программно не обрабатывается, оно игнорируется интерпретатором Python, и программа продолжает выполняться.
7. В инструкции `try/except` может иметься более одного выражения `except`.
8. Группа `else` в инструкции `try/except` исполняется, только если инструкция в группе `try` вызывает исключение.
9. Группа `finally` в инструкции `try/except` исполняется, только если инструкциями в группе `try` не вызвано ни одного исключения.

Короткий ответ

1. Опишите три шага, которые должны быть сделаны, когда в программе используется файл.
2. Почему программа должна закрыть файл, когда она закончила его использовать?
3. Что такое позиция считывания файла? Где она находится при открытии файла для чтения?
4. Что происходит с существующим содержимым файла, если существующий файл открывается в режиме дозаписи?
5. Что происходит, если файл не существует и программа пытается его открыть в режиме дозаписи?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите программу, которая открывает файл вывода my_name.txt, пишет в него ваше имя и затем его закрывает.
2. Напишите программу, которая открывает файл my_name.txt, созданный программой в задаче 1, читает ваше имя из файла, выводит имя на экран и затем закрывает файл.
3. Напишите программу, которая делает следующее: открывает выходной файл с именем number_list.txt, применяет цикл для записи в файл чисел с 1 по 100, а затем закрывает файл.
4. Напишите программу, которая делает следующее: открывает файл number_list.txt, созданный программой, которую вы написали в задаче 3, читает все числа из файла, выводит их на экран и затем закрывает файл.
5. Измените программу, которую вы написали в задаче 4 таким образом, чтобы она суммировала все прочитанные из файла числа и выводила на экран их сумму.

6. Напишите программу, которая открывает файл вывода number_list.txt, но не стирает содержимое файла, если он уже существует.
7. На диске существует файл students.txt. Он содержит несколько записей, и каждая запись имеет два поля: имя студента и оценку студента за итоговый экзамен. Напишите программу, которая удаляет запись с именем студента "Джон Перц".
8. На диске существует файл students.txt. Он содержит несколько записей, и каждая запись имеет два поля: имя студента и баллы студента за итоговый экзамен. Напишите программу, которая меняет балльную оценку Джулии Милан на 100.
9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
try:
    x = float('abc123')
    print('Конвертация завершена.')
except IOError:
    print('Этот программный код вызвал ошибку IOError.')
except ValueError:
    print('Этот программный код вызвал ошибку ValueError.')
print('Конец.')
```

10. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
try:
    x = float('abc123')
    print(x)
except IOError:
    print('Этот программный код вызвал ошибку IOError.')
except ZeroDivisionError:
    print('Этот программный код вызвал ошибку ZeroDivisionError.')
except:
    print('Произошла ошибка.')
print('Конец.')
```

Упражнения по программированию

1. **Вывод файла на экран.** Допустим, что файл numbers.txt содержит ряд целых чисел и существует на диске компьютера. Напишите программу, которая выводит на экран все числа в файле.



Видеозапись "Вывод файла на экран" (File Display)

2. **Вывод на экран верхней части файла.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя имя файла. Программа должна вывести на экран только первые пять строк содержимого файла. Если в файле меньше пяти строк, то она должна вывести на экран все содержимое файла.
3. **Номера строк.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя имя файла. Программа должна вывести на экран содержимое файла, при этом каждая строка должна предваряться ее номером и двоеточием. Нумерация строк должна начинаться с 1.

4. **Счетчик значений.** Допустим, что файл с серией имен (в виде строковых значений) называется names.txt и существует на диске компьютера. Напишите программу, которая показывает количество хранящихся в файле имен. (*Подсказка*: откройте файл и прочитайте каждую хранящуюся в нем строку. Используйте переменную для подсчета количества прочитанных из файла значений.)
5. **Сумма чисел.** Допустим, что файл с рядом целых чисел называется numbers.txt и существует на диске компьютера. Напишите программу, которая читает все хранящиеся в файле числа и вычисляет их сумму.
6. **Среднее арифметическое чисел.** Допустим, что файл с рядом целых чисел называется numbers.txt и существует на диске компьютера. Напишите программу, которая вычисляет среднее арифметическое всех хранящихся в файле чисел.
7. **Программа записи файла со случайными числами.** Напишите программу, которая пишет в файл ряд случайных чисел. Каждое случайное число должно быть в диапазоне от 1 до 500. Приложение должно предоставлять пользователю возможность назначать количество случайных чисел, которые будут содержаться в файле.
8. **Программа чтения файлов со случайными числами.** Выполнив предыдущее задание (программу записи файла со случайными числами), напишите еще одну программу, которая читает случайные числа из файла, выводит их на экран и затем показывает приведенные ниже данные:
   - сумму чисел;
   - количество случайных чисел, прочитанных из файла.
9. **Обработка исключений.** Измените программу, которую вы написали для упражнения 6, таким образом, чтобы она обрабатывала приведенные ниже исключения:
   - она должна обрабатывать любые исключения `IOError`, которые вызываются, когда файл открыт, и данные из него считываются;
   - она должна обрабатывать любые исключения `ValueError`, которые вызываются, когда прочитанные из файла значения конвертируются в числовой тип.
10. **Очки в игре в гольф.** Любительский гольф-клуб проводит турниры каждые выходные. Президент клуба попросил вас написать две программы:
    - программу, которая читает имя каждого игрока и его счет в игре, вводимые с клавиатуры, и затем сохраняет их в виде записей в файле golf.txt (каждая запись будет иметь поле для имени игрока и поле для счета игрока);
    - программу, которая читает записи из файла golf.txt и выводит их на экран.
11. **Генератор персональной веб-страницы.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя его имя и просит пользователя ввести предложение, которое его описывает. Вот пример экрана программы:

```
Введите свое имя: Джулия Тейлор [Enter]
Опишите себя: Моя специализация - информатика, я являюсь членом джаз-клуба
и надеюсь стать разработчиком мобильных приложений после того, как получу
высшее образование. [Enter]
```

После того как пользователь ввел требуемые входные данные, программа должна создать файл HTML и записать в него полученные входные данные для создания простой

веб-страницы. Вот пример содержимого файла HTML с использованием ранее показанных входных данных:

```
<html>
<head>
</head>
<body>
  <center>
    <h1>Джулия Тейлор</h1>
  </center>
  <hr />
  Моя специализация - информатика, я являюсь членом джаз-клуба
  и надеюсь стать разработчиком мобильных приложений после того,
  как получу высшее образование.
  <hr />
</body>
</html>
```

12. **Среднее количество шагов.** Браслет для занятий спортом — это носимое устройство, которое отслеживает вашу физическую активность, количество сожженных калорий, сердечный ритм, модели сна и т. д. Одним из самых распространенных видов физической активности, который отслеживает большинство таких устройств, является количество шагов, которые вы делаете каждый день.

    Среди исходного кода *главы 6* вы найдете файл steps.txt. Этот файл содержит количество шагов, которые человек делал каждый день в течение года. В файле 365 строк, и каждая строка содержит количество шагов, сделанных в течение дня. (Первая строка — это число шагов, сделанных 1 января, вторая строка — число шагов, сделанных 2 января, и т. д.) Напишите программу, которая читает файл и затем выводит среднее количество шагов, сделанных в течение каждого месяца. (Данные были записаны в год, который не был високосным, и поэтому февраль имеет 28 дней.)

ГЛАВА 7

Списки и кортежи

7.1 Последовательности

Ключевые положения

Последовательность — это объект, содержащий многочисленные значения, которые следуют одно за другим. Над последовательностью можно выполнять операции для проверки значений и управления хранящимися в ней значениями.

Последовательность — это объект в виде индексируемой коллекции[1], который содержит многочисленные значения данных. Хранящиеся в последовательности значения следуют одно за другим. Python предоставляет разнообразные способы выполнения операций над значениями последовательностей.

В Python имеется несколько разных типов объектов-последовательностей. В этой главе мы рассмотрим два фундаментальных типа: списки и кортежи. Списки и кортежи — это последовательности, которые могут содержать разные типы данных. Отличие списков от кортежей простое: список является мутируемой последовательностью (т. е. программа может изменять его содержимое), а кортеж — немутируемой последовательностью (т. е. после его создания его содержимое изменить невозможно). Мы рассмотрим ряд операций, которые можно выполнять над этими последовательностями, включая способы получения доступа и управления их содержимым.

7.2 Введение в списки

Ключевые положения

Список — это объект, который содержит многочисленные элементы данных. Списки являются мутируемыми последовательностями, т. е. их содержимое может изменяться во время исполнения программы. Списки являются динамическими структурами данных, т. е. элементы в них могут добавляться или удаляться из них. Для работы со списками в программе можно применять индексацию, нарезку и другие разнообразные методы.

Список — это объект, который содержит многочисленные элементы данных. Каждая хранящаяся в списке порция данных называется *элементом*. Ниже приведена инструкция, которая создает список целых чисел:

```
even_numbers = [2, 4, 6, 8, 10]
```

[1] Об индексации см. далее в этой главе. — *Прим. ред.*

Значения, заключенные в скобки и разделенные запятыми, являются элементами списка. После исполнения приведенной выше инструкции переменная `even_numbers` будет ссылаться на список (рис. 7.1).

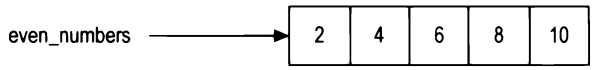


РИС. 7.1. Список целых чисел

Вот еще один пример:

```
names = ['Молли', 'Стивен', 'Уилл', 'Алисия', 'Адриана']
```

Эта инструкция создает список из пяти строковых значений. После ее исполнения переменная `names` будет ссылаться на список (рис. 7.2).

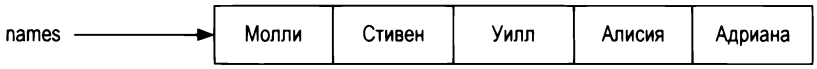


РИС. 7.2. Список строковых значений

Список может содержать значения разных типов:

```
info = ['Алисия', 27, 1550.87]
```

Эта инструкция создает список, содержащий строковое значение, целое число и число с плавающей точкой. После исполнения инструкции переменная `info` будет ссылаться на список (рис. 7.3).



РИС. 7.3. Список с разными типами значений

Для вывода всего списка можно применить функцию `print`:

```
numbers = [5, 10, 15, 20]
print(numbers)
```

Здесь функция `print` выводит на экран элементы списка, которые выглядят так:

```
[5, 10, 15, 20]
```

Python также имеет встроенную функцию `list()`, которая может преобразовывать некоторые типы объектов в списки. Например, из *главы 4* известно, что функция `range` возвращает итерируемый объект, содержащий серию значений, которые можно последовательно обойти в цикле. Для преобразования в список итерируемого объекта с помощью функции `range` можно, в частности, применить приведенную ниже инструкцию:

```
numbers = list(range(5))
```

Во время исполнения этой инструкции происходит следующее:

1. Вызывается функция `range`, в которую в качестве аргумента передается число 5. Эта функция возвращает итерируемый объект, содержащий значения 0, 1, 2, 3, 4.

2. Итерируемый объект передается в качестве аргумента в функцию `list()`. Функция `list()` возвращает список `[0, 1, 2, 3, 4]`.

3. Список `[0, 1, 2, 3, 4]` присваивается переменной `numbers`.

Вот еще один пример:

```
numbers = list(range(1, 10, 2))
```

Из *главы 4* известно, что при передаче в функцию `range` трех аргументов первым аргументом является начальное значение, вторым аргументом — конечный предел, третьим аргументом — величина шага. Эта инструкция присвоит переменной `numbers` список `[1, 3, 5, 7, 9]`.

Оператор повторения

В *главе 2* вы узнали, что символ `*` перемножает два числа. Однако когда операнд слева от символа `*` является последовательностью (в частности, списком), а операнд справа — целым числом, он становится *оператором повторения*. Оператор повторения делает многочисленные копии списка и все их объединяет. Вот общий формат операции:

список `*` *n*

В данном формате *список* — это обрабатываемый список, *n* — число создаваемых копий. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> numbers = [0] * 5 Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [0, 0, 0, 0, 0]
4 >>>
```

Рассмотрим каждую инструкцию.

- В строке 1 выражение `[0] * 5` делает пять копий списка `[0]` и объединяет их в список. Получившийся список присваивается переменной `numbers`.
- В строке 2 переменная `numbers` передается функции `print`. Результат функции выводится в строке 3.

Вот еще одна демонстрация интерактивного режима:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3] * 3 Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3]
4 >>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Большинство языков программирования позволяет создавать последовательные структуры, именуемые *массивами*, которые аналогичны спискам, но намного более ограничены в своих возможностях. В Python нельзя создать традиционные массивы, потому что списки служат той же цели и предоставляют гораздо больше встроенных возможностей[1].

[1] Возможность создания традиционных массивов реализуется при помощи модуля `array` стандартной библиотеки или сторонних библиотек Python, таких как `numpy`. — *Прим. пер.*

Последовательный обход списка в цикле *for*

Один из самых простых способов доступа к отдельным элементам в списке состоит в использовании цикла `for`. Вот общий формат:

```
for переменная in список:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

В общем формате *переменная* — это имя переменной, а *список* — это имя списка. Всякий раз, когда цикл повторяется, *переменная* будет ссылаться на копию элемента в списке, начиная с первого элемента. Мы говорим, что цикл перебирает, или прокручивает, элементы в списке. Вот пример:

```
numbers = [1, 2, 3, 4]
for num in numbers:
    print(num)
```

Переменная `numbers` ссылается на список из четырех элементов, поэтому цикл будет повторяться четыре раза. Во время первой итерации цикла переменная `num` будет ссылаться на значение 1, во время второй итерации цикла переменная `num` будет ссылаться на значение 2 и т. д. Это показано на рис. 7.4. Когда программный код будет исполняться, он будет выводить на экран следующее:

```
1
2
3
4
```

На рис. 7.4 показано, как переменная `num` ссылается на *копию* элемента из списка `numbers` во время итерации цикла. Важно понимать, что мы не можем использовать переменную `num` для

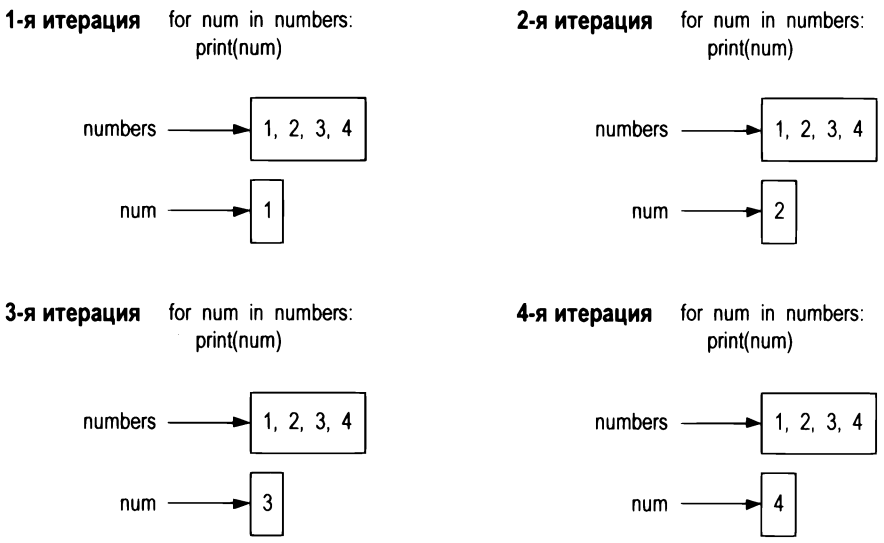


РИС. 7.4. Обход списка `[1, 2, 3, 4]` в цикле

изменения содержимого элемента в списке. Если мы изменим значение, на которое ссылается num, то это изменение не повлияет на список. В целях демонстрации этого поведения взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
1 numbers = [1, 2, 3, 4]
2 for num in numbers:
3     num = 99
4 print(numbers)
```

Инструкция в строке 3 просто переустанавливает переменную num, присваивая ей значение 99 всякий раз, когда цикл повторяется. Это не влияет на список, на который ссылается переменная numbers. При исполнении этого фрагмента кода инструкция в строке 4 выведет:

```
[1, 2, 3, 4]
```

Индексация

Еще один способ доступа к отдельным элементам в списке реализован посредством *индексации*. Каждый элемент в списке имеет индекс, который определяет его позицию в списке. Индексация начинается с 0, поэтому индекс первого элемента равняется 0, индекс второго элемента равняется 1 и т. д. Индекс последнего элемента в списке на 1 меньше числа его элементов.

Например, приведенная ниже инструкция создает список с четырьмя элементами:

```
my_list = [10, 20, 30, 40]
```

Индексами элементов в этом списке будут 0, 1, 2 и 3. Напечатать элементы списка можно при помощи инструкции:

```
print(my_list[0], my_list[1], my_list[2], my_list[3])
```

Приведенный ниже цикл тоже напечатает элементы списка:

```
index = 0
while index < 4:
    print(my_list[index])
    index += 1
```

Для идентификации позиций элементов относительно конца списка можно также использовать отрицательные индексы. Для того чтобы определить позицию элемента, интерпретатор Python прибавляет отрицательные индексы к длине списка. Индекс –1 идентифицирует последний элемент списка, –2 — предпоследний элемент и т. д. Например:

```
my_list = [10, 20, 30, 40]
print(my_list[-1], my_list[-2], my_list[-3], my_list[-4])
```

В этом примере функция print покажет:

```
40     30     20     10
```

При использовании недопустимого индекса списка будет вызвано исключение IndexError (ошибка индексации). Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
# Этот фрагмент кода вызовет исключение IndexError.
my_list = [10, 20, 30, 40]
index = 0
```

```
while index < 5:
    print(my_list[index])
    index += 1
```

Когда этот цикл начнет последнюю итерацию, переменной `index` будет присвоено значение 4, которое является недопустимым индексом списка. В результате инструкция, которая вызывает функцию `print`, вызовет исключение `IndexError`.

Функция *len*

Python имеет встроенную функцию `len`, которая возвращает длину последовательности, в частности, списка. Вот пример:

```
my_list = [10, 20, 30, 40]
size = len(my_list)
```

Первая инструкция присваивает переменной `my_list` список `[10, 20, 30, 40]`. Вторая инструкция вызывает функцию `len`, передавая переменную `my_list` в качестве аргумента.

Эта функция возвращает значение 4, т. е. количество элементов в списке, которое присваивается переменной `size`.

Функция `len` может применяться для предотвращения исключения `IndexError` во время последовательного обхода списка в цикле. Вот пример:

```
my_list = [10, 20, 30, 40]
index = 0
while index < len(my_list):
    print(my_list[index])
    index += 1
```

Использование цикла *for* для обхода списка по индексу

Вы можете использовать функцию `len` вместе с функцией `range`, чтобы получить индексы списка. Например, предположим, что у нас есть следующий список строковых литералов:

```
names = ['Дженни', 'Келли', 'Хлоя', 'Обри']
```

Выражение `range(len(names))` даст нам значения 0, 1, 2 и 3. Поскольку эти значения являются допустимыми индексами списка, мы можем использовать данное выражение в цикле `for`, как показано в приведенном ниже фрагменте кода:

```
1 names = ['Дженни', 'Келли', 'Хлоя', 'Обри']
2 for index in range(len(names)):
3     print(names[index])
```

При обходе списка в цикле `for` переменная `index` будет получать значения 0, 1, 2 и 3. Приведенный выше фрагмент кода выведет на экран следующее:

```
Дженни
Келли
Хлоя
Обри
```

Списки как мутируемые последовательности

Списки в Python являются *мутируемыми последовательностями*, т. е. их элементы могут изменяться. Следовательно, выражение в форме *список*[*индекс*] может появляться слева от оператора присваивания. Например:

```
1 numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
2 print(numbers)
3 numbers[0] = 99
4 print(numbers)
```

Инструкция в строке 2 покажет

```
[1, 2, 3, 4, 5]
```

Инструкция в строке 3 присваивает 99 элементу `numbers[0]`. Она изменяет первое значение в списке на 99. Инструкция в строке 4 покажет

```
[99, 2, 3, 4, 5]
```

Когда для присвоения значения элементу списка применяется выражение индексации, следует использовать допустимый индекс существующего элемента, в противном случае произойдет исключение `IndexError`. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]  # Создать список с 5 элементами.
numbers[5] = 99            # Это вызовет исключение!
```

Список чисел, который создается в первой инструкции, имеет пять элементов с индексами от 0 до 4. Вторая инструкция вызовет исключение `IndexError`, потому что список чисел не содержит элемент с индексом 5.

Если требуется применить выражения индексации для заполнения списка значениями, то сначала необходимо создать список:

```
1 # Создать список с 5 элементами.
2 numbers = [0] * 5
3
4 # Заполнить список значениями.
5 for index in range(len(numbers)):
6     numbers[index] = 99
```

Инструкция в строке 2 создает список с пятью элементами, при этом каждому элементу присваивается значение 0. Затем цикл в строках 5–6 перебирает элементы списка, присваивая каждому значение 99.

В программе 7.1 приведен пример присвоения элементам списка вводимых пользователем значений. Пользователю нужно ввести суммы продаж, которые будут присвоены списку.

Программа 7.1 (sales_list.py)

```
1 # Константа NUM_DAYS содержит количество дней,
2 # за которые мы соберем данные продаж.
3 NUM_DAYS = 5
4
```

```
 5 def main():
 6     # Создать список, который будет содержать продажи за каждый день.
 7     sales = [0] * NUM_DAYS
 8
 9     print('Введите продажи за каждый день.')
10
11     # Получить продажи за каждый день.
12     for index in range(len(sales)):
13         sales[index] = float(input(f'День № {index + 1}: '))
14
15     # Показать введенные значения.
16     print('Вот значения, которые были введены:')
17     for value in sales:
18         print(value)
19
20 # Вызвать главную функцию.
21 if __name__ == '__main__':
22     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите продажи за каждый день.
День № 1: 1000 Enter
День № 2: 2000 Enter
День № 3: 3000 Enter
День № 4: 4000 Enter
День № 5: 5000 Enter
Вот значения, которые были введены:
1000.0
2000.0
3000.0
4000.0
5000.0
```

Инструкция в строке 3 создает переменную `NUM_DAYS`, которая используется в качестве константы количества дней. Инструкция в строке 7 создает список с пятью элементами, каждому элементу которого присваивается значение 0.

Цикл в строках 12 и 13 делает 5 итераций. Во время первой итерации переменная `index` ссылается на значение 0, и поэтому инструкция в строке 13 присваивает введенное пользователем значение элементу `sales[0]`. Во время второй итерации цикла `index` ссылается на значение 1, и поэтому инструкция в строке 13 присваивает введенное пользователем значение элементу `sales[1]`. Это продолжается до тех пор, пока входные значения не будут присвоены всем элементам в списке.

Конкатенирование списков

Конкатенировать означает соединять две части воедино. Для конкатенирования двух списков используется оператор +. Вот пример:

```
list1 = [1, 2, 3, 4]
list2 = [5, 6, 7, 8]
list3 = list1 + list2
```

После исполнения этого фрагмента кода списки `list1` и `list2` останутся неизменными, а `list3` будет ссылаться на следующий ниже список:

```
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

Приведенный далее сеанс интерактивного режима также демонстрирует конкатенацию списков:

```
>>> girl_names = ['Джоанна', 'Карен', 'Лори'] Enter
>>> boy_names = ['Крис', 'Джерри', 'Уилл'] Enter
>>> all_names = girl_names + boy_names Enter
>>> print(all_names) Enter
['Джоанна', 'Карен', 'Лори', 'Крис', 'Джерри', 'Уилл']
```

Для того чтобы соединить два списка, можно воспользоваться расширенным оператором присваивания +=. Вот пример:

```
list1 = [1, 2, 3, 4]
list2 = [5, 6, 7, 8]
list1 += list2
```

Последняя инструкция присоединяет список `list2` к списку `list1`. После исполнения этого фрагмента кода `list2` останется неизменным, но `list1` будет ссылаться на список:

```
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

Приведенный ниже сеанс интерактивного режима также демонстрирует оператор +=, применяемый для конкатенации списка:

```
>>> girl_names = ['Джоанна', 'Карен', 'Лори'] Enter
>>> girl_names += ['Дженни', 'Келли'] Enter
>>> print(girl_names) Enter
['Джоанна', 'Карен', 'Лори', 'Дженни', 'Келли']
>>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Следует иметь в виду, что конкатенировать списки можно только с другими списками. Если попытаться присоединить к списку нечто, не являющееся списком, будет вызвано исключение.



Контрольная точка

7.1. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
numbers[2] = 99
print(numbers)
```

7.2. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = list(range(3))
print(numbers)
```

7.3. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [10] * 5
print(numbers)
```

7.4. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = list(range(1, 10, 2))
for n in numbers:
    print(n)
```

7.5. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
print(numbers[-2])
```

7.6. Как найти количество элементов в списке?

7.7. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers1 = [1, 2, 3]
numbers2 = [10, 20, 30]
numbers3 = numbers1 + numbers2
print(numbers1)
print(numbers2)
print(numbers3)
```

7.8. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers1 = [1, 2, 3]
numbers2 = [10, 20, 30]
numbers2 += numbers1
print(numbers1)
print(numbers2)
```

7.3 Нарезка списка

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выражение среза извлекает диапазон элементов из последовательности.

Ранее было показано, каким образом индексация позволяет извлекать конкретный элемент из последовательности. Иногда возникает необходимость извлечь из последовательности более одного элемента. В Python можно составлять выражения, которые извлекают части последовательности, которые называются срезами.

Видеозапись "Нарезка списков" (List Slicing)

Срез — это диапазон элементов, которые извлекаются из последовательности. Для того чтобы получить срез списка, пишут выражение в приведенном ниже общем формате:

имя_списка[*начало* : *конец*]

В данном формате *начало* — это индекс первого элемента в срезе, *конец* — индекс, отмечающий конец среза. Это выражение возвращает список, содержащий копию элементов

с *начала* до *конца* (но не включая последний). Например, предположим, что мы создаем приведенный ниже список:

```
days = ['Понедельник', 'Вторник', 'Среда', 'Четверг',
        'Пятница', 'Суббота', 'Воскресенье']
```

Приведенная ниже инструкция применяет выражение среза для получения элементов, начиная с индекса 2 вплоть до 5 (исключая 5):

```
mid_days = days[2:5]
```

После исполнения этой инструкции переменная `mid_days` будет ссылаться на приведенный ниже список:

```
['Среда', 'Четверг', 'Пятница']
```

Можно ненадолго воспользоваться интерпретатором в интерактивном режиме, чтобы посмотреть, как работает взятие среза. Например, взгляните на приведенный ниже сеанс. (Для удобства добавлены номера строк.)

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5]
4 >>> print(numbers[1:3]) Enter
5 [2, 3]
6 >>>
```

Вот краткое описание каждой строки.

- В строке 1 мы создали список `[1, 2, 3, 4, 5]` и присвоили его переменной `numbers`.
- В строке 2 мы передали `numbers` в качестве аргумента в функцию `print`. Функция `print` вывела список в строке 3.
- В строке 4 мы отправили срез `numbers[1:3]` в качестве аргумента в функцию `print`. Функция `print` вывела срез в строке 5.

Если в выражении среза опустить индекс *начало*, то Python будет использовать 0 в качестве начального значения индекса. Приведенный ниже сеанс интерактивного режима демонстрирует пример:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5]
4 >>> print(numbers[:3]) Enter
5 [1, 2, 3]
6 >>>
```

Обратите внимание, что строка 4 отправляет срез `numbers[:3]` в функцию `print` в качестве аргумента. Поскольку начальное значение индекса было опущено, срез содержит элементы, начиная с индекса 0 и заканчивая индексом 3.

Если в выражении среза опустить индекс *конец*, то Python будет использовать длину списка в качестве индекса конца. Вот пример:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5]
```

```
4 >>> print(numbers[2:]) Enter
5 [3, 4, 5]
6 >>>
```

Обратите внимание, что строка 4 отправляет срез `numbers[2:]` в функцию `print` в качестве аргумента. Поскольку конечный индекс был опущен, срез содержит элементы, начиная с индекса 2 и заканчивая концом списка.

Если в выражении среза опустить сразу оба индекса *начала* и *конца*, то получится копия всего списка. Пример:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5]
4 >>> print(numbers[:]) Enter
5 [1, 2, 3, 4, 5]
6 >>>
```

Примеры взятия среза, которые мы видели до сих пор, получают срезы элементов, расположенных подряд друг за другом. Выражения среза также могут иметь величину шага. Шаг позволяет пропускать элементы в списке. Приведенный ниже сеанс интерактивного режима показывает пример выражения среза с величиной шага:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
4 >>> print(numbers[1:8:2]) Enter
5 [2, 4, 6, 8]
6 >>>
```

В выражении среза в строке 4 третье число внутри скобок является величиной шага. Примененная в этом примере величина шага 2 приводит к тому, что срез содержит каждый второй элемент из заданного диапазона в списке.

В качестве индексов в выражениях среза также можно использовать отрицательные числа, чтобы ссылаться на позиции относительно конца списка. Python прибавляет отрицательный индекс к длине списка, чтобы ссылаться на позицию по этому индексу. Приведенный ниже сеанс интерактивного режима демонстрирует пример:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
4 >>> print(numbers[-5:]) Enter
5 [6, 7, 8, 9, 10]
6 >>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Недопустимые индексы в выражении среза исключений не вызывают. Например:

- если индекс *конца* задает позицию за пределами конца списка, то Python вместо него будет использовать длину списка;
- если индекс *начала* задает позицию до начала списка, Python вместо него будет использовать 0;
- если индекс *начала* будет больше индекса *конца*, то выражение среза вернет пустой список.



Контрольная точка

7.9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[1:3]
print(my_list)
```

7.10. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[1:]
print(my_list)
```

7.11. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[:1]
print(my_list)
```

7.12. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[:]
print(my_list)
```

7.13. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[-3:]
print(my_list)
```

7.4 Поиск значений в списках при помощи инструкции *in*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Поиск значения в списке выполняется при помощи оператора `in`.

В Python оператор `in` применяется для определения, содержится ли значение в списке. Вот общий формат выражения с оператором `in` для поиска значения в списке:

значение `in` *список*

В данном формате *значение* — это искомое значение, *список* — список, в котором выполняется поиск. Это выражение возвращает истину, если значение в списке найдено, и ложь в противном случае. В программе 7.2 приведен пример.

Программа 7.2 (in_list.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует оператор in
2 # применительно к списку.
3
```

```
 4 def main():
 5     # Создать список номеров изделий.
 6     prod_nums = ['V475', 'F987', 'Q143', 'R688']
 7
 8     # Получить искомый номер изделия.
 9     search = input('Введите номер изделия: ')
10
11     # Определить, что номер изделия имеется в списке.
12     if search in prod_nums:
13         print(f'{search} найден в списке.')
14     else:
15         print(f'{search} не найден в списке.')
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 if __name__ == '__main__':
19     main()
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите номер изделия: Q143 Enter
Q143 найден в списке.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите номер изделия: B000 Enter
B000 не найден в списке.
```

В строке 9 программа получает от пользователя номер изделия и присваивает его переменной `search`. Инструкция `if` в строке 12 определяет, находится ли значение `search` в списке `prod_nums`.

Для того чтобы определить, *не* находится ли значение в списке, можно применить оператор `not in`. Вот пример соответствующего фрагмента кода:

```
if search not in prod_nums:
    print(f'{search} найден в списке.')
else:
    print(f'{search} не найден в списке.')
```



Контрольная точка

7.14. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
names = ['Джим', 'Джилл', 'Джон', 'Жасмин']
if 'Жасмин' not in names:
    print('Не могу найти Жасмин.')
else:
    print("Семья Жасмин:")
    print(names)
```

7.5 Методы обработки списков и полезные встроенные функции

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Списки имеют многочисленные методы, которые позволяют работать с содержащимися в них значениями. Python также предлагает несколько встроенных функций, которые широко используются для работы со списками.

Списки имеют многочисленные методы, которые позволяют добавлять, удалять, переупорядочивать значения и т. д. Мы обратимся к нескольким таким методам[1] (табл. 7.1).

Таблица 7.1. Списковые методы

Метод	Описание
`append(`*значение*`)`	Добавляет *значение* в конец списка
`index(`*значение*`)`	Возвращает индекс первого элемента, значение которого равняется *значению*. Если *значение* в списке не найдено, вызывается исключение `ValueError`
`insert(`*индекс*`, `*значение*`)`	Вставляет *значение* в заданную индексную позицию в списке. Когда значение вставляется в список, список расширяется, чтобы разместить новое значение. Значение, которое ранее находилось в заданной индексной позиции, и все элементы после него сдвигаются на одну позицию к концу списка. Если указан недопустимый индекс, исключение не происходит. Если задан индекс за пределами конца списка, значение будет добавлено в конец списка. Если применен отрицательный индекс, который указывает на недопустимую позицию, значение будет вставлено в начало списка
`sort()`	Сортирует значения в списке, в результате чего они появляются в возрастающем порядке (с наименьшего значения до наибольшего)
`remove(`*значение*`)`	Удаляет из списка первое появление *значения*. Если *значение* в списке не найдено, вызывается исключение `ValueError`
`reverse()`	Инвертирует порядок следования значений в списке, т. е. меняет его на противоположное

Метод *append()*

Метод `append()` обычно применяется для добавления значений в список. Значение, которое передается в качестве аргумента, добавляется в конец существующих элементов списка. В программе 7.3 приведен соответствующий пример.

Программа 7.3 **(list_append.py)**

```
1 # Эта программа демонстрирует применение метода append
2 # для добавления значений в список.
3
```

[1] В этой книге мы не охватим все методы обработки списков. Описание всех методов списка см. в документации Python на сайте **www.python.org**.

```
def main():
    # Сначала создать пустой список.
    name_list = []

    # Создать переменную для управления циклом.
    again = 'д'

    # Добавить в список несколько имен.
    while again == 'д':
        # Получить от пользователя имя.
        name = input('Введите имя: ')

        # Добавить имя в конец списка.
        name_list.append(name)

        # Добавить еще одно?
        print('Желаете добавить еще одно имя?')
        again = input('д = да, все остальное = нет: ')
        print()

    # Показать введенные имена.
    print('Вот имена, которые были введены.')

    for name in name_list:
        print(name)

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите имя: Кэтрин Enter
Желаете добавить еще одно имя?
д = да, все остальное = нет: д Enter

Введите имя: Крис Enter
Желаете добавить еще одно имя?
д = да, все остальное = нет: д Enter

Введите имя: Кенни Enter
Желаете добавить еще одно имя?
д = да, все остальное = нет: д Enter

Введите имя: Рене Enter
Желаете добавить еще одно имя?
д = да, все остальное = нет: н Enter
```

```
Вот имена, которые были введены.
Кэтрин
Крис
Кенни
Рене
```

Обратите внимание на инструкцию в строке 6:

```
name_list = []
```

Эта инструкция создает пустой список (без элементов) и присваивает его переменной `name_list`. Внутри цикла метод `append()` вызывается для создания списка. Во время первого вызова метода переданный в него аргумент станет элементом 0. Во время второго вызова метода переданный в него аргумент станет элементом 1. Это продолжается до тех пор, пока пользователь не выйдет из цикла.

Метод *index()*

Ранее вы познакомились с тем, как оператор `in` можно применять для определения, находится ли значение в списке. Иногда необходимо знать не только, что значение находится в списке, но и где оно расположено. Метод `index()` используется как раз для таких случаев. В метод `index()` передается аргумент, и он возвращает индекс первого элемента в списке, который содержит это значение аргумента. Если значение в списке не найдено, то метод вызывает исключение `ValueError`. Программа 7.4 демонстрирует метод `index()`.

Программа 7.4 (index_list.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, как получить
2 # индексную позицию значения в списке и затем
3 # заменить это значение новым.
4
5 def main():
6     # Создать список с несколькими значениями.
7     food = ['Пицца', 'Бургеры', 'Чипсы']
8
9     # Показать список.
10    print('Вот значения списка продуктов питания:')
11    print(food)
12
13    # Получить значение, подлежащее изменению.
14    item = input('Какое значение следует изменить? ')
15
16    try:
17        # Получить индексную позицию значения в списке.
18        item_index = food.index(item)
19
20        # Получить значение, на которое следует заменить.
21        new_item = input('Введите новое значение: ')
22
```

```
23          # Заменить старое значение новым.
24          food[item_index] = new_item
25
26          # Показать список.
27          print('Вот пересмотренный список:')
28          print(food)
29      except ValueError:
30          print('Это значение в списке не найдено.')
31
32 # Вызвать главную функцию.
33 if __name__ == '__main__':
34      main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Вот значения списка продуктов питания:
['Пицца', 'Бургеры', 'Чипсы']
Какое значение следует изменить? Бургеры Enter
Введите новое значение: Соленые огурцы Enter
Вот пересмотренный список:
['Пицца', 'Соленые огурцы', 'Чипсы']
```

Элементы списка `food` выводятся в строке 11, в строке 14 пользователю предлагается выбрать значение, подлежащее изменению. Строка 18 вызывает метод `index()` для получения индекса значения. Строка 21 получает от пользователя новое значение, а строка 24 присваивает его элементу, содержащему старое значение.

Метод *insert()*

Метод `insert()` позволяет вставлять значение в список в заданной позиции. В метод `insert()` передаются два аргумента: индекс, задающий место вставки значения, и значение, которое требуется вставить. В программе 7.5 показан пример.

Программа 7.5 (insert_list.py)

```
1 # Это программа демонстрирует метод insert.
2
3 def main():
4     # Создать список с несколькими именами.
5     names = ['Джеймс', 'Кэтрин', 'Билл']
6
7     # Показать список.
8     print('Список перед вставкой:')
9     print(names)
10
11    # Вставить новое имя в элемент 0.
12    names.insert(0, 'Джо')
13
```

```
14     # Показать список еще раз.
15     print('Список после вставки:')
16     print(names)
17
18 # Вызвать главную функцию.
19 if __name__ == '__main__':
20     main()
```

Вывод программы

```
Список перед вставкой:
['Джеймс', 'Кэтрин', 'Билл']
Список после вставки:
['Джо', 'Джеймс', 'Кэтрин', 'Билл']
```

Метод *sort()*

Метод `sort()` перестраивает элементы списка таким образом, что их значения появляются в возрастающем порядке (от самого малого значения до самого большого). Вот соответствующий пример:

```
my_list = [9, 1, 0, 2, 8, 6, 7, 4, 5, 3]
print('Первоначальный порядок:', my_list)
my_list.sort()
print('Отсортированный порядок:', my_list)
```

Во время исполнения этого фрагмента кода он покажет следующее:

```
Первоначальный порядок: [9, 1, 0, 2, 8, 6, 7, 4, 5, 3]
Отсортированный порядок: [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
```

Вот еще один пример:

```
my_list = ['бета', 'альфа', 'дельта', 'гамма']
print('Первоначальный порядок:', my_list)
my_list.sort()
print('Отсортированный порядок:', my_list)
```

Во время исполнения этого фрагмента кода он покажет следующее:

```
Первоначальный порядок: ['бета', 'альфа', 'дельта', 'гамма']
Отсортированный порядок: ['альфа', 'бета', 'гамма', 'дельта']
```

Метод *remove()*

Метод `remove()` удаляет значение из списка. Методу в качестве аргумента передается значение, и первый элемент, который содержит это значение, удаляется. Метод уменьшает размер списка на один элемент. Все элементы после удаленного элемента смещаются на одну позицию к началу списка. Если элемент в списке не найден, то вызывается исключение `ValueError`. Программа 7.6 демонстрирует этот метод.

Программа 7.6 (remove_item.py)

```
# Эта программа демонстрирует применение метода
# remove для удаления значения из списка.

def main():
    # Создать список с несколькими значениями.
    food = ['Пицца', 'Бургеры', 'Чипсы']

    # Показать список.
    print('Вот значения списка продуктов питания:')
    print(food)

    # Получить значения, подлежащее удалению.
    item = input('Какое значение следует удалить? ')

    try:
        # Удалить значение.
        food.remove(item)

        # Показать список.
        print('Вот пересмотренный список:')
        print(food)

    except ValueError:
        print('Это значение в списке не найдено.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Вот значения списка продуктов питания:
['Пицца', 'Бургеры', 'Чипсы']
Какое значение следует удалить? Бургеры Enter
Вот пересмотренный список:
['Пицца', 'Чипсы']
```

Метод *reverse()*

Метод `reverse()` просто инвертирует порядок следования значений в списке. Вот пример:

```
my_list = [1, 2, 3, 4, 5]
print('Первоначальный порядок:', my_list)
my_list.reverse()
print('Инвертированный порядок:', my_list)
```

Этот фрагмент кода покажет следующее:

```
Первоначальный порядок: [1, 2, 3, 4, 5]
Инвертированный порядок: [5, 4, 3, 2, 1]
```

Инструкция *del*

Метод `remove()`, который вы видели ранее, удаляет заданное значение из списка, если это значение находится в списке. Некоторые ситуации могут потребовать удалить элемент из заданной индексной позиции, независимо от значения, которое хранится в этой индексной позиции. Это может быть выполнено при помощи инструкции `del`. Вот пример ее использования:

```
my_list = [1, 2, 3, 4, 5]
print('Перед удалением:', my_list)
del my_list[2]
print('После удаления:', my_list)
```

Этот фрагмент кода выведет на экран следующее:

```
Перед удалением: [1, 2, 3, 4, 5]
После удаления: [1, 2, 4, 5]
```

Функции *min* и *max*

Python имеет две встроенные функции, `min` и `max`, которые работают с последовательностями. Функция `min` принимает в качестве аргумента последовательность, в частности список, и возвращает элемент, который имеет минимальное значение в последовательности. Вот пример:

```
my_list = [5, 4, 3, 2, 50, 40, 30]
print('Минимальное значение равняется', min(my_list))
```

Этот фрагмент кода выведет следующее:

```
Минимальное значение равняется 2
```

Функция `max` принимает в качестве аргумента последовательность, в частности список, и возвращает элемент, который имеет максимальное значение в последовательности. Вот пример:

```
my_list = [5, 4, 3, 2, 50, 40, 30]
print('Максимальное значение равняется', max(my_list))
```

Этот фрагмент кода выведет на экран следующее:

```
Максимальное значение равняется 50
```



Контрольная точка

7.15. В чем разница между вызовом спискового метода `remove()` и применением инструкции `del` для удаления элемента?

7.16. Как найти минимальное и максимальное значения в списке?

7.17. Допустим, что в программе появляется следующая инструкция:

```
names = []
```

Какую из приведенных ниже инструкций следует применить для добавления в список в индексную позицию 0 строкового значения `'Вэнди'`? Почему вы выбрали именно эту инструкцию вместо другой?

а) `names[0] = 'Вэнди';`

б) `names.append('Вэнди').`

7.18. Опишите приведенные ниже списковые методы:

а) `index();`

б) `insert();`

в) `sort();`

г) `reverse().`

7.6 Копирование списков

Ключевые положения

Для создания копии списка необходимо скопировать элементы списка.

Вспомните, что в Python в результате присваивания одной переменной другой переменной обе переменных ссылаются на один и тот же объект в оперативной памяти. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
# Создать список.
list1 = [1, 2, 3, 4]
# Присвоить список переменной list2.
list2 = list1
```

После исполнения этого фрагмента кода обе переменные `list1` и `list2` будут ссылаться на один и тот же список в оперативной памяти (рис. 7.5).

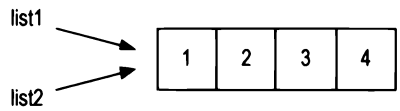


РИС. 7.5. Переменные `list1` и `list2` ссылаются на один и тот же список

Для того чтобы это продемонстрировать, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
>>> list1 = [1, 2, 3, 4] Enter
>>> list2 = list1 Enter
>>> print(list1) Enter
[1, 2, 3, 4]
>>> print(list2) Enter
[1, 2, 3, 4]
>>> list1[0] = 99 Enter
```

```
 8 >>> print(list1) Enter
 9 [99, 2, 3, 4]
10 >>> print(list2) Enter
11 [99, 2, 3, 4]
12 >>>
```

Рассмотрим каждую строку.

- В строке 1 мы создаем список целых чисел и присваиваем этот список переменной `list1`.
- В строке 2 мы присваиваем переменную `list1` переменной `list2`. После этого `list1` и `list2` ссылаются на один и тот же список в оперативной памяти.
- В строке 3 мы печатаем список, на который ссылается `list1`. Результат функции `print` выводится в строке 4.
- В строке 5 мы печатаем список, на который ссылается `list2`. Результат функции `print` выводится в строке 6. Обратите внимание, что он совпадает с выводом, показанным в строке 4.
- В строке 7 мы меняем значение `list1[0]` на 99.
- В строке 8 мы печатаем список, на который ссылается переменная `list1`. Результат функции `print` выводится в строке 9. Обратите внимание, что первый элемент теперь равняется 99.
- В строке 10 мы печатаем список, на который ссылается переменная `list2`. Результат функции `print` выводится в строке 11. Обратите внимание, что первый элемент тоже равняется 99.

В этом интерактивном сеансе переменные `list1` и `list2` ссылаются на один и тот же список в оперативной памяти.

Предположим, что вы хотите сделать копию списка, чтобы переменные `list1` и `list2` ссылались на два отдельных, но идентичных списка. Один из способов это сделать предполагает применение цикла, который копирует каждый элемент списка. Вот пример:

```
# Создать список со значениями.
list1 = [1, 2, 3, 4]
# Создать пустой список.
list2 = []
# Скопировать элементы списка list1 в list2.
for item in list1:
    list2.append(item)
```

После исполнения этого фрагмента кода `list1` и `list2` будут ссылаться на два отдельных, но идентичных списка. Более простой и более изящный способ выполнить ту же самую задачу состоит в том, чтобы применить оператор конкатенации, как показано ниже:

```
# Создать список со значениями.
list1 = [1, 2, 3, 4]
# Создать копию списка list1.
list2 = [] + list1
```

Последняя инструкция в этом фрагменте кода присоединяет к пустому списку список `list1` и присваивает получившийся список переменной `list2`. В результате `list1` и `list2` будут ссылаться на два отдельных, но идентичных списка.



7.7 Обработка списков

На данный момент вы изучили большое разнообразие методов работы со списками. Теперь рассмотрим ряд способов, которыми программы могут обрабатывать данные, хранящиеся в списке. Далее в рубрике *"В центре внимания"* показано, как элементы списка можно использовать в вычислениях.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Использование элементов списка в математическом выражении

Меган владеет небольшим кафе, и у нее работают шесть сотрудников в качестве барменов и официантов. У всех сотрудников одинаковая почасовая ставка оплаты труда. Меган попросила вас разработать программу, которая позволит ей вводить количество часов, отработанных каждым сотрудником, и затем будет показывать суммы заработной платы всех сотрудников до удержаний. Вы решаете, что программа должна выполнять следующие шаги:

- для каждого сотрудника получить количество отработанных часов и сохранить его в элементе списка;
- для каждого элемента списка использовать сохраненное в элементе значение для вычисления общей заработной платы сотрудника до удержаний. Показать сумму заработной платы.

В программе 7.7 приведен соответствующий код.

Программа 7.7 (barista_pay.py)

```
# Эта программа вычисляет заработную плату
# для каждого сотрудника Меган.

# NUM_EMPLOYEES применяется как константа
# для размера списка.
NUM_EMPLOYEES = 6

def main():
    # Создать список, который будет содержать отработанные часы.
    hours = [0] * NUM_EMPLOYEES

    # Получить часы, отработанные каждым сотрудником.
    for index in range(NUM_EMPLOYEES):
        hours[index] = float(
            input(f'Введите число отработанных часов сотрудником {index + 1}: '))

    # Получить почасовую ставку оплаты.
    pay_rate = float(input('Введите почасовую ставку оплаты: '))

```

```
20      # Показать заработную плату каждого сотрудника.
21      for index in range(NUM_EMPLOYEES):
22          gross_pay = hours[index] * pay_rate
23          print(f'Зарплата сотрудника {index + 1}: ${gross_pay:,.2f}')
24
25  # Вызвать главную функцию.
26  if __name__ == '__main__':
27      main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите число отработанных часов сотрудником 1: 10
Введите число отработанных часов сотрудником 2: 20
Введите число отработанных часов сотрудником 3: 15
Введите число отработанных часов сотрудником 4: 40
Введите число отработанных часов сотрудником 5: 20
Введите число отработанных часов сотрудником 6: 18
Введите почасовую ставку оплаты: 12.75
Зарплата сотрудника 1: $127.50
Зарплата сотрудника 2: $255.00
Зарплата сотрудника 3: $191.25
Зарплата сотрудника 4: $510.00
Зарплата сотрудника 5: $255.00
Зарплата сотрудника 6: $229.50
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Предположим, что предприятие Меган расширяется, и она нанимает двух дополнительных сотрудников. Для этого потребуется, чтобы вы изменили программу так, чтобы она обрабатывала восемь сотрудников вместо шести. Поскольку для размера списка вы использовали константу, эта задача сводится к простой модификации — вы просто изменяете инструкцию в строке 6, которая теперь читается:

```
NUM_EMPLOYEES = 8
```

Поскольку константа `NUM_EMPLOYEES` в строке 10 используется для создания списка, размер списка `hours` автоматически будет равняться восьми. Кроме того, поскольку для управления итерациями цикла в строках 13 и 22 вы использовали константу `NUM_EMPLOYEES`, циклы автоматически будут делать восемь итераций, по одной для каждого сотрудника.

Представьте, насколько труднее будет эта модификация, если для определения размера списка не использовать константу. В программе придется изменить каждую отдельную инструкцию, которая относится к размеру списка. Мало того, что это потребует гораздо большего объема работы, но и к тому же откроет возможность для проникновения ошибок. Если пропустить какую-либо инструкцию, которая относится к размеру списка, то произойдет ошибка.

Суммирование значений в списке

Допустим, что список содержит числовые значения, тогда для вычисления суммы этих значений применяется цикл с накапливающей переменной. Цикл последовательно обходит список, добавляя значение каждого элемента в накопитель. Программа 7.8 демонстрирует соответствующий алгоритм со списком `numbers`.

Программа 7.8 (total_list.py)

```
# Эта программа вычисляет сумму значений
# из списка.

def main():
    # Создать список.
    numbers = [2, 4, 6, 8, 10]

    # Создать переменную для применения в качестве накопителя.
    total = 0

    # Вычислить сумму значений элементов списка.
    for value in numbers:
        total += value

    # Показать сумму значений элементов списка.
    print(f'Сумма элементов составляет {total}.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Сумма элементов составляет 30
```

Усреднение значений в списке

Первый шаг в вычислении среднего арифметического значения в списке состоит в получении суммы значений. В предыдущем разделе вы увидели, как это делается в цикле. Второй шаг заключается в том, чтобы разделить полученную сумму на количество элементов в списке. Программа 7.9 демонстрирует соответствующий алгоритм.

Программа 7.9 (average_list.py)

```
# Эта программа вычисляет среднее арифметическое
# значение в списке значений.

def main():
    # Создать список.
    scores = [2.5, 7.3, 6.5, 4.0, 5.2]

    # Создать переменную для применения в качестве накопителя.
    total = 0.0

    # Вычислить сумму значений в списке.
    for value in scores:
        total += value

```

```
    # Вычислить среднее арифметическое элементов.
    average = total / len(scores)

    # Показать среднее значение в списке значений.
    print(f'Среднее значение элементов составляет {average}.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Среднее значение элементов составляет 5.1
```

Передача списка в функцию в качестве аргумента

Из *главы 5* известно, что по мере того как программа становится все больше и сложнее, ее следует разбивать на функции, каждая из которых выполняет определенную подзадачу. Это делает программу более доступной для понимания и сопровождения.

Список можно легко передавать в функцию в качестве аргумента. Это дает возможность объединить много операций, которые выполняются над списком, в одной функции. Когда необходимо вызвать эту функцию, список можно передать в качестве аргумента.

В программе 7.10 представлен пример соответствующего кода, в котором имеется такая функция. В этой программе функция принимает список в качестве аргумента и возвращает сумму значений элементов списка.

Программа 7.10 (total_function.py)

```
# Эта программа применяет функцию для вычисления
# суммы значений в списке.

def main():
    # Создать список.
    numbers = [2, 4, 6, 8, 10]

    # Показать сумму значений элементов списка.
    print(f'Сумма составляет {get_total(numbers)}.')

# Функция get_total принимает список в качестве
# аргумента и возвращает сумму значений
# в списке.
def get_total(value_list):
    # Создать переменную для применения в качестве накопителя.
    total = 0

    # Вычислить сумму значений элементов списка.
    for num in value_list:
        total += num

```

```
    # Вернуть сумму.
    return total

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Сумма составляет 30
```

Возвращение списка из функции

Функция может возвращать ссылку на список. Это дает возможность написать функцию, которая создает список, добавляет в него элементы и затем возвращает ссылку на этот список, чтобы другие части программы могли с ним работать. Код в программе 7.11 демонстрирует такой пример. Здесь используется функция `get_values`, которая получает от пользователя ряд значений, сохраняет их в списке и затем возвращает ссылку на этот список.

Программа 7.11 (return_list.py)

```
# Эта программа применяет функцию для создания списка.
# Указанная функция возвращает ссылку на список.

def main():
    # Получить список с хранящимися в нем значениями.
    numbers = get_values()

    # Показать значения в списке.
    print('Числа в списке:')
    print(numbers)

# Функция get_values получает от пользователя
# ряд чисел и сохраняет их в списке.
# Эта функция возвращает ссылку на список.
def get_values():
    # Создать пустой список.
    values = []

    # Создать переменную для управления циклом.
    again = 'д'

    # Получить значения от пользователя
    # и добавить их в список.
    while again == 'д':
        # Получить число и добавить его в список.
        num = int(input('Введите число: '))
        values.append(num)

```

```
29          # Желаете проделать это еще раз?
30          print('Желаете добавить еще одно число?')
31          again = input('д = да, все остальное = нет: ')
32          print()
33
34      # Вернуть список.
35      return values
36
37 # Вызвать главную функцию.
38 if __name__ == '__main__':
39      main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите число: 1
Желаете добавить еще одно число?
д = да, все остальное = нет: д
Введите число: 2
Желаете добавить еще одно число?
д = да, все остальное = нет: д

Введите число: 3
Желаете добавить еще одно число?
д = да, все остальное = нет: д

Введите число: 4
Желаете добавить еще одно число?
д = да, все остальное = нет: д

Введите число: 5
Желаете добавить еще одно число?
д = да, все остальное = нет: н

Числа в списке:
[1, 2, 3, 4, 5]
```



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Обработка списка

Доктор Лаклэр в течение семестра проводит серию лабораторных работ по химии. В конце семестра перед тем, как усреднить оценки за лабораторные работы, она отбрасывает самую низкую оценку каждого студента. Она попросила вас разработать программу, которая на входе читает оценки студента и вычисляет средний балл, отбрасывая самую низкую оценку. Вот алгоритм, который вам следует разработать:

Получить оценки студента.

Вычислить сумму оценок.

Найти минимальную оценку.
Вычесть минимальную оценку из суммы оценок. Это дает скорректированную сумму.
Разделить скорректированную сумму на количество оценок минус 1. Это средняя оценка.
Показать среднюю оценку.

В программе 7.12 приведен соответствующий код, который разделен на три функции. Вместо того чтобы приводить всю программу сразу, сначала разберем главную функцию, а затем каждую дополнительную функцию в отдельности.

Программа 7.12 **(drop_lowest_score.py) Главная функция**

```
1 # Эта программа получает серию оценок за лабораторные
2 # работы и вычисляет среднюю оценку,
3 # отбрасывая самую низкую.
4
5 def main():
6     # Получить от пользователя оценки.
7     scores = get_scores()
8
9     # Получить сумму оценок.
10    total = get_total(scores)
11
12    # Получить самую низкую оценку.
13    lowest = min(scores)
14
15    # Вычесть самую низкую оценку из суммы.
16    total -= lowest
17
18    # Вычислить среднее значение. Обратите внимание, что
19    # мы делим на количество оценок минус 1, потому что
20    # самая низкая оценка была отброшена.
21    average = total / (len(scores) - 1)
22
23    # Показать среднее значение.
24    print(f'Средняя оценка с учетом отброшенной самой низкой оценки: {average}')
25
```

Строка 7 вызывает функцию `get_scores`, которая получает от пользователя оценки за лабораторные работы и возвращает ссылку на список с этими оценками. Список присваивается переменной `scores`.

Строка 10 вызывает функцию `get_total`, передавая список оценок в качестве аргумента. Эта функция возвращает сумму значений в списке, которая присваивается переменной `total`.

Строка 13 вызывает встроенную функцию `min`, передавая список оценок `scores` в качестве аргумента. Эта функция возвращает минимальное значение в списке, которое присваивается переменной `lowest`.

Строка 16 вычитает самую низкую оценку из переменной `total`. Затем строка 21 вычисляет среднее арифметическое значение путем деления суммы на `len(scores)-1`. (Программа

делит на `len(scores)-1`, потому что самая низкая экзаменационная оценка была отброшена.) Строка 24 показывает среднюю оценку.

Далее следует функция `get_scores`.

Программа 7.12 (*продолжение*). **Функция get_scores**

```
26 # Функция get_scores получает от пользователя
27 # серию оценок и сохраняет их в списке.
28 # Указанная функция возвращает ссылку на список.
29 def get_scores():
30     # Создать пустой список.
31     test_scores = []
32
33     # Создать переменную для управления циклом.
34     again = 'д'
35
36     # Получить от пользователя оценки и добавить их
37     # в список.
38     while again == 'д':
39         # Получить оценку и добавить ее в список.
40         value = float(input('Введите оценку: '))
41         test_scores.append(value)
42
43         # Желаете проделать это еще раз?
44         print('Желаете добавить еще одну оценку?')
45         again = input('д = да, все остальное = нет: ')
46         print()
47
48     # Вернуть список.
49     return test_scores
50
```

Функция `get_scores` предлагает пользователю ввести серию оценок за лабораторные работы. По мере ввода каждой оценки она добавляется в список. Список возвращается в строке 49. Далее следует функция `get_total`.

Программа 7.12 (*окончание*). **Функция get_total**

```
51 # Функция get_total принимает список в качестве
52 # аргумента и возвращает сумму значений
53 # в списке.
54 def get_total(value_list):
55     # Создать переменную для применения в качестве накопителя.
56     total = 0.0
57
58     # Вычислить сумму значений элементов списка.
59     for num in value_list:
60         total += num
61
```

```
62     # Вернуть сумму.
63     return total
64
65 # Вызвать главную функцию.
66 if __name__ == '__main__':
67     main()
```

Эта функция принимает список в качестве аргумента. Для вычисления суммы значений в списке она применяет накопитель и цикл. Строка 63 возвращает сумму.

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите оценку: 92 Enter
Желаете добавить еще одну оценку?
д = да, все остальное = нет: д Enter

Введите оценку: 67 Enter
Желаете добавить еще одну оценку?
д = да, все остальное = нет: д Enter

Введите оценку: 75 Enter
Желаете добавить еще одну оценку?
д = да, все остальное = нет: д Enter

Введите оценку: 88 Enter
Желаете добавить еще одну оценку?
д = да, все остальное = нет: н Enter

Средняя оценка с учетом отброшенной самой низкой оценки: 85.0
```

Случайный выбор элементов списка

В модуле `random` имеется функция `choice`, которая случайно отбирает элемент из списка. Вы передаете список в качестве аргумента функции, а функция возвращает случайно отобранный элемент. Для того чтобы можно было использовать эту функцию, следует импортировать модуль `random`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу указанной функции:

```
>>> import random Enter
>>> names = ['Дженни', 'Келли', 'Хлоя', 'Обри'] Enter
>>> winner = random.choice(names) Enter
>>> print(winner) Enter
Хлоя
>>>
```

Модуль `random` также содержит функцию `choices`, которая возвращает несколько элементов, случайно отобранных из списка. При вызове этой функции вы передаете список и аргумент

k=n, где n — это число элементов, которые вы хотите вернуть из функции. Тогда функция вернет список из n случайно отобранных элементов. Следующий ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу указанной функции:

```
>>> import random Enter
>>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] Enter
>>> selected = random.choices(numbers, k=3) Enter
>>> print(selected) Enter
[8, 7, 7]
>>>
```

Список, возвращаемый функцией choices, иногда содержит повторяющиеся элементы. Если вы хотите случайно отбирать уникальные элементы, следует использовать функцию sample модуля random. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу функции sample:

```
>>> import random Enter
>>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] Enter
>>> selected = random.sample(numbers, k=3) Enter
>>> print(selected) Enter
[4, 10, 2]
>>>
```

Работа со списками и файлами

Некоторые задачи могут потребовать сохранения содержимого списка в файле с тем, чтобы данные можно было использовать позднее. Аналогично, некоторые ситуации могут потребовать чтения данных из файла в список. Например, предположим, что у вас есть файл, содержащий ряд значений, которые расположены в произвольном порядке, и вы хотите отсортировать эти значения. Один из приемов сортировки значений в файле состоит в том, чтобы прочитать их в список, вызвать метод сортировки списка sort и затем записать значения из списка в файл.

Процедура сохранения содержимого списка в файл простая. Файловые объекты Python имеют метод writelines(), который записывает весь список в файл. Однако недостаток этого метода состоит в том, что он автоматически не помещает в конец каждого элемента символ новой строки ('\n'). В результате каждый элемент записывается в одну длинную строку в файле. Программа 7.13 демонстрирует этот метод.

Программа 7.13 (writelines.py)

```
1 # Эта программа применяет метод writelines для сохранения
2 # списка строковых значений в файл.
3
4 def main():
5     # Создать список строковых значений.
6     cities = ['Нью-Йорк', 'Бостон', 'Атланта', 'Даллас']
7
8     # Открыть файл для записи.
9     outfile = open('cities.txt', 'w')
10
```

```
    # Записать список в файл.
    outfile.writelines(cities)

    # Закрыть файл.
    outfile.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

После исполнения этой программы файл cities.txt будет содержать следующую строку[1]:

```
НьюЙоркБостонАтлантаДаллас
```

Альтернативный подход состоит в использовании цикла `for` для последовательного обхода списка и записи каждого элемента вместе с завершающим символом новой строки. В программе 7.14 приведен пример.

Программа 7.14 (write_list.py)

```
# Эта программа сохраняет список строковых значений в файл.

def main():
    # Создать список строковых значений.
    cities = ['Нью-Йорк', 'Бостон', 'Атланта', 'Даллас']

    # Открыть файл для записи.
    outfile = open('cities.txt', 'w')

    # Записать список в файл.
    for item in cities:
        outfile.write(item + '\n')

    # Закрыть файл.
    outfile.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
   main()
```

После исполнения этой программы файл cities.txt будет содержать приведенные ниже строки:

```
Нью-Йорк
Бостон
```

---

[1] В некоторых версиях Windows полученная строка может отображаться некорректно (как Ќью ...оркSостонj тланта*ƒ*аллас). Один из приемов, который позволяет решить эту проблему, состоит в размещении в самом верху программы следующей инструкции:

```
#-*- coding: cp1251 -*-
```

с указанием кириллической кодировки. — *Прим. пер.*

```
Атланта
Даллас
```

Файловые объекты в Python имеют метод `readlines()`, который возвращает содержимое файла как список строковых значений. Каждая строка в файле будет значением в списке. Каждое значение в списке будет включать завершающий символ новой строки, который во многих случаях вы захотите удалить. В программе 7.15 представлен пример. Инструкция в строке 8 считывает содержимое файла в список, а цикл в строках 15–17 выполняет последовательный обход списка, удаляя из каждого элемента символ `'\n'`.

Программа 7.15 (read_list.py)

```
1 # Эта программа считывает содержимое файла в список.
2
3 def main():
4     # Открыть файл для чтения.
5     infile = open('cities.txt', 'r')
6
7     # Прочитать содержимое файла в список.
8     cities = infile.readlines()
9
10    # Закрыть файл.
11    infile.close()
12
13    # Удалить из каждого элемента символ \n.
14    index = 0
15    while index < len(cities):
16        cities[index] = cities[index].rstrip('\n')
17        index += 1
18
19    # Напечатать содержимое списка.
20    print(cities)
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 if __name__ == '__main__':
24    main()
```

Вывод программы

```
['Нью-Йорк', 'Бостон', 'Атланта', 'Даллас']
```

В программе 7.16 приведен еще один пример записи списка в файл. В этом примере записывается список чисел. Обратите внимание, что в строке 12 каждое значение при помощи функции `str` преобразуется в строковый тип, и затем в него конкатенируется символ `'\n'`. В качестве альтернативы мы могли бы написать строку 12 программы, используя f-строку, как показано ниже:

```
outfile.write(f'{item}\n')
```

Программа 7.16 (write_number_list.py)

```
# Эта программа сохраняет список чисел в файл.

def main():
    # Создать список чисел.
    numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

    # Открыть файл для записи.
    outfile = open('numberlist.txt', 'w')

    # Записать список в файл.
    for item in numbers:
        outfile.write(str(item) + '\n')

    # Закрыть файл.
    outfile.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Когда из файла считываются в список числа, они должны быть конвертированы из строкового типа в числовой. В программе 7.17 приведен соответствующий пример.

Программа 7.17 (read_number_list.py)

```
# Эта программа считывает числа из файла в список.

def main():
    # Открыть файл для чтения.
    infile = open('numberlist.txt', 'r')

    # Прочитать содержимое файла в список.
    numbers = infile.readlines()

    # Закрыть файл.
    infile.close()

    # Конвертировать каждый элемент в тип int.
    index = 0
    while index < len(numbers):
        numbers[index] = int(numbers[index])
        index += 1

    # Напечатать содержимое списка.
    print(numbers)

```

```
22 # Вызвать главную функцию.
23 if __name__ == '__main__':
24     main()
```

Вывод программы

```
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
```

7.8 Включение в список

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Включение в список[1] — это краткое выражение, которое создает новый список путем обхода элементов существующего списка в цикле.

Некоторые операции требуют, чтобы вы прочитали содержимое списка и использовали значения в этом списке для создания нового списка. Например, приведенный ниже фрагмент кода создает копию списка:

```
list1 = [1, 2, 3, 4]
list2 = []

for item in list1:
    list2.append(item)
```

В этом фрагменте кода на каждой итерации цикла добавляется элемент списка `list1` в список `list2`. После выполнения этого фрагмента кода список `list2` будет ссылаться на копию списка `list1`.

Такого рода программный код можно записать короче и компактнее, используя включение в список. *Включение в список* — это выражение, которое читает изначальный список, используя значения входного списка для создания выходного списка. Например, показанный выше фрагмент кода можно написать с помощью выражения включения в список следующим образом:

```
list1 = [1, 2, 3, 4]
list2 = [item for item in list1]
```

Выражение включения в список появляется во второй строке программного кода и заключено в квадратные скобки. Как показано на рис. 7.6, включение в список начинается с выражения результата, за которым следует *выражение итерации*. Выражение итерации работает как цикл `for`. На каждой итерации элементу целевой переменной присваивается значение элемента. В конце каждой итерации значение результирующего выражения добавляется в новый список.

Общий формат включения в простой список:

```
[выражение_результата выражение_итерации]
```

[1] Термин "включение в список" (list comprehension) имеет в теории множеств синоним "описание списка" или, в более общем плане, "описание последовательности". — *Прим. перев.*

Давайте рассмотрим еще один пример. Предположим, у вас есть список чисел, и вы хотите создать второй список, содержащий квадраты всех чисел из первого списка. В приведенном ниже фрагменте кода показано, как это делается с помощью цикла `for`:

```
list1 = [1, 2, 3, 4]
list2 = []
for item in list1:
    list2.append(item**2)
```

Следующий ниже фрагмент кода показывает выполнение той самой операции с использованием включения в список:

```
list1 = [1, 2, 3, 4]
list2 = [item**2 for item in list1]
```

На рис. 7.7 показано выражение итерации и выражение результата. При каждом повторении выражения итерации элементу целевой переменной присваивается значение элемента. В конце каждой итерации значение выражения результата `item**2` добавляется в список `list2`. После выполнения этого фрагмента кода список `list2` будет содержать значения `[1, 4, 9, 16]`.

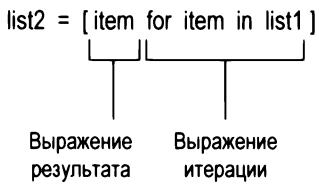


РИС. 7.6. Части выражения включения в список для создания копии списка

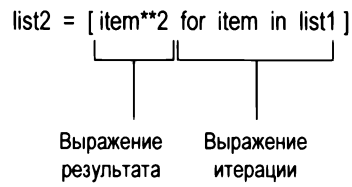


РИС. 7.7. Части включения в список для возведения элементов в списке в квадрат

Предположим, у вас есть список строковых литералов, и вы хотите создать второй список, содержащий длины всех литералов в первом списке. Приведенный ниже фрагмент кода показывает, как это сделать с помощью цикла `for`:

```
str_list = ['Мигнуть', 'Моргнуть', 'Кивнуть']
len_list = []
for s in str_list:
    len_list.append(len(s))
```

Следующий ниже фрагмент кода показывает, как та же самая операция выполняется с использованием включения в список:

```
str_list = ['Мигнуть', 'Моргнуть', 'Кивнуть']
len_list = [len(s) for s in str_list]
```

В этом включении в список выражением итерации является `for s in str_list`, а выражением результата — `len(s)`. После выполнения этого фрагмента кода список `len_list` будет содержать значения `[6, 7, 3]`.

Использование условий *if* с операцией включения в список

Иногда во время обработки списка требуется выбирать только некоторые элементы. Например, предположим, что список содержит целые числа, и вы хотите создать второй список, содержащий только те целые числа из первого списка, которые меньше 10. Приведенный ниже фрагмент кода выполняет это с помощью цикла:

```
list1= [1, 12, 2, 20, 3, 15, 4]
list2 = []
for n in list1:
    if n < 10:
        list2.append(n)
```

Инструкция `if`, которая появляется внутри цикла `for`, заставляет этот фрагмент кода добавлять в `list2` только те элементы, которые меньше 10. После выполнения этого фрагмента кода список `list2` будет содержать `[1, 2, 3, 4]`.

Такого рода задача также может быть выполнена путем добавления условия `if` в операцию включения в список. Вот общий формат:

```
[выражение_результата выражение_итерации условие_if]
```

Условие `if` действует как фильтр, позволяя выбирать те или иные элементы из входного списка. Следующий ниже фрагмент кода показывает, каким образом можно переписать приведенный выше фрагмент кода, используя включение в список с условием `if`:

```
list1= [1, 12, 2, 20, 3, 15, 4]
list2 = [item for item in list1 if item < 10]
```

В этом включении в список выражение итерации относится к элементу в `list1`, условие `if` — к элементу `if < 10`, а выражение результата — к элементу *item*. После выполнения этого фрагмента кода список `list2` будет содержать `[1, 2, 3, 4]`.

Следующий ниже фрагмент кода демонстрирует еще один пример:

```
last_names = ['Джексон', 'Смит', 'Хильдебрандт', 'Джонс']
short_names = [name for name in last_names if len(name) < 6]
```

Включение в список, которое прокручивает список `last_names`, имеет условие `if`, выбирающее только элементы длиной менее 6 символов. После выполнения этого фрагмента кода список `short_names` будет содержать `['Смит', 'Джонс']`.



Контрольная точка

7.19. Посмотрите на следующее ниже включение в список:

```
[x for x in my_list]
```

Где в нем находится выражение результата? И где находится выражение итерации?

7.20. Какое значение будет иметь список `list2` после выполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
list1= [1, 12, 2, 20, 3, 15, 4]
list2 = [n*2 for n in list1]
```

7.21. Какое значение будет иметь список `list2` после выполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
list1 = [1, 12, 2, 20, 3, 15, 4]
list2 = [n for n in list1 if n > 10]
```

7.9 Двумерные списки

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Двумерный список — это список, который в качестве своих элементов содержит другие списки.

Элементы списка могут быть практически чем угодно, включая другие списки. Для того чтобы это продемонстрировать, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
 1 >>> students = [['Джо', 'Ким'], ['Сэм', 'Сью'], ['Келли', 'Крис']] Enter
 2 >>> print(students) Enter
 3 [['Джо', 'Ким'], ['Сэм', 'Сью'], ['Келли', 'Крис']]
 4 >>> print(students[0]) Enter
 5 ['Джо', 'Ким']
 6 >>> print(students[1]) Enter
 7 ['Сэм', 'Сью']
 8 >>> print(students[2]) Enter
 9 ['Келли', 'Крис']
10 >>>
```

Давайте рассмотрим каждую строку подробнее.

- Строка 1 создает список и присваивает его переменной `students`. Список имеет три элемента, и каждый элемент тоже является списком. Элементом `students[0]` является

  `['Джо', 'Ким']`

  Элементом `students[1]` является

  `['Сэм', 'Сью']`

  Элементом `students[2]` является

  `['Келли', 'Крис']`

- Строка 2 распечатывает весь список `students`. Результат функции `print` выводится в строке 3.
- Строка 4 распечатывает элемент `students[0]`. Результат функции `print` выводится в строке 5.
- Строка 6 распечатывает элемент `students[1]`. Результат функции `print` выводится в строке 7.
- Строка 8 распечатывает элемент `students[2]`. Результат функции `print` выводится в строке 9.

Списки списков также называются *вложенными списками*, или *двумерными списками*. Общепринято представлять двумерный список в виде строк и столбцов элементов. Так, на рис. 7.8 показан двумерный список, который был создан в предыдущем интерактивном

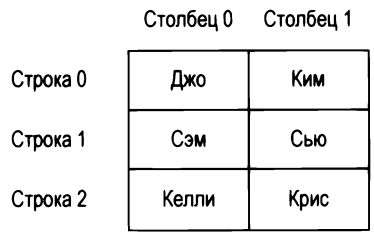


РИС. 7.8. Двумерный список

сеансе, с тремя строками и двумя столбцами. Обратите внимание, что строки нумеруются 0, 1 и 2, а столбцы — 0 и 1. В этом списке в общей сложности шесть элементов.

Двумерные списки полезны для работы с множественными наборами данных. Например, предположим, что вы пишете программу усреднения оценок. У преподавателя учатся три студента, и каждый студент в течение семестра сдает три экзамена. Один подход может состоять в создании трех отдельных списков, по одному для каждого студента. Каждый из этих списков будет иметь три элемента, по одному для каждой экзаменационной оценки. Однако такой подход будет громоздким, потому что вам придется отдельно обрабатывать каждый список. Лучше применить двумерный список с тремя строками (один для каждого студента) и тремя столбцами (один для каждой экзаменационной оценки), как показано на рис. 7.9.

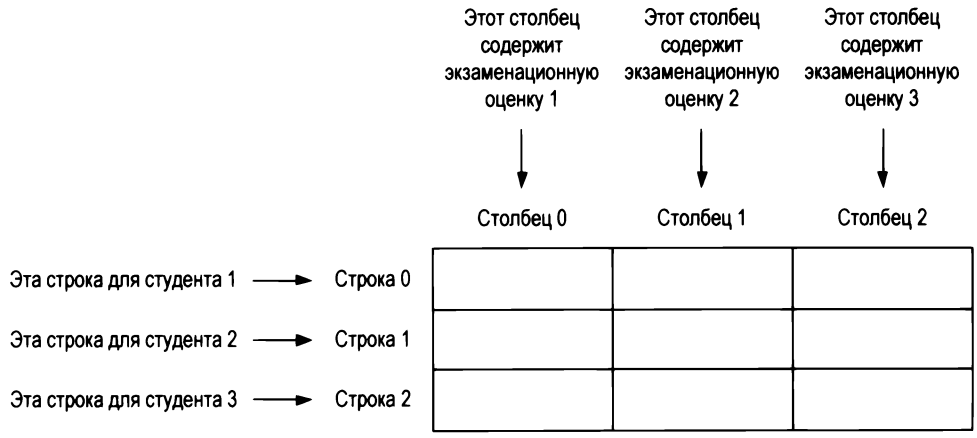


РИС. 7.9. Двумерный список с тремя строками и тремя столбцами

Во время обработки данных в двумерном списке вам нужны два индекса: один для строк и один для столбцов. Например, предположим, что при помощи приведенной ниже инструкции мы создаем двумерный список:

```
scores = [[0, 0, 0],
          [0, 0, 0],
          [0, 0, 0]]
```

Доступ к элементам в строке 0 можно получить следующим образом:

```
scores[0][0]
scores[0][1]
scores[0][2]
```

Доступ к элементам в строке 1 можно получить следующим образом:

```
scores[1][0]
scores[1][1]
scores[1][2]
```

Доступ к элементам в строке 2 можно получить следующим образом:

```
scores[2][0]
scores[2][1]
scores[2][2]
```

На рис. 7.10 представлен двумерный список с индексами, показанными для каждого элемента.

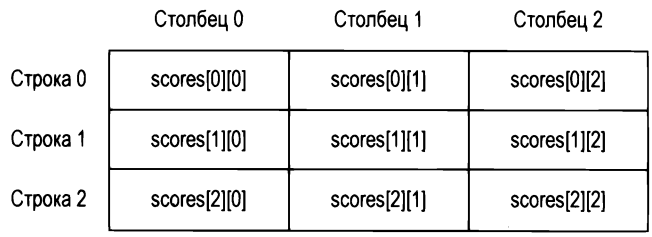


РИС. 7.10. Индексы для каждого элемента списка оценок `scores`

Программы, которые обрабатывают двумерные списки, как правило, делают это при помощи вложенных циклов. Давайте рассмотрим пример. В программе 7.18 используется пара вложенных циклов `for` для вывода на экран содержимого двумерного списка.

Программа 7.18 **(two_dimensional_list.py)**

```
1 # Эта программа демонстрирует двумерный список.
2
3 def main():
4     # Создать двумерный список.
5     values = [[1,   2,   3],
6               [10,  20,  30],
7               [100, 200, 300]]
8
9     # Вывести на экран элементы списка.
10    for row in values:
11        for element in row:
12            print(element)
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 if __name__ == '__main__':
16     main()
```

Вывод программы

```
1
2
3
```

```
10
20
30
100
200
300
```

Помните, что целевая переменная цикла `for` ссылается на копию элемента, а не на сам элемент. Если вы хотите выполнить итерацию по двумерному списку и присвоить значения его элементам, вам потребуется использовать индексы. В программе 7.19 представлен пример, в котором элементам двумерного списка присваиваются случайные числа.

Программа 7.19 (random_numbers.py)

```
 1 # Эта программа присваивает случайные числа
 2 # двумерному списку.
 3 import random
 4
 5 # Константы для строк и столбцов
 6 ROWS = 3
 7 COLS = 4
 8
 9 def main():
10     # Создать двумерный список.
11     values = [[0, 0, 0, 0],
12               [0, 0, 0, 0],
13               [0, 0, 0, 0]]
14
15     # Заполнить список случайными числами.
16     for r in range(ROWS):
17         for c in range(COLS):
18             values[r][c] = random.randint(1, 100)
19
20     # Показать случайные числа.
21     print(values)
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 if __name__ == '__main__':
25     main()
```

Вывод программы

```
[[4, 17, 34, 24], [46, 21, 54, 10], [54, 92, 20, 100]]
```

Рассмотрим программу подробнее.

- Строки 6 и 7 создают глобальные константы для количества строк и столбцов.
- Строки 11–13 создают двумерный список и присваивают его переменной `values`. Этот список можно представить, как таблицу с тремя строками и четырьмя столбцами. Каждому элементу присваивается значение 0.

- Строки 16–18 являются набором вложенных циклов `for`. Внешний цикл делает одну итерацию для каждой строки и присваивает переменной `r` значения от 0 до 2. Внутренний цикл делает одну итерацию для каждого столбца и присваивает переменной `c` значения от 0 до 3. Инструкция в строке 18 исполняется один раз для каждого элемента списка, присваивая ему случайное целое число в диапазоне от 1 до 100.
- Строка 21 показывает содержимое списка.



Контрольная точка

7.22. Взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс, в котором создается двумерный список. Сколько строк и столбцов находится в списке?

```
numbers = [[1, 2], [10, 20], [100, 200], [1000, 2000]]
```

7.23. Напишите инструкцию, которая создает двумерный список с тремя строками и четырьмя столбцами. Каждому элементу нужно присвоить значение 0.

7.24. Напишите набор вложенных циклов, которые выводят на экран содержимое списка чисел, приведенного в задании 7.19.

7.10 Кортежи

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Кортеж — это немутируемая последовательность; под этим подразумевается, что его содержимое невозможно изменить.

Кортеж — это последовательность, которая очень напоминает список. Главная разница между кортежами и списками состоит в том, что кортежи являются немутируемыми последовательностями. Это означает, что после создания кортежа его невозможно изменить. Как показано в приведенном ниже интерактивном сеансе, во время создания кортежа его элементы заключаются в круглые скобки:

```
>>> my_tuple = (1, 2, 3, 4, 5) Enter
>>> print(my_tuple) Enter
(1, 2, 3, 4, 5)
>>>
```

Первая инструкция создает кортеж, содержащий элементы 1, 2, 3, 4 и 5, и присваивает его переменной `my_tuple`. Вторая инструкция отправляет `my_tuple` в качестве аргумента в функцию `print`, которая показывает его элементы. Приведенный ниже сеанс демонстрирует применение цикла `for` для выполнения последовательного перебора элементов кортежа:

```
>>> names = ('Холли', 'Уоррен', 'Эшли') Enter
>>> for n in names: Enter
        print(n) Enter Enter
Холли
Уоррен
Эшли
>>>
```

Подобно спискам кортежи поддерживают индексацию, как показано в приведенном ниже сеансе:

```
>>> names = ('Холли', 'Уоррен', 'Эшли') Enter
>>> for i in range(len(names)): Enter
        print(names[i]) Enter Enter
Холли
Уоррен
Эшли
>>>
```

Кортежи поддерживают те же самые операции, что и списки, за исключением тех, которые изменяют содержимое списка. Вот эти операции:

- доступ к элементу по индексу (только для получения значений элементов);
- методы, в частности `index()`;
- встроенные функции, в частности `len`, `min` и `max`;
- выражения среза;
- оператор `in`;
- операторы `+` и `*`.

Кортежи не поддерживают методы `append()`, `remove()`, `insert()`, `reverse()` и `sort()`.



ПРИМЕЧАНИЕ

Если необходимо создать кортеж всего с одним элементом, то после значения элемента следует написать замыкающую запятую:

```
my_tuple = (1,) # Создает кортеж всего с одним элементом.
```

Если запятая будет пропущена, то кортеж создан не будет. Например, приведенная инструкция просто присваивает переменной `value` целочисленное значение 1:

```
value = (1)     # Создает целочисленное значение.
```

В чем смысл?

Если единственным различием между списками и кортежами является их способность изменять свои значения, т. е. мутируемость, то вы можете задаться вопросом: зачем нужны кортежи? Одной из причин существования кортежей является производительность. Обработка кортежа выполняется быстрее, чем обработка списка, и поэтому кортежи — это удачный вариант, когда обрабатывается большой объем данных и эти данные не будут изменяться. Еще одна причина состоит в том, что кортежи безопасны. Поскольку содержимое кортежа изменять нельзя, в нем можно хранить данные, оставаясь уверенным, что они не будут (случайно или каким-либо иным образом) изменены в программе.

Кроме того, в Python существуют определенные операции, которые требуют применения кортежа. По мере освоения языка Python вы будете чаще сталкиваться с кортежами.

Преобразование между списками и кортежами

Встроенная функция `list()` может применяться для преобразования кортежа в список, а встроенная функция `tuple()` — для преобразования списка в кортеж. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> number_tuple = (1, 2, 3) Enter
2 >>> number_list = list(number_tuple) Enter
3 >>> print(number_list) Enter
4 [1, 2, 3]
5 >>> str_list = ['один', 'два', 'три'] Enter
6 >>> str_tuple = tuple(str_list) Enter
7 >>> print(str_tuple) Enter
8 ('один', 'два', 'три')
9 >>>
```

Вот краткое описание инструкций.

- Строка 1 создает кортеж и присваивает его переменной `number_tuple`.
- Строка 2 передает `number_tuple` в функцию `list()`. Эта функция возвращает список, содержащий те же значения, что и в `number_tuple`, и присваивает его переменной `number_list`.
- Строка 3 передает список `number_list` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 4.
- Строка 5 создает список строковых значений и присваивает его переменной `str_list`.
- Строка 6 передает список `str_list` в функцию `tuple()`. Эта функция возвращает кортеж, содержащий те же значения, что и в `str_list`, и присваивает его переменной `str_tuple`.
- Строка 7 передает кортеж `str_tuple` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 8.



Контрольная точка

7.25. В чем главное различие между списком и кортежем?

7.26. Приведите причины существования кортежей.

7.27. Допустим, что переменная `my_list` ссылается на список. Напишите инструкцию, которая преобразует его в кортеж.

7.28. Допустим, что переменная `my_tuple` ссылается на кортеж. Напишите инструкцию, которая преобразует его в список.



7.11 Построение графиков с данными списков при помощи пакета *matplotlib*

Пакет `matplotlib` — это библиотека, предназначенная для построения двумерных диаграмм и графиков. Она не является частью стандартной библиотеки Python, и поэтому данный пакет необходимо установить отдельно после того, как в операционной системе установлен

Python. Для установки пакета `matplotlib` в системе Windows[1] откройте окно командной оболочки и введите команду:

```
pip install matplotlib
```

В операционной системе Mac OS X или Linux откройте окно терминала и введите приведенную ниже команду:

```
sudo pip3 install matplotlib
```



СОВЕТ

Для получения более подробной информации о пакетах и менеджере пакетов `pip` обратитесь к *приложению 7*.

После ввода этой команды менеджер пакетов `pip` начнет загружать и устанавливать пакет. Когда этот процесс будет завершен, можно проверить правильность установки пакета, запустив среду IDLE и введя команду:

```
>>> import matplotlib
```

Если сообщение об ошибке не появится, можно считать, что пакет был успешно установлен.

Импорт модуля *pyplot*

Пакет `matplotlib` содержит модуль `pyplot`, который необходимо импортировать для создания всех графиков, демонстрируемых в этой главе. Имеется несколько разных вариантов импортирования данного модуля. Возможно, самый простой вариант таков:

```
import matplotlib.pyplot
```

В модуле `pyplot` есть несколько функций, которые вызываются для построения и отображения графиков. Когда используется эта форма инструкции `import`, каждый вызов функции придется снабжать префиксом `matplotlib.pyplot`. Например, есть функция `plot`, которая вызывается для создания линейных графиков, и ее вызывать придется вот так:

```
matplotlib.pyplot.plot(аргументы...)
```

Необходимость набирать `matplotlib.pyplot` перед именем каждой функции может стать утомительной, поэтому для импорта модуля мы будем применять немного другой подход. Мы будем использовать инструкцию `import`, которая создает для модуля `matplotlib.pyplot` *псевдоним*:

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

Эта инструкция импортирует модуль `matplotlib.pyplot` и создает для него псевдоним `plt`, который позволяет использовать префикс `plt` для вызова любой функции в модуле `matplotlib.pyplot`. Например, функцию `plot` можно вызвать вот так:

```
plt.plot(аргументы...)
```

---

[1] Если вы используете, например, среду разработки PyCharm, то быстро подключить любой пакет можно следующим образом: выберите в меню среды разработки команды **File | Settings, Project: (*имя_проекта*) | Project interpreter**. В правой части окна будет выведен список установленных пакетов. Если среди них нет модуля `matplotlib`, нажмите кнопку +, а затем в следующем появившемся окне в строке ввода введите название пакета `matplotlib` и нажмите кнопку **Install Package** внизу окна. Дождитесь окончания процесса установки и вывода сообщения о его успешности. Закройте окно. В предыдущем окне вы увидите название установленного пакета `matplotlib` и, возможно, названия сопутствующих пакетов. Нажмите кнопку **OK**. Пакет установлен. — *Прим. ред.*



СОВЕТ

Для получения дополнительной информации об инструкции `import` обратитесь к *приложению 5*.

Построение линейного графика

Функция `plot` используется для создания линейного графика, который соединяет серию точек данных отрезками прямой. Линейный график имеет горизонтальную ось *x* и вертикальную ось *y*. Каждая точка данных на графике имеет координаты (*X*, *Y*).

Для того чтобы создать линейный график, сначала необходимо создать два списка: один с координатами *X* каждой точки данных, другой с координатами *Y* каждой точки данных. Например, предположим у нас есть пять точек данных, расположенных в приведенных ниже координатах:

```
(0, 0)
(1, 3)
(2, 1)
(3, 5)
(4, 2)
```

Мы создаем два списка, которые будут содержать эти координаты:

```
x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
```

Затем вызываем функцию `plot` для построения графика, передавая списки в качестве аргументов. Вот пример:

```
plt.plot(x_coords, y_coords)
```

Функция `plot` создает линейный график в оперативной памяти, но его на экран не выводит. Для того чтобы показать график, нужно вызвать функцию `show`:

```
plt.show()
```

В программе 7.20 приведен законченный пример. Во время выполнения программы откроется графическое окно, которое показано на рис. 7.11.

Программа 7.20 **(line_graph1.py)**

```
 1 # Эта программа выводит простой линейный график.
 2 import matplotlib.pyplot as plt
 3
 4 def main():
 5     # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
 6     x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
 7     y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
 8
 9     # Построить линейный график.
10     plt.plot(x_coords, y_coords)
11
```

```
    # Показать линейный график.
    plt.show()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

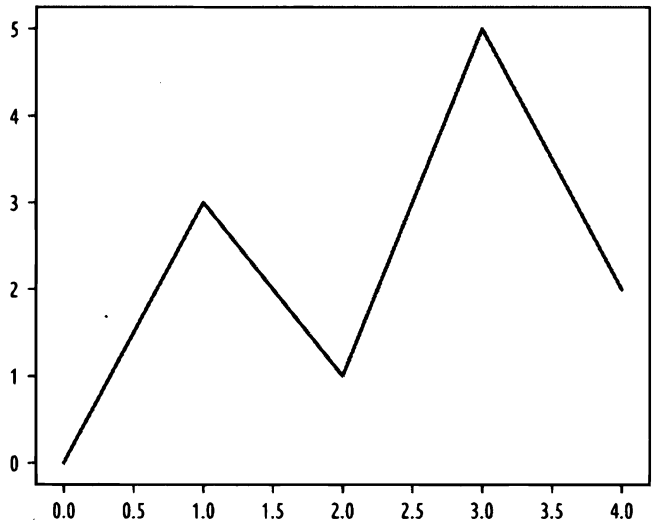


РИС. 7.11. Вывод программы 7.20

Добавление заголовка, меток осей и сетки

При помощи функции `title` можно добавлять в график заголовок. Эта функция просто вызывается со строковым литералом, который требуется отобразить в качестве заголовка. Заголовок будет выведен чуть выше графика. Кроме того, при помощи функций `ylabel` и `xlabel` можно добавить описательные метки на оси *x* и *y*. Эти функции вызываются со строковым литералом, который требуется отобразить вдоль осей. В график можно добавить сетку, вызвав для этого функцию `grid` и передав `True` в качестве аргумента. В программе 7.21 приведен пример, график представлен на рис. 7.12.

Программа 7.21 **(line_graph2.py)**

```
# Эта программа выводит простой линейный график.
import matplotlib.pyplot as plt

def main():
    # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
    x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
    y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]

    # Построить линейный график.
    plt.plot(x_coords, y_coords)

```

```
    # Добавить заголовок.
    plt.title('Образец данных')

    # Добавить на оси описательные метки.
    plt.xlabel('Это ось x')
    plt.ylabel('Это ось y')

    # Добавить сетку.
    plt.grid(True)

    # Показать линейный график.
    plt.show()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

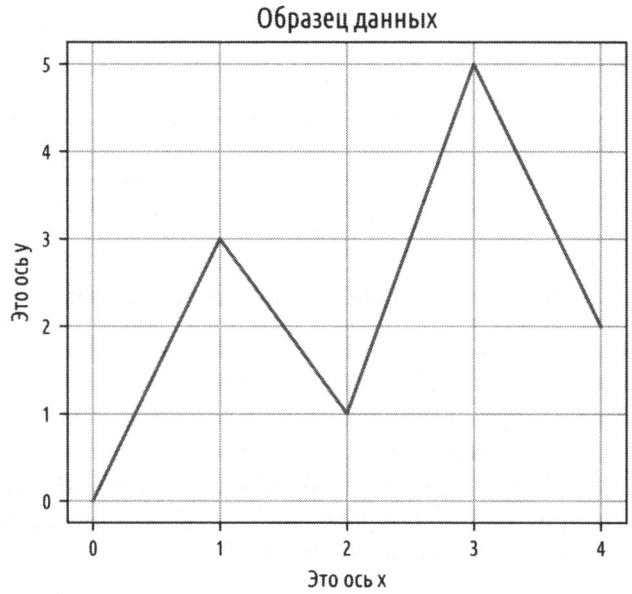


РИС. 7.12. Вывод программы 7.21

Индивидуализация настроек осей *x* и *y*

По умолчанию ось *x* начинается в самой нижней координате *X* в вашем наборе точек данных и заканчивается в самой верхней координате *X* набора точек данных. Например, обратите внимание, что в программе 7.21 самая нижняя координата *X* равняется 0, а самая верхняя координата *X* равняется 4. Теперь взгляните на вывод программы на рис. 7.12 и обратите внимание, что ось *x* начинается в 0 и заканчивается в 4.

Ось *y* по умолчанию сконфигурирована таким же образом. Она начинается в самой нижней координате *Y* в вашем наборе точек данных и заканчивается в самой верхней координате *Y*

набора точек данных. Еще раз взгляните на программу 7.21 и обратите внимание, что самая нижняя координата *Y* равняется 0, а самая верхняя координата *Y* равняется 5. В выводе программы ось *y* начинается в 0 и заканчивается в 5.

Нижние и верхние границы осей *x* и *y* можно изменить, вызвав функции `ylim` и `xlim`. Вот пример вызова функции `xlim` с использованием именованных аргументов для установки нижней и верхней границ оси *x*:

```
plt.xlim(xmin=1, xmax=100)
```

Эта инструкция конфигурирует ось *x* так, чтобы она начиналась в значении 1 и заканчивалась в значении 100. Вот пример вызова функции `ylim` с использованием именованных аргументов для установки нижней и верхней границ оси *y*:

```
plt.ylim(ymin=10, ymax=50)
```

Эта инструкция конфигурирует ось *y* так, чтобы она начиналась в значении 10 и заканчивалась в значении 50. В программе 7.22 представлен законченный пример. В строке 20 ось *x* сконфигурирована так, чтобы она начиналась в –1 и заканчивалась в 10. В строке 21 ось *y* сконфигурирована так, чтобы она начиналась в –1 и заканчивалась в 6. Вывод программы показан на рис. 7.13.

Программа 7.22 (line_graph3.py)

```
1 # Эта программа выводит простой линейный график.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5     # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
6     x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
7     y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
8
9     # Построить линейный график.
10    plt.plot(x_coords, y_coords)
11
12    # Добавить заголовок.
13    plt.title('Образец данных')
14
15    # Добавить на оси описательные метки.
16    plt.xlabel('Это ось x')
17    plt.ylabel('Это ось y')
18
19    # Задать границы осей.
20    plt.xlim(xmin=-1, xmax=10)
21    plt.ylim(ymin=-1, ymax=6)
22
23    # Добавить сетку.
24    plt.grid(True)
25
26    # Показать линейный график.
27    plt.show()
28
```

```
29 # Вызвать главную функцию.
30 if __name__ == '__main__':
31     main()
```

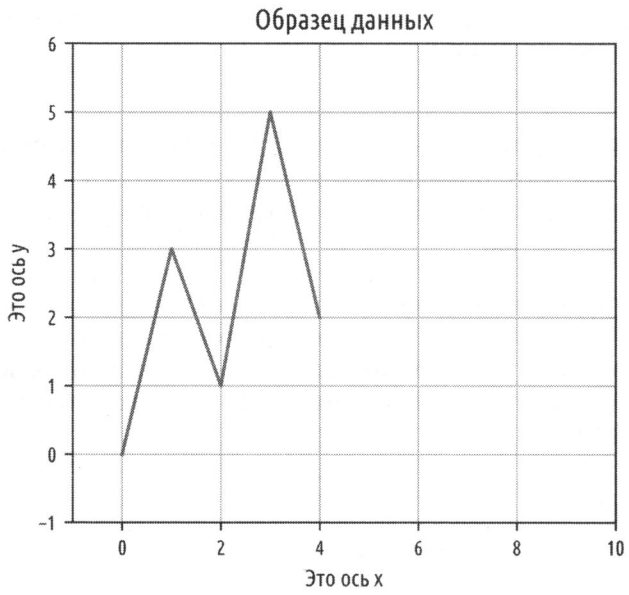


РИС. 7.13. Вывод программы 7.22

Каждую подпись метки деления можно индивидуально настроить при помощи функций `yticks` и `xticks`. Эти функции в качестве аргументов принимают два списка. Первый аргумент — это список позиций меток, а второй аргумент — список подписей для вывода в указанных позициях. Вот пример с использованием функции `xticks`:

```
plt.xticks([0, 1, 2], ['Бейсбол', 'Баскетбол', 'Футбол'])
```

В этом примере подпись `'Бейсбол'` будет выведена в метке деления 0, `'Баскетбол'` — в метке 1 и `'Футбол'` — в метке 2. Вот пример с использованием функции `yticks`:

```
plt.yticks([0, 1, 2, 3], ['Ноль', 'Четверть', 'Половина', 'Три четверти'])
```

В этом примере подпись `'Ноль'` будет выведена в метке деления 0, `'Четверть'` — в метке 1, `'Половина'` — в метке 2 и `'Три четверти'` — в метке 3.

В программе 7.23 приведен законченный пример. В выводе программы подписи меток делений на оси *x* показывают годы, а подписи меток на оси *y* — объем продаж в миллионах долларов. Инструкция в строках 20 и 21 программы вызывает функцию `xticks` для настройки оси *x* следующим образом:

- подпись `'2016'` будет выведена в метке 0;
- подпись `'2017'` будет выведена в метке 1;
- подпись `'2018'` будет выведена в метке 2;
- подпись `'2019'` будет выведена в метке 3;
- подпись `'2020'` будет выведена в метке 4.

Затем инструкция в строках 22 и 23 вызывает функцию `yticks` для настройки оси *y* следующим образом:

- `'$0m'` будет выведена в метке 0;
- `'$1m'` будет выведена в метке 1;
- `'$2m'` будет выведена в метке 2;
- `'$3m'` будет выведена в метке 3;
- `'$4m'` будет выведена в метке 4;
- `'$5m'` будет выведена в метке 5.

Вывод программы показан на рис. 7.14.

Программа 7.23 (line_graph4.py)

```
1 # Эта программа выводит простой линейный график.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5     # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
6     x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
7     y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
8
9     # Построить линейный график.
10    plt.plot(x_coords, y_coords)
11
12    # Добавить заголовок.
13    plt.title('Продажи с разбивкой по годам')
14
15    # Добавить на оси описательные метки.
16    plt.xlabel('Год')
17    plt.ylabel('Объем продаж')
18
19    # Настроить метки делений.
20    plt.xticks([0, 1, 2, 3, 4],
21               ['2016', '2017', '2018', '2019', '2020'])
22    plt.yticks([0, 1, 2, 3, 4, 5],
23               ['$0m', '$1m', '$2m', '$3m', '$4m', '$5m'])
24
25    # Добавить сетку.
26    plt.grid(True)
27
28    # Показать линейный график.
29    plt.show()
30
31 # Вызвать главную функцию.
32 if __name__ == '__main__':
33    main()
```

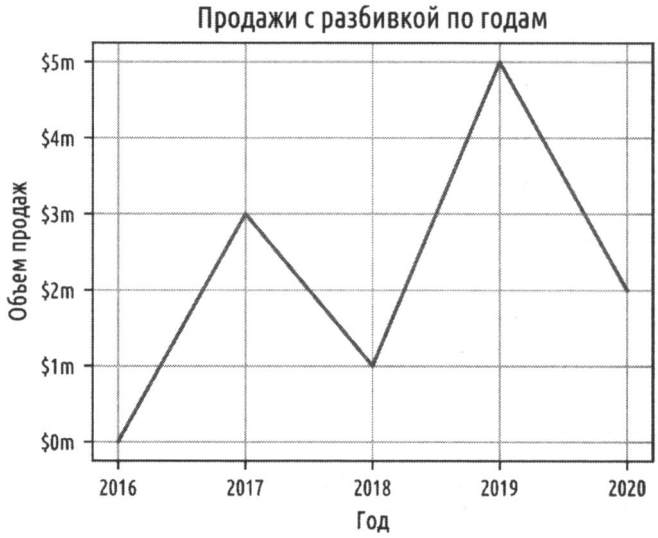


РИС. 7.14. Вывод программы 7.23

Вывод маркеров в точках данных

В каждой точке данных на линейной диаграмме можно вывести круглую метку в качестве маркера, применяя функцию `plot` вместе с именованным аргументом `marker='o'`. В программе 7.24 приведен пример. Вывод программы показан на рис. 7.15.

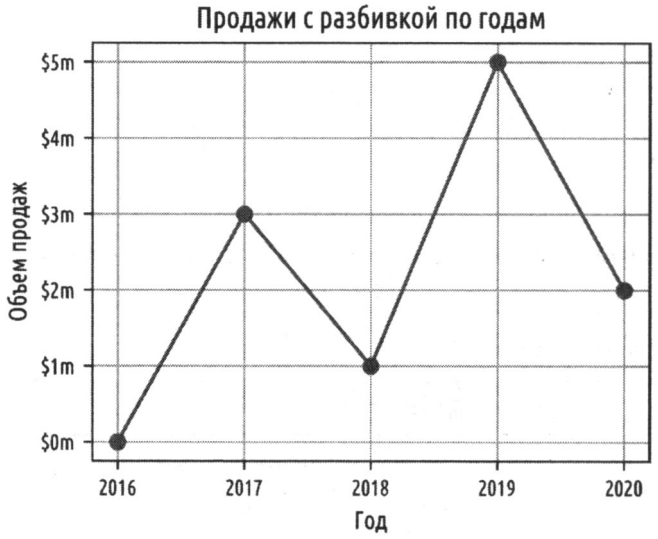


РИС. 7.15. Вывод программы 7.24

Программа 7.24 **(line_graph5.py)**

```
1 # Эта программа выводит простой линейный график.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
```

```
def main():
    # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
    x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
    y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]

    # Построить линейный график.
    plt.plot(x_coords, y_coords, marker='o')

    # Добавить заголовок.
    plt.title('Продажи с разбивкой по годам')

    # Добавить на оси описательные метки.
    plt.xlabel('Год')
    plt.ylabel('Объем продаж')

    # Настроить метки делений.
    plt.xticks([0, 1, 2, 3, 4],
               ['2016', '2017', '2018', '2019', '2020'])
    plt.yticks([0, 1, 2, 3, 4, 5],
               ['$0m', '$1m', '$2m', '$3m', '$4m', '$5m'])

    # Добавить сетку.
    plt.grid(True)

    # Показать линейный график.
    plt.show()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Помимо круглых меток можно выводить другие типы маркерных символов. В табл. 7.2 перечислены несколько общепринятых аргументов `marker=`.

Таблица 7.2. Некоторые символы маркеров

marker=Аргумент	**Результат**
marker5='o'	Показывает круглые точки
marker5='s'	Показывает квадраты
marker5='*'	Показывает звездочки
marker5='D'	Показывает ромбы
marker5='^'	Показывает восходящие треугольники
marker5='v'	Показывает нисходящие треугольники
marker5='>'	Показывает левые треугольники
marker5='<'	Показывает правые треугольники



ПРИМЕЧАНИЕ

Если передать символ маркера в качестве позиционного аргумента (вместо передачи в качестве именованного аргумента), то функция `plot` начертит маркеры в точках данных, но не соединит их с отрезками линии. Вот пример:

```
plt.plot(x_coords, y_coords, 'o')
```

Построение гистограммы

Функция `bar` в модуле `matplotlib.pyplot` применяется для создания гистограммы (столбчатой диаграммы). Гистограмма имеет горизонтальную ось *x*, вертикальную ось *y* и серию прямоугольных столбиков, которые, как правило, исходят из оси *x*. Каждый прямоугольный столбик представляет значение, а высота столбика пропорциональна этому значению.

Для того чтобы создать гистограмму, сначала создаются два списка: один содержит координаты *X* левого края каждого прямоугольного столбика, а другой — высоту каждого столбика вдоль оси *y*. Программа 7.25 это демонстрирует. В строке 6 создается список `left_edges`, который содержит координаты *X* левого края каждого столбика. В строке 9 создается список `heights`, который содержит высоту каждого столбика. Глядя на оба этих списка, можно определить следующее:

- левый край первого столбика находится в 0 на оси *x*, и его высота равняется 100 вдоль оси *y*;
- левый край второго столбика находится в 10 на оси *x*, и его высота равняется 200 вдоль оси *y*;
- левый край третьего столбика находится в 20 на оси *x*, и его высота равняется 300 вдоль оси *y*;
- левый край четвертого столбика находится в 30 на оси *x*, и его высота равняется 400 вдоль оси *y*;
- левый край пятого столбика находится в 40 на оси *x*, и его высота равняется вдоль оси *y*.

Вывод программы показан на рис. 7.16.

Программа 7.25 **(bar_chart1.py)**

```
1 # Эта программа выводит простую гистограмму.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5     # Создать список с координатами X левого края каждого столбика
6     left_edges = [0, 10, 20, 30, 40]
7
8     # Создать список с высотами каждого столбика.
9     heights = [100, 200, 300, 400, 500]
10
11    # Построить гистограмму.
12    plt.bar(left_edges, heights)
13
14    # Показать гистограмму.
15    plt.show()
16
```

```
17 # Вызвать главную функцию.
18 if __name__ == '__main__':
19     main()
```

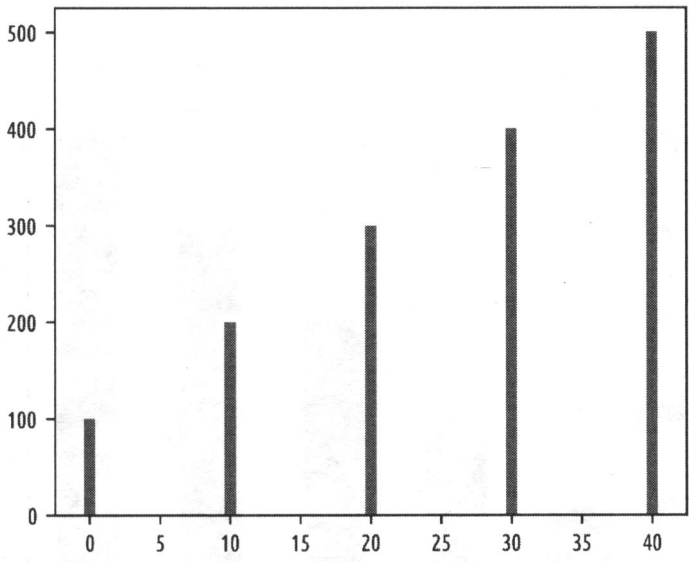


РИС. 7.16. Вывод программы 7.25

Индивидуальная настройка ширины столбика

По умолчанию ширина каждого столбика на гистограмме равняется 0.8 вдоль оси *x*. Эту ширину можно изменить, передав в функцию `bar` третий аргумент. Программа 7.26 демонстрирует такой вариант, устанавливая ширину столбика равной 5. Вывод программы показан на рис. 7.17.

Программа 7.26 (bar_chart2.py)

```
 1 # Эта программа выводит простую гистограмму.
 2 import matplotlib.pyplot as plt
 3
 4 def main():
 5     # Создать список с координатами X левого края каждого столбика.
 6     left_edges = [0, 10, 20, 30, 40]
 7
 8     # Создать список с высотами каждого столбика.
 9     heights = [100, 200, 300, 400, 500]
10
11     # Создать переменную для ширины столбика.
12     bar_width = 5
13
14     # Построить гистограмму.
15     plt.bar(left_edges, heights, bar_width)
16
```

```
    # Показать гистограмму.
    plt.show()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

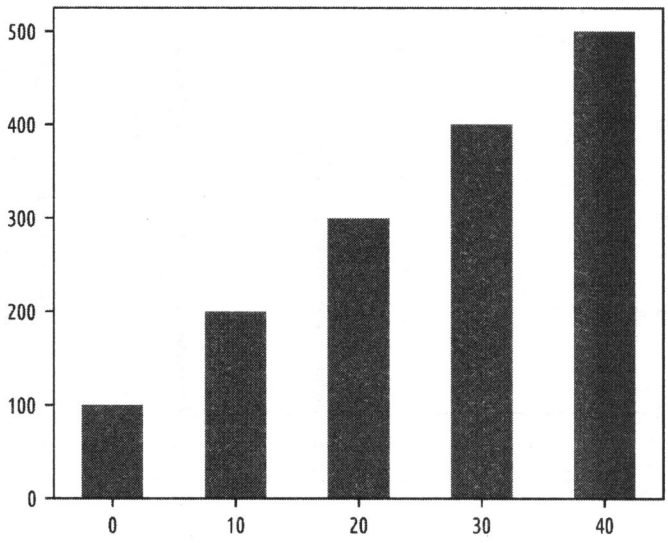


РИС. 7.17. Вывод программы 7.26

Изменение цвета столбиков

Функция `bar` имеет параметр `color`, который можно использовать для изменения цвета столбиков на гистограмме. Аргумент, который передается в этот параметр, является кортежем, содержащим серию цветовых кодов. В табл. 7.3 перечислены основные цветовые коды.

Таблица 7.3. Цветовые коды

Цветовой код	Соответствующий цвет	Цветовой код	Соответствующий цвет
'b'	Синий	'm'	Сиреневый
'g'	Зеленый	'y'	Желтый
'r'	Красный	'k'	Черный
'c'	Голубой	'w'	Белый

Приведенная ниже инструкция демонстрирует, как передавать кортеж цветовых кодов в качестве именованного аргумента:

```
plt.bar(left_edges, heights, color=('r', 'g', 'b', 'm', 'k'))
```

После исполнения этой инструкции цвета столбиков на получившейся гистограмме будут следующими:

- первый столбик будет красным;
- второй — зеленым;
- третий — синим;
- четвертый — сиреневым;
- пятый — черным.

Добавление заголовка, меток осей и индивидуальная настройка подписей меток делений

Для того чтобы добавить заголовок и метки осей в гистограмму, а также чтобы индивидуально настроить оси *x* и *y*, можно применить те же самые функции, которые были описаны в разделе, посвященном линейным графикам. Например, взгляните на программу 7.27. Строка 18 вызывает функцию `title` для добавления в диаграмму заголовка, строки 21 и 22 вызывают функции `xlabel` и `ylabel` для добавления меток на оси *x* и *y*. Строки 25 и 26 вызывают функцию `xticks` для отображения индивидуальных подписей меток делений вдоль оси *x*, строки 27 и 28 вызывают функцию `yticks` для отображения индивидуальных подписей меток вдоль оси *y*. Вывод программы показан на рис. 7.18.

Программа 7.27 (bar_chart3.py)

```
1 # Эта программа выводит гистограмму объема продаж.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5     # Создать список с координатами X левого края каждого столбика.
6     left_edges = [0, 10, 20, 30, 40]
7
8     # Создать список с высотами каждого столбика.
9     heights = [100, 200, 300, 400, 500]
10
11    # Создать переменную для ширины столбика.
12    bar_width = 10
13
14    # Построить гистограмму.
15    plt.bar(left_edges, heights, bar_width, color=('r', 'g', 'b', 'm', 'k'))
16
17    # Добавить заголовок.
18    plt.title('Продажи с разбивкой по годам')
19
20    # Добавить на оси описательные метки.
21    plt.xlabel('Год')
22    plt.ylabel('Объем продаж')
23
24    # Настроить метки делений.
25    plt.xticks([5, 15, 25, 35, 45],
26               ['2016', '2017', '2018', '2019', '2020'])
```

```
27     plt.yticks([0, 100, 200, 300, 400, 500],
28                ['$0m', '$1m', '$2m', '$3m', '$4m', '$5m'])
29
30     # Показать гистограмму.
31     plt.show()
32
33 # Вызвать главную функцию.
34 if __name__ == '__main__':
35     main()
```

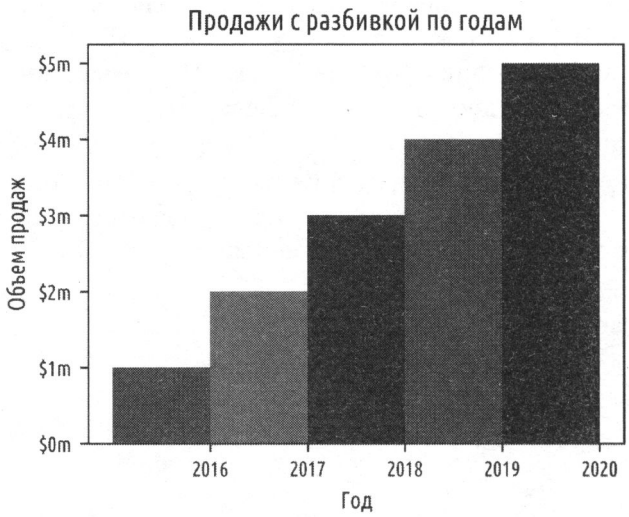


РИС. 7.18. Вывод программы 7.27

Построение круговой диаграммы

Круговая диаграмма показывает круг, поделенный на доли. Круг представляет целое, а секторы — процентное содержание целого. Для создания круговой диаграммы используется функция `pie` из модуля `matplotlib.pyplot`.

Когда вызывается функция `pie`, ей в качестве аргумента передается список значений. Функция `pie` вычисляет сумму значений в списке и затем использует эту сумму в качестве значения целого. Затем каждый элемент в списке станет сектором (долей) в круговой диаграмме. Размер сектора представляет значение этого элемента как процентное содержание целого.

В программе 7.28 приведен соответствующий пример. Строка 6 создает список, содержащий значения 20, 60, 80 и 40. Затем строка 9 передает этот список в качестве аргумента в функцию `pie`. Относительно результирующей круговой диаграммы можно сделать следующие наблюдения:

- сумма элементов списка равняется 200, поэтому целое значение круговой диаграммы будет равняться 200;
- в списке имеется четыре элемента, поэтому круговая диаграмма будет разделена на четыре доли;
- первая доля представляет значение 20, поэтому ее размер составит 10% целого;

- вторая доля представляет значение 60, поэтому ее размер составит 30% целого;
- третья доля представляет значение 80, поэтому ее размер составит 40% целого;
- четвертая доля представляет значение 40, поэтому ее размер составит 20% целого.

Вывод программы показан на рис. 7.19.

Программа 7.28 (pie_chart1.py)

```
1 # Эта программа выводит простую круговую диаграмму.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5     # Создать список значений
6     values = [20, 60, 80, 40]
7
8     # Создать из этих значений круговую диаграмму.
9     plt.pie(values)
10
11    # Показать круговую диаграмму.
12    plt.show()
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 if __name__ == '__main__':
16    main()
```

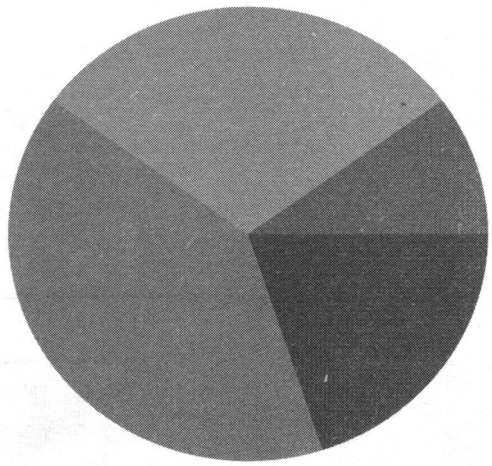


РИС. 7.19. Вывод программы 7.28

Вывод меток долей и заголовка диаграммы

Функция `pie` имеет параметр `labels`, который можно использовать для отображения меток долей на круговой диаграмме. Аргумент, который передается в этот параметр, является списком, содержащим нужные метки в качестве строковых литеров. В программе 7.29 приведен пример. Строка 9 создает список с именем `slice_labels`. Затем в строке 12 в функцию `pie` передается именованный аргумент `labels=slice_labels`. В результате строка `'I квартал'`

будет выведена в виде метки первой доли, строка `'II квартал'` — в виде метки второй доли и т. д. Строка 15 применяет функцию `title` для отображения заголовка `'Продажи с разбивкой по кварталам'`. Вывод программы показан на рис. 7.20.

Программа 7.29 (pie_chart2.py)

```
 1 # Эта программа выводит простую круговую диаграмму.
 2 import matplotlib.pyplot as plt
 3
 4 def main():
 5     # Создать список объемов продаж.
 6     sales = [100, 400, 300, 600]
 7
 8     # Создать список меток долей.
 9     slice_labels = ['I квартал', 'II квартал', 'III квартал', 'IV квартал']
10
11     # Создать из этих значений круговую диаграмму.
12     plt.pie(sales, labels=slice_labels)
13
14     # Добавить заголовок.
15     plt.title('Продажи с разбивкой по кварталам')
16
17     # Показать круговую диаграмму.
18     plt.show()
19
20 # Вызвать главную функцию.
21 if __name__ == '__main__':
22     main()
```



РИС. 7.20. Вывод программы 7.29

Изменение цвета долей

Функция `pie` автоматически меняет цвет долей в следующем порядке: синий, зеленый, красный, голубой, сиреневый, желтый, черный и белый. Однако имеется возможность определить другой набор цветов, передав в параметр `colors` функции `pie` кортеж цветовых кодов в качестве аргумента. Цветовые коды основных цветов были перечислены в табл. 7.3. Приведенная ниже инструкция демонстрирует пример передачи кортежа цветовых кодов в качестве именованного аргумента:

```
plt.pie(values, colors=('r', 'g', 'b', 'm', 'k'))
```

Когда эта инструкция исполнится, цвета долей в получившейся круговой диаграмме будут красным, зеленым, синим, сиреневым и черным.



Контрольная точка

7.29. Какие два аргумента следует передать, чтобы создать график при помощи функции `plot`?

7.30. Какой вид графика строит функция `plot`?

7.31. Какие функции применяются для добавления в график меток на оси *x* и *y*?

7.32. Как изменить в графике нижние и верхние границы осей *x* и *y*?

7.33. Как выполнить в графике индивидуальную настройку меток делений вдоль осей *x* и *y*?

7.34. Какие два аргумента следует передать, чтобы создать при помощи функции `bar` гистограмму?

7.35. Допустим, что приведенная ниже инструкция вызывает функцию `bar` для построения гистограммы с четырьмя столбиками. Какого цвета будут столбики?

```
plt.bar(left_edges, heights, color=('r', 'b', 'r', 'b'))
```

7.36. Какой аргумент следует передать, чтобы при помощи функции `pie` создать круговую диаграмму?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Этот термин относится к отдельному значению в списке.
   а) элемент;
   б) ячейка;
   в) гнездо;
   г) слот.
2. Это число идентифицирует значение в списке.
   а) элемент;
   б) индекс;
   в) закладка;
   г) идентификатор.

3. Это первый индекс в списке.
   а) –1;
   б) 1;
   в) 0;
   г) размер списка минус один.
4. Это последний индекс в списке.
   а) 1;
   б) 99;
   в) 0;
   г) размер списка минус один.
5. Если попытаться использовать индекс, который находится за пределами диапазона списка, то _____.
   а) произойдет исключение `ValueError`;
   б) произойдет исключение `IndexError`;
   в) список будет стерт, и программа продолжит работу;
   г) ничего не произойдет — недопустимый индекс будет проигнорирован.
6. Эта функция возвращает длину списка.
   а) `length`;
   б) `size`;
   в) `len`;
   г) `lengthof`.
7. Когда левый операнд оператора `*` является списком, а его правый операнд — целым числом, оператор становится _____.
   а) оператором умножения;
   б) оператором повторения;
   в) оператором инициализации;
   г) ничем — этот оператор не поддерживает такие типы операндов.
8. Списковый метод _____ добавляет значение в конец существующего списка.
   а) `add()`;
   б) `add_to()`;
   в) `increase()`;
   г) `append()`.
9. В результате применения _____ значение в заданной индексной позиции в списке удаляется.
   а) метода `remove()`;
   б) метода `delete()`;
   в) инструкции `del`;
   г) метода `kill()`.

10. Допустим, что в программе появляется приведенная ниже инструкция:

```
mylist = []
```

Какую инструкцию следует применить для добавления строкового значения `'лабрадор'` в этот список в индексную позицию, равную 0?

а) `mylist[0] = 'лабрадор';`

б) `mylist.insert(0, 'лабрадор');`

в) `mylist.append ('лабрадор');`

г) `mylist.insert ('лабрадор', 0);`

11. Если метод `index()` вызывается для определения местоположения значения в списке, и при этом значение не найдено, то _____.

а) вызывается исключение `ValueError`;

б) вызывается исключение `InvalidIndex`;

в) метод возвращает –1;

г) ничего не происходит; программа продолжает выполняться, начиная со следующей инструкции.

12. Встроенная функция _____ возвращает самое большое значение в списке.

а) `highest`;

б) `max`;

в) `greatest`;

г) `best_of`.

13. Эта функция в модуле `random` возвращает случайный элемент из списка.

а) `choice`;

б) `choices`;

в) `sample`;

г) `random_element`.

14. Эта функция в модуле `random` возвращает несколько неупорядоченных случайных элементов.

а) `choice`;

б) `choices`;

в) `sample`;

г) `random_element`.

15. Метод файлового объекта _____ возвращает список с содержимым файла.

а) `to_list()`;

б) `getlist()`;

в) `readline()`;

г) `readlines()`.

16. Какая из приведенных ниже инструкций создает кортеж?

    а) `values = [1, 2, 3, 4];`

    б) `values = {1, 2, 3, 4};`

    в) `values = (1);`

    г) `values = (1,).`

Истина или ложь

1. Списки в Python — это мутируемые последовательности.
2. Кортежи в Python — это немутируемые последовательности.
3. Инструкция `del` удаляет элемент в заданной индексной позиции в списке.
4. Допустим, что переменная `list1` ссылается на список. После исполнения приведенной ниже инструкции `list1` и `list2` будут ссылаться на два идентичных, но отдельных списка, в оперативной памяти:

```
list2 = list1
```

5. Метод `writelines()` файлового объекта автоматически дописывает символ новой строки (`'\n'`) после записи в файл каждого значения в списке.
6. Оператор + можно использовать для конкатенации двух списков.
7. Список может быть элементом в другом списке.
8. Элемент можно удалить из кортежа путем вызова метода кортежа `remove()`.

Короткий ответ

1. Взгляните на приведенную ниже инструкцию:

```
numbers = [10, 20, 30, 40, 50]
```

    а) Сколько в списке элементов?

    б) Какой индекс первого элемента в списке?

    в) Какой индекс последнего элемента в списке?

2. Взгляните на приведенную ниже инструкцию:

```
numbers = [1, 2, 3]
```

    а) Какое значение хранится в `numbers[2]`?

    б) Какое значение хранится в `numbers[0]`?

    в) Какое значение хранится в `numbers[-1]`?

3. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
values = [2, 4, 6, 8, 10]
print(values[1:3])
```

4. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
print(numbers[5:])
```

5. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
print(numbers[-4:])
```

6. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
values = [2] * 5
print(values)
```

Алгоритмический тренажер

1. Напишите инструкцию, которая создает список с приведенными далее строковыми значениями: `'Эйнштейн'`, `'Ньютон'`, `'Коперник'` и `'Кеплер'`.
2. Допустим, что переменная `names` ссылается на список. Напишите цикл `for`, который выводит каждый элемент списка.
3. Допустим, что список `numbers1` имеет 100 элементов, а `numbers2` является пустым списком. Напишите код, который копирует значения из списка `numbers1` в список `numbers2`.
4. Составьте блок-схему, которая демонстрирует общую логику суммирования значений в списке.
5. Напишите функцию, которая принимает список в качестве аргумента (допустим, что список содержит целые числа) и возвращает сумму значений в списке.
6. Допустим, что переменная `names` ссылается на список строковых значений. Напишите программный код, который определяет, находится ли имя `'Руби'` в списке `names`. Если это так, то выведите сообщение `'Привет, Руби!'`. В противном случае выведите сообщение `'Руби отсутствует'`.
7. Что напечатает приведенный ниже фрагмент кода?

```
list1 = [40, 50, 60]
list2 = [10, 20, 30]
list3 = list1 + list2
print(list3)
```

8. Предположим, что `list1` — это список целых чисел. Напишите инструкцию, которая использует включение в список для создания второго списка, содержащего квадраты элементов из списка `list1`.
9. Предположим, что `list1` — это список целых чисел. Напишите инструкцию, которая использует включение в список для создания второго списка, содержащего элементы из списка `list1`, значения которых больше 100.
10. Предположим, что `list1` — это список целых чисел. Напишите инструкцию, которая использует включение в список для создания второго списка, содержащего элементы из списка `list1`, являющиеся четными числами.
11. Напишите инструкцию, которая создает двумерный список с 5 строками и 3 столбцами. Затем напишите вложенные циклы, которые получают от пользователя целочисленное значение для каждого элемента в списке.

Упражнения по программированию

1. **Общий объем продаж.** Разработайте программу, которая просит пользователя ввести продажи магазина за каждый день недели. Суммы должны быть сохранены в списке. Примените цикл, чтобы вычислить общий объем продаж за неделю и показать результат.

2. **Генератор лотерейных чисел.** Разработайте программу, которая генерирует семизначную комбинацию лотерейных чисел. Программа должна сгенерировать семь случайных чисел, каждое в диапазоне от 0 до 9, и присвоить каждое число элементу списка. (Случайные числа рассматривались в *главе 5*.) Затем напишите еще один цикл, который показывает содержимое списка.



Видеозапись "Задача о генераторе комбинации лотерейных чисел" (Lottery Number Generator Problem)

3. **Статистика дождевых осадков.** Разработайте программу, которая позволяет пользователю занести в список общее количество дождевых осадков за каждый из 12 месяцев. Программа должна вычислить и показать суммарное количество дождевых осадков за год, среднее ежемесячное количество дождевых осадков и месяцы с самым высоким и самым низким количеством дождевых осадков.

4. **Программа анализа чисел.** Разработайте программу, которая просит пользователя ввести ряд из 20 чисел. Программа должна сохранить числа в списке и затем показать приведенные ниже данные:

   - наименьшее число в списке;
   - наибольшее число в списке;
   - сумму чисел в списке;
   - среднее арифметическое значение чисел в списке.

5. **Проверка допустимости номера расходного счета.** Среди исходного кода *главы 7* вы найдете файл charge_accounts.txt. В нем содержится список допустимых номеров расходных счетов компании. Каждый номер счета представляет собой семизначное число, в частности `5658845`.

   Напишите программу, которая считывает содержимое файла в список. Затем она должна попросить пользователя ввести номер расходного счета. Программа должна определить, что номер является допустимым, путем его поиска в списке. Если число в списке имеется, то программа должна вывести сообщение, указывающее на то, что номер допустимый. Если числа в списке нет, то программа должна вывести сообщение, указывающее на то, что номер недопустимый.

6. **Больше числа *n*.** В программе напишите функцию, которая принимает два аргумента: список и число *n*. Допустим, что список содержит числа. Функция должна показать все числа в списке, которые больше *n*.

7. **Экзамен на получение водительских прав.** Местный отдел по выдаче удостоверений на право вождения автомобиля попросил вас создать приложение, которое оценивает письменную часть экзамена на получение водительских прав. Экзамен состоит из 20 вопросов с множественным выбором. Вот правильные ответы:

1. A	6. B	11. A	16. C
2. C	7. C	12. D	17. B
3. A	8. A	13. C	18. B
4. A	9. C	14. A	19. D
5. D	10. B	15. D	20. A

Ваша программа должна сохранить эти правильные ответы в списке. Программа должна прочитать из текстового файла ответы испытуемого на каждый из 20 вопросов и сохранить эти ответы в еще одном списке. (Создайте собственный текстовый файл для тестирования приложения или же воспользуйтесь файлом student_solution.txt, который можно найти в исходном коде *главы 7*.) После того как ответы испытуемого будут считаны из файла, программа должна вывести сообщение о том, сдал испытуемый экзамен или нет. (Для сдачи экзамена испытуемый должен правильно ответить на 15 из 20 вопросов.) Затем программа должна вывести общее количество вопросов, ответы на которые были правильными, общее количество вопросов, ответы на которые были неправильными, и список с номерами вопросов, ответы на которые были неправильными.

8. **Поиск имени.** Среди исходного кода *главы 7* вы найдете приведенные ниже файлы:

   - GirlNames.txt — файл со списком 200 самых популярных имен, данных девочкам, родившимся в США между 2000 и 2009 годами;
   - BoyNames.txt — файл со списком 200 самых популярных имен, данных мальчикам, родившимся в США между 2000 и 2009 годами.

   Напишите программу, которая считывает содержимое этих двух файлов в два отдельных списка. Пользователь должен иметь возможность ввести имя мальчика, имя девочки или оба имени, и приложение должно вывести сообщения о том, что введенные имена находятся среди самых популярных имен.

9. **Данные о населении.** Среди исходного кода *главы 7* вы найдете файл USPopulation.txt. В нем хранятся данные о среднегодовой численности населения США в тысячах с 1950 по 1990 год. Первая строка в файле содержит численность населения в 1950 году, вторая строка — численность населения в 1951 году и т. д.

   Напишите программу, которая считывает содержимое файла в список. Программа должна показать приведенные ниже данные:

   - среднегодовое изменение численности населения в течение указанного периода времени;
   - год с наибольшим увеличением численности населения в течение указанного периода времени;
   - год с наименьшим увеличением численности населения в течение указанного периода времени.

10. **Чемпионы Мировой серии.** Среди исходного кода *главы 7* вы найдете файл WorldSeriesWinners.txt. Он содержит хронологический список команд-победителей Мировой серии по бейсболу с 1903 по 2009 год. (Первая строка в файле является названием команды, которая победила в 1903 году, а последняя строка — названием команды, которая победила в 2009 году. Обратите внимание, что Мировая серия не проводилась в 1904 и 1994 годах.)

Напишите программу, которая позволяет пользователю ввести название команды и затем выводит количество лет, когда команда побеждала в Мировой серии в течение указанного периода времени с 1903 по 2009 год.



СОВЕТ

Прочитайте содержимое файла WorldSeriesWinners.txt в список. Когда пользователь вводит название команды, программа должна выполнить обход списка, подсчитывая количество раз, когда первой становилась отобранная команда.

11. **Магический квадрат Ло Шу**. Магический квадрат Ло Шу представляет собой таблицу с 3 строками и 3 столбцами (рис. 7.21). Магический квадрат Ло Шу имеет свойства:
    - таблица содержит числа строго от 1 до 9;
    - сумма каждой строки, каждого столбца и каждой диагонали в итоге составляет одно и то же число (рис. 7.22).

    Магический квадрат можно сымитировать в программе при помощи двумерного списка. Напишите функцию, которая принимает двумерный список в качестве аргумента и определяет, является ли список магическим квадратом Ло Шу. Протестируйте функцию в программе.

4	9	2
3	5	7
8	1	6

РИС. 7.21. Магический квадрат Ло Шу

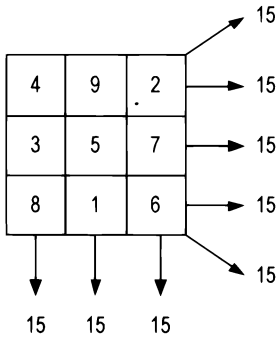


РИС. 7.22. Суммы по строкам, столбцам и диагоналям

12. **Генерация простого числа.** Натуральное (целое положительное) число является *простым*, если оно не имеет делителей кроме 1 и самого себя. Натуральное (целое положительное) число является *составным*, если оно не является простым. Напишите программу, которая просит пользователя ввести целое число больше 1 и затем выводит все простые числа, которые меньше или равны введенному числу. Программа должна работать следующим образом:
    - после того как пользователь ввел число, программа должна заполнить список всеми целыми числами начиная с 2 и до введенного значения;
    - затем программа должна применить цикл, чтобы пройти по списку. Каждый элемент должен быть в цикле передан в функцию, которая определяет и сообщает, что элемент является простым числом или составным числом.
13. **Магический шар.** Напишите программу, моделирующую магический шар, т. е. игрушку, которая предсказывает и дает случайный ответ на общий вопрос, требующий

ответа "да" или "нет". Среди исходного кода *главы 7* вы найдете файл 8_ball_responses.txt[1]. Этот файл содержит 12 ответов, в частности: "Не думаю", "Да, конечно!", "Не уверен" и т. д. Программа должна прочитать ответы из файла в список, предложить пользователю задать вопрос и затем показать один из ответов, отобранных из списка случайным образом. Программа должна продолжать работу до тех пор, пока пользователь не будет готов из нее выйти.

Содержимое файла 8_ball_responses_ru.txt:

```
Да, конечно!

Без сомнения, да.

Вы можете на это рассчитывать.

Наверняка!

Спросите меня позже.

Не уверен.

Я не могу сказать вам прямо сейчас.

Я отвечу вам после того, как вздремну.

Ни за что!

Не думаю.

Без сомнения, нет.

Совершенно очевидно, что нет!
```

14. **Круговая диаграмма расходов.** Создайте текстовый файл, который содержит ваши расходы за прошлый месяц по приведенным ниже статьям:
    - арендная плата;
    - бензин;
    - продукты питания;
    - одежда;
    - платежи по автомашине;
    - прочие.

    Напишите программу Python, которая считывает данные из файла и использует пакет `matplotlib` для построения круговой диаграммы, показывающей, как вы тратите свои деньги.

15. **График еженедельных цен на бензин за 1994 год.** Среди исходного кода *главы 7* вы найдете файл 1994_Weekly_ Gas_Averages.txt. Он содержит среднюю цену бензина в течение каждой недели 1994 года. (В файле 52 строки.) Используя пакет `matplotlib`, напишите программу Python, которая считывает содержимое файла и затем строит либо линейный график, либо гистограмму. Не забудьте показать содержательные метки вдоль осей *x* и *y*, а также метки делений.

[1] В той же папке имеется адаптированный на русский язык файл 8_ball_responses_ru.txt. — *Прим. ред.*

ГЛАВА 8

Подробнее о строковых данных

8.1 Базовые строковые операции

Ключевые положения

Python обеспечивает несколько способов доступа к отдельным символам в строковом значении. Кроме того, имеется целый ряд методов, которые позволяют выполнять над ними операции.

Многие программы, которые вы до настоящего момента писали, работают со строковыми объектами лишь в ограниченной степени. Выполнявшиеся вами операции были связаны только с вводом и выводом. Например, вы считывали строковые значения с клавиатуры и из файлов в качестве входных данных и отправляли их на экран и в файлы в качестве выходных данных.

Существует целый ряд программ, которые не только читают строковые данные на входе и записывают их на выходе, но и выполняют над ними операции. Программы обработки текста, к примеру, управляют большими объемами текста и, следовательно, всесторонне работают со строковыми данными. Почтовые программы и поисковые системы представляют собой еще один пример программ, которые выполняют операции над строковыми данными.

Python предлагает большое разнообразие инструментов и методов программирования, которые можно использовать для проверки и управления строковыми данными. В сущности, строковые данные представляют собой один из видов последовательности, и поэтому многие подходы, которые вы узнали в отношении последовательностей в *главе 7*, применимы и к строковым данным. В этой главе мы рассмотрим многие из них.

Доступ к отдельным символам в строковом значении

Некоторые задачи программирования нуждаются в доступе к отдельным символам в строковом значении. Например, вы, вероятно, знакомы с веб-сайтами, которые требуют от вас создания пароля. Из соображений безопасности необходимо, чтобы пароль имел по крайней мере одну прописную букву, по крайней мере одну строчную букву и по крайней мере одну цифру. Во время создания пароля программа проверяет каждый символ, чтобы пароль гарантированно соответствовал предъявляемым требованиям. (Позже в этой главе вы увидите пример такой программы.) В этом разделе мы рассмотрим два метода, которые в Python можно использовать для доступа к отдельным символам в строковом значении: применение цикла `for` и индексацию.

Обход строкового значения в цикле *for*

Один из самых простых способов получить доступ к отдельным символам в строковом значении состоит в применении цикла `for`. Вот общий формат:

```
for переменная in строковое_значение:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

В данном формате *переменная* — это имя переменной, *строковое_значение* — строковый литерал либо переменная, которые ссылаются на строковое значение. Во время каждой итерации цикла *переменная* будет ссылаться на копию символа в строковом значении, начиная с первого символа. Мы говорим, что цикл выполняет последовательный перебор символов в строковом значении. Вот пример:

```
name = 'Джулия'
for ch in name:
    print(ch)
```

Переменная `name` ссылается на строковый литерал с шестью символами, поэтому цикл сделает шесть итераций. Во время первой итерации цикла переменная `ch` будет ссылаться на `'Д'`, во время второй итерации — на `'ж'` и т. д. (рис. 8.1). Когда программный код исполнится, он покажет следующее:

```
Д
ж
у
л
и
я
```



ПРИМЕЧАНИЕ

На рис. 8.1 показано, как переменная `ch` ссылается на копию символа из строкового значения по мере выполнения итераций цикла. Если в цикле поменять значение, на которое ссылается `ch`, то это не повлияет на строковый литерал, на который ссылается переменная `name`. Для того чтобы это продемонстрировать, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
1 name = 'Джулия'
2 for ch in name:
3     ch = 'X'
4 print(name)
```

Инструкция в строке 3 во время каждой итерации цикла повторно присваивает переменной `ch` другое значение. Эта операция не влияет на строковый литерал `'Джулия'`, на который ссылается переменная `name`, и не влияет на количество итераций цикла. Во время исполнения этого фрагмента кода инструкция в строке 4 напечатает:

```
Джулия
```

В программе 8.1 приведен еще один пример. Эта программа просит пользователя ввести строковое значение. Затем она применяет цикл `for` для обхода строкового значения, подсчитывая количество появлений буквы Т (в верхнем или нижнем регистре).

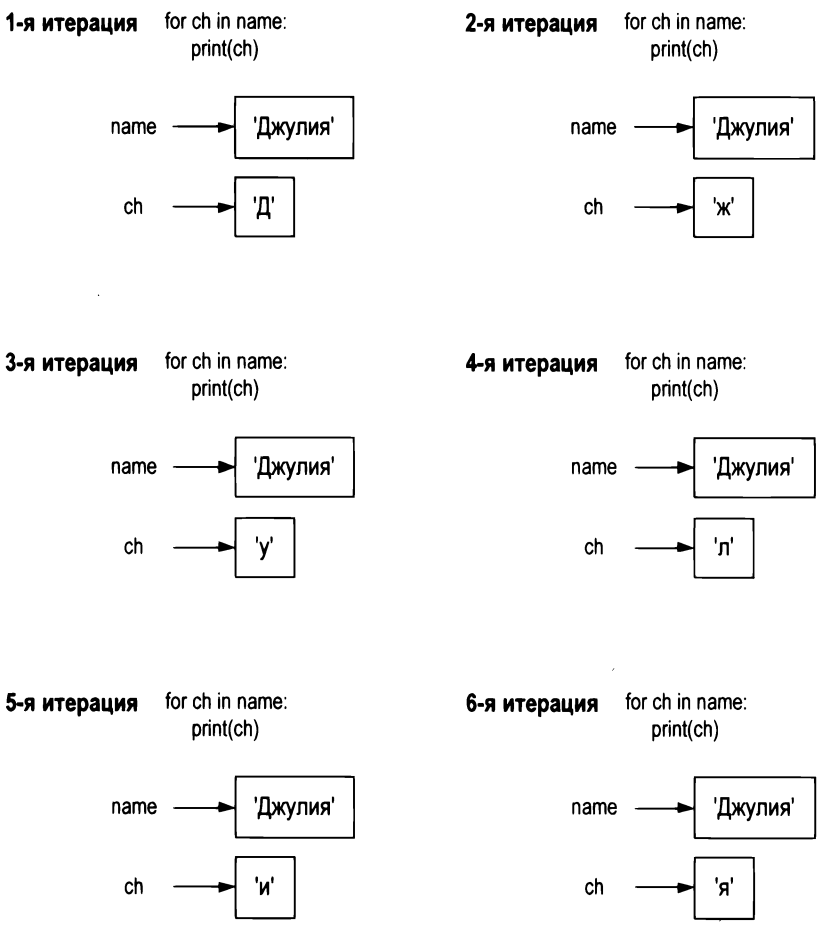


РИС. 8.1. Обход строкового литерала `'Джулия'`

Программа 8.1 **(count_letters_T.py)**

```
1 # Эта программа подсчитывает количество появлений
2 # буквы T (в верхнем или нижнем регистре)
3 # в строковом значении.
4
5 def main():
6     # Создать переменную, в которой будет храниться количество.
7     # Значение переменной должно начинаться с 0.
8     count = 0
9
10    # Получить от пользователя строковое значение.
11    my_string = input('Введите предложение: ')
12
13    # Подсчитать буквы T.
14    for ch in my_string:
15        if ch == 'T' or ch == 'т':
16            count += 1
17
```

```
18     # Напечатать результат.
19     print(f'Буква Т появляется {count} раз(а).')
20
21 # Вызвать главную функцию.
22 if __name__ == '__main__':
23     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите предложение: Кто не ходит, тот и не падает. Enter
Буква Т появляется 5 раз(а).
```

Индексация

Еще один способ получить доступ к отдельным символам в строковом значении реализуется при помощи *индекса*. Каждый символ в строковом значении имеет индекс, который задает его позицию. Индексация начинается с 0, поэтому индекс первого символа равняется 0, индекс второго символа равняется 1 и т. д. Индекс последнего символа в строковом значении равняется количеству символов в строковом значении минус 1. На рис. 8.2 показаны индексы для каждого символа в строковом литерале `'Ромашки белые'`. Строковый литерал имеет 13 символов, поэтому индексы символов варьируются от 0 до 12.

Индекс можно использовать для получения копии отдельного символа в строковом значении:

```
my_string = 'Ромашки белые'
ch = my_string[6]
```

Выражение `my_string[6]` во второй инструкции возвращает копию символа из переменной `my_string` в индексной позиции 6. После исполнения этой инструкции переменная `ch` будет ссылаться, как показано на рис. 8.3.



РИС. 8.2. Индексы строкового значения

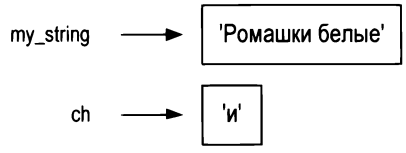


РИС. 8.3. Получение копии символа из строкового значения

Вот еще один пример:

```
my_string = 'Ромашки белые'
print(my_string[0], my_string[6], my_string[10])
```

Этот фрагмент кода напечатает следующее:

```
Р и л
```

В качестве индексов можно также использовать отрицательные числа. Это делается для идентификации позиций символа относительно конца строкового значения. Для определения позиции символа интерпретатор Python прибавляет отрицательные индексы к длине строкового значения. Индекс –1 идентифицирует последний символ в строковом значении,

–2 идентифицирует предпоследний символ и т. д. Приведенный ниже фрагмент кода показывает пример:

```
my_string = 'Ромашки белые'
print(my_string[-1], my_string[-2], my_string[-13])
```

Этот фрагмент кода напечатает следующее:

```
е ы Р
```

Исключения *IndexError*

Исключение `IndexError` происходит при попытке использовать индекс, который находится вне диапазона конкретного строкового значения. Например, строковый литерал `'Бостон'` имеет 6 символов, поэтому его допустимые индексы находятся в пределах от 0 до 5. (Допустимые отрицательные индексы находятся между –1 и –6.) Вот пример кода, который демонстрирует исключение `IndexError`:

```
city = 'Бостон'
print(city[6])
```

Данный тип ошибки, скорее всего, произойдет, когда цикл неправильно зайдет за пределы конца строкового литерала:

```
city = 'Бостон'
index = 0
while index < 7:
    print(city[index])
    index += 1
```

Во время последней итерации этого цикла переменной `index` будет присвоено значение 6, которое является недопустимым индексом для строкового литерала `'Бостон'`. В результате функция `print` вызовет исключение `IndexError`.

Функция *len*

В *главе 7* вы познакомились с функцией `len`, которая возвращает длину последовательности. Функция `len` также используется для получения длины строкового значения. Приведенный ниже фрагмент кода это демонстрирует:

```
city = 'Бостон'
size = len(city)
```

Вторая инструкция вызывает функцию `len`, передавая переменную `city` в качестве аргумента. Функция возвращает 6, т. е. длину строкового литерала `'Бостон'`. Это значение присваивается переменной `size`.

Функция `len` в особенности полезна для предотвращения ситуаций, когда циклы заходят за пределы конца строкового значения:

```
city = 'Бостон'
index = 0
while index < len(city):
    print(city[index])
    index += 1
```

Обратите внимание, что цикл повторяется до тех пор, пока индекс меньше длины строкового значения. Это вызвано тем, что индекс последнего символа в строковом значении всегда на 1 меньше его длины.

Конкатенация строковых данных

Распространенной операцией, выполняемой над строковыми данными, является их *конкатенация*, или присоединение одного строкового значения в конец другого. В предыдущих главах вы видели примеры, в которых используется оператор + для конкатенации строковых значений. Оператор + порождает строковое значение, которое является объединением двух других строковых значений, используемых в качестве его операндов. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> message = 'Привет, ' + 'мир!' Enter
2 >>> print(message) Enter
3 Привет, мир!
4 >>>
```

Строка 1 конкатенирует строковые значения `'Привет, '` и `'мир!'`, чтобы создать строковое значение `'Привет, мир!'`. Полученный результат присваивается переменной `message`. Строка 2 печатает строковое значение, на которое ссылается переменная `message`. Вывод показан в строке 3.

Вот еще один интерактивный сеанс, который демонстрирует конкатенацию:

```
1 >>> first_name = 'Эмили' Enter
2 >>> last_name = 'Егер' Enter
3 >>> full_name = first_name + ' ' + last_name Enter
4 >>> print(full_name) Enter
5 Эмили Егер
6 >>>
```

Строка 1 присваивает переменной `first_name` строковый литерал `'Эмили'`. Строка 2 присваивает переменной `last_name` строковый литерал `'Егер'`. Строка 3 порождает строковое значение, которое является конкатенацией переменной `first_name`, потом пробела и затем переменной `last_name`. Получившееся строковое значение присваивается переменной `full_name`. Строка 4 печатает строковое значение, на которое ссылается переменная `full_name`. Вывод показан в строке 5.

Для выполнения конкатенации можно также использовать оператор +=. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> letters = 'абв' Enter
2 >>> letters += 'где' Enter
3 >>> print(letters) Enter
4 абвгде
5 >>>
```

Инструкция в строке 2 выполняет конкатенацию строковых литералов. Она работает так же, как

```
letters = letters + 'где'
```

После исполнения инструкции в строке 2 переменная `letters` будет ссылаться на строковое значение `'абвгде'`. Вот еще один пример:

```
>>> name = 'Келли' Enter          # имя 'Келли'
>>> name += ' ' Enter             # имя 'Келли '
>>> name += 'Ивонна' Enter        # имя 'Келли Ивонна'
>>> name += ' ' Enter             # имя 'Келли Ивонна '
>>> name += 'Смит' Enter          # имя 'Келли Ивонна Смит'
>>> print(name) Enter
Келли Ивонна Смит
>>>
```

Следует иметь в виду, что операнд с левой стороны от оператора += должен быть существующей переменной. Если указать несуществующую переменную, то будет вызвано исключение.

Строковые данные как немутируемые последовательности

В Python данные строкового типа являются немутируемыми последовательностями, т. е. после создания их нельзя изменить. Некоторые операции, такие как конкатенация, производят впечатление, что они видоизменяют строковые данные, но в действительности этого не происходит. Например, взгляните на программу 8.2.

Программа 8.2 (concatenate.py)

```
 1 # Эта программа конкатенирует строковые значения.
 2
 3 def main():
 4     name = 'Кармен'
 5     print('Имя', name)
 6     name = name + ' Браун'
 7     print('Теперь имя', name)
 8
 9 # Вызвать главную функцию.
10 if __name__ == '__main__':
11     main()
```

Вывод программы

```
Имя Кармен
Теперь имя Кармен Браун
```

Как показано на рис. 8.4, инструкция в строке 4 присваивает переменной `name` строковый литерал `'Кармен'`. Инструкция в строке 6 присоединяет к строковому литералу `'Кармен'` строковый литерал `'Браун'` и присваивает результат переменной `name` (рис. 8.5). Как видно из рисунка, исходное строковое значение `'Кармен'` не изменилось. Вместо этого создается и присваивается переменной `name` новое строковое значение, содержащее `'Кармен Браун'`. (Исходный строковый литерал `'Кармен'` больше не используется, потому что ни одна переменная на него не ссылается. Интерпретатор Python в конечном счете удалит это неиспользуемое строковое значение из оперативной памяти.)

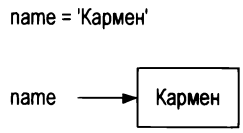


РИС. 8.4. Строковый литерал `'Кармен'` присвоен переменной `name`

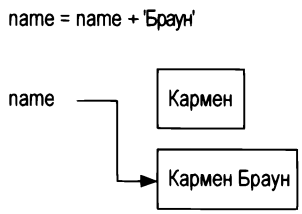


РИС. 8.5. Строковый литерал `'Кармен Браун'` присвоен переменной `name`

Поскольку строковые данные являются немутируемыми последовательностями, применять выражение в форме *строка*`[`*индекс*`]` с левой стороны оператора присваивания нельзя. Например, приведенный ниже фрагмент кода вызовет ошибку:

```
# Присвоить строковый литерал 'Билл' переменной friend.
friend = 'Билл'
# Можно ли поменять первый символ на 'У'?
friend[0] = 'У' # Нет, это вызовет ошибку!
```

Последняя инструкция в этом фрагменте кода вызовет исключение, потому что она пытается изменить первый символ в строковом литерале `'Билл'`.



Контрольная точка

8.1. Допустим, что переменная `name` ссылается на строковое значение. Напишите цикл `for`, который напечатает каждый символ в строковом значении.

8.2. Каков индекс первого символа в строковом значении?

8.3. Каков индекс последнего символа в строковом значении, которое имеет 10 символов?

8.4. Что произойдет, если попытаться применить для доступа к символу в строковом значении недопустимый индекс?

8.5. Как найти длину строкового значения?

8.6. Что не так с приведенным ниже фрагментом кода?

```
animal = 'Тигр'
animal[0] = 'Л'
```

8.2 Нарезка строковых значений

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выражения среза используются для извлечения диапазона символов из строкового значения.

В *главе 7* вы узнали, что срез является диапазоном элементов, извлекаемых из последовательности. При взятии среза из строкового значения в результате получается диапазон символов строкового значения. Срезы строковых значений также называются *подстроками*.

Для того чтобы получить срез строкового значения, пишут выражение в приведенном ниже общем формате:

строковое_значение`[`*начало* `:` *конец*`]`

В данном формате *начало* — это индекс первого символа в срезе, *конец* — индекс, отмечающий конец среза. Это выражение возвращает строковое значение, содержащее копию символов с *начала* до *конца* (но не включая последний). Например, предположим, что имеется фрагмент кода:

```
full_name = 'Петти Линн Смит'
middle_name = full_name[6:10]
```

Вторая инструкция присваивает переменной `middle_name` строковое значение `'Линн'`.

Если в выражении среза опустить индекс *начала*, то Python будет использовать 0 в качестве начального значения индекса. Вот пример:

```
full_name = 'Петти Линн Смит'
first_name = full_name[:5]
```

Вторая инструкция присваивает переменной `first_name` строковое значение `'Петти'`.

Если в выражении среза опустить индекс *конца*, то Python будет использовать длину строкового значения в качестве индекса конца. Вот пример:

```
full_name = 'Петти Линн Смит'
last_name = full_name[11:]
```

Вторая инструкция присваивает переменной `last_name` строковое значение `'Смит'`.

Что присвоит переменной `my_string` приведенный ниже фрагмент кода? Как вы думаете?

```
full_name = 'Петти Линн Смит'
my_string = full_name[:]
```

Вторая инструкция присваивает переменной `my_string` весь строковый литерал `'Петти Линн Смит'`. Эта инструкция эквивалентна:

```
my_string = full_name[0 : len(full_name)]
```

Примеры взятия срезов, которые мы видели до сих пор, демонстрируют получение срезов символов, расположенных подряд друг за другом. Выражения среза также могут иметь величину шага, который позволяет пропускать символы в строковом значении. Вот пример программного кода, в котором используется выражение среза с величиной шага:

```
letters = 'АБВГДЕЁЖЗИЙКЛМНОПРСТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ'
print(letters[0:32:2])
```

Третье число в скобках является величиной шага. Примененная в этом примере величина шага 2 приводит к тому, что срез содержит каждый второй символ из заданного диапазона в строковом значении. Этот фрагмент кода напечатает следующее:

```
АВДЁЗЙЛНПСУХЧЩЫЭ
```

В качестве индексов в выражениях среза также можно использовать отрицательные числа, чтобы ссылаться на позиции относительно конца строкового значения. Вот пример:

```
full_name = 'Петти Линн Смит'
last_name = full_name[-4:]
```

Вспомните, что Python прибавляет отрицательный индекс к длине строкового значения, чтобы ссылаться на позицию по этому индексу. Вторая инструкция в этом фрагменте кода присваивает переменной `last_name` строковое значение `'Смит'`.



ПРИМЕЧАНИЕ

Недопустимые индексы в выражениях среза не вызывают исключение. Например:

- если индекс *конца* задает позицию за пределами конца строкового значения, то Python вместо него будет использовать длину строкового значения;
- если индекс *начала* задает позицию до начала строкового значения, то Python вместо него будет использовать 0;
- если индекс *начала* больше индекса *конца*, то выражение среза вернет пустое строковое значение.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Извлечение символов из строкового значения

В университете каждому студенту присваивается регистрационное имя для входа в систему. Это имя используется студентом для регистрации в компьютерной системе кампуса. В рамках вашего сотрудничества с университетским подразделением по информационным технологиям вас попросили написать программный код, который генерирует для студентов системные имена для входа в систему. Вы будете использовать приведенный ниже алгоритм генерации имени для входа в систему:

1. Получить первые три буквы имени студента. (Если длина имени меньше трех букв, то использовать все имя.)
2. Получить первые три буквы фамилии студента. (Если длина фамилии меньше трех букв, то использовать всю фамилию.)
3. Получить последние три символа идентификационного номера студента. (Если длина идентификационного номера меньше трех символов, то использовать весь идентификационный номер.)
4. Конкатенировать три набора символов для генерации имени для входа в систему.

Например, если имя студента — Аманда Спенсер, ее идентификационный номер — ENG6721, то ее имя для входа в систему будет АмаСпе721. Вы решаете написать функцию `get_login_name`, которая в качестве аргументов принимает имя, фамилию и идентификационный номер студента и возвращает имя для входа в систему в виде строкового значения. Вы собираетесь сохранить эту функцию в модуле login.py. Этот модуль затем можно импортировать в любую программу Python, которая должна генерировать имя для входа в систему. В программе 8.3 показан соответствующий код модуля login.py.

Программа 8.3 (login.py)

```
1 # Функция get_login_name принимает имя, фамилию и
2 # идентификационный номер в качестве аргументов.
3 # Она возвращает имя для входа в систему.
4
5 def get_login_name(first, last, idnumber):
6     # Получить первые три буквы имени.
7     # Если длина имени меньше 3 букв, то
8     # срез вернет все имя целиком.
9     set1 = first[0 : 3]
10
```

```
11      # Получить первые три буквы фамилии.
12      # Если длина фамилии меньше 3 букв, то
13      # срез вернет всю фамилию целиком.
14      set2 = last[0 : 3]
15
16      # Получить последние три буквы фамилии идентификатора.
17      # Если длина идентификатора меньше 3 символов, то
18      # срез вернет весь идентификатор целиком.
19      set3 = idnumber[-3:]
20
21      # Собрать воедино наборы символов.
22      login_name = set1 + set2 + set3
23
24      # Вернуть имя для входа в систему.
25      return login_name
```

Функция `get_login_name` принимает три строковых аргумента: имя, фамилию и идентификационный номер. Инструкция в строке 9 применяет выражение среза для получения первых трех символов строкового значения, на которое ссылается параметр `first`, и присваивает эти символы как строковое значение переменной `set1`. Если длина строкового значения, на которое ссылается параметр `first`, меньше трех символов, то значение 3 будет недопустимым конечным индексом. Если это так, то Python будет использовать в качестве конечного индекса длину строкового значения, и выражение среза вернет значение целиком.

Инструкция в строке 14 использует выражение среза для получения первых трех символов строкового значения, на которое ссылается параметр `last`, и присваивает эти символы как строковое значение переменной `set2`. Если длина строкового значения, на которое ссылается параметр `last`, меньше трех символов, то будет возвращено значение целиком.

Инструкция в строке 19 использует выражение среза для получения трех последних символов строкового значения, на которое ссылается параметр `idnumber`, и присваивает эти символы как строковое значение переменной `set3`. Если длина строкового значения, на которое ссылается параметр `idnumber`, меньше трех символов, то значение –3 будет недопустимым начальным значением индекса. Если это так, то Python будет использовать 0 в качестве начального значения индекса.

Инструкция в строке 22 присваивает конкатенацию переменных `set1`, `set2` и `set3` переменной `login_name`. Эта переменная возвращается в строке 25. Программа 8.4 демонстрирует вызов этой функции.

Программа 8.4 (generate_login.py)

```
1 # Эта программа получает имя и фамилию пользователя
2 # и идентификационный номер студента. На основе этих данных
3 # она генерирует имя для входа в систему.
4
5 import login
6
```

```
 7 def main():
 8     # Получить имя, фамилию и идентификационный номер пользователя.
 9     first = input('Введите свое имя: ')
10     last = input('Введите свою фамилию: ')
11     idnumber = input('Введите свой номер студента: ')
12
13     # Получить имя для входа в систему.
14     print('Ваше имя для входа в систему:')
15     print(login.get_login_name(first, last, idnumber))
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 if __name__ == '__main__':
19     main()
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свое имя: Холли Enter
Введите свою фамилию: Гэддис Enter
Введите свой номер студента: CSC34899 Enter
Ваше имя для входа в систему:
ХолГэд899
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свое имя: Эл Enter
Введите свою фамилию: Кусимано Enter
Введите свой номер студента: BIO4497 Enter
Ваше имя для входа в систему:
ЭлКус497
```



Контрольная точка

8.7. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'abcdefg'
print(mystring[2:5])
```

8.8. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'abcdefg'
print(mystring[3:])
```

8.9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'abcdefg'
print(mystring[:3])
```

8.10. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'abcdefg'
print(mystring[:])
```

8.3 Проверка, поиск и манипуляция строковыми данными

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Python предоставляет операторы и методы проверки и поиска внутри строковых данных, а также получения модифицированных копий строковых данных.

Проверка строковых значений при помощи *in* и *not in*

В Python оператор `in` используется с целью определения, содержится ли одно строковое значение в другом. Вот общий формат выражения с использованием оператора `in` с двумя строковыми значениями:

строковое_значение1 `in` *строковое_значение2*

строковое_значение1 и *строковое_значение2* могут быть либо строковыми литералами, либо переменными, которые ссылаются на строковые значения. Это выражение возвращает истину, если *строковое_значение1* найдено в *строковом_значении2*. Например, взгляните на фрагмент кода:

```
text = 'Восемьдесят семь лет назад'
if 'семь' in text:
    print('Строковое значение "семь" найдено.')
else:
    print('Строковое значение "семь" не найдено.')
```

Этот фрагмент кода определяет, содержит ли строковое значение `'Восемьдесят семь лет назад'` подстроку `'семь'`. Если исполнить этот фрагмент кода, то он покажет:

```
Строковое значение "семь" найдено.
```

Для проверки, что строковое значение не содержится в другом строковом значении, можно применить оператор `not in`. Вот пример:

```
names = 'Билл Джоанна Сьюзен Крис Хуан Кэти'
if 'Пьер' not in names:
    print('Пьер не найден.')
else:
    print('Пьер найден.')
```

Если исполнить этот фрагмент кода, то он покажет:

```
Пьер не найден.
```

Строковые методы

Из *главы 6* известно, что метод — это функция, которая принадлежит объекту и выполняет некоторую операцию с использованием этого объекта. Объекты строкового типа в Python имеют многочисленные методы[1]. В этом разделе мы рассмотрим несколько строковых методов для выполнения следующих типов операций:

[1] В этой книге мы не охватим все строковые методы. Описание всех строковых методов см. в документации Python на сайте **www.python.org**.

- проверка строковых значений;
- выполнение различных модификаций;
- поиск подстрок и замена последовательностей символов.

Вот общий формат вызова строкового метода:

строковая_переменная.метод(*аргументы*)

В данном формате *строковая_переменная* — это переменная, которая ссылается на строковое значение, *метод* — имя метода, который вызывается, *аргументы* — один или несколько передаваемых в метод аргументов. Давайте рассмотрим несколько примеров.

Методы проверки строковых значений

Строковые методы, перечисленные в табл. 8.1, проверяют строковое значение в отношении определенных свойств. Например, метод `isdigit()` возвращает истину, если строковое значение содержит только цифры. В противном случае он возвращает ложь. Вот пример:

```
string1 = '1200'
if string1.isdigit():
    print(f'{string1} содержит только цифры.')
else:
    print(f'{string1} содержит символы, отличные от цифр.')
```

Этот фрагмент кода выведет на экран:

```
1200 содержит только цифры.
```

Вот еще один пример:

```
string2 = '123abc'
if string2.isdigit():
    print(f'{string2} содержит только цифры.')
else:
    print(f'{string2} содержит символы, отличные от цифр.')
```

Этот фрагмент кода выведет на экран:

```
123abc содержит символы, отличные от цифр.
```

Таблица 8.1. Несколько методов проверки строкового значения

Метод	Описание
`isalnum()`	Возвращает истину, если строковое значение содержит только буквы алфавита или цифры и имеет по крайней мере один символ. В противном случае возвращает ложь
`isalpha()`	Возвращает истину, если строковое значение содержит только буквы алфавита и имеет по крайней мере один символ. В противном случае возвращает ложь
`isdigit()`	Возвращает истину, если строковое значение содержит только цифры и имеет по крайней мере один символ. В противном случае возвращает ложь
`islower()`	Возвращает истину, если все буквы алфавита в строковом значении находятся в нижнем регистре, и строковая последовательность содержит по крайней мере одну букву алфавита. В противном случае возвращает ложь

Таблица 8.1 *(окончание)*

Метод	Описание
`isspace()`	Возвращает истину, если строковое значение содержит только пробельные символы и имеет по крайней мере один символ. В противном случае возвращает ложь. (Пробельными символами являются пробелы, символы новой строки (`\n`) и символы табуляции (`\t`).)
`isupper()`	Возвращает истину, если все буквы алфавита в строковом значении находятся в верхнем регистре, и строковая последовательность содержит по крайней мере одну букву алфавита. В противном случае возвращает ложь

Программа 8.5 демонстрирует несколько строковых методов проверки. Она просит пользователя ввести строковое значение и затем выводит различные сообщения в зависимости от возвращаемого методами значения.

Программа 8.5 **(string_test.py)**

```
1 # Эта программа демонстрирует несколько строковых методов проверки.
2
3 def main():
4     # Получить от пользователя строковое значение.
5     user_string = input('Введите строковое значение: ')
6
7     print('Вот, что обнаружено в отношении введенного значения:')
8
9     # Проанализировать строковое значение.
10    if user_string.isalnum():
11        print('Эта строка содержит буквы или цифры.')
12    if user_string.isdigit():
13        print('Эта строка содержит только цифры.')
14    if user_string.isalpha():
15        print('Эта строка содержит только буквы алфавита.')
16    if user_string.isspace():
17        print('Эта строка содержит только пробельные символы.')
18    if user_string.islower():
19        print('Все буквы в строке находятся в нижнем регистре.')
20    if user_string.isupper():
21        print('Все буквы в строке находятся в верхнем регистре.')
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 if __name__ == '__main__':
25     main()
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите строковое значение: абв Enter
Вот, что обнаружено в отношении введенного значения:
Эта строка содержит буквы или цифры.
Эта строка содержит только буквы алфавита.
Все буквы в строке находятся в нижнем регистре.
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите строковое значение: 123 Enter
Вот, что обнаружено в отношении введенного значения:
Эта строка содержит буквы или цифры.
Эта строка содержит только цифры.
```

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите строковое значение: 123АБВ Enter
Вот, что обнаружено в отношении введенного значения:
Эта строка содержит буквы или цифры.
Все буквы в строке находятся в верхнем регистре.
```

Методы модификации

Несмотря на то что строковые данные являются немутируемыми последовательностями, т. е. их нельзя изменить, они имеют много методов, которые возвращают их видоизмененные версии. В табл. 8.2 представлено несколько таких методов.

Таблица 8.2. Методы модификации строкового значения

Метод	Описание
`lower()`	Возвращает копию строкового значения, в котором все буквы преобразованы в нижний регистр. Любой символ, который уже находится в нижнем регистре или не является буквой алфавита, остается без изменения
`lstrip()`	Возвращает копию строкового значения, в котором все ведущие пробельные символы удалены. Ведущими пробельными символами являются пробелы, символы новой строки (`\n`) и символы табуляции (`\t`), которые появляются в начале строкового значения
`lstrip(`*символ*`)`	Аргументом *символ* является строковое значение, содержащее символ. Возвращает копию строкового значения, в котором удалены все экземпляры символа, появляющиеся в начале строкового значения
`rstrip()`	Возвращает копию строкового значения, в котором все замыкающие пробельные символы удалены. Замыкающими пробельными символами являются пробелы, символы новой строки (`\n`) и символы табуляции (`\t`), которые появляются в конце строкового значения
`rstrip(`*символ*`)`	Аргументом *символ* является строковое значение, содержащее символ. Возвращает копию строковой последовательности, в которой удалены все экземпляры символа, появляющиеся в конце строкового значения
`strip()`	Возвращает копию строкового значения, в котором удалены все ведущие и замыкающие пробельные символы
`strip(`*символ*`)`	Возвращает копию строкового значения, в котором удалены все экземпляры символа, появляющиеся в начале и конце строкового значения
`upper()`	Возвращает копию строкового значения, в котором все буквы преобразованы в верхний регистр. Любой символ, который уже находится в верхнем регистре или не является буквой алфавита, остается без изменения

Например, метод `lower()` возвращает копию строкового значения, в котором все буквы преобразованы в нижний регистр. Вот пример:

```
letters = 'ЬЭЮЯ'
print(letters, letters.lower())
```

Этот фрагмент кода напечатает

```
ЬЭЮЯ ьэюя
```

Метод `upper()` возвращает копию строкового значения, в котором все буквы преобразованы в верхний регистр. Вот пример:

```
letters = 'абвг'
print(letters, letters.upper())
```

Этот фрагмент кода напечатает

```
абвг АБВГ
```

Методы `lower()` и `upper()` полезны для выполнения нечувствительных к регистру сравнений строк. Операции сравнения строковых значений регистрочувствительны, т. е. символы верхнего регистра и символы нижнего регистра различны. Например, в регистрочувствительном сравнении строковое значение `'абв'` не считается равным значению `'АБВ'` или значению `'Абв'`, потому что регистр символов отличается. Иногда удобнее выполнять *нечувствительное к регистру* сравнение, в котором регистр символов игнорируется. В таком случае строковое значение `'абв'` считается таким же, что `'АБВ'` и `'Абв'`.

Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
again = 'д'
while again.lower() == 'д':
    print('Привет')
    print('Желаете это увидеть еще раз?')
    again = input('д = да, все остальное = нет: ')
```

Обратите внимание, что последняя инструкция в цикле просит пользователя ввести `д`, чтобы увидеть сообщение еще раз. Цикл повторяется до тех пор, пока выражение `again.lower() == 'д'` является истинным. Выражение будет истинным, если переменная `again` будет ссылаться на `'д'` или `'Д'`.

Как показано ниже, аналогичных результатов можно достигнуть, используя метод `upper()`:

```
again = 'д'
while again.upper() == 'Д':
    print('Привет')
    print('Желаете это увидеть еще раз?')
    again = input('д = да, все остальное = нет: ')
```

Поиск и замена

Программам очень часто требуется выполнять поиск подстрок или строковых данных, которые появляются внутри других строковых данных. Например, предположим, что вы открыли документ в своем текстовом редакторе, и вам нужно отыскать слово, которое где-то в нем находится. Искомое вами слово является подстрокой, которая появляется внутри более крупной последовательности символов, т. е. документе.

В табл. 8.3 перечислены некоторые строковые методы Python, которые выполняют поиск подстрок, а также метод, который заменяет найденные подстроки другой подстрокой.

Таблица 8.3. Методы поиска и замены

Метод	Описание
`endswith(`*подстрока*`)`	Аргумент *подстрока* — это строковое значение. Метод возвращает истину, если строковое значение заканчивается подстрокой
`find(`*подстрока*`)`	Аргумент *подстрока* — это строковое значение. Метод возвращает наименьший индекс в строковом значении, где найдена подстрока. Если подстрока не найдена, метод возвращает –1
`replace(`*старое*`, `*новое*`)`	Аргументы *старое* и *новое* — это строковые значения. Метод возвращает копию строкового значения, в котором все экземпляры старых подстрок заменены новыми подстроками
`startswith(`*подстрока*`)`	Аргумент *подстрока* — это строковое значение. Метод возвращает истину, если строковое значение начинается с подстроки

Метод `endswith()` определяет, заканчивается ли строковое значение заданной подстрокой. Вот пример:

```
filename = input('Введите имя файла: ')
if filename.endswith('.txt'):
    print('Это имя текстового файла.')
elif filename.endswith('.py'):
    print('Это имя исходного файла Python.')
elif filename.endswith('.doc'):
    print('Это имя документа текстового редактора.')
else:
    print('Неизвестный тип файла.')
```

Метод `startswith()` работает как метод `endswith()`, но определяет, начинается ли строковое значение с заданной подстроки.

Метод `find()` отыскивает заданную подстроку в строковом значении и возвращает наименьшую индексную позицию подстроки, если она найдена. Если подстрока не найдена, метод возвращает –1. Вот пример:

```
string = 'Восемьдесят семь лет назад'
position = string.find('семь')
if position != -1:
    print(f'Слово "семь" найдено в индексной позиции {position}.')
else:
    print('Слово "семь" не найдено.')
```

Этот фрагмент кода покажет

```
Слово "семь" найдено в индексной позиции 15
```

Метод `replace()` возвращает копию строкового значения, где каждое вхождение заданной подстроки было заменено другой подстрокой. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
string = 'Восемьдесят семь лет назад'
new_string = string.replace('лет', 'дней')
print(new_string)
```

Этот фрагмент кода покажет

```
Восемьдесят семь дней назад
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Анализ символов в пароле

В университете пароли для компьютерной системы кампуса должны удовлетворять приведенным ниже требованиям:

- пароль должен иметь как минимум семь символов;
- должен содержать как минимум одну букву в верхнем регистре;
- должен содержать как минимум одну букву в нижнем регистре;
- должен содержать как минимум одну цифру.

Во время создания студентом своего пароля допустимость пароля должна быть проверена, чтобы он гарантированно удовлетворял этим требованиям. Вас попросили написать программный код, который выполняет эту проверку. Вы решаете написать функцию `valid_password`, которая принимает пароль в качестве аргумента и возвращает истину либо ложь, чтобы указать, является ли он допустимым. Вот алгоритм функции в псевдокоде:

```
функция valid_password:
    Назначить переменной correct_length значение false.
    Назначить переменной has_uppercase значение false.
    Назначить переменной has_lowercase значение false.
    Назначить переменной has_digit значение false.
    Если пароль имеет длину семь символов или больше:
        Назначить переменной correct_length значение true
        для каждого символа в пароле:
            если этот символ является буквой в верхнем регистре:
                Назначить переменной has_uppercase значение true.
            если этот символ является буквой в нижнем регистре:
                Назначить переменной has_lowercase значение true.
            если этот символ является цифрой:
                Назначить переменной has_digit значение true.
    Если correct_length и has_uppercase и has_lowercase и has_digit:
        Назначить переменной is_valid значение true.
    Иначе:
        Назначить переменной is_valid значение false.
```

Ранее (в предыдущей рубрике *"В центре внимания"*) вы создали функцию `get_login_name` и сохранили ее в модуле `login`. Поскольку задача функции `valid_password` связана с задачей создания учетной записи студента, вы решаете разместить функцию `valid_password` в том же модуле `login`. В программе 8.6 приведен модуль входа в систему `login`, в который добавлена функция `valid_password`. Функция начинается в строке 34.

Программа 8.6 (login2.py)

```
# Функция get_login_name принимает имя, фамилию
# и идентификационный номер в качестве аргументов.
# Она возвращает имя для входа в систему.

def get_login_name(first, last, idnumber):
    # Получить первые три буквы имени.
    # Если длина имени меньше 3 букв, то
    # срез вернет все имя целиком.
    set1 = first[0 : 3]

    # Получить первые три буквы фамилии.
    # Если длина фамилии меньше 3 букв, то
    # срез вернет всю фамилию целиком.
    set2 = last[0 : 3]

    # Получить последние три буквы фамилии идентификатора.
    # Если длина идентификатора меньше 3 символов, то
    # срез вернет весь идентификатор целиком.
    set3 = idnumber[-3:]

    # Собрать воедино наборы символов.
    login_name = set1 + set2 + set3

    # Вернуть имя для входа в систему.
    return login_name

# Функция valid_password принимает пароль
# в качестве аргумента и возвращает истину либо ложь,
# сообщая о его допустимости или недопустимости. Допустимый
# пароль должен состоять как минимум из 7 символов,
# иметь как минимум один символ в верхнем регистре,
# один символ в нижнем регистре и одну цифру.

def valid_password(password):
    # Назначить булевым переменным значение False.
    correct_length = False
    has_uppercase = False
    has_lowercase = False
    has_digit = False

    # Приступить к валидации.
    # Начать с проверки длины пароля.
    if len(password) >= 7:
        correct_length = True

```

```
        # Проанализировать каждый символ и установить
        # соответствующий флаг, когда
        # требуемый символ найден.
        for ch in password:
            if ch.isupper():
                has_uppercase = True
            if ch.islower():
                has_lowercase = True
            if ch.isdigit():
                has_digit = True

        # Определить, удовлетворены ли все требования.
        # Если это так, то назначить is_valid значение True.
        # В противном случае назначить is_valid значение False.
        if correct_length and has_uppercase and \
            has_lowercase and has_digit:
            is_valid = True
        else:
            is_valid = False

        # Вернуть переменную is_valid.
        return is_valid
```

Программа 8.7 импортирует модуль входа в систему `login` и демонстрирует функцию `valid_password`.

Программа 8.7 **(validate_password.py)**

```
# Эта программа получает от пользователя пароль
# и проверяет его допустимость.

import login

def main():
    # Получить от пользователя пароль.
    password = input('Введите свой пароль: ')

    # Проверить допустимость пароля.
    while not login.valid_password(password):
        print('Этот пароль недопустим.')
        password = input('Введите свой пароль: ')

    print('Это допустимый пароль.')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой пароль: bozo Enter
Этот пароль недопустим.
Введите свой пароль: kangaroo Enter
Этот пароль недопустим.
Введите свой пароль: Tiger9 Enter
Этот пароль недопустим.
Введите свой пароль: Leopard9 Enter
Это допустимый пароль.
```

Оператор повторения

В *главе 7* вы узнали, как дублировать список при помощи оператора повторения (`*`). Оператор повторения работает и со строковыми значениями. Вот общий формат:

копируемое_строковое_значение * *n*

Оператор повторения создает строковое значение, которое содержит *n* повторных копий *копируемого_строкового_значения*. Вот пример:

```
my_string = 'w' * 5
```

После исполнения этой инструкции `my_string` будет ссылаться на строковое значение `'wwwww'`. Вот еще один пример:

```
print('Привет' * 5)
```

Эта инструкция напечатает:

```
ПриветПриветПриветПриветПривет
```

Программа 8.8 демонстрирует оператор повторения.

Программа 8.8 (repetition_operator.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует оператор повторения.
 2
 3 def main():
 4     # Напечатать девять строк, увеличивающихся по длине.
 5     for count in range(1, 10):
 6         print('Z' * count)
 7
 8     # Напечатать девять строк, уменьшающихся по длине.
 9     for count in range(8, 0, -1):
10         print('Z' * count)
11
12 # Вызвать главную функцию.
13 if __name__ == '__main__':
14     main()
```

Вывод программы

```
Z
ZZ
ZZZ
ZZZZ
ZZZZZ
ZZZZZZ
ZZZZZZZ
ZZZZZZZZ
ZZZZZZZZZ
ZZZZZZZZ
ZZZZZZZ
ZZZZZZ
ZZZZZ
ZZZZ
ZZZ
ZZ
Z
```

Разбиение строкового значения

Строковые значения в Python имеют метод `split()`, который возвращает список, содержащий слова в строковом значении. В программе 8.9 приведен пример.

Программа 8.9 (string_split.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует метод split.
2
3 def main():
4     # Создать строковое значение с несколькими словами.
5     my_string = 'Один два три четыре'
6
7     # Разбить строковое значение.
8     word_list = my_string.split()
9
10    # Напечатать список слов.
11    print(word_list)
12
13 # Вызвать главную функцию.
14 if __name__ == '__main__':
15     main()
```

Вывод программы

```
['Один', 'два', 'три', 'четыре']
```

По умолчанию метод `split()` в качестве символов-разделителей использует пробелы (т. е. он возвращает список слов в строковом значении, которые отделены пробелами). Можно

задать другой разделитель, передав его в качестве аргумента в метод `split()`. Например, предположим, что строковый литерал содержит дату, как показано ниже:

```
date_string = '26/11/2020'
```

Если требуется извлечь день, месяц и год в качестве элементов списка, то можно вызвать метод `split()`, используя символ `'/'` в качестве символа-разделителя:

```
date_list = date_string.split('/')
```

После исполнения этой инструкции переменная `date_list` будет ссылаться на такой список:

```
['26', '11', '2020']
```

В программе 8.10 это продемонстрировано.

Программа 8.10 (split_date.py)

```
1 # Эта программа вызывает метод split, используя
2 # символ '/' в качестве разделителя.
3
4 def main():
5     # Создать строковое значение с датой.
6     date_string = '26/11/2020'
7
8     # Разбить дату.
9     date_list = date_string.split('/')
10
11    # Показать все части даты.
12    print(f'День: {date_list[0]}')
13    print(f'Месяц: {date_list[1]}')
14    print(f'Год: {date_list[2]}')
16 # Вызвать главную функцию.
17 if __name__ == '__main__':
18    main()
```

Вывод программы

```
День: 26
Месяц: 11
Год: 2020
```



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Строковые лексемы

Время от времени строковый литерал будет содержать несколько слов или других элементов данных, разделенных пробелами или другими символами. Например, посмотрите на следующий строковый литерал:

```
'персик малина клубника ваниль'
```

Этот строковый литерал содержит следующие четыре элемента данных: персик, малина, клубника и ваниль. В терминах программирования такие элементы называются *лексемами*,

или *токенами*. Обратите внимание, что между элементами появляется пробел. Символ, разделяющий лексемы, называется *разделителем*. Вот еще один пример:

```
'17;92;81;12;46;5'
```

Этот строковый литерал содержит следующие лексемы: 17, 92, 81, 12, 46 и 5. Обратите внимание, что между каждым элементом появляется точка с запятой. В этом примере точка с запятой используется в качестве разделителя. Некоторые задачи программирования требуют, чтобы вы прочитали строку, содержащую список элементов, а затем извлекли все лексемы из строки для последующей обработки. Например, посмотрите на следующий ниже строковый литерал с датой:

```
'3-22-2021'
```

Лексемами в этом строковом литерале являются 3, 22 и 2021, а разделителем — символ дефиса. Возможно, программе нужно извлечь из такого строкового литерала месяц, день и год. Еще одним примером является путь в операционной системе, например, вот такой:

```
'/home/rsullivan/data'
```

Лексемами в этом строковом литерале являются `home`, `rsullivan` и `data`, а разделителем — символ `/`. Возможно, программе необходимо извлечь из такого пути все имена каталогов. Процесс разбиения строки на лексемы (токены) называется *лексемизацией (токенизацией)* строковых значений. В Python для лексемизации строк используется метод `split`. Программа 8.11 демонстрирует его работу.

Программа 8.11 (tokens.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует лексемизацию строковых литералов.
2
3 def main():
4     # Строковые литералы, подлежащие лексемизации.
5     str1 = 'one two three four'
6     str2 = '10:20:30:40:50'
7     str3 = 'a/b/c/d/e/f'
8
9     # Вывести на экран лексемы в каждом строковом литерале.
10    display_tokens(str1, ' ')
11    print()
12    display_tokens(str2, ':')
13    print()
14    display_tokens(str3, '/')
15
16 # Функция display_tokens выводит на экран лексемы,
17 # находящиеся в строковом литерале. Параметр data
18 # является строковым литералом, подлежащим лексемизации,
19 # а параметр delimiter - разделителем.
20 def display_tokens(data, delimiter):
21     tokens = data.split(delimiter)
22     for item in tokens:
23         print(f'Лексема: {item}')
24
```

```
25 # Исполнить главную функцию.
26 if __name__ == '__main__':
27     main()
```

Вывод программы

```
Лексема: one
Лексема: two
Лексема: three
Лексема: four

Лексема: 10
Лексема: 20
Лексема: 30
Лексема: 40
Лексема: 50

Лексема: a
Лексема: b
Лексема: c
Лексема: d
Лексема: e
Лексема: f
```

Давайте рассмотрим эту программу подробнее. Прежде всего, посмотрите на функцию `display_tokens` в строках 20–23. Цель функции — вывести на экран лексемы, находящиеся в строковом литерале. У функции два параметра: `data` (данные) и `delimiter` (разделитель). Параметр `data` будет содержать строковый литерал, который мы хотим лексемизировать, а параметр `delimiter` — символ, используемый в качестве разделителя. Строка 21 вызывает метод `split` переменной `data`, передавая `delimiter` в качестве аргумента. Метод `split` возвращает список литералов, который присваивается переменной `tokens`. Цикл `for` в строках 22–23 выводит лексемы на экран. В главной функции строки 5–7 определяют три строковых литерала, содержащих элементы данных, которые отделены разделителями:

- `str1` содержит элементы данных, разделенные пробелами (`' '`);
- `str2` содержит элементы данных, разделенные двоеточиями (`':'`);
- `str3` содержит элементы данных, разделенные косыми чертами (`'/'`).

В строке 10 вызывается функция `display_tokens`, в которую переддаются `str1` и `' '` в качестве аргументов. Эта функция будет лексемизировать строковый литерал, используя пробел в качестве разделителя. В строке 12 вызывается функция `display_tokens`, в которую передаются `str2` и `':'` в качестве аргументов. Функция будет лексемизировать строковый литерал, используя символ `":"` в качестве разделителя. В строке 14 вызывается функция `display_tokens` с аргументами `str3` и `'/'`. Функция будет лексемизировать строковый литерал, используя символ `"/"` в качестве разделителя.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Чтение CSV-файлов

Большинство приложений по работе с электронными таблицами и базами данных могут экспортировать данные в формат файла CSV (Comma Separated Values — значения, разделенные запятыми). Каждая строка в CSV-файле содержит строковый литерал с элементами данных, разделенными запятыми. Например, предположим, что преподаватель хранит результаты контрольных работ своих учеников в электронной таблице, показанной на рис. 8.6. В каждой строке таблицы содержатся результаты тестов для одного ученика, и у каждого ученика есть пять результатов контрольных работ.

	A	B	C	D	E	F
1	87	79	91	82	94	
2	72	79	81	74	88	
3	94	92	81	89	96	
4	77	56	67	81	79	
5	79	82	85	81	90	
6						

РИС. 8.6. Данные из приложения для работы с электронными таблицами

Предположим, мы хотим написать программу на Python для чтения результатов контрольных работ и выполнения операций с ними. Первым шагом является экспорт данных из электронной таблицы в файл CSV. Когда данные будут экспортированы, они будут записаны в таком формате:

```
87,79,91,82,94
72,79,81,74,88
94,92,81,89,96
77,56,67,81,79
79,82,85,81,90
```

Следующий шаг состоит в написании программы на Python, которая читает каждую строку из файла и лексемизирует ее, используя символ запятой в качестве разделителя. После того как лексемы будут извлечены из строки, вы можете выполнять любые необходимые операции с лексемами. Предположим, что результаты контрольных работ хранятся в файле CSV с именем test_scores.csv. В программе 8.12 показано, каким образом можно читать результаты контрольных работ из файла и вычислять средний балл для каждого ученика.

Программа 8.12 (test_averages.py)

```
1 # Эта программа читает результаты контрольных работ из
2 # файла CSV и вычисляет средний балл для каждого ученика.
3
4 def main():
5     # Открыть файл.
6     csv_file = open('test_scores.csv', 'r')
7
```

```
 8     # Прочитать строки файла в список.
 9     lines = csv_file.readlines()
10
11     # Закрыть файл.
12     csv_file.close()
13
14     # Обработать строки.
15     for line in lines:
16         # Получить результаты контрольных работ в виде лексем.
17         tokens = line.split(',')
18
19         # Подсчитать общее количество баллов за контрольные работы.
20         total = 0.0
21         for token in tokens:
22             total += float(token)
23
24         # Вычислить средний балл результатов контрольных работ.
25         average = total / len(tokens)
26         print(f'Средний балл: {average}')
27
28 # Исполнить главную функцию.
29 if __name__ == '__main__':
30     main()
```

Вывод программы

```
Средний балл: 86.6
Средний балл: 78.8
Средний балл: 90.4
Средний балл: 72.0
Средний балл: 83.4
```

Давайте рассмотрим эту программу подробнее. Строка 6 открывает файл CSV. В строке 9 программы вызывается метод `readlines` объекта `file`. Напомним из *главы 7*, что метод `readlines` возвращает все содержимое файла в виде списка. Каждый элемент списка будет строкой из файла. Строка 12 программы закрывает файл.

Цикл `for`, начинающийся в строке 15 программы, перебирает каждый элемент списка строковых литералов. Внутри цикла строка 17 программы лексемизирует текущий строковый литерал, используя символ запятой в качестве разделителя. Список, содержащий лексемы, присваивается переменной `tokens`. Строка 20 программы инициализирует переменную `total` значением 0.0. (Мы будем использовать переменную `total` в качестве аккумулятора.) Цикл `for`, начинающийся в строке 21 программы, перебирает каждый элемент списка лексем `tokens`. Внутри цикла строка 22 конвертирует текущую лексему в значение с плавающей точкой и добавляет его к переменной `total`. Когда этот цикл завершится, переменная `total` будет содержать сумму лексем в текущем строковом литерале. Строка 25 вычисляет среднее значение лексем, а строка 26 выводит среднее значение на экран.



Контрольная точка

8.11. Напишите фрагмент кода с использованием оператора `in`, который определяет, является ли `'d'` подстрокой переменной `mystring`.

8.12. Допустим, что переменная `big` ссылается на строковое значение. Напишите инструкцию, которая преобразует строковое значение, на которое она ссылается, в нижний регистр и присваивает преобразованный результат переменной `little`.

8.13. Напишите инструкцию, которая выводит сообщение "Цифра", если строковое значение, на которое ссылается переменная `ch`, содержит цифру. В противном случае эта инструкция должна показать сообщение "Цифр нет".

8.14. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
ch = 'a'
ch2 = ch.upper()
print(ch, ch2)
```

8.15. Напишите цикл, который запрашивает у пользователя "Желаете повторить программу или выйти? (П/В)". Цикл должен повторяться до тех пор, пока пользователь не введет П или В (в верхнем или нижнем регистре).

8.16. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
var = '$'
print(var.upper())
```

8.17. Напишите цикл, который подсчитывает количество символов в верхнем регистре, появляющихся в строковом значении, на которое ссылается переменная `mystring`.

8.18. Допустим, что в программе имеется приведенная ниже инструкция:

```
days = 'Понедельник Вторник Среда'
```

Напишите инструкцию, которая разбивает строковое значение, создавая приведенный ниже список:

```
['Понедельник', 'Вторник', 'Среда']
```

8.19. Допустим, что в программе имеется приведенная ниже инструкция:

```
values = 'один$два$три$четыре'
```

Напишите инструкцию, которая разбивает строковое значение, создавая приведенный ниже список:

```
['один', 'два', 'три', 'четыре']
```

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Первым индексом в строковом значении является _____.
   а) –1;
   б) 1;
   в) 0;
   г) размер строкового значения минус один.

2. Последним индексом в строковом значении является _____.
   а) 1;
   б) 99;
   в) 0;
   г) размер строкового значения минус один.
3. Если попытаться использовать индекс, который находится за пределами диапазона строкового значения, то _____.
   а) произойдет исключение `ValueError`;
   б) произойдет исключение `IndexError`;
   в) строковое значение будет стерто, и программа продолжит работу;
   г) ничего не произойдет — недопустимый индекс будет проигнорирован.
4. Функция _____ возвращает длину строкового значения.
   а) `length`;
   б) `size`;
   в) `len`;
   г) `lengthof`.
5. Строковый метод _____ возвращает копию строкового значения, в котором удалены все ведущими пробельные символы.
   а) `lstrip()`;
   б) `rstrip()`;
   в) `remove()`;
   г) `strip_leading()`.
6. Строковый метод _____ возвращает наименьшую индексную позицию в строковом значении, где найдена заданная подстрока.
   а) `first_index_of()`;
   б) `locate()`;
   в) `find()`;
   г) `index_of()`.
7. Инструкция _____ определяет, содержится ли одно строковое значение в другом.
   а) `contains`;
   б) `is_in`;
   в) `==`;
   г) `in`.
8. Строковый метод _____ возвращает истину, если строковое значение содержит только буквы и имеет по крайней мере один символ.
   а) `isalpha()`;
   б) `alpha()`;

в) `alphabetic()`;

г) `isletters()`.

9. Строковый метод _____ возвращает истину, если строковое значение содержит только цифры и имеет по крайней мере один символ.

а) `digit()`;

б) `isdigit()`;

в) `numeric()`;

г) `isnumber()`.

10. Строковый метод _____ возвращает копию строкового значения, в котором удалены все ведущие и замыкающие пробельные символы.

а) `clean()`;

б) `strip()`;

в) `remove_whitespace()`;

г) `rstrip()`.

Истина или ложь

1. После создания строкового значения его нельзя изменить.
2. Цикл `for` можно применять для перебора отдельных символов в строковом значении.
3. Метод `isupper()` преобразует символы строкового значения в верхний регистр.
4. Оператор повторения (`*`) работает со строковыми значениями и со списками.
5. Когда вызывается метод `split()`, он разбивает строковое значение на две подстроки.

Короткий ответ

1. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystr = 'да'
mystr += 'нет'
mystr += 'да'
print(mystr)
```

2. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystr = 'абв' * 3
print(mystr)
```

3. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'абвгдеё'
print(mystring[2:5])
```

4. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
print(numbers[4:6])
```

5. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
name = 'джо'
print(name.lower())
print(name.upper())
print(name)
```

Алгоритмический тренажер

1. Допустим, что переменная `choice` ссылается на строковое значение. Приведенная ниже инструкция `if` определяет, равна ли переменная `choice` значениям `'Д'` или `'д'`:

   ```
   if choice == 'Д' or choice == 'д':
   ```

   Перепишите эту инструкцию так, чтобы она делала всего одно сравнение и не использовала оператор `or`. (*Подсказка*: примените метод `upper()` либо метод `lower()`.)

2. Напишите цикл, подсчитывающий количество пробельных символов в строковом значении, на которое ссылается `mystring`.

3. Напишите цикл, подсчитывающий количество цифр в строковом значении, на которое ссылается `mystring`.

4. Напишите цикл, подсчитывающий количество символов в нижнем регистре в строковом значении, на которое ссылается `mystring`.

5. Напишите функцию, которая принимает строковое значение в качестве аргумента и возвращает истину, если аргумент заканчивается подстрокой `'.com'`. В противном случае функция должна вернуть ложь.

6. Напишите фрагмент кода, делающий копию строкового значения, в котором все вхождения буквы `'т'` в нижнем регистре преобразованы в верхний регистр.

7. Напишите функцию, которая принимает строковое значение в качестве аргумента и показывает строковое значение в обратном порядке.

8. Допустим, что переменная `mystring` ссылается на строковое значение. Напишите инструкцию, которая применяет выражение среза и показывает первые 3 символа в строковом значении.

9. Допустим, что переменная `mystring` ссылается на строковое значение. Напишите инструкцию, которая применяет выражение среза и показывает последние 3 символа в строковом значении.

10. Взгляните на приведенную ниже инструкцию:

    ```
    mystring = 'пирожки>молоко>стряпня>яблочный пирог>мороженое'
    ```

    Напишите инструкцию, которая разбивает это строковое значение, создавая приведенный ниже список:

    ```
    ['пирожки', 'молоко', 'стряпня', 'яблочный пирог', 'мороженое']
    ```

Упражнения по программированию

1. **Инициалы.** Напишите программу, которая получает строковое значение, содержащее имя, отчество и фамилию человека и показывает инициалы. Например, если пользователь вводит Михаил Иванович Кузнецов, то программа должна вывести М.И.К.

2. **Сумма цифр в строке.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести ряд однозначных чисел без разделителей. Программа должна вывести на экран сумму всех однозначных чисел в строковом значении. Например, если пользователь вводит 2514, то этот метод должен вернуть значение 12, которое является суммой 2, 5, 1 и 4.

3. **Принтер дат.** Напишите программу, которая считывает от пользователя строковое значение, содержащее дату в формате `дд/мм/гггг`. Она должна напечатать дату в формате 12 марта 2018 г.

4. **Конвертер азбуки Морзе.** Азбука Морзе представляет собой кодировку, где каждая буква алфавита, каждая цифра и различные знаки препинания представлены серией точек и тире. В табл. 8.4 и 8.5 показана часть этой азбуки.

   Напишите программу, которая просит пользователя ввести строковое значение и затем преобразует это строковое значение в кодировку азбукой Морзе.

Таблица 8.4. Азбука Морзе (интернациональная)

Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код
пробел	*пробел*	6	–....	G	––.	Q	––.–
запятая	––..––	7	––...	H	....	R	.–.
точка	.–.–.–	8	–––..	I	..	S	...
знак вопроса	..––..	9	––––.	J	.–––	T	–
0	–––––	A	.–	K	–.–	U	..–
1	.––––	B	–...	L	.–..	V	...–
2	..–––	C	–.–.	M	––	W	.––
3	...––	D	–..	N	–.	X	–..–
4	....–	E	.	O	–––	Y	–.–
5	.....	F	..–.	P	.––.	Z	––..

Таблица 8.5. Азбука Морзе (русские буквы)

Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код
А	.–	И	..	Р	.–.	Ш	––––
Б	–...	Й	.–––	С	...	Щ	––.–
В	.––	К	–.–	Т	–	Ъ	.––.–.
Г	––.	Л	.–..	У	..–	Ы	–.––
Д	–..	М	––	Ф	..–.	Ь	–..–
Е, Ё	.	Н	–.	Х	....	Э	..–..
Ж	...–	О	–––	Ц	–.–.	Ю	..––
З	––..	П	.––.	Ч	––––.	Я	.–.–

5. **Алфавитный переводчик номера телефона.** Многие компании используют телефонные номера наподобие 555-GET-FOOD, чтобы клиентам было легче запоминать эти номера. На стандартном телефоне буквам алфавита поставлены в соответствие числа следующим образом:

   A, B и C = 2

   D, E и F = 3

   G, H и I = 4

   J, K и L = 5

   M, N и O = 6

   P, Q, R и S = 7

   T, U и V = 8

   W, X, Y и Z = 9

   Напишите программу, которая просит пользователя ввести 10-символьный номер телефона в формате XXX-XXX-XXXX. Приложение должно показать номер телефона, в котором все буквенные символы в оригинале переведены в их числовой эквивалент. Например, если пользователь вводит 555-GET-FOOD, то приложение должно вывести 555-438-3663.

6. **Среднее количество слов.** Среди исходного кода *главы 8* вы найдете файл text.txt. В нем в каждой строке хранится одно предложение. Напишите программу, которая читает содержимое файла и вычисляет среднее количество слов в расчете на предложение.

7. **Анализ символов.** Среди исходного кода *главы 8* вы найдете файл text.txt. Напишите программу, которая читает содержимое файла и определяет:

   - количество букв в файле в верхнем регистре;
   - количество букв в файле в нижнем регистре;
   - количество цифр в файле;
   - количество пробельных символов в файле.

8. **Корректор предложений.** Напишите программу с функцией, принимающей в качестве аргумента строковое значение и возвращающей его копию, в котором первый символ каждого предложения написан в верхнем регистре. Например, если аргументом является "привет! меня зовут джо. а как твое имя?", то эта функция должна вернуть строковое значение `'Привет! Меня зовут Джо. А как твое имя?'`. Программа должна предоставить пользователю возможность ввести строковое значение и затем передать его в функцию. Модифицированное строковое значение должно быть выведено на экран.

9. **Гласные и согласные.** Напишите программу с функцией, которая в качестве аргумента принимает строковое значение и возвращает количество содержащихся в нем гласных. Приложение должно иметь еще одну функцию, которая в качестве аргумента принимает строковое значение и возвращает количество содержащихся в нем согласных. Приложение должно предоставить пользователю возможность ввести строковое значение и показать содержащееся в нем количество гласных и согласных.


Видеозапись "Задача о гласных и согласных" (Vowels and Consonants problem)

10. **Самый частотный символ.** Напишите программу, которая предоставляет пользователю возможность ввести строковое значение и выводит на экран символ, который появляется в нем наиболее часто.

11. **Разделитель слов.** Напишите программу, которая на входе принимает предложение, в котором все слова написаны без пробелов, но первая буква каждого слова находится в верхнем регистре. Преобразуйте предложение в строковое значение, в котором слова отделены пробелами, и только первое слово начинается с буквы в верхнем регистре. Например, строковое значение `"ОстановисьИПочувствуйЗапахРоз"` будет преобразовано в `"Остановись и почувствуй запах роз"`.

12. **Молодежный жаргон.** Напишите программу, которая на входе принимает предложение и преобразует каждое его слово в "молодежный жаргон". В одной из его версий во время преобразования слова в молодежный жаргон первая буква удаляется и ставится в конец слова. Затем в конец слова добавляется слог "ки". Вот пример.

    Русский язык: ПРОСПАЛ ПОЧТИ ВСЮ НОЧЬ

    Молодежный жаргон: РОСПАЛПКИ ОЧТИПКИ СЮВКИ ОЧЬНКИ

13. **Лотерея PowerBall.** Для того чтобы сыграть в лотерею PowerBall, покупают билет, в котором имеется пять чисел от 1 до 69 и число PowerBall в диапазоне от 1 до 26. (Эти числа можно выбрать самому либо дать билетному автомату их выбрать за вас случайным образом.) Затем в заданный день автомат случайным образом отбирает выигрышный ряд чисел. Если первые пять чисел совпадают с первыми пятью выигрышными числами в любом порядке и ваше число PowerBall соответствует выигрышному числу PowerBall, то вы выигрываете джек-пот, который составляет очень крупную сумму денег. Если ваши числа совпадают лишь с некоторыми выигрышными числами, то вы выигрываете меньшую сумму в зависимости от того, сколько выигрышных номеров совпало.

    Среди исходного кода *главы 8* вы найдете файл pbnumbers.txt, содержащий выигрышные номера PowerBall, которые были отобраны между 3 февраля 2010 года и 11 мая 2016 года (файл содержит 654 набора выигрышных чисел). На рис. 8.7 показаны первые несколько строк этого файла. Каждая строка в файле содержит набор из шести чисел, которые были выбраны в заданную дату. Числа разделены пробелом, и последнее число в каждой строке является числом PowerBall для этого дня. Например, первая строка в файле показывает числа за 3 февраля 2010 года, которые равнялись 17, 22, 36, 37, 52, и число PowerBall, равное 24.

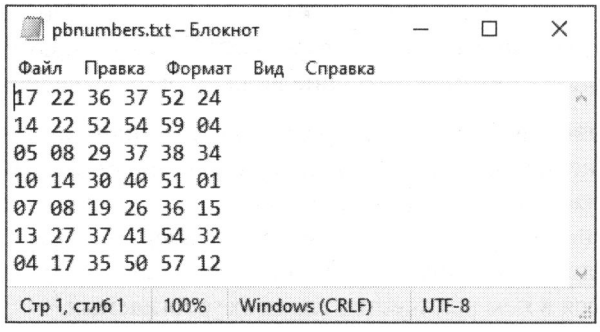


РИС. 8.7. Файл pbnumbers.txt

Напишите одну или несколько программ, которые работают с этим файлом и показывают:

- 10 наиболее распространенных чисел, упорядоченных по частоте;
- 10 наименее распространенных чисел, упорядоченных по частоте;
- 10 наиболее "созревших" чисел (чисел, которые не использовались долгое время), упорядоченных от наиболее "созревших" до наименее "созревших";
- частоту каждого числа от 1 до 69 и частоту каждого PowerBall-числа от 1 до 26.

14. **Цены на бензин.** Среди исходного кода *главы 8* вы найдете файл GasPrices.txt. Этот файл содержит еженедельные средние цены за галлон бензина в США, начиная 5 апреля 1993 года и заканчивая 26 августа 2013 года. На рис. 8.8 показан пример первых нескольких строк данного файла.

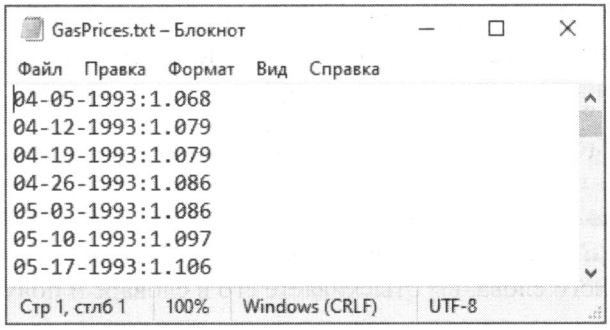


РИС. 8.8. Файл GasPrices.txt

Каждая строка в файле содержит среднюю цену за галлон бензина в указанный день и отформатирована следующим образом:

```
ММ-ДД-ГГГГ:Цена
```

где `ММ` — двухзначный месяц; `ДД` — двухзначный день; `ГГГГ` — четырехзначный год; `Цена` — это средняя цена галлона бензина в указанный день.

В рамках этого задания необходимо написать одну или несколько программ, которые считывают содержимое данного файла и выполняют приведенные ниже вычисления.

- **Средняя цена за год**: вычисляет среднюю цену бензина за год для каждого года в файле. (Данные файла начинаются апрелем 1993 года и заканчиваются августом 2013 года. Используйте данные, предоставленные за период с 1993 по 2013 год.)
- **Средняя цена за месяц**: вычисляет среднюю цену в каждом месяце в файле.
- **Наибольшая и наименьшая цены в году**: в течение каждого года в файле определяет дату и величину самой низкой и самой высокой цены.
- **Список цен, упорядоченный по возрастанию**: генерирует текстовый файл, в котором даты и цены отсортированы в возрастающем порядке.
- **Список цен, упорядоченный по увеличению**: генерирует текстовый файл, в котором даты и цены отсортированы в убывающем порядке.

Для выполнения всех этих вычислений можно написать одну программу или несколько разных программ, по одной для каждого вычисления.

ГЛАВА 9

Словари и множества

9.1 Словари

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Словарь — это объект-контейнер, который хранит коллекцию данных. Каждый элемент в словаре имеет две части: ключ и значение. Ключ используют, чтобы установить местонахождение конкретного значения.



Видеозапись "Введение в словари" (Introduction to Dictionaries)

Когда вы слышите слово "словарь", то, вероятно, представляете толстую книгу, такую как "Большой толковый словарь", содержащую слова и их определения. Если вы хотите узнать значение конкретного слова, вы отыскиваете его в словаре и получаете его определение.

В Python *словарь* — это объект, который хранит коллекцию данных. Каждый хранящийся в словаре элемент имеет две части: *ключ* и *значение*. На практике элементы словаря обычно называются *парами "ключ : значение"*. Когда требуется получить из словаря конкретное значение, используется ключ, который связан с этим значением. Это подобно процессу поиска слова в "Большом толковом словаре", где слова являются ключами, а определения — значениями.

Например, предположим, что каждый сотрудник компании имеет идентификационный номер, и нам нужно написать программу, которая позволяет отыскивать имя сотрудника путем ввода его идентификационного номера. В этом случае можно создать словарь, в котором каждый элемент содержит идентификационный номер сотрудника в качестве ключа и имя этого сотрудника в качестве значения. Если известен идентификационный номер сотрудника, то можно получить и его имя.

Еще одним примером будет программа, которая позволяет вводить имя человека и предоставляет его телефонный номер. Программа могла бы использовать словарь, в котором каждый элемент содержит имя человека в качестве ключа и телефонный номер в качестве значения. Если известно имя человека, то можно получить его телефонный номер.



ПРИМЕЧАНИЕ

Пары "ключ : значение" часто называются *отображениями*, потому что каждому ключу поставлено в соответствие значение, т. е. каждый ключ как бы отображается на соответствующее ему значение.

Создание словаря

Словарь создается путем заключения его элементов в фигурные скобки ({}). Элемент состоит из ключа, затем двоеточия, после которого идет значение. Элементы словаря отделяются друг от друга запятыми. Приведенная ниже инструкция демонстрирует пример определения словаря:

```
phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222', 'Джоанна':'555-3333'}
```

Эта инструкция создает словарь и присваивает его переменной `phonebook` (телефонная книга). Словарь содержит три приведенных ниже элемента.

- Первый элемент — `'Крис':'555-1111'`. В этом элементе ключом является `'Крис'`, а значением — `'555-1111'`.
- Второй элемент — `'Кэти':'555-2222'`. В этом элементе ключом является `'Кэти'`, а значением — `'555-2222'`.
- Третий элемент — `'Джоанна':'555-3333'`. В этом элементе ключом является `'Джоанна'`, а значением — `'555-3333'`.

В данном примере ключами и значениями являются строковые объекты. Значения в словаре могут быть объектами любого типа, но ключи должны быть немутируемыми объектами. Например, ключами могут быть строковые значения, целые числа, значения с плавающей точкой или кортежи. Ключами не могут быть списки либо мутируемые объекты других типов.

Получение значения из словаря

Элементы в словаре не хранятся в каком-то конкретном порядке. Например, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс, в котором создается словарь, и его элементы выводятся на экран:

```
>>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222', 'Джоанна':'555-3333'} Enter
>>> phonebook Enter
{'Джоанна': '555-3333', 'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222'}
>>>
```

Обратите внимание, что порядок следования, в котором выводятся элементы, отличается от порядка, в котором они создавались. Этот пример показывает, что словари не являются последовательностями, как списки, кортежи и строковые значения. Как результат, невозможно использовать числовой индекс для получения значения по его позиции в словаре. Вместо этого для получения значения используется ключ.

Для того чтобы получить значение из словаря, просто пишут выражение в приведенном ниже общем формате:

имя_словаря[*ключ*]

В данном формате *имя_словаря* — это переменная, которая ссылается на словарь, *ключ* — это применяемый ключ. Если *ключ* в словаре существует, то выражение возвращает связанное с этим ключом *значение*. Если *ключ* не существует, то вызывается исключение `KeyError` (ошибка ключа). Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
  'Джоанна':'555-3333'} Enter
2 >>> phonebook['Крис'] Enter
3 '555-1111'
4 >>> phonebook['Джоанна'] Enter
5 '555-3333'
6 >>> phonebook['Кэти'] Enter
7 '555-2222'
8 >>> phonebook['Кэтрин'] Enter
Traceback (most recent call last):
   File "<pyshell#5>", line 1, in <module>
     phonebook['Кэтрин']
KeyError: 'Кэтрин'
>>>
```

Рассмотрим этот сеанс подробнее.

- Строка 1 создает словарь, содержащий имена (в качестве ключей) и телефонные номера (в качестве значений).
- В строке 2 выражение `phonebook['Крис']` возвращает из словаря `phonebook` значение, которое связано с ключом `'Крис'`. Это значение показано в строке 3.
- В строке 4 выражение `phonebook['Джоанна']` возвращает из словаря `phonebook` значение, которое связано с ключом `'Джоанна'`. Это значение показано в строке 5.
- В строке 6 выражение `phonebook['Кэти']` возвращает из словаря `phonebook` значение, которое связано с ключом `'Кэти'`. Это значение показано в строке 7.
- В строке 8 вводится выражение `phonebook['Кэтрин']`. Ключ `'Кэтрин'` в словаре `phonebook` отсутствует, и поэтому вызывается исключение `KeyError`.



ПРИМЕЧАНИЕ

Напомним, что операции сравнения строковых значений регистрочувствительны. Выражение `phonebook['кэти']` не обнаружит в словаре ключа `'Кэти'`.

Применение операторов *in* и *not in* для проверки на наличие значения в словаре

Как продемонстрировано ранее, исключение `KeyError` вызывается при попытке получить из словаря значение с использованием несуществующего ключа. Для того чтобы предотвратить это исключение, можно применить оператор `in`, который определит наличие ключа перед попыткой его использовать для получения значения. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
  'Джоанна':'555-3333'} Enter
2 >>> if 'Крис' in phonebook: Enter
3         print(phonebook['Крис']) Enter Enter
4
5 555-1111
6 >>>
```

Инструкция `if` в строке 2 определяет, имеется ли ключ `'Крис'` в словаре `phonebook`. Если он имеется, то инструкция в строке 3 показывает значение, которое связано с этим ключом.

Как продемонстрировано в приведенном ниже сеансе, проверить отсутствие ключа можно, применив оператор `not in`:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222'} Enter
2 >>> if 'Джоанна' not in phonebook: Enter
3         print('Джоанна не найдена.') Enter Enter
4
5 Джоанна не найдена.
6 >>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Следует иметь в виду, что сравнения строковых значений при помощи операторов `in` и `not in` регистрочувствительны.

Добавление элементов в существующий словарь

Словари являются мутируемыми объектами. В словарь можно добавлять новые пары "ключ : значение", используя для этого инструкцию присваивания в приведенном ниже общем формате:

имя_словаря[*ключ*] = *значение*

Здесь *имя_словаря* — это переменная, которая ссылается на словарь, *ключ* — это применяемый ключ. Если *ключ* уже в словаре существует, то присвоенное ему значение будет заменено *значением*. Если же *ключ* отсутствует, то он будет добавлен в словарь вместе со связанным с ним *значением*. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
  'Джоанна':'555-3333'} Enter
2 >>> phonebook['Джо'] = '555-0123' Enter
3 >>> phonebook['Крис'] = '555-4444' Enter
4 >>> phonebook Enter
5 {'Крис': '555-4444', 'Джоанна': '555-3333', 'Джо': '555-0123',
   'Кэти': '555-2222'}
6 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс.

- Строка 1 создает словарь, содержащий имена (в качестве ключей) и телефонные номера (в качестве значений).
- Инструкция в строке 2 добавляет в словарь `phonebook` новую пару "ключ : значение". Поскольку ключа `'Джо'` в словаре нет, эта инструкция добавляет ключ `'Джо'` вместе со связанным с ним значением `'555-0123'`.
- Инструкция в строке 3 изменяет значение, которое было связано с существующим ключом. Поскольку ключ `'Крис'` в словаре `phonebook` уже существует, эта инструкция меняет связанное с ним значение на `'555-4444'`.
- Строка 4 выводит содержимое словаря `phonebook`. Результат показан в строке 5.



ПРИМЕЧАНИЕ

В словаре нельзя иметь повторяющиеся ключи. Если присвоить значение существующему ключу, новое значение заменит существующее.

Удаление элементов

Существующую пару "ключ : значение" можно из словаря удалить при помощи инструкции `del`. Вот общий формат:

```
del имя_словаря[ключ]
```

В данном формате *имя_словаря* — это переменная, которая ссылается на словарь, *ключ* — это применяемый ключ. После исполнения этой инструкции *ключ* и связанное с ним значение будут из словаря удалены. Если *ключ* не существует, то будет вызвано исключение `KeyError`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
 1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
   'Джоанна':'555-3333'} Enter
 2 >>> phonebook Enter
 3 {'Chris': '555-1111', 'Джоанна': '555-3333', 'Кэти': '555-2222'}
 4 >>> del phonebook['Крис'] Enter
 5 >>> phonebook Enter
 6 {'Джоанна': '555-3333', 'Кэти': '555-2222'}
 7 >>> del phonebook['Крис'] Enter
 8 Traceback (most recent call last):
 9     File "<pyshell#5>", line 1, in <module>
10         del phonebook['Крис']
11 KeyError: 'Крис'
12 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс.

- Строка 1 создает словарь, а строка 2 показывает его содержимое.
- Строка 4 удаляет элемент с ключом `'Крис'`, строка 5 показывает содержимое словаря. В строке 6 можно увидеть результат — этот элемент в словаре больше не существует.
- Строка 7 пытается снова удалить элемент с ключом `'Крис'`. Поскольку этот элемент больше не существует, вызывается исключение `KeyError`.

Для того чтобы предотвратить вызов исключения `KeyError`, следует применить оператор `in`, который определит, имеется ли ключ в словаре, перед попыткой его удалить вместе со связанным с ним значением. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
  'Джоанна':'555-3333'} Enter
2 >>> if 'Крис' in phonebook: Enter
3         del phonebook['Крис'] Enter Enter
4
5 >>> phonebook Enter
6 {'Джоанна': '555-3333', 'Кэти': '555-2222'}
7 >>>
```

Получение количества элементов в словаре

Для того чтобы получить количество элементов в словаре, можно применить встроенную функцию `len`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222'} Enter
2 >>> num_items = len(phonebook) Enter
3 >>> print(num_items) Enter
4 2
5 >>>
```

Вот краткое описание инструкций в этом сеансе.

- Строка 1 создает словарь с двумя элементами и присваивает его переменной `phonebook`.
- Строка 2 вызывает функцию `len`, передавая переменную `phonebook` в качестве аргумента. Эта функция возвращает значение 2, которое присваивается переменной `num_items`.
- Строка 3 передает переменню `num_items` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 4.

Смешивание типов данных в словаре

Как уже упоминалось ранее, ключи в словаре должны быть немутируемыми объектами, однако связанные с ними значения могут быть объектами любого типа. Например, как продемонстрировано в приведенном ниже интерактивном сеансе, значения могут быть списками. В этом сеансе мы создаем словарь, в котором ключами являются имена студентов, а значениями — списки экзаменационных оценок.

```
 1 >>> test_scores = { 'Кайла' : [88, 92, 100], Enter
 2                    'Луис' : [95, 74, 81], Enter
 3                    'Софи' : [72, 88, 91], Enter
 4                    'Итан' : [70, 75, 78] } Enter
 5 >>> test_scores Enter
 6 {'Кайла': [88, 92, 100], 'Софи': [72, 88, 91], 'Итан': [70, 75, 78],
 7 'Луис': [95, 74, 81]}
 8 >>> test_scores['Софи'] Enter
 9 [72, 88, 91]
10 >>> kayla_scores = test_scores['Кайла'] Enter
11 >>> print(kayla_scores) Enter
12 [88, 92, 100]
13 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс подробнее. Инструкция в строках 1–4 создает словарь и присваивает его переменной `test_scores` (экзаменационные оценки). Данный словарь содержит приведенные ниже четыре элемента.

- Первый элемент — `'Кайла':[88, 92, 100]`. Здесь ключом является `'Кайла'`, значением — список `[88, 92, 100]`.
- Второй элемент — `'Луис':[95, 74, 81]`. Здесь ключом является `'Луис'`, значением — список `[95, 74, 81]`.
- Третий элемент — `'Софи':[72, 88, 91]`. Здесь ключом является `'Софи'`, значением — список `[72, 88, 91]`.

- Четвертый элемент — `'Итан':[70, 75, 78]`. Здесь ключом является `'Итан'`, значением — список `[70, 75, 78]`.

Вот краткое описание остальной части данного сеанса.

- Строка 5 выводит содержимое словаря, как показано в строках 6–7.
- Строка 8 получает значение, которое связано с ключом `'Софи'`. Это значение выводится в строке 9.
- Строка 10 получает значение, которое связано с ключом `'Кайла'` и присваивает его переменной `kayla_scores`. После исполнения этой инструкции переменная `kayla_scores` ссылается на список `[88, 92, 100]`.
- Строка 11 передает переменную `kayla_scores` в функцию `print`. Вывод этой функции показан в строке 12.

Значения, хранящиеся в одном словаре, могут иметь разные типы. Например, значение некоторого элемента может быть строковым объектом, значение другого элемента — списком, а значение еще одного элемента — целым числом. Ключи тоже могут иметь разные типы, но они должны оставаться немутируемыми. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует, каким образом разные типы могут быть перемешаны в словаре:

```
1 >>> mixed_up = {'абв':1, 999:'тада тада', (3, 6, 9):[3, 6, 9]} Enter
2 >>> mixed_up Enter
3 {(3, 6, 9): [3, 6, 9], 'абв': 1, 999: 'тада тада'}
4 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает словарь и присваивает его переменной `mixed_up` (смесь). Этот словарь содержит приведенные ниже элементы.

- Первый элемент — `'абв':1`. В этом элементе ключом является строковый литерал `'абв'`, значением — целое число 1.
- Второй элемент — `999:'тада тада'`. В этом элементе ключом является целое число `999`, значением — строковое значение `'тада тада'`.
- Третий элемент — `(3, 6, 9):[3, 6, 9]`. В этом элементе ключом является кортеж `(3, 6, 9)`, значением — список `[3, 6, 9]`.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует более практический пример. Он создает словарь, который содержит различные порции данных о сотруднике:

```
1 >>> employee = {'фио':'Кевин Смит', 'ИД':12345, 'ставка':25.75} Enter
2 >>> employee Enter
3 {'ИД': 12345, 'ставка': 25.75, 'фио': 'Кевин Смит'}
4 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает словарь и присваивает его переменной `employee`. Данный словарь содержит приведенные ниже элементы.

- Первый элемент — `'фио':'Кевин Смит'`. Здесь ключом является строковый литерал `'фио'`, значением — строковое значение `'Кевин Смит'`.
- Второй элемент — `'ИД':12345`. В этом элементе ключом является строковый литерал `'ИД'`, значением — целое число `12345`.
- Третий элемент — `'ставка':25.75`. Здесь ключом является строковый литерал `'ставка'`, значением — число с плавающей точкой `25.75`.

Создание пустого словаря

Иногда требуется создать пустой словарь и добавлять в него элементы по мере выполнения программы. Для создания пустого словаря используются пустые фигурные скобки:

```
1 >>> phonebook = {} Enter
2 >>> phonebook['Крис'] = '555-1111' Enter
3 >>> phonebook['Кэти'] = '555-2222' Enter
4 >>> phonebook['Джоанна'] = '555-3333' Enter
5 >>> phonebook Enter
6 {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
7 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает пустой словарь и присваивает его переменной `phonebook`. Строки 2–4 добавляют пары "ключ : значение" в словарь, а инструкция в строке 5 выводит содержимое словаря.

Для создания пустого словаря также можно воспользоваться встроенным методом `dict()`:

```
phonebook = dict()
```

После исполнения этой инструкции переменная `phonebook` будет ссылаться на пустой словарь.

Применение цикла *for* для последовательного обхода словаря

Для перебора всех ключей словаря применяется цикл `for`:

```
for переменная in словарь:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

В данном формате *переменная* — это имя переменной, *словарь* — имя словаря. Этот цикл выполняет одну итерацию для каждого элемента в словаре. Во время каждой итерации цикла *переменной* присваивается ключ. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
 1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', Enter
 2                  'Кэти':'555-2222', Enter
 3                  'Джоанна':'555-3333'} Enter
 4 >>> for key in phonebook: Enter
 5         print(key) Enter Enter
 6
 7
 8 Крис
 9 Кэти
10 Джоанна
11 >>> for key in phonebook: Enter
12         print(key, phonebook[key]) Enter Enter
13
14
```

```
15 Крис 555-1111
16 Кэти 555-2222
17 Джоанна 555-3333
18 >>>
```

Вот краткое описание инструкций в данном сеансе.

- Строки 1–3 создают словарь с тремя элементами и присваивают его переменной `phonebook`.
- Строки 4–5 содержат цикл `for`, который выполняет одну итерацию для каждого элемента словаря `phonebook`. Во время каждой итерации цикла переменной `key` присваивается ключ. Строка 5 печатает значение переменной `key`. Строки 8–10 показывают результат работы цикла.
- Строки 11–12 содержат еще один цикл `for`, который делает одну итерацию для каждого элемента словаря `phonebook`, присваивая ключ переменной `key`. Строка 15 печатает переменную `key` и затем значение, которое связано с этим ключом. Строки 15–17 показывают результат работы цикла.

Несколько словарных методов

Объекты-словари имеют ряд методов. В этом разделе мы рассмотрим несколько наиболее полезных из них, которые приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Несколько словарных методов

Метод	Описание
`clear()`	Очищает содержимое словаря
`get()`	Получает значение, связанное с заданным ключом. Если ключ не найден, этот метод не вызывает исключение. Вместо этого он возвращает значение по умолчанию
`items()`	Возвращает все ключи в словаре и связанные с ними значения в виде последовательности кортежей
`keys()`	Возвращает все ключи в словаре в виде последовательности кортежей
`pop()`	Возвращает из словаря значение, связанное с заданным ключом и удаляет эту пару "ключ : значение". Если ключ не найден, этот метод возвращает значение по умолчанию
`popitem()`	Возвращает в виде кортежа последнюю добавленную в словарь пару "ключ : значение". Этот метод также удаляет пару "ключ : значение" из словаря
`values()`	Возвращает все значения из словаря в виде последовательности кортежей

Метод *clear()*

Метод `clear()` удаляет все элементы в словаре, оставляя словарь пустым. Общий формат этого метода:

```
словарь.clear()
```

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу этого метода:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222'} Enter
2 >>> phonebook Enter
```

```
3 {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222'}
4 >>> phonebook.clear() Enter
5 >>> phonebook Enter
6 {}
7 >>>
```

Обратите внимание, что после исполнения инструкции в строке 4 словарь `phonebook` больше элементов не содержит.

Метод *get()*

Для получения значения из словаря в качестве альтернативы оператору `[]` можно воспользоваться методом `get()`. Он не вызывает исключение, если заданный ключ не найден. Вот общий формат этого метода:

словарь`.get(`*ключ*`, `*значение_по_умолчанию*`)`

В данном формате *словарь* — это имя словаря, *ключ* — это искомый в словаре ключ, *значение_по_умолчанию* — значение, которое возвращается, если *ключ* не найден. Когда этот метод вызывается, он возвращает значение, которое связано с заданным ключом. Если заданный ключ в словаре не найден, то этот метод возвращает *значение_по_умолчанию*. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу этого метода:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222'} Enter
2 >>> value = phonebook.get('Кэти', 'Запись не найдена') Enter
3 >>> print(value) Enter
4 555-2222
5 >>> value = phonebook.get('Энди', 'Запись не найдена') Enter
6 >>> print(value) Enter
7 Запись не найдена
8 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс.

- Инструкция в строке 2 ищет в словаре `phonebook` ключ `'Кэти'`. Этот ключ найден, поэтому возвращается связанное с ним значение, которое затем присваивается переменной `value`.
- Строка 3 передает переменную `value` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 4.
- Инструкция в строке 5 ищет в словаре `phonebook` ключ `'Энди'`. Этот ключ не найден, поэтому переменной `value` присваивается строковый литерал `'Запись не найдена'`.
- Строка 6 передает переменную `value` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 7.

Метод *items()*

Метод `items()` возвращает все ключи словаря и связанные с ними значения. Они возвращаются в виде последовательности особого типа, которая называется *словарным представлением*. Каждый элемент в словарном представлении является кортежем, и каждый кортеж содержит ключ и связанное с ним значение. Например, предположим, что мы создали приведенный ниже словарь:

```
phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222', 'Джоанна':'555-3333'}
```

Если вызвать метод `phonebook.items()`, то он вернет приведенную ниже последовательность:

```
[('Крис', '555-1111'), ('Кэти', '555-2222'), ('Джоанна', '555-3333')]
```

Обратите внимание на следующие моменты:

- первым элементом в последовательности является кортеж `('Крис', '555-1111')`;
- вторым элементом в последовательности является кортеж `('Кэти', '555-2222')`;
- третьим элементом в последовательности является кортеж `('Джоанна', '555-3333')`.

Для того чтобы выполнить перебор кортежей в последовательности, можно применить цикл `for`. Вот пример:

```
>>> phonebook = {'Крис':'555-1111', Enter
                 'Кэти':'555-2222', Enter
                 'Джоанна':'555-3333'} Enter
>>> for key, value in phonebook.items(): Enter
        print(key, value) Enter Enter


Крис 555-1111
Кэти 555-2222
Джоанна 555-3333
>>>
```

Вот краткое описание инструкций в этом сеансе.

- Строки 1–3 создают словарь с тремя элементами и присваивают его переменной `phonebook`.
- Цикл `for` в строках 4–5 вызывает метод `phonebook.items()`, который возвращает последовательность кортежей, содержащих пары "ключ : значение" словаря. Данный цикл выполняет одну итерацию для каждого кортежа в последовательности. Во время каждой итерации цикла значения кортежа присваиваются переменным `key` и `value`. Строка 5 печатает значение переменной `key` и затем значение переменной `value`. Строки 8–10 показывают результат работы цикла.

Метод *keys()*

Метод `keys()` возвращает все ключи словаря в виде словарного представления, т. е. особого типа последовательности. Каждый элемент в словарном представлении является ключом словаря. Например, предположим, что мы создали такой словарь:

```
phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222', 'Джоанна':'555-3333'}
```

Если вызвать метод `phonebook.keys()`, то он вернет приведенную ниже последовательность:

```
['Крис', 'Кэти', 'Джоанна']
```

Приведенный ниже интерактивный сеанс показывает, каким образом можно применить цикл `for` для обхода последовательности, которая возвращается из метода `keys()`:

```
>>> phonebook = {'Крис':'555-1111', Enter
                 'Кэти':'555-2222', Enter
                 'Джоанна':'555-3333'} Enter
```

```
 4 >>> for key in phonebook.keys(): Enter
 5         print(key) Enter Enter
 6
 7
 8 Крис
 9 Кэти
10 Джоанна
11 >>>
```

Метод *pop()*

Метод `pop()` возвращает значение, связанное с заданным ключом, и удаляет эту пару "ключ : значение" из словаря. Если ключ не найден, то метод возвращает значение по умолчанию. Вот общий формат этого метода:

словарь`.pop(`*ключ*`, `*значение_по_умолчанию*`)`

В данном формате *словарь* — это имя словаря, *ключ* — это искомый в словаре ключ, *значение_по_умолчанию* — значение, которое возвращается, если *ключ* не найден. Когда этот метод вызывается, он возвращает значение, которое связано с заданным *ключом*, и удаляет эту пару "ключ : значение" из словаря. Если заданный *ключ* в словаре не найден, то метод возвращает *значение_по_умолчанию*. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
 1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', Enter
 2                  'Кэти':'555-2222', Enter
 3                  'Джоанна':'555-3333'} Enter
 4 >>> phone_num = phonebook.pop('Крис', 'Запись не найдена') Enter
 5 >>> phone_num Enter
 6 '555-1111'
 7 >>> phonebook Enter
 8 {'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
 9 >>> phone_num = phonebook.pop('Энди', 'Запись не найдена') Enter
10 >>> phone_num Enter
11 Запись не найдена
12 >>> phonebook Enter
13 {'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
14 >>>
```

Вот краткое описание инструкций в этом сеансе.

- Строки 1–3 создают словарь с тремя элементами и присваивают его переменной `phonebook`.
- Строка 4 вызывает метод `phonebook.pop()`, передавая `'Крис'` в качестве ключа поиска. Связанное с ключом `'Крис'` значение возвращается и присваивается переменной `phone_num`. Пара "ключ : значение", содержащая ключ `'Крис'`, удаляется из словаря.
- Строка 5 показывает значение, присвоенное переменной `phone_num`. Результат выводится в строке 6. Обратите внимание, что он представляет собой значение, которое было связано с ключом `'Крис'`.
- Строка 7 показывает содержимое словаря `phonebook`. Результат показан в строке 8. Обратите внимание, что пара "ключ : значение", которая содержала ключ `'Крис'`, больше в словаре не существует.

- Строка 9 вызывает метод `phonebook.pop()`, передавая `'Энди'` в качестве ключа поиска. Данный ключ не найден, поэтому переменной `phone_num` присваивается строковый литерал `'Запись не найдена'`.
- Строка 10 показывает значение, присвоенное переменной `phone_num`. Вывод показан в строке 11.
- Строка 12 показывает содержимое словаря `phonebook`. Результат показан в строке 13.

Метод *popitem()*

Метод `popitem()` выполняет два действия: во-первых, удаляет пару "ключ : значение", которая была в последний раз добавлена в словарь, и во-вторых, возвращает эту пару "ключ : значение" в виде кортежа. Вот общий формат метода:

```
словарь.popitem()
```

Для того чтобы присвоить возвращаемый ключ и значение отдельным переменным, инструкция присваивания применяется в приведенном ниже общем формате:

```
k, v = словарь.popitem()
```

Этот тип присваивания называется *кратным присваиванием*, потому что значения присваиваются сразу нескольким переменным. В приведенном выше общем формате *k* и *v* — это переменные. После исполнения этой инструкции переменной *k* присваивается произвольно выбранный из *словаря* ключ, а переменной *v* — значение, связанное с этим ключом. Пара "ключ : значение" удаляется из *словаря*.

Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
 1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', Enter
 2                  'Кэти':'555-2222', Enter
 3                  'Джоанна':'555-3333'} Enter
 4 >>> phonebook Enter
 5 {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
 6 >>> key, value = phonebook.popitem() Enter
 7 >>> print(key, value) Enter
 8 Крис 555-1111
 9 >>> phonebook Enter
10 {'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
11 >>>
```

Вот краткое описание инструкций в этом сеансе.

- Строки 1–3 создают словарь с тремя элементами и присваивают его переменной `phonebook`.
- Строка 4 выводит содержимое словаря, которое показано в строке 5.
- Строка 6 вызывает метод `phonebook.popitem()`. Возвращаемые из этого метода ключ и значение присваиваются переменным `key` и `value`. Пара "ключ : значение" удаляется из словаря.
- Строка 7 выводит значения, присвоенные переменным `key` и `value`. Результат показан в строке 8.
- Строка 9 выводит содержимое словаря. Результат показан в строке 10. Обратите внимание, что в строке 6 возвращенная из метода `popitem()` пара "ключ : значение" была удалена.

Следует иметь в виду, что если метод `popitem()` вызывается с пустым словарем, то он вызывает исключение `KeyError`.

Метод *values()*

Метод `values()` возвращает все значения словаря (без своих ключей) в виде словарного представления, т. е. особого типа последовательности. Каждый элемент в словарном представлении является значением из словаря. Например, предположим, что мы создали приведенный ниже словарь:

```
phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222', 'Джоанна':'555-3333'}
```

Если вызвать метод `phonebook.values()`, то он вернет такую последовательность:

```
['555-1111', '555-2222', '555-3333']
```

Приведенный ниже интерактивный сеанс показывает, каким образом можно применить цикл `for` для обхода последовательности, которая возвращается из метода `values()`:

```
>>> phonebook = {'Крис':'555-1111', Enter
                 'Кэти':'555-2222', Enter
                 'Джоанна':'555-3333'} Enter
>>> for val in phonebook.values(): Enter
        print(val) Enter Enter


555-1111
555-3333
555-2222
>>>
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение словаря для имитации карточной колоды

В некоторых играх, связанных с игральными картами, картам присваиваются числовые значения. Например, в игре блек-джек картам даются числовые значения:

- числовым картам присваивается значение, которое на них напечатано. Например, двойка пик равняется 2, а пятерка бубей равняется 5;
- валетам, дамам и королям назначается значение 10;
- тузам назначается 1 либо 11 в зависимости от выбора игрока.

В этой рубрике мы рассмотрим программу, которая применяет словарь для имитирования стандартной колоды игральных карт, где картам присваиваются числовые значения, подобные тем, которые используются в игре блек-джек. (В этой программе мы присваиваем всем тузам значение 1.) В парах "ключ : значение" достоинство карты используется в качестве ключа, а числовое значение карты — в качестве значения. Например, пара "ключ : значение" для дамы червей будет такой:

```
'Дама червей':10
```

А пара "ключ : значение" для восьмерки бубей будет такой:

```
'8 бубей':8
```

Программа предлагает пользователю ввести количество карт, которые нужно раздать, и произвольным образом раздает на руки это количество карт из колоды. Затем выводятся достоинства розданных карт, а также сумма их достоинств. В программе 9.1 приведен соответствующий код. Программа разделена на три функции: `main` (главная), `create_deck` (создать колоду) и `deal_cards` (раздать карты). Вместо того чтобы представлять всю программу целиком, давайте сначала рассмотрим главную функцию `main`.

Программа 9.1 (card_dealer.py). Главная функция

```
 1 # Эта программа применяет словарь в качестве колоды карт.
 2 import random
 3
 4 def main():
 5     # Создать колоду карт.
 6     deck = create_deck()
 7
 8     # Получить количество карт для раздачи.
 9     num_cards = int(input('Сколько карт раздать? '))
10
11     # Раздать карты.
12     deal_cards(deck, num_cards)
13
```

Строка 6 вызывает функцию `create_deck`. Она создает словарь, содержащий пары "ключ : значение" для колоды карт, и возвращает ссылку на словарь. Ссылка присваивается переменной `deck` (колода).

Строка 9 предлагает пользователю ввести количество карт для раздачи. Введенное значение конвертируется в целочисленный тип `int` и присваивается переменной `num_cards`.

Строка 12 вызывает функцию `deal_cards`, передавая ей в качестве аргументов переменные `deck` и `num_cards`. Функция `deal_cards` раздает заданное количество карт из колоды.

Далее идет функция `create_deck`.

Программа 9.1 (*продолжение*). **Функция `create_deck`**

```
14 # Функция create_deck возвращает словарь,
15 # представляющий колоду карт.
16
17 def create_deck():
18     # Создать словарь, в котором каждая карта и ее значение
19     # хранятся в виде пар ключ : значение.
20     deck = {'Туз пик':1, '2 пик':2, '3 пик':3,
21             '4 пик':4, '5 пик':5, '6 пик':6,
22             '7 пик':7, '8 пик':8, '9 пик':9,
23             '10 пик':10, 'Валет пик':10,
24             'Дама пик':10, 'Король пик': 10,
```

```
25
26              'Туз червей':1, '2 червей':2, '3 червей':3,
27              '4 червей':4, '5 червей':5, '6 червей':6,
28              '7 червей':7, '8 червей':8, '9 червей':9,
29              '10 червей':10, 'Валет червей':10,
30              'Дама червей':10, 'Король червей': 10,
31
32              'Туз треф':1, '2 треф':2, '3 треф':3,
33              '4 треф':4, '5 треф':5, '6 треф':6,
34              '7 треф':7, '8 треф':8, '9 треф':9,
35              '10 треф':10, 'Валет треф':10,
36              'Дама треф':10, 'Король треф': 10,
37
38              'Туз бубей':1, '2 бубей':2, '3 бубей':3,
39              '4 бубей':4, '5 бубей':5, '6 бубей':6,
40              '7 бубей':7, '8 бубей':8, '9 бубей':9,
41              '10 бубей':10, 'Валет бубей':10,
42              'Дама бубей':10, 'Король бубей': 10}
43
44      # Вернуть колоду.
45      return deck
46
```

Программный код в строках 20–42 создает словарь с парами "ключ : значение", представляющими карты стандартной игральной колоды. (Пустые строки 25, 31 и 37 вставлены, чтобы было легче читать программный код.)

Строка 45 возвращает ссылку на словарь.

Далее идет функция `deal_cards`.

Программа 9.1 (*окончание*). **Функция `deal_cards`**

```
47 # Функция deal_cards раздает заданное количество карт
48 # из колоды.
49
50 def deal_cards(deck, number):
51      # Инициализировать накопитель для количества карт на руках.
52      hand_value = 0
53
54      # Убедиться, что количество карт для раздачи
55      # не больше количества карт в колоде.
56      if number > len(deck):
57          number = len(deck)
58
59      # Раздать карты и накопить их значения.
60      for count in range(number):
61          card = random.choice(list(deck))
```

```
62          print(card)
63          hand_value += deck[card]
64
65      # Показать величину карт на руках.
66      print(f'Величина карт на руках: {hand_value}')
67
68 # Вызвать главную функцию.
69 if __name__ == '__main__':
70      main()
```

Функция `deal_cards` принимает два аргумента: количество карт для раздачи и колоду, из которой они раздаются. Строка 52 инициализирует накапливающую переменную `hand_value` (сумма достоинств карт на руках) значением 0. Инструкция `if` в строке 56 определяет, не превышает ли количество карт, подлежащих раздаче, количество карт в колоде. Если это так, то строка 57 задает количество раздаваемых карт равным количеству карт в колоде.

Цикл `for`, начинающийся в строке 60, повторяется один раз для каждой раздаваемой карты. Внутри цикла следующая далее инструкция в строке 61 получает случайно выбранный из словаря ключ:

```
card = random.choice(list(deck))
```

Выражение `list(deck)` возвращает список ключей словаря `deck`. Затем этот список передается в качестве аргумента в функцию `random.choice`, которая возвращает случайно выбранный из списка элемент. После выполнения этой инструкции переменная `card` будет ссылаться на случайно выбранный из словаря `deck` ключ. В строке 62 выводится название карты, а в строке 63 достоинство этой карты добавляется в накопитель `hand_value`.

После завершения цикла строка 66 показывает сумму достоинств комбинации карт на руках.

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько карт раздать? 5 Enter
8 червей
5 бубей
5 червей
Дама треф
10 пик
Величина карт на руках: 38
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Хранение имен и дней рождения в словаре

В этой рубрике мы рассмотрим программу, которая хранит в словаре имена ваших друзей и их дни рождения. Каждая запись в словаре использует имя друга в качестве ключа, а его день рождения в качестве значения. Эту программу можно использовать для поиска дней рождения друзей по вводимому имени.

Программа показывает меню, которое позволяет пользователю выбрать один из приведенных ниже вариантов действий:

1. Отыскать день рождения.
2. Добавить новый день рождения.
3. Изменить день рождения.
4. Удалить день рождения.
5. Выйти из программы.

Программа первоначально начинает работу с пустого словаря, поэтому вам нужно выбрать из меню пункт 2, чтобы добавить новую запись. Когда вы добавите несколько записей, можно выбрать пункт 1, чтобы отыскать день рождения определенного человека, пункт 3, чтобы изменить существующий день рождения в словаре, пункт 4, чтобы удалить день рождения из словаря, или пункт 5, чтобы выйти из программы.

В программе 9.2 приведен соответствующий код. Программа разделена на шесть функций: `main` (главная), `get_menu_choice` (получить пункт меню), `look_up` (отыскать), `add` (добавить), `change` (изменить) и `delete` (удалить). Вместо того чтобы приводить всю программу целиком, давайте сначала исследуем глобальные константы и главную функцию `main`.

Программа 9.2 (birthdays.py). Главная функция

```
# Эта программа применяет словарь для хранения
# имен и дней рождения друзей.

# Глобальные константы для пунктов меню
LOOK_UP = 1
ADD = 2
CHANGE = 3
DELETE = 4
QUIT = 5

# Главная функция.
def main():
    # Создать пустой словарь.
    birthdays = {}

    # Инициализировать переменную для выбора пользователя.
    choice = 0

    while choice != QUIT:
        # Получить выбранный пользователем пункт меню.
        choice = get_menu_choice()

        # Обработать выбранный вариант действий.
        if choice == LOOK_UP:
            look_up(birthdays)
        elif choice == ADD:
            add(birthdays)
```

```
28          elif choice == CHANGE:
29              change(birthdays)
30          elif choice == DELETE:
31              delete(birthdays)
32
```

Глобальные константы, объявленные в строках 5–9, используются для проверки выбранного пользователем пункта меню. В главной функции строка 14 создает пустой словарь, на который ссылается переменная `birthdays`. Строка 17 инициализирует переменную `choice` значением 0. Эта переменная содержит выбранный пользователем пункт меню.

Цикл `while`, который начинается в строке 19, повторяется до тех пор, пока пользователь не примет решение выйти из программы. Внутри цикла строка 21 вызывает функцию `get_menu_choice`. Эта функция выводит меню и возвращает сделанный пользователем выбор. Возвращенное значение присваивается переменной `choice`.

Инструкция `if-elif` в строках 24–31 обрабатывает выбранный пользователем пункт меню. Если пользователь выбирает пункт 1, то строка 25 вызывает функцию `look_up`. Если пользователь выбирает пункт 2, то строка 27 вызывает функцию `add`. Если пользователь выбирает пункт 3, то строка 29 вызывает функцию `change`. Если пользователь выбирает пункт 4, то строка 31 вызывает функцию `delete`.

Далее идет функция `get_menu_choice`.

Программа 9.2 (*продолжение*). **Функция `get_menu_choice`**

```
33 # Функция get_menu_choice выводит меню и получает
34 # проверенный на допустимость выбранный пользователем пункт.
35 def get_menu_choice():
36     print()
37     print('Друзья и их дни рождения')
38     print('------------------------')
39     print('1. Найти день рождения')
40     print('2. Добавить новый день рождения')
41     print('3. Изменить день рождения')
42     print('4. Удалить день рождения')
43     print('5. Выйти из программы')
44     print()
45
46     # Получить выбранный пользователем пункт.
47     choice = int(input('Введите выбранный пункт: '))
48
49     # Проверить выбранный пункт на допустимость.
50     while choice < LOOK_UP or choice > QUIT:
51         choice = int(input('Введите выбранный пункт: '))
52
53     # Вернуть выбранный пользователем пункт.
54     return choice
55
```

Инструкции в строках 36–44 выводят на экран меню. Строка 47 предлагает пользователю ввести выбранный пункт. Введенное значение приводится к типу `int` и присваивается переменной `choice`. Цикл `while` в строках 50–51 проверяет введенное пользователем значение на допустимость и при необходимости предлагает пользователю ввести выбранный пункт повторно. Как только вводится допустимый пункт меню, он возвращается из функции в строке 54.

Далее идет функция `look_up`.

Программа 9.2 (*продолжение*). **Функция `look_up`**

```
56 # Функция look_up отыскивает имя
57 # в словаре birthdays.
58 def look_up(birthdays):
59     # Получить искомое имя.
60     name = input('Введите имя: ')
61
62     # Отыскать его в словаре.
63     print(birthdays.get(name, 'Не найдено.'))
64
```

Задача функции `look_up` состоит в том, чтобы позволить пользователю отыскать день рождения друга. В качестве аргумента она принимает словарь. Строка 60 предлагает пользователю ввести имя, строка 63 передает это имя в словарную функцию `get` в качестве аргумента. Если имя найдено, то возвращается связанное с ним значение (день рождения друга), которое затем выводится на экран. Если имя не найдено, то выводится строковый литерал `'Не найдено.'`.

Далее идет функция `add`.

Программа 9.2 (*продолжение*). **Функция `add`**

```
65 # Функция add добавляет новую запись
66 # в словарь birthdays.
67 def add(birthdays):
68     # Получить имя и день рождения.
69     name = input('Введите имя: ')
70     bday = input('Введите день рождения: ')
71
72     # Если имя не существует, то его добавить.
73     if name not in birthdays:
74         birthdays[name] = bday
75     else:
76         print('Эта запись уже существует.')
77
```

Задача функции `add` состоит в том, чтобы позволить пользователю добавить в словарь новый день рождения. В качестве аргумента она принимает словарь. Строки 69 и 70 предлагают пользователю ввести имя и день рождения. Инструкция `if` в строке 73 определяет, есть ли это имя в словаре. Если его нет, то строка 74 добавляет новое имя и день рождения в сло-

варь. В противном случае в строке 76 печатается сообщение о том, что запись уже существует.

Далее идет функция `change`.

Программа 9.2 (*продолжение*). **Функция change**

```
78 # Функция change изменяет существующую
79 # запись в словаре birthdays.
80 def change(birthdays):
81     # Получить искомое имя.
82     name = input('Введите имя: ')
83
84     if name in birthdays:
85         # Получить новый день рождения.
86         bday = input('Введите новый день рождения: ')
87
88         # Обновить запись.
89         birthdays[name] = bday
90     else:
91         print('Это имя не найдено.')
92
```

Задача функции `change` состоит в том, чтобы позволить пользователю изменить существующий день рождения в словаре. В качестве аргумента она принимает словарь. Строка 82 получает от пользователя имя. Инструкция `if` в строке 84 определяет, есть ли имя в словаре. Если да, то строка 86 получает новый день рождения, а строка 89 сохраняет этот день рождения в словаре. Если имени в словаре нет, то строка 91 печатает соответствующее сообщение.

Далее идет функция `delete`.

Программа 9.2 (*окончание*). **Функция delete**

```
 93 # Функция delete удаляет запись из
 94 # словаря birthdays.
 95 def delete(birthdays):
 96     # Получить искомое имя.
 97     name = input('Введите имя: ')
 98
 99     # Если имя найдено, то удалить эту запись.
100     if name in birthdays:
101         del birthdays[name]
102     else:
103         print('Это имя не найдено.')
104
105 # Вызвать главную функцию.
106 if __name__ == '__main__':
107     main()
```

Задача функции `delete` состоит в том, чтобы позволить пользователю удалить существующий день рождения из словаря. В качестве аргумента она принимает словарь. Строка 97 получает от пользователя имя. Инструкция `if` в строке 100 определяет, есть ли имя в словаре. Если да, то строка 101 его удаляет. Если имени в словаре нет, то строка 103 печатает соответствующее сообщение.

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Друзья и их дни рождения
-----------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 2 Enter
Введите имя: Кэмерон Enter
Введите день рождения: 10/12/1990 Enter

Друзья и их дни рождения
-----------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 2 Enter
Введите имя: Кэтрин Enter
Введите день рождения: 5/7/1989 Enter

Друзья и их дни рождения
-----------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1 Enter
Введите имя: Кэмерон Enter
10/12/1990

Друзья и их дни рождения
-----------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
```

```
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1 [Enter]
Введите имя: Кэтрин [Enter]
5/7/1989

Друзья и их дни рождения
------------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 3 [Enter]
Введите имя: Кэтрин [Enter]
Введите новый день рождения: 5/7/1988 [Enter]

Друзья и их дни рождения
------------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1 [Enter]
Введите имя: Кэтрин [Enter]
5/7/1988

Друзья и их дни рождения
------------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 4 [Enter]
Введите имя: Кэмерон [Enter]

Друзья и их дни рождения
------------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
```

```
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1 Enter
Введите имя: Кэмерон Enter
Не найдено.

Друзья и их дни рождения
------------------------
1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 5 Enter
```

Включение в словарь

Включение в словарь — это выражение, которое читает последовательность входных элементов и использует эти входные элементы для создания словаря. Включение в словарь аналогично включению в список, которое обсуждалось в *главе 7*.

Например, посмотрите на приведенный ниже список чисел:

```
numbers = [1, 2, 3, 4]
```

Предположим, мы хотим создать словарь, содержащий все элементы списка чисел в качестве ключей, а квадраты этих ключей — в качестве значений. Другими словами, мы хотим создать словарь, содержащий вот такие элементы:

```
{1:1, 2:4, 3:9, 4:16}
```

Если бы мы не знали, как писать включения, вероятно, для создания словаря мы написали бы программный код, подобный приведенному ниже.

```
squares = {}
for item in numbers:
    squares[item] = item**2
```

Однако, если мы используем включение в словарь, то можем сделать то же самое одной строкой кода:

```
squares = {item:item**2 for item in numbers}
```

Выражение включения в словарь находится справа от оператора = и заключено в фигурные скобки ({}). Как показано на рис. 9.1, включение в словарь начинается с *выражения результата*, за которым следует *выражение итерации*.

В приведенном выше примере выражением результата является `item:item**2`, а выражением итерации — `for item in numbers`.

Выражение итерации работает как цикл `for`, перебирая элементы списка чисел `numbers`. На каждой итерации элементу целевой переменной присваивается значение `item`. В конце каж-

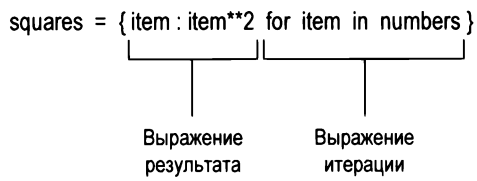


РИС. 9.1. Части включения в словарь

дой итерации выражение результата используется для создания элемента словаря, в котором ключ является `item`, а значение — `item**2`. Следующий ниже интерактивный сеанс демонстрирует приведенный выше фрагмент кода:

```
>>> numbers = [1, 2, 3, 4] Enter
>>> squares = {item:item**2 for item in numbers} Enter
>>> numbers Enter
[1, 2, 3, 4]
>>> squares Enter
{1: 1, 2: 4, 3: 9, 4: 16}
>>>
```

Вы также можете использовать существующий словарь, подавая его на вход операции включения в словарь. Например, предположим, что у нас есть словарь `phonebook` с телефонными номерами:

```
phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222', 'Джоанна':'555-3333'}
```

В следующей инструкции включение в словарь используется для создания копии словаря `phonebook`:

```
phonebook_copy = {k:v for k,v in phonebook.items()}
```

В этом примере выражением результата является `k:v`, а выражением итерации — `for k,v in phonebook.items()`.

Обратите внимание, что в выражении итерации вызывается метод `items` словаря `phonebook`. Метод `items` возвращает все элементы словаря в виде приведенной ниже последовательности кортежей:

```
[('Крис','555-1111'), ('Кэти','555-2222'), ('Джоанна','555-3333')]
```

Выражение итерации будет выполнять обход последовательности кортежей. На каждой итерации переменной `k` присваивается первый элемент кортежа (ключ), а переменной `v` присваивается второй элемент кортежа (значение). В конце каждой итерации выражение результата используется для создания элемента словаря, в котором ключом является `k`, а значением — `v`. Следующий интерактивный сеанс демонстрирует приведенный выше фрагмент кода:

```
>>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
'Джоанна':'555-3333'} Enter
>>> phonebook_copy = {k:v for (k,v) in phonebook.items()} Enter
>>> phonebook Enter
{'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
>>> phonebook_copy Enter
{'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
>>>
```

Использование условий *if* с операциями включения в словарь

Иногда во время обработки словаря требуется выбирать только те или иные элементы. Например, предположим, что у нас есть следующий ниже словарь численности населения `populations`:

```
populations = {'Нью-Йорк': 8398748, 'Лос-Анджелес': 3990456,
               'Чикаго'  : 2705994, 'Хьюстон'     : 2325502,
               'Феникс'  : 1660272, 'Филадельфия' : 1584138}
```

В каждом элементе этого словаря ключом служит название города, а значением — население города. Предположим, мы хотим создать второй словарь, который является копией словаря `populations`, но содержит элементы только для городов с населением более 2 000 000 человек. Приведенный ниже фрагмент кода выполняет это с помощью обычного цикла `for`:

```
largest = {}
for k, v in populations.items():
    if v > 2000000:
        largest[k] = v
```

Этот тип операции также можно выполнить путем добавления условия `if` во включение в словарь. Вот общий формат:

```
{выражение_результата выражение_итерации условие_if}
```

Условие `if` действует как фильтр, позволяя выбирать те или иные элементы из входной последовательности. Следующий фрагмент кода демонстрирует, каким образом можно переписать приведенный выше фрагмент кода, используя включения в словарь с условием `if`:

```
largest = {k:v for k,v in populations.items() if v > 2000000}
```

В этом включении в словарь выражением итерации является `for k,v in populations.items()`, условием `if` — `if v > 2000000`, а выражением результата — `k:v`.

После выполнения этого фрагмента кода словарь будет содержать:

```
{'Нью-Йорк': 8398748, 'Лос-Анджелес': 3990456, 'Чикаго': 2705994,
'Хьюстон': 2325502}
```



Контрольная точка

9.1. Элемент в словаре имеет две части. Как они называются?

9.2. Какая часть элемента словаря должна быть немутируемой?

9.3. Предположим, что `'старт':1472` является элементом словаря. Что является ключом? И что является значением?

9.4. Предположим, что создан словарь с именем `employee`. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
employee['id'] = 54321
```

9.5. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
stuff = {1:'ааа', 2:'ббб', 3:'ввв'}
print(stuff[3])
```

9.6. Как определить, существует ли пара "ключ : значение" в словаре?

9.7. Предположим, что существует словарь `inventory`. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
del inventory[654]
```

9.8. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
stuff = {1:'aaa', 2:'ббб', 3:'ввв'}
print(len(stuff))
```

9.9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
stuff = {1:'aaa', 2:'ббб', 3:'ввв'}
for k in stuff:
    print(k)
```

9.10. В чем разница между словарными методами `pop()` и `popitem()`?

9.11. Что возвращает метод `items()`?

9.12. Что возвращает метод `keys()`?

9.13. Что возвращает метод `values()`?

9.14. Предположим, что существует следующий список:

```
names = ['Крис', 'Кэти', 'Джоанна', 'Курт']
```

Напишите инструкцию с использованием включения в словарь для создания словаря, в котором каждый элемент содержит имя из списка `names` в качестве ключа и длину этого имени в качестве значения.

9.15. Предположим, что существует следующий словарь:

```
phonebook = {'Крис':'919-555-1111', 'Кэти':'828-555-2222',
             'Джоанна':'704-555-3333', 'Курт':'919-555-3333'}
```

Напишите инструкцию с использованием включения в словарь для создания второго словаря, содержащего элементы телефонной книги `phonebook`, которые имеют значения, начинающееся с `'919'`.



9.2 Множества

Ключевые положения

Множество — это объект-контейнер уникальных значений, который работает как математическое множество.



Видеозапись "Введение в множества" (Introduction to Sets)

Множество — это объект, который хранит коллекцию данных таким же образом, что и математические множества. Вот несколько важных моментов, которые следует знать о множествах.

- Все элементы в множестве должны быть уникальными. Никакие два элемента не могут иметь одинаковое значение.

- Множества не упорядочены, т. е. элементы в множестве не хранятся в каком-то определенном порядке.
- Хранящиеся в множестве элементы могут иметь разные типы данных.

Создание множества

Для того чтобы создать множество, необходимо вызвать встроенную функцию `set`. Вот пример создания пустого множества:

```
myset = set()
```

После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на пустое множество. В функцию `set` можно также передать один аргумент. Передаваемый аргумент должен быть объектом, который содержит итерируемые элементы, такие как список, кортеж или строковое значение. Отдельные элементы объекта, передаваемого в качестве аргумента, становятся элементами множества. Вот пример:

```
myset = set(['а', 'б', 'в'])
```

В этом примере в функцию `set` в качестве аргумента передается список. После исполнения этой инструкции переменная `myset` ссылается на множество, содержащее элементы `'а'`, `'б'` и `'в'`.

Если в качестве аргумента в функцию `set` передать строковое значение, то каждый отдельный символ в строковом значении становится членом множества. Вот пример:

```
myset = set('абв')
```

После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на множество, содержащее элементы `'а'`, `'б'` и `'в'`.

Множества не могут содержать повторяющиеся элементы. Если в функцию `set` передать аргумент, содержащий повторяющиеся элементы, то в множестве появится только один из этих повторяющихся элементов. Вот пример:

```
myset = set('ааабв')
```

Символ `'а'` встречается в строковом значении многократно, но в множестве он появится только один раз. После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на множество, содержащее элементы `'а'`, `'б'` и `'в'`.

А как быть, если нужно создать множество, в котором каждый элемент является строковым значением, содержащим более одного символа? Например, как создать множество с элементами `'один'`, `'два'` и `'три'`? Приведенный ниже фрагмент кода эту задачу не выполнит, потому что в функцию `set` можно передавать не более одного аргумента:

```
# Это ОШИБКА!
myset = set('один', 'два', 'три')
```

Приведенный ниже пример тоже не выполнит эту задачу:

```
# Это не делает того, что мы хотим.
myset = set('один два три')
```

После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на множество, содержащее элементы `' '`, `'а'`, `'в'`, `'д'`, `'и'`, `'н'`, `'о'`, `'р'` и `'т'`. Для того чтобы создать множество, которое нам требуется, необходимо в качестве аргумента в функцию `set` передать список, содержащий строковые значения `'один'`, `'два'` и `'три'`. Вот пример:

```
# А теперь это работает.
myset = set(['один', 'два', 'три'])
```

После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на множество, содержащее элементы `'один'`, `'два'` и `'три'`.

Получение количества элементов в множестве

Как и со списками, кортежами и словарями, функция `len` используется для получения количества элементов в множестве. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3, 4, 5]) Enter
2 >>> len(myset) Enter
3 5
4 >>>
```

Добавление и удаление элементов

Множества являются мутируемыми объектами, поэтому элементы можно в них добавлять и удалять из них. Для добавления элемента в множество используется метод `add()`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> myset = set() Enter
2 >>> myset.add(1) Enter
3 >>> myset.add(2) Enter
4 >>> myset.add(3) Enter
5 >>> myset Enter
6 {1, 2, 3}
7 >>> myset.add(2) Enter
8 >>> myset
9 {1, 2, 3}
```

Инструкция в строке 1 создает пустое множество и присваивает его переменной `myset`. Инструкции в строках 2–4 добавляют в множество значения 1, 2 и 3. Строка 5 показывает содержимое множества, которое выводится в строке 6.

Инструкция в строке 7 пытается добавить в множество значение 2. Однако значение 2 уже в множестве есть. Если попытаться методом `add()` добавить в множество повторяющийся элемент, то этот метод не вызовет исключение. Он просто не добавит элемент.

В множество можно добавить сразу всю группу элементов при помощи метода `update()`. При вызове метода `update()` в качестве аргумента передается объект, который содержит итерируемые элементы, такие как список, кортеж, строковое значение или другое множество. Отдельные элементы объекта, передаваемого в качестве аргумента, становятся элементами множества. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3]) Enter
2 >>> myset.update([4, 5, 6]) Enter
3 >>> myset Enter
4 {1, 2, 3, 4, 5, 6}
5 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает множество, содержащее значения 1, 2 и 3. Строка 2 добавляет значения 4, 5 и 6. Приведенный ниже сеанс показывает еще один пример:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3]) Enter
2 >>> set2 = set([8, 9, 10]) Enter
3 >>> set1.update(set2) Enter
4 >>> set1
5 {1, 2, 3, 8, 9, 10}
6 >>> set2 Enter
7 {8, 9, 10}
8 >>>
```

Строка 1 создает множество, содержащее значения 1, 2 и 3, и присваивает его переменной `set1`. Строка 2 создает множество, содержащее значения 8, 9 и 10, и присваивает его переменной `set2`. Строка 3 вызывает метод `set1.update()`, передавая `set2` в качестве аргумента. В результате элемент `set2` добавляется в `set1`. Обратите внимание, что `set2` остается без изменений. Приведенный ниже сеанс показывает еще один пример:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3]) Enter
2 >>> myset.update('abc') Enter
3 >>> myset Enter
4 {1, 2, 3, 'a', 'c', 'b'}
5 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает множество, содержащее значения 1, 2 и 3. Строка 2 вызывает метод `myset.update()`, передавая строковое значение `'abc'` в качестве аргумента. В результате каждый символ в этом строковом значении добавляется как элемент в `myset`.

Элемент из множества можно удалить либо методом `remove()`, либо методом `discard()`. Удаляемый элемент передается в качестве аргумента в один из этих методов, и этот элемент удаляется из множества. Единственная разница между этими двумя методами состоит в том, как они себя ведут, когда указанный элемент в множестве не найден. Метод `remove()` вызывает исключение `KeyError`, а метод `discard()` исключение не вызывает. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
 1 >>> myset = set([1, 2, 3, 4, 5]) Enter
 2 >>> myset Enter
 3 {1, 2, 3, 4, 5}
 4 >>> myset.remove(1) Enter
 5 >>> myset Enter
 6 {2, 3, 4, 5}
 7 >>> myset.discard(5) Enter
 8 >>> myset Enter
 9 {2, 3, 4}
10 >>> myset.discard(99) Enter
11 >>> myset.remove(99) Enter
12 Traceback (most recent call last):
13    File "<pyshell#12>", line 1, in <module>
14      myset.remove(99)
15 KeyError: 99
16 >>>
```

Строка 1 создает множество с элементами 1, 2, 3, 4 и 5. Строка 2 показывает содержимое множества, которое выводится в строке 3. Строка 4 вызывает метод `remove()`, чтобы удалить из множества значение 1. Из результата, показанного в строке 6, видно, что значение 1 больше в множестве не существует. Строка 7 вызывает метод `discard()`, чтобы удалить из множества значение 5. Из результата, показанного в строке 9, видно, что значение 5 больше в множестве не существует. Строка 10 вызывает метод `discard()`, чтобы удалить из множества значение 99. Это значение в множестве не найдено, но метод `discard()` исключение не вызывает. Строка 11 вызывает метод `remove()`, чтобы удалить из множества значение 99. Поскольку это значение в множестве не существует, вызывается исключение `KeyError`, как показано в строках 12–15.

Все элементы множества можно удалить путем вызова метода `clear()`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3, 4, 5]) Enter
2 >>> myset Enter
3 {1, 2, 3, 4, 5}
4 >>> myset.clear() Enter
5 >>> myset Enter
6 set()
7 >>>
```

Инструкция в строке 4 вызывает метод `clear()` для опустошения множества. Обратите внимание: когда в строке 6 выводится содержимое пустого множества, интерпретатор показывает `set()`.

Применение цикла *for* для последовательного обхода множества

Для последовательного перебора всех элементов в множестве цикл `for` используется в приведенном ниже общем формате:

```
for переменная in множество:
    инструкция
    инструкция
    ...
```

В данном формате *переменная* — это имя переменной, *множество* — имя множества. Этот цикл делает одну итерацию для каждого элемента в множестве, во время которой *переменной* присваивается элемент. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот процесс:

```
1 >>> myset = set(['a', 'b', 'c']) Enter
2 >>> for val in myset: Enter
3         print(val) Enter Enter
4
5 a
6 b
7 c
8 >>>
```

Строки 2–3 содержат цикл `for`, который выполняет одну итерацию для каждого элемента множества `myset`. Во время каждой итерации цикла элемент множества присваивается переменной. Строка 3 печатает значение этой переменной. Строки 5–7 показывают результат работы цикла.

Применение операторов *in* и *not in* для проверки на принадлежность значения множеству

Оператор `in` используется для определения, существует ли значение в множестве. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу данного оператора:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3]) Enter
2 >>> if 1 in myset: Enter
3         print('Значение 1 находится в множестве.') Enter Enter
4
5 Значение 1 находится в множестве.
6 >>>
```

Инструкция `if` в строке 2 определяет, находится ли значение 1 в множестве `myset`. Если да, то инструкция в строке 3 показывает сообщение.

Как продемонстрировано в приведенном ниже сеансе, чтобы определить, что элемент в множестве не существует, используется оператор `not in`:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3]) Enter
2 >>> if 99 not in myset: Enter
3         print('Значение 99 не находится в множестве.') Enter Enter
4
5 Значение 99 не находится в множестве.
6 >>>
```

Объединение множеств

Объединение двух множеств — это операция, в результате которой получается множество, содержащее все элементы обоих множеств. В Python для получения объединения двух множеств вызывается метод `union()`. Вот общий формат вызова:

множество1`.union(`*множество2*`)`

В данном формате *множество1* и *множество2* — это множества. Данный метод возвращает множество, в которое входят элементы *множества1* и элементы *множества2*. Вот пример:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) Enter
3 >>> set3 = set1.union(set2) Enter
4 >>> set3 Enter
5 {1, 2, 3, 4, 5, 6}
6 >>>
```

Инструкция в строке 3 вызывает метод `union()` объекта `set1`, передавая `set2` в качестве аргумента. Этот метод возвращает множество, в которое входят все элементы `set1` и элементы `set2` (разумеется, без повторов). Получившееся множество присваивается переменной `set3`.

Для объединения двух множеств можно также использовать оператор |. Вот общий формат выражения с использованием оператора | с двумя множествами:

множество1 | *множество2*

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данное выражение возвращает множество, в которое входят элементы *множества1* и элементы *множества2*. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эту операцию:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) Enter
3 >>> set3 = set1 | set2 Enter
4 >>> set3 Enter
5 {1, 2, 3, 4, 5, 6}
6 >>>
```

Пересечение множеств

Пересечение двух множеств — это операция над множествами, при которой в итоговое множество входят только те элементы, которые находятся в обоих множествах. В Python для получения пересечения двух множеств вызывается метод `intersection()`. Вот общий формат вызова:

множество1`.intersection(`*множество2*`)`

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данный метод возвращает множество, в которое входят элементы, находящиеся одновременно в *множестве1* и в *множестве2*. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот метод:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) Enter
3 >>> set3 = set1.intersection(set2) Enter
4 >>> set3 Enter
5 {3, 4}
6 >>>
```

Инструкция в строке 3 вызывает метод `intersection()` объекта `set1`, передавая `set2` в качестве аргумента. Этот метод возвращает множество, в которое входят элементы, находящиеся одновременно в `set1` и в `set2`. Получившееся множество присваивается переменной `set3`.

Для нахождения пересечения двух множеств можно также использовать оператор `&`. Вот общий формат выражения с использованием оператора `&` с двумя множествами:

множество1 `&` *множество2*

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данное выражение возвращает множество, в которое входят элементы, находящиеся одновременно в *множестве1* и в *множестве2*. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эту операцию:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) Enter
3 >>> set3 = set1 & set2 Enter
4 >>> set3 Enter
5 {3, 4}
6 >>>
```

Разность множеств

Разность *множества1* и *множества2* — это все элементы *множества1*, не входящие в *множество2*. В Python для получения разности двух множеств вызывается метод `difference()`. Вот общий формат вызова:

```
множество1.difference(множество2)
```

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данный метод возвращает множество, в которое входят все элементы *множества1*, не входящие в *множество2*. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот метод:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) Enter
3 >>> set3 = set1.difference(set2) Enter
4 >>> set3 Enter
5 {1, 2}
6 >>>
```

Для нахождения разности двух множеств можно также использовать оператор -. Вот общий формат выражения с использованием оператора - с двумя множествами:

```
множество1 - множество2
```

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данное выражение возвращает множество, в которое входят все элементы *множества1*, не входящие в *множество2*. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эту операцию:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) Enter
3 >>> set3 = set1 - set2 Enter
4 >>> set3 Enter
5 {1, 2}
6 >>>
```

Симметричная разность множеств

Симметричная разность двух множеств — это множество, которое содержит элементы, не принадлежащие одновременно обоим исходным множествам. Иными словами, это элементы, которые входят в одно из множеств, но не входят в оба множества одновременно. В Python для получения симметричной разности двух множеств вызывается метод `symmetric_difference()`. Вот общий формат вызова:

```
множество1.symmetric_difference(множество2)
```

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данный метод возвращает множество, в которое входят элементы либо *множества1*, либо *множества2*, но не входят в оба множества одновременно. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот метод:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) Enter
3 >>> set3 = set1.symmetric_difference(set2) Enter
4 >>> set3 Enter
5 {1, 2, 5, 6}
6 >>>
```

Для нахождения симметричной разности двух множеств можно также использовать оператор ^. Вот общий формат выражения с использованием оператора ^ с двумя множествами:

множество1 ^ *множество2*

В данном формате *множество1* и *множество2* — это множества. Это выражение возвращает множество, в которое входят элементы либо *множества1*, либо *множества2*, но не входят в оба множества одновременно. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эту операцию:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) Enter
3 >>> set3 = set1 ^ set2 Enter
4 >>> set3 Enter
5 {1, 2, 5, 6}
6 >>>
```

Подмножества и надмножества

Предположим, что имеется два множества, и одно из этих множеств содержит все элементы другого множества. Вот пример:

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([2, 3])
```

В этом примере `set1` содержит все элементы `set2`. Это означает, что `set2` является *подмножеством* `set1`. Это также означает, что `set1` является *надмножеством* `set2`. В Python для определения, является ли одно из множеств подмножеством другого, вызывается метод `issubset()`. Вот общий формат вызова:

множество2`.issubset(`*множество1*`)`

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данный метод возвращает `True`, если *множество2* является подмножеством *множества1*. В противном случае он возвращает `False`.

Для того чтобы определить, является ли одно из множеств надмножеством другого, вызывается метод `issuperset()`. Вот общий формат вызова:

множество1`.issuperset(`*множество2*`)`

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данный метод возвращает `True`, если *множество1* является надмножеством *множества2*. В противном случае он возвращает `False`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эти методы:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
2 >>> set2 = set([2, 3]) Enter
3 >>> set2.issubset(set1) Enter
4 True
5 >>> set1.issuperset(set2) Enter
6 True
7 >>>
```

Для определения, является ли одно из множеств подмножеством другого, также применяется оператор <=, а для определения, является ли одно из множеств надмножеством другого,

используется оператор >=. Вот общий формат выражения с применением оператора <= с двумя множествами:

множество2 <= *множество1*

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данное выражение возвращает True, если *множество2* является подмножеством *множества1*. В противном случае оно возвращает False.

Вот общий формат выражения с использованием оператора >= с двумя множествами:

множество1 >= *множество2*

Здесь *множество1* и *множество2* — это множества. Данное выражение возвращает True, если *множество1* является надмножеством *множества2*. В противном случае оно возвращает False. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эти операции:

```
>>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) Enter
>>> set2 = set([2, 3]) Enter
>>> set2 <= set1 Enter
True
>>> set1 >= set2 Enter
True
>>> set1 <= set2 Enter
False
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Операции над множествами

В этой рубрике вы рассмотрите программу 9.3, которая демонстрирует различные операции над множествами. Данная программа создает два множества: одно содержит имена студентов из бейсбольной команды, другое — имена студентов из баскетбольной команды. Затем программа выполняет приведенные ниже операции:

- находит пересечение множеств, чтобы показать имена студентов, которые играют в обеих спортивных командах;
- находит объединение множеств, чтобы показать имена студентов, которые играют в любой команде;
- находит разность бейсбольного и баскетбольного множеств (*бейсбол – баскетбол*), чтобы показать имена студентов, которые играют в бейсбол, но не играют в баскетбол;
- находит разность баскетбольного и бейсбольного множеств (*баскетбол – бейсбол*), чтобы показать имена студентов, которые играют в баскетбол, но не играют в бейсбол;
- находит симметричную разность баскетбольного и бейсбольного множеств, чтобы показать имена студентов, которые занимаются одним из этих видов спорта, но не обоими одновременно.

Программа 9.3 (sets.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует различные операции над множествами.
2 baseball = set(['Джоди', 'Кармен', 'Аида', 'Алисия'])
3 basketball = set(['Ева', 'Кармен', 'Алисия', 'Сара'])
4
```

```
# Показать членов бейсбольного множества.
print('Эти студенты состоят в бейсбольной команде:')
for name in baseball:
    print(name)

# Показать членов баскетбольного множества.
print()
print('Эти студенты состоят в баскетбольной команде:')
for name in basketball:
    print(name)

# Продемонстрировать пересечение.
print()
print('Эти студенты играют и в бейсбол, и в баскетбол:')
for name in baseball.intersection(basketball):
    print(name)

# Продемонстрировать объединение.
print()
print('Эти студенты играют в одну или обе спортивные игры:')
for name in baseball.union(basketball):
    print(name)

# Продемонстрировать разность между бейсболом и баскетболом.
print()
print('Эти студенты играют в бейсбол, но не в баскетбол:')
for name in baseball.difference(basketball):
    print(name)

# Продемонстрировать разность между баскетболом и бейсболом.
print()
print('Эти студенты играют в баскетбол, но не в бейсбол:')
for name in basketball.difference(baseball):
    print(name)

# Продемонстрировать симметрическую разность.
print()
print('Эти студенты играют в одну из спортивных игр, но не в обе:')
for name in baseball.symmetric_difference(basketball):
    print(name)
```

Вывод программы

```
Эти студенты состоят в бейсбольной команде:
Аида
Кармен
Джоди
Алисия
```

```
Эти студенты состоят в баскетбольной команде:
Кармен
Ева
Алисия
Сара

Эти студенты играют и в бейсбол, и в баскетбол:
Кармен
Алисия

Эти студенты играют в одну или обе спортивные игры:
Алисия
Ева
Сара
Аида
Кармен
Джоди

Эти студенты играют в бейсбол, но не в баскетбол:
Аида
Джоди

Эти студенты играют в баскетбол, но не в бейсбол:
Ева
Сара

Эти студенты играют в одну из спортивных игр, но не в обе:
Ева
Сара
Аида
Джоди
```

Включение в множество

Включение в множество — это выражение, которое читает последовательность входных элементов и использует эти входные элементы для создания множества. Включение в множество работает так же, как включение в список, которое обсуждалось в *главе 7*, и записывается аналогично, как и включение в список. Отличие состоит в том, что включение в множество использует фигурные скобки (`{}`), а включение в список — квадратные скобки (`[]`).

Давайте рассмотрим несколько примеров. Предположим, у нас есть следующее множество:

```
set1 = set([1, 2, 3, 4, 5])
```

В приведенной ниже инструкции включение в множество используется для создания копии множества:

```
set2 = {item for item in set1}
```

Давайте рассмотрим еще один пример. Приведенный ниже фрагмент кода создает множество чисел, а затем создает второе множество, содержащее квадраты всех чисел из первого множества:

```
set1 = set([1, 2, 3, 4, 5])
set2 = {item**2 for item in set1}
```

С включением в множество также можно использовать условие `if`. Например, предположим, что множество содержит целые числа, и вы хотите создать второе множество, содержащее только целые числа из первого множества, которые меньше 10. Следующий фрагмент кода демонстрирует, как это делается с помощью включения в множество:

```
set1 = set([1, 20, 2, 40, 3, 50])
set2 = {item for item in set1 if item < 10}
```

После выполнения этого фрагмента кода множество `set2` будет содержать следующие значения:

```
{1, 2, 3}
```



Контрольная точка

9.16. Какими являются элементы множества: упорядоченными или неупорядоченными?

9.17. Позволяет ли множество хранить повторяющиеся элементы?

9.18. Как создать пустое множество?

9.19. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set('Юпитер')
```

9.20. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set(25)
```

9.21. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set('ъъъ эээ ююю яяя')
```

9.22. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set([1, 2, 2, 3, 4, 4, 4])
```

9.23. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set(['ъъъ', 'эээ', 'ююю', 'яяя'])
```

9.24. Как определяется количество элементов в множестве?

9.25. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set([10, 9, 8])
myset.update([1, 2, 3])
```

9.26. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set([10, 9, 8])
myset.update('абв')
```

9.27. В чем разница между методами `discard()` и `remove()`?

9.28. Как определить, принадлежит ли определенный элемент множеству?

9.29. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set([10, 20, 30])
set2 = set([100, 200, 300])
set3 = set1.union(set2)
```

9.30. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([3, 4, 5, 6])
set3 = set1.intersection(set2)
```

9.31. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([3, 4, 5, 6])
set3 = set1.difference(set2)
```

9.32. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([3, 4, 5, 6])
set3 = set2.difference(set1)
```

9.33. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set(['а', 'б', 'в'])
set2 = set(['б', 'в', 'г'])
set3 = set1.symmetric_difference(set2)
```

9.34. Взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([2, 3])
```

Какое множество является подмножеством другого?

Какое множество является надмножеством другого?



9.3 Сериализация объектов

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сериализация объекта — это процесс преобразования объекта в поток байтов, которые могут быть сохранены в файле для последующего извлечения. В Python сериализация объекта называется консервацией.

В *главе 6* вы научились сохранять данные в текстовом файле. Иногда возникает необходимость сохранить в файл содержимое сложного объекта, такого как словарь или множество. Самый простой способ сохранить объект в файле состоит в сериализации объекта. Когда объект *сериализуется*, он преобразуется в поток байтов, которые могут быть легко сохранены в файле для последующего извлечения.

В Python процесс сериализации объекта называется *консервацией*. Стандартная библиотека Python предоставляет модуль `pickle` (маринад), который располагает различными функциями для сериализации, или консервации, объектов.

После того как модуль `pickle` импортирован, для консервации объекта выполняются следующие шаги:

1. Открывается файл для двоичной записи.
2. Вызывается метод `dump()` модуля `pickle`, чтобы законсервировать объект и записать его в указанный файл.
3. После консервации всех объектов, которые требуется сохранить в файл, этот файл закрывается.

Рассмотрим эти шаги подробнее. Для того чтобы открыть файл для двоичной записи, в качестве режима доступа к файлу при вызове функции `open` используется строковый литерал `'wb'`. Например, приведенная ниже инструкция открывает файл с именем mydata.dat для двоичной записи:

```
outputfile = open('mydata.dat', 'wb')
```

После открытия файла для двоичной записи вызывается функция `dump` модуля `pickle`. Вот общий формат функции `dump`:

```
pickle.dump(объект, файл)
```

В данном формате *`объект`* — это переменная, которая ссылается на объект, подлежащий консервации, *`файл`* — это переменная, которая ссылается на файловый объект. После выполнения этой функции программный объект, на который ссылается *`объект`*, будет сериализован и записан в файл. (Можно законсервировать объект практически любого типа, в том числе списки, кортежи, словари, множества, строковые значения, целые числа и числа с плавающей точкой.)

В файл можно сохранить столько законсервированных объектов, сколько необходимо. По завершении работы вызывается метод `close()` файлового объекта для закрытия файла. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует консервацию словаря:

```
>>> import pickle
>>> phonebook = {'Крис' : '555-1111',
                 'Кэти' : '555-2222',
                 'Джоанна' : '555-3333'}
```

```
5 >>> output_file = open('phonebook.dat', 'wb') Enter
6 >>> pickle.dump(phonebook, output_file) Enter
7 >>> output_file.close() Enter
8 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс.

- Строка 1 импортирует модуль `pickle`.
- Строки 2–4 создают словарь, содержащий имена (в качестве ключей) и телефонные номера (в качестве значений).
- Строка 5 открывает файл с именем phonebook.dat для двоичной записи.
- Строка 6 вызывает функцию `dump` модуля `pickle`, чтобы сериализовать словарь `phonebook` и записать его в файл phonebook.dat.
- Строка 7 закрывает файл phonebook.dat.

Однажды потребуется извлечь и расконсервировать объекты, которые были законсервированы ранее. Вот шаги, которые выполняются с этой целью:

1. Открывается файл для двоичного чтения.
2. Вызывается функция `load` модуля `pickle`, чтобы извлечь объект из файла и его расконсервировать.
3. После расконсервации из файла всех требующихся объектов этот файл закрывается.

Рассмотрим эти шаги подробнее. Для того чтобы открыть файл для двоичного чтения, при вызове функции `open` следует в качестве режима доступа к файлу использовать строковый литерал `'rb'`. Например, приведенная ниже инструкция открывает файл с именем mydata.dat для двоичного чтения:

```
inputfile = open('mydata.dat', 'rb')
```

После открытия файла для двоичного чтения вызывается функция `load` модуля `pickle`. Вот общий формат инструкции, которая вызывает функцию `load`:

```
объект = pickle.load(файл)
```

В данном формате *объект* — это переменная, *файл* — переменная, которая ссылается на файловый объект. После исполнения этой функции переменная *объект* будет ссылаться на объект, который был извлечен из файла и расконсервирован.

Из файла можно расконсервировать столько объектов, сколько необходимо. (Если попытаться прочитать за пределами конца файла, то функция `load` вызовет исключение `EOFError` (ошибка конца файла).) По завершении работы вызывается метод `close()` файлового объекта для закрытия файла. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует расконсервацию словаря `phonebook`, который был законсервирован в предыдущем сеансе:

```
1 >>> import pickle Enter
2 >>> input_file = open('phonebook.dat', 'rb') Enter
3 >>> pb = pickle.load(inputfile) Enter
4 >>> pb Enter
5 {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
6 >>> input_file.close() Enter
7 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс.

- Строка 1 импортирует модуль `pickle`.
- Строка 2 открывает файл с именем phonebook.dat для двоичного чтения.
- Строка 3 вызывает функцию `load` модуля `pickle`, чтобы извлечь и расконсервировать объект из файла phonebook.dat. Полученный объект присваивается переменной `pb`.
- Строка 4 показывает словарь, на который ссылается переменная `pb`. Результат выводится в строке 5.
- Строка 6 закрывает файл phonebook.dat.

В программе 9.4 приведен пример кода, который демонстрирует консервацию объектов. Здесь предлагается пользователю ввести персональные данные (имя, возраст и массу тела) людей в том количестве, в каком он пожелает. Во время ввода сведений о каждом отдельном человеке эта информация сохраняется в словаре, и затем словарь консервируется и сохраняется в файле info.dat. После завершения работы программы файл info.dat будет содержать законсервированный объект-словарь для каждого человека, информацию о котором пользователь ввел во время работы с программой.

Программа 9.4 **(pickle_objects.py)**

```
 1 # Эта программа демонстрирует консервацию объектов.
 2 import pickle
 3
 4 # Главная функция.
 5 def main():
 6     again = 'д' # Для управления повторением цикла
 7
 8     # Открыть файл для двоичной записи.
 9     output_file = open('info.dat', 'wb')
10
11     # Получать данные, пока пользователь не решит прекратить.
12     while again.lower() == 'д':
13         # Получить данные о человеке и сохранить их.
14         save_data(output_file)
15
16         # Пользователь желает ввести еще данные?
17         again = input('Желаете ввести еще данные? (д/н): ')
18
19     # Закрыть файл.
20     output_file.close()
21
22 # Функция save_data получает данные о человеке,
23 # сохраняет их в словаре и затем консервирует
24 # словарь в указанном файле.
25 def save_data(file):
26     # Создать пустой словарь.
27     person = {}
28
```

```
29      # Получить данные о человеке и сохранить
30      # их в словаре.
31      person['имя'] = input('Имя: ')
32      person['возраст'] = int(input('Возраст: '))
33      person['масса'] = float(input('Масса: '))
34
35      # Законсервировать словарь.
36      pickle.dump(person, file)
37
38 # Вызвать главную функцию.
39 if __name__ == '__main__':
40      main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Имя: Энджи Enter
Возраст: 25 Enter
Масса: 49 Enter
Желаете ввести еще данные? (д/н): д Enter
Имя: Карл Enter
Возраст: 28 Enter
Масса: 70 Enter
Желаете ввести еще данные? (д/н): н Enter
```

Давайте рассмотрим главную функцию.

- Переменная `again`, которая инициализирована в строке 6, используется для управления повторениями цикла.
- Строка 9 открывает файл info.dat для двоичной записи. Файловый объект присваивается переменной `output_file`.
- Цикл `while`, который начинается в строке 12, повторяется до тех пор, пока переменная `again` ссылается на `'д'` или `'Д'`.
- Внутри цикла `while` строка 14 вызывает функцию `save_data`, передавая переменную `output_file` в качестве аргумента. Задача функции `save_data` состоит в том, чтобы получить данные о человеке и сохранить их в файле как законсервированный объект-словарь.
- Строка 17 предлагает пользователю ввести `д` или `н`, чтобы указать, желает ли он продолжить ввод данных. Введенное значение присваивается переменной `again`.
- Вне цикла строка 20 закрывает файл.

Теперь давайте взглянем на функцию `save_data`.

- Строка 27 создает пустой словарь, на который ссылается переменная `person`.
- Строка 31 предлагает ввести имя человека и сохраняет введенное значение в словаре `person`. После исполнения этой инструкции словарь будет содержать пару "ключ : значение", в которой в качестве ключа будет строковый литерал `'имя'` и в качестве значения введенное пользователем имя.
- Строка 32 предлагает ввести возраст человека и сохраняет введенное значение в словаре `person`. После исполнения этой инструкции словарь будет содержать пару "ключ : значе-

ние", в которой в качестве ключа будет строковый литерал 'возраст' и в качестве значения введенный пользователем возраст.

- Строка 33 предлагает ввести массу тела человека и сохраняет введенное значение в словаре person. После исполнения этой инструкции словарь будет содержать пару "ключ : значение", в которой в качестве ключа будет строковый литерал 'масса' и в качестве значения — введенная масса.
- Строка 36 консервирует словарь person и записывает его в файл.

Программа 9.5 демонстрирует, как объект-словарь, который был законсервирован и сохранен в файле info.dat, можно извлечь и расконсервировать.

Программа 9.5 (unpickle_objects.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует расконсервацию объектов.
 2 import pickle
 3
 4 # Главная функция.
 5 def main():
 6     end_of_file = False # Для обозначения конца файла.
 7
 8     # Открыть файл для двоичного чтения.
 9     input_file = open('info.dat', 'rb')
10
11     # Прочитать файл до конца.
12     while not end_of_file:
13         try:
14             # Расконсервировать следующий объект.
15             person = pickle.load(input_file)
16
17             # Показать объект.
18             display_data(person)
19         except EOFError:
20             # Установить флаг, чтобы обозначить, что
21             # был достигнут конец файла.
22             end_of_file = True
23
24     # Закрыть файл.
25     input_file.close()
26
27 # Функция display_data показывает данные о человеке
28 # в словаре, который передан в качестве аргумента.
29 def display_data(person):
30     print('Имя:', person['имя'])
31     print('Возраст:', person['возраст'])
32     print('Масса:', person['масса'])
33     print()
34
```

```
35 # Вызвать главную функцию.
36 if __name__ == '__main__':
37     main()
```

Вывод программы

```
Имя: Энджи
Возраст: 25
Масса: 49.0

Имя: Карл
Возраст: 28
Масса: 70.0
```

Рассмотрим основную функцию.

- Переменная `end_of_file`, которая инициализирована в строке 6, используется для указания, достигла ли программа конца файла info.dat. Обратите внимание, что переменная инициализирована булевым значением `False`.
- Строка 9 открывает файл info.dat для двоичного чтения. Файловый объект присваивается переменной `input_file`.
- Цикл `while`, который начинается в строке 12, повторяется до тех пор, пока переменная `end_of_file` равна `False`.
- Внутри цикла `while` инструкция `try/except` появляется в строках 13–22.
- В группе `try` строка 15 считывает объект из файла, расконсервирует его и присваивает его переменной `person`. Если достигнут конец файла, то эта инструкция вызывает исключение `EOFError`, и программа перескакивает к выражению `except` в строке 19. В противном случае строка 18 вызывает функцию `display_data`, передавая переменную `person` в качестве аргумента.
- Когда происходит исключение `EOFError`, строка 22 присваивает переменной `end_of_file` значение `True`. В результате этого цикл `while` завершается.

Теперь рассмотрим функцию `display_data`.

- Когда эта функция вызывается, параметр `person` ссылается на словарь, который был передан в качестве аргумента.
- Строка 30 печатает значение, связанное с ключом `'имя'` в словаре `person`.
- Строка 31 печатает значение, связанное с ключом `'возраст'` в словаре `person`.
- Строка 32 печатает значение, связанное с ключом `'масса'` в словаре `person`.
- Строка 33 печатает пустую строку.



Контрольная точка

9.35. Что такое сериализация объекта?

9.36. Какой режим доступа к файлу используется, когда файл открывается с целью сохранения в нем законсервированного объекта?

9.37. Какой режим доступа к файлу используется, когда файл открывается с целью извлечения из него законсервированного объекта?

9.38. Какой модуль следует импортировать, если требуется законсервировать объекты?

9.39. Какая функция вызывается для консервации объекта?

9.40. Какая функция вызывается для извлечения и расконсервации объекта?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Оператор _____ используется для определения, имеется ли ключ в словаре.
   а) `&`;
   б) `in`;
   в) `^`;
   г) `?`.
2. Для удаления элемента из словаря используется _____.
   а) метод `remove()`;
   б) метод `erase()`;
   в) метод `delete()`;
   г) инструкция `del`.
3. Функция _____ возвращает количество элементов в словаре.
   а) `size()`;
   б) `len()`;
   в) `elements()`;
   г) `count()`.
4. Для создания словаря используется _____.
   а) `{}`;
   б) `()`;
   в) `[]`;
   г) `empty()`.
5. Метод _____ возвращает произвольно отобранные из словаря пары "ключ : значение".
   а) `pop()`;
   б) `random()`;
   в) `popitem()`;
   г) `rand_pop()`.
6. Метод _____ возвращает значение, связанное с заданным ключом, и удаляет из словаря пару "ключ : значение".
   а) `pop()`;
   б) `random()`;
   в) `popitem()`;
   г) `rand_pop()`.

7. Словарный метод _____ возвращает значение, связанное с заданным ключом. Если ключ не найден, то он возвращает значение по умолчанию.

   а) `pop();`

   б) `key();`

   в) `value();`

   г) `get()`.

8. Словарный метод _____ возвращает все ключи словаря и связанные с ними значения в виде последовательности кортежей.

   а) `keys_values();`

   б) `values();`

   в) `items();`

   г) `get()`.

9. Функция _____ возвращает количество элементов в множестве.

   а) `size();`

   б) `len();`

   в) `elements();`

   г) `count()`.

10. Метод _____ добавляет в множество один элемент.

    а) `append();`

    б) `add();`

    в) `update();`

    г) `merge()`.

11. Метод _____ добавляет в множество группу элементов.

    а) `append();`

    б) `add();`

    в) `update();`

    г) `merge()`.

12. Метод _____ удаляет элемент из множества, но не вызывает исключение, если элемент не найден.

    а) `remove();`

    б) `discard();`

    в) `delete();`

    г) `erase()`.

13. Метод _____ удаляет элемент из множества и вызывает исключение, если элемент не найден.

    а) `remove();`

    б) `discard();`

в) `delete()`;

г) `erase()`.

14. Оператор _____ используется для объединения двух множеств.

а) `|`;

б) `&`;

в) `-`;

г) `^`.

15. Оператор _____ используется для разности двух множеств.

а) `|`;

б) `&`;

в) `-`;

г) `^`.

16. Оператор _____ используется для пересечения двух множеств.

а) `|`;

б) `&`;

в) `-`;

г) `^`.

17. Оператор _____ используется для симметричной разности двух множеств.

а) `|`;

б) `&`;

в) `-`;

г) `^`.

Истина или ложь

1. Ключи в словаре должны быть мутируемыми объектами.
2. Словари не являются последовательностями.
3. Кортеж может быть ключом словаря.
4. Список может быть ключом словаря.
5. Словарный метод `popitem()` не генерирует исключение, если он вызывается с пустым словарем.
6. Приведенная ниже инструкция создает пустой словарь:

```
mydct = {}
```

7. Приведенная ниже инструкция создает пустое множество:

```
myset = ()
```

8. Множества хранят свои элементы в неупорядоченном виде.
9. В множестве можно хранить повторяющиеся элементы.
10. Метод `remove()` вызывает исключение, если заданный элемент в множестве не найден.

Короткий ответ

1. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
dct = {'понедельник':1, 'вторник':2, 'среда':3}
print(dct['вторник'])
```

2. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
dct = {'понедельник':1, 'вторник':2, 'среда':3}
print(dct.get('понедельник', 'Не найдено'))
```

3. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
dct = {'понедельник':1, 'вторник':2, 'среда':3}
print(dct.get('пятница', 'Не найдено'))
```

4. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
stuff = {'ааа' : 111, 'ббб' : 222, 'ввв' : 333}
print(stuff['ббб'])
```

5. Как удалить элемент из словаря?
6. Как определить количество элементов, которые хранятся в словаре?
7. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
dct = {1:[0, 1], 2:[2, 3], 3:[4, 5]}
print(dct[3])
```

8. Какие значения покажет приведенный ниже фрагмент кода? (Без учета порядка следования, в котором они будут показаны.)

```
dct = {1:[0, 1], 2:[2, 3], 3:[4, 5]}
for k in dct:
    print(k)
```

9. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set('Сатурн')
```

10. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set(10)
```

11. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set('а бб ввв гггг')
```

12. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set([2, 4, 4, 6, 6, 6, 6])
```

13. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set(['а', 'бб', 'ввв', 'гггг'])
```

14. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
myset = set('1 2 3')
print(len(myset))
```

15. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set([10, 20, 30, 40])
set2 = set([40, 50, 60])
set3 = set1.union(set2)
```

16. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set(['о', 'п', 'с', 'в'])
set2 = set(['а', 'п', 'р', 'с'])
set3 = set1.intersection(set2)
```

17. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set(['г', 'д', 'е'])
set2 = set(['а', 'б', 'в', 'г', 'д'])
set3 = set1.difference(set2)
```

18. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set(['г', 'д', 'е'])
set2 = set(['а', 'б', 'в', 'г', 'д'])
set3 = set2.difference(set1)
```

19. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set([1, 2, 3])
set2 = set([2, 3, 4])
set3 = set1.symmetric_difference(set2)
```

20. Взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
set1 = set([100, 200, 300, 400, 500])
set2 = set([200, 400, 500])
```

Какое множество является подмножеством другого множества?

Какое множество является надмножеством другого множества?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите инструкцию, которая создает словарь, содержащий приведенные ниже пары "ключ : значение":

```
'а' : 1
'б' : 2
'в' : 3
```

2. Напишите инструкцию, которая создает пустой словарь.

3. Предположим, что переменная dct ссылается на словарь. Напишите инструкцию if, которая определяет, существует ли в словаре ключ 'Джеймс'. Если существует, покажите значение, которое связано с этим ключом. Если ключа в словаре нет, то покажите соответствующее сообщение.
4. Предположим, что переменная dct ссылается на словарь. Напишите инструкцию if, которая определяет, существует ли в словаре ключ 'Джим'. Если существует, удалите ключ 'Джим' и связанное с ним значение.
5. Напишите фрагмент кода, который создает множество с приведенными далее целыми числами в качестве его членов: 10, 20, 30 и 40.
6. Допустим, что обе переменные set1 и set2 ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество, содержащее все элементы из set1 и set2, и присваивает получившееся множество переменной set3.
7. Допустим, что обе переменные set1 и set2 ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество, содержащее только те элементы, которые одновременно находятся в set1 и в set2, и присвойте получившееся множество переменной set3.
8. Допустим, что обе переменные set1 и set2 ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество, содержащее все элементы set1, не входящие в set2, и присвойте получившееся множество переменной set3.
9. Допустим, что обе переменные set1 и set2 ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество, содержащее все элементы set2, не входящие в set1, и присвойте получившееся множество переменной set3.
10. Допустим, что обе переменные set1 и set2 ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество с элементами, не принадлежащими одновременно set1 и set2, и присвойте получившееся множество переменной set3.
11. Предположим, что существует следующий список:

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
```

Напишите инструкцию, в которой используется включение в словарь для создания словаря, в котором каждый элемент содержит число из списка numbers в качестве ключа и произведение этого числа на 10 в качестве значения. Другими словами, словарь должен содержать следующие элементы:

```
{1: 10, 2: 20, 3: 30, 4: 40, 5: 50}
```

12. Предположим, что существует следующий словарь:

```
test_averages = {'Джанель': 98, 'Сэм': 87, 'Дженнифер': 92,
                 'Томас': 74, 'Салли': 89, 'Зеб':84}
```

Напишите инструкцию, в которой используется включение в словарь для создания второго словаря с именем high_scores. Словарь high_scores должен содержать все элементы словаря test_averages, в котором значение равно 90 или больше.

13. Предположим, что переменная dct ссылается на словарь. Напишите фрагмент кода, который консервирует словарь и сохраняет его в файле mydata.dat.
14. Напишите фрагмент кода, который извлекает и расконсервирует словарь, законсервированный в задании 11.

Упражнения по программированию

1. **Информация об учебных курсах.** Напишите программу, которая создает словарь, содержащий номера курсов и номера аудиторий, где проводятся курсы. Словарь должен иметь приведенные в табл. 9.2 пары "ключ : значение".

Таблица 9.2

Номер курса (ключ)	Номер аудитории (значение)
CS101	3004
CS102	4501
CS103	6755
CS104	1244
CS105	1411

Программа должна также создать словарь, содержащий номера курсов и имена преподавателей, которые ведут каждый курс. Словарь должен иметь приведенные в табл. 9.3 пары "ключ : значение".

Таблица 9.3

Номер курса (ключ)	Преподаватель (значение)
CS101	Хайнс
CS102	Альварадо
CS103	Рич
NT110	Берк
CM241	Ли

Программа также должна создать словарь, содержащий номера курсов и время проведения каждого курса. Словарь должен иметь приведенные в табл. 9.4 пары "ключ : значение".

Таблица 9.4

Номер курса (ключ)	Время (значение)
CS101	8:00
CS102	9:00
CS103	10:00
NT110	11:00
CM241	13:00

Программа должна позволить пользователю ввести номер курса, а затем показать номер аудитории, имя преподавателя и время проведения курса.

2. **Викторина со столицами.** Напишите программу, которая создает словарь, содержащий в качестве ключей названия американских штатов и в качестве значений — их столицы. (Список штатов и соответствующих им столиц можно найти в Интернете.) Затем программа должна провести викторину, случайным образом выводя название штата и предлагая ввести его столицу. Программа должна провести подсчет количества правильных и неправильных ответов. (Как вариант, вместо американских штатов программа может использовать названия стран и их столиц; названия достопримечательностей и городов, в которых эти шедевры находятся, и т. д.)


Видеозапись "Задача о викторине со столицами" (The Capital Quiz Problem)

3. **Шифрование и дешифрование файлов.** Напишите программу, которая применяет словарь для присвоения "кодов" каждой букве алфавита. Например:

```
codes = { 'А':'%', 'а':'9', 'Б':'@', 'б':'#' ...}
```

Здесь букве `А` присвоен символ `%`, букве `а` — число `9`, букве `Б` — символ `@` и т. д. Программа должна открыть заданный текстовый файл, прочитать его содержимое и применить словарь для записи зашифрованной версии содержимого файла во второй файл. Каждый символ во втором файле должен содержать код для соответствующего символа из первого файла.

Напишите вторую программу, которая открывает зашифрованный файл и показывает его дешифрованное содержимое на экране.

4. **Уникальные слова.** Напишите программу, которая открывает заданный текстовый файл и затем показывает список всех уникальных слов в файле. (*Подсказка*: храните слова в качестве элементов множества.)

5. **Частота слов.** Напишите программу, которая считывает содержимое текстового файла. Она должна создать словарь, в котором ключами являются отдельные слова в файле, а значениями — количество появлений каждого слова. Например, если слово `'это'` появляется 128 раз, то словарь должен содержать элемент с ключом `'это'` и значением 128. Программа должна либо показать частотность каждого слова, либо создать второй файл, содержащий список слов и их частот.

6. **Анализ файла.** Напишите программу, которая читает содержимое двух текстовых файлов и сравнивает их следующим образом:

   - показывает список всех уникальных слов, содержащихся в обоих файлах;
   - показывает список слов, входящих в оба файла;
   - показывает список слов из первого файла, не входящих во второй;
   - показывает список слов из второго файла, не входящих в первый;
   - показывает список слов, входящих либо в первый, либо во второй файл, но не входящих в оба файла одновременно.

   Подсказка: для выполнения этого анализа используйте операции над множествами.

7. **Победители Мировой серии.** Среди исходного кода *главы 9* вы найдете файл WorldSeriesWinners.txt. Он содержит хронологический список команд-победителей Мировой серии по бейсболу с 1903 по 2009 год. (Первая строка в файле является названием команды, которая победила в 1903 году, последняя строка — названием команды, которая победила в 2009 году. Обратите внимание, что Мировая серия не проводилась в 1904 и 1994 годах. В файле имеются указывающие на это пометки.)

Напишите программу, которая читает этот файл и создает словарь, в котором ключи — это названия команд, а связанные с ними значения — количество побед команды в Мировой серии. Программа также должна создать словарь, в котором ключи — это годы, а связанные с ними значения — названия команд, которые побеждали в том году.

Программа должна предложить пользователю ввести год в диапазоне между 1903 и 2009 годами и вывести название команды, которая выиграла Мировую серию в том году и количество побед команды в Мировой серии.

8. **Имена и адреса электронной почты.** Напишите программу, которая сохраняет имена и адреса электронной почты в словаре в виде пар "ключ : значение". Программа должна вывести меню, которое позволяет пользователю отыскать адрес электронной почты человека, добавить новое имя и адрес электронной почты, изменить существующий адрес электронной почты и удалить существующие имя и адрес электронной почты. Программа должна законсервировать словарь и сохранить его в файле при выходе пользователя из программы. При каждом запуске программы она должна извлекать словарь из файла и расконсервировать его.

9. **Имитация игры в блек-джек.** Ранее в этой главе вы рассмотрели программу card_dealer.py, которая имитирует раздачу игральных карт из колоды на руки. Усовершенствуйте программу так, чтобы она имитировала упрощенную версию игры в блек-джек между двумя виртуальными игроками. Карты имеют приведенные ниже значения.

   - Числовым картам присвоено значение, которое на них напечатано. Например, значение двойки пик равняется 2, значение пятерки бубей равняется 5.
   - Валетам, дамам и королям присвоено значение 10.
   - Тузам присвоено значение 1 или 11 в зависимости от выбора игрока.

   Программа должна раздавать карты каждому игроку до тех пор, пока карты на руках у одного из игроков не превысят 21 очко. Когда это происходит, другой игрок становится победителем. (Может возникнуть ситуация, когда карты на руках у обоих игроков превысят 21 очко; в этом случае победителя нет.) Программа должна повторяться до тех пор, пока все карты не будут розданы.

   Если игроку сдан туз, то программа должна определить значение этой карты согласно следующему правилу: туз равняется 11 очкам, если в результате добавления этой карты стоимость комбинации карт на руках у игрока не превысит 21 очко. В противном случае туз равняется 1 очку.

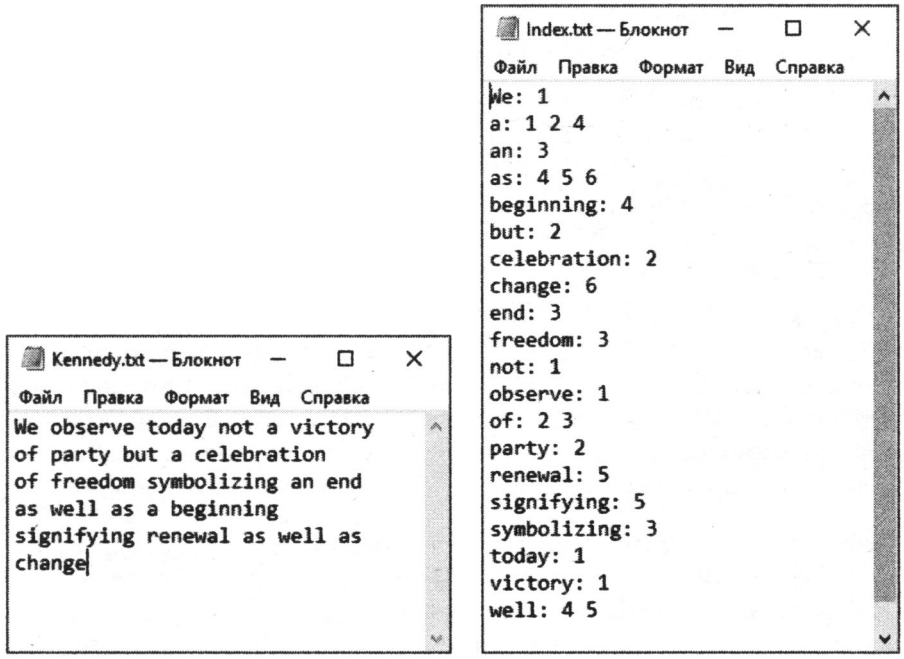
10. **Словарный индекс.** Напишите программу, которая читает содержимое текстового файла. Программа должна создать словарь, в котором пары "ключ : значение" описаны следующим образом:

    - ключ — ключами являются отдельные слова в файле;
    - значение — каждое значение является списком, который содержит номера строк в файле, где найдено слово (ключ).

    Например, предположим, что слово "робот" найдено в строках 7, 18, 94 и 138. Словарь будет содержать элемент, в котором ключом будет строковое значение "робот", а значением — список, содержащий номера 7, 18, 94 и 138.

    После создания словаря программа должна создать еще один текстовый файл, называемый словарным индексом, в котором приводится содержимое словаря. Словарный

индекс должен содержать список слов в алфавитном порядке, хранящихся в словаре в качестве ключей, и номера строк, в которых эти слова встречаются в исходном файле. На рис. 9.2 показан пример исходного текстового файла (Kennedy.txt) и его индексного файла (index.txt).



а *б*

РИС. 9.2. Пример исходного (*а*) и индексного файлов (*б*)

ГЛАВА 10

Классы и объектно-ориентированное программирование

10.1 Процедурное и объектно-ориентированное программирование

Ключевые положения

Процедурное программирование представляет собой метод написания программного обеспечения. Это практика программирования, в центре внимания которой находятся процедуры или действия, происходящие в программе. Основой объектно-ориентированного программирования служат объекты, которые создаются из абстрактных типов данных, объединяющих данные и функции.

В настоящее время применяются главным образом два метода программирования: процедурный и объектно-ориентированный. Первые языки программирования были процедурными, т. е. программа состояла из одной или нескольких процедур. *Процедура* может рассматриваться просто как функция, которая выполняет определенную задачу, такую как сбор вводимых пользователем данных, выполнение вычислений, чтение или запись файлов, вывод результатов и т. д. Программы, которые вы писали до сих пор, были по своей природе процедурными.

Как правило, процедуры оперируют элементами данных, которые существуют отдельно от процедур. В процедурной программе элементы данных обычно передаются из одной процедуры в другую. Как можно предположить, в центре процедурного программирования находится создание процедур, которые оперируют данными программы. По мере увеличения и усложнения программы разделение данных и программного кода, который оперирует данными, может привести к проблемам.

Например, предположим, что вы являетесь участником команды программистов, которая написала масштабную программу обработки базы данных клиентов. Эта программа первоначально разрабатывалась с использованием трех переменных, которые ссылаются на имя, адрес и телефонный номер клиента. Ваша работа состояла в том, чтобы разработать несколько функций, которые принимают эти три переменные в качестве аргументов и выполняют с ними операции. Созданный программный продукт успешно работал в течение некоторого времени, однако вашу команду попросили его обновить, внедрив несколько новых возможностей. Во время пересмотра версии ведущий программист вам сообщает, что имя, адрес и телефонный номер клиента больше не будут храниться в переменных. Вместо этого они будут храниться в списке. Это означает, что вам необходимо изменить все разработанные вами функции таким образом, чтобы они принимали список и работали с ним вместо этих трех переменных. Внесение таких масштабных модификаций не только предполагает большой объем работы, но и открывает возможность для внесения ошибок в программный код.

В отличие от процедурного программирования, в центре внимания которого находится создание процедур (функций), *объектно-ориентированное программирование (ООП)* сосредоточено на создании объектов. *Объект* — это программная сущность, которая содержит данные и процедуры. Находящиеся внутри объекта данные называются *атрибутами данных*. Это просто переменные, которые ссылаются на данные. Выполняемые объектом процедуры называются *методами*. Методы объекта — это функции, которые выполняют операции с атрибутами данных. В концептуальном плане объект представляет собой автономную единицу, которая состоит из атрибутов данных и методов, которые оперируют атрибутами данных (рис. 10.1).

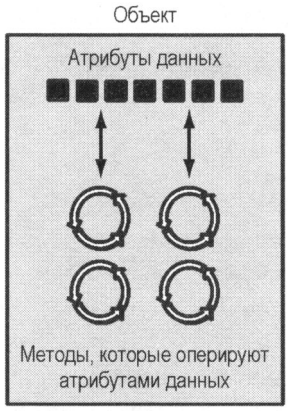


РИС. 10.1. Объект содержит атрибуты данных и методы

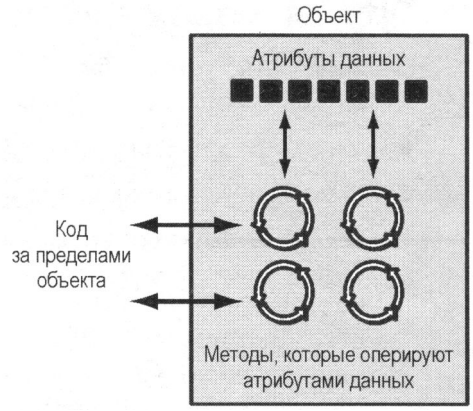


РИС. 10.2. Программный код за пределами объекта взаимодействует с методами объекта

ООП решает проблему разделения программного кода и данных посредством инкапсуляции и сокрытия данных. *Инкапсуляция* обозначает объединение данных и программного кода в одном объекте. *Сокрытие данных* связано со способностью объекта скрывать свои атрибуты данных от программного кода, который находится за пределами объекта. Только методы объекта могут непосредственно получать доступ и вносить изменения в атрибуты данных объекта.

Объект, как правило, скрывает свои данные, но позволяет внешнему коду получать доступ к своим методам. Как показано на рис. 10.2, методы объекта предоставляют программным инструкциям за пределами объекта косвенный доступ к атрибутам данных объекта.

Когда атрибуты данных объекта скрыты от внешнего кода, и доступ к атрибутам данных ограничен методами объекта, атрибуты данных защищены от случайного повреждения. Кроме того, программному коду за пределами объекта не нужно знать о формате или внутренней структуре данных объекта. Программный код взаимодействует только с методами объекта. Когда программист меняет структуру внутренних атрибутов данных, он также меняет методы объекта, чтобы они могли должным образом оперировать данными. Однако приемы взаимодействия внешнего кода с методами не меняются.

Возможность многократного использования объекта

В дополнение к решению проблем разделения программного кода и данных, применение ООП также всецело поддерживалось трендом на многократное использование объектов. Объект не является автономной программой. Напротив, он используется программами,

которым нужны его услуги. Например, Шэрон является программистом, и она разработала ряд объектов для визуализации 3D-изображений. Она эрудит в математике и очень много знает о компьютерной графике, поэтому ее объекты запрограммированы на выполнение всех необходимых математических операций с 3D-графикой и взаимодействие с компьютерным видеооборудованием. Для Тома, который пишет программу по заказу архитектурной фирмы, требуется, чтобы его приложение выводило 3D-изображения зданий. Поскольку он работает в рамках жестких сроков и не обладает большим объемом знаний в области компьютерной графики, то может применить объекты Шэрон, чтобы выполнить 3D-визуализацию (за небольшую плату, разумеется!).

Пример объекта из повседневной жизни

Предположим, что ваш будильник — это на самом деле программный объект. Будь это так, то он имел бы приведенные ниже атрибуты данных:

- `current_second` (текущая секунда, значение в диапазоне 0–59);
- `current_minute` (текущая минута, значение в диапазоне 0–59);
- `current_hour` (текущий час, значение в диапазоне 1–12);
- `alarm_time` (время сигнала, допустимые час и минута);
- `alarm_is_set` (будильник включен, истина или ложь).

Этот пример четко показывает, что атрибуты данных — это всего-навсего значения, которые определяют *состояние*, в котором будильник находится в настоящее время. Вы, пользователь объекта "Будильник", не можете непосредственно манипулировать этими атрибутами данных, потому что они являются *приватными*, или частными. Для того чтобы изменить значение атрибута данных, необходимо применить один из методов объекта. Ниже приведено несколько методов объекта "Будильник":

- `set_time` (задать время);
- `set_alarm_time` (задать время сигнала);
- `set_alarm_on` (включить будильник);
- `set_alarm_off` (выключить будильник).

Каждый метод манипулирует одним или несколькими атрибутами данных. Например, метод `set_time()` позволяет устанавливать время будильника и активируется нажатием кнопки вверху часов. При помощи другой кнопки можно активировать метод `set_alarm_time()`.

Еще одна кнопка позволяет выполнять методы `set_alarm_on()` и `set_alarm_off()`. Обратите внимание, что все эти методы могут быть активированы вами, т. е. тем, кто находится за пределами будильника. Методы, к которым могут получать доступ объекты, находящиеся за пределами объекта, называются открытыми, или *публичными, методами.*

Будильник также имеет закрытые, или *приватные, методы*, которые являются составной частью приватного, внутреннего устройства объекта. Внешние сущности (такие как вы, пользователь будильника) не имеют прямого доступа к приватным методам будильника. Объект предназначен выполнять эти методы автоматически и скрывать детали от вас. Ниже приведены приватные методы объекта "Будильник":

- `imcrement_current_second()` (прирастить текущую секунду);
- `imcrement_current_minute()` (прирастить текущую минуту);

- `increment_current_hour()` (прирастить текущий час);
- `sound_alarm()` (подать звуковой сигнал).

Метод `increment_current_second()` выполняется каждую секунду. Он изменяет значение атрибута данных `current_second`. Если при исполнении этого метода атрибут данных `current_second` равняется 59, то этот метод запрограммирован сбросить `current_second` в значение 0 и затем вызвать метод `increment_current_minute()`, который добавляет 1 к атрибуту данных `current_minute`, если он не равен 59. В противном случае он сбрасывает `current_minute` в значение 0 и вызывает метод `increment_current_hour()`. Метод `increment_current_minute()` сравнивает новое время с `alarm_time`. Если оба времени совпадают и при этом звонок включен, исполняется метод `sound_alarm()`.

Контрольная точка

10.1. Что такое объект?

10.2. Что такое инкапсуляция?

10.3. Почему внутренние данные объекта обычно скрыты от внешнего программного кода?

10.4. Что такое публичные методы? Что такое приватные методы?

10.2 Классы

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Класс — это программный код, который задает атрибуты данных и методы для объекта определенного типа.

Видеозапись "Классы и объекты" (Classes and Objects)

Теперь давайте обсудим, каким образом объекты создаются в программном коде. Прежде чем объект будет создан, он должен быть разработан программистом. Программист определяет атрибуты данных, необходимые методы и затем создает класс. *Класс* — это программный код, который задает атрибуты данных и методы объекта определенного типа. Представьте класс как "строительный проект", на основе которого будут возводиться объекты. Класс выполняет аналогичные задачи, что и проект дома. Сам проект не является домом, он выступает подробным описанием дома. Когда для возведения реального дома используется строительный проект, обычно говорят, что типовой дом (экземпляр дома) возводится согласно проекту. По желанию заказчика может быть построено несколько идентичных зданий на основе одного и того же проекта. Каждый возведенный дом является отдельным экземпляром дома, описанного в проекте. Эта идея проиллюстрирована на рис. 10.3.

Разницу между классом и объектом можно представить по-другому, если задуматься о различии между формой для печенья и печеньем. Форма для печенья не является печеньем, вместе с тем она дает описание печенья. Форма для печенья может использоваться для изготовления одной или нескольких штук печенья. Представьте класс как форму для печенья, а также объекты, созданные на основе класса, как отдельные печенюшки.

Итак, класс — это описание свойств объекта. Когда программа работает, она может использовать класс для создания в оперативной памяти такого количества объектов определенного типа, какое понадобится. Каждый объект, который создается на основе класса, называется *экземпляром* класса.

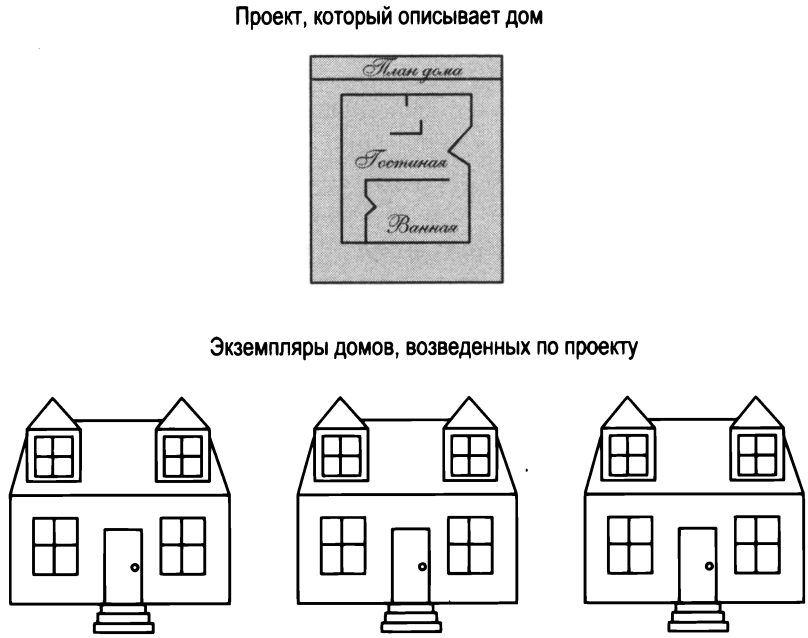


РИС. 10.3. Проект и дома, возведенные по проекту

Например, Джессика является энтомологом (специалистом, изучающим насекомых), и она также любит писать компьютерные программы. Она разрабатывает программу для каталогизации различных типов насекомых. В рамках программы она создает класс `Insect` (Насекомое), который задает свойства, характерные для всех типов насекомых. Класс `Insect` представляет собой спецификацию, согласно которой создаются объекты. Далее она пишет программные инструкции, создающие объект под названием `housefly` (комнатная муха), который является экземпляром класса `Insect`. Объект `housefly` — это сущность, которая занимает место в оперативной памяти компьютера и там хранит данные о комнатной мухе. Этот объект имеет атрибуты данных и методы, заданные классом `Insect`. Затем Джессика пишет программные инструкции, которые создают объект под названием `mosquito` (комар). Объект `mosquito` тоже является экземпляром класса `Insect`. Он занимает собственную область в оперативной памяти и там хранит данные о комаре. И хотя объекты `housefly` и `mosquito` в оперативной памяти компьютера являются отдельными объектами, они оба были созданы на основе класса `Insect`. Другими словами, каждый из этих объектов имеет атрибуты данных и методы, описанные классом `Insect`. Это проиллюстрировано на рис. 10.4.

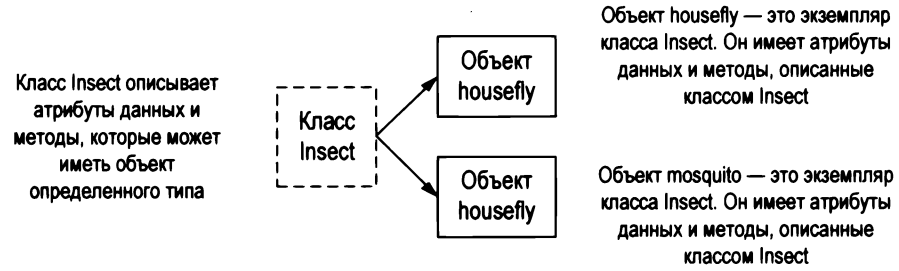


РИС. 10.4. Объекты `housefly` и `mosquito` являются экземплярами класса `Insect`

Определения классов

Для того чтобы создать класс, пишут *определение класса* — набор инструкций, которые задают *методы класса* и *атрибуты данных*. Давайте взглянем на простой пример. Предположим, что мы пишем программу для имитации бросания монеты. В программе мы должны неоднократно имитировать подбрасывание монеты и всякий раз определять, приземлилась ли она орлом либо решкой. Принимая объектно-ориентированный подход, мы напишем класс `Coin` (Монета), который может выполнять действия монеты.

В программе 10.1 представлено определение класса, пояснения которого будут даны далее, а сейчас обратите внимание, что эта программа не полная. Мы будем добавлять в нее код по мере продвижения.

Программа 10.1 **(класс `Coin`, незаконченная программа)**

```
 1 import random
 2
 3 # Класс Coin имитирует монету, которую
 4 # можно подбрасывать.
 5
 6 class Coin:
 7
 8     # Метод __init__ инициализирует
 9     # атрибут данных sideup значением 'Орел'.
10
11     def __init__(self):
12         self.sideup = 'Орел'
13
14     # Метод toss генерирует случайное число
15     # в диапазоне от 0 до 1. Если это число
16     # равно 0, то sideup получает значение 'Орел'.
17     # В противном случае sideup получает значение 'Решка'.
18
19     def toss(self):
20         if random.randint(0, 1) == 0:
21             self.sideup = 'Орел'
22         else:
23             self.sideup = 'Решка'
24
25     # Метод get_sideup возвращает значение,
26     # на которое ссылается sideup.
27
28     def get_sideup(self):
29         return self.sideup
```

В строке 1 мы импортируем модуль `random`, т. к. для генерации случайного числа мы применяем функцию `randint`. Строка 6 является началом определения класса. Оно начинается с ключевого слова `class`, за которым идет имя класса, т. е. `Coin`, и потом двоеточие.

К именам классов применимы те же самые правила, которые применимы к именам переменных. Однако следует учесть, что мы начинаем имя класса, `Coin`, с заглавной буквой. Такое написание необязательно. Оно является широко распространенным среди программистов соглашением о наименовании классов. При чтении программного кода такое написание помогает легко отличать имена классов от имен переменных.

Класс `Coin` имеет три метода:

- метод `__init__()` появляется в строках 11–12;
- метод `toss()` (подбрасывать) — в строках 19–23;
- метод `get_sideup()` (получить обращенную вверх сторону монеты) — в строках 28–29.

Обратите внимание, что за исключением того, что эти определения методов появляются в классе, они похожи на любое другое определение функции в Python. Они начинаются со строки заголовка, после которой идет выделенный отступом блок инструкций.

Взгляните на заголовок каждого определения метода (строки 11, 19 и 28) и обратите внимание, что каждый метод имеет параметрическую переменную с именем `self`:

- строка 11: `def __init__(self):`
- строка 19: `def toss(self):`
- строка 28: `def get_sideup(self):`

Параметр `self`[1] требуется в каждом методе класса. Вспомните из предшествующего обсуждения ООП, что метод оперирует атрибутами данных конкретного объекта. Во время исполнения метод должен иметь возможность знать, атрибутами данных какого объекта он призван оперировать. Именно здесь на первый план выходит параметр `self`. Когда метод вызывается, Python делает так, что параметр `self` ссылается на конкретный объект, которым этот метод призван оперировать.

Давайте рассмотрим каждый из этих методов. Первый метод с именем `__init__()` определен в строках 11–12:

```
def __init__(self):
    self.sideup = 'Орел'
```

Большинство классов Python имеет специальный метод `__init__()`, который автоматически исполняется, когда экземпляр класса создается в оперативной памяти. Метод `__init__()` обычно называется *методом инициализации*, потому что он инициализирует атрибуты данных объекта. (Название метода состоит из двух символов подчеркивания, слова `init` и еще двух символов подчеркивания.)

Сразу после создания объекта в оперативной памяти исполняется метод `__init__()`, и параметру `self` автоматически присваивается объект, который был только что создан. Внутри этого метода исполняется инструкция в строке 12:

```
self.sideup = 'Орел'
```

Эта инструкция присваивает строковый литерал `'Орел'` атрибуту данных `sideup`, принадлежащему только что созданному объекту. В результате работы метода `__init__()` каждый объект, который мы создаем на основе класса `Coin`, будет первоначально иметь атрибут `sideup` с заданным значением `'Орел'`.

---

[1] Присутствие этого параметра в методе обязательно. Вы не обязаны называть его `self`, однако строго рекомендуется действовать согласно общепринятой практике.



ПРИМЕЧАНИЕ

Метод `__init__()` обычно является первым методом в определении класса.

Метод `toss()` расположен в строках 19–23:

```
def toss(self):
    if random.randint(0, 1) == 0:
        self.sideup = 'Орел'
    else:
        self.sideup = 'Решка'
```

Этот метод тоже имеет необходимую параметрическую переменную `self`. При вызове метода `toss()` параметрическая переменная `self` автоматически будет ссылаться на объект, которым этот метод должен оперировать.

Метод `toss()` имитирует подбрасывание монеты. Когда он вызывается, инструкция `if` в строке 20 вызывает функцию `random.randint` для получения случайного целого числа в диапазоне от 0 до 1. Если число равняется 0, то инструкция в строке 21 присваивает атрибуту `self.sideup` значение `'Орел'`. В противном случае инструкция в строке 23 присваивает атрибуту `self.sideup` значение `'Решка'`.

Метод `get_sideup()` появляется в строках 28–29:

```
def get_sideup(self):
    return self.sideup
```

Как и ранее, этот метод имеет необходимую параметрическую переменную `self` и просто возвращает значение атрибута `self.sideup`. Данный метод вызывается в любое время, когда возникает необходимость узнать, какой стороной монета обращена вверх.

Для того чтобы продемонстрировать класс `Coin`, необходимо написать законченную программу, которая его использует для создания объекта. В программе 10.2 приведен такой пример. Определение класса `Coin` находится в строках 6–29, а главная функция расположена в строках 32–44.

Программа 10.2 (coin_demo1.py)

```
 1 import random
 2
 3 # Класс Coin имитирует монету, которую
 4 # можно подбрасывать.
 5
 6 class Coin:
 7
 8     # Метод __init__ инициализирует
 9     # атрибут данных sideup значением 'Орел'.
10
11     def __init__(self):
12         self.sideup = 'Орел'
13
```

```
    # Метод toss генерирует случайное число
    # в диапазоне от 0 до 1. Если это число
    # равно 0, то sideup получает значение 'Орел'.
    # В противном случае sideup получает значение 'Решка'.

    def toss(self):
        if random.randint(0, 1) == 0:
            self.sideup = 'Орел'
        else:
            self.sideup = 'Решка'

    # Метод get_sideup возвращает значение,
    # на которое ссылается sideup.

    def get_sideup(self):
        return self.sideup

# Главная функция.
def main():
    # Создать объект на основе класса Coin.
    my_coin = Coin()

    # Показать обращенную вверх сторону монеты.
    print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())

    # Подбросить монету.
    print('Подбрасываю монету...')
    my_coin.toss()

    # Показать обращенную вверх сторону монеты.
    print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод 1 программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Решка
```

Вывод 2 программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Орел
```

Вывод 3 программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Решка
```

Приглядитесь к инструкции в строке 34:

```
my_coin = Coin()
```

Выражение `Coin()`, которое расположено справа от оператора =, приводит к тому, что:

- в оперативной памяти создается объект на основе класса `Coin`;
- исполняется метод `__init__()` класса `Coin`, и параметру `self` автоматически назначается объект, который был только что создан. В результате атрибуту `sideup` этого объекта присваивается строковый литерал `'Орел'`.

На рис. 10.5 проиллюстрированы эти шаги.

После этого оператор = присваивает только что созданный объект `Coin` переменной `my_coin`. На рис. 10.6 показано, что после исполнения инструкции в строке 12 переменная `my_coin` будет ссылаться на объект `Coin`, а атрибуту `sideup` этого объекта присвоен строковый литерал `'Орел'`.

Следующая исполняемая инструкция находится в строке 37:

```
print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
```

Эта инструкция печатает сообщение об обращенной вверх стороне монеты. В данной инструкции расположено приведенное ниже выражение:

```
my_coin.get_sideup()
```

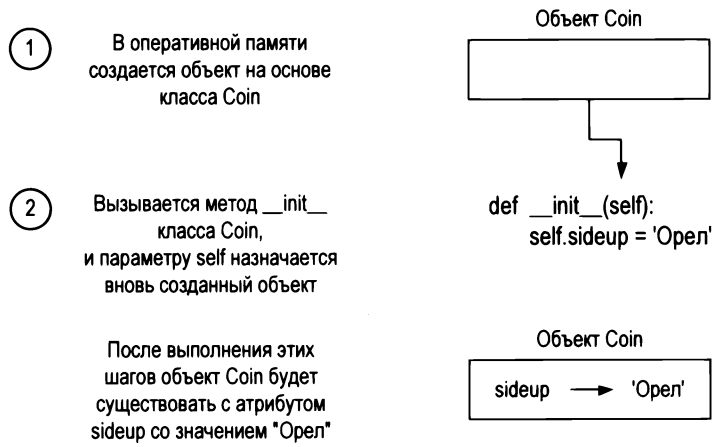


РИС. 10.5. Действия, вызванные выражением `Coin()`

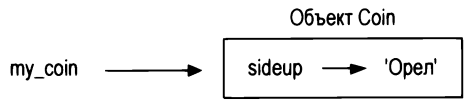


РИС. 10.6. Переменная `my_coin` ссылается на объект `Coin`

Это выражение для вызова метода `get_sideup()` использует объект, на который ссылается `my_coin`. После исполнения метода параметр `self` будет ссылаться на объект `my_coin`. В результате метод возвращает строковое значение `'Орел'`.

Несмотря на то что метод `sideup()` имеет параметрическую переменную `self`, нам не нужно передавать в него аргумент. При вызове этого метода Python автоматически передает в первый параметр метода ссылку на вызывающий объект. В результате параметр `self` автоматически будет ссылаться на объект, которым этот метод должен оперировать.

Следующими исполняемыми строками являются строки 40 и 41:

```
print('Подбрасываю монету...')
my_coin.toss()
```

Инструкция в строке 41 использует объект, на который ссылается `my_coin`, для вызова метода `toss()`. После исполнения этого метода параметр `self` будет ссылаться на объект `my_coin`. Метод генерирует случайное число и использует это число для изменения значения атрибута `sideup` данного объекта.

Далее исполняется строка 44. Эта инструкция вызывает метод `my_coin.get_sideup()` для отображения обращенной вверх стороны монеты.

Скрытие атрибутов

Ранее в этой главе мы упомянули, что атрибуты данных объекта должны быть приватными для того, чтобы только методы объекта имели к ним непосредственный доступ. Такой подход защищает атрибуты данных от случайного повреждения. Однако в классе `Coin`, который был показан в предыдущем примере, атрибут `sideup` не является приватным. К нему могут получать непосредственный доступ инструкции, отсутствующие в методе класса `Coin`. Программа 10.3 демонстрирует соответствующий пример. Отметим, что строки 1–30 пропущены для экономии места. Эти строки содержат класс `Coin` и совпадают со строками 1–30 в программе 10.2.

Программа 10.3 (coin_demo2.py)

```
31 # Главная функция.
32 def main():
33     # Создать объект на основе класса Coin.
34     my_coin = Coin()
35
36     # Показать обращенную вверх сторону монеты.
37     print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
38
39     # Подбросить монету.
40     print('Подбрасываю монету...')
41     my_coin.toss()
42
43     # Но теперь я обману! В этом объекте
44     # я собираюсь напрямую поменять
45     # значение атрибута sideup на 'Орел'.
46     my_coin.sideup = 'Орел'
47
```

```
48     # Показать обращенную вверх сторону монеты.
49     print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
50
51 # Вызвать главную функцию.
52 if __name__ == '__main__':
53     main()
```

Вывод 1 программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Орел
```

Вывод 2 программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Орел
```

Вывод 3 программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Орел
```

Строка 34 создает в оперативной памяти объект `Coin` и присваивает его переменной `my_coin`. Инструкция в строке 37 показывает обращенную вверх сторону монеты, и затем строка 41 вызывает метод `toss()` объекта. Далее инструкция в строке 46 напрямую присваивает атрибуту `sideup` данного объекта строковый литерал `'Орел'`:

```
my_coin.sideup = 'Орел'
```

Независимо от исхода метода `toss()`, эта инструкция будет изменять значение атрибута `sideup` объекта `my_coin` на значение `'Орел'`. Как видно из трех демонстрационных выполнений программы, монета всегда приземляется орлом вверх!

Если мы хотим сымитировать подбрасывание монеты по-настоящему, надо сделать так, чтобы код за пределами класса не имел возможности менять результат метода `toss()`. А для этого следует сделать атрибут `sideup` приватным. В Python атрибут можно скрыть, если предварить его имя двумя символами подчеркивания. Если изменить имя атрибута `sideup` на `__sideup`, то программный код за пределами класса `Coin` не сможет получать к нему доступ. В программе 10.4 приведена новая версия класса `Coin` с этим внесенным изменением.

Программа 10.4 (coin_demo3.py)

```
 1 import random
 2
 3 # Класс Coin имитирует монету, которую
 4 # можно подбрасывать.
 5
 6 class Coin:
 7
 8     # Метод __init__ инициализирует
 9     # атрибут данных __sideup значением 'Орел'.
10
```

```
    def __init__(self):
        self.__sideup = 'Орел'

    # Метод toss генерирует случайное число
    # в диапазоне от 0 до 1. Если это число
    # равно 0, то __sideup получает значение 'Орел'.
    # В противном случае sideup получает значение 'Решка'.

    def toss(self):
        if random.randint(0, 1) == 0:
            self.__sideup = 'Орел'
        else:
            self.__sideup = 'Решка'

    # Метод get_sideup возвращает значение,
    # на которое ссылается sideup.

    def get_sideup(self):
        return self.__sideup

# Главная функция.
def main():
    # Создать объект на основе класса Coin.
    my_coin = Coin()

    # Показать обращенную вверх сторону монеты.
    print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())

    # Подбросить монету.
    print('Собираюсь подбросить монету десять раз:')
    for count in range(10):
        my_coin.toss()
        print(my_coin.get_sideup())

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел
Собираюсь подбросить монету десять раз:
Орел
Орел
Решка
Орел
Орел
Орел
```

```
Решка
Решка
Решка
Решка
```

Хранение классов в модулях

Программы, которые вы до сих пор встречали в этой главе, содержат определение класса `Coin` в том же файле, что и программные инструкции, которые используют класс `Coin`. Этот подход хорошо работает с небольшими программами, содержащими всего один или два класса. Однако по мере привлечения программами все большего количества классов возрастает потребность в упорядочении этих классов.

Программисты обычно упорядочивают свои определения классов, размещая их в модулях. Затем модули можно импортировать в любые программы, которым требуется использовать содержащиеся в них классы. Например, предположим, что мы решаем сохранить класс `Coin` в модуле `coin`. В программе 10.5 приведено содержимое файла coin.py. Затем, когда нам нужно применить класс `Coin` в программе, мы импортируем модуль `coin`. Это продемонстрировано в программе 10.6.

Программа 10.5 (coin.py)

```
 1 import random
 2
 3 # Класс Coin имитирует монету, которую
 4 # можно подбрасывать (теперь это модуль, который хранится в файле).
 5
 6 class Coin:
 7
 8     # Метод __init__ инициализирует
 9     # атрибут данных __sideup значением 'Орел'.
10
11     def __init__(self):
12         self.__sideup = 'Орел'
13
14     # Метод toss генерирует случайное число
15     # в диапазоне от 0 до 1. Если это число
16     # равно 0, то __sideup получает значение 'Орел'.
17     # В противном случае sideup получает значение 'Решка'.
18
19     def toss(self):
20         if random.randint(0, 1) == 0:
21             self.__sideup = 'Орел'
22         else:
23             self.__sideup = 'Решка'
24
25     # Метод get_sideup возвращает значение,
26     # на которое ссылается sideup.
27
```

```
28     def get_sideup(self):
29         return self.__sideup
```

Программа 10.6 (coin_demo4.py)

```
 1 # Эта программа импортирует модуль coin
 2 # и создает экземпляр класса Coin.
 3
 4 import coin
 5
 6 def main():
 7     # Создать объект на основе класса Coin.
 8     my_coin = coin.Coin()
 9
10     # Показать обращенную вверх сторону монеты.
11     print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
12
13     # Подбросить монету.
14     print('Собираюсь подбросить монету десять раз:')
15     for count in range(10):
16         my_coin.toss()
17         print(my_coin.get_sideup())
18
19 # Вызвать главную функцию.
20 if __name__ == '__main__':
21     main()
```

Вывод программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел
Собираюсь подбросить монету десять раз:
Решка
Решка
Орел
Орел
Решка
Орел
Решка
Решка
Орел
Орел
```

Строка 4 импортирует модуль `coin`. Обратите внимание, что в строке 8 нам пришлось квалифицировать имя класса `Coin`, добавив в качестве префикса имя его модуля с точкой:

```
my_coin = coin.Coin()
```

Класс *BankAccount*

Давайте рассмотрим еще один пример. В программе 10.7 представлен класс `BankAccount` (Банковский счет), сохраненный в модуле `bankaccount`. Объекты, которые создаются на основе этого класса, имитируют банковские счета, позволяя иметь начальный остаток, вносить вклады, снимать суммы со счета и получать текущий остаток на счете.

Программа 10.7 (bankaccount.py)

```
1 # Класс BankAccount имитирует банковский счет.
2
3 class BankAccount:
4
5     # Метод __init__ принимает аргумент
6     # с остатком на счете.
7     # Он присваивается атрибуту __balance.
8
9     def __init__(self, bal):
10        self.__balance = bal
11
12    # Метод deposit вносит
13    # на счет вклад.
14
15    def deposit(self, amount):
16        self.__balance += amount
17
18    # Метод withdraw снимает сумму
19    # со счета.
20
21    def withdraw(self, amount):
22        if self.__balance >= amount:
23            self.__balance -= amount
24        else:
25            print('Ошибка: недостаточно средств')
26
27    # Метод get_balance возвращает
28    # остаток средств на счете.
29
30    def get_balance(self):
31        return self.__balance
```

Обратите внимание, что метод `__init__()` имеет две параметрические переменные: `self` и `bal`. Параметр `bal` в качестве аргумента принимает начальный остаток на расчетом счете. В строке 10 сумма параметра `bal` присваивается атрибуту `__balance` объекта.

Метод `deposit()` расположен в строках 15–16. Он имеет две параметрические переменные: `self` и `amount`. При вызове этого метода вносимая на счет сумма передается в параметр `amount`, значение которого затем прибавляется к атрибуту `__balance` в строке 16.

Метод `withdraw()` расположен в строках 21–25. Он имеет две параметрические переменные: `self` и `amount`. При вызове этого метода снимаемая с банковского счета сумма передается в параметр `amount`. Инструкция `if`, которая начинается в строке 22, определяет, достаточна ли величина остатка для снятия средств с банковского счета. Если да, то сумма `amount` вычитается из остатка в строке 23. В противном случае строка 25 выводит сообщение `'Ошибка: недостаточно средств'`.

Метод `get_balance()` расположен в строках 30–31. Он возвращает значение атрибута `__balance`.

Программа 10.8 демонстрирует применение этого класса.

Программа 10.8 (account_test.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует класс BankAccount.
 2
 3 import bankaccount
 4
 5 def main():
 6     # Получить начальный остаток.
 7     start_bal = float(input('Введите свой начальный остаток: '))
 8
 9     # Создать объект BankAccount.
10     savings = bankaccount.BankAccount(start_bal)
11
12     # Внести на счет зарплату пользователя.
13     pay = float(input('Сколько Вы получили на этой неделе? '))
14     print('Вношу эту сумму на Ваш счет.')
15     savings.deposit(pay)
16
17     # Показать остаток.
18     print(f'Ваш остаток на счете составляет ${savings.get_balance():,.2f}.')
19
20     # Получить сумму для снятия с банковского счета.
21     cash = float(input('Какую сумму Вы желаете снять со счета? '))
22     print('Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.')
23     savings.withdraw(cash)
24
25     # Показать остаток.
26     print(f'Ваш остаток на счете составляет ${savings.get_balance():,.2f}.')
27
28 # Вызвать главную функцию.
29 if __name__ == '__main__':
30     main()
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой начальный остаток: 1000 Enter
Сколько Вы получили на этой неделе? 500 Enter
```

```
Вношу эту сумму на Ваш счет.
Ваш остаток на счете составляет $1500.00
Какую сумму Вы желаете снять со счета? 1200 Enter
Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.
Ваш остаток на счете составляет $300.00
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой начальный остаток: 1000 Enter
Сколько Вы получили на этой неделе? 500 Enter
Вношу эту сумму на Ваш счет.
Ваш остаток на счете составляет $1500.00
Какую сумму Вы желаете снять со счета? 2000 Enter
Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.
Ошибка: недостаточно средств
Ваш остаток на счете составляет $1500.00
```

Строка 7 получает от пользователя начальный остаток счета и присваивает его переменной `start_bal`. Строка 10 создает экземпляр класса `BankAccount` и присваивает его переменной `savings` (сбережения):

```
savings = bankaccount.BankAccount(start_bal)
```

Обратите внимание, что переменная `start_bal` помещена в круглые скобки. В результате переменная `start_bal` передается в качестве аргумента в метод `__init__()`. В методе `__init__()` она будет передана в параметр `bal`.

Строка 13 получает сумму заработной платы пользователя и присваивает ее переменной `pay`. В строке 15 вызывается метод `savings.deposit()` с переменной `pay`, передаваемой ему в качестве аргумента. В методе `deposit()` она будет передана в параметр `amount`.

Инструкция в строке 18 показывает остаток на банковском счете. Обратите внимание, что мы используем f-строку для вызова метода `savings.get_balance()`. Значение, возвращаемое указанным методом, форматируется в виде суммы в долларах.

Строка 21 получает сумму, которую пользователь хочет снять, и закрепляет ее за переменной `cash`. В строке 23 вызывается метод `savings.withdraw()`, получающий переменную `cash` в качестве аргумента. В методе `withdraw()` она будет передана в параметр `amount`. Инструкция в строке 26 выводит на экран окончательный остаток на счете.

Метод *__str__*

Довольно часто возникает необходимость вывести сообщение, которое показывает состояние объекта. *Состояние* объекта — это просто значения атрибутов объекта в тот или иной конкретный момент. Например, вспомните, что класс `BankAccount` имеет один атрибут данных: `__balance`. В любой конкретный момент атрибут `__balance` объекта `BankAccount` будет ссылаться на какое-то значение. Значение атрибута `__balance` представляет состояние объекта в этот момент. Приведенный ниже фрагмент кода служит примером вывода состояния объекта `BankAccount`:

```
account = bankaccount.BankAccount(1500.0)
print(f'Остаток составляет ${savings.get_balance():,.2f}'))
```

Первая инструкция создает объект BankAccount, передавая в метод __init__() значение 1500.0. После исполнения этой инструкции переменная account будет ссылаться на объект BankAccount. Вторая строка выводит форматированное строковое значение, показывающее значение атрибута __balance данного объекта. Результат работы этой инструкции будет выглядеть так:

```
Остаток составляет $1500.00
```

Вывод на экран состояния объекта — широко распространенная задача. Причем настолько, что многие программисты оснащают свои классы методом, который возвращает строковое значение, содержащее состояние объекта. В Python этому методу присвоено специальное имя __str__. В программе 10.9 представлен класс BankAccount с добавленным в него методом __str__(), который расположен в строках 36–37. Он возвращает строковое значение, сообщающее остаток на банковском счете.

Программа 10.9 (bankaccount2.py)

```
 1 # Класс BankAccount имитирует банковский счет.
 2
 3 class BankAccount:
 4
 5     # Метод __init__ принимает аргумент
 6     # с остатком на счете.
 7     # Он присваивается атрибуту __balance.
 8
 9     def __init__(self, bal):
10         self.__balance = bal
11
12     # Метод deposit вносит
13     # на счет вклад.
14
15     def deposit(self, amount):
16         self.__balance += amount
17
18     # Метод withdraw снимает сумму
19     # со счета.
20
21     def withdraw(self, amount):
22         if self.__balance >= amount:
23             self.__balance -= amount
24         else:
25             print('Ошибка: недостаточно средств')
26
27     # Метод get_balance возвращает
28     # остаток средств на счете.
29
30     def get_balance(self):
31         return self.__balance
32
```

```
    # Метод __str__ возвращает строковое
    # значение, сообщающее о состоянии объекта.

    def __str__(self):
        return f'Остаток составляет ${self.__balance:,.2f}'
```

Метод `__str__()` вызывается не напрямую, а автоматически во время передачи объекта в качестве аргумента в функцию `print`. В программе 10.10 приведен соответствующий пример.

Программа 10.10 (account_test2.py)

```
# Эта программа демонстрирует класс BankAccount
# с добавленным в него методом __str__.

import bankaccount2

def main():
    # Получить начальный остаток.
    start_bal = float(input('Введите свой начальный остаток: '))

    # Создать объект BankAccount.
    savings = bankaccount2.BankAccount(start_bal)

    # Внести на счет зарплату пользователя.
    pay = float(input('Сколько Вы получили на этой неделе? '))
    print('Вношу эту сумму на Ваш счет.')
    savings.deposit(pay)

    # Показать остаток.
    print(savings)

    # Получить сумму для снятия с банковского счета.
    cash = float(input('Какую сумму Вы желаете снять со счета? '))
    print('Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.')
    savings.withdraw(cash)

    # Показать остаток.
    print(savings)

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свой начальный остаток: 1000 Enter
Сколько Вы получили на этой неделе? 500 Enter
```

```
Вношу эту сумму на Ваш счет.
Остаток составляет $1,500.00
Какую сумму Вы желаете снять со счета? 1200 Enter
Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.
Остаток составляет $300.00
```

Имя объекта, `savings`, передается в функцию `print` в строках 19 и 27. В результате вызывается метод `__str__()` класса `BankAccount`. Затем выводится строковое значение, которое возвращается из метода `__str__()`.

Метод `__str__()` также вызывается автоматически, когда объект передается в качестве аргумента во встроенную функцию `str`. Вот пример:

```
account = bankaccount2.BankAccount(1500.0)
message = str(account)
print(message)
```

Во второй инструкции объект `account` передается в качестве аргумента в функцию `str`. В результате вызывается метод `__str__()` класса `BankAccount`. Возвращаемое строковое значение присваивается переменной `message` и затем в третьей строке выводится функцией `print`.



Контрольная точка

10.5. Вы слышите, что кто-то высказывает следующий комментарий: "Проект — это дизайн дома. Плотник использует проект для возведения дома. Если плотник пожелает, он может построить несколько идентичных домов на основе одного и того же проекта". Представьте это как метафору для классов и объектов. Этот проект представляет класс или же он представляет объект?

10.6. В данной главе с целью описания классов и объектов мы используем метафору с формой и печеньем, которые изготавливаются при помощи формы. В этой метафоре объекты представлены формой или же печеньем?

10.7. Какова задача метода `__init__()`? И когда он исполняется?

10.8. Какова задача параметра `self` в методе?

10.9. Каким образом в классе Python атрибут скрывается от программного кода, находящегося за пределами класса?

10.10. Какова задача метода `__str__()`?

10.11. Каким образом происходит вызов метода `__str__()`?

10.3 Работа с экземплярами

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Каждый экземпляр класса имеет собственный набор атрибутов данных.

При использовании методом параметра `self` для создания атрибута этот атрибут принадлежит конкретному объекту, на который ссылается параметр `self`. Мы называем такие атрибуты *атрибутами экземпляра*, потому что они принадлежат конкретному экземпляру класса.

В программе можно создавать многочисленные экземпляры одного и того же класса. И каждый экземпляр будет иметь собственный набор атрибутов. Например, взгляните на программу 10.11. В ней создаются три экземпляра класса `Coin`. Каждый экземпляр имеет собственный атрибут `__sideup`.

Программа 10.11 (coin_demo5.py)

```
# Эта программа импортирует имитационный модуль
# и создает три экземпляра класса Coin.

import coin

def main():
    # Создать три объекта класса Coin.
    coin1 = coin.Coin()
    coin2 = coin.Coin()
    coin3 = coin.Coin()

    # Показать повернутую вверх сторону каждой монеты.
    print('Вот три монеты, у которых эти стороны обращены вверх:')
    print(coin1.get_sideup())
    print(coin2.get_sideup())
    print(coin3.get_sideup())
    print()

    # Подбросить монету.
    print('Подбрасываю все три монеты...')
    print()
    coin1.toss()
    coin2.toss()
    coin3.toss()

    # Показать повернутую вверх сторону каждой монеты.
    print('Теперь обращены вверх вот эти стороны:')
    print(coin1.get_sideup())
    print(coin2.get_sideup())
    print(coin3.get_sideup())
    print()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Вот три монеты, у которых эти стороны обращены вверх:
Орел
Орел
Орел
```

```
Подбрасываю все три монеты...

Теперь обращены вверх вот эти стороны:
Решка
Решка
Орел
```

В строках 8–10 приведенные ниже инструкции создают три объекта, каждый из которых является экземпляром класса `Coin`:

```
coin1 = coin.Coin()
coin2 = coin.Coin()
coin3 = coin.Coin()
```

На рис. 10.7 представлено, каким образом переменные `coin1`, `coin2` и `coin3` ссылаются на три объекта после исполнения этих инструкций. Обратите внимание, что каждый объект имеет свой атрибут `__sideup`. Строки 14–16 показывают значения, возвращаемые из метода `get_sideup()` каждого объекта.

Затем инструкции в строках 22–24 вызывают метод `toss()` каждого объекта:

```
coin1.toss()
coin2.toss()
coin3.toss()
```

На рис. 10.8 показано, каким образом эти инструкции изменили атрибут `__sideup` каждого объекта в демонстрационном выполнении программы.

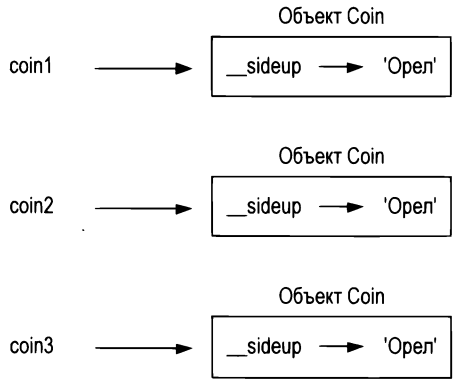


РИС. 10.7. Переменные `coin1`, `coin2` и `coin3` ссылаются на три объекта

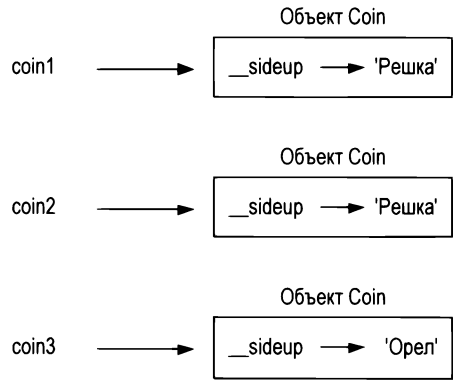


РИС. 10.8. Объекты после метода `toss()`

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Создание класса *CellPhone*

Компания "Беспроводные решения" продает сотовые телефоны и услуги беспроводной связи. Вы работаете программистом в IT-отделе компании, и ваша команда разрабатывает программу для учета сведений обо всех сотовых телефонах, которые находятся на складе.

Вам поручили разработать класс, который представляет сотовый телефон. Вот данные, которые должны храниться в качестве атрибутов класса:

- имя производителя телефона будет присвоено атрибуту `__manufact`;
- номер модели телефона будет присвоен атрибуту `__model`;
- розничная цена телефона будет присвоена атрибуту `__retail_price`.

Кроме того, этот класс будет иметь приведенные ниже методы:

- метод `__init__()` принимает аргументы для производителя, номера модели и розничной цены;
- метод `set_manufact()` принимает аргумент для производителя и в случае необходимости позволит изменять значение атрибута `__manufact` после создания объекта;
- метод `set_model()` принимает аргумент для модели и в случае необходимости позволит изменять значение атрибута `__model` после создания объекта;
- метод `set_retail_price()` принимает аргумент для розничной цены и в случае необходимости позволит изменять значение атрибута `retail_price` после создания объекта;
- метод `get_manufact()` возвращает название производителя телефона;
- метод `get_model()` возвращает номер модели телефона;
- метод `get_retail_price()` возвращает розничную цену телефона.

В программе 10.12 показано определение класса, который сохранен в модуле `cellphone`.

Программа 10.12 (cellphone.py)

```
1 # Класс CellPhone содержит данные о сотовом телефоне.
2
3 class CellPhone:
4
5     # Метод __init__ инициализирует атрибуты.
6
7     def __init__(self, manufact, model, price):
8         self.__manufact = manufact
9         self.__model = model
10        self.__retail_price = price
11
12    # Метод set_manufact принимает аргумент для
13    # производителя телефона.
14
15    def set_manufact(self, manufact):
16        self.__manufact = manufact
17
18    # Метод set_model принимает аргумент для
19    # номера модели телефона.
20
21    def set_model(self, model):
22        self.__model = model
23
```

```
    # Метод set_retail_price принимает аргумент для
    # розничной цены телефона.

    def set_retail_price(self, price):
        self.__retail_price = price

    # Метод get_manufact возвращает
    # производителя телефона.

    def get_manufact(self):
        return self.__manufact

    # Метод get_model возвращает
    # номер модели телефона.

    def get_model(self):
        return self.__model

    # Метод get_retail_price возвращает
    # розничную цену телефона.

    def get_retail_price(self):
        return self.__retail_price
```

Класс `CellPhone` будет импортирован в несколько программ, которые разрабатывает ваша команда. Для того чтобы протестировать класс, вы пишете программный код, приведенный в программе 10.13. Это простая программа предлагает пользователю ввести название производителя, номер модели и розничную цену телефона, создает экземпляр класса `CellPhone` и присваивает эти данные его атрибутам.

Программа 10.13 (cell_phone_test.py)

```
# Эта программа тестирует класс CellPhone.

import cellphone

def main():
    # Получить данные о телефоне.
    man = input('Введите производителя: ')
    mod = input('Введите номер модели: ')
    retail = float(input('Введите розничную цену: '))

    # Создать экземпляр класса CellPhone.
    phone = cellphone.CellPhone(man, mod, retail)

```

```
    # Показать введенные данные.
    print('Вот введенные Вами данные:')
    print(f'Производитель: {phone.get_manufact()}')
    print(f'Номер модели: {phone.get_model()}')
    print(f'Розничная цена: ${phone.get_retail_price():,.2f}')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите производителя: Acme Electronics Enter
Введите номер модели: M1000 Enter
Введите розничную цену: 199.99 Enter
Вот введенные Вами данные:
Производитель: Acme Electronics
Номер модели: M1000
Розничная цена: $199.99
```

Методы-получатели и методы-мутаторы

Как отмечалось ранее, на практике широко принято делать в классе все атрибуты данных приватными и предоставлять публичные методы для доступа к этим атрибутам и их изменения. Так гарантируется, что объект, владеющий этими атрибутами, будет держать под контролем все вносимые в них изменения.

Метод, который возвращает значение из атрибута класса и при этом его не изменяет, называется *методом-получателем*. Методы-получатели дают возможность программному коду, находящемуся за пределами класса, извлекать значения атрибутов безопасным образом, не подвергая эти атрибуты изменению программным кодом, находящимся вне метода. В классе `CellPhone`, который вы увидели в программе 10.12, методы `get_manufact()`, `get_model()` и `get_retail_price()` являются методами-получателями.

Метод, который сохраняет значение в атрибуте данных либо каким-нибудь иным образом изменяет значение атрибута данных, называется *методом-мутатором*. Методы-мутаторы могут управлять тем, как атрибуты данных класса изменяются. Когда программный код, находящийся вне класса, должен изменить в объекте значение атрибута данных, он, как правило, вызывает мутатор и передает новое значение в качестве аргумента. Если это необходимо, то мутатор, прежде чем он присвоит значение атрибуту данных, может выполнить проверку этого значения. В программе 10.12 методы `set_manufact()`, `set_model()` и `set_retail_price()` являются методами-мутаторами.



ПРИМЕЧАНИЕ

Методы-мутаторы иногда называют *сеттерами* (setter), или методами-установщиками, а методы-получатели — *геттерами* (getter).



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Хранение объектов в списке

Класс `CellPhone`, который вы создали в предыдущей рубрике *"В центре внимания"*, будет использоваться во множестве программ. Многие из этих программ будут хранить объекты `CellPhone` в списках. Для того чтобы протестировать способность хранить объекты `CellPhone` в списке, вы пишете программный код в программе 10.14. Она получает от пользователя данные о пяти телефонах, создает пять объектов `CellPhone`, содержащих эти данные, и сохраняет эти объекты в списке. Затем она выполняет последовательный обход списка, показывая атрибуты каждого объекта.

Программа 10.14 (cell_phone_list.py)

```
1 # Эта программа создает пять объектов CellPhone
2 # и сохраняет их в списке.
3
4 import cellphone
5
6 def main():
7     # Получить список объектов CellPhone.
8     phones = make_list()
9
10    # Показать данные в списке.
11    print('Вот введенные Вами данные:')
12    display_list(phones)
13
14 # Функция make_list получает от пользователя данные
15 # о пяти телефонах, а затем возвращает список
16 # объектов CellPhone, содержащих эти данные.
17
18 def make_list():
19    # Создать пустой список.
20    phone_list = []
21
22    # Добавить пять объектов CellPhone в список.
23    print('Введите данные о пяти телефонах.')
24    for count in range(1, 6):
25        # Получить данные о телефоне.
26        print('Номер телефона ' + str(count) + ':')
27        man = input('Введите производителя: ')
28        mod = input('Введите номер модели: ')
29        retail = float(input('Введите розничную цену: '))
30        print()
31
32        # Создать новый объект CellPhone в памяти
33        # и присвоить его переменной phone.
34        phone = cellphone.CellPhone(man, mod, retail)
```

```
35
36          # Добавить объект в список.
37          phone_list.append(phone)
38
39      # Вернуть список.
40      return phone_list
41
42 # Функция display_list принимает список с объектами
43 # CellPhone в качестве аргумента и показывает
44 # хранящиеся в каждом объекте данные.
45
46 def display_list(phone_list):
47      for item in phone_list:
48          print(item.get_manufact())
49          print(item.get_model())
50          print(item.get_retail_price())
51          print()
52
53 # Вызвать главную функцию.
54 if __name__ == '__main__':
55      main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите данные о пяти телефонах.
Номер телефона 1:
Введите производителя: Acme Electronics [Enter]
Введите номер модели: M1000 [Enter]
Введите розничную цену: 199.99 [Enter]

Номер телефона 2:
Введите производителя: Atlantic Communications [Enter]
Введите номер модели: S2 [Enter]
Введите розничную цену: 149.99 [Enter]

Номер телефона 3:
Введите производителя: Wavelength Electronics [Enter]
Введите номер модели: N477 [Enter]
Введите розничную цену: 249.99 [Enter]

Номер телефона 4:
Введите производителя: Edison Wireless [Enter]
Введите номер модели: SLX88 [Enter]
Введите розничную цену: 169.99 [Enter]

Номер телефона 5:
Введите производителя: Sonic Systems [Enter]
```

```
Введите номер модели: X99 Enter
Введите розничную цену: 299.99 Enter

Вот введенные Вами данные:
Acme Electronics
M1000
199.99

Atlantic Communications
S2
149.99

Wavelength Electronics
N477
249.99

Edison Wireless
SLX88
169.99

Sonic Systems
X99
299.99
```

Функция `make_list` расположена в строках 18–40. В строке 20 создается пустой список `phone_list`. Цикл `for`, который начинается в строке 24, выполняет пять итераций. Во время каждой итерации цикл получает от пользователя данные о сотовом телефоне (строки 27–29), создает экземпляр класса `CellPhone`, который инициализируется данными (строка 34), и добавляет этот объект в список `phone_list` (строка 37). Строка 40 возвращает список.

Функция `display_list` в строках 46–51 принимает список объектов `CellPhone` в качестве аргумента. Цикл `for`, который начинается в строке 47, выполняет перебор объектов в списке и показывает значения атрибутов каждого объекта.

Передача объектов в качестве аргументов

Когда вы разрабатываете приложения, которые работают с объектами, часто возникает необходимость написать функции и методы, принимающие объекты в качестве аргументов. Например, приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует функцию `show_coin_status` (показать состояние монеты), которая принимает объект `Coin` в качестве аргумента:

```
def show_coin_status(coin_obj):
    print('Эта сторона обращена вверх:', coin_obj.get_sideup())
```

Приведенный ниже пример программного кода показывает, каким образом можно создать объект `Coin` и затем передать его в качестве аргумента в функцию `show_coin_status`:

```
my_coin = coin.Coin()
show_coin_status(my_coin)
```

Во время передачи объекта в качестве аргумента в параметрическую переменную передается ссылка на объект. В результате функция или метод, который получает объект в качестве аргумента, имеют доступ к фактическому объекту. Например, взгляните на приведенный ниже метод `flip()` (подбросить):

```
def flip(coin_obj):
    coin_obj.toss()
```

Этот метод принимает объект `Coin` в качестве аргумента и вызывает метод `toss()` этого объекта. Программа 10.15 демонстрирует этот метод.

Программа 10.15 (coin_argument.py)

```
1 # Эта программа передает объект Coin
2 # в качестве аргумента в функцию.
3 import coin
4
5 # Главная функция
6 def main():
7     # Создать объект Coin.
8     my_coin = coin.Coin()
9
10    # Эта инструкция покажет 'Орел'.
11    print(my_coin.get_sideup())
12
13    # Передать объект в функцию flip.
14    flip(my_coin)
15
16    # Эта инструкция может показать 'Орел'
17    # либо 'Решка'.
18    print(my_coin.get_sideup())
19
20 # Функция flip подбрасывает монету.
21 def flip(coin_obj):
22    coin_obj.toss()
23
24 # Вызвать главную функцию.
25 if __name__ == '__main__':
26    main()
```

Вывод 1 программы

```
Орел
Решка
```

Вывод 2 программы

```
Орел
Орел
```

Вывод 3 программы

```
Орел
Решка
```

Инструкция в строке 8 создает объект `Coin`, на который ссылается переменная `my_coin`. Строка 11 показывает значение атрибута `__sideup` объекта `my_coin`. Поскольку метод `__init__()` объекта назначил атрибуту `__sideup` значение `'Орел'`, мы знаем, что строка 11 покажет строковое значение `'Орел'`. Строка 14 вызывает функцию `flip`, передавая объект `my_coin` в качестве аргумента. Внутри функции `flip` вызывается метод `toss()` объекта `my_coin`. Затем строка 18 снова показывает значение атрибута `__sideup` объекта `my_coin`. На этот раз мы не можем предсказать, будет ли показано значение `'Орел'` или `'Решка'`, потому что был вызван метод `toss()` объекта `my_coin`.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Консервация собственных объектов

Из *главы 9* известно, что модуль `pickle` предоставляет функции для сериализации объектов. Сериализация объекта означает его преобразование в поток байтов, которые могут быть сохранены в файле для последующего извлечения. Функция `dump` модуля `pickle` сериализует (консервирует) объект и записывает его в файл, а функция `load` извлекает объект из файла и его десериализует (расконсервирует).

В *главе 9* вы встречали примеры, в которых консервировались и расконсервировались объекты-словари. Консервировать и расконсервировать можно также объекты собственных классов. В программе 10.16 представлен пример, который консервирует три объекта `CellPhone` и сохраняет их в файле. Программа 10.17 извлекает эти объекты из файла и расконсервирует их.

Программа 10.16 (pickle_cellphone.py)

```
 1 # Эта программа консервирует объекты CellPhone.
 2.import pickle
 3 import cellphone
 4
 5 # Константа для имени файла.
 6 FILENAME = 'cellphones.dat'
 7
 8 def main():
 9     # Инициализировать переменную для управления циклом.
10     again = 'д'
11
12     # Открыть файл.
13     output_file = open(FILENAME, 'wb')
14
15     # Получить данные от пользователя.
16     while again.lower() == 'д':
17         # Получить данные о сотовом телефоне.
18         man = input('Введите производителя: ')
19         mod = input('Введите номер модели: ')
20         retail = float(input('Введите розничную цену: '))
21.
```

```
        # Создать объект CellPhone.
        phone = cellphone.CellPhone(man, mod, retail)

        # Законсервировать объект и записать его в файл.
        pickle.dump(phone, output_file)

        # Получить еще один элемент данных?
        again = input('Введете еще один элемент данных? (д/н): ')

    # Закрыть файл.
    output_file.close()
    print(f'Данные записаны в {FILENAME}')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите производителя: ACME Electronics Enter
Введите номер модели: M1000 Enter
Введите розничную цену: 199.99 Enter
Введете еще один элемент данных? (д/н): д Enter
Введите производителя: Sonic Systems Enter
Введите номер модели: X99 Enter
Введите розничную цену: 299.99 Enter
Введете еще один элемент данных? (д/н): н Enter
Данные записаны в cellphones.dat
```

Программа 10.17 (unpickle_cellphone.py)

```
# Эта программа расконсервирует объекты CellPhone.
import pickle
import cellphone

# Константа для имени файла.
FILENAME = 'cellphones.dat'

def main():
    end_of_file = False # Для обозначения конца файла

    # Открыть файл.
    input_file = open(FILENAME, 'rb')

    # Прочитать до конца файла.
    while not end_of_file:
        try:
            # Расконсервировать следующий объект.
            phone = pickle.load(input_file)
```

```
19
20              # Показать данные о сотовом телефоне.
21              display_data(phone)
22          except EOFError:
23              # Установить флаг, чтобы обозначить, что
24              # был достигнут конец файла.
25              end_of_file = True
26
27      # Закрыть файл.
28      input_file.close()
29
30  # Функция display_data показывает данные
31  # из объекта CellPhone, переданного в качестве аргумента.
32  def display_data(phone):
33      print(f'Производитель: {phone.get_manufact()}')
34      print(f'Номер модели: {phone.get_model()}')
35      print(f'Розничная цена: ${phone.get_retail_price():,.2f}')
36      print()
37
38  # Вызвать главную функцию.
39  if __name__ == '__main__':
40      main()
```

Вывод программы

```
Производитель: ACME Electronics
Номер модели: M1000
Розничная цена: $199.99
Производитель: Sonic Systems
Номер модели: X99
Розничная цена: $299.99
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Хранение объектов в словаре

Из *главы 9* известно, что словари — это объекты, которые хранят элементы в качестве пар "ключ : значение". Каждый элемент в словаре имеет ключ и значение. Если нужно получить из словаря конкретное значение, то это можно сделать, указав ключ. В *главе 9* вы встречали примеры, которые сохраняли значения в словарях, в частности строковые значения, целые числа, числа с плавающей точкой, списки и кортежи. Словари также широко используются для хранения объектов, которые вы создаете на основе собственных классов.

Давайте рассмотрим пример. Предположим, что вы хотите создать программу, которая поддерживает контактную информацию, скажем, имена, телефонные номера и электронные адреса. Начать эту работу можно с написания класса, в частности класса `Contact`, приведенного в программе 10.18. Экземпляр класса `Contact` хранит следующие ниже данные:

- имя человека — в атрибуте `__name`;
- телефонный номер — в атрибуте `__phone`;
- электронный адрес — в атрибуте `__email`.

Этот класс имеет следующие методы:

- метод `__init__()` принимает аргументы для имени, телефонного номера и электронного адреса человека;
- метод `set_name()` устанавливает атрибут `__name`;
- метод `set_phone()` устанавливает атрибут `__phone`;
- метод `set_email()` устанавливает атрибут `__email`;
- метод `get_name()` возвращает атрибут `__name`;
- метод `get_phone()` возвращает атрибут `__phone`;
- метод `get_email()` возвращает атрибут `__email`;
- метод `__str__()` возвращает состояние объекта в виде строкового значения.

Программа 10.18 (contact.py)

```
# Класс Contact содержит контактную информацию.

class Contact:
    # Метод __init__ инициализирует атрибуты.
    def __init__(self, name, phone, email):
        self.__name = name
        self.__phone = phone
        self.__email = email

    # Метод set_name устанавливает атрибут name.
    def set_name(self, name):
        self.__name = name

    # Метод set_phone устанавливает атрибут phone.
    def set_phone(self, phone):
        self.__phone = phone

    # Метод set_email устанавливает атрибут email.
    def set_email(self, email):
        self.__email = email

    # Метод get_name возвращает атрибут name.
    def get_name(self):
        return self.__name

    # Метод get_phone возвращает атрибут phone.
    def get_phone(self):
        return self.__phone

```

```
    # Метод get_email возвращает атрибут email.
    def get_email(self):
        return self.__email

    # Метод __str__ возвращает состояние объекта
    # в виде строкового значения.
    def __str__(self):
        return f'Имя: {self.__name}\n' + \
               f'Телефон: {self.__phone}\n' + \
               f'Электронная почта: {self.__email}'
```

Далее вы можете написать программу, которая сохраняет объекты `Contact` в словаре. Всякий раз, когда программа создает объект `Contact` с данными о конкретном человеке, этот объект будет сохраняться в качестве значения в словаре, используя имя этого человека как ключ. Затем в любое время, когда вам потребуется получить данные конкретного человека, вы воспользуетесь его именем в качестве ключа для извлечения объекта `Contact` из словаря.

Программа 10.19 демонстрирует такой пример. Она выводит меню, которое позволяет пользователю выполнять любую из приведенных ниже операций:

- найти контактное лицо в словаре;
- добавить новое контактное лицо в словарь;
- изменить существующее контактное лицо в словаре;
- удалить контактное лицо из словаря;
- выйти из программы.

Кроме того, когда пользователь выходит из программы, она автоматически консервирует словарь и сохраняет его в файле. Во время запуска программы она автоматически извлекает и расконсервирует словарь из файла. (Из *главы 10* известно, что в процессе консервации объекта он сохраняется в файле, а в процессе расконсервации объекта он извлекается из файла.) Если файл не существует, то программа начинает работу с пустого словаря.

Программа разделена на восемь функций: `main` (главную), `load_contacts` (загрузить контакты), `get_menu_choice` (получить пункт меню), `look_up` (найти), `add` (добавить), `change` (изменить), `delete` (удалить) и `save_contacts` (сохранить контакты). Вместо того чтобы приводить всю программу целиком, сперва исследуем начальную часть, которая включает инструкции `import`, глобальные константы и главную функцию `main`.

Программа 10.19 (contact_manager.py). Главная функция

```
# Эта программа управляет контактами.
import contact
import pickle

# Глобальные константы для пунктов меню.
LOOK_UP = 1
ADD = 2
CHANGE = 3
```

```
 9 DELETE = 4
10 QUIT = 5
11
12 # Глобальная константа для имени файла.
13 FILENAME = 'contacts.dat'
14
15 # Главная функция.
16 def main():
17     # Загрузить существующий словарь контактов
18     # и присвоить его переменной mycontacts.
19     mycontacts = load_contacts()
20
21     # Инициализировать переменную для выбора пользователя.
22     choice = 0
23
24     # Обрабатывать варианты выбора пунктов меню до тех пор,
25     # пока пользователь не пожелает выйти из программы.
26     while choice != QUIT:
27         # Получить выбранный пользователем пункт меню.
28         choice = get_menu_choice()
29
30         # Обработать выбранный вариант действий.
31         if choice == LOOK_UP:
32             look_up(mycontacts)
33         elif choice == ADD:
34             add(mycontacts)
35         elif choice == CHANGE:
36             change(mycontacts)
37         elif choice == DELETE:
38             delete(mycontacts)
39
40     # Сохранить словарь mycontacts в файле.
41     save_contacts(mycontacts)
42
```

Строка 2 импортирует модуль `contact`, который содержит класс `Contact`. Строка 3 импортирует модуль `pickle`. Глобальные константы, которые инициализированы в строках 6–10, используются для проверки выбранного пользователем пункта меню. Константа `FILENAME`, инициализированная в строке 13, содержит имя файла, который будет содержать законсервированную копию словаря, т. е. contacts.dat.

В функции `main` строка 19 вызывает функцию `load_contacts`. Следует иметь в виду, что если программа уже выполнялась ранее и имена были добавлены в словарь, то эти имена были сохранены в файле contacts.dat. Функция `load_contacts` открывает файл, извлекает из него словарь и возвращает ссылку на словарь. Если программа еще не выполнялась, то файл contacts.dat не существует. В этом случае функция `load_contacts` создает пустой словарь и возвращает на него ссылку. Так, после исполнения инструкции в строке 19 переменная `mycontacts` ссылается на словарь. Если программа прежде уже выполнялась, то `mycontacts`

ссылается на словарь, содержащий объекты `Contact`. Если программа выполняется впервые, то `mycontacts` ссылается на пустой словарь.

Строка 22 инициализирует переменную `choice` значением 0. Эта переменная будет содержать выбранный пользователем пункт меню.

Цикл `while`, который начинается в строке 26, повторяется до тех пор, пока пользователь не примет решение выйти из программы. Внутри цикла строка 28 вызывает функцию `get_menu_choice`. Эта функция выводит приведенное ниже меню:

```
1. Найти контактное лицо
2. Добавить новое контактное лицо
3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы
```

Выбранный пользователем вариант возвращается из функции `get_menu_choice` и присваивается переменной `choice`.

Инструкция `if-elif` в строках 31–38 обрабатывает выбранный пользователем пункт меню. Если пользователь выбирает пункт 1, то строка 32 вызывает функцию `look_up`. Если пользователь выбирает пункт 2, то строка 34 вызывает функцию `add`. Если пользователь выбирает пункт 3, то строка 36 вызывает функцию `change`. Если пользователь выбирает пункт 4, то строка 38 вызывает функцию `delete`.

Когда пользователь выбирает из меню пункт 5, цикл `while` прекращает повторяться, и исполняется инструкция в строке 41. Эта инструкция вызывает функцию `save_contacts`, передавая в качестве аргумента словарь `mycontacts`. Функция `save_contacts` сохраняет словарь `mycontacts` в файле contacts.dat.

Далее идет функция `load_contacts`.

Программа 10.19 (*продолжение*). **Функция `load_contacts`**

```
43 def load_contacts():
44     try:
45         # Открыть файл contacts.dat.
46         input_file = open(FILENAME, 'rb')
47
48         # Расконсервировать словарь.
49         contact_dct = pickle.load(input_file)
50
51         # Закрыть файл phone_inventory.dat.
52         input_file.close()
53     except IOError:
54         # Не получилось открыть файл, поэтому
55         # создать пустой словарь.
56         contact_dct = {}
57
58     # Вернуть словарь.
59     return contact_dct
60
```

Внутри группы `try` строка 46 пытается открыть файл contacts.dat. Если файл успешно открыт, то строка 49 загружает из него объект-словарь, расконсервирует его и присваивает его переменной `contact_dct`. Строка 52 закрывает файл.

Если файл contacts.dat не существует (это будет в случае, если программа выполняется впервые), то инструкция в строке 46 вызывает исключение `IOError`. Это приводит к тому, что программа перескакивает к выражению `except` в строке 53. Затем оператор в строке 56 создает пустой словарь и присваивает его переменной `contact_dct`.

Оператор в строке 59 возвращает переменную `contact_dct`.

Далее идет функция `get_menu_choice`.

Программа 10.19 (*продолжение*). **Функция `get_menu_choice`**

```
61 # Функция get_menu_choice выводит меню и получает
62 # проверенный на допустимость выбранный пользователем пункт.
63 def get_menu_choice():
64     print()
65     print('Меню')
66     print('----------------------------------------')
67     print('1. Найти контактное лицо')
68     print('2. Добавить новое контактное лицо')
69     print('3. Изменить существующее контактное лицо')
70     print('4. Удалить контактное лицо')
71     print('5. Выйти из программы')
72     print()
73
74     # Получить выбранный пользователем пункт меню.
75     choice = int(input('Введите выбранный пункт: '))
76
77     # Проверить выбранный пункт на допустимость.
78     while choice < LOOK_UP or choice > QUIT:
79         choice = int(input('Введите выбранный пункт: '))
80
81     # Вернуть выбранный пользователем пункт.
82     return choice
83
```

Инструкции в строках 64–72 выводят на экран меню. Строка 75 предлагает пользователю ввести выбранный пункт. Введенное значение приводится к типу `int` и присваивается переменной `choice`. Цикл `while` в строках 78–79 проверяет введенное пользователем значение на допустимость и при необходимости предлагает пользователю ввести выбранный пункт повторно. Как только вводится допустимый пункт меню, этот пункт возвращается из функции в строке 82.

Далее идет функция `look_up`.

Программа 10.19 (*продолжение*). **Функция look_up**

```
84 # Функция look_up отыскивает элемент
85 # в заданном словаре.
86 def look_up(mycontacts):
87     # Получить искомое имя.
88     name = input('Введите имя: ')
89
90     # Отыскать его в словаре.
91     print(mycontacts.get(name, 'Это имя не найдено.'))
92
```

Задача функции `look_up` — позволить пользователю найти заданное контактное лицо. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Строка 88 предлагает пользователю ввести имя, а строка 91 передает это имя в словарную функцию `get` в качестве аргумента. В результате исполнения строки 91 произойдет одно из приведенных ниже действий.

- Если указанное имя в словаре найдено, то метод `get()` возвращает ссылку на объект `Contact`, который связан с этим именем. Затем объект `Contact` передается в качестве аргумента в функцию `print`. Функция `print` показывает строковое значение, которое возвращается из метода `__str__()` объекта `Contact`.
- Если указанное в качестве ключа имя в словаре не найдено, метод `get()` возвращает строковый литерал `'Это имя не найдено.'`, который выводится функцией `print`.

Далее идет функция `add`.

Программа 10.19 (*продолжение*). **Функция add**

```
 93 # Функция add добавляет новую запись
 94 # в указанный словарь.
 95 def add(mycontacts):
 96     # Получить контактную информацию.
 97     name = input('Имя: ')
 98     phone = input('Телефон: ')
 99     email = input('Электронный адрес: ')
100
101     # Создать именованную запись с объектом Contact.
102     entry = contact.Contact(name, phone, email)
103
104     # Если имя в словаре не существует, то
105     # добавить его в качестве ключа со связанным с ним
106     # значением в виде объекта.
107     if name not in mycontacts:
108         mycontacts[name] = entry
109         print('Запись добавлена.')
110     else:
111         print('Это имя уже существует.')
112
```

Задача функции `add` состоит в том, чтобы позволить пользователю добавить в словарь новое контактное лицо. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Строки 97–99 предлагают пользователю ввести имя, телефонный номер и электронный адрес. Строка 102 создает новый объект `Contact`, инициализированный введенными пользователем данными.

Инструкция `if` в строке 107 определяет, есть ли это имя в словаре. Если его нет, то строка 108 добавляет вновь созданный объект `Contact` в словарь, а строка 109 печатает сообщение о том, что новые данные добавлены. В противном случае в строке 111 печатается сообщение о том, что запись уже существует.

Далее идет функция `change`.

Программа 10.19 (*продолжение*). **Функция change**

```
113 # Функция change изменяет существующую
114 # запись в указанном словаре.
115 def change(mycontacts):
116     # Получить искомое имя.
117     name = input('Введите имя: ')
118
119     if name in mycontacts:
120         # Получить новый телефонный номер.
121         phone = input('Введите новый телефонный номер: ')
122
123         # Получить новый электронный адрес.
124         email = input('Введите новый электронный адрес: ')
125
126         # Создать именованную запись с объектом Contact.
127         entry = contact.Contact(name, phone, email)
128
129         # Обновить запись.
130         mycontacts[name] = entry
131         print('Информация обновлена.')
132     else:
133         print('Это имя не найдено.')
134
```

Задача функции `change` — позволить пользователю изменить существующее контактное лицо в словаре. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Строка 117 получает от пользователя имя. Инструкция `if` в строке 119 определяет, есть ли имя в словаре. Если да, то строка 121 получает новый телефонный номер, а строка 124 — новый электронный адрес. Строка 127 создает новый объект `Contact`, инициализированный существующим именем, новым телефонным номером и электронным адресом. Строка 130 сохраняет новый объект `Contact` в словаре, используя существующее имя в качестве ключа.

Если указанного имени в словаре нет, то строка 133 печатает соответствующее сообщение.

Далее идет функция `delete`.

Программа 10.19 (*продолжение*). **Функция delete**

```
135 # Функция delete удаляет запись
136 # из указанного словаря.
137 def delete(mycontacts):
138     # Получить искомое имя.
139     name = input('Введите имя: ')
140
141     # Если имя найдено, то удалить запись.
142     if name in mycontacts:
143         del mycontacts[name]
144         print('Запись удалена.')
145     else:
146         print('Это имя не найдено.')
147
```

Задача функции `delete` — позволить пользователю удалить существующее контактное лицо из словаря. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Строка 139 получает от пользователя имя. Инструкция `if` в строке 142 определяет, есть ли имя в словаре. Если да, то строка 143 его удаляет, а строка 144 печатает сообщение о том, что запись была удалена. Если имени в словаре нет, то строка 146 печатает соответствующее сообщение.

Далее идет функция `save_contacts`.

Программа 10.19 (*окончание*). **Функция save_contacts**

```
148 # Функция save_contacts консервирует указанный
149 # объект и сохраняет его в файле контактов.
150 def save_contacts(mycontacts):
151     # Открыть файл для записи.
152     output_file = open(FILENAME, 'wb')
153
154     # Законсервировать словарь и сохранить его.
155     pickle.dump(mycontacts, output_file)
156
157     # Закрыть файл.
158     output_file.close()
159
160 # Вызвать главную функцию.
161 if __name__ == '__main__':
162     main()
```

Функция `save_contacts` вызывается непосредственно перед тем, как программа закончит выполняться. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Строка 152 открывает файл contacts.dat для записи. Строка 155 консервирует словарь `mycontacts` и сохраняет его в файле. Строка 158 закрывает файл.

Приведенный ниже результат показывает два сеанса работы с программой. Демонстрационный вывод показывает не все, что программа может делать, и тем не менее видно, как контактная информация сохраняется, когда программа заканчивает работу, и как она затем загружается, когда программа выполняется снова.

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Меню
--------------------------------
1. Найти контактное лицо
2. Добавить новое контактное лицо
3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 2 Enter
Имя: Мэт Гольдштейн Enter
Телефон: 617-555-1234 Enter
Электронный адрес: matt@fakecompany.com Enter
Запись добавлена.

Меню
--------------------------------
1. Найти контактное лицо
2. Добавить новое контактное лицо
3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 2 Enter
Имя: Хорхе Руис Enter
Телефон: 919-555-1212 Enter
Электронный адрес: jorge@myschool.edu Enter
Запись добавлена.

Меню
--------------------------------
1. Найти контактное лицо
2. Добавить новое контактное лицо
3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 5 Enter
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Меню
--------------------------------
1. Найти контактное лицо
2. Добавить новое контактное лицо
```

```
3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1 Enter
Введите имя: Мэт Гольдштейн Enter
Имя: Мэт Гольдштейн
Телефон: 617-555-1234
Электронная почта: matt@fakecompany.com

Меню
------------------------------
1. Найти контактное лицо
2. Добавить новое контактное лицо
3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1 Enter
Введите имя: Хорхе Руис Enter
Имя: Хорхе Руис
Телефон: 919-555-1212
Электронная почта: jorge@myschool.edu

Меню
------------------------------
1. Найти контактное лицо
2. Добавить новое контактное лицо
3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 5 Enter
```



Контрольная точка

10.12. Что такое атрибут экземпляра?

10.13. Программа создает 10 экземпляров класса `Coin`. Сколько атрибутов `__sideup` существует в оперативной памяти?

10.14. Что такое метод-получатель? Что такое метод-мутатор?

10.4 Приемы конструирования классов

Унифицированный язык моделирования

Во время разработки класса часто полезно нарисовать диаграмму UML (Unified Modeling Language — унифицированный язык моделирования). Это набор стандартных диаграмм для графического изображения объектно-ориентированных систем. На рис. 10.9 показан общий макет диаграммы UML для класса. Обратите внимание, что диаграмма представляет собой прямоугольник, который разделен на три секции. Верхняя секция — это то место, где пишется имя класса. Средняя секция содержит список атрибутов данных класса. Нижняя секция содержит список методов класса.



РИС. 10.9. Общий макет диаграммы UML для класса

Согласно общему макету на рис. 10.10 и 10.11 представлены диаграммы UML для классов `Coin` и `CellPhone`, которые вы встречали ранее в этой главе. Обратите внимание, что ни в одном из методов мы не показали параметр `self`, поскольку предполагается, что параметр `self` является обязательным.

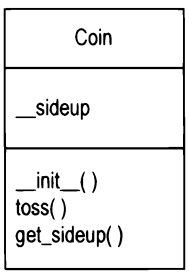


РИС. 10.10. Диаграмма UML для класса `Coin`

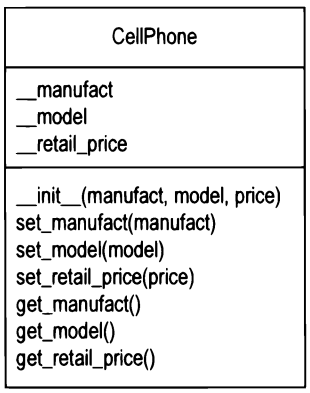


РИС. 10.11. Диаграмма UML для класса `CellPhone`

Идентификация классов в задаче

Во время разработки объектно-ориентированной программы одной из первых задач является идентификация классов, которые вам требуется создать. Как правило, ваша цель состоит в том, чтобы идентифицировать различные типы реальных объектов задачи и затем создать классы для этих типов объектов в своем приложении.

За прошедшие годы специалисты в области программного обеспечения разработали многочисленные методы идентификации классов в поставленной задаче. Один из простых и популярных методов связан с приведенными ниже шагами:

1. Получить письменное описание предметной области задачи.
2. Идентифицировать в описании все именные группы (включая существительные, местоимения и именные словосочетания). Каждая из них является потенциальным классом.
3. Уточнить полученный список, чтобы он включал только те классы, которые относятся к задаче.

Давайте взглянем на каждый из этих шагов поближе.

Составление описания предметной области задачи

Предметная область задачи — это набор объектов реального мира, участников и крупных событий, связанных с задачей. Если вы адекватно понимаете природу задачи, которую пытаетесь решить, то можете составить описание проблемной области задачи самостоятельно. Если же природа задачи до конца вам не ясна, то за вас это может сделать эксперт.

Предположим, что мы пишем программу, которую менеджер авторемонтной фирмы "Автоцех" будет использовать для подготовки справочных цен на услуги для своих клиентов. Вот описание, которое, возможно, составил эксперт или же лично сам владелец фирмы.

> Авторемонтная фирма "Автоцех" проводит техническое обслуживание зарубежных легковых автомобилей и специализируется на обслуживании легковых автомобилей марок Mercedes, Porsche и BMW. Когда клиент доставляет легковой автомобиль в авторемонтный цех, менеджер получает имя, адрес и телефонный номер клиента. Затем менеджер определяет изготовителя, модель и год производства легкового автомобиля и выдает клиенту расценки на услуги. Расценки на услуги показывают предполагаемую стоимость запасных частей, предполагаемую стоимость трудозатрат, налог с продаж и общую стоимость предполагаемых расходов.

Описание предметной области задачи должно включать любой из приведенных ниже пунктов:

- физические объекты, такие как автомобили, механизмы или изделия;
- любую роль, выполняемую человеком, такую как менеджер, сотрудник, клиент, учитель, студент и т. д.;
- результаты делового процесса, такие как заказ клиента или же в данном случае расценки на услуги;
- элементы, связанные с ведением учета, такие как история обслуживания клиента и зарплатные ведомости.

Идентификация всех именных групп

Следующий шаг состоит в идентификации всех именных групп. (Если описание содержит местоимения, то включить их тоже.) Вот еще один взгляд на предыдущее описание проблемной области задачи.

На этот раз именные группы выделены жирным шрифтом.

> **Авторемонтная фирма "Автоцех"** проводит техническое обслуживание **зарубежных легковых автомобилей** и специализируется на обслуживании **легковых автомобилей**

марок **Mercedes**, **Porsche** и **BMW**. Когда **клиент** доставляет **легковой автомобиль** в авторемонтный **цех**, **менеджер** получает **имя**, **адрес** и **телефонный номер клиента**. Затем **менеджер** определяет **изготовителя**, **модель** и **год** производства **легкового автомобиля** и выдает **клиенту расценки на услуги**. **Расценки на услуги** показывают оценочную **стоимость запчастей**, **оценочную стоимость трудозатрат**, **налог с продаж** и **общую оценочную стоимость расходов**.

Обратите внимание, что некоторые именные группы повторяются. Приведенный ниже список показывает все именные группы без повторов:

BMW
Mercedes
Porsche
авторемонтная фирма "Автоцех"
адрес
год
зарубежные автомобили
изготовитель
имя
клиент
легковой автомобиль
легковые автомобили
менеджер
модель
налог с продаж
общая оценочная стоимость расходов
оценочная стоимость запчастей
оценочная стоимость трудозатрат
расценки на услуги
телефонный номер
цех

Уточнение списка именных групп

Именные группы, которые появляются в описании задачи, — это всего лишь кандидаты на роль классов. Может оказаться, что конструировать классы для них всех не понадобится. Следующий шаг состоит в совершенствовании списка, чтобы оставить только те классы, которые необходимы для решения рассматриваемой задачи. Мы обратимся к общим причинам, почему именная группа может быть устранена из списка потенциальных классов.

1. Некоторые именные группы по существу означают одно и то же.

   В этом примере приведенные ниже наборы именных групп относятся к одному и тому же:

   - **легковой автомобиль**, **легковые автомобили** и **зарубежные легковые автомобили**.

     Все они относятся к общему понятию "легковой автомобиль".

   - **авторемонтная фирма "Автоцех"** и **цех**.

     Оба обозначают авторемонтную фирму "Автоцех".

Можно остановиться на единственном классе для каждого из них. В этом примере мы по своему усмотрению удалим из списка **легковые автомобили** и **зарубежные легковые автомобили** и будем использовать понятие **"легковой автомобиль"**. Аналогично мы вычеркнем из списка **авторемонтную фирму "Автоцех"** и будем использовать слово **"цех"**. Получаем обновленный список потенциальных классов.

BMW	
Mercedes	
Porsche	
~~авторемонтная фирма "Автоцех"~~	
адрес	
год	
~~зарубежные легковые автомобили~~	Поскольку понятия **"легковой автомобиль"**, **"легковые автомобили"** и **"зарубежные легковые автомобили"** в этой задаче означают одно и то же, мы вычеркнули "легковые автомобили" и "зарубежные легковые автомобили". Кроме того, поскольку понятие **„авторемонтная фирма "Автоцех"“** и **"цех"** подразумевают одно и то же, мы вычеркнули понятие „авторемонтная фирма "Автоцех"“.
изготовитель	
имя	
клиент	
легковой автомобиль	
~~легковые автомобили~~	
менеджер	
модель	
налог с продаж	
общая оценочная стоимость расходов	
оценочная стоимость запчастей	
оценочная стоимость трудозатрат	
расценки на услуги	
телефонный номер	
цех	

2. Некоторые именные группы могут представлять элементы, которые не требуются для решения задачи.

   Оперативный анализ описания задачи напоминает нам о том, что именно должно делать наше приложение: распечатывать расценки на услуги. В этом примере можно удалить из списка два ненужных класса.

   - Можно вычеркнуть из списка **"цех"**, потому что наше приложение должно касаться только расценок на отдельные услуги. Оно не должно работать с общефирменной информацией или определять таковую. Если бы описание задачи требовало от нас, чтобы мы поддерживали суммарный объем всех расценок на услуги, то было бы целесообразно иметь класс для цеха.
   - Нам не потребуется класс для **"менеджера"**, потому что постановка задачи не указывает на обработку какой-либо информации о менеджере. Если бы имелось несколько менеджеров цеха и описание задачи требовало, чтобы мы вели учет, какой именно менеджер какую расценку на услуги составил, то было бы целесообразно иметь класс для менеджера.

Вот обновленный список потенциальных классов в данной точке.

BMW Mercedes Porsche ~~авторемонтная фирма "Автоцех"~~ адрес год ~~зарубежные легковые автомобили~~ изготовитель имя клиент легковой автомобиль ~~легковые автомобили~~ ~~менеджер~~ модель налог с продаж общая оценочная стоимость расходов оценочная стоимость запчастей оценочная стоимость трудозатрат расценки на услуги телефонный номер ~~цех~~	Описание задачи не указывает на необходимость обработки какой-либо информации о **цехе** либо какой-либо информации о **менеджере**, поэтому мы их вычеркнули из списка.

3. Некоторые именные группы могут представлять не классы, а объекты.

   Мы можем удалить **Mercedes**, **Porsche** и **BMW** как классы, потому что в этом примере все они представляют конкретные автомобили и могут считаться экземплярами класса **"легковой автомобиль"**. В этой точке обновленный список потенциальных классов выглядит так.

~~BMW~~ ~~Mercedes~~ ~~Porsche~~ ~~авторемонтная фирма "Автоцех"~~ адрес год ~~зарубежные легковые автомобили~~ изготовитель имя клиент легковой автомобиль ~~легковые автомобили~~ ~~менеджер~~ модель налог с продаж	Мы вычеркнули **Mercedes**, **Porsche** и **BMW**, потому что все они являются экземплярами класса "легковой автомобиль". Это означает, что эти именные группы идентифицируют не классы, а объекты.

общая оценочная стоимость расходов
оценочная стоимость запчастей
оценочная стоимость трудозатрат
расценки на услуги
телефонный номер
~~цех~~



ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые объектно-ориентированные разработчики учитывают также, находится ли именная группа во множественном или единственном числе. Иногда именная группа во множественном числе будет указывать на класс, а в единственном числе — на объект.

4. Некоторые именные группы могут представлять простые значения, которые могут быть присвоены переменной, и не требуют класса.

   Напомним, что класс содержит атрибуты данных и методы. Атрибуты данных — это связанные между собой элементы, которые хранятся в объекте класса и определяют состояние объекта. Методы — это действия или виды поведения, которые могут выполняться объектом класса. Если именная группа представляет вид элемента, который не обладает какими-то идентифицируемыми атрибутами данных или методами, то его, по-видимому, можно из списка вычеркнуть. Для того чтобы определить, представляет ли именная группа элемент, который имеет атрибуты данных и методы, необходимо задать о ней следующие вопросы:

   - Будет ли использоваться группа значений для представления состояния этого элемента?
   - Существуют ли какие-либо очевидные действия, которые этот элемент должен выполнять?

   Если ответы на оба этих вопроса отрицательные, то именная группа, скорее всего, представляет значение, которое может быть сохранено в простой переменной. Если применить этот тест к каждой именной группе, которая осталась в списке, то придем к заключению, что следующие из них, вероятно, не являются классами: **адрес**, **оценочная стоимость трудозатрат**, **оценочная стоимость запчастей**, **изготовитель**, **модель**, **имя**, **налог с продаж**, **телефонный номер**, **общая оценочная стоимость расходов** и **год**. Все они представляют простые символьные или числовые значения, которые могут быть сохранены в переменных. Вот обновленный список потенциальных классов:

~~BMW~~
~~Mercedes~~
~~Porsche~~
~~авторемонтная фирма "Автоцех"~~
~~адрес~~
~~год~~
~~зарубежные легковые автомобили~~
~~изготовитель~~
~~имя~~
клиент
легковой автомобиль
~~легковые автомобили~~

Мы устранили **адрес, оценочная стоимость трудозатрат, оценочная стоимость запчастей, изготовитель, модель, имя, налог с продаж, телефонный номер, общая оценочная стоимость расходов** и **год** как классы, потому что они представляют простые значения, которые могут храниться в переменных.

~~модель~~
~~налог с продаж~~
~~общая оценочная стоимость расходов~~
~~оценочная стоимость запчастей~~
~~оценочная стоимость трудозатрат~~
расценки на услуги
~~телефонный номер~~
~~управляющий~~
~~цех~~

Как видно из полученного списка, мы удалили все, кроме **легкового автомобиля**, **клиента** и **расценок на услуги**. Это означает, что в приложении будут нужны классы для представления легковых автомобилей, клиентов и расценок на услуги. Мы напишем класс `Car` (Легковой автомобиль), класс `Customer` (Клиент) и класс `ServiceQuote` (Расценки на услуги).

Идентификация обязанностей класса

После того как были идентифицированы классы, следующая задача состоит в том, чтобы идентифицировать обязанности каждого класса. *Обязанности* класса это:

- то, что класс обязан знать;
- действия, которые класс обязан выполнять.

Выяснив, что именно класс обязан знать, получаем атрибуты данных класса. Аналогичным образом, вычислив действия, которые класс обязан выполнять, получаем его методы.

Часто целесообразно задать следующие вопросы: "Что именно класс должен знать и что именно класс должен делать в контексте поставленной задачи?" В первую очередь за ответом следует обратиться к описанию предметной области задачи. Многое из того, что класс должен знать и делать, будет там упомянуто. Однако некоторые обязанности класса непосредственно могут быть не указаны в предметной области задачи, поэтому нередко требуется дальнейшее рассмотрение. Давайте применим эту методологию к классам, которые мы ранее идентифицировали в нашей предметной области задачи.

Класс *Customer*

Что именно класс `Customer` должен знать в контексте предметной области нашей задачи? В описании непосредственно упоминаются приведенные ниже элементы, все они являются атрибутами данных клиента:

- имя клиента;
- адрес клиента;
- телефонный номер клиента.

Все эти значения могут быть представлены как строковые и храниться в качестве атрибутов данных. Класс `Customer` потенциально может знать многие другие вещи. Одна из ошибок, которая может быть сделана в этот момент, состоит в идентификации слишком большого количества характеристик, которые объект обязан знать. В некоторых приложениях класс `Customer` может знать электронный адрес клиента. Данная конкретная предметная область

не упоминает, что электронный адрес клиента используется для какой-либо цели, поэтому нам не следует его включать в обязанности класса.

Теперь давайте идентифицируем методы класса. Что именно класс `Customer` должен делать в контексте нашей предметной области задачи? Единственными очевидными действиями являются:

- инициализировать объект класса `Customer`;
- задать и вернуть имя клиента;
- задать и вернуть адрес клиента;
- задать и вернуть телефонный номер клиента.

Из этого списка мы видим, что класс `Customer` будет иметь метод `__init__()`, а также методы-мутаторы и методы-получатели атрибутов данных. На рис. 10.12 показана UML-диаграмма для класса `Customer`. Код Python для этого класса приведен в программе 10.20.

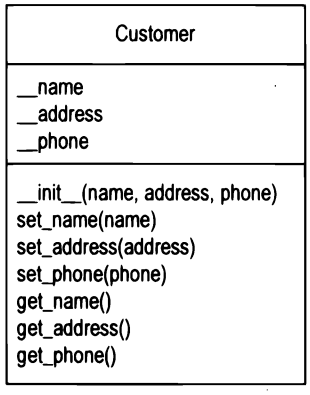


РИС. 10.12. Диаграмма UML для класса `Customer`

Программа 10.20 (customer.py)

```
# Класс Customer.
class Customer:
    def __init__(self, name, address, phone):
        self.__name = name
        self.__address = address
        self.__phone = phone

    def set_name(self, name):
        self.__name = name

    def set_address(self, address):
        self.__address = address

    def set_phone(self, phone):
        self.__phone = phone

```

```
    def get_name(self):
        return self.__name

    def get_address(self):
        return self.__address

    def get_phone(self):
        return self.__phone
```

Класс *Car*

Что именно класс `Car` должен знать в контексте предметной области нашей задачи? Приведенные ниже элементы являются атрибутами данных легкового автомобиля и упомянуты в предметной области задачи:

- изготовитель легкового автомобиля;
- модель легкового автомобиля;
- год изготовления легкового автомобиля.

Теперь идентифицируем методы класса. Что именно класс `Car` должен делать в контексте предметной области нашей задачи? И снова единственные очевидные действия представлены стандартным набором методов, которые мы найдем в большинстве классов (метод `__init__()`, методы-мутаторы и методы-получатели). В частности, следующие ниже действия:

- инициализировать объект класса `Car`;
- задать и получить изготовителя легкового автомобиля;
- задать и получить модель легкового автомобиля;
- задать и получить год изготовления легкового автомобиля.

На рис. 10.13 показана UML-диаграмма класса `Car` по состоянию на текущий момент. Исходный код Python для этого класса приведен в программе 10.21.

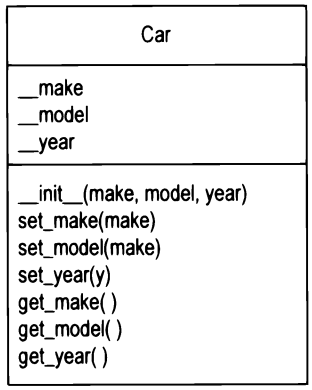


РИС. 10.13. Диаграмма UML для класса `Car`

Программа 10.21 (car.py)

```
# Класс Car.
class Car:
    def __init__(self, make, model, year):
        self.__make = make
        self.__model = model
        self.__year = year

    def set_make(self, make):
        self.__make = make

    def set_model(self, model):
        self.__model = model

    def set_year(self, year):
        self.__year = year

    def get_make(self):
        return self.__make

    def get_model(self):
        return self.__model

    def get_year(self):
        return self.__year
```

Класс *ServiceQuote*

Что именно класс `ServiceQuote` должен знать в контексте предметной области нашей задачи? Упоминаются следующие элементы:

- оценочная стоимость запчастей;
- оценочная стоимость трудозатрат;
- налог с продаж;
- общая оценочная стоимость расходов.

Для этого класса нам, в частности, потребуются следующие методы: метод `__init__()`, методы-мутаторы и методы-получатели атрибутов "Оценочная стоимость запчастей" и "Оценочная стоимость трудозатрат". Кроме того, для класса будут нужны методы, которые вычисляют и возвращают налог с продаж и общую оценочную стоимость расходов. На рис. 10.14 показана UML-диаграмма для класса `ServiceQuote`. В программе 10.22 приведен пример класса в коде Python.

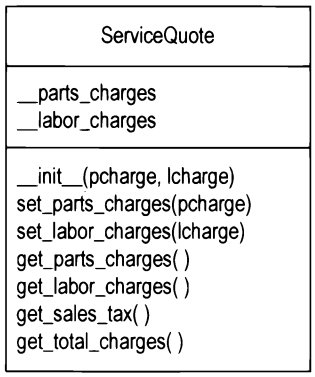


РИС. 10.14. Диаграмма UML для класса `ServiceQuote`

Программа 10.22 (servicequote.py)

```
1 # Константа для ставки налога с продаж.
2 TAX_RATE = 0.05
3
4 # Класс ServiceQuote.
5 class ServiceQuote:
6     def __init__(self, pcharge, lcharge):
7         self.__parts_charges = pcharge
8         self.__labor_charges = lcharge
9
10    def set_parts_charges(self, pcharge):
11        self.__parts_charges = pcharge
12
13    def set_labor_charges(self, lcharge):
14        self.__labor_charges = lcharge
15
16    def get_parts_charges(self):
17        return self.__parts_charges
18
19    def get_labor_charges(self):
20        return self.__labor_charges
21
22    def get_sales_tax(self):
23        return __parts_charges * TAX_RATE
24
25    def get_total_charges(self):
26        return __parts_charges + __labor_charges + \
27               (__parts_charges * TAX_RATE)
```

Это только начало

Процесс, который мы обсудили в этом разделе, следует рассматривать всего лишь как отправную точку. Важно понимать, что разработка объектно-ориентированного приложения представляет собой итеративный процесс. Для того чтобы идентифицировать все классы, которые вам потребуются, и определять все их обязанности, может потребоваться сделать несколько попыток. По ходу развития процесса разработки вы более глубоко станете понимать задачу и, следовательно, увидите пути совершенствования проекта.



Контрольная точка

10.15. Типичная диаграмма UML для класса имеет три секции. Что размещается в них?

10.16. Что такое предметная область задачи?

10.17. Кто должен составлять описание предметной области задачи во время разработки объектно-ориентированного приложения?

10.18. Каким образом идентифицируются потенциальные классы в описании предметной области задачи?

10.19. Что такое обязанности класса?

10.20. Какие два вопроса следует задать, чтобы определить обязанности класса?

10.21. Всегда ли все действия класса будут упомянуты в описании предметной области задачи?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Практика _____ программирования сконцентрирована на создании функций, отделенных от данных, с которыми они работают.
   а) модульного;
   б) процедурного;
   в) функционального;
   г) объектно-ориентированного.
2. Практика _____ программирования сконцентрирована на создании объектов.
   а) объектно-центрированного;
   б) объектного;
   в) процедурного;
   г) объектно-ориентированного.
3. _____ — это компонент класса, который ссылается на данные.
   а) метод;
   б) экземпляр;
   в) атрибут данных;
   г) модуль.

4. Объект — это _____.
   а) проект;
   б) форма для печенья;
   в) переменная;
   г) экземпляр.
5. Поступая так, вы прячете атрибуты класса от программного кода, находящегося за пределами класса.
   а) избегая использования параметра `self` при создании атрибута;
   б) начиная имя атрибута двумя символами подчеркивания;
   в) начиная имя атрибута с `private__`;
   г) начиная имя атрибута символом `@`.
6. Метод-_____ получает значение атрибута данных и при этом его не изменяет.
   а) извлекатель;
   б) конструктор;
   в) мутатор;
   г) получатель.
7. Метод-_____ сохраняет значение в атрибуте данных либо каким-либо образом изменяет его значение.
   а) видоизменитель;
   б) конструктор;
   в) мутатор;
   г) получатель.
8. Метод _____ автоматически вызывается при создании объекта.
   а) `__init__()`;
   б) `init()`;
   в) `__str__()`;
   г) `__object__()`.
9. Если класс имеет метод `__str__()`, какой из нижеперечисленных способов вызывает этот метод?
   а) он вызывается подобно любому другому методу: *`объект`*`.__str__()`;
   б) путем передачи экземпляра класса во встроенную функцию `str`;
   в) этот метод автоматически вызывается при создании объекта;
   г) путем передачи экземпляра класса во встроенную функцию `state`.
10. Набор стандартных диаграмм для графического изображения объектно-ориентированных систем обеспечивается за счет _____.
    а) унифицированного языка моделирования;
    б) блок-схем;

в) псевдокода;

г) системы иерархии объектов.

11. В одном из подходов к идентификации классов в задаче программист идентифицирует _____ в описании предметной области задачи.

а) глаголы;

б) прилагательные;

в) существительные;

г) именные группы.

12. В одном из подходов к идентификации атрибутов и методов данных класса программист идентифицирует _____ класса.

а) обязанности;

б) имя;

в) синонимы;

г) существительные.

Истина или ложь

1. Практика процедурного программирования сконцентрирована на создании объектов.
2. Возможность многократного использования объектов — важный фактор востребованности ООП.
3. В ООП общепринятой практикой является обеспечение доступности всех атрибутов данных класса для инструкций, находящихся за пределами класса.
4. Метод класса не должен иметь параметр `self`.
5. Имя атрибута, начинающееся двумя символами подчеркивания, помогает скрыть атрибут от программного кода, находящегося за пределами класса.
6. Метод `__str__()` невозможно вызвать напрямую.
7. Один из приемов найти классы, необходимые для объектно-ориентированной программы, состоит в том, чтобы идентифицировать все глаголы в описании предметной области задачи.

Короткий ответ

1. Что такое инкапсуляция?
2. Почему атрибуты данных объекта должны быть скрыты от программного кода, находящегося за пределами класса?
3. В чем разница между классом и экземпляром класса?
4. Приведенная ниже инструкция вызывает метод объекта. Как называется этот метод? Как называется переменная, которая ссылается на объект?

```
wallet.get_dollar()
```

5. На что ссылается параметр `self`, когда выполняется метод `__init__()`?

6. Каким образом в классе Python атрибут скрывается от программного кода, находящегося за пределами класса?
7. Как вызывается метод `__str__()`?

Алгоритмический тренажер

1. Предположим, что `my_car` — это имя переменной, которая ссылается на объект, и `go` — это имя метода. Напишите инструкцию, которая использует переменную `my_car` для вызова метода `go()`. (В метод `go()` аргументы не должны передаваться.)
2. Напишите определение класса с именем `Book`. Класс `Book` должен иметь атрибуты данных для заголовка книги, имени автора и имени издателя. Этот класс должен также иметь следующие методы:
   - метод `__init__()` для класса должен принимать аргумент для каждого атрибута данных;
   - методы-получатели и методы-мутаторы для каждого атрибута данных;
   - метод `__str__()`, который возвращает строковое значение, сообщающее о состоянии объекта.
3. Взгляните на приведенное ниже описание предметной области задачи.

   Банк предлагает своим клиентам следующие типы счетов: сберегательные счета, текущие счета и счета с процентами по ставке денежного рынка. Клиентам разрешается вносить деньги на банковский счет (тем самым увеличивая остаток на своем счете), снимать деньги с банковского счета (тем самым уменьшая остаток на своем счете) и накапливать процентный доход на банковском счете. Каждый счет имеет процентную ставку.

   Допустим, что вы пишете программу, которая вычисляет сумму процентного дохода, накопленного на банковском счете.

   - Идентифицируйте потенциальные классы в данной предметной области.
   - Уточните список, чтобы он включал только необходимый для этой задачи класс или классы.
   - Идентифицируйте обязанности класса или классов.

Упражнения по программированию

1. **Класс `Pet`.**


Видеозапись "Класс Pet" (The Pet class)

Напишите класс `Pet` (Домашнее животное), который должен иметь приведенные ниже атрибуты данных:

- `__name` (для клички домашнего животного);
- `__animal_type` (для типа домашнего животного; например, это может быть 'собака', 'кот' и 'птица');
- `__age` (для возраста домашнего животного).

Класс `Pet` должен иметь метод `__init__()`, который создает эти атрибуты. Он также должен иметь приведенные ниже методы:

- метод `set_name()` присваивает значение полю `__name`;
- метод `set_animal_type()` присваивает значение полю `__animal_type`;
- метод `set_age()` присваивает значение полю `__age`;
- метод `get_name()` возвращает значение полю `__name`;
- метод `get_animal_type()` возвращает значение полю `__animal_type`;
- метод `get_age()` возвращает значение полю `__age`.

После написания данного класса напишите программу, которая создает объект класса и предлагает пользователю ввести кличку, тип и возраст своего домашнего животного. Эти данные должны храниться в качестве атрибутов объекта. Примените методы-получатели, чтобы извлечь имя, тип и возраст домашнего животного и показать эти данные на экране.

2. **Класс `Car`.** Напишите класс под названием `Car` (Легковой автомобиль), который имеет приведенные ниже атрибуты данных:

   - `__year_model` (для модели указанного года выпуска);
   - `__make` (для фирмы-изготовителя автомобиля);
   - `__speed` (для текущей скорости автомобиля).

   Класс `Car` должен иметь метод `__init__()`, который в качестве аргументов принимает модель указанного года выпуска и фирму-изготовителя. Эти значения должны быть присвоены атрибутам данных `__year_model` и `__make` объекта. Он также должен присвоить 0 атрибуту данных `__speed`.

   Этот класс также должен иметь методы:

   - метод `accelerate()` (ускоряться) при каждом его вызове должен прибавлять 5 в атрибут данных `__speed`;
   - метод `break()` (тормозить) при каждом его вызове должен вычитать 5 из атрибута данных `__speed`;
   - метод `get_speed()` (получить скорость) должен возвращать текущую скорость.

   Далее разработайте программу, которая создает объект `Car` и пятикратно вызывает метод `accelerate()`. После каждого вызова метода `accelerate()` она должна получать текущую скорость автомобиля и выводить ее на экран. Затем она должна пятикратно вызвать метод `break()`. После каждого вызова метода `break()` она должна получать текущую скорость автомобиля и выводить ее на экран.

3. **Класс персональных данных `Information`.** Разработайте класс, который содержит следующие персональные данные: имя, адрес, возраст и телефонный номер. Напишите соответствующие методы-получатели и методы-мутаторы. Кроме того, напишите программу, которая создает три экземпляра класса. Один экземпляр должен содержать информацию о вас, а два других — информацию о ваших друзьях или членах семьи.

4. **Класс `Employee`.** Напишите класс под названием `Employee`, который в атрибутах содержит данные о сотруднике: имя, идентификационный номер, отдел и должность.

   После написания данного класса напишите программу, которая создает три объекта `Employee` с приведенными в табл. 10.1 данными.

Таблица 10.1

Имя	Идентификационный номер	Отдел	Должность
Сьюзан Мейерс	47899	Бухгалтерия	Вице-президент
Марк Джоунс	39119	IT	Программист
Джой Роджерс	81774	Производственный	Инженер

Программа должна сохранить эти данные в трех объектах и затем вывести данные по каждому сотруднику на экран.

5. **Класс `RetailItem`.** Напишите класс под названием `RetailItem` (Розничная товарная единица), который содержит данные о товаре в розничном магазине. Этот класс должен хранить данные в атрибутах: описание товара, количество единиц на складе и цена. После написания этого класса напишите программу, которая создает три объекта `RetailItem` и сохраняет в них приведенные в табл. 10.2 данные.

Таблица 10.2

	Описание	Количество на складе	Цена
Товар № 1	Пиджак	12	59.95
Товар № 2	Дизайнерские джинсы	40	34.95
Товар № 3	Рубашка	20	24.95

6. **Расходы на лечение.** Напишите класс под названием `Patient` (Пациент), который имеет атрибуты для приведенных ниже данных:

   - имя, отчество и фамилия;
   - адрес, город, область и почтовый индекс;
   - телефонный номер;
   - имя и телефон контактного лица для экстренной связи.

   Метод `__init__()` класса `Patient` должен принимать аргумент для каждого атрибута. Класс `Patient` также должен для каждого атрибута иметь методы-получатели и методы-мутаторы.

   Затем напишите класс `Procedure`, который представляет пройденную пациентом медицинскую процедуру. Класс `Procedure` должен иметь атрибуты для приведенных ниже данных:

   - название процедуры;
   - дата процедуры;
   - имя врача, который выполнял процедуру;
   - стоимость процедуры.

   Метод `__init__()` класса `Procedure` должен принимать аргумент для каждого атрибута.

   Класс `Procedure` также должен для каждого атрибута иметь методы-получатели и методы-мутаторы. Далее напишите программу, которая создает экземпляр класса `Patient`,

инициализированного демонстрационными данными. Затем создайте три экземпляра класса `Procedure`, инициализированного приведенными в табл. 10.3 данными.

Программа должна вывести на экран информацию о пациенте, сведения обо всех трех процедурах и об общей стоимости всех трех процедур.

Таблица 10.3

Процедура № 1	Процедура № 2	Процедура № 3
Название процедуры: врачебный осмотр	Название процедуры: рентгенография	Название процедуры: анализ крови
Дата: сегодняшняя	Дата: сегодняшняя	Дата: сегодняшняя
Врач: Ирвин	Врач: Джемисон	Врач: Смит
Стоимость: 250.00	Стоимость: 500.00	Стоимость: 200.00

7. **Система управления персоналом.** Это упражнение предполагает создание класса `Employee` из упражнения 4 по программированию. Создайте программу, которая сохраняет объекты `Employee` в словаре. Используйте идентификационный номер сотрудника в качестве ключа. Программа должна вывести меню, которое позволяет пользователю:

   - найти сотрудника в словаре;
   - добавить нового сотрудника в словарь;
   - изменить имя, отдел и должность существующего сотрудника в словаре;
   - удалить сотрудника из словаря;
   - выйти из программы.

   По завершении работы программа должна законсервировать словарь и сохранить его в файле. При каждом запуске программы она должна попытаться загрузить законсервированный словарь из файла. Если файл не существует, то программа должна начать работу с пустого словаря.

8. **Класс `CashRegister`.** Это упражнение предполагает создание класса `RetailItem` из упражнения 5 по программированию. Создайте класс `CashRegister` (Кассовый аппарат), который может использоваться вместе с классом `RetailItem`. Класс `CashRegister` должен иметь внутренний список объектов `RetailItem`, а также приведенные ниже методы.

   - Метод `purchase_item()` (приобрести товар) в качестве аргумента принимает объект `RetailItem`. При каждом вызове метода `purchase_item()` объект `RetailItem`, переданный в качестве аргумента, должен быть добавлен в список.
   - Метод `get_total()` (получить сумму покупки) возвращает общую стоимость всех объектов `RetailItem`, хранящихся во внутреннем списке объекта `CashRegister`.
   - Метод `show_items()` (показать товары) выводит данные об объектах `RetailItem`, хранящихся во внутреннем списке объекта `CashRegister`.
   - Метод `clear()` (очистить) должен очистить внутренний список объекта `CashRegister`.

   Продемонстрируйте класс `CashRegister` в программе, которая позволяет пользователю выбрать несколько товаров для покупки. Когда пользователь готов рассчитаться за по-

купку, программа должна вывести список всех товаров, которые он выбрал для покупки, а также их общую стоимость.

9. **Викторина.** В этой задаче по программированию следует создать простую викторину для двух игроков. Программа будет работать следующим образом.

   - Начиная с игрока 1, каждый игрок по очереди отвечает на 5 вопросов викторины. (Должно быть в общей сложности 10 вопросов.) При выводе вопроса на экран также выводятся 4 возможных ответа. Только один из этих ответов является правильным, и если игрок выбирает правильный ответ, то он зарабатывает очко.
   - После того как были выбраны ответы на все вопросы, программа показывает количество очков, заработанное каждым игроком, и объявляет игрока с наибольшим количеством очков победителем.

   Для создания этой программы напишите класс `Question` (Вопрос), который будет содержать данные о вопросе викторины. Класс `Question` должен иметь атрибуты для приведенных ниже данных:

   - вопрос викторины;
   - возможный ответ 1;
   - возможный ответ 2;
   - возможный ответ 3;
   - возможный ответ 4;
   - номер правильного ответа (1, 2, 3 или 4).

   Класс `Question` также должен иметь соответствующий метод `__init__()`, методы-получатели и методы-мутаторы.

   Программа должна содержать список или словарь с 10 объектами `Question`, один для каждого вопроса викторины. Составьте для объектов собственные вопросы викторины по теме или темам по вашему выбору.

ГЛАВА 11

Наследование

11.1 Введение в наследование

Ключевые положения

Наследование позволяет новому классу расширять существующий класс. Новый класс наследует члены расширяемого класса.

Обобщение и конкретизация

В реальном мире можно найти множество объектов, которые являются конкретизированными вариантами других более общих объектов. Например, термин "насекомое" описывает общий, родовой тип существ с различными свойствами. Поскольку кузнечики и шмели являются насекомыми, у них есть все родовые свойства насекомого. Кроме того, у них есть особые, свои свойства. Например, кузнечик умеет прыгать, а шмель жалить. Кузнечики и шмели являются конкретизированными вариантами насекомого (рис. 11.1).

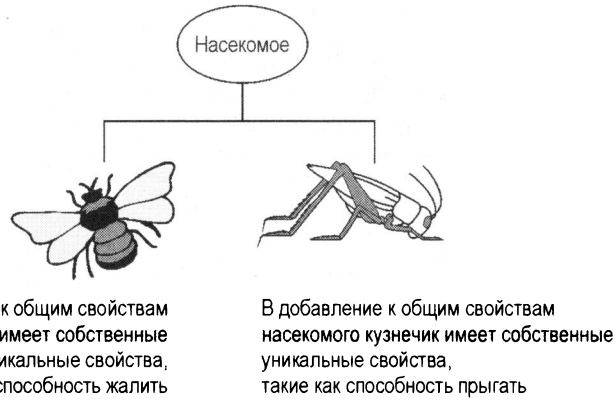


РИС. 11.1. Шмели и кузнечики являются конкретизированными вариантами насекомого

Наследование и отношение "род — вид"

Когда один объект является конкретизированным вариантом другого объекта, между ними существует отношение "род — вид", или отношение классификации. Например, кузнечик является видом насекомого. Вот несколько других примеров, отношения "род — вид":

- автомобиль — это вид автотранспортного средства;
- цветок — это вид растения;

- прямоугольник — это вид геометрической фигуры;
- футболист — это вид спортсмена.

Когда между объектами существует отношение "род — вид", это означает, что конкретизированный объект имеет все свойства родового объекта плюс дополнительные свойства, которые делают его особенным. В объектно-ориентированном программировании наследование используется для создания отношения "род — вид" среди классов. Оно позволяет расширять возможности класса путем создания другого класса, который является его конкретизированным вариантом.

Наследование связано с существованием надкласса и подкласса. *Надкласс* — это родовой класс, *подкласс* — это конкретизированный класс. Подкласс можно представить, как расширенный вариант надкласса. Подкласс наследует атрибуты и методы надкласса без необходимости переписывать его атрибуты и методы. Кроме того, в подкласс могут быть добавлены новые атрибуты и методы, и именно это делает его конкретизированным вариантом надкласса.



ПРИМЕЧАНИЕ

Надклассы также называются *базовыми классами*, а подклассы — *производными классами*. Обе версии терминов применимы. Для единообразия в этой книге используются термины "надкласс" и "подкласс".

Обратимся к примеру использования наследования. Предположим, что мы разрабатываем программу, которую автодилер может использовать для управления своими складскими запасами подержанных автомашин. Складские ресурсы автодилера включают три типа автомашин: легковые автомобили, пикапы и джипы. Независимо от типа автомобиля автодилер о каждом автомобиле поддерживает приведенные ниже данные:

- фирма-изготовитель;
- модель указанного года выпуска;
- пробег;
- цена.

Каждый вид автотранспортного средства, который содержится среди складских запасов, имеет эти общие свойства плюс свои специализированные свойства. Для легковых автомобилей автодилер поддерживает следующие дополнительные данные: число дверей (2 или 4).

Для пикапов автодилер поддерживает следующие дополнительные данные: тип привода (моноприводный, т. е. с приводом на два колеса, или полноприводный, т. е. с приводом на четыре колеса).

И для джипов автодилер поддерживает следующие дополнительные данные: пассажирская вместимость.

При разработке этой программы один из подходов состоит в написании трех классов:

- класса `Car` (Легковой автомобиль) с атрибутами данных для фирмы-изготовителя, модели указанного года выпуска, пробега, цены и количества дверей;
- класса `Truck` (Пикап) с атрибутами данных для фирмы-изготовителя, модели указанного года выпуска, пробега, цены и типа привода;
- класса `SUV` (Джип) с атрибутами данных для фирмы-изготовителя, модели указанного года выпуска, пробега, цены и пассажирской вместимостью.

Однако такой подход был бы неэффективным, потому что все три класса имеют большое количество общих атрибутов данных. В результате классы содержали бы много повторяющегося программного кода. И если позже обнаружится, что нужно добавить дополнительные общие атрибуты, то придется видоизменить все три класса.

Оптимальный подход состоит в написании надкласса `Automobile`, который будет содержать все общие данные об автомобиле, и затем в написании подклассов для каждого конкретного вида автомобиля. В программе 11.1 приведен код класса `Automobile`, который содержится в модуле `vehicles` (автотранспортные средства).

Программа 11.1 **(vehicles.py, строки 1–44)**

```
 1 # Класс Automobile содержит общие данные
 2 # об автомобиле на складе.
 3
 4 class Automobile:
 5     # Метод __init__method принимает аргументы для
 6     # фирмы-изготовителя, модели, пробега и цены.
 7     # Он инициализирует атрибуты данных этими значениями.
 8
 9     def __init__(self, make, model, mileage, price):
10         self.__make = make
11         self.__model = model
12         self.__mileage = mileage
13         self.__price = price
14
15     # Следующие ниже методы являются методами-мутаторами
16     # атрибутов данных этого класса.
17
18     def set_make(self, make):
19         self.__make = make
20
21     def set_model(self, model):
22         self.__model = model
23
24     def set_mileage(self, mileage):
25         self.__mileage = mileage
26
27     def set_price(self, price):
28         self.__price = price
29
30     # Следующие ниже методы являются методами-получателями
31     # атрибутов данных этого класса.
32
33     def get_make(self):
34         return self.__make
35
```

```
36      def get_model(self):
37          return self.__model
38
39      def get_mileage(self):
40          return self.__mileage
41
42      def get_price(self):
43          return self.__price
44
```

Метод `__init__()` класса `Automobile` принимает аргументы для фирмы-изготовителя, модели, пробега и цены автотранспортного средства. Он использует эти значения для инициализации атрибутов данных:

- `__make` (изготовитель);
- `__model` (модель);
- `__mileage` (пробег);
- `__price` (цена).

(Из *главы 10* известно, что атрибут данных становится скрытым, когда он начинается с двух символов подчеркивания.) Методы в строках 18–28 являются методами-мутаторами для каждого атрибута данных, а методы в строках 33–43 — методами-получателями.

Класс `Automobile` является законченным классом, из которого можно создавать объекты. Если есть необходимость, можно написать программу, которая импортирует модуль `vehicles` и создает экземпляры класса `Automobile`. Однако класс `Automobile` содержит только общие данные об автомобиле. В нем нет ни одной конкретной порции данных, которые автодилер желает поддерживать о легковых автомобилях, пикапах и джипах. Для того чтобы включить данные об этих конкретных видах автомобилей, мы напишем подклассы, которые наследуют от класса `Automobile`. В программе 11.2 приведен соответствующий программный код для класса `Car`, который тоже находится в модуле `vehicles`.

Программа 11.2 **(vehicles.py, строки 45–72)**

```
45 # Класс Car представляет легковой автомобиль.
46 # Он является подклассом класса Automobile.
47
48 class Car(Automobile):
49     # Метод __init__ принимает аргументы для фирмы-изготовителя,
50     # модели, пробега, цены и количества дверей.
51
52     def __init__(self, make, model, mileage, price, doors):
53         # Вызвать метод __init__ надкласса и передать
54         # требуемые аргументы. Обратите внимание, что мы также
55         # передаем self в качестве аргумента.
56         Automobile.__init__(self, make, model, mileage, price)
57
```

```
58          # Инициализировать атрибут __doors.
59          self.__doors = doors
60
61      # Метод set_doors является методом-мутатором
62      # атрибута __doors.
63
64      def set_doors(self, doors):
65          self.__doors = doors
66
67      # Метод get_doors является методом-получателем
68      # атрибута __doors.
69
70      def get_doors(self):
71          return self.__doors
72
```

Приглядитесь к инструкции объявления класса в строке 48:

```
class Car(Automobile):
```

Эта строка говорит о том, что мы определяем класс под названием `Car`, и он наследует от класса `Automobile`. Класс `Car` является подклассом, а класс `Automobile` — надклассом. Если нужно выразить связь между классом `Car` и классом `Automobile`, то можно сказать, что легковой автомобиль `Car` является видом родового автомобиля `Automobile`. Поскольку класс `Car` расширяет класс `Automobile`, он наследует все методы и атрибуты данных класса `Automobile`.

Взгляните на заголовок метода `__init__()` в строке 52:

```
def __init__(self, make, model, mileage, price, doors):
```

Обратите внимание, что в дополнение к требуемому параметру `self` у метода есть параметры `make`, `model`, `mileage`, `price` и `doors`. Это разумно, потому что объект `Car` будет иметь атрибуты данных для фирмы-изготовителя, модели, пробега, цены и количества дверей легкового автомобиля. Однако некоторые из этих атрибутов создаются классом `Automobile`, поэтому нам нужно вызвать метод `__init__()` класса `Automobile` и передать в него эти значения. Это происходит в строке 56:

```
Automobile.__init__(self, make, model, mileage, price)
```

Эта инструкция вызывает метод `__init__()` класса `Automobile`. Обратите внимание, что инструкция передает переменную `self`, а также переменные `make`, `model`, `mileage` и `price` в качестве аргументов. Когда этот метод исполняется, он инициализирует атрибуты данных переменными `__make`, `__model`, `__mileage` и `__price`. Затем в строке 59 атрибут `__doors` инициализируется значением, переданным в параметр `doors`:

```
self.__doors = doors
```

Метод `set_doors()` в строках 64–65 является методом-мутатором атрибута `__doors`, а метод `get_doors()` в строках 70–71 — методом-получателем атрибута `__doors`. Прежде чем пойти дальше, рассмотрим класс `Car`, который приведен в программе 11.3.

Программа 11.3 (car_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует класс Car.
2
3 import vehicles
4
5 def main():
6     # Создать объект на основе класса Car.
7     # Легковое авто: 2007 Audi с 12500 милями пробега,
8     # ценой $21500.00 и с 4 дверьми.
9     used_car = vehicles.Car('Audi', 2007, 12500, 21500.0, 4)
10
11    # Показать данные легкового авто.
12    print('Изготовитель:', used_car.get_make())
13    print('Модель:', used_car.get_model())
14    print('Пробег:', used_car.get_mileage())
15    print('Цена:', used_car.get_price())
16    print('Количество дверей:', used_car.get_doors())
17
18 # Вызвать главную функцию.
19 if __name__ == '__main__':
20    main()
```

Вывод программы

```
Изготовитель: Audi
Модель: 2007
Пробег: 12500
Цена: 21500.0
Количество дверей: 4
```

Строка 3 импортирует модуль `vehicles`, который содержит определения классов `Automobile` и `Car`. Строка 9 создает экземпляр класса `Car`, передавая `'Audi'` в качестве названия фирмы-изготовителя легкового автомобиля, `2007` в качестве модели легкового автомобиля, `12500` в качестве пробега, `21500.0` в качестве цены легкового автомобиля и `4` в качестве количества дверей. Полученный объект присваивается переменной `used_car` (подержанное авто).

Инструкции в строках 12–15 вызывают методы `get_make()`, `get_model()`, `get_mileage()` и `get_price()` этого объекта. Несмотря на то что класс `Car` не имеет ни одного из этих методов, он их наследует от класса `Automobile`. Строка 16 вызывает метод `get_doors()`, который определен в классе `Car`.

Теперь давайте рассмотрим класс `Truck`, который тоже наследует от класса `Automobile`. Код для класса `Truck`, который также находится в модуле `vehicles`, приведен в программе 11.4.

Программа 11.4 (vehicles.py, строки 73–100)

```
73 # Класс Truck представляет пикап.
74 # Он является подклассом класса Automobile.
75
```

```
76 class Truck(Automobile):
77     # Метод __init__ принимает аргументы для
78     # изготовителя, модели, пробега, цены и типа привода пикапа.
79
80     def __init__(self, make, model, mileage, price, drive_type):
81         # Вызвать метод __init__ надкласса и передать
82         # требуемые аргументы. Обратите внимание, что мы также
83         # передаем self в качестве аргумента.
84         Automobile.__init__(self, make, model, mileage, price)
85
86         # Инициализировать атрибут __drive_type.
87         self.__drive_type = drive_type
88
89     # Метод set_drive_type является методом-мутатором
90     # атрибута __drive_type.
91
92     def set_drive_type(self, drive_type):
93         self.__drive = drive_type
94
95     # Метод get_drive_type является методом-получателем
96     # атрибута __drive_type.
97
98     def get_drive_type(self):
99         return self.__drive_type
100
```

Метод `__init__()` класса `Truck` начинается в строке 80. Он принимает аргументы для изготовителя, модели, пробега, цены и типа привода пикапа. Так же как класс `Car`, класс `Truck` вызывает метод `__init__()` класса `Automobile` (в строке 84), передавая название фирмы-изготовителя, модель, пробег и цену в качестве аргументов. Строка 87 создает атрибут `__drive_type`, инициализируя его значением параметра `drive_type`.

Метод `set_drive_type()` в строках 92–93 является методом-мутатором атрибута `__drive_type`, а метод `get_drive_type()` в строках 98–99 — методом-получателем этого атрибута.

Теперь рассмотрим класс `SUV`, который тоже наследует класс `Automobile`. Код для класса `SUV`, который находится в модуле `vehicles`, представлен в программе 11.5.

Программа 11.5 (vehicles.py, строки 101–128)

```
101 # Класс SUV представляет джип.
102 # Он является подклассом класса Automobile.
103
104 class SUV(Automobile):
105     # Метод __init__ принимает аргументы для
106     # изготовителя, модели, пробега, цены
107     # и пассажирской вместимости.
108
```

```
109     def __init__(self, make, model, mileage, price, pass_cap):
110         # Вызвать метод __init__ надкласса и передать
111         # требуемые аргументы. Обратите внимание, что мы также
112         # передаем self в качестве аргумента.
113         Automobile.__init__(self, make, model, mileage, price)
114
115         # Инициализировать атрибут __pass_cap.
116         self.__pass_cap = pass_cap
117
118     # Метод set_pass_cap является методом-мутатором
119     # атрибута __pass_cap.
120
121     def set_pass_cap(self, pass_cap):
122         self.__pass_cap = pass_cap
123
124     # Метод get_pass_cap является методом-получателем
125     # атрибута __pass_cap.
126
127     def get_pass_cap(self):
128         return self.__pass_cap
```

Метод `__init__()` класса `SUV` начинается в строке 109. Он принимает аргументы для изготовителя, модели, пробега, цены и пассажирской вместимости. Так же как классы `Car` и `Truck`, класс `SUV` вызывает метод `__init__()` класса `Automobile` (в строке 113), передавая название фирмы-изготовителя, модель, пробег и цену в качестве аргументов. Строка 116 создает атрибут `__pass_cap`, инициализируя его значением параметра `pass_cap`.

Метод `set_pass_cap()` в строках 121–122 является методом-мутатором атрибута `__pass_cap`, а метод `get_pass_cap()` в строках 127–128 — методом-получателем этого атрибута.

Программа 11.6 демонстрирует каждый из классов, которые мы обсудили до сих пор. Она создает объекты `Car`, `Truck` и `SUV`.

Программа 11.6 (car_truck_suv_demo.py)

```
 1 # Эта программа создает объекты Car, Truck
 2 # и SUV.
 3
 4 import vehicles
 5
 6 def main():
 7     # Создать объект Car для подержанного авто 2001 BMW
 8     # с 70000 милями пробега, ценой $15000,
 9     # с 4 дверьми.
10     car = vehicles.Car('BMW', 2001, 70000, 15000.0, 4)
11
```

```
    # Создать объект Truck для подержанного пикапа 2002
    # Toyota с 40000 милями пробега, ценой
    # $12000 и с 4-колесным приводом.
    truck = vehicles.Truck('Toyota', 2002, 40000, 12000.0, '4WD')

    # Создать объект SUV для подержанного 2000
    # Volvo с 30000 милями пробега, ценой
    # $18500 и вместимостью 5 человек.
    suv = vehicles.SUV('Volvo', 2000, 30000, 18500.0, 5)

    print('ПОДЕРЖАННЫЕ АВТО НА СКЛАДЕ')
    print('==========================')

    # Показать данные легкового авто.
    print('Данный легковой автомобиль имеется на складе.')
    print('Изготовитель:', car.get_make())
    print('Модель:', car.get_model())
    print('Пробег:', car.get_mileage())
    print('Цена:', car.get_price())
    print('Количество дверей:', car.get_doors())
    print()

    # Показать данные пикапа.
    print('Данный пикап имеется на складе.')
    print('Изготовитель:', truck.get_make())
    print('Модель:', truck.get_model())
    print('Пробег:', truck.get_mileage())
    print('Цена:', truck.get_price())
    print('Тип привода:', truck.get_drive_type())
    print()

    # Показать данные джипа.
    print('Данный джип имеется на складе.')
    print('Изготовитель:', suv.get_make())
    print('Модель:', suv.get_model())
    print('Пробег:', suv.get_mileage())
    print('Цена:', suv.get_price())
    print('Пассажирская вместимость:', suv.get_pass_cap())

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
ПОДЕРЖАННЫЕ АВТО НА СКЛАДЕ
==========================
Данный легковой автомобиль имеется на складе.
Изготовитель: BMW
Модель: 2001
```

```
Пробег: 70000
Цена: 15000.0
Количество дверей: 4

Данный пикап имеется на складе.
Изготовитель: Toyota
Модель: 2002
Пробег: 40000
Цена: 12000.0
Тип привода: 4WD

Данный джип имеется на складе.
Изготовитель: Volvo
Модель: 2000
Пробег: 30000
Цена: 18500.0
Пассажирская вместимость: 5
```

Наследование в диаграммах UML

В диаграмме UML наследование обозначается путем нанесения линии с пустым указателем стрелки от подкласса к надклассу. (Указатель стрелки показывает на надкласс.) На рис. 11.2

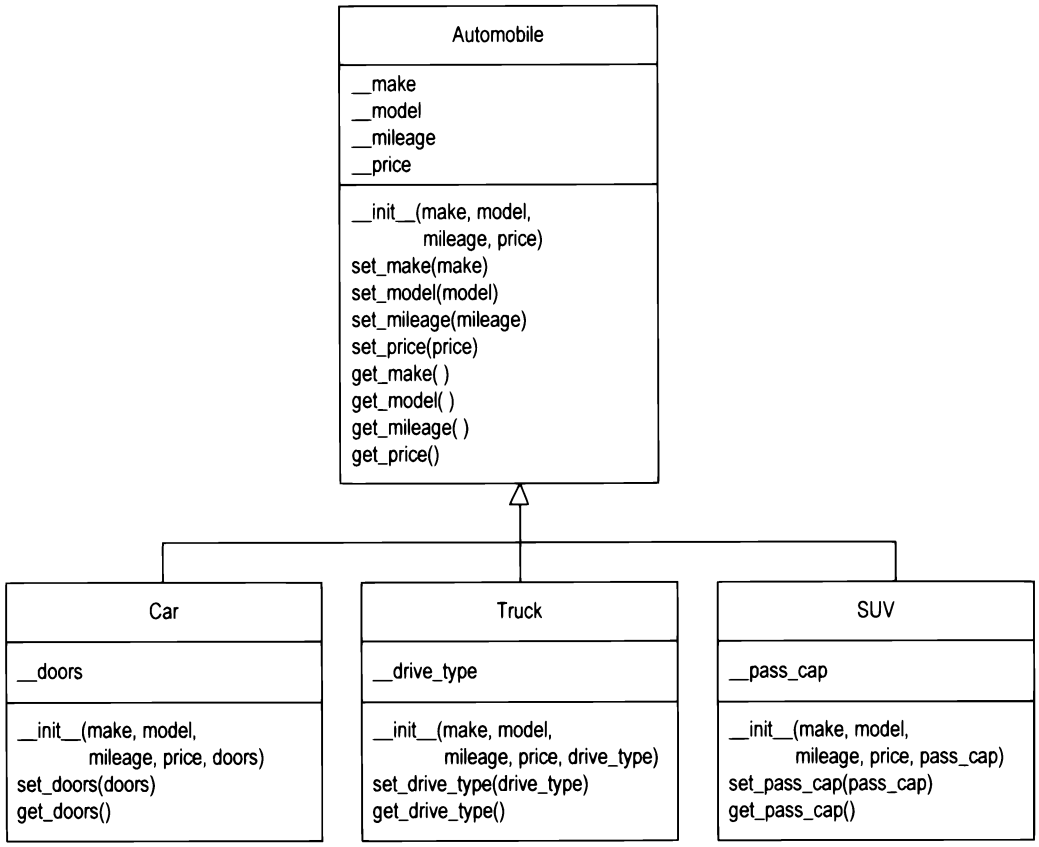


РИС. 11.2. Диаграмма UML с демонстрацией наследования

приведена диаграмма UML, указывающая на связь между классами `Automobile`, `Car`, `Truck` и `SUV`.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Использование наследования

Компания "Банковские финансовые системы" разрабатывает финансовое программное обеспечение для банков и кредитных союзов. Компания создает новую объектно-ориентированную систему, которая управляет клиентскими банковскими счетами. Одна из ваших задач состоит в том, чтобы спроектировать класс, который представляет сберегательный счет. Вот данные, которые должен содержать объект этого класса:

- номер счета;
- процентная ставка;
- остаток счета.

Вам также необходимо разработать класс, который представляет счет депозитного сертификата (CD, certificate of deposit). Вот данные, которые должен содержать объект этого класса:

- номер счета;
- процентная ставка;
- остаток счета;
- дата погашения счета.

Анализируя это техническое задание, вы понимаете, что счет депозитного сертификата (CD) является конкретизированным вариантом сберегательного счета. Класс, который представляет счет депозитного сертификата, будет содержать все те же данные, что и класс, который представляет сберегательный счет, плюс дополнительный атрибут для даты погашения. Вы решаете разработать класс `SavingsAccount` для представления сберегательного счета и подкласс `SavingsAccount` с именем `CD` для представления счета депозитного сертификата. Вы будете хранить оба этих класса в модуле `accounts` (счета). В программе 11.7 приведен код для класса `SavingsAccount`.

Программа 11.7 **(accounts.py, строки 1–37)**

```
 1 # Класс SavingsAccount представляет
 2 # сберегательный счет.
 3
 4 class SavingsAccount:
 5
 6     # Метод __init__ принимает аргументы для
 7     # номера счета, процентной ставки и остатка.
 8
 9     def __init__(self, account_num, int_rate, bal):
10         self.__account_num = account_num
11         self.__interest_rate = int_rate
12         self.__balance = bal
13
```

```
14      # Следующие ниже методы являются методами-мутаторами
15      # атрибутов данных.
16
17      def set_account_num(self, account_num):
18          self.__account_num = account_num
19
20      def set_interest_rate(self, int_rate):
21          self.__interest_rate = int_rate
22
23      def set_balance(self, bal):
24          self.__balance = bal
25
26      # Следующие ниже методы являются методами-получателями
27      # атрибутов данных.
28
29      def get_account_num(self):
30          return self.__account_num
31
32      def get_interest_rate(self):
33          return self.__interest_rate
34
35      def get_balance(self):
36          return self.__balance
37
```

Метод `__init__()` этого класса размещается в строках 9–12. Он принимает аргументы для номера счета, процентной ставки и остатка. Эти аргументы используются для инициализации атрибутов данных с именами `__account_num`, `__interest_rate` и `__balance`.

Методы `set_account_num()` (задать номер счета), `set_interest_rate()` (задать процентную ставку) и `set_balance()` (задать остаток счета), расположенные в строках 17–24, являются методами-мутаторами атрибутов данных. Методы `get_account_num()` (получить номер счета), `get_interest_rate()` (получить процентную ставку) и `get_balance()` (получить остаток света), расположенные в строках 29–36, являются методами-получателями.

Класс `CD` представлен в следующей части программы 11.7.

Программа 11.7 **(accounts.py, строки 38–65)**

```
38 # Класс CD представляет счет
39 # депозитного сертификата (CD).
40 # Это подкласс класса SavingsAccount.
41
42 class CD(SavingsAccount):
43
44      # Метод __init__ принимает аргументы для
45      # номера счета, процентной ставки, остатка
46      # и даты погашения.
47
```

```
48      def __init__(self, account_num, int_rate, bal, mat_date):
49          # Вызвать метод __init__ надкласса.
50          SavingsAccount.__init__(self, account_num, int_rate, bal)
51
52          # Инициализировать атрибут __maturity_date.
53          self.__maturity_date = mat_date
54
55      # Метод set_maturity_date является методом-мутатором
56      # атрибута __maturity_date.
57
58      def set_maturity_date(self, mat_date):
59          self.__maturity_date = mat_date
60
61      # Метод get_maturity_date является методом-получателем
62      # атрибута __maturity_date.
63
64      def get_maturity_date(self):
65          return self.__maturity_date
```

Метод `__init__()` класса `CD` размещен в строках 48–53. Он принимает аргументы для номера счета, процентной ставки, остатка и даты погашения. Строка 50 вызывает метод `__init__()` класса `SavingsAccount`, передавая аргументы для номера счета, процентной ставки и остатка. После исполнения метода `__init__()` класса `SavingsAccount` будут созданы и инициализированы атрибуты `__account_num`, `__interest_rate` и `__balance`. Затем инструкция в строке 53 создает атрибут `__maturity_date`.

Метод `set_maturity_date()` (задать дату погашения) в строках 58–59 является методом-мутатором атрибута `__maturity_date`, а метод `get_maturity_date()` (получить дату погашения) в строках 64–65 — методом-получателем этого атрибута.

Для того чтобы протестировать эти классы, мы применим код из программы 11.8. Она создает экземпляр класса `SavingsAccount` для представления сберегательного счета и экземпляр класса `CD` для представления счета депозитного сертификата.

Программа 11.8 (account_demo.py)

```
 1 # Эта программа создает экземпляр класса SavingsAccount
 2 # и экземпляр класса CD.
 3
 4 import accounts
 5
 6 def main():
 7     # Получить номер счета, процентную ставку,
 8     # и остаток сберегательного счета.
 9     print('Введите данные о сберегательном счете.')
10     acct_num = input('Номер счета: ')
11     int_rate = float(input('Процентная ставка: '))
12     balance = float(input('Остаток: '))
13
```

```
    # Создать объект SavingsAccount.
    savings = accounts.SavingsAccount(acct_num, int_rate,
                                      balance)

    # Получить номер счета, процентную ставку,
    # остаток счета и дату погашения счета CD.
    print('Введите данные о счете CD.')
    acct_num = input('Номер счета: ')
    int_rate = float(input('Процентная ставка: '))
    balance = float(input('Остаток: '))
    maturity = input('Дата погашения: ')

    # Создать объект CD.
    cd = accounts.CD(acct_num, int_rate, balance, maturity)

    # Показать введенные данные.
    print('Вот введенные Вами данные:')
    print()
    print('Сберегательный счет')
    print('--------------------')
    print(f'Номер счета: {savings.get_account_num()}')
    print(f'Процентная ставка: {savings.get_interest_rate()}')
    print(f'Остаток: ${savings.get_balance():,.2f}')
    print()
    print('Счет депозитного сертификата (CD)')
    print('---------------------------------')
    print(f'Номер счета: {cd.get_account_num()}')
    print(f'Процентная ставка: {cd.get_interest_rate()}')
    print(f'Остаток: ${cd.get_balance():,.2f}')
    print(f'Дата погашения: {cd.get_maturity_date()}')

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите данные о сберегательном счете.
Номер счета: 1234SA Enter
Процентная ставка: 3.5 Enter
Остаток: 1000.00 Enter
Введите данные о счете CD.
Номер счета: 2345CD Enter
Процентная ставка: 5.6 Enter
Остаток: 2500.00 Enter
Дата погашения: 12/12/2024 Enter
```

```
Вот введенные Вами данные:

Сберегательный счет
-------------------
Номер счета: 1234SA
Процентная ставка: 3.5
Остаток: $1,000.00

Счет депозитного сертификата (CD)
---------------------------------
Номер счета: 2345CD
Процентная ставка: 5.6
Остаток: $2,500.00
Дата погашения: 12/12/2024
```



Контрольная точка

11.1. В этом разделе мы рассмотрели надклассы и подклассы. Какой из них является общим классом, а какой конкретизированным классом?

11.2. Что значит, когда говорят, что между двумя объектами существует отношение классификации, т. е. отношение "род — вид"?

11.3. Что подкласс наследует от своего надкласса?

11.4. Взгляните на приведенный ниже фрагмент кода, который представляет собой первую строку определения класса. Как называется надкласс? Как называется подкласс (здесь используются классы "Канарейка" и "Птица")?

```
class Canary(Bird):
```

11.2 Полиморфизм

Ключевые положения

Полиморфизм позволяет подклассам иметь методы с теми же именами, что и у методов в их надклассах. Это дает программе возможность вызывать правильный метод в зависимости от типа объекта, который используется для его вызова.

Термин *"полиморфизм"* относится к способности объекта принимать различные формы. Эта способность является мощным механизмом объектно-ориентированного программирования. В данном разделе мы рассмотрим два важнейших компонента полиморфного поведения.

- Возможность определять метод в надклассе и затем определять метод с тем же именем в подклассе. Когда метод подкласса имеет то же имя, что и у метода надкласса, часто говорят, что метод подкласса *переопределяет* метод надкласса.
- Возможность вызывать правильный вариант переопределенного метода в зависимости от типа объекта, который используется для его вызова. Если объект подкласса используется

для вызова переопределенного метода, то исполнится именно вариант метода подкласса. Если для вызова переопределенного метода используется объект надкласса, то исполнится именно вариант метода надкласса.

Вы уже видели переопределение метода в работе. Все подклассы, исследованные нами в этой главе, имеют метод `__init__()`, который переопределяет метод `__init__()` надкласса. Когда создается экземпляр подкласса, автоматически вызывается метод `__init__()` именно этого подкласса.

Переопределение методов работает и для других методов класса. Возможно, лучший способ описать полиморфизм состоит в том, чтобы его продемонстрировать, поэтому рассмотрим простой пример. В программе 11.9 приведен код для класса `Mammal` (Млекопитающее), который находится в модуле `animals` (животные).

Программа 11.9 (animals.py, строки 1–22)

```
1 # Класс Mammal представляет род млекопитающих.
2
3 class Mammal:
4
5     # Метод __init__ принимает аргумент для
6     # вида млекопитающего.
7
8     def __init__(self, species):
9         self.__species = species
10
11    # Метод show_species выводит сообщение
12    # о виде млекопитающего.
13
14    def show_species(self):
15        print('Я -', self.__species)
16
17    # Метод make_sound издает характерный
18    # для всех млекопитающих звук.
19
20    def make_sound(self):
21        print('Грррррр')
22
```

Класс `Mammal` имеет три метода: `__init__()`, `show_species()` (Показать вид млекопитающего) и `make_sound()` (Издать звук). Вот пример кода, который создает экземпляр класса и вызывает эти методы:

```
import animals
mammal = animals.Mammal('обычное млекопитающее')
mammal.show_species()
mammal.make_sound()
```

Этот фрагмент кода покажет приведенный ниже результат:

```
Я - обычное млекопитающее
Гррррр
```

Следующая часть программы 11.9 показывает класс `Dog` (Собака), который тоже находится в модуле `animals` и является подклассом класса `Mammal`.

Программа 11.9 **(animals.py, строки 23–38)**

```
23 # Класс Dog является подклассом класса Mammal.
24
25 class Dog(Mammal):
26
27     # Метод __init__ вызывает метод __init__
28     # надкласса, передавая 'собака' в качестве вида.
29
30     def __init__(self):
31         Mammal.__init__(self, 'собака')
32
33     # Метод make_sound переопределяет
34     # метод make_sound надкласса.
35
36     def make_sound(self):
37         print('Гав-гав!')
38
```

Хотя класс `Dog` наследует методы `__init__()` и `make_sound()`, которые находятся в классе `Mammal`, эти методы не отвечают требованиям класса `Dog`. И поэтому класс `Dog` имеет собственные методы `__init__()` и `make_sound()`, выполняющие действия, которые более подходят для собаки. Мы говорим, что методы `__init__()` и `make_sound()` в классе `Dog` переопределяют методы `__init__()` и `make_sound()` в классе `Mammal`. Вот пример фрагмента кода, который создает экземпляр класса `Dog` и вызывает эти методы:

```
import animals
dog = animals.Dog()
dog.show_species()
dog.make_sound()
```

Этот фрагмент кода покажет приведенный ниже результат:

```
Я - собака
Гав-гав!
```

Когда мы используем объект `Dog`, чтобы вызвать методы `show_species()` и `make_sound()`, исполняются именно те версии этих методов, которые находятся в классе `Dog`. А теперь взгляните на программу 11.10, демонстрирующую класс `Cat` (Кот), который тоже находится в модуле `animals` и является еще одним подклассом класса `Mammal`.

Программа 11.9 (animals.py, строки 39–53)

```
39 # Класс Cat является подклассом класса Mammal.
40
41 class Cat(Mammal):
42
43     # Метод __init__ вызывает метод __init__
44     # надкласса, передавая 'кот' в качестве вида.
45
46     def __init__(self):
47         Mammal.__init__(self, 'кот')
48
49     # Метод make_sound переопределяет
50     # метод make_sound надкласса.
51
52     def make_sound(self):
53         print('Мяу!')
```

Класс `Cat` тоже переопределяет методы `__init__()` и `make_sound()` класса `Mammal`. Вот пример фрагмента кода, который создает экземпляр класса `Cat` и вызывает эти методы:

```
import animals
cat = animals.Cat()
cat.show_species()
cat.make_sound()
```

Этот фрагмент кода покажет следующее:

```
Я - кот
Мяу!
```

Когда мы используем объект `Cat`, чтобы вызвать методы `show_species()` и `make_sound()`, исполняются именно те версии этих методов, которые находятся в классе `Cat`.

Функция *isinstance*

Полиморфизм обеспечивает большую гибкость при разработке программ. Например, взгляните на приведенную ниже функцию:

```
def show_mammal_info(creature):
    creature.show_species()
    creature.make_sound()
```

В эту функцию в качестве аргумента можно передать любой объект, и раз она имеет методы `show_species()` и `make_sound()`, то вызовет эти методы. В сущности, в эту функцию можно передать любой объект, который является "видом" млекопитающего `Mammal` (или подклассом `Mammal`). Программа 11.10 это демонстрирует.

Программа 11.10 (polymorphism_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует полиморфизм.
2
3 import animals
4
```

```
def main():
    # Создать объект Mammal, объект Dog
    # и объект Cat.
    mammal = animals.Mammal('обычное животное')
    dog = animals.Dog()
    cat = animals.Cat()

    # Показать информацию о каждом животном.
    print('Вот несколько животных и')
    print('звуки, которые они издают.')
    print('--------------------------')
    show_mammal_info(mammal)
    print()
    show_mammal_info(dog)
    print()
    show_mammal_info(cat)

# Функция show_mammal_info принимает объект
# в качестве аргумента и вызывает свои методы
# show_species и make_sound.

def show_mammal_info(creature):
    creature.show_species()
    creature.make_sound()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Вот несколько животных и
звуки, которые они издают.
--------------------------
Я - обычное животное
Гррррррр

Я - собака
Гав-гав!

Я - кот
Мяу!
```

Но что произойдет, если в эту функцию передать объект, который не является млекопитающим `Mammal` и не является подклассом `Mammal`? Например, что случится, когда будет выполняться программа 11.11?

Программа 11.11 (wrong_type.py)

```
 1 def main():
 2     # Передать символьное значение в функцию show_mammal_info
 3     show_mammal_info('Я - последовательность символов')
 4
 5 # Функция show_mammal_info принимает объект
 6 # в качестве аргумента и вызывает свои методы
 7 # show_species и make_sound.
 8
 9 def show_mammal_info(creature):
10     creature.show_species()
11     creature.make_sound()
12
13 # Вызвать главную функцию.
14 if __name__ == '__main__':
15     main()
```

В строке 3 мы вызываем функцию `show_mammal_info`, передавая строковое значение в качестве аргумента. Однако когда интерпретатор попытается исполнить строку 10, будет вызвано исключение `AttributeError` (Ошибка атрибута), потому что строковый тип не имеет метода под названием `show_species()`.

Наступление этого исключения можно предотвратить при помощи встроенной функции `isinstance`. Ее применяют с целью определения, является ли объект экземпляром конкретного класса или подклассом этого класса. Вот общий формат вызова этой функции:

```
isinstance(объект, класс)
```

В данном формате *объект* — это ссылка на объект, *класс* — это имя класса. Если объект, на который ссылается *объект*, является экземпляром *класса* или экземпляром *подкласса*, то эта функция возвращает истину. В противном случае она возвращает ложь. В программе 11.12 показан способ ее применения в функции `show_mammal_info`.

Программа 11.12 (polymorphism_demo2.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует полиморфизм.
 2
 3 import animals
 4
 5 def main():
 6     # Создать объект Mammal, объект Dog
 7     # и объект Cat.
 8     mammal = animals.Mammal('обычное животное')
 9     dog = animals.Dog()
10     cat = animals.Cat()
11
12     # Показать информацию о каждом животном.
13     print('Вот несколько животных и')
```

```
14      print('звуки, которые они издают.')
15      print('-------------------------')
16      show_mammal_info(mammal)
17      print()
18      show_mammal_info(dog)
19      print()
20      show_mammal_info(cat)
21      print()
22      show_mammal_info('Я - последовательность символов')
23
24  # Функция show_mammal_info принимает объект
25  # в качестве аргумента и вызывает свои методы
26  # show_species и make_sound.
27
28  def show_mammal_info(creature):
29      if isinstance(creature, animals.Mammal):
30          creature.show_species()
31          creature.make_sound()
32      else:
33          print('Это не млекопитающее!')
34
35  # Вызвать главную функцию.
36  if __name__ == '__main__':
37      main()
```

Вывод программы

```
Вот несколько животных и
звуки, которые они издают.
-------------------------
Я - обычное животное
Гррррр

Я - собака
Гав-гав!

Я - кот
Мяу!

Это не млекопитающее!
```

В строках 16, 18 и 20 мы вызываем функцию `show_mammal_info`, передавая ссылки на объект `Mammal`, объект `Dog` и объект `Cat`. Однако в строке 22 мы вызываем функцию и передаем в качестве аргумента строковое значение. В функции `show_mammal_info` инструкция `if` в строке 29 вызывает функцию `isinstance`, чтобы определить, является ли аргумент экземпляром `Mammal` (или его подклассом). Если нет, то выводится сообщение об ошибке.



Контрольная точка

11.5. Взгляните на приведенные ниже определения классов:

```
class Vegetable:
    def __init__(self, vegtype):
        self.__vegtype = vegtype
    def message(self):
        print("Я - овощ.")

class Potato(Vegetable):
    def __init__(self):
        Vegetable.__init__(self, 'картофель')
    def message(self):
        print("Я - картофель.")
```

Что покажут приведенные ниже инструкции с учетом этих определений классов?

```
v = Vegetable('овощной продукт')
p = Potato()
v.message()
p.message()
```

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. В отношении наследования _____ является родовым классом.
   а) подкласс;
   б) надкласс;
   в) ведомый класс;
   г) дочерний класс.
2. В отношении наследования _____ является конкретизированным, или видовым, классом.
   а) надкласс;
   б) ведущий класс;
   в) подкласс;
   г) родительский класс.
3. Предположим, что в программе используются два класса: `Airplane` (Самолет) и `JumboJet` (Аэробус). Какой из них, скорее всего, будет подклассом?
   а) самолет;
   б) аэробус;
   в) оба;
   г) ни один.

4. Этот механизм объектно-ориентированного программирования позволяет вызывать правильный вариант переопределенного метода, когда для его вызова используется экземпляр подкласса.
   а) полиморфизм;
   б) наследование;
   в) обобщение;
   г) конкретизация.
5. Один из приведенных ниже вариантов применяется для определения, является ли объект экземпляром класса.
   а) оператор `in`;
   б) функция `is_object_of`;
   в) функция `isinstance`;
   г) сообщения об ошибках, выводимые, когда программа аварийно завершается.

Истина или ложь

1. Полиморфизм позволяет писать методы в подклассе, которые имеют то же имя, что и у методов в надклассе.
2. Вызвать метод `__init__()` надкласса из метода `__init__()` подкласса невозможно.
3. Подкласс может иметь метод с тем же именем, что и у метода в надклассе.
4. Переопределять можно только метод `__init__()`.
5. Функция `isinstance` не применяется для определения, является ли объект экземпляром подкласса некоторого класса.

Короткий ответ

1. Что подкласс наследует от своего надкласса?
2. Взгляните на приведенное ниже определение класса. Как называется надкласс? Как называется подкласс (здесь используются классы "Тигр" и "Кошачие")?

```
class Tiger(Felis):
```

3. Что такое переопределенный метод?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите первую строку определения класса `Poodle` (Пудель). Этот класс должен расширять класс `Dog`.
2. Взгляните на приведенные ниже определения классов:

```
class Plant:
    def __init__(self, plant_type):
        self.__plant_type = plant_type
    def message(self):
        print("Я - планета.")
```

```
class Tree(Plant):
    def __init__(self):
        Plant.__init__(self, 'дерево')
    def message(self):
        print("Я - дерево.")
```

Что покажут приведенные ниже инструкции с учетом этих определений классов?

```
p = Plant('саженец')
t = Tree()
p.message()
t.message()
```

3. Взгляните на приведенное ниже определение:

```
class Beverage:
    def __init__(self, bev_name):
        self.__bev_name = bev_name
```

Напишите программный код для класса с именем `Cola` (Кока-кола), который является подклассом класса `Beverage` (Напиток). Метод `__init__()` класса `Cola` должен вызывать метод `__init__()` класса `Beverage`, передавая строковое значение `'кока-кола'` в качестве аргумента.

Упражнения по программированию

1. **Классы `Employee` и `ProductionWorker`.** Напишите класс `Employee` (Сотрудник), который содержит атрибуты приведенных ниже данных:

   - имя сотрудника;
   - номер сотрудника.

   Затем напишите класс `ProductionWorker` (Рабочий), который является подклассом класса `Employee`. Класс `ProductionWorker` должен содержать атрибуты приведенных ниже данных:

   - номер смены (целое число, к примеру, 1 или 2);
   - ставка почасовой оплаты труда.

   Рабочий день разделен на две смены: дневную и вечернюю. Атрибут смены будет содержать целочисленное значение, представляющее смену, в которую сотрудник работает. Дневная смена является сменой 1, вечерняя смена — сменой 2. Напишите соответствующие методы-получатели и методы-мутаторы для каждого класса.

   Затем напишите программу, которая создает объект класса `ProductionWorker` и предлагает пользователю ввести данные по каждому атрибуту данных этого объекта. Сохраните данные в объекте и примените в этом объекте методы-получатели, чтобы получить эти данные и вывести их на экран.

2. **Класс `ShiftSupervisor`.** На некой фабрике начальник смены является штатным сотрудником, который руководит сменой. В дополнение к фиксированному окладу начальник смены получает годовую премию за выполнение его сменой производственного плана. Напишите класс `ShiftSupervisor` (Начальник смены), который является подклассом

класса Employee, созданного в задаче по программированию 1. Класс ShiftSupervisor должен содержать атрибут данных для годового оклада и атрибут данных для годовой производственной премии, которую заработал начальник смены. Продемонстрируйте класс, написав программу, которая применяет объект ShiftSupervisor.

3. **Классы Person и Customer.**



Видеозапись "Классы Person и Customer" (Person and Customer Classes)

Напишите класс Person с атрибутами данных для имени, адреса и телефонного номера человека. Затем напишите класс Customer (Клиент), который является подклассом класса Person. Класс Customer должен иметь атрибут данных для номера клиента и атрибут булевых данных, указывающий, хочет ли клиент быть в списке рассылки или нет. Продемонстрируйте экземпляр класса Customer в простой программе.

ГЛАВА 12

Рекурсия

12.1 Введение в рекурсию

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рекурсивная функция — это функция, которая вызывает саму себя.

Ранее вы встречались с экземплярами функций, которые вызывают другие функции. В частности, программе главная функция (`main`) вызывает функцию `A`, которая затем может вызывать функцию `B`. Однако бывают случаи, когда функция также вызывает саму себя. Такая функция называется *рекурсивной*. Взгляните на функцию `message`, которая приведена в программе 12.1.

Программа 12.1 (endless_recursion.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует рекурсивную функцию.
2
3 def main():
4     message()
5
6 def message():
7     print('Это рекурсивная функция.')
8     message()
9
10 # Вызвать главную функцию.
11 if __name__ == '__main__':
12     main()
```

Вывод программы

```
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
```

... И этот результат будет повторяться бесконечно!

Функция `message` выводит на экран строковый литерал `'Это рекурсивная функция.'` и затем вызывает саму себя. При каждом вызове функцией самой себя цикл повторяется. Вы заметили, в чем проблема с этой функцией? В ней не предусмотрен способ останова рекурсивных вызовов. Эта функция выглядит как бесконечный цикл, потому что отсутствует

программный код, который остановил бы ее бесконечные повторы. Если запустить эту программу, то для прерывания ее выполнения придется нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<C>.

Подобно циклу, рекурсивная функция должна иметь какой-то способ управлять количеством своих повторов. В программе 12.2 приведена видоизмененная версия функции `message`. В ней функция `message` получает аргумент, который задает количество раз, которые функция должна выводить сообщение.

Программа 12.2 (recursive.py)

```
 1 # Эта программа имеет рекурсивную функцию.
 2
 3 def main():
 4     # Передав аргумент 5 в функцию message,
 5     # мы сообщаем ей, что нужно показать
 6     # сообщение пять раз.
 7     message(5)
 8
 9 def message(times):
10     if times > 0:
11        print('Это рекурсивная функция.')
12        message(times - 1)
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 if __name__ == '__main__':
16     main()
```

Вывод программы

```
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
```

В строке 10 этой программы функция `message` содержит инструкцию `if`, которая управляет повторением. Сообщение `'Это рекурсивная функция.'` будет выводиться до тех пор, пока параметр `times` больше нуля, при этом функция будет вызывать саму себя повторно, передавая уменьшенный аргумент.

В строке 7 главная функция вызывает функцию `message`, передавая аргумент 5. Во время первого вызова функции инструкция `if` выводит сообщение, и затем функция вызывает саму себя, передавая в качестве аргумента 4. На рис. 12.1 проиллюстрирован этот процесс.

Схема на рис. 12.1 показывает два отдельных вызова функции `message`. Во время каждого вызова функции в оперативной памяти создается новый экземпляр параметра `times`. При первом вызове функции параметр `times` имеет значение 5. Когда функция себя вызывает, создается новый экземпляр параметра `times`, и в него передается значение 4. Этот цикл повторяется до тех пор, пока наконец в функцию в качестве аргумента не будет передан 0 (рис. 12.2).

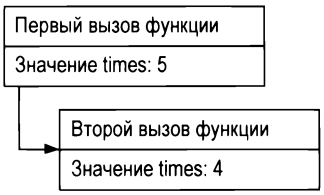


РИС. 12.1. Первые два вызова функции

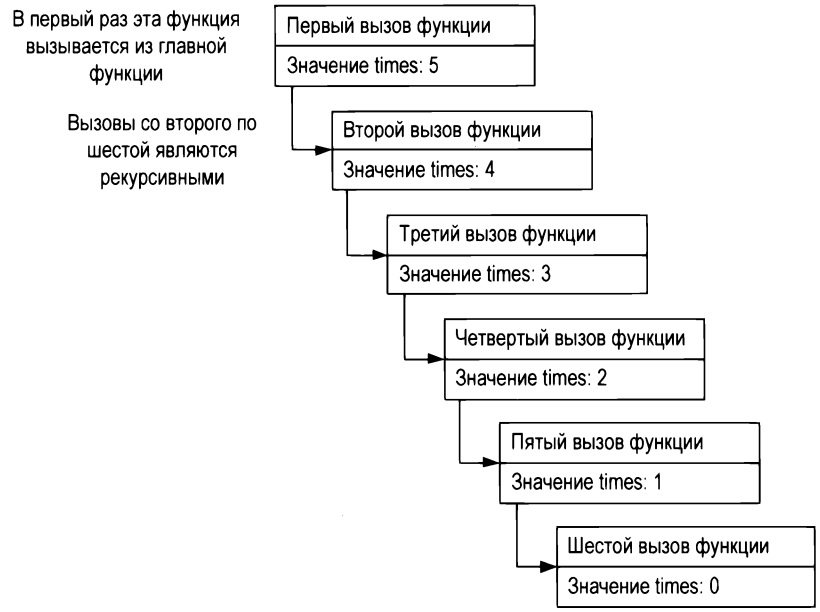


РИС. 12.2. Шесть вызовов функции `message`

Как видно из рисунка, функция вызывается шесть раз. В первый раз она вызывается из главной функции (`main`), а остальные пять раз она вызывает саму себя. Количество раз, которые функция вызывает саму себя, называется *глубиной рекурсии*. В этом примере глубина рекурсии равняется пяти. Когда функция достигает своего шестого вызова, параметр `times` равен 0. В этой точке условное выражение инструкции `if` становится ложным, и поэтому функция возвращается. Поток управления программы возвращается из шестого экземпляра функции в точку в пятом экземпляре непосредственно после вызова рекурсивной функции (рис. 12.3).

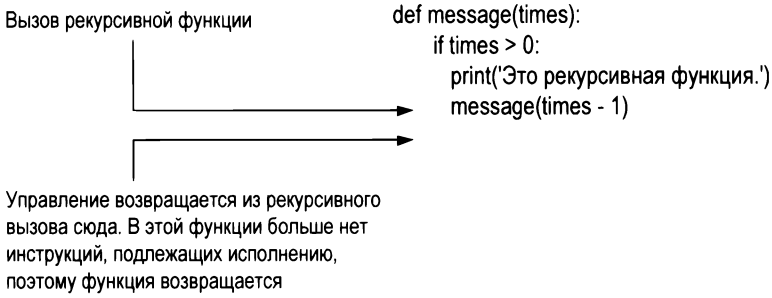


РИС. 12.3. Поток управления возвращается в точку после вызова рекурсивной функции

Поскольку больше нет инструкций, которые будут исполняться после вызова функции, пятый экземпляр функции возвращает поток управления программы назад в четвертый экземпляр. Это повторяется до тех пор, пока все экземпляры функции не вернутся.

12.2 Решение задач на основе рекурсии

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задача может быть решена на основе рекурсии, если ее разделить на уменьшенные задачи, которые по структуре идентичны общей задаче.

Пример кода, показанный в программе 12.2, демонстрирует механизм работы рекурсивной функции. Рекурсия может оказаться мощным инструментом для решения повторяющихся задач и обычно является предметом изучения на более старших курсах информатики. Возможно, вам пока еще не совсем ясно, каким образом рекурсия используется для решения задач.

Прежде всего обратите внимание, что рекурсия никогда не является непременным условием для решения задачи. Любая задача, которая может быть решена рекурсивно, также может быть решена с помощью цикла. В действительности, рекурсивные алгоритмы обычно менее эффективны, чем итеративные алгоритмы. Это связано с тем, что процесс вызова функции требует выполнения компьютером нескольких действий. Эти действия включают выделение памяти под параметры и локальные переменные и для хранения адреса местоположения программы, куда поток управления возвращается после завершения функции. Такие действия, которые иногда называются *накладными расходами*, происходят при каждом вызове функции. Накладные расходы не требуются при использовании цикла.

Вместе с тем, некоторые повторяющиеся задачи легче решаются на основе рекурсии, чем на основе цикла. Там, где цикл приводит к меньшему времени исполнения, программист быстрее разработает рекурсивный алгоритм. В целом рекурсивная функция работает следующим образом:

- если в настоящий момент задача может быть решена без рекурсии, то функция ее решает и возвращается;
- если в настоящий момент задача не может быть решена, то функция ее сводит к уменьшенной и при этом аналогичной задаче и вызывает саму себя для решения этой уменьшенной задачи.

Для того чтобы применить такой подход, во-первых, мы идентифицируем по крайней мере один случай, в котором задача может быть решена без рекурсии. Он называется *базовым случаем*. Во-вторых, мы определяем то, как задача будет решаться рекурсивно во всех остальных случаях. Это называется *рекурсивным случаем*. В рекурсивном случае мы все время должны сводить задачу к уменьшенному варианту исходной задачи. С каждым рекурсивным вызовом задача уменьшается. В результате будет достигнут базовый случай, и рекурсия прекратится.

Применение рекурсии для вычисления факториала числа

Для того чтобы исследовать применение рекурсивных функций, давайте возьмем пример из математики. В математике запись в форме $n!$ обозначает факториал числа n. Факториал неотрицательного числа определяется приведенными ниже правилами.

Если $n = 0$, то $n! = 1$.

Если $n > 0$, то $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots n$.

Заменим запись в форме $n!$ на factorial(n), которая очень похожа на программный код, и перепишем эти правила следующим образом.

Если $n = 0$, то factorial(n) = 1.

Если $n > 0$, то factorial(n) = $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots n$.

Эти правила определяют, что при $n = 0$ его факториал равняется 1. Когда же $n > 0$, его факториал является произведением всех положительных целых чисел от 1 до n. Например, factorial(6) вычисляется так: $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6$.

Во время разработки рекурсивного алгоритма для вычисления факториала любого числа сначала идентифицируется базовый случай, являющийся той частью вычисления, которую можно решить без рекурсии. Это как раз тот случай, где n равняется 0, как показано ниже.

Если $n = 0$, то factorial(n) = 1.

Это решение задачи, когда $n = 0$, но вот что делать, когда $n > 0$? А это именно тот рекурсивный случай, или часть задачи, для решения которой применяется рекурсия. Вот как это выражается формально.

Если $n > 0$, то factorial(n) = $n \cdot$ factorial($n - 1$).

В этой формуле говорится о том, что если $n > 0$, то факториал n равняется произведению n на факториал $n - 1$. Обратите внимание, как рекурсивный вызов работает с уменьшенным вариантом задачи, $n - 1$. Таким образом, наше рекурсивное правило вычисления факториала числа может выглядеть так.

Если $n = 0$, то factorial(n) = 1.

Если $n > 0$, то factorial(n) = $n \cdot$ factorial($n - 1$).

В программе 12.3 представлена реализация функции `factorial`.

Программа 12.3 (factorial.py)

```
 1 # Эта программа применяет рекурсию
 2 # для вычисления факториала числа.
 3
 4 def main():
 5     # Получить от пользователя число.
 6     number = int(input('Введите неотрицательное целое число: '))
 7
 8     # Получить факториал числа.
 9     fact = factorial(number)
10
11     # Показать факториал.
12     print(f'Факториал числа {number} равняется {fact}.')
13
14 # Функция factorial применяет рекурсию, чтобы
15 # вычислить факториал своего аргумента, который,
16 # как предполагается, является неотрицательным.
17 def factorial(num):
18     if num == 0:
19         return 1
```

```
20     else:
21         return num * factorial(num - 1)
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 if __name__ == '__main__':
25     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите неотрицательное целое число: 4 Enter
Факториал числа 4 равняется 24
```

В демонстрационном выполнении программы функция `factorial` вызывается с аргументом 4, который передается в параметр `num`. Поскольку `num` не равняется 0, выражение `else` инструкции `if` исполняет инструкцию:

```
return num * factorial(num - 1)
```

Хотя это и инструкция `return`, она не возвращается немедленно. Прежде чем возвращаемое значение будет определено, должно быть определено значение `factorial(num - 1)`. Функция `factorial` вызывается рекурсивно вплоть до пятого вызова, в котором будет обнулен параметр `num`. На рис. 12.4 проиллюстрированы значение `num` и возвращаемое значение во время каждого вызова функции.

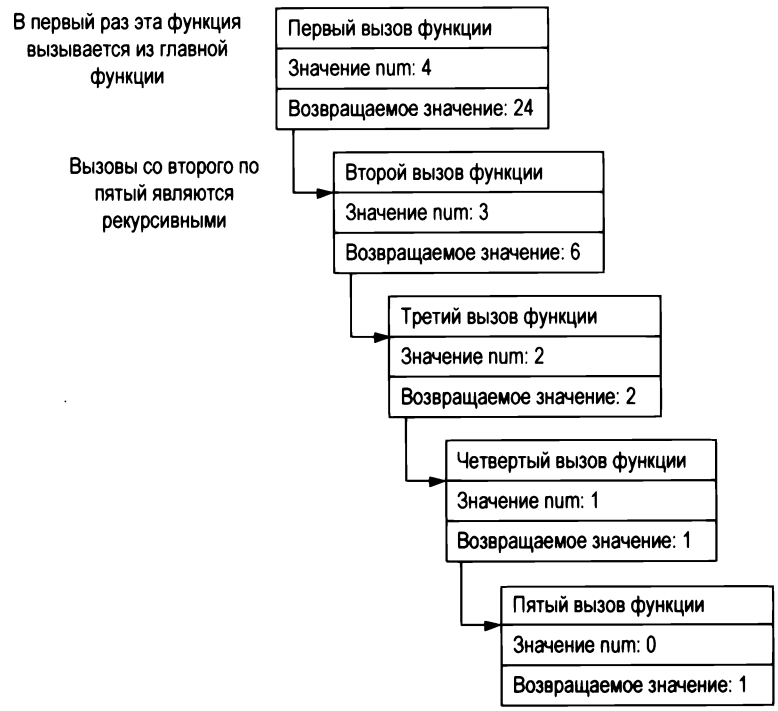


РИС. 12.4. Значение `num` и возвращаемое значение во время каждого вызова функции

Данный рисунок демонстрирует, почему рекурсивный алгоритм должен уменьшать задачу с каждым рекурсивным вызовом. В конечном счете рекурсия должна остановиться, чтобы решение было достигнуто.

Если каждый рекурсивный вызов работает с уменьшенным вариантом задачи, то работа рекурсивных вызовов сводится к базовому случаю. Базовый случай не требует рекурсии, и поэтому он останавливает цепочку рекурсивных вызовов.

Обычно задача уменьшается путем уменьшения значения одного или нескольких параметров с каждым рекурсивным вызовом. В нашей функции `factorial` значение параметра `num` приближается к 0 с каждым рекурсивным вызовом. Когда этот параметр достигает 0, данная функция возвращает значение, не делая больше рекурсивных вызовов.

Прямая и косвенная рекурсия

Примеры, которые мы рассматривали до сих пор, демонстрируют рекурсивные функции, или функции, которые вызывают сами себя непосредственно. Такой вызов называется *прямой рекурсией*. В программе можно также создавать *косвенную рекурсию*. Это происходит, когда функция `A` вызывает функцию `B`, которая в свою очередь вызывает функцию `A`. В рекурсии может участвовать даже несколько функций. Например, функция `A` может вызывать функцию `B`, которая вызывает функцию `C`, которая вызывает функцию `A`.



Контрольная точка

12.1. Что означает, когда говорят, что рекурсивный алгоритм имеет накладные расходы, которые превышают накладные расходы итеративного алгоритма?

12.2. Что такое базовый случай?

12.3. Что такое рекурсивный случай?

12.4. Что заставляет рекурсивный алгоритм прекратить вызывать самого себя?

12.5. Что такое прямая рекурсия? Что такое косвенная рекурсия?



12.3 Примеры алгоритмов на основе рекурсии

В этом разделе мы рассмотрим функцию `range_sum`, в которой рекурсия применяется для суммирования диапазона значений в списке. Функция принимает аргументы: список, содержащий диапазон значений, которые будут просуммированы; целое число, определяющее индексную позицию начального значения в диапазоне; целое число, определяющее индексную позицию конечного значения в диапазоне. Вот пример того, как функция могла бы использоваться:

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
my_sum = range_sum(numbers, 3, 7)
print(my_sum)
```

Вторая инструкция в этом фрагменте кода определяет, что функция `range_sum` должна вернуть сумму значений в списке чисел в индексах с 3 по 7. Возвращаемое значение, которое в этом случае будет равняться 30, присваивается переменной `my_sum`. Вот определение функции `range_sum`:

```
def range_sum(num_list, start, end):
    if start > end:
        return 0
```

```
    else:
        return num_list[start] + range_sum(num_list, start + 1, end)
```

Базовый случай этой функции наступает, когда параметр `start` больше параметра `end`. Если это условие является истинным, то функция возвращает значение 0. В противном случае функция исполняет инструкцию:

```
return num_list[start] + range_sum(num_list, start + 1, end)
```

Эта инструкция возвращает сумму `num_list[start]` плюс значение, возвращаемое рекурсивным вызовом. Обратите внимание, что в рекурсивном вызове начальное значение в диапазоне равняется `start + 1`. Эта инструкция предписывает "вернуть значение первого элемента в диапазоне плюс сумму значений остальных элементов в диапазоне". Программа 12.4 демонстрирует данную функцию.

Программа 12.4 (range_sum.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует функцию range_sum.
 2
 3 def main():
 4     # Создать список чисел.
 5     numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
 6
 7     # Получить сумму значений в индексных
 8     # позициях, начиная с 2 вплоть до 5.
 9     my_sum = range_sum(numbers, 2, 5)
10
11     # Показать сумму.
12     print(f'Сумма значений со 2 по 5 позицию равняется {my_sum}.')
13
14 # Функция range_sum возвращает сумму заданного
15 # диапазона значений в списке num_list. Параметр start
16 # задает индексную позицию начального значения.
17 # Параметр end задает индексную позицию конечного значения.
18 def range_sum(num_list, start, end):
19     if start > end:
20         return 0
21     else:
22         return num_list[start] + range_sum(num_list, start + 1, end)
23
24 # Вызвать главную функцию.
25 if __name__ == '__main__':
26     main()
```

Вывод программы

```
Сумма значений со 2 по 5 позицию равняется 18
```

Последовательность Фибоначчи

Некоторые математические задачи предназначены для рекурсивного решения. Одним хорошо известным примером является вычисление чисел Фибоначчи. Числа Фибоначчи, назван-

ные в честь средневекового итальянского математика Леонардо Фибоначчи (родившегося примерно в 1170 году), представлены приведенной ниже последовательностью:

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ...

Обратите внимание, что после второго числа каждое последующее число последовательности будет суммой двух предыдущих чисел. Последовательность Фибоначчи может быть определена следующим образом.

Если $n = 0$, то $\text{Fib}(n) = 0$.

Если $n = 1$, то $\text{Fib}(n) = 1$.

Если $n > 1$, то $\text{Fib}(n) = \text{Fib}(n - 1) + \text{Fib}(n - 2)$.

Рекурсивная функция вычисления n-го числа в последовательности Фибоначчи приводится ниже:

```
def fib(n):
    if n == 0:
        return 0
    elif n == 1:
        return 1
    else:
        return fib(n - 1) + fib(n - 2)
```

Обратите внимание, что эта функция имеет два базовых случая: когда $n = 0$ и когда $n = 1$. В любом из них функция возвращает значение, не делая рекурсивного вызова. Программа 12.5 демонстрирует эту функцию, выводя первые 10 чисел в последовательности Фибоначчи.

Программа 12.5 (fibonacci.py)

```
 1 # Эта программа применяет рекурсию для печати чисел
 2 # последовательности Фибоначчи.
 3
 4 def main():
 5     print('Первые 10 чисел')
 6     print('последовательности Фибоначчи:')
 7
 8     for number in range(1, 11):
 9         print(fib(number))
10
11 # Функция fib возвращает n-е число
12 # последовательности Фибоначчи.
13 def fib(n):
14     if n == 0:
15         return 0
16     elif n == 1:
17         return 1
18     else:
19         return fib(n - 1) + fib(n - 2)
20
```

```
21 # Вызвать главную функцию.
22 if __name__ == '__main__':
23     main()
```

Вывод программы

```
Первые 10 чисел
последовательности Фибоначчи:
1
1
2
3
5
8
13
21
34
55
```

Нахождение наибольшего общего делителя

Нашим следующим примером рекурсии является вычисление наибольшего общего делителя двух чисел (НОД — greatest common divisor, GCD). НОД двух положительных целочисленных x и y определяется следующим образом.

Если x можно разделить на y без остатка, то gcd(x, y) = y.

В противном случае gcd(x, y) = gcd(y, остаток от деления x/y).

Это определение обозначает, что НОД чисел x и y равняется числу y, если деление x/y не имеет остатка. Данное условие является базовым случаем. В противном случае ответом является НОД чисел y и остатка от x/y. В программе 12.6 приведен рекурсивный метод вычисления НОД.

Программа 12.6 (gcd.py)

```
 1 # Эта программа применяет рекурсию для нахождения
 2 # наибольшего общего делителя (НОД или GCD) двух чисел.
 3
 4 def main():
 5     # Получить два числа.
 6     num1 = int(input('Введите целое число: '))
 7     num2 = int(input('Введите еще одно целое число: '))
 8
 9     # Показать НОД (GCD).
10     print(f'Наибольший общий делитель '
11           f'этих двух чисел равен {gcd(num1, num2)}.')
12
13 # Функция gcd возвращает наибольший общий
14 # делитель двух чисел.
```

```
15 def gcd(x, y):
16     if x % y == 0:
17         return y
18     else:
19         return gcd(x, x % y)
20
21 # Вызвать главную функцию.
22 if __name__ == '__main__':
23     main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите целое число: 49 Enter
Введите еще одно целое число: 28 Enter
Наибольший общий делитель
этих двух чисел равен 7
```

Ханойские башни

Ханойские башни — это математическая головоломка, которая в информатике часто используется для демонстрации мощи рекурсии. В этой головоломке используются три стержня и несколько колец с отверстиями в центре. Кольца нанизаны на один из стержней (рис. 12.5).

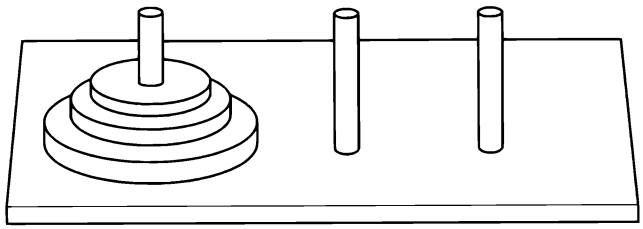


РИС. 12.5. Стержни и кольца в игре "Ханойские башни"

Обратите внимание, что кольца нанизаны на крайний левый стержень в порядке уменьшения их размера, т. е. самое большое кольцо находится внизу. Данная головоломка основывается на легенде, по которой у группы монахов в ханойском храме есть подобный набор стержней с 64 кольцами. Задача монахов состоит в перемещении колец с первого стержня на третий стержень. Средний стержень может использоваться в качестве временного хранения. Более того, при перемещении колец монахи должны соблюдать приведенные ниже правила:

- за один ход можно перемещать только одно кольцо;
- кольцо нельзя помещать поверх меньшего по размеру кольца;
- все кольца должны находиться на стержне за исключением случая, когда их перемещают.

Согласно легенде, когда монахи переместят все кольца с первого стержня на последний, наступит конец света[1].

[1] На случай, если вы волнуетесь по поводу того, закончат ли монахи свою работу и не вызовут ли они тем самым конец света, то можно расслабиться. Если монахи будут перемещать кольца со скоростью 1 кольцо в секунду, то им потребуется приблизительно 585 млрд лет, чтобы переместить все 64 кольца!

Цель этой головоломки — переместить все кольца с первого стержня на третий стержень, соблюдая те же самые правила, что и у монахов. Давайте рассмотрим несколько демонстрационных решений этой головоломки для разных количеств колец. Если имеется всего одно кольцо, то решение простое: переместить кольцо со стержня 1 на стержень 3. Если имеются два кольца, то решение требует трех перемещений:

- переместить кольцо 1 на стержень 2;
- переместить кольцо 2 на стержень 3;
- переместить кольцо 1 на стержень 3.

Обратите внимание, что этот подход использует стержень 2 в качестве временного хранилища. Сложность перемещений возрастает вместе с увеличением количества колец. Для того чтобы переместить три кольца, требуется семь перемещений (рис. 12.6).

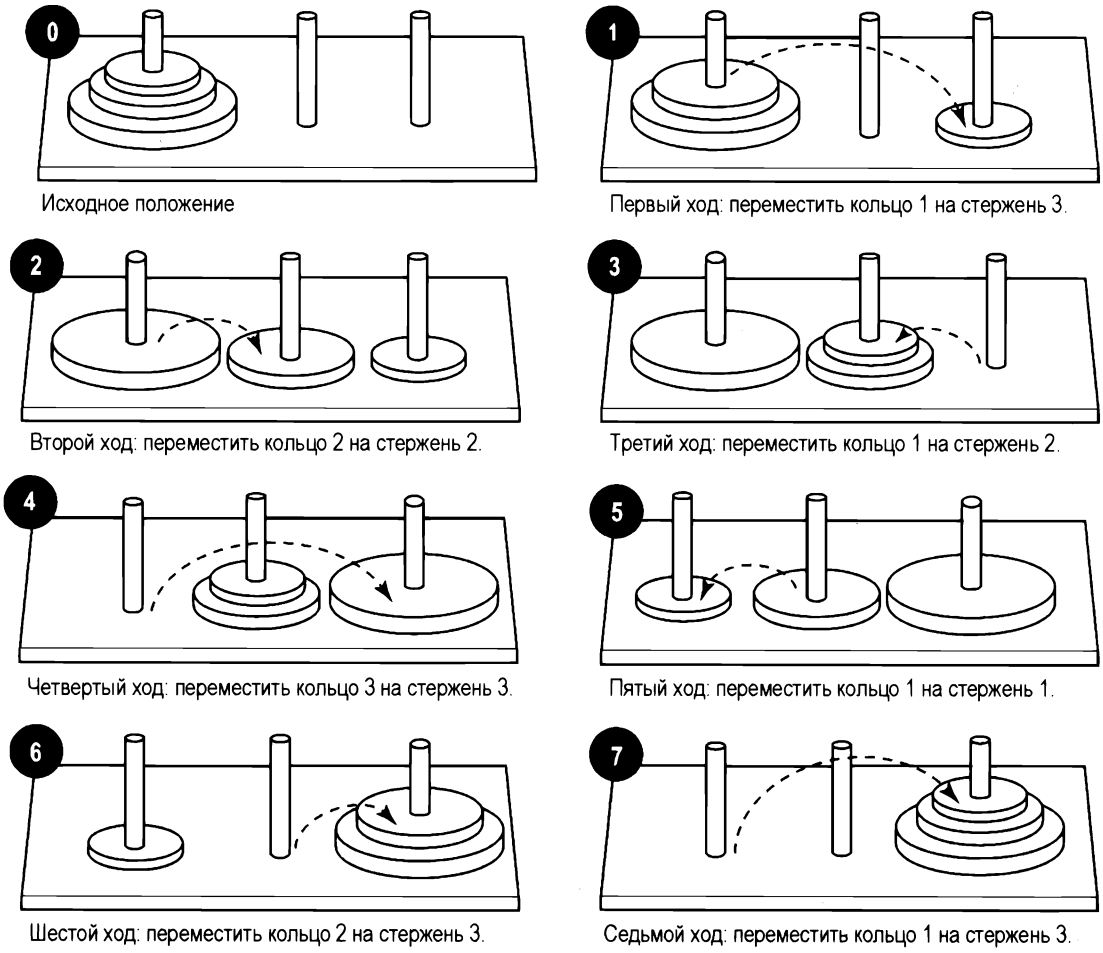


РИС. 12.6. Шаги перемещения трех колец

Приведенное ниже утверждение описывает общее решение задачи.

Переместить n колец со стержня 1 на стержень 3, используя стержень 2 в качестве временного стержня.

Представленное далее краткое резюме описывает рекурсивный алгоритм, который имитирует решение этой задачи. Обратите внимание, что в данном алгоритме для хранения номеров стержней используются переменные A, B и C.

Для того чтобы переместить n колец со стержня A на стержень C с использованием стержня B в качестве временного, необходимо сделать следующее.

Если n > 0:

Переместить n - 1 колец со стержня A на стержень B, используя стержень C в качестве временного стержня.

Переместить оставшееся кольцо со стержня A на стержень C.

Переместить n - 1 колец со стержня B на стержень C, используя стержень A в качестве временного стержня.

Базовый случай для этого алгоритма достигается, когда больше не останется колец, подлежащих перемещению. Приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует функцию, которая реализует этот алгоритм. Эта функция практически ничего не перемещает. Она лишь содержит инструкции с указанием всех ходов, которые нужно сделать, чтобы переместить кольца.

```
def move_discs(num, from_peg, to_peg, temp_peg):
    if num > 0:
        move_discs(num - 1, from_peg, temp_peg, to_peg)
        print('Переместить кольцо со стержня', from_peg, 'на стержень', to_peg)
        move_discs(num - 1, temp_peg, to_peg, from_peg)
```

Данная функция принимает аргументы в следующие ниже параметры:

- num — количество перемещаемых колец;
- from_peg — стержень, с которого взять кольцо;
- to_peg — стержень, на который кольцо перемещается;
- temp_peg — стержень, используемый в качестве временного.

Если num больше 0, то это означает, что есть кольца, которые следует переместить. Первый рекурсивный вызов будет таким:

```
move_discs(num - 1, from_peg, temp_peg, to_peg)
```

Эта инструкция содержит указание, что все кольца, кроме одного, нужно переместить со стержня from_peg на стержень temp_peg, используя стержень to_peg в качестве временного. Далее идет инструкция:

```
print('Переместить кольцо со стержня', from_peg, 'на стержень', to_peg)
```

Эта инструкция просто выводит сообщение о том, что кольцо должно быть перемещено со стержня from_peg на стержень to_peg. Далее идет еще один рекурсивный вызов, который исполняется следующим образом:

```
move_discs(num - 1, temp_peg, to_peg, from_peg)
```

Эта инструкция содержит указание, что все кольца, кроме одного, нужно переместить со стержня temp_peg на стержень to_peg, используя стержень from_peg в качестве временного. Программе 12.7 демонстрирует данную функцию, показывая решение головоломки о ханойских башнях.

Программа 12.7 (towers_of_hanoi.py)

```
1 # Эта программа имитирует головоломку 'Ханойские башни'.
2
3 def main():
4     # Задать несколько исходных значений.
5     num_discs = 3
6     from_peg = 1
7     to_peg = 3
8     temp_peg = 2
9
10    # Решить головоломку.
11    move_discs(num_discs, from_peg, to_peg, temp_peg)
12    print('Все кольца перемещены!')
13
14 # Функция moveDiscs демонстрирует процесс перемещения
15 # колец в головоломке 'Ханойские башни'.
16 # Параметры функции:
17 # num: количество перемещаемых колец.
18 # from_peg: стержень, с которого взять кольцо.
19 # to_peg: стержень, на который кольцо перемещается.
20 # temp_peg: временный стержень.
21 def move_discs(num, from_peg, to_peg, temp_peg):
22     if num > 0:
23         move_discs(num - 1, from_peg, temp_peg, to_peg)
24         print(f'Переместить кольцо со стержня {from_peg} на стержень {to_peg}')
25         move_discs(num - 1, temp_peg, to_peg, from_peg)
26
27 # Вызвать главную функцию.
28 if __name__ == '__main__':
29     main()
```

Вывод программы

```
Переместить кольцо со стержня 1 на стержень 3
Переместить кольцо со стержня 1 на стержень 2
Переместить кольцо со стержня 3 на стержень 2
Переместить кольцо со стержня 1 на стержень 3
Переместить кольцо со стержня 2 на стержень 1
Переместить кольцо со стержня 2 на стержень 3
Переместить кольцо со стержня 1 на стержень 3
Все кольца перемещены!
```

Рекурсия против циклов

Любой алгоритм, использующий рекурсию, может быть запрограммирован с помощью цикла. Оба этих подхода успешно выполняют повторения, но какой из них применять лучше всего?

Есть несколько причин, объясняющих, почему не следует использовать рекурсию. Вызовы рекурсивной функции, разумеется, менее эффективны, чем циклы. При каждом вызове функции система несет накладные расходы, которые не требуются для цикла. Во многих случаях решение на основе цикла более очевидное, чем рекурсивное. Практически подавляющая часть итерационных задач программирования лучше всего решается с помощью циклов.

Вместе с тем некоторые задачи легче решаются на основе рекурсии, чем на основе цикла. Например, математическое определение формулы НОД хорошо укладывается в рекурсивный подход. Если для определенной задачи рекурсивное решение является очевидным, и рекурсивный алгоритм не сильно замедляет производительность системы, то рекурсия будет хорошим проектным решением. Однако если задача легче решается с помощью цикла, следует принять подход на основе цикла.

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Рекурсивная функция _____.
   а) вызывает другую функцию;
   б) аварийно останавливает программу;
   в) вызывает саму себя;
   г) может вызываться всего один раз.
2. Функция вызывается один раз из главной функции программы и затем вызывает саму себя четыре раза. В этом случае глубина рекурсии будет равна _____.
   а) одному;
   б) четырем;
   в) пяти;
   г) девяти.
3. Часть задачи, которая может быть решена без рекурсии, называется _____ случаем.
   а) базовым;
   б) разрешимым;
   в) известным;
   г) итеративным.
4. Часть задачи, которая может быть решена с использованием рекурсии, называется _____ случаем.
   а) базовым;
   б) итеративным;
   в) неизвестным;
   г) рекурсивным.

5. Когда функция явным образом саму себя вызывает, это называется _____ рекурсией.
   а) явной;
   б) модальной;
   в) прямой;
   г) косвенной.
6. Ситуация, когда функция `A` вызывает функцию `B`, которая вызывает функцию `A`, называется _____ рекурсией.
   а) имплицитной;
   б) модальной;
   в) прямой;
   г) косвенной.
7. Любая задача, которая может быть решена на основе рекурсии, может также быть решена с помощью _____.
   а) структуры принятия решения;
   б) цикла;
   в) последовательной структуры;
   г) выбирающей структуры.
8. Действия, такие как выделение оперативной памяти под параметры и локальные переменные, предпринимаемые компьютером при вызове функции, называются _____.
   а) накладными расходами;
   б) первоначальной настройкой;
   в) очисткой;
   г) синхронизацией.
9. Рекурсивный алгоритм в рекурсивном случае должен _____.
   а) решить задачу без рекурсии;
   б) свести задачу к уменьшенному варианту исходной задачи;
   в) подтвердить, что произошла ошибка и прервать программу;
   г) свести задачу к увеличенному варианту исходной задачи.
10. Рекурсивный алгоритм в базовом случае должен _____.
    а) решить задачу без рекурсии;
    б) свести задачу к уменьшенному варианту исходной задачи;
    в) подтвердить, что произошла ошибка и прервать программу;
    г) свести задачу к увеличенному варианту исходной задачи.

Истина или ложь

1. Алгоритм, в котором применяется цикл, обычно будет работать быстрее, чем эквивалентный рекурсивный алгоритм.

2. Некоторые задачи могут быть решены только на основе рекурсии.
3. Не во всех рекурсивных алгоритмах обязательно должен иметься базовый случай.
4. В базовом случае рекурсивный метод вызывает сам себя с уменьшенным вариантом исходной задачи.

Короткий ответ

1. Каким является базовый случай функции `message` из программы 12.2, представленной ранее в этой главе?
2. В этой главе правила вычисления факториала числа состояли в следующем.

   Если $n = 0$, то factorial(n) = 1.

   Если $n > 0$, то factorial(n) = $n \cdot$ factorial($n - 1$).

   Каким будет базовый случай, если вы разрабатываете функцию на основе этих правил? Каким будет рекурсивный случай?
3. Всегда ли требуется рекурсия для решения задачи? Какой еще подход применяется для решения повторяющейся по своей природе задачи?
4. Почему при использовании рекурсии для решения задачи рекурсивная функция должна вызывать саму себя для решения уменьшенного варианта исходной задачи?
5. Каким образом рекурсивная функция уменьшает задачу?

Алгоритмический тренажер

1. Что покажет приведенная ниже программа?

```
def main():
    num = 0
    show_me(num)
def show_me(arg):
    if arg < 10:
        show_me(arg + 1)
    else:
        print(arg)
main()
```

2. Что покажет приведенная ниже программа?

```
def main():
    num = 0
    show_me(num)
def show_me(arg):
    print(arg)
    if arg 10:
        show_me(arg + 1)
main()
```

3. В приведенной ниже функции применен цикл. Перепишите ее в виде рекурсивной функции, которая выполняет ту же самую операцию.

```
def traffic_sign(n):
    while n > 0:
        print('Не парковаться')
        n = n > 1
```

Упражнения по программированию

1. **Рекурсивная печать.** Разработайте рекурсивную функцию, которая принимает целочисленный аргумент *n* и распечатывает числа от 1 до *n*.
2. **Рекурсивное умножение.**

Видеозапись "Рекурсивное умножение" (Recursive Multiplication)

Разработайте рекурсивную функцию, которая принимает два аргумента в параметры *x* и *y*. Данная функция должна вернуть значение произведения *x* на *y*. При этом умножение должно быть выполнено, как повторяющееся сложение, следующим образом:

$$7 \cdot 4 = 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4.$$

(Для упрощения функции исходите из того, что *x* и *y* будут всегда содержать положительные ненулевые целые числа.)

3. **Рекурсивные строки.** Напишите рекурсивную функцию, которая принимает целочисленный аргумент *n*. Данная функция должна вывести на экран *n* строк, состоящих из звездочек; при этом первая строка должна показать 1 звездочку, вторая строка — 2 звездочки и так до *n*-й строки, которая должна показать *n* звездочек.
4. **Максимальное значение в списке.** Разработайте функцию, которая принимает список в качестве аргумента и возвращает самое большое значение в списке. В данной функции для нахождения максимального значения должна использоваться рекурсия.
5. **Рекурсивная сумма списка.** Разработайте функцию, которая принимает список чисел в качестве аргумента. Она должна рекурсивно вычислить сумму всех чисел в списке и вернуть это значение.
6. **Сумма чисел.** Разработайте функцию, которая принимает целочисленный аргумент и возвращает сумму всех целых чисел от 1 до числа, переданного в качестве аргумента. Например, если в качестве аргумента передано 50, то данная функция вернет сумму чисел 1, 2, 3, 4, ..., 50. Для вычисления суммы примените рекурсию.
7. **Рекурсивный метод возведения в степень.** Разработайте функцию, в которой рекурсия применяется для возведения числа в степень. Данная функция должна принимать два аргумента: число, которое будет возведено в степень, и показатель степени. Исходите из того, что показатель степени является неотрицательным целым числом.
8. **Функция Аккерманна.** Функция Аккерманна является рекурсивным математическим алгоритмом, который используется для проверки, насколько успешно система оптимизирует свою производительность в случае рекурсии. Разработайте функцию `ackermann(m, n)`, которая решает функцию Аккерманна. Примените в своей функции следующую логику:

```
Если m = 0, то вернуть n + 1.
Если n = 0, то вернуть ackermann(m - 1, 1).
Иначе       вернуть ackermann (m - 1, ackermann(m, n - 1)).
```

После того как вы разработаете свою функцию, протестируйте ее с использованием небольших значений для *m* и *n*.

ГЛАВА 13

Программирование графического пользовательского интерфейса

13.1 Графические интерфейсы пользователя

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Графический интерфейс пользователя позволяет взаимодействовать с операционной системой и другими программами с помощью графических элементов, таких как значки, кнопки и диалоговые окна.

Интерфейс пользователя является частью компьютера, с которым пользователь взаимодействует. Аппаратная часть пользовательского интерфейса состоит из устройств, таких как клавиатура и видеодисплей. Программная часть пользовательского интерфейса отвечает за то, как операционная система компьютера принимает команды от пользователя. В течение многих лет единственным способом, благодаря которому пользователь мог взаимодействовать с операционной системой, являлся *интерфейс командной строки* (рис. 13.1). Интерфейс командной строки обычно выводит на экран подсказку, и пользователь набирает команду, которая затем исполняется.

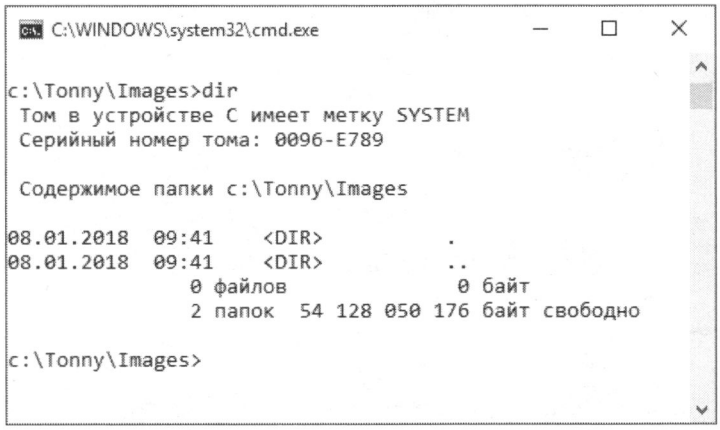


РИС. 13.1. Интерфейс командной строки

Многие компьютерные пользователи, в особенности новички, считают, что интерфейсы командной строки сложно использовать. И причина тому — обилие команд, которые необходимо изучить, причем каждая команда имеет собственный синтаксис, во многом как у программной инструкции. Если команда набрана неправильно, то она работать не будет.

В 1980-х годах в коммерческих операционных системах вошел в употребление новый тип интерфейса, именуемый графическим интерфейсом пользователя. *Графический интерфейс*

пользователя (graphical user interface, GUI — на английском эта аббревиатура произносится как "гуи") позволяет пользователю взаимодействовать с операционной системой и другими программами через графические элементы на экране. GUI также популяризировали использование мыши как устройства ввода данных. Вместо того чтобы требовать от пользователя набора команд на клавиатуре, GUI позволяют ему указывать на графические элементы и щелкать кнопкой мыши для их активации.

Значительная часть взаимодействия с GUI выполняется через *диалоговые окна*, т. е. небольшие окна, которые выводят информацию и позволяют пользователю выполнять действия. На рис. 13.2 показан пример диалогового окна в операционной системе Windows, которое позволяет пользователю вносить изменения в интернет-настройки системы. Вместо того чтобы набирать команды в соответствии с заданным синтаксисом, пользователь взаимодействует с графическими элементами — значками, кнопками и полосами прокрутки.

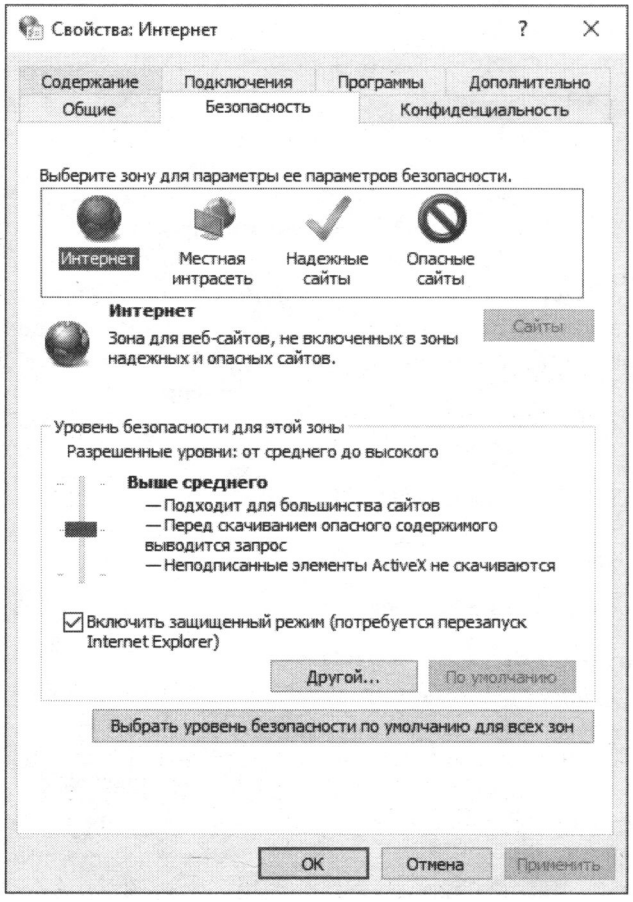


РИС. 13.2. Диалоговое окно

Программы с GUI, управляемые событиями

В текст-ориентированной среде, такой как интерфейс командной строки, программы определяют порядок, в котором все происходит. Например, рассмотрим программу, которая вычисляет площадь прямоугольника. Сначала программа предлагает пользователю ввести ширину прямоугольника. Пользователь вводит ее. Затем программа предлагает ввести длину

прямоугольника. Пользователь вводит длину, после чего программа вычисляет площадь. У пользователя нет выбора, кроме как ввести данные в том порядке, в котором его просят.

Однако в среде GUI теперь уже пользователь определяет порядок, в котором все происходит. Например, на рис. 13.3 показано окно программы с GUI (написанной на Python), которая вычисляет площадь прямоугольника. Пользователь может ввести длину и ширину в любом порядке, в котором он пожелает. Если сделана ошибка, то пользователь может удалить введенные данные и набрать их заново. Когда пользователь готов вычислить площадь, он нажимает кнопку **Вычислить площадь**, и программа выполняет это вычисление. Поскольку программы с GUI должны реагировать на действия пользователя, говорится, что они являются *событийно-управляемыми*. Действия пользователя приводят к возникновению событий, таких как щелчок кнопки, и программа должна реагировать на эти события.

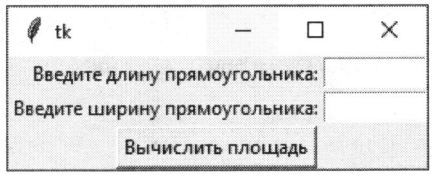


РИС. 13.3. Программа с GUI



Контрольная точка

13.1. Что такое пользовательский интерфейс?

13.2. Как работает интерфейс командной строки?

13.3. Что определяет порядок, в котором все происходит, когда пользователь выполняет программу в текстоориентированной среде, такой как командная строка?

13.4. Что такое событийно-управляемая программа?

13.2 Использование модуля *tkinter*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В Python для создания простых программ с GUI используется модуль `tkinter`.

В Python нет встроенного в язык функционала программирования GUI. Однако он поставляется с модулем `tkinter`, который позволяет создавать простые программы с GUI. Имя модуля "tkinter" является сокращением от "Tk interface" ("интерфейс с Tk"). Такое название связано с тем, что модуль предоставляет программистам на языке Python возможность пользоваться GUI-библиотекой под названием Tk. Библиотека Tk также используется во многих других языках программирования.



ПРИМЕЧАНИЕ

В Python имеется целый ряд библиотек GUI. И поскольку модуль `tkinter` поставляется вместе с Python, в этой главе мы будет использовать только его[1].

[1] В исходный код *главы 13* добавлена имплементация приводимых в этой главе примеров с использованием стилизованного модуля `ttk`. — *Прим. пер.*

Программа с GUI выводит окно с различными элементами графического интерфейса, или *виджетами*[1], с которыми пользователь может взаимодействовать или которые может просматривать. Модуль `tkinter` предоставляет 15 виджетов (табл. 13.1). В этой главе мы не сможем охватить все виджеты модуля `tkinter`, однако продемонстрируем способы создания простых программ с GUI, которые собирают входные данные и выводят их на экран.

Таблица 13.1. Виджеты модуля `tkinter`

Виджет	Описание
`Button`	Кнопка, которая при нажатии вызывает наступление действия
`Canvas`	Прямоугольная область, которая используется для отображения графики
`Checkbutton`	Кнопка, которая может быть в положении "включено" либо "выключено"
`Entry`	Область, в которую пользователь может ввести одну строку входных данных с клавиатуры
`Frame`	Контейнер, который может содержать другие виджеты
`Label`	Область, которая выводит на экран одну строку текста или изображение
`Listbox`	Список, из которого пользователь может выбрать значение
`Menu`	Список пунктов меню, которые выводятся на экран, когда пользователь нажимает на виджете `Menubutton`
`Menubutton`	Меню, которое выводится на экран и на которое пользователь может нажать мышью
`Message`	Выводит многочисленные строки текста
`Radiobutton`	Виджет, который может быть либо выбран, либо не выбран. Виджеты `Radiobutton` обычно появляются в группах и позволяют пользователю выбирать один из нескольких вариантов
`Scale`	Виджет, который позволяет пользователю выбирать значение путем перемещения ползунка вдоль шкалы
`Scrollbar`	Может использоваться с некоторыми другими типами виджетов для обеспечения возможности прокрутки
`Text`	Виджет, который позволяет пользователю вводить многочисленные строки текстового ввода
`Toplevel`	Контейнер, аналогичный виджету `Frame`, но в отличие от него выводимый на экран в собственном окне

Самой простой программой с GUI, которую можно продемонстрировать, является программа, выводящая на экран пустое окно. В программе 13.1 показано, как это делается при помощи модуля `tkinter`. Во время запуска программы на экране появляется окно (рис. 13.4). Для выхода из программы просто щелкните на стандартной для Windows кнопке закрытия окна (×) в его правом верхнем углу.

---

[1] Слово "виджет" (widget) образовано в результате сложения двух английских слов: windows (окна) и gadget (приспособление), — и впервые появилось в среде ОС Windows, обозначая компонент графического интерфейса. — *Прим. пер.*



ПРИМЕЧАНИЕ

Программы с использованием модуля `tkinter` не всегда работают надежно в среде IDLE, т. к. IDLE сам тоже использует модуль `tkinter`. Вы всегда можете воспользоваться редактором IDLE для написания программ с GUI, но для достижения наилучших результатов их следует выполнять из командной строки операционной системы.

Программа 13.1 (empty_window1.py)

```
1 # Эта программа показывает пустое окно.
2
3 import tkinter
4
5 def main():
6     # Создать виджет главного окна.
7     main_window = tkinter.Tk()
8
9     # Войти в главный цикл tkinter.
10    tkinter.mainloop()
11
12 # Вызвать главную программу.
13 if __name__ == '__main__':
14    main()
```

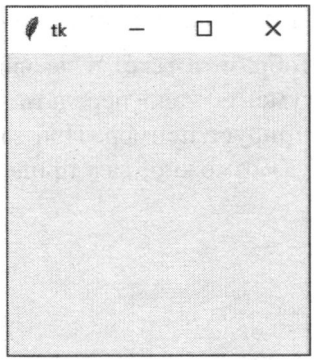


РИС. 13.4. Окно, выводимое на экран программой 13.1

Строка 3 импортирует модуль `tkinter`. В главной функции строка 7 создает экземпляр класса `Tk` модуля `tkinter` и присваивает его переменной `main_window`. Этот объект — корневой виджет, который является главным окном в программе. Строка 10 вызывает функцию `mainloop` модуля `tkinter`. Она работает как бесконечный цикл до тех пор, пока главное окно не будет закрыто.

Большинство программистов при написании программ с GUI предпочитают принимать объектно-ориентированный подход. Вместо того чтобы писать функцию для создания экранных элементов программы, общепринятой практикой является написание класса с методом `__init__()`, который создает GUI. Когда создается экземпляр класса, на экране появляется GUI. Для того чтобы это продемонстрировать, в программе 13.2 приведена объектно-ориентированная версия нашей предыдущей программы, которая отображает на экране пустое окно (см. рис. 13.4).

Программа 13.2 (empty_window2.py)

```
1 # Эта программа показывает пустое окно.
2
3 import tkinter
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать виджет главного окна.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10        # Войти в главный цикл tkinter.
11        tkinter.mainloop()
12
13 # Создать экземпляр класса MyGUI.
14 if __name__ == '__main__':
15     my_gui = MyGUI()
```

Строки 5–11 являются определением класса `MyGUI`. Метод `__init__()` этого класса начинается в строке 6. Строка 8 создает корневой виджет и присваивает его атрибуту класса `main_window`. Строка 11 выполняет функцию `mainloop` модуля `tkinter`. Инструкция в строке 14 создает экземпляр класса `MyGUI`. Это приводит к выполнению метода `__init__()` данного класса, который выводит на экран пустое окно.

При необходимости можно отобразить текст в заголовке окна, вызвав метод `title()` оконного объекта. В качестве аргумента надо передать текст, который вы хотите вывести на кран. Программа 13.3 демонстрирует пример. При запуске программы на экран выводится окно, показанное на рис. 13.5. (Возможно, вам придется изменить размер окна, чтобы увидеть весь заголовок.)

Программа 13.3 (window_with_title.py)

```
1 # Эта программа показывает пустое окно.
2
3 import tkinter
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать виджет главного окна.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10        # Показать заголовок.
11        self.main_window.title('Мой первый GUI')
12
13        # Войти в главный цикл tkinter.
14        tkinter.mainloop()
15
```

```
16 # Создать экземпляр класса MyGUI.
17 if __name__ == '__main__':
18     my_gui = MyGUI()
```



РИС. 13.5. Окно, выводимое на экран программой 13.3



Контрольная точка

13.5. Кратко опишите каждый из приведенных ниже виджетов модуля `tkinter`:

а) `Label`;

б) `Entry`;

в) `Button`;

г) `Frame`.

13.6. Как создать корневой виджет?

13.7. Что делает функция `mainloop` модуля `tkinter`?

13.3 Вывод текста с помощью виджетов *Label*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Виджет `Label` используется для вывода в окне надписи.

Видеозапись "Создание простого приложения с GUI" (Creating a Simple GUI)

Виджет `Label` используется для вывода в окне однострочной надписи. В целях создания виджета `Label` следует создать экземпляр класса `Label` модуля `tkinter`. Программа 13.4 создает окно, содержащее виджет `Label`, который выводит на экран надпись "Привет, мир!" (рис. 13.6).

Программа 13.4 **(hello_world.py)**

```
1 # Эта программа показывает надпись с текстом.
2
3 import tkinter
4
```

```
 5 class MyGUI:
 6     def __init__(self):
 7         # Создать виджет главного окна.
 8         self.main_window = tkinter.Tk()
 9
10         # Создать виджет Label, содержащий
11         # надпись 'Привет, мир!'
12         self.label = tkinter.Label(self.main_window,
13                                    text='Привет, мир!')
14
15         # Вызвать метод pack виджета Label.
16         self.label.pack()
17
18         # Войти в главный цикл tkinter.
19         tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 if __name__ == '__main__':
23     my_gui = MyGUI()
```

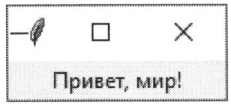


РИС. 13.6. Окно, выводимое на экран программой 13.4

Класс `MyGUI` в этой программе очень похож на тот, который вы видели ранее в программе 13.2. Метод `__init__()` создает GUI во время создания экземпляра класса. Строка 8 создает корневой виджет и присваивает его переменной `self.main_window`. Приведенная ниже инструкция расположена в строках 12 и 13:

```
self.label = tkinter.Label(self.main_window,
                           text='Привет, мир!')
```

Эта инструкция создает виджет `Label` и присваивает его переменной `self.label`. Первым аргументом внутри круглых скобок является `self.main_window`, т. е. ссылка на корневой виджет. Этот аргумент указывает, что мы хотим, чтобы виджет `Label` принадлежал корневому виджету. Вторым аргументом является `text='Привет, мир!'`. Этот аргумент определяет текст, который мы хотим вывести на экран в надписи.

Инструкция в строке 16 вызывает метод `pack()` виджета `Label`. Метод `pack()` определяет, где виджет должен быть расположен, и делает его видимым, когда корневой виджет выводится на экран. (Метод `pack()` вызывается для каждого виджета в окне.) Строка 19 вызывает метод `mainloop()` модуля `tkinter`, который выводит на экран главное окно программы, показанное на рис. 13.6.

Давайте рассмотрим еще один пример. Программа 13.5 выводит на экран окно с двумя виджетами `Label` (рис. 13.7).

Программа 13.5 (hello_world2.py)

```
# Эта программа показывает два виджета Label с надписями.

import tkinter

class MyGUI:
    def __init__(self):
        # Создать виджет главного окна.
        self.main_window = tkinter.Tk()

        # Создать два виджета Label.
        self.label1 = tkinter.Label(self.main_window,
                                    text='Привет, мир!')
        self.label2 = tkinter.Label(self.main_window,
                        text='Это моя программа с GUI.')

        # Вызвать метод pack обоих виджетов Label.
        self.label1.pack()
        self.label2.pack()

        # Войти в главный цикл tkinter.
        tkinter.mainloop()

# Создать экземпляр класса MyGUI.
if __name__ == '__main__':
    my_gui = MyGUI()
```

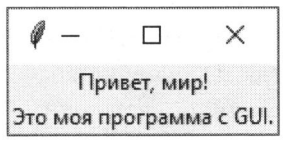


РИС. 13.7. Окно, выводимое на экран программой 13.5

Обратите внимание, что теперь выводятся два виджета `Label`, размещенные один под другим. Размещение виджетов можно изменить, указав аргумент для метода `pack()`, как показано в программе 13.6. Во время запуска программы она выводит окно (рис. 13.8).

Программа 13.6 (hello_world3.py)

```
# Эта программа использует аргумент side='left'
# в методе pack для изменения расстановки виджетов.

import tkinter

```

```
 6 class MyGUI:
 7     def __init__(self):
 8         # Создать виджет главного окна.
 9         self.main_window = tkinter.Tk()
10
11         # Создать два виджета Label.
12         self.label1 = tkinter.Label(self.main_window,
13                                     text='Привет, мир!')
14         self.label2 = tkinter.Label(self.main_window,
15                         text='Это моя программа с GUI.')
16
17         # Вызвать метод pack обоих виджетов Label.
18         self.label1.pack(side='left')
19         self.label2.pack(side='left')
20
21         # Войти в главный цикл tkinter.
22         tkinter.mainloop()
23
24 # Создать экземпляр класса MyGUI.
25 if __name__ == '__main__':
26     my_gui = MyGUI()
```

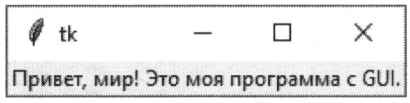


РИС. 13.8. Окно, выводимое на экран программой 13.6

В строках 18 и 19 вызывается метод `pack()` каждого виджета `Label`, передающий аргумент `side='left'`. Этот аргумент определяет, что виджет должен быть расположен в родительском виджете максимально слева. Поскольку сначала в `main_window` был добавлен виджет `label1`, он появится в крайней левой области окна. Затем был добавлен виджет `label2`, поэтому он появляется рядом с виджетом `label1`. В результате надписи отобразятся рядом друг с другом. Допустимыми аргументами `side`, которые можно передавать в метод `pack()`, являются `side='top'`, `side='bottom'`, `side='left'` и `side='right'`.

Добавление границ в виджет *Label*

При создании виджета `Label` можно дополнительно отобразить границу вокруг него. Вот пример:

```
self.label = tkinter.Label(self.main_window,
                           text='Привет, мир!',
                           borderwidth=1,
                           relief='solid')
```

Обратите внимание, что мы передаем аргументы `borderwidth=1` и `relief='solid'`. Аргумент `borderwidth` задает толщину границы в пикселах. В этом примере граница будет иметь тол-

щину 1 пиксел. Аргумент `relief` задает стиль границы. В этом примере граница будет сплошной линией. На рис. 13.9 показан выводимый на экран виджет `Label`.

В следующем коде показано, как создать тот же виджет надписи со сплошной границей толщиной 4 пиксела:

```
self.label = tkinter.Label(self.main_window,
                           text='Привет, мир!',
                           borderwidth=4,
                           relief='solid')
```

На рис. 13.10 показан выводимый на экран виджет `Label`.

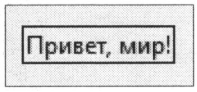


РИС. 13.9. Надпись, выводимая на экран с однпиксельной сплошной границей

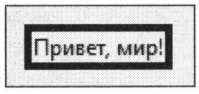


РИС. 13.10. Надпись, выводимая на экран с четырехпиксельной сплошной границей

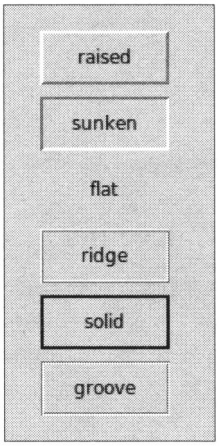


РИС. 13.11. Примеры разных стилей границ

В табл. 13.2 описаны различные значения, которые можно передать в качестве аргумента `relief`. Каждое значение приводит к тому, что граница отображается в том или ином стиле. На рис. 13.11 приведен пример каждого стиля.

Таблица 13.2. Варианты рельефа границы

Значение аргумента `relief`	Описание
`relief='flat'`	Граница скрыта и нет 3D-эффекта
`relief='raised'`	Виджет имеет приподнятый 3D-вид
`relief='sunken'`	Виджет имеет погруженный 3D-вид
`relief='ridged'`	Граница вокруг виджета имеет рифленый 3D-вид
`relief='solid'`	Граница выводится в виде сплошной линии без 3D-эффекта
`relief='groove'`	Граница вокруг виджета отображается в виде канавки

Заполнение

Заполнение (padding) — это пространство, которое появляется вокруг виджета. Существует два типа заполнения: внутреннее и внешнее. *Внутреннее заполнение* появляется вокруг

внутреннего края виджета, а *внешнее* — вокруг внешнего края виджета. На рис. 13.12 показана разница между двумя типами заполнения. Оба виджета `Label` имеют сплошную границу толщиной в 1 пиксел. У виджета слева — 20 пикселов внутреннего заполнения, а у виджета справа — 20 пикселов внешнего заполнения. Как видно из рисунка, внутреннее заполнение увеличивает размер виджета, в то время как внешнее заполнение увеличивает пространство вокруг виджета.

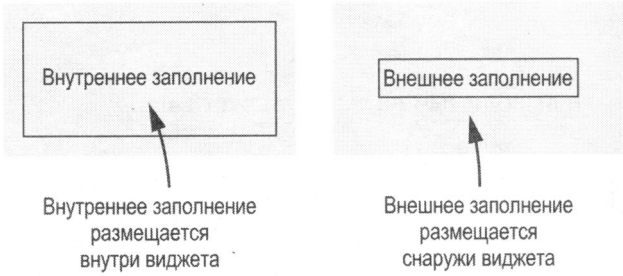


РИС. 13.12. Внутреннее и внешнее заполнение

Добавление внутреннего заполнения

Для того чтобы добавить внутреннее заполнение в виджет, надо передать в метод `pack()` виджета следующие аргументы:

- `ipadx=`*n*;
- `ipady=`*n*;

В обоих аргументах *n* — это число пикселов. Аргумент `ipadx` задает число пикселов внутреннего горизонтального заполнения, а аргумент `ipady` — число пикселов внутреннего вертикального заполнения. Это показано на рис. 13.13.

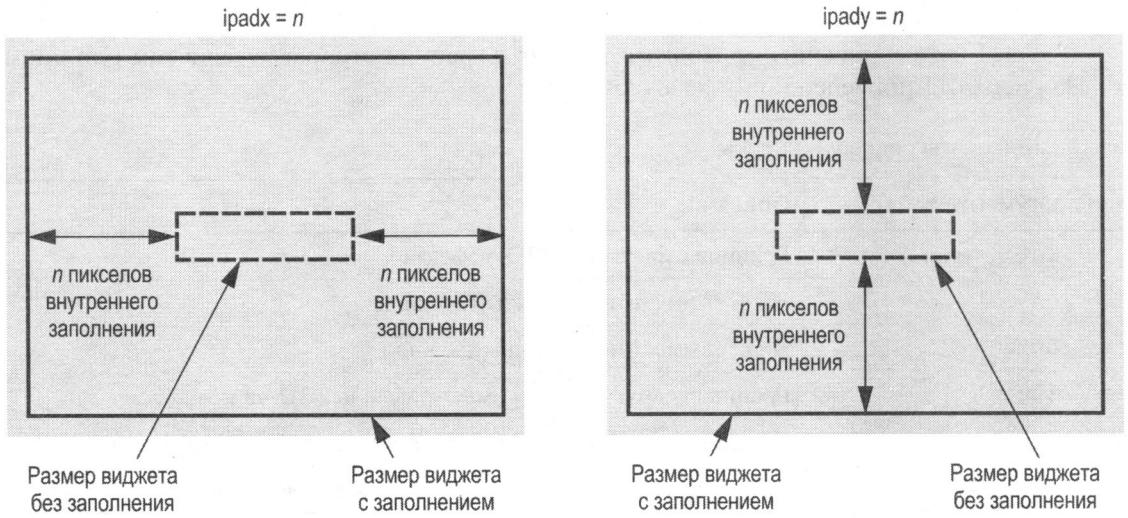


РИС. 13.13. Горизонтальное внутреннее и вертикальное внутреннее заполнение

Программа 13.7 демонстрирует внутреннее заполнение. Она выводит на экран два виджета `Label` с 20 пикселами горизонтального внутреннего и вертикального внутреннего заполнения. Графический интерфейс программы показан на рис. 13.14.

Программа 13.7 (internal_padding.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует внутреннее заполнение.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать виджет главного окна.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать два виджета Label со сплошными границами.
10        self.label1 = tkinter.Label(self.main_window,
11                                    text='Привет, мир!',
12                                    borderwidth=1,
13                                    relief='solid')
14
15        self.label2 = tkinter.Label(self.main_window,
16                                    text='Это моя программа с GUI.',
17                                    borderwidth=1,
18                                    relief='solid')
19
20        # Вывести на экран виджеты Label с 20 пикселами
21        # горизонтального внутреннего и вертикального внутреннего заполнения.
22        self.label1.pack(ipadx=20, ipady=20)
23        self.label2.pack(ipadx=20, ipady=20)
24
25        # Войти в главный цикл tkinter.
26        tkinter.mainloop()
27
28 # Создать экземпляр класса MyGUI.
29 if __name__ == '__main__':
30     my_gui = MyGUI()
```

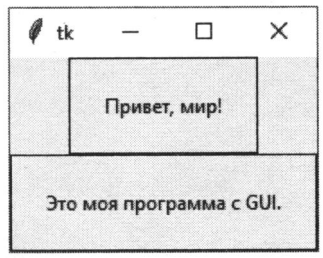


РИС. 13.14. Окно, выводимое на экран программой 13.7

Инструкции, которые появляются в строках 10–13 и 15–18, создают два виджета `Label` с именами `label1` и `label2`. Каждый из них создается со сплошной границей в 1 пиксел. Строки 22 и 23 вызывают метод `pack()` виджетов, передавая аргументы `ipadx=20` и `ipady=20`.

Добавление внешнего заполнения

Для того чтобы добавить внешнее заполнение в виджет, следует передать в метод `pack()` виджета следующие аргументы:

- `padx=n`;
- `pady=n`;

В обоих аргументах *n* — это число пикселов. Аргумент `padx` задает число пикселов внешнего горизонтального заполнения, а аргумент `pady` — число пикселов внешнего вертикального заполнения. Это показано на рис. 13.15.

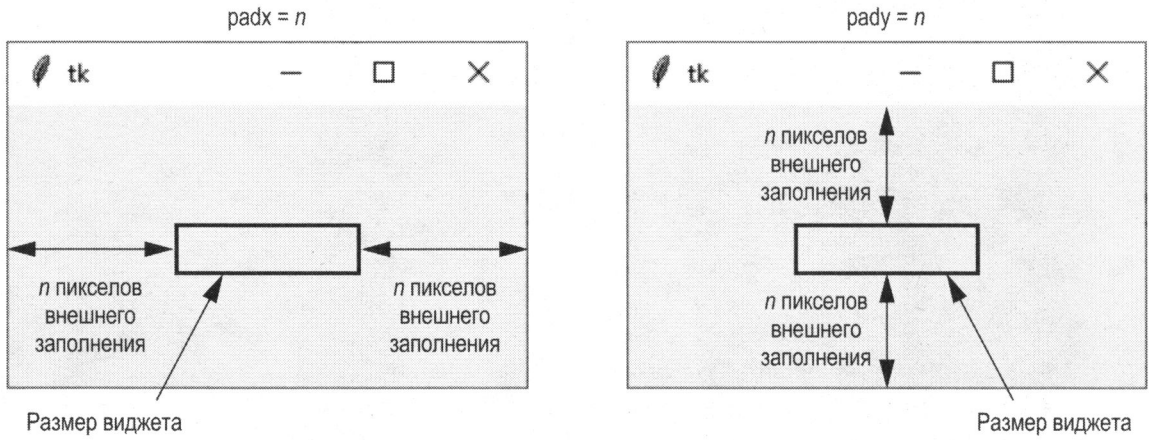


РИС. 13.15. Горизонтальное внешнее и вертикальное внешнее заполнение

Программа 13.8 демонстрирует внутреннее заполнение. Она выводит на экран два виджета `Label` с 20 пикселами горизонтального внешнего и вертикального внешнего заполнения. Графический интерфейс программы показан на рис. 13.16.

Программа 13.8 **(external_padding.py)**

```
1 # Эта программа демонстрирует внешнее заполнение.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать виджет главного окна.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать два виджета Label со сплошными границами.
10        self.label1 = tkinter.Label(self.main_window,
11                                    text='Привет, мир!',
12                                    borderwidth=1,
13                                    relief='solid')
14
```

```
15          self.label2 = tkinter.Label(self.main_window,
16                                      text='Это моя программа с GUI.',
17                                      borderwidth=1,
18                                      relief='solid')
19
20          # Вывести на экран виджеты Label с 20 пикселами
21          # горизонтального внешнего и вертикального внешнего заполнения.
22          self.label1.pack(padx=20, pady=20)
23          self.label2.pack(padx=20, pady=20)
24
25          # Войти в главный цикл tkinter.
26          tkinter.mainloop()
27
28 # Создать экземпляр класса MyGUI.
29 if __name__ == '__main__':
30      my_gui = MyGUI()
```

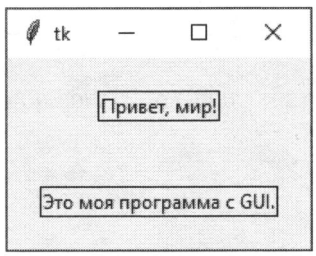


РИС. 13.16. Окно, выводимое на экран программой 13.8

Одновременное добавление внутреннего и внешнего заполнения

Виджет можно вывести на экран одновременно с внутренним и внешним заполнением. Например, мы можем изменить строки 22 и 23 программы 13.7 следующим образом:

```
self.label1.pack(ipadx=20, ipady=20, padx=20, pady=20)
self.label2.pack(ipadx=20, ipady=20, padx=20, pady=20)
```

И графический интерфейс программы будет выглядеть так, как показано на рис. 13.17.

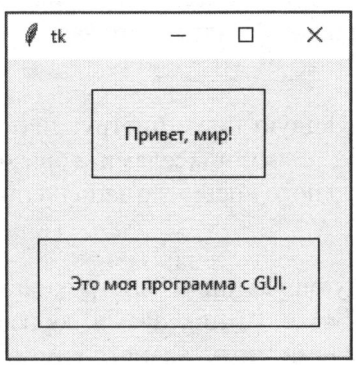


РИС. 13.17. Виджеты `Label` с внутренним и внешним заполнением

Добавление разного количества внешнего заполнения с каждой стороны

Иногда могут потребоваться разные количества заполнения с каждой стороны виджета. Например, вам могут понадобиться 5-пиксельное заполнение с левой стороны виджета и 10-пиксельное заполнение с правой стороны. Или же 20-пиксельное заполнение вверху виджета и 8-пиксельное заполнение внизу. В этом случае вы можете использовать следующие общие форматы для аргументов `padx` и `pady` метода `pack()`:

```
padx=(слева, справа)
pady=(сверху, снизу)
```

Если вы предоставляете кортеж из двух целых чисел для аргумента `padx`, то значения кортежа зададут заполнение для левой и правой сторон виджета. Аналогично если вы предоставите кортеж из двух целых чисел для аргумента `pady`, то значения кортежа зададут заполнение для верхней и нижней частей виджета. Например, предположим, что переменная `label` ссылается на виджет `Label`. Следующий фрагмент кода добавляет 10 пикселов внешнего заполнения в левую часть виджета, 5 пикселов справа, 20 пикселов сверху и 10 пикселов снизу:

```
self.label1.pack(padx=(10, 5), pady=(20, 10))
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Этот технический прием работает *только с внешним заполнением*. Внутреннее заполнение должно быть однородным.



Контрольная точка

13.8. Что делает метод `pack()` виджета?

13.9. Как будут расположены виджеты `Label` в их родительском виджете, если создать два виджета `Label` и вызвать их методы `pack()` без аргументов?

13.10. Какой аргумент следует передать в метод `pack()` виджета, чтобы он был расположен максимально слева в родительском виджете?

13.11. Модифицируйте следующую ниже инструкцию таким образом, чтобы она создавала надпись с границей шириной 3 пиксела и имела рельефный 3D-вид:

```
self.label = tkinter.Label(self.main_window, text='Привет, мир')
```

13.12. Модифицируйте следующую ниже инструкцию таким образом, чтобы она упаковывала виджет `my_label` с 10 пикселами горизонтального внутреннего заполнения и 20 пикселами вертикального внутреннего заполнения:

```
self.label1.pack()
```

13.13. Модифицируйте следующую ниже инструкцию таким образом, чтобы она упаковывала виджет `my_label` с 10 пикселами горизонтального внешнего заполнения и 20 пикселами вертикального внешнего заполнения:

```
self.label1.pack()
```

13.14. Модифицируйте следующую ниже инструкцию таким образом, чтобы она упаковывала виджет `my_label` с 10 пикселами горизонтального внутреннего и внешнего заполнения и 10 пикселами вертикального внутреннего и внешнего заполнения:

```
self.label1.pack()
```

13.4 Упорядочение виджетов с помощью рамок *Frame*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Виджет `Frame` является контейнером, который может содержать другие виджеты. Рамки `Frame` применяются для упорядочения виджетов в окне.

Виджет `Frame` является контейнером и может содержать другие виджеты. Рамки `Frame` полезны для упорядочения и размещения групп виджетов в окне. Например, можно разместить набор виджетов внутри одной рамки `Frame` и расположить их определенным способом, затем разместить набор виджетов в другой рамке `Frame` и расположить их по-другому. Программа 13.9 это демонстрирует. При ее запуске на экран выводится окно, как на рис. 13.18.

Программа 13.9 **(frame_demo.py)**

```
# Эта программа создает надписи в двух разных рамках.

import tkinter

class MyGUI:
    def __init__(self):
        # Создать виджет главного окна.
        self.main_window = tkinter.Tk()

        # Создать две рамки: одну для верхней части окна,
        # другую для нижней части.
        self.top_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
        self.bottom_frame = tkinter.Frame(self.main_window)

        # Создать три виджета Label
        # для верхней рамки.
        self.label1 = tkinter.Label(self.top_frame,
                                    text='Мигнуть')
        self.label2 = tkinter.Label(self.top_frame,
                                    text='Моргнуть')
        self.label3 = tkinter.Label(self.top_frame,
                                    text='Кивнуть')

        # Упаковать надписи, расположенные в верхней рамке.
        # Применить аргумент side='top', чтобы их
        # расположить одну под другой.
        self.label1.pack(side='top')
        self.label2.pack(side='top')
        self.label3.pack(side='top')

        # Создать три виджета Label
        # для нижней рамки.
```

```
33          self.label4 = tkinter.Label(self.bottom_frame,
34                                      text='Мигнуть')
35          self.label5 = tkinter.Label(self.bottom_frame,
36                                      text='Моргнуть')
37          self.label6 = tkinter.Label(self.bottom_frame,
38                                      text='Кивнуть')
39
40          # Упаковать надписи, расположенные в нижней рамке.
41          # Применить аргумент side='left', чтобы их
42          # расположить горизонтально слева в рамке.
43          self.label4.pack(side='left')
44          self.label5.pack(side='left')
45          self.label6.pack(side='left')
46
47          # Да, и мы также должны упаковать рамки!
48          self.top_frame.pack()
49          self.bottom_frame.pack()
50
51          # Войти в главный цикл tkinter.
52          tkinter.mainloop()
53
54 # Создать экземпляр класса MyGUI.
55 if __name__ == '__main__':
56      my_gui = MyGUI()
```

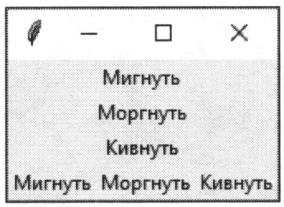


РИС. 13.18. Окно, выводимое на экран программой 13.9

Взглянем на строки 12 и 13:

```
self.top_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
self.bottom_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
```

Эти строки программы создают два объекта `Frame`. Аргумент `self.main_window`, который появляется внутри круглых скобок, добавляет рамки `Frame` в виджет `main_window`.

Строки 17–22 создают три виджета `Label`. Обратите внимание, что эти виджеты добавляются в виджет `self.top_frame`. Затем строки 27–29 вызывают метод `pack()` каждого виджета `Label`, передавая `side='top'` в качестве аргумента. Это приводит к тому, что три виджета выводятся один под другим внутри рамки `Frame` (см. рис. 13.18).

Строки 33–38 создают еще три виджета `Label`, которые добавляются в виджет `self.bottom_frame`. Затем строки 43–45 вызывают метод `pack()` каждого виджета `Label`,

передавая `side='left'` в качестве аргумента. Это приводит к тому, что три виджета появятся в рамке `Frame` в горизонтальном положении (рис. 13.9).

Строки 48 и 49 вызывают метод `pack()` виджета `Frame`, который делает видимыми виджет `Frame`. Строка 52 выполняет функцию `mainloop` модуля `tkinter`.

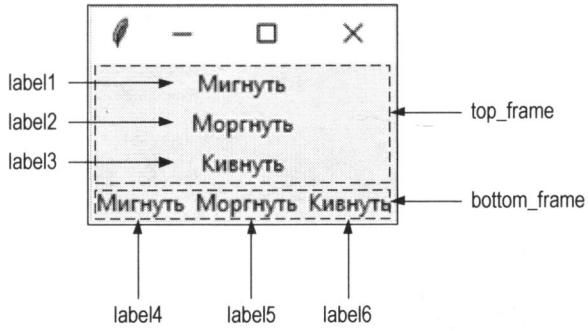


РИС. 13.19. Расстановка виджетов

13.5 Виджеты *Button* и информационные диалоговые окна

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Виджет `Button` используется для создания в окне стандартной кнопки. Когда пользователь нажимает кнопку, вызываются заданная функция или заданный метод.

Информационное диалоговое окно — это простое окно, оно выводит пользователю сообщение и содержит кнопку **OK**, которая закрывает диалоговое окно. Для вывода информационного диалогового окна используется функция `showinfo` модуля `tkinter.messagebox`.

Видеозапись "Реагирование на нажатие клавиш" (Responding to Button Clicks)

`Button` — это виджет, который пользователь может нажать, чтобы вызвать выполнение действия. При создании виджета `Button` можно определить текст, который должен появиться на поверхности кнопки, и имя функции обратного вызова. *Функция обратного вызова* — это функция или метод, которые исполняются, когда пользователь нажимает кнопку.

ПРИМЕЧАНИЕ

Функция обратного вызова также называется *обработчиком события*, потому что она обрабатывает событие, которое происходит, когда пользователь нажимает кнопку.

В целях демонстрации работы этого виджета рассмотрим программу 13.10. Она выводит на экран окно, показанное на рис. 13.20. Когда пользователь нажимает кнопку, программа выводит на экран отдельное информационное диалоговое окно (рис. 13.21). Для вывода информационного диалогового окна используется функция `showinfo`, которая находится в мо-

дуле `tkinter.messagebox`. (Для использования функции `showinfo` необходимо импортировать модуль `tkinter.messagebox`.) Вот общий формат вызова функции `showinfo`:

```
tkinter.messagebox.showinfo(заголовок, сообщение)
```

В данном формате *заголовок* — это строковый литерал, который выводится на экран в области заголовка диалогового окна, *сообщение* — это строковый литерал с информационным сообщением, которое выводится на экран в главной части диалогового окна.

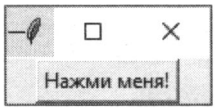


РИС. 13.20. Главное окно, выводимое на экран программой 13.10

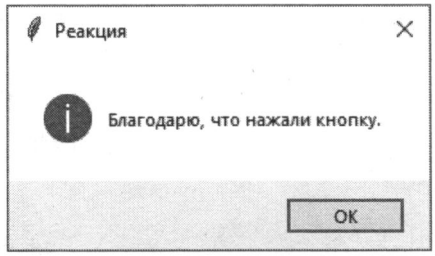


РИС. 13.21. Информационное диалоговое окно, выводимое на экран программой 13.10

Программа 13.10 (button_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует виджет Button.
2 # Когда пользователь нажимает кнопку Button,
3 # на экран выводится информационное диалоговое окно.
4
5 import tkinter
6 import tkinter.messagebox
7
8 class MyGUI:
9     def __init__(self):
10         # Создать виджет главного окна.
11         self.main_window = tkinter.Tk()
12
13         # Создать виджет Button.
14         # На кнопке должен появиться текст 'Нажми меня!'.
15         # Когда пользователь нажимает кнопку,
16         # должен быть исполнен метод do_something.
17         self.my_button = tkinter.Button(self.main_window,
18                                         text='Нажми меня!',
19                                         command=self.do_something)
20
21         # Упаковать виджет Button.
22         self.my_button.pack()
23
24         # Войти в главный цикл tkinter.
25         tkinter.mainloop()
26
```

```
27      # Метод do_something является функцией обратного
28      # вызова для виджета Button.
29
30      def do_something(self):
31          # Показать информационное диалоговое окно.
32          tkinter.messagebox.showinfo('Реакция',
33                                      'Благодарю, что нажали кнопку.')
34
35  # Создать экземпляр класса MyGUI.
36  if __name__ == '__main__':
37      my_gui = MyGUI()
```

Строка 5 импортирует модуль `tkinter`, а строка 6 — модуль `tkinter.messagebox`. Строка 11 создает корневой виджет и присваивает его переменной `main_window`.

Инструкция в строках 17–19 создает виджет `Button`. Первым аргументом внутри круглых скобок `self.main_window` является родительский виджет. Аргумент `text='Нажми меня!'` определяет, что строковый литерал `'Нажми меня!'` должен появиться на поверхности кнопки. Аргумент `command='self.do_something'` задает метод `do_something()` класса в качестве функции обратного вызова. Когда пользователь нажмет кнопку, исполнится метод `do_something()`.

Метод `do_something()` расположен в строках 30–33. Он просто вызывает функцию `tkinter.messagebox.showinfo` для вывода на экран информационного окна, показанного на рис. 13.21. Для того чтобы закрыть это диалоговое окно, пользователь должен нажать кнопку **OK**.

Создание кнопки выхода из программы

Программы с GUI обычно имеют кнопку **Выйти** (или кнопку **Отмена**), которая закрывает программу, когда пользователь ее нажимает. Для кнопки **Выйти** в программе Python нужно просто создать виджет `Button`, который в качестве функции обратного вызова вызывает метод `destroy()` корневого виджета. Программа 13.11 демонстрирует, как это делается. Она представляет собой видоизмененную версию программы 13.10, в которую добавлен второй виджет `Button` (рис. 13.22).

Программа 13.11 (quit_button.py)

```
1  # Эта программа содержит кнопку 'Выйти', которая
2  # при ее нажатии вызывает метод destroy класса Tk.
3
4  import tkinter
5  import tkinter.messagebox
6
7  class MyGUI:
8      def __init__(self):
9          # Создать виджет главного окна.
10         self.main_window = tkinter.Tk()
11
```

```
12          # Создать виджет Button.
13          # На кнопке должен появиться текст 'Нажми меня!'.
14          # Когда пользователь нажимает кнопку,
15          # должен быть исполнен метод do_something.
16          self.my_button = tkinter.Button(self.main_window,
17                                           text='Нажми меня!',
18                                  command=self.do_something)
19
20          # Создать кнопку 'Выйти'. При нажатии этой кнопки вызывается
21          # метод destroy корневого виджета (переменная
22          # main_window ссылается на корневой виджет, поэтому функцией
23          # обратного вызова является self.main_window.destroy.)
24          self.quit_button = tkinter.Button(self.main_window,
25                                            text='Выйти',
26                                  command=self.main_window.destroy)
27
28
29          # Упаковать виджеты Button.
30          self.my_button.pack()
31          self.quit_button.pack()
32
33          # Войти в главный цикл tkinter.
34          tkinter.mainloop()
35
36      # Метод do_something является функцией обратного
37      # вызова для виджета Button.
38
39      def do_something(self):
40          # Показать информационное диалоговое окно.
41          tkinter.messagebox.showinfo('Реакция',
42                                      'Благодарю, что нажали кнопку.')
43
44  # Создать экземпляр класса MyGUI.
45  if __name__ == '__main__':
46      my_gui = MyGUI()
```

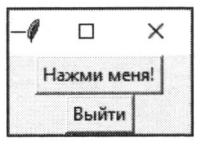


РИС. 13.22. Информационное диалоговое окно, выводимое на экран программой 13.11

Инструкция в строках 24–26 создает кнопку **Выйти**. Обратите внимание, что метод `self.main_window.destroy()` используется в качестве функции обратного вызова. Когда пользователь нажимает кнопку, вызывается этот метод, и программа завершает работу.

13.6 Получение входных данных с помощью виджета *Entry*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Виджет `Entry` — это прямоугольная область, в которую пользователь может вводить входные данные. Для извлечения данных, введенных в виджет `Entry`, предназначен его метод `get()`.

Виджет `Entry` — это прямоугольная область, в которую пользователь может вводить текст. Его используют для сбора входных данных в программе с GUI. Как правило, программа будет иметь в окне один или несколько виджетов `Entry` вместе с кнопкой, которую пользователь нажимает для передачи данных, введенных в элементе `Entry`. Функция обратного вызова кнопки получает данные из элемента `Entry` окна и обрабатывает их.

Для извлечения данных, введенных пользователем в виджет `Entry`, применяется его метод `get()`. Метод возвращает строковое значение, поэтому такое значение необходимо привести к надлежащему типу данных, если, к примеру, виджет `Entry` используется для ввода чисел.

В целях демонстрации его работы мы рассмотрим программу, которая предоставляет возможность пользователю вводить в виджет `Entry` расстояние в километрах и затем нажимать кнопку, чтобы увидеть это расстояние, преобразованное в мили. Вот формула преобразования километров в мили:

$$\text{мили} = \text{километры} \times 0.6214.$$

На рис. 13.23 представлено окно, которое эта программа выводит на экран. Для того чтобы расположить виджеты в позициях, показанных на рисунке, мы разместим их в двух рамках (рис. 13.24). Выводящий подсказку виджет `Label` и виджет `Entry` будут расположены в верхней рамке `top_frame`, и их методы `pack()` будут вызываться с аргументом `side='left'`. В результате этого они появятся в рамке горизонтально. Кнопки **Преобразовать** и **Выйти** будут расположены в нижней рамке `bottom_frame`, и их методы `pack()` тоже будут вызываться с аргументом `side='left'`.

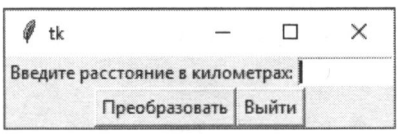


РИС. 13.23. Окно программы `kilo_converter`

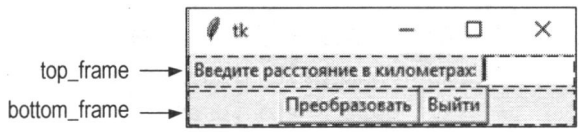


РИС. 13.24. Окно, сформированное рамками `Frame`

В программе 13.12 приведен соответствующий код, а на рис. 13.25 показано, что происходит, когда пользователь вводит в виджет `Entry` число 1000 и нажимает кнопку **Преобразовать**.

Программа 13.12 (kilo_converter.py)

```
1 # Эта программа конвертирует расстояния в километрах
2 # в мили. Полученный результат выводится
3 # в информационном диалоговом окне.
```

```
4
5 import tkinter
6 import tkinter.messagebox
7
8 class KiloConverterGUI:
9     def __init__(self):
10
11         # Создать главное окно.
12         self.main_window = tkinter.Tk()
13
14         # Создать две рамки, чтобы сгруппировать виджеты.
15         self.top_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
16         self.bottom_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
17
18         # Создать виджеты для верхней рамки.
19         self.prompt_label = tkinter.Label(self.top_frame,
20                                 text='Введите расстояние в километрах:')
21         self.kilo_entry = tkinter.Entry(self.top_frame,
22                                         width=10)
23
24         # Упаковать виджеты верхней рамки.
25         self.prompt_label.pack(side='left')
26         self.kilo_entry.pack(side='left')
27
28         # Создать виджеты Button для нижней рамки.
29         self.calc_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
30                                           text='Преобразовать',
31                                           command=self.convert)
32         self.quit_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
33                                           text='Выйти',
34                                           command=self.main_window.destroy)
35         # Упаковать кнопки.
36         self.calc_button.pack(side='left')
37         self.quit_button.pack(side='left')
38
39         # Упаковать рамки.
40         self.top_frame.pack()
41         self.bottom_frame.pack()
42
43         # Войти в главный цикл tkinter.
44         tkinter.mainloop()
45
46     # Метод convert является функцией обратного вызова
47     # для кнопки 'Преобразовать'.
48
```

```
49      def convert(self):
50          # Получить значение, введенное пользователем
51          # в виджет kilo_entry.
52          kilo = float(self.kilo_entry.get())
53
54          # Конвертировать километры в мили.
55          miles = kilo * 0.6214
56
57          # Показать результаты в информационном диалоговом окне.
58          tkinter.messagebox.showinfo('Результаты',
59                                      str(kilo) +
60                                      ' километров эквивалентно ' +
61                                      str(miles) + ' милям.')
62
63  # Создать экземпляр класса KiloConverterGUI.
64  if __name__ == '__main__':
65      kilo_conv = KiloConverterGUI()
```

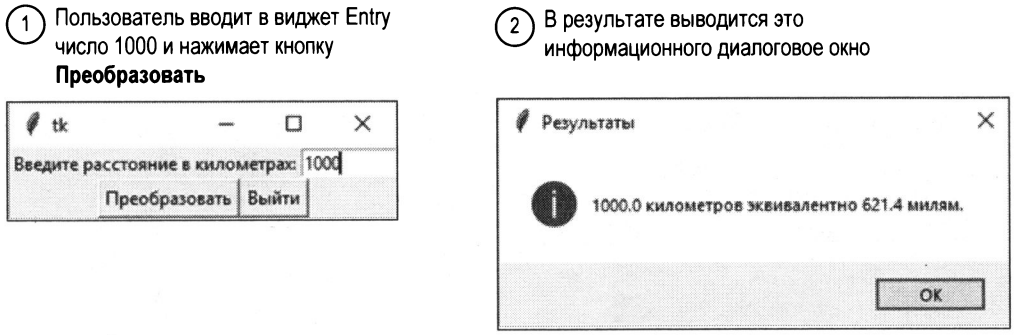


РИС. 13.25. Информационное диалоговое окно

Метод `convert()`, показанный в строках 49–60, является функцией обратного вызова кнопки **Преобразовать**. Инструкция в строке 52 вызывает метод `get()` элемента `kilo_entry`, чтобы извлечь данные, которые были введены в этот виджет. Полученное значение приводится к вещественному типу `float` и затем присваивается переменной `kilo`. Вычисление в строке 55 выполняет преобразование, и полученный результат присваивается переменной `miles`. Затем инструкция в строках 58–61 выводит информационное диалоговое окно с сообщением, которое показывает конвертированное значение.

13.7 Применение виджетов *Label* в качестве полей вывода

Ключевые положения

Когда объект `StringVar` связан с виджетом `Label`, виджет `Label` выводит на экран любые данные, которые хранятся в объекте `StringVar`.

Ранее вы видели применение информационного диалогового окна для отображения выходных данных. Если вы не хотите показывать отдельное диалоговое окно для выходных данных своей программы, то для их динамического отображения имеется возможность использовать виджет `Label` в главном окне программы. В этом случае в главном окне просто создаются пустые виджеты `Label`, а затем пишется программный код, который при нажатии кнопки выводит в этих виджетах требуемые данные.

Модуль `tkinter` предоставляет класс `StringVar`, который может использоваться вместе с виджетом `Label` для вывода данных. Сначала нужно создать объект `StringVar`. Затем создать виджет `Label` и связать его с объектом `StringVar`. С этого момента любое значение, которое потом сохраняется в объекте `StringVar`, будет автоматически выводиться на экран в виджет `Label`.

Программа 13.13 демонстрирует, как это делается. Она представляет собой видоизмененную версию `kilo_converter`, которую вы видели в программе 13.12. Вместо вывода информационного диалогового окна данная версия программы выводит количество миль в виджет `Label` в главном окне.

Программа 13.13 (kilo_converter2.py)

```
1 # Эта программа конвертирует расстояния в километрах
2 # в мили. Полученный результат выводится
3 # в виджет Label в главном окне.
4
5 import tkinter
6
7 class KiloConverterGUI:
8     def __init__(self):
9
10        # Создать главное окно.
11        self.main_window = tkinter.Tk()
12
13        # Создать три рамки, чтобы сгруппировать виджеты.
14        self.top_frame = tkinter.Frame()
15        self.mid_frame = tkinter.Frame()
16        self.bottom_frame = tkinter.Frame()
17
18        # Создать виджеты для верхней рамки.
19        self.prompt_label = tkinter.Label(self.top_frame,
20                    text='Введите расстояние в километрах:')
21        self.kilo_entry = tkinter.Entry(self.top_frame,
22                                        width=10)
23
24        # Упаковать виджеты верхней рамки.
25        self.prompt_label.pack(side='left')
26        self.kilo_entry.pack(side='left')
27
```

```
28          # Создать виджеты для средней рамки.
29          self.descr_label = tkinter.Label(self.mid_frame,
30                      text='Преобразовано в мили:')
31
32          # Объект StringVar нужен для того, чтобы его связать
33          # с выходной надписью. Для сохранения последовательности
34          # пробелов используется метод set данного объекта.
35          self.value = tkinter.StringVar()
36
37          # Создать надпись Label и связать ее с объектом
38          # StringVar. Любые значения, хранящиеся
39          # в объекте StringVar, будут автоматически
40          # выводиться в надписи Label.
41          self.miles_label = tkinter.Label(self.mid_frame,
42                      textvariable=self.value)
43
44          # Создать виджеты для средней рамки.
45          self.descr_label.pack(side='left')
46          self.miles_label.pack(side='left')
47
48          # Создать виджеты Button для нижней рамки.
49          self.calc_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
50                                            text='Преобразовать',
51                                            command=self.convert)
52          self.quit_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
53                                            text='Выйти',
54                                    command=self.main_window.destroy)
55
56          # Упаковать кнопки.
57          self.calc_button.pack(side='left')
58          self.quit_button.pack(side='left')
59
60          # Упаковать рамки.
61          self.top_frame.pack()
62          self.mid_frame.pack()
63          self.bottom_frame.pack()
64
65          # Войти в главный цикл tkinter.
66          tkinter.mainloop()
67
68      # Метод convert является функцией обратного вызова
69      # для кнопки 'Преобразовать'.
70
71      def convert(self):
72          # Получить значение, введенное
73          # пользователем в виджет kilo_entry.
74          kilo = float(self.kilo_entry.get())
```

```
75
76          # Конвертировать километры в мили.
77          miles = kilo * 0.6214
78
79          # Конвертировать мили в строковое значение
80          # и сохранить ее в объекте StringVar. В результате
81          # виджет miles_label будет автоматически обновлен.
82          self.value.set(miles)
83
84 # Создать экземпляр класса KiloConverterGUI.
85 if __name__ == '__main__':
86      kilo_conv = KiloConverterGUI()
```

При запуске эта программа выводит окно, как на рис. 13.26. На рис. 13.27 показано, что происходит, когда пользователь вводит 1000 км и нажимает кнопку **Преобразовать**. Количество миль выводится в главном окне в надписи `Label`.

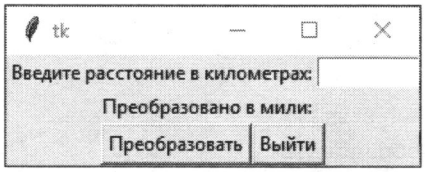


РИС. 13.26. Окно, выводимое на экран при запуске программы

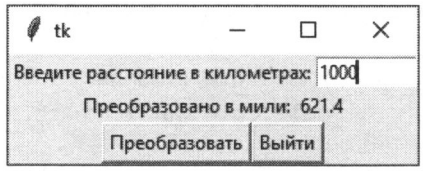


РИС. 13.27. Окно, показывающее результат преобразования 1000 км в мили

Давайте разберем этот программный код. Строки 14–16 создают три рамки: `top_frame`, `mid_frame` и `bottom_frame`. Строки 19–26 создают виджеты для верхней рамки и вызывают их метод `pack()`.

Строки 29–30 создают виджет `Label` с текстом `'Преобразовано в мили:'`, который вы видите в главном окне на рис. 13.26. Затем строка 35 создает объект `StringVar` и присваивает его переменной `value`. Строка 41 создает виджет `Label` с именем `miles_label`, который мы будем использовать для вывода количества миль. Отметим, что в строке 42 указан аргумент `textvariable=self.value`. Он создает связь между виджетом `Label` и объектом `StringVar`, на который ссылается переменная `value`. Любое значение, которое хранится в объекте `StringVar`, будет выведено на экран в этом виджете `Label`.

Строки 45 и 46 упаковывают два виджета `Label`, которые находятся в рамке `mid_frame`. Строки 49–58 создают виджеты `Button` и упаковывают их. Строки 61–63 упаковывают объекты `Frame`. На рис. 13.28 показано, каким образом размещаются различные виджеты в трех рамках этого окна.

Метод `convert()` в строках 71–82 представляет собой функцию обратного вызова кнопки **Преобразовать**. Инструкция в строке 74 вызывает метод `get()` виджета `kilo_entry`, чтобы извлечь значение, которое было введено в этот виджет. Это значение приводится к вещественному типу `float` и затем присваивается переменной `kilo`. Выражение в строке 77 выполняет преобразование и присваивает полученный результат переменной `miles`. Затем

инструкция в строке 82 вызывает метод `set()` объекта `StringVar`, передавая `miles` в качестве аргумента. В результате значение, на которое ссылается переменная `miles`, сохраняется в объекте `StringVar` и одновременно выводится в виджет `miles_label`.



РИС. 13.28. Макет главного окна программы `kilo_converter2`



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Создание программы с GUI

Кэтрин — преподаватель. В *главе 3* мы подробно изучили разработку программы, которую ее студенты могут применять для вычисления среднего балла из трех оценок за контрольные работы. Программа предлагает студенту ввести все оценки и затем показывает средний балл. Кэтрин попросила вас разработать программу с GUI, которая выполняет аналогичную работу. Она хотела бы, чтобы программа имела три виджета `Entry`, в которые можно вводить оценки, и кнопку, которая при ее нажатии выводит на экран средний балл.

Прежде чем приступить к написанию программного кода, полезно нарисовать эскиз окна программы (рис. 13.29). Эскиз показывает тип каждого виджета. (Нумерация на эскизе поможет при составлении списка всех виджетов.)

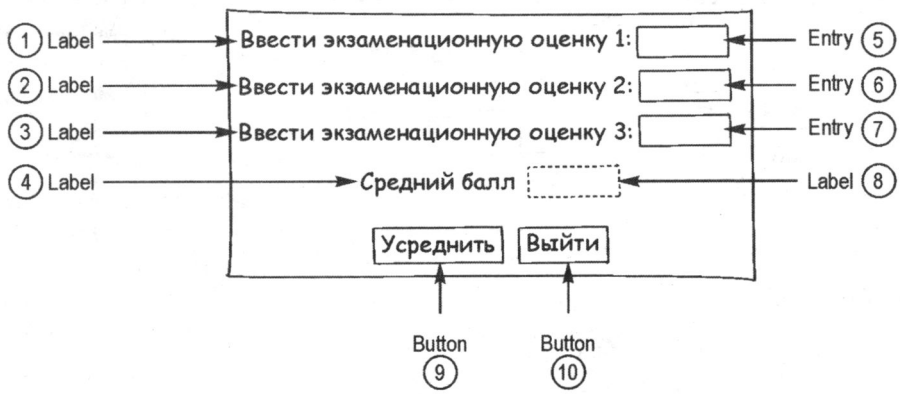


РИС. 13.29. Эскиз окна

Изучив этот эскиз, мы можем составить список виджетов, в которых нуждаемся (табл. 13.3). При составлении списка мы включим краткое описание каждого виджета и имя, которое присвоим каждому виджету при его создании.

Из эскиза видно, что в окне имеется пять строк виджетов. Для их размещения мы также создадим пять объектов `Frame`. На рис. 13.30 представлена расстановка виджетов в пяти объектах `Frame`.

Таблица 13.3. Виджеты к задаче о среднем балле

№ виджета на рис. 13.29	Тип элемента	Описание	Имя
1	`Label`	Предлагает пользователю ввести оценку 1	`test1_label`
2	`Label`	Предлагает пользователю ввести оценку 2	`test2_label`
3	`Label`	Предлагает пользователю ввести оценку 3	`test3_label`
4	`Label`	Идентифицирует средний балл, который впоследствии будет выведен к этой надписи	`result_label`
5	`Entry`	Место, где пользователь вводит оценку 1	`test1_entry`
6	`Entry`	Место, где пользователь вводит оценку 2	`test2_entry`
7	`Entry`	Место, где пользователь вводит оценку 3	`test3_entry`
8	`Label`	Программа покажет средний балл в этой надписи	`avg_label`
9	`Button`	При нажатии этой кнопки программа вычислит средний балл и покажет его в компоненте `averageLabel`	`calc_button`
10	`Button`	При нажатии этой кнопки программа завершит работу	`quit_button`

Программа 13.11 содержит соответствующий код, а на рис. 13.31 показано окно с введенными пользователем данными.

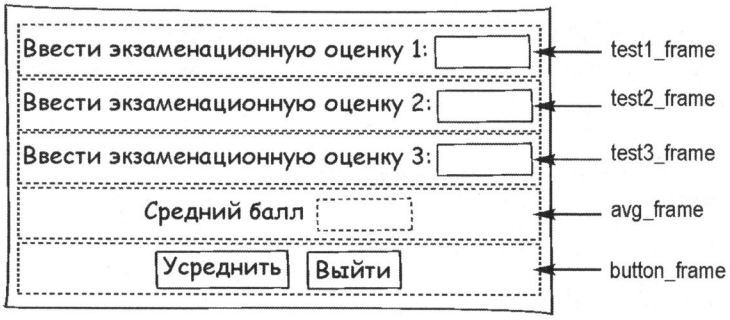


РИС. 13.30. Применение рамок `Frame` для упорядочения виджетов

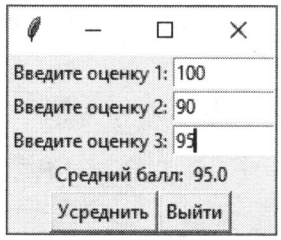


РИС. 13.31. Окно программы `test_averages`

Программа 13.14 (test_averages.py)

```
 1 # Эта программа применяет GUI для получения трех
 2 # оценок и вывода среднего балла.
 3
 4 import tkinter
 5
 6 class TestAvg:
 7     def __init__(self):
 8         # Создать главное окно.
 9         self.main_window = tkinter.Tk()
10
```

```
        # Создать пять рамок.
        self.test1_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
        self.test2_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
        self.test3_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
        self.avg_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
        self.button_frame = tkinter.Frame(self.main_window)

        # Создать и упаковать виджеты для оценки 1.
        self.test1_label = tkinter.Label(self.test1_frame,
                  text='Введите оценку 1:')
        self.test1_entry = tkinter.Entry(self.test1_frame,
                                         width=10)
        self.test1_label.pack(side='left')
        self.test1_entry.pack(side='left')

        # Создать и упаковать виджеты для оценки 2.
        self.test2_label = tkinter.Label(self.test2_frame,
                  text='Введите оценку 2:')
        self.test2_entry = tkinter.Entry(self.test2_frame,
                                         width=10)
        self.test2_label.pack(side='left')
        self.test2_entry.pack(side='left')

        # Создать и упаковать виджеты для оценки 3.
        self.test3_label = tkinter.Label(self.test3_frame,
                  text='Введите оценку 3:')
        self.test3_entry = tkinter.Entry(self.test3_frame,
                                         width=10)
        self.test3_label.pack(side='left')
        self.test3_entry.pack(side='left')

        # Создать и упаковать виджеты для среднего балла.
        self.result_label = tkinter.Label(self.avg_frame,
                                          text='Средний балл:')
        self.avg = tkinter.StringVar() # Для обновления avg_label
        self.avg_label = tkinter.Label(self.avg_frame,
                                       textvariable=self.avg)
        self.result_label.pack(side='left')
        self.avg_label.pack(side='left')

        # Создать и упаковать виджеты Button.
        self.calc_button = tkinter.Button(self.button_frame,
                                          text='Усреднить',
                                          command=self.calc_avg)
        self.quit_button = tkinter.Button(self.button_frame,
                                          text='Выйти',
                                  command=self.main_window.destroy)
```

```
58          self.calc_button.pack(side='left')
59          self.quit_button.pack(side='left')
60
61          # Упаковать рамки.
62          self.test1_frame.pack()
63          self.test2_frame.pack()
64          self.test3_frame.pack()
65          self.avg_frame.pack()
66          self.button_frame.pack()
67
68          # Запустить главный цикл.
69          tkinter.mainloop()
70
71      # Метод calc_avg является функцией обратного вызова
72      # для виджета calc_button.
73
74      def calc_avg(self):
75          # Получить три оценки
76          # и сохранить их в переменных.
77          self.test1 = float(self.test1_entry.get())
78          self.test2 = float(self.test2_entry.get())
79          self.test3 = float(self.test3_entry.get())
80
81          # Вычислить средний балл.
82          self.average = (self.test1 + self.test2 +
83          self.test3) / 3.0
84
85          # Обновить виджет avg_label,
86          # сохранив значение self.average в объекте
87          # StringVar, на который ссылается avg.
88          self.avg.set(self.average)
89
90  # Создать экземпляр класса TestAvg.
91  if __name__ == '__main__':
92      test_avg = TestAvg()
```



Контрольная точка

13.15. Как извлечь данные из виджета `Entry`?

13.16. Какой тип данных имеет значение, извлекаемое из виджета `Entry`?

13.17. В каком модуле находится класс `StringVar`?

13.18. Что получится, если установить связь объекта `StringVar` с виджетом `Label`?

13.8 Радиокнопки и флаговые кнопки

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Радиокнопки обычно появляются в группах из двух или нескольких кнопок и позволяют пользователю выбирать один из нескольких возможных вариантов. Флаговые кнопки, которые могут появляться самостоятельно или в группах, обеспечивают выбор в формате да/нет или включено/выключено.

Радиокнопки

Радиокнопки, или просто *переключатели*, полезны, когда нужно, чтобы пользователь выбрал один из нескольких возможных вариантов. На рис. 13.32 показано окно, содержащее группу радиокнопок. Каждая радиокнопка имеет кружок и может иметь два состояния: быть выбранной или невыбранной. Когда радиокнопка выбрана, кружок заполнен, а когда радиокнопка не выбрана, он пустой.

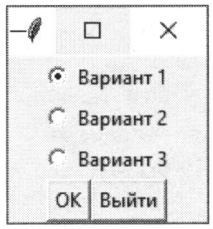


РИС. 13.32. Группа радиокнопок

Для создания виджетов `Radiobutton` используется класс `Radiobutton` модуля `tkinter`. Одновременно можно выбрать только один виджет `Radiobutton` в контейнере, в частности в рамке `Frame`. Нажатие на `Radiobutton` приводит к его выбору и автоматическому сбросу выбора любой другой кнопки `Radiobutton` в том же контейнере. Поскольку в контейнере одновременно можно выбрать только одну кнопку `Radiobutton`, нередко их называют *взаимоисключающими*.



ПРИМЕЧАНИЕ

Название "радиокнопка" имеет отношение к старым автомобильным радиоприемникам, в которых имелись кнопки для выбора станций. В таких радиоприемниках за один раз можно было нажимать всего одну кнопку. При нажатии на кнопку он автоматически выталкивал любую другую нажатую кнопку.

Модуль `tkinter` предоставляет класс `IntVar`, который используется вместе с виджетами `Radiobutton`. При создании группы кнопок `Radiobutton` все они связываются с одним и тем же объектом `IntVar`. Помимо этого, каждому виджету `Radiobutton` необходимо присвоить уникальное целочисленное значение. Когда выбирается один из виджетов `Radiobutton`, он сохраняет свое уникальное целочисленное значение в объекте `IntVar`.

Программа 13.15 демонстрирует способ создания и применения виджетов `Radiobutton`. На рис. 13.33 представлено окно, которое эта программа выводит на экран. Когда пользователь нажимает кнопку **OK**, появляется информационное диалоговое окно, сообщающее о номере выбранного виджета `Radiobutton`.

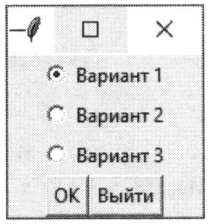


РИС. 13.33. Окно, выводимое на экран программой 13.15

Программа 13.15 (radiobutton_demo.py)

```
# Эта программа демонстрирует группу виджетов Radiobutton.
import tkinter
import tkinter.messagebox

class MyGUI:
    def __init__(self):
        # Создать главное окно.
        self.main_window = tkinter.Tk()

        # Создать две рамки: одну для виджетов Radiobutton
        # и еще одну для обычных виджетов Button.
        self.top_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
        self.bottom_frame = tkinter.Frame(self.main_window)

        # Создать объект IntVar для использования
        # с виджетами Radiobutton.
        self.radio_var = tkinter.IntVar()

        # Назначить объекту IntVar значение 1.
        self.radio_var.set(1)

        # Создать виджеты Radiobutton в рамке top_frame.
        self.rb1 = tkinter.Radiobutton(self.top_frame,
                                       text='Вариант 1',
                                       variable=self.radio_var,
                                       value=1)
        self.rb2 = tkinter.Radiobutton(self.top_frame,
                                       text='Вариант 2',
                                       variable=self.radio_var,
                                       value=2)
        self.rb3 = tkinter.Radiobutton(self.top_frame,
                                       text='Вариант 3',
                                       variable=self.radio_var,
                                       value=3)

```

```
36          # Упаковать виджеты Radiobutton.
37          self.rb1.pack()
38          self.rb2.pack()
39          self.rb3.pack()
40
41          # Создать кнопку 'OK' и кнопку 'Выйти'.
42          self.ok_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
43                                          text='OK',
44                                          command=self.show_choice)
45          self.quit_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
46                                            text='Выйти',
47                                    command=self.main_window.destroy)
48
49          # Упаковать виджеты Button.
50          self.ok_button.pack(side='left')
51          self.quit_button.pack(side='left')
52
53          # Упаковать рамки.
54          self.top_frame.pack()
55          self.bottom_frame.pack()
56
57          # Запустить главный цикл.
58          tkinter.mainloop()
59
60      # Метод show_choice является функцией обратного вызова
61      # для кнопки OK.
62      def show_choice(self):
63          tkinter.messagebox.showinfo('Выбор', 'Выбран вариант ' +
64                                      str(self.radio_var.get()))
65
66  # Создать экземпляр класса MyGUI.
67  if __name__ == '__main__':
68      my_gui = MyGUI()
```

Строка 17 создает объект `IntVar` с именем `radio_var`. Строка 20 вызывает метод `set()` объекта `radio_var`, чтобы в этом объекте сохранить целочисленное значение 1. (Вы вскоре увидите, зачем это нужно.)

Строки 23–26 создают первый виджет `Radiobutton`. Аргумент `variable=self.radio_var` (в строке 25) связывает этот виджет `Radiobutton` с объектом `radio_var`. Аргумент `value=1` (в строке 26) присваивает этому виджету `Radiobutton` целое число 1. В результате всегда, когда этот виджет `Radiobutton` будет выбираться, в объекте `radio_var` будет сохраняться значение 1.

Строки 27–30 создают второй виджет `Radiobutton`. Обратите внимание, что этот виджет `Radiobutton` тоже связан с объектом `radio_var`. Аргумент `value=2` (в строке 30) присваивает этому виджету `Radiobutton` целое число 2. В результате всегда, когда этот виджет `Radiobutton` будет выбираться, в объекте `radio_var` будет сохраняться значение 2.

Строки 31–34 создают третий виджет `Radiobutton`. Этот виджет `Radiobutton` тоже связан с объектом `radio_var`. Аргумент `value=3` (в строке 34) присваивает этому виджету `Radiobutton` целое число 3. В результате всегда, когда этот виджет `Radiobutton` будет выбираться, в объекте `radio_var` будет сохраняться значение 3.

Метод `show_choice()` в строках 62–64 является функцией обратного вызова для кнопки **OK**. При выполнении этого метода он вызывает метод `get()` объекта `radio_var`, чтобы извлечь хранящееся в объекте значение. Это значение выводится на экран в информационном диалоговом окне.

Вы заметили, что при запуске программы первоначально выбран первый виджет `Radiobutton`? Это вызвано тем, что в строке 20 мы присвоили объекту `radio_var` значение 1. Объект `radio_var` используется не только для определения номера выбранного виджета `Radiobutton`. Он также нужен для предварительного выбора того или иного виджета `Radiobutton`. Когда мы сохраняем значение отдельно взятого виджета `Radiobutton` в объекте `radio_var`, этот виджет `Radiobutton` становится выбранным.

Использование функций обратного вызова с радиокнопками

Прежде чем программа 13.15 определит, какой виджет `Radiobutton` был выбран, она ждет, когда пользователь нажмет кнопку **OK**. Если нужно, можете указывать функцию обратного вызова с виджетами `Radiobutton`. Вот пример:

```
self.rb1 = tkinter.Radiobutton(self.top_frame,
                               text='Вариант 1',
                               variable=self.radio_var,
                               value=1,
                               command=self.my_method)
```

В этом фрагменте кода применен аргумент `command=self.my_method`, который сообщает, что метод `my_method()` является функцией обратного вызова. Метод `my_method()` будет выполнен сразу после того, как виджет `Radiobutton` будет выбран.

Флаговые кнопки

Флаговая кнопка, или *флажок*, представляет собой небольшое поле с надписью рядом. Окно, показанное на рис. 13.34, имеет три флаговые кнопки.

Подобно радиокнопкам, флаговые кнопки могут иметь два состояния: быть выбранными либо невыбранными. При нажатии флаговой кнопки в соответствующем поле появляется

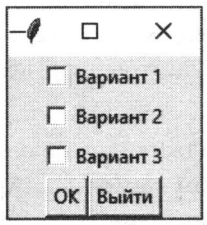


РИС. 13.34. Группа флаговых кнопок

маленькая галочка. Несмотря на то что флаговые кнопки нередко выводятся в группах, они не используются для создания взаимоисключающих вариантов выбора. Вместо этого пользователю разрешается выбрать любые флаговые кнопки (одну или несколько одновременно), которые показаны в группе.

Для создания виджетов `Checkbutton` нужен класс `Checkbutton` модуля `tkinter`. Как и с виджетами `Radiobutton`, вместе с виджетом `Checkbutton` используется объект `IntVar`. Но, в отличие от виджета `Radiobutton`, с каждым виджетом `Checkbutton` связывается отдельный объект `IntVar`. При выборе виджета `Checkbutton` связанный с ним объект `IntVar` будет содержать значение 1. При снятии галочки в поле виджета `Checkbutton` связанный с ним объект `IntVar` будет содержать значение 0.

Программа 13.16 демонстрирует способ создания и применения виджетов `Checkbutton`. На рис. 13.35 показано окно, которое программа выводит на экран. Когда пользователь нажимает кнопку **OK**, появляется информационное диалоговое окно с информацией о номерах выбранных виджетов `Checkbutton`.

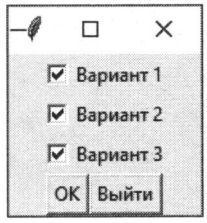


РИС. 13.35. Окно, выводимое программой 13.16

Программа 13.16 (checkbutton_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует группу виджетов Checkbutton.
2 import tkinter
3 import tkinter.messagebox
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать главное окно.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10        # Создать две рамки. Одну для виджетов Checkbutton
11        # и еще одну для обычных виджетов Button.
12        self.top_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
13        self.bottom_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
14
15        # Создать три объекта IntVar для использования
16        # с виджетами Checkbutton.
17        self.cb_var1 = tkinter.IntVar()
18        self.cb_var2 = tkinter.IntVar()
19        self.cb_var3 = tkinter.IntVar()
20
```

```
        # Назначить объектам IntVar значения 0.
        self.cb_var1.set(0)
        self.cb_var2.set(0)
        self.cb_var3.set(0)

        # Создать виджеты Checkbutton в рамке top_frame.
        self.cb1 = tkinter.Checkbutton(self.top_frame,
                                       text='Вариант 1',
                                       variable=self.cb_var1)
        self.cb2 = tkinter.Checkbutton(self.top_frame,
                                       text='Вариант 2',
                                       variable=self.cb_var2)
        self.cb3 = tkinter.Checkbutton(self.top_frame,
                                       text='Вариант 3',
                                       variable=self.cb_var3)

        # Упаковать виджеты Checkbutton.
        self.cb1.pack()
        self.cb2.pack()
        self.cb3.pack()

        # Создать кнопку 'OK' и кнопку 'Выйти'.
        self.ok_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
                                        text='OK',
                                        command=self.show_choice)
        self.quit_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
                                          text='Выйти',
                                  command=self.main_window.destroy)

        # Упаковать виджеты Button.
        self.ok_button.pack(side='left')
        self.quit_button.pack(side='left')

        # Упаковать рамки.
        self.top_frame.pack()
        self.bottom_frame.pack()

        # Запустить главный цикл.
        tkinter.mainloop()

    # Метод show_choice является функцией обратного вызова
    # для кнопки 'OK'.

    def show_choice(self):
        # Создать строковое значение с сообщением.
        self.message = 'Вы выбрали:\n'

```

```
68          # Определить, какие виджеты Checkbuttons были выбраны,
69          # и составить соответствующее сообщение.
70          if self.cb_var1.get() == 1:
71              self.message = self.message + '1\n'
72          if self.cb_var2.get() == 1:
73              self.message = self.message + '2\n'
74          if self.cb_var3.get() == 1:
75              self.message = self.message + '3\n'
76
77          # Вывести сообщение в информационном диалоговом окне.
78          tkinter.messagebox.showinfo('Выбор', self.message)
79
80 # Создать экземпляр класса MyGUI.
81 if __name__ == '__main__':
82      my_gui = MyGUI()
```



Контрольная точка

13.19. Вы хотите, чтобы пользователь мог выбирать только одно значение из группы значений. Какой тип компонента вы будете использовать для этих значений: радиокнопки или флаговые кнопки?

13.20. Вы хотите, чтобы пользователь мог выбирать любое количество значений из группы значений. Какой тип компонента вы будете использовать для этих значений: радиокнопки или флаговые кнопки?

13.21. Каким образом используется объект `IntVar` для определения, какой именно виджет `Radiobutton` был выбран в группе виджетов `Radiobutton`?

13.22. Каким образом используется объект `IntVar` для определения, был ли выбран виджет `Checkbutton`?

13.9 Виджеты *Listbox*

Ключевые положения

Виджет `Listbox` выводит на экран список элементов и позволяет пользователю выбирать элемент из этого списка.

Виджет `Listbox` выводит на экран список элементов и позволяет пользователю выбирать один или несколько элементов из этого списка. Программа 13.17 демонстрирует пример. На рис. 13.36 показано окно, выводимое на экран программой.

Программа 13.17 (listbox_example1.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует простой виджет Listbox.
2 import tkinter
3
```

```
 4 class ListboxExample:
 5     def __init__(self):
 6     # Создать главное окно.
 7         self.main_window = tkinter.Tk()
 8
 9         # Создать виджет Listbox.
10         self.listbox = tkinter.Listbox(self.main_window)
11         self.listbox.pack(padx=10, pady=10)
12
13         # Заполнить виджет Listbox данными.
14         self.listbox.insert(0, 'Понедельник')
15         self.listbox.insert(1, 'Вторник')
16         self.listbox.insert(2, 'Среда')
17         self.listbox.insert(3, 'Четверг')
18         self.listbox.insert(4, 'Пятница')
19         self.listbox.insert(5, 'Суббота')
20         self.listbox.insert(6, 'Воскресенье')
21
22         # Запустить главный цикл.
23         tkinter.mainloop()
24
25 # Создать экземпляр класса ListboxExample.
26 if __name__ == '__main__':
27     listbox_example = ListboxExample()
```

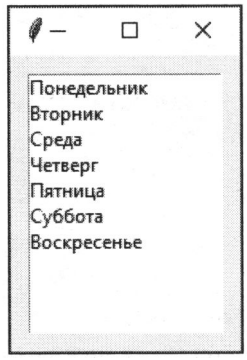


РИС. 13.36. Окно, выводимое на экран программой 13.17

Давайте рассмотрим эту программу подробнее. Строка 10 создает виджет `Listbox`. Аргумент `self.main_window` внутри скобок является родительским виджетом. Строка 11 вызывает метод `pack()` виджета `Listbox` с аргументами для отображения 10 пикселов горизонтального и вертикального внешнего заполнения.

Строки 14–20 вставляют элементы в `Listbox`, вызывая метод `insert()` виджета. Вот инструкция, которая появляется в строке 14:

```
self.listbox.insert(0, 'Понедельник')
```

Первым аргументом является индекс вставляемого элемента. Это просто число, которое определяет положение элемента в списке. Первый элемент имеет индекс 0, следующий — индекс 1 и т. д. Последнее значение индекса равно $n - 1$, где n — число элементов в списке. Вторым аргументом является добавляемый элемент. Таким образом, инструкция в строке 14 вставляет в `Listbox` строковый литерал `'Понедельник'` с индексом 0. Строка 15 вставляет в `Listbox` строковый литерал `'Вторник'` с индексом 1 и т. д.

Задание размера виджета *Listbox*

Каждый элемент, вставленный в список, выводится на кран в одной строке. Высота списка по умолчанию составляет 10 строк, а ширина по умолчанию — 20 символов. При создании списка вы можете задавать разные размеры, как показано ниже:

```
self.listbox = tkinter.Listbox(self.main_window, height=7, width=12)
```

В этом примере аргумент `height=7` приводит к тому, что `Listbox` будет иметь высоту 7 строк, а аргумент `width=12` — к тому, что `Listbox` будет иметь ширину 12 символов. Если вы передадите аргумент `height=0`, то высота списка будет ровно такой, какая нужна, чтобы вывести на экран все элементы, содержащиеся в списке. Если вы передадите аргумент `width=0`, то виджет `Listbox` будет достаточно широким, чтобы вывести на экран самый широкий элемент, который виджет `Listbox` содержит.

Использование цикла для заполнения виджета *Listbox*

При использовании метода `insert()` для вставки элемента в виджет `Listbox` можно передать константу `tkinter.END` как индекс, и элемент будет добавлен в конец существующего списка элементов `Listbox`. Это полезно при использовании цикла для заполнения виджета `Listbox`, как показано в программе 13.18. Цикл, который появляется в строках 20–21, вставляет все элементы списка дней в виджет `Listbox`. Когда исполняется инструкция в строке 21, элемент, на который ссылается `day`, вставляется в конец списка элементов виджета `Listbox`. На рис. 13.37 представлено окно, выводимое на экран программой.

Программа 13.18 (listbox_example2.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует простой виджет Listbox.
 2 import tkinter
 3
 4 class ListboxExample:
 5     def __init__(self):
 6         # Создать главное окно.
 7         self.main_window = tkinter.Tk()
 8
 9         # Создать виджет Listbox.
10         self.listbox = tkinter.Listbox(
11         self.main_window, height=0, width=0)
12         self.listbox.pack(padx=10, pady=10)
13
14         # Создать список с днями недели.
15         days = ['Понедельник', 'Вторник', 'Среда',
```

```
16                 'Четверг', 'Пятница', 'Суббота',
17                 'Воскресенье']
18
19         # Заполнить виджет Listbox данными.
20         for day in days:
21             self.listbox.insert(tkinter.END, day)
22
23         # Запустить главный цикл.
24         tkinter.mainloop()
25
26 # Создать экземпляр класса ListboxExample.
27 if __name__ == '__main__':
28     listbox_example = ListboxExample()
```

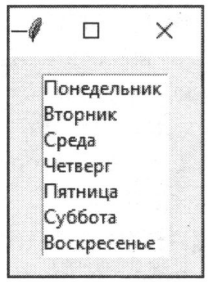


РИС. 13.37. Окно, выводимо на экран программой 13.18

Выбор элементов в виджете *Listbox*

Пользователь может выбирать элемент в списке, щелкая на нем мышью. Когда элемент выбран, он отображается в списке с выделенным фоном. Виджет `Listbox` имеет четыре разных режима выбора, описанных в табл. 13.3. Некоторые режимы позволяют пользователю выбирать только один элемент за раз, в то время как другие режимы обеспечивают выбор нескольких элементов.

Таблица 13.4. Режимы выбора в виджете `Listbox`

Режим выбора	Описание
`tkinter.BROWSE`	Пользователь может выбрать по одному элементу за раз, щелкнув в виджете `Listbox`. Кроме того, если пользователь щелкает и перетаскивает мышь внутри списка, то будет выбран элемент, который в данный момент находится под курсором
`tkinter.EXTENDED`	Пользователь может выбрать группу соседних элементов, щелкнув по первому элементу и перетащив мышь к последнему элементу
`tkinter.MULTIPLE`	Можно выбрать несколько элементов. Когда вы щелкаете по невыбранному элементу, он становится выбранным. Щелкая мышью по выбранному элементу, вы делаете его невыбранным
`tkinter.SINGLE`	Пользователь может выбрать по одному элементу за раз, щелкнув в виджете `Listbox`

По умолчанию используется режим выбора `tkinter.BROWSE`. При создании списка можно выбрать другой режим, передав аргумент `selectmode=selection_mode` при создании экземпляра класса `Listbox`. Вот пример:

```
self.listbox = tkinter.Listbox(self.main_window, selectmode=tkinter.EXTENDED)
```

Извлечение выбранного элемента или элементов

Виджет `Listbox` имеет метод `curselection()`, который возвращает кортеж, содержащий индексы элементов, выбранных в данный момент в списке. Вот некоторые важные моменты, которые следует помнить о кортеже, возвращаемом из указанного метода.

- Если в списке не выбран ни один элемент, то кортеж будет пустым.
- Если выбран элемент и используется режим выбора `tkinter.BROWSE` или `tkinter.SINGLE`, то кортеж будет содержать только один элемент, поскольку эти режимы выбора позволяют пользователю выбирать только по одному элементу за раз.
- Если выбран один элемент или несколько элементов и используется режим выбора `tkinter.EXTENDED` или `tkinter.MULTIPLE`, то кортеж может содержать несколько элементов, поскольку эти режимы выбора позволяют пользователю выбирать несколько элементов.

Имея кортеж, возвращаемый методом `curselection()`, вы можете использовать метод `get()` виджета `Listbox` для извлечения выбранного элемента или элементов из данного виджета. Метод `get()` принимает целочисленный индекс в качестве аргумента и возвращает элемент, расположенный в этом индексе в виджете `Listbox`. Например, предположим, что в приведенном ниже фрагменте кода переменная `self.listbox` ссылается на виджет `Listbox`:

```
indexes = self.listbox.curselection()
for i in indexes:
    tkinter.messagebox.showinfo(self.listbox.get(i))
```

В этом фрагменте кода вызывается метод `curselection()`, и возвращаемый кортеж присваивается переменной `indexes`. Затем цикл `for` прокручивает элементы кортежа, используя `i` в качестве целевой переменной. В цикле метод `get()` виджета `Listbox` вызывается с аргументом `i` в качестве аргумента. Возвращаемое значение выводится в диалоговом окне.

В программе 13.19 приведен полный исходный код, демонстрирующий процедуру получения выбранного элемента из виджета `Listbox`. Пользователь выбирает элемент, а затем нажимает кнопку **Получить элемент**. Выбранный элемент извлекается из списка и выводится в диалоговом окне. На рис. 13.38 показано окно программы и диалоговое окно, в котором выводится элемент, выбранный пользователем из виджета `Listbox`.

Программа 13.19 (dog_listbox.py)

```
1 # Эта программа получает выбранный пользователем вариант из виджета Listbox.
2 import tkinter
3 import tkinter.messagebox
4
5 class ListBoxSelection:
6     def __init__(self):
7         # Создать главное окно.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
```

```
        # Создать виджет Listbox.
        self.dog_listbox = tkinter.Listbox(
            self.main_window, width=0, height=0)
        self.dog_listbox.pack(padx=10, pady=5)

        # Создать список с названиями пород собак.
        dogs = ['Лабрадор', 'Пудель', 'Дог', 'Терьер']

        # Заполнить виджет Listbox содержимым списка.
        for dog in dogs:
            self.dog_listbox.insert(tkinter.END, dog)

        # Создать кнопку, чтобы получать выбранный элемент.
        self.get_button = tkinter.Button(
            self.main_window, text='Получить элемент',
            command=self.__retrieve_dog)
        self.get_button.pack(padx=10, pady=5)

        # Запустить главный цикл.
        tkinter.mainloop()

    def __retrieve_dog(self):
        # Получить индекс выбранного элемента.
        indexes = self.dog_listbox.curselection()

        # Если элемент был выбран, то показать его.
        if (len(indexes) > 0):
            tkinter.messagebox.showinfo(
                message=self.dog_listbox.get(indexes[0]))
        else:
            tkinter.messagebox.showinfo(
                message='Ни один элемент не выбран.')

# Создать экземпляр класса ListBoxSelection.
if __name__ == '__main__':
    listbox_selection = ListBoxSelection()
```

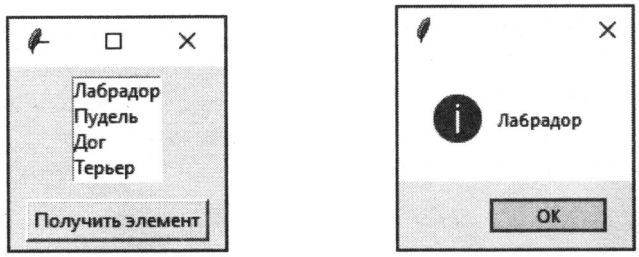


РИС. 13.38. Окна, выводимые программой 13.19

Давайте рассмотрим эту программу подробнее. Виджет `Listbox` создается в строках 11–12 программы. Поскольку мы не указали режим выбора, в виджете будет использоваться режим выбора, принятый по умолчанию, т. е. `tkinter.BROWSE`. Напомним, что этот режим выбора позволяет пользователю выбирать только по одному элементу за раз. Строка 16 создает список с названиями пород собак, а цикл в строках 19–20 вставляет элементы этого списка в виджет `Listbox`. Строки 23–25 создают виджет `Button` с использованием метода `self.__retrieve_dog()`, указанного в качестве функции обратного вызова.

Метод `self.__retrieve_dog()` появляется в строках 31–41. В строке 33 вызывается метод `curselection()` виджета `Listbox` для получения кортежа, содержащего индекс выбранного пользователем элемента. Поскольку виджет `Listbox` использует режим выбора `tkinter.BROWSE`, мы знаем, что кортеж будет содержать либо 0 элементов (если пользователь не выбрал элемент), либо 1 элемент. Инструкция `if` в строке 36 вызывает функцию `len`, чтобы определить, содержит ли кортеж `indexes` более 0 элементов. Если это так, то код в строках 37–38 получает элемент, выбранный из виджета `Listbox`, и выводит его в диалоговом окне. Если кортеж `indexes` пуст (что указывает на отсутствие выбранного из виджета элемента), то выполняется код в строках 40–41, выводящий сообщение `'Ни один элемент не выбран.'`.

Удаление элементов из виджета *Listbox*

Вы можете удалить элемент из списка, вызвав метод `delete()` виджета `Listbox`. При этом вы передаете индекс элемента, который хотите удалить. Например, предположим, что в следующей ниже инструкции переменная `self.listbox` ссылается на виджет `Listbox`:

```
self.listbox.delete(0)
```

После исполнения этой инструкции первый элемент в списке (с индексом 0) будет удален. Все элементы, которые появятся после удаленного элемента, будут сдвинуты на одну позицию в верхнюю часть виджета `Listbox`. Если вы хотите удалить элемент, который в данный момент выбран в виджете `Listbox`, то в качестве индекса вы можете использовать специальное значение `tkinter.ACTIVE`. Приведем пример:

```
self.listbox.delete(tkinter.ACTIVE)
```

После исполнения этой инструкции элемент, выбранный в данный момент в виджете `Listbox`, будет удален. Все элементы, которые появятся после удаленного элемента, будут сдвинуты на одну позицию в верхнюю часть виджета `Listbox`.

Вы также можете удалить *диапазон*, представляющий собой группу смежных элементов в виджете `Listbox`. Если вы передадите методу `delete()` два целочисленных аргумента, то первый аргумент будет индексом первого элемента в диапазоне, а второй аргумент — индексом последнего элемента в диапазоне. Вот пример:

```
self.listbox.delete(0, 4)
```

После выполнения этой инструкции элементы, которые отображаются в индексах от 0 до 4 в списке, будут удалены. Все элементы, которые появятся после удаленных элементов, будут смещены в верхнюю часть виджета `Listbox`.

Если вы хотите удалить все элементы в виджете, то следует вызвать метод `delete()` с 0 в качестве первого аргумента и `tkinter.END` в качестве второго аргумента. Приведем пример:

```
self.listbox.delete(0, tkinter.END)
```

Исполнение функции обратного вызова, когда пользователь щелкает на элементе виджета *Listbox*

Если вы хотите, чтобы программа немедленно выполнила действие, когда пользователь выбирает элемент в списке, вы можете написать функцию обратного вызова, а затем привязать эту функцию к виджету `Listbox`. Когда пользователь выбирает элемент в виджете, функция обратного вызова будет исполнена незамедлительно.

Для привязки функции обратного вызова к виджету `Listbox` надо вызвать функцию `bind` виджета `Listbox`. Вот общий формат:

```
listbox.bind('<<ListboxSelect>>', функция_обратного_вызова)
```

В общем формате *`listbox`* — это имя виджета `Listbox`, а *`функция_обратного_вызова`* — имя функции обратного вызова. Например, предположим, что в программе есть виджет `Listbox` с именем `self.listbox` и вы хотите привязать функцию обратного вызова `self.do_something` к этому виджету. Следующая ниже инструкция показывает, как это делается:

```
self.listbox.bind('<<ListboxSelect>>', self.do_something)
```

Когда пользователь выбирает элемент в списке, вызывается функция обратного вызова `self.do_something`, и событийный объект передается в качестве аргумента функции обратного вызова. *Событийный объект* — это объект, содержащий информацию о событии. В этой книге событийные объекты никак не используются, но, когда мы пишем код для функции обратного вызова, следует иметь в виду, что функции потребуется параметр для событийного объекта.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Программа часовых поясов

В этой рубрике мы рассмотрим графическую программу, которая позволяет пользователю выбирать город из виджета `Listbox`. Когда пользователь нажимает кнопку, программа выводит на экран название часового пояса этого города. На рис. 13.39 показан эскиз пользовательского интерфейса программы с именами виджетов.

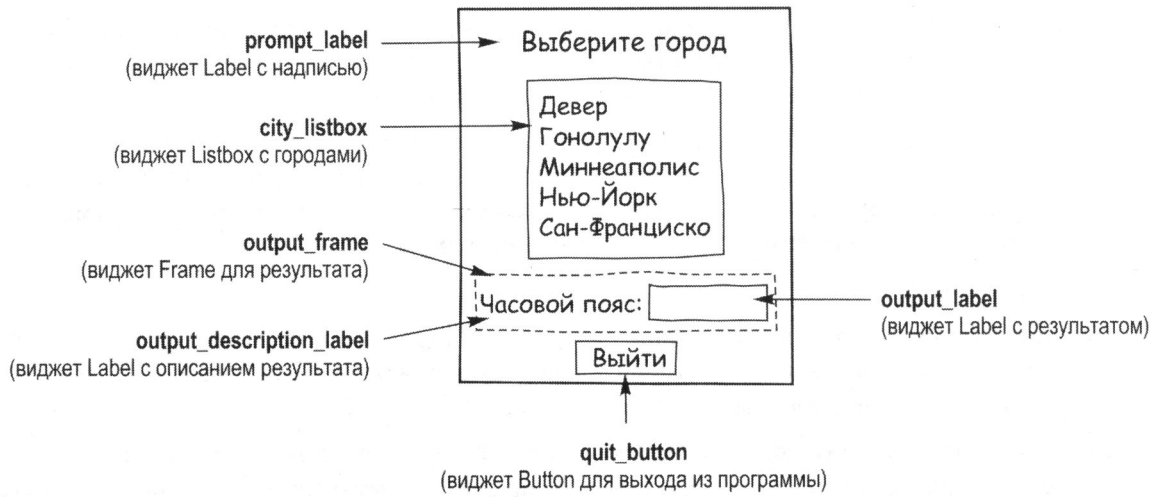


РИС. 13.39. Эскиз программы часовых поясов

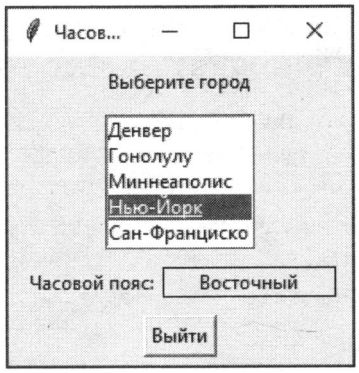


РИС. 13.40. Окно, выводимое на экран программой 13.20

Исходный код показан в программе 13.20. На рис. 13.40 показана работающая программа (здесь пользователь выбрал в виджете `Listbox` город Нью-Йорк).

Программа 13.20 (time_zone.py)

```
1 # Эта программа позволяет пользователю увидеть
2 # часовой пояс выбранного города.
3 import tkinter
4
5 class TimeZone:
6     def __init__(self):
7         # Создать главное окно.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9         self.main_window.title('Часовые пояса')
10
11        # Создать виджеты.
12        self.__build_prompt_label()
13        self.__build_listbox()
14        self.__build_output_frame()
15        self.__build_quit_button()
16
17        # Запустить главный цикл.
18        tkinter.mainloop()
19
20    # Этот метод создает виджет prompt_label с надписью.
21    def __build_prompt_label(self):
22        self.prompt_label = tkinter.Label(
23        self.main_window, text='Выберите город')
24        self.prompt_label.pack(padx=5, pady=5)
25
26    # Этот метод создает и заполняет виджет city_listbox городами.
27    def __build_listbox(self):
28        # Создать список названий городов.
29        self.__cities = ['Денвер', 'Гонолулу', 'Миннеаполис',
30                         'Нью-Йорк', 'Сан-Франциско']
```

```
31
32          # Создать и упаковать виджет Listbox.
33          self.city_listbox = tkinter.Listbox(
34              self.main_window, height=0, width=0)
35          self.city_listbox.pack(padx=5, pady=5)
36
37          # Привязать функцию обратного вызова к виджету Listbox.
38          self.city_listbox.bind(
39              '<<ListboxSelect>>', self.__display_time_zone)
40
41          # Заполнить виджет Listbox.
42          for city in self.__cities:
43              self.city_listbox.insert(tkinter.END, city)
44
45      # Этот метод создает рамку output_frame и ее содержимое.
46      def __build_output_frame(self):
47          # Создать рамку.
48          self.output_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
49          self.output_frame.pack(padx=5)
50
51          # Создать  виджет Label с надписью "Часовой пояс:".
52          self.output_description_label = tkinter.Label(
53              self.output_frame, text='Часовой пояс:')
54          self.output_description_label.pack(
55              side='left', padx=(5, 1), pady=5)
56
57          # Создать переменную StringVar для хранения имени часового пояса.
58          self.__timezone = tkinter.StringVar()
59
60          # Создать метку Label, которая выводит имя часового пояса.
61          self.output_label = tkinter.Label(
62              self.output_frame, borderwidth=1, relief='solid',
63              width=15, textvariable=self.__timezone)
64          self.output_label.pack(side='right', padx=(1, 5), pady=5)
65
66      # Этот метод создает кнопку 'Выйти'.
67      def __build_quit_button(self):
68          self.quit_button = tkinter.Button(
69              self.main_window, text='Выйти',
70              command=self.main_window.destroy)
71          self.quit_button.pack(padx=5, pady=5)
72
73      # Функция обратного вызова для виджета city_listbox.
74      def __display_time_zone(self, event):
75          # Получить текущие варианты выбора.
76          index = self.city_listbox.curselection()
77
```

```
78          # Получить город.
79          city = self.city_listbox.get(index[0])
80
81          # Определить веременной пояс.
82          if city == 'Денвер':
83              self.__timezone.set('Горный')
84          elif city == 'Гонолулу':
85              self.__timezone.set('Гавайско-алеутский')
86          elif city == 'Миннеаполис':
87              self.__timezone.set('Центральный')
88          elif city == 'Нью-Йорк':
89              self.__timezone.set('Восточный')
90          elif city == 'Сан-Франциско':
91              self.__timezone.set('Тихоокеанский')
92
93  # Создать экземпляр класса TimeZone
94  if __name__ == '__main__':
95      time_zone = TimeZone()
```

Давайте рассмотрим класс часовых поясов `TimeZone`.

- Метод `__init__` появляется в строках 6–18 программы. Он создает главное окно, вызывает другие методы для создания виджетов, выводимых на экран главным окном, и запускает главный цикл.
- Метод `__build_prompt_label` появляется в строках 21–24. Он создает виджет `Label` с надписью `'Выберите город'`.
- Метод `__build_listbox` появляется в строках 27–43. Он создает виджет `Listbox`, который показывает названия городов, привязывает список к функции обратного вызова и заполняет список названиями городов.
- Метод `__build_output_frame` появляется в строках 46–64. Он создает виджет `Frame`, содержащий виджет `Label` с надписью `'Часовой пояс'` и виджет `output_label`. С виджетом `output_label` связана переменная объекта `StringVar` с именем `__timezone`.
- Метод `__build_quit_button` появляется в строках 67–71. Он создает виджет `quit_button`, который закрывает окно и завершает программу.
- Метод `__display_time_zone` появляется в строках 74–91. Это функция обратного вызова виджета `Listbox`. Указанный метод будет вызываться всякий раз, когда пользователь выбирает элемент в списке. (Обратите внимание, что этот метод имеет параметр `event`. Указанный параметр необходим, поскольку событийный объект будет передаваться методу при его вызове. В этой программе событийный объект не используется, но нам все равно нужен параметр для получения объекта.) Этот метод получает выбранный в виджете `Listbox` город и использует инструкцию `if-elif` для определения правильного часового пояса. Переменная `__timezone` устанавливается равной имени часового пояса. Это приводит к отображению имени часового пояса в виджете `output_label`.

Добавление полос прокрутки в виджет *Listbox*

По умолчанию виджет `Listbox` не показывает полосы прокрутки. Если высота списка меньше, чем число элементов в виджете, некоторые элементы не будут отображаться. Кроме того, если ширина виджета меньше ширины элемента в нем, то часть этого элемента не будет отображаться. В таких случаях в виджет `Listbox` следует добавлять полосы прокрутки, чтобы пользователь мог прокручивать содержимое виджета.

С виджетом `Listbox` можно использовать вертикальную полосу прокрутки и/или горизонтальную полосу прокрутки. Вертикальная полоса прокрутки позволяет прокручивать содержимое списка вверх и вниз, или вертикально. Горизонтальная полоса прокрутки позволяет прокручивать содержимое списка влево и вправо, или горизонтально. На рис. 13.41 показан пример.



РИС. 13.41. Вертикальная и горизонтальная полосы прокрутки

Добавление вертикальной полосы прокрутки

Добавление полосы прокрутки в виджет `Listbox` требует нескольких шагов. Вот краткое описание процедуры добавления вертикальной полосы прокрутки:

1. Создать рамку для размещения виджета `Listbox` и полосы прокрутки.

   Рекомендуется создавать рамку специально для виджета и его полосы прокрутки. Это облегчает их правильное расположение с помощью метода `pack()`.

2. Упаковать рамку.

   Упаковать рамку с любым необходимым заполнением.

3. Создать виджет `Listbox` внутри рамки.

   Создать виджет `Listbox` с нужными высотой и шириной. Обязательно назначить рамку, созданную на шаге 1, в качестве родительского виджета для виджета `Listbox`.

4. Упаковать виджет `Listbox` в левую часть рамки.

   Это стандартное правило для того, чтобы вертикальная полоса прокрутки списка отображалась в правой части списка (см. рис. 13.41). Поэтому, когда вы вызываете метод `pack()` виджета `Listbox`, следует передавать ему аргумент `side='left'`, чтобы упаковывать виджет в левую часть рамки.

5. Создать вертикальную полосу прокрутки внутри рамки.

   Для создания полосы прокрутки необходимо создать экземпляр класса `Scrollbar` модуля `tkinter`. При передаче аргументов методу `__init__` класса следует назначить созданную на шаге 1 рамку в качестве родительского виджета. Кроме того, сдежует передать аргумент `orient=tkinter.VERTICAL`.

6. Упаковать полосу прокрутки в правую часть рамки.

   Как уже упоминалось ранее, это стандартное правило для вертикальной полосы прокрутки виджета `Listbox`, отображаемой в правой части указанного виджета (см. рис. 13.41). Поэтому, когда вы вызываете метод `pack()` виджета `Scrollbar`, следует передать аргумент `side='right'`, чтобы упаковать виджет в правую часть рамки. Кроме того, вы должны передать аргумент `fill=tkinter.Y`, чтобы полоса прокрутки расширялась от верхней части рамки до нижней.

7. Сконфигурировать полосу прокрутки для вызова метода `yview` виджета `Listbox` при перемещении ползунка полосы прокрутки.

   Виджет `Listbox` имеет метод `yview()`, который заставляет содержимое списка прокручиваться по вертикали. Для вызова метода `yview` виджета `Listbox` в любое время при перемещении ползунка полосы прокрутки необходимо настроить виджет `Scrollbar`. Это делается путем вызова метода `config()` виджета `Scrollbar` с передачей аргумента `command=`*`listbox`*`.yview` (где *`listbox`* — это имя виджета `Listbox`).

8. Сконфигурировать список так, чтобы он вызывал метод `set()` полосы прокрутки при каждом обновлении списка.

   Всякий раз, когда содержимое виджета `Listbox` прокручивается, этот виджет должен взаимодействовать с полосой прокрутки, чтобы он мог обновлять положение ползунка. Виджет `Listbox` делает это, вызывая метод `set()` виджета `Scrollbar`. Это делается путем вызова метода `config()` виджета `Listbox` с передачей аргумента `yscrollcommand=`*`scrollbar`*`.set` (где *`scrollbar`* — это имя виджета `Scrollbar`).

Программа 13.21 демонстрирует пример создания виджета `Listbox` с функционирующей вертикальной полосой прокрутки. На рис. 13.42 показано окно, выводимое на экран программой.

Программа 13.21 (vertical_scrollbar.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует виджет Listbox с вертикальной прокруткой.
2 import tkinter
3
4 class VerticalScrollbarExample:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать рамку для виджета Listbox и вертикальную прокрутку.
10        self.listbox_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
11        self.listbox_frame.pack(padx=20, pady=20)
12
```

```
        # Создать виджет Listbox в рамке listbox_frame.
        self.listbox = tkinter.Listbox(
            self.listbox_frame, height=6, width=0)
        self.listbox.pack(side='left')

        # Создать вертикальный виджет Scrollbar в рамке listbox_frame.
        self.scrollbar = tkinter.Scrollbar(
            self.listbox_frame, orient=tkinter.VERTICAL)
        self.scrollbar.pack(side='right', fill=tkinter.Y)

        # Сконфигурировать виджеты Scrollbar и Listbox для совместной работы.
        self.scrollbar.config(command=self.listbox.yview)
        self.listbox.config(yscrollcommand=self.scrollbar.set)

        # Создать список названий месяцев.
        months = ['Январь', 'Февраль', 'Март', 'Апрель',
                  'Май', 'Июнь', 'Июль', 'Август', 'Сентябрь',
                  'Октябрь', 'Ноябрь', 'Декабрь']

        # Заполнить виджет Listbox данными.
        for month in months:
            self.listbox.insert(tkinter.END, month)

        # Запустить главный цикл.
        tkinter.mainloop()

# Создать экземпляр класса VerticalScrollbarExample.
if __name__ == '__main__':
    scrollbar_example = VerticalScrollbarExample()
```

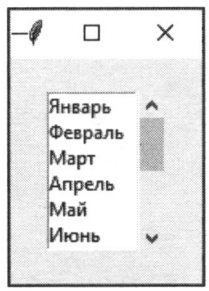


РИС. 13.42. Окно, выводимое на экран программой 13.19

Добавление только горизонтальной полосы прокрутки

Поцедура добавления горизонтальной полосы прокрутки в виджет `Listbox` очень похожа на процедуру добавления вертикальной полосы прокрутки. Вот описание шагов:

1. Создать рамку для размещения виджета `Listbox` и полосы прокрутки.

   Рекомендуется создавать рамку специально для виджета `Listbox` и его полосы прокрутки. Это облегчает их правильное расположение с помощью метода `pack()`.

2. Упаковать рамку.

   Упаковать рамку с любым необходимым заполнением.

3. Создать виджет `Listbox` внутри рамки.

   Создать виджет `Listbox` с нужной высотой и шириной. Обязательно назначить рамку, созданную на шаге 1, в качестве родительского виджета для виджета `Listbox`.

4. Упаковать виджет `Listbox` в верхней части рамки.

   Это стандартное правило для горизонтальной полосы прокрутки виджета `Listbox`, которая отображается под виджетом (см. рис. 13.41). Поэтому, когда вы вызываете метод `pack()` виджета `Listbox`, следует передать аргумент `side='top'`, чтобы упаковать виджет в верхней части рамки.

5. Создать горизонтальную полосу прокрутки внутри рамки.

   Для создания полосы прокрутки необходимо создать экземпляр класса `Scrollbar` модуля `tkinter`. При передаче аргументов методу `__init__` класса следует назначить созданную на шаге 1 рамку в качестве родительского виджета. Кроме того, следует передать аргумент `orient=tkinter.HORIZONTAL`.

6. Упаковать полосу прокрутки в нижней части рамки.

   Как уже упоминалось ранее, это стандартное правило для горизонтальной полосы прокрутки виджета `Listbox`, которая отображается под этим виджетом (см. рис. 13.41). Поэтому, когда вы вызываете метод `pack()` виджета `Scrollbar`, следует передать аргумент `side='bottom'`, чтобы упаковать виджет в нижней части рамки. Кроме того, следует передать аргумент `fill=tkinter.x`, чтобы полоса прокрутки расширялась от левой стороны рамки до его правой стороны.

7. Сконфигурировать полосу прокрутки для вызова метода `xview()` виджета `Listbox` при перемещении ползунка полосы прокрутки.

   Виджет `Listbox` имеет метод `xview()`, который заставляет содержимое списка прокручиваться по горизонтали. Для вызова метода `xview()` виджета `Listbox` в любое время при перемещении ползунка полосы прокрутки необходимо настроить виджет `Scrollbar`. Это делается путем вызова метода `config()` виджета `Scrollbar` с передачей аргумента `command=`*`listbox`*`.xview` (где *`listbox`* — это имя виджета `Listbox`).

8. Сконфигурировать виджет `Listbox` так, чтобы он вызывал метод `set()` полосы прокрутки при каждом обновлении виджета.

   Всякий раз, когда содержимое виджета `Listbox` прокручивается, список должен взаимодействовать с полосой прокрутки, чтобы тот мог обновлять положение ползунка. Виджет `Listbox` делает это, вызывая метод `set()` виджета `Scrollbar`. Это делается путем вызова метода `config()` виджета `Listbox` с передачей аргумента `xscrollcommand=`*`scrollbar`*`.set` (где *`scrollbar`* — это имя виджета `Scrollbar`).

Программа 13.22 демонстрирует пример создания виджета `Listbox` с функционирующей горизонтальной полосой прокрутки. На рис. 13.43 показано окно, выводимое на экран программой.

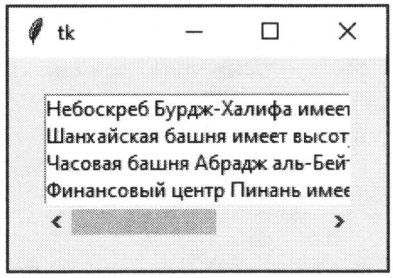


РИС. 13.43. Окно, выводимое на экран программой 13.20

Программа 13.22 (horizontal_scrollbar.py)

```
# Эта программа демонстрирует виджет Listbox с горизонтальной прокруткой.
import tkinter

class HorizontalScrollbarExample:
    def __init__(self):
        # Создать главное окно.
        self.main_window = tkinter.Tk()

        # Создать рамку для виджета Listbox и вертикальную прокрутку.
        self.listbox_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
        self.listbox_frame.pack(padx=20, pady=20)

        # Создать виджет Listbox в рамке listbox_frame.
        self.listbox = tkinter.Listbox(
            self.listbox_frame, height=0, width=30)
        self.listbox.pack(side='top')

        # Создать горизонтальный виджет Scrollbar в рамке listbox_frame.
        self.scrollbar = tkinter.Scrollbar(
            self.listbox_frame, orient=tkinter.HORIZONTAL)
        self.scrollbar.pack(side='bottom', fill=tkinter.X)

        # Сконфигурировать виджеты Scrollbar и Listbox для совместной работы.
        self.scrollbar.config(command=self.listbox.xview)
        self.listbox.config(xscrollcommand=self.scrollbar.set)

        # Создать список.
        data = [
            ' Небоскреб Бурдж-Халифа имеет высоту 2717 футов.',
            ' Шанхайская башня имеет высоту 2073 фута.',
            ' Часовая башня Абрадж аль-Бейт имеет высоту 1971 фут.',
            ' Финансовый центр Пинань имеет высоту 1965 футов.']

```

```
        # Заполнить виджет Listbox данными.
        for element in data:
            self.listbox.insert(tkinter.END, element)

        # Запустить главный цикл.
        tkinter.mainloop()

# Создать экземпляр класса HorizontalScrollbarExample.
if __name__ == '__main__':
    scrollbar_example = HorizontalScrollbarExample()
```

Добавление вертикальной и горизонтальной полос прокрутки одновременно

При одновременном добавлении в виджет `Listbox` вертикальной и горизонтальной полос прокрутки рекомендуется использовать две вложенные рамки. Внутренняя рамка будет содержать виджет `Listbox` и вертикальную полосу прокрутки, а внешняя рамка — внутреннюю рамку и горизонтальную полосу прокрутки. Вот краткое изложение этой процедуры:

1. Создать внешнюю рамку, которая будет содержать внутреннюю рамку и горизонтальную полосу прокрутки.

   Внешняя рамка будет содержать только внутреннюю рамку и горизонтальную полосу прокрутки.

2. Упаковать внешнюю рамку.

   Упаковать внешнюю рамку с любым необходимым заполнением.

3. Создать внутреннюю рамку, которая будет содержать виджет `Listbox` и вертикальную полосу прокрутки.

   Внутренняя рамка будет содержать только виджет `Listbox` и его вертикальную полосу прокрутки. Следует назначить внешнюю рамку, созданную на шаге 1, в качестве родительского виджета для внутренней рамки виджета.

4. Упаковать внутреннюю рамку.

   Эта рамка будет вложена во внешнюю рамку, поэтому добавлять заполнение при упаковке внутренней рамки нет необходимости.

5. Создать виджет `Listbox` внутри внутренней рамки.

   Следует создать виджет `Listbox` с нужными высотой и шириной и назначить внутреннюю рамку, созданную на шаге 3, в качестве родительского виджета для виджета `Listbox`.

6. Упаковать виджет `Listbox` в левую часть внутренней рамки.

   Это стандартное правило для того, чтобы вертикальная полоса прокрутки отображалась в правой части виджета `Listbox` (см. рис. 13.41). Поэтому, когда вы вызываете метод `pack()` виджета `Listbox`, следует передать аргумент `side='left'`, чтобы упаковать виджет в левую часть внутренней рамки.

7. Создать вертикальную полосу прокрутки внутри внутренней рамки.

   Следует создать экземпляр класса `Scrollbar` модуля `tkinter`. При передаче аргументов в метод `__init__` указанного класса следует назначить внутреннюю рамку, созданную на

шаге 3, в качестве родительского виджета. Кроме того, следует передать аргумент `orient=tkinter.VERTICAL`.

8. Упаковать вертикальную полосу прокрутки в правую часть внутренней рамки.

   Как уже упоминалось ранее, это стандартное правило для вертикальной полосы прокрутки виджета `Listbox`, отображаемой в правой части виджета (см. рис. 13.41). Поэтому, когда вы вызываете метод `pack()` вертикальной полосы прокрутки, следует передать аргумент `side='right'`, чтобы упаковать виджет в правую часть внутренней рамки. Кроме того, следует передать аргумент `fill=tkinter.Y`, чтобы полоса прокрутки расширялась от верхней части рамки до нижней.

9. Создать горизонтальную полосу прокрутки внутри внешней рамки.

   Следует создать экземпляр класса `Scrollbar` модуля `tkinter`. При передаче аргументов в метод `__init__` этого класса следует назначить внешнюю рамку, созданную на шаге 1, в качестве родительского виджета. Кроме того, следует передать аргумент `orient=tkinter.HORIZONTAL`.

10. Упаковать горизонтальную полосу прокрутки в нижнюю часть внешней рамки.

    Как уже упоминалось ранее, это стандартное правило для горизонтальной полосы прокрутки виджета `Listbox`, которая отображается под списком (см. рис. 13.41). Поэтому, когда вы вызываете метод `pack()` горизонтальной полосы прокрутки, следует передать аргумент `side='bottom'`, чтобы упаковать виджет в нижней части внешней рамки. Кроме того, следует передать аргумент `fill=tkinter.x`, чтобы полоса прокрутки расширялась от левой стороны рамки до правой.

11. Сконфигурировать вертикальную полосу прокрутки для вызова метода `yview()` виджета `Listbox` при перемещении ползунка полосы прокрутки.

    Виджет `Listbox` имеет метод `yview()`, который заставляет содержимое виджета прокручиваться по вертикали. Необходимо настроить виджет вертикальной полосы прокрутки `Scrollbar` для вызова метода `yview()` виджета `Listbox` в любое время при перемещении ползунка полосы прокрутки. Это делается путем вызова метода `config()` виджета вертикальной полосы прокрутки `Scrollbar` с передачей аргумента `command=`*`listbox`*`.yview` (где *`listbox`* — это имя виджета `Listbox`).

12. Сконфигурировать горизонтальную полосу прокрутки для вызова метода `xview()` виджета `Listbox` при перемещении ползунка полосы прокрутки.

    Виджет `Listbox` имеет метод `xview()`, который заставляет содержимое виджета `Listbox` прокручиваться по горизонтали. Необходимо настроить виджет вертикальной полосы прокрутки `Scrollbar` для вызова метода `xview()` виджета `Listbox` в любое время при перемещении ползунка полосы прокрутки. Это делается путем вызова метода `config()` виджета горизонтальной полосы прокрутки `Scrollbar` с передачей аргумента `command=`*`listbox`*`.xview` (где *`listbox`* — это имя виджета `Listbox`).

13. Сконфигурировать виджет `Listbox` так, чтобы он вызывал метод `set()` каждого виджета `Scrollbar` при каждом обновлении списка.

    Всякий раз, когда содержимое виджета `Listbox` прокручивается, оно должно взаимодействовать с его полосами прокрутки, чтобы они могли обновлять положение своих ползунков. Виджет `Listbox` делает это, вызывая метод `set()` каждого виджета `Scrollbar`. Вызовите метод `config()` виджета `Listbox`, передав следующие аргументы:

- `yscrollcommand=verticalscrollbar.set` (где *verticalscrollbar* — это имя виджета вертикальной полосы прокрутки `Scrollbar`);
- `xscrollcommand=horizontalscrollbar.set` (где *horizontalscrollbar* — это имя виджета горизонтальной полосы прокрутки `Scrollbar`).

В программе 13.23 демонстрируется пример создания виджета `Listbox` с вертикальной и с горизонтальной полосами прокрутки. На рис. 13.44 показано окно, выводимое на экран программой.

Программа 13.23 (vertical_horizontal_scrollbar.py)

```
# Эта программа демонстрирует виджет Listbox с вертикальной
# и горизонтальной полосами прокрутки.
import tkinter

class ScrollbarExample:
    def __init__(self):
        # Создать главное окно.
        self.main_window = tkinter.Tk()

        # Создать внешнюю рамку, которая будет содержать
        # внутреннюю рамку и горизонтальную полосу прокрутки.
        self.outer_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
        self.outer_frame.pack(padx=20, pady=20)

        # Создать внутреннюю рамку для Listbox и вертикальную полосу прокуртки.
        self.inner_frame = tkinter.Frame(self.outer_frame)
        self.inner_frame.pack()

        # Создать виджет Listbox в рамке inner_frame.
        self.listbox = tkinter.Listbox(
            self.inner_frame, height=5, width=30)
        self.listbox.pack(side='left')

        # Создать вертикальный виджет Scrollbar в рамке inner_frame.
        self.v_scrollbar = tkinter.Scrollbar(
            self.inner_frame, orient=tkinter.VERTICAL)
        self.v_scrollbar.pack(side='right', fill=tkinter.Y)

        # Создать горизонтальный виджет Scrollbar в рамке outer_frame.
        self.h_scrollbar = tkinter.Scrollbar(
            self.outer_frame, orient=tkinter.HORIZONTAL)
        self.h_scrollbar.pack(side='bottom', fill=tkinter.X)

        # Сконфигурировать виджеты Scrollbar и Listbox для совместной работы.
        self.v_scrollbar.config(command=self.listbox.yview)
        self.h_scrollbar.config(command=self.listbox.xview)
```

```
        self.listbox.config(yscrollcommand=self.v_scrollbar.set,
            xscrollcommand=self.h_scrollbar.set)

        # Создать список.
        data = [
            'Небоскреб Бурдж-Халифа имеет высоту 2717 футов.',
            'Шанхайская башня имеет высоту 2073 фута.',
            'Часовая башня Абрадж аль-Бейт имеет высоту 1971 фут.',
            'Финансовый центр Пинань имеет высоту 1965 футов.',
            'Здание Goldin Finance имеет высоту 1957 футов.',
            'Башня Lotte World имеет высоту 1819 футов.',
            'Всемирный торговый центр 1 имеет высоту 1776 футов.',]

        # Заполнить виджет Listbox данными.
        for element in data:
            self.listbox.insert(tkinter.END, element)

        # Запустить главный цикл.
        tkinter.mainloop()

# Создать экземпляр класса ScrollbarExample.
if __name__ == '__main__':
    scrollbar_example = ScrollbarExample()
```

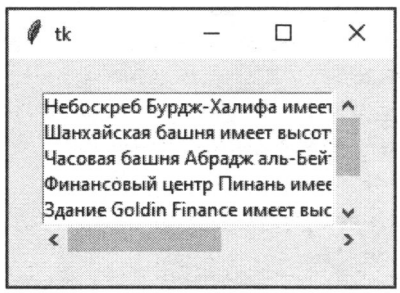


РИС. 13.44. Окно, выводимое на экран программой 13.23



Контрольная точка

13.23. Предположим, что в программе появляется следующая инструкция:

```
self.listbox = tkinter.Listbox(self.main_window)
```

Напишите код, чтобы добавить в список приведенные ниже элементы виджета `Listbox`:

- `'Январь'` в индексной позиции 0;
- `'Февраль'` в индексной позиции 1;
- `'Март'` в индексной позиции 2.

13.24. Какова высота и ширина виджета `Listbox` по умолчанию?

13.25. Модифицируйте следующую ниже инструкцию, чтобы в виджете `Listbox` было 20 строк в высоту и 30 символов в ширину:

```
self.listbox = tkinter.Listbox(self.main_window)
```

13.26. Посмотрите на следующий код:

```
self.listbox = tkinter.Listbox(self.main_window)
self.listbox.insert(tkinter.END, 'Петр')
self.listbox.insert(tkinter.END, 'Павел')
self.listbox.insert(tkinter.END, 'Мария')
```

В каких индексных позициях хранятся элементы `'Петр'`, `'Павел'` и `'Мария'`?

13.27. Что возвращает метод `curselection()` виджета `Listbox`?

13.28. Как удалить элемент из виджета `Listbox`?

13.10 Рисование фигур с помощью виджета *Canvas*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Виджет `Canvas` предоставляет методы для рисования простых фигур, таких как линии, прямоугольники, овалы, многоугольники и т. д.

Виджет `Canvas` (Холст) — это незаполненная прямоугольная область, которая позволяет рисовать на своей поверхности простые двумерные фигуры. В этом разделе мы рассмотрим методы виджета `Canvas` для рисования отрезков прямой, прямоугольников, овалов, дуг, многоугольников и текста. Однако прежде чем заняться изучением методов рисования этих фигур, мы должны рассмотреть экранную систему координат. *Экранная система координат* виджета `Canvas` используется для указания позиции графических объектов.

Экранная система координат виджета *Canvas*

Изображения, выводимые на компьютерный экран, состоят из крошечных точек, которые называются *пикселами*. Экранная система координат используется для идентификации позиции каждого пиксела в окне приложения. Каждый пиксел имеет координаты *X* и *Y*. Координата *X* идентифицирует горизонтальную позицию пиксела, координата *Y* — ее вертикальную позицию. Координаты обычно пишутся в форме (*X*, *Y*).

В экранной системе координат виджета `Canvas` координаты пиксела в левом верхнем углу экрана равняются (0, 0). Это означает, что обе его координаты *X* и *Y* равняются 0. Координата *X* увеличивается слева направо, а координата *Y* — сверху вниз. В окне шириной 640 и высотой 480 пикселов координаты пиксела в правом нижнем углу окна равняются (639, 479). В том же окне координаты пиксела в центре окна равняются (319, 239). На рис. 13.45 показаны координаты разных пикселов в окне.



ПРИМЕЧАНИЕ

Экранная система координат виджета `Canvas` отличается от декартовой системы координат, которая используется в библиотеке черепашьей графики. Вот эти отличия:

- в виджете `Canvas` точка (0, 0) находится *в левом верхнем углу окна*, в черепашьей графике точка (0, 0) находится *в центре окна*;
- в виджете `Canvas` координаты *Y увеличиваются* по мере перемещения вниз экрана, в черепашьей графике координаты *Y уменьшаются* по мере перемещения вниз экрана.

Виджет `Canvas` имеет многочисленные методы для рисования графических фигур на поверхности этого виджета. Мы рассмотрим методы:

- `create_line()`;
- `create_rectangle()`;
- `create_oval()`;
- `create_arc()`;
- `create_polygon()`;
- `create_text()`.

Прежде чем обсудить детали этих методов, рассмотрим программу 13.24. В ней используется виджет `Canvas` для нанесения прямых. На рис. 13.46 показано окно, которое программа выводит на экран.

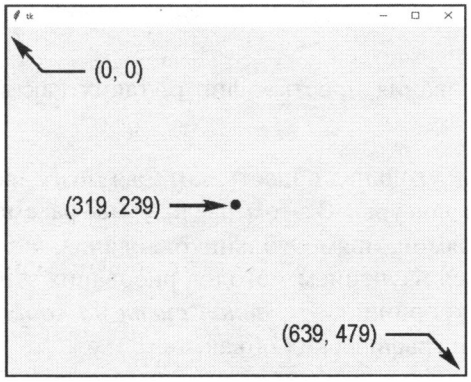


РИС. 13.45. Разные позиции пикселов в окне 640 на 480 пикселов

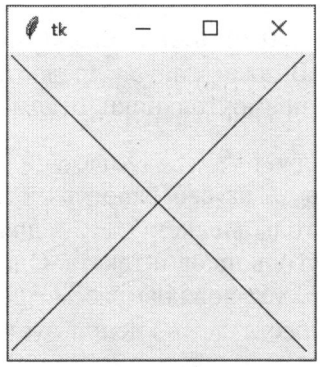


РИС. 13.46. Окно, выводимое на экран программой 13.24

Программа 13.24 (draw_line.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует виджет Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать виджет Canvas.
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200, height=200)
11
```

```
12          # Нарисовать две прямые.
13          self.canvas.create_line(0, 0, 199, 199)
14          self.canvas.create_line(199, 0, 0, 199)
15
16          # Упаковать холст.
17          self.canvas.pack()
18
19          # Запустить главный цикл.
20          tkinter.mainloop()
21
22 # Создать экземпляр класса MyGUI.
23 if __name__ == '__main__':
24      my_gui = MyGUI()
```

Рассмотрим эту программу. Строка 10 создает виджет `Canvas`. Первый аргумент внутри круглых скобок является ссылкой на `self.main_window`, т. е. родительский контейнер, в который мы добавляем этот виджет. Аргументы `width=200` и `height=200` задают размер виджета `Canvas`.

Строка 13 вызывает метод `create_line()` виджета `Canvas`, чтобы начертить прямую линию. Первый и второй аргументы являются координатами (*X*, *Y*) исходной точки прямой, третий и четвертый аргументы — координатами (*X*, *Y*) конечной точки прямой. Таким образом, эта инструкция чертит на виджете `Canvas` прямую из точки (0, 0) в точку (199, 199).

Строка 14 тоже вызывает метод `create_line()` виджета `Canvas`, чтобы начертить вторую прямую. Инструкция чертит на виджете `Canvas` прямую из точки (199, 0) в точку (0, 199).

Строка 17 вызывает метод `pack()` виджета `Canvas`, который делает этот виджет видимым. Строка 20 исполняет функцию `mainloop` модуля `tkinter`.

Рисование прямых: метод *create_line()*

Метод `create_line()` чертит на виджете `Canvas` отрезки прямой между двумя или несколькими точками. Вот общий формат вызова этого метода для рисования отрезка прямой между двумя точками:

имя_холста`.create_line(`*x1*`, `*y1*`, `*x2*`, `*y2*`, `*опции*`...)`

Аргументы *x1* и *y1* — это координаты (*X*, *Y*) исходной точки прямой. Аргументы *x2* и *y2* — координаты (*X*, *Y*) конечной точки прямой. В приведенном выше общем формате в *опциях...* указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.5.

Вы видели примеры вызова метода `create_line()` в программе 13.24. Напомним, что строка 13 в этой программе чертит линию от (0, 0) до (199, 199):

```
self.canvas.create_line(0, 0, 199, 199)
```

В качестве аргументов можно передавать многочисленные наборы координат. Метод `create_line()` начертит отрезки прямой, соединяющие эти точки. Программа 13.25 демонстрирует, как это делается. Инструкция в строке 13 чертит отрезки, соединяющие точ-

ки (10, 10), (189, 10), (100, 189) и (10, 10). На рис. 13.47 представлено окно, которое данная программа выводит на экран.

Программа 13.25 (draw_multi_lines.py)

```
1 # Эта программа соединяет несколько точек отрезками прямой.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать виджет Canvas.
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,
11                                     width=200, height=200)
12        # Начертить отрезки прямой, соединяющие несколько точек.
13        self.canvas.create_line(10, 10, 189, 10, 100, 189, 10, 10)
14
15        # Упаковать холст.
16        self.canvas.pack()
17
18        # Запустить главный цикл.
19        tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 if __name__ == '__main__':
23     my_gui = MyGUI()
```

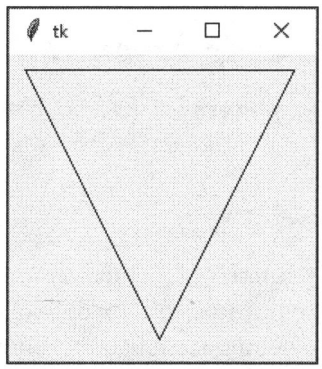


РИС. 13.47. Окно, выводимое программой 13.25

В качестве аргумента также можно передать список или кортеж, содержащий координаты. Например, в программе 13.25 можно было бы заменить строку 13 приведенным ниже фрагментом кода и получить те же самые результаты:

```
points = [10, 10, 189, 10, 100, 189, 10, 10]
self.canvas.create_line(points)
```

В метод `create_line()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.5 приводятся некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.5. Несколько необязательных аргументов для метода `create_line()`

Аргумент	Описание
`arrow=`*значение*	По умолчанию прямые линии не имеют стреловидных указателей, но этот аргумент наносит стрелку на один или оба конца. Добавьте `arrow=tk.FIRST` для нанесения указателя в начале прямой, `arrow=tk.LAST` для нанесения указателя в конце прямой или `arrow=tk.BOTH` для нанесения указателей в обоих концах прямой
`dash=`*значение*	Этот аргумент превращает прямую в пунктирную линию. Его значением является кортеж из целых чисел, который задает шаблон. Первое целое число — количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент `dash=(5, 2)` нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пиксела и будет повторяться до тех пор, пока не будет достигнут конец отрезка прямой
`fill=`*значение*	Задает цвет прямой в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приведен их полный список. Наиболее часто используемые из них: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `fill`, то цвет прямой по умолчанию будет черным.)
`smooth=`*значение*	По умолчанию аргумент `smooth` равен `False`, в результате чего данный метод чертит прямые отрезки, соединяющие указанные точки. Если задать `smooth=True`, то будут нанесены изогнутые сплайны
`width=`*значение*	Задает ширину отрезка в пикселах. Например, аргумент `width=5` нанесет отрезок шириной 5 пикселов. По умолчанию отрезки прямой имеют ширину 1 пиксел

Рисование прямоугольников: метод *create_rectangle()*

Метод `create_rectangle()` чертит на виджете `Canvas` прямоугольник. Вот общий формат вызова этого метода:

имя_холста`.create_rectangle(`*x1, y1, x2, y2, опции...*`)`

Аргументы *x1* и *y1* — это координаты (*X*, *Y*) левого верхнего угла прямоугольника. Параметры *x2* и *y2* — координаты (*X*, *Y*) правого нижнего угла прямоугольника. В приведенном выше общем формате в *опциях...* указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.6.

Программа 13.26 демонстрирует метод `create_rectangle()` в строке 13. Левый верхний угол прямоугольника находится в координате (20, 20), его правый нижний угол — в координате (180, 180). На рис. 13.48 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

Программа 13.26 (draw_square.py)

```
1 # Эта программа чертит прямоугольник на виджете Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
```

```
        # Создать главное окно.
        self.main_window = tkinter.Tk()

        # Создать виджет Canvas.
        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200, height=200)

        # Нарисовать прямоугольник.
        self.canvas.create_rectangle(20, 20, 180, 180)

        # Упаковать холст.
        self.canvas.pack()

        # Запустить главный цикл.
        tkinter.mainloop()

# Создать экземпляр класса MyGUI.
if __name__ == '__main__':
    my_gui = MyGUI()
```

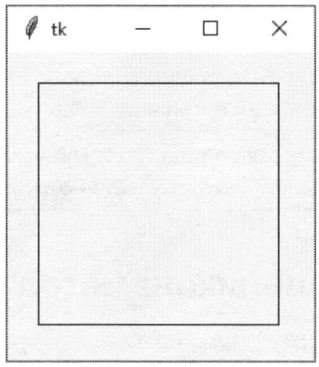


РИС. 13.48. Окно, выводимое на экран программой 13.26

В метод `create_rectangle()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.6 приведены некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.6. Несколько необязательных аргументов для метода `create_rectangle()`

Аргумент	Описание
`dash=`*значение*	Этот аргумент делает контур прямоугольника пунктирным. Его значением является кортеж из целых чисел, которые задают шаблон. Первое целое число — количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент `dash=(5, 2)` нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пиксела и будет повторяться до тех пор, пока контур не замкнется
`fill=`*значение*	Задает цвет, которым прямоугольник может быть заполнен. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `fill`, то прямоугольник останется незаполненным.)

Таблица 13.6 *(окончание)*

Аргумент	Описание
`outline=`*значение*	Задает цвет контура прямоугольника в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `outline`, то цвет контура прямоугольника по умолчанию будет черным.)
`width=`*значение*	Задает ширину контура прямоугольника в пикселах. Например, аргумент `width=5` нанесет линию контура шириной 5 пикселов. По умолчанию линия контура прямоугольника имеет ширину 1 пиксел

Например, если изменить строку 13 в программе 13.26 следующим образом:

```
self.canvas.create_rectangle(20, 20, 180, 180, dash=(5, 2), width=3)
```

то программа начертит прямоугольник с пунктирным контуром и шириной линии 3 пиксела. Вывод программы в этом случае показан на рис. 13.49.

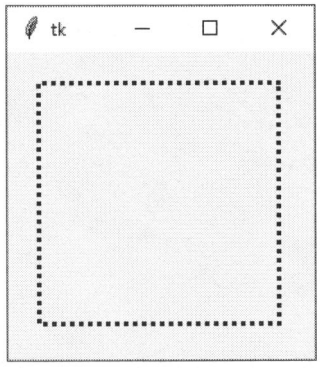


РИС. 13.49. Пунктирный контур с шириной линии 3 пиксела

Рисование овалов: метод *create_oval()*

Метод `create_oval()` чертит овал, или эллипс. Вот общий формат вызова этого метода:

```
имя_холста.create_oval(x1, y1, x2, y2, опции...)
```

Данный метод чертит овал, который строго укладывается в ограничивающий прямоугольник, заданный координатами, переданными в качестве аргументов. Координаты (*x1*, *y1*) — это координаты левого верхнего угла прямоугольника, (*x2*, *y2*) — координаты правого нижнего угла прямоугольника (рис. 13.50). В приведенном выше общем формате в *опциях*... указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.7.

Программа 13.27 демонстрирует метод `create_oval()` в строках 13 и 14. Первый овал, который чертится в строке 13, задан прямоугольником со своим левым верхним углом в координате (20, 20) и своим правым нижним углом в координате (70, 70). Второй овал, который чертится в строке 14, задан прямоугольником со своим левым верхним углом в координа-

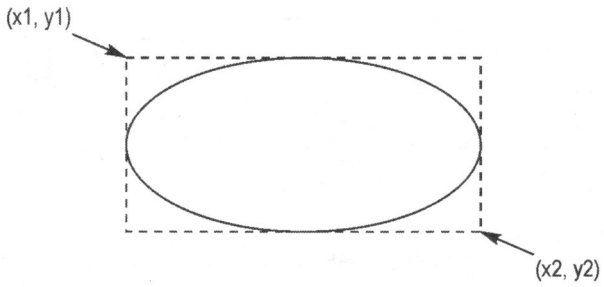


РИС. 13.50. Овал, ограничивающий четырехугольник

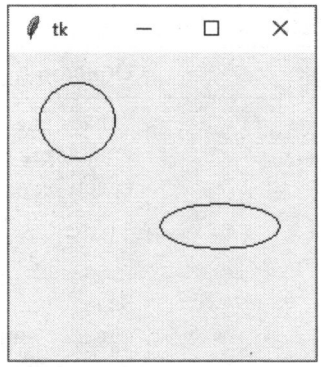


РИС. 13.51. Окно, выводимое на экран программой 13.27

те (100, 100) и своим правым нижним углом в координате (180, 130). На рис. 13.51 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

Программа 13.27 (draw_ovals.py)

```
 1 # Эта программа чертит два овала на виджете Canvas.
 2 import tkinter
 3
 4 class MyGUI:
 5     def __init__(self):
 6         # Создать главное окно.
 7         self.main_window = tkinter.Tk()
 8
 9         # Создать виджет Canvas.
10         self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200, height=200)
11
12         # Нарисовать два овала.
13         self.canvas.create_oval(20, 20, 70, 70)
14         self.canvas.create_oval(100, 100, 180, 130)
15
16         # Упаковать холст.
17         self.canvas.pack()
18
19         # Запустить главный цикл.
20        tkinter.mainloop()
21
22 # Создать экземпляр класса MyGUI.
23 if __name__ == '__main__':
24     my_gui = MyGUI()
```

В метод `create_oval()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.7 приведены некоторые наиболее часто используемые.

Таблица 13.7. Несколько необязательных аргументов для метода `create_oval()`

Аргумент	Описание
`dash=`*значение*	Этот аргумент делает контур овала пунктирным. Его значением является кортеж из целых чисел, которые задают шаблон. Первое целое число — количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент `dash=(5, 2)` нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пиксела и будет повторяться до тех пор, пока контур не замкнется
`fill=`*значение*	Задает цвет, которым овал может быть заполнен. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `fill`, то овал останется незаполненным.)
`outline=`*значение*	Задает цвет контура овала в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении* 4 приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `outline`, то цвет контура овала по умолчанию будет черным.)
`width=`*значение*	Задает ширину контура овала в пикселах. Например, аргумент `width=5` нанесет линию контура шириной 5 пикселов. По умолчанию линия контура овала имеет ширину 1 пиксел



СОВЕТ

Для того чтобы нарисовать круг, следует вызвать метод `create_oval()` и сделать все стороны ограничивающего прямоугольника одинаковой длины.

Рисование дуг: метод *create_arc()*

Метод `create_arc()` чертит дугу. Вот общий формат вызова этого метода:

имя_холста`.create_arc(`*x1*`, `*y1*`, `*x2*`, `*y2*`, start=`*угол*`, extent=`*ширина*`, `*опции...*`)`

Данный метод чертит дугу, которая является частью овала. Овал строго укладывается в ограничивающий прямоугольник, который задан координатами, переданными в качестве аргументов. Координаты (*x1*, *y1*) — это координаты левого верхнего угла прямоугольника, а координаты (*x2*, *y2*) — координаты правого нижнего угла прямоугольника. Аргумент `start=`*угол* задает исходный угол, аргумент `extent=`*ширина* задает в виде угла протяженность дуги против часовой стрелки. Например, аргумент `start=90` определяет, что дуга начинается в 90°, аргумент `extent=45` определяет, что дуга должна идти против часовой стрелки на 45° (рис. 13.52).

В приведенном выше общем формате в *опциях...* указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.8.

Программа 13.28 демонстрирует метод `create_arc()`. Дуга, нарисованная в строке 13, задается прямоугольником со своим левым верхним углом в координате (10, 10) и своим правым нижним углом в координате (190, 190). Дуга начинается в 45° и простирается на 30°. На рис. 13.53 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

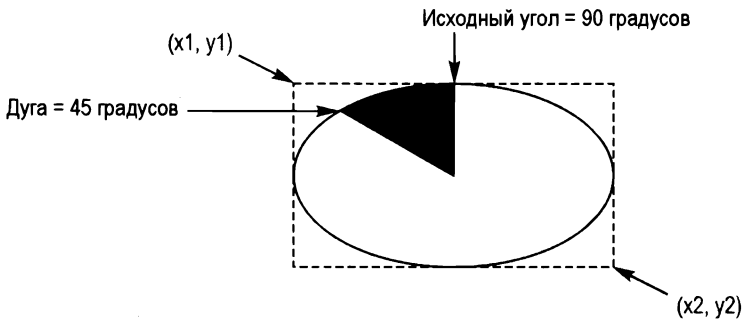


РИС. 13.52. Свойства дуги

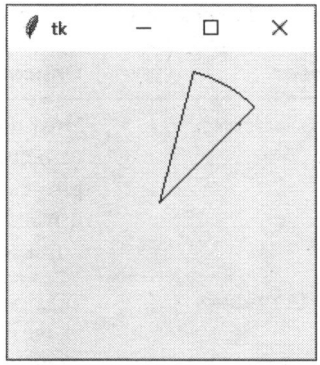


РИС. 13.53. Окно, выводимое на экран программой 13.28

Программа 13.28 (draw_arc.py)

```
1 # Эта программа чертит дугу на виджете Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать виджет Canvas.
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200, height=200)
11
12        # Нарисовать дугу.
13        self.canvas.create_arc(10, 10, 190, 190, start=45, extent=30)
14
15        # Упаковать холст.
16        self.canvas.pack()
17
18        # Запустить главный цикл.
19        tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 if __name__ == '__main__':
23     my_gui = MyGUI()
```

В метод `create_arc()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.8 приведены некоторые наиболее часто используемые из них.

Один из трех стилей (табл. 13.9) рисуемой дуги задается аргументом `style=`*значение*. (По умолчанию используется тип `tkinter.PIESLICE` (сектор круга).) На рис. 13.54 показаны примеры каждого типа дуги.

Таблица 13.8. Несколько необязательных аргументов для метода `create_arc()`

Аргумент	Описание
`dash=`*значение*	Этот аргумент делает контур дуги пунктирным. Его значением является кортеж из целых чисел, которые задают шаблон. Первое целое число — количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент `dash=(5, 2)` нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пиксела и будет повторяться до тех пор, пока контур не закончится
`fill=`*значение*	Задает цвет, которым дуга может быть заполнена. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `fill`, то овал останется незаполненным.)
`outline=`*значение*	Задает цвет контура дуги в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `outline`, то цвет контура дуги по умолчанию будет черным.)
`style=`*значение*	Задает стиль дуги. Аргумент `style` может иметь одно из трех значений: `tkinter.PIESLICE`, `tkinter.ARC` или `tkinter.CHORD` (см. табл. 13.9)
`width=`*значение*	Задает ширину контура дуги в пикселах. Например, аргумент `width=5` нанесет линию контура шириной 5 пикселов. По умолчанию линия контура дуги имеет ширину 1 пиксел

Таблица 13.9. Типы дуг

Аргумент `style`	Описание
`style=tkinter.PIESLICE`	Этот тип дуги задан по умолчанию. Из обеих конечных точек до центральной точки дуги проводятся отрезки. В результате дуга будет сформирована как сектор круга
`style=tkinter.ARC`	Отрезки, соединяющие конечные точки, отсутствуют. Изображается только дуга
`style=tkinter.CHORD`	Из одной конечной точки дуги в другую ее конечную точку проводится отрезок прямой (хорда)



РИС. 13.54. Типы дуг

В программе 13.29 приведен соответствующий пример, в котором дуги используются для построения круговой диаграммы. Вывод программы показан на рис. 13.55.

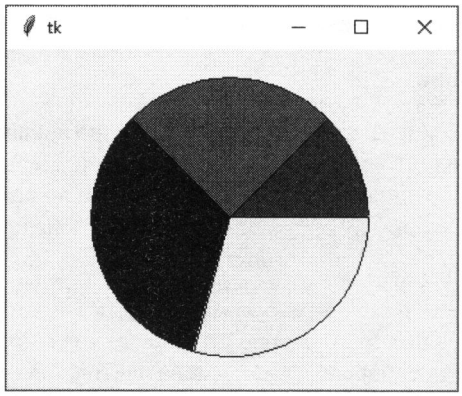


РИС. 13.55. Окно, выводимое на экран программой 13.29

Программа 13.29 (draw_piechart.py)

```
# Эта программа чертит круговую диаграмму на виджете Canvas.
import tkinter

class MyGUI:
    def __init__(self):
        self.__CANVAS_WIDTH = 320    # Ширина холста
        self.__CANVAS_HEIGHT = 240   # Высота холста
        self.__X1 = 60    # Левая верхняя координата X прямоугольника
        self.__Y1 = 20    # Левая верхняя координата Y прямоугольника
        self.__X2 = 260   # Нижняя правая координата X прямоугольника
        self.__Y2 = 220   # Нижняя правая координата Y прямоугольника
        self.__PIE1_START = 0     # Исходный угол сектора 1
        self.__PIE1_WIDTH = 45    # Протяженность сектора 1
        self.__PIE2_START = 45    # Исходный угол сектора 2
        self.__PIE2_WIDTH = 90    # Протяженность сектора 2
        self.__PIE3_START = 135   # Исходный угол сектора 3
        self.__PIE3_WIDTH = 120   # Протяженность сектора 3
        self.__PIE4_START = 255   # Исходный угол сектора 4
        self.__PIE4_WIDTH = 105   # Протяженность сектора 4

        # Создать главное окно.
        self.main_window = tkinter.Tk()

        # Создать виджет Canvas.
        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,
                                     width=self.__CANVAS_WIDTH,
                                     height=self.__CANVAS_HEIGHT)

        # Начертить сектор 1.
        self.canvas.create_arc(self.__X1, self.__Y1, self.__X2,
                               self.__Y2, start=self.__PIE1_START,
```

```
32                              extent=self.__PIE1_WIDTH,
33                              fill='red')
34
35          # Начертить сектор 2.
36          self.canvas.create_arc(self.__X1, self.__Y1, self.__X2,
37                              self.__Y2, start=self.__PIE2_START,
38                              extent=self.__PIE2_WIDTH,
39                              fill='green')
40
41          # Начертить сектор 3.
42          self.canvas.create_arc(self.__X1, self.__Y1, self.__X2,
43                              self.__Y2, start=self.__PIE3_START,
44                              extent=self.__PIE3_WIDTH,
45                              fill='black')
46
47          # Начертить сектор 4.
48          self.canvas.create_arc(self.__X1, self.__Y1, self.__X2,
49                              self.__Y2, start=self.__PIE4_START,
50                              extent=self.__PIE4_WIDTH,
51                              fill='yellow')
52
53          # Упаковать холст.
54          self.canvas.pack()
55
56          # Запустить главный цикл.
57          tkinter.mainloop()
58
59 # Создать экземпляр класса MyGUI.
60 if __name__ == '__main__':
61      my_gui = MyGUI()
```

Рассмотрим метод `__init__()` класса `MyGUI` в программе 13.29.

- Строки 6 и 7 задают атрибуты ширины и высоты виджета `Canvas`.
- Строки 8–11 задают атрибуты координат левого верхнего и правого нижнего углов ограничивающего прямоугольника, которые каждая дуга делит между собой.
- Строки 12–19 задают атрибуты каждого исходного угла и протяженности сектора круга.
- Строка 22 создает главное окно, а строки 25–27 — виджет `Canvas`.
- Строки 30–33 создают первый сектор круга, назначая ему красный цвет заливки.
- Строки 36–39 создают второй сектор круга, назначая ему зеленый цвет.
- Строки 42–45 создают третий сектор круга, назначая ему черный цвет заливки.
- Строки 48–51 создают четвертый сектор круга, назначая ему желтый цвет заливки.
- Строка 54 упаковывает виджет `Canvas`, делая видимым его содержимое, а строка 57 запускает функцию `mainloop` модуля `tkinter`.

Рисование многоугольников: метод *create_polygon()*

Метод `create_polygon()` чертит замкнутый многоугольник на виджете `Canvas`. Многоугольник строится из многочисленных соединенных отрезков. Точка, где два отрезка соединяются, называется *вершиной*. Вот общий формат вызова метода рисования многоугольника:

имя_холста`.create_polygon(`*x1, y1, x2, y2, опции...*`)`

Аргументы *x1* и *y1* — это координаты (*X*, *Y*) первой вершины, *x2* и *y2* — координаты (*X*, *Y*) второй вершины и т. д. Данный метод автоматически замыкает многоугольник, проведя отрезок из последней вершины в первую вершину. В приведенном выше общем формате в *опциях...* указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.10.

Программа 13.30 демонстрирует метод `create_polygon()`. Инструкция в строках 13 и 14 чертит многоугольник с восемью вершинами. Первая вершина находится в координате (60, 20), вторая вершина — в координате (100, 20) и т. д. (рис. 13.56). На рис. 13.57 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

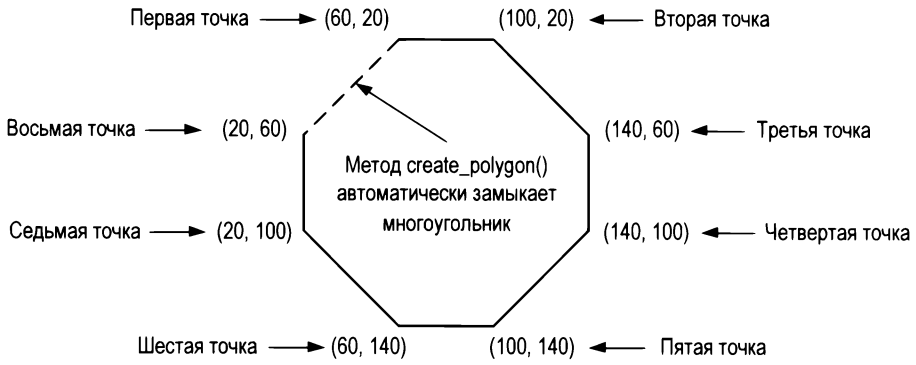


РИС. 13.56. Точки каждой вершины в многоугольнике

Программа 13.30 (draw_polygon.py)

```
1 # Эта программа чертит многоугольник на виджете Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать виджет Canvas.
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=160, height=160)
11
12        # Нарисовать многоугольник.
13        self.canvas.create_polygon(60, 20, 100, 20, 140, 60, 140, 100,
14                                   100, 140, 60, 140, 20, 100, 20, 60)
15
```

```
16          # Упаковать холст.
17          self.canvas.pack()
18
19          # Запустить главный цикл.
20          tkinter.mainloop()
21
22 # Создать экземпляр класса MyGUI.
23 if __name__ == '__main__':
24     my_gui = MyGUI()
```

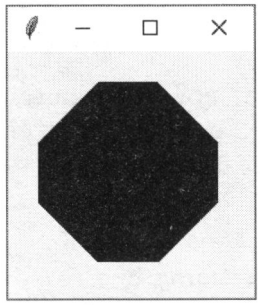


РИС. 13.57. Окно, выводимое на экран программой 13.30

В метод `create_polygon()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.10 приведены некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.10. Некоторые необязательные аргументы для метода `create_polygon()`

Аргумент	Описание
`dash=`*значение*	Этот аргумент делает контур многоугольника пунктирным. Его значением является кортеж из целых чисел, которые задают шаблон. Первое целое число — количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент `dash=(5, 2)` нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пиксела и будет повторяться до тех пор, пока контур не замкнется
`fill=`*значение*	Задает цвет, которым многоугольник может быть заполнен. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `fill`, то многоугольник будет заполнен черным цветом.)
`outline=`*значение*	Задает цвет контура многоугольника в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приводится их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `outline`, то цвет контура дуги по умолчанию будет черным.)
`smooth=`*значение*	По умолчанию аргумент `smooth` равен `False`, в результате чего данный метод чертит прямые отрезки, соединяющие указанные точки. Если задать `smooth=True`, то будут нанесены изогнутые сплайны

Таблица 13.10 *(окончание)*

Аргумент	Описание
`width=`*значение*	Задает ширину контура многоугольника в пикселах. Например, аргумент `width=5` нанесет линию контура шириной 5 пикселов. По умолчанию линия контура многоугольника имеет ширину 1 пиксел

Рисование текста: метод *create_text()*

Для нанесения текста на виджете `Canvas` используется метод `create_text()`. Вот общий формат вызова этого метода:

имя_холста`.create_text(`*x*`, `*y*`, text=`*текст*`, `*опции...*`)`

Аргументы `x` и *y* — это координаты (*X*, *Y*) точки вставки текста, аргумент `text=`*текст* задает наносимый текст. По умолчанию текст центрируется горизонтально и вертикально вокруг точки вставки. В приведенном выше общем формате в *опциях...* указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.11.

Программа 13.31 демонстрирует метод `create_text()`. Инструкция в строке 13 выводит текст `'Привет, мир!'` в центре окна в координатах (100, 100). На рис. 13.58 показано это окно.

Программа 13.31 **(draw_text.py)**

```
1 # Эта программа наносит текст на виджет Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать виджет Canvas.
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200, height=200)
11
12        # Показать текст в центре окна.
13        self.canvas.create_text(100, 100, text='Привет, мир!')
14
15        # Упаковать холст.
16        self.canvas.pack()
17
18        # Запустить главный цикл.
19        tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 if __name__ == '__main__':
23    my_gui = MyGUI()
```

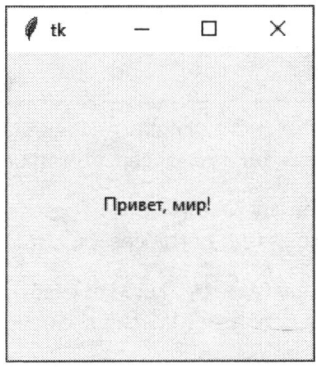


РИС. 13.58. Окно, выводимое на экран программой 13.31

В метод `create_text()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.11 приведены некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.11. Несколько необязательных аргументов для метода `create_text()`

Аргумент	Описание
`anchor=`*значение*	Этот аргумент задает расположение текста относительно его точки вставки. По умолчанию аргумент привязки `anchor` равен `tkinter.CENTER`, что позволяет центрировать текст вертикально и горизонтально вокруг точки вставки. Можно задать любое из нескольких значений, перечисленных в табл. 13.12
`fill=`*значение*	Задает цвет, которым текст может быть нарисован. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в *приложении 4* приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: `'red'`, `'green'`, `'blue'`, `'yellow'` и `'cyan'`. (Если опустить аргумент `fill`, то текст будет заполнен черным цветом.)
`font=`*значение*	Для того чтобы изменить стандартный шрифт, следует создать объект `tkinter.font.Font` и передать его как значение аргумента `font` (применение шрифтов см. в следующем разделе)
`justify=`*значение*	Если выводится несколько строк текста, то этот аргумент задает выравнивание строк. Он может принимать значения: `tk.LEFT`, `tk.CENTER` или `tk.RIGHT`. По умолчанию используется значение `tk.LEFT`

Текст позиционируется относительно своей точки вставки девятью разными способами. Для изменения позиционирования текста используется аргумент `anchor=`*значение*. Разные значения данного аргумента перечислены в табл. 13.12. По умолчанию используется значение `tkinter.CENTER`.

Таблица 13.12. Значения привязки

Аргумент `anchor`	Описание
`anchor=tkinter.CENTER`	Позиционирует текст, центрированным вертикально и горизонтально вокруг точки вставки. Этот вариант позиционирования используется по умолчанию

Таблица 13.12 *(окончание)*

Аргумент anchor	Описание
anchor=tkinter.NW	Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится в левом верхнем углу текста (на северо-западе)
anchor=tkinter.N	Позиционирует текст таким образом, что точка вставки центрируется вдоль верхнего края текста (на севере)
anchor=tkinter.NE	Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится в правом верхнем углу текста (на северо-востоке)
anchor=tkinter.W	Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится с левого края текста в середине (на западе)
anchor=tkinter.E	Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится с правого края текста в середине (на востоке)
anchor=tkinter.SW	Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится в левом нижнем углу текста (на юго-западе)
anchor=tkinter.S	Позиционирует текст таким образом, что точка вставки центрируется вдоль нижнего края текста (на юге)
anchor=tkinter.SE	Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится в правом нижнем углу текста (на юго-востоке)

На рис. 13.59 показаны различные позиции привязки. В каждой строке текста имеется точка, которая представляет позицию точки вставки.

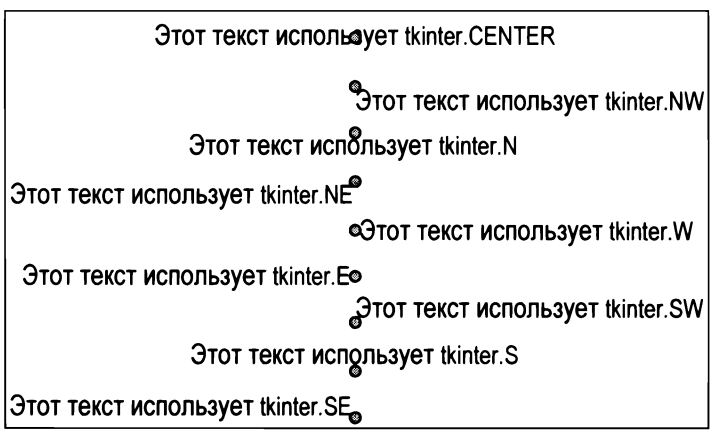


РИС. 13.59. Результаты различных значений привязки

Настройка шрифта

Используемый в методе `create_text()` шрифт задается путем создания объекта `Font` и его передачи в качестве аргумента `font=`. Класс `Font` находится в модуле `tkinter.font`, поэтому в программу необходимо включить приведенную ниже инструкцию `import`:

```
import tkinter.font
```

Вот пример создания объекта `Font`, который задает шрифт Helvetica размером 12 пунктов:

```
myfont = tkinter.font.Font(family='Helvetica', size='12')
```

При конструировании объекта `Font` можно передавать значения для любого из именованных аргументов, приведенных в табл. 13.13.

Таблица 13.13. Именованные аргументы для класса `Font`

Аргумент	Описание
`family=`*значение*	Этот аргумент является строковым значением, которым задается имя семейства шрифтов, в частности 'Arial', 'Courier', 'Helvetica', 'Times New Roman' и т. д.
`size=`*значение*	Этот аргумент является целым числом, которым задается размер шрифта в точках
`weight=`*значение*	Этот аргумент задает толщину шрифта. Допустимыми строковыми значениями являются `'bold'` и `'normal'`
`slant=`*значение*	Этот аргумент задает наклон шрифта. Для того чтобы шрифт выглядел наклонным, следует задать значение `'italic'`. Для того чтобы шрифт выглядел прямым, следует указать значение `'roman'`
`underline=`*значение*	Для того чтобы текст выглядел подчеркнутым, следует задать значение 1. В противном случае следует указать значение 0
`overstrike=`*значение*	Для того чтобы текст выглядел перечеркнутым, следует задать значение 1. В противном случае следует указать значение 0

Доступные имена семейств шрифтов разнятся в зависимости от используемой операционной системы. Для того чтобы получить список установленных вами семейств шрифтов, в оболочке Python следует ввести приведенные ниже инструкции:

```
>>> import tkinter
>>> import tkinter.font
>>> tkinter.Tk()
<tkinter.Tk object .>
>>> tkinter.font.families()
```

В программе 13.32 приведен пример вывода текста жирным шрифтом Helvetica размером 18 пунктов. На рис. 13.60 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

Программа 13.32 (font_demo.py)

```
1 # Эта программа наносит текст на виджет Canvas.
2 import tkinter
3 import tkinter.font
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать главное окно.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
```

```
10          # Создать виджет Canvas.
11          self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200, height=200)
12
13          # Создать объект Font.
14          myfont = tkinter.font.Font(family='Helvetica', size=18, weight='bold')
15
16          # Показать немного текста.
17          self.canvas.create_text(100, 100, text='Привет, мир!', font=myfont)
18
19          # Упаковать холст.
20          self.canvas.pack()
21
22          # Запустить главный цикл.
23          tkinter.mainloop()
24
25 # Создать экземпляр класса MyGUI.
26 if __name__ == '__main__':
27      my_gui = MyGUI()
```

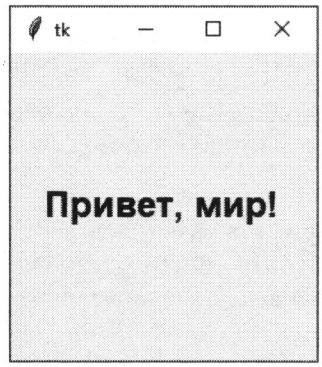


РИС. 13.60. Окно, выводимое на экран программой 13.32



Контрольная точка

13.29. Каковы координаты пиксела в левом верхнем углу окна в экранной системе координат виджета `Canvas`?

13.30. Каковы координаты пиксела в правом нижнем углу, если пользоваться экранной системой координат виджета `Canvas` с окном шириной 640 и высотой 480 пикселов?

13.31. Чем отличается экранная система координат виджета `Canvas` от декартовой системы координат, используемой в библиотеке черепашьей графики?

13.32. Какие методы виджета `Canvas` следует использовать для начертания каждого из приведенных ниже типов фигур?

а) круг;

б) квадрат;

в) прямоугольник;

г) замкнутая шестигранная фигура;

д) эллипс;

е) дуга.

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. _____ является частью компьютера, с которой взаимодействует пользователь.

   а) центральный процессор;

   б) пользовательский интерфейс;

   в) система управления;

   г) система интерактивности.

2. Прежде чем GUI стали популярными, чаще всего использовался _____.

   а) интерфейс командной строки;

   б) интерфейс удаленного терминала;

   в) сенсорный интерфейс;

   г) событийно-управляемый интерфейс.

3. _____ — это небольшое окно, которое выводит на экран информацию и позволяет пользователю выполнять действия.

   а) меню;

   б) окно подтверждения;

   в) стартовый экран;

   г) диалоговое окно.

4. Эти типы программ являются событийно-управляемыми.

   а) консольная программа;

   б) текст-ориентированная программа;

   в) программа с GUI;

   г) процедурная программа.

5. Элемент, который появляется в графическом интерфейсе пользователя программы, называется _____.

   а) гаджетом;

   б) виджетом;

   в) инструментом;

   г) объектом, свернутым в значок на рабочем столе.

6. Этот модуль используется в Python для создания программ с GUI.

   а) `GUI`;

   б) `PythonGui`;

в) `tkinter`;

г) `tgui`.

7. Этот виджет представляет собой область, в которой выводится одна строка текста.

а) `Label`;

б) `Entry`;

в) `TextLine`;

г) `Canvas`.

8. Этот виджет представляет собой область, в которой пользователь может ввести одну строку, набираемую с клавиатуры.

а) `Label`;

б) `Entry`;

в) `TextLine`;

г) `Input`.

9. Этот виджет представляет собой контейнер, который может содержать другие виджеты.

а) `Grouper`;

б) `Composer`;

в) `Fence`;

г) `Frame`.

10. Этот метод размещает виджет в своей соответствующей позиции и делает его видимым при выводе главного окна на экран.

а) `pack`;

б) `arrange`;

в) `position`;

г) `show`.

11. _____ является функцией или методом, которые вызываются, когда происходит определенное событие.

а) функция обратного вызова;

б) автоматическая функция;

в) функция запуска;

г) исключение.

12. Функция `showinfo` находится в модуле _____.

а) `tkinter`;

б) `tkinfo`;

в) `sys`;

г) `tkinter.messagebox`.

13. Этот метод следует вызывать для закрытия программы с GUI.
    а) метод `destroy` корневого виджета;
    б) метод `cancel` любого виджета;
    в) функцию `sys.shutdown`;
    г) метод `Tk.shutdown`.
14. Метод _____ следует вызывать для извлечения данных из виджета `Entry`.
    а) `gata_entry`;
    б) `data`;
    в) `get`;
    г) `retrieve`.
15. Объект этого типа может быть привязан к виджету `Label`, и любые данные, хранящиеся в этом объекте, будут выводиться в элементе `Label`.
    а) `StringVar`;
    б) `LabelVar`;
    в) `LabelValue`;
    г) `DisplayVar`.
16. Если в контейнере имеется группа таких элементов, то только один из них может быть выбран в любой момент времени.
    а) `Checkbutton`;
    б) `Radiobutton`;
    в) `Mutualbutton`;
    г) `Button`.
17. Виджет _____ предоставляет методы для рисования простых двумерных фигур.
    а) `Shape`;
    б) `Draw`;
    в) `Palette`;
    г) `Canvas`.

Истина или ложь

1. Язык Python имеет встроенные ключевые слова для создания программ с GUI.
2. Каждый виджет имеет метод `quit()`, который можно вызывать с целью закрытия программы.
3. Данные, извлекаемые из виджета `Entry`, всегда имеют тип `int`.
4. Среди всех виджетов `Radiobutton`, находящихся в том же самом контейнере, автоматически создается взаимоисключающая связь.

5. Среди всех виджетов Checkbutton, находящихся в том же самом контейнере, автоматически создается взаимоисключающая связь.

Короткий ответ

1. Что определяет порядок, в котором все происходит, когда программа выполняется в текст-ориентированной среде, такой как интерфейс командной строки?
2. Что делает метод pack() виджета?
3. Что делает функция mainloop модуля tkinter?
4. Каким образом будут расположены виджеты в их родительском виджете, если создать эти виджеты и вызвать их методы pack() без аргументов?
5. Каким образом указать, что виджет должен быть расположен в максимальной левой позиции в своем родительском виджете?
6. Как извлечь данные из виджета Entry?
7. Каким образом используется объект StringVar для обновления содержимого виджета Label?
8. Каким образом используется объект IntVar для определения, какой именно виджет Radiobutton был выбран в группе виджетов Radiobutton?
9. Каким образом используется объект IntVar для определения, был выбран виджет Checkbutton или нет?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите инструкцию, которая создает виджет Label. Его родительским виджетом должен быть виджет self.main_window, и он должен содержать текст 'Программировать — это круто!'.
2. Допустим, что self.label1 и self.label2 ссылаются на два виджета Label. Напишите фрагмент кода, который упаковывает эти два виджета таким образом, чтобы они были расположены в своем родительском виджете максимально слева.
3. Напишите инструкцию, которая создает виджет Frame. Его родительским виджетом должен быть виджет self.main_window.
4. Напишите инструкцию, которая выводит на экран информационное диалоговое окно с заголовком "Программа приостановлена" и сообщением "Нажмите OK, когда будете готовы продолжить".
5. Напишите инструкцию, которая создает виджет Button. Его родительским виджетом должен быть self.button_frame, его текст должен содержать строковый литерал 'Вычислить', а его функцией обратного вызова должен быть метод self.calculate().
6. Напишите инструкцию, которая создает виджет Button, закрывающий программу при его нажатии. Его родительским виджетом должен быть виджет self.button_frame, и он должен содержать текст 'Выход'.
7. Допустим, что переменная data_entry ссылается на виджет Entry. Напишите инструкцию, которая извлекает значение из этого виджета, приводит его к типу int и присваивает его переменной с именем var.

8. Допустим, что в программе приведенная ниже инструкция создает виджет `Canvas` и присваивает его переменной `self.canvas`:

```
self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200, height=200)
```

Напишите инструкции, которые делают следующее:

а) чертят синюю прямую из левого верхнего угла виджета `Canvas` в его правый нижний угол, прямая должна быть шириной 3 пиксела;

б) чертят прямоугольник с красным контуром и черным заполнением, углы прямоугольника должны располагаться на холсте в приведенных ниже позициях:

- левый верхний: (50, 50);
- правый верхний: (100, 50);
- левый нижний: (50, 100);
- правый нижний: (100, 100);

в) чертят зеленый круг, центральная точка круга должна быть в координатах (100, 100), а ее радиус должен равняться 50;

г) чертят заполненную синим цветом дугу, заданную ограничивающим прямоугольником, чей левый верхний угол находится в координатах (20, 20), правый нижний угол — в координатах (180, 180). Дуга должна начинаться в 0° и простираться на 90°.

Упражнения по программированию

1. **ФИО и адрес.** Напишите программу с GUI, которая при нажатии кнопки выводит на экран ваше полное имя и адрес. При запуске программы ее окно должно выглядеть так, как на эскизе с левой стороны рис. 13.61. Когда пользователь нажимает кнопку **Показать инфо**, программа должна вывести на экран ваше имя и адрес, как показано на эскизе справа.

Видеозапись "Задача с ФИО и адресом" (Name and Address Problem)

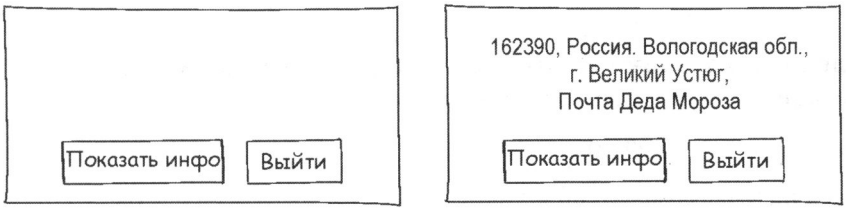


РИС. 13.61. Программа "ФИО и адрес"

2. **Переводчик с латинского.** Взгляните на приведенный в табл. 13.14 список латинских слов и их значений.

Таблица 13.14

Латинский	Русский
sinister	Левый
dexter	Правый
medium	Центральный

Напишите программу с GUI, которая переводит латинские слова на русский язык. Окно должно иметь три кнопки, по одной для каждого латинского слова. Когда пользователь нажимает кнопку, программа должна выводить на экран русский перевод в виджет `Label`.

3. **Калькулятор миль на галлон бензина.** Напишите программу с GUI, которая вычисляет экономичность автомобиля. Окно программы должно содержать виджеты `Entry`, которые позволяют пользователю вводить объем бензина в галлонах, заправленного в автомобиль, и число миль, которые он может пройти с полным баком. При нажатии кнопки **Вычислить MGP** программа должна вывести на экран число миль, которые автомобиль может пройти в расчете на галлон бензина. Для вычисления показателя числа миль на галлон примените приведенную ниже формлу:

$$\text{Показатель миль на галлоны} = \frac{\text{мили}}{\text{галлоны}}.$$

4. **Из шкалы Цельсия в шкалу Фаренгейта.** Напишите программу с GUI, которая преобразует показания температуры по шкале Цельсия в температуру по шкале Фаренгейта. Пользователь должен иметь возможность вводить температуру по шкале Цельсия, нажимать кнопку и затем получать эквивалентную температуру по шкале Фаренгейта. Для выполнения этого преобразования примените приведенную ниже формулу:

$$F = \frac{9}{5}C + 32,$$

где F — это температура по Фаренгейту; C — температура по шкале Цельсия.

5. **Налог на недвижимость.** Территориальный округ собирает налоги на недвижимое имущество, опираясь на оценочную стоимость имущества, которая составляет 60% фактической стоимости недвижимого имущества. Если акр земли оценивается в $10 000, то его оценочная стоимость составляет $6000. Налог на имущество в таком случае составит $0.75 для каждого $100 оценочной стоимости. Налог на акр, оцененный в $6000, составит $45.00. Напишите программу с GUI, которая выводит на экран оценочную стоимость и налог на недвижимое имущество при вводе пользователем фактической стоимости недвижимого имущества.

6. **Авторемонтная фирма "Автоцех".** Авторемонтная фирма "Автоцех" предлагает услуги по регламентному техобслуживанию:

   - замена масла — 500.00 руб.;
   - смазочные работы — 300.00 руб.;
   - промывка радиатора — 700.00 руб.;
   - замена жидкости в трансмиссии — 1000.00 руб.;
   - осмотр — 800.00 руб.;
   - замена глушителя выхлопа — 1300.00 руб.;
   - перестановка шин — 1300.00 руб.

   Напишите программу с GUI с использованием флаговых кнопок, которые позволяют пользователю выбирать любые из этих видов услуг. При нажатии пользователем кнопки **Показать затраты** должна быть выведена общая стоимость услуг.

7. **Междугородные звонки.** Провайдер междугородних звонков взимает плату за телефонные вызовы в соответствии с приведенными в табл. 13.15 тарифами.

Таблица 13.15

Категория тарифа	Тариф в минуту, руб.
Дневное время (с 6:00 до 17:59)	10
Вечернее время (с 18:00 до 23:59)	12
Непиковый период (с полуночи до 5:59)	5

Напишите приложение с GUI, которое позволяет пользователю выбирать категорию уровня (из набора радиокнопок) и вводить в виджет `Entry` продолжительность вызова в минутах. Информационное диалоговое окно должно выводить на экран стоимость вызова.

8. **Рисунок старого дома.** Примените виджет `Canvas`, с которым вы познакомились в этой главе, чтобы нарисовать дом. Рисунок дома должен содержать по меньшей мере два окна и дверь. Можно добавить и другие объекты, такие как небо, солнце и даже облака.
9. **Возраст дерева.** Подсчет годичных колец дерева дает довольно точное представление о его возрасте. Каждое годичное кольцо образуется за один год. Примените виджет `Canvas`, чтобы показать на рисунке, как могли бы выглядеть годичные кольца 5-летнего дерева. Затем, используя метод `create_text()`, пронумеруйте каждое годичное кольцо, начиная с центра и далее продолжая наружу, указывая возраст в годах, связанный с этим кольцом.
10. **Голливудская звезда.** Создайте собственную звезду на Аллее славы в Голливуде. Напишите программу, которая выводит на экран звезду, похожую на приведенную на рис. 13.62, с вашим именем в середине.



РИС. 13.62. Голливудская звезда

11. **Контур транспортного средства.** Используя геометрические фигуры, создавать которые вы научились в этой главе, начертите контур транспортного средства по своему выбору (автомобиль, грузовик, самолет и т. д.).
12. **Солнечная система.** Примените виджет `Canvas` для создания рисунка всех планет Солнечной системы. Сначала нарисуйте Солнце, затем остальные планеты в соответствии с расстоянием от него (Меркурий, Венеру, Землю, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и карликовую планету Плутон). Возле каждой планеты поместите надпись, используя метод `create_text()`.

ГЛАВА 14

Программирование баз данных

14.1 Системы управления базами данных

Ключевые положения

Система управления базами данных (СУБД) — это программное обеспечение, которое управляет крупными коллекциями данных.

Если приложению необходимо хранить только небольшой объем данных, то традиционные файлы с этой задачей справляются хорошо. Однако эти файлы становятся непрактичными, когда необходимо хранить и обрабатывать большой объем данных. Во многих компаниях в файлах хранятся миллионы элементов данных. Когда традиционный файл содержит такое количество данных, простые операции, например поиск, вставка и удаление, становятся громоздкими и неэффективными.

При разработке приложений, работающих с большими объемами данных, большинство разработчиков предпочитают вместо традиционных файлов использовать систему управления базами данных. *Система управления базами данных* (СУБД) — это программное обеспечение, специально разработанное для организованного и эффективного хранения, извлечения и управления большими объемами данных. На языке Python или другом языке программирования можно написать приложение, которое будет использовать СУБД для управления данными. Вместо того чтобы извлекать данные или манипулировать ими напрямую, приложение может отправлять инструкции в СУБД. А та, в свою очередь, выполняет эти инструкции и отправляет результаты обратно в приложение (рис. 14.1).

Хотя рис. 14.1 упрощен, он иллюстрирует многоуровневую архитектуру приложения, работающего с СУБД. Самый верхний уровень программного обеспечения, который в данном случае написан на Python, взаимодействует с пользователем. Он также отправляет инструкции на следующий уровень — СУБД. СУБД работает непосредственно с данными и отправляет результаты операций обратно в приложение.

Предположим, компания хранит все записи о своей продукции в базе данных. У компании есть приложение на Python, которое позволяет пользователю искать информацию о любом изделии, вводя его идентификационный номер. Приложение Python инструктирует СУБД, что нужно извлечь запись для изделия с указанным идентификатором (ID). СУБД извлекает запись изделия и отправляет данные обратно в приложение Python. Приложение Python отображает данные пользователю.

Преимущество такого многоуровневого подхода к разработке программного обеспечения заключается в том, что Python-программисту не нужно беспокоиться о том, как данные хранятся на диске, и алгоритмах, которые используются для хранения и извлечения данных. Программисту следует знать только, как взаимодействовать с СУБД. СУБД манипулирует фактическим чтением, записью и поиском данных.

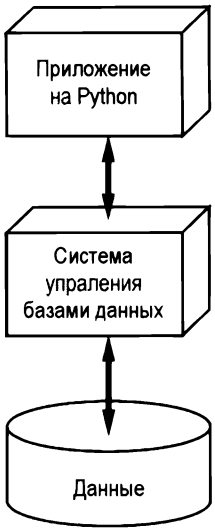


РИС. 14.1. Приложение на Python, взаимодействующее с СУБД, которая манипулирует данными

SQL

Аббревиатура SQL расшифровывается как Structured Query Language, т. е. *язык структурированных запросов*. Указанный язык является стандартным для работы с СУБД. Первоначально он был разработан компанией IBM в 1970-х годах. С тех пор SQL был принят большинством поставщиков программного обеспечения для баз данных в качестве предпочтительного языка для взаимодействия с СУБД.

SQL состоит из нескольких ключевых слов, которые используются для конструирования инструкций. Инструкции SQL передаются в СУБД и являются для СУБД командами по выполнению операций с ее данными. Когда приложение Python взаимодействует с СУБД, оно должно создавать инструкции SQL в виде строк, а затем использовать библиотечный метод для передачи этих строк в СУБД. В этой главе вы узнаете, как создавать простые инструкции SQL, а затем передавать их в СУБД с помощью библиотечного метода.



ПРИМЕЧАНИЕ

Хотя SQL и является языком, он не предназначен для написания приложений. Он используется только в качестве стандартного средства взаимодействия с СУБД. Вам по-прежнему будет нужен общий язык программирования, такой как Python, чтобы написать приложение для обычного пользователя.

SQLite

В настоящее время используется целый ряд СУБД, и Python может взаимодействовать со многими из них. Несколько наиболее популярных среди них — это MySQL, Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL и SQLite. В этой книге мы опираемся на СУБД SQLite, потому что она проста в использовании и инсталлируется в системе автоматически при установке Python. В целях использования СУБД SQLite вместе с Python необходимо импортировать модуль `sqlite3` с помощью следующей инструкции:

```
import sqlite3
```



Контрольная точка

14.1. Что такое система управления базами данных (СУБД)?

14.2. Почему большинство компаний используют СУБД для хранения своих данных вместо создания собственных текстовых файлов для хранения данных?

14.3. Почему программисту при разработке приложения на Python, использующего СУБД для хранения и обработки данных, не нужно знать конкретные детали о физической структуре данных?

14.4. Что такое SQL?

14.5. Как программа Python отправляет инструкции SQL в СУБД?

14.6. Какая инструкция `import` требуется для того, чтобы использовать SQLite в среде Python?

14.2 Таблицы, строки и столбцы

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Данные, хранящиеся в базе данных, организованы в таблицы, строки и столбцы.

СУБД хранит данные в *базе данных*. Данные, хранящиеся в базе данных, организованы в одну или несколько таблиц. Каждая *таблица* содержит набор связанных данных. Данные, хранящиеся в таблице, упорядочиваются в строки и столбцы. *Строка* — это полный набор данных об одном элементе. Данные, хранящиеся в строке, делятся на столбцы. Каждый *столбец* содержит отдельный фрагмент данных об элементе. Например, предположим, что мы разрабатываем приложение по ведению списка контактов и хотим хранить список имен и телефонных номеров в базе данных.

Первоначально мы храним следующий список:

Кэти Аллен	555-1234
Джилл Аммонс	555-5678
Кевин Браун	555-9012
Элиза Гарсия	555-3456
Джефф Дженкинс	555-7890
Лео Киллиан	555-1122
Марсия Потемкин	555-3344
Келси Роуз	555-5566

Подумайте о том, как выглядели бы эти данные, если бы мы хранили их в виде строк и столбцов в электронной таблице. Мы бы поместили имена в один столбец, а номера телефонов — в другой. Таким образом, каждая строка будет содержать данные об одном человеке. На рис. 14.2 выделена третья строка, содержащая имя и номер телефона Кевина Брауна.

Когда мы создаем таблицу базы данных для хранения этой информации, мы организуем ее аналогичным образом. Мы даем таблице имя, например `Contacts` (Контакты). В таблице мы создаем столбец для имен и столбец для телефонных номеров. Каждый столбец в таблице должен иметь имя, поэтому мы можем назвать наши столбцы соответственно `Name` (Имя) и `Phone` (Телефон).



Name	Phone
Кэти Аллен	555-1234
Джилл Аммонс	555-5678
Кевин Браун	555-9012
Элиза Гарсия	555-3456
Джефф Дженкинс	555-7890
Лео Киллиан	555-1122
Марсия Потемкин	555-3344
Келси Роуз	555-5566

РИС. 14.2. Имена и номера телефонов, хранящиеся в таблице

Типы данных в столбцах

При создании таблицы базы данных необходимо указать тип данных для столбцов. Однако типы данных, которые вы можете выбрать, не являются типами данных Python. Это типы данных, предоставляемые СУБД. В этой книге мы используем SQLite, поэтому выберем один из типов данных, предлагаемых этой СУБД. В табл. 14.1 перечислены типы данных SQLite и указан тип данных Python, с которым каждый из них в целом совместим.

Таблица 14.1. Типы данных SQLite

Тип данных SQLite	Описание	Соответствующий тип данных Python
NULL	Неизвестное значение	None
INTEGER	Целое число	int
REAL	Вещественное число	float
TEXT	Строковое значение	str
BLOB	Двоичный большой объект	Может быть любым объектом

Вот краткое описание каждого из этих типов данных.

- NULL — этот тип данных может использоваться, если значение неизвестно или отсутствует. Когда Python читает значение столбца NULL в память, это значение конвертируется в значение None.
- INTEGER — этот тип данных содержит целочисленное значение со знаком. Когда Python читает значение INTEGER столбца в память, это значение конвертируется в значение типа int.
- REAL — этот тип данных содержит действительное, или вещественное, число. Когда Python читает значение REAL столбца в память, это значение конвертируется в значение типа float.
- TEXT — этот тип данных содержит строковое значение. Когда Python читает значение TEXT столбца в память, это значение конвертируется в значение типа str.

- BLOB — этот тип данных содержит объект любого типа, например массив или изображение. Когда Python читает значение столбца BLOB в память, это значение конвертируется в объект bytes, который представляет собой немутируемую последовательность байтов.

Первичные ключи

Таблицы базы данных обычно имеют *первичный ключ*, представляющий собой столбец, который можно использовать для идентификации той или иной строки в таблице. Столбец, назначенный в качестве первичного ключа, должен содержать уникальное значение для каждой строки. Вот несколько примеров.

- В таблице хранятся данные о сотрудниках, а в одном из столбцов содержатся идентификационные номера сотрудников. Поскольку идентификационный номер каждого сотрудника уникален, этот столбец можно использовать в качестве первичного ключа.
- В таблице хранятся данные об изделиях, а в одном из столбцов содержится серийный номер изделия. Поскольку каждое изделие имеет уникальный серийный номер, этот столбец можно использовать в качестве первичного ключа.
- В таблице хранятся данные счетов-фактур, а в одном из столбцов содержатся их номера. Каждый счет-фактура имеет уникальный номер, поэтому этот столбец можно использовать в качестве первичного ключа.

Вы можете создать таблицу базы данных без первичного ключа. Однако большинство разработчиков согласны с тем, что, за редким исключением, таблицы базы данных всегда должны иметь первичный ключ. Позже в этой главе мы обсудим первичные ключи более подробно, и вы увидите, как их можно использовать для установления связей между несколькими таблицами.

Идентификационные столбцы

Иногда данные, которые вы хотите хранить в таблице, не содержат уникальных элементов, которые можно использовать в качестве первичного ключа. Например, в таблице контактов Contacts, которую мы описали ранее, ни столбец Name, ни столбец Phone не содержат уникальных данных. Два человека могут иметь одно и то же имя, поэтому возможно, что имя появится в столбце Name несколько раз. Кроме того, несколько человек могут совместно использовать один и тот же номер телефона, поэтому вполне вероятно, что номер телефона может появиться в столбце Phone несколько раз. Следовательно, вы не можете использовать ни столбец Name, ни столбец Phone в качестве первичного ключа.

В таком случае необходимо создать идентификационный столбец специально для использования в качестве первичного ключа. *Идентификационный столбец* — это столбец, содержащий уникальные значения, созданные СУБД. Идентификационные столбцы обычно содержат целые числа, которые сохраняются *автоматически*. Это означает, что всякий раз, когда в таблицу добавляется новая строка, СУБД автоматически назначает идентификационному столбцу целое число, которое на 1 больше наибольшего значения, хранящегося в данный момент в идентификационном столбце. Естественно, идентификационный столбец будет содержать последовательность значений 1, 2, 3 и т. д.

Например, при разработке таблицы контактов, которую мы обсуждали ранее, мы могли бы создать столбец INTEGER с именем ContactID и назначить этот столбец в качестве идентифи-

кационного столбца. Как следствие, СУБД будет присваивать столбцу `ContactID` уникальное целочисленное значение для каждой строки.

Затем мы могли бы назначить столбец `ContactID` в качестве первичного ключа таблицы. На рис. 14.3 показан пример таблицы контактов `Contacts` после того, как мы создали ее и ввели в нее данные.

ContactID	Name	Phone
1	Кэти Аллен	555-1234
2	Джилл Аммонс	555-5678
3	Кевин Браун	555-9012
4	Элиза Гарсия	555-3456
5	Джефф Дженкинс	555-7890
6	Лео Киллиан	555-1122
7	Марсия Потемкин	555-3344
8	Келси Роуз	555-5566

РИС. 14.3. Таблица контактов с введенными данными



ПРИМЕЧАНИЕ

При добавлении строки, имеющей идентификационный столбец, с помощью SQLite для идентификационного столбца можно указывать значение в явной форме, если это значение является уникальным. Если для идентификационного столбца указать значение, которое уже используется в другой строке, то СУБД выдаст исключение. Если вы не укажете значение для идентификационного столбца, то СУБД сгенерирует уникальное значение и присвоит его идентификационному столбцу.

Разрешение использовать значения *null*

Если столбец не содержит данных, считается, что он имеет значение `NULL`. Иногда можно оставлять столбец пустым. Однако некоторые столбцы, такие как первичные ключи, должны содержать значение. При разработке таблицы можно применять *ограничение*, или правило, которое не позволяет столбцу иметь значение `NULL`. Если конкретному столбцу не разрешено иметь значение `NULL`, то всякий раз при добавлении строки данных в таблицу СУБД будет требовать, чтобы для этого столбца было указано значение. Если оставить столбец пустым, это приведет к ошибке.



Контрольная точка

14.7. Опишите каждый приведенный ниже термин:

а) база данных;

б) таблица;

в) строка;

г) столбец.

14.8. Сопоставьте тип данных SQLite с совместимым типом данных Python.

1) `NULL`	а) `float`
2) `INTEGER`	б) может быть любым объектом
3) `REAL`	в) `None`
4) `TEXT`	г) `int`
5) `BLOB`	д) `str`

14.9. Каково назначение первичного ключа?

14.10. Что такое идентификационный столбец?

14.3 Открытие и закрытие соединения с базой данных с помощью SQLite

Ключевые положения

Прежде чем вы сможете работать с базой данных, вы должны к ней подсоединиться. Когда вы закончите работу с базой данных, вы должны закрыть соединение.



Видеозапись "Открытие и закрытие соединения с базой данных" (Opening and Closing a Database Connection)

Типичный процесс использования базы данных SQLite можно обобщить следующим псевдокодом:

```
Подсоединиться к базе данных
Получить курсор для базы данных
Выполнить операции с базой данных
Зафиксировать изменения в базе данных
Закрыть соединение с базой данных
```

Давайте рассмотрим каждый шаг в псевдокоде подробнее.

- **Подключиться к базе данных.** База данных SQLite хранится в файле на системном диске. На этом шаге устанавливается соединение между программой и конкретным файлом базы данных. Если файл базы данных не существует, он будет создан.
- **Получить курсор для базы данных.** Курсор — это объект, который может получать доступ к данным в базе данных и манипулировать ими.
- **Выполнить операции с базой данных.** Имея курсор, вы можете получать доступ к данным в базе данных и изменять их по мере необходимости. Вы можете использовать курсор для извлечения данных, вставки новых данных, обновления существующих данных и удаления данных.
- **Зафиксировать изменения в базе данных.** Когда вы вносите в базу данных изменения, эти изменения фактически не сохраняются в базе данных до тех пор, пока вы их не зафиксируете. После выполнения любых операций, изменяющих содержимое таблицы, следует зафиксировать эти изменения в базе данных.
- **Закрыть соединение с базой данных.** Когда вы закончите использовать базу данных, вы должны закрыть соединение.

Для подключения к базе данных мы вызываем функцию `connect` модуля `sqlite3`. В следующих ниже интерактивных сеансах показан пример:

```
>>> import sqlite3
>>> conn = sqlite3.connect('contacts.db')
```

Первая инструкция импортирует модуль `sqlite3`. Затем вторая инструкция вызывает функцию `connect` модуля, передавая в качестве аргумента имя нужного файла базы данных contacts.db. Функция `connect` откроет соединение с файлом базы данных. Если файл не существует, функция создаст его и установит с ним соединение. Указанная функция возвращает объект `Connection`, на который нам нужно будет ссылаться позже, поэтому он присваивается переменной `conn`.



ПРИМЕЧАНИЕ

Функция `connect` создает файл пустой базы данных, которая не содержит таблиц.

Затем мы вызываем метод `cursor()` объекта `Connection`, чтобы получить курсор для базы данных:

```
>>> cur = conn.cursor()
```

Метод `cursor` возвращает объект `Cursor`, который имеет возможность доступа и изменения базы данных. Мы назначаем объект `Cursor` переменной `cur`. Объект `Cursor` будет использоваться для выполнения операций с таблицами базы данных, таких как извлечение строк, вставка строк, изменение строк и удаление строк.

После завершения работы с базой данных следует вызвать метод `commit()` объекта `Connection`, чтобы сохранить все изменения, внесенные в базу данных. Вот пример:

```
>>> conn.commit()
```

Последний шаг состоит в том, чтобы закрыть соединение с базой данных с помощью метода `close()` объекта `Connection`:

```
>>> conn.close()
```

Программа 14.1 демонстрирует исходный код Python, который выполняет эти шаги.

Программа 14.1 (sqlite_skeleton.py)

```
 1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     conn = sqlite3.connect('contacts.db')
 5     cur = conn.cursor()
 6
 7     # Здесь вставить код для выполнения операций с базой данных.
 8
 9     conn.commit()
10     conn.close()
11
12 # Вызвать главную функцию.
14 if __name__ == '__main__':
15     main()
```

Указание месторасположения базы данных на диске

Когда в качестве аргумента функции `connect` вы передаете имя файла, не содержащее путь, СУБД предполагает, что месторасположение файла совпадает с расположением программы. Например, предположим, что программа находится в следующей папке на компьютере с ОС Windows:

C:\Users*Имя_пользователя*\Documents\Python

Если программа запущена и выполняет следующую ниже инструкцию, то файл contacts.db создается в той же папке:

```
sqlite3.connect('contacts.db')
```

Если вы хотите открыть соединение с файлом базы данных в другом месторасположении, то вы можете указать путь, а также имя файла в аргументе, который вы передаете в функцию `connect`. Если вы указываете путь в строковом литерале (в особенности на компьютере с ОС Windows), то следует предварить строку буквой `r`. Вот пример:

```
sqlite3.connect(r'C:\Users\Имя_пользователя\temp\contacts.db')
```

Напомним из *главы 6*, что префикс `r` указывает на то, что строка является сырым строковым значением. Это приводит к тому, что интерпретатор Python будет читать символы обратной косой черты буквально, как обратные косые черты. Без префикса `r` интерпретатор предположил бы, что символы обратной косой черты являются частью экранирующих последовательностей, и произошла бы ошибка.

Передача инструкций языка SQL в СУБД

Ранее мы упоминали, что вы выполняете операции с базой данных, создавая инструкции SQL в виде строк, а затем используя библиотечный метод для передачи этих строк в СУБД. С помощью SQLite вы используете метод `execute()` объекта `Cursor` для передачи инструкции языка SQL в СУБД. Вот общий формат вызова метода `execute()`:

```
cur.execute(Строка_SQL)
```

В общем формате *`cur`* — это имя объекта `Cursor`, а *`Строка_SQL`* — строковый литерал либо строковая переменная, содержащая инструкцию SQL. Метод `execute()` отправляет строку в СУБД SQLite, которая, в свою очередь, выполняет ее в базе данных.



Контрольная точка

14.11. Что такое курсор?

14.12. Когда вы получаете курсор для базы данных: до или после подключения к базе данных?

14.13. Почему важно фиксировать любые изменения, вносимые в базу данных?

14.14. Какую функцию/метод следует вызывать для подключения к базе данных SQLite?

14.15. Что происходит при подключении к несуществующей базе данных?

14.16. Какой тип объекта используют для доступа и изменения данных в базе данных?

14.17. Какой метод вызывают, чтобы получить курсор для базы данных SQLite?

14.18. Какой метод вызывают для фиксации изменений в базе данных SQLite?

14.19. Какой метод вызывают, чтобы закрыть соединение с базой данных SQLite?

14.20. Какой метод вызывают для отправки инструкции SQL в СУБД SQLite?



14.4 Создание и удаление таблиц

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для создания таблицы в базе данных используется SQL-инструкция `CREATE TABLE`. Для удаления таблицы применяется SQL-инструкция `DROP TABLE`.



Видеозапись "Создание таблицы" (Creating a Table)

Создание таблицы

После создания новой базы данных с помощью функции `connect` модуля `sqlite3` необходимо добавить в базу данных одну или несколько таблиц. Для этого используется SQL-инструкция `CREATE TABLE`. Вот ее общий формат:

```
CREATE TABLE ИмяТаблицы (ИмяСтолбца1 ТипДанных1, ИмяСтолбца2 ТипДанных2, ...)
```

Здесь *ИмяТаблицы* — это имя создаваемой таблицы; *ИмяСтолбца1* — это имя первого столбца, *ТипДанных* — тип данных SQL для первого столбца; *ИмяСтолбца2* — это имя второго столбца, *ТипДанных2* — тип данных SQL для второго столбца. Эта последовательность повторяется для всех столбцов таблицы. Например, посмотрите на следующую инструкцию SQL:

```
CREATE TABLE Inventory (ItemName TEXT, Price REAL)
```

Эта инструкция создает таблицу `Inventory` (Инструменты). Таблица состоит из двух столбцов: `ItemName` и `Price`. Данные столбца `ItemName` имеют тип `TEXT`, а данные столбца `Price` — тип `REAL`. Однако не хватает одной вещи: первичного ключа. Ранее мы упоминали, что таблицы базы данных обычно имеют первичный ключ, т. е. столбец, содержащий уникальное значение для каждой строки. Первичный ключ позволяет идентифицировать каждую строку в таблице. Можно назначить столбец в качестве первичного ключа, указав ограничение `PRIMARY KEY` после типа данных столбца. Вот общий формат:

```
CREATE TABLE ИмяТаблицы (ИмяСтолбца1 ТипДанных1 PRIMARY KEY,
                         ИмяСтолбца2 ТипДанных2,
                         ...)
```

При назначении первичного ключа также рекомендуется использовать ограничение `NOT NULL`. Оно указывает на то, что столбец нельзя оставлять пустым. Вот общий формат:

```
CREATE TABLE ИмяТаблицы (ИмяСтолбца1 ТипДанных1 PRIMARY KEY NOT NULL,
                         ИмяСтолбца2 ТипДанных2,
                         ...)
```

При назначении столбца в качестве первичного ключа необходимо обеспечить, чтобы никакие две строки в таблице не могли иметь одинакового значения в этом столбце. Возможна ситуация, что в нашей таблице `Inventory` два элемента могут иметь одно и то же имя. Например, в магазине бытовой техники может быть несколько предметов с названием "отвертка". Кроме того, вполне вероятно, что несколько предметов могут иметь одинаковую цену.

Следовательно, мы не можем использовать ни столбец `ItemName`, ни столбец `Price` в качестве первичного ключа.

Поскольку мы не можем назначить их первичными ключами, добавим в нашу таблицу еще один столбец и будем использовать его в качестве первичного ключа. Давайте добавим столбец с типом `INTEGER` и именем `ItemID`. Вот инструкция SQL для создания таблицы:

```
CREATE TABLE Inventory (ItemID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
                        ItemName TEXT,
                        Price REAL)
```

В этой инструкции столбец `ItemID` имеет тип `INTEGER` и указан в качестве первичного ключа. В SQLite любой столбец, обозначенный как `INTEGER` и `PRIMARY KEY`, также станет автоматически сохраняемым идентификаторным столбцом. Это означает, что если при добавлении строки в таблицу значение для столбца `ItemID` явно не указано, то СУБД автоматически сгенерирует для столбца уникальное целочисленное значение. Это значение будет на 1 больше текущего наибольшего значения в идентификатором столбце.



ПРИМЕЧАНИЕ

Важность наличия первичного ключа в таблице базы данных, возможно, пока еще не очевидна. Позже, когда вы начнете создавать связи между несколькими таблицами, вы увидите, что первичные ключи очень важны.



СОВЕТ

Инструкции SQL имеют свободную форму, а значит, символы табуляции, новой строки и пробелы между ключевыми словами игнорируются. Например, инструкция

```
CREATE TABLE Inventory (ItemName TEXT, Price REAL)
```

работает так же, как и:

```
CREATE TABLE Inventory
(
   ItemName TEXT,
   Price REAL
)
```

Кроме того, ключевые слова языка SQL и имена таблиц не чувствительны к регистру. Приведенная выше инструкция может быть написана следующим образом:

```
create table inventory (ItemName text, Price real)
```

В этой книге мы следуем правилу написания ключевых слов SQL прописными буквами, поскольку это визуально отличает инструкции SQL от кода Python.

В целях исполнения нашей SQL-инструкции в Python мы должны передать в метод `execute()` объекта `Cursor` инструкцию в виде строкового значения. Один из способов — присвоить это значение переменной, а затем передать переменную методу `execute()`. В следующем примере предположим, что `cur` является объектом `Cursor`:

```
sql = '''CREATE TABLE Inventory (ItemID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
                                 ItemName TEXT,
                                 Price REAL)'''
cur.execute(sql)
```

Еще один подход состоит в том, чтобы просто передать в метод `execute()` инструкцию SQL в виде строкового литерала. Вот пример:

```
cur.execute('''CREATE TABLE Inventory (ItemID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
                                       ItemName TEXT,
                                       Price REAL)''')
```

Обратите внимание, что в обоих приведенных выше примерах мы заключили инструкцию SQL в тройные кавычки. Это связано с тем, что оператор SQL слишком длинный, чтобы поместиться в одной строке кода. Вспомните из *главы 2*, что строковый литерал в тройных кавычках может охватывать несколько строк кода. В программном коде Python обычно проще написать длинную инструкцию SQL в виде строкового литерала с тройными кавычками, чем писать ее в виде нескольких сцепленных строк.

В программе 14.2 приведен полный исходный код, который подсоединяется к базе данных с именем inventory.db и создает таблицу `Inventory`. Программа не выводит на экран никаких результатов.

Программа 14.2 (add_table.py)

```
1 import sqlite3
2
3 def main():
4     # Подсоединиться к базе данных.
5     conn = sqlite3.connect('inventory.db')
6
7     # Получить курсор.
8     cur = conn.cursor()
9
10    # Добавить таблицу Inventory.
11    cur.execute('''CREATE TABLE Inventory (ItemID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
12                                           ItemName TEXT,
13                                           Price REAL)''')
14
15    # Зафиксировать изменения.
16    conn.commit()
17
18    # Закрыть соединение.
19    conn.close()
20
21 # Вызвать главную функцию.
22 if __name__ == '__main__':
23     main()
```

Создание нескольких таблиц

Обычно базы данных содержат несколько таблиц. Например, база данных компании может содержать одну таблицу для хранения данных о клиентах, а другую таблицу для хранения данных о сотрудниках.

В программе 14.3 показан пример, в котором создаются две такие таблицы в базе данных. Инструкция в строках 11–13 программы создает таблицу `Customers`, содержащую три столбца: `CustomerID` (ID клиента), `Name` (Имя) и `Email` (Электронная почта). Инструкция в строках 16–18 создает таблицу `Employees` (Служащие), содержащую три столбца: `EmployeeID` (ID служащего), `Name` (Имя) и `Position` (Должность). (Программа не выводит никакого результата на экран.)

Программа 14.3 (multiple_tables.py)

```
 1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     # Подсоединиться к базе данных.
 5     conn = sqlite3.connect('company.db')
 6
 7     # Получить курсор.
 8     cur = conn.cursor()
 9
10     # Добавить таблицу Customers.
11     cur.execute('''CREATE TABLE Customers (CustomerID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
12                                            Name TEXT,
13                                            Email TEXT)''')
14
15     # Добавить таблицу Employees.
16     cur.execute('''CREATE TABLE Employees (EmployeeID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
17                                            Name TEXT,
18                                            Position TEXT)''')
19
20     # Зафиксировать изменения.
21     conn.commit()
22
23     # Закрыть соединение.
24     conn.close()
25
26 # Вызвать главную функцию.
27 if __name__ == '__main__':
28     main()
```

Создание таблицы, только если она еще не существует

При попытке создать уже существующую таблицу возникнет ошибка. Ради предотвращения ошибки вы можете использовать вот такой формат инструкции `CREATE TABLE`:

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS ИмяТаблицы (ИмяСтолбца1 ТипДанных1,
                                       ИмяСтолбца2 ТипДанных2, ...)
```

При использовании инструкции `CREATE TABLE` с выражением `IF NOT EXISTS` указанная таблица будет создана только в том случае, если она еще не существует. В противном случае инструкция не станет ее создать, и ошибка будет устранена. Вот пример:

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS Inventory (ItemID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
                                      ItemName TEXT,
                                      Price REAL)
```

Удаление таблицы

Если вам нужно удалить таблицу, то для этого вы можете воспользоваться SQL-инструкцией `DROP TABLE`. Вот ее общий формат:

```
DROP TABLE ИмяТаблицы
```

Здесь *ИмяТаблицы* — это имя удаляемой таблицы. После выполнения указанной инструкции таблица и все содержащиеся в ней данные будут удалены. Например, если предположить, что `cur` является объектом `Cursor`, то вот пример удаления таблицы `Temp`:

```
>>> cur.execute('DROP TABLE Temp')
```

При попытке удалить уже существующую таблицу возникнет ошибка. В целях предотвращения ошибки вы можете использовать вот такой формат инструкции `DROP TABLE`:

```
DROP TABLE IF EXISTS ИмяТаблицы
```

При использовании инструкции `DROP TABLE` с выражением `IF EXISTS` указанная таблица будет удалена только в том случае, если она существует. Если таблицы нет, инструкция не будет пытаться удалить ее, и ошибка будет устранена.

Пусть `cur` является объектом `Cursor`, тогда вот пример:

```
>>> cur.execute('DROP TABLE IF EXISTS Temp')
```



Контрольная точка

14.21. Напишите инструкцию SQL для создания таблицы с именем `Book`. В таблице `Book` должны быть столбцы, содержащие название издателя, имя автора, число страниц и 10-символьный код ISBN.

14.22. Напишите инструкцию удаления таблицы `Book`, созданной в контрольном упражнении 14.21.

14.5 Добавление данных в таблицу

Ключевые положения

Инструкция `INSERT` на языке SQL используется для вставки новой строки в таблицу.



Видеозапись "Добавление данных в таблицу" (Adding Data to a table)

Создав файл базы данных и одну или нескольких таблиц в базе данных, можно добавлять строки в таблицы. В SQL инструкция `INSERT` используется для вставки строки в таблицу базы данных. Вот общий формат:

```
INSERT INTO ИмяТаблицы (ИмяСтолбца1, ИмяСтолбца2, ...)
VALUES (Значение1, Значение2, ...)
```

Здесь *ИмяСтолбца1*, *ИмяСтолбца2*, ... — это список имен столбцов; *Значение1*, *Значение2*, ... — список соответствующих значений. В новой строке *Значение1* появится в столбце, указанном в *ИмяСтолбца1*, *Значение2* появится в столбце, указанном в *ИмяСтолбца2*, и т. д.

Предположим, что `cur` является объектом `Cursor` для базы данных inventory.db. Вот пример, в котором вставляется строка в таблицу `Inventory`:

```
cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemID, ItemName, Price)
               VALUES (1, "Отвертка", 4.99)''')
```

Эта инструкция создаст новую строку, содержащую следующие значения столбцов:

```
ItemID: 1
ItemName: Отвертка
Price: 4.99
```

Поскольку столбец `ItemID` одновременно имеет тип `INTEGER` и является первичным ключом (`PRIMARY KEY`), СУБД автоматически сгенерирует для него уникальное целочисленное значение, если мы его не предоставим. Если мы хотим использовать автоматически сгенерированное значение, мы можем просто опустить столбец `ItemID` из инструкции `INSERT`, как показано ниже:

```
cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
               VALUES ("Отвертка", 4.99)''')
```

Эта инструкция создаст новую строку с автоматически сгенерированным целочисленным значением, присвоенным столбцу `ItemID`, слово "Отвертка" будет назначено столбцу `ItemName`, а цена `4.99` — столбцу `Price`.

Стоит отметить, что приведенная выше инструкция SQL является строковым литералом, а внутри него находится другой строковый литерал — `"Отвертка"`. Инструкция SQL заключена в тройные кавычки, а внутреннее строковое значение заключено в двойные кавычки (рис. 14.4). При желании вы можете использовать тройные кавычки для обрамления инструкции SQL и одинарные кавычки для обрамления внутреннего строкового значения, как показано в следующем примере:

```
cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
               VALUES ('Отвертка', 4.99)''')
```

Важно помнить, что кавычки, которые вы используете во внутреннем строковом значении, должны отличаться от кавычек, которые вы используете во внешнем строковом значении.



РИС. 14.4. Кавычки, обрамляющие внешний и внутренний строковые литералы

В программе 14.4 представлен пример добавления строк в таблицу `Inventory` в базе данных inventory.db. Предполагается, что база данных inventory.db уже создана и таблица `Inventory` добавлена в базу данных. Перед запуском программы 14.4 убедитесь, что вы уже добавили таблицу, выполнив программу add_table.py (см. программу 14.3).

Программа 14.4 (insert_rows.py)

```
 1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     # Подсоединиться к базе данных.
 5     conn = sqlite3.connect('inventory.db')
 6
 7     # Получить курсор.
 8     cur = conn.cursor()
 9
10     # Добавить строку в таблицу Inventory.
11     cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
12                    VALUES ("Отвертка", 4.99)''')
13
14     # Добавить еще одну строку в таблицу Inventory.
15     cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
16                    VALUES ("Молоток", 12.99)''')
17
18     # Добавить еще одну строку в таблицу Inventory.
19     cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
20                    VALUES ("Плоскогубцы", 14.99)''')
21
22     # Зафиксировать изменения.
23     conn.commit()
24
25     # Закрыть соединение.
26     conn.close()
27
28 # Вызвать главную функцию.
29 if __name__ == '__main__':
30     main()
```

Давайте рассмотрим программу подробнее. Строка 5 подключается к базе данных, а строка 8 получает объект `Cursor`. Инструкция в строках 11–12 программы вставляет новую строку в таблицу `Inventory` со следующими данными:

`ItemID:` *(автоматически сгенерированное значение)*
`ItemName: Отвертка`
`Price: 4.99`

Инструкция в строках 15–16 программы вставляет еще одну новую строку в таблицу `Inventory` со следующими данными:

```
ItemID: (автоматически сгенерированное значение)
ItemName: Молоток
Price: 12.99
```

Инструкция в строках 19–20 программы вставляет еще одну новую строку в таблицу `Inventory` со следующими данными:

```
ItemID: (автоматически сгенерированное значение)
ItemName: Плоскогубцы
Price: 14.99
```

Строка 23 фиксирует изменения в базе данных, строка 26 закрывает соединение с базой данных. На рис. 14.5 показано содержимое таблицы `Inventory` после выполнения программы. Обратите внимание, что столбец `ItemID` содержит автоматически сгенерированные значения 1, 2 и 3.

ItemID	ItemName	Price
1	Отвертка	4.99
2	Молоток	12.99
3	Плоскогубцы	14.99

РИС. 14.5. Содержимое таблицы `Inventory`

Вставка нескольких строк с помощью одной инструкции *INSERT*

В программе 14.4 используются три отдельные инструкции `INSERT` для вставки трех строк в таблицу `Inventory`. В качестве альтернативы вы можете вставить несколько строк в таблицу с помощью всего одной инструкции `INSERT`. Вот пример инструкции, которая вставляет три строки в таблицу `Inventory`:

```
cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
               VALUES ("Отвертка", 4.99),
                      ("Молоток", 12.99),
                      ("Плоскогубцы", 14.99)''')
```

Как видно из примера, ключевое слово `VALUES` достаточно записать один раз с последующими несколькими наборами значений, разделенными запятыми.

Вставка нулевых данных

Иногда может не оказаться всех данных для строки, которую вы вставляете в таблицу. Например, предположим, что вы хотите добавить новую позицию в таблицу `Inventory`, но у вас еще нет цены этого товара. В такой ситуации вы можете использовать значение `NULL` для столбца `Price`, понимая, что позже вы обновите строку с правильной ценой. Вот пример:

```
cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
               VALUES ("Электродрель", NULL)''')
```

Вы также можете неявно присвоить NULL столбцу, просто оставив столбец вне инструкции INSERT. Вот пример:

```
cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName)
               VALUES ("Электродрель")''')
```

Значение NULL должно использоваться только в качестве местозаполнителя для неизвестных данных. Если вы попытаетесь использовать NULL в вычислительной операции, это, скорее всего, приведет к исключению или неправильному результату. По этой причине при назначении NULL столбцу следует соблюдать осторожность. Для того чтобы столбцу никогда не присваивалось значение NULL, при создании таблицы нужно использовать ограничение NOT NULL. Вот пример:

```
CREATE TABLE Inventory (ItemID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
                        ItemName TEXT NOT NULL,
                        Price REAL NOT NULL)
```

В этом примере мы применили ограничение NOT NULL ко всем трем столбцам таблицы. Первый столбец, ItemID, является целочисленным первичным ключом INTEGER PRIMARY KEY. Если мы присвоим NULL целочисленному первичному ключу, то СУБД создаст значение для столбца автоматически. Если мы попытаемся назначить NULL столбцам ItemName или Price, СУБД выдаст исключение.

Вставка значений переменных

Вам часто нужно будет вставлять значения переменных в столбцы таблицы базы данных. Например, вам может потребоваться написать программу, которая получает значения от пользователя, а затем вставляет эти значения в строку. Для выполнения этой работы SQLite позволяет написать инструкцию SQL, в которой вопросительные знаки появляются в качестве местозаполнителей для значений. Например, взгляните на следующий строковый литерал, содержащий инструкцию INSERT:

```
'''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price) VALUES (?, ?)'''
```

Обратите внимание, что выражение VALUES вместо фактических значений содержит вопросительные знаки. Когда мы вызываем метод execute(), мы передаем этот строковый литерал в качестве первого аргумента, а кортеж переменных — в качестве второго аргумента. Значения переменных будут вставлены вместо вопросительных знаков перед передачей инструкции SQL в СУБД. Этот тип инструкции SQL называется *параметризованным запросом*. Вот общий формат передачи параметризованного запроса в метод execute():

```
cur.execute(СтрокаSQL_с_Местозаполнителями, (Переменная1, Переменная2, ...))
```

Когда эта инструкция исполняется, значение *Переменной1* будет вставлено вместо первого вопросительного знака, значение *Переменной2* — вместо второго вопросительного знака и т. д. В приведенном ниже фрагменте кода показано применение этого технического приема для добавления строки в таблицу Inventory в базе данных inventory.db. Предположим, что cur — это объект Cursor.

```
1 item_name = "Гаечный ключ"
2 price = 16.99
3 cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
4                VALUES (?, ?)''',
5                (item_name, price))
```

В этом фрагменте кода строка 1 присваивает "Гаечный ключ" переменной item_name, а строка 2 присваивает 16.99 переменной price. Обратите внимание на вопросительные знаки, которые появляются в выражении VALUES в строке 4. При исполнении метода execute() значение переменной item_name займет место первого вопросительного знака, а значение переменной price — место второго вопросительного знака. В результате в таблицу будет вставлена следующая строка:

```
ItemID: (автоматически сгенерированное значение)
ItemName: Гаечный ключ
Price: 16.99
```

В программе 14.5 приведен полный исходный код, который получает от пользователя названия позиций и цены, а затем сохраняет входные данные в таблице Inventory.

Программа 14.5 (insert_variables.py)

```
1 import sqlite3
2
3 def main():
4     # Переменная управления циклом.
5     again = 'д'
6
7     # Подсоединиться к базе данных.
8     conn = sqlite3.connect('inventory.db')
9
10    # Получить курсор.
11    cur = conn.cursor()
12
13    while again == 'д':
14        # Получить название и цену позиции.
15        item_name = input('Название: ')
16        price = float(input('Цена: '))
17
18        # Добавить позицию в таблицу Inventory.
19        cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
20                       VALUES (?, ?)''',
21                       (item_name, price))
22
23        # Добавить еще?
24        again = input('Добавить еще одну позицию? (д/н): ')
25
26    # Зафиксировать изменения.
27    conn.commit()
28
29    # Закрыть соединение.
30    conn.close()
31
```

```
32 # Вызвать главную функцию.
33 if __name__ == '__main__':
34     main()
```

Вывод программы (ввод выделен жирным шрифтом)

```
Название: Пила Enter
Цена: 24.99 Enter
Добавить еще одну позицию? (д/н): д Enter
Название: Дрель Enter
Цена: 89.99 Enter
Добавить еще одну позицию? (д/н): д Enter
Название: Рулетка Enter
Цена: 8.99 Enter
Добавить еще одну позицию? (д/н): н Enter
```

Значение Python `None` и значение SQLite `NULL` эквивалентны. Если переменная имеет значение `None` и это значение переменной вы вставляете в столбец, столбцу будет присвоено значение `NULL`. По этой причине следует соблюдать осторожность, чтобы непреднамеренно не присвоить `NULL` столбцу при вставке значения переменной в инструкции `INSERT`. Вот пример:

```
item_name = "Гаечный ключ"
price = None
cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
               VALUES (?, ?)''',
               (item_name, price))
```

Этот код вставит в таблицу `Inventory` следующую строку:

```
ItemID: (автоматически сгенерированное значение)
ItemName: Гаечный ключ
Price: NULL
```

Следите за атаками SQL-инъекций

По соображениям безопасности *никогда* не используйте конкатенацию строк для вставки введенных пользователем данных непосредственно в инструкцию SQL. Вот пример:

```
# ВНИМАНИЕ! НЕ пишите такой код!
name = input('Введите название позиции: ')
price = float(input('Введите цену: '))
cur.execute('INSERT INTO Inventory (ItemName, Price) ' +
            'VALUES ("' + name + '", ' + str(price) + ')')
```

Кроме того, вы никогда не должны вставлять вводимые пользователем данные в инструкцию SQL с использованием местозаполнителей f-строки, как показано ниже:

```
# ВНИМАНИЕ! НЕ пишите такой код!
name = input('Введите название позиции: ')
price = float(input('Введите цену: '))
```

```
cur.execute(f'INSERT INTO Inventory (ItemName, Price) ' +
            f'VALUES ("{name}", {price})')
```

Эти приемы работы делают вашу программу уязвимой для атаки, которая называется *SQL-инъекцией*. Инъекция SQL может произойти, когда приложение запрашивает у пользователя входные данные, и вместо ввода ожидаемых данных пользователь вводит фрагмент искусно разработанного кода SQL. Когда этот фрагмент SQL-кода вставляется в инструкцию SQL вашей программы, он изменяет характер исполнения инструкции и потенциально выполняет вредоносное действие в вашей базе данных. Вместо конкатенации строк или местозаполнителей f-строк для сборки инструкций SQL следует использовать параметризованные запросы, как было показано ранее в этой главе. Большинство СУБД выполняют параметризованные запросы таким образом, чтобы исключить возможность инъекции SQL.

Существуют и другие технические приемы предотвращения инъекции SQL. Например, перед вставкой входных данных пользователя в инструкцию SQL программа может проверить эти данные, чтобы убедиться, что они не содержат операторов или других символов, которые могут указывать на то, что пользователь ввел код SQL. Если ввод выглядит подозрительно, то он отклоняется.

Эта глава предназначена для введения в программирование баз данных на языке Python, поэтому мы не будем подробно останавливаться на предотвращении атаки с использованием инъекций SQL. Однако при написании кода в рабочей среде вы обязаны обеспечить безопасность своих программ. Инъекция SQL — это один из наиболее распространенных способов взлома веб-сайтов хакерами, поэтому следует изучить эту тему подробнее позже.



Контрольная точка

14.23. Напишите инструкцию SQL для вставки следующих данных в таблицу `Inventory` базы данных inventory.db:

```
ItemID: 10
ItemName: "Циркулярная пила"
Price: 199.99
```

14.24. Напишите инструкцию SQL для вставки следующих данных в таблицу `Inventory` базы данных inventory.db:

```
ItemID: автоматически сгенерированный
ItemName: "Зубило"
Price: 8.99
```

14.25. Предположим, что `cur` является объектом Cursor, переменная `name_input` ссылается на строковое значение, а переменная `price_input` ссылается на значение с плавающей точкой. Напишите инструкцию, в которой используется параметризованный запрос SQL для добавления строки в таблицу `Inventory` базы данных inventory.db. В этом запросе значение переменной `name_input` вставляется в столбец `ItemName`, а значение переменной `price_input` — в столбец `Price`.

14.6 Запрос данных с помощью инструкции SQL *SELECT*

Ключевые положения

Инструкция `SELECT` используется в SQL для извлечения данных из базы данных.

Образец базы данных

В этом разделе мы используем инструкцию `SELECT` для извлечения строк из таблицы. В наших примерах мы будем работать с образцом базы данных, которая входит в исходный код этой книги. База данных содержит данные от вымышленной компании, которая продает шоколадные изделия для гурманов. База данных называется chocolate.db и содержит таблицу `Products` со следующими столбцами:

- `ProductID` (ID изделия) — `INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL`;
- `Description` (описание) — `TEXT`;
- `UnitCost` (стоимость единицы) — `REAL`;
- `RetailPrice` (розничная цена) — `REAL`;
- `UnitsOnHand` (единиц в наличии) — `INTEGER`.

Таблица `Products` содержит строки данных, приведенные в табл. 14.2.

Таблица 14.2. Таблица `Products` в базе данных chocolate.db

ProductID	Description	UnitCost	RetailPrice	UnitsOnHand
1	Плитка темного шоколада	2.99	5.99	197
2	Плитка средняя темного шоколада	2.99	5.99	406
3	Плитка молочного шоколада	2.99	5.99	266
4	Шоколадные трюфели	5.99	11.99	398
5	Плитка шоколада с карамелью	3.99	6.99	272
6	Плитка шоколада с малиной	3.99	6.99	363
7	Плитка шоколада с кешью	4.99	9.99	325
8	Смесь горячего шоколада	5.99	12.99	222
9	Стружка из полусладкого шоколада	1.99	3.99	163
10	Стружка из белого шоколада	1.99	3.99	293

Инструкция *SELECT*

Как следует из названия, инструкция `SELECT` позволяет выбирать те или иные строки в таблице. Мы начнем с очень простой формы этой инструкции:

```
SELECT Столбцы FROM Таблица
```



Видеозапись "Инструкция SELECT" (The SELECT Statement)

Здесь *Столбцы* — это одно или несколько имен столбцов; *Таблица* — имя таблицы. Когда эта инструкция исполняется, она извлекает указанные столбцы из каждой строки указанной таблицы. Вот пример инструкции SELECT, которую мы могли бы исполнить для базы данных chocolate.db:

```
SELECT Description FROM Products
```

Эта инструкция извлекает столбец Description для каждой строки из таблицы Products.

Вот еще один пример:

```
SELECT Description, RetailPrice FROM Products
```

Эта инструкция извлекает столбцы Description и RetailPrice для каждой строки из таблицы Products.

В Python использование инструкции SELECT с СУБД SQLite представляет собой двухшаговый процесс:

1. Выполнить инструкцию SELECT. Сначала вы передаете инструкцию SELECT в виде строкового литерала в метод execute() объекта Cursor. СУБД извлекает результаты инструкции SELECT, но *не* возвращает эти результаты в вашу программу.
2. Получить результаты. После исполнения инструкции SELECT нужно вызвать метод fetchall() или метод fetchone() для получения результатов (fetchall и fetchone являются методами объекта Cursor).

Метод fetchall() объекта Cursor возвращает результаты инструкции SELECT в виде списка кортежей. В целях ознакомления с тем, как это работает, посмотрите на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
1 >>> import sqlite3
2 >>> conn = sqlite3.connect('chocolate.db')
3 >>> cur = conn.cursor()
4 >>> cur.execute('SELECT Description, RetailPrice FROM Products')
5 <sqlite3.Cursor object at 0x0000024E5E0FFE30>
6 >>> cur.fetchall()
7 [('Плитка темного шоколада', 5.99),
  ('Плитка средняя темного шоколада', 5.99),
  ('Плитка молочного шоколада', 5.99),
  ('Шоколадные трюфели', 11.99),
  ('Плитка шоколада с карамелью', 6.99),
  ('Плитка шоколада с малиной', 6.99),
  ('Плитка шоколада с кешью', 9.99),
  ('Смесь горячего шоколада', 12.99),
  ('Стружка из полусладкого шоколада', 3.99),
  ('Стружка из белого шоколада', 3.99)]
```

Инструкция SELECT в строке 4 извлекает столбцы Description и RetalPrice из каждой строки таблицы Products. Обратите внимание, что при вызове метода fetchall() в строке 6 указанный метод возвращает все результаты инструкции SELECT в виде списка кортежей. Каждый элемент списка является кортежем, и каждый кортеж имеет два элемента: описание и розничную цену. Если бы мы извлекали эти данные в программе, то мы, вероятно, захотели бы прокрутить список в цикле и распечатать каждый элемент кортежа в более удобном для чтения формате. В программе 14.6 показан пример.

Программа 14.6 (get_descriptions_prices.py)

```
 1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     # Подсоединиться к базе данных.
 5     conn = sqlite3.connect('chocolate.db')
 6
 7     # Получить курсор.
 8     cur = conn.cursor()
 9
10     # Получить описания и розничные цены.
11     cur.execute('SELECT Description, RetailPrice FROM Products')
12
13     # Извлечь результаты инструкции SELECT.
14     results = cur.fetchall()
15
16     # Перебрать строки и показать результаты.
17     for row in results:
18         print(f'{row[0]:35} {row[1]:5}')
19
20     # Закрыть соединение с базой данных.
21     conn.close()
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 if __name__ == '__main__':
25     main()
```

Вывод программы

```
Плитка темного шоколада              5.99
Плитка средняя темного шоколада      5.99
Плитка молочного шоколада            5.99
Шоколадные трюфели                  11.99
Плитка шоколада с карамелью          6.99
Плитка шоколада с малиной            6.99
Плитка шоколада с кешью              9.99
Смесь горячего шоколада             12.99
Стружка из полусладкого шоколада     3.99
Стружка из белого шоколада           3.99
```

В этой программе строка 11 выполняет инструкцию `SELECT`, а строка 14 вызывает метод `fetchall()` для получения результатов инструкции `SELECT`. Результаты возвращаются в виде списка и присваиваются переменной `results`. Каждый элемент списка представляет собой кортеж, содержащий столбцы `Description` и `RetailPrice` из строки таблицы.

Цикл `for` в строках 17–18 программы перебирает список `results`. По мере выполнения цикла переменная строки будет ссылаться на кортеж из списка. Функция `print` в строке 18 использует f-строку для вывода на экран двух элементов кортежа, `row[0]` и `row[1]`. Элемент

в `row[0]` выводится в поле шириной 35 пробелов, а элемент в `row[1]` выводится в поле шириной 5 пробелов.

Вы видели, как метод `fetchall()` возвращает список, содержащий все строки, получаемые в результате исполнения инструкции `SELECT`. В качестве альтернативы можно применять метод `fetchone()`, который возвращает только одну строку в качестве кортежа при каждом его вызове. Метод `fetchone()` можно использовать для перебора результатов инструкции `SELECT` без извлечения всего списка. После исполнения инструкции `SELECT` первый вызов метода `fetchone()` возвращает первую строку в результатах, второй вызов метода `fetchone()` возвращает вторую строку в результатах и т. д. Если строк больше не осталось, метод `fetchone()` возвращает значение `None`. Взгляните на следующий интерактивный сеанс. Предположим, что `cur` является объектом `Cursor` для базы данных chocolate.db:

```
>>> cur.execute('SELECT Description, RetailPrice FROM Products') Enter
<sqlite3.Cursor object at 0x0084FBA0>
>>> cur.fetchone() Enter
("Плитка темного шоколада", 5.99) Enter
```

В приведенном выше сеансе инструкция `SELECT` извлекает столбцы `Description` и `RetailPrice` всех строк таблицы. Однако метод `fetchone()` вернул только первую строку результатов. Если мы снова вызовем метод `fetchone()`, то он вернет вторую строку, и т. д. Когда больше строк не останется, метод `fetchone()` вернет значение `None`. Программа 14.7 это демонстрирует.

Программа 14.7 **(fetchone_demo.py)**

```
 1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     # Подсоединиться к базе данных.
 5     conn = sqlite3.connect('chocolate.db')
 6
 7     # Получить курсор.
 8     cur = conn.cursor()
 9
10     # Выбрать все столбцы из каждой строки таблицы Products.
11    cur.execute('SELECT Description, RetailPrice FROM Products')
12
13     # Извлечь первую строку результатов.
14     row = cur.fetchone()
15
16     while row != None:
17         # Показать строку.
18         print(f'{row[0]:35} {row[1]:5}')
19
20         # Извлечь следующую строку.
21         row = cur.fetchone()
22
```

```
    # Закрыть соединение с базой данных.
    conn.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Плитка темного шоколада              5.99
Плитка средняя темного шоколада      5.99
Плитка молочного шоколада            5.99
Шоколадные трюфели                  11.99
Плитка шоколада с карамелью          6.99
Плитка шоколада с малиной            6.99
Плитка шоколада с кешью              9.99
Смесь горячего шоколада             12.99
Стружка из полусладкого шоколада     3.99
Стружка из белого шоколада           3.99
```

Выбор всех столбцов в таблице

Если вы хотите использовать инструкцию `SELECT` для извлечения каждого столбца таблицы, можете использовать символ `*` вместо перечисления имен столбцов. Вот пример:

```
SELECT * FROM Products
```

Эта инструкция извлекает каждый столбец для каждой строки из таблицы `Products`. Предположим, что мы подсоединились к базе данных chocolate.db, а `cur` — это объект `Cursor`. Следующий интерактивный сеанс демонстрирует пример:

```
>>> cur.execute('SELECT * FROM Products') Enter
<sqlite3.Cursor object at 0x03AB4520>
>>> cur.fetchall()
[(1, 'Плитка темного шоколада', 2.99, 5.99, 197),
 (2, 'Плитка средняя темного шоколада', 2.99, 5.99, 406),
 (3, 'Плитка молочного шоколада', 2.99, 5.99, 266),
 (4, 'Шоколадные трюфели', 5.99, 11.99, 398),
 (5, 'Плитка шоколада с карамелью', 3.99, 6.99, 272),
 (6, 'Плитка шоколада с малиной', 3.99, 6.99, 363),
 (7, 'Плитка шоколада с кешью', 4.99, 9.99, 325),
 (8, 'Смесь горячего шоколада', 5.99, 12.99, 222),
 (9, 'Стружка из полусладкого шоколада', 1.99, 3.99, 163),
 (10, 'Стружка из белого шоколада', 1.99, 3.99, 293)]
```

Программа 14.8 обеспечивает вывод результатов инструкции `SELECT` в более удобном для чтения формате.

Программа 14.8 (get_all_columns.py)

```
 1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     # Подсоединиться к базе данных.
 5     conn = sqlite3.connect('chocolate.db')
 6
 7     # Получить курсор.
 8     cur = conn.cursor()
 9
10     # Выбрать все столбцы из каждой строки таблицы Products.
11     cur.execute('SELECT * FROM Products')
12
13     # Излечь результаты инструкции SELECT.
14     results = cur.fetchall()
15
16     # Показать результаты.
17     for row in results:
18         print(f'{row[0]:2} {row[1]:35} {row[2]:5} {row[3]:6} {row[4]:5}')
19
20     # Закрыть соединение с базой данных.
21     conn.close()
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 if __name__ == '__main__':
25     main()
```

Вывод программы

```
 1 Плитка темного шоколада             2.99  5.99  197
 2 Плитка средняя темного шоколада     2.99  5.99  406
 3 Плитка молочного шоколада           2.99  5.99  266
 4 Шоколадные трюфели                  5.99 11.99  398
 5 Плитка шоколада с карамелью         3.99  6.99  272
 6 Плитка шоколада с малиной           3.99  6.99  363
 7 Плитка шоколада с кешью             4.99  9.99  325
 8 Смесь горячего шоколада             5.99 12.99  222
 9 Стружка из полусладкого шоколада    1.99  3.99  163
10 Стружка из белого шоколада          1.99  3.99  293
```

В этой программе строка 11 исполняет инструкцию `SELECT`, а строка 14 вызывает метод `fetchall()` для получения результатов инструкции `SELECT`. Результаты возвращаются в виде списка и присваиваются переменной `results`. В таблице пять столбцов, поэтому каждый элемент списка представляет собой кортеж, состоящий из пяти элементов.

Цикл `for` в строках 17–18 перебирает список `results`. По мере повторения цикла переменная `row` будет ссылаться на кортеж из списка. Функция `print` в строке 18 использует f-строку для вывода на экран элементов кортежа в столбцах.

Указание критериев поиска с помощью выражения *WHERE*

Иногда может потребоваться получить все строки из таблицы. Например, если вам нужен список всех товарных позиций из таблицы `Products`, инструкция `SELECT * FROM Products` предоставит его вам. Однако обычно требуется сузить список до нескольких выбранных строк таблицы. Вот тут-то и вступает в игру выражение `WHERE`. Его можно использовать с инструкцией `SELECT` для указания критериев поиска. Если использовать выражение `WHERE`, то в результирующем наборе будут возвращены только те строки, которые удовлетворяют критерию поиска. Общий формат инструкции `SELECT` с выражением `WHERE` таков:

```
SELECT Столбцы FROM Таблица WHERE Критерий
```

Здесь *Критерий* — это условное выражение. Вот пример инструкции `SELECT`, в которой используется выражение `WHERE`:

```
SELECT * FROM Products WHERE RetailPrice > 10.00
```

В первой части инструкции `SELECT * FROM Products` указывается, что мы хотим получить все столбцы. Выражение `WHERE` указывает на то, что нам нужны только те строки, в которых содержимое столбца `RetailPrice` превышает 10.00. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует. Предположим, что мы подсоединились к базе данных chocolate.db, и `cur` — это объект `Cursor`.

```
>>> cur.execute('SELECT * FROM Products WHERE RetailPrice > 10.00') Enter
<sqlite3.Cursor object at 0x03AB4520>
>>> cur.fetchall()
[(4, 'Шоколадные трюфели', 5.99, 11.99, 398),
 (8, 'Смесь горячего шоколада', 5.99, 12.99, 222)]
```

В приведенном ниже примере показано, каким образом можно получить только столбец `Description` для всех изделий, розничная цена которых превышает 10.00:

```
>>> cur.execute('SELECT Description FROM Products WHERE RetailPrice > 10.00') Enter
<объект sqlite3.Cursor в 0x03AB4520>
>>> cur.fetchall()
[('Шоколадные трюфели',), ('Смесь горячего шоколада',)]
```

SQLite поддерживает реляционные операторы, перечисленные в табл. 14.3. Например, следующая ниже инструкция выбирает все строки, в которых данные в столбце `UnitsOnHand` меньше 100:

```
SELECT * FROM Products WHERE UnitsOnHand < 100
```

Следующая инструкция выбирает все строки, в которых значение в столбце `UnitCost` равно 2.99:

```
SELECT * FROM Products WHERE UnitCost == 2.99
```

Приведенная ниже инструкция выбирает строку, в которой столбец описания равен `'Смесь горячего шоколада'`:

```
SELECT * FROM Products WHERE Description == 'Смесь горячего шоколада'
```

Обратите внимание, что в табл. 14.3 SQLite предоставляет два оператора "равно" и два оператора "не равно". Рекомендуется использовать `==` для равных сравнений равенства и `!=` для сравнения неравенства, поскольку это те же операторы, которые используются в Python.

Таблица 14.3. Реляционные операторы языка SQL

Оператор	Описание
>	Больше
<	Меньше
>=	Больше или равно
<=	Меньше или равно
==	Равно
=	Равно
!=	Не равно
<>	Не равно

Программа 14.9 позволяет пользователю ввести минимальную цену, а затем в таблице `Products` выполняет поиск строк, в которых столбец `RetailPrice` больше или равен указанной цене.

Программа 14.9 **(product_min_price.py)**

```
import sqlite3

def main():
    # Подсоединиться к базе данных.
    conn = sqlite3.connect('chocolate.db')

    # Получить курсор.
    cur = conn.cursor()

    # Получить от пользователя минимальную цену.
    min_price = float(input('Введите минимальную цену: '))

    # Отправить инструкцию SELECT в СУБД.
    cur.execute('''SELECT Description, RetailPrice FROM Products
                   WHERE RetailPrice >= ?''',
                (min_price,))

    # Извлечь результаты инструкции SELECT.
    results = cur.fetchall()

    if len(results) > 0:
        # Показать результаты.
        print('Вот результаты:')
        print()
        print('Описание                                Цена')
        print('-----------------------------------------')
```

```
        for row in results:
            print(f'{row[0]:35} {row[1]:>5}')
    else:
        print('Ни одно изделие не найдено.')

    # Закрыть соединение с базой данных.
    conn.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (ввод выделен жирным шрифтом)

```
Введите минимальную цену: 5.99 Enter
Вот результаты:

Описание                            Цена
-------------------------------------
Плитка темного шоколада             5.99
Плитка средняя темного шоколада     5.99
Плитка молочного шоколада           5.99
Шоколадные трюфели                 11.99
Плитка шоколада с карамелью         6.99
Плитка шоколада с малиной           6.99
Плитка шоколада с кешью             9.99
Смесь горячего шоколада            12.99
```

Логические операторы языка SQL: *AND*, *OR* и *NOT*

Логические операторы `AND` и `OR` можно использовать для указания нескольких критериев поиска в выражении `WHERE`. Например, посмотрите на следующую инструкцию:

```
SELECT * FROM Products
WHERE UnitCost > 3.00 AND UnitsOnHand < 100
```

Оператор `AND` требует истинности обоих критериев поиска, чтобы строка таблицы была квалифицирована как совпадающая. Единственные строки, которые будут возвращены из этой инструкции, — те, в которых столбец `UnitCost` больше 3.00, а столбец `UnitsOnHand` меньше 100.

Вот пример, в котором используется оператор `OR`:

```
SELECT * FROM Products
WHERE RetailPrice > 10.00 OR UnitsOnHand < 50
```

Оператор `OR` требует истинности любого критерия поиска, чтобы строка таблицы была квалифицирована как совпадающая. Эта инструкция выполняет поиск строк, в которых столбец `RetailPrice` больше 10.00 или столбец `UnitsOnHand` меньше 50.

Оператор `NOT` изменяет истинность своего операнда. Если оператор применяется к выражению, которое является истинным, то он возвращает ложь. Если оператор применяется к вы-

ражению, которое является ложным, он возвращает истину. Вот пример, в котором используется оператор NOT:

```
SELECT * FROM Products
WHERE NOT RetailPrice > 5.00
```

Эта инструкция выполняет поиск строк, в которых столбец RetailPrice не превышает 5.00.

Вот еще один пример:

```
SELECT * FROM Products
WHERE NOT(RetailPrice > 5.00 AND RetailPrice < 10.00)
```

Эта инструкция выполняет поиск строк, в которых столбец RetailPrice не превышает 5.00 и не менее 10.00.

Сравнение строковых значений в инструкции *SELECT*

Сравнение строковых значений в SQL чувствительно к регистру. Если вы выполните следующую ниже инструкцию для базы данных chocolate.db, то не получите никаких результатов:

```
SELECT * FROM Products
WHERE Description == "плитка молочного шоколада"
```

Однако вы можете использовать функцию lower() для конвертирования строкового значения в нижний регистр. Вот пример:

```
SELECT * FROM Products
WHERE lower(Description) == "плитка молочного шоколада"
```

Эта инструкция вернет строку таблицы, в которой столбец Description имеет значение "Плитка молочного шоколада". SQLite также предоставляет функцию upper(), которая конвертирует свой аргумент в верхний регистр.

Использование оператора *LIKE*

Иногда поиск точного строкового значения не дает желаемых результатов. Например, предположим, что нам нужен список всех плиток шоколада из таблицы Products. Следующая инструкция работать не будет. Догадываетесь, почему?

```
SELECT * FROM Products WHERE Description == "Плитка"
```

Эта инструкция будет искать строки таблицы, в которых столбец Description равен строковому значению "Плитка". К сожалению, он ничего не найдет. Если вы снова взглянете на табл. 14.1, то увидите, что ни в одной из строк таблицы Products нет столбца Description, равного "Плитка". Однако есть несколько строк, в которых слово "Плитка" действительно появляется в столбце Description. Например, в одной строке вы найдете "Плитка темного шоколада", в другой строке — "Плитка молочного шоколада". В еще одной строке вы обнаружите "Плитка шоколада с карамелью". В дополнение к слову "Плитка" каждая из этих строк содержит другие символы.

Для того чтобы найти все плитки шоколада, нам нужно отыскать строки, в которых "Плитка" появляется в качестве подстроки в столбце Description. Вы можете выполнить такой поиск с помощью оператора LIKE. Вот пример того, как его использовать:

```
SELECT * FROM Products WHERE Description LIKE "%Плитка%"
```

За оператором LIKE следует строковое значение, содержащее *симольный шаблон*. В этом примере симольным шаблоном является "%Плитка%". Символ % используется в качестве *подстановочного знака*. Он представляет любую последовательность из нуля или более символов. Шаблон "%Плитка%" указывает строковое значение, которое содержит "Плитка" с любыми символами перед ним или после него. Следующий интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> cur.execute('''SELECT * FROM Products
WHERE Description LIKE "%Bar%"''') Enter
<sqlite3.Cursor object at 0x035D4520>
>>> cur.fetchall()
[(1, 'Плитка темного шоколада', 2.99, 5.99, 197),
 (2, 'Плитка средняя темного шоколада', 2.99, 5.99, 406),
 (3, 'Плитка молочного шоколада', 2.99, 5.99, 266),
 (5, 'Плитка шоколада с карамелью', 3.99, 6.99, 272),
 (6, 'Плитка шоколада с малиной', 3.99, 6.99, 363),
 (7, 'Плитка шоколада с кешью', 4.99, 9.99, 325)]
```

Следующий интерактивный сеанс показывает еще один пример. В этом сеансе мы ищем все строки, в которых столбец Description содержит строковое значение "Стружка". Инструкция SELECT возвращает только столбец Description соответствующих строк таблицы:

```
>>> cur.execute('''SELECT Description FROM Products
                   WHERE Description LIKE "%Стружка%"''') Enter
<sqlite3.Cursor object at 0x035D4520>
>>> cur.fetchall()
[('Стружка из полусладкого шоколада',), ('Стружка из белого шоколада',)]
```

Вы также можете использовать подстановочный знак % для поиска строковых значений, которые начинаются с указанной подстроки или оканчиваются указанной подстрокой. Например, инструкция SELECT в следующем ниже интерактивном сеансе выполняет поиск строковых значений, в которых столбец Description имеет подстроку "шоколада":

```
>>> cur.execute('''SELECT Description FROM Products
                   WHERE Description LIKE "%шоколада"''') Enter
<sqlite3.Cursor object at 0x035D4520>
>>> cur.fetchall()
[('Плитка темного шоколада',),
 ('Плитка средняя темного шоколада',),
 ('Плитка молочного шоколада',),
 ('Смесь горячего шоколада',),
 ('Стружка из полусладкого шоколада',),
 ('Стружка из белого шоколада',)]
```

Инструкция SELECT в следующем ниже интерактивном сеансе выполняет поиск строк, в которых столбец Description начинается с подстроки "Смесь":

```
>>> cur.execute('''SELECT Description FROM Products
                   WHERE Description LIKE "%Смесь"''') Enter
<sqlite3.Cursor object at 0x035D4520>
>>> cur.fetchall()
[('Смесь горячего шоколада',)]
```

Вы можете объединить оператор NOT и оператор LIKE для поиска строк, которые не соответствуют некоторому шаблону. Например, предположим, что вам нужны описания всех изделий, которые не содержат слова "Плитка". Следующий ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> cur.execute('''SELECT Description FROM Products
                   WHERE Description NOT LIKE "%Плитка%"''') Enter
<sqlite3.Cursor object at 0x035D4520>
>>> cur.fetchall()
[('Шоколадные трюфели',),
 ('Смесь горячего шоколада',),
 ('Стружка из полусладкого шоколада',),
 ('Стружка из белого шоколада',)]
```

Сортировка результатов запроса *SELECT*

Если вы хотите отсортировать результаты запроса SELECT, можете использовать выражение ORDER BY. Вот пример:

```
SELECT * FROM Products ORDER BY RetailPrice
```

Эта инструкция создаст список всех строк таблицы Products, упорядоченных по столбцу розничных цен. Список будет отсортирован в порядке возрастания значений в столбце RetailPrice, т. е. первыми появятся изделия с самой низкой ценой. Программа 14.10 это демонстрирует.

Программа 14.10 (sorted_by_retailprice.py)

```
1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     # Подсоединиться к базе данных.
 5     conn = sqlite3.connect('chocolate.db')
 6
 7     # Получить курсор.
 8     cur = conn.cursor()
 9
10     # Выбрать все столбцы из каждой строки таблицы Products.
11     cur.execute('''SELECT Description, RetailPrice FROM Products
12                    ORDER BY RetailPrice''')
13
14     # Извлечь результаты инструкции SELECT.
15     results = cur.fetchall()
16
17     # Показать результаты.
18     for row in results:
19         print(f'{row[0]:35} {row[1]:5}')
20
21     # Закрыть соединение с базой данных.
22     conn.close()
```

```
23
24 # Вызвать главную функцию.
25 if __name__ == '__main__':
26     main()
```

Вывод программы

```
Стружка из полусладкого шоколада    3.99
Стружка из белого шоколада          3.99
Плитка темного шоколада             5.99
Плитка средняя темного шоколада     5.99
Плитка молочного шоколада           5.99
Плитка шоколада с карамелью         6.99
Плитка шоколада с малиной           6.99
Плитка шоколада с кешью             9.99
Шоколадные трюфели                 11.99
Смесь горячего шоколада            12.99
```

Вот инструкция `SELECT`, в которой используется выражение `WHERE` и выражение `ORDER BY`:

```
SELECT * FROM Products
WHERE RetailPrice > 9.00
ORDER BY RetailPrice
```

Эта инструкция создаст список всех строк таблицы `Products`, где столбец `RetailPrice` содержит значение, превышающее 9.00, в порядке возрастания по цене.

Если мы хотим, чтобы список был отсортирован в порядке убывания (от наиболшего значения до наименьшего), можем использовать оператор `DESC`, как показано ниже:

```
SELECT * FROM Products
WHERE RetailPrice > 9.00
ORDER BY RetailPrice DESC
```

Агрегатные функции

В языке SQL *агрегатная функция* выполняет вычисление на наборе значений из таблицы базы данных и возвращает одно значение. Например, функция `AVG` вычисляет среднее значение столбца, содержащего числовые данные. Вот пример инструкции `SELECT` с использованием функции `AVG`:

```
SELECT AVG(RetailPrice) FROM Products
```

Эта инструкция создает одно значение: среднее всех значений в столбце `RetailPrice`. Поскольку мы не использовали выражение `WHERE`, при расчете она перебирает все строки таблицы `Products`. Вот пример, который вычисляет среднюю цену всех изделий, имеющих описание, содержащее слово "Плитка":

```
SELECT AVG(Price) FROM Products WHERE Description LIKE "%Плитка%"
```

Еще одной агрегатной функцией является `SUM`, которая вычисляет сумму по столбцу, содержащему числовые значения. Следующая ниже инструкция вычисляет сумму значений в столбце `UnitsOnHand`:

```
SELECT SUM(UnitsOnHand) FROM Products
```

Функции MIN и MAX определяют минимальное и максимальное значения, находящиеся в столбце, содержащем числовые данные. Следующая ниже инструкция сообщит нам минимальное значение в столбце RetailPrice:

```
SELECT MIN(RetailPrice) FROM Products
```

Следующая ниже инструкция сообщит нам максимальное значение в столбце RetailPrice:

```
SELECT MAX(RetailPrice) FROM Products
```

Функция COUNT может использоваться для определения числа строк в таблице:

```
SELECT COUNT(*) FROM Products
```

Символ * просто указывает на то, что вы хотите подсчитать *все* строки таблицы. Вот еще один пример, который сообщает нам о числе изделий, цена которых превышает 9.95:

```
SELECT COUNT(*) FROM Products WHERE RetailPrice > 9.95
```

В коде Python наиболее простым способом получения значения, возвращаемого из агрегатной функции, является метод fetchone() объекта Cursor, как показано в приведенном ниже интерактивном сеансе:

```
>>> cur.execute('SELECT SUM(UnitsOnHand) FROM Products')
<sqlite3.Cursor object at 0x0030FD20>
>>> cur.fetchone()
(2905,)
```

Когда запрос возвращает только одно значение, метод fetchone() возвращает кортеж с одним элементом, имеющим индекс 0. Если вы хотите работать со значением, а не с кортежем, вы должны прочитать значение из кортежа. Например, в следующем ниже интерактивном сеансе мы назначаем кортеж, возвращаемый методом fetchone(), переменной results (строка 4), а затем назначаем элемент 0 кортежа results переменной total (строка 5):

```
1 >>> cur.execute('SELECT SUM(UnitsOnHand) FROM Products')
2 <sqlite3.Cursor object at 0x0030FD20>
3
4 >>> results = cur.fetchone()
5 >>> total = results[0]
```

Показанный в интерактивном сеансе программный код элементарен, но мы можем упростить его еще больше. Поскольку метод fetchone() возвращает кортеж, мы можем применить оператор [0] непосредственно к выражению, вызывающему этот метод:

```
1 >>> cur.execute('SELECT SUM(UnitsOnHand) FROM Products')
2 <sqlite3.Cursor object at 0x0030FD20>
3
4 >>> total = cur.fetchone()[0]
```

В строке 4 оператор [0] применяется к кортежу, возвращаемому методом fetchone(). Таким образом, значение, которое находится в элементе 0 кортежа, присваивается переменной total.

Программа 14.11 демонстрирует пример того, как можно использовать функции MIN, MAX и AVG для поиска минимальной, максимальной и средней цены в таблице Products.

Программа 14.11 (products_math.py)

```
 1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     # Подсоединиться к базе данных.
 5     conn = sqlite3.connect('chocolate.db')
 6
 7     # Получить курсор.
 8     cur = conn.cursor()
 9
10     # Получить самую низкую цену.
11     cur.execute('SELECT MIN(RetailPrice) FROM Products')
12     lowest = cur.fetchone()[0]
13
14     # Получить самую высокую цену.
15     cur.execute('SELECT MAX(RetailPrice) FROM Products')
16     highest = cur.fetchone()[0]
17
18     # Получить среднюю цену.
19     cur.execute('SELECT AVG(RetailPrice) FROM Products')
20     average = cur.fetchone()[0]
21
22     # Показать результаты.
23     print(f'Минимальная цена: ${lowest:.2f}')
24     print(f'Максимальная цена: ${highest:.2f}')
25     print(f'Средняя цена: ${average:.2f}')
26
27     # Закрыть соединение с базой данных.
28     conn.close()
29
30 # Вызвать главную функцию.
31 if __name__ == '__main__':
32     main()
```

Вывод программы

```
Минимальная цена: $3.99
Максимальная цена: $12.99
Средняя цена: $7.49
```



Контрольная точка

14.26. Посмотрите на следующую ниже инструкцию SQL.

```
SELECT Id FROM Account
```

а) Как называется таблица, из которой эта инструкция извлекает данные?

б) Как называется извлекаемый столбец?

14.27. Предположим, что в базе данных есть таблица `Inventory` со следующими столбцами:

Имя столбца	Тип
ProductName	TEXT
QtyOnHand	INTEGER
Cost	REAL

а) Напишите инструкцию `SELECT`, которая вернет все столбцы из каждой строки таблицы `Inventory`.

б) Напишите инструкцию `SELECT`, которая вернет столбец `ProductName` из каждой строки таблицы `Inventory`.

в) Напишите инструкцию `SELECT`, которая вернет столбец `ProductName` и столбец `QtyOnHand` из каждой строки таблицы `Inventory`.

г) Напишите инструкцию `SELECT`, которая вернет столбец `ProductName` только из строк, где стоимость меньше 17.00.

д) Напишите инструкцию `SELECT`, которая вернет все столбцы из строк, где `ProductName` заканчивается на "ZZ".

14.28. Каково назначение оператора `LIKE`?

14.29. Каково назначение символа `%` в символьном шаблоне, используемом оператором `LIKE`?

14.30. Как можно отсортировать результаты инструкции `SELECT` по некоторому столбцу?

14.31. В чем разница между методом `fetchall()` класса `Cursor` и методом `fetchone()`?

14.7 Обновление и удаление существующих строк

Ключевые положения

Инструкция `UPDATE` используется в SQL для изменения значения существующей строки таблицы. Инструкция `DELETE` применяется для удаления строк из таблицы.

Обновление строк

В языке SQL инструкция `UPDATE` предназначена для изменения содержимого существующей строки таблицы.

Видеозапись "Обновление строк таблицы" (Updating Rows)

Используя нашу базу данных chocolate.db в качестве примера, предположим, что цена шоколадных трюфелей меняется. Для того чтобы обновить цену в базе данных, мы можем применить инструкцию `UPDATE` для изменения значения в столбце `RetailPrice` для этой конкретной строки в таблице `Products`. Вот общий формат инструкции `UPDATE`:

```
UPDATE Таблица
SET Столбец = Значение
WHERE Критерий
```

Здесь *Таблица* — это имя таблицы; *Столбец* — имя столбца; *Значение* — значение для хранения в столбце; *Критерий* — условное выражение. Вот инструкция UPDATE, в которой цена шоколадных трюфелей изменяется на 13.99:

```
UPDATE Products
SET RetailPrice = 13.99
WHERE Description == "Шоколадные трюфели"
```

И еще один пример:

```
UPDATE Products
SET Description = "Плитка полусладкого шоколада"
WHERE ProductID == 2
```

Эта инструкция отыскивает в таблице строку, в которой ProductID равен 2, и устанавливает столбец Description равным "Плитка полусладкого шоколада".

Имеется возможность обновлять более одной строки. Например, предположим, что мы хотим изменить цену каждой плитки шоколада на 8.99. Для этого нам нужна лишь инструкция UPDATE, которая отыскивает все строки, в которых столбец Description заканчивается на "шоколада", и меняет столбец RetailPrice этих строк на 8.99. Ниже приведена эта инструкция:

```
UPDATE Products
SET RetailPrice = 8.99
WHERE Description LIKE "%шоколада"
```



ВНИМАНИЕ!

Будьте осторожны и не пропустите блок WHERE с условным выражением при использовании инструкции UPDATE. Вы можете изменить содержимое всех строк таблицы! Например, посмотрите на следующую инструкцию:

```
UPDATE Products
SET RetailPrice = 4.95
```

Поскольку в этой инструкции нет выражения WHERE, он изменит значение в столбце RetailPrice для каждой строки в таблице Products на 4.95!

Всякий раз, когда вы выполняете инструкцию SQL, которая изменяет содержимое базы данных, вызывайте метод commit() объекта Connection, чтобы зафиксировать изменения. Программа 14.12 демонстрирует обновление строки таблицы Products. Пользователь вводит существующий ID изделия, а программа выводит на экран описание этого изделия и розничную цену. Затем пользователь вводит для указанного изделия новую розничную цену, и программа обновляет строку таблицы новой ценой.

Программа 14.12 (product_price_updater.py)

```
1 import sqlite3
2
3 def main():
4     # Подсоединиться к базе данных.
5     conn = sqlite3.connect('chocolate.db')
6
```

```
    # Получить курсор.
    cur = conn.cursor()

    # Получить от пользователя ProductID.
    pid = int(input('Введите ID изделия: '))

    # Получить текущую цену для этого изделия.
    cur.execute('''SELECT Description, RetailPrice FROM Products
                   WHERE ProductID == ?''', (pid,))
    results = cur.fetchone()

    # Если ID изделия найден, то продолжить...
    if results != None:
        # Напечатать текущую цену.
        print(f'Текущая цена для {results[0]}: '
              f'${results[1]:.2f}')

        # Получить новую цену.
        new_price = float(input('Введите новую цену: '))

        # Обновить цену в таблице Products.
        cur.execute('''UPDATE Products
                       SET RetailPrice = ?
                       WHERE ProductID == ?''',
                       (new_price, pid))

        # Зафиксировать изменения.
        conn.commit()
        print('Цена была изменена.')
    else:
        # Сообщение об ошибке.
        print(f'ID изделия {pid} не найден.')

    # Закрыть соединение с базой данных.
    conn.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (ввод выделен жирным шрифтом)

```
Введите ID изделия: 2 Enter
Текущая цена для Плитка средняя темного шоколада: $5.00
Введите новую цену: 7.99 Enter
Цена была изменена.
```

Давайте рассмотрим эту программу подробнее. В главной функции строка 5 программы получает соединение с базой данных, а строка 8 — объект `Cursor`. Строка 11 запрашивает у пользователя ID изделия, который присваивается переменной `pid`.

Инструкция в строках 14 и 15 выполняет SQL-запрос, который отыскивает строку таблицы, в которой столбец `ProductID` равен переменной `pid`. Если такая строка найдена, то извлекаются столбцы `Description` и `RetailPrice`. Инструкция в строке 16 вызывает метод `fetchone()` для извлечения результатов запроса в виде кортежа и присваивает его переменной `results`. (Если SQL-запрос не найдет соответствующей строки, метод `fetchone()` вернет `None`.)

Если переменная `results` не равна `None`, то инструкция `if` в строке 19 исполнит фрагмент кода, который появляется в строках 20–35 программы. В строках 21–22 печатаются описание изделия и текущая розничная цена. Строка 25 запрашивает у пользователя новую цену, которая назначается переменной `new_price`. Инструкция в строках 28–31 выполняет команду SQL, которая обновляет столбец `RetailPrice` изделия значением переменной `new_price`. В строке 34 изменения фиксируются в базе данных, а в строке 35 выводится сообщение, подтверждающее, что цена была изменена.

Блок `else` в строке 36 выполняется, если пользователь ввел ID изделия, который не был найден в таблице `Products`. Строка 38 просто выводит на экран сообщение об этом.

Наконец, строка 41 закрывает соединение с базой данных.

Обновление нескольких столбцов

В целях обновления значений нескольких столбцов следует использовать приведенный ниже общий формат `UPDATE` языка SQL:

```
UPDATE Таблица
SET Столбец1 = Значение1,
    Столбец2 = Значение2,
    ...
WHERE Критерий
```

Приведем пример:

```
UPDATE Products
SET RetailPrice = 8.99,
    UnitsOnHand = 100
WHERE Description LIKE "%шоколада"
```

Эта инструкция изменяет значения в столбце `RetailPrice` на 8.99, а в столбце `UnitsOnHand` на 100 в каждой строке, где столбец `Description` содержит подстроку `"%шоколада"`.

Определение числа обновленных строк

Объект `Cursor` имеет публичный атрибут данных `rowcount`, который содержит число строк, измененных последней выполненной инструкцией SQL. После подачи инструкции `UPDATE` вы можете прочитать значение атрибута `rowcount`, чтобы вяснить число обновленных строк таблицы. Следующий интерактивный сеанс это демонстрирует. Предположим, что мы подсоединены к базе данных chocolate.db и `cur` является объектом `Cursor`:

```
1 >>> cur.execute('''UPDATE Products
2 . . .                SET UnitsOnHand = 0
3 . . .                WHERE Description LIKE "%шоколада%"''')
4 <sqlite3.Cursor object at 0x035432A0>
5 >>> conn.commit()
6 >>> print(cur.rowcount)
7 6
8 >>>
```

В этом сеансе инструкция `UPDATE` в строках 1–3 изменяет значение в столбце `UnitsOnHand` на 0 для каждой строки, в которой столбец `Description` содержит подстроку "шоколада". Распечатав значение атрибута `cur.rowcount` в строке 6, мы увидим, что было обновлено 6 строк.

Удаление строк с помощью инструкции *DELETE*

В SQL существует инструкция `DELETE` для удаления одной или нескольких строк из таблицы. Общий формат инструкции `DELETE`:

`DELETE FROM` *`Таблица`* `WHERE` *`Критерий`*

Здесь *`Таблица`* — это имя таблицы; *`Критерий`* — условное выражение. Вот инструкция `DELETE`, которая удалит строку, в которой `ProductID` равен 10:

```
DELETE FROM Products WHERE ProductID == 10
```

Эта инструкция отыскивает строку в таблице `Products`, в столбце `ProductID` которой имеется значение 10, и удаляет эту строку.

С помощью инструкции `DELETE` можно удалять несколько строк. Например, посмотрите на следующую инструкцию:

```
DELETE FROM Products WHERE Description LIKE "%шоколада"
```

Эта инструкция удалит все строки в таблице `Products`, в которой находится столбец `Description` с подстрокой "шоколада". Если снова посмотрите на табл. 14.2, то увидите, что будут удалены шесть строк.



ВНИМАНИЕ!

Будьте осторожны и не пропустите блок `WHERE` с условным выражением при использовании инструкции `DELETE`. Вы можете удалить все строки таблицы! Например, посмотрите на следующую ниже инструкцию:

```
DELETE FROM Products
```

Поскольку в этой инструкции нет выражения `WHERE`, она удалит все строки таблицы `Products`!

Программа 14.13 демонстрирует удаление строки в таблице `Products`. Пользователь вводит существующий ID изделия, а программа выводит на экран описание этого изделия и запрос на подтвержение удаления строки таблицы. Если пользователь соглашается с удалением, программа удаляет строку таблицы.

Программа 14.13 (product_deleter.py)

```
import sqlite3

def main():
    # Подсоединиться к базе данных.
    conn = sqlite3.connect('chocolate.db')

    # Получить курсор.
    cur = conn.cursor()

    # Получить от пользователя ID изделия.
    pid = int(input('Введите ID изделия для его удаления: '))

    # Получить описание этого изделия.
    cur.execute('''SELECT Description FROM Products
                   WHERE ProductID == ?''', (pid,))
    results = cur.fetchone()

    # Если ID изделия найден, то продолжить...
    if results != None:
        # Подтвердить желание удалить изделие.
        sure = input(f'Вы уверены, что хотите удалить '
                     f'{results[0]}? (д/н): ')

        # Если да, то удалить изделие.
        if sure.lower() == 'д':
            cur.execute('''DELETE FROM Products
                           WHERE ProductID == ?''',
                        (pid,))

            # Зафиксировать изменения.
            conn.commit()
            print('Изделие было удалено.')
        else:
            # Сообщение об ошибке.
            print(f'ID изделия {pid} не найден.')

    # Закрыть соединение с базой данных.
    conn.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы (ввод выделен полужирным шрифтом)

```
Введите ID изделия для его удаления: 10 Enter
Вы уверены, что хотите удалить Стружка из белого шоколада? (д/н): д Enter
Изделие было удалено.
```

Давайте рассмотрим эту программу подробнее. В главной функции строка 5 программы получает соединение с базой данных, а строка 8 — объект `Cursor`. Строка 11 запрашивает у пользователя ID изделия, который присваивается переменной `pid`.

Инструкция в строках 14 и 15 выполняет SQL-запрос, который отыскивает строку таблицы, в которой столбец `ProductID` равен переменной `pid`. Если такая строка найдена, то извлекается столбец `Description`. Инструкция в строке 16 вызывает метод `fetchone()` для извлечения результатов запроса в виде кортежа и присваивает его переменной `results`. (Если SQL-запрос не найдет соответствующей строки, то метод `fetchone()` вернет `None`.)

Если переменная `results` не равна `None`, то инструкция `if` в строке 19 исполнит фрагмент кода, который появляется в строках 20–32. В строках 21–22 выводится подсказка, включающая описание продукта и запрашивающая у пользователя подтвердить свое желание удалить строку. Инструкция `if` в строке 25 определяет, ввел ли пользователь `Д` или `д`. Если это так, то инструкция в строках 26–28 программы удаляет строку из таблицы `Products`. В строке 31 программы фиксируются изменения в базе данных, а в строке 32 выводится сообщение, подтверждающее удаление продукта.

Блок в строке 33 выполняется, если пользователь ввел ID изделия, который не был найден в таблице `Products`. В строке 35 он просто выводит на экран сообщение об этом. Строка 38 закрывает соединение с базой данных.

Определение числа удаленных строк

После исполнения инструкции `DELETE` вы можете прочитать значение атрибута `rowcount` объекта `Cursor`, чтобы выяснить количество удаленных строк. Следующий интерактивный сеанс это демонстрирует. Предположим, что мы подсоединены к базе данных chocolate.db и `cur` является объектом `Cursor`:

```
1 >>> cur.execute('''DELETE FROM Products
2 ...                WHERE Description LIKE "%Стружка%"''')
3 <sqlite3.Cursor object at 0x035432A0>
4 >>> conn.commit()
5 >>> print(cur.rowcount)
6 2
7 >>>
```

В этом сеансе инструкция `DELETE` в строках 1–2 удаляет все строки таблицы, в которых столбец `Description` содержит подстроку "Стружка". Распечатав значение атрибута `cur.rowcount` в строке 5, мы увидим, что было удалено 2 строки.



Контрольная точка

14.32. Напишите инструкцию SQL, которая поменяет цену всех изделий с шоколадной стружкой в таблице `Products` базы данных chocolate.db на 4.99.

14.33. Напишите инструкцию SQL, которая удалит все строки в таблице `Products` базы данных chocolate.db, стоимость единицы которых превышает 4.00.

14.8 Подробнее о первичных ключах

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Первичный ключ однозначно идентифицирует каждую строку в таблице. В SQLite каждая таблица содержит целочисленный (`INTEGER`) идентификационный столбец с именем `RowID`. Если вы создадите столбец, который в таблице является целочисленным первичным ключом (`INTEGER PRIMARY KEY`), то этот столбец станет псевдонимом столбца `RowID`. Составной ключ — это ключ, созданный путем совмещения двух или более существующих столбцов.

В реальном мире нам нужны способы установления личности людей и идентичности вещей. Например, если вы являетесь учеником, то в вашей школе, вам, вероятно, присвоили идентификационный номер ученика. Ваш идентификационный номер является уникальным. Ни у одного другого ученика в школе нет такого же номера, как у вас. В любой момент, когда школе необходимо сохранить о вас некоторые данные, например оценку на одном из уроков, количество учебных часов, которые были отведены для изучения предмета, и т. д., ваш идентификационный номер сохраняется вместе с этими данными. Есть много других реальных примеров уникальных чисел, которые используются для идентифицирования людей и вещей. Водителям присваиваются номера водительских прав. Индивидуальные номера назначаются сотрудникам. Серийные номера присваиваются изделиям и продуктам.

В таблице базы данных важно иметь способ идентифицировать каждую строку в таблице. Для этих целей служит *первичный ключ*. В самой простой форме первичный ключ — это столбец, содержащий уникальное значение для каждой строки таблицы. Ранее в этой главе вы видели примеры использования базы данных chocolate.db. В этой базе данных таблица `Products` содержит целочисленный (`INTEGER`) столбец `ProductID`, который используется в качестве первичного ключа. Напомним, что столбец `ProductID` также является идентификационным столбцом. Это означает, что всякий раз, когда в таблицу добавляется новая строка, если для столбца `ProductID` не указано значение, то СУБД генерирует значение для этого столбца автоматически.

Вот некоторые общие правила, которые следует помнить о первичных ключах.

- Первичные ключи должны содержать значение. Они не могут быть пустыми, т. е. иметь `NULL`.
- Значение первичного ключа каждой строки должно быть уникальным. Никакие две строки в таблице не могут иметь один и тот же первичный ключ.
- Таблица может иметь только один первичный ключ. Однако несколько столбцов могут быть объединены для создания составного ключа. Далее мы обсудим составные ключи.

Столбец *RowID* в SQLite

В SQLite при создании таблица автоматически будет иметь целочисленный столбец с именем `RowID`. СУБД SQLite использует столбец `RowID` в своих внутренних алгоритмах для доступа к данным таблицы. Столбец `RowID` наращивается автоматически, т. е. автоинкрементируется. Всякий раз, когда в таблицу добавляется новая строка, столбцу `RowID` присваивается целочисленное значение, которое на 1 больше наибольшего значения, хранящегося в данный момент в столбце `RowID`.

Если вы исполните инструкцию SELECT, такую как SELECT * FROM *ИмяТаблицы*, то вы не увидите содержимое столбца RowID среди результатов. Тем не менее вы можете в явной форме выполнять поиск по столбцу RowID с помощью такой инструкции, как SELECT RowID FROM *ИмяТаблицы*. Например, предположим, что в следующем интерактивном сеансе мы подсоединились к базе данных chocolate.db и cur является объектом Cursor для таблицы Products:

```
>>> cur.execute('SELECT RowID FROM Products')
<sqlite3.Cursor object at 0x0030FD20>
>>> cur.fetchall()
[(1,), (2,), (3,), (4,), (5,), (6,), (7,), (8,), (9,), (10,)]
```

При добавлении строки в таблицу с помощью инструкции INSERT можно в явной форме указать значение для столбца RowID, если это значение является уникальным. Если вы укажете значение для столбца RowID, которое уже используется в другой строке, то СУБД выдаст исключение.

Вы также можете изменить существующее значение столбца RowID с помощью инструкции UPDATE, если новое значение является уникальным. Если вы попытаетесь изменить значение столбца RowID на значение, которое уже используется в другой строке, то СУБД выдаст исключение.

SQLite неявно запрещает присваивать NULL столбцу RowID. Если вы попытаетесь присвоить NULL столбцу RowID, то СУБД просто назначит этому столбцу автоинкрементированное целое число.

Целочисленные первичные ключи в SQLite

Когда вы назначаете в SQLite столбец в качестве целочисленного первичного ключа (INTEGER PRIMARY KEY), этот столбец становится псевдоним для столбца RowID. Всякий раз, когда вы работаете с целочисленным первичным ключом таблицы, вы на самом деле работаете со столбцом RowID. Например, предположим, что в следующем интерактивном сеансе мы подсоединились к базе данных chocolate.db, а cur является объектом Cursor для таблицы Products:

```
>> cur.execute('SELECT ProductID From Products')
<sqlite3.Cursor object at 0x0030FD20>
>>> cur.fetchall()
[(1,), (2,), (3,), (4,), (5,), (6,), (7,), (8,), (9,), (10,)]
```

Этот сеанс получает значения столбца ProductID, которые равны 1, 2, 3, ..., 10. Напомним, что столбец ProductID является целочисленным первичным ключом. Если мы запросим значения в столбце RowID, то увидим те же значения, что и в следующем интерактивном сеансе:

```
>>> cur.execute('SELECT RowID FROM Products')
<sqlite3.Cursor object at 0x0030FD20>
>>> cur.fetchall()
[(1,), (2,), (3,), (4,), (5,), (6,), (7,), (8,), (9,), (10,)]
```

Поскольку целочисленный первичный ключ — это просто псевдоним столбца RowID, все описанные ранее характеристики столбца RowID применяются к целочисленным первичным ключам.

Первичные ключи, отличные от целочисленных

До сих пор в этой главе мы использовали в наших примерах только целочисленные первичные ключи. Однако вы можете назначить для таблицы любой тип столбца в качестве первичного ключа. Например, предположим, что вы создаете базу данных для хранения данных о сотрудниках, и каждый сотрудник имеет уникальный идентификатор, состоящий из букв и цифр. Поскольку этот ID каждого сотрудника является уникальным, его можно использовать в качестве первичного ключа, как показано в следующей инструкции SQL:

```
CREATE TABLE Employees (EmployeeID TEXT PRIMARY KEY NOT NULL,
                        Name TEXT,
                        PayRate REAL)
```

В этом примере столбец `EmployeeID` объявляется как `TEXT` и как первичный ключ. Мы также применили ограничение `NOT NULL` к столбцу, чтобы предотвратить присвоение пустых значений.

При использовании нецелочисленного первичного ключа необходимо обязательно присваивать столбцу первичного ключа уникальное ненулевое (не-`NULL`) значение при каждом добавлении строки в таблицу. В противном случае произойдет ошибка.



ПРИМЕЧАНИЕ

Важно использовать ограничение `NOT NULL` с первичными ключами, потому что без него SQLite позволит вам хранить в первичном ключе пустые значения. Единственное исключение — это ситуация, в которой столбец объявляется как целочисленный первичный ключ (`INTEGER PRIMARY KEY`). В любое время, когда вы назначаете `NULL` целочисленному первичному ключу, СУБД будет назначать столбцу автоинкрементированное целое число. Это связано с тем, что целочисленный первичный ключ является просто псевдонимом для столбца `RowID`.

Составные ключи

Первичные ключи должны содержать уникальные данные для каждой строки таблицы. Однако иногда в таблице нет столбцов, содержащих уникальные данные. В этом случае ни один из существующих столбцов не может использоваться в качестве первичного ключа. Например, предположим, что мы разрабатываем таблицу базы данных, содержащую следующие данные об учебных занятиях в кампусе колледжа:

- номер учебной аудитории — номера в каждом здании пронумерованы, например, 101, 102 и т. д.;
- название здания — каждое здание в кампусе имеет такое название, как "Машиностроение", "Биология" или "Коммерция";
- вместимость — в каждой аудитории максимальное число мест, например 20, 50 или 100.

Мы решаем, что таблица базы данных будет называться `Classrooms`, и в ней будут следующие столбцы:

- `RoomNumber` (Номер учебной аудитории) — `INTEGER`;
- `Building` (Здание) — `TEXT`;
- `Seats` (Места) — `INTEGER`.

При разработке таблицы базы данных мы понимаем, что ни один из этих элементов не может быть использован в качестве первичного ключа. Номера учебных аудиторий не уни-

кальны, потому что в каждом здании есть номера, которые пронумерованы 101, 102, 103 и т. д. Как следствие, столбец RoomNumber будет содержать несколько строк с одинаковым значением. Кроме того, названия зданий нельзя использовать, потому что в каждом здании есть несколько учебных аудиторий, и в результате у нас будет несколько строк с одинаковым значением в столбце Building. Столбец Seats также не уникален, поскольку несколько учебных аудиторий имеют одинаковую вместимость, поэтому несколько строк будут иметь одинаковое значение в столбце Seats.

Для создания первичного ключа у нас есть два варианта. Первый вариант — добавить идентификационный столбец, т. е. целочисленный первичный ключ. Второй вариант — создать *составной ключ*, представляющий собой два или более столбцов, которые объединяются для создания уникального значения. В нашей таблице Classrooms мы могли бы объединить столбец RoomNumber и столбец Building, чтобы создать уникальное значение. Хотя есть несколько комнат, которые пронумерованы 101, есть только одна аудитория 101 для биологии и только одна аудитория 101 для машиностроения.

В SQL мы создаем составной ключ, используя следующий общий формат инструкции CREATE TABLE:

```
CREATE TABLE ИмяТаблицы (ИмяСтолбца1 ТипДанных1,
                         ИмяСтолбца2 ТипДанных2,
                         ...
                         PRIMARY KEY(ИмяСтолбца1, ИмяСтолбца2, ...))
```

Обратите внимание, что после списка объявлений столбцов следует табличное ограничение PRIMARY KEY, за которым указан список имен столбцов в круглых скобках. Столбцы, перечисленные в скобках, объединяются, создавая первичный ключ. Вот пример того, как можно создать таблицу Classrooms с используемыми в качестве составного ключа столбцами RoomNumber и Building:

```
CREATE TABLE Classrooms (RoomNumber INTEGER NOT NULL,
                         Building TEXT NOT NULL,
                         Seats INTEGER,
                         PRIMARY KEY(RoomNumber, Building))
```

Обратите внимание, что мы применили ограничение NOT NULL как к столбцу roomNumber, так и к столбцу Building. Это важно, потому что первичный ключ не может быть NULL.



Контрольная точка

14.34. Допустимо ли, чтобы первичный ключ был NULL?

14.35. Может ли первичный ключ двух или более строк в таблице иметь одно и то же значение?

14.36. Каков тип данных столбца RowID?

14.37. Предположим, что столбец RowID таблицы содержит следующие значения: 1, 2, 3, 7 и 99. Если вы добавляете новую строку в таблицу без явного присвоения значения в столбце RowID новой строки, какое значение СУБД автоматически присвоит в этом столбце?

14.38. Какова связь в SQLite между столбцом INTEGER PRIMARY KEY и столбцом RowID?

14.39. Что такое составной ключ?

14.9 Обработка исключений базы данных

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Модуль `sqlite3` определяет собственные исключения, которые вызываются при возникновении ошибки базы данных.

Модуль `sqlite3` определяет исключение с именем `Error`, которое вызывается при каждом возникновении ошибки базы данных. В целях изящной обработки этих ошибок вы должны создавать свой код для работы с базой данных внутри инструкции `try/except`. В следующем общем формате показан один из способов использования инструкции `try/except` для обработки ошибок базы данных:

```
1 conn = None
2 try:
3     conn = sqlite3.connect(ИмяБазыДанных)
4     cur = conn.Cursor()
5
6     # Здесь выполнить операции базы данных.
7
8 except sqlite3.Error:
9
10    # Ответить на исключение базы данных.
11
12 except Exception:
13
14    # Ответить на общее исключение.
15
16 finally:
17    if conn != None:
18        conn.close()
```

В этом общем формате мы начинаем с присвоения значения `None` переменной `conn` в строке 1. Затем мы выполняем все операции с базой данных внутри блока `try` (строки 3–7). Если какой-либо программный код внутри блока `try` вызовет исключение базы данных, то программа перейдет к блоку `except` в строке 8. Если какой-либо программный код в блоке `try` вызовет общее исключение не из базы данных, то программа перейдет к блоку `except` в строке 12.

Программный код, который появляется в блоке `finally`, всегда исполняется, независимо от того, возникает ли исключение. Именно здесь мы закрываем соединение с базой данных. Инструкция `if` в строке 17 проверяет значение переменной `conn`. Если переменная `conn` не равна `None`, то мы знаем, что соединение с базой данных было успешно открыто (в строке 3), и можем выполнить инструкцию в строке 18, чтобы закрыть соединение. Однако если переменная `conn` все еще имеет значение `None`, то мы знаем, что соединение с базой данных так и не было открыто, поэтому нет причин его закрывать. В программе 14.14 представлен пример.

Программа 14.14 (exception_handling.py)

```
import sqlite3

def main():
    # Переменная управления циклом.
    again = 'д'

    while (again == 'д'):
        # Получить ID товара, название и цену.
        item_id = int(input('ID товара: '))
        item_name = input('Название товара: ')
        price = float(input('Цена: '))

        # Добавить товар в базу данных.
        add_item(item_id, item_name, price)

        # Добавить еще одну?
        again = input('Добавить еще одну позицию? (д/н): ')

# Функция add_item добавляет позицию в базу данных.
def add_item(item_id, name, price):
    # Инициализировать переменную соединения.
    conn = None

    try:
        # Подсоединиться к базе данных.
        conn = sqlite3.connect('inventory.db')

        # Получить курсор.
        cur = conn.cursor()

        # Добавить позицию в таблицу Inventory.
        cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemID, ItemName, Price)
                       VALUES (?, ?, ?)''',
                    (item_id, name, price))

        # Зафиксировать изменения.
        conn.commit()

    except sqlite3.Error as err:
        print(err)

    finally:
        # Закрыть соединение.
        if conn != None:
            conn.close()

```

```
47 # Вызвать главную функцию.
48 if __name__ == '__main__':
49     main()
```

Вывод программы (ввод выделен жирным шрифтом)

```
ID товара: 1 Enter
Название товара: Отбойный молоток Enter
Цена: 299.99 Enter
UNIQUE constraint failed: Inventory.ItemID
Добавить еще одну позицию? (д/н): н Enter
```

Эта программа позволяет пользователю добавлять новую товарную позицию в таблицу `Inventory` базы данных inventory.db. Напомним, что столбец `ItemID` является целочисленным первичным ключом. В демонстрационном выводе программы пользователь пытается добавить строку с уже существующим `ItemID`, что приводит к возникновению исключения из программного кода в строках 27–29. Вместо аварийного отказа программы мы обрабатываем исключение с помощью инструкции `try/except`.

Контрольная точка

14.40. Какое исключение вы должны обрабатывать, чтобы изящно реагировать на ошибки базы данных SQLite?

14.10 Операции CRUD

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Четырьмя базовыми операциями приложения базы данных являются создание, чтение, обновление и удаление.

Аббревиатура CRUD образована из английских слов Create, Read, Update и Delete, обозначающих операции создания, чтения, обновления и удаления. Это четыре базовые операции, выполняемые приложением базы данных. Вот краткое описание каждой операции:

- создание — это процесс создания нового набора данных в базе данных. Он осуществляется с помощью SQL-инструкции `INSERT`;
- чтение — это процесс чтения существующего набора данных из базы данных. Он осуществляется с помощью SQL-инструкции `SELECT`;
- обновление — это процесс изменения или обновления существующего набора данных в базе данных. Он осуществляется с помощью SQL-инструкции `UPDATE`;
- удаление — это процесс удаления набора данных из базы данных. Он осуществляется с помощью SQL-инструкции `DELETE`.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Приложение CRUD по ведению учета инвентаря

Давайте рассмотрим пример приложения CRUD. Программа 14.15 содержит исходный код, выполняющий CRUD-операции с базой данных inventory.db, которую вы видели ранее

в этой главе. В базе данных есть таблица `Inventory`, которая содержит следующие столбцы и данные:

ItemID	ItemName	Price
1	Отвертка	4.99
2	Молоток	12.99
3	Плоскогубцы	14.99
4	Пила	24.99
5	Дрель	89.99
6	Рулетка	8.99

Столбец `ItemID` имеет тип `INTEGER` и является целочисленным первичным ключом (`INTEGER PRIMARY KEY`), столбец `ItemName` имеет тип `TEXT`, столбец `Price` имеет тип `REAL`.

Эта программа работает под *управлением меню*, т. е. она выводит на экран список вариантов, из которых пользователь может выбирать. При запуске программы на экран выводится следующее меню:

```
----- Меню ведения учета инструментов -----
1. Создать новую позицию
2. Прочитать позицию
3. Обновить позицию
4. Удалить позицию
5. Выйти из программы
Введите свой вариант действия:
```

Пользователь может ввести целое число в диапазоне 1–5 для выполнения действия. Если пользователь хочет создать новую позицию в базе данных, он вводит число 1. Например:

```
----- Меню ведения учета инструментов -----
1. Создать новую позицию
2. Прочитать позицию
3. Обновить позицию
4. Удалить позицию
5. Выйти из программы
Введите свой вариант: 1 [Enter]
Создать новую позицию
Название позиции: Отбойный молоток [Enter]
Цена: 299.99 [Enter]
```

Программа запрашивает у пользователя название и цену позиции. После ввода цены в базе данных создается позиция и снова появляется меню. Если пользователь хочет прочитать элемент из базы данных, то он вводит число 2, как показано ниже:

```
----- Меню ведения учета инструментов -----
1. Создать новую позицию
2. Прочитать позицию
3. Обновить позицию
```

```
4. Удалить позицию
5. Выйти из программы
Введите ваш вариант: 2 Enter
Введите название искомой позиции: Отбойный молоток Enter
ID: 7   Название: Отбойный молоток Цена: 299.99
1 строк(а) найдено.
```

Пользователь вводит имя искомой позиции, и программа выполняет поиск без учета регистра позиций, соответствующих этому имени. Если какие-либо позиции найдены, то на экран выводятся их идентификатор, название и цена. Меню появляется снова, и если пользователь хочет обновить позицию, то он вводит число 3, как показано ниже:

```
----- Меню ведения учета инструментов -----
1. Создать новую позицию
2. Прочитать позицию
3. Обновить позицию
4. Удалить позицию
5. Выйти из программы
Введите ваш вариант: 3 Enter
Введите название искомой позиции: Отбойный молоток Enter
ID: 7   Название: Отбойный молоток Цена: 299.99
1 строк(а) найдено.
Выберите ID обновляемой позиции: 7 Enter
Введите новое название позиции: Мощный отбойный молоток Enter
Введите новую цену: 399.99 Enter
1 строк(а) обновлено.
```

Пользователь вводит имя позиции, и программа выполняет поиск позиций, соответствующих этому имени, без учета регистра. Если какие-либо товары найдены, то на экран выводятся их идентификатор, название и цена. Возможно, что будет найдено несколько совпадающих позиций, поэтому программа предложит пользователю ввести идентификатор нужной позиции. Затем программа предложит пользователю ввести новое название позиции и цену. Затем выбранная позиция обновится новыми значениями, и снова появится меню.

Если пользователь хочет удалить элемент, он вводит в меню число 4, как показано ниже:

```
----- Меню ведения учета инструментов -----
1. Создать новую позицию
2. Прочитать позицию
3. Обновить позицию
4. Удалить позицию
5. Выйти из программы
Введите ваш вариант: 4 Enter
Введите название искомой позиции: Мощный отбойный молоток Enter
ID: 7   Название: Мощный отбойный молоток Цена: 399.99
1 строк(а) найдено.
Выберите ID удаляемой позиции: 7 Enter
Вы уверены, что хотите удалить эту позицию? (д/н): д Enter
1 строк(а) удалено.
```

Пользователь вводит имя элемента, и программа выполняет поиск элементов, соответствующих этому имени, без учета регистра. Если какие-либо позиции найдены, то на экран выводятся их идентификатор, название и цена.

Возможно, что будет найдено несколько совпадающих позиций, поэтому программа предложит пользователю ввести идентификатор нужной позиции. Затем программа попросит пользователя подтвердить свое желание удалить позицию. Если пользователь отвечает `д` или `Д`, то позиция удаляется. В противном случае позиция не удаляется и снова появляется меню.

Для выхода из программы пользователь вводит в меню число 5.

Программа 14.15 (inventory_crud.py)

```
import sqlite3

MIN_CHOICE = 1
MAX_CHOICE = 5
CREATE = 1
READ = 2
UPDATE = 3
DELETE = 4
EXIT = 5

def main():
    choice = 0
    while choice != EXIT:
        display_menu()
        choice = get_menu_choice()

        if choice == CREATE:
            create()
        elif choice == READ:
            read()
        elif choice == UPDATE:
            update()
        elif choice == DELETE:
            delete()

# Функция display_menu выводит на экран главное меню.
def display_menu():
    print('\n----- Меню ведения учета инструментов -----')
    print('1. Создать новую позицию')
    print('2. Прочитать позицию')
    print('3. Обновить позицию')
    print('4. Удалить позицию')
    print('5. Выйти из программы')

```

```
35 # Функция get_menu_choice получает от пользователя пункт меню.
36 def get_menu_choice():
37     # Получить от пользователя вариант действия.
38     choice = int(input('Введите ваш вариант: '))
39
40     # Проведить входные данные.
41     while choice < MIN_CHOICE or choice > MAX_CHOICE:
42         print(f'Допустимые варианты таковы: {MIN_CHOICE} - {MAX_CHOICE}.')
43         choice = int(input('Введите ваш вариант: '))
44
45     return choice
46
47 # Функция create создает новую позицию.
48 def create():
49     print('Создать новую позицию')
50     name = input('Название позиции: ')
51     price = input('Цена: ')
52     insert_row(name, price)
53
54 # Функция read читает существующую позицию.
55 def read():
56     name = input('Введите название искомой позиции: ')
57     num_found = display_item(name)
58     print(f'{num_found} строк(а) найдено.')
59
60 # Функция update обновляет данные существующей позиции.
61 def update():
62     # Сначала показать пользователю найденные строки.
63     read()
64
65     # Получить ID выбранной позиции.
66     selected_id = int(input('Выберите ID обновляемой позиции: '))
67
68     # Получить новые значения для названия и цены.
69     name = input('Введите новое название позиции: ')
70     price = input('Введите новую цену: ')
71
72     # Обновить строку.
73     num_updated = update_row(selected_id, name, price)
74     print(f'{num_updated} строк(а) обновлено.')
75
76 # Функция delete удаляет позицию.
77 def delete():
78     # Сначала показать пользователю найденные строки.
79     read()
80
```

```
    # Получить ID выбранной позиции.
    selected_id = int(input('Выберите ID удаляемой позиции: '))

    # Подтвердить удаление.
    sure = input('Вы уверены, что хотите удалить эту позицию? (д/н): ')
    if sure.lower() == 'д':
        num_deleted = delete_row(selected_id)
        print(f'{num_deleted} строк(а) удалено.')

# Функция insert_row вставляет строку в таблицу Inventory.
def insert_row(name, price):
    conn = None
    try:
        conn = sqlite3.connect('inventory.db')
        cur = conn.cursor()
        cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
                       VALUES (?, ?)''',
                       (name, price))
        conn.commit()
    except sqlite3.Error as err:
        print('Ошибка базы данных', err)
    finally:
        if conn != None:
            conn.close()

# Функция display_item выводит на экран все позиции
# с совпадающими названиями позиций.
def display_item(name):
    conn = None
    results = []
    try:
        conn = sqlite3.connect('inventory.db')
        cur = conn.cursor()
        cur.execute('''SELECT * FROM Inventory
                       WHERE ItemName == ?''',
                       (name,))
        results = cur.fetchall()

        for row in results:
            print(f'ID: {row[0]:<3} Название: {row[1]:<15} '
                  f'Цена: {row[2]:<6}')
    except sqlite3.Error as err:
        print('Ошибка базы данных', err)
    finally:
        if conn != None:
            conn.close()
```

```
127         # Вернуть число совпавших строк.
128         return len(results)
129
130 # Функция update_row обновляет существующую строку новыми
131 # названием и ценой. Возвращается обновленное число строк.
132 def update_row(id, name, price):
133     conn = None
134     try:
135         conn = sqlite3.connect('inventory.db')
136         cur = conn.cursor()
137         cur.execute('''UPDATE Inventory
138                        SET ItemName = ?, Price = ?
139                        WHERE ItemID == ?''',
140                        (name, price, id))
141         conn.commit()
142         num_updated = cur.rowcount
143     except sqlite3.Error as err:
144         print('Ошибка базы данных', err)
145     finally:
146         if conn != None:
147             conn.close()
148
149         return num_updated
150
151 # Функция delete_row удаляет существующую позицию.
152 # Возвращается число удаленных строк.
153 def delete_row(id):
154     conn = None
155     try:
156         conn = sqlite3.connect('inventory.db')
157         cur = conn.cursor()
158         cur.execute('''DELETE FROM Inventory
159                        WHERE ItemID == ?''',
160                        (id,))
161         conn.commit()
162         num_deleted = cur.rowcount
163     except sqlite3.Error as err:
164         print('Ошибка базы данных', err)
165     finally:
166         if conn != None:
167             conn.close()
168
169         return num_deleted
170
171 # Вызвать главную функцию.
172 if __name__ == '__main__':
173     main()
```

Давайте рассмотрим программный код подробнее.

Глобальные константы. Строки 3–9 определяют глобальные константы, которые используются в сочетании с меню. `MIN_CHOICE` — это наименьшее число, которое пользователь может ввести при выборе пункта меню, а `MAX_CHOICE` — наибольшее число. Константы `CREATE`, `READ`, `UPDATE`, `DELETE` и `EXIT` содержат номера пунктов меню, которые пользователь может ввести для выбора действия.

Функция `main`, или главная функция, использует цикл `while` для многократного вывода меню на экран и выполнения выбранного пользователем действия. Цикл повторяется до тех пор, пока пользователь не введет число 5, чтобы выйти из программы. Во время каждой итерации цикл вызывает функцию `display_menu` в строке 14, а затем функцию `get_menu_choice` в строке 15. Инструкция `if-elif` в строках 17–24 вызывает соответствующую функцию для выполнения выбранного пользователем действия.

Функция `display_menu` появляется в строках 27–33 и выводит меню на экран. Она вызывается функцией `main`.

Функция `get_menu_choice` появляется в строках 36–45 и получает выбранный пользователем пункт меню. Выбранный вариант проверяется в цикле в строках 41–43. Как только правильный вариант будет введен, управление передается обратно в вызвавшую функцию. Эта функция вызывается функцией `main`.

Функция `create` появляется в строках 48–52. Она вызывается функцией `main`, когда пользователь выбирает пункт меню 1. Функция получает название и цену позиции от пользователя, а затем передает эти значения в функцию `insert_row`.

Функция `read` появляется в строках 55–58. Она вызывается функцией `main`, когда пользователь выбирает пункт меню 2. (Эта функция также вызывается функциями `update` и `delete`.) Функция `read` получает название позиции от пользователя, а затем передает это название в функцию `display_item`. Функция `display_item` выводит на экран все строки таблицы `Inventory`, в которой столбец `ItemName` соответствует названию, введенному пользователем. Функция `display_item` также возвращает число найденных строк, и это значение выводится на экран.

Функция `update` появляется в строках 61–74. Она вызывается функцией `main`, когда пользователь выбирает пункт меню 3. В строке 63 вызывается функция `read`, которая позволяет пользователю найти строки таблицы `Inventory`, соответствующие названию позиции. Возможно, что функция `read` покажет несколько строк, поэтому строка 66 предлагает пользователю ввести ID той, которая должна быть обновлена. Затем строки 69 и 70 получают новые значения для названия и цены позиции. Строка 73 передает ID позиции и новые значения для названия и цены в функцию `update_row`, которая обновляет эту позицию в базе данных. Функция `update_row` возвращает число строк, которые были обновлены, и это значение выводится на экран.

Функция `delete` появляется в строках 77–88. Она вызывается функцией `main`, когда пользователь выбирает пункт меню 4. В строке 79 вызывается функция `read`, которая позволяет пользователю отыскать строки в таблице `Inventory`, соответствующие названию позиции. Возможно, что функция `read` выведет на экран несколько строк, поэтому строка 82 предлагает пользователю ввести ID той, которая должна быть удалена. Затем в строке 85 пользователю предлагается подтвердить свое желание удалить позицию. Если пользователь вводит `д` или `Д`, то ID позиции передается в функцию `delete_row`, которая удаляет эту позицию из

базы данных. Функция `delete_row` возвращает число строк, которые были удалены, и это значение выводится на экран.

Функция `insert_row` появляется в строках 91–104. Она вызывается функцией `create` и принимает название и цену новой позиции в качестве аргументов. Функция открывает соединение с базой данных inventory.db, получает объект `Cursor` для таблицы `Inventory` и использует SQL-инструкцию `INSERT` для вставки новой позиции в таблицу. Любые возникающие ошибки базы данных обрабатываются инструкцией `try/except`, и соединение с базой данных закрывается в блоке `finally`.

Функция `display_item` появляется в строках 108–128. Она вызывается функцией `read` и принимает название элемента в качестве аргумента. Функция открывает соединение с базой данных inventory.db, получает объект `Cursor` для таблицы `Inventory` и использует SQL-инструкцию `SELECT` для получения всех строк, в которых столбец `ItemName` соответствует названию, переданному в качестве аргумента. На экран выводятся результирующие строки. Любые возникающие ошибки базы данных обрабатываются инструкцией `try/except`, а в блоке `finally` закрывается соединение с базой данных. Функция возвращает число выводимых на экран строк.

Функция `update_row` появляется в строках 132–149. Она вызывается функцией `update` и принимает ID, название и цену позиции в качестве аргументов. Функция открывает соединение с базой данных inventory.db, получает объект `Cursor` для таблицы `Inventory` и использует SQL-инструкцию `UPDATE` для обновления строки, в которой столбец `ItemID` соответствует ID, переданному в функцию в качестве аргумента. Столбцы `Name` и `Price` совпавшей строки таблицы обновляются названием и ценой, которые были переданы в функцию в качестве аргументов. Любые возникающие ошибки базы данных обрабатываются инструкцией `try/except`, и соединение с базой данных закрывается в блоке `finally`. Функция возвращает число строк, которые были обновлены.

Функция `delete_row` появляется в строках 153–169. Она вызывается функцией `delete` и принимает ID позиции в качестве аргумента. Функция открывает соединение с базой данных inventory.db, получает объект `Cursor` для таблицы `Inventory` и использует SQL-инструкцию `DELETE` для удаления строки, в которой столбец `ItemID` соответствует ID, переданному в функцию в качестве аргумента. Любые возникающие ошибки базы данных обрабатываются инструкцией `try/except`, и соединение с базой данных закрывается в блоке `finally`. Функция возвращает число строк, которые были удалены.



14.11 Реляционные данные

Ключевые положения

В реляционной базе данных столбец из одной таблицы может быть ассоциирован со столбцом из других таблиц. Эта ассоциация создает связь между таблицами.

Базы данных должны строиться таким образом, чтобы данные не дублировались. Дублирование данных приводит не только к потере места для хранения, но и к хранению в базе данных несогласованной и конфликтующей информации. Например, предположим, что мы разрабатываем базу данных для хранения сведений о сотрудниках компании, имеющей офисы в нескольких городах. У нас может возникнуть искушение поместить все данные сотрудника в одну таблицу (рис. 14.6).

EmployeeID	Name	Position	Department	City
1	Арлин Мейерс	Директор	Исследования и разработки	Сан-Хосе
2	Джанель Грант	Инженер	Производство	Остин
3	Джек Смит	Менеджер	Маркетинг	Нью-Йорк
4	Соня Альварадо	Аудитор	Бухгалтерский учет	Бостон
5	Рене Кинкейд	Дизайнер	Маркетинг	Нью-Йорк
6	Курт Грин	Супервайзер	Производство	Остин

РИС. 14.6. Данные о сотрудниках

Обратите внимание, что на рис. 14.6 и Джек Смит, и Рене Кинкейд находятся в городском офисе Нью-Йорка. Предположим, компания закрывает офис в Нью-Йорке и переводит всех сотрудников этого офиса в другой город. Как следствие, нам приходится обновлять таблицу. Местоположение `Нью-Йорк` появляется в нескольких строках, поэтому мы должны обеспечить изменение каждой из них. Если мы пропустим одну из строк, то в таблице появятся ошибочные данные.

Также обратите внимание, что и Джанель Грант, и Курт Грин работают в производственном отделе. Предположим, руководство решает изменить название производственного отдела на отдел разработки продукта. И снова нам придется обновлять таблицу, и мы должны обеспечить изменение каждой строки, содержащей слово "Производство" как название отдела.

Во избежание проблем, которые может вызвать дублирование данных, мы должны распределить данные по разным таблицам. Если вы внимательно рассмотрите таблицу на рис. 14.6, то заметите, что у нас есть данные о сотрудниках, данные об отделах и данные о местоположении. Вместо того чтобы хранить все эти данные в одной большой таблице, мы должны разделить их на три таблицы: таблицу отделов `Departments`, таблицу местоположений `Locations` и таблицу сотрудников `Employees`. Вот столбцы, которые мы будем иметь в каждой таблице.

Таблица `Departments`:

- `DepartmentID` — `INTEGER` (первичный ключ);
- `DepartmentName` — `TEXT`.

Таблица `Locations`:

- `LocationID` — `INTEGER` (первичный ключ);
- `City` — `TEXT`.

Таблица `Employees`:

- `EmployeeID` — `INTEGER` (первичный ключ);
- `Name` — `TEXT`;
- `Position` — `TEXT`;
- `DepartmentID` — `INTEGER`;
- `LocationID` — `INTEGER`.

В таблице Departments столбец DepartmentID является целочисленным первичным ключом (INTEGER PRIMARY KEY), а столбец DepartmentName содержит название отдела. В таблице Locations столбец LocationID является целочисленным первичным ключом, а столбец City содержит название города.

Таблица Employees содержит следующие столбцы:

- EmployeeID — INTEGER PRIMARY KEY;
- Name — фамилия и имя сотрудника;
- Position — должность сотрудника;
- DepartmentID — идетификационный номер (itentifier, ID) отдела сотрудника;
- LocationID — ID местоположения сотрудника.

Когда мы добавляем сотрудника в таблицу Employees, вместо сохранения названия отдела мы сохраняем ID отдела сотрудника. Названия отделов уже хранятся в таблице Departments, поэтому нет необходимости дублировать их в таблице Employees. Если нам нужно знать, в каком отделе работает сотрудник, то мы просто получаем ID отдела из строки этого сотрудника в таблице Employees, а затем используем его ID для получения названия отдела из таблицы Departments.

То же самое относится и к местоположению сотрудника. Вместо того чтобы хранить название города, мы храним ID местоположения. Затем мы можем использовать этот ID для получения названия города из таблицы Locations. Если нам нужно знать, в каком городе работает сотрудник, мы просто получаем ID местоположения из строки этого сотрудника в таблице Employees, а затем используем этот ID для получения названия города из таблицы Locations.

Перенеся повторяющиеся данные в отдельные таблицы, мы не только уменьшаем объем хранилища, необходимый для данных, но и снижаем вероятность появления ошибочных данных в базе данных при их изменении. Например, рассмотрим следующие ситуации, которые могут возникнуть с нашей базой данных сотрудников.

- Офис в некотором городе переезжает в другой город, и все сотрудники этого офиса также переезжают. Мы обновляем столбец City в таблице Locations, но оставляем LocationID без изменений. Все строки в таблице Employees, которые ссылались на старый город, теперь будут ссылаться на новый город.
- Если название отдела изменяется, мы обновляем название отдела в таблице Departments, но оставляем ID отдела без изменений. Все строки в таблице Employees, которые ссылались на старое название отдела, теперь будут ссылаться на новое название отдела.

Внешние ключи

Внешний ключ — это столбец в одной таблице, который ссылается на первичный ключ в другой таблице. В таблице Employees столбцы DepartmentID и LocationID являются внешними ключами:

- столбец DepartmentID в таблице Employees ссылается на столбец DepartmentID в таблице Departments. Напомним, что DepartmentID является первичным ключом в таблице Departments;
- столбец LocationID в таблице Employees ссылается на столбец LocationID в таблице Locations. Напомним, что LocationID является первичным ключом в таблице Locations.

Когда мы добавляем строку в таблицу Employees, значение, которое мы храним в столбце DepartmentID, должно соответствовать значению, которое уже хранится в столбце DepartmentID таблицы Departments. Это создает связь между таблицей Employees и таблицей Departments. Аналогично значение, которое мы храним в столбце LocationID таблицы Employees, должно соответствовать значению, которое уже хранится в столбце LocationID таблицы Locations. Это создает связь между таблицей Employees и таблицей Locations.

Диаграммы связей между сущностями

Разработчики систем обычно используют диаграммы связей (или отношений) между сущностями для отображения связей между таблицами базы данных. На рис. 14.7 показана диаграмма связей между сущностями для таблиц Departments, Locations и Employees из нашего примера. На диаграмме первичные ключи обозначаются PK (от Primary Key), а внешние ключи — FK (от Foreigh Key). Линии, которые соединяют таблицы, показывают, как таблицы связаны между собой. На этой диаграмме есть два типа связей:

- отношение *"один ко многим"* означает, что для каждой строки в таблице *A* может быть много строк в таблице *B*, которые на нее ссылаются;
- отношение *"многие к одному"* означает, что многие строки в таблице *A* могут ссылаться на одну строку в таблице *B*.

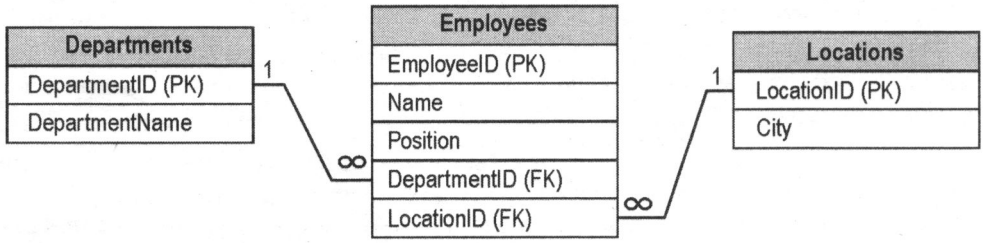


РИС. 14.7. Диаграмма связей между сущностями

Обратите внимание, что на концах соединяющих линий появляется либо 1, либо символ бесконечности (∞). Вы можете интерпретировать символ бесконечности как означающий *"многие"*, а число 1 — как *"один"*. Посмотрите на линию, которая соединяет таблицу Departments с таблицей Employees. 1 находится на конце линии рядом с таблицей Departments, а символ бесконечности — на конце линии рядом с таблицей Employees. Это означает, что на одну строку в таблице Departments могут ссылаться многие строки в таблице Employees. Это имеет смысл, потому что в отделе может быть много сотрудников.

Если мы посмотрим на связь в другом направлении, то увидим, что многие строки в таблице Employees могут ссылаться на одну строку в таблице Departments. Вот краткое описание всех связей, показанных на диаграмме.

- Между таблицей Departments и таблицей Employees существует связь "один ко многим". На одну строку в таблице Departments может ссылаться много строк в таблице Employees.
- Между таблицей Employees и таблицей Departments существует связь "многие к одному". Многие строки в таблице Employees могут ссылаться на одну строку в таблице Departments.

- Между таблицей Locations и таблицей Employees существует связь "один ко многим". На одну строку в таблице Locations может ссылаться много строк в таблице Employees.
- Между таблицей Employees и таблицей Locations существует связь "многие к одному". Многие строки в таблице Employees могут ссылаться на одну строку в таблице Locations.

Создание внешних ключей на языке SQL

Предположим, мы используем следующий ниже SQL-код для создания таблицы Departments и таблицы Locations в базе данных:

```
CREATE TABLE Departments(DepartmentID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
                         DepartmentName TEXT)
CREATE TABLE Locations(LocationID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
                       City TEXT)
```

При создании таблицы Employees мы будем использовать табличное ограничение внешнего ключа (FOREIGN KEY) для обозначения внешних ключей, как показано ниже:

```
CREATE TABLE Employees(EmployeeID INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,
                       Name TEXT,
                       Position TEXT,
                       DepartmentID INTEGER,
                       LocationID INTEGER,
                       FOREIGN KEY(DepartmentID) REFERENCES
                           Departments(DepartmentID),
                       FOREIGN KEY(LocationID) REFERENCES
                           Locations(LocationID))
```

Обратите внимание, что мы использовали два табличных ограничения внешнего ключа. Первое из них указывает на то, что столбец DepartmentID ссылается на столбец DepartmentID в таблице Departments. Второе указывает на то, что столбец LocationID ссылается на столбец LocationID в таблице Locations. Вот общий формат табличных ограничений внешнего ключа:

```
FOREIGN KEY(ИмяСтолбца) REFERENCES ИмяТаблицы(ИмяСтолбца)
```

Ограничение внешнего ключа приведет к тому, что СУБД будет выполнять проверку, когда мы вознамеримся вставить строку в таблицу сотрудников. Мы сможем это сделать только в том случае, если столбец DepartmentID содержит допустимое значение из столбца DepartmentID таблицы Departments, а столбец LocationID содержит допустимое значение из столбца LocationID таблицы Locations. В противном случае произойдет ошибка. Этим обеспечивается *целостность связей* между двумя таблицами.

Поддержка внешних ключей в SQLite

По умолчанию SQLite не обеспечивает целостность внешних ключей. Если вы хотите обеспечить поддержку внешних ключей в базе данных SQLite, вы должны явно активировать эту функциональность. Допустим, что cur является объектом Cursor, тогда следующая ниже инструкция активирует поддержку внешних ключей:

```
cur.execute('PRAGMA foreign_keys=ON')
```

Давайте рассмотрим пример того, как можно вставить новую строку в таблицу `Employees`. Предположим, что мы уже создали базу данных employees.db и таблицы `Employees`, `Departments` и `Locations` содержат значения, показанные на рис. 14.8.

Таблица Employees

EmployeeID	Name	Position	DepartmentID	LocationID
1	Арлин Мейерс	Директор	4	4
2	Джанель Грант	Инженер	2	1
3	Джек Смит	Менеджер	3	3
4	Соня Альварадо	Аудитор	1	2
5	Рене Кинкейд	Дизайнер	3	3
6	Курт Грин	Супервайзер	2	1

Таблица Departments

DepartmentID	DepartmentName
1	Бухгалтерский учет
2	Производство
3	Маркетинг
4	Исследования и разработки

Таблица Locations

LocationID	City
1	Остин
2	Бостон
3	Нью-Йорк
4	Сан-Хосе

РИС. 14.8. Содержимое базы данных employees.db перед добавлением нового сотрудника

Мы только что наняли нового сотрудника по имени Анжела Тейлор в качестве программиста в отдел исследований и разработок, расположенный в Сан-Хосе. Программа 14.16 демонстрирует, каким образом можно добавить новую строку, содержащую ее данные, в таблицу `Employees`.

Программа 14.16 (add_employee.py)

```
import sqlite3

def main():
    conn = None
    try:
        # Подсоединиться к базе данных и получить курсор.
        conn = sqlite3.connect('employees.db')
        cur = conn.cursor()

        # Задействовать поддержку внешнего ключа.
        cur.execute('PRAGMA foreign_keys=ON')

        # Вставить новую строку в таблицу Employees.
        cur.execute('''INSERT INTO Employees
                            (Name, Position, DepartmentID, LocationID)
```

```
16                          VALUES
17                               ("Анжела Тейлор", "Программист", 4, 4)''')
18          conn.commit()
19          print('Сотрудник успешно добавлен.')
20      except sqlite3.Error as err:
21          # Если произошло исключение, то напечатать сообщение об ошибке.
22          print(err)
23      finally:
24          # Если соединение открыто, то закрыть его.
25          if conn != None:
26              conn.close()
27
28  # Вызвать главную функцию.
29  if __name__ == '__main__':
30      main()
```

Вывод программы

```
Сотрудник успешно добавлен.
```

Давайте рассмотрим эту программу подробнее. Строка 4 инициализирует переменную `conn` значением `None`. Затем мы входим в инструкцию `try/except` в строке 5. Внутри блока `try` строки 7 и 8 подсоединяются к базе данных и получают объект `Cursor`. Строка 11 активирует функциональность поддержания внешних ключей SQLite.

В строках 14–17 мы исполняем инструкцию `INSERT`, которая добавляет новые данные о сотруднике в таблицу `Employees`. Обратите внимание, что мы добавляем в столбцы следующие данные:

- `EmployeeID` — мы не предоставляем значение для этого столбца. Так как это целочисленный первичный ключ, мы позволим СУБД генерировать для него значение;
- `Name` — Анжела Тейлор;
- `Position` — программист;
- `DepartmentID` — 4 (отдел исследований и разработок);
- `LocationID` — 4 (идентификатор местоположения для Сан-Хосе).

В строке 18 мы фиксируем изменения в базе данных, а в строке 19 печатаем сообщение с информацией о том, что сотрудник был успешно добавлен.

Если из-за ошибки базы данных возникает исключение, то блок `except` в строке 20 его обработает. Инструкция в строке 22 выводит сообщение об ошибке, принятое по умолчанию для данного исключения. Блок `finally` в строке 23 будет выполняться независимо от наличия или отсутствия исключения. Инструкция `if` в строке 25 определяет наличие открытого соединения с базой данных. Если соединение открыто, то инструкция в строке 26 закрывает соединение. После запуска этой программы база данных будет содержать данные, которые приведены на рис. 14.9.

При добавлении новых строк в таблицу `Employees` мы должны помнить о том, что столбцы `DepartmentID` и `LocationID` являются внешними ключами. Любое значение, сохраненное в столбце `DepartmentID` таблицы `Employees`, уже должно иметься в столбце `DepartmentID`

таблицы Departments. Кроме того, любое значение, сохраненное в столбце LocationID, уже должно иметься в столбце LocationID таблицы Locations. Программа 14.17 демонстрирует, что произойдет, если попытаться добавить строку, нарушающую одно из этих правил.

Таблица Employees

EmployeeID	Name	Position	DepartmentID	LocationID
1	Арлин Мейерс	Директор	4	4
2	Джанель Грант	Инженер	2	1
3	Джек Смит	Менеджер	3	3
4	Соня Альварадо	Аудитор	1	2
5	Рене Кинкейд	Дизайнер	3	3
6	Курт Грин	Супервайзер	2	1
7	Анжела Тейлор	Программист	4	4

Таблица Departments

DepartmentID	DepartmentName
1	Бухгалтерский учет
2	Производство
3	Маркетинг
4	Исследования и разработки

Таблица Locations

LocationID	City
1	Остин
2	Бостон
3	Нью-Йорк
4	Сан-Хосе

РИС. 14.9. Содержимое базы данных employees.db после добавления нового сотрудника

Программа 14.17 (add_bad_employee_data.py)

```
import sqlite3

def main():
    conn = None
    try:
        # Подсоединиться к базе данных и получить курсор.
        conn = sqlite3.connect('employees.db')
        cur = conn.cursor()

        # Задействовать поддержку внешнего ключа.
        cur.execute('PRAGMA foreign_keys=ON')

        # Вставить новую строку в таблицу Employees.
        cur.execute('''INSERT INTO Employees
                            (Name, Position, DepartmentID, LocationID)
                       VALUES
                            ("Билл Свифт", "Стажер", 99, 1)''')
        conn.commit()
        print('Сотрудник успешно добавлен.')
```

```
20      except sqlite3.Error as err:
21          # Если произошло исключение, то напечатать сообщение об ошибке.
22          print(err)
23      finally:
24          # Если соединение открыто, то закрыть его.
25          if conn != None:
26              conn.close()
27
28  # Вызвать главную функцию.
29  if __name__ == '__main__':
30      main()
```

Вывод программы

```
FOREIGN KEY constraint failed
```

В строке 17 программы обратите внимание на то, что строка, которую мы пытаемся добавить в таблицу `Departments`, содержит 99 в качестве значения для столбца `DepartmentID`. Поскольку в таблице `Departments` нет строки со значением 99 в качестве ID отдела, СУБД выдает исключение.

Обновление реляционных данных

При обновлении строки, имеющей внешний ключ, вы должны быть уверены, что не измените внешний ключ на недопустимое значение. Например, предположим, что мы подсоединились к employees.db и `cur` — это объект `Cursor`. Давайте взглянем на следующий интерактивный сеанс:

```
>>> cur.execute('PRAGMA foreign_keys=ON')
<sqlite3.Cursor object at 0x00B5FD20>
>>> cur.execute('''UPDATE Employees
...                 SET DepartmentID = 99
...                 WHERE Name == "Джек Смит"''')
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 3, in <module>
sqlite3.IntegrityError: FOREIGN KEY constraint failed
```

Напомним, что в таблице `Employees` базы данных employees.db столбец `DepartmentID` является внешним ключом, который ссылается на столбец `DepartmentID` в таблице `Departments`. Если мы изменим значение столбца `DepartmentID` в таблице `Employees`, то мы должны изменить его на значение, которое появляется в столбце `DepartmentID` в таблице `Departments`. В этом примере мы пытаемся изменить столбец `DepartmentID` Джека Смита на 99 в таблице `Employees`. Произошла ошибка, поскольку значение 99 не появляется в столбце `DepartmentID` таблицы `Departments`.

Удаление реляционных данных

Предположим, что таблица *A* имеет внешний ключ, который ссылается на столбец в таблице *B*. Вы не можете удалять любые строки в таблице *B*, на которые в настоящее время ссы-

лаются строки в таблице *A*. Это приведет к тому, что столбцы в таблице *A* будут ссылаться на несуществующие строки в таблице *B*.

Напомним, что в таблице `Employees` базы данных employees.db столбец `LocationID` является внешним ключом, который ссылается на столбец `LocationID` в таблице `Locations`. Таким образом, вы не можете удалить любые строки в таблице `Locations`, на которые в настоящее время ссылаются строки в таблице `Employees`. Предполагая, что мы подключились к базе данных employees.db и `cur` — это объект `Cursor`, давайте взглянем на следующий интерактивный сеанс:

```
>>> cur.execute('PRAGMA foreign_keys=ON')
<sqlite3.Cursor object at 0x00B5FD20>
>>> cur.execute('DELETE FROM Locations WHERE LocationID == 1')
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
sqlite3.IntegrityError: FOREIGN KEY constraint failed
```

В этом сеансе мы попытались удалить строку со значением 1, хранящуюся в столбце `LocationID` таблицы `Locations`. Произошла ошибка, поскольку в настоящее время в таблице `Employees` имеются строки, ссылающиеся на эту строку.

Извлечение столбцов из нескольких таблиц в инструкции *SELECT*

Когда связанные данные хранятся в нескольких таблицах, как в базе данных employees.db, часто необходимо извлекать данные из нескольких таблиц в одной инструкции `SELECT`. Например, предположим, мы хотим распечатать список, в котором указаны имя, отдел и местоположение каждого сотрудника. Это предусматривает наличие столбцов из таблицы `Employees`, таблицы `Departments` и таблицы `Locations`. В инструкции `SELECT` нам нужно указать не только имена столбцов, которые мы хотим получить, но и имена таблиц, к которым принадлежат эти столбцы. Для этого мы будем использовать *квалифицированные имена столбцов*. Полное имя столбца принимает следующий формат:

ИмяТаблицы.ИмяСтолбца

Например, `Employees.DepartmentID` указывает столбец `DepartmentID` в таблице `Employees` и `Departments.DepartmentID` указывает столбец `DepartmentID` в таблице `Departments`. Взгляните на следующий ниже запрос:

```
SELECT
    Employees.Name,
    Departments.DepartmentName,
    Locations.City
FROM
    Employees, Departments, Locations
WHERE
    Employees.DepartmentID == Departments.DepartmentID AND
    Employees.LocationID == Locations.LocationID
```

Первая часть запроса указывает столбцы, которые мы хотим получить:

```
SELECT
    Employees.Name,
```

```
    Departments.DepartmentName,
    Locations.City
```

Вторая часть запроса, в которой используется выражение FROM, определяет таблицы, из которых мы хотим извлечь данные:

```
FROM
    Employees, Departments, Locations
```

Третья часть запроса, в которой используется выражение WHERE, определяет критерии поиска:

```
WHERE
    Employees.DepartmentID == Departments.DepartmentID AND
    Employees.LocationID == Locations.LocationID
```

Программа 14.18 демонстрирует этот запрос. Она выводит на экран имя, отдел и местоположение каждого сотрудника.

Программа 14.18 (print_employee_dept_city.py)

```
 1 import sqlite3
 2
 3 def main():
 4     conn = None
 5     try:
 6         # Подсоединиться к базе данных и получить курсор.
 7         conn = sqlite3.connect('employees.db')
 8         cur = conn.cursor()
 9
10         # Задействовать поддержку внешнего ключа.
11         cur.execute('PRAGMA foreign_keys=ON')
12
13         # Извлечь имена сотрудников, отделы и города.
14         cur.execute(
15             '''SELECT
16                     Employees.Name,
17                     Departments.DepartmentName,
18                     Locations.LocationName
19                 FROM
20                     Employees, Departments, Locations
21                 WHERE
22                     Employees.DepartmentID == Departments.DepartmentID AND
23                     Employees.LocationID == Locations.LocationID''')
24         results = cur.fetchall()
25         for row in results:
26             print(f'{row[0]:15} {row[1]:25} {row[2]}')
27     except sqlite3.Error as err:
28         # Если произошло исключение, то напечатать сообщение об ошибке.
29         print(err)
```

```
    finally:
        # Если соединение открыто, то закрыть его.
        if conn != None:
            conn.close()

# Вызвать главную функцию.
if __name__ == '__main__':
    main()
```

Вывод программы

```
Арлин Мейерс     Исследования и разработки   Сан-Хосе
Джанель Грант    Производство                Остин
Джек Смит        Маркетинг                   Нью-Йорк
Соня Альварадо   Бухгалтерский учет          Бостон
Рене Кинкейд     Маркетинг                   Нью-Йорк
Курт Грин        Производство                Остин
Анжела Тейлор    Исследования и разработки   Сан-Хосе
```



ВНИМАНИЕ!

При соединении данных из нескольких таблиц следует использовать выражение `WHERE`, чтобы указать критерии поиска, связывающие соответствующие столбцы. Невыполнение этого требования может привести к большому набору не связанных между собой данных.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Приложение с GUI для чтения базы данных

Программа 14.19 — приложение с GUI, которое обращается к базе данных employees.db. Когда программа запускается, она выводит на экран список имен сотрудников в прокручиваемом виджете `Listbox` (рис. 14.10). Когда пользователь нажимает на имя в списке, информация о сотруднике выводится в диалоговом окне (рис. 14.11).

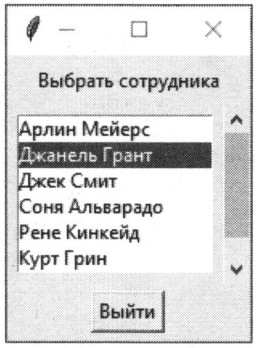


РИС. 14.10. Программа employee_details

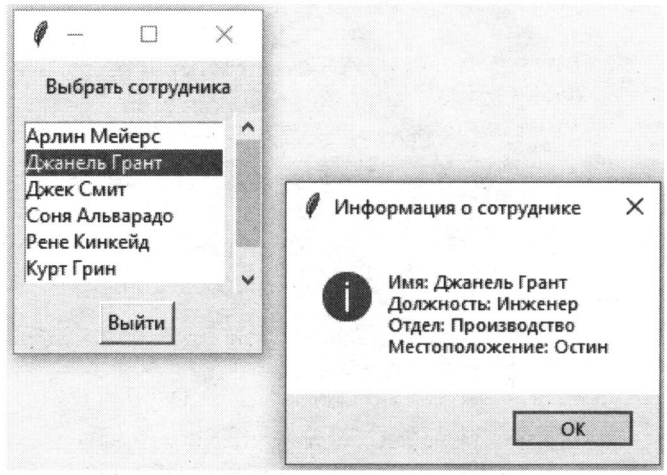


РИС. 14.11. На экран выводятся сведения о сотруднике

Программа 14.19 (employee_details.py)

```
import tkinter
import tkinter.messagebox
import sqlite3

class EmployeeDetails:
    def __init__(self):
        # Создать главное окно.
        self.main_window = tkinter.Tk()

        # Скомпоновать содержимое главного окна.
        self.__build_main_window()

        # Запустить главный цикл.
        tkinter.mainloop()

    # Скомпоновать главное окно.
    def __build_main_window(self):
        # Создать надпись с подсказкой для пользователя.
        self.__create_prompt_label()

        # Скомпоновать рамку виджета Listbox.
        self.__build_listbox_frame()

        # Создать кнопку Выйти.
        self.__create_quit_button()

    # Создать надпись с подсказкой для пользователя.
    def __create_prompt_label(self):
        self.employee_prompt_label = tkinter.Label(
            self.main_window, text='Выберите сотрудника')
        self.employee_prompt_label.pack(side='top', padx=5, pady=5)

    # Скомпоновать рамку, содержащую виджеты Listbox и Scrollbar
    def __build_listbox_frame(self):
        # Создать рамку для виджетов Listbox и Scrollbar.
        self.listbox_frame = tkinter.Frame(self.main_window)

        # Настроить виджет Listbox.
        self.__setup_listbox()

        # Создать полосу прокрутки для просмотра элементов в виджете Listbox.
        self.__create_scrollbar()

        # Заполнить виджет Listbox именами сотрудников.
        self.__populate_listbox()

```

```
        # Упаковать рамку виджета Listbox.
        self.listbox_frame.pack()

    # Создать виджет Listbox для вывода имен сотрудников на экран.
    def __setup_listbox(self):
        # Создать виджет Listbox.
        self.employee_listbox = tkinter.Listbox(
            self.listbox_frame, selectmode=tkinter.SINGLE, height=6)

        # Привязать виджет Listbox к функции обратного вызова.
        self.employee_listbox.bind(
            '<<ListboxSelect>>', self.__get_details)

        # Упаковать виджет Listbox.
        self.employee_listbox.pack(side='left', padx=5, pady=5)

    # Создать вертикальный виджет Scrollbar для использования с виджетом Listbox.
    def __create_scrollbar(self):
        self.scrollbar = tkinter.Scrollbar(self.listbox_frame,
                                           orient=tkinter.VERTICAL)
        self.scrollbar.config(command=self.employee_listbox.yview)
        self.employee_listbox.config(yscrollcommand=self.scrollbar.set)
        self.scrollbar.pack(side='right', fill=tkinter.Y)

    # Вывести на экран имена сотрудников в виджете Listbox.
    def __populate_listbox(self):
        for employee in self.__get_employees():
            self.employee_listbox.insert(tkinter.END, employee)

    # Создать кнопку выхода из программы.
    def __create_quit_button(self):
        self.quit_button = tkinter.Button(
                                   self.main_window,
                                   text='Выйти',
                                   command=self.main_window.destroy)
        self.quit_button.pack(side='top', padx=10, pady=5)

    # Получить список имен сотрудников из базы данных.
    def __get_employees(self):
        employee_list = []
        conn = None
        try:
            # Подсоединиться к базе данных и получить курсор.
            conn = sqlite3.connect('employees.db')
            cur = conn.cursor()

```

```
93              # Исполнить запрос SELECT.
94              cur.execute('SELECT Name FROM Employees')
95
96              # Получить результаты запроса в виде списка.
97              employee_list = [n[0] for n in cur.fetchall()]
98          except sqlite3.Error as err:
99              tkinter.messagebox.showinfo('Ошибка базы данных', err)
100         finally:
101             # Если соединение открыто, то закрыть его.
102             if conn != None:
103                 conn.close()
104
105             return employee_list
106
107     # Получить подробную информацию по выбранному сотруднику.
108     def __get_details(self, event):
109         # Получить выбранное имя из виджета Listbox.
110         listbox_index = self.employee_listbox.curselection()[0]
111         selected_emp = self.employee_listbox.get(listbox_index)
112
113         # Запросить в базе данных информацию о выбранном сотруднике.
114         conn = None
115         try:
116             # Подсоединиться к базе данных и получить курсор.
117             conn = sqlite3.connect('employees.db')
118             cur = conn.cursor()
119
120             # Исполнить запрос SELECT.
121             cur.execute(
122                 '''SELECT
123                         Employees.Name,
124                         Employees.Position,
125                         Departments.DepartmentName,
126                         Locations.City
127                     FROM
128                         Employees, Departments, Locations
129                     WHERE
130                         Employees.Name == ? AND
131                         Employees.DepartmentID == Departments.DepartmentID AND
132                         Employees.LocationID == Locations.LocationID''',
133                 (selected_emp,))
134
135             # Получить результаты запроса.
136             results = cur.fetchone()
137
```

```
138             # Вывести на экран информацию о сотруднике.
139             self.__display_details(name=results[0], position=results[1],
140             department=results[2], location=results[3])
141         except sqlite3.Error as err:
142             tkinter.messagebox.showinfo('Ошибка базы данных', err)
143         finally:
144             # Если соединение открыто, то закрыть его.
145             if conn != None:
146                 conn.close()
147
148     # Вывести в диалоговом окне на экран информацию о сотруднике.
149     def __display_details(self, name, position, department, location):
150         tkinter.messagebox.showinfo('Информация о сотруднике',
151                                     'Имя: ' + name +
152                                     '\nДолжность: ' + position +
153                                     '\nОтдел: ' + department +
154                                     '\nМестоположение: ' + location)
155
156 # Создать экземпляр класса EmployeeDetails.
157 if __name__ == '__main__':
158     employee_details = EmployeeDetails()
```

Давайте рассмотрим класс `EmployeeDetails` подробнее.

Строки 6–14, метод `__init__` создает главное окно и запускает функцию `mainloop` модуля `tkinter`.

Строки 17–25, метод `__build_main_window` вызывает три других метода: `__create_prompt_label`, `__build_listbox_frame` и `__create_quit_button`. А они, в свою очередь, создают виджеты, которые будут выводиться на экран в главном окне.

Строки 28–31, метод `__create_prompt_label` создает виджет `Label`, который выводит на экран текст `'Выберите сотрудника'`. Указанный метод вызывается из метода `__build_main_window`.

Строки 34–48, метод `__build_listbox_frame` создает рамку и вызывает методы `__setup_listbox` и `__create_scrollbar` для размещения виджетов `Listbox` и `Scrollbar` внутри рамки. Затем он вызывает метод `__populate_listbox`, чтобы прочитать все имена сотрудников из базы данных employees.db и вывести их в виджете `Listbox`. Указанный метод вызывается из метода `__build_main_window`.

Строки 51–61, метод `__setup_listbox` создает виджет `Listbox` и привязывает к нему метод `__get_details` в качестве функции обратного вызова. Как следствие, метод `__get_details` будет вызываться всякий раз, когда пользователь нажимает на имя в виджете `Listbox`. Указанный метод вызывается из метода `__build_listbox_frame`.

Строки 64–69, метод `__create_scrollbar` создает виджет `Scrollbar`, ориентированный вертикально. Строки 67 и 68 выполняют необходимые настройки для присоединения виджета `Scrollbar` к виджету `Listbox`. Указанный метод вызывается из метода `__build_listbox_frame`.

Строки 72–74, метод `__populate_listbox` вызывает метод `__get_employees`, чтобы получить список всех имен сотрудников из базы данных. Цикл `for` перебирает список и добавляет каждое имя в виджет `Listbox`. Указанный метод вызывается из метода `__build_listbox_frame`.

Строки 77–82, метод `__create_quit_button` создает виджет `Button`, который завершает работу программы при нажатии кнопки. Указанный метод вызывается из метода `__build_main_window`.

Строки 85–105, метод `__get_employees` открывает соединение с базой данных employees.db и исполняет инструкцию с запросом `SELECT`, который получает все имена сотрудников из таблицы `Employees`. Имена возвращаются из метода в виде списка. Указанный метод вызывается из метода `__populate_listbox`.

Строки 108–146, метод `__get_details` получает имя, выбранное в виджете `Listbox`. Затем он открывает соединение с базой данных employees.db и исполняет запрос `SELECT`, который получает из базы данных имя, должность, название отдела и местоположение выбранного сотрудника. Эти порции данных передаются в метод `__display_details` для вывода на экран. Указанный метод является функцией обратного вызова для виджета `Listbox`, поэтому он вызывается всякий раз, когда пользователь выбирает имя из виджета `Listbox`.

Строки 149–154, метод `__display_details` принимает в качестве аргументов имя сотрудника, должность, название отдела и местоположение. Эти значения выводятся в диалоговом окне.



Контрольная точка

14.41. Почему возникает потребность в уменьшении дублирования данных в базе данных?

14.42. Что такое внешний ключ?

14.43. Что такое связь "один ко многим"?

14.44. Что такое связь "многие к одному"?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Стандартный язык для работы с СУБД — это _____.
   а) Python;
   б) COBOL;
   в) SQL;
   г) BASIC.
2. Хранящиеся в таблице данные организованы в _____.
   а) строки;
   б) файлы;
   в) папки;
   г) страницы.

3. Хранящиеся в строке данные делятся на _____.

   а) разделы;

   б) байты;

   в) столбцы;

   г) таблицы.

4. _____ — это столбец, который содержит уникальное значение для каждой строки и может использоваться для идентифицирования конкретных строк.

   а) идентификационный столбец;

   б) открытый ключ;

   в) столбец обозначителя;

   г) первичный ключ.

5. Значение `None` в Python эквивалентно значению _____ в SQL.

   а) 0;

   б) –1;

   в) `NULL`;

   г) отрицательная бесконечность.

6. _____ содержит уникальные значения, генерируемые СУБД.

   а) самоопределяющий столбец;

   б) идентификационный столбец;

   в) столбец серийного номера;

   г) столбец хеш-значения.

7. Если столбец _____, то это означает, что всякий раз, когда в таблицу добавляется новая строка, СУБД автоматически присваивает столбцу целое число, которое на 1 больше наибольшего значения, хранящегося в данный момент в столбце.

   а) автоматически наращивается (автоинкрементируется);

   б) переворачивается;

   в) бутстрапируется;

   г) автоматически дополняется.

8. Функция `sqlite3.connect` возвращает этот тип объекта.

   а) `Cursor`;

   б) `Database`;

   в) `File`;

   г) `Connection`.

9. Вы используете метод _____ объекта `Cursor` для передачи инструкции SQL в СУБД SQLite.

   а) `commit()`;

   б) `execute()`;

в) `pass();`

г) `run_sql()`.

10. Эта инструкция SQL используется для создания таблицы.

а) `CREATE TABLE`;

б) `ADD TABLE`;

в) `INSERT TABLE`;

г) `NEW TABLE`.

11. Эта инструкция SQL используется для удаления таблицы.

а) `DELETE TABLE`;

б) `DROP TABLE`;

в) `ERASE TABLE`;

г) `REMOVE TABLE`.

12. Эта инструкция SQL используется для вставки строк в таблицу.

а) `INSERT`;

б) `ADD`;

в) `CREATE`;

г) `UPDATE`.

13. Эта инструкция SQL используется для удаления строк из таблицы.

а) `REMOVE`;

б) `ERASE`;

в) `PURGE`;

г) `DELETE`.

14. Эта инструкция SQL используется для изменения содержимого строки.

а) `EDIT`;

б) `UPDATE`;

в) `CHANGE`;

г) `TRANSFORM`.

15. Этот тип инструкции SQL используется для извлечения строк из таблицы.

а) `RETRIEVE`;

б) `GET`;

в) `SELECT`;

г) `READ`.

16. Это выражение позволяет указывать критерии поиска в инструкции `SELECT`.

а) `SEARCH`;

б) `WHERE`;

в) AS;

г) CRITERIA.

17. Этот метод объекта Cursor возвращает все результаты ранее исполненной инструкции SELECT в виде списка кортежей.

а) get_results;

б) getall;

в) fetchone;

г) fetchall.

18. Этот метод объекта Cursor возвращает только одну строку результатов ранее исполненной инструкции SELECT в виде кортежа.

а) get_results;

б) getall;

в) fetchone;

г) fetchall.

19. Это выражение позволяет сортировать результаты инструкции SELECT.

а) SORT BY;

б) ARRANGE;

в) ORDER BY;

г) DESCEND.

20. Эта функция SQL возвращает среднее значение столбца, содержащего числовые значения.

а) AVERAGE;

б) MEAN;

в) MEDIAN;

г) AVG.

21. Эта функция SQL возвращает сумму по столбцу, содержащему числовые значения.

а) SUM;

б) TOTAL;

в) ADD;

г) ALL.

22. Эта функция SQL возвращает наименьшее, или минимальное, значение, находящееся в столбце, содержащем числовые значения.

а) LEAST;

б) SMALLEST;

в) MIN;

г) MINIMUM.

23. Эта функция SQL возвращает наибольшее, или максимальное, значение, находящееся в столбце, содержащем числовые значения.

    а) `GREATEST`;

    б) `LARGEST`;

    в) `MAXIMUM`;

    г) `MAX`.

24. Эта функция SQL возвращает число строк в таблице или число строк, соответствующих критериям поиска.

    а) `COUNT`;

    б) `NUM_ROWS`;

    в) `QUANTITY`;

    г) `TOTAL`.

25. Этот публичный атрибут объекта `Cursor` содержит число строк, которые были изменены последней исполненной инструкцией SQL.

    а) `rows`;

    б) `num_rows`;

    в) `altered_rows`;

    г) `rowcount`.

26. При создании таблицы в SQLite таблица автоматически будет иметь стобец с типом `INTEGER` под названием _____.

    а) `RowNumber`;

    б) `RowID`;

    в) `ID`;

    г) `RowIndex`.

27. _____ ключ — это два стобца или более, которые совмещаются для создания уникального значения.

    а) комбинированный;

    б) составной;

    в) композитный;

    г) соединенный.

28. Модуль `sqlite3` определяет исключение с именем _____, которое вызывается при возникновении ошибки базы данных.

    а) `DBException`;

    б) `DataError`;

    в) `SQLException`;

    г) `Error`.

29. _____ — это столбец в одной таблице, который ссылается на первичный ключ в другой таблице.
    а) вторичный ключ;
    б) поддельный ключ;
    в) внешний ключ;
    г) дублированный ключ.

Истина или ложь

1. Для хранения крупных объемов данных СУБД предпочтительнее традиционного файла.
2. Все идентификационные столбцы в таблице должны содержать одно и то же значение.
3. Таблица может иметь более одного первичного ключа.
4. Если при подсоединении к базе данных SQLite она не существует, то будет выдано исключение.
5. При внесении изменений в базу данных SQLite эти изменения не сохраняются в базе данных до тех пор, пока не будет вызван метод `commit()` объекта `Connection`.
6. В SQLite метод `execute()` объекта `Cursor` используется для передачи инструкции SQL в СУБД.
7. База данных может содержать только одну таблицу.
8. С помощью инструкции SQL `UPDATE` можно обновлять более одной строки.
9. При создании таблицы в SQLite столбец `RowID` не создается автоматически.
10. В SQLite при назначении столбца в качестве целочисленного первичного ключа (`INTEGER PRIMARY KEY`) этот столбец становится псевдонимом для столбца `RowID`.

Короткий ответ

1. Почему при написании приложений для крупного бизнеса по хранению записей о клиентах и ведению учета товарных запасов не используются традиционные текстовые или двоичные файлы?
2. Когда мы говорим об организации базы данных, мы говорим о таких вещах, как строки, таблицы и столбцы. Опишите, каким образом данные в базе данных организованы в эти концептуальные единицы.
3. Что такое первичный ключ?
4. Какие типы данных SQL соответствуют следующим ниже типам Python:
    - `int`;
    - `float`;
    - `str`?
5. Каковы реляционные операторы в SQL для следующих ниже сравнений:
    - больше;
    - меньше;
    - больше или равно;
    - меньше или равно;

- равно;
- не равно?

6. Посмотрите на следующую ниже инструкцию SQL.

```
SELECT Name FROM Employee
```

Как называется таблица, из которой эта инструкция извлекает данные? Каково имя извлекаемого столбца?

7. Что такое параметризованный запрос?
8. В чем разница между методами `fetchall()` и `fetchone()` объекта `Cursor` в SQLite?
9. Что такое агрегатная функция?
10. Как при обновлении таблицы в SQLite определить число обновленных строк?
11. Что такое составной ключ?
12. Предположим, что в базе данных SQLite таблица содержит три строки и столбец `RowID` содержит значения 1, 2 и 3. Вы добавляете еще одну строку в таблицу, не указывая значение для ее столбца `RowID`. Какое значение СУБД автоматически присвоит новой строке в столбце `RowID`?
13. Предположим, что в базе данных SQLite таблица содержит четыре строки и столбец `RowID` содержит значения 1, 2, 3 и 19. Вы добавляете еще одну строку в таблицу, не указывая значение для ее столбца `RowID`. Какое значение СУБД автоматически присвоит новой строке в столбце `RowID`?
14. Псевдонимом какого столбца становится целочисленный первичный ключ (`INTEGER PRIMARY KEY`) в таблице в SQLite при его создании?
15. Что означает CRUD?
16. Что такое внешний ключ?

Алгоритмический тренажер

Для следующих далее вопросов предположим, что база данных SQLite имеет таблицу с именем `Stock` (Акции) (табл. 14.4).

Таблица 14.4

Имя столбца	Тип
`TradingSymbol` (Торговый символ)	`TEXT`
`CompanyName` (Название компании)	`TEXT`
`NumShares` (Число долей)	`INTEGER`
`PurchasePrice` (Цена покупки)	`REAL`
`SellingPrice` (Цена продажи)	`REAL`

1. Напишите SQL-инструкцию `SELECT`, которая вернет все столбцы из каждой строки в таблице `Stock`.
2. Напишите SQL-инструкцию `SELECT`, которая вернет столбец `TradingSymbol` из каждой строки в таблице `Stock`.

3. Напишите SQL-инструкцию SELECT, которая вернет столбец TradingSymbol и столбец NumShares из каждой строки таблицы Stock.
4. Напишите SQL-инструкцию SELECT, которая вернет столбец TradingSymbol только из тех строк, в которых значение PurchasePrice превышает 25.00.
5. Напишите SQL-инструкцию SELECT, которая вернет все столбцы из строк, в которых TradingSymbol начинается с "SU".
6. Напишите SQL-инструкцию SELECT, которая вернет столбец TradingSymbol только из тех строк, в которых SellingPrice больше, чем PurchasePrice, а NumShares больше 100.
7. Напишите SQL-инструкцию SELECT, которая вернет столбец TradingSymbol и столбец NumShares только из тех строк, в которых SellingPrice больше PurchasePrice, а NumShares превышает 100. Результаты должны быть отсортированы по столбцу NumShares в порядке возрастания.
8. Напишите SQL-инструкцию, которая вставит новую строку в таблицу Stock. Строка должна иметь следующие значения столбцов:

   TradingSymbol: XYZ
   CompanyName: Компания XYZ
   NumShares: 150
   PurchasePrice: 12.55
   SellingPrice: 22.47

9. Напишите SQL-инструкцию, которая исполнит следующее: для каждой строки в таблице Stock, если столбец TradingSymbol имеет значение "XYZ", заменяет это значение на "ABC".
10. Напишите SQL-инструкцию, которая удалит строки в таблице Stock, в которых число акций меньше 10.
11. Напишите SQL-инструкцию, которая создаст таблицу Stock, если она не существует.
12. Напишите SQL-инструкцию, которая удалит таблицу Stock, если она существует.

Упражнения по программированию

1. **База данных населения.** В папке с исходным кодом этой главы вы найдете программу create_cities_db.py. Запустите программу. Она создаст базу данных с именем cities.db. База данных cities.db будет иметь таблицу с именем Cities (табл. 14.5).

Таблица 14.5

Имя столбца	Тип данных
CityID	INTEGER PRIMARY KEY
CityName	TEXT
Population	REAL



Видеозапись "Начало работы с базой данных Population" (Getting Started with the Population Database Problem)

В столбце CityName хранится название города, а в столбце Population — численность населения этого города. После запуска программы create_cities_db.py таблица городов будет содержать 20 строк с различными городами и их численностью населения.

Далее напишите программу, которая подсоединяется к базе данных cities.db и позволяет пользователю выбирать любую из следующих ниже операций:

- вывод на экран списка городов, отсортированных по численности населения в порядке возрастания;
- вывод на экран списка городов, отсортированных по численности населения в порядке убывания;
- вывод на экран списка городов, отсортированных по названиям;
- вывод на экран общей численности населения всех городов;
- вывод на экран среднего населения всех городов;
- вывод на экран города с наибольшей численностью населения;
- вывод на экран города с наименьшей численностью населения.

2. **Телефонная база данных.** Напишите программу, которая создает базу данных с именем phonebook.db. В базе данных должна быть таблица `Entries` со столбцами для имени и номера телефона человека. Далее напишите приложение CRUD, которое позволяет пользователю добавлять строки в таблицу `Entries`, отыскивать номер телефона человека, изменять его номер телефона и удалять заданные строки.
3. **Проект реляционной базы данных.** В этом задании вы создадите базу данных с именем student_info.db, содержащую следующую информацию о студентах в колледже:
   - фамилию и имя студента;
   - специальность студента;
   - кафедру, на которую зачислен студент.

   База данных должна содержать таблицы `Majors` (Специальности), `Departments` (Факультеты), `Students` (Студенты), табл. 14.6–14.8.

Таблица 14.6. Таблица `Majors` (Специальности)

Имя столбца	Тип
MajorID	INTEGER PRIMARY KEY
Name	TEXT

Таблица 14.7. Таблица `Departments` (Факультеты)

Имя столбца	Тип
DeptID	INTEGER PRIMARY KEY
Name	TEXT

Таблица 14.8. Таблица `Students` (Студенты)

Имя столбца	Тип
StudentID	INTEGER PRIMARY KEY
Name	TEXT
MajorID	INTEGER (внешний ключ, ссылающийся на столбец `MajorID` в таблице `Majors`)
DeptID	INTEGER (внешний ключ, ссылающийся на столбец `DeptID` в таблице `Departments`)

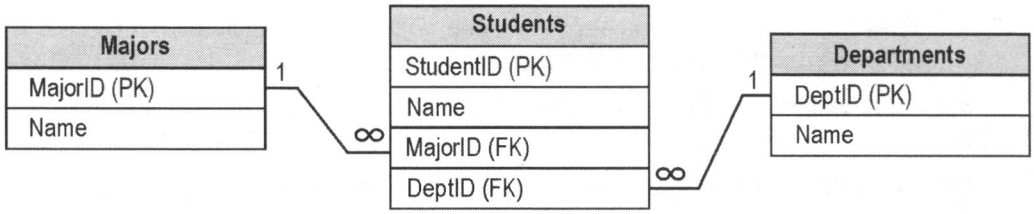


РИС. 14.12. Диаграмма связей между сущностями базы данных student_info.db

На рис. 14.12 показана диаграмма связей между сущностями базы данных.

- Напишите программу, которая создает базу данных и таблицы.
- Напишите программу, которая выполняет операции CRUD над таблицей `Majors`. В частности, программа должна позволять пользователю выполнять следующие действия:
  - добавлять новую специальность;
  - отыскивать существующую специальность;
  - обновлять существующую специальность;
  - удалять существующую специальность;
  - выводить на экран список всех специальностей.
- Напишите программу, которая выполняет операции CRUD над таблицей `Departments`. В частности, программа должна позволять пользователю выполнять следующие действия:
  - добавлять новый факультет;
  - отыскивать существующий факультет;
  - обновлять существующий факультет;
  - удалять существующий факультет;
  - выводить на экран список всех факультетов.
- Напишите программу, которая выполняет операции CRUD над таблицей `Students`. В частности, программа должна позволять пользователю выполнять следующие действия:
  - добавлять нового студента;
  - отыскивать существующего студента;
  - обновлять существующего студента;
  - удалять существующего студента;
  - выводить на экран список всех студентов.

  При добавлении, обновлении и удалении строк следует активировать поддержку внешних ключей. При добавлении нового студента в таблицу `Students` пользователю должно быть разрешено выбирать только существующую специальность из таблицы `Majors` и существующий факультет из таблицы `Departments`.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Установка Python

Скачивание Python

Для того чтобы выполнить приведенные в этой книге программы, вам потребуется установить Python 3.6 или более позднюю версию. Вы можете скачать последнюю версию Python по адресу **www.python.org/downloads**. В этом приложении рассматривается процесс установки Python в операционной системе Windows. Python также доступен для Mac OS X, Linux и некоторых других платформ. Ссылки на скачивание версий Python, предназначенных для этих операционных систем, приведены на сайте для скачивания Python по адресу **www.python.org/downloads**.



СОВЕТ

Следует иметь в виду, что существует два *семейства* языка Python, которые вы можете скачать: Python 3.x и Python 2.x. Программы в этой книге работают только с семейством Python 3.x.

Установка Python 3.*x* в Windows

Перейдя по ссылке **www.python.org/downloads** на сайт для скачивания Python, вы должны будете скачать последнюю из имеющихся версий Python 3.*x*. На рис. П1.1 показано, как выглядела веб-страница сайта, с которой можно скачать Python, в момент написания этого приложения. Как видно из рисунка, последней версией в это время был Python 3.9.5.

После того как вы скачаете установщик Python, его следует запустить. На рис. П1.2 представлен установщик Python 3.9.5. Настоятельно рекомендуем поставить флажки напротив обеих опций внизу экрана: **Install launcher for all users** (Установить средство запуска для всех пользователей) и **Add Python 3.*x* to PATH** (Добавить Python 3.*x* в системный путь). Сделав это, щелкните по ссылке **Install Now** (Установить сейчас).

Появится сообщение "Do you want to allow this app to make changes to your device?" (Хотите разрешить этому приложению внести изменения в ваше устройство?) Нажмите кнопку **Да**, чтобы продолжить установку. Когда процесс установки завершится, вы увидите сообщение "Installation was successful." (Установка завершилась успешно). Нажмите кнопку закрытия окна для выхода из установщика.

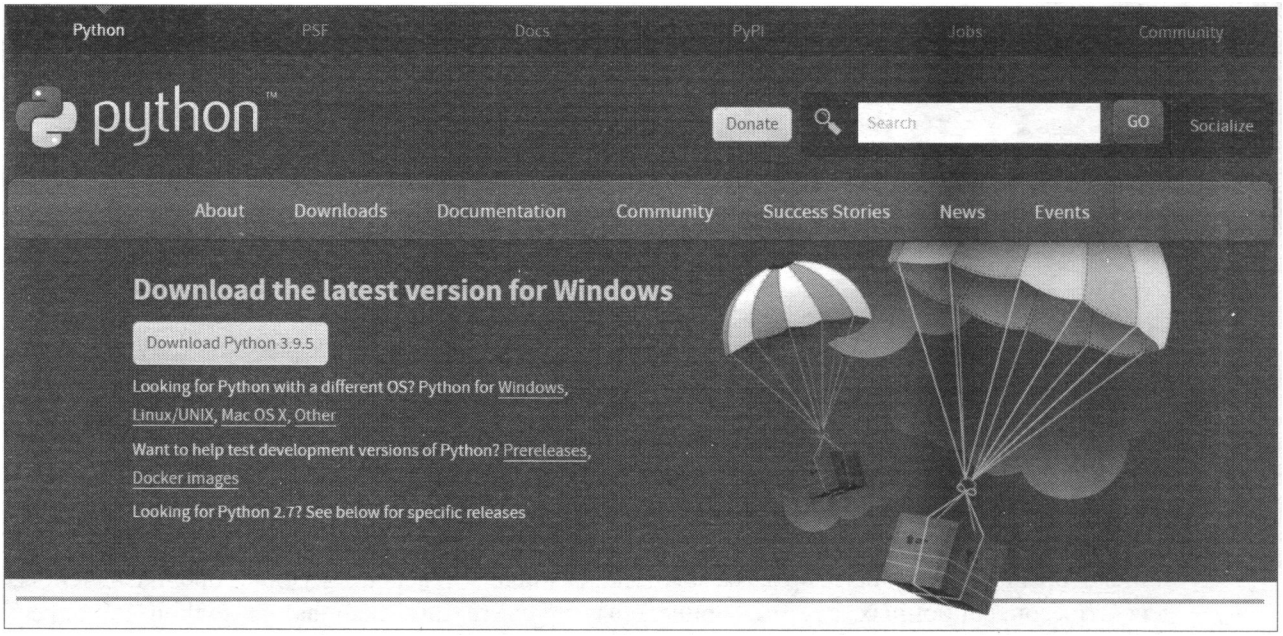


РИС. П1.1. Скачайте последнюю версию языка Python

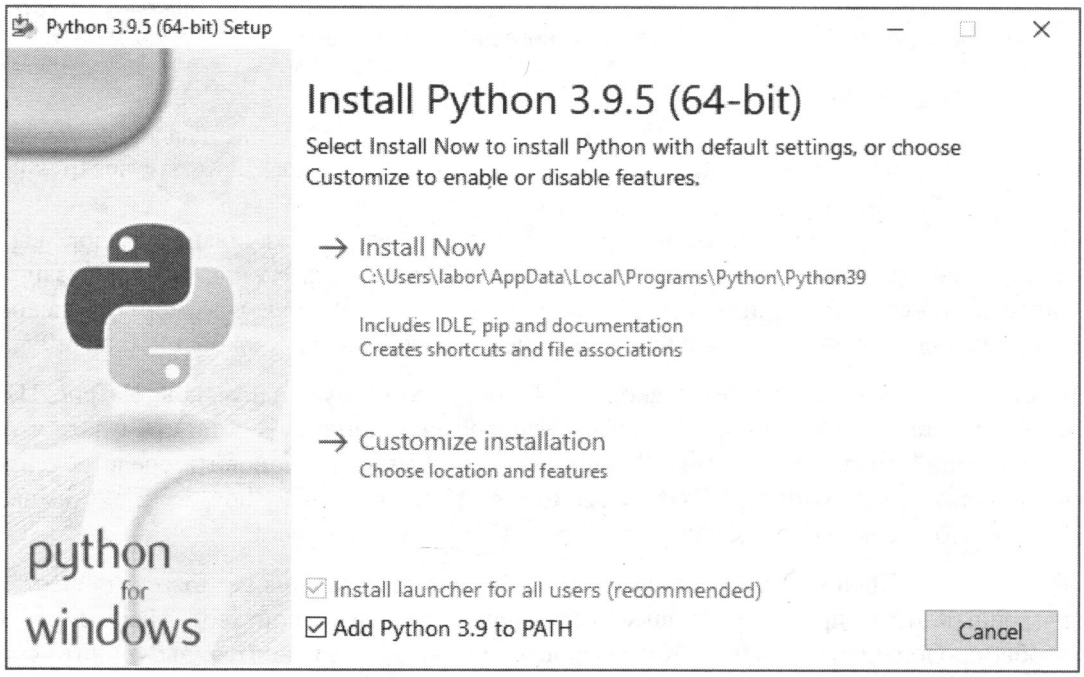


РИС. П1.2. Окно установки Python

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Введение в среду IDLE



Видеозапись "Введение в среду IDLE" (Intro to IDLE)

IDLE (Integrated Development Environment) — это интегрированная среда разработки, которая сочетает в одной программе несколько инструментов разработки, в том числе:

- оболочку Python, работающую в интерактивном режиме. Можно набирать инструкции Python напротив подсказки оболочки и сразу же их исполнять. Кроме того, можно выполнять законченные программы Python;
- текстовый редактор, который выделяет цветом ключевые слова Python и другие части программ;
- модуль проверки, который проверяет программу Python на наличие синтаксических ошибок без выполнения программы;
- средства поиска, позволяющие находить текст в одном или нескольких файлах;
- инструменты форматирования текста, которые помогают поддержать в программе Python единообразные уровни отступов;
- отладчик, который позволяет выполнять программу Python в пошаговом режиме и следить за изменением значений переменных по ходу исполнения каждой инструкции;
- несколько других продвинутых инструментов для разработчиков.

Среда IDLE поставляется в комплекте с Python. Во время установки интерпретатора Python среда IDLE устанавливается автоматически. В этом приложении предоставлены краткое введение в среду IDLE и описание основных шагов создания, сохранения и выполнения программы Python.

Запуск среды IDLE и использование оболочки Python

После того как вы установите Python, в списке программ меню **Пуск** вашей операционной системы появится группа программ Python. Один из элементов в этой группе программ будет называться **IDLE (Python 3.x 64(32)-bit)**. Для запуска IDLE щелкните по нему, и вы увидите окно оболочки Python 3.*x* (рис. П2.1). Внутри этого окна интерпретатор Python выполняется в интерактивном режиме. Вверху окна расположена строка меню, которая предоставляет доступ ко всем инструментам IDLE.

Подсказка >>> говорит о том, что интерпретатор ожидает от вас ввода инструкции Python. Когда вы набираете инструкцию напротив подсказки >>> и нажимаете клавишу <Enter>, эта инструкция немедленно исполняется. Например, на рис. П2.2 показано окно оболочки Python после того, как были введены и исполнены три инструкции.

Когда вы набираете начало многострочной инструкции, в частности инструкцию `if` или цикл, каждая последующая строка автоматически располагается с отступом. Нажатие кла-

виши <Enter> на пустой строке обозначает конец многострочной инструкции и приводит к ее исполнению интерпретатором. На рис. П2.3 представлено окно оболочки Python после того, как цикл `for` был введен и исполнен.

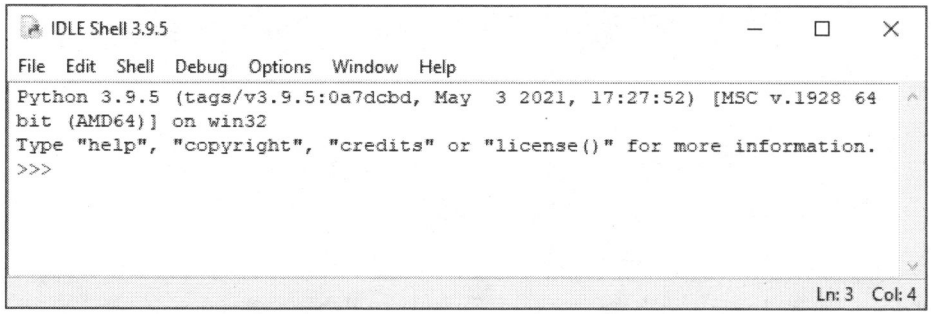


РИС. П2.1. Окно оболочки IDLE

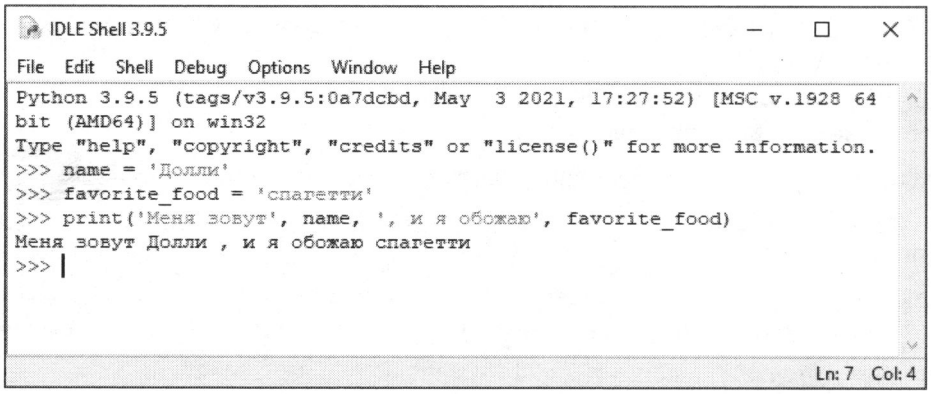


РИС. П2.2. Инструкции, исполненные интерпретатором Python

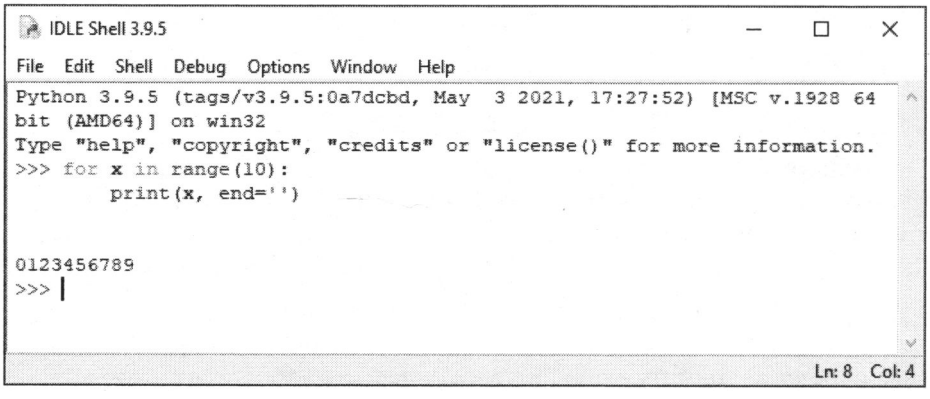


РИС. П2.3. Многострочная инструкция, исполненная интерпретатором Python

Написание программы Python в редакторе IDLE

Для того чтобы написать новую программу Python в среде IDLE, следует открыть новое окно редактирования. Для этого в меню **File** (Файл) нужно выбрать команду **New File** (Новый файл) — рис. П2.4. (Как вариант, можно нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<N>.) Будет открыто окно редактирования текста (рис. П2.5).

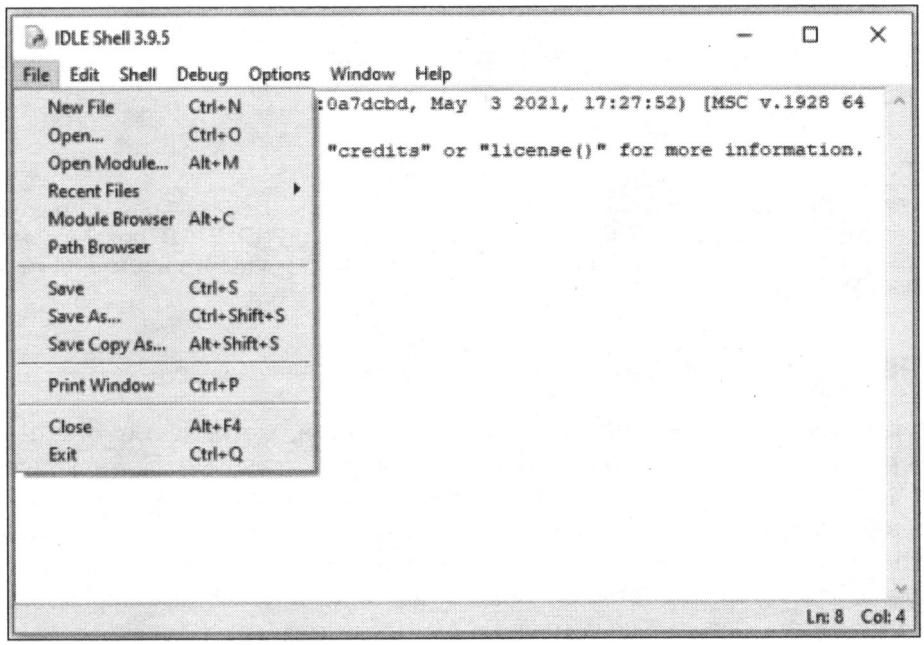


РИС. П2.4. Меню **File**

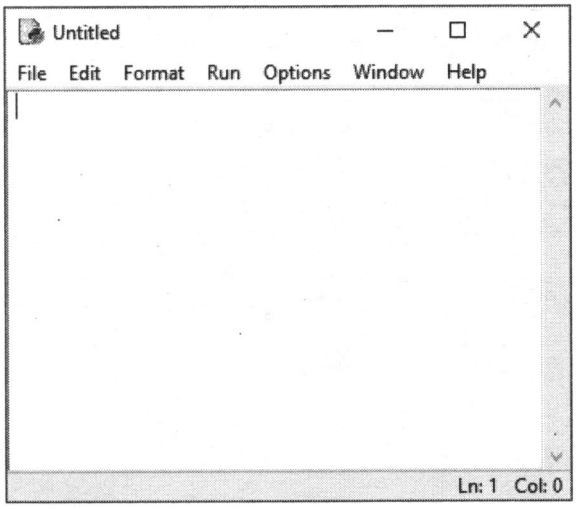


РИС. П2.5. Окно текстового редактора

Для того чтобы открыть уже существующую программу, в меню **File** (Файл) выберите команду **Open** (Открыть). Перейдите в место расположения файла, выберите нужный файл, и он будет открыт в окне редактора.

Цветовая разметка

Программный код, вводимый в окне редактора, а также в окне оболочки Python, выделяется цветом следующим образом:

- ключевые слова Python выводятся в оранжевом цвете;
- комментарии — в красном цвете;
- строковые литералы — в зеленом цвете;
- определенные в программе имена, такие как имена функций и классов, — в синем цвете;
- встроенные функции — в фиолетовом цвете.



СОВЕТ

Вы можете изменить настройки выделения цветом в среде IDLE, выбрав в меню **Options** (Параметры) команду **Configure IDLE** (Сконфигурировать среду IDLE). В появившемся диалоговом окне перейдите на вкладку **Highlights** (Выделение цветом) и задайте цвета для каждого элемента программы Python.

Автоматическое выделение отступом

Редактор IDLE имеет функциональные возможности, которые помогают поддерживать в своих программах Python единообразное выделение отступами. Пожалуй, самой полезной из этих функциональных возможностей является автоматическое выделение отступом. Когда вы набираете строку, которая заканчивается двоеточием, в частности выражение `if`, первую строку цикла или заголовок функции и затем нажимаете клавишу <Enter>, редактор автоматически выделяет отступом строки, которые вы набираете потом. Например, предположим, что вы набираете фрагмент кода (рис. П2.6). После того как вы нажмете клавишу <Enter> в конце строки́, помеченной ①, редактор автоматически расположит с отступом стро́ки, которые вы будете набирать далее. После того как вы нажмете клавишу <Enter> в конце строки́, помеченной ②, редактор снова добавит отступ. Нажатие клавиши <Backspace> в начале выделенной отступом строки́ отменяет один уровень выделения отступом.

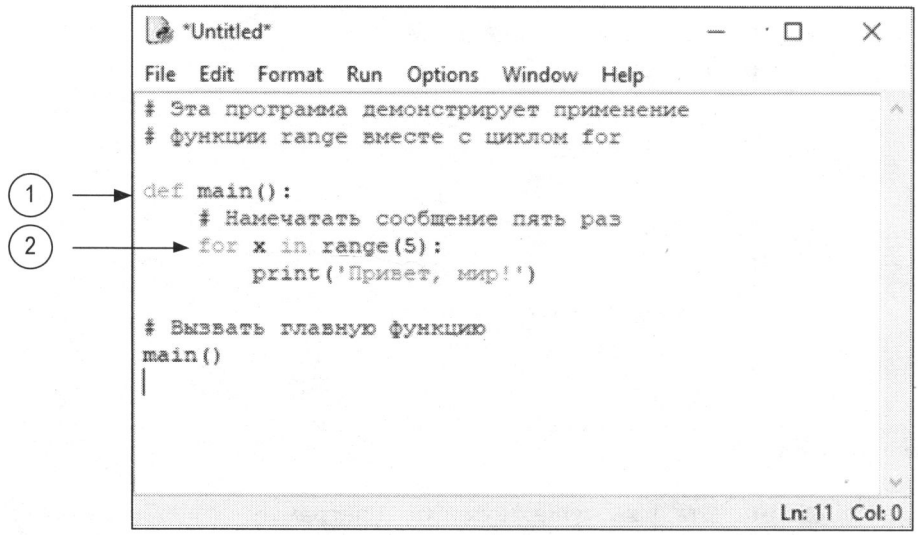


РИС. П2.6. Строки, которые вызывают автоматическое добавление отступов

По умолчанию в среде IDLE для каждого уровня выделения отступом в качестве отступа используются *четыре пробела*. Количество пробелов можно изменить, выбрав в меню **Options** команду **Configure IDLE**. Перейдите на вкладку **Fonts/Tabs** (Шрифты/Отступы) появившегося диалогового окна, и вы увидите панель ползунка, который позволяет изменить количество пробелов, используемых в качестве ширины отступа. Однако поскольку в Python четыре пробела являются стандартной шириной отступа, рекомендуется все же оставить текущую настройку.

Сохранение программы

В окне редактора можно сохранить текущую программу, выбрав соответствующую команду из меню **File**:

- **Save** (Сохранить);
- **Save As** (Сохранить как);
- **Save Copy As** (Сохранить копию как).

Команды **Save** и **Save As** работают так же, как и в любом приложении Windows. Команда **Save Copy As** работает как **Save As**, но оставляет исходную программу в окне редактора.

Выполнение программы

После того как программа набрана в редакторе, ее можно выполнить, нажав клавишу <F5> или выбрав в меню **Run** (Выполнить) команду **Run Module** (Выполнить модуль) — рис. П2.7. Если после последнего внесения изменения в исходный код программа не была сохранена, появится диалоговое окно (рис. П2.8). Нажмите кнопку **OK**, чтобы сохранить программу. Во время выполнения программы вы увидите, что ее результаты будут выведены в окно оболочки Python IDLE (рис. П2.9).

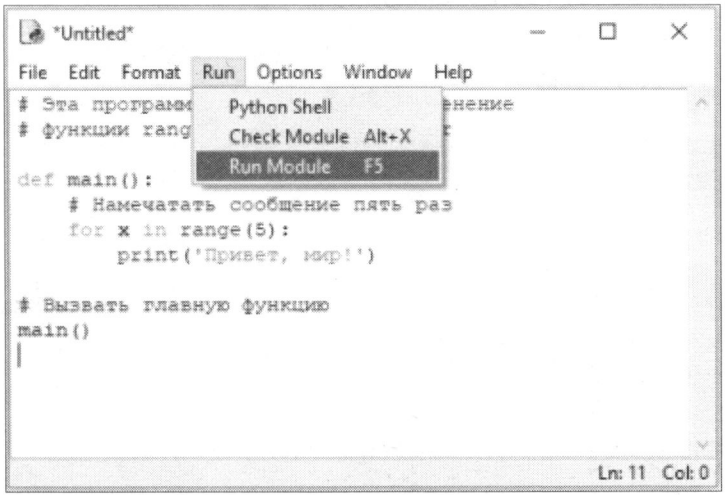


РИС. П2.7. Меню **Run** окна редактора

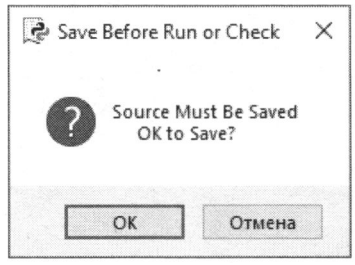


РИС. П2.8. Диалоговое окно подтверждения сохранения

При выполнении программы, содержащей синтаксическую ошибку, вы увидите диалоговое окно (рис. П2.10). После нажатия на кнопке **OK** редактор выделит цветом местоположение ошибки в программном коде. Если вы захотите проверить синтаксис программы, не пытаясь

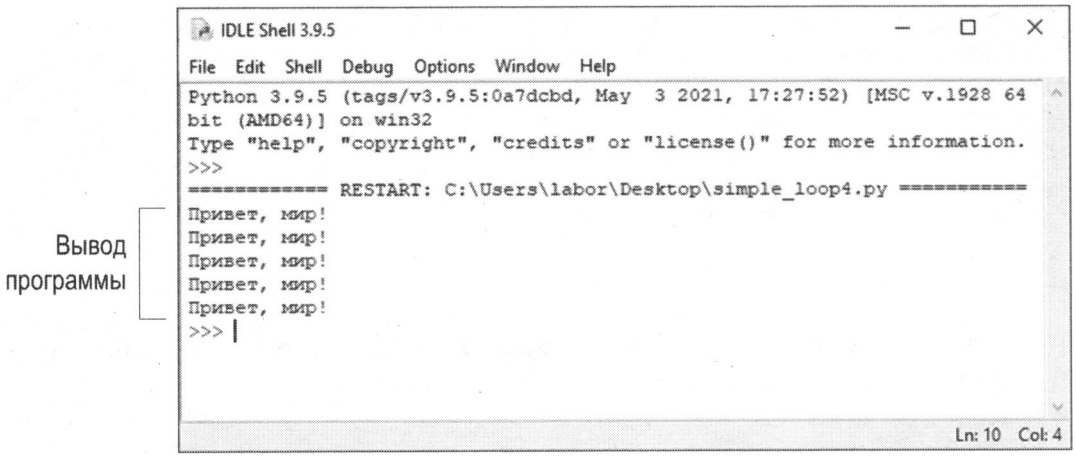


РИС. П2.9. Результаты в окне оболочки Python

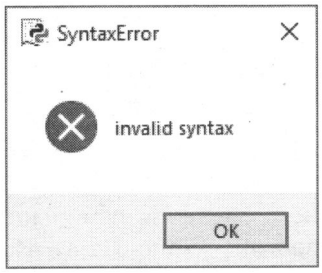


РИС. П2.10. Диалоговое окно с сообщением о синтаксической ошибке

ее выполнить, то в меню **Run** (Выполнить) выберите команду **Check Module** (Проверить модуль). В результате при обнаружении любой синтаксической ошибки будет выведено соответствующее сообщение.

Другие ресурсы

В этом приложении был предоставлен лишь краткий обзор применения среды IDLE для создания, хранения и выполнения программ. Среда IDLE предлагает множество других расширенных функциональных возможностей. Для того чтобы узнать о них, обратитесь к официальной документации IDLE по адресу **www.python.org/idle**.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Набор символов ASCII

В табл. П3.1 перечислен набор символов ASCII (American Standard Code for Information Interchange, стандартный американский код обмена информацией), который совпадает с первыми 127 кодами символов Юникода. Эта группа кодов называется *латинским подмножеством Юникода*. Столбцы "Код" показывают коды символов, столбцы "Символ" — соответствующие символы. Например, код 65 представляет английскую букву A. Обратите внимание, что коды от 0 до 31 и код 127 представляют управляющие символы, которые не отображаются на экране и при печати на принтере.

Таблица П3.1

Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ
0	NUL	26	SUB	52	4	78	N	104	h
1	SOH	27	ESC	53	5	79	O	105	i
2	STX	28	FS	54	6	80	P	106	j
3	ETX	29	GS	55	7	81	Q	107	k
4	EOT	30	RS	56	8	82	R	108	l
5	ENQ	31	US	57	9	83	S	109	m
6	ACK	32	(Пробел)	58	:	84	T	110	n
7	BEL	33	!	59	;	85	U	111	o
8	BS	34	"	60	<	86	V	112	p
9	HT	35	#	61	=	87	W	113	q
10	LF	36	$	62	>	88	X	114	r
11	VT	37	%	63	?	89	Y	115	s
12	FF	38	&	64	@	90	Z	116	t
13	CR	39	'	65	A	91	[	117	u
14	SO	40	(	66	B	92	\	118	v
15	SI	41	)	67	C	93	]	119	w
16	DLE	42	*	68	D	94	^	120	x
17	DC1	43	+	69	E	95	_	121	y
18	DC2	44	,	70	F	96	`	122	z
19	DC3	45	-	71	G	97	a	123	{
20	DC4	46	.	72	H	98	b	124	|
21	NAK	47	/	73	I	99	c	125	}
22	SYN	48	0	74	J	100	d	126	~
23	ETB	49	1	75	K	101	e	127	DEL
24	CAN	50	2	76	L	102	f		
25	EM	51	3	77	M	103	g		

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Предопределенные именованные цвета

В табл. П4.1 перечислены предопределенные названия цветов, которые можно использовать с библиотекой черепашьей графики, пакетами `matplotlib` и `tkinter`.

Таблица П4.1

'snow'	'ghost white'	'white smoke'
'gainsboro'	'floral white'	'old lace'
'linen'	'antique white'	'papaya whip'
'blanched almond'	'bisque'	'peach puff'
'navajo white'	'lemon chiffon'	'mint cream'
'azure'	'alice blue'	'lavender'
'lavender blush'	'misty rose'	'dark slate gray'
'dim gray'	'slate gray'	'light slate gray'
'gray'	'light grey'	'midnight blue'
'navy'	'cornflower blue'	'dark slate blue'
'slate blue'	'medium slate blue'	'light slate blue'
'medium blue'	'royal blue'	'blue'
'dodger blue'	'deep sky blue'	'sky blue'
'light sky blue'	'steel blue'	'light steel blue'
'light blue'	'powder blue'	'pale turquoise'
'dark turquoise'	'medium turquoise'	'turquoise'
'cyan'	'light cyan'	'cadet blue'
'medium aquamarine'	'aquamarine'	'dark green'
'dark olive green'	'dark sea green'	'sea green'
'medium sea green'	'light sea green'	'pale green'
'spring green'	'lawn green'	'medium spring green'
'green yellow'	'lime green'	'yellow green'
'forest green'	'olive drab'	'dark khaki'
'khaki'	'pale goldenrod'	'light goldenrod yellow'
'light yellow'	'yellow'	'gold'

Таблица П4.1 *(продолжение)*

'light goldenrod'	'goldenrod'	'dark goldenrod'
'rosy brown'	'indian red'	'saddle brown'
'sandy brown'	'dark salmon'	'salmon'
'light salmon'	'orange'	'dark orange'
'coral'	'light coral'	'tomato'
'orange red'	'red'	'hot pink'
'deep pink'	'pink'	'light pink'
'pale violet red'	'maroon'	'medium violet red'
'violet red'	'medium orchid'	'dark orchid'
'dark violet'	'blue violet'	'purple'
'medium purple'	'thistle'	'snow2'
'snow3'	'snow4'	'seashell2'
'seashell3'	'seashell4'	'AntiqueWhite1'
'AntiqueWhite2'	'AntiqueWhite3'	'AntiqueWhite4'
'bisque2'	'bisque3'	'bisque4'
'PeachPuff2'	'PeachPuff3'	'PeachPuff4'
'NavajoWhite2'	'NavajoWhite3'	'NavajoWhite4'
'LemonChiffon2'	'LemonChiffon3'	'LemonChiffon4'
'cornsilk2'	'cornsilk3'	'cornsilk4'
'ivory2'	'ivory3'	'ivory4'
'honeydew2'	'honeydew3'	'honeydew4'
'LavenderBlush2'	'LavenderBlush3'	'LavenderBlush4'
'MistyRose2'	'MistyRose3'	'MistyRose4'
'azure2'	'azure3'	'azure4'
'SlateBlue1'	'SlateBlue2'	'SlateBlue3'
'SlateBlue4'	'RoyalBlue1'	'RoyalBlue2'
'RoyalBlue3'	'RoyalBlue4'	'blue2'
'blue4'	'DodgerBlue2'	'DodgerBlue3'
'DodgerBlue4'	'SteelBlue1'	'SteelBlue2'
'SteelBlue3'	'SteelBlue4'	'DeepSkyBlue2'
'DeepSkyBlue3'	'DeepSkyBlue4'	'SkyBlue1'
'SkyBlue2'	'SkyBlue3'	'SkyBlue4'
'LightSkyBlue1'	'LightSkyBlue2'	'LightSkyBlue3'
'LightSkyBlue4'	'SlateGray1'	'SlateGray2'
'SlateGray3'	'SlateGray4'	'LightSteelBlue1'

Таблица П4.1 *(продолжение)*

'LightSteelBlue2'	'LightSteelBlue3'	'LightSteelBlue4'
'LightBlue1'	'LightBlue2'	'LightBlue3'
'LightBlue4'	'LightCyan2'	'LightCyan3'
'LightCyan4'	'PaleTurquoise1'	'PaleTurquoise2'
'PaleTurquoise3'	'PaleTurquoise4'	'CadetBlue1'
'CadetBlue2'	'CadetBlue3'	'CadetBlue4'
'turquoise1'	'turquoise2'	'turquoise3'
'turquoise4'	'cyan2'	'cyan3'
'cyan4'	'DarkSlateGray1'	'DarkSlateGray2'
'DarkSlateGray3'	'DarkSlateGray4'	'aquamarine2'
'aquamarine4'	'DarkSeaGreen1'	'DarkSeaGreen2'
'DarkSeaGreen3'	'DarkSeaGreen4'	'SeaGreen1'
'SeaGreen2'	'SeaGreen3'	'PaleGreen1'
'PaleGreen2'	'PaleGreen3'	'PaleGreen4'
'SpringGreen2'	'SpringGreen3'	'SpringGreen4'
'green2'	'green3'	'green4'
'chartreuse2'	'chartreuse3'	'chartreuse4'
'OliveDrab1'	'OliveDrab2'	'OliveDrab4'
'DarkOliveGreen1'	'DarkOliveGreen2'	'DarkOliveGreen3'
'DarkOliveGreen4'	'khaki1'	'khaki2'
'khaki3'	'khaki4'	'LightGoldenrod1'
'LightGoldenrod2'	'LightGoldenrod3'	'LightGoldenrod4'
'LightYellow2'	'LightYellow3'	'LightYellow4'
'yellow2'	'yellow3'	'yellow4'
'gold2'	'gold3'	'gold4'
'goldenrod1'	'goldenrod2'	'goldenrod3'
'goldenrod4'	'DarkGoldenrod1'	'DarkGoldenrod2'
'DarkGoldenrod3'	'DarkGoldenrod4'	'RosyBrown1'
'RosyBrown2'	'RosyBrown3'	'RosyBrown4'
'IndianRed1'	'IndianRed2'	'IndianRed3'
'IndianRed4'	'sienna1'	'sienna2'
'sienna3'	'sienna4'	'burlywood1'
'burlywood2'	'burlywood3'	'burlywood4'
'wheat1'	'wheat2'	'wheat3'
'wheat4'	'tan1'	'tan2'

Таблица П4.1 *(продолжение)*

'tan4'	'chocolate1'	'chocolate2'
'chocolate3'	'firebrick1'	'firebrick2'
'firebrick3'	'firebrick4'	'brown1'
'brown2'	'brown3'	'brown4'
'salmon1'	'salmon2'	'salmon3'
'salmon4'	'LightSalmon2'	'LightSalmon3'
'LightSalmon4'	'orange2'	'orange3'
'orange4'	'DarkOrange1'	'DarkOrange2'
'DarkOrange3'	'DarkOrange4'	'coral1'
'coral2'	'coral3'	'coral4'
'tomato2'	'tomato3'	'tomato4'
'OrangeRed2'	'OrangeRed3'	'OrangeRed4'
'red2'	'red3'	'red4'
'DeepPink2'	'DeepPink3'	'DeepPink4'
'HotPink1'	'HotPink2'	'HotPink3'
'HotPink4'	'pink1'	'pink2'
'pink3'	'pink4'	'LightPink1'
'LightPink2'	'LightPink3'	'LightPink4'
'PaleVioletRed1'	'PaleVioletRed2'	'PaleVioletRed3'
'PaleVioletRed4'	'maroon1'	'maroon2'
'maroon3'	'maroon4'	'VioletRed1'
'VioletRed2'	'VioletRed3'	'VioletRed4'
'magenta2'	'magenta3'	'magenta4'
'orchid1'	'orchid2'	'orchid3'
'orchid4'	'plum1'	'plum2'
'plum3'	'plum4'	'MediumOrchid1'
'MediumOrchid2'	'MediumOrchid3'	'MediumOrchid4'
'DarkOrchid1'	'DarkOrchid2'	'DarkOrchid3'
'DarkOrchid4'	'purple1'	'purple2'
'purple3'	'purple4'	'MediumPurple1'
'MediumPurple2'	'MediumPurple3'	'MediumPurple4'
'thistle1'	'thistle2'	'thistle3'
'thistle4'	'gray1'	'gray2'
'gray3'	'gray4'	'gray5'
'gray6'	'gray7'	'gray8'

Таблица П4.1 *(окончание)*

'gray9'	'gray10'	'gray11'
'gray12'	'gray13'	'gray14'
'gray15'	'gray16'	'gray17'
'gray18'	'gray19'	'gray20'
'gray21'	'gray22'	'gray23'
'gray24'	'gray25'	'gray26'
'gray27'	'gray28'	'gray29'
'gray30'	'gray31'	'gray32'
'gray33'	'gray34'	'gray35'
'gray36'	'gray37'	'gray38'
'gray39'	'gray40'	'gray42'
'gray43'	'gray44'	'gray45'
'gray46'	'gray47'	'gray48'
'gray49'	'gray50'	'gray51'
'gray52'	'gray53'	'gray54'
'gray55'	'gray56'	'gray57'
'gray58'	'gray59'	'gray60'
'gray61'	'gray62'	'gray63'
'gray64'	'gray65'	'gray66'
'gray67'	'gray68'	'gray69'
'gray70'	'gray71'	'gray72'
'gray73'	'gray74'	'gray75'
'gray76'	'gray77'	'gray78'
'gray79'	'gray80'	'gray81'
'gray82'	'gray83'	'gray84'
'gray85'	'gray86'	'gray87'
'gray88'	'gray89'	'gray90'
'gray91'	'gray92'	'gray93'
'gray94'	'gray95'	'gray97'
'gray98'	'gray99'	

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Подробнее об инструкции *import*

Модуль — это файл с исходным кодом на языке Python, который содержит функции и/или классы. Многие функции в стандартной библиотеке Python хранятся в модулях. Например, математический модуль `math` содержит различные математические функции, а модуль `random` — функции для работы со случайными числами.

Для того чтобы применять функции и/или классы, которые хранятся в модуле, нужно импортировать модуль. Для этого в самом начале своей программы следует поместить инструкцию `import`. Вот пример инструкции `import`, которая импортирует модуль `math`:

```
import math
```

Эта инструкция приводит к тому, что интерпретатор Python загрузит содержимое модуля `math` в оперативную память, делая функции и/или классы, которые хранятся в модуле `math`, доступными вашей программе. Для того чтобы использовать любой элемент, который находится в модуле, следует использовать *полностью определенное имя* элемента. Это означает, что перед именем элемента надо поставить имя модуля и затем точку. Например, модуль `math` содержит функцию с именем `sqrt`, которая возвращает квадратный корень числа. Для того чтобы вызвать функцию `sqrt`, следует написать имя `math.sqrt`. Следующий ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот пример:

```
>>> import math
>>> x = math.sqrt(25)
>>> print(x)
5.0
>>>
```

Импортирование конкретной функции или класса

Приведенная выше форма инструкции `import` загружает все содержимое модуля в оперативную память. Иногда требуется импортировать из модуля *только* конкретную функцию или класс. В подобном случае можно воспользоваться ключевым словом `from` вместе с инструкцией `import`:

```
from math import sqrt
```

Эта инструкция приводит к импортированию из модуля `math` только функции `sqrt`. Такой подход позволяет вызывать функцию `sqrt`, не ставя имя модуля перед именем функции. Вот пример:

```
>>> from math import sqrt
>>> x = sqrt(25)
>>> print(x)
5.0
>>>
```

При использовании этой формы инструкции `import` можно указать имена нескольких элементов, разделенных запятыми. Например, инструкция `import` в следующем ниже интерактивном сеансе импортирует из модуля `math` только функции `sqrt` и `radians`:

```
>>> from math import sqrt, radians
>>> x = sqrt(25)
>>> a = radians(180)
>>> print(x)
5.0
>>> print(a)
3.141592653589793
>>>
```

Импорт с подстановочным символом

Инструкция `import` с подстановочным символом загружает все содержимое модуля. Вот пример:

```
from math import *
```

Разница между этой инструкцией и инструкцией `import math` состоит в том, что инструкция `import` с подстановочным символом не требует использования в модуле полностью определенных имен элементов. Например, вот интерактивный сеанс, который демонстрирует применение инструкции `import` с подстановочным символом:

```
>>> from math import *
>>> x = sqrt(25)
>>> a = radians(180)
>>>
```

А вот интерактивный сеанс, который использует обычную инструкцию `import`:

```
>>> import math
>>> x = math.sqrt(25)
>>> a = math.radians(180)
>>>
```

По возможности следует избегать использования инструкции `import` с подстановочным символом, потому что она может привести к конфликту имен во время импортирования нескольких модулей. *Конфликт имен* происходит, когда программа импортирует два модуля, которые имеют функции или классы с одинаковыми именами. Конфликта имен не возникает при использовании полностью определенных имен функций и/или классов модуля.

Использование псевдонимов

Ключевое слово `as` можно использовать для присвоения модулю *псевдонима* во время его импортирования. Вот пример:

```
import math as mt
```

Эта инструкция загружает в оперативную память модуль `math`, присваивая ему псевдоним `mt`. Для того чтобы использовать любой элемент, который находится в модуле, перед именем элемента следует поставить псевдоним и после него точку. Например, для вызова функции

sqrt следует использовать имя mt.sqrt. Следующий ниже интерактивный сеанс демонстрирует пример:

```
>>> import math as mt
>>> x = mt.sqrt(25)
>>> a = mt.radians(180)
>>> print(x)
5.0
>>> print(a)
3.141592653589793
>>>
```

Псевдоним также можно присвоить определенной функции или классу во время их импортирования. Следующая ниже инструкция импортирует функцию sqrt из модуля math и присваивает этой функции псевдоним square_root:

```
from math import sqrt as square_root
```

После применения этой инструкции import для вызова функции sqrt будет использоваться имя square_root. Следующий интерактивный сеанс показывает пример:

```
>>> from math import sqrt as square_root
>>> x = square_root(25)
>>> print(x)
5.0
>>>
```

В приведенном далее интерактивном сеансе мы импортируем из модуля import две функции, давая каждой из них псевдоним. Функция sqrt импортируется как square_root, а функция tan — как tangent:

```
>>> from math import sqrt as square_root, tan as tangent
>>> x = square_root(25)
>>> y = tangent(45)
>>> print(x)
5.0
>>> print(y)
1.6197751905438615
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Форматирование числовых результатов с помощью функции *format()*



ПРИМЕЧАНИЕ

На протяжении всей этой книги мы использовали f-строки в качестве предпочтительного метода форматирования вывода программ. F-строки были введены в Python версии 3.6. Если вы работаете с более ранней версией Python, рассмотрите возможность применения функции `format()`, как описано в этом приложении.

Программиста не всегда устраивает то, как отображаются на экране числа, в особенности числа с плавающей точкой. Когда функция `print()` выводит на экран число с плавающей точкой, оно может содержать до 12 значащих цифр. Это показано в выводе программы П6.1. Поскольку эта программа выводит на экран сумму в долларах, было бы неплохо, чтобы эта сумма была округлена до двух знаков после запятой. К счастью, Python дает нам такую возможность, а также многое другое с помощью встроенной функции форматирования `format()`.

Программа П6.1 **(no_formatting.py)**

```
1 # Эта программа демонстрирует, как число с плавающей
2 # точкой выводится на экран без форматирования.
3 amount_due = 5000.0
4 monthly_payment = amount_due / 12.0
5 print('Ежемесячный платеж составляет', monthly_payment)
```

Вывод программы

```
Ежемесячный платеж составляет 416.666666667
```

При вызове встроенной функции `format()` передаются два аргумента: числовое значение и спецификатор формата. *Спецификатор формата* — это строковое значение, которое содержит специальные символы, указывающие на то, как должно быть отформатировано числовое значение. Давайте рассмотрим пример:

```
format(12345.6789, '.2f')
```

Первый аргумент, представляющий собой число с плавающей точкой 12345.6789, является числом, которое мы хотим отформатировать. Второй аргумент, представляющий собой строку `'.2f'`, является спецификатором формата. Вот смысл его содержимого:

- `.2` сообщает точность. Этот спецификатор указывает на то, что мы хотим округлить число до двух знаков после точки;
- `f` указывает на то, что тип данных числа, которое мы форматируем, является числом с плавающей точкой (от *англ.* float).

Функция `format` возвращает строковое значение, содержащее отформатированное число. В приведенном ниже сеансе интерактивного режима показано, как можно использовать функцию `format` вместе с функцией `print` для вывода на экран отформатированного числа:

```
>>> print(format(12345.6789, '.2f')) Enter
12345.68
>>>
```

Обратите внимание, что число *округлено* до двух знаков после точки. В следующем ниже примере показано то же число, округленное до одного десятичного знака:

```
>>> print(format(12345.6789, '.1f')) Enter
12345.7
>>>
```

Вот еще один пример:

```
>>> print('Число равно', format(1.234567, '.2f')) Enter
Число равно 1.23
>>>
```

В программе П6.2 показано, как можно модифицировать программу П6.1, чтобы она форматировала свой результат с помощью этого технического приема.

Программа П6.2 (formatting.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует возможный способ
2 # форматирования числа с плавающей точкой.
3 amount_due = 5000.0
4 monthly_payment = amount_due / 12
5 print('Ежемесячный платеж составляет',
6       format(monthly_payment, '.2f'))
```

Вывод программы

```
Ежемесячный платеж составляет 416.67
```

Форматирование в научной нотации

Если вы предпочитаете выводить на экран числа с плавающей точкой в научной нотации, то вместо буквы `f` вы можете использовать букву `e` или `E`. Вот несколько примеров:

```
>>> print(format(12345.6789, 'e')) Enter
1.234568e+04
>>> print(format(12345.6789, '.2e')) Enter
1.23e+04
>>>
```

Первая инструкция просто форматирует число в научной нотации. Число выводится на экран с буквой `e`, обозначающей показатель степени. (Если в спецификаторе формата используется `E` в верхнем регистре, то результат будет содержать `E` в верхнем регистре, обозначая показатель степени.) Во второй инструкции дополнительно указывается точность в два знака после точки.

Вставка запятых в качестве разделителей

Если вы хотите, чтобы число было отформатировано с запятыми в качестве разделителей, можете вставить запятую в спецификатор формата, как показано ниже:

```
>>> print(format(12345.6789, ',.2f')) Enter
12,345.68
>>>
```

Вот пример, который форматирует длинное число:

```
>>> print(format(123456789.456, ',.2f')) Enter
123,456,789.46
>>>
```

Обратите внимание, что в спецификаторе формата запятая записывается *перед (слева)* указателем точности. Вот пример, в котором задана запятая в качестве разделителя, но не указана точность:

```
>>> print(format(12345.6789, ',f')) Enter
12,345.678900
>>>
```

В программе П6.3 показано, как запятая в качестве разделителя и точность в два знака после точки могут использоваться для форматирования больших чисел в виде сумм в валюте.

Программа П6.3 (dollar_display.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует вывод на экран
2 # числа с плавающей точкой в качестве валюты.
3 monthly_pay = 5000.0
4 annual_pay = monthly_pay * 12
5 print('Ваш годовой платеж составляет $',
6       format(annual_pay, ',.2f'),
7       sep='')
```

Вывод программы

```
Ваш годовой платеж составляет $60,000.00
```

Обратите внимание, что в строке 7 мы передали в функцию `print` аргумент `sep=''`. Он указывает на то, что между выводимыми на печать элементами не должно быть пробелов. Если бы этот аргумент не был бы передан, то после знака $ был бы напечатан пробел.

Указание минимальной ширины поля

Спецификатор формата также может содержать минимальную ширину поля, т. е. минимальное число символов, которые должны использоваться для отображения значения на экране. В следующем примере выводится число в поле шириной 12 символов:

```
>>> print('Число равно', format(12345.6789, '12,.2f')) Enter
Число равно 12,345.68
>>>
```

В этом примере 12, появляющееся в спецификаторе формата, указывает на то, что число должно выводиться в поле шириной не менее 12 символов. В данном случае выводимое число короче отводимого под него поля. Число `12,345.68` использует на экране только 9 знаков, но выводится в поле шириной 12 символов. В этом случае число в поле выравнивается по правому краю. Если значение слишком велико, чтобы поместиться в заданную ширину поля, то поле автоматически увеличивается.

В предыдущем примере обратите внимание на то, что условное обозначение ширины поля записывается *перед (слева)* запятой-разделителем. Вот пример, который задает ширину и точность поля, но не использует запятые-разделители:

```
>>> print('Число равно', format(12345.6789, '12.2f')) Enter
Число равно 12345.68
>>>
```

Ширина полей помогает в ситуациях, когда нужно вывести числа, выровненные в столбце. Например, посмотрите программу П6.4. Все переменные выводятся в поле шириной семь символов.

Программа П6.4 (columns.py)

```
 1 # Эта программа демонстрирует столбец  из
 2 # чисел с плавающей точкой,
 3 # выровненных по десятичной точке.
 4 num1 = 127.899
 5 num2 = 3465.148
 6 num3 = 3.776
 7 num4 = 264.821
 8 num5 = 88.081
 9 num6 = 799.999
10
11 # Показать каждое число в поле из 7 символов
12 # с 2 десятичными знаками.
13 print(format(num1, '7.2f'))
14 print(format(num2, '7.2f'))
15 print(format(num3, '7.2f'))
16 print(format(num4, '7.2f'))
17 print(format(num5, '7.2f'))
18 print(format(num6, '7.2f'))
```

Вывод программы

```
 127.90
3465.15
   3.78
 264.82
  88.08
 800.00
```

Процентный формат чисел с плавающей точкой

Помимо использования `f` в качестве условного обозначения типа можно использовать символ `%` для процентного форматирования числа с плавающей точкой. Применение символа `%` приводит к тому, что число умножается на 100 и выводится со знаком `%` после него. Вот пример:

```
>>> print(format(0.5, '%')) Enter
50.000000%
>>>
```

Вот пример, в котором в качестве точности указывается 0:

```
>>> print(format(0.5, '.0%')) Enter
50%
>>>
```

Форматирование целых чисел

Все приведенные выше примеры демонстрировали способы форматирования чисел с плавающей точкой. Функцию `format` также можно использовать для форматирования целых чисел. При написании спецификатора формата в данном случае следует иметь в виду две особенности:

- в качестве условного обозначения типа используется `d`;
- точность не указывается.

Давайте рассмотрим несколько примеров в интерактивном интерпретаторе. В следующем ниже сеансе число 123456 выводится на экран без специального форматирования:

```
>>> print(format(123456, 'd')) Enter
123456
>>>
```

В следующем далее сеансе число 123456 выводится с запятой в качестве разделителя тысяч:

```
>>> print(format(123456, ',d')) Enter
123,456
>>>
```

В следующем ниже сеансе число 123456 выводится в поле шириной 10 символов:

```
>>> print(format(123456, '10d')) Enter
    123456
>>>
```

В следующем ниже сеансе число 123456 выводится с запятой в качестве разделителя тысяч в поле шириной 10 символов:

```
>>> print(format(123456, '10,d')) Enter
   123,456
>>>
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Установка модулей при помощи менеджера пакетов *pip*

Стандартная библиотека Python предоставляет классы и функции, которые ваши программы могут использовать для выполнения базовых операций, а также многих продвинутых задач. Вместе с тем существуют операции, которые стандартная библиотека выполнить не сможет. Когда нужно сделать нечто, выходящее за рамки стандартной библиотеки, можно либо написать программный код самому, либо использовать программный код, который уже кем-то был создан.

К счастью, существуют тысячи модулей Python, написанных независимыми программистами, предлагающие возможности, которые отсутствуют в стандартной библиотеке Python. Они называются *сторонними модулями*. Огромная коллекция сторонних модулей существует на веб-сайте **pypi.python.org**, так называемом *каталоге пакетов Python*, или PyPI (Python Package Index).

Имеющиеся в PyPI модули организованы в пакеты. *Пакет* — это просто коллекция из одного или нескольких связанных между собой модулей. Самый простой способ скачать и установить любой пакет предполагает использование менеджера пакетов `pip`. Менеджер пакетов `pip` является составной частью стандартной установки Python, начиная с Python 3.4. Для того чтобы установить необходимый пакет в операционной системе Windows с помощью менеджера пакетов `pip`, следует открыть окно командной оболочки и ввести команду в следующем формате:

```
pip install имя_пакета
```

где *имя_пакета* — это имя пакета, который вы хотите скачать и установить. Если вы работаете в среде операционной системы Mac OS X или Linux, вместо команды `pip` следует использовать команду `pip3`. Помимо этого, чтобы исполнить команду `pip3` в операционной системе Mac OS X или Linux, потребуются полномочия суперпользователя, поэтому придется снабдить эту команду префиксом в виде команды `sudo`:

```
sudo pip3 install имя_пакета
```

После ввода команды менеджер пакетов `pip` начнет скачивать и устанавливать пакет. В зависимости от размера пакета выполнение всего процесса установки может занять несколько минут. Когда этот процесс будет завершен, удостовериться, что пакет был правильно установлен, как правило, можно, запустив среду IDLE и введя команду

```
>>> import имя_пакета
```

где *имя_пакета* — это имя пакета, который вы установили. Если вы не видите сообщение об ошибке, то можете считать, что пакет был успешно установлен.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Ответы на вопросы в *Контрольных точках*

Глава 1

1.1. Программа — это набор инструкций, который компьютер выполняет, чтобы решить задачу.

1.2. Аппаратное обеспечение — это все физические устройства, или компоненты, из которых состоит компьютер.

1.3. Центральный процессор (ЦП), оперативная память, внешние устройства хранения, устройства ввода и устройства вывода.

1.4. ЦП.

1.5. Основная память.

1.6. Вторичная память.

1.7. Устройство ввода.

1.8. Устройство вывода.

1.9. Операционная система.

1.10. Обслуживающая программа, или утилита.

1.11. К прикладному программному обеспечению.

1.12. Достаточно одного байта.

1.13. Бит, или разряд.

1.14. В двоичной системе исчисления.

1.15. Схема кодирования ASCII использует набор из 128 числовых кодов для представления английских букв, различных знаков препинания и других символов. Эти числовые коды нужны для хранения символов в памяти компьютера. (Аббревиатура ASCII означает стандартный американский код обмена информацией.)

1.16. Юникод.

1.17. Цифровые данные — это данные, которые хранятся в двоичном файле, цифровое устройство — это любое устройство, которое работает с двоичными данными.

1.18. Этот язык называется машинным языком.

1.19. Этот тип памяти называется основной памятью, или ОЗУ.

1.20. Этот процесс называется циклом выборки-декодирования-исполнения.

1.21. Это альтернатива машинному языку. Вместо двоичных чисел ассемблер использует в качестве инструкций короткие слова, которые называются мнемокодами.

1.22. Высокоуровневый язык.

1.23. Этот набор правил называется синтаксическими правилами.

1.24. Компилятор.

1.25. Интерпретатор.

1.26. Они являются причинами синтаксической ошибки.

Глава 2

2.1. Любой человек, группа или организация, которые поручают написать программу.

2.2. Отдельная функция, которую программа должна выполнить для удовлетворения потребностей клиента.

2.3. Набор четко сформулированных логических шагов, которые должны быть проделаны для выполнения задачи.

2.4. Неформальный язык, который не имеет каких-либо синтаксических правил и не предназначен для компиляции или исполнения. Программисты используют псевдокод для создания моделей или "макетов" программ.

2.5. Диаграмма, которая графически изображает шаги, имеющие место в программе.

2.6. Овалы — это терминальные символы. Параллелограммы — это входные либо выходные символы. Прямоугольники — это обрабатывающие символы.

2.7.
```
print('Джимми Смит')
```

2.8.
```
print("Python - лучше всех!")
```

2.9.
```
print('Кошка сказала "мяу".')
```

2.10. Имя, которое ссылается на значение в оперативной памяти компьютера.

2.11. Имя `99bottles` недопустимо, потому что оно начинается с цифры. Имя `r&d` недопустимо, т. к. использовать символ `&` не разрешается.

2.12. Не являются, потому что имена переменных регистрочувствительны.

2.13. Недопустима, потому что переменная, которая получает присваивание (в данном случае `amount`), должна находиться с левой стороны от оператора =.

2.14.
```
Значение равняется val
```

2.15. Переменная `value1` будет ссылаться на целочисленный тип `int`. Переменная `value2` будет ссылаться на вещественный тип `float`. Переменная `value3` будет ссылаться на вещественный тип `float`. Переменная `value4` будет ссылаться на целочисленный тип `int`. Переменная `value5` будет ссылаться на строковый тип `str` (`string`).

2.16.
```
0
```

2.17.
```
last_name = input("Введите фамилию клиента: ")
```

2.18.
```
sales = float(input('Введите объем продаж за неделю: '))
```

2.19. Вот заполненная таблица:

Выражение	Значение
`6 + 3 * 5`	21
`12 / 2 - 4`	2
`9 + 14 * 2 - 6`	31
`(6 + 2) * 3`	24
`14 / (11 - 4)`	2
`9 + 12 * (8 - 3)`	69

2.20. 4.

2.21. 1.

2.22. Конкатенация строк — это добавление одного строкового литерала в конец другого.

2.23. `'12'`.

2.24. `'привет'`.

2.25. Если требуется, чтобы функция `print` не начинала новую строку вывода по завершении вывода данных, следует передать в эту функцию специальный аргумент `end = ' '`.

2.26. Можно передать в функцию `print` аргумент `sep=`, указав нужный символ.

2.27. Это экранированный символ новой строки.

2.28. `Привет {name}`

2.29. `Привет Карли`

2.30. `Значение равно 100`

2.31. `Значение равно 65.43`

2.32. `Значение равно 987,654.13`

2.33. `Значение равно 9,876,543,210`

2.34. Это условное обозначение ширины поля. Оно указывает на то, что значение должно выводиться на экран в поле шириной не менее 10 символов.

2.35. Это условное обозначение ширины поля. Оно указывает на то, что значение должно выводиться на экран в поле шириной не менее 15 символов.

2.36. Это условное обозначение ширины поля. Оно указывает на то, что значение должно выводиться на экран в поле шириной не менее 8 символов.

2.37. Это спецификатор выравнивания. Он указывает на то, что значение должно быть выровнено по левому краю.

2.38. Это спецификатор выравнивания. Он указывает на то, что значение должно быть выровнено по правому краю.

2.39. Это спецификатор выравнивания. Он указывает на то, что значение должно быть выровнено по середине.

2.40. Именованные константы:

- делают программы более очевидными;
- позволяют легко вносить изменения в программный код, не затрачивая много усилий;
- помогают избежать опечаток, которые часто случаются при использовании магических чисел.

2.41. `DISCOUNT_PERCENTAGE = 0.1`

2.42. 0 градусов.

2.43. При помощи команды `turtle.forward`.

2.44. При помощи команды `turtle.right(45)`.

2.45. Сначала надо применить команду `turtle.penup()`, чтобы поднять перо.

2.46. `turtle.heading()`

2.47. `turtle.circle(100)`

2.48. `turtle.pensize(8)`

2.49. `turtle.pencolor('blue')`

2.50. `turtle.bgcolor('black')`

2.51. `turtle.setup(500, 200)`

2.52. `turtle.goto(100, 50)`

2.53. `turtle.pos()`

2.54. `turtle.speed(10)`

2.55. `turtle.speed(0)`

2.56. В целях заполнения фигуры цветом следует перед ее рисованием применить команду `turtle.begin_fill()`. А после того как фигура нарисована, применить команду `turtle.end_fill()`. Во время исполнения команды `turtle.end_fill()` фигура будет заполнена текущим цветом заливки.

2.57. С помощью команды `turtle.write()`.

2.58.
```
radius = turtle.numinput('Введите значение',
                         'Каков радиус окружности?')
```

Глава 3

3.1. Это логическая схема, которая управляет порядком, в котором исполняется набор инструкций.

3.2. Это структура программы, которая может исполнить ряд инструкций только при определенных обстоятельствах.

3.3. Структура решения, которая обеспечивает единственный вариант пути исполнения. Если проверяемое условие является истинным, то программа принимает этот вариант пути.

3.4. Выражение, которое в результате его вычисления может иметь только одно из двух значений: истина либо ложь.

3.5. Можно определить, является ли одно значение больше другого, меньше его, больше или равно ему, меньше или равно ему, равно или не равно ему.

3.6.
```
if y == 20:
    x = 0
```

3.7.
```
if sales >= 10000:
    commissionRate = 0.2
```

3.8. Структура принятия решения с двумя альтернативными вариантами имеет два возможных пути исполнения; один путь принимается, если условие является истинным, а другой путь принимается, если условие является ложным.

3.9. Инструкцию `if-else`.

3.10. Когда условие является ложным.

3.11. `z не меньше a.`

3.12.
```
Бостон
Нью-Йорк
```

3.13.
```
if number == 1:
    print('Один')
elif number == 2:
    print('Два')
elif number == 3:
    print('Три')
else:
    print('Неизвестное')
```

3.14. Это выражение, которое создается при помощи логического оператора для объединения двух булевых выражений.

3.15.
```
Л
И
Л
Л
И
И
И
Л
Л
И
```

3.16.
```
И
Л
И
И
И
```

3.17. Оператор `and`: если выражение слева от оператора `and` ложное, то выражение справа от него не проверяется. Оператор `or`: если выражение слева от оператора `or` является истинным, то выражение справа от него не проверяется.

3.18.
```
if speed >= 0 and speed <= 200:
    print('Допустимое число')
```

3.19.
```
if speed < 0 or speed > 200:
    print('Число не является допустимым')
```

3.20. Истина (`True`) или ложь (`False`).

3.21. Переменная, которая сигнализирует, когда в программе возникает некое условие.

3.22. Необходимо применить функции `turtle.xcor()` и `turtle.ycor()`.

3.23. Необходимо применить оператор `not` с функцией `turtle.isdown()`, как здесь:

```
if not turtle.isdown():
    инструкция
```

3.24. Необходимо применить функцию `turtle.heading()`.

3.25. Необходимо применить функцию `turtle.isvisible()`.

3.26. Для определения цвета пера применяется функция `turtle.pencolor()`. Для определения текущего цвета заливки — функция `turtle.fillcolor()`. Для определения текущего фонового цвета графического окна черепахи — функция `turtle.bgcolor()`.

3.27. Необходимо применить функцию `turtle.pensize()`.

3.28. Необходимо применить функцию `turtle.speed()`.

Глава 4

4.1. Это структура, которая приводит к неоднократному исполнению набора инструкций.

4.2. Это цикл, который использует логическое условие со значениями истина/ложь для управления количеством повторений.

4.3. Это цикл, который повторяется заданное количество раз.

4.4. Каждое отдельное исполнение инструкций в теле цикла.

4.5. До.

4.6. Нисколько. Условие `count < 1` будет ложным с самого начала.

4.7. Цикл, который не имеет возможности завершиться и продолжается до тех пор, пока программа не будет прервана.

4.8.
```
for x in range(6):
   print('Обожаю эту программу!')
```

4.9.
```
0
1
2
3
4
5
```

4.10.
```
2
3
4
5
```

4.11.
```
0
100
200
300
400
500
```

4.12.
```
10
9
8
7
6
```

4.13. Переменная, которая используется для накапливания суммы ряда чисел.

4.14. Да, он должен быть инициализирован значением 0. Это вызвано тем, что значения добавляются в него в цикле. Если накопитель не начнется со значения 0, то он не будет содержать правильную сумму добавленных чисел, когда цикл завершится.

4.15.
```
15
```

4.16.
```
15
5
```

4.17. а) `quantity += 1;` б) `days_left -= 5;` в) `price *= 10;` г) `price /= 2.`

4.18. Сигнальная метка — это специальное значение, которое отмечает конец последовательности значений.

4.19. Значение сигнальной метки должно быть характерным настолько, чтобы программа не приняла его ошибочно за регулярное значение последовательности.

4.20. Она означает, что если на входе в программу предоставлены плохие данные (мусор), то программа произведет плохие данные (мусор) на выходе.

4.21. Когда программе предоставляются входные данные, они должны быть обследованы прежде, чем будут обработаны. Если входные данные недопустимые, то их следует отбросить, а пользователю предложить ввести правильные данные.

4.22. Считываются входные данные, затем исполняется цикл с предусловием. Если входные данные недопустимые, то исполняется тело цикла. В теле цикла выводится сообщение об ошибке, чтобы дать пользователю понять, что входные данные были недопустимыми, и затем входные данные считываются снова. Этот цикл повторяется до тех пор, пока входные данные не будут допустимыми.

4.23. Это входная операция, которая происходит непосредственно перед циклом валидации входного значения. Его задача состоит в том, чтобы получить первое входное значение.

4.24. Нисколько.

Глава 5

5.1. Функция — это группа инструкций, которая существует внутри программы с целью выполнения конкретной задачи.

5.2. Большая задача подразделяется на несколько меньших задач, которые легко выполнить.

5.3. Если конкретная операция выполняется в программе в нескольких местах, то для выполнения этой операции можно один раз написать функцию, и затем ее вызывать в любое время, когда она понадобится.

5.4. Функции могут быть написаны для выполнения распространенных задач, которые требуются разными программами. Такие функции затем могут быть включены в состав любой программы, которая в них нуждается.

5.5. Когда программа разрабатывается как набор функций, каждая из которых выполняет отдельную задачу, в этом случае разным программистам может быть поручено написание разных функций.

5.6. Определение функции имеет две части: заголовок функции и блок инструкций. Заголовок отмечает начальную точку функции, а блок является списком инструкций, составляющих одно целое.

5.7. Вызвать функцию означает исполнить эту функцию.

5.8. Когда достигнут конец функции, управление возвращается назад к той части программы, которая вызвала эту функцию, и программа возобновляет исполнение с этой точки.

5.9. Потому что интерпретатор Python использует выделение отступом для определения мест, где блок инструкций начинается и завершается.

5.10. Локальная переменная — это переменная, которая объявляется внутри функции. Она принадлежит функции, в которой была объявлена, и к такой переменной могут получать доступ только инструкции в этой функции.

5.11. Это часть программы, в которой можно обращаться к переменной.

5.12. Да, разрешается.

5.13. Они называются аргументами.

5.14. Они называются параметрами.

5.15. Область действия параметрической переменной — это вся функция, в которой объявлен параметр.

5.16. Нет, не влияет.

5.17. а) передает именованные аргументы; б) передает позиционные аргументы.

5.18. Вся программа.

5.19. Вот три причины.

- Глобальные переменные затрудняют отладку программы. Значение глобальной переменной может быть изменено любой инструкцией в программном файле. Если вы обнаружите, что в глобальной переменной хранится неверное значение, то придется отыскать все инструкции, которые к ней обращаются, чтобы определить, откуда поступает плохое значение. В программе с тысячами строк программного кода такая работа может быть сопряжена с большими трудностями.
- Функции, которые используют глобальные переменные, обычно зависят от этих переменных. Если вы захотите применить такую функцию в другой программе, то скорее всего вам придется эту функцию перепроектировать, чтобы она не опиралась на глобальную переменную.

- Глобальные переменные затрудняют понимание программы. Их можно модифицировать любой инструкцией в программе. Если вы собираетесь разобраться в какой-то части программы, которая использует глобальную переменную, то вам придется узнать обо всех других частях программы, которые обращаются к этой глобальной переменной.

5.20. Глобальная константа — это имя, которое доступно в программе любой функции. Глобальные константы разрешается использовать. Поскольку во время исполнения программы их значение не может быть изменено, не придется беспокоиться о том, что ее значение поменяется.

5.21. Разница между ними состоит в том, что функция с возвратом значения возвращает значение в инструкцию, которая ее вызвала. Простая функция значение не возвращает.

5.22. Заранее написанная функция, которая выполняет некую часто решаемую задачу.

5.23. Термин "черный ящик" используется для описания любого механизма, который принимает нечто на входе, выполняет с полученным на входе некоторую работу (которую невозможно наблюдать) и производит результат на выходе.

5.24. Она присваивает случайное целое число в диапазоне от 1 до 100 переменной `x`.

5.25. Она печатает случайное целое число в диапазоне от 1 до 20.

5.26. Она печатает случайное целое число в диапазоне от 10 до 19.

5.27. Она печатает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 0.0 до 1.0, но не включая 1.0.

5.28. Она печатает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 0.1 до 0.5.

5.29. Она применяет системное время из внутреннего генератора тактовых импульсов компьютера.

5.30. Если для генерации случайных чисел всегда использовать одинаковое начальное значение, то функции генерации случайных чисел всегда будут генерировать одинаковые ряды псевдослучайных чисел.

5.31. Она возвращает значение в ту часть программы, которая вызвала функцию.

5.32. а) `do_something`; б) возвращает удвоенное значение переданного в нее аргумента; в) 20.

5.33. Это функция, которая возвращает истину (`True`) либо ложь (`False`).

5.34.
```
import math
```

5.35.
```
square_root = math.sqrt(100)
```

5.36.
```
angle = math.radians(45)
```

Глава 6

6.1. Это файл, в который программа записывает данные. Он называется файлом вывода, потому что программа отправляет в него выходные данные.

6.2. Это файл, из которого программа считывает данные. Он называется файлом ввода, потому что программа получает из него входные данные.

6.3. 1) открыть файл; 2) обработать файл; 3) закрыть файл.

6.4. Текстовый и двоичный файлы. Текстовый файл содержит данные, которые были закодированы в виде текста при помощи такой схемы кодирования, как ASCII. При этом,

даже если файл содержит числа, эти числа в файле хранятся как набор символов. В результате файл можно открыть и просмотреть в текстовом редакторе, таком как Блокнот. Двоичный файл содержит данные, которые не были преобразованы в текст. Вследствие этого содержимое двоичного файла невозможно просмотреть в текстовом редакторе.

6.5. Последовательный доступ и прямой доступ. Когда вы работаете с файлом с последовательным доступом, вы обращаетесь к данным с самого начала файла и до конца файла. Когда вы работаете с файлом с прямым доступом (который также называется файлом с произвольным доступом), вы можете непосредственно перескочить к любой порции данных в файле, не читая данные, которые идут перед ней.

6.6. Имя файла на диске и имя переменной, которая ссылается на файловый объект.

6.7. Содержимое файла стирается.

6.8. В результате открытия файла создается связь между файлом и программой, а также ассоциативная связь между файлом и файловым объектом.

6.9. В результате закрытия файла связь между программой и файлом разрывается.

6.10. Позиция считывания файла отмечает позицию следующего элемента, который будет прочитан из файла. Когда файл ввода открыт, его позиция считывания первоначально устанавливается на первом элементе в файле.

6.11. Файл открывается в режиме дозаписи. Когда данные записываются в файл в этом режиме, они записываются в конец существующего файла.

6.12.
```
outfile = open('numbers.txt', 'w')
for num in range(1, 11):
    outfile.write(str(num) + '\n')
outfile.close()
```

6.13. Метод `readline()` возвращает пустое строковое значение (`''`), когда он попытается прочитать за пределами конца файла.

6.14.
```
infile = open('data.txt', 'r')
line = infile.readline()
while line != '':
    print(line)
    line = infile.readline()
infile.close()
```

6.15.
```
infile = open('data.txt', 'r')
for line in infile:
    print(line)
infile.close()
```

6.16. Запись — это полный набор данных, который описывает один элемент, поле — отдельная порция данных в записи.

6.17. Все записи исходного файла копируются друг за другом во временный файл, но когда вы добираетесь до записи, которая должна быть изменена, старое содержимое записи во временный файл не записывается. Вместо этого во временный файл записываются измененные значения записи. Затем из исходного файла во временный файл копируются все остальные записи.

6.18. Все записи исходного файла друг за другом копируются во временный файл, за исключением записи, которая должна быть удалена. Затем временный файл занимает место исходного файла. Исходный файл удаляется, а временный файл переименовывается, получая имя, которое исходный файл имел на диске компьютера.

6.19. Исключение — это ошибка, которая происходит во время работы программы. В большинстве случаев исключение заставляет программу внезапно остановиться.

6.20. Программа останавливается.

6.21. `IOError`.

6.22. `ValueError`.

Глава 7

7.1.
```
[1, 2, 99, 4, 5]
```

7.2.
```
[0, 1, 2]
```

7.3.
```
[10, 10, 10, 10, 10]
```

7.4.
```
1
3
5
7
9
```

7.5.
```
4
```

7.6. Следует применить встроенную функцию `len`.

7.7.
```
[1, 2, 3]
[10, 20, 30]
[1, 2, 3, 10, 20, 30]
```

7.8.
```
[1, 2, 3]
[10, 20, 30, 1, 2, 3]
```

7.9.
```
[2, 3]
```

7.10.
```
[2, 3, 4, 5]
```

7.11.
```
[1]
```

7.12.
```
[1, 2, 3, 4, 5]
```

7.13.
```
[3, 4, 5]
```

7.14.
```
Семья Жасмин:
['Джим', 'Джилл', 'Джон', 'Жасмин']
```

7.15. Метод `remove()` отыскивает и удаляет элемент, содержащий определенное значение. Инструкция `del` удаляет элемент в заданной индексной позиции.

7.16. Для этого следует применить встроенные функции `min` и `max`.

7.17. Нужно применить инструкцию `names.append('Вэнди')`. Это связано с тем, что элемент 0 не существует. Если попытаться применить инструкцию `names[0] = 'Вэнди'`, то произойдет ошибка.

7.18. а) метод `index()` отыскивает значение в списке и возвращает индекс первого элемента, содержащего это значение; б) метод `insert()` вставляет значение в список в заданной индексной позиции; в) метод `sort()` сортирует значения в списке, в результате чего они появляются в возрастающем порядке; г) метод `reverse()` инвертирует порядок следования значений в списке.

7.19. Выражение результата таково: `x`. Выражение итерации таково: `for x in my_list`.

7.20. `[2, 24, 4, 40, 6, 30, 8]`

7.21. `[12, 20, 15]`

7.22. Этот список содержит 4 строки и 2 столбца.

7.23.
```
mylist = [[0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0]]
```

7.24.
```
for r in range(4):
    for c in range(2):
        print(numbers[r][c])
```

7.25. Главное различие между кортежами и списками состоит в том, что кортежи являются немутируемыми последовательностями, т. е. после создания кортежа он не может быть изменен.

7.26. Вот три причины.

- Обработка кортежа выполняется быстрее, чем обработка списка, и поэтому кортежи являются хорошим вариантом, когда обрабатывается большой объем данных, и эти данные не будут изменяться.
- Кортежи безопасны. Поскольку содержимое кортежа изменять нельзя, в нем можно хранить данные, оставаясь уверенным, что они не будут (случайно или каким-либо иным образом) изменены в программе.
- В Python существуют определенные операции, которые требуют применения кортежа.

7.27.
```
my_tuple = tuple(my_list)
```

7.28.
```
my_list = list(my_tuple)
```

7.29. Два списка: один с координатами *X* точек данных и другой с координатами *Y* точек данных.

7.30. Она строит линейный график.

7.31. Применяются функции `xlabel` и `ylabel`.

7.32. Нужно вызвать функции `xlim` и `ylim`, передав значения для именованных аргументов `xmin`, `xmax`, `ymin` и `ymax`.

7.33. Нужно вызвать функции `xticks` и `yticks`. Следует передать в эти функции два аргумента. Первый аргумент — это список позиций меток делений, а второй аргумент — список подписей в указанных позициях.

7.34. Два списка: один с координатами *X* левого края каждого столбика, а другой с высотами каждого столбика вдоль оси *y*.

7.35. Столбики будут красным, синим, красным и синим.

7.36. Следует в качестве аргумента передать список значений. Функция `pie` вычислит сумму значений в списке и затем будет использовать ее в качестве значения целого. Далее каждый элемент в списке станет сектором в круговой диаграмме. Размер сектора представляет значение этого элемента как процентное содержание целого.

Глава 8

8.1.
```
for letter in name:
    print(letter)
```

8.2. 0.

8.3. 9.

8.4. Исключение `IndexError` произойдет, если попытаться использовать индекс, который выходит за пределы диапазона определенного строкового значения.

8.5. Следует применить встроенную функцию `len`.

8.6. Вторая инструкция пытается присвоить значение отдельному символу в строковом значении. Однако строковые данные являются немутируемыми последовательностями, поэтому выражение `animal[0]` недопустимо с левой стороны от оператора присваивания.

8.7. `cde`

8.8. `defg`

8.9. `abc`

8.10. `abcdefg`

8.11.
```
if 'd' in mystring:
    print('Да, она там.')
```

8.12.
```
little = big.upper()
```

8.13.
```
if ch.isdigit():
    print('Цифра')
else:
    print('Цифр нет')
```

8.14.
```
a A
```

8.15.
```
again = input('Желаете повторить ' +
              'программу или выйти? (П/В)')
while again.upper() != 'П' and again.upper() != 'В':
    again = input('Желаете повторить ' +
                  'программу или выйти? (П/В)')
```

8.16.
```
$
```

8.17.
```
for letter in mystring:
    if letter.isupper():
        count += 1
```

8.18. `my_list = days.split()`

8.19. `my_list = values.split('$')`

Глава 9

9.1. Ключ и значение.

9.2. Ключ.

9.3. Строковый литерал `'старт'` является ключом, целое число 1472 — значением.

9.4. Она сохраняет пару "ключ : значение" `'id':54321` в словаре `employee`.

9.5. `ввв`

9.6. Для того чтобы проверить наличие конкретного ключа, используется оператор `in`.

9.7. Она удаляет элемент с ключом 654.

9.8. `3`

9.9.
```
1
2
3
```

9.10. Метод `pop()` принимает ключ в качестве аргумента, возвращает значение, которое связано с этим ключом, и удаляет эту пару "ключ : значение" из словаря. Метод `popitem()` возвращает произвольно отобранную пару "ключ : значение" в качестве кортежа и удаляет эту пару "ключ : значение" из словаря.

9.11. Он возвращает все ключи и связанные с ними значения в словаре в качестве последовательности кортежей.

9.12. Он возвращает все ключи в словаре в виде последовательности кортежей.

9.13. Он возвращает все значение в словаре в виде последовательности кортежей.

9.14.
```
result = {item:len(item) for item in names}
```

9.15.
```
phonebook_copy = {k:v for k,v in phonebook.items()
                  if v.startswith('919')}
```

9.16. Неупорядоченными.

9.17. Нет.

9.18. Нужно вызвать встроенную функцию `set`.

9.19. Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке): `'и'`, `'е'`, `'р'`, `'п'`, `'т'`, `'Ю'`.

9.20. Множество будет содержать один элемент — `25`.

9.21. Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке): `'ю'`, `'я'`, `'э'`, `' '` и `'ъ'`.

9.22. Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке): `1`, `2`, `3` и `4`.

9.23. Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке): `'эээ'`, `'ююю'`, `'ъъъ'` и `'яяя'`.

9.24. Следует передать множество в качестве аргумента в функцию `len`.

9.25. Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке): `10`, `9`, `8`, `1`, `2` и `3`.

9.26. Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке): `10`, `8`, `9`, `'а'`, `'б'` и `'в'`.

9.27. Если заданный элемент, подлежащий удалению, отсутствует в множестве, то метод `remove()` вызывает исключение `KeyError`, а метод `discard()` исключения не вызывает.

9.28. Для того чтобы проверить наличие элемента, используется оператор `in`.

9.29. `{10, 20, 30, 100, 200, 300}`.

9.30. `{3, 4}`.

9.31. `{1, 2}`.

9.32. `{5, 6}`.

9.33. `{'а', 'г'}`.

9.34. Множество `set2` является подмножеством множества `set1`, а множество `set1` — надмножеством множества `set2`.

9.35. Это процесс преобразования объекта в поток байтов, которые можно сохранить в файле для последующего извлечения.

9.36. `'wb'`.

9.37. `'rb'`.

9.38. Модуль `pickle`.

9.39. `pickle.dump`.

9.40. `pickle.load`.

Глава 10

10.1. Объект — это программная сущность, которая содержит данные и процедуры.

10.2. Инкапсуляция — объединение данных и программного кода в одном объекте.

10.3. Когда внутренние данные объекта скрыты от внешнего кода и доступ к этим данным ограничен методами объекта, эти данные защищены от случайного повреждения. Помимо этого, программному коду за пределами объекта не требуется знать о формате и внутренней структуре данных объекта.

10.4. Доступ к публичным методам может быть получен сущностями, находящимися за пределами объекта. Доступ к приватным методам закрыт для сущностей, находящихся за пределами объекта. Они предназначены для внутренних целей.

10.5. Метафора со строительным проектом представляет класс.

10.6. Объекты — это печенье.

10.7. Его задача состоит в инициализации атрибутов данных в объекте. Он исполняется сразу после создания объекта.

10.8. Во время выполнения метод должен знать, атрибутами данных какого объекта он призван оперировать. Именно здесь на первый план выходит параметр `self`. Во время вызова метода Python делает так, что параметр `self` ссылается на конкретный объект, которым этот метод призван оперировать.

10.9. Предварив имя атрибута двумя символами подчеркивания.

10.10. Он возвращает строковое представление объекта.

10.11. Путем передачи объекта во встроенный метод `str()`.

10.12. Атрибут, который принадлежит определенному экземпляру класса.

10.13. 10.

10.14. Метод, который возвращает значение из атрибута класса, и при этом его не изменяет, называется методом-получателем. Метод, который сохраняет значение в атрибуте данных либо каким-либо иным образом изменяет значение атрибута данных, называется методом-мутатором.

10.15. Верхняя секция — это место для записи имени класса. Средняя секция содержит список полей класса. Нижняя секция — список методов класса.

10.16. Письменное описание объектов реального мира, участников и крупных событий, связанных с задачей.

10.17. Если вы адекватно понимаете природу задачи, которую пытаетесь решить, то вы можете составить описание проблемной области задачи самостоятельно. Если же вы не полностью понимаете природу задачи, то за вас это может сделать эксперт.

10.18. Сначала нужно идентифицировать именные группы (существительные, местоимения и именные словосочетания) в описании предметной области задачи. Затем уточнить полученный список, устраняя повторы, удаляя элементы, в которых вы не нуждаетесь при решении задачи, элементы, представляющие объекты вместо классов, и элементы, представляющие простые значения, которые могут быть сохранены в переменных.

10.19. Сведения, которые класс обязан знать, и действия, которые класс обязан выполнять.

10.20. Что именно класс должен знать и что именно класс должен делать в контексте поставленной задачи?

10.21. Нет, не всегда.

Глава 11

11.1. Надкласс является общим, или родовым, классом, а подкласс — конкретизированным, или видовым, классом.

11.2. Когда один объект является конкретизированным вариантом другого объекта, между ними существует отношение классификации, или отношение "род — вид". Конкретизированный объект является "видом" общего, или родового, объекта.

11.3. Он наследует атрибуты всего надкласса.

11.4. Птица является надклассом, а канарейка — подклассом.

11.5.
```
Я - овощ.
Я - картофель.
```

Глава 12

12.1. Рекурсивный алгоритм требует многократных вызовов метода. Каждый вызов метода требует выполнения нескольких действий. Эти действия включают выделение памяти под параметры и локальные переменные и для хранения адреса местоположения программы, куда поток управления возвращается после завершения метода. Все эти действия называются накладными расходами. В итеративном алгоритме, в котором используется цикл, такие накладные расходы не требуются.

12.2. Случай, в котором задача может быть решена без рекурсии.

12.3. Случай, в котором задача решается с использованием рекурсии.

12.4. Ситуация, когда он достигает базового случая.

12.5. В прямой рекурсии рекурсивный метод вызывает сам себя. В косвенной рекурсии метод `A` вызывает метод `B`, который вызывает метод `A`.

Глава 13

13.1. Компонент компьютера и его операционной системы, с которым пользователь взаимодействует.

13.2. Интерфейс командной строки, как правило, выводит подсказку или приглашение, а пользователь набирает команду, которая затем исполняется.

13.3. Программа.

13.4. Программа, которая реагирует на происходящие события, такие как нажатие пользователем кнопки.

13.5. а) `Label` — область, в которой показывается одна строка текста или изображение; б) `Entry` — область, в которой пользователь может набирать на клавиатуре одну строку входных данных; в) `Button` — кнопка, которая вызывает наступление действия при ее нажатии; г) `Frame` — контейнер, который может содержать другие виджеты.

13.6. Создается экземпляр класса `Tk` модуля `tkinter`.

13.7. Данная функция выполняется как бесконечный цикл до тех пор, пока не будет закрыто главное окно.

13.8. Метод `pack()` размещает виджеты в соответствующих позициях и делает их видимыми при выводе главного окна на экран.

13.9. Они будут расположены один под другим.

13.10. `side='left'`.

13.11.
```
self.label = tkinter.Label(self.main_window,
                           text='Привет, мир!',
                           borderwidth=3,
                           relief='raised')
```

13.12. `self.my_label.pack(ipadx=10, ipady=20)`

13.13. `self.my_label.pack(padx=10, pady=20)`

13.14. `self.my_label.pack(padx=10, pady=20, ipadx=10, ipady=10)`

13.15. Для извлечения данных, которые пользователь ввел в элемент интерфейса `Entry`, используется метод `get()` этого элемента.

13.16. Это строковый литерал.

13.17. `tkinter`.

13.18. Любое значение, которое хранится в объекте `StringVar`, будет автоматически показано в элементе `Label`.

13.19. Для таких значений используются радиокнопки.

13.20. Для таких значений используются флаговые кнопки.

13.21. При создании группы элементов `Radiobutton` их следует связать с одним и тем же объектом `IntVar`. При этом каждому элементу `Radiobutton` присваивается уникальное целочисленное значение. При выборе одного из элементов `Radiobutton` он сохраняет свое уникальное целочисленное значение в объекте `IntVar`.

13.22. С каждым элементом `Checkbutton` следует связать отдельный объект `IntVar`. При выборе элемента `Checkbutton` связанный с ним объект `IntVar` будет содержать значение 1. При снятии галочки с элемента `Checkbutton` связанный с ним объект `IntVar` будет содержать значение 0.

13.23.
```
self.listbox.insert(0, 'Январь')
self.listbox.insert(1, 'Февраль')
self.listbox.insert(2, 'Март')
```

13.24. По умолчанию высота равна 10 строкам, а ширина — 20 символам.

13.25.
```
self.listbox = tkinter.Listbox(self.main_window,
                               height=20, width=30)
```

13.26. `'Петр'` хранится в индексной позиции 0, `'Павел'` хранится в индексной позиции 1, `'Мария'` хранится в индексной позиции 2.

13.27. Кортеж, содержащий индексы элементов, которые в данный момент выбраны в списке.

13.28. Элемент из списка удаляется путем вызова метода `delete()` виджета `Listbox` с передачей индекса элемента, который вы хотите удалить.

13.29. (0, 0).

13.30. (639, 479).

13.31. В элементе `Canvas` точка (0, 0) расположена в левом верхнем углу окна. В черепашьей графике точка (0, 0) расположена в центре окна. Кроме того, в элементе `Canvas` координаты *Y* увеличиваются по мере перемещения вниз экрана. В черепашьей графике координаты *Y* уменьшаются по мере перемещения вниз экрана.

13.32. а) `create_oval()`; б) `create_rectangle()`; в) `create_rectangle()`; г) `create_polygon()`; д) `create_oval()`; е) `create_arc()`.

Глава 14

14.1. Система управления базами данных (СУБД) — это программное обеспечение, специально разработанное для организованного и эффективного хранения, извлечения и управления большими объемами данных.

14.2. Традиционные файлы, такие как текстовые файлы, непрактичны, когда необходимо хранить и обрабатывать большой объем данных. Многие компании хранят сотни тысяч или даже миллионы элементов данных в файлах. Когда традиционный файл содержит такое количество данных, простые операции, такие как поиск, вставка и удаление, становятся громоздкими и неэффективными.

14.3. Разработчик должен знать только о том, как взаимодействовать с СУБД. СУБД выполняет фактическое чтение, запись и поиск данных.

14.4. Стандартный язык для работы с системами управления базами данных.

14.5. Приложение Python создает инструкции SQL в виде строк, а затем использует библиотечный метод для передачи этих строк в СУБД.

14.6. `import sqlite3`

14.7. а) *база данных* содержит данные, организованные в таблицы, строки и столбцы; б) *таблица* содержит набор связанных данных; данные, хранящиеся в таблице, организованы в строки и столбцы; в) *строка* содержит полный набор данных об одном элементе; данные, хранящиеся в строке, делятся на столбцы; г) *столбец* содержит отдельный фрагмент данных об элементе.

14.8. 1) в; 2) г; 3) а; 4) д; 5) б.

14.9. Первичный ключ — это столбец, который можно использовать для идентифицирования конкретной строки.

14.10. Идентификационный столбец содержит уникальные значения, которые генерируются СУБД и обычно используются в качестве первичного ключа.

14.11. Курсор — это объект, который имеет доступ к данным в базе данных и может манипулировать ими.

14.12. После.

14.13. Когда вы вносите изменения в базу данных, эти изменения фактически не сохраняются в ней до тех пор, пока вы их не зафиксируете.

14.14. Метод `connect()` модуля SQLite.

14.15. Будет создан файл базы данных.

14.16. Объект `Cursor`.

14.17. Метод `cursor()` объекта `Connection`.

14.18. Метод `commit()` объекта `Connection`.

14.19. Метод `close()` объекта `Connection`.

14.20. Метод `execute()` объекта `Cursor`.

14.21.
```
CREATE TABLE Book (Publisher TEXT, Author TEXT,
                   Pages INTEGER, ISBN TEXT)
```

14.22.
```
DROP TABLE Book
```

14.23.
```
INSERT INTO Inventory (ItemID, ItemName, Price)
VALUES (10, "Циркулярная пила", 199.99)
```

14.24.
```
INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
VALUES ("Зубило", 8.99)
```

14.25.
```
cur.execute('''INSERT INTO Inventory (ItemName, Price)
               VALUES (?, ?)''',
               (name_input, price_input))
```

14.26. а) `Account`; б) `Id`.

14.27. а) `SELECT * FROM Inventory;`

б) `SELECT ProductName FROM Inventory;`

в) `SELECT ProductName, QtyOnHand FROM Inventory;`

г) `SELECT ProductName FROM Inventory WHERE Cost < 17.00;`

д) `SELECT * FROM Inventory WHERE ProductName LIKE "%ZZ".`

14.28. Он позволяет определить, содержит ли столбец указанный шаблон символов.

14.29. Символ `%` используется в качестве подстановочного знака. Он представляет собой любую последовательность из нуля или более символов.

14.30. Вы можете использовать выражение `ORDER BY`.

14.31. Метод `fetchall()` возвращает результаты запроса `SELECT` в виде списка кортежей. Когда запрос возвращает только одно значение, метод `fetchone()` можно использовать для возврата кортежа с одним элементом, т. е. в индексной позиции 0.

14.32.
```
UPDATE Products
SET RetailPrice = 4.99
WHERE Description LIKE "%Стружка"
```

14.33.
```
DELETE FROM Products WHERE UnitCost > 4.0
```

14.34. Нет.

14.35. Нет.

14.36. `INTEGER`.

14.37. 100.

14.38. Если вы создадите столбец, который является `INTEGER PRIMARY KEY` (т. е. целочисленным первичным ключом) в таблице, то этот столбец станет псевдонимом для столбца `RowID`.

14.39. Составной ключ — это ключ, созданный путем объединения двух или более существующих столбцов.

14.40. `sqlite3.Error`.

14.41. Поскольку дубликаты данных отнимают место для хранения и могут привести к хранению в базе данных несогласованной и конфликтующей информации.

14.42. Внешний ключ — это столбец в одной таблице, который ссылается на первичный ключ в другой таблице.

14.43. Связь (или отношение) "один ко многим" означает, что для каждой строки в одной таблице может быть много строк в другой таблице, которые на нее ссылаются.

14.44. Связь (или отношение) "многие к одному" означает, что многие строки в одной таблице могут ссылаться на одну строку в другой таблице.

Предметный указатель

#

#, символ 46

>

>>>, подсказка 29

A

Ada, язык программирования 24
ASCII 18

B

BASIC, язык программирования 24

C

C#, язык программирования 24
C, язык программирования 24
C++, язык программирования 24
COBOL, язык программирования 24

E

ENIAC, компьютер 12

F

FORTRAN, язык программирования 24
F-строка 79

I

issuperset, метод 506

J

Java, язык программирования 25
JavaScript, язык программирования 25

N

None, встроенное значение 279
NULL, значение столбца 723

P

Pascal, язык программирования 24
pip, менеджер пакетов 825
Python, язык программирования 25

R

Ruby, язык программирования 25

S

SQL-инъекция 737
Structured Query Language (SQL) 719
◊ AVG 751
◊ COUNT 752
◊ CREATE TABLE 727
◊ CREATE TABLE IF NOT EXISTS 730
◊ DELETE 758
◊ DROP TABLE 731
◊ DROP TABLE IF EXISTS 731
◊ INSERT INTO 731
◊ LIKE 748
◊ MAX 752
◊ MIN 752
◊ ORDER BY 750
◊ PRIMARY KEY 764
◊ SELECT 739
◊ SUM 751
◊ UPDATE 754
◊ WHERE 745
◊ передача инструкции в Python 726

U

Unified Modeling Language (UML) 571

V

Visual Basic, язык программирования 25

А

Аккумулятор 198
Алгоритм 40
Аппаратное обеспечение 10
Аргумент 44, 243
◊ именованный 250
◊ передача:
  ▫ по значению 250
  ▫ по позиции 247
Ассемблер 23
Атрибут данных 529
◊ приватный 530, 538
◊ скрытый 529
◊ экземпляра 548

Б

База данных 720
◊ закрытие соединения 725
◊ извлечение данных 739
◊ место хранения на диске 726
◊ обработка исключения 765
◊ открытие соединения 725
◊ сортировка результатов запроса 750
◊ сохранение изменений 725
◊ таблица:
  ▫ вставка значений переменных 735
  ▫ выбор всех столбцов 743
  ▫ добавление нулевых данных 734
  ▫ добавление строк 731
  ▫ извлечение данных по критерию 745
  ▫ обновление нескольких столбцов 757
  ▫ обновление строки 754
  ▫ создание 727, 729, 730
  ▫ удаление 731
  ▫ удаление строки 758
  ▫ число удаленных строк 760
  ▫ число обновленных строк 757
◊ тип данных 721
Байт 15
Библиотека функций 257
Бит 16
Блок 230
◊ инструкций 130
Блок-схема 41
Буфер 313

В

Валидация, ValueError 347–349, 353
Ввод 14
◊ данных с клавиатуры 57
Виджет 636
◊ Button 636, 651
◊ Canvas 636, 691
◊ Checkbutton 636, 669
◊ Entry 636, 655
◊ Frame 636, 649
◊ Label 636, 639
◊ Listbox 636, 671
◊ Menu 636
◊ Menubutton 636
◊ Message 636
◊ Radiobutton 636, 665
◊ Scale 636
◊ Scrollbar 636
◊ Text 636
◊ Toplevel 636
Включение в список 401
Выборка 20
Вывод 14, 76
◊ выравнивание значений 85
Выражение:
◊ finally 357
◊ булево 130
◊ булево, составное 152
◊ математическое 61
◊ смешанное 72

Г

График 412
◊ заголовок 413
◊ маркировка точек 418
◊ настройка координат 415
Графика черепашья 90, 160, 215

Д

Данные:
◊ атрибут 529
  ▫ приватный 530, 538
  ▫ скрытый 529
◊ входные 43
◊ дозапись в файл 321
◊ запись в файл 313
◊ сокрытие 529
◊ цифровые 19
◊ числовые, чтение и запись в файл 321
◊ чтение из файла 309, 315
Диаграмма:
◊ круговая 424
  ▫ заголовок 426
  ▫ метка 425
  ▫ цвет 427
◊ столбчатая 420
  ▫ заголовок 423
  ▫ метки осей 423
  ▫ цвет 422

Диск:
◊ USB 14
◊ жесткий 13

З

Запись 332
◊ добавление в файл 336
◊ изменение 340
◊ поиск в файле 338
Заполнение 643
Знак подстановочный 749
Значение строковое 45

И

Имя полностью определенное 817
Индекс 439
◊ в строковом значении 439
◊ отрицательный 439
Индексация 369, 409, 439
Инкапсуляция 529
Инструкция:
◊ del 385
◊ if 129
◊ if-elif-else 150
◊ if-else 137
▫ вложенная 155
◊ import 257, 265
◊ return 267
◊ try/except 356
▫ исполнение 348
Интегрированная среда разработки (IDLE)
◊ окно оболочки Python 806
Интерпретатор 26
Интерфейс:
◊ командной строки 633
◊ пользователя 633
▫ графический 634
Исключение 60, 345
◊ EOFError 513
◊ IndexError 369, 440
◊ IOError 350, 351, 353, 358
◊ KeyError 474, 476, 501
◊ ValueError 348, 353, 354, 358, 383
◊ ZeroDivisionError 358
◊ необработанное 358
Итерация 183

К

Карта памяти 14
Класс 531
◊ базовый 591
◊ идентификация 571
◊ идентификация обязанностей 577
◊ определение 533
◊ производный 591
◊ экземпляр 531
Ключ 472
◊ внешний 777
◊ первичный 722, 727, 761
▫ не целочисленный 763
▫ целочисленный 762
◊ составной 763, 764
◊ тип данных 473
Ключевое слово:
◊ global 254
◊ pass 240
Кнопка флаговая 668
Код:
◊ исходный 26
◊ повторное использование 228
Комментарий 46
◊ концевой 47
Компилятор 26
Конец файла 326
Конкатенация 74, 441
◊ f-строк 87
◊ неявная строковых значений 75
◊ списков 372
Консервация 512
Константа:
◊ глобальная 254
◊ именованная 89
Конфликт имен 818
Кортеж 408
◊ индексация 409
◊ преобразование в список 410

Л

Лексема 459
Лексемизация 460
Литерал:
◊ неформатированный 312
◊ отформатированный строковый 79
◊ числовой 54
Ловушка ошибок 206

М

Массив 367
Местозаполнитель 80
Метка сигнальная 202
Метод 313, 529
◊ __init__() 534, 593, 597
◊ __str__() 546
◊ add() 500

Метод *(прод.)*:
◊ append 379
◊ clear() 480
◊ close() 512
◊ create_arc() 699
◊ create_line() 693
◊ create_oval() 697
◊ create_polygon() 704
◊ create_rectangle() 695
◊ create_text() 706
◊ dict() 479
◊ difference() 505
◊ discard() 501
◊ endswith 453
◊ find 453
◊ get() 481, 566, 655, 657
◊ index 381
◊ insert 382
◊ intersection() 504
◊ isalnum() 449
◊ isalpha() 449
◊ isdigit() 449
◊ islower() 449
◊ isspace() 450
◊ issubset() 506
◊ isupper(), 450
◊ items() 481
◊ keys() 482
◊ lower() 451, 452
◊ lstrip() 451
◊ pack() 640
◊ pop() 483
◊ popitem() 484
◊ read 315
◊ readline 326, 328
◊ readlines 399
◊ remove 383
◊ remove() 501
◊ replace 453
◊ reverse 384
◊ rstrip 320
◊ rstrip() 319, 451
◊ set() 661
◊ sort 383
◊ split() 458
◊ startswith 453
◊ strip() 451
◊ symmetric_difference() 505
◊ union() 503
◊ update() 500
◊ upper() 451, 452
◊ values() 485
◊ write 313
◊ writelines 397
◊ геттер 553
◊ инициализации 534
◊ переопределение 604
◊ получатель 553
◊ приватный 530
◊ публичный 530
◊ сеттер 553
◊ сторонний 825
Микропроцессор 12
Мнемоника 23
Множества, разность 505
Множество 498
◊ добавление элемента 500
◊ количество элементов 500
◊ объединение 503
◊ перебор элементов 502
◊ пересечение 504
◊ проверка существования значения 503
◊ разность симметричная 505
◊ создание 499
◊ удаление элемента 501
Модуль 257, 284, 817
◊ math 257, 281
◊ pickle 512, 558
◊ pyplot 411
◊ random 258, 265
◊ sqlite3 719
◊ tkinter 635
Модуляризация 284
Мусор 204

H

Надкласс 591
Надмножество 506
Наибольший общий делитель 624
Накопитель 198
Наследование 591

O

Обработчик:
◊ исключений 347
◊ ошибок 206
Объект 529
◊ файловый 311
◊ хранение в словаре 560
Объект-исключение 354
Операнд 61
Оператор:
◊ != 133
◊ & 504
◊ * 457

◊ / 64
◊ // 64
◊ ^ 506
◊ | 504
◊ += 441
◊ <= 132, 506
◊ == 132
◊ >= 132, 507
◊ and 153
◊ in 377
◊ not 154
◊ or 153
◊ возведения в степень 68
◊ деления 64
▫ по модулю 68
◊ логический 152
◊ математический 61
◊ остаток от деления 68
◊ повторения 367
◊ приоритет 65
◊ присваивания 48
▫ расширенный 200
◊ сравнения 130
Операционная система 14
Отношение "род — вид" 590
Отображение 472
Ошибка:
◊ логическая 39
◊ синтаксическая 27

П

Пакет matplotlib 410
Память оперативная 13
Пара "ключ : значение" 472
◊ как отображения ключа на значение 472
Параметр 243
Переключатель 665
Переменная 47
◊ глобальная 253
◊ локальная 241
◊ область действия 241
◊ параметрическая 243
◊ повторное присвоение значения 55
◊ правила именования 51
◊ целевая 188
Пиксел 19, 691
Подкласс 591
Подмножество 506
Подстрока 443
◊ поиск 452
Позиция считывания 317
Поле 332
Полиморфизм 604
Пользователь конечный 61
Последовательность 365
◊ мутируемая 371
◊ символьная 45
◊ Фибоначчи 623
Предметная область задачи 572
Представление словарное 481
Присваивание 48
◊ кратное 484
Проверка входных данных 205
Программа 9
◊ модуляризованная 227
◊ обслуживающая 14
◊ разработки 15
Программирование:
◊ объектно-ориентированное 528, 529
◊ процедурное 528
Программист 9
Программное обеспечение 9
◊ прикладное 15
◊ системное 14
◊ технические требования 40
Проектирование программы, разбиение задачи 40
Процедура 528
Псевдоним 818

Р

Радиокнопка 665
Разделитель тысяч 82
Разработка нисходящая 236
Разряд 16
Расконсервация 513
Расходы накладные 618
Расширение файла 311
Режим интерактивный 44
Рекурсия:
◊ глубина 617
◊ косвенная 621
◊ наибольший общий делитель 624
◊ накладные расходы 618
◊ последовательность Фибоначчи 622
◊ прямая 621
◊ случай:
▫ базовый 618
▫ рекурсивный 618
◊ суммирование списка 621
◊ факториал 618
Рисование:
◊ дуги 699
◊ многоугольника 704
◊ овала (эллипса) 697
◊ прямой 693
◊ прямоугольника 695

C

Сериализация 512
Символ:
◊ новой строки 76
◊ пробельный 450
◊ продолжения строки 73
◊ разделитель значений 77
◊ экранированный 77
Синтаксис 25
Система:
◊ исчисления двоичная 16
◊ координат экранная 691
◊ управления базами данных (СУБД) 718
Словарь 472
◊ добавление значения 475
◊ количество элементов 477
◊ перебор ключей 479
◊ получение:
▫ значения 473, 483, 485
▫ ключа 481, 482
▫ элемента 481
◊ проверка ключа 474
◊ смешанные типы данных 477
◊ создание 473
▫ пустого 479
◊ удаление:
▫ значения 476
▫ элементов 480
Слово ключевое 25
Состояние объекта 545
Спецификатор:
◊ вывода, порядок следования 86
◊ формата 80, 820
Список 188, 365
◊ вложенный 404
◊ возвращение ссылки из функции 392
◊ вставка значения 382
◊ вывод на экран 366
◊ двумерный 404
◊ добавление значения 379
◊ значение:
▫ максимальное 385
▫ минимальное 385
◊ инвертирование порядка элементов 384
◊ конкатенирование 372
◊ копирование 387
◊ обход 370
◊ параметров 247
◊ передача в функцию 391
◊ поиск:
▫ значения 377
▫ позиции элемента 381
◊ преобразование в кортеж 410
◊ разные типы данных 366
◊ сортировка 383
◊ сохранение в файл 397
◊ строковых значений 366
◊ сумма значений 389
◊ суммирование элементов 621
◊ удаление элемента 383
▫ по позиции 385
◊ усреднение значений 390
◊ целых чисел 366
◊ чтение из файла 399
Сравнение строковых выражений 141
Среднее арифметическое 66
Срез 374
◊ строки 443
Степень точности 81
Стиль горбатый 51
Стока таблицы 720
Столбец:
◊ идентификационный 722
◊ таблицы 720
▫ NULL 723
▫ RowID 761
▫ обновление 757
Строка:
◊ длина 440
◊ конкатенация 441
◊ разбиение 458
◊ символы:
▫ в верхнем регистре 452
▫ в нижнем регистре 452
◊ сравнение нерегистрочувствительное 452
◊ срез 443
◊ таблицы:
▫ обновление 754
▫ удаление 758
▫ число:
• обновлений 757
• удаленных 760
Структура принятия решения:
◊ с двумя альтернативными вариантами 136
◊ с единственным вариантом 129
◊ управляющая 128
Схема:
◊ вычислений укороченная 154
◊ иерархическая 236
◊ структурная 236

T

Таблица 720
◊ базы данных:
▫ вставка значений переменных 735
▫ выбор всех столбцов 743

- добавление:
  - нулевых данных 734
  - строк 731
- извлечение данных 739
  - по критерию 745
- обновление:
  - нескольких столбцов 757
  - строки 754
- создание 727, 729, 730
- удаление 731
  - строки 758
- число:
  - обновленных строк 757
  - удаленных строк 760

◊ ввод — обработка — вывод 271
Тип данных 54
◊ строковый 55
Токен 460
Токенизация 460
Трассировка 346

У

Устройство:
◊ ввода 14
◊ вывода 14
◊ цифровое 19
◊ хранения, вторичное 13
Утилита 14

Ф

Файл:
◊ cookie 308
◊ CSV 462
◊ ввода 309
◊ вывода 309
◊ двоичный 310
◊ закрытие 512
◊ открытие 311, 513
◊ с последовательным доступом 310
◊ с произвольным доступом 310
◊ с прямым доступом 310
◊ текстовый 310
Факториал 618
Флаг 159
Флажок 668
Флеш-накопитель 14
Функция 43, 226
◊ bar 420, 422
◊ dump 558
◊ float 59
◊ format 820
◊ input 57
◊ int 59
◊ isinstance 609
◊ len 370, 440, 477, 500
◊ list 366, 410
◊ main, исполнение по условию 288
◊ max 385
◊ min 385
◊ open 311, 513
◊ pie 424
◊ plot 411, 412
◊ print 24, 44, 52, 76
◊ randint 258
◊ random 265
◊ random.seed 266
◊ randrange 265
◊ range 190
◊ str 321
◊ title 413
◊ tuple 410
◊ turtle.heading 160
◊ turtle.isdown 160
◊ turtle.isvisible 161
◊ turtle.pencolor 161
◊ turtle.pensize 162
◊ turtle.speed 162
◊ turtle.xcor 160
◊ turtle.ycor 160
◊ uniform 265
◊ xlim 415
◊ ylim 415
◊ агрегатная 751
◊ без возврата значения 228
◊ библиотечная 257
◊ булева 276
◊ вложенная 59
◊ вызов 230
◊ обратного вызова 651
◊ пустая 240
◊ рекурсивная 615
  - остановка 616
◊ с возвратом значения 256

Х

Ханойские башни 625

Ц

Центральный процессор 11
Цикл:
◊ for 368
  - обход строкового значения 437
  - чтение данных из файла 328

Цикл *(прод.)*:
◊ while 180
◊ бесконечный 186
◊ вложенный 208
◊ разработки программы 38
◊ с условием 180
◊ со счетчиком 180
Цифра двоичная 16

Ч

Черепашья графика 290
Черный ящик 257
Число:
◊ в научной нотации 83
◊ магическое 88, 89
◊ псевдослучайное 265
◊ с плавающей точкой 80
  ▫ в процентах 82
◊ случайное 258
◊ целое 83
◊ ширина поля вывода 84
Чтение первичное 205, 327

Ш

Шаблон симольный 749
Шаг, величина 191
Шрифт 708

Э

Экземпляр класса 531
Элемент списка 365

Ю

Юникод 19
◊ латинское подмножество 811

Я

Язык:
◊ высокоуровневый 24
◊ машинный 21
◊ структурированных запросов 719

НАЧИНАЕМ ПРОГРАММИРОВАТЬ НА >>> PYTHON®

5-Е ИЗДАНИЕ

В книге изложены принципы программирования, с помощью которых вы приобретете навыки алгоритмического решения задач на языке Python, даже если у вас нет опыта программирования. Для облегчения понимания сути алгоритмов широко использованы блок-схемы, псевдокод и другие инструменты. Приведено большое количество сжатых и практичных примеров программ. В каждой главе предложены тематические задачи с пошаговым анализом их решения. Отличительной особенностью издания является его ясное, дружественное и легкое для понимания изложение материала.

Книга идеально подходит для вводного курса по программир- ванию и разработке программного обеспечения на языке Python.

- Краткое введение в компьютеры и программирование
- Ввод, обработка и вывод данных
- Управляющие структуры и булева логика
- Структуры с повторением и функции
- Файлы и исключения
- Списки и кортежи
- Строковые данные, словари и множества
- Классы и объектно-ориентированное программирование
- Наследование и рекурсия
- Функциональное программирование
- Программирование баз данных

OZON
ii3388276354

Тони Гэддис — ведущий автор всемирно известной серии книг «Начинаем программировать...» (Starting Out With) с двадцатилетним опытом преподавания курсов информатики в колледже округа Хейвуд, шт. Северная Каролина, удостоен звания «Преподаватель года», лауреат премии «Педагогическое мастерство».

+ Электронный архив, содержащий рассмотренные в книге проекты и исходный код примеров, ответы на вопросы для повторения, решения задач по программированию, а также главу 15 «Принципы функционального программирования» можно скачать по ссылке https://zip.bhv.ru/9785977568036.zip, а также со страницы книги на сайте https://bhv.ru

Pearson

bhv®

ISBN 978-5-9775-6803-6

9 785977 568036

191036, Санкт-Петербург,
Гончарная ул., 20
Тел.: (812) 717-10-50,
339-54-17, 339-54-28
E-mail: mail@bhv.ru
Internet: www.bhv.ru