

Стандартизация разработки посадочных мест SMD компонентов

Владимир Пивненко, технический директор ООО «Экран УКВ»

E-mail: vpvivnenko@ua-ekran.com

В данной части статьи рассмотрены критерии определения размерных характеристик посадочных мест компонентов с учетом размеров самих компонентов, точности позиционирования при их монтаже, а также требований к эксплуатационной надежности изделий или их целевому назначению.

ВВЕДЕНИЕ

Обобщенный принцип определения размерных характеристик посадочного места SMD компонента проиллюстрирован на рис. 1.

За основу берутся основные геометрические размеры компонента (габаритные размеры, расположение и размеры выводов) и их максимально допустимые отклонения (допуски). Затем анализируются погрешности размеров топологии при производстве печатных плат и погрешности позиционирования компонента при его установке на плату в процессе монтажа. Так же в расчет берутся целевые минимальные размеры основных элементов паяных соединений для выбранного класса надежности изделий. Результатом анализа и расчетов являются точные геометрические

размеры элементов посадочного места, обеспечивающие требуемые минимальные размеры паяных соединений при максимально возможных отклонениях геометрических параметров компонента, элементов печатной платы и предельных отклонений при установке компонента.

АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ КОМПОНЕНТА

Геометрические размеры компонентов предоставляются производителями компонентов в соответствующей технической документации. Как правило, они стандартизованы (например, диоды в корпусе SMA стандартизованы как JEDEC DO-214AC и имеют одинаковые геометрические размеры у всех производителей). В зависимости от произво-

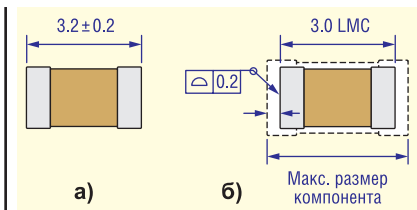


Рис. 2. Размерные системы: с номинальным значением и симметричным допуском (а); с граничным значением и несимметричным допуском (б)

дителя, размеры компонента могут быть представлены в нескольких вариантах:

- номинальные размеры с предельно допустимыми отклонениями;
- минимальные и максимальные значения размеров;
- минимальные, номинальные и максимальные значения размеров.

Для расчета размеров элементов посадочного места компонента (размеров контактных площадок и их взаимного расположения) используется так называемая система размеров профиля компонента (Profile Dimensioning System). Она регламентирует допустимые граничные размеры компонента (максимальные или минимальные) и несимметричный допуск этих размеров. На рис. 2а приведен пример классической размерной системы с симметричными допусками для чип-компонента 1206, практикуемая большинством производителей. В данном случае указывается номинальная длина компонента 3.2 мм с симметричным допуском ± 0.2 мм. На рис. 2б приведен пример системы размеров профиля для того же компонента, при этом базовый размер — это минимальная длина компонента (LMC — Least Material Condition), в данном случае — 3.0 мм с несимметричным допуском +0.4 мм. Максимальный размер компонента (MMC — Most Material Condition) — 3.4 мм.

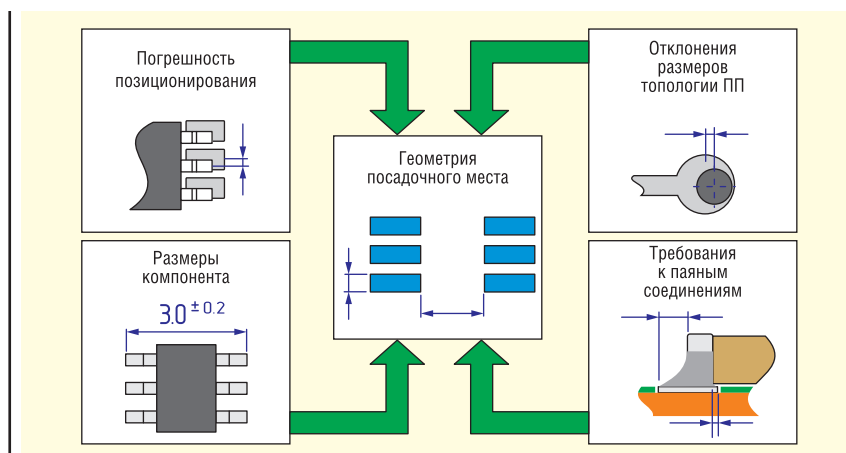


Рис. 1. Принцип расчета посадочного места SMD компонента

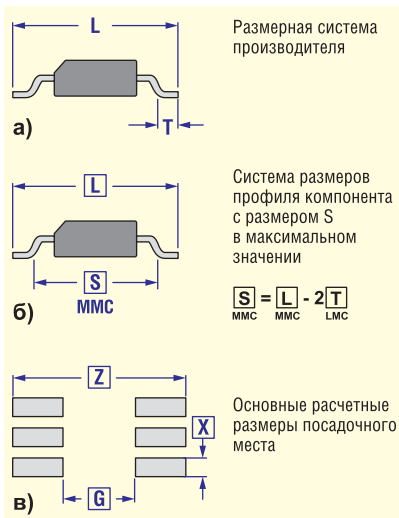


Рис. 3. Преобразование размерных систем и базовые размеры посадочного места

Анализ геометрических размеров компонента рассмотрим на примере корпуса SOIC. Первым этапом является преобразование размерной системы производителя (рис. 3а) в систему размеров профиля компонента (рис. 3б). Для компонентов с выводами типа gull-wing критичным является расстояние между пятками противоположных выво-

дов (размер S на рис. 3б.), т.к. он косвенно влияет на размер и форму будущего паяного соединения пятки вывода. На рис. 4 приведен пример некорректного посадочного места компонента в корпусе SOT32-5, где расстояние между торцами противоположных контактных площадок (размер H) меньше вышеупомянутого размера S, что приводит к недостаточному перекрытию выводов и контактных площадок — пятки выводов попросту «висят в воздухе». Как правило, размер S не присутствует в явном виде в документации производителя и получается путем вычитания суммы длин выводов (с соответствующими допусками) из общего габаритного размера компонента. В этом расчете участвуют три допуска (два допуска длины вывода $\Delta T = T_{max} - T_{min}$ и допуск общей длины компонента $\Delta L = L_{max} - L_{min}$). В результате можно получить два граничных значения искомого размера:

$S_{min} = L_{min} - 2T_{max}$ — минимальное возможное значение;

$S_{max} = L_{max} - 2L_{min}$ — максимальное возможное значение.

Абсолютное значение разброса размера S определяется из соотношения

$$\Delta S = S_{max} - S_{min} = \Delta L - 2\Delta T.$$

Нас интересует максимальное значение S_{max} , так как оно является базовым для расчета размеров топологии контактных площадок. Принимая во внимание тот факт, что вероятность комбинации всех 3-х допусков, упомянутых выше, в своем максимальном значении со статистической точки зрения мала, принято рассчитывать не абсолютное значение разброса размеров ΔS , а так называемое среднеквадратичное (RMC — Root Mean Square) значение накопления допусков:

$$\Delta S(RMC) = \sqrt{(\Delta L)^2 + 2(\Delta T)^2}. \quad (1)$$

Таким образом, искомый размер S_{max} является суммой минимального и среднеквадратичного значений накопления допусков:

$$\begin{aligned} S_{max}(RMC) &= S_{min} + \Delta S(RMC) = \\ &= S_{min} + \sqrt{(\Delta L)^2 + 2(\Delta T)^2}. \end{aligned} \quad (2)$$

МЕТОД РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ПОСАДОЧНОГО МЕСТА

Для рассмотренного компонента в корпусе SOIC необходимо вычислить следующие размеры (рис. 3в, рис. 5):

G — расстояние между внутренними торцами контактных площадок;

Z — расстояние между внешними торцами контактных площадок;

X — ширина контактных площадок.

Шаг контактных площадок принимается равным шагу выводов компонента.

Значения рассчитываются по следующим формулам:

$$G = S_{max} - 2J_H - \sqrt{C_s^2 + F^2 + P^2}, \quad (3)$$

$$Z = L_{min} + 2J_T + \sqrt{C_L^2 + F^2 + P^2}, \quad (4)$$

$$X = W_{min} + 2J_S + \sqrt{C_W^2 + F^2 + P^2}, \quad (5)$$

где S_{max} — максимальное расстояние между пятками противоположных выводов, рассчитанное по формуле (2); L_{min} — минимальное значение ширины компонента (между внешними торцами); W_{min} — минимальное значение ширины вывода компонента.

Требуемые размеры элементов паяного соединения:

J_H — ширина мениска под пяткой вывода (выступ КП из-под пятки вывода);

J_T — ширина мениска на носке вывода (выступ КП из-под носка вывода);

J_S — ширина бокового мениска вывода.

Разброс размеров компонента: C_s — отклонение размера S ($\Delta S(RMC)$ из формулы 1); C_L — несимметричный допуск ширины компонента;

C_W — несимметричный допуск ширины вывода компонента.

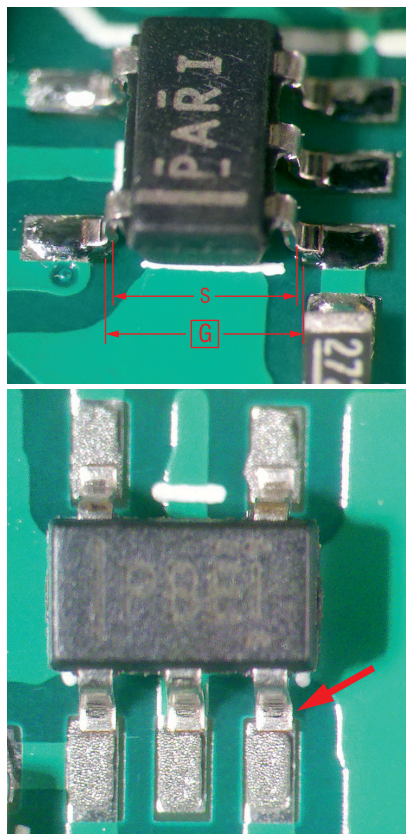


Рис. 4. Примеры некорректного посадочного места

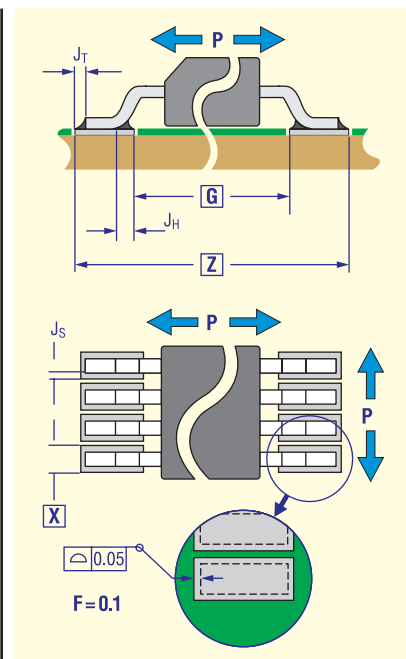


Рис. 5. Размеры и допуски, участвующие в расчетах

Таблица 1. Допуски на ширину печатных проводников. Ед. изм. — мм.

Тип	Уровень С	Уровень В	Уровень А
Без покрытия	±0.015	±0.04	±0.06
С покрытием	±0.005	±0.08	±0.10

Таблица 2. Требования к минимальным размерам паянных соединений компонентов в корпусе Gull-Wing шагом более 0.65 мм. Ед. изм. — мм.

Параметры	Least (уровень С)	Nominal (уровень В)	MOST (уровень А)
Мениск носка (J_T)	0.15	0.35	0.55
Мениск пятки (J_H)	0.25	0.35	0.45
Боковой мениск (J_S)	0.01	0.03	0.05
Правило округления	Округлять до ближайших 0.05		
Courtyard Excess	0.1	0.25	0.5

Таблица 3. значения величины Courtyard Excess для BGA компонентов в зависимости от размера шариков. Ед. изм. — мм.

Диаметр шарика	< 0.25	0.25–0.5	> 0.5
Courtyard Excess	0.5	1.0	2.0

Отклонения, вносимые на этапе производства ПП и монтажа компонента:

F — несимметричный допуск размеров КП, регламентируемый от производителем ПП;

P — разброс отклонений при установке компонента в процессе монтажа (диаметр разброса реальных координат установки компонента относительно центра посадочного места).

Как видно из формул 3–5, идеология расчета идентична для всех элементов посадочного места. Для получения внешних размеров КП среднеквадратичное значение всех допусков и желаемые размеры соответствующих менисков прибавляются к внешним размерам компонента, а для получения внутреннего расстояния между КП — вычитаются из его внутренних размеров. Как и в формуле (2), для определения допусков (размеров компонента, производственных и монтажных) применяется статистический метод — рассчитывается их среднеквадратичное значение. Допуски размеров компонента (символ «С» в формулах) представляют собой разность между максимальными и минимальными значениями соответствующих размеров, которые берутся из технической документации производителя. Аналогично, производственные допуски (символ «F») также являются разностью между максимальными и минимальными значениями соответствующих размеров контактных площадок, которые берутся из спецификации производителя ПП либо промышленных стандартов ПП (APC-A-600, к примеру). Допуски позиционирования компонента (символ «P») являются суммой допусков на расположение элементов топологии ПП (как и в предыдущем случае, декларируется производителем

ПП) и допусков позиционирования компонента (декларируется производителем оборудования установки компонентов или контрактным производителем, осуществляющим монтаж изделия).

В табл. 1 приведены примеры допусков на ширину печатного проводника (источник — стандарт IPC-7351).

Минимальные значения элементов паяных соединений (размеры J_H , J_T и J_S) для разных групп компонентов регламентируются стандартом IPC-7351 (пример для компонентов с выводами Gull-Wing шагом более 0.65 мм приведен в табл. 2). Наряду с упомянутыми размерами паяных соединений в данном стандарте приведены правила округления конечных результатов расчетов соответствующих размеров (например, округление до ближайших 0.05 мм или до 0.01 мм в зависимости от типа и размера компонента).

Помимо корректных размеров и расположения контактных площадок в посадочном месте SMD компонента есть еще один элемент — это его периметр. В IPC-7351 он регламентируется как Courtyard Excess — минимальный выступ за периметр компонента, обеспечивающий электрический и механический зазор

от внешних границ компонента или его посадочного места. Физически — это минимальная ширина зоны вокруг габаритного периметра компонента и его посадочного места, в которую не должны попадать другие компоненты. Следует заметить, что при определенных требованиях к ремонтопригодности изделий либо производственных требованиях (например, обеспечение доступа инструмента для демонтажа компонентов, тестировочного или инспекционного оборудования), необходимо обеспечение дополнительной производственной зоны вокруг минимального выступа за периметр компонента (рис. 6). Наличие и размер этой производственной зоны регламентирует производитель, выполняющий монтаж изделия.

Стандартные величины минимальных зазоров зависят от типа компонента и класса исполнения изделия (табл. 2), для BGA компонентов — от размера шариков (табл. 3). Ответственность за выбор величины вышеупомянутых зазоров лежит на разработчике, т. е. именно он, зная целевое назначение изделия, задает степень его ремонтопригодности. Например, в сложных изделиях, в которых применяются дорогостоящие комплектующие (изделия для авиакосмической, военной или медицинской отраслей) необходимо учитывать возможность замены компонентов и, следовательно, обеспечивать максимальный зазор вокруг их посадочных мест. А для простых изделий массового потребления, миниатюрных изделий (к примеру MP3 плееров, мобильных телефонов и т. п.) либо изделий, к которым в силу их конструктивных особенностей критерий «ремонтопригодность» неприменим (как говорится — «проще выбросить, чем отремонтировать») обеспечение больших зазоров нецелесообразно.

Компоненты размещаются на плате таким образом, чтобы внешние периметры их посадочных мест (включая производственный периметр) не пере-

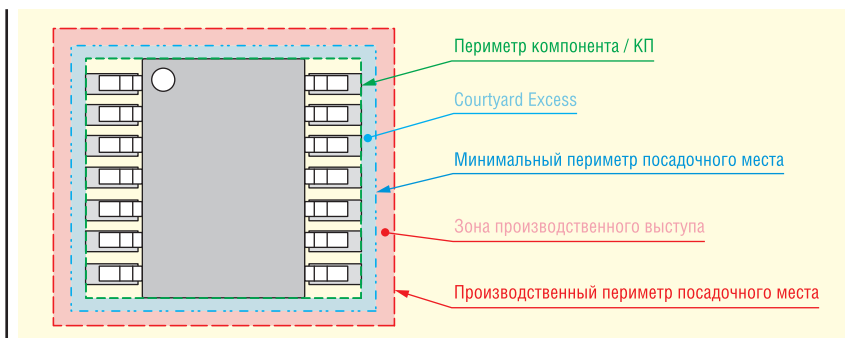


Рис. 6. Зоны выступов и периметры посадочного места

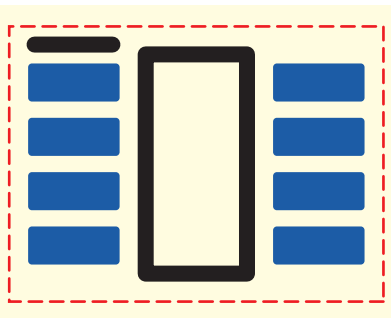


Рис. 7. Пример размещения маркировки внутри периметра посадочного места

секались друг с другом, другими элементами ПП (механическими, крепежными, технологическими и т.п.), и конечно же не выходили за периметр самой платы.

Элементы шелкографической маркировки так же желательно размещать внутри периметра посадочного места (например, как на рис. 7), во избежание перекрытия маркировок смежных компонентов.

В завершение приведем пример расчета геометрических размеров посадочного места компонента SO8 для уровня плотности A (Most). На рис. 8 приведены размеры компонента, декларируемые производителем.

1. Переводим размерную систему производителя в систему Profile Dimensioning:

$L_{min} = 5.8$ мм, $L_{max} = 6.2$ мм, $\Delta L = 0.4$ мм;
 $T_{min} = 0.4$ мм, $T_{max} = 1.27$ мм, $\Delta T = 0.87$ мм;
 $W_{min} = 0.31$ мм, $W_{max} = 0.51$ мм, $\Delta W = 0.2$ мм.

2. Находим предельные значения размера S и его несимметричный допуск:

$S_{min} = L_{min} - 2T_{max} = 5.8 \text{ мм} - 2 \cdot 1.27 \text{ мм} = 3.26 \text{ мм};$

$S_{max} = L_{max} - 2L_{min} = 6.2 \text{ мм} - 2 \cdot 0.4 \text{ мм} = 5.4 \text{ мм};$

$\Delta S = S_{max} - S_{min} = 5.4 \text{ мм} - 3.26 \text{ мм} = 2.14 \text{ мм}.$

3. По формуле (2) находим значение S_{max} :

$$S_{max} = S_{min} + \sqrt{(\Delta L)^2 + 2(\Delta T)^2} = 3.26 + \sqrt{(0.4)^2 + 2(0.87)^2} = 4.55 \text{ (мм)}.$$

По формулам 3–5 производим вычисления основных размеров. При этом значения размеров J_H , J_T и J_S берем из табл. 2, а значения P и F равны 0.2 мм и 0.1 мм соответственно.

$$G = S_{max} - 2J_H - \sqrt{C_s^2 + F^2 + P^2} = 4.55 - 2 \cdot 0.45 - \sqrt{1.29^2 + 0.1^2 + 0.2^2} = 2.35 \text{ мм},$$

где $C_s = \Delta S(RMC) = 1.29$ мм (формула 1).

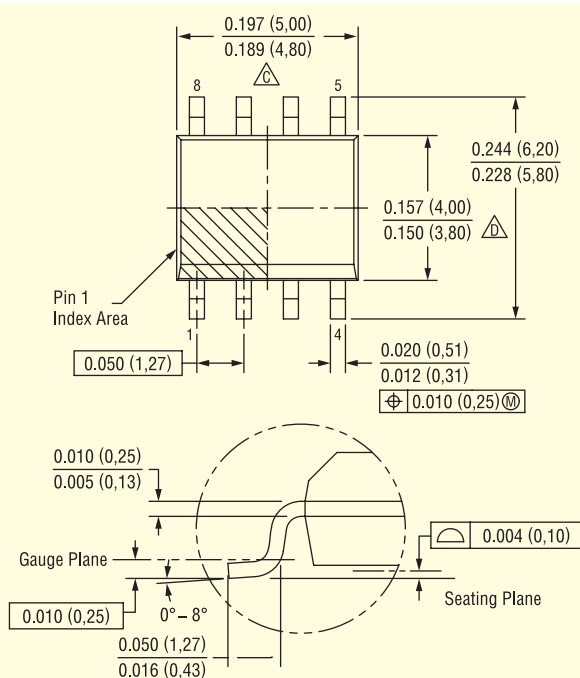


Рис. 8. Размеры корпуса SO8 из документации производителя

$$Z = L_{min} + 2J_T + \sqrt{C_l^2 + F^2 + P^2} = 5.8 + 2 \cdot 0.55 + \sqrt{0.4^2 + 0.1^2 + 0.2^2} = 2.35 \text{ (мм)},$$

где $C_l = \Delta L = 0.4$ мм.

$$X = W_{min} + 2J_S + \sqrt{C_w^2 + F^2 + P^2} = 0.31 - 2 \cdot 0.05 - \sqrt{0.2^2 + 0.1^2 + 0.2^2} = 0.7 \text{ (мм)},$$

где $C_w = \Delta W = 0.2$ мм.

Результаты вычислений округлены до ближайших 0.05 мм.

В данном случае размер G — расстояние между внутренними торцами противоположащих КП — получился меньше ширины корпуса компонента (3.8–4.00 мм). Для предотвращения вероятности контакта припоя с корпусом компонента производим так называемую подрезку КП по размеру корпуса: размер G принимаем равным минимальной ширине корпуса — 3.8 мм. Итак, финальные размеры посадочного места: $G = 3.8$ мм, $Z = 7.4$ мм, $X = 0.7$ мм.

4. Финальное действие — определение периметра посадочного места. Максимальные габариты компонента и его контактных площадок: 5.0 мм (длина корпуса) и 7.4 мм (расстояние между внешними торцами КП). Следовательно, принимая во внимание размер выступа Courtyard Excess для данного класса, равный 0.5 мм (табл. 2), минимальный габаритный размер посадочного места данного компонента будет 6.0 мм × 8.4 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные выше принципы и математическая модель расчета позволяют разрабатывать корректные посадочные места SMD компонентов с учетом технологичности их монтажа придерживаясь баланс эксплуатационной надежности, ремонтопригодности изделий и их потребительских качеств. Основываясь на многолетнем опыте членов ассоциации IPC, они дают возможность разработчику избежать ошибок при проектировании топологии ПП и тем самым минимизировать временные и финансовые затраты на разработку и вывод изделия на рынок.

Более детальную информацию можно получить, обратившись в ООО «Экран УКВ»:

**14030, г. Чернигов,
ул. Одинцова, 25,
тел: (0462) 65-25-91,
факс: (0462) 67-14-62,
<http://www.ua-ekran.com>**

Литература:

1. IPC-7351B Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standard, <http://www.ipc.org>
2. IPC-7351B Land Pattern Wizard software, <http://www.mentor.com/products/pcb-system-design/library-tools/lp-wizard/>

* Продолжение. Начало см. № 3, 2013 г..