

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
«МАИ»**

---

Филиал МАИ «Стрела»  
Кафедра № С-15  
«Цифровые вычислительные комплексы систем управления  
радиоэлектронным оборудованием»

Утверждено на заседании  
кафедры С-15

Протокол № 9  
от «30» 09. 2018 г.

**Методические указания и варианты заданий и по выполнению  
практических работ по дисциплине:  
«Конструкторско-технологическое обеспечение производства  
электронных средств».**

для основной образовательной программы  
«Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»

по направлению (специальности) подготовки  
«Информатика и вычислительная техника»

Разработано:  
Профессором Башкировым Л.Г.

Жуковский - 2018г.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методические указания для выполнения практических работ по курсу «Конструкторско-технологическое обеспечение производства электронных средств». Конструкторско-технологическое обеспечение: основы проектирования, конструкторская документация, основные этапы жизненного цикла электронных средств, проектирование плат, архитектура аппаратных средств, эксплуатация объектов сетевой инфраструктуры.

Выполнение практических работ способствуют формированию:

Профессиональных и общих компетенций:

Наименование результата обучения ПК Код - 1.1

Выполнять проектирование кабельной структуры компьютерной сети. ПК Код - 1.2

Осуществлять выбор технологии, инструментальных средств и средств вычислительной техники при организации процесса разработки и исследования объектов профессиональной деятельности. ПК Код - 1.3

Обеспечивать защиту информации в сети с использованием программно-аппаратных средств. ПК Код - 1.4

Принимать участие в приемо-сдаточных испытаниях компьютерных сетей и сетевого оборудования различного уровня и в оценке качества и экономической эффективности сетевой топологии. ПК Код - 1.5

Выполнять требования нормативно-технической документации, иметь опыт оформления проектной документации. ОК 1

Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес. ОК 2

Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. ОК 3

Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность ОК 4

Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5

Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности. ОК 6

Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями. ОК 7

Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий. ОК 8

Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9

Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

## ОК 10

Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

В результате выполнения практических работ обучающиеся получают практический опыт администрирования компьютерных сетей, устранению различных возможных сбоев. Научатся администрировать сетевые ресурсы в информационных системах. Научатся обеспечивать сбор данных для анализа использования и функционирования программно-технических средств компьютерных сетей.

## 2. МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Выбор содержания и объем конкретной практической работы обусловлен сложностью учебного материала для усвоения, междисциплинарными связями и учетом значения конкретной лабораторной работы для приобретения обучающимися соответствующих умений и компетенций, предусмотренных ФГОС.

Методика выполнения каждой практической работы определяется моделью соответствующей задачи, решаемой студентом на занятии по заданию преподавателя.

Средством проведения практических работ являются:

\* Комплект персональных ЭВМ в компьютерных классах, с выходом в ГКС Интернет;

Комплекс программного обеспечения:

\* операционная система Windows XP, Vista и др.;

Практические работы проводятся в компьютерных классах, расположенных на учебных площадках.

Процедурным обеспечением практических работ является:

\* настоящие Методические указания.

## 3. ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Выполнение каждой из практических работ включает в себя пять (5) основных этапов.

### 1. Постановка задачи практической работы

На первом практическом занятии со студентами проводится общая постановка задач практических работ. Преподаватель может давать необходимые пояснения по методике предстоящих практических работ. После ознакомления с программным комплексом преподаватель проводит постановку задачи конкретного практического занятия. Здесь разъясняется группе студентов содержание и объем работ, предусмотренных конкретной практической работы. Прежде всего, формулируется цели, задачи, основные этапы работы, последовательность и ход решения задачи практической работы. Определяются содержание и форма представления результатов работы. Необходимо пояснить, что каждая практическая работа студента должна быть оформлена в виде отчета о практической работе. Поясняется

методика составления и оформления отчета по практической работе. Проводится инструктаж по Охране труда с записью в журнал.

## 2. Ознакомление студента с содержанием и объемом практической работы.

На этом этапе студент должен тщательно изучить содержание и объем предстоящей практической работы. Если постановка задачи недостаточно ясна, он может обратиться к преподавателю за дополнительными разъяснениями. Затем студент приступает к выполнению задания практической работы.

## 3. Порядок выполнения практической работы.

Студент включает ПК и, при необходимости, запускает соответствующую программу. В соответствии с установленной последовательностью этапов работы студент выполняет объем работ, предусмотренных заданием практической работы.

При условии выполнения полного объема практической работы студент проверяет правильность результатов и предьявляет преподавателю результаты работы, выведенные на монитор. В случае замеченных ошибок, студент принимает меры к их исправлению и затем снова предьявляет результаты преподавателю для контроля и приема результатов работы. Если в работе ошибок не содержится, то приступает к составлению и оформлению отчета по работе.

## 4. Регистрация результатов и оформление отчета по работе.

По мере того, как выполняются этапы работы, студент регистрирует все результаты своей работы в собственном файле или в рабочей тетради для выполнения работ. Этот файл в будущем должен быть оформлен как отчет студента по работе. Файл должен храниться в папке соответствующего студента. На основе полученных результатов работы, составить соответствующий отчет и сдать его преподавателю. Оформление отчета выполнить по следующим правилам. Отчет по практической работе должен содержать следующие обязательные разделы – номер и тема ПР, цель, задание, методика работы, основные этапы работы, выводы по выполненной работе.

Отчет по каждой работе составляется по следующей обобщенной структуре:

\* Наименование идентифицирующих признаков: «Отчет по практической работе № \_\_\_\_\_ по теме (наименование темы)».

\* Студента (указываются фамилия и инициалы, курс, группа).

\* Цель работы. Формулируется в соответствии с содержанием раздела «Цель работы», соответствующей работы.

\* Необходимые принадлежности; задание; методика работы. Определяется в соответствии с указанной выше формулировкой и при необходимости уточняется в зависимости от содержания конкретной работы.

\* Этапы выполнения работы. Приводятся номера и наименования этапов работы, указанные выше. Последовательно по каждому из этапов приводится характеристика содержания выполненных по этапу работ.

\* Выводы по работе. К этой части работы студент должен быть особенно внимательным. Формулируются выводы теоретического и практического характера о выполненной работе. Обычно выводы излагаются последовательно по каждому из этапов работы (отчета) – 1-2 вывода. Выводы формулируются в сжатой и четкой форме. Вывод должен содержать сжатую мысль о выполненном этапе работы, как результат аналитико-синтетической переработки содержания выполненного этапа. Не следует указывать в выводах содержание и объем выполненных работ.

Текст отчета должен быть изложен лаконично и вместе с тем информативно с соблюдением правил грамматики. В конце отчета может быть указана литература, которую студент применил в лабораторной работе. Библиографические описания литературных источников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.1-84. Правила библиографического описания документации.

#### 5. Заключительная часть практической работы.

После окончания составления отчета студент проверяет его правильность и устраняет ошибки. При условии отсутствия ошибок предъявляет экранный отчет преподавателю. Преподаватель читает текст отчета и принимает его. При условии замеченных ошибок преподаватель указывает студенту на эти ошибки. После этого студент исправляет ошибки и повторно предъявляет отчет преподавателю.

После завершения полного объема работ, исправления ошибок по замечаниям преподавателя, сохраняет отчет, выходит из системы и выключает компьютер.

#### 4. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

При выполнении практических работ (ПР), студенты должны соблюдать и выполнять следующие правила:

1. Прежде, чем приступить к выполнению ПР, обучающийся должен подготовить ответы на теоретические вопросы к ПР.
2. Перед началом каждой работы проверяется готовность обучающегося к ПР.
3. После выполнения ПР студент должен представить отчет о проделанной работе в рабочей тетради или в собственном файле (в ПК) и подготовиться к обсуждению полученных результатов и выводов.
4. Студент (обучающийся), пропустивший выполнение ПР по уважительной или неуважительной причинам, обязан выполнить работу в дополнительно назначенное время.
5. Оценка за ПР выставляется с учетом предварительной подготовки к работе, доли самостоятельности при ее выполнении, точности и грамотности оформления отчета по работе.

## 5. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические работы оцениваются по пятибалльной шкале.

\* оценка «5» (отлично) ставится, если ПР выполнена в полном объеме, в соответствии с заданием, с соблюдением последовательности выполнения, необходимые программы запущены и работают без ошибок; работа оформлена аккуратно;

\* оценка «4» (хорошо) ставится, если ПР выполнена в полном объеме, в соответствии с заданием, с соблюдением последовательности выполнения, частично с помощью преподавателя, присутствуют незначительные ошибки при запуске и эксплуатации (работе) необходимых программ; работа оформлена аккуратно;

\* оценка «3» (удовлетворительно) ставится, если ПР выполнена в полном объеме, в соответствии с заданием, частично с помощью преподавателя, присутствуют ошибки при запуске и работе требуемых программ; по оформлению работы имеются замечания;

\* оценка «2» (неудовлетворительно) ставится, если обучающийся не подготовился к ПР, при запуске и эксплуатации (работе) требуемых программ студент допустил грубые ошибки, по оформлению работы имеются множественные замечания.

## 6. ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯДКА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

При выполнении ПР работ во избежание несчастных случаев, а также преждевременного выхода из строя персональных компьютеров и оборудования студент должен выполнять следующие правила внутреннего распорядка и техники безопасности:

1) К работе в лаборатории допускаются студенты, знакомые с правилами внутреннего распорядка и техники безопасности, изучившие содержание предстоящей лабораторной работы, представившие отчет за предыдущую ПР.

2) После ознакомления с правилами внутреннего распорядка и инструктажа по технике безопасности каждый студент должен расписаться в специальном журнале.

3) При работе в лаборатории запрещается приносить собой вещи и предметы, загромождающие рабочие места.

4) Приступая к работе в лаборатории, каждый студент занимает место за «своим» ПК

5) В лаборатории запрещается громко разговаривать, покидать рабочие места без разрешения преподавателя и переходить от одного ПК к другому.

6) Во время небольших перерывов в работе не обязательно выключать компьютер.

7) При появлении запаха гари или при обнаружении повреждения изоляции, обрыва провода следует немедленно сообщить о неисправности преподавателю.

8) Прикасаться к задней панели работающего системного блока (процессора) запрещается.

9) Недопустимо попадание влаги на системный блок, дисплей, клавиатуру и другие устройства.

10) При выполнении ПР необходимо занять правильную рабочую позу:

\* следует сидеть прямо (не сутулясь) и опираться спиной о спинку кресла. Прогибать спину в поясничном отделе нужно не назад, а, наоборот, немного вперед. Недопустимо работать, развалившись в кресле. Такая поза вызывает быстрое утомление, снижение работоспособности.

\* Необходимо найти такое положение головы, при котором меньше напрягаются мышцы шеи. Рекомендуемый угол наклона головы – до 20°. В этом случае значительно снижается нагрузка на шейные позвонки и на глаза.

\* Положение рук и ног: во время работы за компьютером необходимо расслабить руки, держать предплечья параллельно полу, на подлокотниках кресла, кисти рук – на уровне локтей или немного ниже, запястья – на опорной планке. Тогда пальцы получают наибольшую свободу передвижения. Колени должны располагаться на уровне бедер или немного ниже. При таком положении ног не возникает напряжение мышц. Нельзя скрещивать ноги, класть ногу на ногу – это нарушает циркуляцию крови из-за сдавливания сосудов. Лучше держать обе стопы на подставке или на полу. Необходимо сохранять прямой угол (90°) в области локтевых, тазобедренных, коленных и голеностопных суставов.

\* При ощущении усталости глаз нужно в течение 2—3 мин. окинуть взглядом аудиторию (лабораторию), устремлять взгляд на разные предметы, смотреть вдаль (в окно).

11) Если резко возникло общее утомление, появилось дрожание изображения на экране дисплея (покачивание, подергивание, рябь), следует сообщить об этом преподавателю.

12) Выполнение лабораторной работы должно происходить в соответствии с правилами выполнения лабораторных работ (п. 4).

## 7. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практическая работа выполняется на листах формата А4. На титульном листе должны быть указаны данные студента и его учебный шифр. Вариант задания определяется по двум последним цифрам учебного шифра. На защиту практической работы студент предоставляет файлы, содержащие электрическую схему и топологию печатной платы.

В практической работе должны быть выполнены все пункты задания, которое приводится в начале работы. Курсовые работы, не соответствующие указанным требованиям, возвращаются студенту без рецензии.

## 1. Задание на практическую работу

### 1.1. Выбор варианта задания

Разработать конструкцию печатной платы (ПП) типового элемента замены (ТЭЗ) ЭВМ с использованием САПР радиоэлектронной аппаратуры.

3. Вид конструктивного исполнения компонентов, устанавливаемых на ПП, определяется суммой двух последних цифр шифра студента: если сумма четная, то компоненты выполнены в DIP корпусах, если же нечетная, то в планарных корпусах.

### 1.2. Требования к содержанию разделов

расчетно-пояснительной записки

Практическая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графических материалов.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Задание на практическую работу.
4. Расчетная часть должна включать:
  1. Расчет ориентировочной площади печатной платы и выбор ее размеров;
  2. Выбор типа материала печатной платы;
  3. Расчет элементов проводящего рисунка печатной платы;
5. Графические материалы:
  1. Чертеж схемы электрической принципиальной;
  2. Перечни элементов;
  3. Сборочный чертеж печатной платы с указанием таблицы сверловки;
  4. Вид печатной платы со стороны пайки;
  5. Вид печатной платы со стороны компонентов (для двухсторонних ПП).
6. Список используемой литературы.

### 3. Методические указания к выполнению практической работы

Прежде чем приступать к проектированию ПП конструктор должен определить ее размеры, рассчитать элементы проводящего рисунка и выбрать тип разъемного соединения для ее подключения к остальным блокам аппаратуры.

Обычно размеры ПП определяются конструкцией блока, в который она будет устанавливаться. Однако ее площадь не может быть меньше, чем суммарная площадь компонентов, которые будут на нее установлены. Если же при проектировании используется восходящий метод, то в начале определяются

размеры платы, а затем конструкция блока. Причем площадь ПП должна быть минимальной.

Размеры проводящего рисунка зависят от класса точности изготовления ПП, который, в свою очередь, определяется тем технологическим оборудованием, которое будет использоваться для изготовления ПП. Поэтому все эти вопросы должны быть решены совместно с инженерами-технологами до начала проектирования ПП.

Тип разъёмного соединения определяется, прежде всего, условиями эксплуатации разрабатываемой аппаратуры и выбирается студентом самостоятельно. Разъёмные соединения позволяют многократно соединять и разъединять механические детали конструкций без повреждения её элементов. Требования к разъёмным соединениям в основном сводятся к обеспечению прочности, надёжности, долговечности, удобству эксплуатации.

### 3.1. Расчет ориентировочной площади печатной платы и выбор ее размеров

Расчет ориентировочной площади ПП

В качестве примера рассмотрим расчет площади ПП, на которой будут размещены следующие компоненты:

1. Микросхемы в корпусе DIP14 – 4 шт.;
2. Микросхемы в корпусе DIP20 – 2 шт.;
3. Микросхема в корпусе DIP40 – 1 шт.;
4. Резисторы МЛТ-0,125 – 4 шт.;
5. Конденсаторы КМ66-0,1 – 6 шт.;
6. Разъем ГРПМ31 – 1 шт.

В соответствии с ГОСТ 10317-79 печатная плата будет иметь размеры: ширина – 60 мм; длина – 100 мм.

### 3.2. Выбор типа материала печатной платы

Для изготовления печатных плат химическим и комбинированным методами необходимо иметь листовый материал в виде изоляционного основания с приклеенной к нему металлической фольгой. В зависимости от назначения печатной платы в качестве изоляционного основания используют в основном гетинакс и стеклотекстолит различной толщины. Фольгу делают из меди, так как она обладает хорошими проводящими свойствами.

Фольгированный материал может быть односторонним (например СФ-1-35) или двухсторонним (например СФ-2-35). В последнем случае фольгу наносят на две стороны изоляционного основания. Фольгированный гетинакс (ГФ) уступает остальным материалам как по физико-механическим, так и по электрическим свойствам.

Фольгированный гетинакс рекомендуется использовать для аппаратуры, работающей при нормальной влажности окружающего воздуха. Фольгированный стеклотекстолит обладает повышенной нагревостойкостью и может работать при температуре свыше 100°C не более 100 часов.

### 3.3. Расчет элементов проводящего рисунка печатной платы

Печатная плата предназначена для электрического соединения элементов схемы. По конструктивному исполнению различают односторонние, двусторонние, многослойные и гибкие печатные платы. По точности выполнения элементов конструкции в соответствии с ГОСТ 23751-86 печатные платы делятся на пять классов точности.

Основными данными для расчета элементов печатного монтажа являются: класс точности, установочные характеристики компонентов и допуски на отклонения размеров координат элементов печатного монтажа от номинальных значений. Допуски на отклонения определяются уровнем технологии, применяемым оборудованием и т.д..

Область печатного монтажа между двумя соседними контактными площадками показана на рис.1, где  $D_k$  — диаметр контактной площадки;  $t$  — ширина печатного проводника;  $S$  — расстояние между соседними элементами печатного монтажа;  $n$  — число проводников между соседними контактными площадками;  $l$  — расстояние между двумя контактными площадками для прокладки  $n$ -проводников.

Минимальный диаметр контактной площадки рассчитывается по формуле:

где:  $d$  — диаметр отверстия;

$D_{dvo}$  — верхнее предельное отклонение диаметра отверстия (устанавливается в соответствии с табл);

$D_{dmp}$  — глубина подтравливания диэлектрика для многослойных печатных плат (принимается равной 0,03 мм);

$b$  — гарантийный поясок;

$D_{tvo}$  — верхнее предельное отклонение ширины проводника от номинального значения

$D_{t\ no}$  — нижнее предельное отклонение ширины проводника от номинального значения );

— диаметрально значение позиционного допуска расположения центров отверстий относительно номинального положения узла координатной сетки;

— диаметрально значение позиционного допуска расположения контактных площадок относительно его номинального положения.

Номинальные значения основных параметров элементов конструкции печатной платы для узкого места.

Параметры элементов печатного монтажа

Размеры элементов проводящего рисунка для классов точности, мм

Расчет минимального расстояния для прокладки  $n$ -ого количества проводников между двумя отверстиями с контактными площадками диаметрами  $D_{k1}$  и  $D_{k2}$

Диаметральное значение позиционного допуска расположения проводника относительно номинального положения, мм

Рассмотрим расчет элементов проводящего рисунка на примере. Пусть необходимо рассчитать минимальный диаметр контактной площадки для металлизированного отверстия диаметром 0,8 мм и минимальное расстояние между центрами двух отверстий при прохождении двух проводников на многослойной печатной плате третьего класса точности размером 100 x 140 мм.

Минимальный диаметр контактной площадки на наружном слое в соответствии с выражением (1) мм,

а минимальный диаметр контактной площадки на внутреннем слое

мм, Минимальное расстояние между центрами двух отверстий, необходимое для прохождения двух проводников на наружном слое в соответствии с выражением (2) мм,

а минимальное расстояние на внутреннем слое мм.

### 3.4. Методические указания по проектированию топологии печатной платы

Проектирование топологии печатной платы практически в любом редакторе печатных плат начинается с задания параметров элементов проводящего рисунка, которые рассчитываются в соответствии с рекомендациями, изложенными в параграфе 3.3 настоящих методических указаний. Затем выполняется размещение топологических посадочных мест компонентов на ПП. Этот этап проектирования топологии ПП является одним из самых ответственных, так как от качества его выполнения, в конечном итоге, будет зависеть длина проводников, количество переходных отверстий на ПП, величина перекрестных помех и т.д. Следует отметить, что размещение топологических посадочных мест компонентов – во многом процесс творческий, или как его называют в англо язычной литературе – “art of design” (искусство проектирования). Однако существует несколько рекомендаций, которых следует придерживаться при размещении компонентов. Суть этих рекомендаций можно свести к следующему:

1. Все компоненты и элементы проводящего рисунка должны располагаться на ПП с зазором не менее 1,5...2 мм от ее границ;
2. Разъемы следует устанавливать на границе ПП;
3. Элементы индикации (светодиоды, семисегментные и ЖКИ индикаторы) устанавливаются на ПП таким образом, чтобы в процессе работы устройства их состояние можно было увидеть без извлечения платы из устройства (чаще всего это верхний край ПП или место напротив окна в корпусе устройства);
4. Сильноточные компоненты должны располагаться как можно ближе к разъемам;
5. Компоненты, имеющие значительное количество взаимных связей должны быть расположены рядом.

В каждом редакторе печатных плат, как правило, имеется “вектор”, показывающий предпочтительное направление размещения компонента. Однако не следует слишком доверяться этому интерактивному инструменту. Рекомендуется начинать размещение с компонентов, имеющих наибольшее количество выводов, а затем переходить к расположению компонентов,

связанных с ними. Кроме этого, рекомендуется попробовать несколько вариантов размещения, выполнить для них автотрассировку и после этого отобрать лучший вариант.

#### 4. Методические указания к оформлению графических материалов

##### 4.1. Правила выполнения принципиальных схем

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы, входящие в устройство, электрические связи между ними, а также разъемы, зажимы и т. п., которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Элементы на схеме изображаются в виде условных графических обозначений. Их размеры приведены в ГОСТ 2.747-68 и ГОСТ 2.743-62. При вычерчивании схем, насыщенных графическими обозначениями, допускается все обозначения пропорционально уменьшать.

Каждый элемент, входящий в устройство, на схеме должен иметь обозначение, составленное из буквенного обозначения и порядкового номера. Буквы и цифры выполняются одним размером шрифта. Все одноименные элементы нумеруются цифрами, начиная с единицы. Порядковые номера должны быть присвоены одноименным элементам в соответствии с последовательностью их расположения на схеме, считая, как правило, сверху вниз в направлении слева направо.

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в устройство. Как правило, данные об элементах записывают в таблицу перечня элементов. Допускается в отдельных случаях все сведения об элементах помещать около условных графических обозначений.

При наличии в устройстве нескольких одинаковых групп элементов, соединенных последовательно или параллельно, допускается изображать только крайние группы, показывая электрические связи между ними штриховыми линиями.

Условное графическое обозначение логических элементов имеет форму прямоугольника, который может содержать 3 поля: основное и два дополнительных. В основном поле помещается информация о функции, выполняемой логическим элементом. В дополнительных полях помещают условные обозначения входов (левое поле) и выходов (правое поле). В основном поле допускается помещать дополнительные данные: тип устройства, в состав которого входит логический элемент, условный шифр, позиционные, конструктивные обозначения и условный номер логического элемента в ИМС и в устройстве. Условные графические обозначения логических элементов размещают на схеме так, чтобы все их входы были слева, а выходы — справа.

Обозначения радиодеталей на схемах, в расчетах и в тексте должны быть одинаковыми. Все питающие напряжения, входные и выходные сигналы подводятся к элементам схемы от соединительных разъемов или фишек. В правом нижнем углу листа должен быть штамп.

#### 4.2. Требования к оформлению графических материалов чертежа печатной платы

Стандарт ГОСТ 2.417 — 78 устанавливает основные правила выполнения чертежей печатной платы – детали. Чертеж выполняют в масштабах 1:1; 2:1; 4:1; 5:1; 10:1. На чертежах печатных плат допускается:

1. Наносить позиционные обозначения электро- и радиоэлементов;
2. Указывать сторону установки навесных элементов надписью, помещаемой над изображением;
3. Помещать электрическую схему.

При минимальном количестве проекций сборочный чертеж печатного узла (рис. 2) должен давать полное представление о навесных радиоэлементах и других деталях, их расположении и установке на плате. Он должен содержать следующие сведения:

1. Маркировку позиционных обозначений электро- и радиоэлементов;
2. Условные обозначения выводов приборов (трансформаторов, реле и др.);
3. Нумерацию выходных контактов, полярности элементов согласно принципиальной электрической схеме на печатный узел.

На чертеже наносят позиционные обозначения, габаритные и установочные размеры, а также размеры, определяющие положение элементов над платой. Чертеж содержит технические требования.

Навесные элементы изображают упрощенно, если это не мешает правильному пониманию чертежа. Их размещают параллельно поверхности платы рядами в определенном порядке с зазором 2 — 3 мм между платой и элементом (если это расстояние не оговорено в нормативно-техническом документе на элемент).

1. Электромонтаж выполнять согласно АБВГ. ХХХ.159Э3.
2. Припой ПОСБ1 ГОСТ 21931-76.
3. Установку элементов производить по ОСТ4 Г.О10.030. Элементы поз. 5,8,9,11...16,21 устанавливать по варианту II, высота установки 3+1 мм.
4. Детали поз. 4, элементы лоз.18, 23 ставить на клей ВК-9 ОСТ 4 Г0.029.204.
5. Печатные проводники условно не показаны.
6. На выводы элементов поз. 18, 23 перед их распайкой надеть трубки: на базу поз.24, на коллектор поз.25, на эмиттер поз.26.
7. Плату после сборки покрыть эмалью ЭП-572, белой, ТУ0-10-1539-76.
8. Места расположения маркировки показаны условно.

Для двухсторонних печатных плат приводят два чертежа (рис.3): вид со стороны установки элементов и вид со стороны пайки. На чертеже ПП допускается помещать технические требования, которые составляют, группируя близкие по характеру, в следующей последовательности:

- а) способ изготовления платы;
- б) обозначение материала токопроводящего слоя или изоляционных участков и толщина слоя;
- в) шаг координатной сетки;
- г) допускаемые отклонения очертаний проводников, контактных площадок и других печатных элементов от заданных чертежом;

- д) ширина печатных проводников;
- е) наименьшее расстояние между проводниками;
- ж) требования к подрезке и смещению контактных площадок;
- з) указания о покрытиях;
- и) указания о маркировании и клеймении.

#### Сторона установки навесных элементов

Для подготовки производства, в состав конструкторской документации помещается чертеж ПП, где показываются все отверстия. Размеры отверстий, их количество, размеры зенковок и другие сведения помещают в таблице, на поле чертежа. Рекомендуемая форма таблицы приведена на рис. 5. На чертеже платы отверстия показывают упрощенно — одной окружностью (без окружностей зенковки и контактной площадки). Чтобы их различать применяют их условные обозначения. Центры отверстий располагают в узлах координатной сетки.

#### Условное обозначение отверстия

Диаметр отверстия, мм

Диаметр зенковки с двух сторон, мм

Наличие металлизации в отверстиях

Диаметр контактной площадки, мм

Количество отверстий

#### Примечания.

1. Выделенные размеры печатных плат являются предпочтительными.
2. В технически обоснованных случаях допускается применять печатные платы формы, отличной от прямоугольной.

#### Список учебно-методической литературы

##### Литература

##### Основная:

1. Сабунин А. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – М.: Солон-пресс, 2009. – 432 с.
2. Суходольский В.Ю. Altium Designer. Проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 480 с.
3. Потапов Ю.В. Protel DXP. М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 276 с.
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. М.: Форум, 2005. — 559 с.

##### Дополнительная

5. Потапов Ю.В. Система проектирования печатных плат Protel. М.: Горячая линия — Телеком, 2003 г., 704 с.
6. Савельев А.Я., Овчинников В.А. Конструирование ЭВМ и систем: Учебник для вузов по специальности "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети" -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Высшая школа, 1989г. -312с.
7. Куземин А.Я. Конструирование и микроминиатюризация электронной вычислительной аппаратуры: Учебное пособие для вузов. -М: Радио и связь, 1985г.-280с.

8. Власов Е.П., Жаднов В.В., Жаднов И.В. и др. Расчет надежности компьютерных систем. Киев, Корнійчук, 2003, 187 стр.
9. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования/ Под редакцией Варламова Р.Г. — М.: Высшая школа 1980г.-480с.
10. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для радиотехнических специализированных вузов -М.: Высшая школа 1990г.-432с.
11. Единая система конструкторской документации (ЕСКД).
12. Единая система программной документации (ЕСПД).

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Литература

#### Основная:

1. Сабунин А. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – М.: Солон-пресс, 2009. – 432 с.
2. Суходольский В.Ю. Altium Designer. Проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 480 с.
3. Потапов Ю.В. Protel DXP. М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 276 с.
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. М.: Форум, 2005. — 559 с.

#### Дополнительная

5. Потапов Ю.В. Система проектирования печатных плат Protel. М.: Горячая линия — Телеком, 2003 г., 704 с.
6. Савельев А.Я., Овчинников В.А. Конструирование ЭВМ и систем: Учебник для вузов по специальности "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети" -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Высшая школа, 1989г. -312с.
7. Куземин А.Я. Конструирование и микроминиатюризация электронной вычислительной аппаратуры: Учебное пособие для вузов. -М: Радио и связь, 1985г.-280с.

8. Власов Е.П., Жаднов В.В., Жаднов И.В. и др. Расчет надежности компьютерных систем. Киев, Корнійчук, 2003, 187 стр.
9. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования/ Под редакцией Варламова Р.Г. — М.: Высшая школа 1980г.-480с.
10. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для радиотехнических специализированных вузов -М.: Высшая школа 1990г.-432с.
11. Единая система конструкторской документации (ЕСКД).
12. Единая система программной документации (ЕСПД).
9. Материально-техническое и/или информационное обеспечение дисциплины