

СОДЕРЖАНИЕ

1	Современные платы для монтажа элементов	5
1.1.	Беспаячные макетные платы.....	6
1.1.1.	Макетная плата для монтажа без пайки (беспаячная макетная плата) SYB-120	6
1.1.2.	Макетная плата SYB-800.....	6
1.1.3.	Макетная плата SYB-500.....	7
1.1.4.	Макетная плата с набором перемычек в комплекте BB-3T5D+J	7
1.1.5.	Макетная плата BB-2T4D+J	8
1.2.	Современные гибкие печатные платы.....	9

2	Инструменты для монтажа	14
2.1.	Современное паяльное оборудование	15
2.1.1.	Универсальный паяльник PS80	15
2.1.2.	Новые формы наконечников на жало.....	16
2.1.3.	Инструменты для удаления припоя из отверстий	17
2.2.	Особенности монтажа/демонтажа элементов	17
2.2.1.	Демонтаж микросхем без особых усилий.....	17
2.2.2.	Необычная подставка для мощного паяльника.....	18
2.3.	Полезные практические советы.....	19
2.3.1.	Отверстие в печатной плате	19
2.3.2.	Серебрение и очистка концов проводников и клемм перед монтажом.....	19
2.3.3.	Паяльник прослужит дольше	20
2.3.4.	Пайка контактов из нержавеющей стали, хрома, никеля и других	20
2.3.5.	Микросварка в полевых условиях	21
2.4.	Подсветка на паяльнике для монтажных работ	22
2.5.	Автоматическая вентиляция рабочего места	24
2.6.	Инструментарий для монтажа	28

3	Монтаж радиоэлементов на печатных платах	32
3.1.	Монтаж радиоэлементов методом пайки	33
3.1.1.	Подготовительные работы.....	33
3.1.2.	Припой и их особенности.....	35
3.2.	Секреты производственных технологий	37

3.2.1. Делаем блестящую поверхность.....	37
3.2.2. Холодная спайка.....	38
3.2.3. Простой способ лужения.....	39
3.2.4. Особенности применения канифоли и флюсов.....	39
3.2.5. Паяльники и сопутствующее оборудование.....	41
3.3. Гибридный монтаж радиоэлементов.....	43
3.4. Монтаж светодиодной ленты.....	49
3.5.1. Влагостойкий неразборный корпус.....	55
3.5.2. Корпус из полистирола.....	56
<hr/>	
4 Особенности влагостойкости и токопроводности монтажа.....	59
4.1. Рекомендации по влагостойкости электронных конструкций.....	60
4.1.1. Пропитка лаками и компаундами.....	60
4.1.2. Изоляция электрических машин.....	62
4.2. Защита электронных конструкций от влаги.....	64
4.2.1. Вакуумная пиролитическая полимеризация.....	66
4.2.2. Аэрозольные химические препараты.....	67
4.3. Особенности изготовления токопроводящих клеевых дорожек.....	68
4.4. Монтажные дорожки из специального клея и токопроводящей пленки.....	69
4.4.1. Технология.....	69
4.4.2. Крепление шлейфа лентой ЗМ.....	72
<hr/>	
5 Монтаж электропроводки, радиоэлементов и поиск неисправностей в электрических цепях.....	76
5.1. Замена электропроводки.....	77
5.2. Монтаж электропроводки.....	80
5.3. Техника безопасности при монтаже электронных устройств.....	83
5.4. Поиск неисправностей после монтажа.....	85
5.4.1. Современная элементная база.....	86
5.4.2. Способы поиска неисправностей после монтажа.....	89
5.4.3. Методы проверки смонтированных на платах радиоэлементов.....	91

1

Современные платы для монтажа элементов

2	Инструменты для монтажа	14
3	Монтаж радиоэлементов на печатных платах	32
4	Особенности влагостойкости и токопроводности монтажа	59
5	Монтаж электропроводки, радиоэлементов и поиск неисправностей в электрических цепях	76

1.1. Беспаячные макетные платы

1.1.1. Макетная плата для монтажа без пайки (беспаячная макетная плата) SYB-120

Самая популярная макетная плата SYB-120, на которой можно быстро смоделировать небольшую электронную схему, в том числе реализованную на микропроцессоре. Размер платы: 177×46×9 мм.

Вес: 70 г.

Количество контактных групп по 5 контактов – 120.

Плата имеет две шины по 50 контактов каждая (см. рис. 1.1).

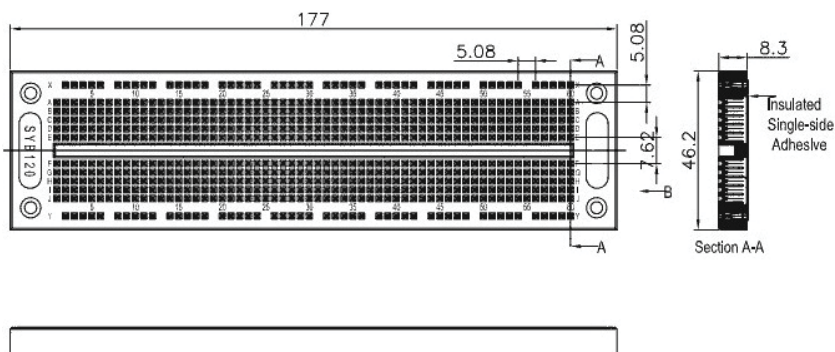


Рис. 1.1. Вид макетной платы SYB-120

1.1.2. Макетная плата SYB-800

Эта макетная плата предназначена для подготовленных радиолюбителей, поскольку позволяет собрать и отладить достаточно большие схемы. Для этого нужно обладать пространственным воображением, и тогда число элементов, установленных на плате, может быть достаточно большим.

Размер платы: 232×210×40 мм.

Вес: 790 г.

Количество контактных групп по 5 контактов – 600.

Макетная плата имеет 12 шин по 100 контактов каждая и 4 клеммы для подвода питания (см. рис. 1.2).

Основание платы – пластик. Для подставки предназначены 4 резиновые ножки.

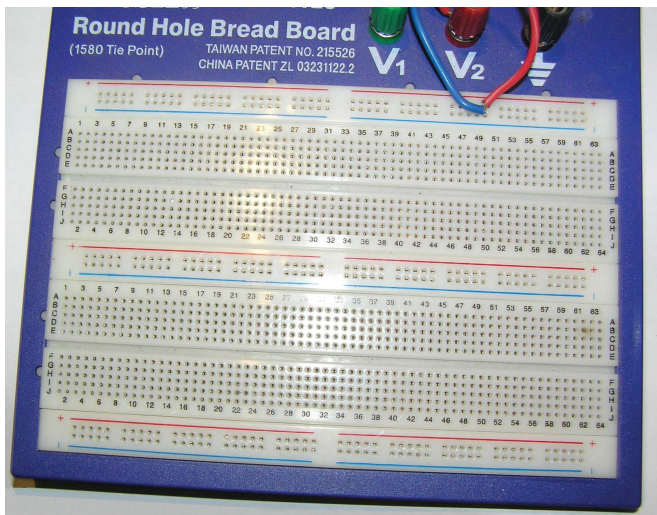


Рис. 1.2. Внешний вид макетной платы SYB-800

1.1.3. Макетная плата SYB-500

Макетная плата для подготовленных радиолюбителей. По целям и задачам соответствует макетной плате SYB-800.

Размер платы: 232×210×40 мм.

Вес: 525 г.

Количество контактных групп по 5 контактов – 480.

Плата имеет 4 клеммы для подвода питания и 8 шин по 100 контактов каждая.

4 резиновые ножки.

Основание – пластик. Внешний вид представлен на рис. 1.3.

1.1.4. Макетная плата с набором перемычек в комплекте ВВ-3Т5D+J

Макетная плата для подготовленных радиолюбителей с набором проводников-перемычек ВВJ-140 в комплекте. Назначение платы аналогично предыдущим вариантам.

Размер платы: 215×185×40 мм.

Вес: 450 г.

Количество контактных групп по 5 контактов – 378.

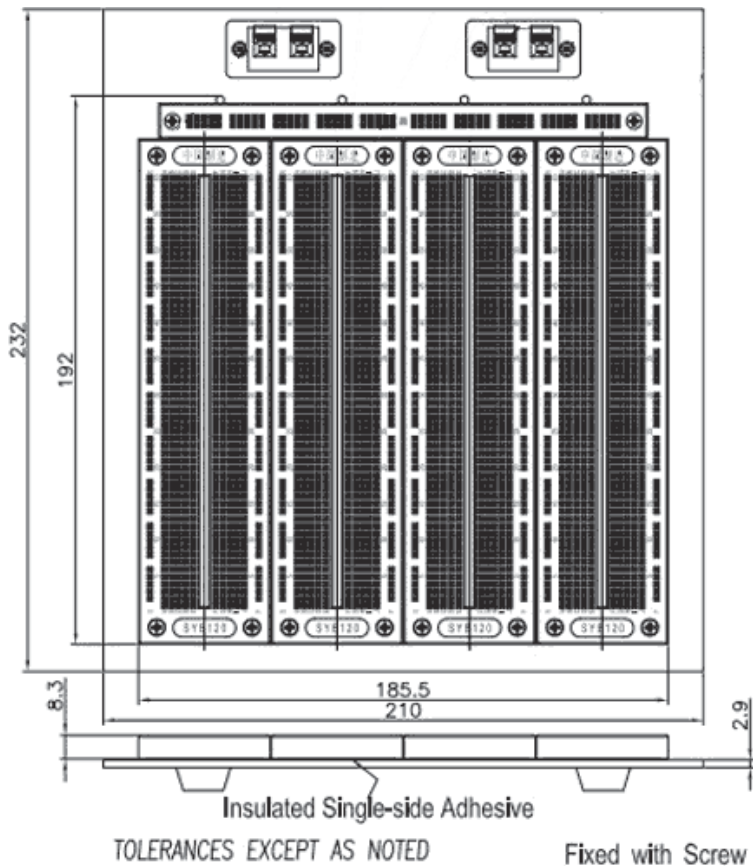


Рис. 1.3. Внешний вид макетной платы SYB-500

Плата имеет 20 шин по 25 контактов каждая и 4 клеммы для подвода питания.

Четыре прорезиненные ножки на самоклейке придают плате устойчивость на столах практически любой поверхности. Внешний вид представлен на рис. 1.4.

1.1.5. Макетная плата ВВ-2Т4D+J

Макетная плата для подготовленных радиолюбителей с набором перемычек ВВJ-140 позволяет собрать и отладить большие схемы. Перемычки в комплекте.

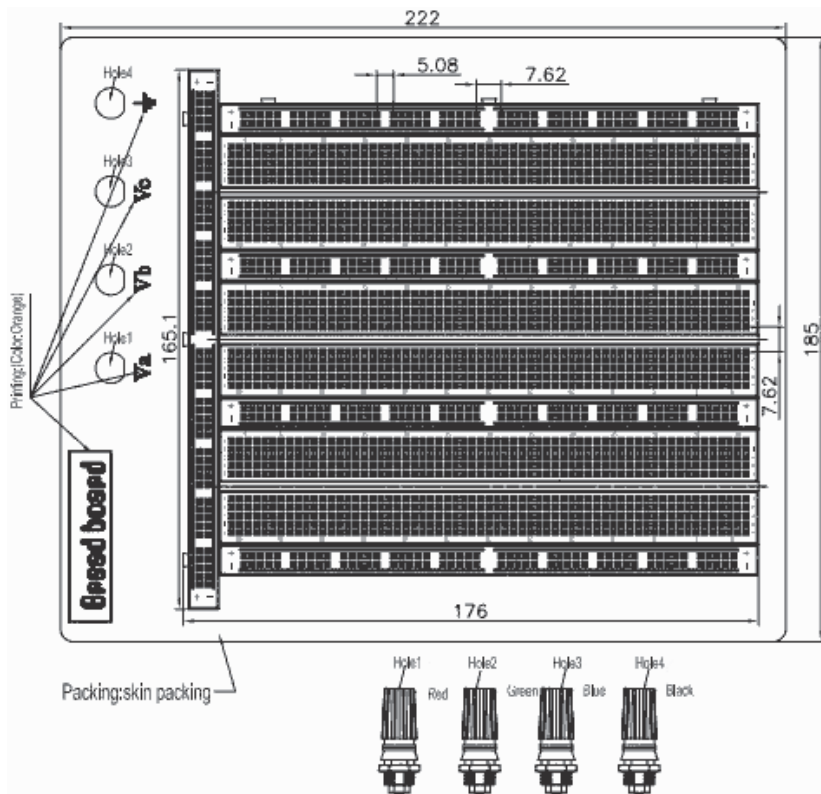


Рис. 1.4. Внешний вид макетной платы BB-3T5D+J

Размер платы: 215×130×40 мм.

Вес: 300 г.

Количество контактных групп по 5 контактов – 252.

Плата имеет 16 шин по 25 контактов каждая, 3 клеммы для подвода питания и 4 резиновые ножки на самоклейке. Внешний вид представлен на рис. 1.5.

1.2. Современные гибкие печатные платы

Технология изготовления гибких печатных плат довольно сложная для лаборатории радиолюбителя и подробно описана (проиллюстрирована) в статье: <http://www.radioland.net.ua/contentid-397-page5.html>.

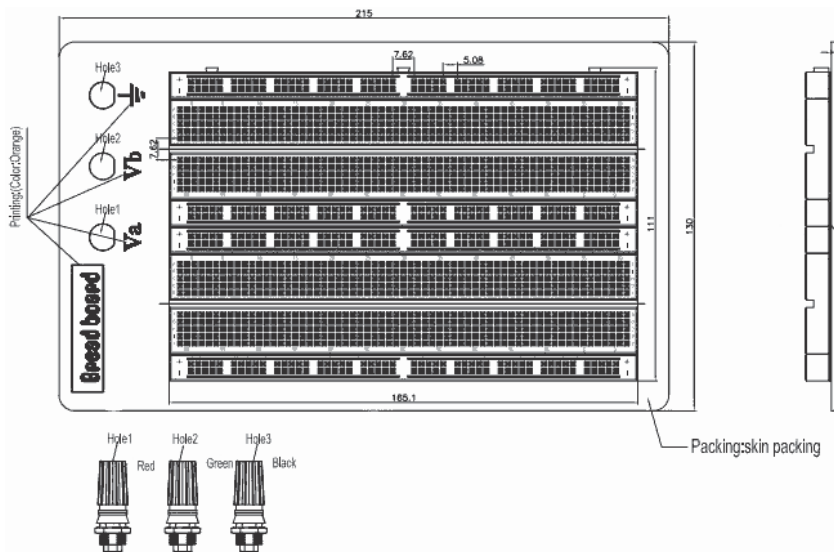


Рис. 1.5. Внешний вид макетной платы BB-2T4D+J

Тем не менее остановимся на основных ее этапах.

1. Изготовление фотошаблонов. На этом этапе производится изготовление фотошаблонов, которые затем используются для формирования топологического рисунка внутренних и внешних слоев печатной платы при экспонировании.

Различают позитивные и негативные фотошаблоны. С точки зрения обеспечения совместимости слоев, этот этап является одним из основных, так как если фотошаблоны будут иметь погрешности, это отразится на всей партии деталей. Очень важно контролировать совместимость фотошаблонов друг с другом и проводить контрольный замер фотошаблонов.

2. Резка заготовок. Листы стеклотекстолита нарезаются на заготовки. Очень важно правильно выбрать размеры заготовок, поскольку от этого зависит коэффициент использования материала. Обычно размер заготовок выбирается кратным листу стеклотекстолита (914,4×1220 мм). Резка заготовок может производиться на гильотинных (ручных или автоматических) или на роликовых ножницах.

Диэлектрический материал (текстолит), ламинированный медной фольгой.

3. Изготовление базовых отверстий. На этом этапе в заготовке изготавливается набор базовых отверстий. Тип и размер этих отверстий зависят от выбранной системы базирования. Обычно базовые отверстия круглой формы выполняются сверлением, а овальной – вырубкой. Обеспечение максимальной точности изготовления базовых отверстий на этом этапе даст нормальную совместимость слоев и отверстий на последующих этапах.

4. Ламинирование. Нанесение пластичного фоточувствительного материала на заготовку. Заготовка очищается и приготавливается к нанесению фоторезиста; этот этап проходит в чистой комнате с желтым освещением. Резист светочувствителен (обычно к ультрафиолету) и при долгом неиспользовании разрушается.

5. Экспонирование. На заготовке размещается фотошаблон. Круг, часть которого изображена, впоследствии будет соединением с внутренним слоем. Изображение на фотошаблоне негативное по отношению к будущей схеме. Под темными участками фотошаблона медь не будет удалена.

Данный этап является наиболее ответственным, с точки зрения обеспечения совмещения. При использовании систем базирования точность совмещения определяется точностью изготовления базовых отверстий в заготовках и фотошаблоне, типа системы базирования. В случае ручного совмещения точность зависит от квалификации и усталости оператора. Наиболее точной системой совмещения является автоматическая оптическая система совмещения – система анализирует расположение реперных знаков и выбирает оптимальное положение фотошаблона.

Затем переходят к экспонированию фоторезиста. Участки поверхности, не защищенные фотошаблоном, засвечиваются. Фотошаблон снимается. После этого засвеченные участки могут быть удалены химически.

6. Химическая обработка. Эти операции производятся в установках химической обработки. Существует несколько типов установок: струйные и погружные. Существуют установки конвейерного типа и с ручной загрузкой. Этапы оказывают косвенное влияние на совместимость, однако на этих этапах возможно появление большого числа других погрешностей (проколы, «подтравы» и др.).

Химическая обработка подразделяется на проявление, травление и удаление резиста.

Засвеченные участки фоторезиста удаляются, оставляя фоторезист только в тех областях, где будет проходить дорожки платы.

Назначение фоторезиста – защитить медь под ним от воздействия «травителя» на следующем этапе непосредственно травления, где заготовка травится для удаления ненужной меди.

Резист, оставшийся на поверхности, предохраняет медь под ним от травления. Вся незащищенная медь удаляется, оставляя диэлектрическую подложку. После травления дорожки схемы явно созданы, и внутренний слой имеет требуемый разработчику рисунок.

Резист удаляется, открывая невытравленную медь. Теперь заготовка представляет собой полностью готовый внутренний слой. В нашем примере она будет вторым и третьим слоями будущей платы. На следующем этапе на нее наносятся верхний (первый) и нижний (четвертый) слои платы.

7. Прессование. Плата собирается в пакет, состоящий из внутреннего и внешних слоев, проложенных препрегом (материалом, используемым в качестве клея). На границах пакета необходимо применение дополнительных слоев, служащих для защиты пластин пресса от попадания расплавленного препрега и простоты разборки пакета. Прессование производится в вакууме в несколько этапов, сначала при относительно небольших усилиях (при определенных температурах), затем при больших усилиях и больших температурах. Граничной точкой является точка гелеобразования препрега.

Очень важным является правильное определение этой точки, так как, если подать двойное усилие до точки гелеобразования, заготовка будет содержать пустоты, а если после – то препрег перейдет в стеклообразное состояние и произойдет его выкрашивание.

Точность совмещения слоев при прессовании в основном определяется системой совмещения, а также точностью используемой оснастки.

8. Сверление отверстий. Отверстия на плате служат двум целям: обеспечению соединения между слоями и для монтажных целей.

Платы сверлятся на станках с программным управлением, часто называемым обрабатывающими центрами. Этот этап является одним из ключевых, определяющих точность платы. Точность сверления определяется классом оборудования, а также его настройкой.

9. Металлизация отверстий. Этот этап служит для покрытия отверстия тонким слоем металла.

Проблема в том, что поверхность отверстия непроводящая. Для металлизации плата помещается в ванну, где она полностью хими-

чески покрывается тонким слоем палладия. Сущность процесса химическая, и в результате покрываются как диэлектрические, так и металлические поверхности.

10. Затем снова повторяется химическая обработка – нанесение резиста.

1	Современные платы для монтажа элементов	5
----------	---	---

2 **Инструменты для монтажа**

3	Монтаж радиоэлементов на печатных платах	32
4	Особенности влагостойкости и токопроводности монтажа	59
5	Монтаж электропроводки, радиоэлементов и поиск неисправностей в электрических цепях	76

2.1. Современное паяльное оборудование

2.1.1. Универсальный паяльник PS80

Для современных паяльников создан принципиально новый нагревательный элемент, применение современных материалов и технологий при изготовлении которого позволило на порядок повысить надежность инструмента. Новинкой также явилось быстросъемное соединение нагревательного элемента с рукояткой. На рис. 2.1 представлен универсальный паяльник PS80.



Рис. 2.1. Внешний вид универсального паяльника PS80 фирмы PASE

Его особенность в том, что платиновый датчик температуры обеспечивает точное термуправление и рассчитан на десятки лет эксплуатации без дополнительной калибровки.

Нагреватель по-прежнему проволочного типа.

Фирма-производитель PASE принципиально не изготавливает паяльники с керамическим нагревателем, так как керамика уступает меди в теплопроводности и не допускает сильного механического прижима наконечника к нагревателю. Эти два фактора затрудняют теплопередачу от керамического нагревателя к наконечнику и неизбежно приводят к значительному снижению температуры наконечника при пайке точек с повышенной теплоемкостью.

В паяльнике PS80 медный с защитным покрытием наконечник по всей длине прижимается к медному сердечнику нагревателя с помощью бокового винта. Такое крепление исключает наличие воздушного зазора между нагревателем и наконечником, что в сочетании с системой

термоуправления SensaTemp обеспечивает очень высокую термостабильность, особенно это заметно при пайке многослойных плат.

Несмотря на сильнейший теплоотвод в слои меди, монтажник может работать на многослойке с минимально необходимой температурой, что исключает перегрев и дает стабильное качество, так как все этапы пайки выполняются при одинаковом тепловом режиме. Кроме того, наличие бокового крепежного винта позволяет менять наконечники на горячем инструменте за 5–10 секунд.

Разновидностью популярного PS80 является относительно новый вакуумный паяльник SX80 – принципиально новый многофункциональный инструмент для ремонта и монтажа. Новая форма рукоятки – это не только новый внешний вид, но и существенное облегчение, уменьшение и балансировка для длительной комфортной работы. Кроме того, облегчение инструмента дает возможность при необходимости использовать его с наконечниками от PS80, в том числе и для монтажа/демонтажа компонентов.

2.1.2. Новые формы наконечников на жало

Новая форма наконечников с трубкой в хвостовой части обеспечивает равномерное распределение откаченного припоя, начиная с центра накопителя. При этом исключается закупорка припоем воздушного канала вблизи нагревателя, чем иногда «грешил» относительно старый паяльник SX70.

Наличие трубки позволило немного увеличить посадочный диаметр наконечника, что дает более плотный контакт с нагревателем и еще лучшую теплопередачу.

Кроме выпайки (демонтажа элементов) из отверстий плат и очистки контактных площадок, инструмент применяется для демонтажа корпусов типа TQFP и TSOP (см. рис. 2.2 и 2.3).



Рис. 2.2. Форма наконечников на жало для демонтажа радиоэлементов из плат



Рис. 2.3. Форма для демонтажа микросхем с количеством выводов от 20

Для этой же цели существуют специальные наконечники с вакуумной присоской.

2.1.3. Инструменты для удаления припоя из отверстий

Рекомендую и другие термоинструменты RACE: термопинцет ТТ65, термоэкстракторы ТР65 и ДТР80, а также термофен ТЈ70 пока выпускаются без изменений, поскольку были созданы под более конкретные задачи по монтажу и демонтажу поверхностных компонентов, и модернизируются в последние годы – по мере изменения подхода к решению подобных задач.

Из всего многообразия моделей паяльных станций на рынке по отзывам специалистов уже несколько лет лидируют модели МВТ201 и МВТ250.

Дозатор паяльной пасты и микробормашина поставляются только в составе ремонтного центра PRC2000. Многочисленным поклонникам дозатора пасты PİK&PASTE предлагается достойная замена: пневматические и электромеханические дозаторы фирмы FISHMAN.

2.2. Особенности монтажа/демонтажа элементов

2.2.1. Демонтаж микросхем без особых усилий

Монтажные платы в современных устройствах часто (как минимум) двусторонние, со сквозной металлизацией отверстий, и нередко монтаж с обеих сторон покрыт толстым слоем защитного лака.

Допустим, что в домашней лаборатории вы не располагаете многообразием насадок на жало паяльника, которыми удобно выпаивать микросхемы и прочие элементы из печатных плат. На помощь придет газовая плита или газовая горелка (см. рис. 2.4).



Рис. 2.4. Внешний вид газового паяльника/горелки

Плату с микросхемами перед распайкой необходимо подготовить. Для этого с нее удаляются все другие дискретные детали, которые можно легко отпаять паяльником, – резисторы, конденсаторы, транзисторы и т. п. Удаляются также весь крепеж и вспомогательные элементы. После этого на плате остаются только микросхемы.

Если некоторые выводы микросхем загнуты, их необходимо разогнуть с помощью паяльника, пинцета или тонкой отвертки.

Экраны наподобие тех, что рассмотрены выше (см. рис. 2.2 и 2.3), выполняют роль увеличения площади нагрева поверхности платы, чем и облегчают демонтаж микросхем. Они вполне подходят не только к фирменным паяльникам, но и к газовым горелкам – для группового демонтажа микросхем.

Тепловой экран закрепляется толстой медной проволокой или с помощью зажимов «крокодил» на нижней стороне печатной платы прорезью напротив удаляемых микросхем. Нужный участок платы быстро нагревается над пламенем газовой плиты (или свечи, если недоступна плита), после этого микросхемы легко удаляются с помощью пинцета или S-образного захвата.

На демонтаж одной микросхемы в корпусе DIP-16 с применением первого экрана уходит не более 10 секунд, в корпусе DIP-48 – 15 секунд. При этом температура корпуса микросхемы не превышает 80–90 °С.

Описанным способом демонтировались около сотни микросхем в корпусах от DIP-8 до DIP-48 (цифра указывает количество выводов микросхемы) с двусторонней платы размерами 40×20 см менее чем за 30 минут.

2.2.2. Необычная подставка для мощного паяльника

Пользоваться мощным паяльником весьма неудобно, когда его куда положить. Загнутый конец жала опускается вниз и норовит прожечь стол. Самое простое решение – при помощи... стеклянной бутылки объемом 0,5 л.

По периметру цилиндрической части бутылки на расстоянии 10 см от дна делают разрез стеклорезом, предварительно наметив маркером. Потом интенсивно (максимально быстро) прогревают место разреза газовым паяльником (см. рис. 2.4).

Бутылка разломилась на две половинки. После этого надо обработать «рваные» углы мелкозернистым бруском для заточки ножей.

В итоге имеем тяжелый стакан, в который заодно можно кидать снятую изоляцию.

От установленного длительное время в такой подставке разогретого паяльника стекло не раскалывается.

2.3. Полезные практические советы

2.3.1. Отверстие в печатной плате

При отсутствии крупных сверл и необходимого оборудования сверление большого отверстия под включатель или переменный резистор может стать проблемой.

Тем не менее можно высверлить отверстие, к примеру, диаметром свыше 10 мм с помощью круглого ножа от старой электродрели «Харьков-51» или аналогичной ей.

Для этого плоские режущие части лопастей затачиваются шлифовальным кругом под углом 15–25° по направлению естественного наклона и с небольшим переменным наклоном относительно воображаемой плоскости ножа. Доработанный нож насаживается центральным отверстием на винт М2 длиной 20–30 мм и туго фиксируется гайкой. Винт удобнее использовать с потайной головкой.

Далее винт зажимается в патроне электродрели с регулятором оборотов. Этот же нож можно использовать как фрезу для прорезания продольных отверстий шириной 1–4 мм.

2.3.2. Серебрение и очистка концов проводников и клемм перед монтажом

Чтобы медный провод посеребрить, его надо очистить до блеска, проварить в содовом растворе, затем тщательно промыть водой и опустить в старый закрепитель, в котором обработано много фотобумаги или фотопленки.

Через некоторое время на провод осядет серебро. Затем провод промыть водой, просушить и тщательно протереть суконкой. Качество серебрения и прочность сцепления серебра с медью зависят от концентрации серебра в растворе закрепителя.

Серебряные выводы радиоэлементов, контактные пластины, площадки, клеммы легко очищаются от оксидной пленки (даже той,

которая налипала годами) с помощью 2–5%-го раствора соляной кислоты, нагретого до температуры +50 °С.

Вместо соляной кислоты можно применять кислоту из автомобильной АКБ.

2.3.3. Паяльник прослужит дольше

Как и лампы накаливания, паяльники имеют спираль – нагревательный элемент. Как правило, перегорает она в моменты включения паяльника, реже – в моменты выключения. При длительных (по времени) монтажных работах целесообразно выключать паяльник, а бывает достаточно лишь ограничить его нагрев. Для этого в разрыв электрической цепи «сеть – нагревательная спираль» вводят кнопку (с фиксацией) с контактами на замыкание. А параллельно этой кнопке включают выпрямительный диод типа Д226Б–Д226Ж, КД213 или аналогичный.

Мощность диода зависит от мощности паяльника.

Когда контакты кнопки разомкнуты (но вилка включена в сеть), происходит ограниченный нагрев спирали паяльника. Стоит только замкнуть контакты кнопки, и нагрев идет «в полную силу». Причем в таком случае паяльник нагревается быстрее, ведь он предварительно уже был подготовлен к работе.

Таким методом уместно пользоваться, применяя отдельный паяльник, дополнив его диодом и кнопкой, как рекомендовано выше. К тому же срок действия паяльника намного продлевается.

Этот же принцип регулировки и ограничения тока применен в современных паяльных станциях. Однако, если радиолюбитель пользуется паяльником редко и не имеет желания приобретать относительно дорогую паяльную станцию, рассмотренный выход из положения стоит взять на заметку.

2.3.4. Пайка контактов из нержавеющей стали, хрома, никеля и других

Все вышперечисленные металлы относятся к разряду трудно поддающихся пайке. Конечно, «любой ценой» припаять можно все и ко всему. Вопрос лишь в том, какими средствами это сделать.

Если провод не поддается пайке, некоторые радиолюбители применяют паяльную кислоту, таблетки аспирина, предварительно сильно разогревают участок (или контакт), приготавливаемый к пайке, до появления окалины.

Применяют и другие, не менее экзотические способы. Самый простой и эффективный, на мой взгляд, следующий.

После тщательной зачистки участка провода от грязи и оксидов его обезжиривают и залуживают.

Луженый конец провода обмакивают в клей типа БФ-4 (или аналогичный) и жалом нагретого паяльника (мощности не менее 65 Вт) прижимают к месту соединения в течение 5–6 секунд. После остывания поверх пайки наносят каплю моментального клея для полного затвердевания контакта.

2.3.5. Микросварка в полевых условиях

Недавно в моей автомашине произошел такой случай: из-за долговременной вибрации нарушился контакт между гибким проводником и выводом пьезоэлектрического капсюля, и поскольку это случилось в важной системе жизнеобеспечения автомобиля, инцидент сразу повлек некомфортное состояние водителя.

Так как до дома и до мест, где можно было бы подключить паяльник к сети 220 В, было очень далеко, а неисправность требовала немедленного устранения, пришлось привлечь на помощь смекалку.

Для рассмотренного и подобных случаев необходимо соединить контакты (желательно в скрутке, но если такой возможности нет, то хотя бы плотно приложить их друг к другу – в данном случае вывод капсюля и соединительный проводник) и нагреть место соединения пламенем зажигалки в течение 1 минуты. Как известно, самая большая температура огня – на самой высокой точке племени.

После нагрева еще в течение 2–3 минут в месте соединения контакты надо держать прижатыми.

Как показала практика, такое соединение не поддается разрыву (не хуже, чем при помощи олова и канифоли). Во всяком случае, в полевых условиях лучше этого метода нет. Разве что есть метод более современный, но и более затратный: возите с собой в машине паяльник (флюс, канифоль, паяльную кислоту, припой) и преобразователь напряжения постоянное – переменное (12 В – 220 В). Такие преобразователи давно появились в продаже. Например, преобразователем мощностью 350 Вт (стоимость до 1000 руб.) можно весьма длительное время (при выключенном двигателе автомашины) питать ноутбук и ограниченное время – паяльник, электролампу накаливания и аналогичную нагрузку.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru