



МОСКОВСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Государственное
образовательное учреждение
«Московский
имени И.А. Лихачёва»

бюджетное
учреждение города Москвы
технологический

профессиональное
колледж

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

«Монтаж радиоэлементов на двухстороннюю печатную плату с
металлизированными отверстиями»

Наименование специальности/профессии, код:

11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств

11.02.17 Разработка электронных устройств и систем

11.01.14 Оператор автоматической линии сборки радиоэлектронной аппаратуры и приборов

11.01.01 Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов

Наименование ПМ:

ДУП.01 Практическая подготовка по технологии выполнения работ по профессии Слесарь-сборщик радиоэлектронной аппаратуры и приборов

ДУП.01 Практическая подготовка по технологии выполнения сборки простых радиоэлектронных устройств

ДУП.03 Основы радиотехники

ПМ.02 Выполнение операций контроля и испытаний узлов, блоков и приборов различных видов электронной техники

Семестры обучения: 1 или 2 семестр

Количество часов: 72

Количество смен: 1

Ф.И.О и группа:

Введение

Цель проекта: приобретение практических навыков монтажа и сборки электронного устройства (программируемый индикатор уровня напряжения), освоением технологических процессов, навыкам пайки в металлизированные отверстия, чтения схем, настройки, регулировка собранного устройства. Контроль качества и сборки изделия.

Задачи

1. Изучение процесса монтажа радиоэлементов на двухстороннюю печатную плату.
2. Развитие навыков чтения маркировки радиокомпонентов, чтение электрических схем, подбора инструментов и температурных режимов пайки.
3. Выполнение технологических операций (лужение, формовка, установка, пайка, промывка, контроль качества и т.д.).
4. Работа с контрольно-измерительными приборами
5. Контроль качества с помощью оптических приборов
6. Проверка работоспособности электронного устройства.
7. Настройка

Результат: Электронное устройство

В процессе выполнения проекта студенты приобретут практический навык монтажа радиоэлементов на двухстороннюю печатную плату с металлизированными отверстиями, настройку и подключение к источнику питания. согласно техническим требованиям. Приобретут опыт работы с паяльным оборудованием.

День 1

Вводное занятие. Техника безопасности и организация рабочего места

Цель: сформировать навыки безопасного поведения и грамотной организации рабочего места в цехе радиомонтажа, для предотвращения травматизма и обеспечения эффективности трудового процесса.

Задачи: сформировать знание о потенциальных источниках опасности; отработать алгоритмы безопасного взаимодействия с паяльным оборудованием, привить практические навыки использования средств индивидуальной защиты; сформировать навык рациональной организации раскладки инструментов на рабочем месте; выработать автоматизм действий в аварийной или нештатной ситуации; воспитать внутреннюю установку и личную ответственность за соблюдением правил ТБ.

Задание

Техника безопасности

Безопасность труда

Рабочее место монтажника РЭА и П

Радиомонтажные инструменты

Материалы, применяемые при пайке

Изучение КД на монтаж компонентов.

Ход выполнения

Требования безопасности при работе в цехе радиомонтажа

1 Общие требования

1.1 К самостоятельному выполнению монтажных работ допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж по технике безопасности, медицинское освидетельствование и усвоившие безопасные методы, и приёмы выполнения работ.

1.2 Работу производить на исправном оборудовании, пользуясь исправными инструментами и приспособлениями и только по их прямому назначению.

1.3 Рабочие места монтажников должны быть оборудованы специальными столами, обеспечивающими хранение инструмента и материалов, а также сбора отходов производства.

1.4 Соблюдайте правила личной гигиены: перед приемом пищи, курением и по окончании работы, связанной с применением припоев, содержащих свинец, ополосните руки 1% раствором уксусной кислоты, вымойте их с мылом, прополощите полость рта.

1.5. Во избежание попадания паров свинца в организм в помещениях, где производится пайка припоеем, содержащим свинец, не хранить личные вещи, не принимать пищу и питьевую воду, не курить.

2 Специальные требования

2.1. Перед началом работы.

2.1.1. Наденьте спецодежду и подготовьте необходимые для выполнения данной работы средства индивидуальной защиты. Надеть спецодежду так, чтобы она не имела разевающихся и свисающих концов, на голову надеть облегающий головной убор, подобрать под него волосы.

2.1.2. Подготовьте рабочее место. Проверьте исправность инструмента. Инструменты, чертежи, приспособления расположите в удобном порядке.

2.1.3. Убедитесь в том, что местная вытяжная вентиляция от места лужения, пайки или зачистки проводов методом обжига изоляции, включена.

2.1.4. При осмотре электропаяльника убедитесь в том, что соединительный провод без изломов и прожогов жил, надежно изолирован по всей длине, имеет исправную штепсельную вилку; стержень паяльника не качается; рукоятка не имеет трещин.

2.1.5. Подготовьте специальную тару с четкими надписями о её содержимом для хранения спирта, флюса и т.п. Все жидкости, содержащие ЛВЖ, разрешается хранить на рабочем месте в количестве, не превышающем сменной потребности. Тара с ЛВЖ должна быть не проливающейся с плотно закрывающимися крышками и устанавливайте её в стороне от паяльника.

2.2. Во время работы

1. При откусывании концов проводов бокорезами не допускайте попадания отлетающих частиц на себя и окружающих.

2. Зачистку концов провода производить с помощью спец инструмента или путём электрообжига при включенной местной вытяжной вентиляции.

3. При зачистке концов проводов электрообжигом держите руки на безопасном расстоянии от раскалённой нити.

4. Лужение концов проводов производить при включенной вытяжной вентиляции. Во избежание выплесков припоя не допускайте попадания влаги в тигель с расплавом, перед облучиванием концы проводов должны быть хорошо просушены. Переносить тигель с расплавленным припоеем запрещено.

5. Облучиваемый провод погружать в ванну плавным движением, не допуская брызг.

6. Периодически очищайте поверхность расплавленной среды от нагара при помощи спец инструмента с ручками из нетеплопроводного материала, не допускайте образования брызг, не используйте для этих целей случайных предметов (картон, бумага и т.д.).

7. При работе с паяльником:

- не определяйте степень нагрева паяльника на ощупь;
- во избежание образования брызг флюс наносите тонким слоем;
- припаиваемый или облучиваемый провод (вывод) придерживайте пинцетом;
- лишний припой с жала паяльника удалайте специальными салфетками, не допускайте стряхивания лишнего припоя с паяльника;
- паяльник, находящийся в рабочем состоянии, держите в зоне действия вытяжной вентиляции;

- не оставляйте включенный электропаяльник без присмотра, во время перерывов в работе отключайте паяльник от электросети и кладите его на металлическую или теплостойкую подставку.

2.3. По окончании работ.

- 1.Отключить от электросети оборудование, на котором вы работали.
- 2.Убрать рабочее место, инструмент.
- 3.Снять средства индивидуальной защиты. Вымыть руки с мылом и ополоснуть 1% раствором уксуса.

Создание организованного рабочего пространства. Расположите компоненты систематически, чтобы оптимизировать процесс, и оснастите зону антистатическими средствами, достаточным освещением и точными инструментами, такими как увеличительные лампы. Эти приготовления закладывают основу для плавного процесса сборки.

При подготовке рабочего места необходимо руководствоваться основным правилом: инструмент и приспособления, которые берутся правой рукой, кладут справа, которые берут левой рукой, кладут слева.

Используемые инструменты

Таблица 1. Инструменты

Наименование инструмента	Назначение и характеристики инструмента.
 Паяльная станция	Паяльная станция TM 900 - ремонт, монтаж, демонтаж и пайка. В составе: паяльник, фен, отсос для олова. Потребляемая мощность: 1150 Вт Температура паяльника: 90-400 °C Температура фена: 150-450 °C Напряжение питания: 220 В Мощность паяльника: 50 Вт Имеется металлическая стружка и губка для очистки жала паяльника.
 Бокорезы	Бокорезы Sturm 160 мм Предназначены для перерезания проводов, кабелей, проволоки. материал рукояток: двухкомпонентная резина с антискользящим покрытием; материал губок: углеродистая сталь; длина 160 мм.

 Круглогубцы	<p>Круглогубцы «Sipel 143»: материал рукояток: антistатическое покрытием; материал губок: нержавеющая сталь; длина: 125 мм.</p>
 Плоскогубцы	<p>Плоскогубцы «Sipel 125»: материал рукояток: антistатическое покрытием; материал губок: нержавеющая сталь; длина: 143 мм.</p>
	<p>Набор из 6-ти различных пинцетов: предназначен для манипуляции небольшими предметами, которые невозможно, неудобно, либо опасно брать незащищёнными руками.</p>
	<p>Держатель для плат универсальный «ZD-11E REXANT 12-0256» максимальный размер удерживаемой платы: 200x140 мм.</p>
<p>Набор отверток</p> 	<p>Отвертка с набором бит Wiha: предназначена для завинчивания и отвинчивания крепежных изделий; 24 биты в наборе.</p>
<p>Мультиметр</p> 	<p>Цифровой мультиметр Richmeters RM102: предназначен для измерения различных электрических величин: напряжения, силы тока, сопротивления, температуры, частоты. Особенности: автоматический выбор диапазона измерений, подсветка дисплея, фиксация измерений.</p>

Материалы, применяемые при пайке

таблица 1.2.

№№	Наименование материала.	Назначение и характеристики инструмента.
----	-------------------------	--

1	Припой 	Припой ПОС-60 (Sn - 60%, Pb-38%): предназначен для создания электрического контакта и механического соединения металлических деталей. Содержание флюса в припое: 2 %; Диаметр: 0,8 мм; Температура плавления: 190 °C;
2	Флюс 	Флюс паяльный Solins ФКСп ПЭТ-20. Содержание канифоли: 20-30 %. Предназначен для удаления оксидов с паяемых или свариваемых поверхностей, снижения поверхностного натяжения и улучшения растекания жидкого припоя
3	Оплетка для демонтажа 	Оплетка для демонтажа с нерастворимым флюсом: предназначена для подготовки мест пайки и используется для снятия излишков припоя на контактных площадках. Сплетена из неокисляемой проволоки. Диаметр 1.5 мм.
4	Паста для очистки жала паяльника 	Паста для очистки жала паяльника MECHANIC S9: предназначена для быстрой и эффективной очистки и облуживания жал паяльников.
5	Жидкость для отмывки печатных плат 	Изопропиловый спирт НЕРС+ ГОСТ 9805-84: Предназначен для удаления остатков флюса, которые в процессе эксплуатации электронной аппаратуры могут оказывать негативное воздействие на надежность печатных узлов.
6		Хлопчатобумажная ткань Применяется для защиты рабочей поверхности от флюса.
7.		Щётка нейлоновая Применяется для чистки плат от пыли и грязи, а в сочетании с растворителем - от следов и последствий коррозии, остатков флюса

Программируемый индикатор уровня напряжения.

Категория: измерительные устройства

Устройство позволяет контролировать заранее заданный (запрограммированный) уровень напряжения. Измеряемое напряжение отображается с помощью шкалы, состоящей из восьми светодиодов. Шкала поделена на зоны: зеленую, желтую и красную (светодиоды с прозрачным корпусом на самом деле имеют красный цвет свечения). Если горят красные светодиоды, уровень напряжения считается высоким; жёлтые светодиоды индицируют нормальное значение напряжения; зелёные светодиоды показывают, что уровень напряжения несколько отличается от нормального, то есть ниже. Крайние светодиоды показывают критичное высокое или низкое напряжение. На основании показаний устройства может быть определено численное значение текущего уровня измеряемого напряжения. Цена деления шкалы программируется.

Это устройство найдет практическое применение, например, при контроле состояния аккумуляторной батареи автомобиля.

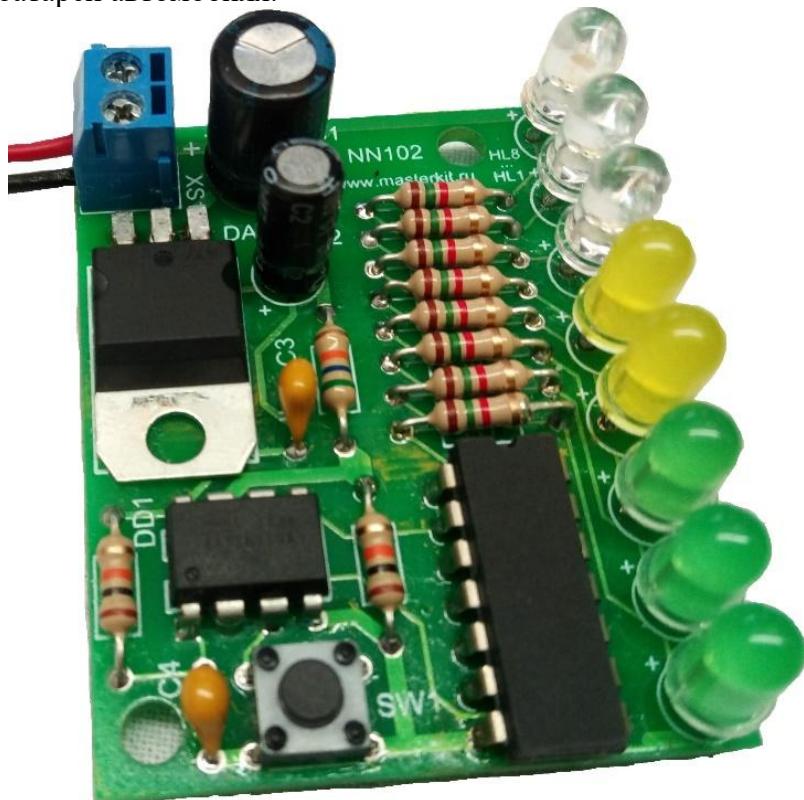
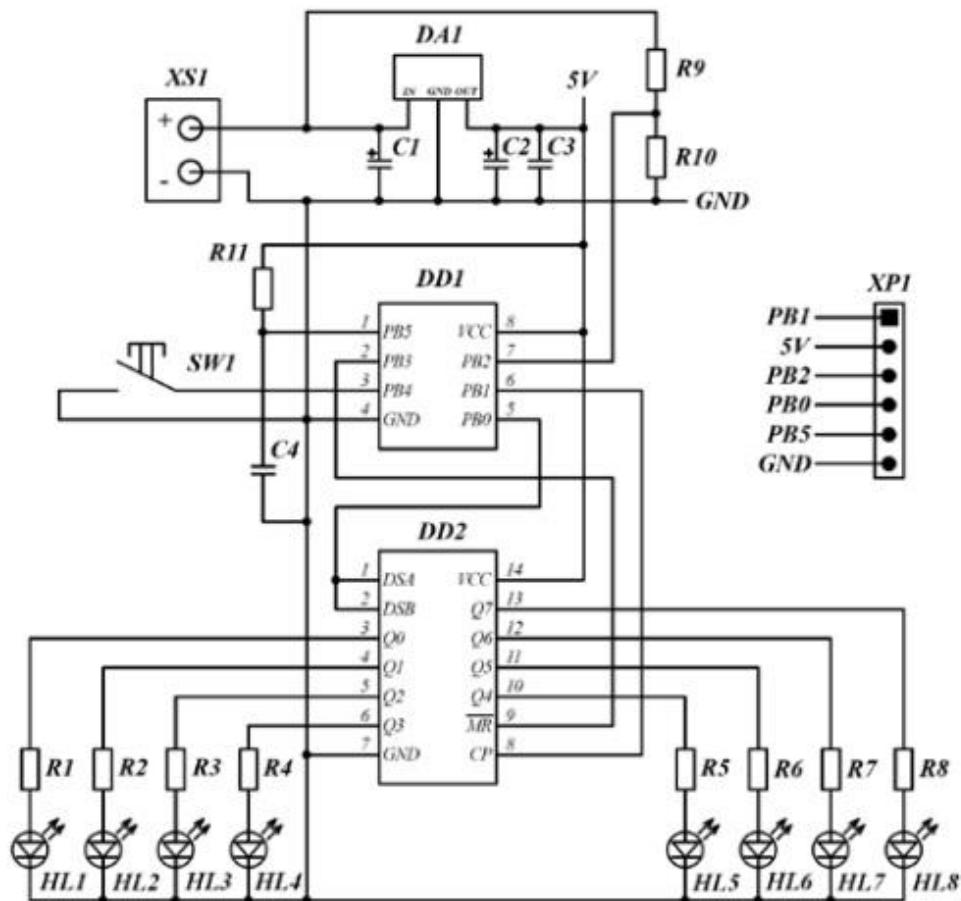


Схема электрическая принципиальная

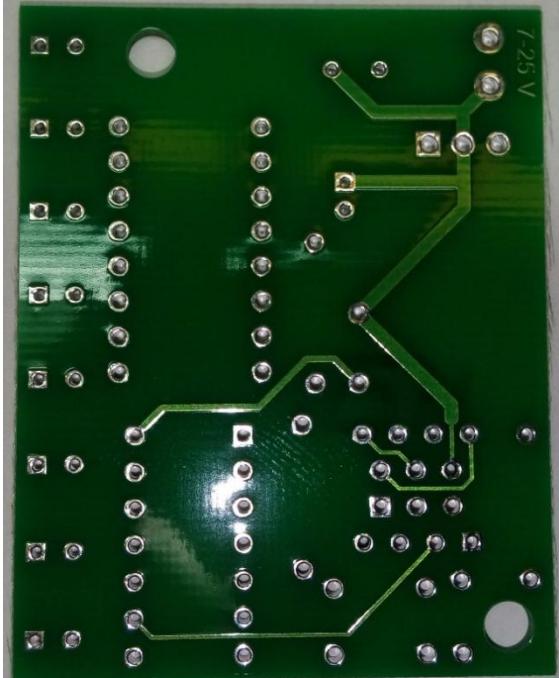
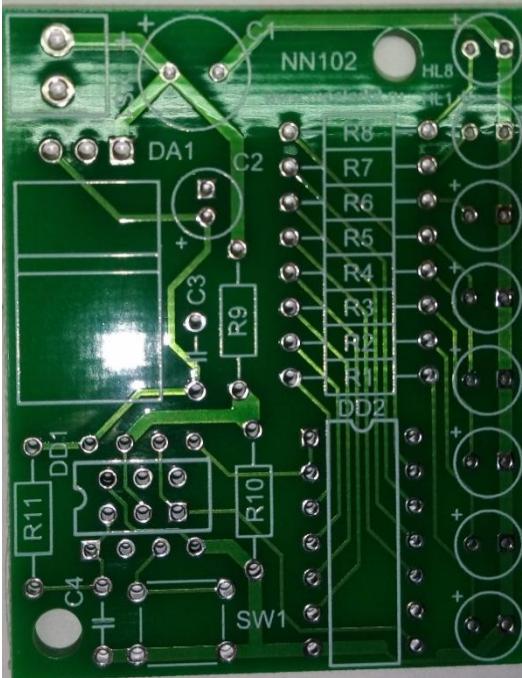


Технические параметры

Габариты модуля	38x48x20 мм
Контролируемый уровень напряжения (программируется)	7...25 В
Напряжение питания	7...25 В
Потребляемый ток	30 мА
Размеры печатной платы	38x48 мм
Цена деления шкалы (программируется)	0.1...3 В

Печатная плата - пластина из диэлектрика, на поверхности и/или в объёме которой сформированы электропроводящие цепи электронной схемы. Печатная плата предназначена

для электрического и механического соединения различных электронных компонентов. Электронные компоненты на печатной плате соединяются своими выводами с элементами проводящего рисунка обычно пайкой. Плата двухсторонняя с металлическими отверстиями размером 48x38x1,5 мм. Материал: стеклотекстолит.



Печатная плата с двух сторон

Описание элементной базы

День 2

Сам. работа: Развитие навыков чтения маркировки резисторов с буквенно-цифровой маркировкой, определение мощности и номиналов и допусков

Выполнение технологических операций рихтовка, лужение выводов резисторов

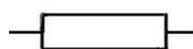
Изучение технологического процесса монтажа радиоэлементов на двухстороннюю печатную плату

Перед началом процесса сборки необходима тщательная подготовка, чтобы обеспечить эффективность и минимизировать ошибки. Этот этап фокусируется на готовности, включая сбор компонентов, инструментов и справочных материалов.

Начните со сбора:

Описание элементной базы

R1



европейские схемы

Резистор – это пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления, предназначенный для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, ограничения тока, поглощения электрической энергии и др. Весьма широко используемый компонент практически всех электрических и электронных устройств.

Мощность резистора: обозначение на схеме



ГОСТ 13453—68

Буквами обозначается группа резисторов:

С — резисторы постоянные,

СП — резисторы переменные. Первая цифра после букв указывает материал, из которого они изготовлены:

1-непроволочные тонкослойные углеродистые и бороуглеродистые;

2-непроволочные тонкослойные металлопленочные и металлоокисные

3-непроволочные композиционные пленочные;

4-непроволочные композиционные объемные;

5-проводочные;

6-непроволочные тонкослойные металлизированные

Например, С2-22

резистор

постоянный

непроволочный

с порядковым номером разработки -22

С 1980 г. введена система обозначений, в которой первый элемент — буква или сочетание букв — обозначает подкласс резистора:

Р — постоянные резисторы;

РП — переменные резисторы;

НР — наборы резисторов второй элемент — цифра

группа по материалу резистивного элемента:

1 — непроволочные;

2 — проволочные;

третий элемент — цифра регистрационный номер конкретного типа резистора

Например, Р1-12 резистор

постоянный непроволочный общего применения защищенного варианта исполнения.

Резисторы с номинальным значением до 100 Ом маркируются

буквами Е или R, или Ω -Омега

например,

- 0,47 Ом – R47 или Е47
- 1 Ом – 1R0 или 1Е0
- 4,3 Ом – 4R3 или 4Е3
- 33 Ом – 33R или 33Е
- 47,5 Ом – 47R5 или 47Е5

Резисторы с номинальным значением от 100 до 999 Ом маркируются в долях килоОма и обозначаются буквой К,

например,

- 100 Ом – K10
- 470 Ом – K47
- 560 Ом – K56
- 820 Ом – K82

Резисторы с номинальным значением от 1 до 99 кОм маркируются буквой К , например:

- 1 кОм – 1кΩ – 1K0
- 4,7 кОм – 4K7
- 10 кОм – 10K
- 47,5 кОм – 47K5
- 75 кОм – 75K

Резисторы с номинальным значением от 100 до 999 кОм маркируются в долях мегаома и обозначаются буквой М,

например:

- 100 кОм – M10
- 150 кОм – M15
- 360 кОм – M36
- 475 кОм – M475
- 560 кОм – M56

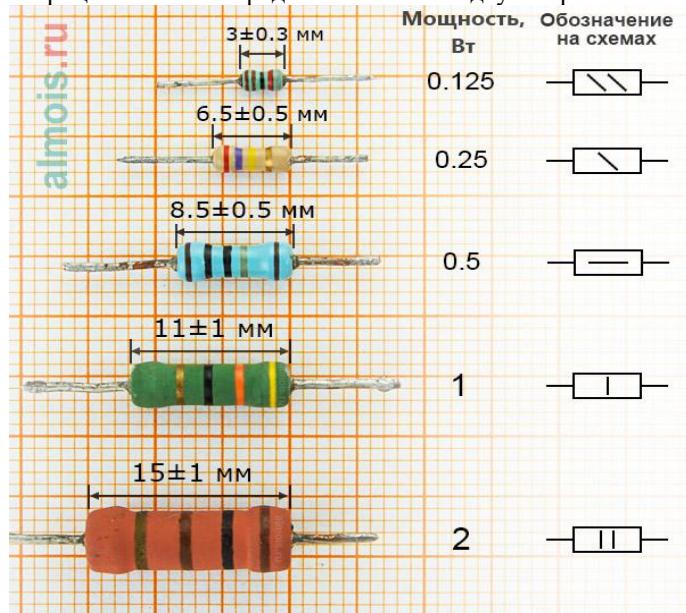
- Резистор 0,47 Ом $\pm 5\%$
- обозначается E47И;
- Резистор 4,7 кОм $\pm 10\%$ обозначается 4K7С;
- Резистор 4,7 МОм $\pm 20\%$ обозначается 4M7В

День 3

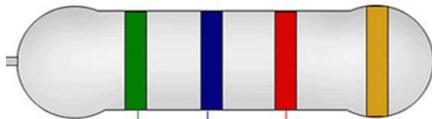
Сам. работа: Развитие навыков чтения цветовой маркировки резисторов, определение мощности, номиналов и допусков

Выполнение технологических операции рихтовка, лужения, формовки выводов резисторов

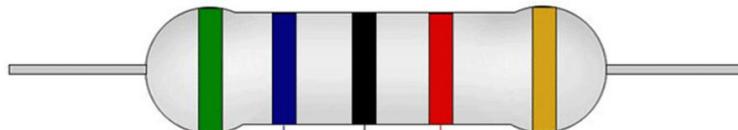
Изучение технологического процесса монтажа радиоэлементов на двухстороннюю печатную плату



4-х полосный резистор — имеет 3-х цветовую полоску на левой стороне и одну цветную полоску на правой стороне. Первые две полосы слева представляют собой значение сопротивления, а третья является множителем. Крайняя справа полоса определяет допустимое отклонение в процентах.



5-и полосный резистор — имеет 4 цветные полосы на левой стороне и одну цветную полосу на правой стороне. Первые 3 цветных полос определяют величину сопротивления резистора, четвертый представляет собой множитель, а пятая полоса допустимое отклонение от номинала в процент



6-и полосный резистор — имеет 4 цветовые полосы на левой стороне и 2 цветные полосы на правой стороне. Первые 3 цветные полосы обозначают величину самого сопротивления резистора, 4-я полоса множитель, 5-я процент отклонения от номинального значения сопротивления и 6-я полоса представляет собой обозначение ТКС, который повышает точность сопротивления резистора.



Цветовая маркировка резисторов

Цвет знака	Номинальное сопротивление Ом				допуск
	первая цифра	вторая цифра	третья цифра	множитель	
Серебристый	-	-	-	10^{-2}	+ - 10
Золотистый	-	-	-	10^{-1}	+ - 5
Чёрный	-	0	-	1	-
Коричневый	1	1	1	10^1	+ - 1
Красный	2	2	2	10^2	+ - 2
Оранжевый	3	3	3	10^3	-
Жёлтый	4	4	4	10^4	-
Зелёный	5	5	5	10^5	+ - 0,5
Голубой	6	6	6	10^6	+ - 0,25
Фиолетовый	7	7	7	10^7	+ - 0,1
Серый	8	8	8	10^8	+ - 0,05
Белый	9	9	9	10^9	-



День 4

Изучение технологического процесса монтажа радиоэлементов на двухстороннюю печатную плату. Правила установки резисторов на ДПП. Правило пайки Р/Э в отверстия ДПП
Работа с технической документацией. Пайка резисторов на ДПП

Цель: Научить заполнять инструкционно-технологическую карту, научить читать маркировку резисторов, выполнять требования к установке и пайке.

Задачи: Пайка резисторов на ДПП

Рихтовка выводов для снятия напряжения компонентов с осевыми выводами:

допустимое состояние

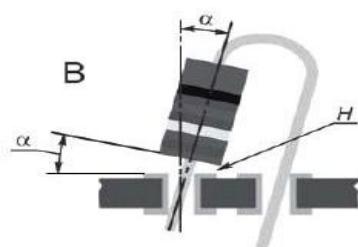
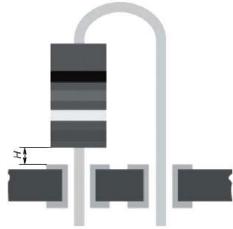
Повреждение осевого вывода компонента: допустимое состояние

Повреждение осевого вывода компонента: недопустимое состояние



недопустимое состояние.

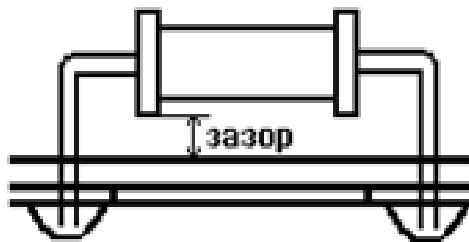
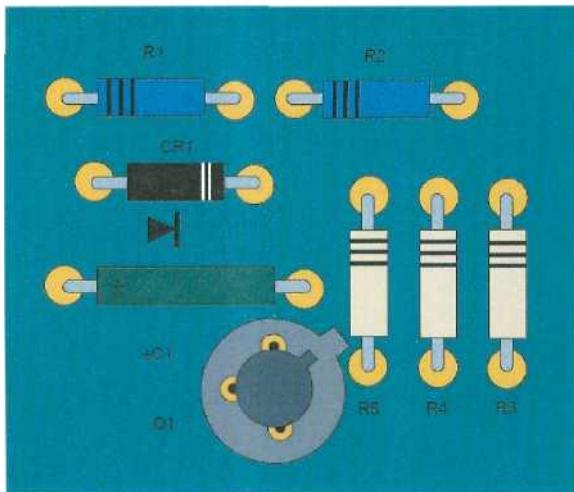
Компоненты с осевыми выводами, вертикальная установка с зазором: допустимое состояние. Компоненты с осевыми выводами, вертикальная установка с зазором:



недопустимое состояние.

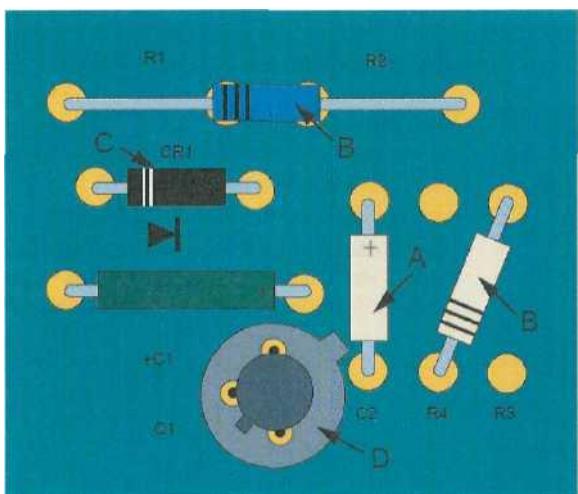
Монтаж компонентов – Ориентация – Горизонтальная установка

Дополнительные критерии приемки для компонентов с аксиальными выводами с горизонтальной установкой (монтажные отверстия)



При ручной формовке и ручной установке символы полярности должны быть ясно видны.

Все компоненты должны соответствовать перечню компонентов и размещаться на своих контактных площадках.



Многовыводные компоненты ориентированы неверно (D).

Неполярные компоненты обязательно ориентировать так, чтобы их маркировка читалась одинаковым образом (слева направо или сверху вниз).

Компоненты не соответствуют перечню элементов (подмена компонентов) (A).

Компоненты вставлены не в те отверстия (B).

Полярные компоненты установлены наоборот (C).

День 5

Изучение технологического процесса монтажа радиоэлементов на двухстороннюю печатную плату. Правила установки конденсаторов на ДПП. Правило пайки Р/Э в отверстия ДПП

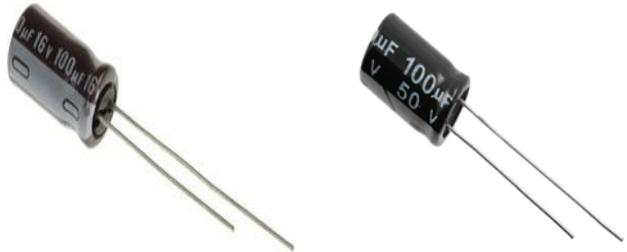
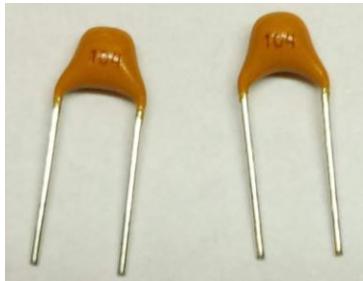
Работа с технической документацией. Пайка конденсаторов на ДПП

Цель: Научить заполнять инструкционно-технологическую карту, научить читать маркировку конденсаторов, выполнять требования к установке и пайке.

Задачи: Пайка конденсаторов на ДПП

Конденсатор - двухполюсник с постоянным или переменным значением ёмкости и малой проводимостью. Устройство, предназначенное для накопления энергии электрического поля, обладающее способностью накапливать в себе электрический заряд, с последующей передачей накопленной энергии другим элементам электрической цепи. Устройства очень часто используют в различных электрических схемах.

Классификация конденсаторов



Обычный
конденсатор



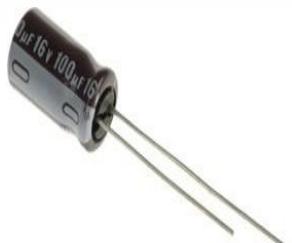
Электролитический
конденсатор



Переменный
конденсатор



Подстроечный
конденсатор



Перевод единиц емкости

$$1\Phi = 10^6 \text{мкФ} = 10^9 \text{нФ} = 10^{12} \text{пФ}$$

$$1 \text{мкФ} = 10^{-6} \Phi = 10^3 \text{нФ} = 10^6 \text{пФ}$$

$$1 \text{нФ} = 10^{-9} \Phi = 10^3 \text{пФ} = 10^{-3} \text{мкФ}$$

$$1 \text{пФ} = 10^{-12} \Phi = 10^{-6} \text{мкФ} = 10^{-3} \text{нФ}$$

Маркировка по виду диэлектрика

Сокращ.	Тип конденсатора по виду диэлектрика	Назначение, основные области применения
K10	Керамические на номинальные напряжения ниже 1600 В.	Для высокочастотных конденсаторов: термокомпенсация, емкостная связь, фиксированная настройка контуров на высокой частоте. Для низкочастотных конденсаторов: шунтирующие, блокирующие и фильтровые цепи, связь между каскадами на низкой частоте
K15	Керамические на номинальные напряжения 1600 В и выше	Емкостная связь, фиксированная настройка мощных высокочастотных контуров, импульсные устройства
K21 K22 K23	Стеклянные Стеклокерамические Стеклоэмалевые	Блокировка, фиксированная настройка высокочастотных контуров, емкостная связь, шунтирующие цепи
K31 K32	Слюдяные малой мощности Слюдяные большой мощности	Блокировочные и шунтирующие, высокочастотные фильтровые цепи, емкостная связь, фиксированная настройка контуров
K40	Бумажные на номинальное напряжение ниже 1600 В с фольговыми обкладками	Блокировочные, буферные, шунтирующие, фильтровые цепи, емкостная связь
K42	Бумажные с металлизированными обкладками (металлобумажные)	Цепи развязок и фильтры; в качестве емкостей связи не применяются
K50	Электролитические алюминиевые	Шунтирующие и фильтровые цепи, накопление энергии в импульсных устройствах
K51	Электролитические tantalовые фольговые	Применяются в тех же цепях, что и электролитические алюминиевые, в основном в транзисторной аппаратуре с повышенными требованиями к параметрам конденсаторов.
K52	Электролитические tantalовые объемно-пористые	
K53	Оксидно-полупроводниковые	
K60 K61	Воздушные Газообразные	Образцовые эталоны емкости, высоковольтные блокировочные, развязывающие, контурные конденсаторы
K70 K71	Полистирольные с фольговыми обкладками Полистирольные с металлизированными обкладками	Точные временные цепи, интегрирующие устройства, настроенные контура высокой добротности, образцовые
K72	Фторопластовые	В тех же цепях, что и полистирольные при повышенных температурах и жестких требованиях к электрическим параметрам
K73 K74	Полиэтилентерефталатные с металлизированными обкладками Полиэтилентерефталатные с фольговыми обкладками	В тех же цепях, что и бумажные конденсаторы при повышенных требованиях к электрическим параметрам
K75	Комбинированные	В тех же цепях, что и бумажные конденсаторы при повышенных требованиях к надежности
K76	Лакопленочные	Частично могут заменять электролитические конденсаторы (особенно при повышенных значениях переменной составляющей). Применяются в тех же цепях, что и бумажные, металлобумажные и электролитические конденсаторы
K77	Поликарбонатные	В тех же цепях, что и конденсаторы K73, но при более высоких частотах.
K78	Полипропиленовые	В телевизионной и бытовой аппаратуре

Керамические конденсаторы с ненормируемым ТКЕ

Группа ТКЕ по ГОСТ	Допуск при $T = -60 \dots 85^\circ\text{C}$, $\pm\%$	Буквенный код	Цветовая маркировка		
			Новое обозначение	Старое обозначение	
				Цвет корпуса	Маркировочная точка
H10	10	B	Оранжевый+ черный	Оранжевый	Черная
H20	20	Z	Оранжевый+ красный	Оранжевый	Красная
H30	30	D	Оранжевый+ зеленый	Оранжевый	Зеленая
H50	50	X	Оранжевый+ голубой	Оранжевый	Синяя
H70	70	E	Оранжевый+ фиолетовый	Оранжевый	—
H90	90	F	Оранжевый+ белый	Оранжевый	Белая

Керамические и металлокерамические конденсаторы с линейной зависимостью ТКЕ

Группа ТКЕ	Группа ТКЕ (международное обозначение)	ТКЕ 10-бюс	Буквенный код	Цветовая маркировка		
				Новое обозначение	Старое обозначение	
					Цвет корпуса	Маркировочная точка
P100	P100	+100	A	Красный+ фиолетовый	Синий	—
P60		+60		—	Синий	Черная
P33		+33	N	Серый	Серый	—
MPO	NP0	0	C	Черный	Голубой	Черная
M33	N030	-33	H	Коричневый	Голубой	Коричневая
M47		-47		Голубой+ красный	Голубой	—
M75	N080	-75	L	Красный	Красный	Красная
M150	N150	-150	P	Оранжевый	Красный	Оранжевая

M220	N220	-220	R	Желтый	Красный	Желтая
M330	N330	-330	S	Зеленый	Красный	Зеленая
M470	N470	-470	T	Голубой	Красный	Синяя
M750	N750	-750	U	Фиолетовый	Красный	—
M1500	N1500	-1500	V	Оранжевый+ оранжевый	Зеленый	—
M2200	N2200	-2200	K	Желтый+ оранжевый	Зеленый	—
M3300			Y			

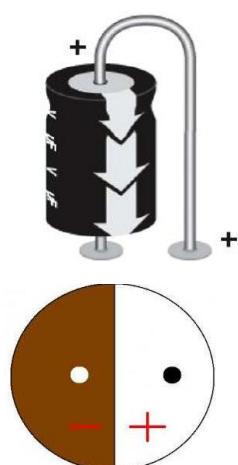
Значение ТКЕ керамических конденсаторов и их условное обозначение

Группа ТКЕ по ГОСТ	Группа ТКЕ по EIA	ТКЕ	Код	Старая маркировка		Новая маркировка (точка или полоска)	
				Цвет корпуса	Маркир. точка		
П120		120				нет	нет
П100	P100	100	A		нет		
П60		60	G			нет	нет
П33		33	N		нет	нет	нет
МП0	NPO	0	C				
M33	N030	-33	H				
M47		-47	M				
M75	N080	-75	L				
M150	N150	-150	P				
M220	N220	-220	R				
M330	N330	-330	S				
M470	N470	-470	T				
M750(M700)	N750	-750	U		нет		
M1500(M1300)	N1500	-1500	V		нет		
M2200	N2200	-2200	K				
M3300		-3300	Y			нет	нет

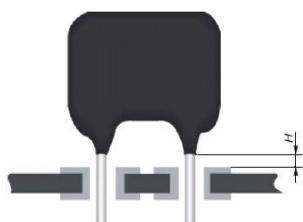
Конденсаторы с нелинейной зависимостью ТКЕ

Группа ТКЕ по стандарту ЕIA	Допуск, %	Температура, °C	Буквенный код	Цветовая маркировка
Y5F	$\pm 7,5$	-30...+85		
Y5P	± 10	-30...+85		Серебристый
Y5R		-30...+85	R	Серый
Y5S	± 22	-30...+85	S	Коричневый
Y5U	+22...-56	-30...+85	A	
Y5V	+22...-82	-30...+85		
X5F	$\pm 7,5$	-55...+85		
X5P	± 10	-55...+85		
X5S	± 22	-55...+85		
X5U	+22...-56	-55...+85		Синий
X5V	+22...-82	-55...+85		

Правила установки **ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ** конденсаторов в отверстия на ДПП



Электролитический конденсатор имеет полярность, которая указана на корпусе компонента в виде полосы со знаком минус(-)



Мениск покрытия над отверстием: заданное состояние.

имеется видимый зазор между мениском покрытия и последующей галтелью припоя.

Мениски покрытия, углубленные в отверстия: недопустимое состояние



Компоненты не допускается устанавливать в отверстия с углубленными менисками покрытия



Мениск покрытия находится внутри сквозного отверстия. Высота установки не обеспечивает минимальную высоту: нет видимого зазора .

День 5

Цель: Работа с технической документацией. Пайка микросхем

Задачи: выбирать и настраивать технологическое оснащение и оборудование к выполнению задания,

научить правильности установки на плату полупроводниковых элементов (микросхемы), выполнять проверку качества и правильности установки компонентов

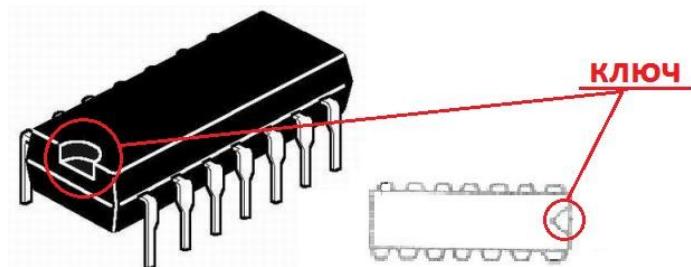
Микросхемы в корпусах DIP (от 4 выводов)

Как известно, DIP корпуса имеют множество вариантов исполнения с различным количеством выводов.

При установке не забывайте про совпадение ключей на плате и микросхеме. И желательно, чтобы контакты микросхемы не только четко совпадали с площадками в продольном направлении, но и симметрично располагались на площадках платы в поперечном направлении (по направлению ножек). Это означает, что должна быть одинаковая длина части площадок, выступающих из под выводов микросхемы с одной и с другой стороны.

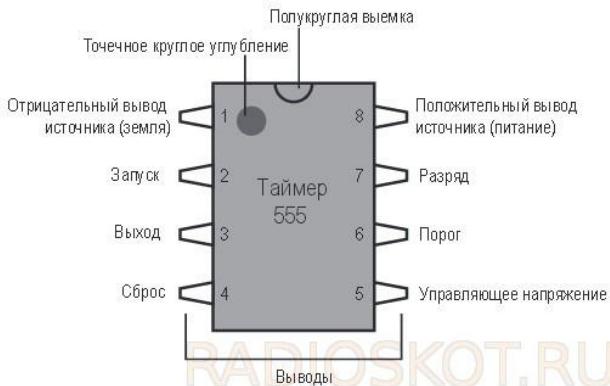
Для примера, воспользуемся технической документацией ИМС HIN232 Intersil.

Панельки для установки микросхем

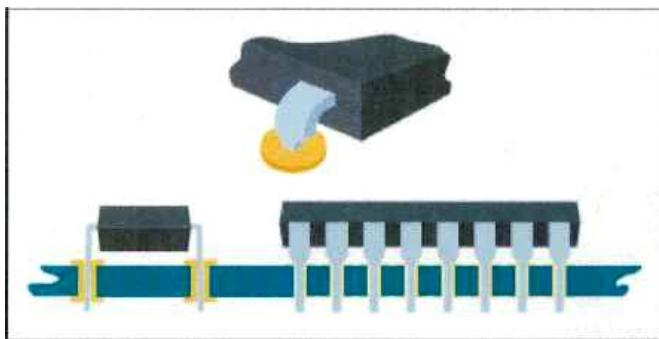


Исключить припаивание микросхем напрямую к перфорированной плате. Если вы при этом повредите микросхемы, то отпаять их будет довольно затруднительно.

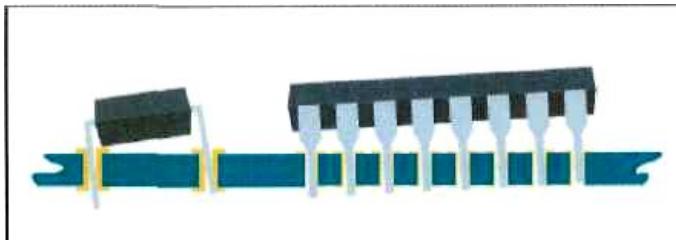
Панелька для установки микросхем в DIP-корпусах. Припаяйте их к плате и затем вставляйте в них микросхемы.



Требования на установку и пайку микросхем

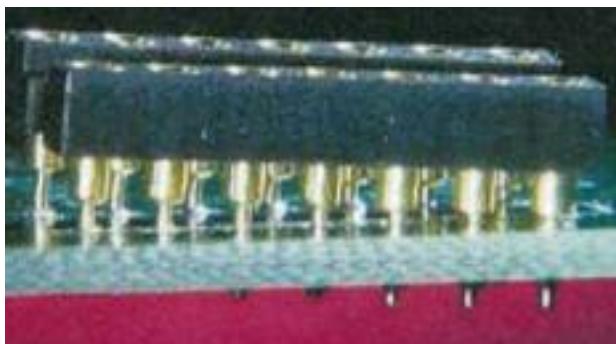


Дефект



Наклон компонента превышает максимальное ограничение на высоту компонента.

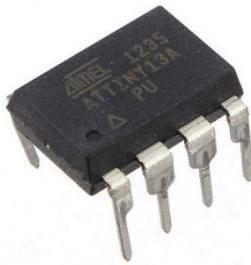
В результате наклона компонента высота выступающего конца вывода не отвечает требованиям приемки



Микроконтроллер - это специальная микросхема, предназначенная для управления различными электронными устройствами.

Микроконтроллер ATtiny13A-PU. Высокопроизводительный 8-разрядный микроконтроллер фирмы Atmel технологии AVR, с низким энергопотреблением. Максимальная тактовая частота 20 МГц. 1 КБайт Flash. 64 Байт ОЗУ.

Корпус DIP-8



Pinout of ATTiny13A

8-PDIP/SOIC

(PCINT5/RESET/ADC0/dW) PB5	1	VCC
(PCINT3/CLKI/ADC3) PB3	2	PB2 (SCK/ADC1/T0/PCINT2)
(PCINT4/ADC2) PB4	3	PB1 (MISO/AIN1/OC0B/INT0/PCINT1)
GND	4	PB0 (MOSI/AIN0/OC0A/PCINT0)

Микроконтроллер

Описание пинов

VCC — питающее напряжение.

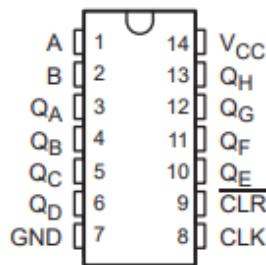
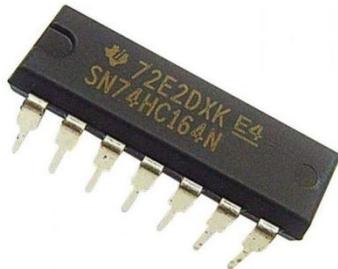
GND — земля, минус.

PORT B (порты с PB5 по PB0) — двунаправленный шестибитный порт ввода/вывода со встроенным подтягивающим резистором (выбранными для каждого бита).

RESET — вход для сигнала сброса.

Простой сдвиговый регистр 74HC164 может применяться в качестве буферного запоминающего устройства для временного хранения данных, для преобразования последовательного кода в параллельный. Корпус DIP-14.

SN74HC164 . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



Сдвиговый регистр

Описание пинов

A - ввод данных

B - ввод данных

QA...QH – выход

GND – земля

CLK - тактовый вход (от НИЗКОГО к ВЫСОКОМУ, срабатывание по краю)

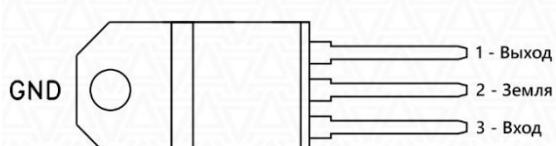
CLR - главный вход сброса (активный НИЗКИЙ УРОВЕНЬ)

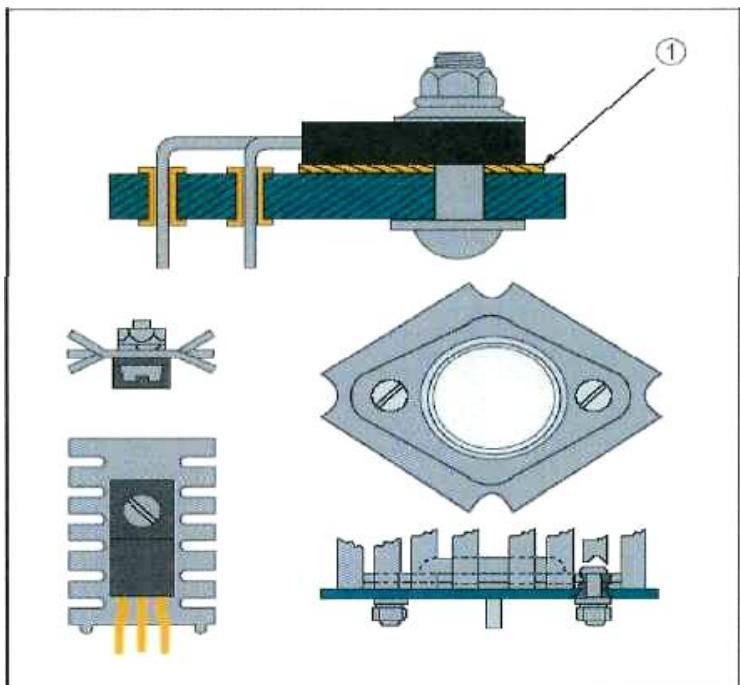
VCC - положительное напряжение питания

Регулятор напряжения L7805ABV – это устройство, позволяющее поддерживать постоянный вольтаж в цепи потребителя.



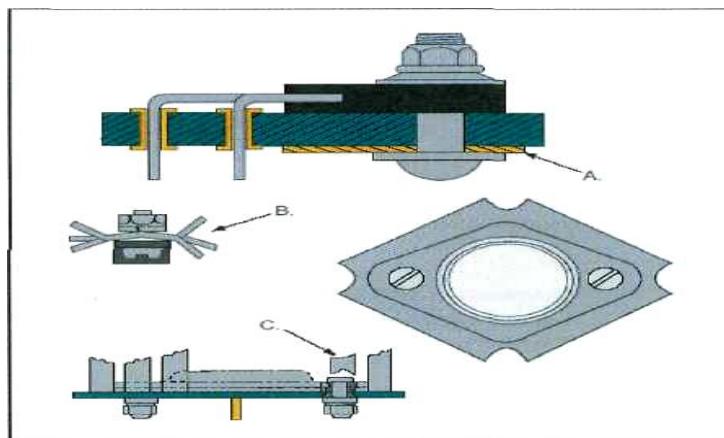
Цоколевка линейного стабилизатора напряжения
L7805CV TO-220





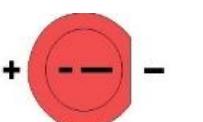
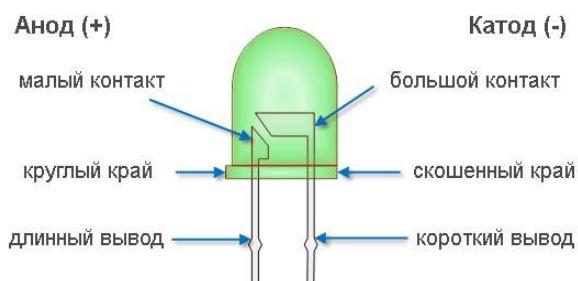
Хороший контакт компонента с теплоотводом. Компонент закреплен на теплоотводе крепежными изделиями.

Соблюдена плоскость и параллельность

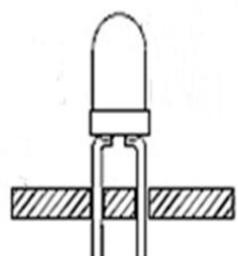
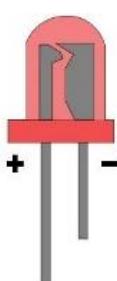


Дефект: Теплоотвод размещен не на той стороне печатной платы (A).
Изгиб теплоотвода (B).
Отсутствие ребер теплоотвода (C).
Теплоотвод не прилегает к поверхности платы.
Повреждение или напряжение компонента

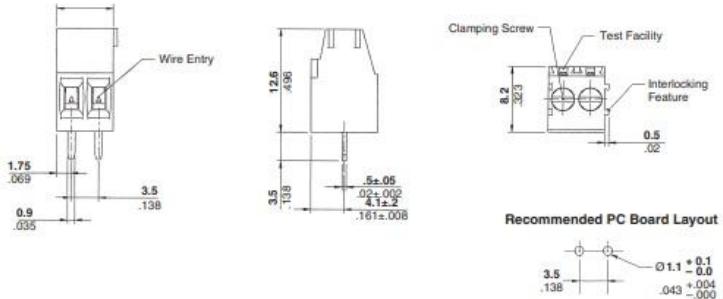
Задачи: Установка и пайка светодиодов на печатную плату. Светодиоды устанавливают по полярности и до ограничителя. Проверить полярность и правильность установки.



СВЕТОДИОД

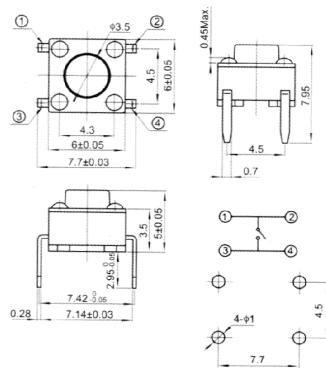


Клеммный разъём - устройство, предназначенное для соединения многожильных и одножильных проводов. До появления универсального электроустановочного элемента провода соединяли скрутками, пайкой или сваркой. Клемма винтовая на 2-вывода с шагом 5 мм. Размер 10 мм (высота) x 7,6 мм (глубина)



Клеммный разъём вид сзади и спереди

Кнопка — электрический командный аппарат, состоящий из кнопочного (контактного) и приводного элементов и предназначенный в основном для ручного дистанционного управления электромагнитными аппаратами.



Проверить надежность установки защелкивания кнопки на контакт. Установить вплотную на плату после промывки платы, произвести пайку.

Проверить правильность и качество установки на плату.

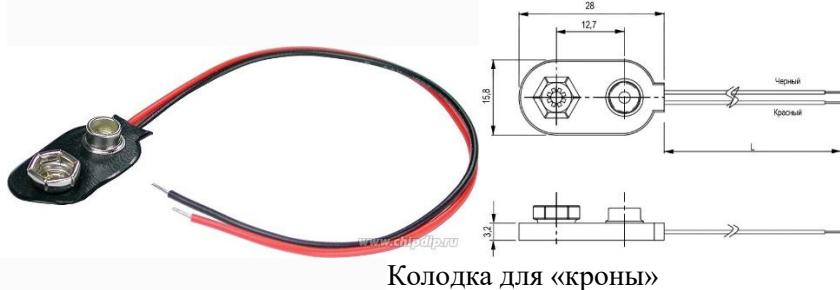
Выводы не скусывать!

Батарейка (она же гальванический элемент) – это источник электроэнергии, который действует на основе химических взаимодействий определенных веществ между собой. Батарейка Крона прямоугольной формы, имеющая два полюса на одном из своих торцов. Номинальное напряжение 9 вольт и содержит шесть полупоравольтовых элементов внутри. Щелочные (alkaline) «Кроны» называются 6LR61, у них пластиковый корпус и внутри шесть цилиндрических элементов ААА.



Батарейка

Колодка для Кроны KLS5-BC9V-01-150 с проводами. Защелкивающаяся конструкция, легко устанавливается. Клеммная колодка надёжно зафиксирует проводник и обеспечит прекрасный контакт. Цвет: черный. Материал: пластик, металл. **Провод:** 0,08мм², 2 цвета: красный, черный. Длина кабеля: 15 см.



Перечень элементов

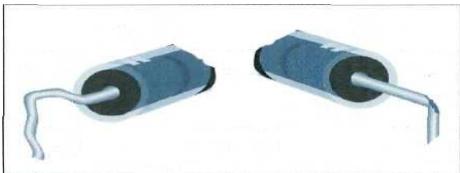
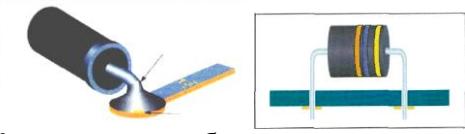
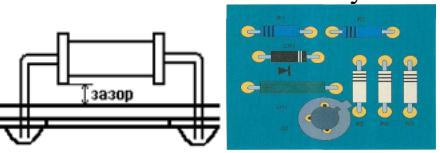
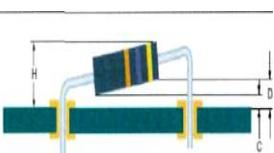
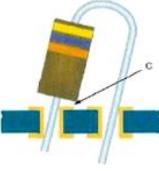
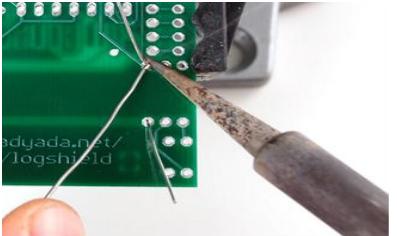
Таблица

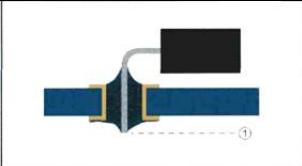
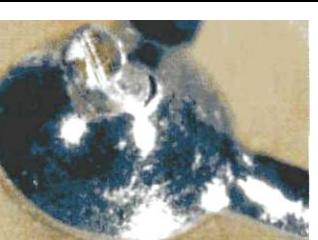
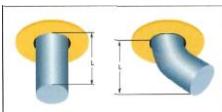
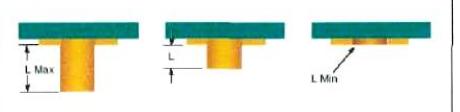
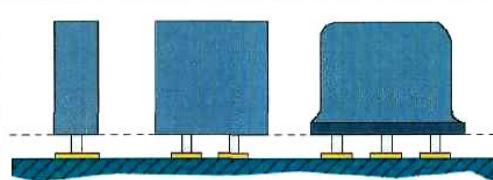
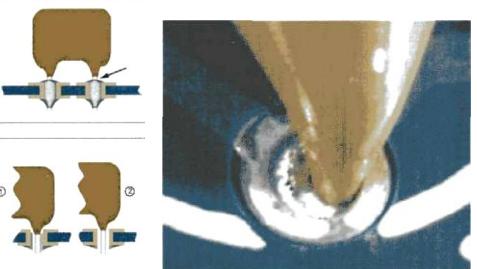
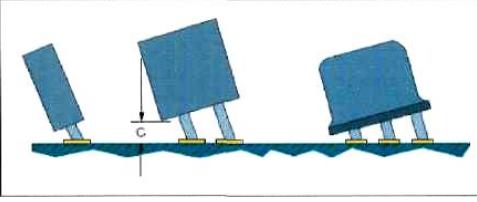
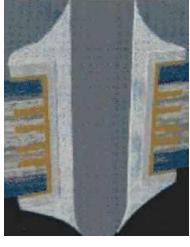
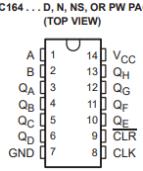
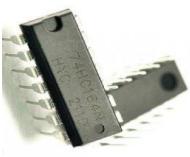
Позиция	Наименование	Кол-во	Примечание
R1-R8	0,25 Вт 1,5 кОм ±5%	8	Резистор углеродистый (коричневый, зелёный, красный, золотой)
R9	0,25 Вт 56 кОм ±5%	1	Резистор углеродистый (зелёный, синий, оранжевый, золотой)
R10, R11	0,25 Вт 10 кОм ±5%	2	Резистор углеродистый (коричневый, чёрный, оранжевый, золотой)
C1	K-50 100мкФ ×50 В 105°C ±20%	1	Конденсатор электролитический
C2	K-50 100мкФ ×16 В 105°C ±20%	1	Конденсатор электролитический
C3, C4	K-10 0,1 мкФ×50 В 125°C ±10%	2	Конденсатор керамический 104
HL1, HL2, HL8	L-513LRC	3	Светодиоды (Супер красный, Прозрачный)
HL3, HL4	FYL-5013YD	3	Светодиоды (желтый, рассеянный)
HL5-HL7	GNL-5013LGD	3	Светодиоды (Супер зелёный, рассеянный)
DA1	L7805ABV 5В 1,5А	1	Регулятор напряжения

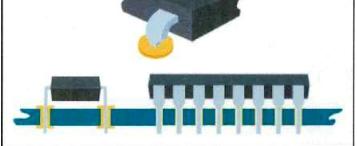
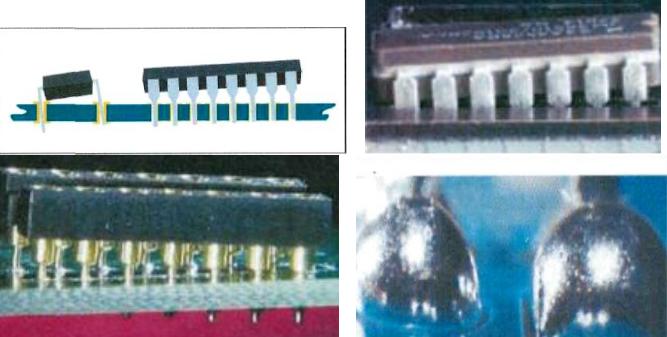
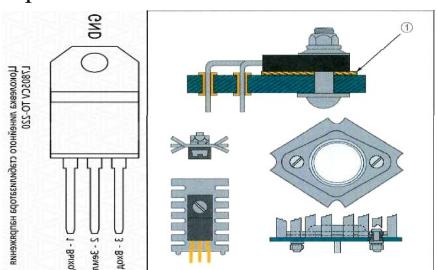
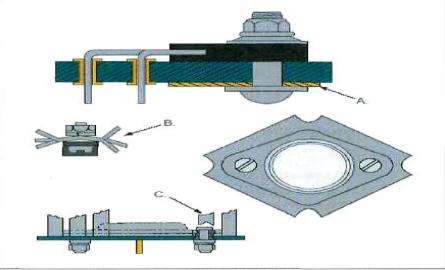
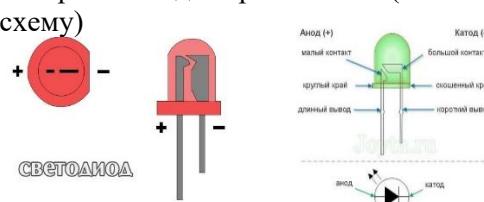
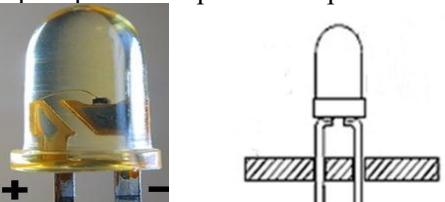
	-40...+125°C TO-220sg		
DD1	ATtiny13A-PU 8bit 2-6B -40...+125°C dip-8 (7,62 мм)	1	Микро контроллер с зависимой программой
DD2	74HC164N.652 8-bit 2-6B -40...+125°C dip-14 (7,62 мм)	1	Сдвиговый регистр
SW1	1825910-6	1	Кнопка
XS1	1776275-2 300В 10А	1	Клеммный разъем
	48x38x1,5 мм	1	Печатная плата
	9В МШВ 150 мм	1	Колодка для Кроны с проводами (черный, красный)
Батарейка	9В	1	«Крона» алкалиновая

ИНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА МОНТАЖ РЕЗИСТОРОВ НА ДВУСТОРОННЕЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

№ п/п	Последовательность выполнения операций (что делать)	Инструктивные указания (как делать)	Самоконтроль учащихся (как проверить правильность действия и его результат)
1	Входной контроль ЭРЭ.	Визуально проверяем внешний вид ЭРЭ на целостность корпуса, выводов и др. и условное обозначение номиналов на соответствие их принципиальной схеме устройства. Также проверяем количество элементов. Взять требующий проверки радиоэлемент. -	Маркировку резисторов и конденсаторов проверяют по таблицам цветовой маркировки или мультиметром. Включить мультиметр и настроить его на измерение сопротивления. - Задать шкалу измерения и ее границы. - Любым способом подключить один щуп мультиметра к одной из сторон резистора, а второй — к оставшейся стороне. - Зафиксировать измерения на экране и закончить тестирование. 
2	Рихтовка выводов.	Выпрямление выводов вручную осуществляется с помощью прямого пинцета или плоскогубцев.	При РИХТОВКЕ ЭРЭ не допускается нарушения покрытия выводов, а также целостности выводов и корпусов ЭРЭ (на выводах могут быть видны следы от инструмента и царапины, которые не достигают основного материала).

													
3	Гибка и формовка выводов резисторов.	Выполнить формовку выводов радиоэлементов круглогубцами согласно чертежу. Резистор формуется под посадочное место.	<p>Сравнить правильность формовки с вариантом ГОСТа указанному в чертеже.</p> <table border="1" data-bbox="874 512 1537 729"> <thead> <tr> <th colspan="2">Минимальный внутренний радиус изгиба</th> </tr> <tr> <th>Диаметр (D) или толщина (T) вывода</th> <th>Минимальный внутренний радиус изгиба (R)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>менее 0,8 мм (0,031 дюйма)</td> <td>1 диаметр/толщина</td> </tr> <tr> <td>от 0,8мм до 1,2 мм (0,031 - 0,0472 дюйма)</td> <td>1,5 диаметра/толщины</td> </tr> <tr> <td>более 1,2 мм (0,0472 дюйма)</td> <td>2 диаметра/толщины</td> </tr> </tbody> </table>	Минимальный внутренний радиус изгиба		Диаметр (D) или толщина (T) вывода	Минимальный внутренний радиус изгиба (R)	менее 0,8 мм (0,031 дюйма)	1 диаметр/толщина	от 0,8мм до 1,2 мм (0,031 - 0,0472 дюйма)	1,5 диаметра/толщины	более 1,2 мм (0,0472 дюйма)	2 диаметра/толщины
Минимальный внутренний радиус изгиба													
Диаметр (D) или толщина (T) вывода	Минимальный внутренний радиус изгиба (R)												
менее 0,8 мм (0,031 дюйма)	1 диаметр/толщина												
от 0,8мм до 1,2 мм (0,031 - 0,0472 дюйма)	1,5 диаметра/толщины												
более 1,2 мм (0,0472 дюйма)	2 диаметра/толщины												
4	Установка резисторов по чертежу	<p>Установить и произвести монтаж резисторов на плату при помощи пинцета и паяльника, используя припой ПОС-61 и канифоль</p>  <p>Компоненты, требующие монтажа вне контакта с платой, например, рассеивающие большое количество тепла, должны быть подняты над ее поверхностью, по крайней мере, на 1,5 мм</p>	<p>Устанавливается строго маркировкой вверх, чтобы она читалась слева-направо или сверху-вниз, расстояние от платы максимум 1мм(зазор).</p>  <p>Дефект: класс 1,2,3</p>  										
5	Пайка резисторов	Произвести пайку выводов резисторов в соответствии с технологическим процессом.	 <p>Пайка должна быть скелетная, гладкая, блестящая; без рытвин, канавок, заусенец, наплывов припоя, инородных тел.</p>    										
6	Проверка качества пайки	Произвести проверку качества пайки при помощи увеличительного стекла	<p>БРАК!!</p>     										

			 
7	Удаление излишков выводов резисторов	<p>При помощи бокорезов обрезать излишки выводов.</p> <p>(L) max. 2,5 мм (0,0984 дюйма)</p> 	<p>Обрезка выводов производится по касательной к окружности.</p> 
8	Установка конденсаторов	<p>Облой покрытия вывода находится в переходном отверстии. Облой покрытия вывода находится в паяном соединении.</p> <p>Примечание: При необходимости в определенных ситуациях, требуется управлять глубиной погружения облоя с тем, чтобы после установки компонента облой не проник в металлизированное отверстие печатного узла. Пример: высокочастотные изделия, очень тонкие печатные платы.</p> <p>Компоненты перпендикулярны печатной плате, а их основание параллельно печатной плате.</p> 	 <p>Дефект: класс 1,2,3 Нарушения минимального электрического зазора. Расстояние между основанием компонента и поверхностью печатной платы/контактной площадкой менее 0,3 мм или более 2 мм</p> 
9	Установка электролитических конденсаторов	<p>Электролитический конденсатор имеет полярность, которая указана на корпусе компонента в виде полосы со знаком минус(-)</p> 	<p>Проверка качества установки и пайки</p> <p>Материнская плата</p>  
10	Установка микросхем в корпусе DIP (двурядные выводы)	<p>Установить микросхему в корпусе DIP по ключу</p> <p>Примечание: В некоторых случаях теплоотвод может размещаться между компонентом и печатной платой; для такого варианта необходимо задать другой критерий оценки.</p> <p>SN74HC164... D, N, NS, OR PW PACKAGE (TOP VIEW)</p>  	<p>Дефект: класс 1,2,3</p> <p>Наклон компонента превышает максимальное ограничение на высоту компонента.</p> <p>В результате наклона компонента высота выступающего конца вывода не отвечает требованиям приемки</p>

			
11	Установка Регулятора напряжения или транзистора	Хороший контакт компонента с теплоотводом. Компонент закреплен на теплоотводе крепежными изделиями. Соблюдена плоскость и параллельность	Дефект: класс 1,2,3 Теплоотвод размещен не на той стороне печатной платы (А). Изгиб теплоотвода (В). Отсутствие ребер теплоотвода (С). Теплоотвод не прилегает к поверхности платы. Повреждение или напряжение компонента
			
12	Установка светодиодов	Светодиоды устанавливают по полярности и до ограничителя (см. схему) 	Проверить полярность и правильность установки 
13	Промывка готовой платы	Смыть остатки флюса с поверхности платы спирто- бензоловой смесью, щеткой и тряпочкой	В местах пайки отсутствуют разводы канифоли, плата не липнет к рукам.
14	Установка кнопки питания	Проверить надежность установки защелкивания кнопки на контакт. Установить вплотную на плату после промывки платы, произвести пайку.	Проверить правильность и качество установки на плату. Выводы не скусывать 
15	Установка клеммы для проводов питания	Проверить надежное крепление винтов. Установить вплотную на плату после промывки платы	Проверить правильность и качество установки на плату. Выводы не скусывать 

16	Промывка готовой платы	Смыть остатки флюса с поверхности платы спирто-бензоловой смесью, щеткой и тряпочкой 	В местах пайки отсутствуют разводы канифоли, плата не липнет к рукам.
17	Проверка качества пайки оптическими приборами		Проверка качества пайки оптическими приборами 

Ход выполнения

Задание

Произвести пайку в течение 0,5 – 1,5сек. Отвести жало паяльника.

Произвести пайку второго вывода: поднести жало паяльника, обеспечивая одновременный контакт жала с выводом и КП. С противоположной стороны от жала паяльника подать трубчатый припой под углом 45° к плоскости КП и вывода компонента

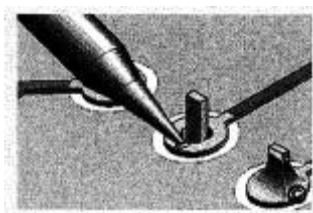
Пайка ЭРЭ.

Пайкой называется технологический процесс образования неразъемного соединения металлических деталей путем нагрева и заполнения зазора между ними расплавленным припоем, образующим после застывания прочный механический шов. Соединение металла с припоем происходит за счет растворения металла и его диффузии в припой.

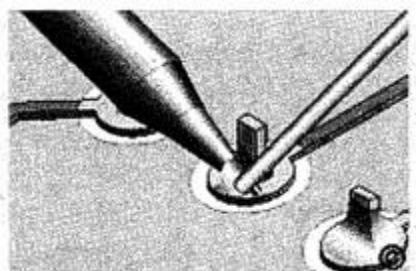
Пайка компонентов, монтируемых в металлизированные монтажные отверстия платы:

- 1). Установить компонент в монтажные отверстия.**
- 2). Поднести жало паяльника таким образом, чтобы был обеспечен одновременный контакт с контактной площадкой монтажного отверстия и выводом компонента, прогреть (0,5-1) сек.**

Правило №1: Необходимо обеспечить хороший контакт между жалом и паяемыми поверхностями.

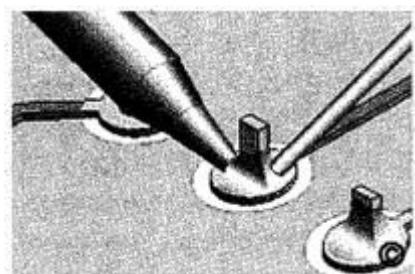


- 3). Подать небольшое количество припоя на жало паяльника так, чтобы образовался мостик припоя между КП и выводом.**



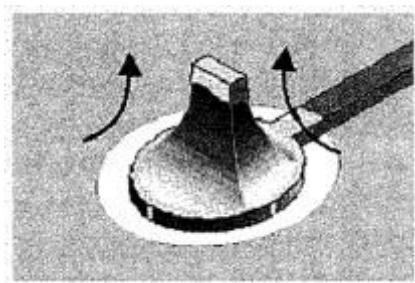
- 4). Перемещайте трубчатый припой по кругу вдоль КП в противоположном направлении от жала паяльника.**

Правило №2: Необходимо обеспечивать контакт между жалом паяльника и паяемыми поверхностями до тех пор, пока не произойдет формирование галтели припоя.



- 5). Как только паяное соединение сформировалось, отвести пруток припоя.**

6). Одновременно отвести жало паяльника. Для образования правильной формы галтели, жало должно двигаться вверх вдоль вывода компонента.



Внимание! Избегайте сильного давления жалом паяльника на контактную площадку.

Не допускайте контакта жала паяльника с галтелью припоя без использования трубчатого припоя, это может привести к деградации паяного соединения.

Возможные проблемы во время пайки и методы решения:

Разбрзгивание припоя, образование шариков.

Высокая скорость нагрева. Подавайте пруток трубчатого припоя на разогретые контактные поверхности (вывод компонента и контактную площадку платы), не подавайте трубчатый припой на жало паяльника.

Припой тянется за жалом.

Недостаточная температура нагрева.

Матовые паяные соединения.

Длительный контакт жала паяльника с паяным соединением после отвода прутка припоя из зоны пайки.

Остатки после пайки в виде нагара (желтый, коричневый налет на паяном соединении).

Очистить жало паяльника, заменить изношенное жало. Чрезмерно высокая температура пайки.

Избыточные остатки флюса вокруг паяного соединения.

- Большой диаметр трубчатого припоя. Использовать трубчатый припой с меньшим диаметром.**

Обратите внимание!

Основные дефекты при пайке:

Длительность пайки минимально необходимая 3 сек. и не более 5 сек. Пайка должна быть блестящей, гладкой, «скелетной».

Наличие трещин в паяном шве в результате быстрого охлаждения детали после пайки или значительной разницы в коэффициенте теплового расширения припоя и металла.

Наличие пор в шве за счет высокой температуры пайки или интенсивного испарения флюса.

Не смачивание припоеем поверхности деталей из-за большой их загрязненности

Обрезка выводов:

Обрезка выводов, как правило, совмещается с операцией формовки.

Эти две операции выполняются на одном приспособлении



День 6

Цель: Контроль качества монтажа. Выполнять проверку качества и правильности установки компонентов; устранять обнаруженные дефекты; выбирать и настраивать технологическое оснащение и оборудование к выполнению задания. Проверка пайки при помощи оптического прибора

Промывка печатного узла.

Промывка печатного узла заключается в удалении излишков флюса с печатной платы после пайки при помощи ватного тампона или волосяной кисти, смоченных в спиртобензоловой смеси 1:1.

Сушка печатного узла.

Сушка печатного узла осуществляется на воздухе в течение 3-5 минут.

Контроль монтажа готового изделия

Задачи: Проверка работоспособности электронного устройства, регулировка. Настройка. Сдача готового проекта

Обсуждение со студентами ошибок, трудностей, возникших при сборке электронного устройства

Выставление оценок

Контрольные вопросы.

1. В чем заключается поверхностный метод монтажа компонентов на плату?
2. Каковы преимущества компонентов и микросхем в SMD корпусах переда компонентами и микросхемами в DIP корпусе?
3. Почему некоторые модели микросхем можно приобрести только с корпусом SMD?
4. Из каких этапов состоит процесс поверхностного монтажа компонентов на плату?
5. Какого минимального значения может достигать расстояние между осями соседних контактов у микросхем с корпусом для поверхностного монтажа?
6. Какой прием используется при пайке микросхем в SMD корпусе?
7. Зачем перед пайкой SMD микросхемы отдельно припаивать крайние ее контакты?
8. Какая проблема может возникнуть при пайке микросхемы в корпусе SMD, если на паяльник взять слишком много припоя?
9. Как можно устранить перемычки из припоя между соседними ножками-контактами микросхемы?
10. Для чего необходимо смазывать флюсом место с перемычкой из припоя перед ее устранением?
11. Какова безопасная температура для микросхемы, выше которой ее нельзя нагревать паяльником во избежание риска ее повреждения?
12. Для чего нужна паяльнику (паяльной станции) регулировка мощности или температуры (термостабилизация)?

Критерии оценки выполнения практических работ

Шкала оценивания	Критерии оценки
5 (отлично)	<p>Все задания выполнены правильно, возможна одна ошибка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала.</p> <p>Работа выполнена самостоятельно. Работа сдана с соблюдением всех сроков.</p>
4 (хорошо)	<p>Все задания выполнены правильно, но недостаточны обоснования, допущены одна ошибка или два – три недочета. Обучающийся единожды обращается за помощью преподавателя. Работа сдана в срок.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>В заданиях допущены более одной ошибки или более трех недочетов, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме. Обучающийся многократно обращается за помощью преподавателя. Работа сдана с опозданием более трех занятий.</p>
2 (неудовлетворительно)	<p>Выполнено меньше половины предложенных заданий, допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными умениями по данной теме в полном объеме. Обучающийся выполняет работу с помощью преподавателя. Работа сдана с нарушением всех сроков. Много нарушений правил оформления.</p>

