

1  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к лабораторной работе №2  
« РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
УЗЛА НА ПЕЧАТНОМ МОНТАЖЕ »**

**по курсу  
"КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ"**

**Санкт-Петербург  
2007**

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Самостоятельная разработка конструкции I структурного уровня (платы с элементами) на основе индивидуального технического задания (ТЗ). В состав технического задания входит схема электрическая принципиальная РЭС и основные технические данные, определяющие технические требования к конструкции РЭС.

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЗ**

- Схема электрическая принципиальная РЭС с указанием основных электрических параметров ( рабочих частот, напряжения питания, выходной мощности и т.п.)
- Назначение РЭС и условия эксплуатации
- Ограничения на габариты и массу изделия
- Программа выпуска

## **ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

На основе ТЗ студент должен разработать рабочую конструкторскую документацию платы печатной с установленными на нее поверхностно-монтируемыми электрорадиоэлементами. Работа проводится в течение одного семестра ( объем работы: 16 часов занятий в кабинете конструирования и 16 часов работы дома ).

Работа состоит из 7 отдельных этапов.

По каждому из этапов должен быть представлен соответствующий отчет, за который выставляется оценка. В конце семестра за полностью выполненную работу выставляется зачет. Результаты разработки и оценки за них будут использованы и учтены в следующем семестре при работе над курсовым проектом по дисциплине ПрЭС.

Перечень этапов работы:

1. Чертеж схемы принципиальной электрической
2. Выбор элементов для установки на печатную плату
3. Перечень элементов
4. Эскиз платы с элементами
5. Сборочный чертеж платы с элементами
6. Спецификация
7. Плата печатная

Весь графический материал конструкторской документации должен выполняться с использованием ПЭВМ по стандартным программам «Компас-график», PCad и др. и представляться преподавателю в виде распечаток соответствующего формата ( от А4 до А1).

Выбор электрорадиоэлементов и эскиз должны быть согласованы с преподавателем.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ**

### **1. ЧЕРТЕЖ СХЕМЫ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ**

Как правило, схема электрическая принципиальная выбирается из технического журнала «Радио» или «Радиомир». Преподаватель задает студенту номер и год выпуска журнала, наименование статьи с указанием страниц. Студент должен разобраться в принципе работы схемы и вычертить ее по правилам ЕСКД. Все электрорадиоэлементы должны иметь позиционные обозначения и размеры на чертеже схемы в соответствии с ГОСТ .....

(см. пример – рис. ....приложения). Позиционные обозначения определенных элементов должны нарастать на схеме от первого до последнего сверху вниз и справа налево. На чертеже схемы указываются только позиционные обозначения элементов, «+» возле соответствующих обкладок полярных конденсаторов, номера выводов трансформаторов, катушек индуктивности, переменных резисторов, обозначается первый вывод микросхем.

Необходимо правильно обозначить низкочастотные и высокочастотные разъемы с учетом типа соединителя и того, вилкой или розеткой заканчивается схема.

Для перехода от печатного монтажа к объемному необходимо предусмотреть специальные контакты  $X_1 \dots X_n$  и выделить те элементы, которые будут установлены вне платы ( об этом следует сделать надпись над штампом) – см. приложение.

### **Принятые сокращения и определения**

***ИЭТ*** – изделие электронной техники

***ПМИ ( SMD – Surface Mount Device )*** – поверхностно-монтируемые изделия – выводные и безвыводные ИЭТ в миниатюрных корпусах, конструкция которых обеспечивает сборку печатных узлов методом поверхностного монтажа без предварительной подготовки.

***ИМО*** – изделия электронной техники, монтируемые в отверстия – выводные ИЭТ, конструкция которых предназначена для монтажа на печатные платы с использованием монтажных отверстий.

***ТПМ*** – технология поверхностного монтажа, т.е. совокупность технологических операций, необходимых для сборки печатных узлов с применением ПМИ (SMD).

***СМ*** – смешанный монтаж – метод сборки печатных узлов, при котором на одной печатной плате устанавливаются ПМИ (SMD) и ИМО.

***ПМ*** – поверхностный монтаж – метод сборки печатных узлов, при котором ИЭТ устанавливаются на поверхность печатной платы и паяются к контактными площадкам без использования монтажных отверстий.

***Место монтажа*** – группа контактных площадок, предназначенных для электрического соединения выводов (контактных поверхностей одного ПМИ), имеющая единый геометрический центр установки (ГЦУ).

***Свободная технологическая зона*** – площадь печатной платы, занимаемая подающим устройством, установочной головкой и устройством крепления сборочного технологического оборудования, на которой не должно быть ИЭТ, печатных проводников конструктивных элементов.

***Фиксирующее отверстие*** – элемент конструкции печатной платы, который обеспечивает необходимую точность позиционирования печатной платы при автоматизированной сборке.

***Реперный знак*** – элемент рисунка печатной платы, который создается в одном технологическом процессе с контактными площадками и используется для измерения погрешностей изготовления печатной платы.

***Защитная маска*** – теплостойкое покрытие, наносимое избирательно для защиты отдельных участков печатной платы в процессе групповой пайки.

**Печатный узел с односторонним поверхностным монтажом (ОПМ)** – печатный узел, в котором все ПМИ устанавливаются с одной стороны платы, а ИМО в конструкции не используются.

**Печатный узел с двусторонним поверхностным монтажом (ДПМ)** – печатный узел, в котором все ПМИ устанавливаются с двух сторон печатной платы, а ИМО в конструкции не используются.

**Печатный узел с односторонним смешанным монтажом (ОСМ)** – печатный узел, в котором все ИЭТ (ПМИ и ИМО) устанавливаются с одной стороны печатной платы.

**Печатный узел с двусторонним смешанным монтажом (ДСМ)** – печатный узел, в котором ПМИ и ИМО устанавливаются на противоположных поверхностях платы.

**Печатный узел со смешанным монтажом с двусторонним поверхностным монтажом (СМДПМ)** – печатный узел, в котором ПМИ устанавливаются с двух сторон платы, а ИМО – только с одной стороны платы.

## 2. ВЫБОР ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТОВ

В статье, указанной преподавателем в качестве задания к лабораторной работе, приведена схема принципиальная электрическая всего устройства РЭС и описание принципа действия.

Прочтя статью и уяснив принцип действия схемы, студент, пользуясь справочниками и каталогами отечественных и зарубежных фирм, должен произвести выбор всех элементов, изображенных на принципиальной схеме.

В соответствии с ТЗ студент должен разработать конструкторскую документацию платы с ПМИ.

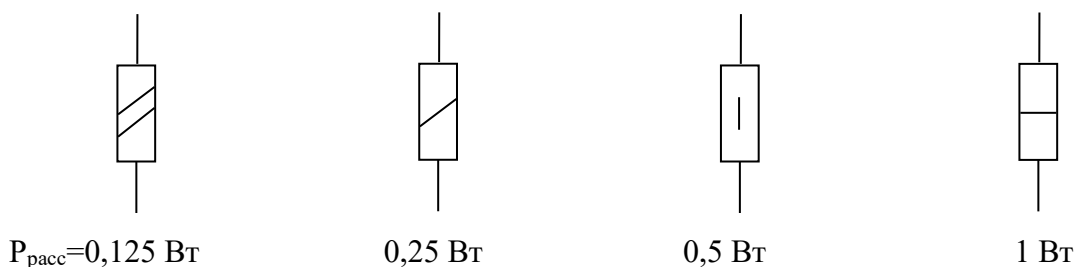
В схеме электрической принципиальной заданы типы активных элементов (ИС и полупроводниковых приборов), а для пассивных элементов указаны только номинальные значения параметров.

Таким образом, для элементов, которые будут установлены на печатной плате, необходимо выбрать:

- для ИС и полупроводниковых приборов – корпуса для установки ПМИ;
- для пассивных элементов ( R, C, L и т.д.) – типы ПМИ, предназначенные для использования в технологии поверхностного монтажа.

При этом резисторы выбирают по номиналам и мощности рассеивания, конденсаторы – по номиналам и напряжениям в соответствии с условиями работы элементов в принципиальной схеме.

Обратите внимание на условные обозначения мощности рассеивания резисторов:



Т.о. обоснованный выбор элементов схемы должен быть произведен с учетом:

- номиналов, указанных в схеме, и необходимого температурного коэффициента;
- условий эксплуатации;
- наличия данных типов элементов в серийном производстве или с указанием фирмы, его выпускающей;
- стандартизации, унификации, нормализации;
- экономической целесообразности;
- предлагаемой конструкции изделия и технологии изготовления его функциональных узлов
- точности изготовления

При выборе ПМИ необходимо учитывать шаг координатной сетки печатной платы ( ГОСТ )

Шаг выводов ПМИ ( ГОСТ Р 50044-92) выбирается из ряда:

1,27; 1,0; 0,8; 0,65; 0,5; 0,4; 0,3 мм для ИС;

2,3; 1,9; 1,7; 1,5; 0,95; 0,65 мм для полупроводниковых приборов.

Варианты форм выводов корпусов ИС и полупроводниковых ПМИ и их геометрические параметры показаны на рис. 1...16 и в табл. 1...11 [ 5 ].

Графическое изображение, габаритные и установочные размеры выбранных ПМИ, пример записи в документации ( перечне элементов и спецификации ) должны быть занесены в специальную тетрадь для согласования с преподавателем.

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

Перечень элементов записывается на специальном бланке ( Ф.2.108-1 – лист 1, все последующие – Ф.108-1а ).

Позиционные обозначения определяют место соответствующих элементов в перечне: на первом месте – А, далее – В, С и т.д. ...Х, Y, Z по латинскому алфавиту.

На одной строке можно записать только те элементы, позиционные обозначения которых подряд ( например, R1, R2 или R3...R5 ).

В перечень элементов заносятся **все** элементы, указанные на схеме электрической принципиальной.

Пример перечня элементов – в приложении №

### 4. ЭСКИЗ ПЛАТЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ

На эскизе должны быть показаны все элементы, установленные на плате, и все соединения в соответствии со схемой принципиальной электрической.

Платы должны быть показаны в двух проекциях – вид со стороны установки элементов и сбоку. Рекомендуемые масштабы: М2:1; М4:1; М5:1.

ПМИ могут быть установлены с одной стороны или с обеих сторон платы. Печатные проводники тоже могут быть либо с одной, либо с двух сторон платы. Переход с одной стороны на другую производится через проходные металлизированные отверстия.

На чертеже печатные проводники, проложенные по обратной стороне платы, должны быть изображены другим цветом.

Необходимо проставить на чертеже позиционные обозначения элементов, указать коллектор, базу, эмиттер ( или сток, исток, затвор ) транзисторов; «+» диодов; «+» полярных конденсаторов; номера выводов реле, катушек индуктивности, трансформаторов, переменных резисторов, номера выводов перехода от печатного монтажа к объемному (проводному).

Необходимо указать на чертеже габаритные и установочные размеры.

Пример эскиза платы с ПМИ – см. приложение.....

## 5. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЛАТЫ С ПМИ

Поверхностно-монтируемые изделия (ПМИ) устанавливаются на печатные платы в соответствии с требованиями отраслевого руководящего документа (ОРД) – РД 107.460000.019-90.

Варианты установки ПМИ разработаны на основе требований технических условий (ТУ) на них с учетом обеспечения возможности механизации и автоматизации технологических процессов сборки РЭС. ОРД не распространяется на установку ПМИ в аппаратуре СВЧ.

При размещении ПМИ на печатной плате необходимо обеспечить следующие технические требования (ТТ):

- возможность выполнения технологических процессов автоматизированной установки ПМИ и их присоединения к контактным площадкам печатной платы;
- работоспособность ПМИ в соответствии с требованиями эксплуатации аппаратуры;
- безопасность работы при эксплуатации;
- удобство обслуживания при эксплуатации и ремонте.

Взаимное размещение ПМИ на печатной плате следует осуществлять с учетом:

- рационального использования площади печатной платы с учетом возможности трассировки печатных проводников;
- выбранных вариантов установки ПМИ;
- минимально-допустимых расстояний между ПМИ;
- требований по обеспечению заданного теплового режима.

На печатной плате рекомендуется размещать ПМИ рядами ( группами ), параллельными сторонам платы, с однозначной ориентацией их выводов относительно осей координат. Это необходимо для осуществления автоматизированной сборки.

ПМИ могут устанавливаться как с одной стороны печатной платы, так и с двух её сторон.

Основные параметры конструкции печатных плат, предназначенных для установки ПМИ, должны отвечать требованиям ГОСТ 23751-86. Платы должны быть спроектированы в соответствии с ОСТ 4.010.022 и ОСТ 107.460000.002 и отвечать требованиям ГОСТ 23752-79

Предельные отклонения размеров контактных площадок, расстояний между ними, а также размеров между осями двух любых контактных площадок в группе должны соответствовать требованиям ГОСТ 23751-86 для заданного преподавателем класса точности печатных плат.

ПМИ на печатных платах следует располагать симметрично относительно осей координат, проходящих через геометрический центр установки ( ГЦУ ). Допускается отклонение ПМИ от симметричности. При этом зона контактирования выводов и контактных площадок печатной платы должна быть не менее 0,1 мм.

При установке ПМИ на печатные платы допускается использование технологического крепления их к поверхности платы при помощи клея.

Установка перспективных ПМИ, не включенных в настоящий РД, должна производиться по аналогичным вариантам ( I....V ) с учетом требований ТУ и условий эксплуатации РЭС.

Пример сборочного чертежа платы с ПМИ – см. ПРИЛОЖЕНИЕ....

## 6. СПЕЦИФИКАЦИЯ

Бланк спецификации – в соответствии с ГОСТ – Ф.2.2.101 – лист №1, Ф. 2а 2.701а – другие листы.

Спецификация в данной лабораторной работе составляется только для платы с элементами.

В графе «Документация» необходимо записать форматы и номера чертежей – сборочного для платы с элементами; схемы электрической принципиальной и перечня элементов – для изделия. Под рубрикой «Сборочные единицы» должны быть указаны номера спецификаций тех сборочных единиц, которые разрабатываются данной фирмой. Это могут быть точные изделия – катушки индуктивности – L, дроссели ВЧ – LL, трансформаторы – Т, конденсаторы переменной емкости – С и т.п.

Под рубрикой «Детали» нужно записать плату печатную и другие детали, разработанные данной фирмой.

Название «Стандартные изделия», в том числе нормализованные, должны включать все изделия, которые выпускаются по ГОСТ, ОСТ, нормам предприятия или отрасли. Здесь должны быть записаны все крепежные детали.

«Прочие изделия» – под этим названием понимают все покупные изделия, выпускаемые по ТУ отечественной промышленностью, или с указанием фирмы – для отечественного или зарубежного производителя.

В графе «Примечание» указываются позиционные обозначения всех элементов схемы. Пример спецификации – в приложении.....

## 7. ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ

На основе эскиза платы с ПМИ выполнить чертеж платы печатной. На чертеже необходимо показать два вида: вид со стороны установки ПМИ и вид сзади (зеркальное отображение).

Общие технические требования к печатной плате должны соответствовать ГОСТ 23752-79 [ СТ СЭВ 2742-80, СТ СЭВ 2743-80 ].

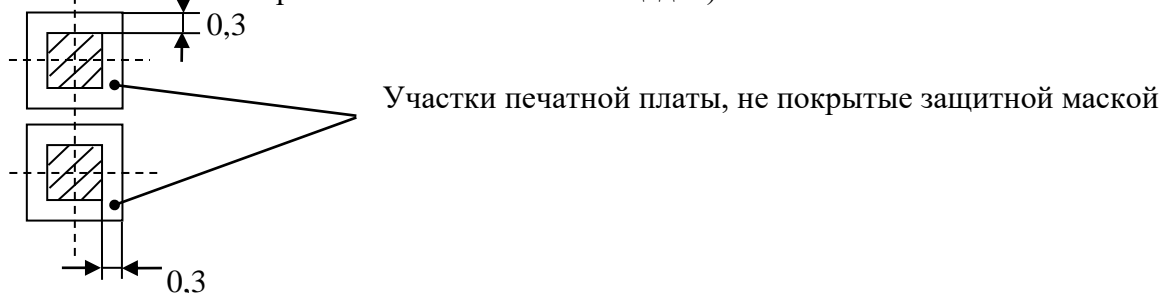
Основные параметры конструкции платы печатной должны соответствовать ГОСТ 23751-86, который распространяется на односторонние (ОПП), двусторонние (ДПП) и многослойные (МПП) на жестком и гибком основании, а также на гибкие печатные кабели (ГПК).

Особенности печатных плат – для установки ПМИ (в соответствии с РД 107.460000.019-90):

- При расположении печатных проводников и металлизированных отверстий под ПМИ необходимо предусмотреть их электроизоляционную защиту эмалью;
- Расстояние между корпусами соседних ПМИ должно быть не менее 1,5 – 2 мм. В технически обоснованных случаях при необходимости более плотной компоновки ПМИ с учетом возможности трассировки допускается уменьшение указанного расстояния до 1 мм при обеспечении качественного присоединения ПМИ к контактным площадкам печатной платы.

ГЦУ должны находиться в узлах координатной сетки

Печатная плата со стороны установки ПМИ должна быть покрыта защитной маской (кроме мест пайки и контрольных контактных площадок).



Для автоматизированной сборки рекомендуется применять печатные платы с соотношением сторон 2:1. Рабочую площадь печатной платы следует рассчитать по формуле:

$$K_S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{S_{\text{раб}}} = (0,6 \dots 0,8),$$

Где  $K_S$  – коэффициент использования площади ;

$S_i$  – площадь, занимаемая  $i$ -тым ИЭТ на плате;

$N$  – число ИЭТ, размещаемых на плате;

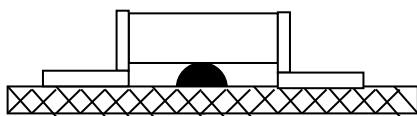
$S_{\text{раб}}$  – рабочая площадь платы, к которой необходимо добавить свободную (технологическую) зону шириной 1 (2) мм, а на тех сторонах, где предусмотрены контакты для перехода от печатного монтажа к объемному – 5 мм.

Для каждого вывода ( контактной поверхности ) ПМИ ( в том числе и не задействованным в электрической схеме) должна быть предусмотрена контактная площадка.

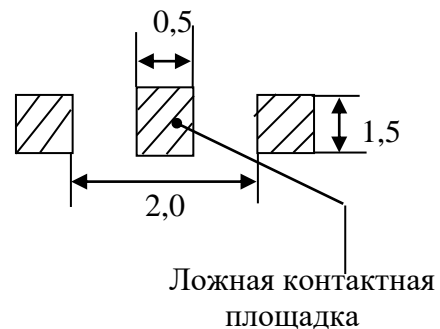
Рекомендуется применять контактные площадки прямоугольной формы с закругленными краями.

Размеры контактных площадок и их взаимное расположение зависят от типа ( и типоразмера ) корпуса ПМИ. Рекомендуется к контактной площадке корпуса ПМИ прибавить по 0,1 (0,2) мм с каждой стороны.

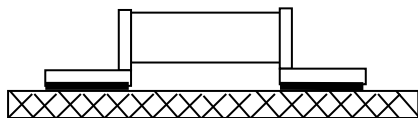
В случае пайки двойной волной припоя и оплавления паяльной пасты инфракрасными лучами может возникнуть эффект поднятия ПМИ перпендикулярно плоскости платы. В этом случае необходимо дополнительная фиксация ПМИ клеем за корпус



Вариант установки 001 [ 3 ]



При оплавлении паяльной пасты инфракрасными лучами без эффекта поднятия корпуса используется вариант установки 002 – с фиксацией ПМИ паяльной пастой за выводы ( контактные поверхности )



Вариант установки 002

Пример чертежа печатной платы – в приложении.....



**ЛИТЕРАТУРА**

1. ГОСТ 23752-79 [Ст.СЭВ 2742-80, Ст.СЭВ 2743-80] «Платы печатные. Общие технические условия».
2. ГОСТ 23751-86 «Платы печатные. Основные параметры конструкции»
3. СТП ИКМС. 14.03-97 Система качества. Методы конструирования печатных плат с использованием технологии поверхностно-монтируемых компонентов.
4. РД 107. 460000. 019-90. Установка поверхностно-монтируемых изделий на печатные платы. Методы конструирования.
5. ГОСТ Р 50044-92 ( МЭК 191-6-90 ). Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые для поверхностного монтажа. Требования к конструкции.
6. ГОСТ 2.417-68. Правила выполнения чертежей печатных плат.
7. ГОСТ 2770-68. Обозначения условные графические в схемах электрических принципиальных.
8. ОСТ 4. 010. 030-81. Установка навесных элементов на печатные платы. Конструирование.