

Лекция 4. Основы логических элементов

Цель лекции – ознакомить студентов с основами логических элементов, их функциями, типами и принципами работы.

Введение

В цифровых системах логические элементы (или логические вентили) являются строительными блоками, которые выполняют базовые логические операции. Логический элемент имеет один выходной терминал и один или несколько входных терминалов. Эти элементы обрабатывают двоичные сигналы (0 и 1) и являются основой для построения более сложных цифровых схем, таких как регистры, арифметико-логические устройства (АЛУ) и процессоры. Логический элемент – элемент устройства или функциональная группа, реализующая функцию или систему функций двоичной алгебры логики. Электронные логические схемы широко используются в калькуляторах, компьютерах, телефонных станциях и во всех приложениях, где задействованы системы с двумя состояниями. Основные логические операции включают: И (AND), ИЛИ (OR), НЕ (NOT), И-НЕ (NAND), ИЛИ-НЕ (NOR), ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ (XOR), ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ (XNOR).

Логический элемент «И»

«И» – логический элемент, выполняющий над входными данными операцию конъюнкции или логического умножения. На рис. 2.1 показаны условные обозначения двухвходового логического элемента И. Работа логического элемента И проста и определяется следующим образом: Выход C имеет ВЫСОКИЙ уровень, если оба входа A и B имеют ВЫСОКИЙ уровень. Другими словами, если $A = 1$ И $B = 1$, то если $C = 1$. Если A или B или оба имеют НИЗКИЙ уровень, выходной сигнал будет НИЗКИМ.

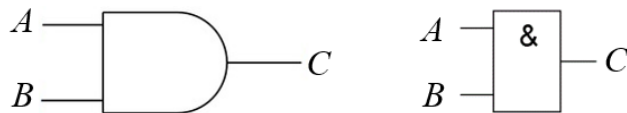


Рисунок 2.1. Условные обозначения логического элемента И

Лучший способ проиллюстрировать, как выходной уровень логического элемента реагирует на все возможные комбинации входных уровней – это использовать таблицу истинности. Таблица 2.1 представляет собой таблицу истинности для двухвходового элемента И. В левой части таблицы истинности перечислены все возможные комбинации входных уровней, а в правой части – результирующий выход.

Таблица 2.1. Таблица истинности для элемента И

Вход A	Вход B	Выход C
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Из таблицы истинности мы видим, что выход на C имеет ВЫСОКИЙ уровень только тогда, когда оба элемента A и B имеют ВЫСОКИЙ уровень. Если этот элемент И

представляет собой интегральную схему ТТЛ, ВЫСОКИЙ уровень означает +5 В, а НИЗКИЙ уровень означает 0 В (т. е. 1 определяется как +5 В, а 0 определяется как 0 В).

Логический элемент «ИЛИ»

«ИЛИ» – логический элемент, выполняющий над входными данными операцию дизъюнкции или логического сложения. На рис. 2.2 показаны условные обозначения двухвходового логического элемента ИЛИ.

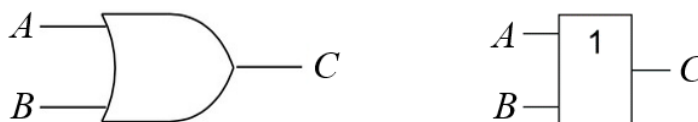


Рисунок 2.2. Условные обозначения логического элемента ИЛИ

Элемент ИЛИ также имеет два или более входов и один выход. Работа двухвходового вентиля ИЛИ определяется следующим образом: выходной сигнал на C будет ВЫСОКИМ всякий раз, когда вход A ИЛИ вход B имеет ВЫСОКИЙ уровень или оба имеют ВЫСОКИЙ уровень. Таблица 2.2 представляет собой таблицу истинности для двухвходового элемента ИЛИ.

Таблица 2.2. Таблица истинности для элемента ИЛИ

Вход A	Вход B	Выход C
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Из таблицы истинности видно, что C равно 1 всякий раз, когда A ИЛИ B равны 1 или если оба A и B равны 1. Используя ручные или транзисторные переключатели в электрической цепи, как показано на рис. 2.3, можно наблюдать электрическую аналогию с элементом ИЛИ. Из рисунка мы видим, что выходной сигнал в точке C будет равен 1, если значение A или B , или обоих значений ВЕЛИКО (1).

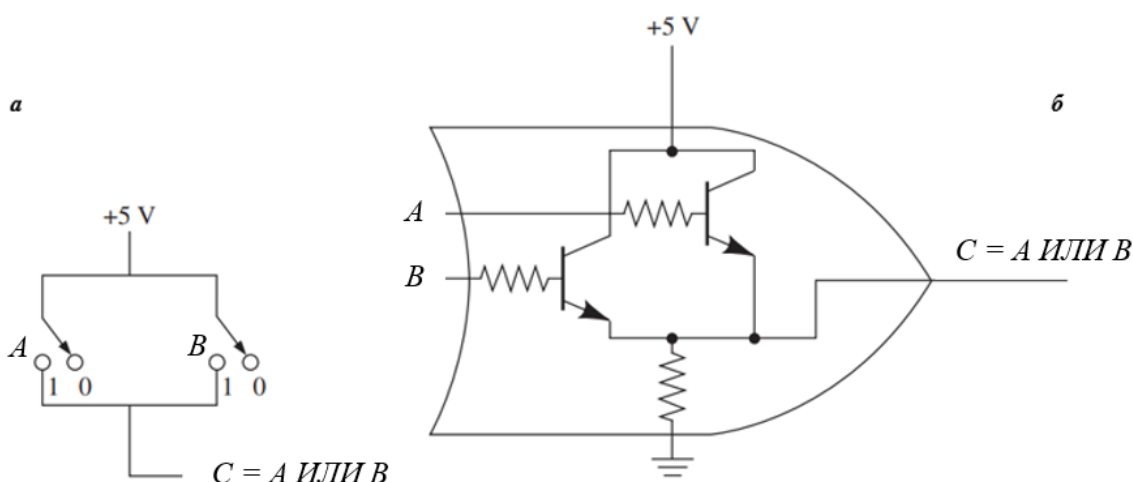


Рисунок 2.3. Электрическая аналогия для элемента ИЛИ: (а) использование ручных переключателей; (б) использование транзисторных переключателей.

Инвертор – логический элемент «НЕ»

«НЕ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического отрицания. Данный элемент, имеющий один выход и только один вход, называют еще инвертором, поскольку он на самом деле инвертирует (обращает) входной сигнал. Инвертор используется для дополнения или инвертирования цифрового сигнала. Он имеет один вход и один выход. Если поступает ВЫСОКИЙ уровень (1), он производит НИЗКИЙ уровень (0) на выходе. Если поступает НИЗКИЙ уровень (0), он производит ВЫСОКИЙ уровень (1) на выходе. На рис. 2.2 показаны условные обозначения логического элемента НЕ – инвертора.

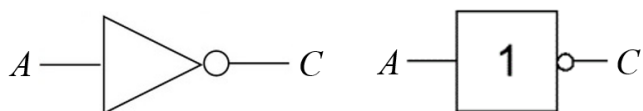


Рисунок 2.3. Условные обозначения инвертора

Таблица 2.3 представляет собой таблицу истинности для инвертора.

Таблица 2.3. Таблица истинности для инвертора

Вход <i>A</i>	Выход <i>C</i>
0	1
1	0

Логический элемент «И-НЕ»

«И-НЕ» – логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического сложения, и затем операцию логического отрицания, результат подается на выход. Другими словами, это в принципе элемент «И», дополненный элементом «НЕ». На рисунке приведено условное обозначение логического элемента «И-НЕ».

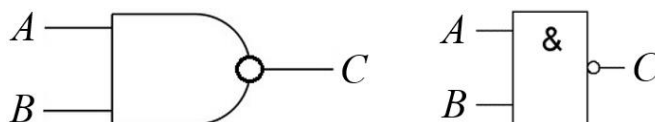


Рисунок 2.4. Условные обозначения элемента И-НЕ

Таблица истинности для элемента «И-НЕ» противоположна таблице для элемента «И». Вместо трех нулей и единицы – три единицы и ноль. Элемент «И-НЕ» называют еще «элемент Шеффера» в честь математика Генри Мориса Шеффера, впервые отметившего значимость этой логической операции в 1913 году.

Таблица 2.4. Таблица истинности для элемента И-НЕ

Вход <i>A</i>	Вход <i>B</i>	Выход <i>C</i>
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Логический элемент «ИЛИ-НЕ»

«ИЛИ-НЕ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического сложения, и затем операцию логического отрицания, результат подается на выход. Иначе говоря, это элемент «ИЛИ», дополненный элементом «НЕ» - инвертором.

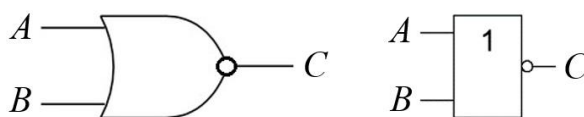


Рисунок 2.5. Условные обозначения логического элемента ИЛИ-НЕ

Таблица истинности для элемента «ИЛИ-НЕ» противоположна таблице для элемента «ИЛИ». Высокий потенциал на выходе получается лишь в одном случае – на оба входа подаются одновременно низкие потенциалы.

Таблица 2.5. Таблица истинности для элемента ИЛИ-НЕ

Вход A	Вход B	Выход C
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Логический элемент «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ»

«ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического сложения по модулю 2, имеет два входа и один выход. Часто данные элементы применяют в схемах контроля. На рис. 2.6 приведено условное обозначение данного элемента.

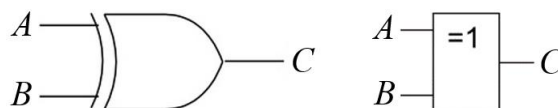


Рисунок 2.6. Условные обозначения логического элемента «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ»

Этот логический элемент еще называют «неравнозначность». Высокий уровень напряжения будет на выходе лишь тогда, когда сигналы на входе не равны (на одном единица, на другом ноль или на одном ноль, а на другом единица) если даже на входе будут одновременно две единицы, на выходе будет ноль — в этом отличие от «ИЛИ». Данные элементы логики широко применяются в сумматорах.

Таблица 2.6. Таблица истинности для элемента «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ»

Вход A	Вход B	Выход C
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Логический элемент «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ»

ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ – логический элемент, для двухвходового варианта которого выходной сигнал принимает значение логической единицы, если уровни входных сигналов совпадают (оба логических нуля или обе логические единицы). Стоит нарушить это условие, сигнал на выходе элемента примет значение логического нуля.

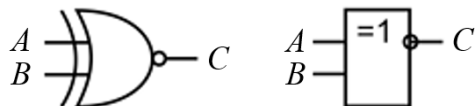


Рисунок 2.7. Условные обозначения логического элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ

Таблица 2.7. Таблица истинности для элемента «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ»

Вход A	Вход B	Выход C
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Логические элементы могут быть реализованы с помощью различных технологий, таких как транзисторы, реле, диоды и другие полупроводниковые устройства. Современные цифровые схемы в основном используют транзисторы, особенно полевые и биполярные транзисторы, для реализации логических элементов. Логические элементы могут быть объединены для создания более сложных функциональных блоков. Например, несколько вентилей И могут быть соединены вместе для создания арифметических операций или регистров.

Контрольные вопросы:

1. Опишите основные функции логических элементов и приведите примеры их использования в цифровых системах.
2. Какие основные логические операции выполняются логическими элементами?
3. Составьте таблицы истинности для логических элементов «И», «ИЛИ», «НЕ», «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ», «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ» и «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ».
4. Объясните разницу между логическими элементами «И» и «ИЛИ».
5. Приведите примеры практического применения логических элементов в цифровых схемах.