

Некоторые проблемы оптимизации выполнения проектов печатных плат в P-CAD 200x

Юрий ЁЛШИН

Введение

Как справедливо отмечено в [1], «в рамках российских предприятий наиболее ответственным этапом, порой даже более трудоемким, чем формирование производственных файлов, является процедура оформления конструкторской документации (КД)». Однако снижение трудоемкости выполнения проекта при работе в конкретной САПР электронных устройств (eCAD) возможно на всех основных этапах реализации проекта. К числу таких этапов следует отнести важнейшие:

1. Этап формирования описаний компонентов — схемного представления (УГО) и посадочного места (pattern или Footprint), неграфических атрибутов компонента, элементов крепления как стандартных (винтов, гаек и т. п.), так и заимствованных деталей (держателей, хомутов, радиаторов и т. п.), 3D-описания, вид на сборочном чертеже с линиями-выносками. На этом же этапе происходит формирование описания типоразмера платы с запретными зонами, элементами крепления, зоны для плейнов (внутренних экранирующих слоев) на печатной плате.
2. Этап формирования принципиальной схемы электронного модуля, формирования файла соединений (цепей), создание перечня элементов — то есть привязка УГО к корпусам (выбор варианта конструктивного выполнения компонента, указанного на принципиальной схеме) и контроль их наличия в базе данных САПР.
3. Этапы размещения компонентов на плате и трассировка печатных плат.
4. Этап выполнения конструкторской документации в соответствии с директивными документами и стандартами различного уровня.
5. Этап прохождения нормоконтроля и контроля заказчиком проекта, в том числе этап передачи проектных файлов в архив предприятия.

Для оптимизации выполнения некоторых из перечисленных этапов процесса проектирования печатных плат в ПАО НПО «Алмаз» используется САПР ГРИФ-4 — набор информационных таблиц, определений и прикладных программ, приближающих соответству-

ющие понятия, предусмотренные в САПР P-CAD 200x, к понятиям и определениям, принятым в практике инженерной деятельности в РФ (ГОСТам и стандартам отраслей и предприятий). При этом учитываются и необходимые зарубежные наработки в данном направлении. Вот почему авторы разработки ГРИФ-4 определяют сам пакет как надстройку к САПР P-CAD 200x, существенно повышающую функционал этой САПР. Особенную актуальность разработке придает прекращение развития и сопровождения САПР P-CAD 200x в 2007 году. Ниже приведены краткие характеристики некоторых информационных таблиц, определений и технических решений, реализуемых на первом из перечисленных этапов проектных работ. Эти данные нашли применение в процессе работы с САПР P-CAD 200x, но они представляют интерес и для пользователей других САПР. Сразу отметим, что объем журнальной статьи не позволяет достаточно подробно привести необходимые данные и наработки в части оптимизации и других этапов работы в указанной САПР. Автор рассматривает настоящую статью как вариант обмена

опытом. Для лучшего понимания терминов и определений читателям можно рекомендовать предварительно ознакомиться со статьями в [2] и [3].

Обозначение контактных площадок (КП) и переходных отверстий (ПО)

Именование контактных площадок (PAD) и переходных отверстий (VIA) в ГРИФ-4 выполняется в соответствии с разработанной специальной таблицей условных наименований КП и ПО. Уместно отметить, что при выборе способа именования важен не только синтаксис, но и семантика имени. Поэтому принятые условные наименования КП позволяют быстро сориентироваться (по имени) в свойствах КП, не раскрывая таблицу его свойств, как это предусмотрено в САПР P-CAD, что весьма удобно в практической работе.

Условные обозначения КП заданы в соответствии (частично) с рекомендациями стандарта ODB++ (фирма Valor Computerized System Ltd, Version 6.1) — таблица 1.

Таблица 1. Обозначения контактных площадок (PAD) и переходных отверстий (VIA)

Наименование КП	Условное обозначение	Примечание
Круглая КП планарная, на слое Top (Round Top...)	R1	1 — диаметр КП (в P-CAD задается как Ellipse)
Круглая КП планарная, на слое Bottom (Round Bottom...)	RB1.1	1,1 — диаметр КП (в P-CAD задается как Ellipse)
Круглая КП сквозная (Round... Hole...)	R1H0.6	1 — диаметр КП, 0,6 — диаметр отверстия (в P-CAD задается как Ellipse)
Квадратная КП планарная, на слое Top (Square Top...)	S1.2	1,2 — размер стороны квадрата (в P-CAD задается как Rectangle)
Квадратная КП планарная, на слое Bottom (Square Bottom...)	SB1.2	1,2 — размер стороны квадрата (в P-CAD задается как Rectangle)
Квадратная КП сквозная (Square... Hole...)	S1.4H0.8	1,4 — размер КП, 0,8 — диаметр отверстия (в P-CAD задается как Rectangle)
Прямоугольная КП планарная на слое Top (RectangleTop...x...)	Rect3.2x1.1	3,2 — размер по оси X, 1,1 — размер по оси Y (в P-CAD задается как Rectangle)
Прямоугольная КП планарная на слое Bottom (RectangleBottom...x...)	Rest3.2x1.1	3,2 — размер по оси X, 1,1 — размер по оси Y (в P-CAD задается как Rectangle)
Прямоугольная КП сквозная (Rectangle...x... Hole...)	Recto3.2x1.1H0.6	3,2 — размер по оси X, 1,1 — размер по оси Y, 0,6 — диаметр отверстия (в P-CAD задается как Rectangle)
Прямоугольная КП планарная с закруглениями, на слое Top	RRect3.2x1.1	3,2 — размер по оси X, 1,1 — размер по оси Y
Прямоугольная КП планарная с закруглениями, на слое Bottom	RRectB3.2x1.1	3,2 — размер по оси X, 1,1 — размер по оси Y
Прямоугольная КП сквозная с закруглениями	RRect3.2x1.1H0.6	3,2 — размер по оси X, 1,1 — размер по оси Y, 0,6 — диаметр отверстия
Овальная КП планарная на слое Top	Oval1.5x0.7	1,5 — длина овала, 0,7 — высота (ширина) овала
Овальная КП планарная на слое Bottom	OvalB1.5x0.7	1,5 — длина овала, 0,7 — высота (ширина) овала
Овальная КП сквозная	Oval1.5x0.7H0.3	1,5 — длина овала, 0,7 — высота (ширина) овала, 0,3 — диаметр отверстия
Восьмиугольная КП без отверстия (полигон)	Oct4.0	
Восьмиугольная КП с отверстием (полигон)	Oct4.0H1.3	
КП в форме прицела, планарная	Target1.8	
Монтажное отверстие круглое (Mounting hole...)	MH1.5	1,5 — диаметр отверстия (в P-CAD задается как Mounting hole)
Виртуальная КП круглая, планарная	Vir0.1	диаметр всегда 0,1 мм (в P-CAD задается как Ellipse)

Для формирования переходного отверстия программными модулями ГРИФ-4 TapPCB и AltPCB создается стиль VIA (обозначение RxxHyу), где xx — диаметр контактной площадки, yy — диаметр отверстия. Обозначение переходного отверстия зависит от толщины платы, при этом для ДПП диаметр отверстия рекомендуется вычислять по формуле: $xx = S_{пл}/5$, где $S_{пл}$ — это толщина платы, а ширина пояса зависит от уровня сложности проекта платы 2-3-4-5 (0.35, 0.3, 0.2, 0.15). По умолчанию программные модули ГРИФ-4 формируют «кучу» компонентов с переходным отверстием R1H0.5 с размерами R = 1,0, H = 0,5.

При формировании библиотечных компонентов для базы данных (БД) вначале должна вводиться нумерация всех КП, начиная с 1 до n, при этом крепежные КП нумеруются в последнюю очередь, а первые номера получают активные сигнальные КП (для стрингеров это круглые или овальные переходные отверстия). Именование КП в библиотечном компоненте производится следующим образом:

- планарные сигнальные состоят (как правило) из текущего номера КП независимо от формы КП;
- сквозные сигнальные состоят (как правило) из текущего номера КП независимо от формы КП;
- крепежные состоят из префикса К и текущего номера КП независимо от формы КП;
- монтажные состоят из префикса М и текущего номера КП независимо от формы КП;
- монтажными называют КП, от них отходят фанатуы, то есть, по сути, это сигнальные КП, которые не должны быть частью цепи в таблице связей.

При формировании компонента с постоянными стрингерами иногда следует вводить запретные зоны для них на слое TOP, чтобы исключить возможность автоматического ввода трассировщиком дополнительных переходных отверстий (VIA) в эти зоны.

При задании размеров КП и дополнительных отверстий — рекомендуемая точность, которую следует указать, должна лежать в пределах десятых долей миллиметра.

Обозначения имен шрифтов

Именование типа шрифтов текста в ГРИФ-4 выполняется в соответствии с таблицей условных наименований и всегда имеет тип Arial Narrow. Уместно отметить, что при выборе способа именования шрифта не столь важен синтаксис, как семантика имени. Поэтому принятые условные обозначения шрифта позволяют быстро сориентироваться (по его имени) в свойствах и размерах символов текста, не раскрывая таблицу его свойств, как это предусмотрено в САПР P-CAD, что весьма удобно в практической работе (табл. 2).

Представленный в таблице набор шрифтов в основном соответствует требованиям ЕСКД «Шрифты чертежные ГОСТ 2.304-81», тип шрифта — А (без наклона и с наклоном),

приведенного в указанном ГОСТе (в таблице 1 «Шрифт типа А», $d = h/14$, стр. 21). Эти шрифты сохраняют заданные размеры без изменения при масштабировании чертежей (в формате PCB) с помощью программного модуля C:\Griflexe\Zoom.exe.

Шрифты аналогичных размеров и характеристик с префиксами G вместо A (например, G1.0, G1.2 ... G100) являются приборной гарнитурой (масштабируются в соответствии с изменением масштаба чертежа) и используются для надписей на передних панелях, планках печатных плат и т. п. Высота этих шрифтов задается в соответствии с ГОСТ 26.008-85 Группа ПЗ0 «Шрифты для надписей, наносимых методом гравирования. Исполнительные размеры». Префикс G в имени шрифта служит признаком масштабируемого шрифта для прикладных программ обработки проектов (при масштабировании чертежей в формате PCB это программа Zoom.exe). При нанесении надписей на панелях и т. п. методом гравирования необходимо применять шрифты типа Stroke (векторный) с типом начертания Basic (набор кириллических символов).

Области применения (наименование граф в штампе приведено в соответствии с ГОСТ 2.104-68 «Основные надписи»):

- A1.2 и A1.7 — заполнение малоразмерных граф в штампе (в случае длинных текстов, где текст шрифта A2.5 не размещается);
- A2.5 — заполнение малоразмерных граф форматки (номера 4–8, 10–13, 18–25), позиционные обозначения для компонентов ПП (как альтернатива тексту размером A3.5);
- A3.5 — графа 9 (номер листа), текст в выносках, графа 3 (обозначение материала детали), комментарии к типоразмерам на слое Top Assy (только для экрана монитора компьютера), позиционные обозначения для компонентов ПП (как альтернатива текста размером A5) и т. п.;
- A5 — десятичный номер (обозначение документа по ГОСТ 2.104-68) в графе 1 и 2 штампа, шифр ячейки, номера позиций на планке (как альтернатива тексту размером A3.5) и т. п.;

Таблица 2. Шрифты и их размеры для формирования схемной и конструкторской документации в системе P-CAD 2000-2006

Имя шрифта (Font name)	Тип шрифта (TTF) для схем и печатных плат	Высота символов в пунктах (для TTF)	Фактическая высота в мм (h/c) для символов TTF
A1.2	Arial — для SX3 ArialNarrow — для PCB	6	1,3/1,1
A1.7	Arial — для SX3 ArialNarrow — для PCB	8	1,7/1,5
A2.5	Arial — для SX3 ArialNarrow — для PCB	11	2,5/1,9
A3.5	Arial — для SX3 ArialNarrow — для PCB	16	3,5/2,5
A5	Arial — для SX3 ArialNarrow — для PCB	22	5/3,6
A7	Arial — для SX3 ArialNarrow — для PCB	32	7/5
A10	Arial — для SX3 ArialNarrow — для PCB	45	10/7
A14	Arial — для SX3 ArialNarrow — для PCB	63	14/10

- A7 — дополнительные надписи, требующие выделения текста (в обоснованных случаях).

Для использования набора стандартных немасштабируемых шрифтов в конкретном проекте необходимо перед вводом текста произвести установку вновь вводимого шрифта методом, предусмотренным в документации на работу с системой P-CAD, то есть после вызова на экран монитора файла в формате PCB выдать команду **Options>Text Style...>**. Затем скопировать текст *(Default) командой **Add...**, после чего ввести на появившейся панели **Add Text Style** имя одного из указанных в таблице 1 шрифтов (в пустое поле **Style name**), например A2.5, и щелкнуть **OK**. Затем ввести галочку в кнопку **Allow TrueType** и пометить круглую кнопку **True Type Font**, после чего нажать клавишу **Font...** На появившейся панели задать перечисленные в таблице 1 характеристики вводимого шрифта (например, для шрифта A2.5 Arial Narrow, «Обычный», 11 и т. д.).

Для упрощения ввода набора шрифтов, перечисленных в таблице 1, можно использовать файл C:\GrifZag\Fonts.pcb, вызвав его на экран монитора. Пометить появившийся текст «Шрифты стандартных размеров введены» и запомнить его в буфере обмена (командой **Ctrl+C**). Затем перейти к новому проекту и ввести этот текст по команде **Ctrl+V**. После проверки наличия в системе стандартных шрифтов этот текст можно удалить.

Формовка выводов и создание библиотеки компонентов

САПР ГРИФ-4 является программной и логической надстройкой над системой проектирования печатных плат, основанной на базе форматов и процедур САПР P-CAD 200x и содержащей значительное число дополнительных программных и информационных наработок, которые позволяют эффективно выполнять проекты печатных плат с учетом адаптации САПР P-CAD к условиям оформления проектов и конструкторской документации в соответствии с требованиями стандартов Российской Федерации.

Технология монтажа микросхем на печатную плату существенно изменилась в последние годы. В прошлом практически все микросхемы выпускались со штыревыми выводами, которые запаивались в отверстия на печатной плате. Преимуществом этой технологии монтажа является ее простота, поскольку производство таких плат не требует оборудования и специальной подготовки. К недостаткам следует отнести то, что отверстие занимает на плате много места и расстояние между соседними выводами микросхемы должно быть существенно больше, чем при технологии поверхностного монтажа (SMT — Surface Mount Technology), когда все выводы микросхемы припаиваются к поверхности платы. На рис. 1 изображены

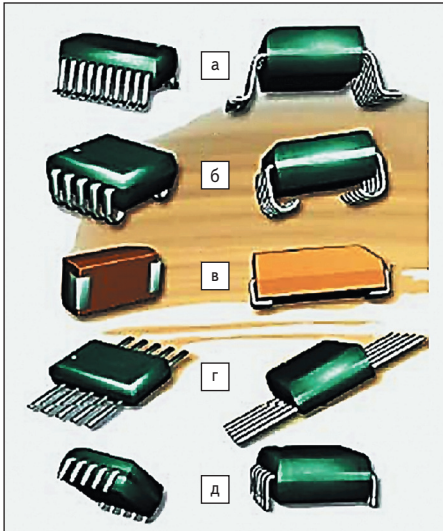


Рис. 1. Основные типы формовки выводов



Рис. 2. Вид выводов с формой «горб верблюда»

формы выводов, наиболее часто используемые при производстве корпусов.

Для SMT-монтажа предусмотрены корпуса с двумя основными типами выводов: «крыло чайки» (gullwing) и J-образные. Оба типа выводов имеют свои преимущества. Корпуса с выводами типа «крыло чайки» позволяют выполнять ручную пайку и обеспечивают более простой контроль паяных соединений. Применение корпусов с выводами типа J уменьшает площадь печатной платы. В настоящее время корпуса с выводами «крыло чайки» наиболее востребованы, так как позволяют использовать простое производственное оборудование и обеспечивать переход к сверхплот-

ному монтажу. Другой разновидностью «крыла чайки» являются выводы с формой «горб верблюда» (camel hump), которые характеризуются более высокой устойчивостью к тепловому расширению и тепловому удару (рис. 2).

Производители выпускают корпуса с тремя различными расположениями выводов: сверху, сбоку и снизу, как это показано на рис. 3. Каждый вариант имеет свои особенности проектирования и свой способ формовки выводов. Следует отметить, что корпуса с верхним расположением выводов в большей степени подвержены эффекту упругих остаточных деформаций, чем корпуса с нижним и боковым расположением выводов, что связано с большей длиной вывода. Хотя данный фактор и не критичен при выборе корпуса, но в сочетании с толщиной выводов и высотой зазора это дает общее представление о занимаемой компонентом площади на плате и позволяет подобрать соответствующие контактные площадки.

Пожалуй, главной задачей в процессе формовки выводов становится разработка спецификации для каждого вида компонента. Часто у инженера-разработчика есть только чертежи из рекламных брошюр производителя. Обычно размеры в них указаны в широком диапазоне допусков, и использовать эти данные в качестве параметров рабочей спецификации невозможно. На рис. 4 показаны основные параметры SMD-компонентов, которые необходимо учитывать.

Другие, не менее важные размеры — шаг выводов (расстояние от одного вывода до центра следующего), радиус плеча, размер ножки (лапки) и размеры самого корпуса. Для облегчения решения этих проблем был создан программный комплекс из специальных калькуляторов, которые не только формируют чертеж установки компонента, но и производят расчет формы и координат планарных или сквозных контактных площадок, формируя посадочное место компонента (pattern). В ГРИФ этот программный комплекс называется CompVox. На рис. 5 показан образец расчета данных для формирования конфигурации изгиба.

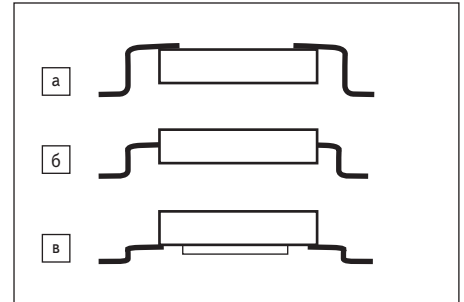


Рис. 3. Примеры расположения выводов на корпусе компонента

Отметим, что при использовании калькуляторов для расчета посадочных мест и формирования чертежа установки компонента следует учитывать некоторые основные эффекты, влияющие на форму выводов, иначе может возникнуть несоответствие между габаритами корпуса и собственно выводов и размерами посадочного места. Ведь одной из проблем является тот факт, что многие изготовители компонентов не выполняют формовку выводов и поставляют покупателю выводы прямой формы.

Однако конструктор должен указать на сборочном чертеже вариант установки и распайки такого компонента. Теоретический расчет конфигурации выводов микросхемы может не совпадать с конфигурацией выводов, полученных после их формовки силами изготовителя платы. При этом оснастка проектируется для формовки под наибольшую толщину используемых выводов с фиксированным отклонением, а потому специалисту следует крайне внимательно задавать допуск ширины компонента от края до края. Так, если оператор пытается отформовать компонент с выводами меньшего размера, чем предполагает инструмент, увеличится степень упругих деформаций и, следовательно, значительно увеличится ширина от края до края. Дополнительный эффект вносит и высота лапки: чем она длиннее, тем сильнее видно ее распрямление после снятия нагрузки.

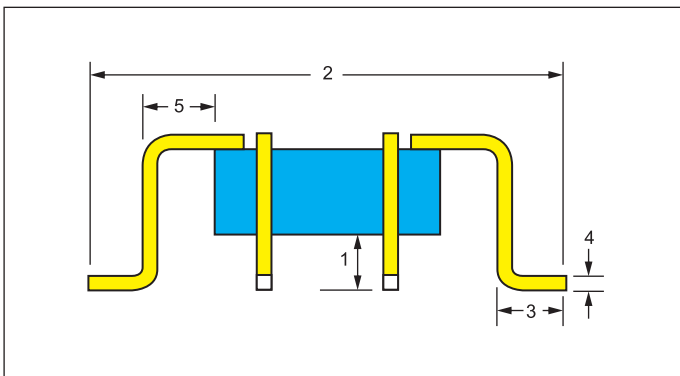


Рис. 4. Схематическое изображение основных параметров выводов:
1 — зазор; 2 — ширина от края до края; 3 — длина ножки;
4 — толщина выводов; 5 — длина плеча

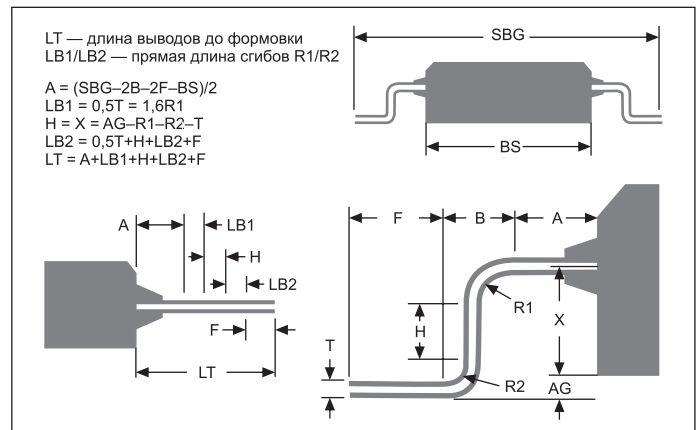


Рис. 5. Расчет конфигурации выводов

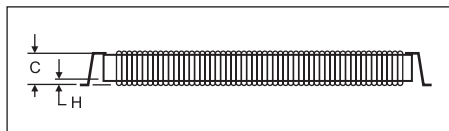


Рис. 6. Параметры CQFP-корпуса

Другая проблема, возникающая при использовании корпусов различных конструкций, — контроль высоты зазора, то есть высоты корпуса компонента над платой. Этот параметр критичен при монтаже корпуса на адгезив, а также для циркуляции воздуха, чистки внутреннего пространства или для визуальной инспекции. Например, известно, что производители металлокерамических корпусов не могут точно контролировать их толщину (С на рис. 6), при этом она может варьироваться в диапазоне 3,56–4,2 мм. Вот почему перед формовкой каждый корпус необходимо измерить и только после этого произвести ручную или автоматическую настройку инструмента под заданный зазор.

Рассмотрим возможности существующего оборудования для формовки выводов микросхем на примере универсальной установки формовки и обрубки выводов компании Fancort (рис. 7).

Системы для обрубки и формовки по одной стороне за один раз являются наиболее точными и универсальными для большинства компонентов. Приведем рекомендации при формовке выводов типа «крыло чайки»:

1. Допустимое распрямление вывода составляет 0,31–0,41 мм для ножки высотой 2,54 мм. При формовке более длинной ножки эти значения будут выше.
2. Стандартный допуск ширины от края до края считается 0,13 мм.
3. Минимальная длина плеча 0,89 мм.
4. Минимальная длина лапки от пятки до основания 0,89 мм.
5. Для ИК-пайки оплавлением лапка должна быть ровной или слегка приподнятой.
6. Для термокомпрессионной пайки лапка должна быть слегка опущенной.
7. Минимальный радиус изгиба составляет 1,5 размера толщины вывода.



Рис. 8. Установка Fancort

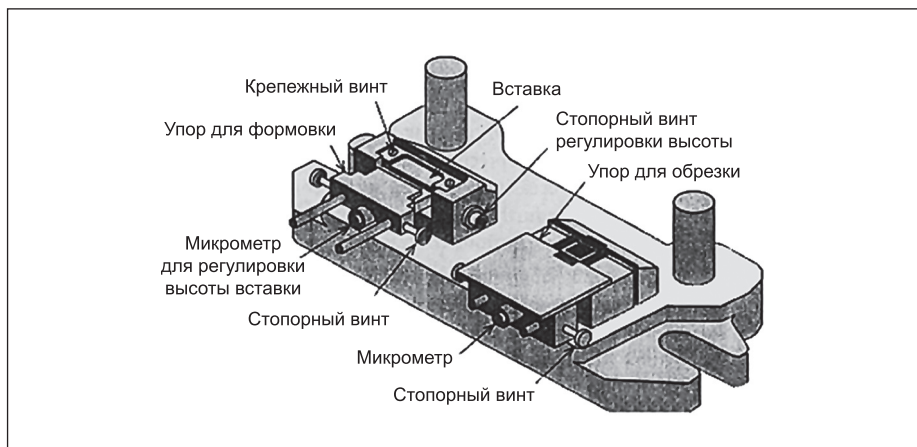


Рис. 7. Универсальный формовочный штамп имеет заменяемые вставки и микрометры, обеспечивающие гибкость настройки выводов

Данные размеры даны в соответствии с международным стандартом JEDEC, российским аналогом которого является ГОСТ 29137-91.

На рис. 8 показан общий вид установки для формовки и обрубки выводов Fancort.

Операции формовки и обрубки выводов микросхем особенно важны в технологическом процессе изготовления электронных компонентов. На качество формовки влияет множество параметров, но современные методы выполнения данного процесса позволяют в минимальные сроки разработать новую конфигурацию компонента, настроить в соответствии с ней установку и отформовать компоненты. Благодаря этому уменьшается время, необходимое для внедрения новых устройств, и значительно повышается эффективность производства.

Посадочные места и стеки КП

Многие посадочные места включены в редактор РСВ, но вы должны уметь создать свой собственный проект. Ниже описывается инструментарий редактора РСВ, который используется для проектирования посадочного места. ПМ для SMD (монтаж на поверхность) и THD (монтаж в отверстия) имеют значительные различия, но требуют внимания к вопросам изготовления и сборки. ПМ в редакторе РСВ содержит средства формирования стеков КП, элементов шелкографии и контуров компонента. В редакторе РСВ отсутствуют ограничения для размещения специфических компонентов, так как они указаны в ограничениях при трассировке. Проект посадочного места (размер контура корпуса) определяет зазоры и тем самым возможность максимальной плотности на плате (без ошибок в DRC). Согласно стандартам IPC имеется некоторое число ограничений по зазорам, которые зависят от платы и типов корпусов компонентов. ПМ в редакторе РСВ не обязательно соответствуют проектным стандартам IPC. Поэтому при проектировании платы уровня С вам необходимо модифицировать старое или

создавать новое ПМ в соответствии со специфическим руководством. Или, если вы хотите создать ПМ, которое соответствует требованиям уровня А для увеличения качества и надежности, тогда вам, возможно, придется проектировать новое ПМ или модифицировать существующее. Ниже обсуждаются некоторые проектные проблемы и ссылки на индустриальные стандарты.

Посадочные места для SMD

Когда вы создаете шаблон платы и нуждаетесь в компоненте, отсутствующем в редакторе РСВ, то можете прибегнуть к нескольким вариантам. Если редактор РСВ имеет ПМ, которое похоже на необходимое вам ПМ, но с другим количеством КП, вы можете сохранить копию существующего ПМ с другим именем и использовать его как образ с добавлением КП и модифицировать его контур и шелкографию. Если же такого ПМ нет, следующим шагом может быть ознакомление с чертежом этого компонента от изготовителя (Data Sheets), если он имеет подходящее ПМ. Если это не дает вам необходимой информации, тогда можно найти параметры проекта из IPC Land Pattern Viewer. Если и это не поможет, необходимо создать проект по эскизу, используя конструктивную информацию из чертежей компонентов или один из стандартов JEDEC. В САПР ГРИФ-4 есть специальный программный комплекс CompBox, который, в частности, автоматически формирует ПМ в соответствии с международными рекомендациями IPC.

Чертеж компонента и данные из стандартов JEDEC предоставляют информацию о корпусе компонента, но обычно это не ПМ. Стандарты IPC предоставляют руководства по размерам ПМ, но предлагают способ, который требует дополнительных вычислений для конструирования стеков КП и ПМ в редакторе РСВ. При таком развитии событий вы нуждаетесь в знании размеров стека КП и дистанции между центрами КП. Стандарты IPC

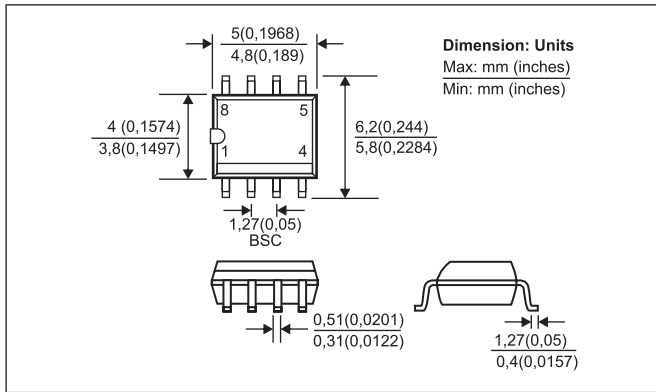


Рис. 9. Чертеж с размерами корпуса (типичный вариант)

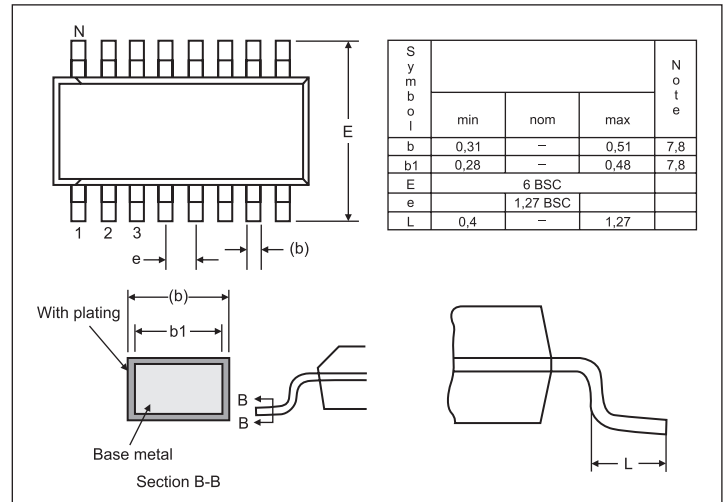


Рис. 10. Размеры JEDEC-корпуса (типичный образец)

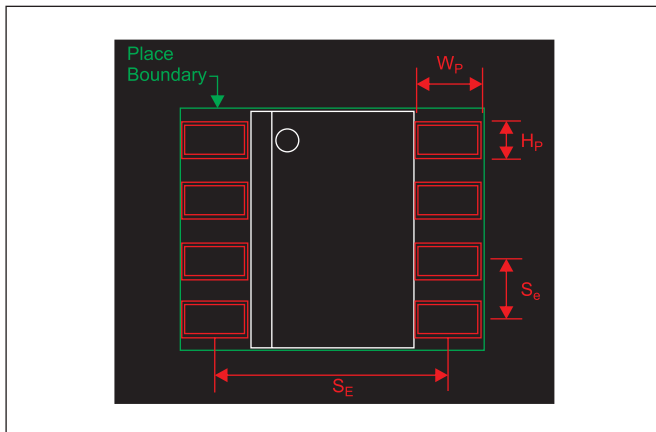


Рис. 11. Размеры ПМ (типичный образец)

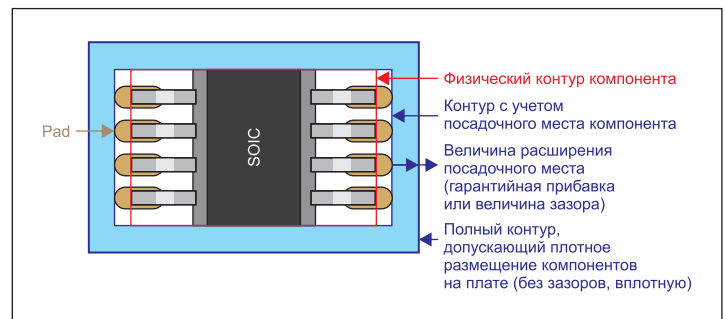


Рис. 12. Требования к SMD-стеку КП

обычно содержат информацию о зазорах относительно габаритов КП. Тогда необходимо транслировать размеры корпуса из JEDEC непосредственно в размеры ПМ в редакторе PCB для согласования со стандартами IPC.

Из чертежа компонента видно, что размеры обычно связаны с корпусом. Например, микросхема имеет восемь небольших ножек (SOIC), как показано на рис. 9. Изготовитель компонента может также представить спецификацию JEDEC. Рис. 10 иллюстрирует пример JEDEC стандарта MS-012 для корпуса SOIC. В соответствии с информацией изготовителя и регламентами стандартов мы должны определить стек КП и высоту и шаг между КП по осям X и Y, как показано на рис. 11, чтобы создать новое ПМ в редакторе PCB.

Начнем с проектирования стека КП, после чего будем проектировать ПМ, используя готовый стек КП.

Хороший стек КП обеспечивает лучшие возможности пайки соединений между ножками компонента и РСВ. Стек КП должен позволять вариативность размеров компонента, толерантность при изготовлении платы, толерантность к размещению и спецификации пайки. Приборы THD относительно большие, а потому более снисходительны к этой толерантности, но SMD обычно имеют меньший размер и поэтому более

Таблица 3. Номинальная передняя полоска припоя (J_T) для типовых корпусов

Тип посадочного места	мил	мм
«Крыло чайки» (SOG)	14	0,35
Тип вывода по форме символа J	14	0,35
Безвыводный корпус типа 0603 и больше	14	0,35
Безвыводный корпус типа меньше чем 0603	4	0,1
Плоский микрокорпус с двусторонним расположением выводов в форме крыла чайки (SO-микрокорпус)	12	0,3
Танталовый конденсатор (TCAP)	6	0,15
Бессвинцовый высокочастотный чип (Leadless chip carrier)	22	0,55
Безвыводный цилиндрический корпус с торцевыми КП (MELF)	16	0,4
Вывод для стыкового контакта (BUTT JOINTS)	31	0,8

чувствительны к вариациям при изготовлении и монтаже. IPC-7351, заменивший IPC-SM-780/2, является стандартом для ПМ типа SMD, для стека КП и шаблона платы.

Как видно на рис. 12, КП для пайки должна быть больше, чем размер ножки компонента, чтобы обеспечить подходящее присоединение. Превышение размера КП отображено в IPC-7353 (стр. 8–14), где термин J_T определяет расстояние от конца КП до носка вывода, J_H — расстояние от КП до задника вывода, а J_S задает дистанцию от края КП до края ножки вывода.

Значения J_T , J_H и J_S зависят от типа компонента и требуемого уровня сложности (от А до С); номинальные значения приведены в таблицах 3–5.

Таблица 4. Номинальная задняя полоска припоя (J_H) для типовых корпусов

Тип посадочного места	мил	мм
«Крыло чайки» (SOG)	14	0,35
Тип вывода по форме символа J (SO)	—8	—0,2
Безвыводный корпус всех типов (Chip component)	—2	—0,05
Плоский микрокорпус с двусторонним расположением выводов в форме «крыла чайки» (SO-микрокорпус)	0	0
Танталовый конденсатор (TCAP)	20	0,5
Бессвинцовый высокочастотный чип (Leadless chip carrier)	6	0,15
Безвыводный цилиндрический корпус с торцевыми КП (MELF)	4	0,1
Вывод для стыкового контакта (BUTT JOINTS)	31	0,8

Таблица 5. Номинальная боковая полоска припоя (J_S) для типовых корпусов

Тип посадочного места	мил	мм
Крыло чайки (SOG), шаг ножек > 0,625 мм	1	0,03
Крыло чайки (SOG), шаг ножек < 0,625 мм	—1	—0,02
Тип вывода по форме символа J (SO)	1	0,03
Безвыводный корпус типа 0603 и больше	0	0
Безвыводный корпус типа меньше чем 0603	0	0
Плоский микрокорпус с двусторонним расположением выводов в форме крыла чайки (SO-микрокорпус)	—2	—0,04
Танталовый конденсатор (TCAP)	—2	—0,05
Бессвинцовый высокочастотный чип (Leadless chip carrier)	—2	—0,05
Безвыводный цилиндрический корпус с торцевыми КП (MELF)	2	0,05
Вывод для стыкового контакта (BUTT JOINTS)	8	0,2

Для создания стека КП в редакторе PCB необходимо знать ширину стека КП — W_P и высо-

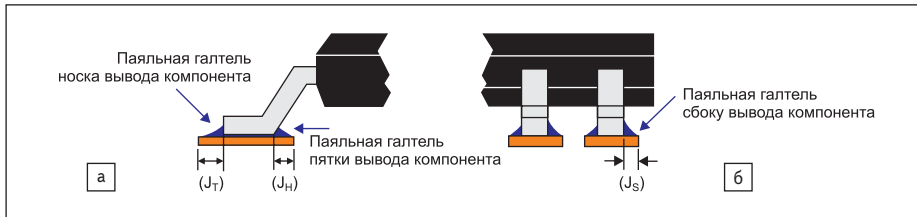


Рис. 13. Описание ПМ для SOIC (8 ножек) в соответствии с IPC-7351

Таблица 6. Излишек габаритов посадочного места (добавочный контур) для плотной установки различных SMD-корпусов

Тип корпуса (package type)	Класс точности (Courtyard Excess)					
	Уровень А		Уровень В		Уровень С	
	мил	мм	мил	мм	мил	мм
«Крыло чайки» (SOG)	20	0,5	10	0,25	4	0,1
Вывод типа J (SOJ)	20	0,5	10	0,25	4	0,1
SO-микроразъем	20	0,5	10	0,25	4	0,1
Безвыводный корпус (0603 и больше)	20	0,5	10	0,25	4	0,1
Танталовый конденсатор	20	0,5	10	0,25	4	0,1
MELF	20	0,5	10	0,25	4	0,1
Высокочастотный чип	20	0,5	10	0,25	4	0,1
Безвыводный корпус (меньше 0603)	8	0,2	6	0,15	4	0,1
Вывод для стыкового контакта	59	1,5	31	0,8	8	0,2

ту H_p , чтобы получить возможность вписать требуемые значения в Padstack Designer.

Используя данные из чертежа компонента или из стандарта JEDEC (формула (1) и (2)), можно рассчитать максимальные размеры W_p и H_p :

$$W_{p(\max)} = E_{\min} - (E_{\max} - 2L_{\min}) + 2J_T + 2J_H + \sqrt{(E_{TOL(\Delta)})^2 + F^2 + p^2}, \quad (1)$$

где $W_{p(\max)}$ — максимальная ширина КП (рис. 11); $E_{(\min \text{ и } \max)}$ — это дистанция между окончаниями ножек — в терминах размеров JEDEC (рис. 10); $E_{TOL(\Delta)}$ — допуск для E в единицах измерения размеров в JEDEC или вычислено из $(E_{\max} - E_{\min})$ (рис. 10); J_T и J_H — припойная галтель, как описано в таблицах 3 и 4, которые взяты из IPC-7351; F — допуск изготовления (IPC-2221A, обычно 0,1 мм, или 4 мила); p — допуск размещения на машинах установки и пайки (в зависимости от машины, обычно 0,15 мм, или 6 мил); и

$$H_{p(\max)} = b_{\min} + 2J_S + \sqrt{(b_{TOL(\Delta)})^2 + F^2 + p^2}, \quad (2)$$

где $H_{p(\max)}$ — это максимальная ширина КП (рис. 11), b_{\min} — минимальная ширина вывода, J_S — допустимая припойная галтель, как описано в таблице 5; $b_{TOL(\Delta)}$ — допуск b в JEDEC-размерах или вычислено из $(b_{\max} - b_{\min})$ (рис. 11), а F и p описаны в формуле (1).

Эти формулы были взяты из различных таблиц в IPC-7351, но на самом деле стандарт также включает факторы округления, которые не учтены в формулах (1) и (2). Таблицы 3–5 тоже заимствованы из стандарта IPC-7351, но подлинники стандартов содержат допол-

нительные данные для больших или меньших уровней сложности, в то время как номинальная сложность (плотность) здесь включена. Для ознакомления с подлинниками для лучшего понимания размерностей можно обратиться к IPC Land Pattern Viewer на веб-сайте IPC (демоверсия доступна). После того как КП создана (например, вы определили ширину и высоту), можно использовать процедуру для формирования КП с помощью ComrBox [1]. После конструирования КП они должны быть корректно помещены в комплект ПМ. Это выполняется автоматически в ComrBox. Пример того, как IPC-7351 определяет параметры ПМ для 8-выводного корпуса SOIC, показан на рис. 13. Контур компонента (Component outline) задает внутренний контур корпуса микросхемы, в том числе элементы контура корпуса и концы выводов (ВКК). Затем следует внешний контур собственно посадочного места — КПМ (Courtyard outline). Этот контур обрамляет корпус и все подключенные КП компонента. Расширенный внешний контур (РВКПМ), так называемый Excess (расширение контура), определяет минимальное расстояние между компонентами при их взаимном размещении.

При большом расширенном внешнем контуре компонента класс плотности платы уменьшается. Уровни плотности (в ГОСТах РФ этот показатель называют «Класс точности») определяются категориями плотности от уровня А до уровня С, как это указано в таблице 6 для различных SMD-корпусов (взято из IPC-7351, таблицы 2, 3–14).

Уточним понятия уровня пригодности (или класса точности) для производства:

- Уровень А — обычная конструкторско-предпочтительная сложность.

- Уровень В — средняя конструкторско-стандартная сложность.
- Уровень С — высокая сложность пригодности для массового производства.

В ГРИФ-4 эти данные не введены в БД и не используются. Редактор PCB также не использует концепцию контуров, предусмотренную в стандарте IPC-7351 для своих ПМ SMD. Рис. 14 показывает внешний контур 8-выводного SOIC. Отметим, что редактор PCB не включает в контур дополнительное расширение к концам контура или вокруг выводов. Для большинства ПМ в редакторе PCB, содержащихся в библиотеке компонентов и программ, расширение контура не существует. Также в PCB Editor's Constraint Manager (САПР Allegro) отсутствуют подобные ограничения, которые вы можете установить. В свою очередь DRC фиксирует нарушения, только если имеется пересечение контуров компонентов. Поэтому для удовлетворения требований по классу точности вы можете либо модифицировать описание ПМ, либо установить подходящую координатную сетку и вручную проверять каждый компонент индивидуально, с помощью соответствующих таблиц, приведенных выше.

Стандартизация для компонентов THD, видимо, не столь хорошо известна, как для SMD. Возможно, это происходит потому, что имеется больше вариативности для THD, а также потому, что они имеют, как правило, большие размеры и тем самым меньше влияют на конструкцию и производство, чем SMD. В результате стандарты или руководства для THD более трудоемки для одних устройств и могут отсутствовать для других. Далее мы рассмотрим, как проектировать ПМ для THD-устройств.

При подготовке статьи использованы без ссылок материалы стандарта IPC-7351 — *Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standard* (февраль 2005 г.).

Продолжение следует.

Литература

1. Сабуни А. Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010.
2. Елшин Ю. М. Программный комплекс формирования БД компонентов и обмена данными между участниками проектных работ в САПР. Комплекс ComrBox // Компоненты и технологии. 2015. № 6.
3. Елшин Ю. М. САПР RUS — CAD как вариант замещения импортных САПР печатных плат // Технологии в электронной промышленности. 2015. № 6, 7.
4. Mitzner K. Complete PCB Design Using OrCAD Capture and PCB Editor. Newnes, 2009.
5. Coombs C. F. Coombs' Printed Circuit Handbook (McGraw Hill). 5th ed. NY, 2001.
6. IPC-2222. Sectional Design Standard for Rigid Organic Printed Boards. Northbrook, IL: IPC / Association Connecting Electronic Industries. February, 1998.