

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Петрозаводский филиал ПГУПС

ОДОБРЕНО

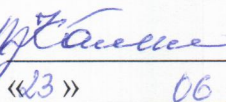
на заседании цикловой комиссии
протокол № 11 от 20.06.2017

Председатель цикловой комиссии:



УТВЕРЖДАЮ

Начальник УМО



А.В. Калько

2017 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по организации и проведению практических
занятий/лабораторных работ

По дисциплине/МДК/ПМ: УП.04.01 Электромонтажные работы

Специальность: 09.02.02 Компьютерные сети

Выполнил (а): Зайцев В.А. – Преподаватель Петрозаводского
филиала ПГУПС.

20 17 г.

Введение

В методических указаниях представлены практические занятия, относящиеся к учебной практике УП 04.01 Электромонтажные работы, которая входит в профессиональный модуль ПМ.04 Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих по специальности 09.02.02. Компьютерные сети.

В каждом практическом занятии указана тема, цель занятия, оборудование, инструменты и порядок выполнения работы. По окончании выполнения практического занятия или упражнения, обучающийся должен доложить о выполнении практического занятия или упражнения, входящего в практическое занятие, сделать вывод и получить оценку своих действий с обоснованием полученных результатов.

Каждый студент обязан оформлять отчет о проделанной работе. Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- задание;
- выполненное практическое занятие в соответствии с заданием;
- вывод;

Правила охраны труда при проведении учебной практики.

1. Общие требования охраны труда.

1.1. К работе в учебном кабинете допускаются студенты, прошедшие инструктаж по охране труда, знающие правила пожарной безопасности.

1.2. При работе в кабинете должны соблюдаться правила поведения, расписание учебных занятий, установленный режим труда и отдыха.

1.3. При проведении занятий возможно воздействие на студентов следующих опасных факторов:

- нарушение осанки, искривление позвоночника, развитие близорукости при неправильном подборе мебели;
- нарушение остроты зрения при недостаточной освещенности в кабинете;
- поражение электрическим током при неисправном оборудовании кабинета;

1.4. В процессе занятий студенты должны соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

2. Требования безопасности перед началом занятия.

2.1. Включить полностью освещение в кабинете, убедиться в правильности работы светильников. Наименьшая освещенность в кабинете должна быть не менее 300Лк ($20\text{Вт}/\text{м}^2$) при люминесцентных лампах.

2.2. Убедиться в исправности электрооборудования кабинета: коммуникационные коробки выключателей и розеток не должны иметь трещин, сколов, а также оголенных контактов.

2.3. Проверить санитарное состояние кабинета, убедиться в целостности стекол в окнах и провести сквозное проветривание кабинета.

3. Требование безопасности во время занятия.

3.1. Используемые в кабинете демонстрационные электрические приборы должны быть исправны и иметь заземление и зануление.

4. Требования безопасности в аварийных ситуациях.

4.1. При возникновении аварийных ситуаций немедленно эвакуировать студентов и сообщить администрации учреждения.

5. Требования безопасности по окончании занятия.

5.1. Выключить демонстрационные электрические приборы;

5.2. Закрыть окна и выключить свет

ПЕРЕЧЕНЬ

практических занятий по 04.01 Электромонтажные работы

Для специальности 09.02.02 Компьютерные сети

Практическая работа №1

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ В СООТВЕТСТВИИ С ЗАДАННОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМОЙ, РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

2.1 Цель работы

Изучение основных методов разработки конструкций печатных плат, развитие навыков работы с нормативно-технической документацией, регламентирующей проектирование и конструирование РЭС на основе печатного монтажа.

2.2 Основные теоретические сведения

2.2.1 Термины и определения

Плата печатная (ПП) является несущим элементом конструкции функционального узла и типового элемента замены (ТЭЗ), на которой размещаются дискретные электрорадиоэлементы (ЭРЭ), интегральные микросхемы (ИМС), разъемы и другие элементы конструкции.

Основные термины и определения по ПП и узлам, содержащими ПП с навесными элементами, устанавливаются ГОСТом 20406-75.

Печатная плата (ПП) - изоляционное основание с нанесенными на его поверхность плоскими печатными проводниками.

Односторонняя печатная плата (ОПП) - печатная плата, проводящий рисунок которой выполнен на одной стороне.

Двухсторонняя печатная плата (ДПП) - плата с печатными проводниками и элементами, расположенными с обеих сторон изоляционного основания.

Многослойная печатная плата (МПП) - плата, выполненная в виде изоляционного основания, на которое нанесены система печатных проводников, расположенных в несколько слоев и разделенных промежуточными изоляционными пленками.

Гибкая печатная плата (ГПП) - печатная плата, имеющая гибкое основание.

Печатный узел - печатная плата с закрепленными на ней ЭРЭ.

Печатный монтаж - система печатных проводников, обеспечивающих электрическое соединение элементов схемы или экранирование:

контактная площадка - токопроводящий участок, предназначенный для присоединения объемных проводников или выводов навесных элементов, при наличии монтажных отверстий это площадка, окружающая отверстие или прилегающая к нему, при отсутствии отверстия - площадка на конце проводника;

контактный переход (контактное отверстие) - токопроводящий участок, обеспечивающий электрический контакт между проводниками, находящимися на разных сторонах двухсторонней печатной платы или в разных слоях многослойной печатной платы;

монтажное отверстие - отверстие, предназначенное для закрепления выводов навесных элементов;

крепежное отверстие - отверстие; предназначенное для крепления платы в блоке или элементов на плате;

концевой контакт - контакт на краю платы, предназначенный для штекерного соединения с ответной частью соединителя (разъема);

координатная сетка - сетка определяющая положение контактных и монтажных отверстий, а так же печатных проводников и других элементов на изображении платы в прямоугольной или полярной системе координат;

шаг координатной сетки - постоянная величина определяющая расстояние между соседними линиями координатной сетки и кратность расстояний между монтажными отверстиями:

- для сетки в прямоугольной системе координат - линейный шаг, одинаковый по вертикали и горизонтали;

- для сетки в полярной системе координат - линейный шаг концентрических окружностей и угловой шаг радиальных линий;

- узел координатной сетки - точка пересечения линий координатной сетки.

Односторонние ПП характеризуются: повышенной точностью выполнения проводящего рисунка; отсутствием металлизированных отверстий; установкой ЭРЭ на поверхности ПП со стороны, противоположной стороне пайки, без дополнительного изоляционного покрытия; низкой стоимостью.

Двусторонние ПП без металлизации монтажных и переходных отверстий характеризуются: высокой точностью выполнения проводящего рисунка, использованием объемных металлических элементов конструкции (штыри, отрезки проволоки, арматура переходов и т.п.) для соединения элементов проводящего рисунка, расположенных на противоположных сторонах ПП, низкой стоимостью.

Двусторонние ПП с металлизированными монтажными и переходными отверстиями характеризуются: широкими коммутационными возможностями; повышенной прочностью сцепления выводов навесных ЭРЭ с проводящим рисунком платы; повышенной стоимостью по сравнению с ПП без гальванического соединения слоев.

Многослойные ПП с металлизацией сквозных отверстий характеризуются: хорошими коммутационными свойствами; наличием межслойных соединений, осуществляемых с помощью сквозных металлизированных отверстий, а в особых случаях с помощью переходных отверстий, соединяющих только внутренние слои; обязательным наличием контактных площадок на любом проводящем слое имеющим соединение с переходными отверстиями; низкой ремонтопригодностью; высокой помехозащищенностью электрических цепей; высокой стоимостью конструкции.

Гибкий печатный кабель характеризуется: высокой гибкостью; малыми толщинами; возможностью подключения к ПП без использования соединителей; использованием одно и двухсторонних тонких фольгированных диэлектриков на лавсановой и полиамидной основах.

2.2.2 Методы изготовления печатных плат

Различают два вида технологических процесса получения печатных проводников: субтрактивный и аддитивный. Субтрактивный процесс заключается в избирательном удалении участков проводящей фольги. Аддитивный процесс заключается в избирательном осаждении проводникового материала на нефольгированный материал основания.

Комбинированный метод изготовления основан на химико-гальваническом наращивании проводникового слоя на диэлектрической подложке с последующим химическим удалением ненужных участков. Различают два принципиально отличающихся способа: негативный и позитивный.

В негативном методе создаваемый защитный рельеф предохраняет фольгу при травлении, а в позитивном - при гальваническом осаждении.

При разработке новых изделий РЭА следует применять следующие методы изготовления печатных плат и ГПК:

- химический - для односторонних печатных плат и ГПК;
- комбинированный позитивный - для односторонних и двухсторонних ПП;
- электрохимический (полуаддитивный) - для двухсторонних печатных плат.

Типовые технологические процессы изготовления ПП и ГПК приведены в ОСТ 4.ГО.054.223.

2.2.3 Рекомендации по разработке конструкций печатных функциональных узлов

Разработка конструкции печатной платы, согласно ОСТ 4.010.022-85, рекомендуется проводить по следующим этапам:

1) Изучение технического задания на изделие, в состав которого входит разрабатываемый печатный узел (печатная плата). На этом этапе изучаются условия эксплуатации, транспортировки и хранения изделия. На основании чего определяется группа жесткости согласно ГОСТ 23752-79, которая предъявляет соответствующие требования к конструкции печатной платы, к используемому материалу основания и необходимости применения дополнительной защиты.

2) Выбор типа печатной платы (ОПП, ДПП, МПП) и класса точности печатной платы. При выборе типа печатной платы следует учитывать:

- возможность выполнения всех коммутационных соединений;
- техничко-экономические показатели;
- стоимость основного материала;
- возможность автоматизации процессов изготовления;
- контроля, диагностики, установки навесных изделий электронной техники (ИЭТ).

Класс точности печатной платы согласно ГОСТ 23751-86 (или приложение 1 к ОСТ 4.010.022-86) обеспечивается применением определенных средств технического оснащения (технологического оборудования определенной точности) и вспомогательных материалов.

Печатные платы 1 и 2 классов точности наиболее просты в изготовлении, надежны в эксплуатации и имеют минимальную стоимость; 3 класс - требуют использования высококачественных материалов, более точного инструмента и

оборудования; 4 и 5 классов - специальных материалов прецизионного оборудования, особых условий для изготовления.

Область применения классов точности:

1 и 2 классы - для печатных плат (ПП) с дискретными ЭРЭ при малой и средней насыщенности поверхности ПП навесными элементами;

3 класс - для ПП с микросборками и микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы, а так же с безвыводными ЭРЭ при средней и высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами;

4 класс - для ПП с микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы, а так же с безвыводными ЭРЭ при высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами.

Платы всех размеров рекомендуется выполнять с плотностью проводящего рисунка, соответствующей 1 классу.

Плотность проводящего рисунка, соответствующую 2 классу, допускается использовать на платах с размерами до 170x240 мм.

Плотность проводящего рисунка, соответствующую 3 классу, допускается использовать на платах с размерами до 170x150 мм.

В технически обоснованных случаях на платах большего размера допускается использование плотности проводящего рисунка, соответствующего 2 и 3 классам.

Плотность проводящего рисунка ГПК определяется шагом расположения печатных проводников, который рекомендуется выбирать равным 1,25 и 2,50 мм.

3) Выбор размеров, конфигурации и мест крепления печатной платы. Размеры сторон печатной платы должны соответствовать ГОСТ 10317-79. Рекомендуется разрабатывать печатные платы прямоугольной конфигурации, другая конфигурация должна применяться в технически обоснованных случаях. Места крепления (расположение крепежных отверстий) определяются местом установки печатной платы.

Определение размеров печатной платы производится, исходя из необходимой площади для размещения навесных элементов или из площади необходимой для размещения печатных проводников. Если при выбранной односторонней печатной плате, площадь необходимая для размещения навесных элементов значительно меньше площади необходимой для размещения печатных проводников, то необходимо перейти к двухстороннему или многослойному печатному монтажу.

Толщина основания печатной платы определяется в зависимости от механических нагрузок на печатную плату и ее конструктивных особенностей. Выбор толщины печатных плат необходимо увязывать с диаметром применяемых металлизированных отверстий, так, чтобы отношение диаметра отверстия и толщина печатной платы была в пределах требований ГОСТ 23751-86.

4) Выбор материала основания печатной платы проводят с учетом обеспечения физико-механических и электрических параметров печатных плат, стойкости к действию механических нагрузок, климатических факторов и химических агрессивных сред. Материалы для печатных плат выбирают по ГОСТ 10316-78. Марки материалов отсутствующие в ГОСТ 10316-78 и рекомендуе-

мые для изготовления печатных плат приведены в Приложении 1 и ОСТ 4.010.022-85.

Для печатных плат, предназначенных для эксплуатации в условиях 1 и 2 групп жесткости по ГОСТ 23752-79, рекомендуется применять материалы на основе бумаги (гетинаксы), для 3 и 4 групп жесткости - на основе стеклоткани (стеклотекстолиты).

5) Выбор конструктивного покрытия. Для защиты печатной платы от внешних воздействий применяют металлические покрытия печатных проводников (по ОСТ 4 ГО.014.000) и защиты поверхности печатной платы и проводников от воздействия припоя используют покрытия на основе эпоксидных смол, лаков и т.п.

6) Размещение навесных изделий электронной техники (ИЭТ) должно обеспечивать их взаимное рациональное расположение, обеспечивающие наиболее простую трассировку и исключаящее взаимное влияние на электрические параметры; обеспечивающие технологические требования (по сборке, пайке, установке); обеспечивающее высокую надежность, малые габаритные размеры, массу, теплоотвод, ремонтпригодность.

Вариант установки навесных ИЭТ при их размещении выбирают в соответствии с ОСТ 4. ГО.010.030-81, ОСТ 4.ГО.010.009.84 и ОСТ 4.091.124-79.

7) Выбор, размещение и расчет элементов конструкции (печатных проводников, контактных площадок, экранов отверстий и др.) печатной платы необходимо проводить в соответствии с ОСТ 4.010.022.85 (Можно пользоваться рекомендациями ОСТ 4.010.019-81, ОСТ 4 ГО.010.209-77).

2.2..4 Габаритные размеры, размеры и расположение отверстий

Размеры ПП следует выбирать по ГОСТ 10317-79. Максимальные размеры ГПК не должны быть более 150x400 мм. В зависимости от механических требований и метода изготовления номинальный размер толщины ПП следует выбирать равным 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0. Толщина ГПП выбирается в пределах от 0,1 до 0,5 мм, а ГПК в пределах от 0,06 до 0,30 мм.

Центры монтажных отверстий должны располагаться в узлах координатной сетки. Центры отверстий под неформуемые выводы многовыводных навесных элементов, расположенные с шагом не кратным шагу координатной сетки, располагают по следующим правилам:

- если в конструкции навесного элемента имеются два и более выводов, расстояние между которыми кратны шагу координатной сетки, то центры отверстий под эти выводы обязательно располагать в узлах сетки, а центры отверстий под остальные выводы располагать согласно чертежу на данный элемент;

- если в конструкции элемента не имеется выводов, расстояние между которыми кратны шагу координатной сетки, то в узле сетки следует располагать центр одного из отверстий, принятого за основное, а центры остальных отверстий располагать на вертикальных или горизонтальных линиях координатной сетки, если это допускает расположение выводов элемента.

Центры крепежных и других конструктивных отверстий рекомендуется располагать в узлах координатной сетки.

Диаметры монтажных и переходных металлизированных и неметаллизированных отверстий следует выбирать в соответствии с Табл.2.1.

Применение отверстий различных диаметров на одной ПП следует ограничивать. Не рекомендуется применять более трех диаметров металлизированных монтажных и переходных отверстий. При этом допускается установка выводов навесных элементов в отверстия большего диаметра. Разница между диаметром вывода и диаметром металлизированного отверстия рекомендуется не более: 0,4 мм - для выводов диаметром 0,4; 0,6; 0,8 мм 0,6 мм - для выводов диаметром 1,0; 1,2; 1,7 мм и более.

Отверстия на плате должны располагаться таким образом, чтобы расстояние между их краями (без учета зенковки) было не менее толщины платы, но не менее 1 мм для плат толщиной менее 1 мм и для ГПК.

Таблица 2.1

Диаметры монтажных и переходных отверстий

Диаметр вывода навесного элемента	–	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7
Номинальный диаметр монтажного неметаллизированного отверстия	–	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1
Номинальный диаметр металлизированного отверстия с учетом металлизации	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0

2.2.5 Размеры и расположение проводников

Минимально допустимые значения проводников и расстояний между ними приведены в Таблице 2.2.

Таблица 2.2

Минимальные значения основных параметров печатных плат и ГПК

Конструктивные параметры элемента печатной платы и номинальный размер для класса точности	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
Минимальная ширина проводников, t, мм	0,6	0,45	0,25	0,15
Минимальное расстояние между проводниками, S, мм	0,6	0,45	0,25	0,15
Гарантированная ширина пояска в наружном слое, b, мм	0,3	0,2	0,1	0,05
Гарантированная ширина пояска во внутреннем слое g, мм	0,15	0,10	0,05	0,03
Отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине платы, k	0,5	0,5	0,33	0,33

Печатные проводники рекомендуется выполнять одинаковой ширины на всем их протяжении. Для прохождения узкого места следует сужать проводник до минимально допустимых значений его ширины на возможно меньшей длине. В свободных местах не рекомендуется применять минимальную ширину проводников.

Взаимное расположение проводников не регламентируется, но при этом рекомендуется:

- равномерно распределять проводники по ПП;
- размещать проводники на соседних и противоположных слоях платы во взаимно перпендикулярных направлениях;
- не размещать проводники на минимально допустимом расстоянии для других печатных элементов, если это расстояние может быть увеличено;
- в узком месте выбирать направление прокладки проводника перпендикулярным оси, соединяющей центры двух отверстий, определяющих узкое место.

Элементы проводящего рисунка следует располагать от края платы, неметаллизированного отверстия, паза и т.п. на расстоянии, равном номинальной толщине платы, для плат толщиной менее 1 мм и для ГПК - на расстоянии не менее 1 мм.

Печатные проводники рекомендуется располагать параллельно или под углом кратным 15° к линиям координатной сетки. Оси печатных проводников рекомендуется совмещать с линиями координатной сетки.

Проводники шириной более 3 мм выполнять по правилам выполнения экранов. Экраны наружных и внутренних слоев следует выполнять с вырезами. Площадь вырезов в экранах внутренних слоев МПП не должна составлять менее 50 % общей площади слоя. Вырезы в экранах могут иметь щелевидную или прямоугольную форму, форму овала, круга или сетки. Для внутренних экранов предпочтительной является форма сетки. На экранах наружных или внутренних слоев при попадании в зону экрана отверстия, электрически с ним не связанного, следует сделать вокруг него кольцевой или прямоугольный вырез.

1.6 Рекомендации по оформлению конструкторской документации на печатные платы и сборочные чертежи

Оформление конструкторской документации проводят в соответствии с ГОСТ 2.109-73; ГОСТ 2.302-69; ГОСТ 2.417-78, ОСТ 4.ГО.010.209 и требований других стандартов ЕСКД.

Чертеж ОПП и ДПП имеет наименование "Плата печатная" ему присваивается класс XX7.102... Чертеж ГПК имеет наименование "Кабель печатный гибкий" ему присваивается класс XX6...

Чертеж МПП имеет наименование "Плата многослойная. Сборочный чертеж", ему присваивается класс XX6...

Оформление чертежей на ПП проводят в соответствии с ГОСТ 2.417-78. Чертежи ПП выполняют в масштабе 4:1; 2:1; 1:1, на нем изображают основные проекции с печатными проводниками и отверстиями. Допускается приводить дополнительные виды с частичным изображением рисунка. Чертеж слоя МПП помещают на отдельном листе и проставляют габаритные размеры. Рекомендуемые масштабы 1:1; 2:1; 4:1; 5:1; 10:1.

Выполнение сборочных чертежей разрабатываемых функциональных узлов производится в соответствии с ГОСТ 2.414-72. Сборочный чертеж именуется, например, "Усилитель ВЧ. Сборочный чертеж". Рекомендуемый состав и последовательность записи технических требований сборочного чертежа приведены в ОСТ 4 ГО.010.030.

На чертеже ПП наносят координатную сетку линиями толщиной 0,2... 0,5 мм в соответствии с выбранным шагом и масштабом. Линии координатной сетки относительно нулевой нумеруются через один или несколько шагов (но не более пяти) цифрами. Допускается простановка номеров линий по четырем сторонам чертежа платы. Шаг координатной сетки в прямоугольной системе координат по ГОСТ 10317-79 основной - 2,50 мм, дополнительный - 1,25 и 0,625 мм. За ноль в прямоугольной системе координат на главном виде ПП следует принимать:

- центр крайнего левого нижнего отверстия, находящегося на поле платы, в том числе и технологического;

- левый нижний угол ПП;

- левую нижнюю точку, образованную линиями построения сторон ПП.

Размеры на чертеже ПП должны указываться одним из следующих способов:

- в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-68;

- нанесением координатной сетки в прямоугольной системе координат;

- нанесением координатной сетки в полярной системе координат;

- комбинированным способом с помощью размерных и выносных линий и координатной сетки в прямоугольной или полярной системе координат.

Проводники на чертеже должны изображаться одной линией, являющейся осью симметрии проводника.

Проводники, ширина которых на чертеже менее 2 мм, изображаются сплошной линией, равной двум толщинам контурных линий. Проводники, экраны и другие элементы, ширина которых более 2 мм необходимо штриховать под углом 45°. Проводники шириной более 2,5 мм могут изображаться двумя линиями, если они совпадают с линиями координатной сетки. При изображении проводников рекомендуется по возможности избегать острых углов около контактных площадок.









Контактную площадку под первый вывод многовыводного элемента следует выполнять отличной от остальных.

Те участки на ПП, которые не допускаются занимать проводниками и контактными площадками необходимо обводить штрих пунктирной утолщенной линией. Размеры участков определяются по координатной сетке и должны быть проставлены на чертеже.

Отверстия, близкие по диаметру (например, 0,6 и 0,8 мм или 1,3 и 1,5 мм), рекомендуется изображать окружностью одного диаметра с обязательным показом условного обозначения диаметра отверстия. Рекомендуемые условные обозначения диаметров отверстий приведены в Таблице 2.3. Допускаются другие формы условных обозначений.

Таблица 2.3

Условные обозначения диаметров отверстий




Диаметр, мм	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0
Условное обозначение отверстий								

Диаметр отверстий, его условное обозначение, диаметр контактной площадки, наличие металлизации, количество отверстий рекомендуется объединять в таблицу (см. Таблицу 2.4).

На свободном месте платы следует наносить маркировку (условный шифр или обозначение платы), дату изготовления, штамп ОТК и другие обозначения.

Таблица 2.4

Характеристики отверстий на плате

Условное обозначение отверстия	Диаметр отверстия, мм	Номинальный диаметр контактной площадки, мм	Наличие металлизации в отверстии	Количество отверстий
	0,6 ^{+0,1}	1,2 ^{-0,1}	Есть	20
	1,0 ^{+0,12}	1,6 ^{-0,1}	Есть	130
	5,2A ₅	-	-	4

При маркировке плат руководствуются следующими правилами:

- обозначение номеров и шифров плат, обозначение отверстий или схемных элементов выполнять в соответствии с ГОСТ 2.710-75 шрифтом по НО.010.007;

- маркировать краской по ОСТ 4 ГО.014.002 или краской, устойчивой к воздействию спиртобензиновой смеси или других растворителей. Допускается расположение маркировки, выполняемой краской, на печатных проводниках;

- при выполнении маркировки способом, которым выполняется проводящий рисунок, допускается применение упрощенного шрифта. При этом в технических требованиях чертежа способ маркировки не указывается;

- изображать на плате знак, являющийся ключом платы; им может быть: расположение десятичного номера платы в определенном месте, срезанный угол платы, пропилен в плате и т.д.

Первым пунктом технических требований чертежа указывают способ изготовления ПП. Остальные технические требования группируют и записывают в последовательности, соответствующей указанной в ГОСТ 2.316-68 и ГОСТ 2.417-68.

Пример записи технических требований:

1. Плату изготовить методом ... (указать метод).
2. Плата должна соответствовать ... (указать технические условия).
- 3* размеры для справок.
4. Шаг координатной сетки ... (указать шаг сетки).
5. Неуказанные предельные отклонения размеров между осями двух любых отверстий +/-...(указать величину).

6. Конфигурацию проводников выдерживать по чертежу с отклонением +/- ... мм (указать величину отклонения) с учетом обеспечения необходимых зазоров в узких местах.

7. Места, обведенные штрих пунктирной линией, проводящим рисунком не занимать.

Покрытие (указать покрытие проводящего рисунка).

Маркировать ... (указать вид маркировки), шрифт ... (указать размер шрифта) по НО.010.007.

Электрический контроль платы производить по табл.ХХХ.ХХХ.

Площадь металлизации

Остальные технические требования выполнять в соответствии с ОСТ 4.ГО.070.014.

Таблица 2.5

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Наименование материала	Марка	Толщина		Рабочая температура °С	Область применения
		Фольги, мкм	Материала с фольгой, мм		
Гетинакс фольгированный ГОСТ10316-70	ГФ-1-35	35	1,5;2,0;2,5;3,0	-60 +85	ОПП и ДПП
	ГФ-2-35	35	1,0;1,5;2,0;2,5;3,0		
Стеклотекстолит лит фольгированный ГОСТ 10316-70	СФ-1-35	35	0,8;1,0;1,5;	-60 +120	ОПП и ДПП
	СФ-2-35	50	2,0;2,5;3,0		
	СФ-1-50	50	0,5;1,0;1,5;		
	СФ-2-50	50	2,0;2,5;3,0		
	СФ-1Н-50 СФ-2Н-50	50	0,8;1,0;1,5; 2,0;2,5;3,0		
Стеклотекстолит фольгированный гальваностойкий и теплостойкий ТУ16-503.091-71	СФГ-200-1	35	0,8;1,0;1,5; 2,0	-60... +200	ОПП и ДПП с повышенной нагревостойкостью
	СФГ-200-2	50			
	СФГ-200-1				
	СФГ-200-2				
Стеклотекстолит фольгир. повышенной нагревостойкости ТУ6-05-1776-76	СФПН-1-50 СФПН-2-50	50	0,5;1,0;1,5; 2,0;2,5;3,0	-60... +160	ОПП и ДПП с повышенной нагревостойкос

Практическая работа 2

Исследование основных параметров резисторов

1. Цель работы

Исследование характеристик различных типов резисторов, приобретение навыков работы с измерительными приборами.

2. Основные параметры резисторов

Резисторы - одна из самых распространенных деталей РЭА. Принцип действия резисторов основан на свойстве материала оказывать сопротивление проходящему электрическому току.

Основная функция резистора состоит в регулировании и распределении электрической энергии между цепями и элементами схемы.

1. Величина сопротивления (номинал) $R_{ном}$.
2. Относительное отклонение от номинала (допуск)
 $\delta R = (R_{ном} - R) / R_{ном} \times 100\%$, где
 R – фактическое сопротивление.
3. Номинальная мощность рассеивания $P_{ном}$.
4. Рабочее напряжение U_p .
5. Температурный коэффициент сопротивления ТКС
 $ТКС = (1/R_0) \times (dR/dT)$ [$1/^\circ C$]
6. Уровень собственных шумов $E_{ш}$.
7. Функциональная характеристика для переменных резисторов.
8. Разрешающая способность переменных резисторов
9. Шумы скольжения.

Номинальное сопротивление – электрическое сопротивление, значение которого указывается на резисторе (или указано в нормативной документации) и которое является исходным для отсчета отклонений от этого значения. Диапазон номинальных сопротивлений установлен следующим образом:

- для постоянных сопротивлений – от долей ома до единиц тераом;
- для переменных проволочных – от 0,47 Ом до 1 МОм;
- для переменных непроволочных – от 1 Ом до 10 Мом.

Для постоянных резисторов установлено шесть рядов номинальных значений сопротивлений: E6; E12; E24; E48; E96; E192, а для переменных установлен ряд E6 (допускается использовать ряд E3). Цифра после буквы E указывает число номинальных значений в каждом десятичном интервале.

В таблицах 1, 2 указаны номинальные значения сопротивлений для одной декады. Для перехода на другие декады нужно умножить эти числа на 10^n , где n – целое положительное или отрицательное число.

Для прецизионных и сверхпрецизионных резисторов с допусками $\pm 0,01$; $\pm 0,005$; $\pm 0,002$; $\pm 0,001\%$ номинальные сопротивления устанавливаются из ряда, полученного умножением чисел 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 на 10^n , где n – целое положительное число от 1 до 6.

Для перехода на другие декады нужно умножить эти числа на 10^n , где n – целое положительное или отрицательное число.

Таблица 1.

E3	E6	E12	E24	E3	E6	E12	E24	E3	E6	E12	E24	E3	E6	E12	E24
1,0	1,0	1,0	1,0			1,8	1,8		3,3	3,3	3,3			5,6	5,6
		1,1	1,1			2,0	2,0				3,6			6,2	6,2
		1,2	1,2	2,2	2,2	2,2	2,2			3,9	3,9		6,8	6,8	6,8
		1,3	1,3			2,4	2,4				4,3			7,5	7,5
	1,5	1,5	1,5			2,7	2,7	4,7	4,7	4,7	4,7			8,2	8,2
		1,6	1,6			3,0	3,0				5,1			9,1	9,1

Номинальная мощность рассеивания P_n – максимальная мощность, которую резистор может рассеивать в заданных условиях в течении гарантированного срока службы при сохранении параметров в установленных пределах.

Рабочее напряжение U_p – максимальное допустимое напряжение, при котором резистор работает без изменения своих параметров. Величина рабочего напряжения зависит от конструкции резистора, размера и способа его изготовления.

Температурный коэффициент сопротивления ТКС – это величина, характеризующая относительное изменение сопротивления при изменении температуры. Чем меньше ТКС, тем лучшей температурной стабильностью обладает резистор. Значение ТКС прецизионных резисторов составляет $10^{-2} - 10^{-4}$ [$1/^\circ\text{C}$].

Собственные шумы резистора складываются из тепловых и токовых шумов. Тепловые шумы связаны с флуктуационными изменениями объемной концентрации носителей заряда в резистивном элементе, обусловленными их тепловым движением. Спектр тепловых шумов непрерывный. Тепловой шум зависит от температуры и номинальной величины сопротивления.

Таблица 2.

E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192
100	100	100	162	162	162	261	261	261	422	422	422	681	681	681
		101			164			264			427			690
	102	102		165	165		267	267		432	432		698	698
		104			167			271			437			706
105	105	105	169	169	169	274	274	274	442	442	442	715	715	715
		106			172			277			448			723
	107	107		174	174		280	280		453	453		732	732
		109			176			284			459			741
110	110	110	178	178	178	287	287	287	464	464	464	750	750	750
		111			180			291			470			759

	113	113		182	182		294	294		475	475		768	768
		114			184			298			481			777
115	115	115	187	187	187	301	301	301	487	487	487	787	787	787
		117			189			305			493			796
	118	118		191	191		309	309		499	499		806	806
		120			193			312			503			815
121	121	121	196	196	196	316	316	316	511	511	511	825	825	825
		123			198			320			517			835
	124	124		200	200		324	324		523	523		845	845
		126			203			328			530			856
127	127	127	205	205	205	332	332	332	536	536	536	866	866	866
		129			208			336			542			876
	130	130		210	210		340	340		549	549		887	887
		132			213			344			556			898
133	133	133	215	215	215	348	348	348	562	562	562	909	909	909
		135			218			352			569			920
	137	137		221	221		357	357		578	578		931	931
		138			223			361			583			942
140	140	140	226	226	226	365	365	365	590	590	590	953	953	953
		142			229			370			597			965
	143	143		232	232		374	374		604	604		976	976
		145			234			379			612			988
147	147	147	237	237	237	383	383	383	619	619	619			
		149			240			388			626			
	150	150		243	243		392	392		634	634			
		152			246			397			642			
154	154	154	249	249	249	402	402	402	649	649	649			
		156			252			407			657			
	158	158		255	255		412	412		665	665			
		160			258			417			673			

Токовые шумы обусловлены флуктуациями контактных сопротивлений между проводящими частицами, а также трещинами и неоднородностями резистивного элемента. Токовые шумы зависят от материала и конструкции резистора и наиболее характерны для непроволочных резисторов. Они значительно больше тепловых шумов, их спектр частот также непрерывен и не подчиняется никакому периодическому закону.

Функциональная характеристика для переменных резисторов. Это зависимость сопротивления переменного резистора от положения подвижного контакта. По характеру функциональной зависимости переменные резисторы делятся на линейные – типа А, и нелинейные – типов Б (логарифмическая), В (обратнологарифмическая), И, Е и др.

Разрешающая способность переменных резисторов. Этот параметр показывает, при каком наименьшем изменении угла поворота или перемещении подвижной системы может быть различимо изменение сопротивления резистора.

Шумы скольжения. Это шумы, возникающие в динамическом режиме при движении подвижного контакта. Эти шумы зависят от состояния контактов, скорости перемещения и других причин.

3. Классификация резисторов

1. По назначению.

- Резисторы общего назначения. Эти резисторы изготавливают с диапазоном номинальных сопротивлений от 0,47 до 10^{10} Ом, номинальные мощности рассеяния составляют 0,062-100 Вт.
- Прецизионные резисторы отличаются высокой стабильностью параметров при эксплуатации высокой точностью изготовления (допуск составляет от 0,0005% до 0,5%). Мощности рассеяния таких резисторов не превышают 2 Вт.
- Высокочастотные резисторы. Эти резисторы отличаются малыми значениями собственной индуктивности и емкости
- Высоковольтные резисторы. Эти резисторы имеют диапазон номинальных сопротивлений от десятков мегаом до единиц тераом при рабочих напряжениях 100...400 В. Они работают в ненагруженном режиме и их мощности рассеяния меньше 0,5 Вт
- Резисторы для интегральных схем, которые различают по материалам и технологии изготовления. Можно выделить три большие группы:
 - Тонкопленочные;
 - Толстопленочные;
 - Полупроводниковые.

2. По характеру изменения сопротивления

- Постоянные резисторы имеют фиксированное номинальное значение, которое в процессе эксплуатации меняется только в соответствии с допуском.
- Переменные регулировочные – резисторы, которые изменяют сопротивление при разовой или периодической регулировке и не изменяются в процессе эксплуатации.

3. По типу проводящего элемента

- Проволочные.
- Непроволочные.
- Металлофольговые
- Полупроводниковые.

Проволочные – резистивный элемент из волооченной или литой проволоки с высоким удельным сопротивлением (манганин, нихром, константан и др.)

Непроволочные резисторы имеют небольшие размеры, относительно малое реактивное сопротивление, невысокую стоимость, но при этом обладают невысокой стабильностью.

Непроволочные резисторы можно разделить:

- пленочные;
- объемные;

В пленочных резисторах резистивный элемент представляет собой металлооксидную или металлодиэлектрическую пленку, нанесенную на диэлектрическое основание, выполненное, как правило, в виде стержня.

В объемных резисторах резистивный элемент изготавливается из композиционных материалов и занимает весь объем резистора.

Полупроводниковые резисторы, как правило, нелинейные, т.е для них не выполняется линейная зависимость между током и приложенным напряжением. Эти резисторы используются в аппаратуре автоматики, телемеханики, измерительной техники и индикаторной РЭА. К таким резисторам относятся:

1. Терморезисторы - полупроводниковые резисторы, сопротивление которых меняется в зависимости от температуры. Такие резисторы выполняют из материалов с большим значением ТКС (положительным или отрицательным). К числу таких резисторов относятся медномарганцевые (ММТ) и кобальтомарганцевые (КМТ).

2. Фоторезисторы – полупроводниковые резисторы, сопротивление которых зависит от освещенности. Основным элементом фоторезистора является светочувствительный слой, наносимый на изолирующую подложку (стеклянную). Наибольшее распространение получили сернистосвинцовые, сернистокадмиевые и из сульфида висмута .

3. Варисторы – полупроводниковые резисторы сопротивление которых зависит от приложенного напряжения. Вольтамперная характеристика варистора нелинейна.

4. Условное обозначение резисторов

Постоянные резисторы бывают проволочными (из провода с высоким и стабильным удельным сопротивлением) и непроволочными (с резистивным элементом, например, в виде тонкой пленки из оксида металла, пиролитического углерода и т.д.) Однако на схемах их изображают одинаково – в виде прямоугольника с линиями электрической связи, символизирующими выводы резистора (рисунок 1).

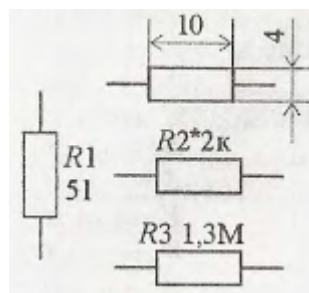


Рисунок 1 - Условное графическое обозначение постоянного резистора

Это условное графическое изображение (УГО) – основа, на которой строятся УГО всех разновидностей резисторов. Указанные на рис. размеры установлены ГОСТ 2.728-74 и их следует соблюдать при вычерчивании схем.

На схемах рядом с УГО резистора (по возможности сверху или справа) указывают его условное буквенно-цифровое позиционное обозначение и номинальное сопротивление. Позиционное обозначение состоит из латинской буквы R и порядкового номера резистора по схеме. На схемах сопротивление от 0 до 999 Ом указывают числом без обозначения единицы измерения (51 Ом → 51), сопротивления от 1 до 999 кОм числом со строчной буквой к (100 кОм → 100 к),

сопротивления от 1 до 999 Мом – числом с прописной буквой М (150 МОм → 150 М).

Если позиционное обозначение резистора помечено звездочкой (резистор R2* на рис. 1), то это означает, что сопротивление указано ориентировочно и при налаживании устройства его необходимо подобрать по определенной методике.

Номинальную рассеиваемую мощность указывают специальными знаками внутри условного графического обозначения (рисунок 2)

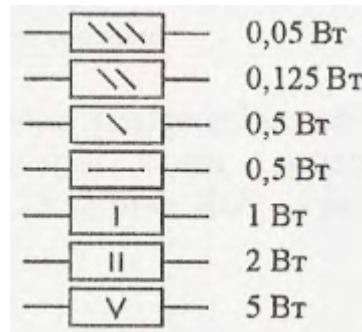


Рисунок 2 - Обозначение номинальной мощности резисторов.

На корпусах некоторых резисторов отечественного производства принята трехсимвольная система обозначений номинального сопротивления, состоящая из букв и цифр. Латинские буквы Е или R обозначают множитель в омах, К – килоомах, М – мегаомах. Примеры обозначения: 68R – 68 Ом, 75K – 75 кОм. Буква используется как запятая при записи числа: K10 – 100 Ом, 4K7 – 4,7 кОм, M15 – 150 кОм, 2M2 – 2,2 МОм.

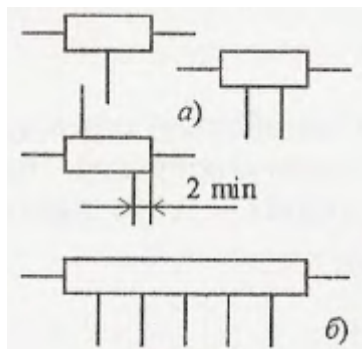


Рисунок 3 - Постоянные резисторы с отводами

Постоянные резисторы могут иметь отводы от резистивного элемента (рисунок 3, а), причем, если необходимо, то символ резистора вытягивают в длину (рисунок 3, б)

Переменные резисторы используют для всевозможных регулировок. Как правило, у такого резистора минимум три вывода: два – от резистивного элемента, определяющего номинальное (а практически - максимальное) сопротивление, и один – от перемещающегося по нему токоъемника – движка. Последний изображают в виде стрелки, перпендикулярной длинной стороне основного условного графического обозначения (рисунок 4, а). Для переменных резисторов в реостатном включении допускается использовать условное графическое изображение рисунок 4, б. Переменные резисторы с дополнительными отвода-

ми обозначаются так, как показано на рисунок 4, в. Отводы у переменных резисторов обозначают так же как и у постоянных.

5. Порядок выполнения работы

1. Определить тип резисторов, установленных на стенде, по варианту указанному преподавателем. Для этого можно воспользоваться справочными материалами.

Преподаватель выдает выбранные резисторы большой мощности (0,5 – 10 Вт) – 3-5 шт., указывает резисторы малой мощности (SMD и выводные) на макетной плате стенда.

По внешнему виду и размерам определяется тип резистора [1, 2], номинальное сопротивление, максимальная рассеиваемая мощность, в справочной литературе определяется рабочее напряжение, ТКС, диапазон температур.

2. Произвести измерение сопротивления каждого резистора с помощью измерительного прибора.

Для измерения сопротивления используется LCR измерительный мост (HM8118 LCR Bridge/Meter), либо мультиметр. HM8118 переводится в режим измерения сопротивления нажатием кнопки R-Q. Измеряемый резистор подключается между зажимами прибора. При измерении сопротивления SMD резисторов на стенде достаточно прикоснуться зажимами к точкам пайки. Измеренная величина вносится в таблицу 1 – фактическое сопротивление.

3. Сравнить полученный результат с указанным на резисторе и вычислить отклонение (абсолютное и относительное).

Результаты исследования постоянных резисторов занести в таблицу 1.

Таблица 1.

№ п/п	Тип резистора	Сопротивление, Ом		Допуск (номинальное отклонение), %	Факт. отклонение		Мощность рассеяния, P , Вт	Рабочее напряжение U , В	Диапазон рабочих температур
		Номинальное	Фактическое		абсолютное	относительное, %			
1									
2									
3									
4									
5									

4. Осмотреть внешний вид и маркировку переменных резисторов, выбранных преподавателем (2-3 шт.). С помощью справочной литературы определить номинальную мощность, номинальное сопротивление, вид функциональной характеристики.

5. Измерить с помощью измерительного моста НМ8118 полное сопротивление переменного резистора. Для этого подключить зажимы к крайним выводам переменного резистора. Результат записать в таблицу 2.
6. Подключив измерительный прибор к одному из крайних и центральному выводам, снять зависимость сопротивления от перемещения ручки переменного резистора (в четырех точках) Результат занести в таблицу 2.

Таблица 2.

№ п/п	Тип резистора	Номинал, Ом		Изменение сопротивления от угла поворота ручки резистора				Р ном	U р	Т раб	Функц. хар-ка
		ТУ	Факт.	R_1	R_2	R_3	R_4				
1											
2											

Оформить отчет о проделанной работе.

6. Контрольные вопросы

1. Классификация резисторов по конструкции.
2. Что такое резисторы общего назначения и специального назначения.
3. Перечислите основные параметры резисторов.
4. Параметры переменных резисторов.
5. Чем определяются шумы резистора.
6. Полупроводниковые резисторы.
7. Непроволочные резисторы. Основные типы.

Исследование основных параметров электрических конденсаторов

1. Цель работы

Исследование характеристик различных типов конденсаторов, приобретение навыков работы с измерительными приборами.

В лабораторной работе используется измерительный прибор LCR- измерительный мост (HM8118 LCR Bridge/Meter), стенд – макетная плата с набором малогабаритных и безвыводных конденсаторов, и отдельный набор конденсаторов разных типов.

Принцип действия конденсаторов основан на способности накапливать электрические заряды на металлических обкладках при приложении к ним напряжения. Количественной мерой способности накапливать заряды является емкость конденсатора. В простейшем случае конденсатор представляет собой две металлические пластины, разделенные слоем диэлектрика. Емкость такого конденсатора, пФ

$$C = 0,0885 \frac{\varepsilon \cdot S}{d}$$

где ε – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика ($\varepsilon > 1$);
 S – площадь обкладок конденсатора, см²;
 d – расстояния между обкладками, см.

2. Классификация конденсаторов

Конденсаторы, применяемые в радиотехнической, измерительной и электронной аппаратуре, делятся на пять подклассов: постоянной емкости (К), подстроечные (КТ), переменной емкости (КП), нелинейные (КН), конденсаторные сборки (КС) (рисунок 4). Конденсаторы переменной емкости ввиду специфики их применения наименее стандартизированы и в данной классификации не рассматриваются.

Различают конденсаторы по рабочим напряжениям: низковольтные (до 1600 В) и высоковольтные (свыше 1600 В).

При заданном типе диэлектрика конденсаторы классифицируют по режиму работы, для которого они предназначены. Различают следующие основные режимы: при постоянном или выпрямленном напряжении; при переменном напряжении частоты 50 Гц, при звуковых частотах 100-10000 Гц; при радиочастотах 0,1-100 МГц; в импульсных режимах. При выборе конденсаторов для работы на переменном или импульсном напряжении необходимо учитывать потери энергии в нем. Различают конденсаторы с большими и малыми потерями.

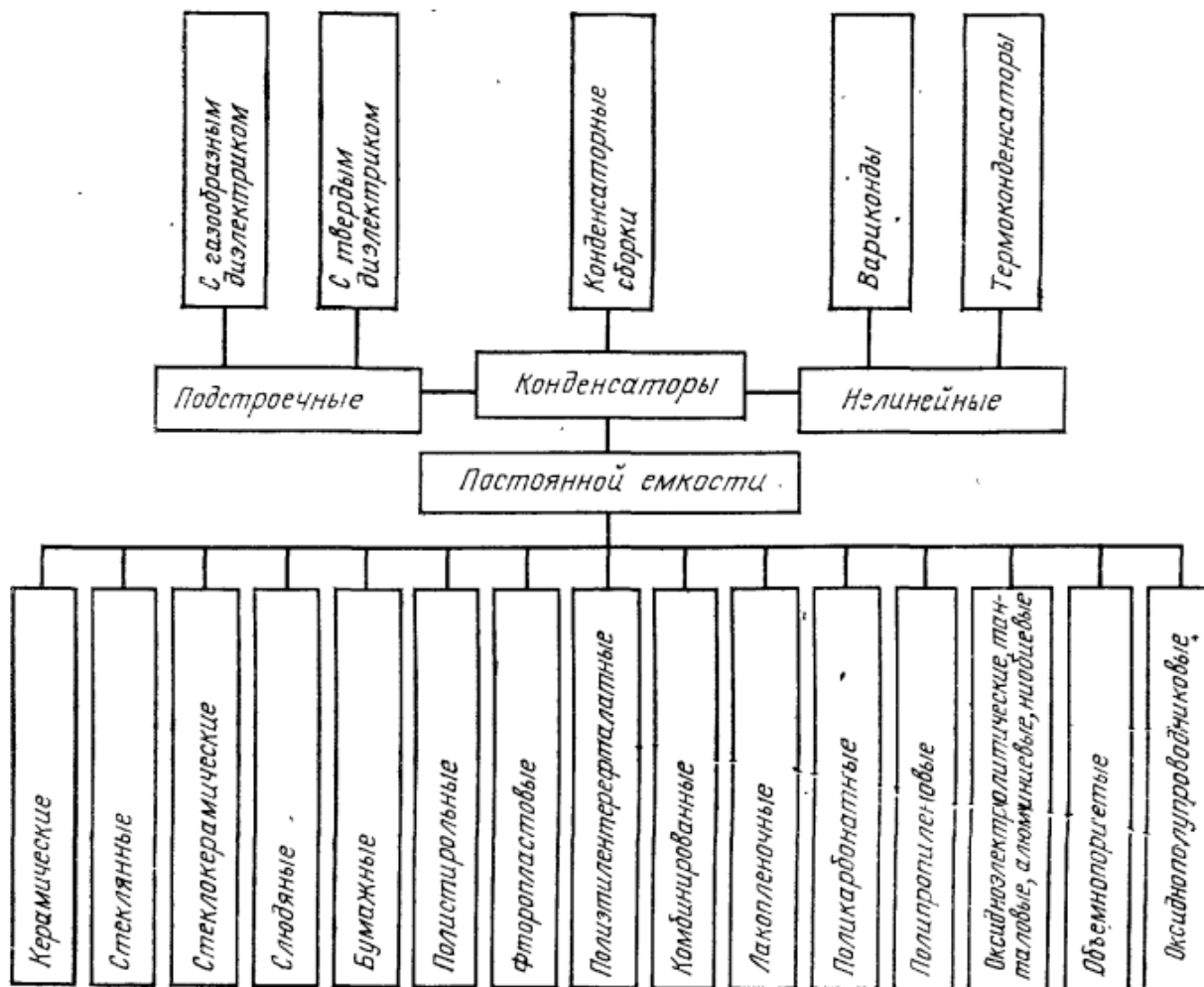


Рисунок 4 - Классификация конденсаторов.

По конструктивному оформлению конденсаторы делят на герметизированные и негерметизированные, постоянные и переменные, для навесного и печатного монтажа, для работы с микросхемами.

Маркировка конденсаторов составляется из условного обозначения подкласса, условного обозначения группы конденсаторов по виду диэлектрика и порядкового номера разработки, который отделяется от остальных индексов чертой. Например, конденсатор керамический, на напряжения ниже 1600 В, седьмая разработка, обозначается К10-7.

По данной системе обозначений можно различать конденсаторы, разработанные после 1960 г. Ране разработанные типы, которые не все еще вышли из употребления, имели буквенные обозначения: первая буква К указывает, что это конденсатор, вторая – тип диэлектрика (Б – бумажный, С – слюдяной, П – пленочный и т.д.), третья – особенности конструкции (например Г – герметизированный). Позднее для упрощения отказались применять первую букву К и обозначения выглядели, например, так: МБГТ – металлобумажный герметизированный теплостойкий, или ФГТИ – фторопластовый герметизированный теплостойкий в изолированном корпусе.

3. Условное обозначение конденсаторов

Общие условные графические обозначения конденсаторов постоянной емкости приведены на рисунке 2 и их определяет соответствующий ГОСТ [1].

Номинальное напряжение конденсаторов (кроме так называемых оксидных) на схемах, как правило, не указывают. Только в некоторых случаях, например, в схемах цепей высокого напряжения рядом с обозначением номинальной емкости можно указывать и номинальное напряжение (рисунок 2 а, С4.)

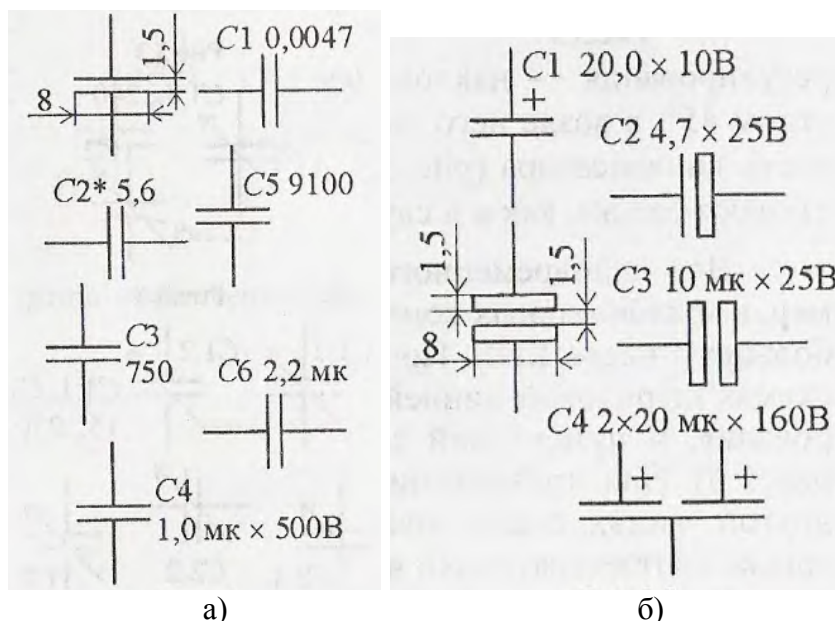


Рисунок 5 - Общее условное графическое обозначение постоянных конденсаторов.

Для оксидных же конденсаторов (старое название электролитические) и особенно на принципиальных схемах бытовых радиоэлектронных устройств это давно стало практически обязательным (рисунок 5, б).

подавляющее большинство оксидных конденсаторов – полярные, поэтому включать их в электрическую цепь можно только с соблюдением полярности. Чтобы показать это на схеме, у символа положительной обкладки такого конденсатора ставят знак «+». Обозначение С1 на рисунке 5, б – общее обозначение поляризованного конденсатора. Иногда используется другое изображение обкладок конденсатора (см. рисунок 5, б, С2, С3).

С технологическими целями или при необходимости уменьшения габаритов некоторых случаях в один корпус помещают два конденсатора, но выводов делают только три (один из них – общий). Условное графическое обозначение сдвоенного конденсатора наглядно передает эту идею (рисунок 5, б, С4).

Для развязки цепей питания высокочастотных устройств по переменному току применяют так называемые проходные конденсаторы. У них тоже три вывода: два от одной обкладки («вход» и «выход»), а третий (чаще в виде винта) – от другой, наружной, которую соединяют с экраном или заворачивают в шасси. Эту особенность конструкции отражает условное графическое обозначение такого конденсатора (рисунок 6). Наружную обкладку обозначают короткой дугой, а также одним (С2) или двумя (С3) отрезками прямых линий с выводами от сере-

дины. Условное графическое обозначение с позиционным обозначением С3 используют при изображении конденсатора в стенке экрана. С той же целью, что и проходные, применяют опорные конденсаторы. Обкладку, соединяемую с корпусом, выделяют в обозначении такого конденсатора тремя наклонными линиями, символизирующими «заземление» (рисунок 6, С4)

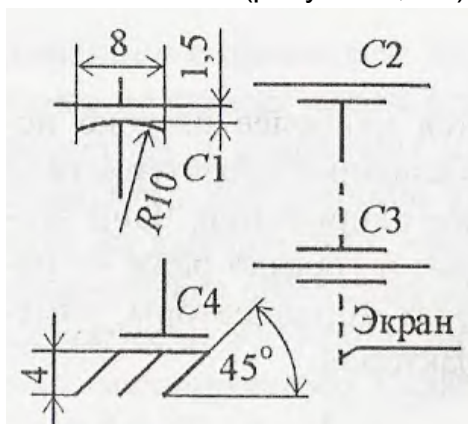


Рисунок 6 - Проходные и опорные конденсаторы

Конденсаторы переменной емкости (КПЕ) предназначены для оперативной регулировки и состоят обычно из статора и ротора. Такие конденсаторы широко использовались, например, для изменения частоты настройки радиовещательных приемников. Как говорит само название, они допускают многократную регулировку емкости в широких пределах. Это их свойство показывают на схемах знаком регулирования – наклонной стрелкой, пересекающей базовый символ под углом 45° , а возле него часто указывают минимальную и максимальную емкости конденсатора. Если необходимо обозначить ротор КПЕ, поступают также, как и в случае проходного конденсатора (см. рисунок 7).

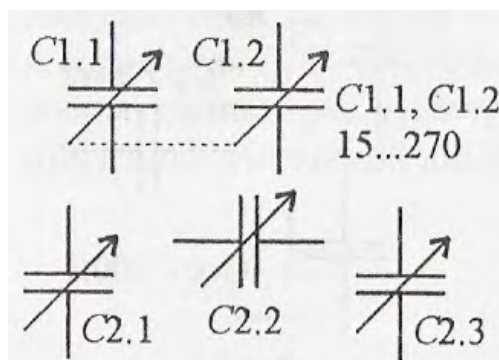


Рисунок 7 - Конденсаторы переменной емкости.

Для одновременного изменения емкости в нескольких цепях (например в колебательных контурах) используют блоки, состоящие из двух, трех и большего числа КПЕ. Принадлежность КПЕ к одному блоку показывают на схемах штриховой линией механической связи, соединяющей знаки регулирования, и нумерацией секций (через точку в позиционном обозначении, рисунок 7) При изображении КПЕ блока в разных, далеко отстоящих друг от друга частях схемы механическую связь не показывают, ограничиваясь только соответствующей нумерацией секций (см. рисунок 7, С2.1, С2.2, С2.3).

Разновидность КПЕ – подстроечные конденсаторы. Конструктивно они выполнены так, что их емкость можно изменять только с помощью инструмента (чаще всего отвертки). В условном графическом обозначении это показывают

знаком подстроечного регулирования – наклонной линией со штрихом на конце (рис. 5). Ротор подстроечного конденсатора обозначают, если необходимо, дугой (см. рисунок 8. C3, C4).

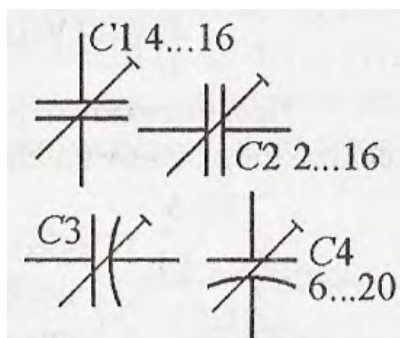


Рисунок 8 - Подстроечные конденсаторы.

Саморегулируемые конденсаторы (или нелинейные) обладают способностью изменять емкость под действием внешних факторов. В радиоэлектронных устройствах частот применяют вариконды. Их емкость зависит от приложенного к обкладкам напряжения. Буквенный код варикондов – CU, УГО в этом случае – базовый символ конденсатора, перечеркнутый знаком нелинейного саморегулирования с латинской буквой U (рисунок 9, конденсатор CU1)

Аналогично построено УГО термоконденсаторов. Буквенный код этой разновидности конденсаторов – СК (рис. 9, конденсатор СК2). Температура среды, естественно, обозначается символом t° .

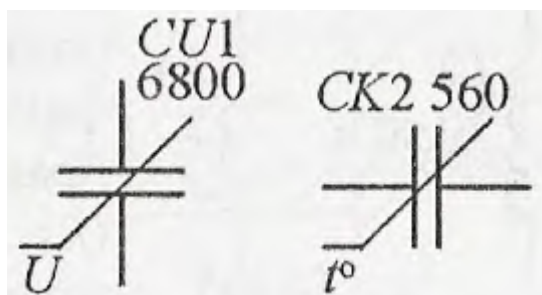


Рисунок 9 - Нелинейные конденсаторы.

4. Порядок выполнения работы

1. Преподаватель выдает выбранные конденсаторы – 3-5 шт., указывает малогабаритные и безвыводные конденсаторы (SMD) на макетной плате стенда.

По внешнему виду и размерам определяется тип конденсатора [1, 2], номинальная емкость, максимальное рабочее напряжение, в справочной литературе определяется ТКС, диапазон температур, допуск.

2. Произвести измерение номинальной емкости каждого конденсатора с помощью измерительного прибора.

Для измерения емкости используется LCR измерительный мост (HM8118 LCR Bridge/Meter), либо мультиметр. HM8118 переводится в режим измерения емкости нажатием кнопки C-D, или C-R. Измеряемый конденсатор подключает-

ся между зажимами прибора. При измерении емкости SMD конденсаторов на стенде достаточно прикоснуться зажимами к точкам пайки.

3. Сравнить полученный результат с указанным на конденсаторе (кроме SMD) и вычислить отклонение (абсолютное и относительное).

Результаты исследования постоянных резисторов занести в таблицу 3.

Таблица 3.

№ п/ п	Тип кон-ден-сато-ра	Номинал, (пФ, нФ, мкФ)		Допуск, %		Рабо- чее на- пряже- ние U р, В	ТКЕ	Диапазон рабочих темпера- тур
		ТУ	Факт.	ТУ	Факт.			
1								
2								
3								
4								
5								

4. Осмотреть внешний вид и маркировку электролитических конденсаторов, выбранных преподавателем (3-5 шт.). С помощью справочной литературы и по внешнему виду и маркировке определить номинальное рабочее напряжение, номинальную емкость, диапазон температур.

5. Измерить с помощью измерительного моста НМ8118 емкость и внутреннее последовательное сопротивление (ESR) электролитического конденсатора (кнопка C-R). Для этого подключить зажимы к выводам конденсатора. Результат записать в таблицу 4.

Таблица 4.

№ п/ п	Тип элек-тролити-ческого конден-сато-ра	Номинал, (мкФ)		Допуск, %		Рабо- чее на- пряже- ние U р, В	ESR, Ом	Диапазон рабочих темпера- тур
		ТУ	Факт.	ТУ	Факт.			
1								
2								
3								
4								
5								

6. Оформить отчет о проделанной работе.

5. Контрольные вопросы

1. Классификация конденсаторов.

2. Условные графические обозначения конденсаторов.
3. Перечислите основные параметры конденсаторов.
4. Нелинейные конденсаторы.
5. Области применения конденсаторов различных типов.
6. Электролитические конденсаторы, их конструкция, основные параметры.

Практическая работа № 3

Тема: Классификация и маркировка диодов, транзисторов

Под диодом обычно понимают электровакуумные или полупроводниковые приборы, которые пропускают переменный электрический ток только в одном направлении и имеют два контакта для включения в электрическую цепь. Односторонняя проводимость диода является его основным свойством. Это свойство и определяет назначение диода:

- преобразование высокочастотных модулированных колебаний в токи звуковой частоты (детектирование);
- выпрямление переменного тока в постоянный.

Под детектированием понимают еще кроме этого обнаружение сигнала.

Классификация диодов

По исходному полупроводниковому материалу диоды делят на четыре группы:

- германиевые,
- кремниевые,
- из арсенида галлия,
- из фосфида индия.

Германиевые диоды используются широко в транзисторных приемниках, так как имеют выше коэффициент передачи, чем **кремниевые**.

Это связано с их большей проводимостью при небольшом напряжении (около 0,1...0,2 В) сигнала высокой частоты на входе детектора и сравнительно малом сопротивлении нагрузки (5...30 кОм).

По конструктивно-технологическому признаку различают диоды:

- точечные,
- плоскостные.

По назначению полупроводниковые диоды делят на следующие основные группы:

- выпрямительные,
- универсальные,
- импульсные,
- варикапы,
- стабилитроны (опорные диоды),
- стабисторы,
- туннельные диоды,

- обращенные диоды,
- лавинно-пролетные (ЛПД),
- тиристоры,
- фотодиоды, с
- ветодиоды и оптроны.

Диоды характеризуются такими **основными электрическими параметрами**:

- током, проходящим через диод в прямом направлении (прямой ток $I_{пр}$);
- током, проходящим через диод в обратном направлении (обратный ток $I_{обр}$);
- наибольшим допустимым выпрямленным ТОКОМ $I_{выпр.макс}$;
- наибольшим допустимым прямым током $I_{пр.доп.}$;
- прямым напряжением $U_{пр}$;
- обратным напряжением $U_{обр}$;
- наибольшим допустимым обратным напряжением $U_{обр.макс}$
- емкостью C_d между выводами диода;
- габаритами и диапазоном рабочих температур.

Старая система обозначений

В соответствии с системой обозначений, разработанной до 1964 г., сокращенное обозначение диодов состояло из **двух или трех элементов**.

Первый элемент буквенный, Д — диод.

Второй элемент — номер, соответствующий типу диода: 1...100 — точечные германиевые, 101...200 — точечные кремниевые, 201...300 — плоскостные кремниевые, 801...900 — стабилитроны, 901...950 — варикапы, 1001...1100 — выпрямительные столбы. **Третий элемент** — буква, указывающая разновидность прибора. Этот элемент может отсутствовать, если разновидностей диода нет.

В настоящее время существует система обозначений, соответствующая ГОСТ 10862-72. В новой, как и в старой системе, принято следующее разделение на группы по предельной (граничной) частоте усиления (передачи тока) на:

- низкочастотные НЧ (до 3 МГц),
- средней частоты СЧ (от 3 до 30 МГц),
- высокочастотные ВЧ (свыше 30 МГц),
- сверхвысокочастотные СВЧ;

По рассеиваемой мощности:

- маломощные (до 0,3 Вт),
- средней мощности (от 0,3 до 1,5 Вт),
- большой (свыше 1,5 Вт) мощности.

Новая система обозначений

Новая система маркировки диодов более совершенна. Она состоит из четырех элементов.

Первый элемент (буква или цифра) указывает исходный полупроводниковый материал, из которого изготовлен диод: Г или 1 — *германий** К или 2 — *кремний*, А или 3 — *арсенид галлия*, И или 4 — *фосфид индия*.

Второй элемент — буква, показывающая класс или группу диода.

Третий элемент — число, определяющее назначение или электрические свойства диода.

Четвертый элемент указывает порядковый номер технологической разработки диода и обозначается от А до Я.

Например:

- диод КД202А расшифровывается: К — материал, кремний, Д — диод выпрямительный, 202 — назначение и номер разработки, А — разновидность;
- 2С920 — кремниевый стабилитрон большой мощности разновидности типа А;
- АИ301Б — арсенид галлиевый туннельный диод переключающей разновидности типа Б.

Иногда встречаются диоды, обозначенные по устаревшим системам: ДГ-Ц21, Д7А, Д226Б, Д18. Диоды Д7 отличаются от диодов ДГ-Ц цельнометаллической конструкцией корпуса, вследствие чего они надежнее работают во влажной атмосфере.

Германиевые диоды типа ДГ-Ц21...ДГ-Ц27 и близкие к ним по характеристикам диоды Д7А...Д7Ж обычно используют в выпрямителях для питания радиоаппаратуры от сети переменного тока.

В условное обозначение диода не всегда входят некоторые технические данные, поэтому их необходимо искать в справочниках по полупроводниковым приборам.

Одним из исключений является обозначение для некоторых диодов с буквами КС или цифрой вместо К (например, 2С) — кремниевые стабилитроны и стабисторы.

После этих обозначений стоит три цифры, если это первые цифры: 1 или 4, то взяв последние две цифры и разделив их на 10 получим напряжение стабилизации $U_{ст}$.

Например:

- КС107А — стабилстор, $U_{ст} = 0,7$ В,
- 2С133А — стабилитрон, $U_{ст} = 3,3$ В.

Если первая цифра 2 или 5, то последние две цифры показывают $U_{ст}$, например:

- КС 213Б — $U_{ст} = 13$ В,
- 2С 291А — $U_{ст} = 91$ В.

Если цифра 6, то к последним двум цифрам нужно прибавить 100 В, например: КС 680А - $U_{ст} = 180$ В.

Маркировка диодов

На корпусе диода обычно указывают материал полупроводника, из которого он изготовлен (буква или цифра), тип (буква), назначение или электрические свойства прибора (цифра), букву, соответствующую разновидности прибора, и дату изготовления, а также его условное обозначение.

Условное обозначение диода (анод и катод) указывает, как нужно подключать диод на платах устройств. Диод имеет два вывода, один из которых катод (минус), а другой — анод (плюс).

Условное графическое изображение на корпусе диода наносится в виде стрелки, указывающей прямое направление, если стрелки нет, то ставится знак «+».

На плоских выводах некоторых диодов (например, серии Д2) прямо выштамповано условное обозначение диода и его тип. При нанесении цветового кода, цветную метку, точку или полоску наносят ближе к аноду (рис. 1).

Для некоторых типов диодов используется цветная маркировка в виде точек и полосок (табл. 1). Диоды старых типов, в частности точечные, выпускались в стеклянном оформлении и маркировались буквой «Д» с добавлением цифры и буквы, обозначающих подтип прибора. Германиево-индиевые плоскостные диоды имели обозначение «Д7».

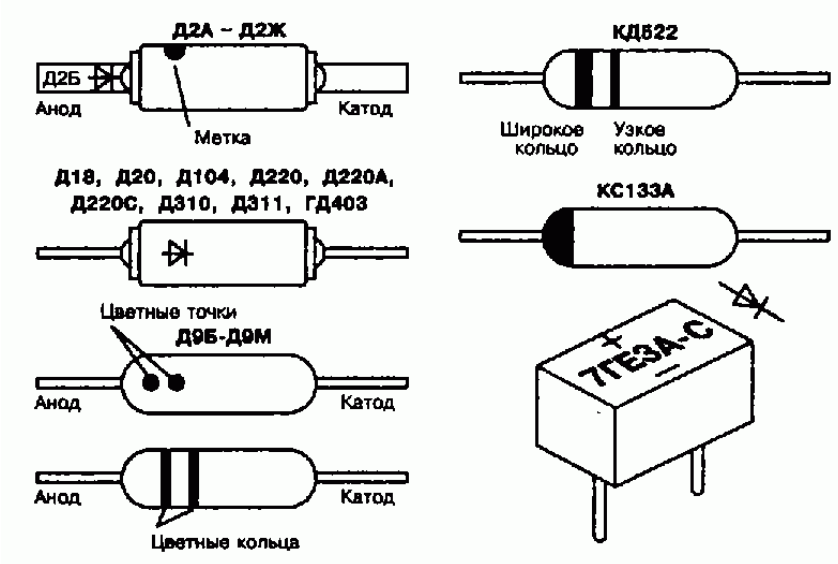


Рис. 1. Нанесение цветового кода на диоды.

Таблица 1 Цветовая маркировка полупроводниковых диодов.

Тип диода	Цвет кольца (к), точки (т)	
	со стороны катоде (в середине корпуса)	со стороны анода
Д2Б		Белая т.
Д2В		Оранжевая т
Д2Д		Голубая т.
Д2Е		Зеленая т.
Д2Ж		Черная т.
Д2И		Красная т.
Д9Б	Красная т.	Красная т.
Д9В	Оранжевая т.	
Д9Г	Желтая т.	
Д9Д	Белая т.	
Д9Е	Голубая т.	
Д9Ж	Зеленая и голубая т.	

Д9И	Две желтые т.	
Д9К	Две белые т.	
Д9Л	Две зеленые т.	
КД102А	Желтая т.	Зеленая т.
КД102Б	Оранжевая т.	Синяя т.
КД103А		Синяя т.
КД103Б		Желтая т.
КД105А		Зеленая т.
КД105Б	Белая или желтая полоса на торце корпуса	Красная т.
КД105В		Белая или желтая т.
КД105Г		
КД106		
КД209А*		Белая т.
КД209Б	Метка черного, зеленого или желтого цвета	Черная т.
КД209В		Зеленая т.
КД209Г		

* Цвет корпуса коричневый.

Тип	Цвет кольца (к), точки (т)	
	диода	со стороны катода (в середине корпуса}
КД226А		Оранжевое к.

КД226Б		Красное к.
КД226В		Зеленое к.
КД226Г		Желтое к.
КД226Д		Белое к.
КД226Е		Голубое к.
КД243А	Фиолетовое к.	
КД243Б	Оранжевое к.	
КД243В	Красное к.	
КД243Г	Зеленое к.	
КД243Д	Желтое к.	
КД243Е	Белое к.	
КД243Ж	Голубое к.	
КД510А	Одно широкое и два узких зеленых к.	
2Д510А	Одно широкое и одно узкое зеленое к.	
КД521А		1 шир + 2 узкие
КД521Б		Синие полосы
КД521В		Желтые полосы
КД522А	Одно узкое черное к.	Одно широкое
КД522Б	Два узких черных к.	Черное кольцо
КД522В	Три узких черных к.	+ тип диода

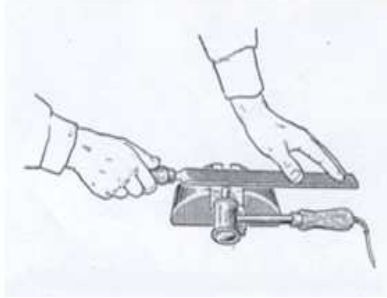

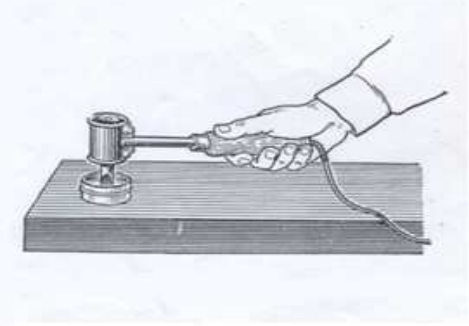
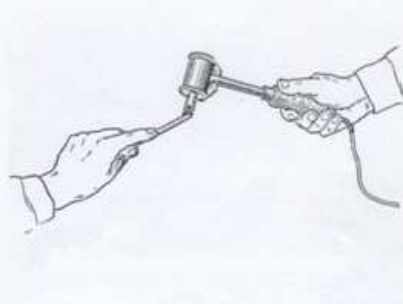
Практическое занятие

Тема: Подготовка электропаяльника к работе. Подготовка детали к работе

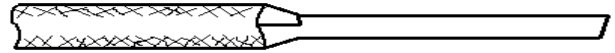
Цель: Освоить порядок и последовательность выполнения приёмов по подготовке электропаяльника и заготовок к работе.

Инструмент: Электрический паяльник, напильник, нож

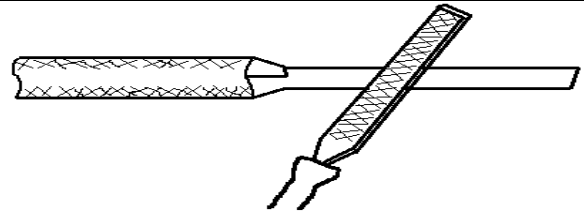
Последовательность выполнения:

Описание операции	Действие
1. Зачистить жало паяльника при помощи напильника.	
2. Установить паяльник на подставку. Включить в сеть.	
3. Разогреть жало до температуры, позволяющей нанести флюс (канифоль) на жало паяльника. Покрыть жало паяльника флюсом (канифолью).	
4. Разогреть жало до температуры плавления припоя. Покрыть жало паяльника припоем.	

5. Взять два куска одножильного однопроволочного медного провода длиной 80 мм и сечением 2,5 мм в кв. Снять изоляцию монтажным ножом на всей длине куска провода (80 мм)



6. Выровнять кусок провода с помощью напильника путём катания



7. Зачистить куски провода до металлического блеска монтажным ножом по всей длине



Практическое занятие №5

Тема: Лужение концов деталей

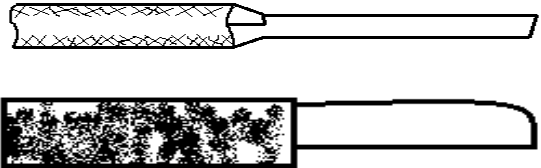
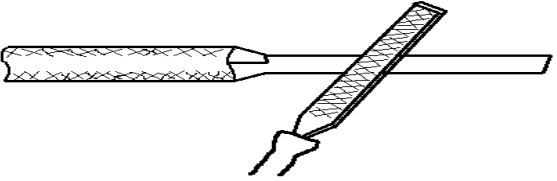
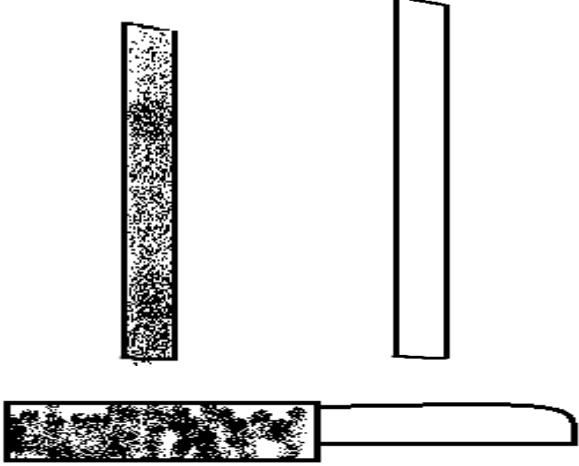
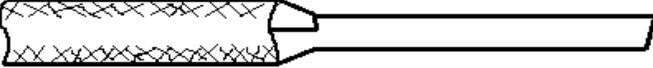

Цель: Научиться выполнять лужение концов деталей

Инструменты: Электропаяльник, напильник, зажим, нож

Материалы: Провод медный, канифоль, припой ПОС-90

Последовательность выполнения:

Упражнение: Лужение концов деталей

Указания и пояснения	Эскиз
<p>Взять два куска медного провода длиной 80 мм и сечением 2,5 мм в кв. Снять изоляцию монтажным ножом на всей длине куска провода (80 мм)</p>	
<p>Выровнять кусок провода с помощью напильника путём катания</p>	
<p>Зачистить куски провода до металлического блеска монтажным ножом по всей длине</p>	
<p>Нанести канифоль на куски провода, не нагревая их.</p>	
<p>Нагревая деталь жалом паяльника, перенести припой с паяльника на провод, равномерно распределяя по всей длине</p>	

Практическое занятие

Тема: Лужение деталей

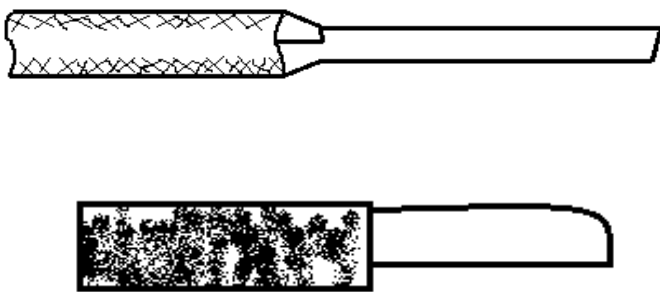
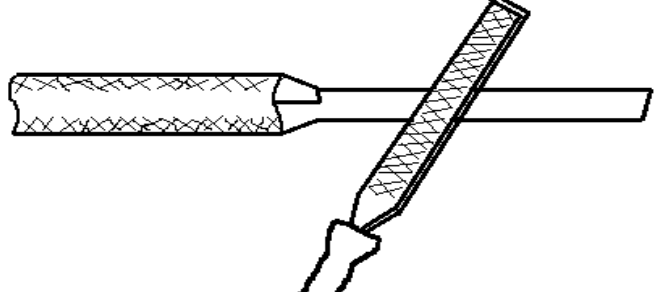
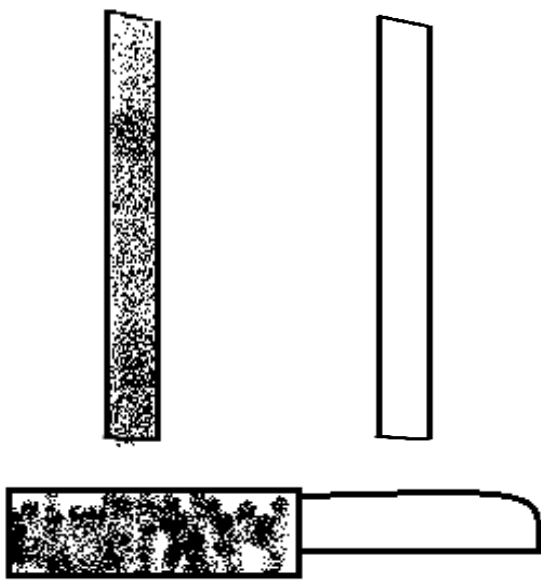
Цель: Научиться выполнять лужение деталей

Инструменты: Электропаяльник, напильник, зажим, нож

Материалы: Провод медный, канифоль, припой ПОС-90

Последовательность выполнения:

Упражнение: Лужение деталей

Указания и пояснения	Эскиз
<p>Взять два куска медного провода длиной 80 мм и сечением 2,5 мм в кв. Снять изоляцию монтажным ножом на всей длине куска провода (80 мм)</p>	
<p>Выровнять кусок провода с помощью напильника путём катания</p>	
<p>Зачистить куски провода до металлического блеска монтажным ножом по всей длине</p>	

Нанести канифоль на куски провода, не нагревая их.

Нагревая деталь жалом паяльника, перенести припой с паяльника на провод, равномерно распределяя по всей длине

Требование: припой должен располагаться на детали равномерно по всей длине без наплывов и кусочков канифоли



Практическое занятие

Тема: Соединение деталей с помощью пайки методом «крест»

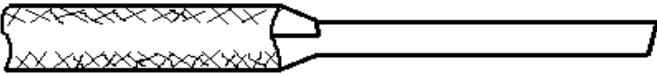
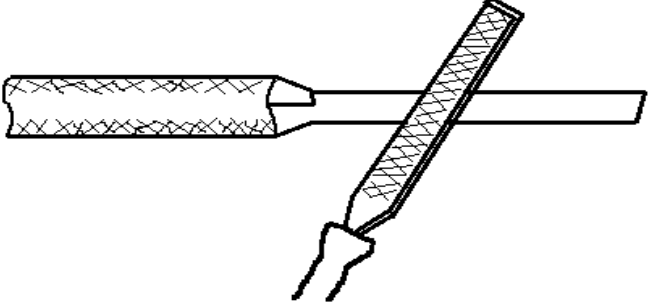
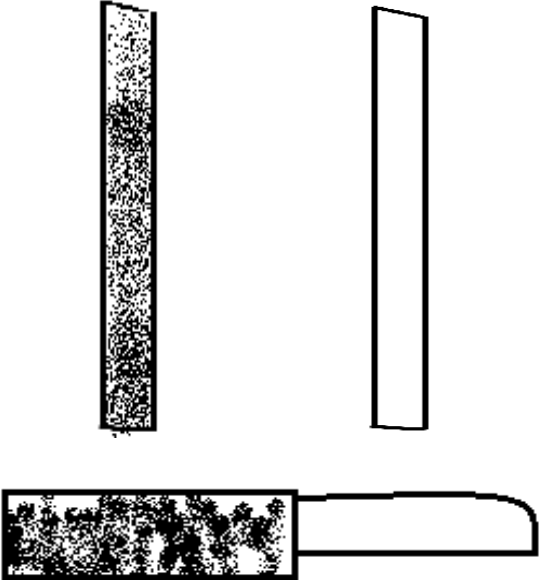
Цель: Научиться выполнять соединение деталей с помощью пайки методом «крест»


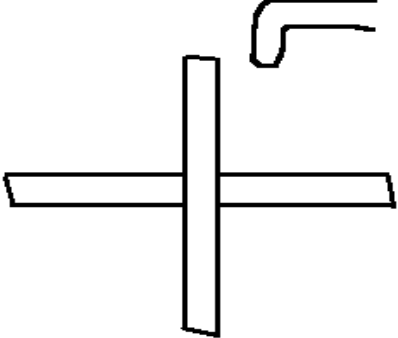
Инструменты: Электропаяльник, напильник, зажим, нож

Материалы: Провод медный, канифоль, припой ПОС-90

Последовательность выполнения:

Упражнение: Соединение деталей с помощью пайки методом «крест»

Действие	Рисунок
<p>Взять два куска медного провода длиной 80 мм и сечением 2,5 мм в кв. Снять изоляцию монтажным ножом на всей длине куска провода (80 мм)</p>	 A technical drawing of a wire. The left end is covered in a cross-hatched pattern representing insulation. The right end is a smooth, tapered wire.
<p>Выровнять кусок провода с помощью напильника путём катания</p>	 A technical drawing showing a wire being straightened. A file is shown in contact with the wire, which is being rolled back and forth. The wire has a cross-hatched section on the left and a smooth section on the right.
<p>Зачистить куски провода до металлического блеска монтажным ножом по всей длине</p>	 A technical drawing showing two wires. The top wire is shown in two parts: a vertical section with a cross-hatched texture representing the wire being cleaned, and a vertical section that is smooth. Below this, a horizontal wire is shown with a cross-hatched section on the left and a smooth section on the right, representing the final cleaned state.

<p>Нанести канифоль на куски провода, не нагревая их. Нагревая деталь жалом паяльника, перенести припой с паяльника на провод, равномерно распределяя по всей длине</p>	 A diagram showing a horizontal wire with a slightly irregular end on the right. Above the wire, there is a bent component consisting of a horizontal line that turns 90 degrees downwards and then 90 degrees to the left, forming an L-shape.
<p>Подготовленные детали соединить в форму «крест» с помощью паяльника. Припой должен быть расположен равномерно со всех сторон соединения</p>	 A diagram showing two wires intersecting at their centers to form a cross shape. One wire is horizontal and the other is vertical. Above the intersection, there is a bent component similar to the one in the first diagram, consisting of a horizontal line that turns 90 degrees downwards and then 90 degrees to the left.

Практическое занятие

Тема: Соединение деталей с помощью пайки параллельно

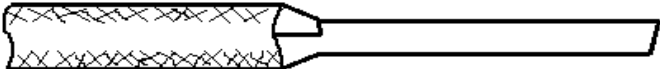
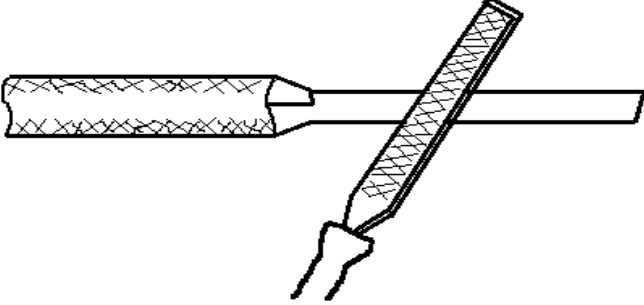
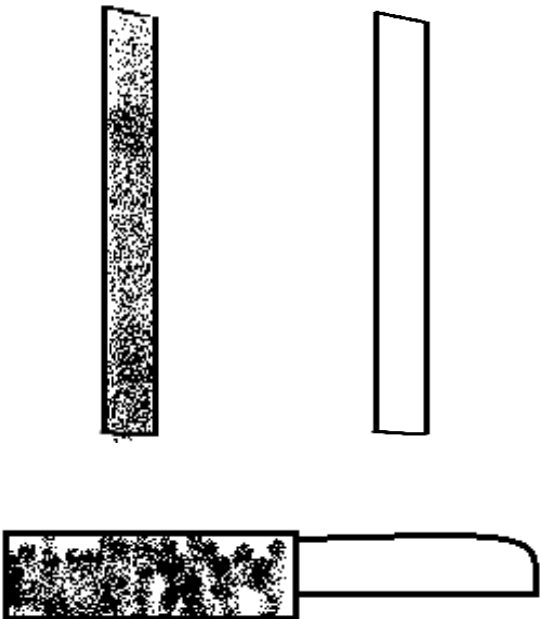
Цель: Научиться выполнять соединение деталей с помощью пайки параллельно

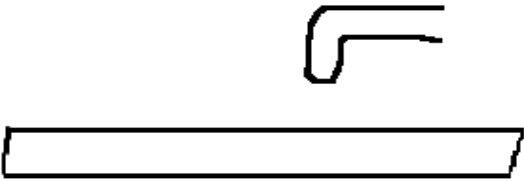
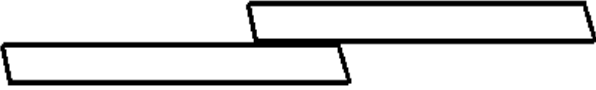

Инструменты: Электропаяльник, напильник, зажим, нож

Материалы: Провод медный, канифоль, припой ПОС-90

Последовательность выполнения:

Упражнение: Соединение деталей с помощью пайки параллельно

Действие	Рисунок
<p>Взять два куска медного провода длиной 80 мм и сечением 2,5 мм в кв. Снять изоляцию монтажным ножом на всей длине куска провода</p>	
<p>Выровнять кусок провода с помощью напильника путём катания</p>	
<p>Зачистить куски провода до металлического блеска монтажным ножом</p>	

<p>Выполнить лужение всех деталей на всей длине</p>	
<p>Наложить зачищенные куски провода параллельно концами друг к другу. * Соединение концов проводов должно быть равно 15-20 мм</p>	
<p>Перенести припой с паяльника на место соединения. С помощью канифоли разровнять место спая. Требование: место соединения должно иметь минимальное количество припоя</p>	

Практическое занятие

Тема: Соединение деталей с помощью пайки в решётку

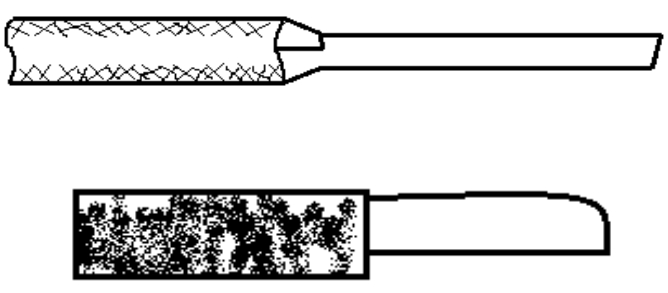
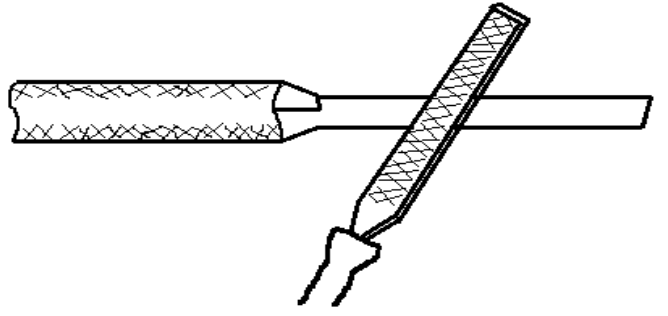
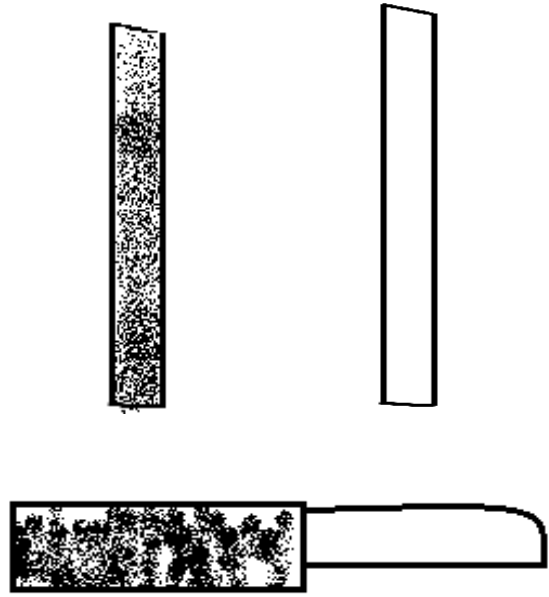
Цель: Научиться выполнять соединение деталей с помощью пайки в решётку

Инструменты: Электропаяльник, напильник, зажим, нож

Материалы: Провод медный, канифоль, припой ПОС-90

Последовательность выполнения:

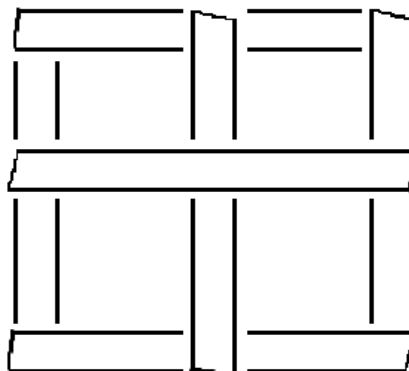
Упражнение: Соединение деталей с помощью пайки в решётку

Действие	Рисунок
Взять 6 кусков медного провода длиной по 80 мм. Снять изоляцию монтажным ножом на всей длине куска провода	
Выровнять куски провода с помощью напильника путём катания	
Зачистить куски провода до металлического блеска монтажным ножом	

Нанести канифоль на куски провода, не нагревая их, а затем перенести припой с паяльника на провод



Соединить куски проводов в решетку (три на три) с помощью паяльника.
*Торец каждого прутика должен выступать за край детали не менее чем на 10 мм
С помощью канифоли разровнять место спая



Практическое занятие

Тема: Соединение деталей с помощью пайки в кубик


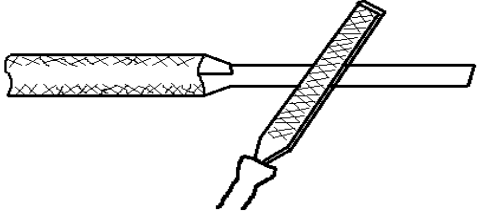
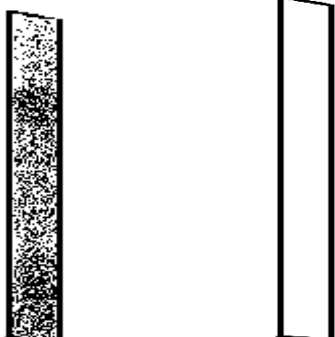
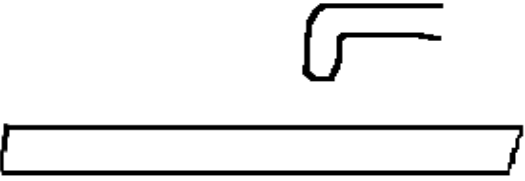
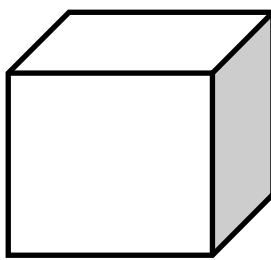
Цель: Научиться выполнять соединение деталей с помощью пайки в кубик

Инструменты: Электропаяльник, напильник, зажим, нож

Материалы: Провод медный, канифоль, припой ПОС-90

Последовательность выполнения:

Упражнение: «Соединение деталей с помощью пайки в кубик»

Описание операции	Рисунок
Взять 6 кусков медного провода длиной 80 мм Снять с них изоляцию монтажным ножом на всей длине куска провод	
Выровнять куски провода с помощью напильника	
Зачистить куски провода до металлического блеска монтажным ножом	
Нанести канифоль на куски провода, не нагревая их, а затем перенести припой с паяльника на провод – выполнить лужение	
Разделить лужённые детали пополам, длиной по 40 мм.	
Соединить 12 деталей в куб. (перенести припой с паяльника на место соединения; с помощью канифоли разровнять место спая)	

Практическое занятие

Тема: Окольцевание концов одножильных однопроволочных проводов


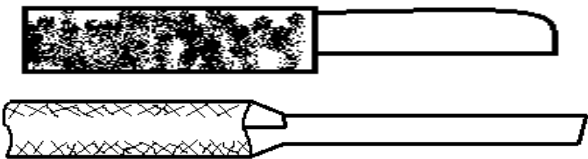
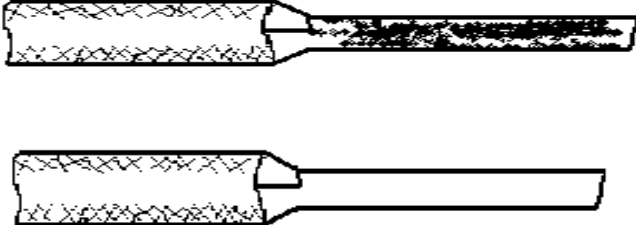

Цель: Освоить порядок и последовательность выполнения приёмов кольцевания одножильного однопроволочных медных проводов

Инструменты: Круглогубцы, бокорезы, нож, линейка

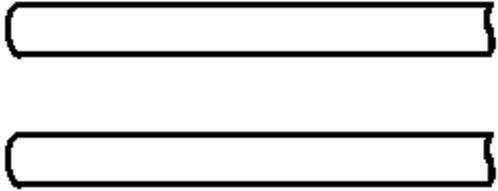
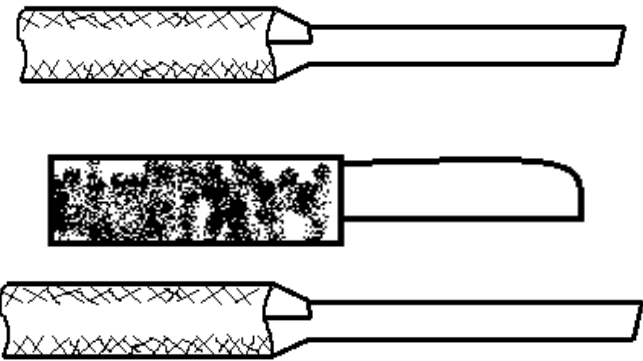
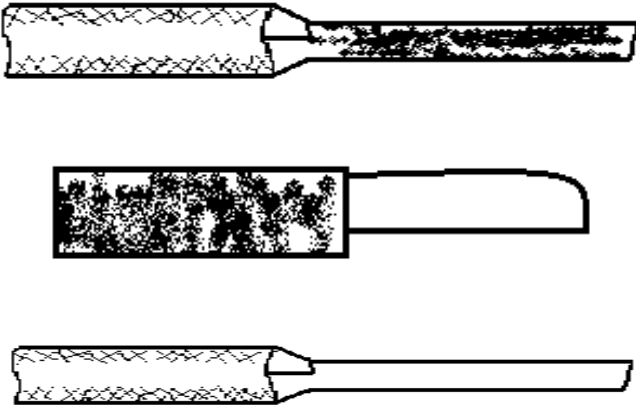

Материалы: Провод медный одножильный однопроволочный

Последовательность выполнения:


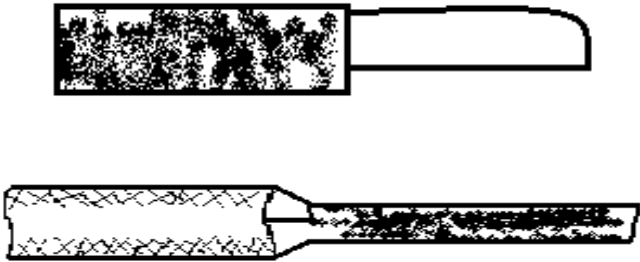
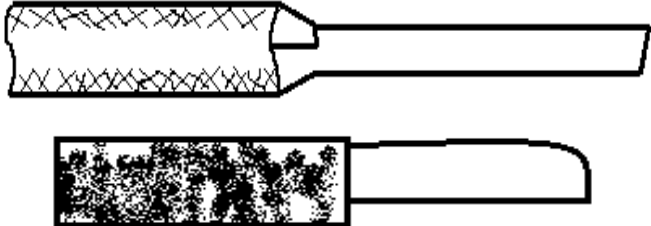


Упражнение 1: Окольцевание конца одножильного однопроволочного медного провода первым способом

№ операции	Описание операции	Рисунок
1	Отрезать один кусок одножильного однопроволочного медного провода (длинной 80 мм) при помощи бокорезов	
2	Снять изоляцию с конца одножильного однопроволочного медного провода монтажным ножом (на расстоянии 55 мм) аккуратно вдоль провода	
3	Зачистить участок оголённого провода монтажным ножом до металлического блеска	
4	Выполнить кольцевание зачищенного участка оголённого провода при помощи круглогубцев	

Упражнение 2: Окольцевание конца одножильного однопроволочного медного провода вторым способом

№ операции	Описание операции	Рисунок
1	Отрезать два куска одножильного однопроволочного медного провода (длинной 90 мм) при помощи бокорезов	
2	Снять изоляцию с конца одножильного однопроволочного медного провода монтажным ножом (на расстоянии 55 мм) аккуратно вдоль провода	
3	Зачистить участок оголённого провода монтажным ножом до металлического блеска	
4	Выполнить кольцевание зачищенного участка оголённого провода при помощи круглогубцев	

Упражнение 3: Окольцевание конца одножильного однопроволочного медного провода третьим способом (петлёй)

№ Опер	Описание операции	Рисунок
1	Отрезать кусок одножильного многопроволочного медного провода (длиной 130 мм) при помощи бокорезов	
2	Снять изоляцию с конца провода монтажным ножом, очистить его от остатков изоляции (изоляцию срезать аккуратно вдоль провода)	
3	Зачистить участок оголённого провода монтажным ножом до металлического блеска	
4	Выполнить кольцевание куска лужённого провода при помощи круглогубцев;	
5.	Оставшийся конец лужённого провода обкрутить вокруг основной жилы (2-3 витка) при помощи плоскогубцев	

Практическое занятие

Тема: Окольцевание концов одножильных многопроволочных проводов

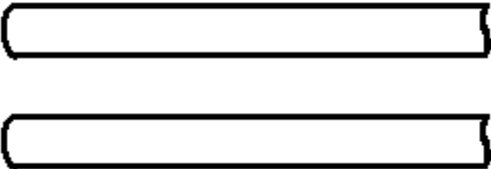
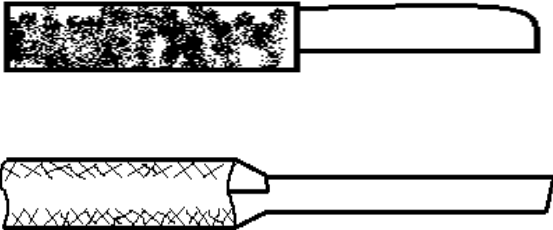
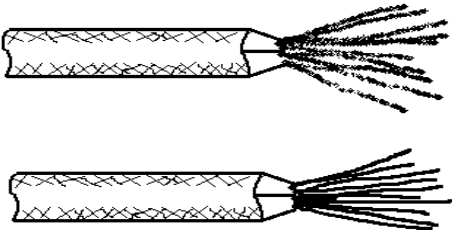


Цель: Освоить порядок и последовательность выполнения приёмов кольцевания одножильного многопроволочных медных проводов


Инструменты: Круглогубцы, бокорезы, нож, линейка

Материалы: Провод медный одножильный многопроволочный


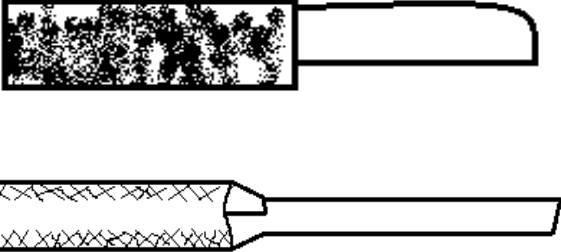
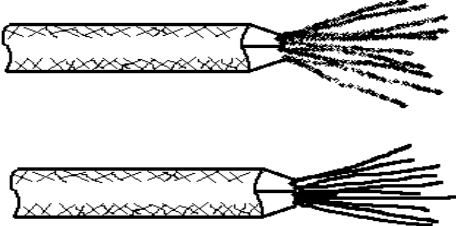

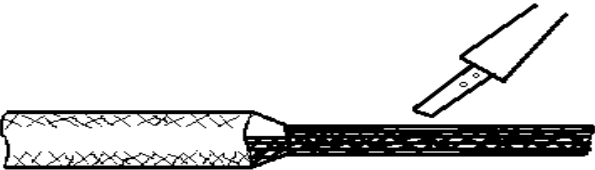
Последовательность выполнения:



Упражнение 1: Кольцевание конца одножильного многопроволочного провода

<i>№</i>	<i>Описание операции</i>	<i>Рисунок</i>
1	Отрезать два куска одножильного многопроволочного медного провода (длиной 100 мм) при помощи бокорезов	
2	Снять изоляцию с концов проводов монтажным ножом (на расстоянии 55 мм)	
3	Распушить участок оголённого провода; зачистить кусок распушённого оголённого провода монтажным ножом до металлического блеска	
4	Скрутить кусок распушённого зачищенного оголённого провода обратно в единую жилу при помощи плоскогубцев	
5	Выполнить лужение участка оголённого скрученного в единую жилу конца провода при помощи электрического паяльника	

6	Выполнить кольцевание конца лужённого конца провода при помощи круглогубцев	
---	---	--

Упражнение 2: Кольцевание конца одножильного многопроволочного медного провода «петлёй»

№ Опер	<i>Описание операции</i>	<i>Рисунок</i>
1	Отрезать кусок одножильного многопроволочного медного провода (длиной 130 мм) при помощи бокорезов	
2	Снять изоляцию с конца провода монтажным ножом, очистить его от остатков изоляции (изоляцию срезать аккуратно вдоль провода)	
3	Распушить участок оголённого провода; зачистить кусок распушённого оголённого провода монтажным ножом до металлического блеска	
4	Скрутить кусок распушённого зачищенного оголённого провода обратно в единую жилу при помощи плоскогубцев	
5	Выполнить лужение участка оголённого скрученного провода при помощи электрического паяльника	

6	Выполнить кольцевание конца лужённого провода при помощи круглогубцев;	
7.	Оставшийся конец лужённого провода обкрутить вокруг основной жилы (2-3 витка);	

Практическое занятие

Тема: Лужение окольцеванных концов проводов


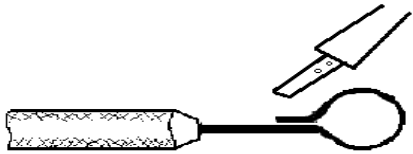
Учебные цели: Освоить порядок и последовательность выполнения приёмов лужения окольцеванных концов проводов

Инструменты: Электропаяльник, зажим


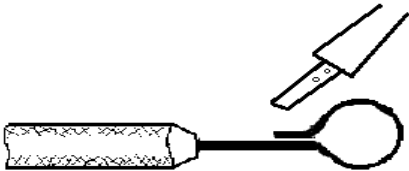
Материалы: Припой ПОС-90

Последовательность выполнения:


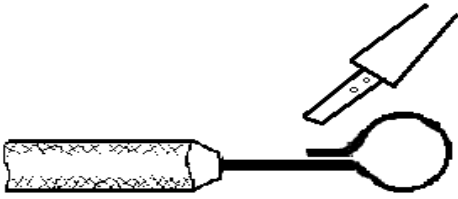
Упражнение 1: Лужение окольцеванных концов проводов - одножильного однопроволочного медного провода»

№ операции	Описание операции	Рисунок
1.	Выполненное заранее окольцевание зачищенного участка оголённого провода при помощи круглогубцев	
2.	необходимо облудить при помощи электропаяльника	


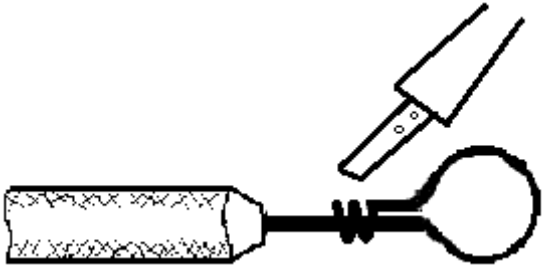
Упражнение 2: Лужение окольцеванных концов проводов - одножильного однопроволочного медного провода»

№	Описание операции	Рисунок
4	Выполненное заранее окольцевание зачищенного участка оголённого провода при помощи круглогубцев необходимо облудить	
	Выполнить лужение окольцованного конца провода при помощи электрического паяльника	

Упражнение 3: Лужение окольцеванных концов проводов - одножильного многопроволочного медного провода»

№	Описание операции	Рисунок
1.	Выполненное заранее окольцевание зачищенного участка оголённого провода при помощи круглогубцев необходимо облудить	
2.	Выполнить пайку места присоединения конца провода к основной жиле при помощи электрического паяльника	

Упражнение 4: Лужение окольцеванного конца провода Кольцевание конца одножильного многопроволочного медного провода, выполненного «петлёй»

№	Описание операции	Рисунок
1	Выполненное заранее окольцевание зачищенного участка оголённого провода при помощи круглогубцев необходимо облудить	
2	Выполнить лужение места скручивания конца провода при помощи электрического паяльника	

Практическое занятие

Тема: Соединение проводов скруткой.

Учебные цели: Освоить порядок и последовательность выполнения приёмов соединения проводов скруткой.

Требование: Соединение должно обладать необходимой механической прочностью и электрической проводимостью

Инструменты: Монтажный нож, комбинированные плоскогубцы, напильник, мерительная линейка

Материалы: Отрезки медных проводов с изоляцией

Последовательность выполнения

Эскиз	Указания и пояснения
-------	----------------------

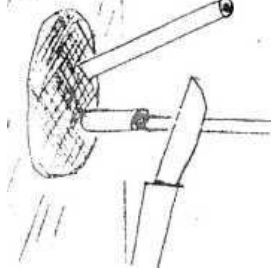
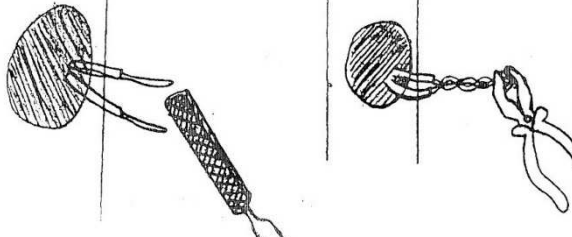
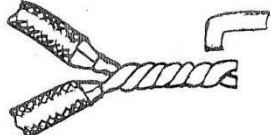
Упражнение 1: Соединение однопроволочных медных жил скруткой

	Снять изоляцию монтажным ножом, на расстоянии позволяющем навить 5-7 витков плюс 8-10 диаметров жилы.
	Зачистить концы жил до металлического блеска напильником, а затем ножом
	Изогнуть концы жил под углом 90° и завести их друг за друга.(1)
	Навить 5-7 витков одной жилы на другую с помощью пассатижей.(2)
	Навить 5-7 витков другой жилы и уплотнить, с помощью 2х пассатижей затянуть витки в противоположные стороны.(3)
	Плотно пригнать торцы проволок.

Упражнение 2: Ответвление однопроволочных медных жил

	<p>Снять изоляцию с основной жилы монтерским ножом, на расстоянии позволяющим навить 10-15 витков.</p> <p>С конца жилы ответвления снять изоляцию на расстоянии позволяющим навить 10-15 витков. Зачистить жилы до металлического блеска монтерским ножом</p>
	<p>Навить 10-15 витков жилы ответвления вокруг основной 1-ой жилы. Уплотнить ответвления с помощью 2-ух пассатиж, затягивая витки жилы в противоположные стороны.</p> <p>Плотно подогнуть витки проволоки.</p>

Упражнение 3: Соединение проводов в монтажных коробках скруткой

	<p>Снять изоляцию с концов жил монтерским ножом на расстоянии 40-45 мм, позволяющем скрутить оголённые жилы между собой</p>
	<p>Зачистить оголённые концы жил монтерским ножом до металлического блеска монтерским ножом</p>
	<p>Скрутить жилы равномерно друг на друга плоскогубцами плотно из расчёта 2-3 витка на 10 мм скрутки.</p>

Упражнение 4: Соединение проводов бандажной скруткой

	<p>Снять изоляцию с концов жил монтерским ножом на расстоянии 8-10D жилы.</p>
	<p>Зачистить жилы монтерским ножом. Изогнуть жилы под углом 90° на расстоянии 3-4 мм, подготовить для бандажа голую медную проволоку сечением 1-1,5 мм.кв., тщательно выровнять её и зачистить.</p>
	<p>Сложить подготовленные концы жил и уложить конец бандажной проволоки в желобок, образованный соединяемыми жилами.(1). Навить бандаж плотными витками.(2). После наложения бандажа концы бандажной проволоки скрутить 3-4 тугими витками и лишнюю проволоку откусить (3).</p>

Практическое занятие

Тема: Лужение скруток проводов.

Учебные цели: Освоить порядок и последовательность выполнения приёмов лужения скруток

Требование: Соединение должно обладать необходимой механической прочностью, электрической проводимостью и не иметь острых наплывов припоя.

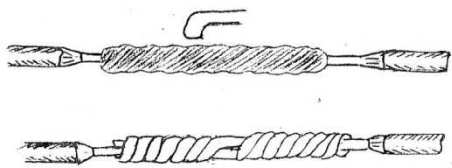
Инструмент: Электрический паяльник.

Материалы: Припой ПОС-90, канифоль

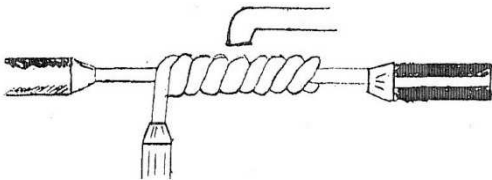
Последовательность выполнения

Эскиз	Указания и пояснения
-------	----------------------

Упражнение 1: Лужение скруток однопроволочных проводов

	Покрывать скрутку раствором канифоли
	Пропаять с помощью паяльника. <i>*Пайка должна быть скелетной.</i>

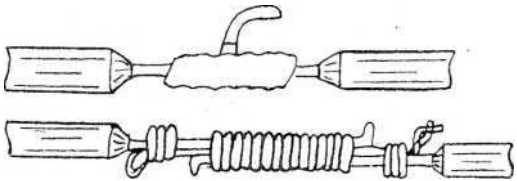
Упражнение 2: Лужение ответвления однопроволочных проводов медных

	Покрывать скрутку раствором канифоли паяльником.
	Пропаять место скрутки паяльником. <i>*Пайка должна быть скелетной.</i>

Упражнение 3: Лужение соединение медных жил в монтажных коробках

	Покрывать скрутку раствором канифоли
	Пропаять с помощью паяльника. <i>*Пайка должна быть скелетной.</i>

4.Соединение медных жил сечением 6-10 мм. кв. бандажной скруткой с последующей пропайкой.

	Покрывать скрутку раствором канифоли
	Пропаять паяльником. <i>*Пайка должна быть скелетной.</i>

Практическая работа № 13

Тема: Особенности демонтажа радиоэлектронных компонентов с печатных плат

Некоторые фирмы избавляются от множества приборов или их частей, иногда даже находящихся в рабочем состоянии, в основном по причинам чисто экономического характера. Обычно это устаревшие модели или оборудование, ремонт которого потребует слишком высоких затрат.

Лучше хранить подобные платы, не демонтируя их, чтобы пользоваться ими по мере необходимости как банком деталей. Бессмысленно демонтировать все детали, если нет уверенности, что они когда-нибудь пригодятся. С другой стороны, если часть деталей снять, а другие выбросить вместе с платой, через некоторое время об этом можно пожалеть.

На практике допустимо использовать все, что расположено на печатной плате, а также внешние элементы: радиаторы охлаждения, вентиляторы, сетевые шнуры, разъемы и выключатели. Конечно, вряд ли стоит снимать резисторы и другие дешевые компоненты.

При наличии защитного лака в схемах специального исполнения операция отпайки усложняется, как и при работе с двусторонними печатными платами. В этих случаях от демонтажа компонентов лучше отказаться.

Демонтаж крупных компонентов

Демонтаж крупных компонентов с большим числом выводов, в частности трансформаторов, с целью их последующего использования иногда является сложной задачей. Ее можно облегчить, если распилить печатную плату вокруг выводов так, чтобы обойти все контактные площадки (рис. 1). Затем их достаточно нагреть и тем самым высвободить соответствующие выводы.

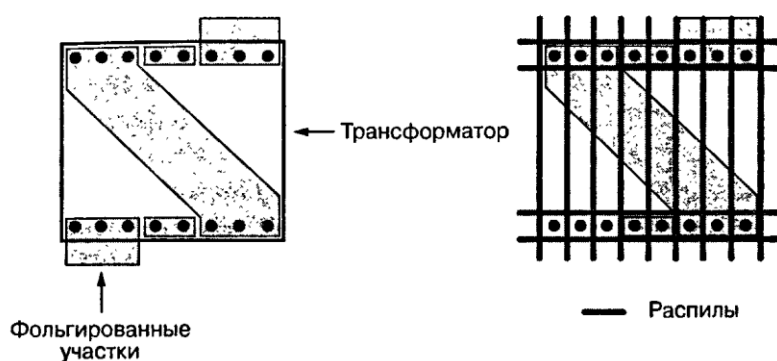


Рис. 1. Демонтаж трансформатора

При замене вышедших из строя многоштырьковых радиоэлементов (микросхем, контурных катушек, малогабаритных трансформаторов и других деталей с несколькими выводами) часто допускают следующую ошибку: непрерывно нагревая контакты, наклоняют выпаиваемую деталь в стороны и постепенно вытягивают ее из гнезд печатной платы. При этом фольга печатного монтажа отслаивается и в результате повреждается печатная плата ремонтируемой радиоаппаратуры. Целесообразно для удаления припоя использовать отсос или оплетку (см. ниже).

Изготовление отсоса для припоя

Специальный паяльник с отсосом для припоя, применяемый для демонтажа компонентов, крайне дорог, поэтому его покупка оправдана только в случае проведения интенсивных ремонтных работ.

Нужное приспособление несложно сделать своими руками. Для этого понадобится небольшой компрессор, имеющий всасывающий вход. Чтобы включать компрессор, удобно использовать педаль. Тогда руки останутся свободными для работы. Пластмассовая трубка малого диаметра, подобная трубкам для аэрации аквариумов, может служить для всасывания припоя. Ее конец надевают на жесткую металлическую трубку или на полый разъем RCA, с которого снята пластмассовая крышка (рис. 2).

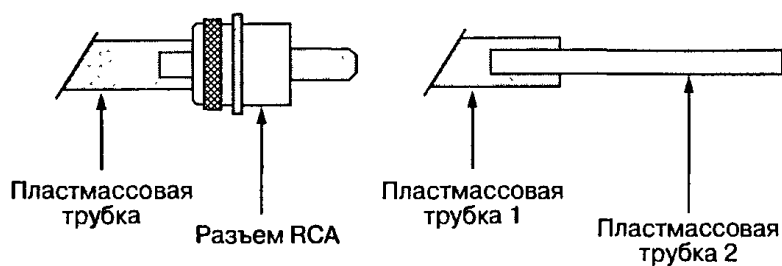


Рис. 2. Отсос для припоя

Теперь процесс распайки пойдет легко: припой разогревается паяльником и вытягивается отсосом в трубку. Когда наконечник забит, достаточно его нагреть и, постучав по столу, вытряхнуть содержимое. Можно также работать с небольшим куском пластмассовой трубки, вставленным в трубку большего диаметра, и обрезать его по мере использования (подойдут трубки, применяющиеся в медицине, например для переливания крови).

Использование демонтажной трубки

Можно выпаивать каждый контакт демонтируемого компонента отдельно с помощью простого приспособления (рис. 3). Оно представляет собой трубку диаметром 1 мм, изготовленную из металла, который плохо облуживается (например, нержавеющая сталь или алюминий). Толщина стенки трубки не должна превышать 0,2 мм, иначе она не пройдет между контактом и отверстием в плате.

Чтобы выпаять контакт, на него надевают трубку и хорошо прогревают паяльником. Трубку, вращая, вводят в зазор между контактом и стенками отверстия. После затвердения припоя трубку осторожно вынимают. В результате многштырьковый радиоэлемент или малогабаритный трансформатор легко снимается, а фольга печатного монтажа и выпаиваемый радиоэлемент не повреждаются.

Игла от медицинского шприца также может быть использована для извлечения микросхем из печатных плат. Применение насадок к паяльникам в этом случае малоэффективно, поскольку часто происходит перегрев выводов микросхемы, а также отслаивание проводящей дорожки от платы. С помощью иглы значительно легче вынуть микросхему: перегрев исключается, а отверстия в плате остаются чистыми, что позволяет сразу перейти к установке новой микросхемы.

Для этого потребуются игла, диаметр отверстия которой соответствует диаметру выводов микросхемы. Конец иглы стачивают под прямым углом, до основания заостренного скоса, а на другой конец надевают кусочек пластмассовой трубки. Иглу насаживают на выступающий вывод микросхемы, а паяльником разогревают припой возле вывода, одновременно нажимая на иглу. При этом игла входит в отверстие печатной платы, отделяя контактную площадку от вывода микросхемы. Так как игла сделана из нержавеющей стали, она не залуживается и припой к ней не пристает. Вместе с тем игла отводит тепло от вывода микросхемы во время прогрева пайки.

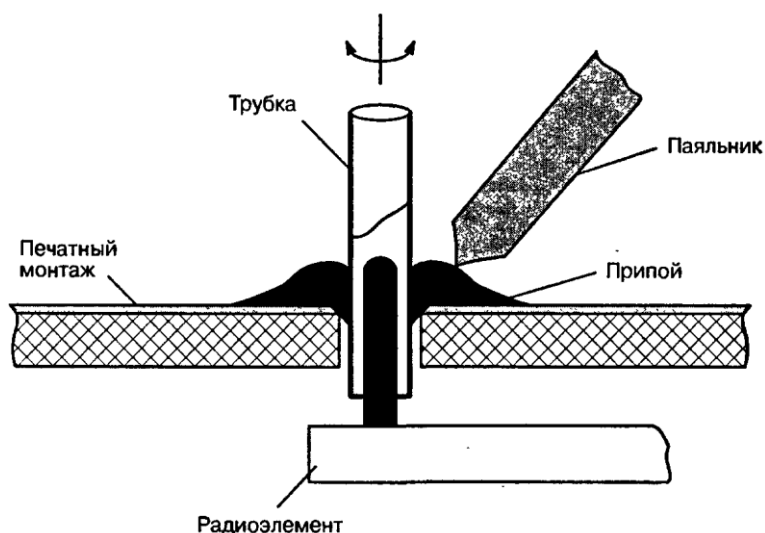


Рис. 3. Приспособление для выпайки электрорадиоэлементов из печатной платы

После затвердения припоя игла снимается с вывода и надевается на следующий. Таким образом поочередно освобождают от соединения с платой все выводы микросхемы при их минимальном и кратковременном прогреве.

Пользуясь набором игл разных диаметров, можно выпаивать из печатных плат не только микросхемы, но и другие элементы, обеспечивая целостность контактных дорожек платы. Припой, попавший внутрь иглы, легко удалить, прогревая иглу с помощью паяльника и одновременно продувая ее через трубку.

Использование оплетки для удаления припоя

Радиолюбители и специалисты, работающие в небольших ремонтных мастерских, предпочитают удалять припой с помощью сетки. Действительно, при редком использовании она обходится недорого и проста в применении, если соблюдать некоторые несложные правила.

Для демонтажа некрупных компонентов лучше подходит луженая сетка небольшой ширины (2 мм). Отработанный конец сетки регулярно отрезают, чтобы в полной мере использовать эффект капиллярности. Такая технология требует известной сноровки, поскольку приходится отрывать вывод компонента от стенок отверстий, одновременно поддерживая сетку и направляя наконечник паяльника. Если припой не снимается, возможно, потребуется добавить его в небольшом количестве. Добавленный припой смешается с остатком и притянет его к сетке.

При демонтаже унифицированных катушек, трансформаторов НЧ и т.п., каркасы которых изготовлены из полистирола, можно воспользоваться отрезком металлической оплетки, снятой с экранированного провода диаметром 2-3 мм. Оплетку прикладывают к месту пайки со стороны печатных проводников и плотно прижимают к ней жало нагретого паяльника. Расплавившийся припой впитывается оплеткой, и вывод детали освобождается. Для лучшего впитывания припоя оплетку рекомендуется пропитать канифолью или канифольным флюсом. Использованную часть оплетки после каждой пайки отрезают. Освободив от припоя все выводы, деталь легко снимают с платы.

Замена компонентов

Если необходимо заменить вышедшую из строя деталь (резистор, конденсатор, транзистор и т.п.), не следует выпаивать ее из платы, так как это может привести к отслаиванию печатных проводников от основы. Выводы поврежденной детали нужно аккуратно перекусить кусачками с таким расчетом, чтобы в плате остались концы длиной 8-10 мм. К ним и припаивают исправную деталь. Припаивать новую деталь нужно быстро, не допуская перегрева места пайки, иначе может перегореть печатный проводник. У новой детали, устанавливаемой на плату, длина выводов должна быть минимальной, однако достаточной для того, чтобы она не прикасалась к другим деталям.

Очень важно, чтобы пайка во всех случаях производилась паяльником мощностью не более 50 Вт. Перед пайкой аппаратуру нужно отключить от сети, так как иногда паяльник может быть закорочен на корпус. В этом случае возможно замыкание сети через корпус паяльника и печатные проводники, что приведет к выгоранию печатного слоя.

Демонтаж микросхем

Планарные микросхемы удобно выпаивать, продев под одним рядом лапок нитку и закрепив ее с одной стороны. Затем, нагревая лапки, потянуть за другой конец нитки. Таким образом, под некоторым давлением лапки одна за другой аккуратно отделяются от платы.

Если сама плата или основа больше не требуется, то можно выпаять микросхему, нагрев плату над электроплитой или газовой горелкой со стороны проводников. Тут необходим определенный навык и осторожность. Однако данный метод очень удобен для снятия с платы всех деталей.

При демонтаже микросхем, впаянных в печатные платы, паяльник должен быть небольшого размера, мощностью не более 40 Вт, с температурой нагрева жала не более 200 °С, с насадкой. Насадка имеет два широких жала, которые прижимаются к рядам припаиваемых выводов микросхемы. Она

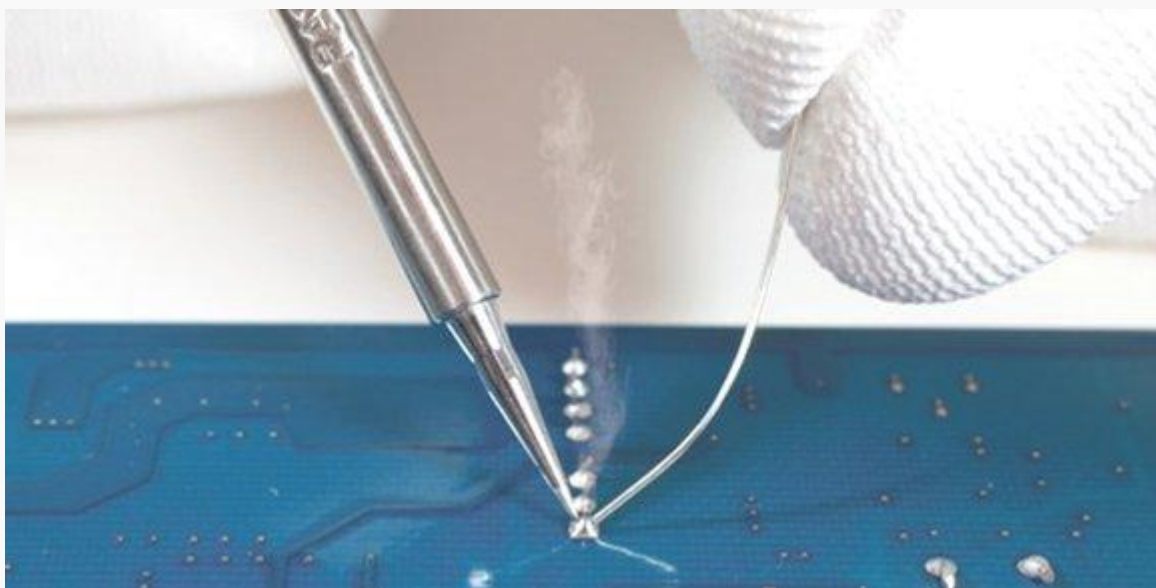
навинчивается на резьбу на жале паяльника. Припой должен иметь низкую температуру плавления, количество его при пайке должно быть минимальным. Пайка должна производиться несколько секунд при отключенном питании паяльника.

Практическая работа № 14

Тема: Монтаж элементов печатной платы

Сборка электронного модуля состоит из механического соединения деталей и электронных компонентов в последовательности, обеспечивающей их требуемое расположение и взаимодействие для обеспечения установленных технических требований. В состав электронного модуля входят печатная плата и размещенные на ней электронные компоненты, детали конструкции, все чаще в состав электронного модуля входит программное обеспечение. Печатная плата является деталью конструкции модуля. Она выполняет функции носителя компонентов и крепления электрических проводников. Пайка обеспечивает механическое соединение компонентов модуля с платой и электрический контакт компонентов с проводящим рисунком. В сборку модуля также входят следующие операции: отмывка платы от остатков флюса и покрытие защитным лаком.

ПАЙКА



Соединение двух деталей с помощью легкоплавкого сплава называют пайкой. В отличие от сварки расплавление соединяемых деталей не происходит, процесс пайки больше похож на склеивание деталей, где в качестве клея выступает разогретый припой – сплав, имеющий достаточно низкую температуру плавления. Пайка является основным способом создания неразъемного соединения компонентов с проводниками платы. Для хорошего соединения пайкой поверхности деталей подготавливаются с помощью нанесения флюса. Детали в области пайки разогреваются паяльным оборудованием до температуры, выше температуры расплавления припоя. Припой растекается по поверхности и вытесняет флюс. Происходит смачивание соединяемых поверхностей. Образуется сплавная зона при диффузии припоя и поверхностей соединяемых деталей.



Пайка вывода компонента.

Если площадь проводящей дорожки платы велика или происходит пайка вывода массивного компонента, то времени на нагрев области пайки может потребоваться больше. Для таких паяк нужно применять паяльник большей мощности. Иначе сплавная зона не образуется и произойдет “холодная” пайка, дающая плохой электрический контакт.



“Холодная” пайка.

Если смачивание происходит недостаточно, то припой сначала покрывает поверхность, а затем собирается, образуя бугры и оголяя контактную площадку на плате. Это может быть вызвано ухудшением свойств флюса, неправильным выбором температуры пайки, загрязнением поверхностей или выделением паров растворителя флюса.



Плохое смачивание припоем выводом компонента.

ПРИПОИ И ФЛЮСЫ

Припой различных марок имеют различные свойства в зависимости от комбинации олова, свинца, висмута, меди, цинка, кадмия, серебра. Припои имеют составляющие, образующие сплавы с соединяемыми металлами.

Только некоторые из марок припоя предназначены для сборки электронных модулей. В настоящее время применяются традиционные и бессвинцовые припои. Традиционные припои – оловянно-свинцовые сплавы или близкие к ним. Припой выпускается в виде литых чушек, прутков, проволоки или тонкой трубки, содержащей для облегчения пайки наполнитель аналогичный флюсу. В расплавленном состоянии припой должен обеспечивать хорошее смачивание соединяемых поверхностей и тягучесть, достаточно прочное механическое соединение деталей после остывания пайки. Из традиционных марок для монтажа компонентов на платах применяется припой марки ПОС 61. Припои имеющие температуру плавления ниже 450 °С называются мягкими, если выше – твердые припои. Предельная температура расплавления припоев для сборки электронных модулей – 300 °С. Для снижения температуры плавления припоя используется явление эвтектики. Соотношение металлов в сплаве, когда температура плавления становится ниже, чем любого из металлов в сплаве – эвтектика. Припой это сплав, имеющий свойство эвтектичности.



Припой ПОС 61.

Комбинация составляющих припоя позволяет получить высококачественную пайку, которая выдерживает широкий диапазон температур при эксплуатации электронного модуля.

Припои для сборки электронных модулей:

Марка	Состав	Температура полного расплавления припоя, °С
ПОССу 61-0,5	олово 61 %, сурьма 0.5 %, свинец 38.5 %	189
ПОС 61	олово 61 %, свинец 39 %	190
ПОС 61М	олово 61 %, свинец 37 %, медь 2 %	192

Бессвинцовые припои должны заменить свинцово-содержащие. Европейская комиссия по законодательству запретила использование свинца в производстве электроники с 2006 года. Бессвинцовые сплавы обладают более высокой прочностью по сравнению со сплавами олова и свинца, устойчивостью к перепадам температур и рекомендуются для пайки компонентов с разными тепловыми коэффициентами расширения. Пайки бессвинцовыми припоями матовые. Стоимость бессвинцовых припоев выше из-за повышенного содержания серебра.

Нагретый припой соединяется с металлами, если поверхности паяемых деталей зачищены, другими словами с них механически удалены образовавшиеся с течением времени пленки окислов.

Флюс – неметаллический материал, применяемый для химической очистки соединяемых поверхностей и обеспечивающий прочность связи в области пайки. Во время пайки флюс растворяет оксиды и сульфиды на соединяемых поверхностях. Остатки флюса не должны изменять электрические характеристики материалов и не вызывать коррозии. При расплавлении припоя флюс распределяется по поверхности жидкого металла. Во время пайки соединяемые поверхности необходимо защитить от воздействия кислорода. И эту задачу решает флюс, образующий защитную пленку над областью пайки. Для монтажа радиоэлементов на платах применяются бескислотные флюсы созданные на основе легколетучих компонентов. Состав флюса обусловлен необходимостью адсорбирования припоем и основным веществом флюса поверхностно-активного кислорода, а также частичным выделением его, благодаря чему изменяется поверхностное натяжение и способность смачивания. Флюс должен легко удаляться после завершения монтажа, так как остатки флюса могут стать в дальнейшем очагами коррозии.

Флюсы для сборки электронных модулей:

Флюс	Состав
КЭ	Канифоль 10...40 %, спирт 60...90 %,
ГК	Канифоль 6 %, спирт 80 %, глицерин 14 %
ЛТИ	Канифоль 22 %, спирт 70 %, анилин солянокислый 6 %, триэтаноламин 2 %,
ФПЭт	Смола ПН-9 или ПН-56 15...50 %, этилацетат 50...85 %
ФКЭт	Канифоль 10...60 %, этилацетат 40-90 %
ФКСп	Канифоль 10...60 %, спирт этиловый или этилацетат 40...90 %

Один из самых распространенных и доступных флюсов для пайки плат – флюс марки КЭ.



Флюс ФКСп.

Флюс спиртоканифольный СКФ (ФКСп) его разновидности: КЭ, ФКЭт, ФКСп. Применяется: для пайки на платах элементов радиомонтажа при температурах 250-280°C.



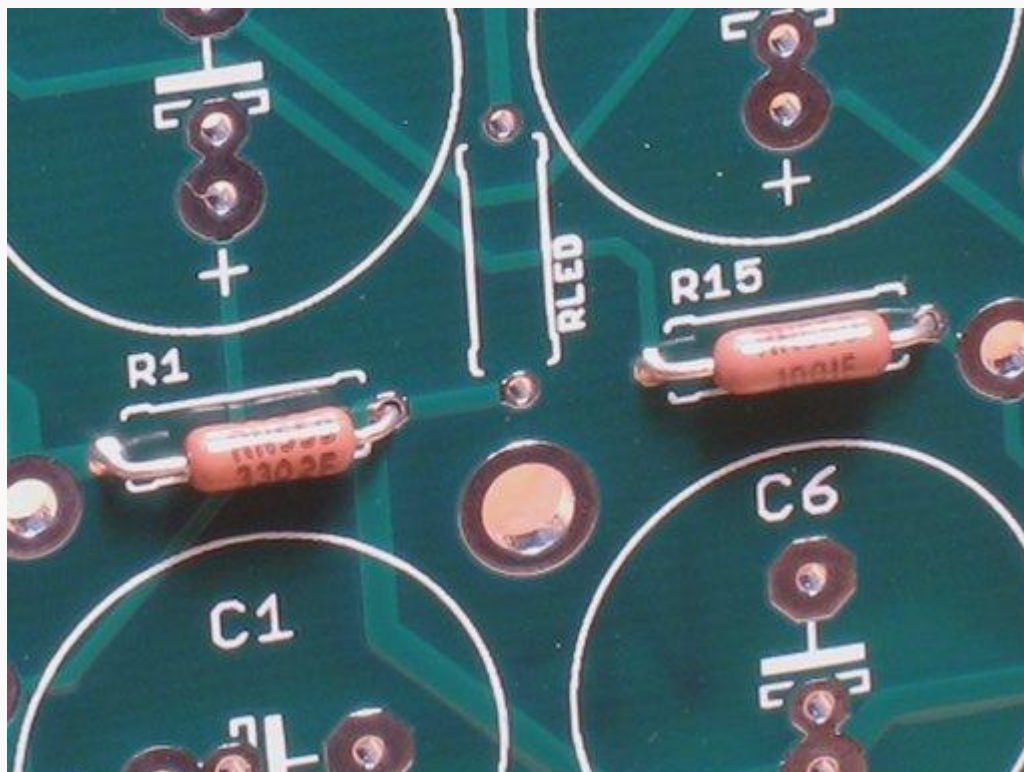
Флюс ЛТИ-120.

Флюс ЛТИ-120 предназначен не только для пайки плат, но и углеродистых сталей, цинка припоями при температуре 200...300°C. ПН-9, ПН-56 – флюсы, в состав которых входят канифоль или полиэфирные смолы. Перечисленные флюсы подходят для пайки меди, латуни, серебра, золота их остатки не снижают электрического сопротивления оснований плат и не вызывают коррозии. Флюсы ФКСп, ФКЭт и ФПЭт также применяются для консервации плат при длительных сроках складского хранения в качестве покрытий.

Технологии сборки плат зависят от устанавливаемых электронных компонентов и могут быть разделены на несколько основных типов. Выводной монтаж – на плате только компоненты, устанавливаемые в отверстия. Смешанный монтаж – на плате присутствуют планарные

компоненты и выводные. Поверхностный монтаж – только планарные компоненты.

ВЫВОДНОЙ МОНТАЖ



Участок модуля смонтированного по технологии выводного монтажа.

Компоненты установлены на плате по варианту I, без зазора.

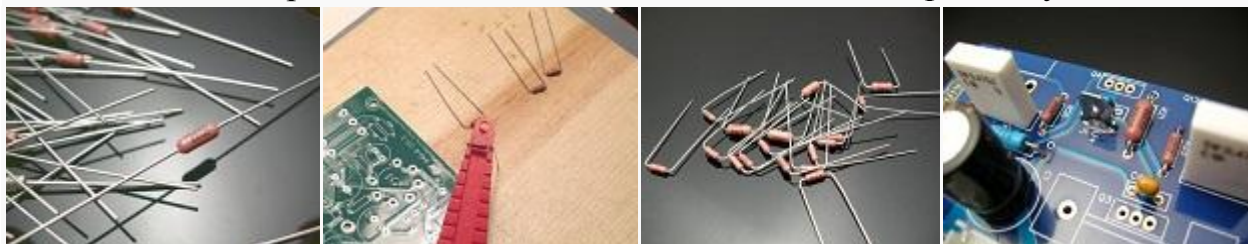
Сборку электронного модуля установкой компонентов с выводами в отверстия печатной платы и последующей пайкой называют выводным монтажом. Такой тип монтажа – прародитель современных технологий производства электронных модулей. Выводной монтаж появился одновременно с печатными платами. Появление сборки с применением печатных плат в дальнейшем позволило автоматизировать проектирование и производство электроники. Сейчас выводной монтаж отходит на второй план, отступая перед монтажом планарных компонентов, но остаются категории электронных приборов, где выводной монтаж доминирует над другими технологиями. Это силовая электроника, источники питания, высоковольтные модули и другие.



Разъем, смонтированный на плате.

Существуют компоненты, не имеющие аналогов в планарном исполнении – разъемы, реле, трансформаторы для которых сборка может быть выполнена только с использованием технологии выводного монтажа.

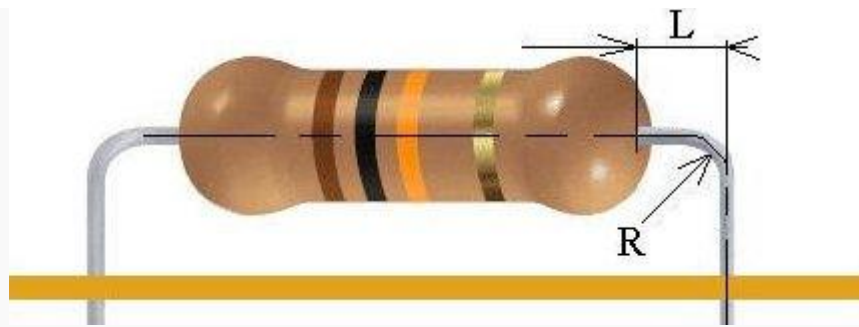
Подготовка компонентов к монтажу нужна для выравнивания гибких выводов компонентов. Формовка производится таким образом, что расстояние между концами выводов компонента соответствует его месту установки на плате и обеспечивается требуемое расстояние между платой и компонентом. Форма выводов компонентов зависит от варианта установки.



Выводы компонентов формируются и устанавливаются на плату.

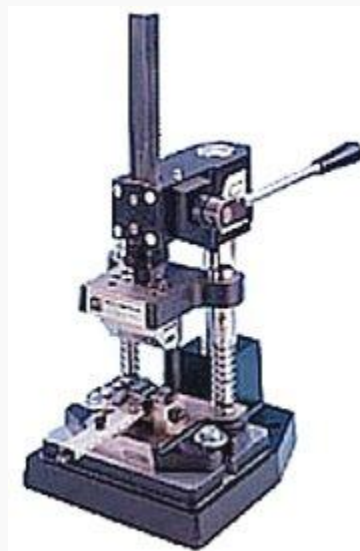
Формовка гибких выводов не должна их повреждать, нарушать покрытие выводов, изгиб недопустим в точке соединения вывода с корпусом и производится только на расстоянии не менее допустимого. Способ формовки должен исключать поворот вывода относительно корпуса компонента. Должна быть обеспечена сохранность стеклянных изоляторов между выводом и металлическим корпусом компонента.

Простые ограничения двух размеров R и L описывают допустимую форму изгиба вывода компонента происходящем при формовании. Радиус R изгиба вывода зависит от диаметра вывода и составляет минимум два диаметра вывода. Наименьший зазор между точкой входа вывода в корпус компонента до вертикальной оси отформованного вывода L находится в диапазоне 1...4 мм и зависит от типа корпуса компонента. После формовки на выводах не должны появляться деформации и утончений. Соблюдение приведенных простых правил способствует сохранности компонентов и надежности работы электронных модулей.



Размеры формованного вывода компонента в корпусе с осевыми выводами. Компонент установлен по варианту II, с зазором между корпусом компонента и печатной платой.

Длина вывода от корпуса компонента до области пайки должна превышать 2,5 мм. Запрещается формовать жесткие выводы мощных транзисторов, диодов средней и большой мощности. Запрещается формовать выводы компонентов в корпусах, имеющих множество выводов, например микросхем в DIP корпусе.



Ручное формовочное оборудование.

Операцию формовки проводят на ручных приспособлениях и полуавтоматических установках. Формовочные полуавтоматы могут выполнять рихтовку, зачистку и подрезку выводов. Полуавтоматы могут контролировать электрические параметры компонентов, производить укладку компонентов в технологические кассеты.



Формовочный автомат.

Компоненты поступают в формовочный автомат из специальных лент, трубчатых кассет или россыпи. Требуемые размеры выводов регулируются, формовочные автоматы укомплектованы различными формовочными матрицами. Конструкция формовочных матриц обеспечивает правильную формовку. Для формовочного оборудования есть автоматические счетчики компонентов, подаваемых из ленты. Производительность автоматических счетчиков до 360000 штук в час.

Производительность автоматического формовочного приспособления:

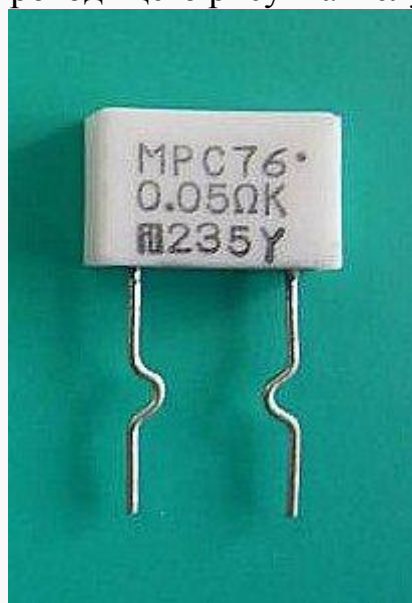
Тип корпуса	Осевые выводы	Радиальные выводы
Из лент	40000	20000
Из россыпи	7000	3000

Ручная подача компонентов обеспечивает типовую производительность формовки около 1500...3000 компонентов в час.

Варианты установки выводных компонентов на печатную плату.

Вариант I – нет зазора между корпусом компонента и платой. Этот вариант хорошо подходит для установки компонентов на одностороннюю плату. Проводящий рисунок расположен на противоположной стороне от компонентов, что исключает контакт корпуса компонента и проводящего рисунка. Сокращение длины выводов компонентов снижает восприимчивость к электромагнитным помехам и снижает излучение собственных помех в эфир. Компоненты хорошо выдерживают вибрацию. Высота модуля снижается. Улучшается охлаждение компонента благодаря

передаче тепла плате, что повышает надежность. Недостатком этого варианта установки является сложность отмывки модуля от флюса, обеспечение изоляции компонента от проводящего рисунка в случае двусторонней платы.



Формовка выводов, обеспечивающая зазор между платой и корпусом компонента.

Вариант II – между платой и корпусом компонента зазор. Применяется для двусторонних плат. Этот способ установки способствует удалению излишков флюса отмывкой, снижается нагрев микросхем при пайке. Возможно повреждение контактной площадки на односторонней плате при нагрузке на компонент сверху.

Вариант III – вертикальная установка. Компоненты с осевыми выводами располагаются плотнее. Такой вариант снижает технологичность, повышается вероятность замыкания между выводами, возрастает высота модуля. При вертикальной установке компонентов угол наклона компонента относительно вертикальной оси не должен превышать 15° .

Установка компонентов должна облегчать чтение маркировки. Особенно важно предусмотреть чтение маркировки полярности. Максимальное облегчение чтения маркировки облегчает контроль монтажа.

Сборка электронных модулей с применением выводных компонентов может производиться вручную или с помощью специального автоматического оборудования.

Качество пайки выводного компонента зависит от зазора между выводом компонента и стенками металлизированного отверстия. Зазор должен обеспечивать капиллярность, способствующую втягиванию припоя в полость между выводом и стенками отверстия и обеспечивать проникновение флюса, выход газов при пайке. Оптимальным зазор от 0,3 до 0,4 мм при использовании свинцовых припоев и 0,5 мм при использовании бессвинцовых припоев для плат толщиной от 1 до 3 мм с отверстиями диаметром от 0,6 до 1,2 мм.

Ручной выводной монтаж модулей целесообразно использовать в следующих случаях: применение автоматического оборудования невыгодно

из-за малого объема заказа или сборки нескольких макетных образцов модулей, платы не подходят для автоматизированного монтажа, при окончательном монтаже выводных элементов после автоматического монтажа. Сегодня электроника находится на уровне развития не позволяющем полностью отказаться от ручных операций монтажа. Монтажник тщательно проверяет внешний вид каждого компонента перед установкой. При необходимости выполняется очистка выводов от окислов и лужение выводов. Есть возможность придания выводам каждого компонента, формы наиболее оптимальной для установки на плате, обусловленной конструкцией электронного модуля. Ручная формовка позволяет придать форму выводам компонентов, облегчающую чтение маркировки.



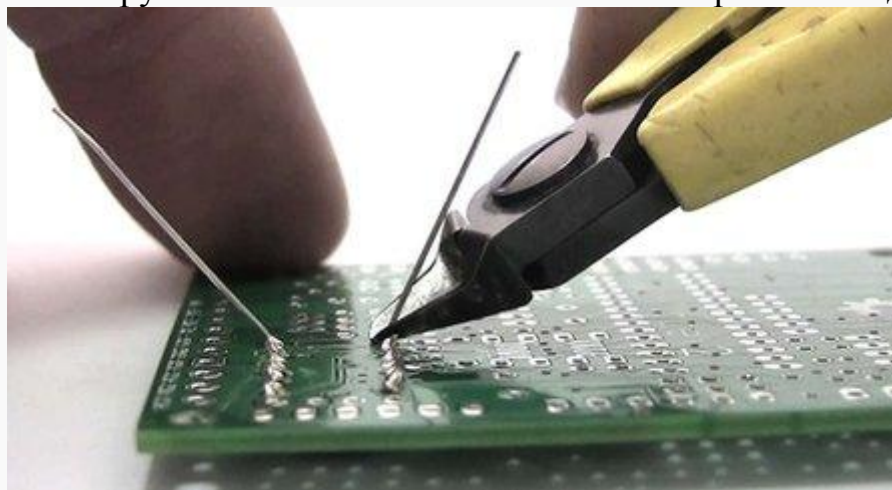
Ручной монтаж.

Некоторые рекомендации при ручной пайке. При монтаже следует использовать паяльник с предварительно луженым жалом. В зависимости от массы компонента и ширины дорожки на прогрев области пайки может понадобиться от доли секунды до двух секунд. При использовании трубчатых и припоев в виде проволоки пайка осуществляется с двух рук. Для получения наилучших результатов следует придерживаться следующей последовательности действий. Для предварительного прогрева соединяемых поверхностей коснитесь одновременно жалом паяльника контактной площадки платы и вывода компонента. Припой, находящийся на жале паяльника, нанесенный при лужении жала, способствует передаче тепла благодаря большей площади соприкосновения жала с областью пайки.



Пайка паяльником с двух рук.

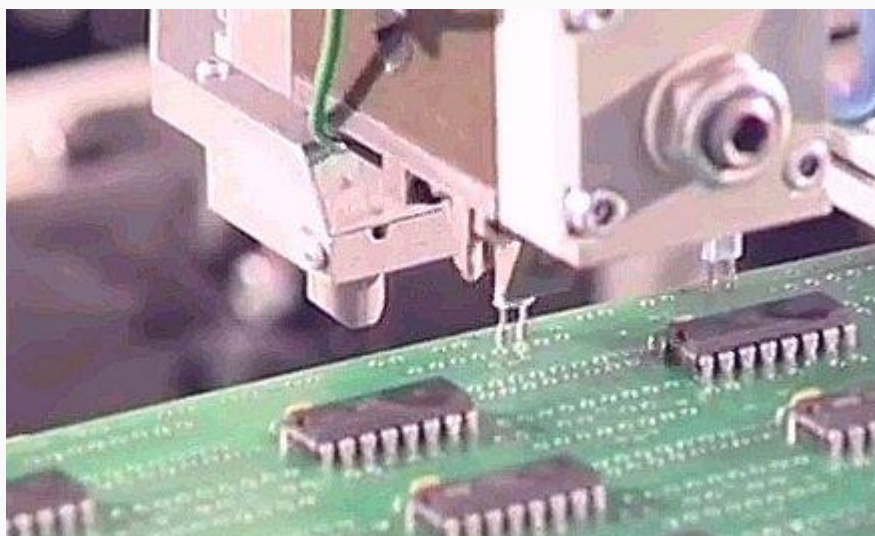
Поднесенная к области пайки трубка припоя с флюсом позволит перенести плавящийся припой в область пайки. Это потребует около половины секунды. Если припой подать на жало, то флюс будет преждевременно выгорать. Уберите трубку припоя из паяемого соединения, а затем уберите паяльник. Вся операция должна занимать от половины до двух секунд в зависимости от параметров паяльника и смачиваемости припоем соединяемых поверхностей. Увеличение времени операции и повышение температуры паяльника могут привести к увеличению остатков флюса, пайка может оказаться хрупкой. После пайки выполняется обрезка выводов.



Обрезка выводов компонентов после ручной пайки.

Автоматическая сборка выполняется с помощью специального оборудования двух видов: установщики компонентов и автоматы для пайки. Преимущества автоматического монтажа плат: надежность, снижение себестоимости, высокая точность, скорость, монтаж миниатюрных элементов, автоматический контроль. Автоматы позволяют производить переналадку производственных линий благодаря программированию. Качество автоматического монтажа, а так же его стоимость, при применении автоматизированных устройств во многом обеспечивается на этапе проектирования. Современные технологии позволяют располагать компоненты с минимальным расстоянием друг от друга, до долей

миллиметра, но это не всегда оправдано. Маленькие расстояния затрудняют ремонт, а так же контроль компонентов и паяных соединений. Установка компонентов осуществляется с применением специальных монтажных автоматов, осуществляющих еще и подрезку, подгибку с обратной стороны платы.



Сборочная головка автомата устанавливает компонент в радиальном корпусе.

Установщики выводных компонентов оснащаются набором сборочных головок. В большинстве автоматов головки имеют механические захваты, управляемые сервоприводом. Стандартные углы поворота компонента кратны 90° . Существует возможность оснащения автомата сборочной головкой со свободным углом поворота. Ряд автоматов обладает способностью устанавливать на плату проволочные перемычки, нарезая их непосредственно перед монтажом. Паспортная производительность современного монтажного оборудования достигает 20000...40000 компонентов в час. Производительность установщика при монтаже компонентов сложной формы может быть меньше в десять раз.

Монтажные автоматы оснащаются различными загрузочными устройствами – питателями. Компоненты могут поставляться клееными в ленту, намотанную на бобину или упакованную в магазин-коробку. Ленточные питатели предназначены для подачи компонентов, клеенных в ленту. Питатели из трубчатых кассет предназначены для микросхем в DIP-корпусе и компонентов сложной формы, имеют наклонный транспортный лоток. Существуют горизонтальные питатели для компонентов, которые не скользят свободно по наклонному лотку вследствие своих конструктивных особенностей: массы, формы корпуса либо выступающих острых выводов. Вибробункерные питатели подают различные компоненты из россыпи и обеспечивают ориентацию компонентов перед захватом. Матричные (сотовые) питатели для компонентов сложной формы для подачи из матричных поддонов, магазинов. Некоторые питатели оснащаются микропроцессорным управлением.

Выбор технологии пайки осуществляется в зависимости от количества монтируемых элементов, их местоположения, объема сборки и сложности.

Автоматический монтаж выводных компонентов выполняется на линии селективного монтажа или пайки волной.



Установка пайки волной.

Пайка волной зародилась в пятидесятых годах в Великобритании. Технология используется для пайки выводных компонентов, расположенных на одной стороне платы. Сейчас это самый распространенный способ сборки крупных партий электронных модулей. Пайка волной позволяет использовать отечественные выводные компоненты, благодаря чему эта технология получила распространение на территории СНГ.

Технология пайки волной обладает уникальной производительностью для автоматизированного монтажа электронных компонентов. При этом над платой выполняется ряд операций: нанесение флюса, предварительный прогрев, отмычка от излишков флюса и высушивание. Плата контактирует с волной припоя короткое время, что снижает воздействие высокой температуры. Благодаря быстрой передаче тепла пайка волной весьма эффективна при монтаже компонентов установленных в металлизированные отверстия. Минусы технологии: значительная масса припоя постоянно находящегося в ванне 100...500 кг, значительные размеры оборудования около нескольких метров, большое окисление припоя. Применение технологии пайки волной выдвигает определенные требования к разработке платы. Правильная трассировка проводящего рисунка уменьшает вероятность появления дефектов пайки.

Платы приходится защищать от волны припоя. Для этого на плату наносится слой водорастворимой пленки. Для переноса флюса на нижнюю поверхность платы его вспенивают или используют распыление. Пайку расплавленным припоем обеспечивает постоянно присутствующая

стационарная волна. Платы с установленными элементами двигаются поперек волны. Наилучшие результаты позволяет достичь настройка наклона конвейера и параметров волны. Угол наклона конвейера находится в диапазоне $5...9^\circ$. Скорость перемещения плат выбирается, ориентируясь на конструкцию собираемого модуля, времени пайки примененных компонентов, темпа работы производства, температуры предварительного нагрева. Движение собираемых модулей происходит со скоростью около одного метра в минуту. Оставшиеся излишки припоя сдуваются узкой струей горячего воздуха. Очистка от лишнего припоя воздухом получила название – воздушный нож.

Для формирования паек скелетной формы и высокой разрешающей способности припоя на области пайки должен наноситься равномерно тонким слоем. Применяют различные волны различных профилей: плоскую волну или широкую, вторичную или "отраженную", дельта-волну, лямбда-волну, омега-волну. Различное количество волн позволяет разделить оборудование на категории: с одной, двумя и тремя волнами.



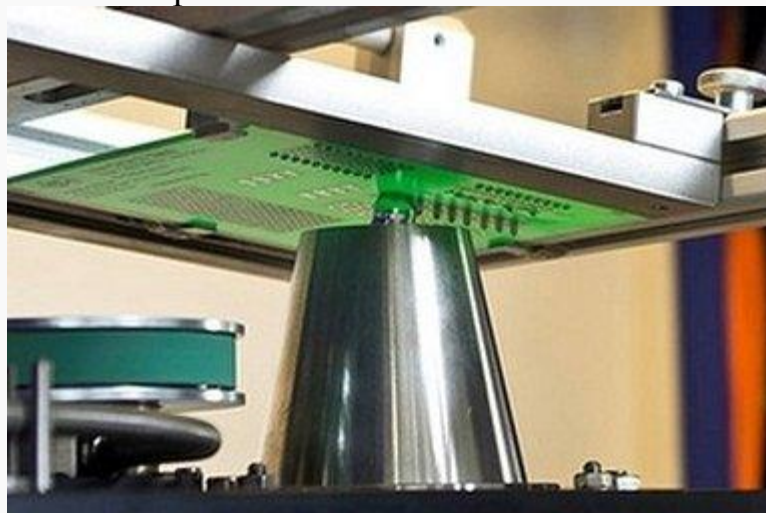
Две волны припоя.

При технологии двух волн одна волна делается узкой и турбулентной. Энергичное перемещение припоя в первой волне исключает образование пустот в пайках, вызванных испарением флюса. Вторая волна очищает плату от излишков припоя и завершает формирование паек правильной формы. Температура пайки находится в диапазоне $235...260^\circ\text{C}$. Снижение температуры пайки создает более щадящий термический режим для деталей собираемого модуля. Высокая температура необходима при использовании бессвинцовых припоев и монтаже многослойных плат. Для исключения окисления соединяемых поверхностей пайка производится в среде азота.

Волну припоя создают механическими и электромагнитными нагнетателями, подачей газа, ультразвуковыми колебаниями. Механический нагнетатель работает следующим образом. В камеру с соплом с помощью крыльчатки постоянно нагнетают расплавленный припой. Крыльчатка приводится в движение электродвигателем. Высота волны регулируется изменением скорости вращения вала электродвигателя. Есть более простой способ создать волну припоя. Для этого используется газ, под давлением подаваемый в замкнутую полость. Но у этого способа есть и недостатки.

Интенсивное движение воздуха через припой приводит к окислению припоя. Использование инертного газа неоправданно экономически.

Когда припой контактирует с проводящим рисунком платы и выводами компонентов, то в припое растворяется небольшое количество меди. Небольшое содержание меди в припое может нарушить эвтектику сплава. Температура плавления припоя увеличивается, происходят холодные пайки. Для исключения этого явления в состав припоя включается медь и висмут. Медь предварительно добавляют в припой до насыщения и дальнейшее увеличение содержания меди в припое невозможно, а висмут снижает температуру плавления припоя.



Селективная пайка с помощью сопла.

Селективная пайка появилась в девяностых годах. Селективная пайка - относительно новая технология, позволяющая производить избирательный монтаж только выводных компонентов. Метод требует минимум доработок для оптимизации печатных плат под данную технологию и позволяет монтировать большинство существующих типов выводных компонентов. Производительность монтажа в несколько раз выше, по сравнению с ручным монтажом.

Отличием селективной пайки от пайки волной является нагрев платы только в области пайки как при пайке паяльником. Удобно применять селективную пайку при сборке электронного модуля, содержащего планарные и малое количество выводных компонентов. Сейчас благодаря снижению использования выводных компонентов селективная пайка применяется все чаще. При сравнении с пайкой волной селективная пайка экономически более выгодна. По сравнению с пайкой волной селективная пайка не приводит к лишнему нагреву платы и позволяет применять больше типов компонентов, снизить вероятность появления дефектов, уменьшить подготовку к монтажу, исключается защитная маска, уменьшается износ оборудования от мойки плат. Внедрение селективной пайки позволяет сократить количество операций с платами, уменьшить время монтажа, уменьшить объем ручной работы. Возможна пайка разными припоями.

Селективная пайка проводится в несколько этапов. Вначале наносится флюс. Затем происходит подогрев флюса для подсушивания, активации и

предотвращения термоудара при пайке. Последний этап – нанесения припоя. Весь процесс автоматизирован и происходит в специальной установке. Плата автоматически перемещается, проходя все этапы селективной пайки, начиная с нанесения флюса.

Технологии селективной пайки можно разделить на два основных типа в зависимости от применяемой головки с припоем. К одному типу технологии можно отнести использование сопла с припоем, над которым перемещается паяемая плата и происходит пайка всех точек поочередно. Ко второму типу можно отнести использование оснастки, образующей миниволны на нескольких соплах одновременно, расположенных в областях паек. Первый тип технологии более подходит для производства малых партий электронных модулей, второй для крупных партий. Пайка может осуществляться в среде азота.

Нанесение флюса выполняется тремя наиболее распространенными методами.

Флюсующий узел аналогичен головке струйного принтера и позволяет наносить флюс малыми порциями. В отличие от принтера узел нанесения флюса перемещается по плоскости как перо графопостроителя. Флюсуются только области пайки. Электромагнитный насос без механических деталей подает флюс в форсунку. Микрокапельная форсунка исключает попадание флюса на участки платы, расположенные вокруг области пайки. Точность нанесения флюса позволяет исключить операцию отмывки.

Флюсование распылением наносит флюс на всю плату. Количество форсунок наносящих флюс варьируется для каждого производимого электронного модуля.

Флюсование окунанием происходит с помощью ванны и адаптера с выдвижными насадками. Адаптер изготавливается для каждого производимого модуля индивидуально. Все области паек покрываются флюсом одновременно. Нанесение флюса окунанием актуально при изготовлении крупной партии. Адаптер с насадками меняется при переходе на другую плату. Применение насадок обеспечивает хорошее нанесение флюса точно на область пайки. Флюс хорошо наносится даже на труднодоступные точки пайки.

Нагрев платы выполняется различными нагревательными узлами.



Предварительный нагрев платы.

Инфракрасный нагрев выполняется с помощью нагревателей имеющих диапазон излучения от средних до коротких волн. Мощность каждого нагревателя измеряется в киловаттах. Нагрев может быть задан в соответствии с конструкцией печатного узла.

Нагревание кварцевыми излучателями и устройствами направленной конвекции. При использовании таких излучателей число задействованных источников тепла задается согласно ширине платы.

Пайка может выполняться одним соплом или множественной миниволной.

При технологии одного сопла плата перемещается с высокой точностью и позиционируется над соплом головки с припоем. Имеется возможность контролировать параметры каждого отдельного паяного соединения: высота насадки, волны, время нахождения в волне припоя и другие. На пайки в соответствии с программой расходуется строго заданное количество припоя.



Сопло для селективной пайки миниволной.

Различные сопла внутренним диаметром 1,5...20 мм позволяют сделать процесс пайки адаптируемым к производству большинства возможных электронных модулей. Если пайка производится в среде азота, то азот подается непосредственно в зону пайки.



Приспособление для селективной пайки множественной миниволной.

Пайка множественной миниволной обеспечивает повышенную производительность. Множественная миниволна пропаявает все необходимые точки пайки одновременно, и при этом качественно обрабатываются даже труднодоступные точки. При пайке множественной миниволной паяемые поверхности отлично смачиваются, образование перемычек минимально.

Селективная пайка уникальна тем, что нанесение флюса происходит точно и дозированно, флюс выгорает в процессе пайки и отмывка остатков флюса не требуется. Это позволяет экономить на технологическом процессе отмывки плат. Таким образом исключается необходимость затрат на оборудование для отмывки. Развиваются системы селективной пайки лазером и горячим газом.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ

Развитие электроники сопровождается уменьшением размеров электронных компонентов. На современном этапе развития электроники с появлением компонентов, имеющих большое число выводов, стало ясно, что прежние методы разработки и сборки не могут удовлетворять сегодняшним требованиям производства электроники. Это привело к появлению планарных компонентов и поверхностного монтажа, что позволило в высокой степени автоматизировать сборочные процессы, достичь высокой плотности монтажа, снизить объем, вес и размеры. Сборку с применением одних планарных компонентов, устанавливаемых на проводящий рисунок платы, называют поверхностным монтажом. Сборка состоит из следующих этапов: перенос паяльной пасты, установка компонентов, расплавление пасты и контроль. Поверхностный монтаж обеспечивает высокую надежность изготавливаемой электроники.



Участок модуля, выполненного по технологии поверхностного монтажа.

Широкое распространение поверхностный монтаж получил к концу восьмидесятых годов. Новизна заключается в использовании вместо компонентов на выводах, вставляемых в отверстия платы, применение компонентов припаиваемых к контактным площадкам, сформированным проводящим рисунком. Планарные компоненты не имеют выводов совсем или редко имеют короткие выводы. Отсутствие отверстий для установки компонентов снижает затраты на изготовление платы. Планарные компоненты унифицированы, в несколько раз меньше, вдвое дешевле выводных аналогов. Модули, собранные по технологии поверхностного монтажа имеют плотное размещение компонентов, малое расстояние между компонентами и контактными площадками. Уменьшение длины проводников улучшает передачу высокочастотных и слабых сигналов, уменьшается нежелательная индуктивность и емкость. Планарные радиоэлементы имеют низкую цену. Поверхностный монтаж сегодня распространен намного шире монтажа в отверстия. Постоянно снижается себестоимость сборки.

Поверхностный монтаж обладает рядом недостатков. Жесткое крепление компонента за корпус к проводящему рисунку приводит к разрушению компонентов, подвергающихся воздействию перепадам температур. Модули, собранные из планарных компонентов боятся перегрева при пайке, сгибов и ударов. Эти воздействия приводят к трещинам компонентов. Разработчик печатных плат должен проектировать проводящий рисунок, обеспечивающий равную скорость нагревания контактов компонента благодаря симметричности тепловых полей. Технология групповой пайки включает в себя режим работы оборудования и технологическую оснастку обеспечивающие одинаковую скорость нагревания контактов каждого компонента для исключения брака. Требуется точно соблюдать требования переноса пасты на плату и режим работы паяльного оборудования. Повышаются требования к транспортировке и хранению планарных

компонентов и материалов для монтажа. Отработка трассировки проводящего рисунка требует больше средств. Возрастают затраты на технологическую оснастку при выпуске опытных партий. Ремонт модулей собранных поверхностным монтажом требует специализированного инструмента.

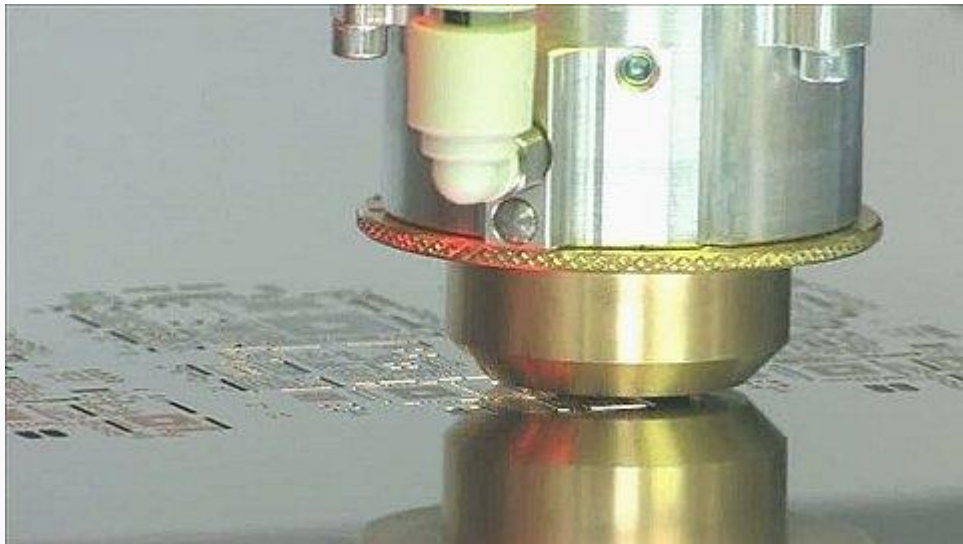
Нанесение пасты на контактные площадки выполняется дозатором при отработке макетного образца платы, а при серийном изготовлении модулей используется трафарет совместно с оснасткой.

Трафарет изготавливается из металлической фольги, имеющей толщину от 0,075 до 0,2 мм с отверстиями прямоугольной, трапециевидной или круглой формы. может быть изготовлен из различных материалов: нержавеющей стали, никеля, бронзы. Чаще других материалов для изготовления трафарета применяется сталь.



Стальной трафарет.

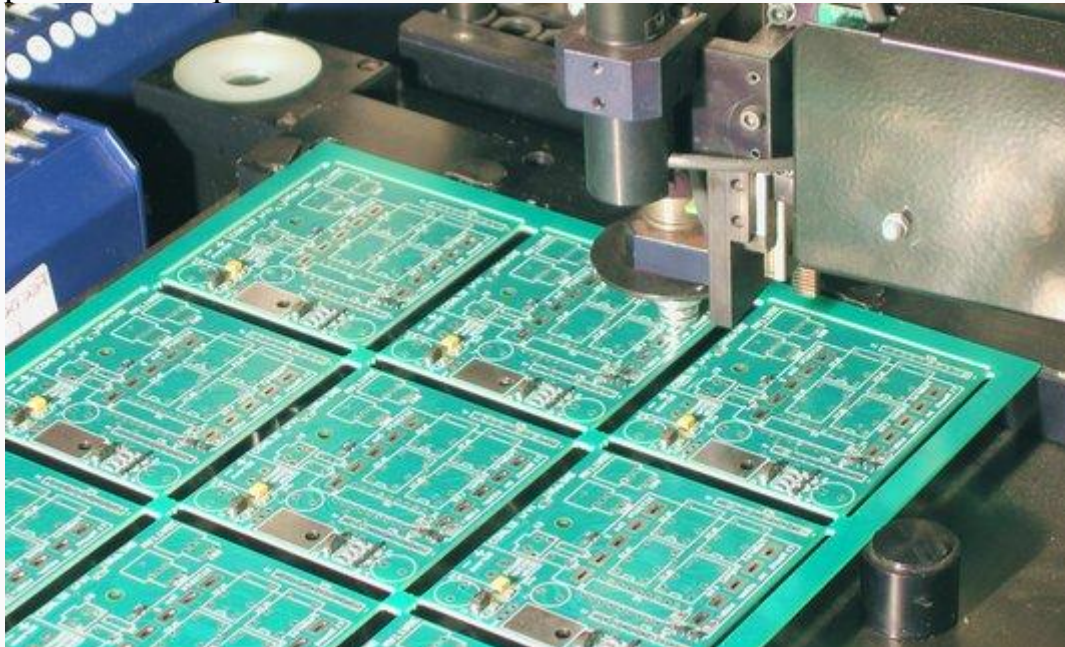
Чтобы обеспечить постоянство объема наносимой пасты и ее легкий выход на плату отверстия выполняют с закругленными углами. Металлические трафареты имеют продолжительный срок службы и позволяют быстро и точно нанести паяльную пасту или клей. Трафарет, выполненный из нержавеющей стали, имеет полированную поверхность, не нуждается в механической обработке, не растягивается. Расчетный срок службы исчисляется десятками тысяч проходов. Отверстия делают с помощью травления, вырезаются лазером или с помощью гальванопластики. При изготовлении лазерной резкой луч выжигает отверстие требуемого размера с отклонением не более 0,005 миллиметра. Другое преимущество лазерной резки – возможность изменения конусности стенок отверстия. Трафареты, выполненные лазерной резкой, отличаются высокой точностью.



Изготовление трафарета с помощью лазера.

Применение трафаретов позволяет использовать платы, изготавливаемые из различных материалов, они применимы для компонентов с расстоянием между выводами меньше 0,6 мм. Изготовление трафаретов травлением имеет некоторые недостатки. Отделение паяльной пасты затруднено из-за имеющегося в отверстиях уклона, возможно смыкание отверстий, при фотолитографии затруднено совмещение рисунков на двух сторонах заготовки трафарета.

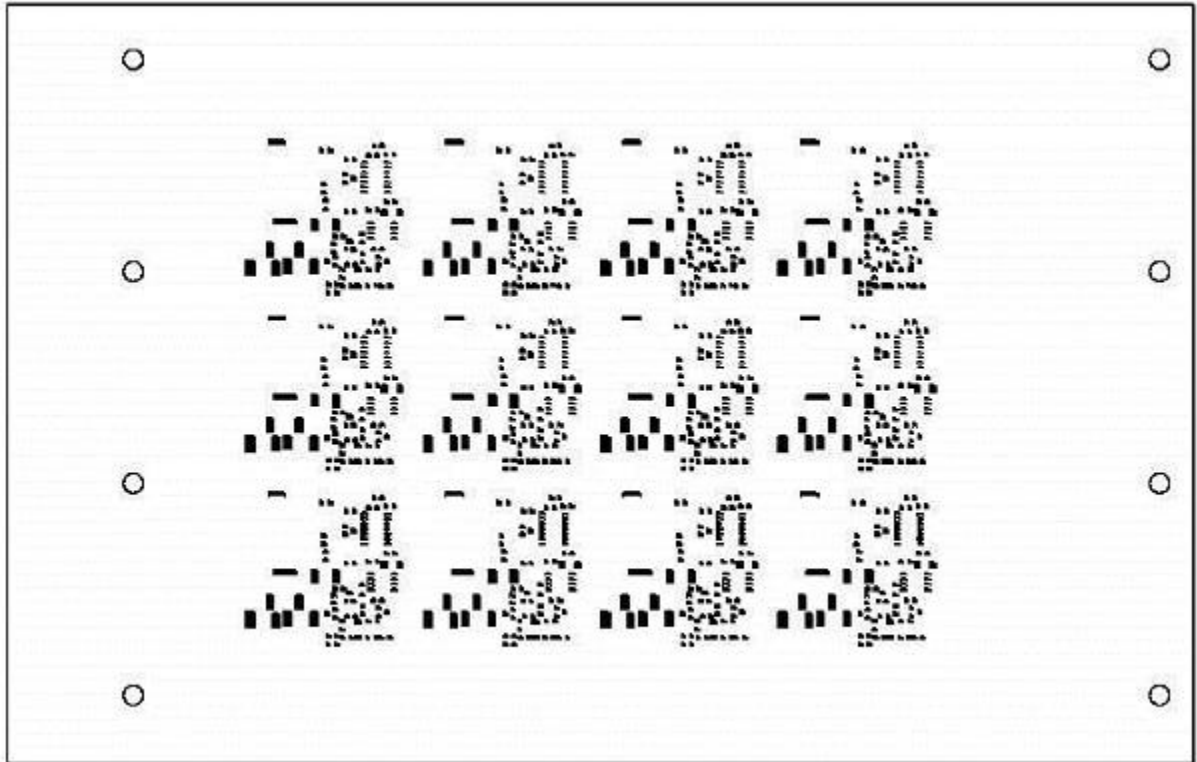
Для сокращения сроков изготовления модулей несколько плат объединяют в одну групповую плату. Для групповой платы изготавливается большой трафарет. Паста переносится на групповую плату через один трафарет за один проход.



Компоненты устанавливаются на групповую плату с помощью автомата.

После переноса пасты на групповую плату на нее устанавливаются компоненты и выполняется расплавление пасты.

Проектирование трафарета ведется в программах предназначенных для разработки печатных плат. Изготовление производится непосредственно по данным файла трафарета.



Графические данные файла трафарета, подготовленного в программном пакете разработки плат PCAD.

Проектирование трафарета ведется, ориентируясь на проводящий рисунок платы и размеры рамки установки трафарета. Исходя из размеров рамки, имеющейся в распоряжении производства, рассчитывается сколько плат объединить в одну группу.



Трафарет установлен в рамку.

Трафарет закрепляется между слоями рамки благодаря штырям, находящимся на нижнем слое. В файл трафарета вносятся отверстия, соответствующие расположению штырей рамки. Нанесение точного количества пасты снижает вероятность появления замыканий проводников.



Перенос пасты с помощью автоматического оборудования.

Паяльная паста – густая смесь, состоящая из размельченного припоя и жидкого флюса. Пример сплава припоя: 61 % олова, 37 % свинца, 2 % серебра. Свойства пасты продиктованы составляющими композиции и размерами частиц порошка припоя. Чаще, производятся пасты, не требующие отмывки после пайки, или остатки флюса смываются водой. Пасты без свинца на основе канифоли применяются значительно реже. Паста должна храниться несколько месяцев без ухудшения свойств, должна обеспечивать качественное соединение компонентов и платы, при расплавлении не должны образовываться шарики припоя. Паста должна удерживать компоненты до пайки, не растекаться при предварительном нагреве, после пайки должен оставаться минимум флюса.



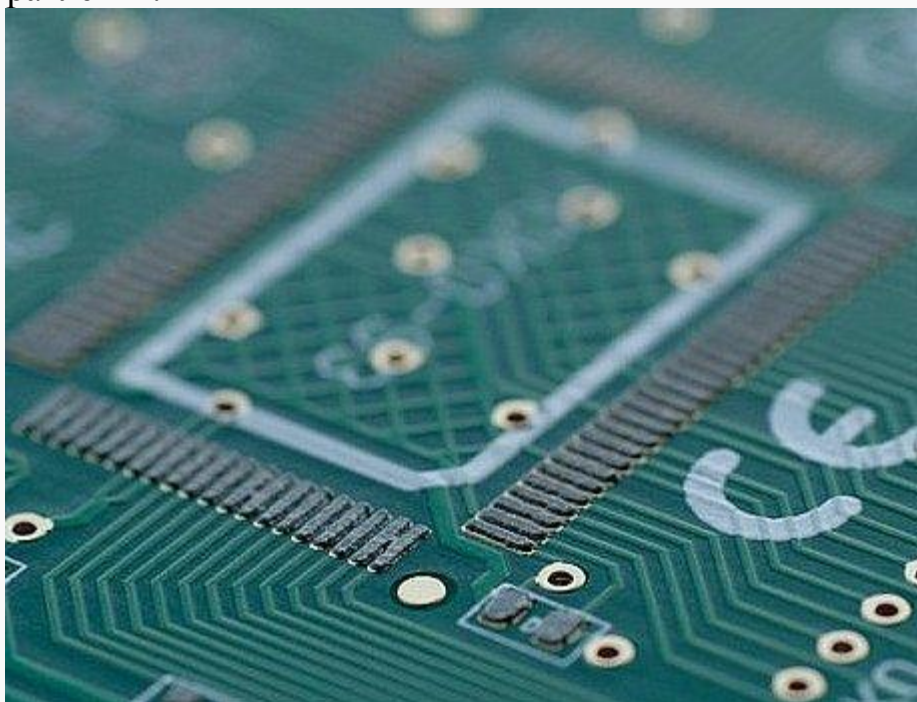
Перенос пасты на плату с помощью ракеля вручную.

Перед нанесением пасты следует проверить совпадение отверстий трафарета с проводящим рисунком платы. Паста продавливается ракелем через отверстия. После нанесения пасты на плату трафарет чистится от остатков пасты. В результате на контактных площадках остается слой пасты, находящийся в центре контактной площадки. Ракели бывают различной конструкции и изготавливаются из резины, пластика или металла.



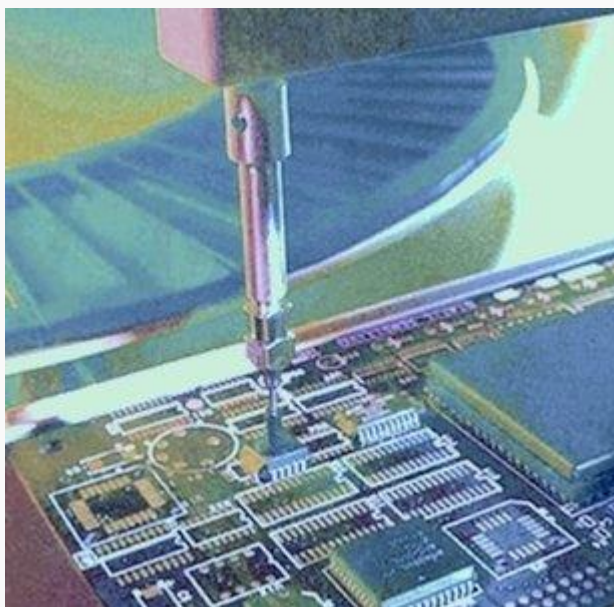
Дозатор пасты, управляемый электронным блоком.

Ручной дозатор предназначен для нанесения паяльной пасты на контактные площадки платы. Вместо использования трафарета и сопутствующего оборудования паста наносится малыми порциями по очереди на контактные площадки при помощи дозатора. При использовании дозатора затрачивается больше времени, но не всегда есть возможность разрабатывать и изготавливать трафарет. В условиях мелкосерийного производства и при изготовлении макетных образцов удобно использовать дозатор. При этом объем наносимой пасты определяется оператором или блоком управления.



Паяльная паста нанесена на контактные площадки платы.

Установка планарных компонентов на плату с нанесенной пастой может выполняться вручную или с помощью средств автоматизации. При ручной установке неизбежны ошибки в номиналах компонентов. Невозможно обеспечить верный и одинаковый прижим компонентов к пасте. Для исключения ошибок при сборке модулей применяют разную степень автоматизации.



Установка микросхемы с помощью полуавтомата.

Полуавтомат установки компонентов помогает оператору собирать электронные модули. Полуавтомат осуществляет перемещение емкости с требуемым компонентом, лучом света указывает точку установки компонента и облегчает сборку другими способами, но установка компонента выполняется оператором. Это уменьшает вероятность брака при установке. По цене полуавтоматические установщики отличаются до шести раз. Их производительность находится в диапазоне 300...1000 компонентов в час и зависит от опыта оператора.



Установка компонентов полным автоматом.

Полные автоматы используются в стабильно работающем производстве при выпуске больших партий модулей. Цена полного автомата определяется

конфигурацией и функциями: поддерживаемые виды питателей, техническое зрение, разрешающая способность установки, темп работы, число головок и другие. Цена полного автомата составляет десятки тысяч долларов.

Бесконтактная пайка. Для надежного соединения пайка должна занимать минимальное время при высоком смачивании поверхностей. Для этого нужны активные флюсы, не вызывающие коррозию. Противоречие между производительностью и надежностью можно разрешить при переходе к бесконтактным технологиям пайки. Это связано с необходимостью увеличения теплопроводности, которая выше у излучения. Использование бесконтактных технологий пайки способствует сокращению времени нагрева. Бесконтактная пайка исключает внесение примесей в припой. Исключается повреждение компонентов статическим электричеством.

Расплавления пасты можно выполнять с помощью горячего воздуха, инфракрасного излучения, кварцевого нагрева и их комбинацией. Все большее распространение получает пайка с помощью лазерного луча. Температура соединений зависит от поглощения тепла компонентами и поверхности платы. Недостатком бесконтактных технологий пайки является зависимость нагрева области пайки от множества факторов.

Инфракрасная пайка производится в специальных печах, которые можно разделить на два класса. Кабинетные печи: плата находится в печи неподвижно. Конвейерные печи: плата на конвейере перемещается через все зоны с различной температурой. Все чаще применяется пайка в инертном газе для снижения окисления.

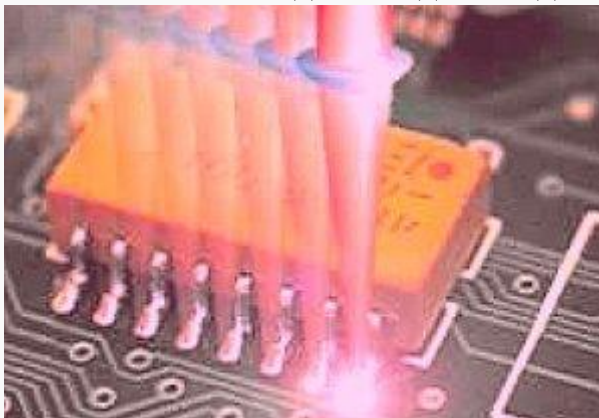


Печь для расплавления паяльной пасты кабинетного типа инфракрасного излучения с принудительной конвекцией воздуха.

Для выполнения инфракрасной пайки предназначены печи, различные по конструкции, в основном, конвекционного типа. В таких печах нагрев платы и компонентов происходит интенсивным инфракрасным излучением, одновременно горячий воздух подается на платы и обеспечивает

равномерный прогрев. Печь должна выдержать требуемый режим нагрева платы. Для правильного расплавления пасты недостаточно требуемой температуры. Под воздействием температуры в пасте происходит расплавление частиц припоя, флюс растворяет оксидную пленку на соединяемых поверхностях. Должно происходить поэтапное нагревание платы до точки расплавления и охлаждение по программе, записанной в памяти контроллера печи. Это предотвращает компоненты от термоудара и плату от коробления, улучшает прочность соединения.

Недостатком печей является вибрация плат под действием интенсивного движения воздуха. Постоянное снижение габаритов электронных приборов приводит к сокращения размеров плат. Чем меньше плата, тем сильнее она подвержена перемещению воздушным потоком. В момент расплавления пасты компоненты плавают на поверхности расплавленного припоя и незначительной вибрации платы достаточно для смещения компонента или выпадения с платы. Потоки воздуха внутри печи движутся с различной интенсивностью. При изготовлении партии вся решетка занята платами и от загрузки к загрузке платы в одной и той же области печи вибрируют и лишаются компонентов. Изготовить оснастку для фиксации плат невозможно. Применить металл в условиях инфракрасного излучения нельзя – неизбежен перегрев плат в точках фиксации. Требуется керамика. Изготовление керамической оснастки для каждого вида плат дорого.



Пайка с помощью луча лазера является наиболее перспективной из всех технологий пайки. Первая промышленная установка была создана в США в 1976 году с использованием газового лазера, а в 1982 году с использованием твердотельного лазера. Сегодня лазерная пайка более других технологий приблизилась к идеальной пайке. Благодаря концентрации мощности лазерным лучом в области диаметром около 0,1 мм, стало возможно паять компоненты чувствительные к нагреву и исключить коробление плат. Метод подходит для модулей с плотным расположением компонентов, у которых малое расстояние между выводами. При монтаже не образуются замыкания и шарики припоя. Отсутствие инерционности воздействия излучения позволяет вести нагрев импульсами малой длительности 1...10 мс и точно дозировать энергию. Имеется высокая стабильность температурно-временных режимов. Время непрерывной пайки составляет 0,3...0,8 с, температура 220...250 °С. Время импульсной лазерной пайки составляет 0,02...0,08 с, температура

250...300 °С. Изменяя энергию лазерного луча передаваемую в область пайки можно изменять температуру в широких пределах. Охлаждение при импульсной пайке происходит быстрее, чем при непрерывной пайке. Кратковременное воздействие луча лазера уменьшает окисление. Не требуется предварительный подогрев платы, что является большим преимуществом по сравнению с пайкой волной. Припой быстро расплавляется, смачивает поверхности и заполняет зазор, быстро остывает, что способствует хорошему соединению. Не требуется специальная газовая среда. Не требуются термостойкие клеи для двустороннего монтажа. Пайки имеют глянцевую поверхность и отличаются высоким качеством. Технология лазерной пайки позволяет создавать полные автоматы. Появляется возможность проводить селективную пайку, при которой отдельные компоненты устанавливаются позднее. Производительность монтажа может до 2000 паек в час.

Недостатком, сдерживающим распространение лазерной пайки, является цена оборудования. Также сдерживает распространение потребность в новых флюсах и способах их дозирования.

Лазерное излучение обеспечивает возможность прецизионной пайки планарных компонентов. Для пайки планарных компонентов применяют лазерные диоды и световоды.

Проводятся исследования по совершенствованию лазерной пайки. Возможности этой технологии далеко не исчерпаны и есть основания ожидать знакомства с новыми гранями лазерной пайки. Известно увеличение активности поверхностей при импульсном лазерном воздействии. Ведется разработка пайки без флюса с применением модулированного лазерного излучения. Подъем производительности возможен при раздвоении луча или в результате применения методов для направления излучения на все соединения, относящиеся к одной микросхеме или на всю плату. Есть перспективы применения лазерной пайки при смешанном монтаже.

Двусторонний поверхностный монтаж можно выполнять различными способами. Проблема заключается в том, что если нанести пасту на обе стороны, поставить компоненты и расплавить пасту, то делать этого нельзя. Компоненты на нижней стороне отвалятся. Поэтому вначале наносится паста и клей на одну сторону платы и устанавливаются компоненты. Затем производят оплавление пасты и полимеризацию клея. Плата переворачивается, наносится паста и устанавливаются компоненты на вторую сторону платы, после чего опять производится нагрев и расплавление пасты на второй стороне.

СМЕШАННЫЙ МОНТАЖ

Поверхностный или выводной монтаж в чистом виде сейчас встречается очень редко. Платы с планарными компонентами содержат провода или разъемы в выводных корпусах, а модули собранные преимущественно из выводных элементов содержат микросхемы в планарных корпусах.

Стремление изготавливать электронные модули из одних планарных компонентов требует перестройки производства и внедрения не только нового оборудования, но и совершенно новых стандартов контроля соблюдения требований технологии. Переход производства от выводного монтажа к поверхностному возможен только через выпуск модулей, собранных по технологии смешанного монтажа.

Поверхностный монтаж предъявляет новые требования к разработке печатной платы, что усложняет разработку. Отсутствие в поверхностном монтаже отверстий имевших место в выводном монтаже теперь выливается в огромное количество переходных отверстий с одной стороны платы на другую. Выводной монтаж пропагандируется как технология, снижающая расходы на сверловку отверстий под выводы. А в тоже время появляется необходимость в сверловке переходных отверстий. Если раньше при разработке платы переход с одной стороны на другую происходил благодаря отверстию для вывода компонента, то теперь нужно при разработке платы вводить переходное отверстие. Трассировка платы получается сложнее, для такой работы требуется опытный разработчик.

Применение сбалансированного смешанного монтажа позволяет использовать лучшие компоненты из выводных и планарных и разработать хорошую плату, дающую наилучшие электрические свойства модуля.

ЗАВЕРШАЮЩИЕ СТАДИИ СБОРКИ

При ручном монтаже область пайки содержит много остатков флюса. Нанесение флюса на всю плату при пайке волной приводит к большому количеству твердых и жидких остатков. Для ликвидации остатков флюса проводится отмывка. Оставшийся флюс может сказаться на параметрах электронного модуля. Часто отмывку проводят вручную, применяя спирто-бензиновую смесь, но сейчас существуют более эффективные средства. Для отмывки применяют специальные промывочные жидкости. Отмывка обеспечивает не только достойный внешний вид модулей, но и обеспечивает хороший контакт платы с влагозащитным покрытием.

По окончании очистки модуль проверяют на работоспособность, после чего плату с деталями покрывают несколькими слоями водостойкого лака. Каждый слой высушивают горячим воздухом. Покрытие лаком предотвращает воздействие влажности, улучшает тепловой режим компонентов модуля и повышает вибрационную прочность.