

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| 1. Введение..... | 3 |
| 2. Seeed Fusion спецификация плат..... | 4 |
| 2,1 Необходимые для производства файлы..... | 4 |
| 2,2 Типы Gerber-файлов..... | 4 |
| 2,3 Требования к платам на FR4-TG130..... | 5 |
| 3. Структура слоёв платы..... | 8 |
| 3,1 Структура слоёв..... | 8 |
| 4. Допустимые размеры плат..... | 9 |
| 4,1 Размеры производимых печатных плат..... | 9 |
| 5. Обработка поверхности..... | 10 |
| 5,1 Припой с выравниванием горячим воздухом (HASL)..... | 10 |
| 5.1.1 Технологические требования..... | 10 |
| 5.1.2 Области применения..... | 10 |
| 5,2 Электролизное покрытие из никеля и иммерсионного золота (ENIG)..... | 10 |
| 5.2.1 Технологические требования..... | 10 |
| 5.2.2 Области применения..... | 10 |
| 5,3 Органические консервирующие вещества для пайки (OSP)..... | 10 |
| 6. Типы печатных плат..... | 11 |
| 7. Трассировка дорожек..... | 12 |
| 7,1 Рекомендации по ширине, зазорам и форме дорожек..... | 12 |
| 7,2 Соединение площадок с дорожкой..... | 13 |
| 7,3 Требования к заливке больших площадей..... | 14 |
| 8. Разработка паяльной маски..... | 16 |
| 8,1 Паяльная маска для дорожек..... | 16 |
| 8,2 Паяльная маска для отверстий..... | 16 |
| 8.2.1 Переходные отверстия..... | 16 |
| 8,3 Выравнивание отверстий..... | 16 |
| 8.3.1 Правильное расположение отверстий..... | 17 |
| 8.3.2 Заглубленные и сквозные переходные отверстия..... | 17 |
| 8,4 Паяльная маска для точек пайки..... | 17 |
| 8,5 Паяльная маска для позолоченных краевых разъёмов..... | 18 |
| 9. Разработка шелкографии..... | 19 |
| 9,1 Технические требования к шелкографии..... | 19 |
| 9,2 Что можно изображать шелкографией..... | 19 |
| 10. Требования к отверстиям..... | 21 |
| 10,1 Открытые и закрытые маской отверстия..... | 21 |
| 10.1.1 Требования по расстояниям между отверстиями..... | 21 |
| 10.1.2 Ограничения по зазорам между переходными отверстиями на плате..... | 21 |
| 10,2 Механическая конструкция отверстий..... | 21 |
| 10.2.1 Типы отверстий..... | 21 |
| 10.2.2 Рекомендуемые интервалы между отверстиями..... | 22 |

| | |
|--|--|
| 11. Дизайн реперных меток..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 11,1 | классификация..... 23 |
| 11,2 | Структура реперных меток..... 23 |
| 11.2.1 | Координатные метки панели из плат..... 23 |
| 11.2.2 | Реперные метки отдельных плат..... 23 |
| 11,3 | Положение реперных меток..... 23 |
| 11.3.1 | Рекомендованное расположение меток на панели из плат..... 24 |
| 11.3.2 | Форма реперных меток..... 24 |
| 11.3.3 | Местные реперный метки..... 24 |
| 12. Панелизация плат и форма межплатных соединений..... | 25 |
| 12,1 | Разделение V-образной фрезой..... 25 |
| 12,2 | Фигурная фрезеровка..... Ошибка! Закладка не определена. |
| 12,3 | Выбор способа панелизации..... 26 |
| 12,4 | Методы панелизации для печатных плат неправильной формы 28 |
| 13. Расположение радиокомпонентов на плате..... | 29 |
| 13,1 | Общие требования к расположению деталей..... 29 |
| 13,2 | Пайка оплавлением..... 29 |
| 13.2.1 | Общие требования к SMD компонентам..... 29 |
| 13.2.2 | Требования по размещению SMD компонентов..... 30 |
| 13.2.3 | Требования к размещению выводных компонентов на печатных платах для пайки оплавлением..... 32 |
| 13,3 | Пайка волной..... 32 |
| 13.3.1 | Требования к SMD компонентам на печатных платах для пайки волной припоя..... 32 |
| 13.3.2 | Общие требования к выводным компонентам 34 |
| 13.3.3 | Общие требования для волновой пайки выводных компонентов..... 35 |
| DFM Список V1.1 редакций..... | 36 |

1. Введение

Seeed является инновационной производственной платформой для производителей, обеспечивающей условия для выпуска разнообразной продукции и предлагает доступные технологии с высоким качеством и гарантией своевременной доставки. Seeed Fusion Service предлагает универсальное обслуживание прототипирования для печатных плат (PCB), PCBA (сборка PCB) и другие электронные и механические индивидуальные услуги (например, фрезерные ЧПУ, 3D печать, разработка печатных плат).

Seeed в электронной промышленности уже более 9 лет и накопил большой опыт производства. Мы работаем для того, чтобы помочь преодолеть разрыв между проектированием и производством и поделиться практическим опытом нашей компании, целью которой является помощь большему количеству людей чтобы их продукт состоялся. Мы суммировали наши 9 лет производственного опыта в данном руководстве.

Поскольку мы не являемся профессиональным издательством, в этом документе могут быть некоторые неточности описания или неопределённые выражения. Мы учтём Ваше мнение, если Вы захотите помочь нам улучшить это руководство вместе. Мы будем модернизировать эту инструкцию, чтобы сделать её полезной для всего сообщества, если у вас есть какие-либо советы или предложения, пожалуйста, свяжитесь с нами по адресу: (fusion@seeed.cc). Для получения дополнительной информации о последней версии документа, пожалуйста, заходите на наш сайт www.seeedstudio.com

Эта спецификация определяет конструктивные параметры для проектирования печатных плат с точки зрения DFM, в том числе формы, конструкции слоёв, дизайна, качества физического расположения элементов, проводящих дорожек, отверстий, паяльной маски, обработки поверхности, дизайна шелкографии, и так далее.

2. Seeed Fusion Спецификация PCB

3. Файлы, требующиеся для производства

- [1] **PCB (печатные платы) только изготовление:**
файлы слоёв проводников, файлы паяльной маски (по одному для каждой стороны), файлы шелкографии (необязательно), файл границы платы (по одному на каждый заказ), файл сверловки (по одному на каждый заказ).
- [2] **PCBA (печатные платы и их монтаж):** то же самое, как изготовление PCB плюс список компонентов (BOM).
- [3] **Stencil (изготовление трафарета):** стальная маска для нанесения паяльной пасты. Трафареты для верхней и нижней стороны платы для нанесения пасты могут быть вытравлены на одной пластине, если её эффективная площадь достаточна, чтобы вместить оба трафарета.

4. Gerber-файлы платы

Формат Gerber является открытым 2D векторным форматом изображения. Это стандартный тип файла, используемый в промышленности производства печатных плат для описания слоёв платы: проводящих слоёв, паяльной маски, шелкографии и т.д. Gerber-файлы должны содержаться в одном .rar или .zip архиве со следующими стандартными расширениями файлов:

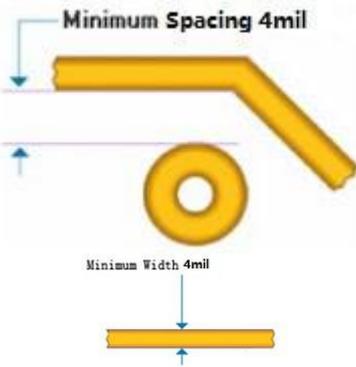
| расширение | Слой |
|-----------------|--|
| pcbname.GTL | Верхний слой проводников |
| pcbname.GTS | Слой верхней паяльной маски |
| pcbname.GTO | Верхний слой шелкографии |
| pcbname.GBL | Нижний слой проводников |
| pcbname.GBS | Нижний слой паяльной маски |
| pcbname.GBO | Нижний слой шелкографии |
| pcbname.TXT | Файл сверловки |
| pcbname.GML/GKO | Слой контура платы (Outline) |
| pcbname.GL2 | Внутренний слой 2 (для ≥ 4 слоёв) |
| pcbname.GL3 | Внутренний слой 3 (для ≥ 4 слоёв) |

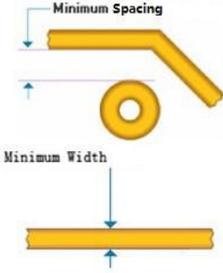
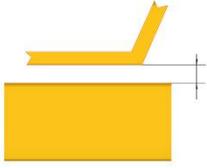
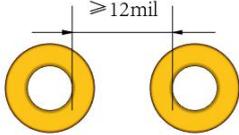
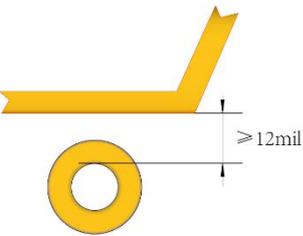
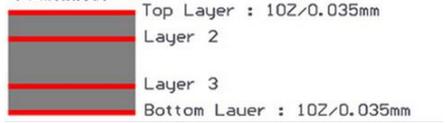
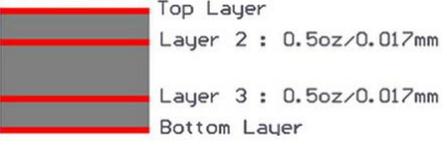
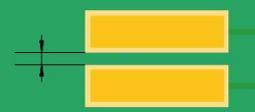
Примечания:

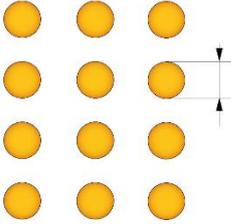
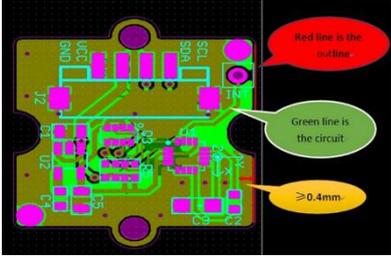
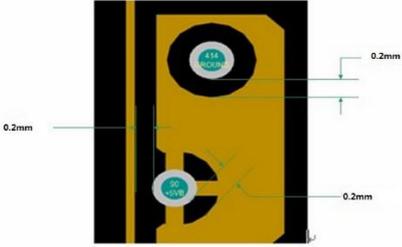
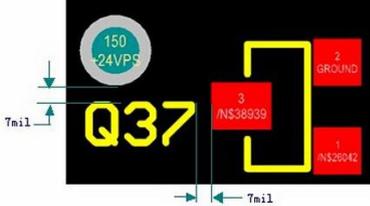
1. Gerber-файлы должны быть в формате RS-274X.
2. Файл сверловки должен быть в формате Excellon.
3. Gerber-файлы и файл сверловки должны храниться в одном архиве.
4. Должен присутствовать слой внешнего контура платы (Outline).

5. Спецификация плат для материалов FR4-TG130

Единица измерения: мм [мил], где это указано

| ПОЗИЦИЯ | ОПИСАНИЕ | СПЕЦИФИКАЦИЯ |
|--|--|--|
| Размеры платы (мм) | Минимальные размеры | 10x10 Совет: Если ширина платы меньше этого размера, вы можете сделать большую панель и использовать слоты для разделения плат. |
| | Максимальные размеры | 500x500 |
| Количество слоёв | | 1 - 16 слоёв |
| Количество плат в заказе | Минимальные количество | 5 плат |
| | Максимальные количество | 8000 штук |
| Диэлектрическая постоянная | | 4,2 - 4,7 |
| Толщина диэлектрика платы (мм) | | 0,075 - 5,0 |
| Возможная толщина платы (мм) | 1-2 слоя | 0.6 / 0.8 / 1.0 / 1.2 / 1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0 |
| | 4 слоя | 0.8 / 1.0 / 1.2 / 1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0 |
| | 6-8 слоёв | 1.0 / 1.2 / 1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0 |
| | 10 слоёв | 1.2 / 1.6 / 2 / 2,5 / 3,0 |
| | 12 слоёв | 1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0 |
| | 14 слоёв | 2.0 / 2.5 / 3.0 |
| | 16 слоёв | 2.5 / 3.0 |
| Возможная толщина проводящей меди | | 18-54мкм |
| Точность толщины диэлектрика платы | | ± 10% |
| Минимальная ширина дорожек и расстояние между ними |  <p>The diagram illustrates two key PCB manufacturing rules. The top part shows a yellow L-shaped trace with a blue double-headed arrow indicating a 'Minimum Spacing 4mil' between two parallel segments. The bottom part shows a yellow circular pad and a yellow rectangular trace, with a blue double-headed arrow indicating a 'Minimum Width 4mil' for the trace.</p> | <p>Для 18мкм: 4mil, 5mil, 6mil [0.1mm, 0.13mm, 0.15mm]</p> <p>Для 35мкм: 10mil [0.25mm]</p> <p>Для 54мкм: 15mil [0.4mm]</p> |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Минимальная ширина дорожки и зазора во внутренних слоях (плата 4 слоя)</p> |  | <p>0,15мм</p> |
| <p>Минимальное расстояние между дорожками и сплошной заливкой</p> |  | <p>Для 18мкм $\geq 0,2$ мм Для 35мкм $\geq 0,3$ мм Для 54мкм $\geq 0,4$ мм</p> |
| <p>Минимальное расстояние между переходными отверстиями</p> |  | <p>0,3 мм</p> |
| <p>Минимальное расстояние между переходным отверстием и дорожкой</p> |  | <p>0,3 мм</p> |
| <p>Ширина кольца переходного отверстия</p> |  | <p>$\geq 0,15$ мм [6mil]</p> |
| <p>Толщина внешних слоёв</p> |  | <p>0,035 - 0,07 мм (для меди толщиной 18-35мкм)</p> |
| <p>Толщина внутренних слоёв</p> |  | <p>0,017 (для меди толщиной 9мкм)</p> |
| <p>Диаметр сверления</p> | | <p>0,2 - 6,5 мм</p> |
| <p>Минимальная ширина паяльной маски</p> |  | <p>Стандарт: $\geq 0,32$ мм для зелёной ≥ 0.35mm для других цветов С доплатой: $\geq 0,10$ мм для зелёной и ≥ 0.13mm для других цветов</p> |
| <p>Диаметр фрезерованных отверстий</p> | <p>минимальный</p> | <p>0.6mm</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>Размеры BGA площадок</p> |  | <p>Для 6mil $\geq 0,45$ мм Для 5mil $\geq 0,35$ мм Для 4mil $\geq 0,25$ мм</p> |
| <p>Минимальный зазор от проводников до границы платы</p> |  | <p>0.3mm</p> |
| <p>Минимальное расстояние между проводниками внутренних слоёв и краем печатной платы</p> |  | <p>0,2мм [8mil]</p> |
| <p>Минимальная высота/ширина текста шелкографии</p> |  | <p>Высота $\geq 0,6$ мм [23mil] Толщина $\geq 0,1$ мм [4mil]</p> |
| <p>Рекомендуемые пропорции для текста</p> | | <p>1: 5</p> |
| <p>Цвет шелкографии</p> | <p>Если маска зеленого/красного/желтого/ синего/черного цвета</p> | <p>БЕЛЫЙ</p> |
| | <p>Если маска белая</p> | <p>ЧЕРНЫЙ</p> |
| <p>Минимальное расстояние между площадками и шелкографией</p> |  | <p>0.15mm [6mil]</p> |
| <p>Минимальная ширина шлицов фрезеровки</p> | | <p>0,8мм</p> |
| <p>Точность размеров порезки (механическая)</p> | | <p>$\pm 0,15$ мм</p> |
| <p>Размеры плат для резки V-образной фрезой (мм)</p> | <p>минимальный</p> | <p>70x55</p> |
| | <p>максимальная</p> | <p>380x380</p> |
| | <p>Минимальные размеры плат панели</p> | <p>8x8</p> |
| <p>Время производства платы</p> | <p>Варьируется в зависимости от конкретных особенностей</p> | <p>3 - 14 рабочих дней</p> |

6. Структура печатной платы

7. Структура слоёв платы

- [4] Печатная плата состоит из двух типов слоёв: медной фольги и диэлектрика. При изготовлении сложных многослойных плат могут использоваться слои дополнительного несущего материала.

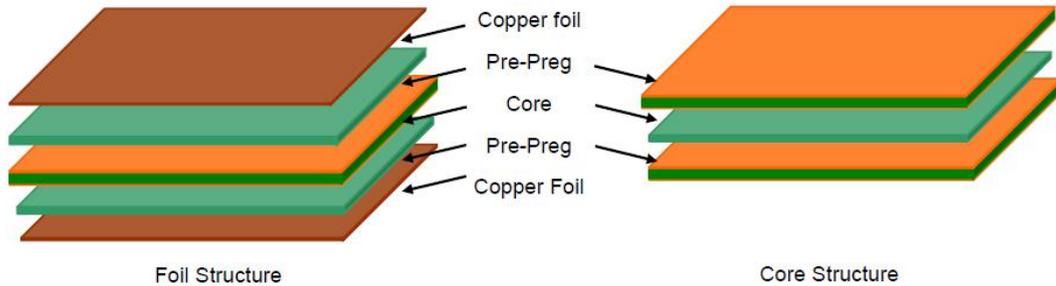


Рисунок 1: Типы слоёв печатных плат.

- [5] 9мкм медная фольга, как правило, используется для изготовления дорожек наружных слоёв, тогда как медная фольга толщиной 18мкм, как правило, применяется для внутренних слоёв. При разработке платы следует избегать применения ассиметричных слоёв с проводниками различной толщины во внутренних слоях чтобы избежать коробления платы в процессе групповой пайки.
- [6] Требования симметрии слоёв платы включают толщину подложки, тип используемой диэлектрика, толщину медной фольги и тип земляного слоя. Плата должна быть как можно более симметричной относительно оси симметрии.

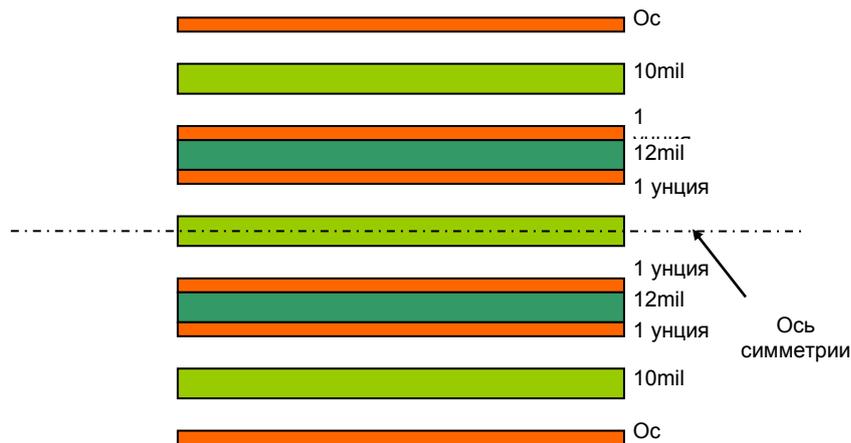


Рисунок 2: Симметричная конструкция слоёв платы.

8. Размеры плат

9. Размеры производимых плат

- [7] Максимальные размеры платы составляет 500 x 500мм, минимальный размер платы 10 x 10 мм.
- [8] Максимальная толщина платы составляет 3 мм, минимальная 0,6 мм (1-2 слоя).

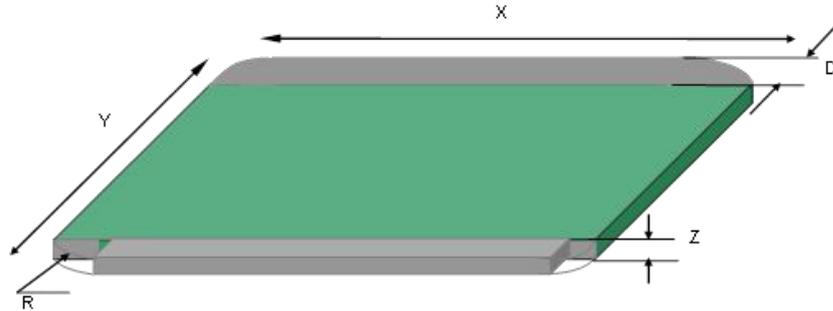


Рисунок 3: Размеры печатных плат.

- [9] Рекомендуемое отношение ширины к толщине печатной платы = $Y / Z \leq 150$.
- [10] Рекомендуемое соотношение длины к ширине платы = $X / Y \leq 2$.
- [11] Для платы толщиной менее 0,8 мм медная фольга должна быть равномерно распределена по поверхности для предотвращения изгиба платы. Если производится много небольших плат, рекомендуется использование фиксирующих приспособлений.
- [12] Если зазор от проводников до края обрабатываемой поверхности на главной стороне не отвечает требованиям к величине зазора, следует добавить края шириной более 5 мм вдоль направления движения обработки.

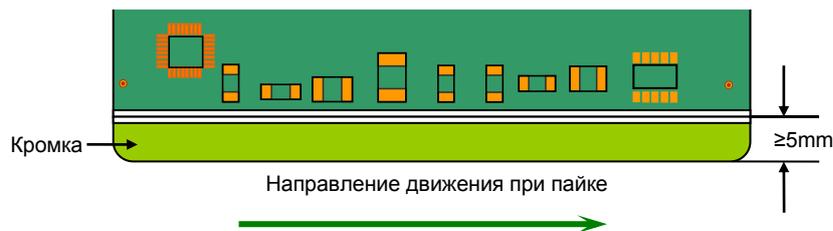


Рисунок 4: Минимальные размеры кромок.

- [13] Корпуса компонентов не должны выступать за край печатной платы, и должны удовлетворять следующим требованиям:
 - Расстояние от паяемых площадок (или корпусов компонентов) до кромки на первичной стороне должно быть больше чем 5 мм.
 - Для точек, не паяемых оплавлением в печи, если компонент выступает за края печатной платы, ширина зазора выглядит следующим образом:

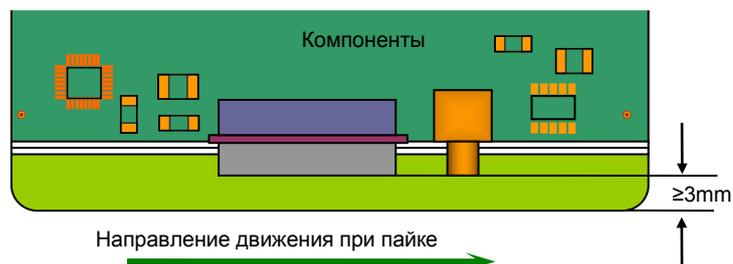


Рисунок 5: Требования к выступающим компонентам.

- Для площадок не паяемых оплавлением в печи, если деталь выступает за края печатной платы, компонент должен вписываться в полях с зазором 0,5 мм, как показано на рисунке 6.

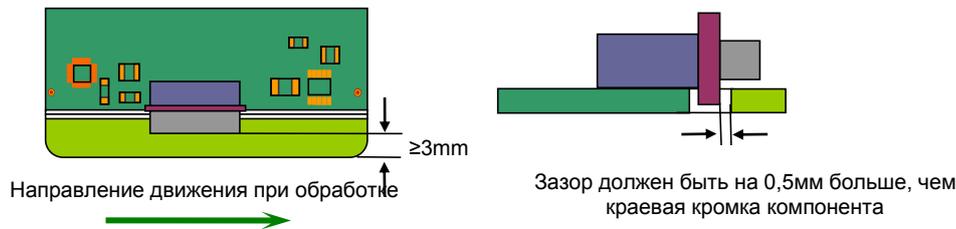


Рисунок 6: Требования к зазору выступающих компонентов.

10. Обработка поверхности площадок

11. Залуживание припоем с выравниванием горячим воздухом (HASL)

12. Технологические требования

[14] Печатная плата покрывается тонким слоем припоя и избыток удаляется с помощью горячего воздуха. Толщина полученного в результате лужения слоя, на открытых медных поверхностях должна быть в пределах от 1 до 25 мкм.

13. Области применения

[15] Используя HASL, трудно контролировать толщину покрытия и сохранить точную форму медных площадок. Не рекомендуется для печатных плат с компонентами, имеющими мелкий шаг между выводов, так как контактные площадки для них должны быть плоскими. Кроме того, тепловое воздействие в процесса HASL может привести к деформации печатной платы. Поэтому для очень тонких печатных плат с толщиной менее 0,7 мм не рекомендуется этот тип обработки поверхности.

14. Никелевое осаждаемое золото (ENIG)

15. Технологические требования

[16] Электролизное никелевое погружное золото (ENIG) - это поверхностная обработка, включающая сперва нанесение на медь никеля, а поверх слоя иммерсионного золота, чтобы предотвратить его окисление. Медные металлические поверхности, обработанные ENIG должны иметь толщину никелевого покрытия 2,5-5,0 мкм и толщина слоя золота (чистота 99,9%) 0,08-0,23 мкм.

16. Области применения

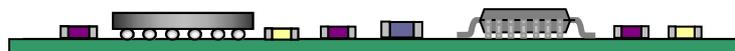
[17] Этот способ пригоден для печатных плат с мелкими компонентами для полученной очень плоской поверхности.

17. Органические консервирующие вещества для пайки (OSP)

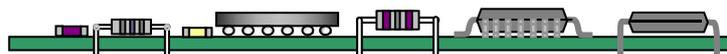
[18] Этот процесс покрывает открытые участки медных площадок тонким слоем органического соединения. В настоящее время рекомендуется только покрытие Enthone's Entek Plus Cu-106A, что создаёт плёнку толщиной 0,2-0,5 мкм. Из-за невероятно тонкой плёнки, данный вид покрытия рекомендуется для печатных плат с компонентами с мелким шагом между выводами.

18. Способы монтажа печатных плат

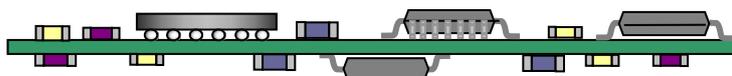
[19] Печатные платы могут быть разработаны с применением компонентов поверхностного монтажа (SMT), компонентов, устанавливаемые в отверстия или с компонентами обоих типов. Они могут находиться как на одной, так и на обеих сторонах печатной платы.



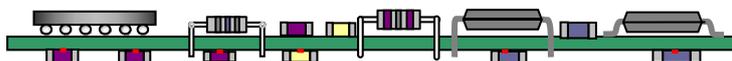
Односторонний SMT монтаж



Односторонний смешанный монтаж



Двухсторонний SMT монтаж



Двухсторонний смешанный монтаж с пайкой волной припоя

Рисунок 7: Типы монтажа печатных плат

19. Рекомендации по трассировке

20. Рекомендации по ширине, зазору и трассировке дорожек

- [20] Ширина и зазор между проводящими дорожками варьируются в зависимости от толщины меди и толщины диэлектрика, на котором они находятся. Минимальная ширина дорожек и расстояние между ними для внутренних и наружного слоёв различной толщины показаны в таблице 1.

Таблица 1: Минимальная ширина дорожек и зазоры между ними.

| Толщина меди (мкм) | Наружный слой трассировки, ширина и зазор между дорожками (мм) | Внутренний слой трассировки ширина и зазор между дорожками (мм) |
|--------------------|--|---|
| 18 | 0,1 | 0,15 |
| 35 | 0,15 | 0,15 |
| 54 | 0,2 | 0,15 |

- [21] Для внешних слоёв, расстояние между дорожкой и площадками должно удовлетворять требованиям, показанным на рисунке 8.

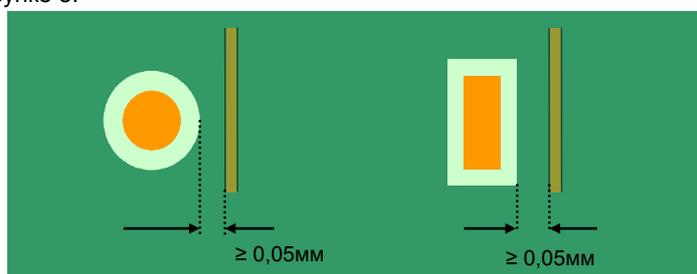


Рисунок 8: Рекомендуемый интервал между дорожкой и площадкой.

- [22] Расстояние между дорожками наружного слоя, внутренним слоем питания или шиной заземления до края платы должно быть больше, чем 0,5мм.
- [23] Не должно быть никаких дорожек, проходящих под металлическими частями компонентов (например, под радиатором). Периметр вокруг металлических частей компонентов должен быть 1,5мм.

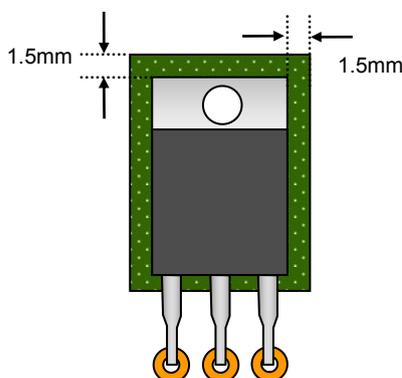


Рисунок 9: Периметр вокруг компонентов с металлическими корпусами.

- [24] Расстояния от дорожек до неметаллизированных сквозных отверстий описаны в таблице 2.

Таблица 2: Рекомендуемое расстояние между дорожкой и краем неметаллизированного отверстия.

| Диаметр отверстия | Расстояние от дорожки до края отверстия | |
|-------------------|---|---|
| | Монтажное отверстие | Обратитесь к требованиям к монтажному отверстию |
| менее 2мм | Не монтажное отверстие | 0,2мм |
| | Монтажное отверстие | Обратитесь к требованиям к монтажному отверстию |
| От 2 до 3мм | Не монтажное отверстие | 0,3мм |

| | | |
|-----------|------------------------|---|
| Более 3мм | Монтажное отверстие | Обратитесь к требованиям к монтажному отверстию |
| | Не монтажное отверстие | 0,4мм |

21. Соединение дорожки и площадки

[25] Следует избегать в асимметрии при трассировке соединений дорожек с площадками.

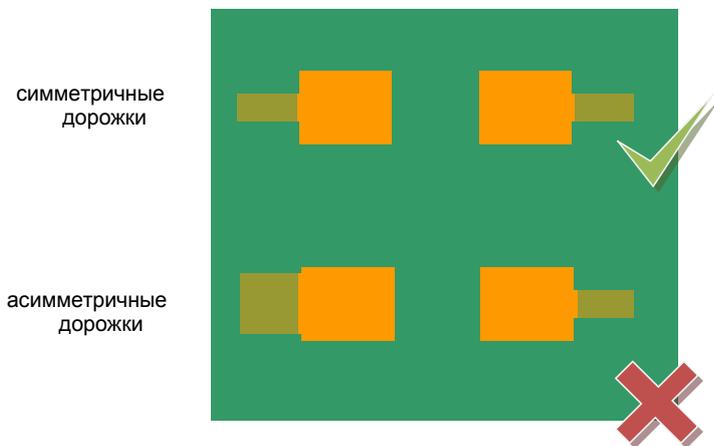


Рисунок 9: симметричные и асимметричные дорожки.

[26] Дорожки должны начинаться с центра площадки и не пересекать площадки.



Рисунок 10: Правильное подключение дорожки к площадке.

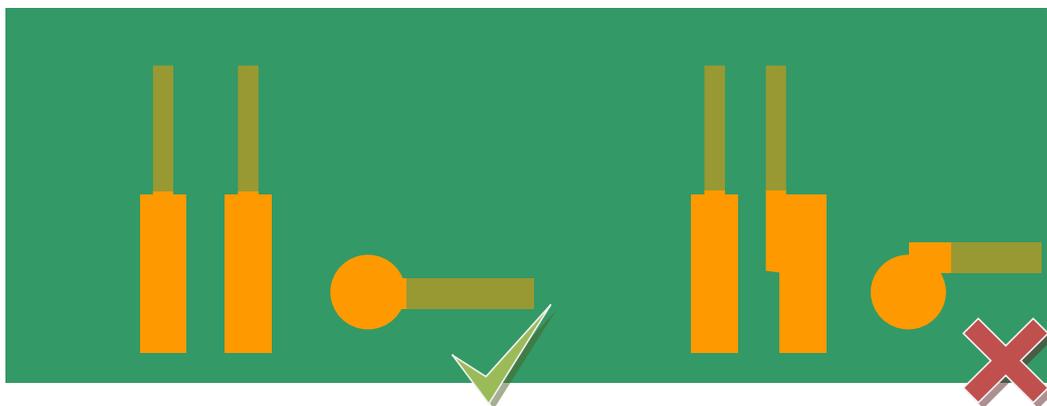


Рисунок 11: Плохая трассировка и выравнивание площадок.

- [27] Если ширина дорожки больше площадки, дорожки не должны перекрывать прокладку. Ширина дорожки должна быть уменьшена в точке контакта, как показано на рисунке 12. Если соседние выводы компонентов должны быть соединены, дорожки не должны соединяться непосредственно между площадками, они должны соединяться за пределами ряда выводов, как показано на рисунке 13.

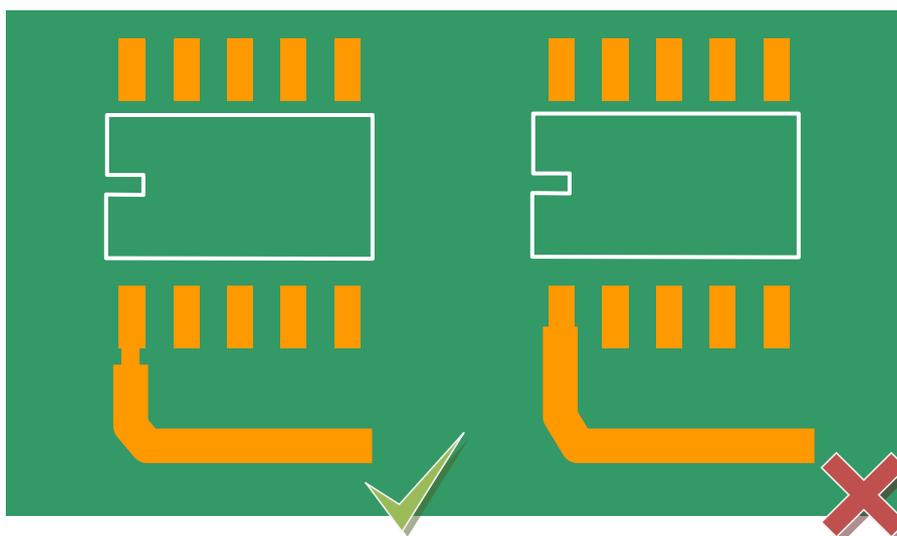


Рисунок 12: Подключение дорожек к площадкам, если дорожки шире площадок.

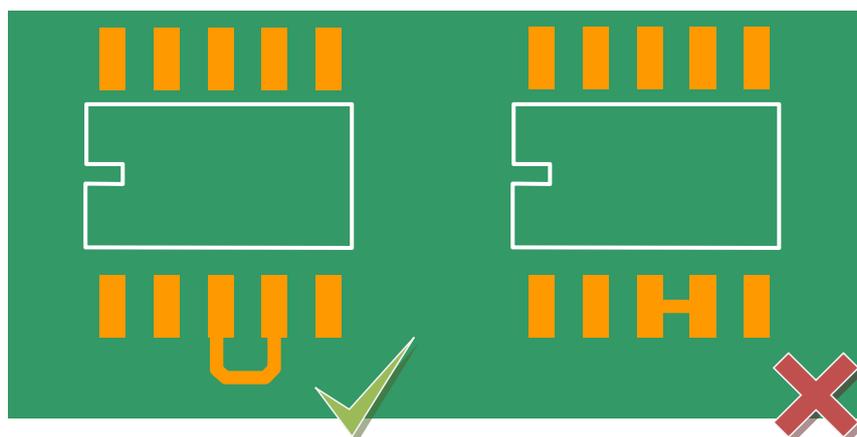


Рисунок 13: Подключение смежных выводов компонентов в ряду.

- [28] Изображённые ниже способы соединения рекомендуются для обеспечения надёжной связи между дорожкой и переходным отверстием.



Рисунок 14: Соединения дорожек с переходными отверстиями.

22. Требования к проектированию областей заливки

- [29] Если дорожки на одном слое неравномерно распределены, или распределение меди в различных слоях является асимметричным, рекомендуется делать заливки в виде сеток.

- [30] Если есть большие участки платы без дорожек, заливка может быть использована чтобы выровнять распределение меди по плате.
- [31] Рекомендуемый размер медной сетки составляет около 0,63 x 0,63мм.

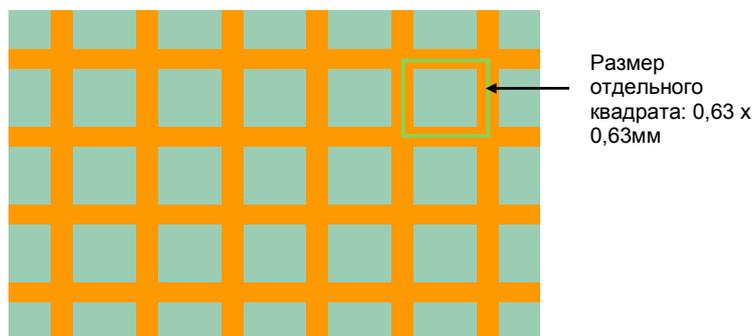


Рисунок 15: Способ заливки полигонов сеткой.

23. Паяльная маска

24. Паяльная маска для дорожек

[32] Как правило, паяльная маска покрывает медные дорожки, но иногда дорожки могут быть оставлены без покрытия с конкретными целями.

25. Паяльная маска на переходных отверстиях

26. Переходные отверстия

[33] Переходные отверстия должны быть покрыты паяльной маской с обеих сторон платы, отцентрированной вокруг отверстия, как показано на рисунке 16. Диаметр открытой части отверстия должно быть $D + 0,12\text{мм}$, где D - диаметр металлизированного отверстия.

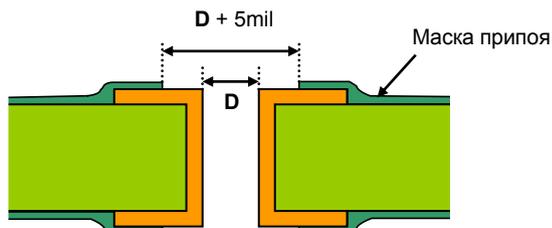


Рисунок 16: Маска припоя вокруг сквозного отверстия.

27. Выравнивание отверстий

[34] Для металлических отверстий под заклёпки, отверстия паяльной маски должны быть центрированы относительно заклёпочного отверстия с диаметром $+ 0,15\text{мм}$ от металлизированной площадки с обеих сторон.

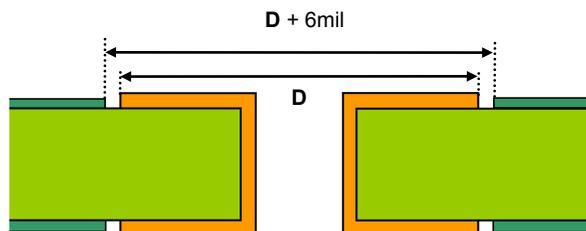


Рисунок 17: Паяльная маска вокруг металлизированных отверстий под заклёпки.

[35] Для не металлизированных отверстий под заклёпки, отверстие в паяльной маске должно быть больше, чем диаметр головки винта.

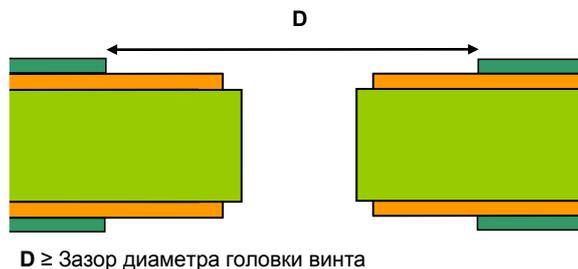


Рисунок 18: Паяльная маска вокруг неметаллизированных отверстий под заклёпки.

[36] Паяльная маска вокруг отверстия типа А для пайки волной должна быть изготовлена в соответствии с Рисунком 19.

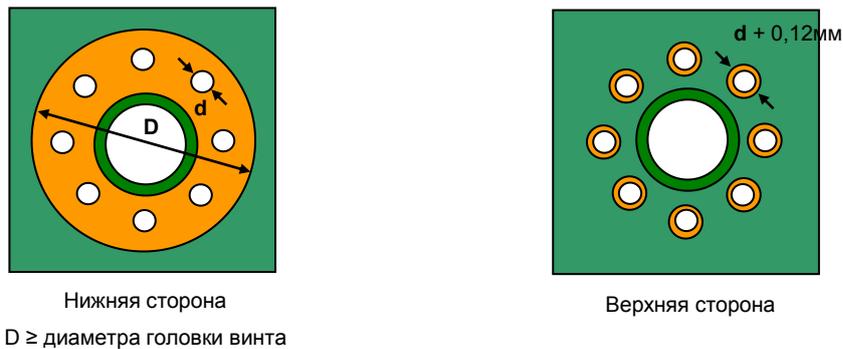


Рисунок 19: Тип А механического отверстия паяльной маски.

28. Позиционирование отверстия

- [37] Для неметаллизированных отверстий, отверстие паяльной маски на обеих сторонах платы должны быть $D + 0,25\text{мм}$, центрировано относительно отверстия, где D представляет собой диаметр отверстия. Как показано на рисунке 20.

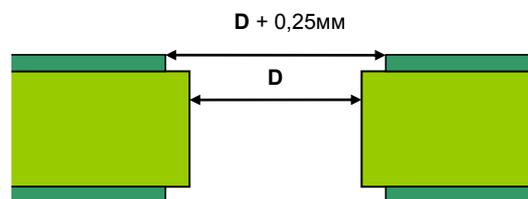


Рисунок 20: Паяльная маска отверстие для неметаллизированных механических отверстий.

29. Внутренние и закрытые переходные отверстия

- [38] Внутренние переходные отверстия не требуют паяльной маски по обе стороны платы.
- [39] Для печатных плат, требующих пайки волной, или если имеются BGA компоненты, с шагом меньше, чем 1,00 мм, отверстия между площадками BGA должны быть закрыты маской.
- [40] Если добавляются точки для тестирования под BGA, рекомендуется выводить испытательные площадки через переходные отверстия, как показано на рисунке 21. Диаметр испытательных контактов должен быть 0,8мм с диаметром открытия паяльной маски 1мм.

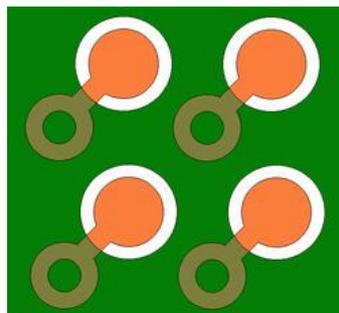


Рисунок 21: Тестовые площадки под BGA.

- [41] Если печатная плата не требует пайки волной, а шаг выводов BGA-компонентов больше, чем 1,00 мм, то нет никакой необходимости делать переходные межслойные отверстия. BGA-площадка может быть использована в качестве контрольной точки. Верхнее отверстие маски со стороны пайки должно быть на 0,12мм больше, чем диаметр отверстия. Тестовые площадки на обратной стороне должны быть изготовлены так же, как описано выше [40].

30. Разработка паяльной маски вокруг площадок

- [42] Дизайн паяльной маски для паяемых площадок должен соответствовать рисунку 22.



Рисунок 22: Открытие отверстий в паяльной маске для площадок

- [43] Так как при производстве печатных плат имеются ограничения по минимальным зазорам в отверстиях паяльной маски, зазор должен быть больше на 0,15 мм размера площадки (0,07мм с каждой стороны), с минимальной шириной мостика маски 0,07 мм. Переходное отверстие и площадка должны быть отделены паяльной маской для предотвращения формирования перемычек из припоя, вызывающих короткие замыкания между ними.

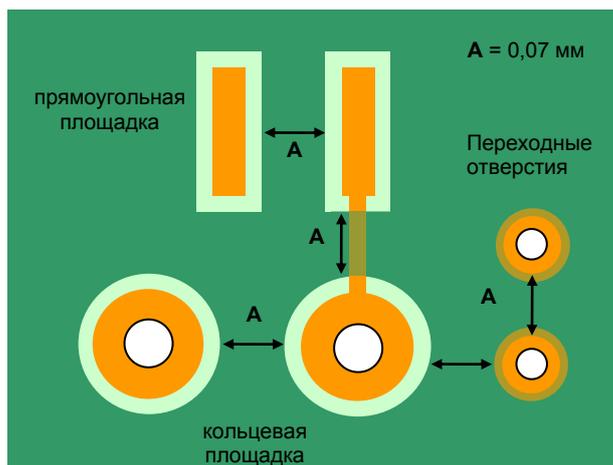


Рисунок 23: Ширина зазоров паяльной маски для различных участков платы.

- [44] Группы SMD-площадок с шагом менее 0,5 мм или с зазором меньше чем 0,25 мм между краями площадок не требуют паяльной маски и должны быть открыты. Смотрите рисунок 24.

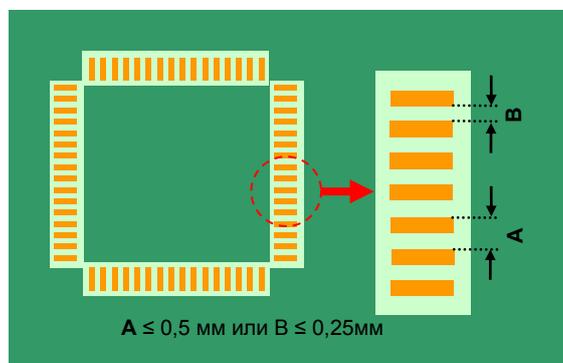


Рисунок 24: Паяльная маска площадок SMD-компонентов с мелким шагом выводов.

- [45] Рекомендуется открывать от маски участки платы, требующих установки радиаторов.

31. Паяльная маска на позолоченных краевых контактах

- [46] Площадки краевых позолоченных разъёмов должны быть полностью открыты от паяльной маски. Верхняя часть площадок (в месте соединения с дорожкой) должна открываться заподлицо с материалом паяльной маски, а нижняя граница паяльной маски должна выходить за пределы края платы, как показано на рисунке 25.

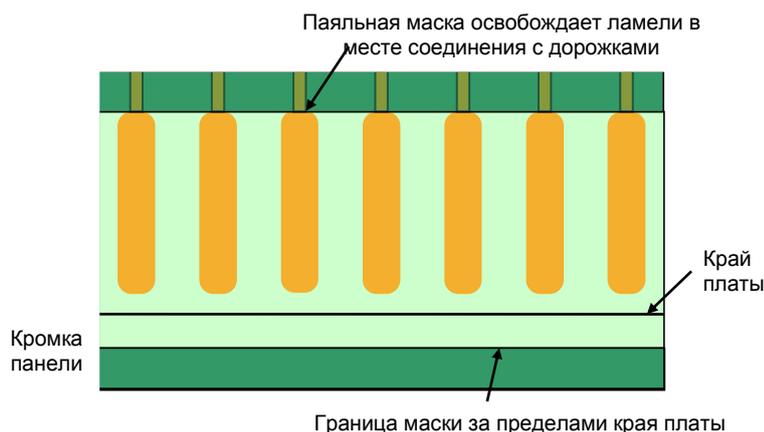


Рисунок 25: Паяльная маска вокруг краевого разъёма.

32. Шелкография

33. Рекомендации по разработке шелкографии

[47] Общие рекомендации

- Ширина линии шелкографии должна быть больше, чем 0,12мм. Инженеры должны убедиться, что высота символов шелкографии достаточна, чтобы их можно было прочесть невооружённым глазом (рекомендуется > 1,3мм).
- Рекомендуемое расстояние между символами является > 0,2мм.
- Изображения шелкографии не должны пересекаться с площадками или реперными метками. Минимальное расстояние между ними 0,15мм.
- Для разработки печатных плат высокой плотности, информация, изображаемая шелкографией, может быть определена в соответствии с конкретными требованиями. Любой текст шелкографии должен быть упорядочен слева направо, сверху вниз.

34. Содержание шелкографии

[48] Надписи шелкографией могут включать в себя название платы, версия, серийный номер, полярность и метку ориентации платы, штрих-код, нумерацию монтажных отверстий, установочные места компонентов, антистатических наклеек, радиаторов и т.д.

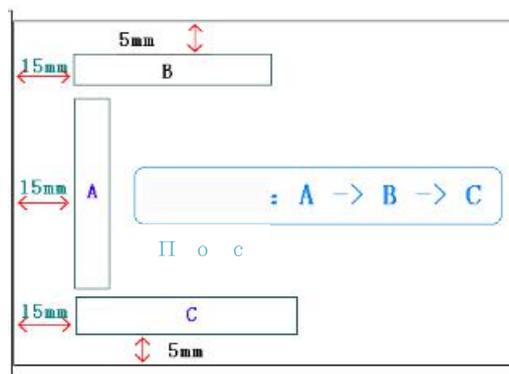
[49] Название платы и версии:

Название платы и версия должны быть размещены на верхней стороне печатной платы. Шрифт должен быть выбран таким образом, чтобы его можно было легко прочесть. Верхние и нижние стороны печатной платы могут быть помечены «Т» и «В» (или другим способом).

[50] Штрих-код (по желанию):

- Штрих-код должен быть ориентирован на печатной плате горизонтально или вертикально, не следует его располагать под углом к осям платы.
- Рекомендуемое положение штрих-кода на плате показано на рисунке ниже.

Рисунок 26: Рекомендуемое расположение штрих-кода.



[51] Элементы шелкографии:

- Метки компонентов, монтажные отверстия и отверстия позиционирования должны быть указаны на трафарете чётко и расположены в соответствующих местах.
- Символы полярности и направления не должны быть закрыты компонентами.
- Для компонентов, установленных горизонтально (например, электролитические конденсаторы лежа), шелкография должна включать в себя контур компонента в нужном месте.

- [52] **Направление обработки**
Для печатных плат, которым требуется подача в оборудование для обработки, например, пайки волной в определённой ориентации, направление движения должно быть указано на плате. Это также необходимо для печатных плат с ловушками припоя и каплевидными площадками.
- [53] **Радиатор:**
Для печатных плат блоков питания, которые требуют теплоотвода, если площадь проекции радиатора больше, чем устанавливаемая деталь, размер радиатора должен быть указан на шелкографии.
- [54] **Антистатические наклейки:**
Антистатическое покрытие должно быть расположено на верхней стороне печатной платы.

35. Дизайн отверстий

36. Металлизированные и неметаллизированные отверстия

37. Расстояние между отверстиями

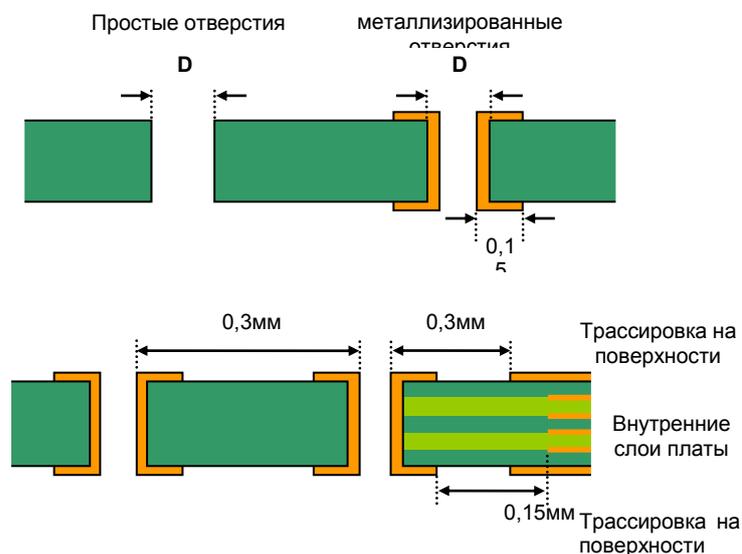


Рисунок 26: Зазоры вокруг отверстий.

- [55] D - минимальный внутренний диаметр готового отверстия в материале печатной платы. Кромки отверстия определяются изоляционным материалом печатной платы или стенкой металлизации. Смотрите рисунок 26. Минимальный диаметр готового просверленного отверстия 0,2 мм. Для металлизированных отверстий, фактический диаметр отверстия будет меньше.
- [56] Минимальное расстояние между краями двумя отверстиями должно быть больше, чем 0,3мм, будь то отверстия с металлизацией или нет. Для металлизированных отверстий, измерение расстояния не включает осаждённый материал, это особенно важно, чтобы предотвратить миграцию ионов (утечку гальванического материала внутри слоёв).
- [57] Для металлизированных отверстий, покрытая медью стенка должна быть по крайней мере на расстоянии 0,3мм от кромок дорожек.
- [58] Для плат с внутренними слоями, внутренние дорожки должны быть удалены на 0,15мм от края металлизации. Это также снижает риск миграции ионов.

38. Зазоры вокруг переходных отверстий

- [59] На площадках не должно быть переходных отверстий.
- [60] Переходные отверстия должны находиться на расстоянии более 1,5 мм от металлических частей каких-либо компонентов.

39. Механическая конструкция отверстий

40. Типы отверстий

Таблица 3: Рекомендуемые конструкции отверстий в соответствии с функцией

| Процесс пайки | Металлическое крепление | Неметаллическое крепление | Металлическая заклёпка | Неметаллическая заклёпка | Центровочные (реперные) |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| пайка волной | Тип А | Тип С | Тип В | Тип С | |
| пайка др. способом | Тип В | | | | |

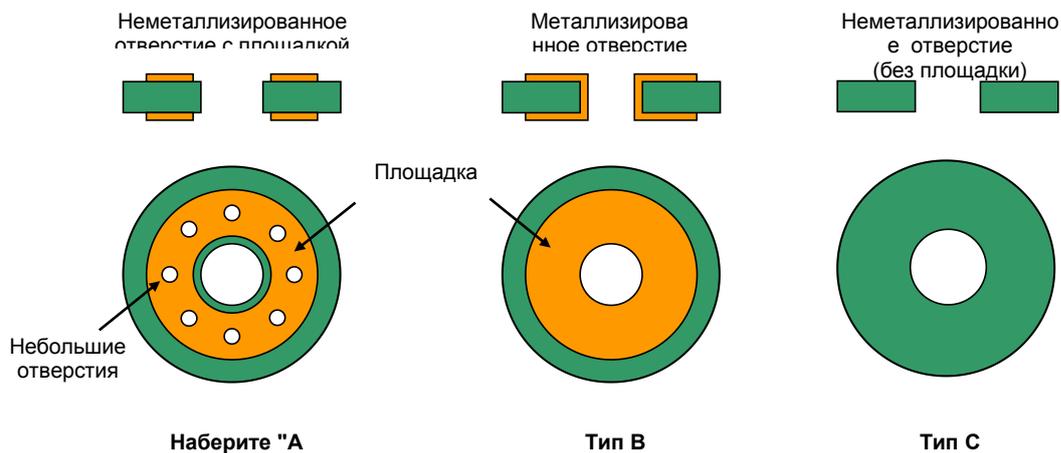


Рисунок 26: Механическая конструкция отверстий.

41. Требования к размерам отверстий

Таблица 4: Рекомендуемые размеры отверстий в соответствии с назначением.

| Назначение | Диаметр крепежа (мм) | Диаметр ободка (мм) |
|--|----------------------|---|
| Отверстия для винтов | 2 | 7,1 |
| | 2,5 | 7,6 |
| | 3 | 8,6 |
| | 4 | 10,6 |
| | 5 | 12 |
| Отверстия для заклёпок | 4 | 7,6 |
| | 2,8 | 6 |
| | 2,5 | 6 |
| Реперные / Инструментальные отверстия и т.д. | ≥ 2 | Монтажные металлические компоненты: максимальный диаметр + А* |

* Где «А» минимальное расстояние между отверстием и дорожкой во внутреннем слое.

42. Дизайн координатных меток

43. классификация

[61] Координатные метки делятся на три категории в зависимости от их положения и роли: панельные, локальные и метки рисунка дорожек.

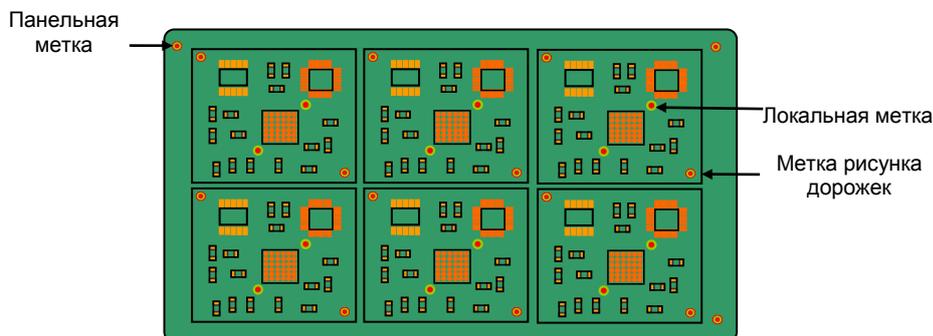


Рисунок 27: Классификация координатных меток.

44. Структура координатных меток

45. Панельные метки и координатные метки рисунка дорожек

[62] Размер/форма: сплошной круг диаметром 1,0 мм. Отверстие в паяльной маске: 2,0 мм диаметром и отцентрировано с меткой. Медное восьмиугольное кольцо 3,0 мм диаметром, отцентрировано с меткой и отверстием в паяльной маске.

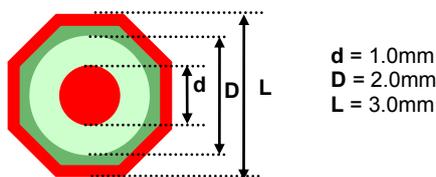


Рисунок 28: Структура панельной координатной метки.

46. Местные координатные метки

[63] Размер/форма: сплошной круг диаметром 1,0 мм. Отверстие в паяльной маске: 2,0 мм диаметром и отцентрировано с меткой. Медное кольцо не требуется.

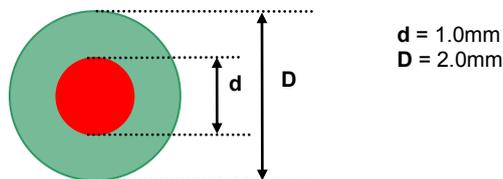


Рисунок 29: Структура местных координатных меток.

47. Положение координатных меток

[64] Печатные платы, требующие автоматизированной сборки из SMT-компонентов должны иметь координатные метки на нужных слоях. Печатные платы, которые требуют только ручной пайки не требуют координатных меток.

Для односторонних плат, координатные знаки требуются только на той стороне, где должны быть припаяны SMD-компоненты.

Для двухсторонних плат, обе стороны должны иметь координатные метки. Положение координатных меток должно быть согласовано.

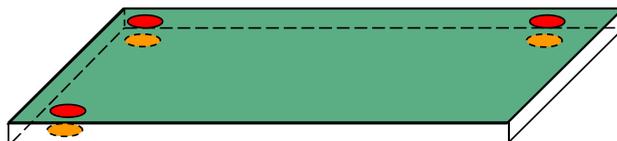


Рисунок 29: Обе стороны двухсторонней печатной платы обычно должны быть совмещены друг с другом.

48. Панельные координатные метки

[65] Панельные координатные метки и метки рисунка дорожек должны быть расположены на краях панели и на отдельных суб-платах соответственно. Должно быть три координатных метки на панели и три местных реперных метки на суб-плате, расположенные в форме буквы «L», настолько далеко друг от друга, насколько это возможно, как показано на рисунке 30:

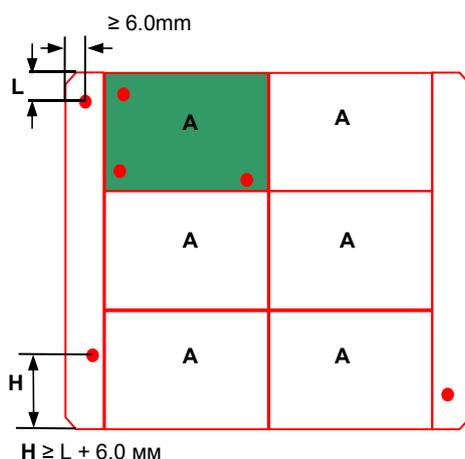


Рисунок 30: Требования к позиционированию на полях панели и отдельных платах.

49. Изображение координатных меток

[66] На дополнительной плате должны находиться три отметки в форме буквы «L», расположенные как можно дальше друг от друга. Расстояние от метки начала координат и до кромки вспомогательной платы должно быть больше, чем 6.00mm. Если это не возможно для четырёх сторон платы, то это требование должно быть выполнено, по крайней мере, для первичной стороны.

50. Местные координатные метки

[67] Для установки компонентов с зазором между площадками $\leq 0,4$ мм и компонентов с шагом выводов $\leq 0,8$ мм, требуются локальные координатные метки. Требуется две координатные метки на компонент, расположенные симметрично по обе стороны от центра компонента.

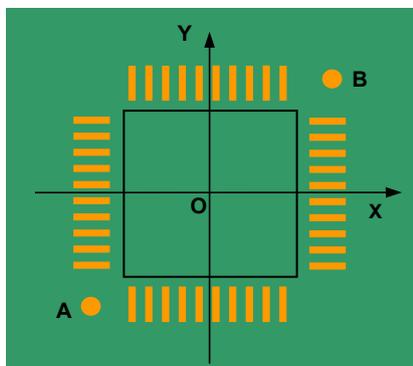


Рисунок 31: Метки должны быть симметричны относительно центра компонента.

51. Панелизация и проектирование межплатных мостиков

52. Разделение плат V-CUT

[68] Разделение V-образной фрезой можно использовать на панелях печатных плат для отделения отдельных плат. Линии реза должны пересекать панели по всей длине параллельно плоской кромке и не пересекаться с другими компонентами, размещёнными в панели.

[69] Для панелей, разделяемых V-образной фрезой, толщина платы может достигать 3.0mm.

[70] Для панелей печатных плат, требующих автоматизированного распила, зазор в 1,0 мм требуется оставить по обе стороны от линии разреза (на обеих сторонах платы) для защиты компонентов от повреждений.

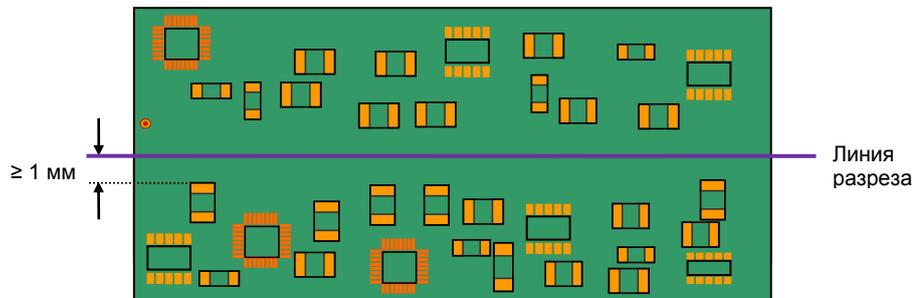


Рисунок 32: Зазор для печатных плат, предназначенных для автоматизированного разделения

Необходимо учитывать форму V-образной фрезы. Как показано на рисунке 33, компоненты с высотой более 25 мм не должны располагаться в пределах 5 мм от линии разреза.

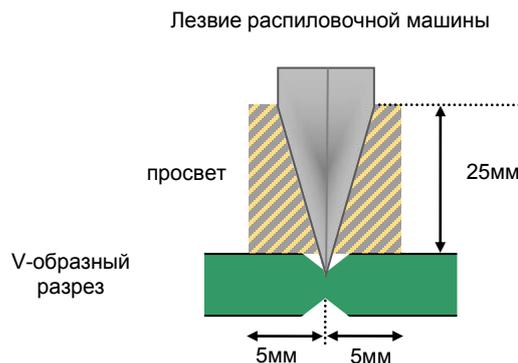


Рисунок 33: Требования к размещению компонентов при разделении плат V-образной фрезой.

Когда применяется разделение v-cut, должны быть выполнены следующие условия для того, чтобы защитить компоненты в процессе разделения, и гарантировать, что платы будут безопасно разделены.

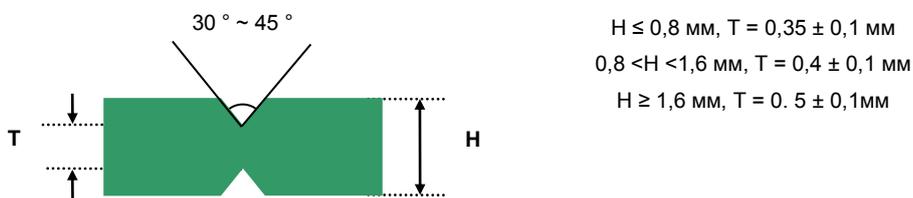


Рисунок 34: Размеры V-образного реза.

Безопасное расстояние «S», как показано на рисунке 35, должно поддерживаться в пределах линии реза чтобы избежать повреждения дорожек. $S \geq 0,3 \text{ мм}$, как правило, является достаточным.

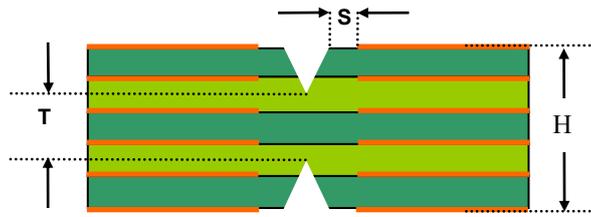


Рисунок 35: Безопасное расстояние (S) между пазами и медными дорожками.

53. Дизайн разделительных отверстий

- [71] Рекомендуемая ширина фрезерования канавок между платами панели составляет 2 мм. Фрезерование пазов часто используются в ситуациях, когда определённое расстояние должно поддерживаться между отдельными платами на панели. Оно используется вместе с V-образным резом и разделением плат сверловкой.
- [72] Расстояние между центрами соседних отверстий должно быть 1,5мм. Рекомендуемое расстояние между двумя канавками реза 6 мм, как показано на рисунке 36.

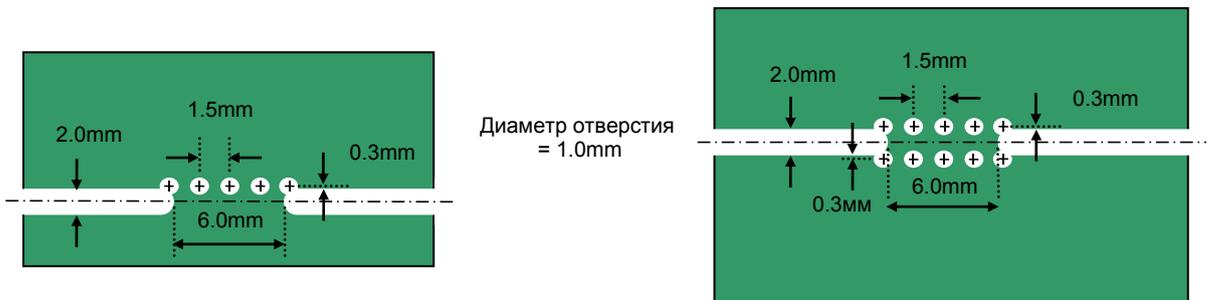


Рисунок 36: Параметры разделительных отверстий.

54. Панелизация плат

- [73] Для печатных плат меньше, чем 80 мм x 80 мм, рекомендуется объединение в панели.
- [74] Инженер должен учитывать коэффициент использования материала печатной платы. Это является ключевым фактором, влияющим на стоимость готовой платы.
Примечание: Для некоторых неправильных форм (например, L-образная форма), применяя соответствующий режим панелизации, можно существенно улучшить коэффициент использования материала и снизить затраты, как показано на рисунке 37.

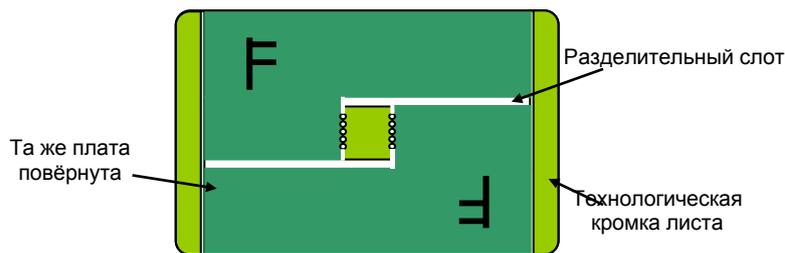


Рисунок 37: размещение плат на одной панели.

- [75] Если печатные платы панели должны совмещать пайку в печи и пайку волной, а размер суб-платы меньше, чем 60,0 мм, то не более чем две строки из суб-плат могут быть уложены в одной панели.

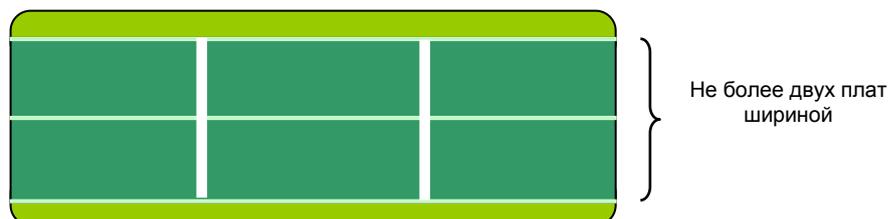


Рисунок 38: Схема панелизации по ширине.

[76] Если число небольших плат, размещённых вдоль длинной стороны, более чем 3, то ширина плат должна быть не более 150,0 мм. В противном случае необходимо добавить вспомогательные поддерживающие поля на длинных сторонах панели, чтобы предотвратить деформацию панели в процессе обработки.

[77] Критерии панелизации однотипных плат

- Обычная плата формы
Дополнительные зазоры не требуются для плат с разделением V-образным резом, удовлетворяющим требованиям указанные в [12.1].

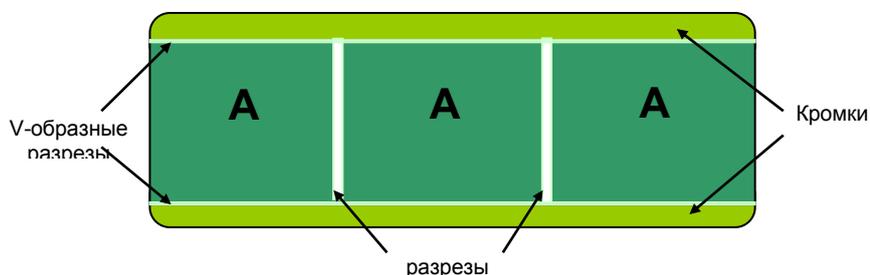


Рисунок 39: Пример компоновки повторяющихся плат при панелизации.

- Платы сложной формы
Сочетание V-образного реза и фрезерованных канавок может быть использовано для разделения плат неправильной формы или плат, где компоненты выступают за край.

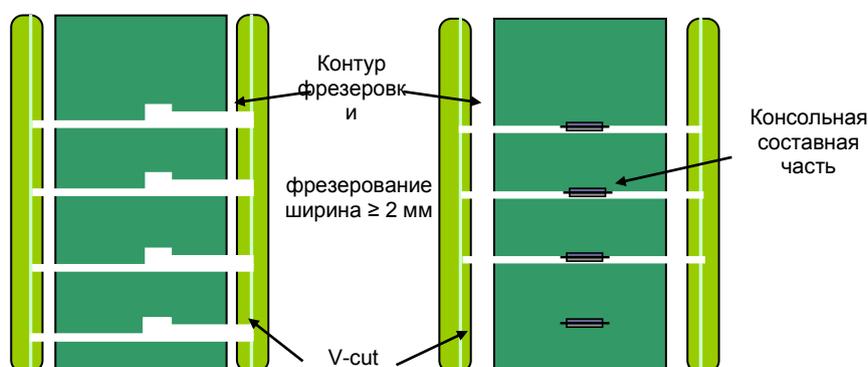


Рисунок 40: Панелизация плат неправильной формы.

[78] Панелизация вокруг центра

- Панелизация вокруг центра может быть применена к платам неправильной формы. Платы располагаются вокруг центра с поворотом.
- Если две платы не совмещаются полностью, фрезерованием удаляются излишки материала и разделяются отдельные платы.
- Для плат с большим количеством избыточного материала, панель может быть выполнена таким образом, что неиспользуемые части могут быть разделены при помощи фрезеровки и разделительных отверстий. Смотрите рисунок 41.

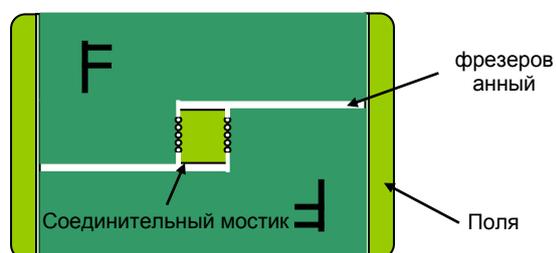


Рисунок 41: Две платы сложной формы, скреплённые комбинированным способом.

- Печатные платы с позолоченными краевыми разъёмами должны быть расположены таким образом, что разъёмы располагались на краях, как показано на рисунке 42. Это необходимо для процесса нанесения гальванического золота.

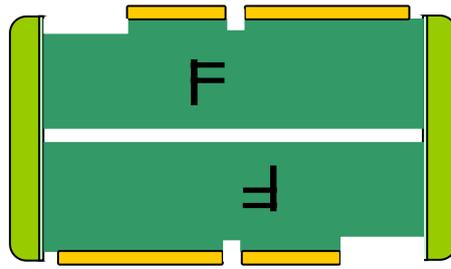


Рисунок 42: Рекомендуемая схема компоновки печатных плат с позолоченными разъёмами.

55. Методы панелизации печатных плат неправильной формы

[79] Основные правила

- Если собранная плата не имеет свободных полей 5 мм вдоль края, технологические поля должны быть добавлены по её периметру.
- Если печатная плата имеет неправильную форму, например, отсутствует угол или вырезан сегмент из грани, необходимо заложить технологические вставки, чтобы сделать контур платы более правильной формы, чтобы облегчить сборку.

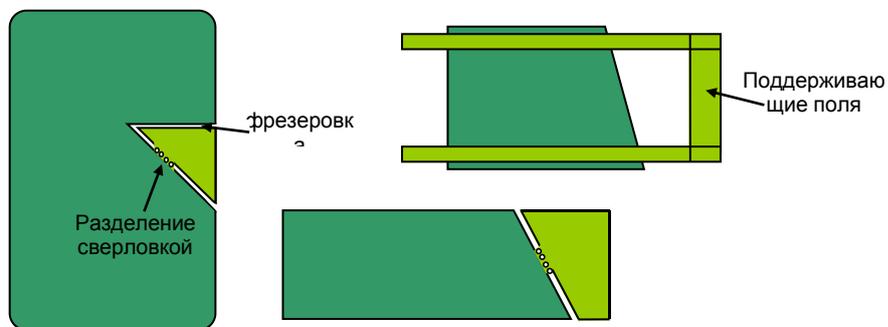


Рисунок 43: Выравнивание платы неправильной формы посредством добавления полей.

[80] В платах, с применением SMT-монтажа и пайкой волной припоя возможно заполнение островками размером до 35 x 35 мм. Для островков более 50 мм, следует использовать разделение сверловкой с двумя рядами отверстий. В крайнем случае, возможно разделение одним рядом отверстий.

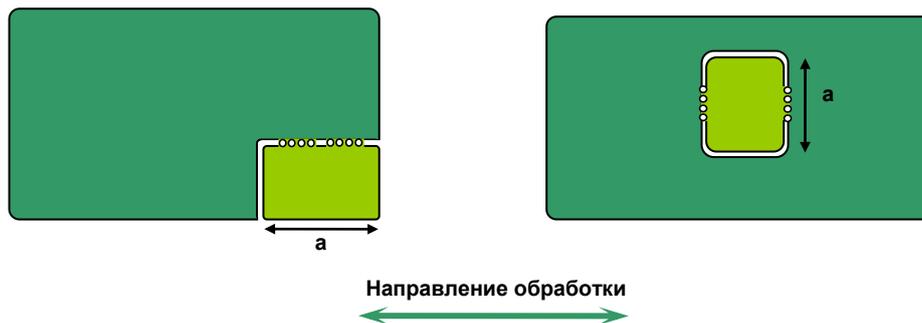


Рисунок 44: Размещение отверстий для островков, более 50 мм в длину, где «а» длина широкой части.

56. Требования по расположению радиокомпонентов

57. Общие требования к размещению деталей на плате

- [81] Детали, монтируемые в отверстия на плате с требованиями соблюдения полярности или направлений, должны быть максимально аккуратно выравнены на площади всей платы. Для SMD-компонентов, например для танталовых конденсаторов, если они не могут быть размещены в одинаковой ориентации, необходимо выравнять направления их расположения по осям X или Y.
- [82] Если компонент должен быть приклеен, убедитесь, что вокруг компонента имеется, по меньшей мере, 3 мм свободного пространства.
- [83] Для печатных плат, на которых устанавливаются радиаторы, расположение и ориентация радиатора должны быть согласованы. Вокруг должно быть достаточно места для того, чтобы радиатор не касался других компонентов. Убедитесь, что имеется минимальное расстояние 0,5мм:
1. Термочувствительные компоненты (такие, как конденсаторы, полупроводниковые резисторы т.д.) должны быть расположены вдали от компонентов, которые нагреваются.
 2. Термочувствительные компоненты должны быть размещены возле вентиляционных отверстий. Высокие компоненты на плате должны размещаться за более низкими компонентами, чтобы облегчить движение потока воздуха.

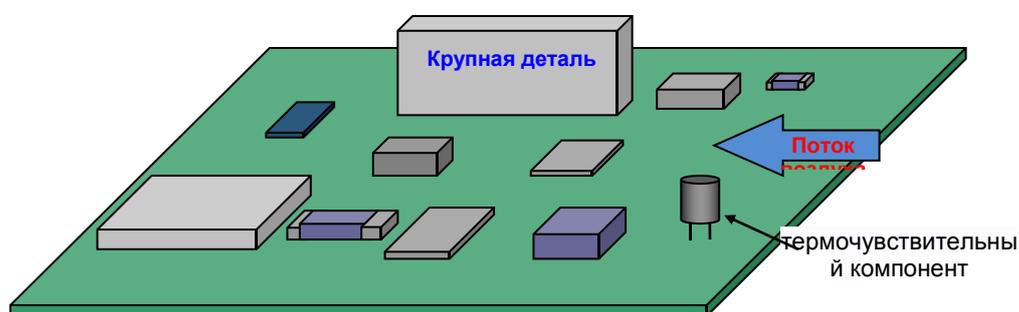


Рисунок 45: Размещение термочувствительных компонентов на плате.

- [84] Расстояние между компонентами должно обеспечивать необходимое пространство для нормальной эксплуатации, например, для гнезда карты памяти.

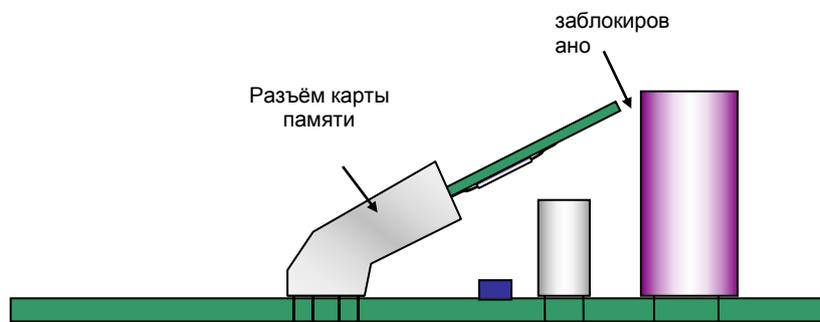


Рисунок 46: Заблокированный разъем.

- [85] Радиокомпоненты с металлическими частями не должны касаться друг друга. Минимальное расстояние 1,0 мм должно поддерживаться между компонентами.

58. Пайка оплавлением

59. Общие требования к SMD компонентам

- [86] Рекомендуется располагать малогабаритные компоненты на одной стороне платы, а крупные детали (такие, как трансформаторы) на другой стороне.
- [87] Компоненты, имеющие полярность, надо выравнять таким образом, что все положительные выводы были направлены в одну сторону, а отрицательные в другую, где это возможно. Не следует размещать высокие и низкие компоненты рядом - это затруднит контроль. Угол обзора не менее 45 градусов должен быть обеспечен на всей площади платы для облегчения контроля паяного соединения.

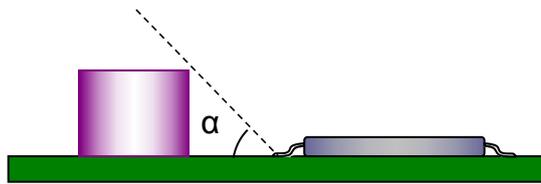


Рисунок 47: Угол обзора для контроля пайки.

- [88] Компоненты с большой площадью поверхности, такие как CSP, BGA и т.д., должны иметь вокруг открытые пространства минимум 2 мм, но лучше 5 мм.
- [89] Если на одной стороне платы располагаются массивы выводов компонентов (например, BGA), на другой стороне платы следует обеспечить свободные от компонентов области с дополнительными полями 8 мм, как изображено на рисунке 46.

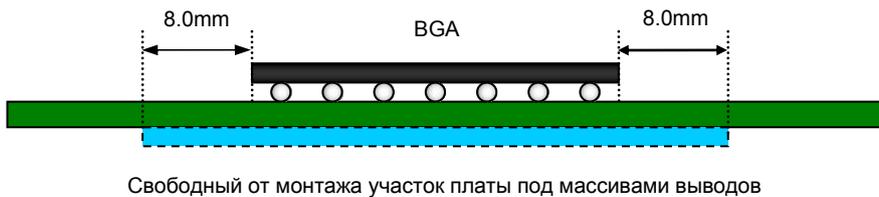
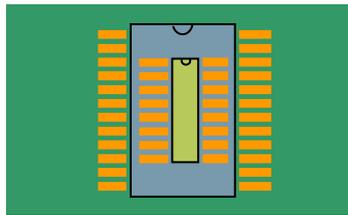


Рисунок 48: Требования компоновки устройств для поверхностного массива.

60. Требования по размещению SMD компонентов

- [90] Все компоненты SMD должны иметь высоту менее 50 мм, по меньшей мере с одной стороны.
- [91] Не рекомендуется перекрытие двух компонентов поверхностного монтажа, как показано на рисунке 49.



Не рекомендуется

Рисунок 49: Несовместимое расположение двух компонентов.

- [92] В том случае, если на одну площадку монтируются два компонента SMD, размещение должно быть такими же, как изображено на рисунке 50.

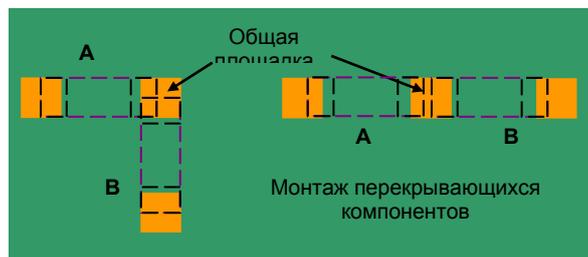
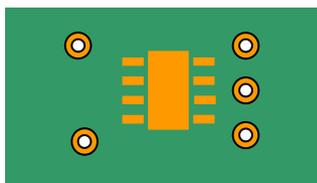


Рисунок 50: Совместное использование площадки для компонентов поверхностного монтажа.

- [93] Выводные детали и SMD-компоненты разрешается размещать с перекрытием, если наличие SMD-детали и паяльной пасты не оказывает никакого влияния на пайки выводных компонентов, как на рисунке 51.



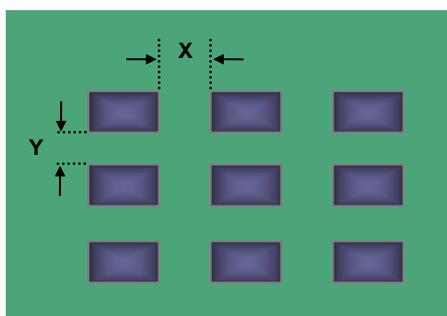
Выводные компоненты могут перекрывать компоненты SMD

Рисунок 51: Приемлемое размещение выводных и SMD компонентов.

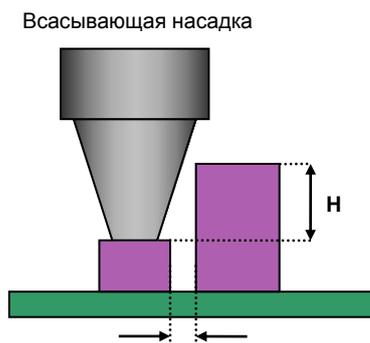
[94] Расстояние между SMD-компонентами:

Между одинаковыми компонентами: $\geq 0,3$ мм

Между различными компонентами: $\geq 0,13 \times H + 0,3$ мм (где H - максимальная разница высоты с соседними деталями)



Одинаковые компоненты



Различные компоненты

Рисунок 52: Расстояние между компонентам.

[95] Для печатных плат, паяемых в печи, расстояние между SMT-компонентами определяется в соответствии с таблицей 5.

Выбирается наибольшее из значений: либо площадки, либо корпуса детали. Значения в скобках указывают минимальное допустимое расстояние.

Таблица 5: Рекомендации по расстоянию между компонентами.

| (Единицы в мм) | 0402 ~ 0805 | 1206 ~ 1810 | STC3528 ~ 7343 | COT / СОП | SOJ / PLCC | QFP | BGA |
|----------------|-------------|-------------|----------------|-----------|------------|------|-------------|
| 0402 ~ 0805 | 0,40 | 0,55 | 0,70 | 0,65 | 0,70 | 0,45 | 5,00 (3,00) |
| 1206 ~ 1810 | | 0,45 | 0,65 | 0,50 | 0,60 | 0,45 | 5,00 (3,00) |
| STC3528 ~ 7343 | | | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,45 | 5,00 (3,00) |
| COT / СОП | | | | 0,45 | 0,50 | 0,45 | 5,00 |
| SOJ / PLCC | | | | | 0,30 | 0,45 | 5,00 |
| QFP | | | | | | 0,30 | 5,00 |
| BGA | | | | | | | 8,00 |

[96] Расстояние между компонентами с мелким шагом и краями платы должно быть более 10 мм, чтобы не

ухудшать качества монтажа. Идеально, если расстояние между рамкой штрих-кода и SMD-компонентами будет соответствовать требованиям, приведенным в таблице 6.

Таблица 6: Рекомендуемые зазоры между изображением штрих-кода и компонентами на плате

| Тип компонента | Шаг выводов 1,27мм (например, SOP, QFP) и компоненты с массивами выводов | SMD-компоненты 0603 и более крупные |
|---------------------------|--|-------------------------------------|
| Минимальное расстояние, D | 10мм | 5мм |

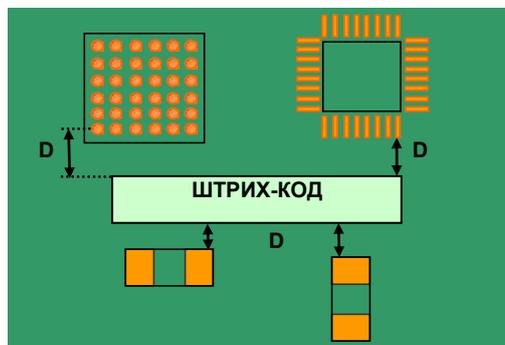


Рисунок 53: Требования размещению штрих-кодов и компонентов

61. Требования по размещению выводных компонентов на платах для пайки оплавлением

[97] Для печатной платы с несущей стороной более 300 мм более тяжёлые выводные компоненты не должны располагаться посередине печатной платы. Это уменьшит деформацию платы при пайке, вызванную весом компонентов.

[98] При необходимости монтажа деталей в контактных панельках, их можно размещать где удобно.

[99] Расстояние между выводными компонентами должно быть > 10 мм.

[100] Расстояние между выводными компонентами и краями платы должно быть ≥ 10 мм, а кромка платы должна быть ≥ 5 мм.

62. Пайка волной припоя

63. Требования к SMD-компонентам печатных плат, паяемых волной припоя

[101] Пайка волной подходит для следующих SMD-компонентов:

- Резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, имеющие размер 0603 и более и допустимую погрешность позиционирования менее 0.15мм.
- Компоненты в SOP исполнении с шагом выводов $\geq 1,27$ мм и точностью позиционирования $\leq 0,15$ мм.
- SOT-компоненты с шагом $\geq 1,27$ мм и открытыми выводами.

Примечание: Выводы SMD-компонентов, подвергающиеся пайки волной должны быть меньше или равны 2 мм. Высота компонентов должна быть менее 4 мм.

[102] Длинная ось SOP-компонентов должна быть перпендикулярна к направлению движения волны припоя в процессе пайки. В конце рядов выводов SOP-компонентов необходимо предусмотреть дополнительные площадки, выступающие в качестве «ловушек припоя» см рис 54.

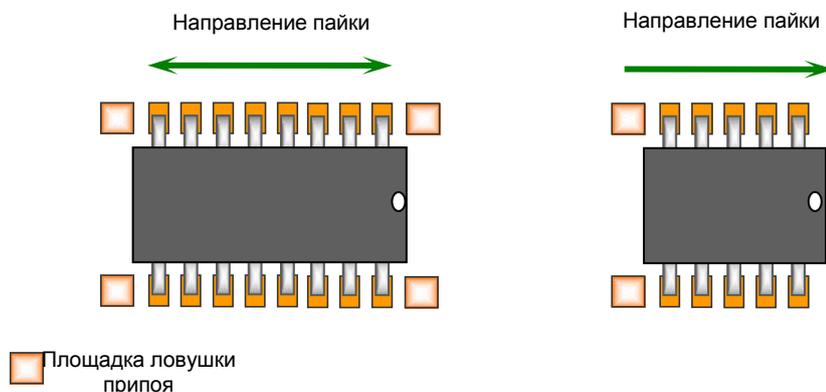


Рисунок 54: Размещение площадок ловушек припоя для SOP-компонентов при пайке волной.

[103] Ориентация SOT-23 компонентов должна быть такой, чтобы выводы располагались параллельно направлению движения волны.

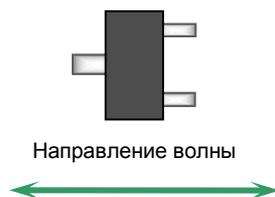


Рисунок 55: Ориентация SOT-23 компонентов для пайки волной.

[104] Общий принцип размещения компонентов: чтобы уменьшить проблемы, вызванные теньным эффектом при пайкой волной, необходимо поддерживать определённые расстояния между компонентами и отдельными площадками.

- Зазоры для однотипных компонентов приведены в таблице 7:

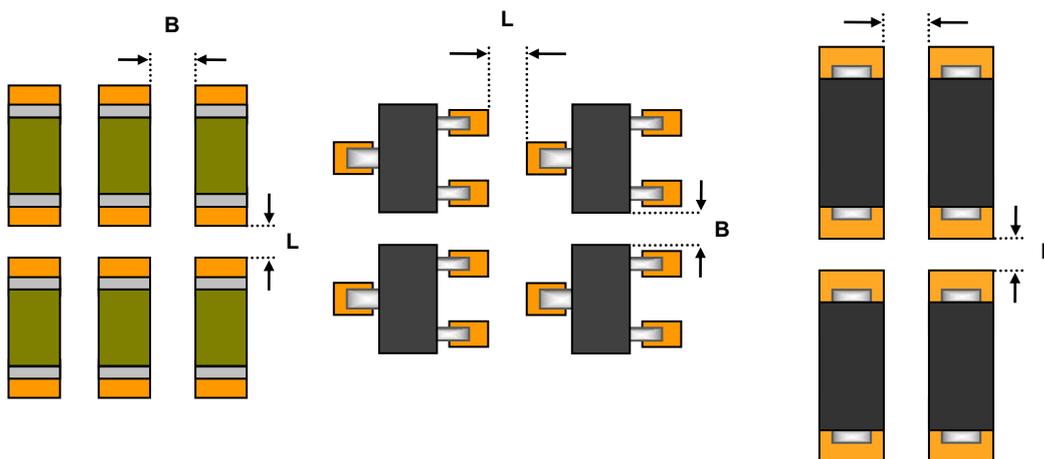


Рисунок 56: Схема размещения однотипных компонентов.

Таблица 7: Расстояния между однотипными компонентами.

| Типоразмер | Расстояние между площадками L (мм / мил) | | Интервал между компонентами B (мм / мил) | |
|-------------------------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | Минимальное расстояние | Рекомендуемые зазоры | Минимальное расстояние | Рекомендуемые зазоры |
| 0603 | 0.76 / 30 | 1.27 / 50 | 0.76 / 30 | 1.27 / 50 |
| 0805 | 0.89 / 35 | 1.27 / 50 | 0.89 / 35 | 1.27 / 50 |
| ≥ 1206 | 1.02 / 40 | 1.27 / 50 | 1.02 / 40 | 1.27 / 50 |
| SOT | 1.02 / 40 | 1.27 / 50 | 1.02 / 40 | 1.27 / 50 |
| Танталовые конденсаторы 3216 и 3528 | 1.02 / 40 | 1.27 / 50 | 1.02 / 40 | 1.27 / 50 |
| Танталовые конденсаторы 6032 и 7343 | 1.27 / 50 | 1.52 / 60 | 2.03 / 80 | 2.54 / 100 |
| SOP | 1.27 / 50 | 1.52 / 60 | --- | --- |

- Для компонентов различных типов расстояние должно быть $\geq 1,0$ мм. Требования к расстоянию показаны на рисунке 57 и в таблице 8.

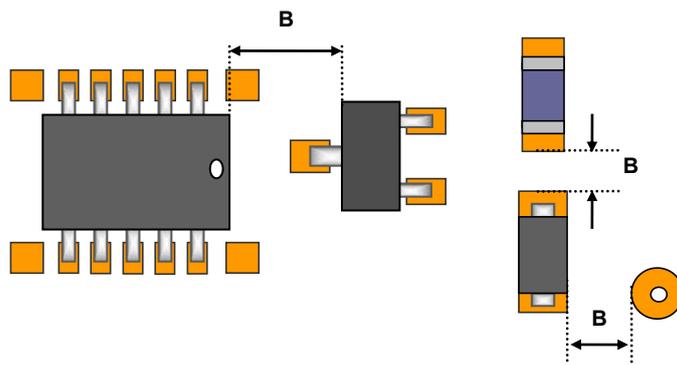


Рисунок 57: Схема размещения на плате компонентов различных типов.

Таблица 8: Расстояния на печатной плате между компонентами различных типов.

| типоразмер (мм / мил) | 0603 - 1810 | SOT | SOP | выводные | отверстия | Контрольные точки | Ловушки припоя |
|--------------------------|----------------|----------|----------|------------|-----------|----------------------|-------------------|
| 0603 - 1810 | 1.27 / 50 | 1.52/60 | 2.54/100 | 1.27 / 50 | 0,6 / 24 | 0,6 / 24 | 2.54/100 |
| SOT | 1.27 / 50 | | 2.54/100 | 1.27 / 50 | 0,6 / 24 | 0,6 / 24 | 2.54/100 |
| SOP | 2.54 / 100 | 2.54/100 | | 1.27 / 50 | 0,6 / 24 | 0,6 / 24 | 2.54/100 |
| выводные | 1.27 / 50 | 1.27/50 | 1.27/50 | | 0,6 / 24 | 0,6 / 24 | 2.54/100 |
| отверстия | 0,6 / 24 | 0,6/24 | 0,6/24 | 0,6 / 24 | 0.3 / 12 | 0.3 / 12 | 0,6 / 24 |
| Контрольн ые точки | 0,6 / 24 | 0,6/24 | 0,6/24 | 0,6 / 24 | 0.3 / 12 | 0,6 / 24 | 0,6 / 24 |
| Ловушки припоя | 2.54 / 100 | 2.54/100 | 2.54/100 | 2.54 / 100 | 0,6 / 24 | 0,6 / 24 | 0,6 / 24 |

64. Общие требования по размещению выводных компонентов

[105] В дополнении к специальным требованиям, относящимся к компоновке платы, выводные компоненты должны размещаться на верхней стороне.

[106] Расстояние между соседними компонентами, показано на рисунке 58.

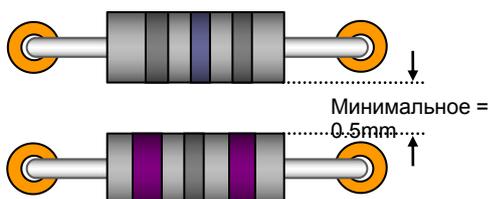


Рисунок 58: Расстояние между выводными компонентами.

[107] Для облегчения ручной пайки и технического обслуживаниe/ремонта плат, необходимо выполнить требования, показанные на рисунке 59.

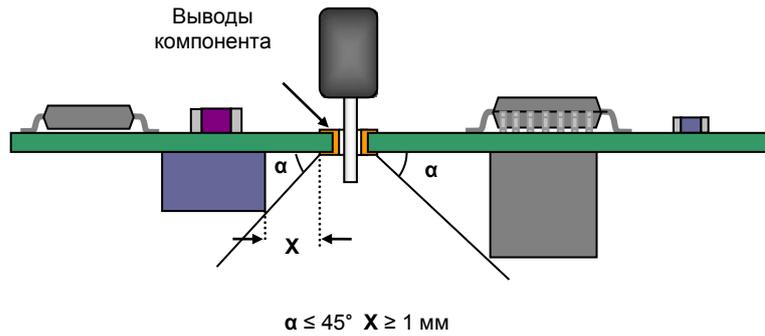


Рисунок 59: Требования к размещению отверстий.

65. Общие требования для пайки волной выводных компонентов

[108] Оптимальный шаг размещения компонентов $\geq 2,0$ мм, расстояние между краями площадок должны быть не менее 1,00 мм, как показано на рисунке 60. Кроме того, компоненты не должны мешать друг другу.

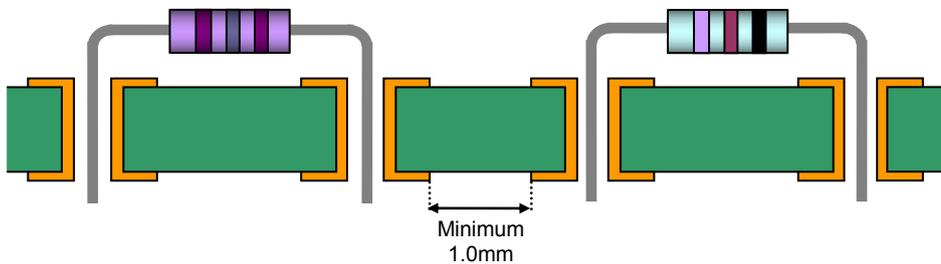


Рисунок 60: Расположение выводных компонентов на плате при пайке волной.

[109] При размещении длинного ряда отверстий выводных компонентов, компоненты должны быть расположены таким образом, чтобы ряды располагались параллельно направлению перемещения волны припоя. В особых случаях, когда ряд выводов должен быть выровнен перпендикулярно к направлению движения волны, необходимо корректировка топологии площадок, например замена стандартных площадок эллиптическими. Если расстояние между соседними площадками рядов выводов 0,6 - 1,0 мм, рекомендуется выполнение площадок овальной формы или размещение ловушек припоя.



Рисунок 61: Ориентация рядов выводов относительно направления движения платы при пайке волной припоя.

DFM V1.1 Список изменений:

- Изменены заголовки.
- Изменены шрифты и стили.
- Упорядочено содержание, перемещены на передний план и изменено расположение разделов (цифры также откорректированы).
- Удалены приложения (перенесены в раздел 6)
- Переписан раздел «Требования к файлам для производства» главы и перемещён в главу 2.
- После изменений все новые главы начинаются с новой страницы.
- Добавлен пробел между номером раздела (например, [1]) и первым словом.
- Отредактирован макет спецификации, чтобы поместиться на 3 страницы.
- Форматированы таблицы технических характеристик и большинство других таблиц (по центру, исправленные интервал, прописные буквы в заголовках).
- Добавлены единицы измерения для некоторых записей (мил/мм).
- Удалён знак «≥», где уже было использовано слово «минимум».
- Добавлены новые пункты ([7], [8] и [19]).
- Убран пункт [82] - за ненадобностью.
- Перефразирован пункт [23].
- Удалены заголовки «Описание:», так как они не являются необходимыми.
- Изменена формулировка «требуется» на «рекомендуется», так как многие из более строгих требований применимы и в более простых конструкциях.
- Изменились требования к шелкографии.
- Переписана глава о переходных отверстиях для соответствия спецификации.
- Изменена рекомендация по ширине штамповки с 5 мм на 6 мм (1,5 мм в соответствии с расстоянием между отверстиями).
- Удалён раздел «[12] Критерии симметричной панелизации» - за ненадобностью.
- Удалены рекомендации по 1/3 штамповке отверстий из-за несоответствия.
- Модифицированы рисунки, описания и их расположение. Основные изменения (номера относятся к старому документу):
 - o На рисунках 1/2/3/4 // 5/7/8/10/13/14/16/17/21/25/26/28/32/36/43/55 исправлены ошибки.
 - o Рисунки 2/5/31/32/39/40/45/46/47/48/49/51 переработаны.
 - o Сгруппированные все чертежи 14 главы в один чертёж.
 - o «Направление движения» переименовывается в «направлении обработки».
 - o Удалены ненужные ярлыки.
- Модифицированные и удалены таблицы:
 - o Удалены таблицы 7/10/11 - не полные / не точные.
 - o Изменены значения, приведённые в таблице 8, чтобы соответствовать спецификациям.
 - o Удалены два последних столбца таблицы 6.