

Лекция 3. Упаковка интегральных микросхем

Цель лекции – предоставить студентам комплексное понимание процесса упаковки интегральных микросхем, раскрыть его значимость.

Введение

После того, как цифровые интегральные схемы были спроектированы и изготовлены на пластине, пластина разрезается на прямоугольные кристаллы, которые тестируются и упаковываются для сборки в системы. Требования к упаковке для схем СБИС довольно строгие, требующие большого количества электрических соединений, возможности высокой скорости ввода и вывода данных и эффективного отвода большого количества тепла. Более того, эти упаковки должны быть компактными, легкими, недорогими и надежными..

Упаковка защищает кристалл микросхемы от механических повреждений, воздействия влаги, пыли и других внешних факторов; помогает эффективно рассеивать тепло, которое выделяется в процессе работы микросхемы; обеспечивает надежное соединение микросхемы с печатной платой и другие электрические соединения, необходимые для функционирования устройства; позволяет надежно монтировать микросхему на печатной плате и предотвращает её движение или расслоение.

Типы упаковок

Существует пять основных типов корпусов интегральных микросхем: корпуса со сквозными отверстиями, корпуса с технологией поверхностного монтажа, корпуса масштаба микросхемы, бескорпусные микросхемы, многокристальные модули.

1. Корпуса со сквозными отверстиями (Through-Hole Packages – ТНТ)

Корпуса со сквозными отверстиями снабжены металлическими штифтами, которые можно вставлять в отверстия, просверленные в печатной плате для пайки. Корпуса с двухрядным расположением выводов (dual in-line packages – DIP), корпуса с четырехрядным расположением выводов (quad in-line packages – QIP) и корпуса с матрицей выводов (pin grid arrays – PGA) – это три основных типа корпусов для сквозных отверстий. DIP-корпуса представляют собой прямоугольные корпуса с металлическими штырьками, расположенными вдоль двух сторон, как показано на рис. 7.1.

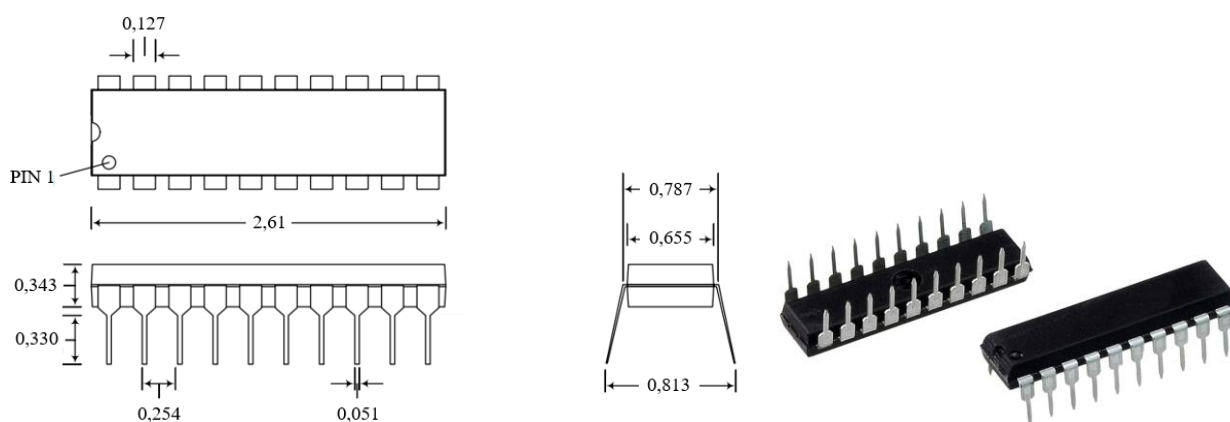


Рисунок 7.1. Пластиковый двухрядный корпус (PDIP) с 20 контактами (размеры указаны в см)

В QIP выводы расположены вдоль всех четырех сторон корпуса для повышения эффективности. В PGA используются выводы, расположенные в прямоугольной сетке на дне корпуса, и они могут быть спроектированы для размещения относительно большого количества электрических соединений. На рис. 7.2 показан 68-контактный PGA.

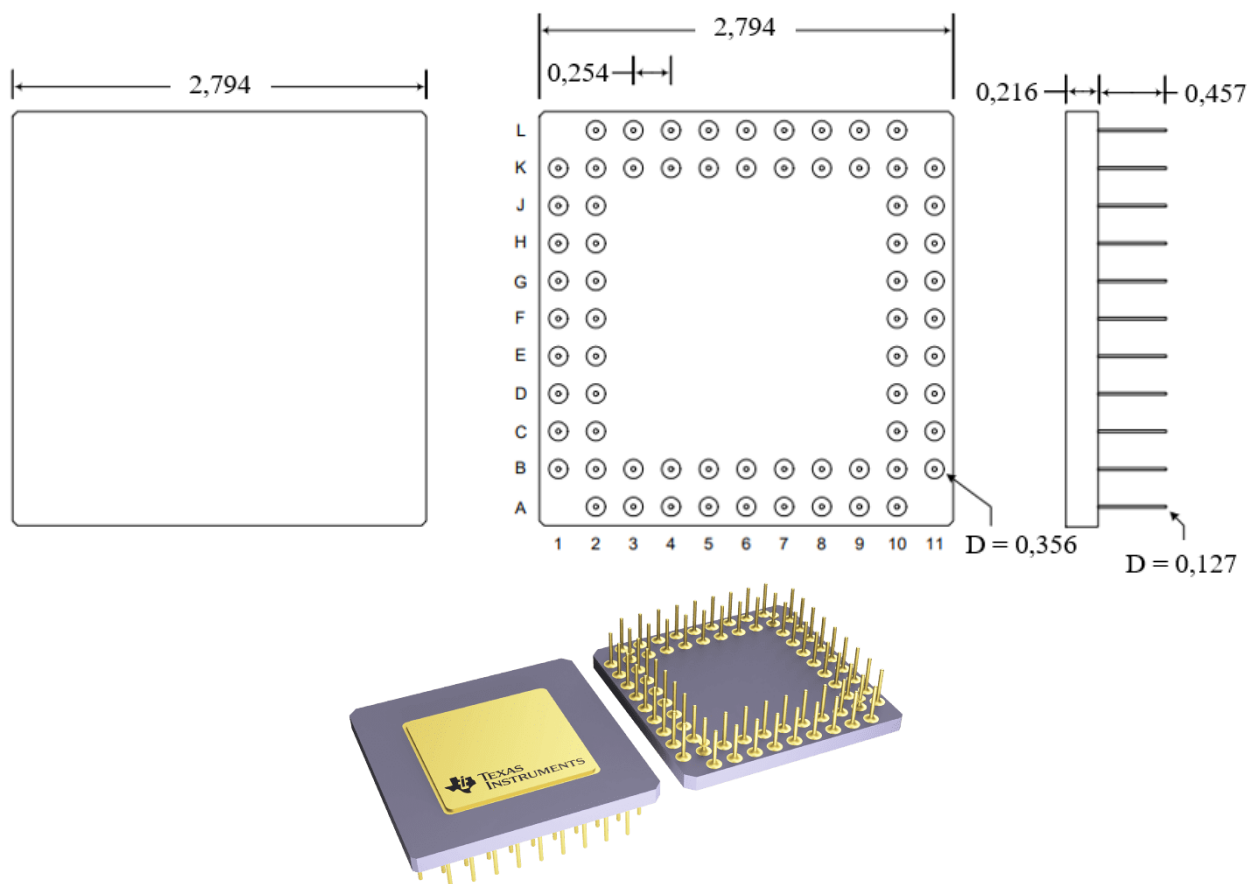


Рисунок 7.2. Пластиковый корпус с матрицей выводов (PGA) с 68 контактами

Корпуса DIP являются, безусловно, самыми популярными корпусами ТНТ и выпускаются в нескольких вариантах. Пластиковые DIP-транзисторы (PDIP) являются наиболее экономически эффективными, тогда как керамические DIP-транзисторы (CERDIP) больше подходят для высокоомощных и высокотемпературных применений. Термоусадочные DIP (shrink DIP – SDIP) используют более близкие расстояния между выводами и более компактны. Зигзагообразные корпуса (ZIP) достигают еще более близких расстояний между выводами в двух зигзагообразных шаблонах. QIP используют выводы со всех четырех сторон. Это преимущество незначительно по сравнению с термоусадочными заглушками и компенсируется большей сложностью в обращении. PGA превосходят другие корпуса ТНТ с точки зрения эффективности выводов и отвода тепла. Доступны пластиковые и керамические версии.

2. Корпуса с технологией поверхностного монтажа (Surface Mount Packages – SMT)

Корпуса с технологией поверхностного монтажа (SMT) корпуса компактны, легки и механически прочны. В недорогих устройствах используется литой пластик, что значительно упрощает производственный процесс. Пластик просто накладывается на металлическую свинцовую раму. Однако в результате этого процесса пластик непосредственно соприкасается с матрицей, что приводит к неравномерному тепловому

расширению. Также доступны герметичные керамические и металлические корпуса для поверхностного монтажа, позволяющие избежать этой проблемы.

SMT корпуса включают в себя малогабаритные интегральные схемы (small outline integrated circuits – SOIC), плоские корпуса с квадратными выводами (quad flat packs – QFP), корпуса с J-выводами (J-leaded chip carriers – LCC) и корпуса с шариковыми выводами (ball grid array – BGA). Микросхемы SOIC имеют выводы типа «крыло чайки», которые припаяны к верхней поверхности печатной платы (рис. 7.3).

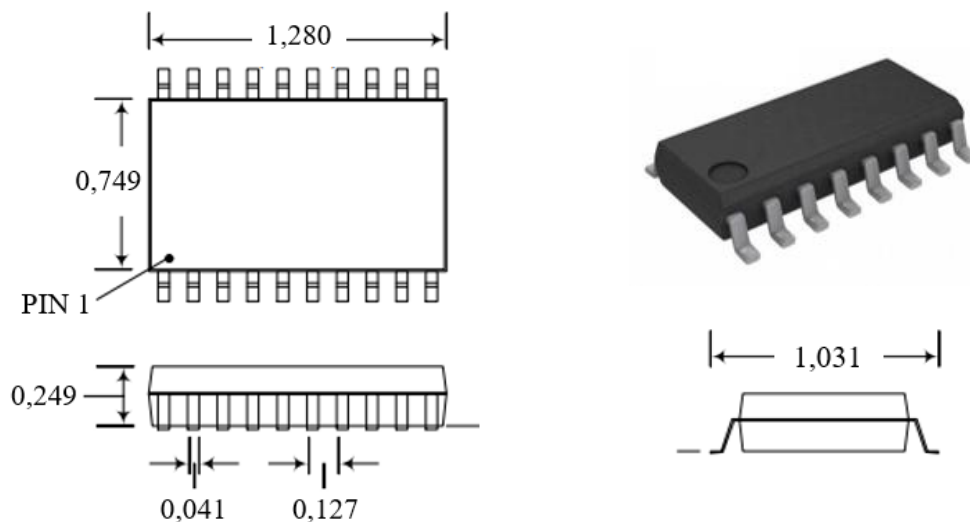


Рисунок 7.3. Корпус малогабаритной интегральной схемы (SOIC) с 20 выводами.

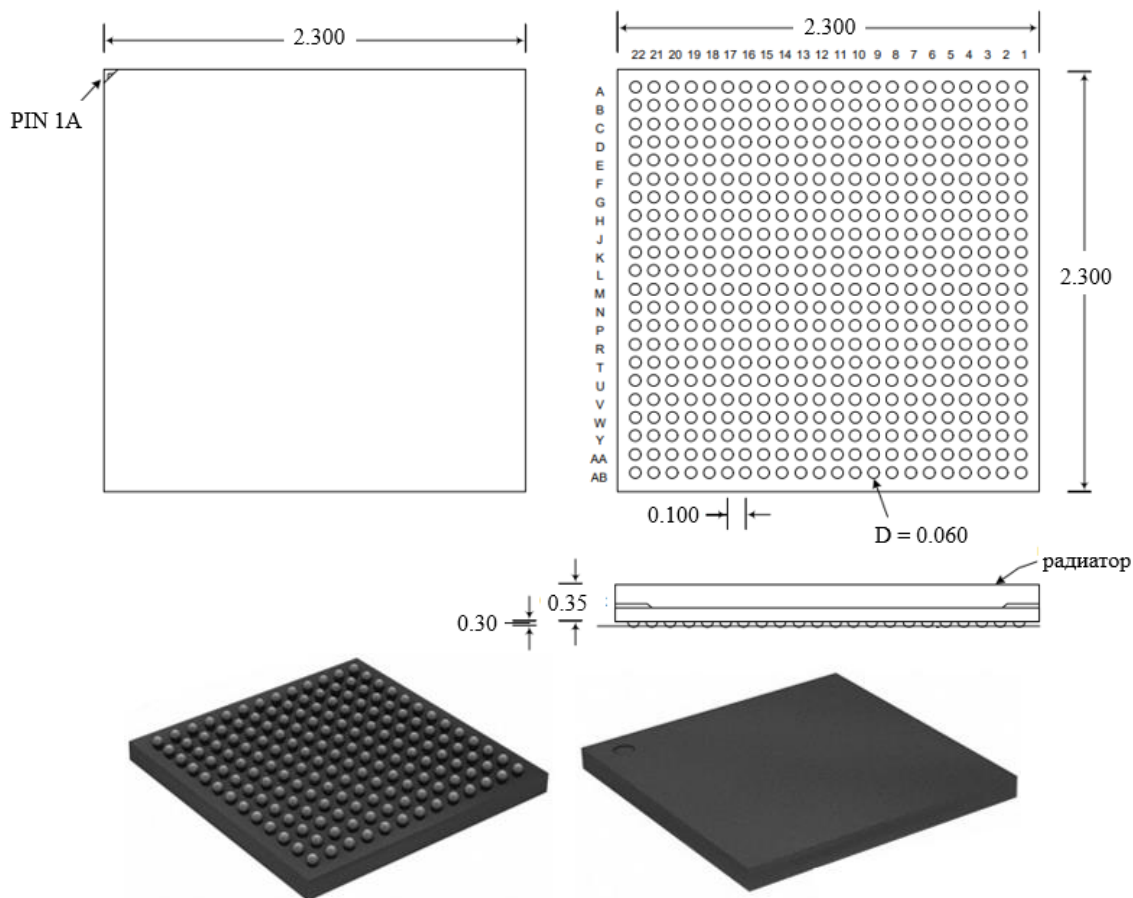


Рисунок 7.4. Корпус BGA с 484 контактами и встроенным радиатором

QFP похожи на корпуса SOIC, но имеют выводы со всех четырех сторон. Микросхемы LCC имеют выводы J-образной формы, которые заггибаются под корпус; они могут быть установлены на поверхность или в гнездо. В корпусах BGA для крепления к печатной плате используется сетка из расположенных снизу шариков припоя.

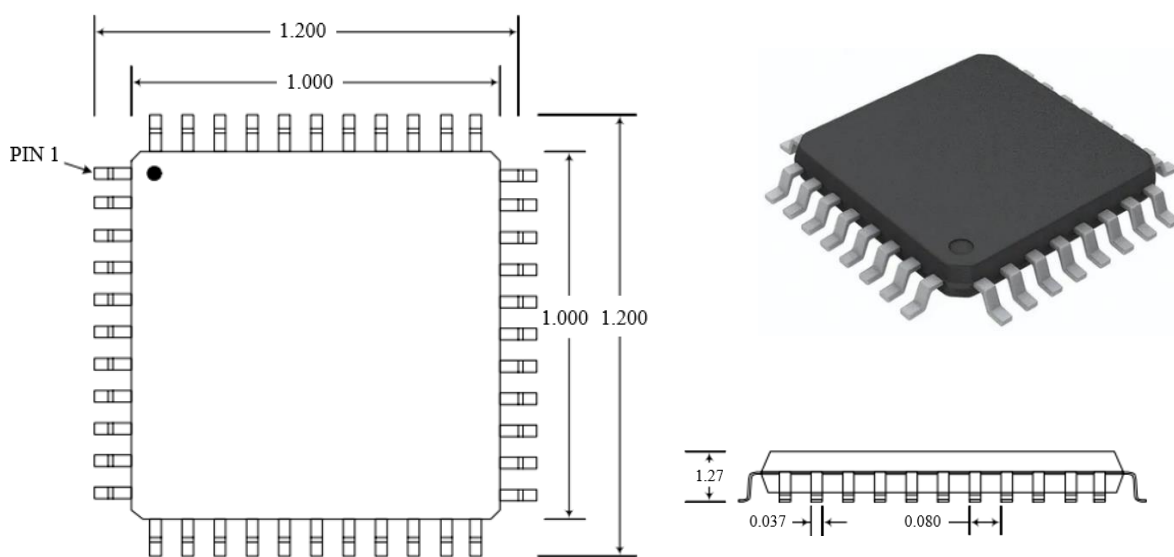


Рисунок 7.5. Пластиковый корпус QFP с 44 контактами.

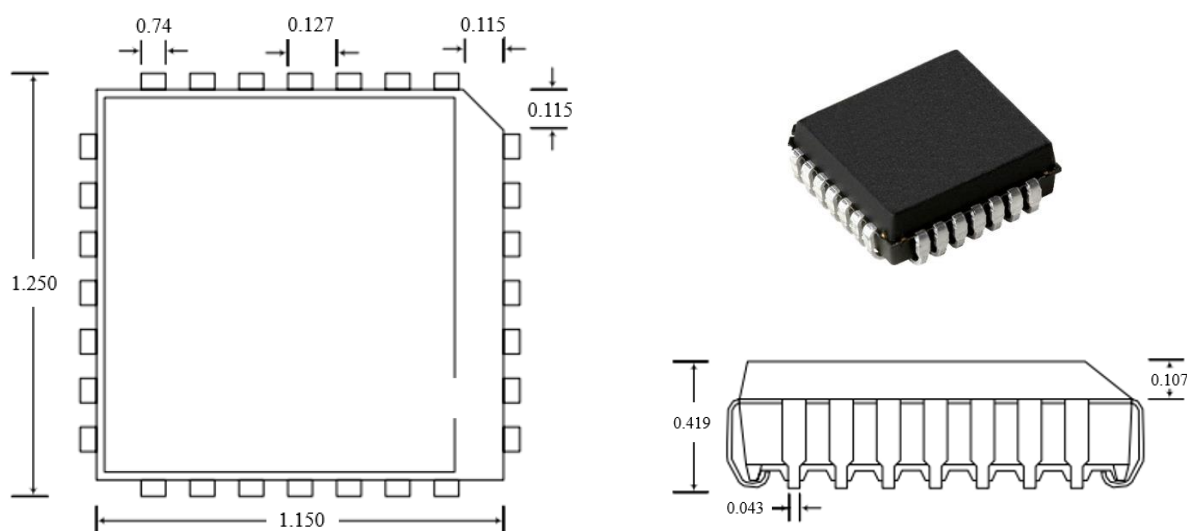


Рисунок 7.6. Пластиковый LCC корпус с 28 контактами

3. Корпуса масштаба чипа (Chip-Scale Packages – CSP)

Чипы CSP спроектированы так, чтобы быть лишь немного (<20%) больше микросхемы, на котором они размещены. С другой стороны, они обеспечивают преимущества в плане простоты обращения и возможности тестирования по сравнению с бескорпусными микросхемами. Технологии CSP включают в себя популярные типы корпусов с микрошариковыми выводами (mBGA). Почти все корпуса чипов используют технологию перевернутого чипа; таким образом, чип монтируется сверху вниз на керамическую подложку. Перед монтажом чипа алюминиевые площадки на кристалле наращиваются металлическими выступами, которые образуют одно-однозначные соединения с рисунком металлических площадок (землей) на подложке. В свою очередь,

подложка крепится к печатной плате или модулю с помощью массива припойных выступов.

4. Бескорпусные микросхемы

Некорпусные микросхемы имеют минимальный размер и вес; они также устраняют задержки сигнала, связанные с корпусом. Технология «чип на плате» (chip on board – COB) подразумевает присоединение кристалла непосредственно к печатной плате лицевой стороной вверх с последующим привариванием проводов. Чип может быть также установлен непосредственно на печатной плате методом перевернутого кристалла с использованием шарикового припоя. Третий подход заключается в использовании открытого кристалла, установленного на полиамидной пленке с нанесенными на нее металлическими следами (tape automated bonding – TAB). Примером такого подхода является чип на гибком носителе (chip on flex – COF).

5. Многокристальные модули (MCM)

MCM могут использовать технологию сквозного или поверхностного монтажа; особенность, которая их отличает, – это размещение более одного кристалла в одном корпусе. Некоторые модули используют кристалл, расположенный в одной плоскости, тогда как другие укладывают чипы вертикально, чтобы значительно уменьшить площадь корпуса. Примером последнего подхода является куб памяти, в котором динамические запоминающие устройства с произвольным доступом (DRAM) укладываются вертикально. В любом случае, площадь платы, занимаемая значительно меньше, чем если бы кристалл был упакован по отдельности.

Разработаны MCM модули с рядом технологий материалов; у каждого есть свой собственный компромисс между стоимостью и производительностью. Технология MCM-C использует керамические подложки. Керамические слои ламинируются вместе со многими уровнями (~50) металлизации. Технология MCM-D использует слои осажденного металла и слои изолятора для достижения более тонких слоев и превосходного шага выводов, что приводит к наивысшей производительности, но также и к наивысшей стоимости. Технология MCM-L использует ламинированные органические слои, такие как полиамид, для снижения стоимости.

Требования к упаковкам микросхем

Существует несколько общих требований к любому корпусу интегральной схемы; такой корпус должен быть способен:

- Обеспечивать достаточное количество электрических соединений с внешним миром (обычно называемых штырями) без длительных задержек сигнала;
- Достаточно отводить тепло от рабочей схемы;
- Выдерживать повышенные температуры, возникающие при работе схемы;
- Выдерживать термоциклирование, связанное с нормальной работой схемы, без возникновения механических повреждений из-за термических напряжений;
- Защищать интегральную схему от химической среды, особенно влаги и ионных загрязнителей;
- Защищать схему от механической вибрации, механических ударов и напряжений;
- Легко обрабатывать, тестировать и собирать в системы.

Эти требования можно в целом разделить на электрические, тепловые, химические и механические.

Контрольные вопросы:

1. Какие основные функции выполняет упаковка интегральных микросхем?
2. Назовите и опишите основные типы упаковок интегральных микросхем. Чем они отличаются друг от друга?
3. В чем заключаются преимущества и недостатки корпусов со сквозными отверстиями (ТНТ)? Приведите примеры различных видов таких корпусов.
4. Что такое корпуса с технологией поверхностного монтажа (SMT), и как они отличаются от корпусов ТНТ? Назовите несколько типов SMT корпусов и их особенности.
5. Объясните, что такое корпуса масштаба чипа (CSP) и чем они отличаются от других типов упаковок. Какие технологии используются в CSP?
6. Что представляют собой бескорпусные микросхемы и какие методы их упаковки существуют? Опишите технологию «чип на плате» (COB) и ее особенности.
7. Какие основные требования предъявляются к упаковке интегральных микросхем с точки зрения электрических, тепловых, химических и механических характеристик?