

## Соединения компонентов на печатной плате

В производстве электронных схем на печатных платах существует 3 основных этапа: проектирование, изготовление печатных плат и сборка.

В широком смысле слова сборка включает в себя все операции по установке деталей на платы, флюсование, пайку, очистку после пайки, а также проверку взаимодействия, интерфейса и окончательного качества.

В узком смысле слова сборка печатных плат означает только совокупность операций по монтажу деталей на монтажные платы, включая межоперационные проверки качества. Фактически, это сборка плат или монтаж деталей на платы. В дальнейшем термин «сборка» будет использоваться в ограниченном смысле:

С точки зрения сборки, детали бывают двух категорий (**Приложение 1**):

- детали для сквозного монтажа (TH – Through Hole, THM – Through Hole, THT – Through Hole Technology), которые могут быть:

- ▶ с клеммами, расположенными с шагом, кратным стандартному (2,45 мм = 1/10 дюйма, 1,27 мм = 1/20 дюйма, 0,635 мм = 1/40 дюйма); таким образом, существует множество пассивных (R, L, C), активных (диоды, транзисторы) компонентов и практически все интегральные схемы;

- ▶ с клеммами, расположенными на нестандартных расстояниях, отличающихся от стандартного шага; к ним относятся: трансформаторы, катушки, разъемы, силовые устройства и т. д., каждое из которых имеет свой собственный режим подключения;

- детали для поверхностного монтажа (SM - Surface Mounting, SMM, SMT), имеющие выводы, расположенные с шагом, кратным стандартному шагу.

С другой точки зрения, детали могут быть (**Приложение 1**):

- с осевыми клеммами, которые обычно устанавливаются в отверстия и должны быть «сформированы» перед сборкой;

- с радиальными клеммами, которые часто не требуют формовки перед сборкой (максимум – резки до необходимой длины);

- без клемм, как и многие детали, монтируемые на поверхность.

Кстати, подавляющее большинство деталей, выпускаемых в настоящее время, имеют клеммы, расположенные на расстоянии, кратном нормализованному шагу, или могут быть сформированы таким образом.

В настоящее время наиболее часто используемый шаг для деталей с имплантируемыми клеммами составляет 2,54 мм (100 мил), что позволяет достаточно легко позиционировать детали вручную или автоматически. Тенденция к увеличению плотности монтажа деталей привела к появлению компонентов с поверхностным монтажом (SMD), для которых наиболее распространенными шагами являются 1,27 мм (50 мил) и 0,635 мм (25 мил); тенденция к увеличению шага 0,5 мм (0,508 мм = 20 мил) все еще мало используется из-за трудностей пайки и правильного позиционирования деталей. **См. Приложение 2.**

### Выполнение клемм.

С точки зрения сборки, детали бывают:

- с клеммами, сформированными для сборки на заводе-изготовителе, которые не требуют предварительной формовки, например: большинство интегральных схем, многие активные устройства, некоторые пассивные компоненты (конденсаторы, катушки) и практически все устройства поверхностного монтажа;

- с клеммами, которые должны быть «сформированы» для монтажа – обычно сажаемые в отверстия; такими являются практически все детали с осевыми клеммами (резисторы, многие типы конденсаторов) и многие типы деталей с радиальными клеммами.

Формирование клемм может быть выполнено во время ручной сборки. Однако было установлено, что производительность по крайней мере в два раза выше, чем у деталей, которые предварительно отформованы (на этапе, предшествующем сборке); кроме того, качество формовки намного выше.

Выполнение включает в себя:

- подгибание клемм на нужное расстояние для монтажа – всегда;
- обрезка до необходимой длины – часто, на осевых клеммах;
- подгибание для обеспечения расстояния тело-нога-паяльная площадка, необходимо во избежание перегрева при пайке – довольно часто;
- подгибание для обеспечения предварительного закрепления в отверстиях – редко.

Режим формования определяется в зависимости от нескольких факторов:

- способ монтажа (горизонтальный, вертикальный, с распоркой или без нее);
- умения работников или возможности автоматического сборочного оборудования – короткие клеммы и сложные формы затрудняют сборку (и разборку);
- способ обращения с платами во время и после сборки – значительные, тряские перемещения требуют лучшего крепления;
- характеристики деталей и клемм, такие как: отклонения размеров, устойчивость к механическим нагрузкам при предварительной формовке, минимально допустимая длина клемм во избежание перегрева;
- доступная техника предварительной обработки – ручная или машинная и ее производительность;
- техника, используемая для обрезки клемм на необходимую длину – при предварительной формовке или после сборки. **См. Приложение 2.**

В целом, следует избегать вертикального монтажа деталей с осевыми клеммами, так как формирование клемм затруднено, обращение с установленными платами должно быть более осторожным, а также снижена механическая стойкость (особенно к вибрации).

В случае вертикального монтажа и на деталях с радиальными клеммами необходимо обеспечить достаточное расстояние между деталью и площадкой для пайки, что можно сделать путем соответствующей предварительной формовки клемм (**Приложение 3**) или еще лучше с помощью пластиковых распорок – **Приложение 4**; существует достаточно большое количество компонентов, клеммы которых не выдерживают изгиба с малым радиусом кривизны (бронза, латунь, холоднотянутая медь, прямоугольное сечение), для которых использование

распорок является единственным решением в промышленном производстве. **См. Приложение 4.**

### **Размещение и крепление деталей.**

Размещение и крепление деталей на плате может осуществляться вручную – любой детали, или автоматически – деталей со стандартизированными или предварительно подготовленными клеммами, то есть с формами и размерами, принятыми машиной.

**а. Крепление деталей** осуществляется несколькими способами: в случае деталей с не слишком большими размерами и массой:

- взаимодействием между клеммой-стенкой-отверстием, в случае использования соответствующим образом подготовленных клемм (**Приложение 3**), если обращение с платами происходит без ударов и нет опасности вытягивания клемм из отверстий при пайке;

- путем подгибания клемм, пропущенных через отверстия – **Приложение 5**;

- склеиванием с помощью специального клея или крепление паяльной пастой, в случае SMD.

В случае больших, тяжелых деталей или деталей, которые должны иметь хороший контакт с основанием (например, для охлаждения), механическим способом: с помощью зажимов, хомутов, простегиванием, с помощью клея и т. д.

В настоящее время для деталей, вставляемых в отверстия, для обеспечения хорошего крепления предпочтительно сгибать клеммы под углом  $90^\circ$  или  $\approx 45^\circ$  (**Приложение 5**) и клеммы простой формы (**Приложение 3**), возможно, с распорками (**Приложение 4**); иногда подгибание производится и для деталей с расположенными в линию клеммами. Чтобы в определенной степени снизить опасность короткого замыкания с другими печатными проводниками, рекомендуется выполнять подгиб в направлении печатных проводников – **Приложение 5**. По этой же причине, а также для обеспечения лучшего проникновения флюса и припоя, и облегчения извлечения при устранении дефектов, рекомендуется подгиб под углом  $\approx 45^\circ$ .

Иногда сложной операцией является обрезка клемм компонентов, установленных в отверстия, до необходимой длины, обычно некритичной; однако необходимо, чтобы после пайки клемма оставалась видимой, для чего требуется длина (по отношению к опоре) 2 – 5 мм (выводы диаметром 0,5 – 1,5 мм).

Сложность возникает при выполнении обрезки – если это делается при предварительной формовке, то монтаж часто становится затруднительным, а если оставлены длинные клеммы, то обрезка после монтажа становится затруднительной.

В настоящее время практикуются три процесса:

- предварительное формование с обрезкой по длине – наиболее часто используемая процедура, так как при правильном проектировании проводки и

разумном программировании порядка посадки, трудности в значительной степени устраняются;

- обрезка клемм после посадки, с подгибанием (принцип приведен в **Приложении 6**, и следует отметить, что операция выполняется на каждой детали), процедура пригодна для автоматической сборки;

- посадка деталей с длинными клеммами, выполнение первой пайки для придания жесткости клеммам (не считая коротких замыканий), резка вращающимися дисками на очень высокой скорости и выполнение одной или двух паяк, что обеспечивает расплавление припоя, удаление излишков и покрытие области среза; эта техника широко использовалась в 1970-х годах, она используется и сегодня, но гораздо реже, из-за высоких инвестиционных затрат.

#### **См. Приложение 6.**

**b. Монтаж деталей**, то есть позиционирование и вставка клемм в отверстия – или только позиционирование, в случае SMD, выполняется различными процедурами.

##### **b1. Простой ручной монтаж предполагает:**

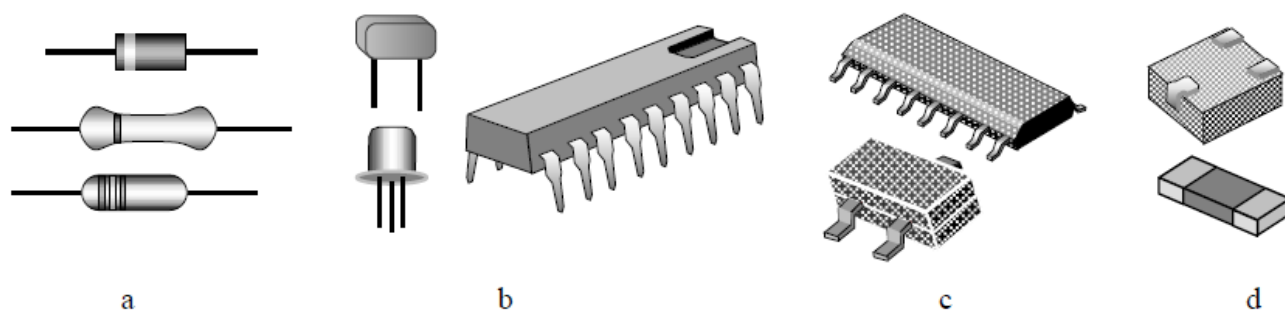
- крепление плат на опоре наклонной рамы с 2 положениями (**Приложение 7**);
- извлечение деталей из коробок или ящиков вручную, с помощью пинцета или специальных инструментов;
- размещение деталей в соответствующих местах и вставка клемм в отверстия или легкое нажатие в случае SMD;
- поворот (опрокидывание) платы на 180° для подгибания и обрезания клемм деталей.

Очевидно, что ручная пайка также может быть выполнена на том же устройстве.

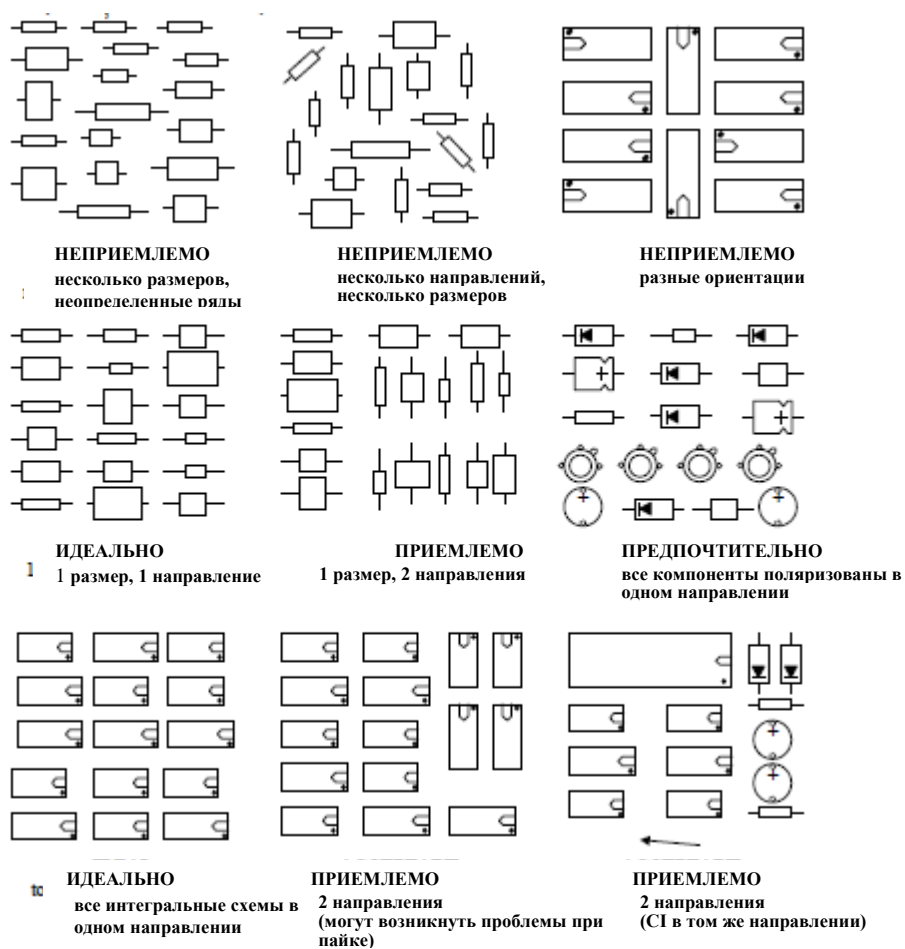
Для повышения производительности и особенно для того, чтобы по возможности избежать ошибок при сборке, необходимо организовывать и планировать следующие операции (это требует опыта и часто экспериментов):

- разделение деталей на партии по типу и размеру; работник будет устанавливать только 1 – 3 типа деталей, основываясь на эскизе макета, желательно в масштабе 2:1 и в цвете;
- установление порядка (последовательности) монтажа деталей на плате и партий, чтобы идентификация мест и размещение были максимально простыми;
- детали также должны поставляться партиями, таким образом, чтобы сделать их максимально доступными без необходимости «считывания» идентификационных кодов.

## Приложение 1



## Приложение 2



## Приложение 3

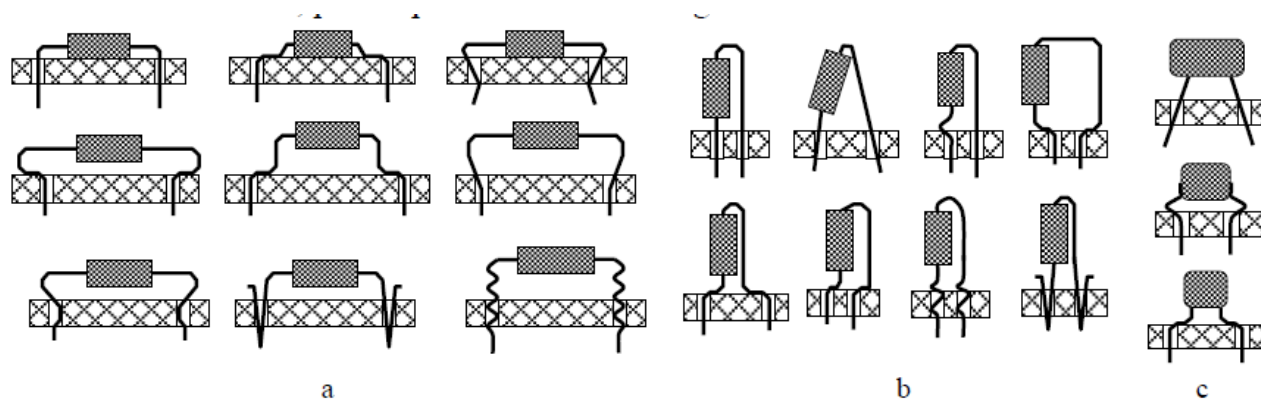
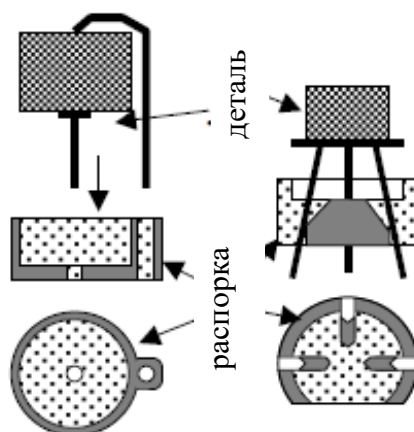
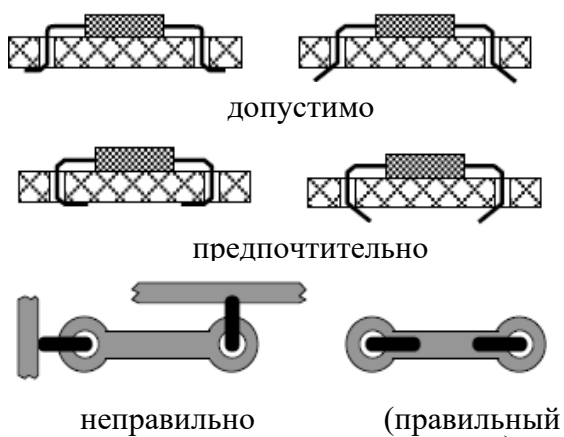


Рис. 3.4. Формирование клемм: а - детали с осевыми клеммами, установленные горизонтально: б - детали с осевыми клеммами, установленные вертикально: с - детали с радиальными клеммами.

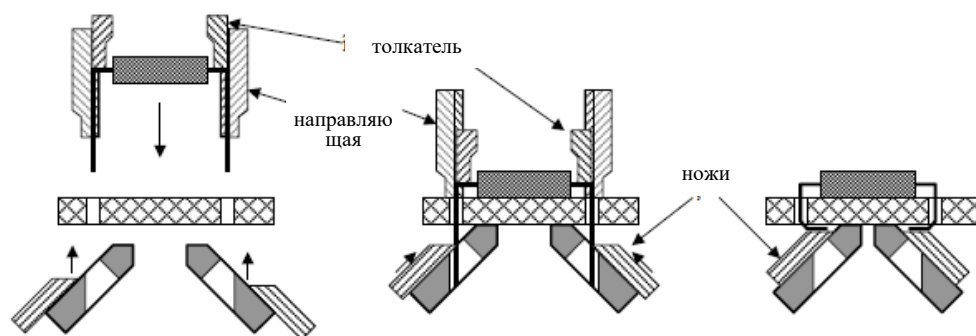
## Приложение 4



## Приложение 5



## Приложение 6



## Приложение 7

