Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Фурсов Владимир Алексеевич
Должность: И.о. директора Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского федерального университета
Дата подписания: 08.06.2026 13:36:26
Уникальный программный ключ:
1c378726a41fd0143ae5bccc8ba81860b00daa62

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ
Колледж Пятигорского института (филиал) СКФУ

МДК.01.02 РАЗРАБОТКА И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Специальности СПО
09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

Квалификация специалист по компьютерным системам

Пятигорск 2026

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Методические указания для практических занятий по МДК.01.02 Разработка и прототипирование цифровых систем составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО. Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

Рассмотрено на заседании ПЦК Пятигорского института (филиал) СКФУ
Протокол №__ от «__» _____20__ г.

Составитель: Н.А. Чернова

Директор З.А. Михалина

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Оглавление

Практическое занятие №1. Изучение ГОСТ на производство и эксплуатацию вычислительной техники. ... 8
Практическое занятие №2. Оформление комплекта конструкторской документации. ... 10
Практическая работа №3. Обеспечение помехоустойчивости. Разработка цепей питания. ... 14
Практическая работа №4. Расчет теплового режима перфорированного кожуха. ... 16
Практическая работа №5. Оценка технологичности конструкции блока электронного средства. ... 21
Практическая работа №6. Составление таблицы соединений и подключений. ... 27
Практическое занятие №7. Расчёт параметров волновых сопротивлений проводов и их согласование с СВТ. ... 28
Практическое занятие №8. Разработка схемы сборки электронного модуля первого уровня ... 30
Практическая работа №9. Расчёт технологической трудоёмкости операции установки и пайки ИМС и ЭРЭ на плату ... 34
Практическое занятие №10. Оценка технологичности изделия в соответствии с ОСТ-4 ГО 091219. ... 36
Практическое занятие №11. Расчет габаритных размеров печатной платы ... 47
Практическое занятие №12. Монтаж печатной платы. ... 54
Практическое занятие №13. Разработка проекта трассировки печатной платы ... 60
Практическое занятие №14. Построение УГО элементов ВТ. ... 70
Практическое занятие №15. Разработка схемы Э1 на устройство ... 74
Практическое занятие №16. Разработка схемы Э2 на устройство. ... 78
Практическая работа №17. Разработка схемы Э3 на устройство. ... 80
Практическая работа №18. Разработка перечня документов. ... 82
Практическая работа №19. Исследование тепловых характеристик герметичного блока РЭА. ... 90
Практическое занятие №20. Расчет помех в каналах связи при внешней паразитной связи. ... 91
Практическая работа №21. Изучение работы детекторов излучений ... 94
Практическое занятие №22. Основные характеристики и показатели надежности ... 97
Практическая работа №23. Расчет надежности РЭА по статистическим данным ее эксплуатации. ... 103
Практическая работа №24. Расчет надежности РЭА по показателям входящих в нее элементов. 115
Практическая работа №25. Общие положения AutoCAD. Ознакомление со структурой и командами AutoCAD ... 120
Практическая работа №26. Графические примитивы двухмерного моделирования. ... 128
Практическая работа №27. Организация работы с чертежами ... 137
Практическая работа №28. Изучение команд редактирования изображения ... 140
Практическая работа №29. Создание сложных объектов средствами AutoCAD ... 148
Практическая работа №30. Формирование чертежей средствами AutoCAD ... 152
Практическая работа №31. Построение 3D-объектов ... 160
Практическая работа №32. Редактирование 3D-объектов ... 170
Практическая работа №33. Подготовка чертежа к выводу на печать ... 173
Практическая работа №34. Выполнение электрических принципиальных в среде AutoCAD ... 178
Практическая работа №35. Формирование чертежей печатной платы средствами AutoCAD ... 180
Практическое занятие №36. Проектирование печатных плат в САПР Dip Trace. ... 182
Практическое занятие №37. Преобразование схемы в печатную плату в DipTrace. ... 194
Практическое занятие №38. Автоматическая трассировка в Dip Trace. ... 200
Практическое занятие №39. Проверка проекта и извлечения информации о плате в DipTrace. ... 205
Практическое занятие №40. Проектирования печатных плат в САПР Dip Trace. ... 211
Практическая работа №41. Оформление конструкторской документации с использованием пакета программ AutoCad и TDD. ... 219

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическая работа №42. Изучение конструкции и применения электрорадиоэлементов (ЭРЭ), материалов, инструмента, оснастки при выполнении монтажных работ с электронными устройствами 220
Практическая работа №43. Расчет и анализ технологичности узлов радиоэлектронных средств. 223
Практическая работа №44. Исследование точности изготовления изделий РЭС статистическим методом. 230
Практическая работа №45. Создание конструкторско-технологического образа РЭК. 238
Практическая работа №46. Разработка конструкторской документации для изготовления печатного узла. 243
Практическая работа №47. Разработка технологического процесса сборки печатного узла. 245
Практическая работа №48. Конструкторское проектирование печатной платы. 251
Практическая работа №49. Разработка сборочного чертежа и спецификации. 257
Практическая работа №50. Изучение по нормативным документам требований и видов установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств. 261
Практическая работа №51. Расчет параметров печатной платы. 266
Практическая работа №52. Расчет нормы расхода материалов на печатную плату. 271
Практическая работа №53. Технологические процессы изготовления однослойных и двусторонних печатных плат 272
Практическая работа №53. Изучение элементной базы, топологии и конструкции гибридных и полупроводниковых интегральных микросхем. 280
Практическая работа №55. Методы и технология изготовления фотошаблонов. 282
Практическая работа №56. Технологический процесс сборки и монтажа блока радиоэлектронного средства на печатной плате 293
Практическая работа №57. Применение программы автоматизированного проектирования P-CAD для размещения контактных площадок и сверления отверстий печатных плат. 297
Практическая работа №58. Контроль, регулировка и настройка блока радиоэлектронного средства на печатной плате. 309
Практическая работа №59. Изучение способов и оборудования контроля дефектов пайки и печатных плат при производстве электронных устройств. 312
Практическая работа №60. Изучение способов и оборудования для нанесения припойной пасты при производстве электронных устройств. 315
Практическая работа №61. Системы автоматизации для производства печатных плат и электронных устройств на основе ПП PHIPLASTIC. 317
Практическая работа №62. Изучение материалов, применяемых при производстве печатных плат и при выполнении пайки электронных устройств. 320
Практическая работа №63. Изучение оборудования для автоматизации технологического процесса установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств. 322
Практическая работа №64. Изучение оборудования для автоматизации технологического процесса пайки печатных плат электронных устройств. 323
Практическая работа №65. Изучение оборудования для автоматизации технологического процесса очистки печатных плат электронного устройства после пайки. 325
Практическая работа №66. Выбор оптимального варианта технологического процесса по критерию себестоимости. 327

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа МДК.01.02 Разработка и прототипирование цифровых систем предусматривает изучение и классификацию основных видов микросхем.

При изучении предмета следует соблюдать единство терминологии и обозначения в соответствии с действующими стандартами, Международной системной единицы (СИ).

В результате изучения МДК.01.02 Разработка и прототипирование цифровых систем студенты *должны:*

уметь:

применять методы анализа требований;

применять рекомендуемые нормативные и руководящие материалы на разрабатываемые цифровые системы;

применять системы автоматизированного проектирования;

осуществлять компьютерное моделирование цифровых устройств с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования;

оформлять результаты тестирования цифровых устройств;

применять рекомендуемые нормативные и руководящие материалы на разрабатываемую техническую документацию;

пользоваться стандартным программным обеспечением при оформлении документации;

разрабатывать рабочие чертежи в соответствии с требованиями стандартов организации, национальных стандартов и технических регламентов;

применять имеющиеся шаблоны для составления технической документации;

использовать прикладные программы для разработки конструкторской документации;

работать в средах моделирования цифровых устройств и систем;

выполнять тестирование прототипов.

знать:

основные параметры и условия эксплуатации систем;

особенности построения, применения и подключения основных типов цифровых устройств;

электронные справочные системы и библиотеки: наименования, возможности и порядок работы в них;

технические характеристики типовых цифровых устройств;

особенностей применения и подключения основных типов цифровых устройств;

основы электротехники и силовой электроники;

полупроводниковой электроники;

основы цифровой схемотехники;

основы аналоговой схемотехники;

основы микропроцессоров;

основные понятия теории автоматического управления;

номенклатуру основных радиоэлектронных компонентов: назначения, типы, характеристики;

типы, основные характеристики, назначение радиоматериалов;

типы, основные характеристики, назначение материалов базовых несущих конструкций радиоэлектронных средств;

специальные пакеты прикладных программ для конструирования радиоэлектронных средств: наименования, возможности и порядок работы в них;

основные методы проведения электротехнических измерений и основы метрологии;

электронные справочные системы и библиотеки: наименования, возможности и порядок работы в них;

виды и содержание конструкторской документации на цифровые устройства;

основные требования Единой системы конструкторской документации (далее - ЕСКД);

правила оформления и внесения изменений в техническую и эксплуатационную документацию;

специальные пакеты прикладных программ для разработки конструкторской документации: наименования, возможности и порядок работы в них;

прикладные компьютерные программы для создания графических документов: наименования, возможности и порядок работы в них;

технические характеристики типовых цифровых устройств;

особенностей применения и подключения основных типов цифровых устройств;

среды моделирования цифровых устройств и систем;

методы построения компьютерных моделей цифровых устройств;

методы обеспечения качества на этапе проектирования;

требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической безопасности и электробезопасности.

Общие методические указания к выполнению практических работ

По МДК.01.02 Разработка и прототипирование цифровых систем практические работы содержат задачи и теоретические вопросы. Варианты для каждого обучающегося – индивидуальные.

Задачи и ответы на вопросы, выполненные не по своему варианту, не засчитываются.

Практическая работа выполняется в отдельной тетради. Условия задачи и формулировки вопросов переписываются полностью. Формулы, расчеты, ответы на вопросы пишутся ручкой, а чертежи, схемы и рисунки выполняются карандашом, на графиках и диаграммах указывается масштаб. Вначале задача решается в общем виде, затем делаются расчёты по условию задания. Решение задач обязательно ведется в Международной системе единиц (СИ).

При выполнении практической работы необходимо следовать методическим указаниям: повторить краткое содержание теории, запомнить основные формулы и законы, проанализировать пример выполнения аналогичного задания, затем преступить непосредственно к решению задачи. К зачету допускаются студенты, получившие положительные оценки по всем практическим работам.

Правила выполнения практических работ.

1. Студент должен прийти на практическое занятие подготовленным к выполнению практической работы.
2. Каждый студент после проведения работы должен представить отчет о проделанной работе с анализом полученных результатов и выводом по работе.
3. Таблицы и рисунки следует выполнять с помощью чертежных инструментов (линейки, циркуля, и.т.д.) карандашом с соблюдением ЕСКД.
4. Расчет следует проводить с точностью до двух значащих цифр.
5. Исправления проводить на обратной стороне листа. При мелких исправлениях неправильное слово (буква, число и т.п.) аккуратно зачеркивается и над ним пишут правильное пропущенное слово (букву, число и т.п.).
6. Вспомогательные расчеты можно выполнять на отдельных листах, а при необходимости на листах отчета.
7. Если студент не выполнит практическую работу или часть работы, то он выполнит ее во внеурочное время, согласованное с преподавателем.
8. Оценку по практической работе студент получает с учетом срока выполнения работы, если;

- расчеты выполнены правильно и в полном объеме;
- сделан анализ проделанной работы и вывод по результатам работы;
- студент может пояснить выполнение любого этапа работы;
- отчет выполнен в соответствии с требованиями к выполнению работы.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическое занятие №1. Изучение ГОСТ на производство и эксплуатацию вычислительной техники.

Цель работы: рассмотреть ГОСТЫ на производство и эксплуатацию вычислительной техники

Теоретическая часть

Гост 21552-84-Межгосударственный стандарт средства вычислительной техники «Общие технические требования, приемка, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение», дата введения 01.01.86.

СОДЕРЖАНИЕ:

1. Общие технические требования.
2. Приемка.
3. Методы испытаний.
4. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

Приложение 1. Общие требования к программе обеспечения надежности (ПОН) СВТ.

Приложение 2. Перечень технических потребительских параметров СВТ, подлежащих сертификационным испытаниям.

Настоящий стандарт распространяется на стационарные средства вычислительной техники (СВТ), применяемые в автоматизированных системах управления различного назначения всех уровней, в системах обработки данных, сетях ЭВМ, на вычислительных центрах автономно, а также встраиваемые в машины, оборудование и приборы, и предназначенные для сбора, подготовки, ввода, накопления, обработки, вывода, отображения, приема и передачи информации, и устанавливает требования к СВТ, изготовляемым для народного хозяйства и экспорта. Требования пп. 1.1, 1.2.2, 1.3.1, 1.3.2, 1.4.1, 1.4.2, 1.5.6, 1.5.7, 1.5.8, 1.5.9, 1.5.11, 1.6, 1.7, 1.8, 4.3, 4.5, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 настоящего стандарта являются обязательными, другие требования настоящего стандарта - рекомендуемыми. Требования пп. 1.5.11, 1.8.1, 1.8.7, 1.8.8 являются обязательными при проведении сертификационных испытаний.

Перечень технических потребительских параметров, из которых могут составляться наборы требований для конкретных СВТ, подлежащих сертификационным испытаниям, приведен в приложении 2. В ГОСТе приведены требования:

1.Общие технические требования.

1.2 Требования назначения.

1.3 Требования стойкости к внешним воздействиям.

1.4 Требования к надежности.

1.5 Требования к конструкции.

1.6 Требования к символам, кодам, единицам и форматам данных.

1.7 Требования к электропитанию, электрической прочности и сопротивлению изоляции.

1.8 Требования безопасности.

1.9 Требования к комплектности.

1.10 Основные параметры и технические требования, такие как:

-возможность агрегатирования с другими СВТ;

-система кодирования информации;

-потребляемая мощность;-габаритные размеры и (или) занимаемая площадь;

-удельная энергоемкость (при необходимости) должны быть установлены в стандартах и (или) ТУ на конкретные СВТ.

1.11 Дополнительные требования к СВТ, в том числе конкретные требования для экспорта, должны быть установлены в стандартах и (или) ТУ на конкретные СВТ, согласованные с заказчиком в установленном порядке.

2.Требования по приемке.

3.Методы испытаний.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

4.Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

Приложение 1 справочное - Общие требования к программе обеспечения надежности (ПОН) СВТ.

Перечень технических потребительских параметров* СВТ, подлежащих сертификационным испытаниям

*Параметры устанавливаются в стандартах и других технических документах, утвержденных в установленном порядке.

1. Безопасность.

1.1. Электробезопасность.

1.2. Механическая безопасность.

1.3. Пожаробезопасность.

2. Санитарно-гигиенические нормы и правила.

2.1. Шумы.

2.2. Электромагнитное излучение.

2.3. Качество изображения.

2.4. Психологические воздействия.

3.Электромагнитная совместимость(ЭМС).

3.1. Индустриальные радиопомехи.

3.2. Восприимчивость к индустриальным радиопомехам (помехозащищенность, иммунитет).

4. Защита информации.

5. Совместимость.

5.1. Интерфейс.

Информационные данные о ГОСТе.

РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Государственным комитетом СССР по стандартам.

РАЗРАБОТЧИКИ А. А. Волобуев, В. В. Васютович, В. В.Бальчевский, И. З. Толкачева, К. С. Ораевский, Б. В. Соколов, Н. В. Ощепкова, Л. И. Рожкова,З. И. Озембловская, С. Н. Глузд, И. П. Вахлаков, В. М. Сомкин, В. А. Шевяков, В. Ф. Иванов

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.06.84 № 2206.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3185-81 в части технических средств Единой системы электронных вычислительных машин и системы малых электронных вычислительных машин.

ВЗАМЕН ГОСТ 21552-765.

ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта	Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта
ГОСТ 2.601-95	1.9.4; 3.46	ГОСТ 15029-69	1.6.6
ГОСТ 9.014-78	4.5	ГОСТ 16330-85	1.6.7
ГОСТ 12.1.002-84	1.8.9; 3.43а	ГОСТ 16842-82	3.31
ГОСТ 12.1.004-91	1.8.5	ГОСТ 18242-72	2.3.1; 2.4.1
ГОСТ 12.2.049-80	1.5.7	ГОСТ 19768-93	1.6.2
ГОСТ 12.3.019-80	3.10	ГОСТ 20731-86	1.6.6
ГОСТ 15.001-88	2.1	ГОСТ 23511-79	1.5.11; 3.31
ГОСТ 19.101-77	1.9.4; 3.46	ГОСТ 24297-87	1.5.12
ГОСТ 19.501-78	3.46	ГОСТ 24812-81	3.12
ГОСТ 19.502-78	3.46	ГОСТ 24813-81	3.12
ГОСТ 19.503-79	3.46	ГОСТ 25122-82	1.5.3
ГОСТ 19.508-79	3.46	ГОСТ 25752-83	1.6.6
ГОСТ 26.010-80	1.2.3	ГОСТ 25764-83	1.6.6
ГОСТ 26.011-80	1.2.3	ГОСТ 25861-83	1.8.1; 3.10; 3.41; 4.3
ГОСТ 26.013-81	1.2.3	ГОСТ 26329-84	1.8.7; 3.42
ГОСТ 26.014-81	1.2.3	ГОСТ 26828-86	3.48; 4.2
ГОСТ 3044-84	1.2.3	ГОСТ 27243-87	3.42
ГОСТ 10860-83	1.6.5	ГОСТ 27463-87	1.6.2
ГОСТ 12969-67	4.1	ГОСТ 27464-87	1.6.2; 1.6.6
ГОСТ 12971-67	4.1	ГОСТ 27465-87	1.6.1; 3.32
ГОСТ 13109-97	1.7.1	ГОСТ 27466-87	1.6.2; 3.33
ГОСТ 14192-96	4.8	ГОСТ 27818-88	1.8.8; 3.43

ПЕРЕИЗДАНИЕ (октябрь 1999 г.) с Изменениями №1, 2, 3, утвержденными в июне 1987 г., ноябре 1988 г., декабре 1990 г. (ИУС 9-87, 2-89, 4-91).

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Используемые материалы.
4. Отчет о работе.
5. Выводы

Практическое занятие №2. Оформление комплекта конструкторской документации.

Цель работы: изучить общие положения ЕСКД. Изучить комплектность конструкторской документации.

Общие положения Единой системы конструкторской документации

К конструкторским документам относят графические (чертежи и схемы) и текстовые (спецификации, технические условия, пояснительные записки и т.п.) документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные и рабочие. К первым относятся техническое предложение, эскизный и технический проекты. Рабочая документация составляется на детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты и предназначены непосредственно для изготовления, ремонта, эксплуатации изделия.

Комплектность конструкторских документов

Комплектность конструкторских документов для каждой стадии разработки конструкторской документации устанавливают ГОСТ 2.102—68, 2.118—73 ...2.120—73, 2.601—68 и техническое задание на разрабатываемое изделие. Так, на стадии разработки рабочей документации обязательными являются документы:

- чертеж детали, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;
- сборочный чертеж (СБ), содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля;
- спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

К обязательным проектным документам относятся следующие:

1. ведомости технического предложения (ПТ), эскизного проекта (ЭП), технического проекта (ТП) — перечни соответствующих документов;
2. пояснительная записка (ПЗ);
3. чертеж общего вида. Определяет конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняет принцип работы изделия (включая форму деталей и характерные размеры, которые облегчают уяснение формы элементов деталей, например обозначение диаметра для деталей круглой формы); на нем указывают посадки — предельные отклонения сопрягаемых поверхностей; сопровождается техническими требованиями к изделию (например, по покрытию, пропитке обмоток, методам сварки); содержит технические характеристики (например, модуль зубчатого зацепления и числа зубьев колес), необходимые для разработки рабочих чертежей.

Чертеж должен содержать сведения о составных частях изделия в таблице, выполненной на том же листе или на отдельных листах формата А4, обозначаемых как последующие листы того же чертежа. Конструктор составляет таблицу по своему усмотрению; рекомендуется вести запись последовательно: изделия заимствованные, покупные, вновь разрабатываемые. Можно приводить соответствующие сведения на полках линий-выносок или оформлять их в виде спецификаций.

Чертеж общего вида является обязательным документом только на этапе «Технический проект» и необязателен на этапах «Техническое предложение» и «Эскизный проект».

По усмотрению заказчика при проектировании разрабатывают:

1. графические конструкторские документы и схемы (преимущественно на рабочей стадии и не обязательно на проектной):
    - габаритный чертеж (ГЧ) — контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами;
    - электромонтажный чертеж (МЭ) — документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделий;
    - монтажный чертеж (МЧ) — контурное (упрощенное) изображение изделия с данными для его установки (монтажа) на месте применения;
    - упаковочный чертеж (УЧ) — документ, содержащий данные, необходимые для выполнения упаковывания изделия;
    - схемы — документы, на которых показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними;
2. текстовые документы:
    - технические условия (ТУ) — требования к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке (ГОСТ 2.114—70);
    - патентный формуляр (ПФ) — сведения о патентной чистоте изделия и отечественных изобретениях, использованных при его разработке (ГОСТ 15.012-84);
    - карта технического уровня и качества изделия (КУ) — данные, определяющие уровень качества изделия, соответствие его технических и экономических показателей достижениям науки и техники и потребностям народного хозяйства (ГОСТ 2.116—84);
    - инструкция (И) — документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле, приемке и т.п.);

- ведомости: спецификаций (ВС), ссылочных документов (ВД), покупных изделий (ВП), согласования применения изделий (ВИ), держателей подлинников (ДП), технического предложения (ПТ), эскизного проекта (ЭП), технического проекта (ТП);
- таблицы (Т), расчеты (РР), документы прочие (Д ...), программа, методика испытаний (ПМ);
- документы эксплуатационные (ГОСТ 2.601—68) для изучения изделия и правил его эксплуатации (применение, техническое обслуживание, транспортирование, хранение): техническое описание (ТО), инструкция по эксплуатации (ИЭ), инструкция по техническому обслуживанию (ИО); инструкция по монтажу, пуску, регулированию изделия на месте его применения (ИМ), формуляр (ФО), паспорт (ПС), этикетка (ЭТ), ведомость эксплуатационных документов (ЭД). Служат для сообщения потребителю гарантированных предприятием-изготовителем технических параметров и для ведения им учета технического состояния и эксплуатации изделия.

Ведомости ЗИП (комплекта запасных изделий и приборов) составляют по мере необходимости.

Общие требования к текстовым документам, формы и правила их выполнения содержатся в ГОСТ 2.105—79 (СТ СЭВ 2667—80), 2.106—68.

ГОСТ 19.101—77 «ЕСПД. Виды программ и программных документов» (СТ СЭВ 1626—79), а также РМ 11 091.901—79 «Система автоматизированного проектирования изделий электронной техники. Программное обеспечение вычислительных машин. Требования к программным документам» устанавливают виды программных документов, их содержание и требования к оформлению. Основные из них:

- спецификация — состав программы и документация на нее. Выполняется на каждую программу (форма спецификации приведена на рис. 1, а). Спецификация должна состоять из разделов: документация; входящие программы. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Виды документов» и подчеркивают. В разделе «Документация» указывают программные документы на данную программу и входящие программы, кроме спецификации, в алфавитном порядке кодов предприятий-разработчиков и далее в порядке возрастания цифровой части обозначения. В разделе «Входящие программы» указывают данную программу и программы, непосредственно в нее входящие;
- текст программы — запись программы с необходимыми комментариями;
- описание программы — сведения о логической структуре и функционировании программы. Текст документа должен содержать разделы: вводная часть, функциональное назначение, описание логики программы;
- техническое задание, определяющее назначение и область применения программы, технические, технико-экономические и специальные требования, предъявляемые к программе, необходимые стадии и сроки разработки, виды испытаний;
- программа и методика испытаний — требования, подлежащие проверке при испытании программы, а также порядок и методы контроля выполнения этих требований;
- пояснительная записка — схема алгоритма, общее описание алгоритма и (или) функционирования программы, а также обоснование принятых технических и технико-экономических решений;
- ведомость эксплуатационных документов — перечень указанных документов на программу (форма ведомости приведена на рис. 1, б) — содержит разделы «Документация», «Перечень папок»;
- формуляр — основные характеристики программы, комплектность и сведения об эксплуатации программы. Содержит общие указания, общие сведения, основные характеристики, комплектность, периодический контроль основных характеристик при эксплуатации и хранении, свидетельство о приемке, свидетельство об упаковке и маркировке, сведения о рекламациях, хранении, об изменениях;

- руководство системного программиста—сведения для проверки, обеспечения функционирования и настройки программы на условия конкретного применения: общие сведения о программе, структура программы, настройка и проверка программы и др.;
- руководство программиста—сведения по эксплуатации программы: назначение и условия применения, характеристики, входные и выходные данные и др.;
- руководство оператора—сведения для обеспечения процедуры общения оператора с вычислительной системой в процессе выполнения программы: общие указания, требования к техническим средствам, описание функционирования и др.

Для рабочей документации обязательными из приведенных выше программных документов являются спецификация и текст программы. Необходимость остальных документов на соответствующих стадиях разработки проекта определяется при разработке и утверждении технического задания.

В состав конструкторской документации на программное изделие могут быть введены перечисленные программные документы, за исключением спецификации и технического задания.

Задание: Изучить основные требования следующих стандартов, определяющие построение системы, структуру конструкторских документов, их номенклатуру (комплектность), а также правила выполнения текстовых конструкторских документов:

1. ГОСТ 2.001-70 “ЕСКД. Общие положения”.
2. ГОСТ 2.101-68 “ЕСКД. Виды изделий».
3. ГОСТ 2.102-68 “ЕСКД . Виды и комплектность конструкторских документов”.
4. ГОСТ 2.103-68 “ЕСКД. Стадии разработки”.
5. ГОСТ 2.104-68 “ЕСКД. Основные надписи”.
6. ГОСТ 2.105-68 “ЕСКД. Общие требования к текстовым документам”.
7. ГОСТ 2.106-68 “ЕСКД. Текстовые документы».
8. ГОСТ 2.107-68 “ЕСКД. Спецификация”.
9. ГОСТ 2.108-68 “ЕСКД. Ведомость держателей подлинников».
10. ГОСТ 2.109-68 “ЕСКД. Техническое условие”.

Содержание отчета:

1. Титульный лист.
2. Цель выполнения работы.
3. Полный комплект конструкторской документации.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях необходима разработка конструкторской документации (КД) на стандартные изделия?
2. Какими должны быть обозначения и наименования стандартных изделий, на которые разработаны рабочие чертежи? Как их записывать в спецификацию изделия?
3. Почему в КД основного производства запрещаются ссылки на стандарты предприятия?
4. Какой документ является первым при комплектовании – спецификация общей сборки или ведомость спецификации?
5. Чем отличаются эскизные конструкторские документы от рабочих конструкторских документов?
6. Можно ли в комплекте эскизных конструкторских документов применять рабочие конструкторские документы?
7. Может ли чертеж общего вида использоваться в рабочей конструкторской документации?
8. Возможно ли составление в необходимых случаях сборочного чертежа на комплекты?
9. Каким документом определяют содержание и объем конструкторской документации на комплекс?
10. Допустимо ли составление монтажного чертежа в рабочей документации на комплекты?

11. В чем смысл спецификации на сборочную единицу и ведомости спецификации? Когда конкретно на изделии надо составлять спецификацию, когда ведомость спецификации, а когда и то и другое?
12. Какую литературу следует указывать на конструкторских документах на первом этапе разработки рабочей документации опытного образца (опытной партии)?
13. Допускается ли присвоение конструкторской документации литеры «А» минуя литеры «$О_1$»?
14. Можно ли располагать основную надпись вдоль длинной стороны формата А4?
15. Чем нужно руководствоваться при определении необходимых подписей на документе?
16. При подписании подлинника конструкторского документа может ли быть проставлена дата подписания оригинала?
17. В каких случаях необходимо разбивать чертеж на зоны?
18. Как нумеровать листы, если документ разбит на части?

Практическая работа №3. Обеспечение помехоустойчивости. Разработка цепей питания.

Цель работы: для заданного устройства рассчитать и выбрать конденсаторы, устанавливаемые на плату для подавления помех, поступающих по цепям питания.

Отчет оформляется на двойном тетрадном листе шариковой ручкой. Работа выполняется в следующей последовательности.

1. Перепишите для Вашего варианта состав устройства.
2. По справочнику определите типы используемых корпусов, их установочные размеры и номера контактов, используемых для подачи питания в каждой ИМС.
3. В масштабе Ml :1 покажите компоновку ИМС на плоскости, изображая ИМС прямоугольниками в соответствии с их *установочными* размерами. Шаг установки 20х3Омм. (Компоновку покажите преподавателю). Проставьте буквенно-цифровые позиционные обозначения (БЦПО) на ИМС. Выделите штриховкой ИМС повышенной степени интеграции.
4. Покажите на компоновке места установки конденсаторов по питанию, пользуясь их упрощенным изображением. Проставьте на компоновке БЦПО на конденсаторы.
5. Рассчитайте номиналы конденсаторов и выберите их из приложения И из ряда стандартных номиналов. Укажите назначение конденсаторов.
6. Начертите цепи питания для схемы ЭЗ данного устройства.
7. Напишите текст по питанию для схемы ЭЗ данного устройства.

Ответы на первый и второй вопросы оформите в виде таблицы (таблица 3).

Таблица 3

ИМС	Корпус	Установочный размер	Контакты питания
555СП1 (D1,D2)	201.16-2	7,5х17,5	1 6 вывод - +5В 8 вывод - Общий
555РЕ4 (D6, D9)	239.24 - 1	15х27,5	24 вывод - +5В 12 вывод - Общий
555ЛА9 (D3...D5, D7, D8)	201.14-2	7,5х15	14 вывод- +5В 7 вывод - Общий

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Ответы на третий и четвертый вопросы показаны на рисунке 4.

М 1:1

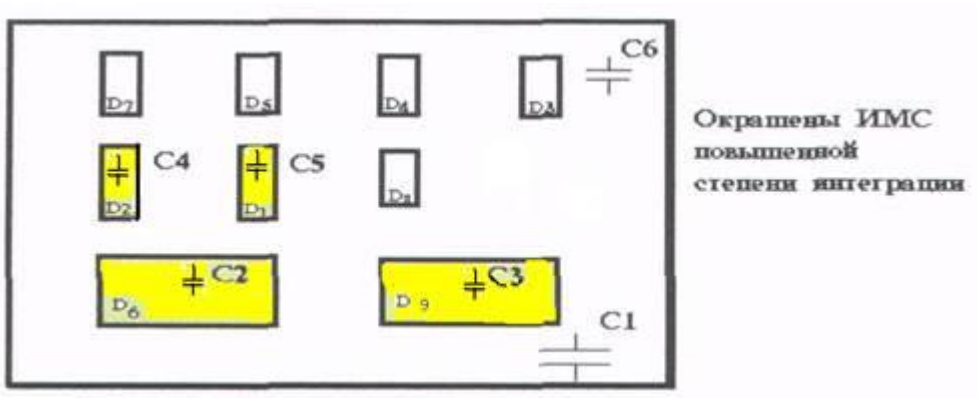


Рисунок 4 Компановка ИМС на плоскости

Отвечая на пятый вопрос, воспользуйтесь формулами, приведенными в конспекте по данному вопросу.

Ответ на шестой и седьмой вопросы, показан на рисунке 5.

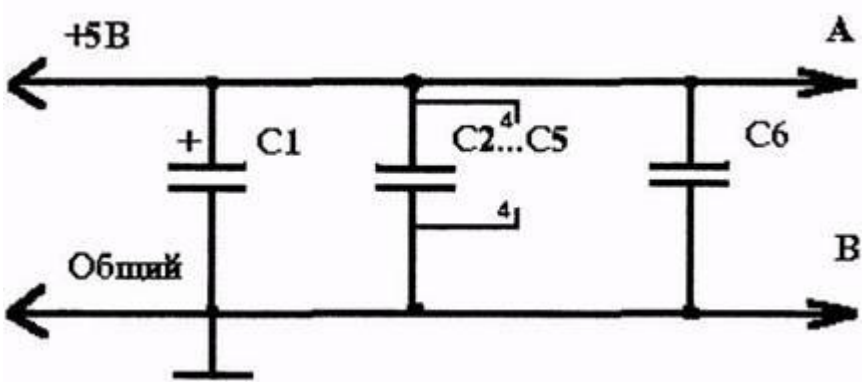


Рисунок 5 Цепь питания для схемы Э3

Контакты 24 микросхем D6, D9, контакты 16 микросхем D1, D2 и контакты 14 всех остальных микросхем подключить к цепи А (+5 В).

Контакты 12 микросхем D6, D9, контакты 8 микросхем Dl, D2 и контакты 7 всех остальных микросхем подключить к пени В (Общий).

Варианты заданий

Вариант 1. 2 корпуса 555ИР27 (D1.D2)
1 корпус 555ИЕ10 (D3)
10 корпусов 555ЛА2 (D4...D13)

Вариант 2. 15 корпусов 555ТМ2 (D1…D15)
3 корпуса 555ИЕ2 (D16...D18)

Вариант 3. 15 корпусов 555ЛА4 (D1...D15)
1 корпус 555ТМ2 (D16)
1 корпус 555ИЕ6 (D17)

Вариант 4. 7 корпусов 555ТМ2 (D1…D7)
2 корпуса 555ИП6 (D8,D9)
5 корпусов 555ЛЛ1 (D10...D14)

Вариант 16. 18 корпусов 555ИР9 (D1...DI8)
2 корпуса 555ЛАЗ (D19,D20)

Вариант 17. 6 корпусов 555ТМ2 (D1...D6)
6 корпусов 555ИЕ14 (D7...D12)
6 корпусов 555ЛА4(D13...D18)

Вариант 18. 4 корпуса 555ИР27(D1...D4)
4 корпуса 555ИПЗ (D5...D8)
4 корпуса 555ЛАЗ (D9...D12)

Вариант 19. 5 корпусов 555ЛА2 (D1...D5)
6 корпусов 555КП11 (D6...D11)
5 корпусов 555ИЕ19(D12...D16)

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Вариант 5. 2 корпуса 555ИР27 (D1,D2)
1 корпус 555ИЕ5 (D3)
8 корпусов 555ЛИ6 (D4...D11)

Вариант 6. 6 корпусов 555ЛА3 (D1...D6)
7 корпусов 555ТМ9 (D7...D13)
2 корпуса 555ИП3 (D14,D15)

Вариант 7. 6 корпусов 555ИР27 (D1...D6)
6 корпусов 555ЛР4 (D7...D12)

Вариант 8. 4 корпуса 555ИР9 (D1…D4)
4 корпуса 555ИП5 (D5...D8)
4 корпуса 555ИЕ13 (D9…D12)
4 корпуса 555ИП3 (D13...D16)

Вариант 9. 15 корпусов 555ЛА1 (D1…D15)
3 корпуса 555ЛП8 (D16...D18)
2 корпуса 555ИП3 (D19,D20)

Вариант 10. 17 корпусов 555КП17 (D1…D17)
1 корпус 555ИР27 (D18)
2 корпуса 555ЛЛ1 (D19,D20)

Вариант11. 10 корпусов 555ИЕ10 (D1…D10)
1 корпус 555ИП3 (D11)
2 корпуса 555ЛИ6 (D12,D13)

Вариант 12. 5 корпусов 555ИЕ2 (D1…D5)
5 корпусов 555ИР32(D6...D10)
5 корпусов 555ЛП5 (D11...D15)

Вариант 13. 13 корпусов 555ЛА4 (D1...D13)
3 корпуса 555ИЕ6 (D14...D16)
3 корпуса 555ИП3 (D17...D19)

Вариант 14. 16 корпусов 555ИЕ15 (D1...D16)
1 корпус 555ИР27 (D17)

Вариант 15. 6 корпусов 555ЛА2 (D1...D6)
4 корпуса 555ИР32 (D7...D10)
1 корпус 555ИП3 (D11)

Вариант 20. 10 корпусов 555ЛЛ1 (D1...D10)
3 корпуса 555ЛИ6 (D11...D13)

Вариант 21. 3 корпуса 555ТМ2 (D1... D3)
3 корпуса 555ИП6 (D4...D6)
4 корпуса 555ИП3 (D7...D10)

Вариант 22. 12 корпусов 555ИР26 (D1...D12)
3 корпуса 555ТМ9 (D13...D15)

Вариант23. 13 корпусов 555ЛА1 (D1...D13)
1 корпус 555КП11 (D14)
1 корпус 555ИР27(D15)

Вариант 24. 3 корпуса 555ИЕ7(D1...D3)
10 корпусов 555ИП6(D4...D13)

Вариант25. 3 корпуса 555ЛА2 (D1...D3)
3 корпуса 555ТМ2 (D4...D6)
3 корпуса 55ИЕ5 (D7...D9)
3 корпуса 555ИП3(D10…D12)

Вариант26. 12 корпусов 555ЛА2(D1…D12)
2 корпуса 555ИЕ7 (D13,D14)
2 корпуса 555ИЕ2 (D15,D16)

Вариант 27. 10 корпусов 555ТМ2 (D1...D 10)
4 корпуса 555ИР27(D11...D14)

Вариант 28. 10 корпусов 555ЛА2 (D1...D10)
3 корпуса 555ИЕ2 (D11...D13)
4 корпуса 555ИЕ10 (D14...D17)

Вариант 29. 9 корпусов 555ТМ9 (D1...D9)
9 корпусов 555ЛП8 (D10...D18)

Вариант 30. 15 корпусов 555КП17 (D1...D15)
2 корпуса 555ИП3 (D16,D17)
3 корпуса 555ИЕ2 (D18...D20)

Заключение

После выполнения практического задания обучающийся:

- закрепляет полученный при выполнении практического задания опыт расчета и выбора развязывающих конденсаторов по питанию, то есть опыт решения проблемы обеспечения помехоустойчивости разрабатываемых устройств;
- активно работает со справочной литературой.

Практическая работа №4. Расчет теплового режима перфорированного кожуха.

Цель работы: ознакомиться с методом расчета теплового режима перфорированного кожуха коэффициентным методом.

Краткие теоретические сведения

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Перенос тепловой энергии из одной части радиоэлектронного аппарата (РЭА) в другую его часть или в окружающую среду будем называть теплообменом РЭА, а его температурное состояние, т.е. пространственно-временное изменение температуры – тепловым режимом РЭА.

Процесс переноса тепловой энергии из одной его части пространства в другую осуществляется тремя различными способами: теплопроводностью, конвекцией и излучением. Обычно все три способа существуют одновременно и в своей совокупности определяют тепловой режим аппарата.

Перенос тепла в чистом виде происходит в жидкой или газообразной среде, где наблюдается перемещение объемов газов или жидкости относительно друг друга. Теплообмен излучением характеризуется тем, что часть энергии тела превращается в лучистую энергию и в этой форме переносится в пространстве.

Интерес к проблемам теплообмена объясняется следующим: значительная часть различных форм энергии в РЭА превращается в тепловую, что приводит к повышению температуры деталей в аппарате. Известно, что надежность деталей падает с повышением их температуры. Это может привести к искажению сигнала на выходе аппарата или даже к выходу РЭА из строя. Следовательно, нормальный тепловой режим РЭА является необходимым условием его работы.

Решение вопроса о целесообразности разработки приближенных методов расчета температурных полей РЭА ускоряет создание научных основ конструирования радиоэлектронной аппаратуры. Анализ влияния различных параметров на тепловой режим герметического аппарата позволяет построить приближенную методику расчета. Одним из таких способов является метод расчета теплового режима РЭА в перфорированном кожухе коэффициентным методом.

Методика расчета теплового режима РЭА в перфорированном кожухе

Коэффициентный метод расчета основан на некоторых закономерностях, полученных в результате множества опытов, показывающих взаимоотношения различных функций и переменных, определяющих тепловой режим РЭА. Все эти закономерности выражаются графиками, которые используются в зависимости от начальных данных и на разных этапах расчета. Начальные данные определяют геометрические размеры аппарата, вентиляционных отверстий и мощность рассеяния. Перегрев нагретой зоны относительно окружающей среды является функцией, зависящей от многих факторов:

$$\Delta t_з = f(\Delta t_p, K_t, K_K, K_l, K_\varepsilon, K_{R3}, K_{R1}, K_{R2}),$$

где Δt_p – базовый перегрев нагретой зоны;

K_t – коэффициент температуры окружающей среды t_c;

K_K – коэффициент, зависящий от степени заполненности аппарата;

K_l – коэффициент эквивалентного размера основания корпуса;

K_ε – коэффициент степени черноты;

K_{R3} – коэффициент отношения площади поверхности $S_з$ нагретой зоны к площади излучающей поверхности нагретой зоны $S_з$;

K_{R2} – коэффициент отношения высоты кожуха к эквивалентному размеру основания;

K_{R1} – коэффициент отношения средней площади отверстий к квадрату эквивалентного размера основания кожуха.

На основании этого методику расчета можно построить следующим образом:
1. Определяем среднюю площадь отверстий

$$S = \sqrt{\frac{3}{\frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_ш^2} + \frac{1}{S_2^2}}},$$

где S_1 – отверстия в верхней части кожуха;

$S_ш$ – отверстия в шасси;

S_2 – отверстия в нижней части кожуха.

2. Определяем высоту нагретой зоны

$$h_з = K_з h,$$

где $K_з$ – коэффициент заполнения аппарата;

h – высота кожуха.

3. Определяем реальную площадь нагретой зоны

$$S_з = 2(h_з L_2 + L_1 h_з + L_1 L_2),$$

где L_1 и L_2 – соответственно длина и ширина кожуха.

4. Определяем эквивалентный размер основания

$$l = \sqrt{L_1 L_2}$$

5. Определяем площадь излучаемой поверхности нагретой зоны

$$S_{зп} = 2l(l + 2k_з h)$$

6. Находим отношение высоты кожуха к эквивалентному размеру основания

$$R_1 = \frac{h}{l}$$

7. Находим отношение средней площади отверстий к квадрату эквивалентного размера основания

$$R_2 = \frac{S}{l^2}$$

8. Находим отношение R_3

$$R_3 = \frac{S}{S_{зп}}$$

9. Определяем удельный тепловой поток $P_{уд}$

$$P_{уд} = \frac{P}{S_з}$$

10. Для найденных значений $P_{уд}, l, R_3, R_1, R_2$ и для заданных $t_C, k_з, \varepsilon$ определим значения Δt_P и $K_t, K_K, K_l, K_\varepsilon, K_{R3}, K_{R1}, K_{R2}$ по графикам рис.4.1. соответственно.

11. Определяем перегрев нагретой зоны относительно окружающей среды

$$\Delta t_з = \Delta t_P K_t K_K K_l K_\varepsilon K_{R3} K_l K_{R1} K_{R2}$$

12. Определяем температуру нагретой зоны

$$t_З = t_C + \Delta t_З$$

13. Определяем температуру кожуха аппарата

$$t_K = t_C + 0{,}3\Delta t_З .$$

Задание к практической работе

Для выполнения расчета температур кожуха и нагретой зоны необходимо задать:

- температуру окружающей среды $t_C(^0C)$;
- степень черноты наружной поверхности кожуха ε_K ;
- размеры кожуха аппарата $L_1, L_2, h_0(M)$;
- мощность тепловых потерь P (Вт);
- коэффициент заполнения аппарата $K_З$;
- площади отверстий нагретой зоны, верхней и нижней частей кожуха $S_1; S_ш; S_2$.

Оформление отчета

1. Краткая теория по тепловым режимам РЭА.
2. Расчет.
3. Составить таблицу результатов расчета (4.1)
4. Выводы по результатам работы.

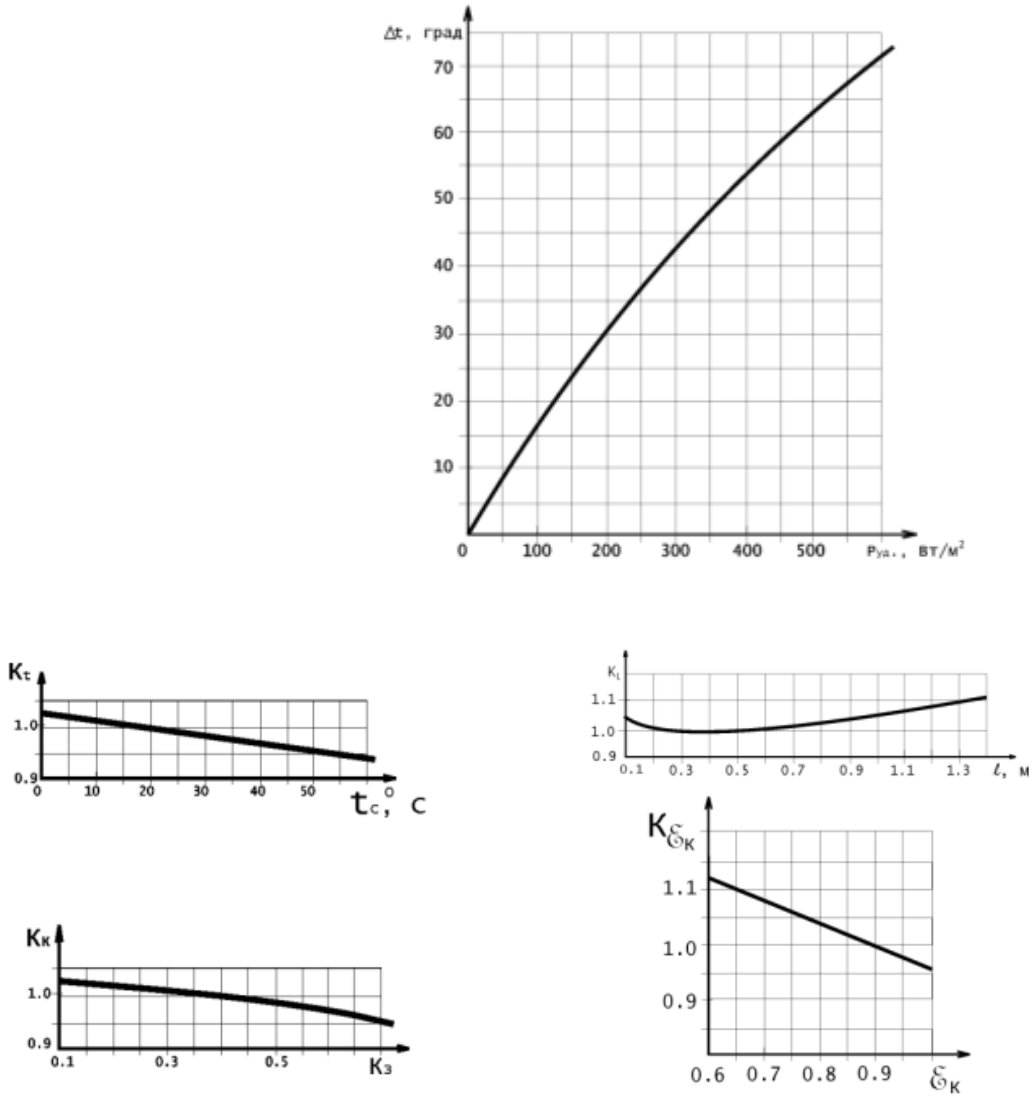
Примечание. В качестве примера оформления численных данных приведена таблица. В ней просчитан один из вариантов расчета теплового режима РЭА в перфорированном корпусе (кожухе) коэффициентным методом.

Таблица результатов

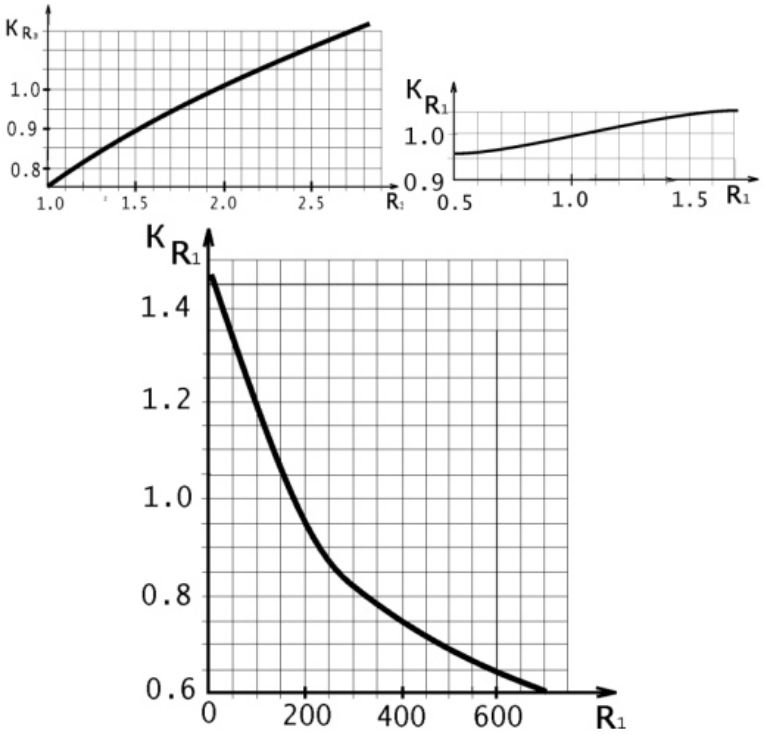
Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
L_1 (м)		S_2 ($м^2$)		R_1		$K_{\varepsilon K}$	
L_2 (м)		$S_Ш$ ($м^2$)		R_2		K_{R1}	
h (м)		ε_K		R_3		K_{R2}	
S_1 ($м^2$)		$K_З$		$\Delta t_P(^0C)$		K_{R3}	
P (Вт)		$P_{УД}$ (Вт)		K_t		$\Delta t_З$	
t_C (^0C)		l (м)		K_K		$t_З$	
				K_l		t_K	

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Рис. 4.1. Графики для расчета температуры нагретой зоны аппарата



Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



Практическая работа №5. Оценка технологичности конструкции блока электронного средства.

Цель работы*:* для оценки технологичности конструкции электронных и радиотехнических блоков электронных средств по приведённой методике осуществить расчёт комплексного показателя технологичности, выполнить анализ и сформировать соответствующий вывод об уровне технологичности блока.

Краткие теоретические сведения

Технологичность изделия - это совокупность конструктивно-технологических требований к электронным средствам, позволяющих обеспечить конструктивно простое и экономичное изготовление изделия в соответствии с техническими и эксплуатационными требованиями.

Внедрение на производство изделий электронных средств автоматических и автоматизированных, механизированных устройств, применение программных продуктов при осуществлении технологической подготовки производства электронных средств, разработке технологических процессов изготовления печатных плат, сборки блоков ЭС, контроля, настройки и регулировки изделий возможно при оценке и соответствующем уровне технологичности конструкции блока электронного средства.

Конструкция блока считается технологичной, если она соответствует требованиям, которые изложены в нормативных документах на изготавливаемое изделие ЭС, при выбранном типе производства и заданном объёме выпуска изделия применяются экономически целесообразные технологические процессы.

Целью оценки технологичности конструкции блока электронного средства является минимизация временных и финансовых ресурсов на технологическую подготовку производства, разработку технологических процессов изготовления деталей, сборки блоков и печатных узлов, контроля, настройки и регулировки блоков и узлов электронных средств при выпуске продукции на предприятии надлежащего качества.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Расчёт и анализ технологичности конструкции блока выполняется в соответствии с ГОСТ 14.201-83 «Обеспечение технологичности конструкции изделия. Общие требования» [2] и ОСТ 4.ГО.091.219.

На основе базовых показателей выполняется расчёт комплексного показателя технологичности по формуле:

$$K_{\text{т}} = \frac{i=1}{\sum_{n} \varphi_i}$$

где *Kj* - базовый показатель технологичности; φ - весовой коэффициент базового показателя технологичности; *n* - число базовых показателей технологичности (при оценке технологичности конструкции блока принимают $n = 7$).

Значение весового коэффициента определяется его порядковым номером, который устанавливается в результате ранжирования их последовательности, определяемой экспериментальным путём.

Весовой коэффициент рассчитывается по зависимости

$$\varphi = \frac{i}{2^{i-1}}$$

где *i* - порядковый помер базового показателя в полученной их последовательности.

Рассмотрим расчёт базовых показателей технологичности для электронного, радиотехнического, электромеханического и механического блоков.

Расчет базовых показателей технологичности электронного блока выполняется с использованием следующих формул:

1. Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок
2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа электрорадиоэлементов
3. Коэффициент механизации подготовки электрорадиоэлементов к монтажу
4. Коэффициент механизации контроля и настройки параметров электронного блока
5. Коэффициент повторяемости электрорадиоэлементов
6. Коэффициент применяемости электрорадиоэлементов
7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей электронного блока

Расчёт базовых показателей технологичности радиотехнического блока выполняется с использованием следующих зависимостей:

1. Коэффициент механизации подготовки электрорадиоэлементов к монтажу
2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа электрорадиоэлементов
3. Коэффициент сложности сборки радиотехнического блока

Е

4. Коэффициент механизации контроля и настройки параметров
5. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей
6. Коэффициент повторяемости электрорадиоэлементов
7. Коэффициент точности обработки деталей

Для расчёта базовых показателей технологичности электромеханического и механического блоков применяются следующие зависимости:

1. Коэффициент точности обработки деталей
2. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей
3. Коэффициент сложности обработки деталей
4. Коэффициент повторяемости деталей
5. Коэффициент сборности электромеханического и механического блоков

Расчёт базовых показателей технологичности соединительного, коммутационного и распределительного блоков выполняется по формулам:

1. Коэффициент повторяемости материалов
2. Коэффициент сложности сборки блока

3. Коэффициент точности обработки деталей
4. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей
5. Коэффициент использования материалов

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Согласно заданию для заданного варианта в прил. А к данной лабораторной работе рассмотреть и проанализировать принципиальную электрическую схему устройства ЭС.

2. В соответствии с вариантом задания изучить сборочный чертёж блока, сборочный состав: детали, сборочные единицы, способы их соединения и крепления.

3. В соответствии с существующей классификацией блоков ЭС установить вид блока: электронный, радиотехнический, электромеханический или коммутационный, соединительный, коммутационный или распределительный.

4. Составить перечень элементов к принципиальной электрической схеме, образец выполнения которого приведён в прил. Б.

5. Создать чертёж печатной платы в соответствии с принципиальной электрической схемой устройства.

6. Разработать сборочный чертёж печатного узла для принципиальной электрической схемы заданного варианта, образец выполнения которого представлен в прил. Г.

7. Разработать спецификацию на печатный узел, пример которой представлен в прил. Д.

8. Разработать сборочный чертёж блока электронного устройства в соответствии с вариантом задания прил. В.

9. Разработать спецификацию на блок электронного средства, образец которой приведён в прил. Е.

10. Из литературного источника базовые показатели технологичности и их весовые коэффициенты для соответствующего вида блока (электронный, радиотехнический, электромеханический и механический, соединительный, коммутационный или распределительный) и типа производства, где предполагается их изготовление, в соответствии с индивидуальным заданием на выполнение лабораторной работы внести, соответственно, в табл. 1.1 - 1.4.

После расчёта базовых показателей с использованием программы Tehnology.exe полученные значения внести в соответствии с типом блока в табл. 1.1 - 1.4.

В таблицах 1.1 - 1.4 представлены базовые показатели и их весовые коэффициенты для соединительного, коммутационного или распределительного блоков.

1.1. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности электронного блока

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок	АГисимс		1
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий	ОДиМ		1
Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	Кмп		0,75
Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров	?Кмкн		0,5
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	^•пов		0.31
Коэффициент применяемости ЭРЭ	А^пэрэ		0,187
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	К*		0,1 1

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1.2. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности радиотехнического блока

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	^мп		1
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий	** АиМ		1
Коэффициент сложности сборки	*К* сл. сб		0,75
Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров	^мкн		0,5
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	Кф		0,31
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	^{2X}пов		0,187
Коэффициент точности обработки			0,11

1.3. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности электромеханического и механического блоков

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент точности обработки деталей	$К_{т.об}$		1
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	Кф		1
Коэффициент сложности обработки	р' сл.об		0,75
Коэффициент повторяемости деталей	^пов. д		0,5
Коэффициент сборности изделия	*к**		0,31
Коэффициент сложности сборки блока	*IS* $^{/v}$cji.c6		0,187
Коэффициент использования материалов	Кис. м		0,11

1.4. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности соединительного, коммутационного и распределительного блоков

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент повторяемости материалов	^Чтов.м		1
Коэффициент сложности сборки блока			1
Коэффициент точности обработки деталей	*т. об		0,8
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей			0,5
Коэффициент использования материалов	•'MIC. .м		0,3

1.5. Исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности

Наименование показателя	Обозначение	Значение
Количество монтажных соединений, которые осуществляются автоматизированным или механизированным способом	НдиМ	
Общее количество монтажных соединений	$Н_м$	
Общее число ЭРЭ	^ЭРЭ	
Число ЭРЭ, подготовка которых осуществляется механизированным способом	Нмп	
Количество операций контроля и настройки, которые можно осуществлять механизированным способом	Нмкн	
Общее количество операций контроля и настройки	Нкн	
Общее число типоразмеров ЭРЭ в изделии	"ТЭРЭ	
Число деталей, полученных прогрессивными методами формообразования	Дир	
Общее число деталей в блоке	д	
Число интегральных микросхем	Нимс	
Число типоразмеров оригинальных ЭРЭ	“торэрэ	

11. Исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности занести в табл. 1.5.

В таблицу 1.5 студент вносит значения величин для расчёта базовых и комплексного показателей на основе анализа принципиальной электрической схемы в соответствии вариантом своего задания, составленного перечня элементов, спецификации на сборочный чертёж печатного узла и блока (электронного, радиотехнического, электромеханического и механического, соединительного, коммутационного или распределительного).

Степень применения средств автоматизации и механизации при производстве блоков электронных средств определяется студентом в результате изучения процессов технологической подготовки производства соответствующего блока на предприятии-изготовителе, наличия на предприятии технологического оборудования и оснастки.

12. Базовые и комплексный показатели технологичности рассчитываются с использованием программы Tehnology.exe на персональном компьютере (ПК).

Для применения программы Tehnology.exe следует:

1. Рассмотреть принцип построения программы и инструкцию по сё применению.

2. Из таблицы 1.6 использовать приведённые варианты заданий для расчёта базовых и комплексного показателей для различных видов блоков электронных средств. В соответствии с заданным вариантом студент на персональном компьютере выполняет расчёт показателей. На основе полученного значения комплексного показателя технологичности студент делает вывод о степени технологичности конструкции исследуемого блока электронного средства.

Коэффициенты *К,* приведённые в табл. 1.6, обозначают соответствующие виды блоков ЭС:

К = 1 - блок электронный;

К = 2 - блок радиотехнический;

К = 3 - блок электромеханический или механический;

К = 4 - блок соединительный, коммутационный или распределительный.

В таблице 1.6 приведены пояснения параметров, которые используются для расчёта базовых показателей технологичности:

Есл - число узлов, входящих в состав блока, которые требуют регулировки, как сложного оборудования;

Е - число узлов в блоке;

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

ДРд - число деталей в блоке, которые имеют размеры с допусками не меньше 10-го квалитета и более;

Дсс - число деталей, которые обрабатываются со снятием слоя металлической стружки;

Дт - число типоразмеров деталей;

Ет - число типоразмеров узлов;

М - масса блока за вычетом веса комплектующих деталей;

Мм - масса материалов, которые использованы на производство блока;

Нсм - число сортаментов материалов, применяемых в блоке;

Дторд — число типоразмеров оригинальных деталей в блоке.

1.6. Примеры вариантов заданий для расчёта базовых и комплексного показателей на персональном компьютере

Базовые показатели технологичности и данные для их расчёта	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Значение показателей и данных для видов блоков							
	К = 1		*К=2*		*к=з*		*К = 4*	
Нимс	1449	50	0	0	0	0	0	0
НдиМ	1200	40	36	24	0	0	0	0
Нэрэ	1861	100	12	15	0	0	0	0
$н_м$	1700	60	50	40	0	0	0	0
Нмп	1051	10	8	5	0	0	0	0
"МКН	26	2	2	1	0	0	0	0
$Н_{кн}$	62	6	5	3	0	0	0	0
"ТЭРЭ	60	10	10	12	0	0	0	0
"ТОРЭРЭ	К)	5	0	0	0	0	0	0
Дпр	25	8	12	15	3	18	6	8
д	40	30	18	21	60	20	50	18
Еси	0	0	5	8	21	3	4	5
Дт	0	0	0	0	30	12	0	0
Дрд	0	0	8	11	2	2	7	9
Дее	0	0	0	0	6	3	0	0
Е	0	0	0	0	12	6	0	0
$Е_т$	0	0	12	18	9	5	8	7
М	0	0	0	0	20	23	15	12
$М_м$	0	0	0	0	28	31	18	15
Нем	0	0	0	0	0	0	3	1
Дторд								

Содержание отчёта

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1. Принципиальная электрическая схема устройства, входящего в состав блока электронного средства (прил. А).
2. Перечень элементов к электрической схеме устройства (прил. Б).
3. Чертёж печатной платы в соответствии с электрической схемой устройства.
4. Сборочный чертёж функционального узла на печатной плате, блока ЭС (прил. Г).
5. Спецификация блока электронного средства (прил. Е).
6. Сборочный чертёж блока электронного средства (прил. В).
7. Таблица величин базовых показателей технологичности и весовых коэффициентов для оцениваемого блока электронного средства (табл. 1.1 - 1.4).
8. Таблица исходных данных для расчёта базовых и комплексного показателей технологичности конструкции блока ЭС (табл. 1.5).
9. Скриншот таблицы с рассчитанными базовыми и комплексным показателями технологичности с использованием программы Tchnology.exe на персональном компьютере.
10. Вывод о технологичности конструкции блока электронного средства на основе анализа соответствия полученного комплексного показателя технологичности конструкции блока ЭС нормативному диапазону для рассматриваемого блока и соответствующего типа производства, представленным в табл. 1.7.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях конструкция блока электронного средства считается технологичной?
2. По какой методике проводится оценка технологичности конструкции блоков электронных средств?
3. Назовите перечень базовых показателей технологичности для каждого вида блоков электронных средств.
4. В чём заключается расчёт комплексного показателя технологичности?
5. Что означает величина весового коэффициента базовых показателей технологичности блоков ЭС?
6. Назовите виды блоков электронных средств в соответствии с их классификацией.
7. Что позволяют установить нормативные диапазоны комплексного показателя технологичности видов блоков электронных средств?
8. Приведите сравнительную характеристику существующих типов производств.
9. Каков порядок работы с программой оценки технологичности конструкции блоков ЭС?
10. Как оценивается уровень технологичности конструкции блоков электронных средств?

Практическая работа №6. Составление таблицы соединений и подключений.

Цель: Сформировать навыки составления таблиц соединений и подключений по принципиальным электрическим схемам.

Краткие теоретические сведения

При табличном способе выполнения схем соединений предусматривается непрерывная прокладка проводов по каркасу щита. Для этого проводки вписывают в таблицу, как правило, по возрастанию номеров маркировки цепей в электрической принципиальной схеме. Учитывая расположение приборов и аппаратуры в щите с внутренней стороны, проводникам задают кратчайшее расстояние. При этом соблюдают правило, чтобы начало каждого последующего проводника было на том же аппарате, где окончился предыдущий проводник, электрические проводники из схем управления идут раньше проводников цепей измерения. Последними

указывают проводники заземления приборов, аппаратов и конструкций, на которых эти приборы и аппараты установлены.

В графе «Проводник» записана маркировка проводов согласно электрической схеме (или схеме внешних соединений). В графах «Откуда идет» и «Куда поступает» указаны адреса (направления) прокладки проводов. Адреса указаны в виде дроби, в числителе которой приведены позиционные обозначения приборов или аппаратов, а в знаменателе — номер зажима прибора, аппарата или набора зажимов, например: *LXT3/1* - первый зажим в третьей сборке коммутационных зажимов; *SA1/2* — второй контакт первого ключа и т. п. Когда в графе «Откуда идет» требуется записать общие цепи, т. е. несколько раз повторить один и тот же адрес, поступают так. Адрес записывают только один раз и больше его не повторяют. В графе «Данные провода» указывают марку провода, сечение, а при необходимости цвет и марку.

При правильном чтении таблиц, несмотря на отсутствие наглядной схемы можно отчетливо представить себе все имеющиеся в щите соединения. Таблицу соединений рассматривают совместно с чертежом компоновки приборов и аппаратуры. Поступают для этого следующим образом. Адреса приборов и аппаратов, указанных в таблице, отыскивают на чертеже компоновки и между ними мысленно прокладывают рассматриваемые линии связи. Этому способствует то, что на чертеже компоновки нанесены места прокладки основных потоков электрических проводок. Последовательно переходя от одной линии связи к другой, прочитывают всю таблицу.

Ход работы

1 Изобразить принципиальную электрическую схему согласно выданного варианта, соблюдая требования ГОСТ.

2 Произвести маркировку каждого участка электрической цепи принципиальной схемы.

3 **Составить таблицу соединений и подключений** по форме, указанной на рисунке 1.

Таблица 1 Таблица соединений и подключений

Проводник	Откуда идёт	Куда поступает	Данные провода	Примечание

4 По результатам работы сделать вывод.



Практическое занятие №7. Расчёт параметров волновых сопротивлений проводов и их согласование с СВТ.

Цель работы: Практически выполнить расчёт волнового сопротивления провода.

Основные теоретические положения

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Радиочастотные кабели

РД — радиочастотные симметричные кабели, двухжильные или из двух коаксиальных пар;

РС — радиочастотные кабели со спиральными проводниками коаксиальные и симметричные.

По конструктивному выполнению изоляции радиочастотные кабели подразделяют на три группы:

- кабели со сплошной изоляцией, у которых все пространство между внутренним и внешним проводниками (коаксиальные кабели) или между токопроводящими жилами и их экраном (симметричные кабели) заполнено сплошной изоляцией или обмоткой из изоляционных лент;
- кабели с воздушной изоляцией, у которых на внутреннем проводнике (коаксиальные кабели или симметричные кабели из двух коаксиальных пар) или на жилах (симметричные кабели) через определенный интервал имеются выполненные из изоляционного материала шайбы, колпачки или кордель, наложенный по винтовой спирали, образующие изоляционный каркас между внутренним и внешним проводниками или между жилами и их экраном;
- кабели с полувоздушной изоляцией, у которых трубка из изоляционного материала, выполненная сплошной или в виде обмотки из лент, расположена поверх или под изоляционным каркасом, помещенным между внутренним и внешним проводниками (коаксиальные кабели или симметричные кабели из двух коаксиальных пар) или на каждой из двух жил (симметричные кабели). К полувоздушной изоляции относится также пористо-пластмассовая, баллонная и изоляция в виде шлифованной трубки.

По номинальному волновому сопротивлению установлены следующие ряды кабелей:

- для типа РК- 50, 75, 100, 150 и 200 Ом;
- для типа РС- 50, 75, 100, 150, 200, 400, 800, 1600 и 3200 Ом;
- для типа РД — 75, 100, 150, 200 и 300 Ом.

Коаксиальные кабели в зависимости от номинального диаметра по изоляции разделяют на четыре группы:

- субминиатюрные — диаметром до 7 мм;
- миниатюрные — от 1,5 до 2,95 (3.0) мм;
- среднегабаритные — от 3,7 до 11,5 мм;
- крупногабаритные — более 11,5 мм.

Определение волнового сопротивления коаксиального кабеля по известным геометрическим размерам

Сначала необходимо измерить внутренний диаметр «D» экрана (рис. 1) сняв защитную оболочку с конца кабеля и завернув оплетку (внешний диаметр внутренней изоляции). Затем следует измерить диаметр «d» центральной жилы, сняв предварительно изоляцию. Подставив в формулу 6.4 значение диэлектрической проницаемости материала внутренней изоляции из приложения 9 и результат предыдущих измерений, находим волновое сопротивление кабеля.

Волновое сопротивление воздушной коаксиальной линии определяют по формуле:

Значение диэлектрической проницаемости материала внутренней изоляции:

Волновое сопротивление двухпроводной неэкранированной линии из проводов круглого сечения

Для выполнения междуэтажных или междурядных соединений в сложных синфазных антеннах применяются двухпроводные воздушные линии (рис. 2).

Интервал величины волнового сопротивления этих линий может быть достаточно широким. Оба провода воздушной симметричной линии должны располагаться строго симметрично относительно друг друга и земли, что является ее недостатком, так как практически трудно выдержать одинаковые расстояния между проводами на протяжении всей длины линии, а также между каждым проводом и землей.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Волновое сопротивление для линии из проводов круглого сечения зависит от отношения расстояния между двумя проводниками к их диаметру, и определяется по формуле:

Кроме того, волновое сопротивление кабеля можно определить по монограмме (рис. 3).

Для этого необходимо СОЕДИНИТЬ прямой линией ТОЧКИ НА ШКАЛЕ «D/d» (отношения внутреннего диаметра экрана и диаметра внутренней жилы) И НА ШКАЛЕ «Е» (величины диэлектрической проницаемости внутренней изоляции кабеля). ТОЧКА ПЕРЕСЕЧЕНИЯ проведенной прямой СО ШКАЛОЙ «R» номограммы соответствует искомой величине волнового сопротивления определяемого кабеля.

Неизвестное волновое сопротивление также может быть найдено и с помощью измерительного моста LC, для чего:

- прибор подключить к точкам А-Б измеряемого кабеля длиной 1мм;
- измерить емкость между центральной жилой и оплеткой (внешним проводником) кабеля;
- закоротив точки В-Г, измерить индуктивность;
- измеренные значения индуктивности (Гн) и емкости (Ф) подставить в формулу 6.11.

Наконец, волновое сопротивление кабеля Z (в Омах) можно подсчитать по результатам измерений емкости и коэффициента укорочения длины волны в кабеле.

Волновое сопротивление кабеля может быть определено и другими методами, если при его определении погрешность измерения составляет не более ±2%.

Методические указания по выполнению практической работы:

1. Изучить и законспектировать основные теоретические положения по теме, используя описание работы;
2. Используя теоретический материал и исходные данные своего варианта произвести расчёт волнового сопротивления провода.
3. Выполнить практическую часть работы. В практической части отработать следующие подразделы:
4. Рассмотреть: виды кабелей, формулы расчёта волнового сопротивления;
5. Выполнить: рассчитать волновое сопротивление;
6. Проанализировать: полученные результаты.
7. Ответить на контрольные вопросы.
8. Сделать выводы.
9. Подготовить отчёт по установленной форме.
10. Представить отчёт для защиты преподавателю.

Контрольные вопросы

1. На какие группы подразделяются кабели по конструктивному исполнению?
2. Какие установлены ряды кабелей по номинальному волновому сопротивлению?
3. Как влияет значение диэлектрической проницаемости внутренней изоляции на волновое сопротивление?

Практическое занятие №8. Разработка схемы сборки электронного модуля первого уровня

Цель работы: Составить схему сборки с базовой деталью для спецификации.

Основные понятия и определения

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Технологический процесс (ТП) – это часть производственного процесса, непосредственно связанная с изготовлением, обработкой, сборкой и контролем изделия. Основной частью технологического процесса является технологическая операция, которая представляет собой совокупность производственных переходов и приемов, выполняемых непрерывно на одном рабочем месте, например, фотоэкспонирование, пайка, сборка микросхем и радиоэлектронной аппаратуры и т.д.

Построение технологического процесса, структура и степень его детализации зависят от типа производства: единичное, серийное и массовое. Единичное производство характеризуется широтой номенклатуры и малым объемом выпуска изделий. На рабочих местах выполняются разнообразные технологические операции, используется универсальное оборудование. Требуется высокая квалификация рабочих. Уровень механизации низок. Поэтому аппаратура единичного производства имеет высокую стоимость. Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий со сравнительно большим объемом выпуска (от десятков сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий). Технологическая оснастка в основном универсальная. Квалификация рабочих высокая, поскольку наряду с настроенными станками требуются квалифицированные рабочие для освоения универсального оборудования. Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий. На каждом рабочем месте закрепляется выполнение одной операции. При этом используется специальное высокопроизводительное оборудование, связанное транспортирующими устройствами и конвейерами.

Широко применяются автоматические линии и автоматизированные производственные системы, управляемые от ЭВМ. Средняя квалификация рабочих в массовом производстве ниже, чем в единичном, поскольку каждый выполняет определенную операцию. Производство сборочных единиц и модулей РЭС основано на сборке и электрическом монтаже. Монтаж выполняют различными методами: пайкой, сваркой, склеиванием, накруткой, а также печатным, жгутовым, проводным монтажом на платах, плоскими кабелями.

Проектирование ТП сборки и монтажа РЭА начинается с тщательного изучения на всех производственных уровнях исходных данных, к которым относятся: краткое описание функционального назначения изделия, технические условия и требования, комплект конструкторской документации, программа и плановые сроки выпуска, руководящий технический, нормативный и справочный материал.

В разработку ТП сборки и монтажа входит следующий комплекс взаимосвязанных работ: выбор возможного типового или группового ТП и его доработка в соответствии с требованиями, приведенными в исходных данных; составление маршрута единичного ТП общей сборки и установление технологических требований к входящим в них сборочных единиц; составление маршрутов единичных ТП сборки блоков (сборочных единиц) и установление технологических требований к входящим в них сборочным единицам и деталям; определение необходимого технологического оборудования, оснастки, средств механизации и автоматизации; моделирование и оптимизация техпроцесса по производительности: разбивка ТП на элементы; расчет и назначение технологических режимов, техническое нормирование работ и определение квалификации рабочих; разработка ТП и выбор средств контроля, настройки и регулирования; выдача технического задания на проектирование и изготовление специальной технологической оснастки; расчет и проектирование поточной линии, участка серийной сборки или гибкой производственной системы, составление планировок и разработка операций перемещения изделий и отходов производства; выбор и назначение внутрицеховых подъемно-транспортных средств, организация комплектовочной площадки; оформление технологической документации на процесс в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД) и ее утверждение; выпуск опытной партии; корректировка документации по результатам испытаний опытной партии.

Для выполнения сборки и монтажа изделия РЭС необходимо разработать техпроцесс сборки изделия в соответствии с единой системой технологической документации (ЕСТД), технологическими и техническими требованиями к конструкции изделия, оформить

технологическую документацию, выбрать технологическое оборудование и оснастку или разработать техническое задание на его проектирование.

Разработка технологического маршрута сборки и монтажа РЭА начинается с расчленения изделия на сборочные элементы путем построения схем сборки. Элементами сборочно-монтажного производства являются детали и сборочные единицы различной степени сложности. Построение схем позволяет установить последовательность сборки, взаимную связь между элементами и наглядно представить Проект ТП. Сначала составляется схема сборочного состава всего изделия, а затем ее дополняют развернутыми схемами отдельных сборочных единиц. Расчленение изделия на элементы производится независимо от программы его выпуска и характера ТП сборки. Схема сборочного состава служит основой для разработки технологической схемы сборки, в которой формируется структура операций сборки, устанавливается их оптимальная последовательность, вносятся указания по особенностям выполнения операций.

На практике применяют два типа схем сборки: «веерный» и с базовой деталью (рисунки 1, 2). Сборочные элементы на схемах сборки представляют прямоугольниками, в которых указывают их название, номер по классификатору, позиционное обозначение и количество. Более трудоемкой, но наглядной и отражающей временную последовательность процесса сборки является схема с базовой деталью. За базовую принимается шасси, панель, плата или другая деталь, с которой начинается сборка. В схеме с базовой деталью при сборке выбирается базовая деталь, например, печатная плата, которая будет использоваться при сборке изделия. В схеме с базовой деталью отражены названия технологических операций сборки и монтажа и последовательность выполнения техпроцесса сборки изделия радиоэлектронных средств (РЭС).

Схема веерного типа изображает состав конструкции, этапы сборки, количество и наименование сборочных единиц и деталей. Однако в схеме веерного типа не указывается последовательность выполнения технологических операций при сборке и монтаже изделия и их наименование.

В схемах сборки на рисунках 1, 2 обозначены: S – наименование сборочной единицы, m – номер ведомости спецификации, n – количество деталей и сборочных единиц, D – название и обозначение детали.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

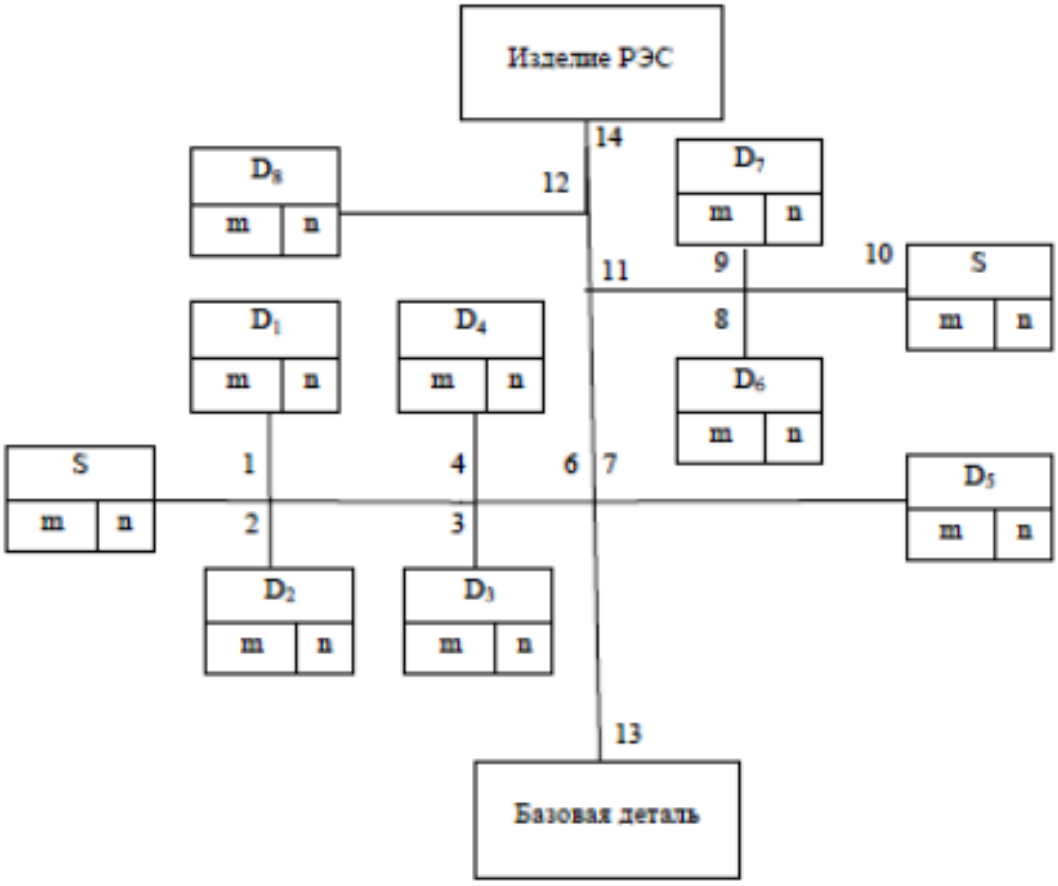


Рисунок 1 – Схема сборки с базовой деталью

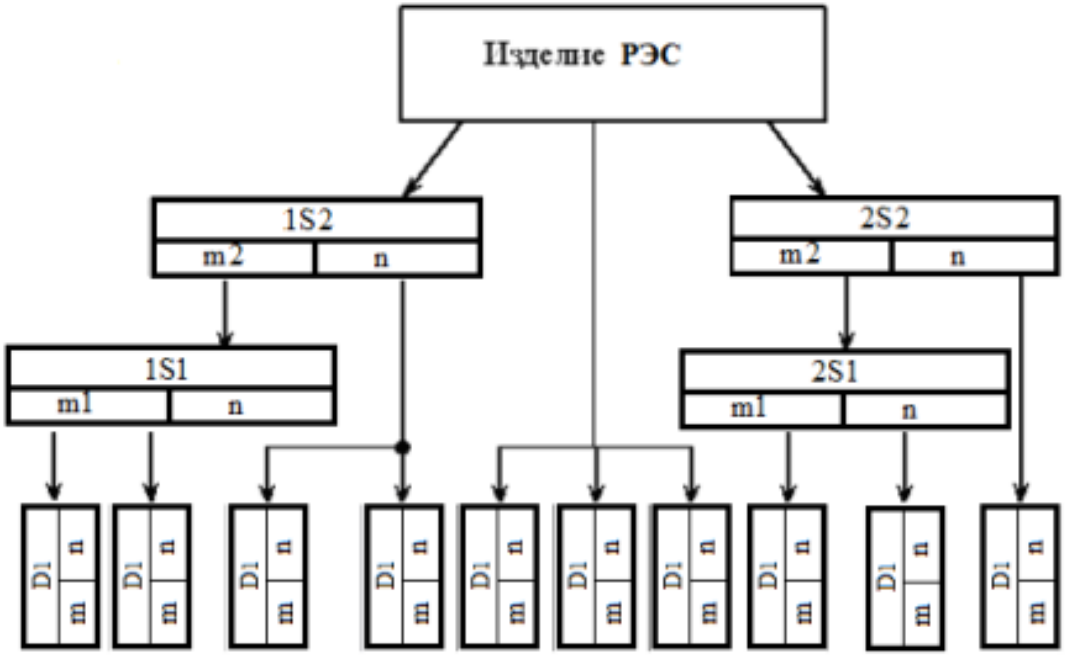


Рисунок 2 – Схема сборки веерного типа

Для построения схем сборки изделия делят на группы, подгруппы и детали. Деталь характеризуется отсутствием разъемных и неразъемных соединений. Сборочная единица – разъемное или неразъемное соединение двух или более деталей. Сборочная единица, входящая

непосредственно в изделие, а также детали, перечисленные в спецификации наряду со сборочной единицей, условно называется группой. Все остальные сборочные единицы и детали, собираемые до образования группы, называют подгруппами разного порядка. Подгруппа первого порядка входит непосредственно в состав группы. В ее состав могут входить подгруппы второго порядка и детали.

На схемах каждый элемент изделия условно обозначен прямоугольником, в котором указывают наименование элемента, его индекс и количество собираемых элементов. При необходимости, на схеме помещают дополнительные надписи, определяющие содержание операций (паять совместно, сверлить и развернуть, регулировать зазор и т.п.).

При разработке схемы сборки необходимо выбрать базовую деталь. Для модулей первого уровня это печатная плата. Детали и сборочные единицы изображаются в виде прямоугольников (см. рисунок 1), в которых указывается номер по спецификации, наименование и количество. От базовой детали к готовой сборочной единице проводится главная линия сборки, а от устанавливаемых деталей или сборочных единиц – линии до пересечения с ней. Расположение точек пересечения на главной линии говорит о выбранной последовательности сборки. Операции сборки и монтажа указываются текстом в прямоугольных рамках в том месте, где они осуществляются. Для упорядочения схемы сборки по одну сторону от главной линии изображаются устанавливаемые детали и сборочные единицы, по другую – крепежные детали и монтажные операции. Если текст занимает много места, то операции могут быть пронумерованы, а расшифровка их сделана вне схемы сборки. Разработанная схема сборки позволяет проанализировать ТП с учетом технико-экономических показателей и выбрать оптимальный ТП, как с технической, так и с организационной точек зрения.

Задание

Составить схему сборки с базовой деталью для спецификации, выданной преподавателем. Схему сборки представить в виде графического материала на формате А4. Обозначения изделия, деталей и сборочных единиц должны соответствовать спецификации.

Практическая работа №9. Расчёт технологической трудоёмкости операции установки и пайки ИМС и ЭРЭ на плату

Цель работы: Определить количество оборудования, необходимого для выполнения операции установки и пайки ИЭТ на печатную плату.

Основные понятия и определения

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте одним или несколькими рабочими над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми деталями.

Разработка технологической операции пайки интегральных микросхем (ИМС) и электрорадиоэлементов (ЭРЭ) является одним из основных этапов разработки технологического процесса сборки и монтажа электронного модуля 1-го уровня (ЭМ-1). Данный этап включает в себя:

1) определение структуры операции, последовательности выполнения переходов и работы инструментов;

2) выполнение операции с изображением состояния объекта, схемы базирования, установки детали, инструментов, перемещений;

3) расчёт режимов и условия сборки и монтажа, времени ТШТ с учётом технологических возможностей выбранного оборудования; расчёт времени фактической загрузки оборудования;

4) нормирование операции, выбор разряда рабочего, расчёт технологической себестоимости операции, технико-экономическое обоснование возможных вариантов операции;

5) расчёт точности операции, условий собираемости сопрягаемых деталей, действительных погрешностей, определение требований по точности сборочномонтажного приспособления;

6) обоснование выбора технологической оснастки или разработка технического задания на её проектирование.

Рассмотрим более подробно этапы разработки операции установки и пайки ИЭТ на конкретном примере. В качестве объекта для разработки технологической операции установки и пайки ИМС и ЭРЭ к контактным элементам платы рассмотрим электронный модуль 1-го уровня. Последовательность операций установки и пайки ИМС и ЭРЭ приведены в таблице 1.

Таблица 1– Операции установки и пайки микросхем и ЭРЭ

№ п/п	Тип ИМС и ЭРЭ	Наименование перехода (укрупненного)	шт.	Время, с.			
				t_0	$t_{всп}$	$t_{оп}$ $t_0+t_{всп}$	$t_{оп}$ с уч. кол-ва
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	Флюсование платы	1	6	-		
2	-	Установка платы в приспособление, размещенное на столе, крепление ее в приспособлении	1	-	9		
3		Установка ИМС и пайка ее выводов					
….							
№		Установка резисторов и пайка их выводов					
…							
№		Установка конденсаторов и пайка их выводов	4				
..							
№		Установка вилки и пайка выводов					
№	-	Демонтаж платы с установленными ИМС на первом слое и укладка ее в ячейку тары	1	-	8,0		
ИТОГО:							

Время, затрачиваемое на установку ИЭТ и пайку их выводов, составляет:

- для микросхем: t_0= 6 с, $t_{всп}$ = 4 с (на 1 точку пайки);
- для резисторов, диодов и конденсаторов: t_0= 12 с, $t_{всп}$ = 9 с;
- для транзисторов: t_0= 18 с, $t_{всп}$ = 12 с;
- для вилок t_0= 3 с, $t_{всп}$ = 3 с (на 1 точку пайки).

Штучное время на выполнение операции определяется выражением:

$ТШТ = t0 + твсп + торг + техн + тест.над$,

где t0 – основное время, затрачиваемое непосредственно на установку ИЭТ и пайку выводов;

tвсп – вспомогательное время, затрачиваемое на поиск ИЭТ, перемещения стола в заданных координатах, паяльников к выводам и обратно в исходноеположение;

tорг – время организационного обслуживания, затрачиваемое на снабжение рабочего места комплектующими, материалами, инструментом, удаление изготовленных узлов и т.п.;

tтехн – время технического обслуживания рабочего места, затрачиваемое на подготовку к работе (включение автомата, разогрев паяльников и д.р.);

тест.над – время на естественные надобности определяется по таблицам справочников для нормирования сборочно-монтажных работ и составляет 5% от операционного времени.

Операционное время определяется выражением

$ton = t0 + твсп$.

Сумма времени topr и ttехн называют временем на обслуживание рабочего места, оно составляет 4% от операционного времени.

Таким образом, штучное время составляет:

$ТШТ = ton + 0{,}04ton + 0{,}05ton$.

Штучно - калькуляционное время на выполнение операции установку ИЭТ и пайку их выводов определяется выражением:

$ТШТ.К = ТШТ + ТПЗ$,

где Тшт.к – штучно калькуляционное время;

Тпз – подготовительное время, затрачиваемое на переналадку оборудования, ознакомление с заданием, установка приспособлений, инструмента и пр. Оно зависит от сложности задания и наладки оборудования.

В рассматриваемом примере установка изделий электронной техники (ИЭТ) и пайка выводов на плате осуществляется ежедневно (программа 75 тыс. шт.), поэтому необходимость в подготовительно заключительном времени отпадает, следовательно,

$ТШТ.К = ТШТ$.

Необходимое количество оборудования (РММ – рабочее место монтажника) для выполнения операции составит:

$$Р = \frac{T_{ШТ.К} \cdot N}{60 \cdot Ф_{Р.ОБ.} \cdot k_{ТЕХ} \cdot n} \quad ,$$

где N – годовая программа (75 000 шт.);

ФР.ОБ. – годовой фонд работы оборудования (1980 час);

ктех – коэффициент, учитывающий простой оборудования (ктех = 0,95)

n – число смен работы (n = 2).

Задание

Определить количество оборудования, необходимое для выполнения операции установки и пайки ИЭТ на печатную плату, для спецификации, выданной преподавателем. Отчет представить на формате А4. Обозначения микросхем и ЭРЭ должны соответствовать спецификации.

Практическое занятие №10. Оценка технологичности изделия в соответствии с ОСТ-4 ГО 091219.

Цель работы:

1. Ознакомиться с методикой расчета технологичности ручным способом и с помощью ЭВМ.
2. Начертить принципиальную электрическую схему печатного узла в соответствии с заданием.
3. По заданной схеме представить сборочный чертеж печатного узла.
4. Составить перечень элементов и спецификацию.
5. Выбрать базовые показатели технологичности.
6. Разработать таблицу исходных данных для расчета технологичности.
7. Рассчитать базовые и комплексный показатели технологичности вручную и на персональном компьютере при помощи программы "teh.exe".
8. По полученному комплексному коэффициенту сделать вывод о технологичности и целесообразности изготовления печатного узла.

Методические указания

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Технологичной называют такую конструкцию, которая полностью отвечает предъявляемым к изделию требованиям, может быть изготовлена с применением наиболее экономичных, при принятом типе производства и объеме выпуска изделия, технологических процессов.

Отработка конструкции изделия на технологичность направлена на снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, технологическое обслуживание и ремонт изделий при обеспечении необходимого качества.

Оценка технологичности проводится на основе базовых показателей технологичности в соответствии с ОСТ 4.ГО.091.219 и комплексного показателя технологичности, рассчитанного по средневзвешенной величине базовых показателей технологичности с учетом коэффициента, характеризующего весовую значимость показателей технологичности, т.е. степень их влияния на трудоемкость изготовления изделия.

Значения относительных показателей принимают согласно ОСТ 14.202–73 в пределах $0 \le K_i \le 1$, при этом рост значения соответствует более высокой технологичности изделия.

Величина коэффициента, характеризующего весовую значимость показателей, зависит от порядкового номера показателя технологичности, ранжированная последовательность которого установлена экспериментально и рассчитана по формуле:

$$\varphi = \frac{i}{2i-1} \quad (2.1)$$

где i – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности.

Прежде чем приступить к выбору базовых показателей технологичности необходимо для своего варианта составить в соответствии с ЕСКД перечень элементов, спецификацию и отнести печатный узел к одному из типов (электронные, радиотехнические, электромеханические, коммутационные) блоков.

Затем выбрать 7 наиболее значимых базовых показателей, свести их в табл. 2.1 с указанием коэффициента значимости каждого и рассчитать.

В качестве примера приведем базовые показатели технологичности радиотехнического узла:

1. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки электрорадиоэлементов ЭРЭ к монтажу

$$K_{мпэрэ} = \frac{H_{мпэрэ}}{H_{эрэ}} \quad (2.2)$$

где $H_{мпэрэ}$ – число ЭРЭ, подготовка которых к монтажу осуществляется механизированным или автоматизированным способом;

$H_{эрэ}$ – общее количество элементов.

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия

$$K_{ам} = \frac{H_{ам}}{H_{м}} \quad (2.3)$$

где $H_{ам}$ – количество монтажных соединений, осуществляемых автоматизированным или механизированным способом;

$H_{м}$ – общее количество монтажных соединений.

3. Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров

$$K_{мкн} = \frac{H_{мкн}}{H_{кн}} \quad (2.4)$$

где $H_{мкн}$ – количество операций контроля и настройки, которые можно осуществить механизированным или автоматизированным способом;

$H_{кн}$ – общее количество операций контроля и настройки.

4. Коэффициент сложности сборки

$$K_{ссб} = 1 - \frac{E_{тсп}}{E_{т}} \quad (2.5)$$

где $E_{тсп}$ – количество типоразмеров узлов, входящих в изделие, требующих регулировки в составе изделия;

$E_{т}$ – общее количество типоразмеров узлов в изделии.

5. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{ф} = \frac{Д_{пр}}{Д} \quad (2.6)$$

где $Д_{пр}$ – количество деталей, получаемых прогрессивными методами формообразования;

Д – общее количество деталей в блоке.

6. Коэффициент повторяемости ЭРЭ

$$K_{пов.\,эрэ} = 1 - \frac{H_{т\,эрэ}}{H_{эрэ}} \quad (2.7)$$

где $H_{т\,эрэ}$ - общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии;

$H_{эрэ}$ - общее количество ЭРЭ в изделии.

7. Коэффициент точности обработки

$$K_{тч} = 1 - \frac{Д_{тч}}{Д} \quad (2.8)$$

где $Д_{тч}$ – количество деталей, имеющих размеры с допусками по 10 квалитету и выше;

Д – общее количество деталей в блоке.

Занести значения показателей в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности радиотехнического узла

№	Наименование показателя	Обозначение	Расчетные значения	Весовой коэффициент, φ_i
1	Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	*К*мп эрэ		1,0
2	Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия	*К*ам		1,0
3	Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров	*К*мкн		0,5
4	Коэффициент сложности сборки	*К*с сб		0,75
5	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_ф$		0,31
6	Коэффициент повторяемости ЭРЭ	*К*пов.эрэ		0,19
7	Коэффициент точности обработки	*К*тч		0,11

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Основным показателем, используемым для оценки технологичности конструкции печатного узла, является комплексный показатель технологичности *K*, определяемый с помощью базовых показателей по формуле:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n} \kappa_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^{n} \varphi_i} \quad (2.9)$$

где n − количество базовых показателей технологичности;

k_i −базовый показатель технологичности;

φ_i −коэффициент, характеризующий весовую значимость базового показателя технологичности.

Исходные данные для расчета комплексного показателя технологичности заносятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Исходные данные для расчета комплексного показателя технологичности

№	Наименование показателя	Обозначение
1	Количество монтажных соединений, которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом	Нам
2	Общее количество монтажных соединений	$Н_м$
3	Общее количество ЭРЭ	Нэрэ
4	Количество ЭРЭ, подготовка которых осуществляется механизированным или автоматизированным способом	Нмп эрэ
5	Количество операций контроля и на стройки, которые можно осуществлять механизированным или автоматизированным способом	Нмкн
6	Общее количество операций контроля и настройки	Нкн
7	Общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии	Нт эрэ
8	Число деталей, полученных прогрес сивными методами формообразования	Дпр
9	Общее число деталей в блоке	Д
10	Количество деталей, имеющих размеры с допусками по 10 квалитету и выше	Дтч

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

11	Количество типоразмеров узлов, вхо дящих в изделие, требующих регули ровки в составе изделия	Етсп
12	Общее количество типоразмеров узлов в изделии	Ет

Значения исходных данных табл. 2.2 студент определяет с помощью принципиальной электрической схемы заданного варианта, перечня элементов и задаются необходимым уровнем механизации и автоматизации при производстве.

Первый вариант расчета произвести вручную, второй вариант на персональном компьютере. Для этого необходимо:

1. Внимательно изучить описание работы с программой (данное руководство).
2. При необходимости изучить основы работы в операционной системе Microsoft Windows 95/98.
3. Получить вариант задания в соответствии с табл. 2.3 и произвести расчет технологичности блока РЭА на любой IBM-совместимой машине, работающей в операционной системе MS Windows 95/98.
4. С учетом рекомендаций программы сделать вывод о целесообразности изготовления блока РЭА с полученным коэффициентом технологичности.

Таблица 2.3

Варианты заданий

№ п\п	Частные показатели технологичности	Значение показателей для типов блоков							
		$K = 1$		$K = 2$		$K = 3$		$K = 4$	
1	Нмс	1449	50	0	0	0	0	0	0
2	Нам	1200	40	36	24	0	0	0	0
3	Нэрэ	1861	100	12	15	0	0	0	0
4	$Н_м$	1700	60	50	40	0	0	0	0
5	Нмпэрэ	1051	10	8	5	0	0	0	0
6	Нмкн	26	2	2	1	0	0	0	0

7	Нкн	62	6	5	3	0	0	0	0
8	Нт эрэ	60	10	10	12	0	0	0	0
9	Нтор эрэ	10	5	0	0	0	0	0	0
10	Дпр	25	8	12	15	3	10	6	8
11	Е	40	30	18	21	60	20	50	70
12	Есл	0	0	5	8	21	3	4	6
13	$Н_т$	0	0	12	18	30	12	20	30
14	Дтч	0	0	8	11	2	6	7	9
15	$Д_м$	0	0	0	0	6	3	0	0
16	Д	0	0	0	0	9	5	0	0
17	Н	0	0	0	0	12	6	0	0
18	М	0	0	0	0	20	23	15	12
19	$М_м$	0	0	0	0	28	31	18	15
20	Нмм	0	0	0	0	0	0	6	3
21	Етор	0	0	0	0	0	0	3	1

- табл. 2.3 коэффициенты K соответствуют типам блоков РЭС следующим образом: $K = 1$ – электронный блок; $K = 2$ – радиотехнический блок; $K = 3$ – электромеханический или механический блок; $K = 4$ – соединительный, коммутационный или распределительный блок.
- табл. 2.4 приведены нормативные значения комплексного коэффициента технологичности РЭС, по которым студент может оценить свой блок РЭС.

Таблица 2.4

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Нормативы комплексных показателей технологичности конструкций блоков РЭА

Наименование класса блоков	Значения $K_н$ для стадий разработки рабочей документации		
	Опытный образец (партия)	Установочная серия	Установившееся серийное производство
Электронные	0,30…0,60	0,40…0,70	0,50…0,75
Электромеханические	0,20…0,50	0,40…0,60	0,45…0,65
Механические	0,10…0,30	0,25…0,35	0,30…0,40
Радиотехнические	0,20…0,50	0,25…0,35	0,30…0,60
Соединительные, коммутационные, распределительные	0,20…0,60	0,25…0,65	0,30…0,70

Работа с программой

При запуске программы на экране компьютера появляется главное окно программы (рис. 1), озаглавленное «Оценка технологичности РЭА в процессе производства».

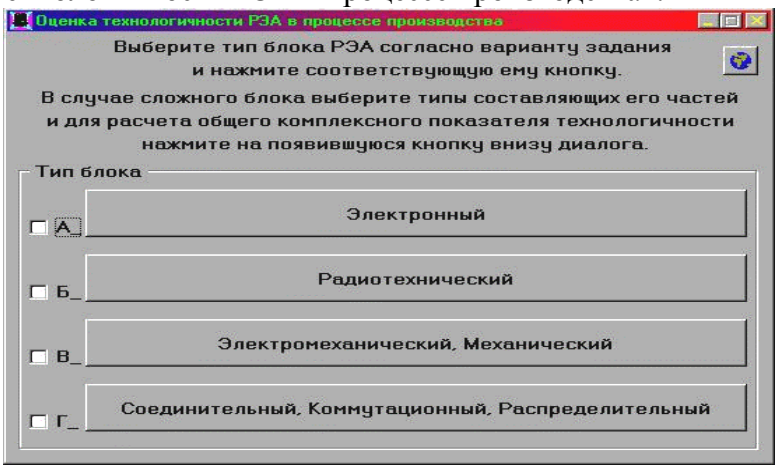


Рис. 1. Начальный вид главного окна программы

На этом окне расположены четыре кнопки и четыре элемента-переключателя, находящиеся слева от соответствующих им кнопок. В случае, если исходный блок простой, т.е. может быть непосредственно отнесен к одному из четырех вышеуказанных типов, необходимо нажать на кнопку с названием заданного типа блока. На экране появится окно, в котором можно будет ввести значения частных показателей технологичности, соответствующих данному типу блока. Значения частных показателей выбираются из таблицы согласно варианту задания, полученному у преподавателя. На рис. 2 изображен внешний вид диалога, появляющегося при нажатии кнопки с надписью "Электронный". Практически аналогичные диалоги выводятся на экран и при нажатии остальных трех кнопок: они различаются только составом частных показателей технологичности.

Список частных показателей технологичности организован в виде таблицы, состоящей из строк по количеству показателей для данного типа блока. В левой части каждой строки приведено полное название показателя, далее следует условное обозначение этого показателя и, наконец, справа находится элемент-редактор , в который и записывается собственно значение показателя

технологичности. В момент открытия диалога во всех редакторах уже находятся числа – так называемые "значения по умолчанию". При несовпадении какого-либо из чисел с данными задания это число заменяется на правильное.

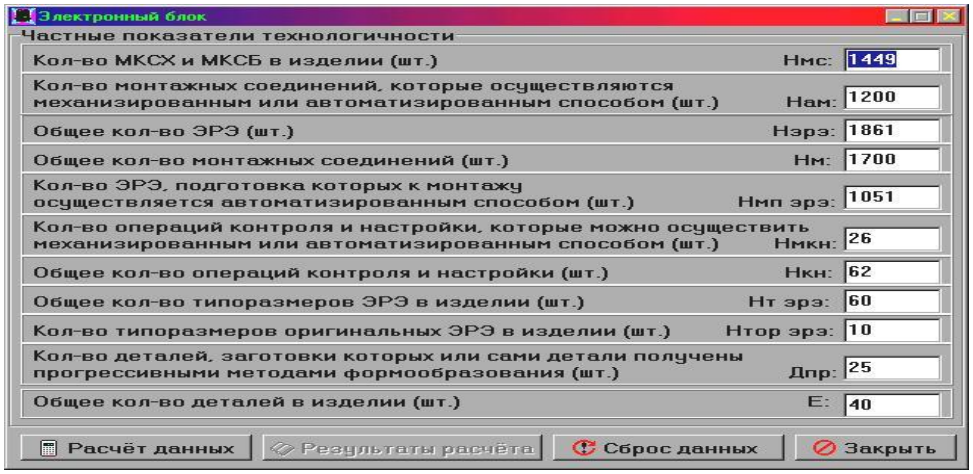


Рис. 2 Диалог ввода частных показателей технологичности

Внизу диалога находятся четыре кнопки (не все из них могут быть одновременно активны). При нажатии на кнопку "Расчет данных" программа попытается вычислить базовые показатели технологичности для данного типа блока, используя текущие значения в редакторах. Если в каком-нибудь из них находится недопустимое значение (например, вместо числа введена строка), то программа выдаст сообщение о том, какой из показателей задан неправильно (см. рис. 3).

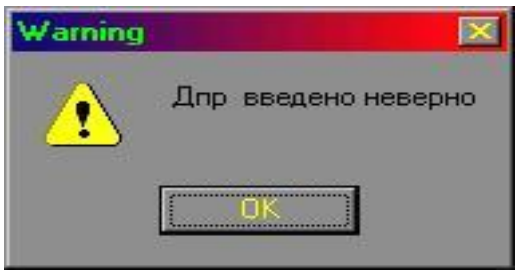


Рис. 2.3. Предупреждение о неправильно введенных данных

В противном случае программа произведет расчеты и выдаст на экран окно диалога, внешний вид которого показан на рис. 4

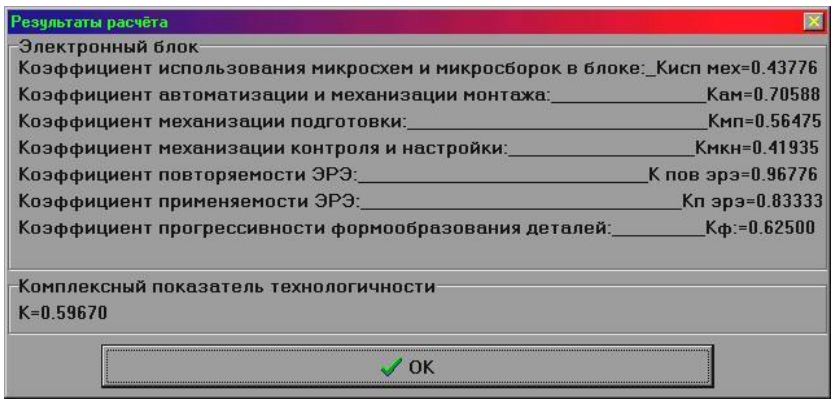


Рис. 4. Результаты расчета комплексного показателя технологичности

В этом диалоге находятся результаты расчета: базовые показатели технологичности и комплексный показатель технологичности, вычисленный на их основе.

При нажатии кнопки "ОК" окно закроется , но позднее к нему можно будет получить доступ из предыдущего диалога (изображенного на рис. 2) путем нажатия кнопки "Результаты расчета" (эта кнопка может быть недоступна, как это показано на рис. 2, в том случае, если еще ни разу не был произведен расчет базовых и комплексного показателей). Полученные значения сохраняются в памяти до тех пор, пока не будет произведен новый расчет с другими исходными данными, отличными от тех, которые привели к вышеуказанным результатам.

Если в результате расчета комплексный показатель технологичности окажется большим 0.5, то диалог с результатами будет выглядеть именно так, как показано на рис. 4. В противном случае, он будет иметь вид, представленный на рис. 5.

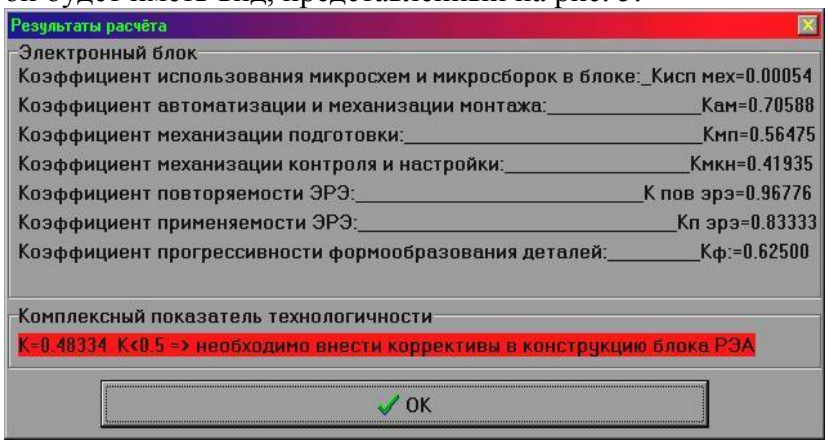


Рис. 5. Диалог с рекомендацией внести изменения в конструкцию блока РЭС

Кнопка "Сброс данных" приводит к очистке содержимого всех редакторов со значениями частных показателей технологичности. При нажатии на кнопку "Закрыть" текущий диалог закрывается и происходит возврат к главному окну программы.

В случае, когда задан сложный блок, включающий в себя блоки двух и более типов (например, электронные и радиотехнические), то чтобы посчитать общий показатель технологичности сложного блока, необходимо выполнить следующие действия. Во-первых, нужно посчитать комплексные показатели технологичности для всех типов блоков, входящих в состав сложного блока, описанным выше способом. Далее следует отметить эти типы блоков с помощью переключателей, расположенных слева от соответствующих кнопок с названиями типов блоков (это можно сделать, щелкнув на переключателе левой кнопкой мышки; появившаяся в квадрате галочка будет свидетельствовать о том, что данный тип блока включен в состав сложного блока РЭА). Если в двух или более переключателях будут находиться галочки, то главное окно программы определенным образом изменится, а именно: увеличится высота окна и снизу появится недоступная до этого пятая кнопка (см. рис. 6).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

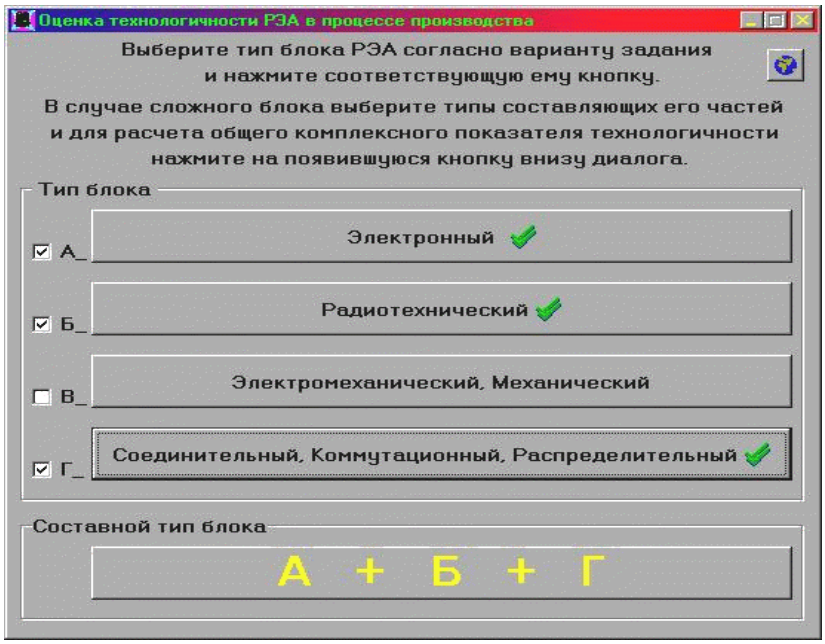


Рис. 6. Вид главного окна программы при расчете общего комплексного показателя технологичности сложного блока РЭС

На этой кнопке написаны буквы, условно обозначающие типы составных блоков:

А – в сложный блок РЭС входят электронные блоки;

Б – в сложный блок РЭС входят радиотехнические блоки;

В – в сложный блок РЭС входят электромеханические и/или механические блоки;

Г – в сложный блок РЭС входят соединительные, коммутационные и/или распределительные блоки.

Данная кнопка может быть недоступна в случае, если не был предварительно рассчитан хотя бы один из помеченных галочкой типов блоков. Если же она активна, то при нажатии на нее на экране появится диалог с результатами расчета общего комплексного показателя технологичности (см. рис. 7).

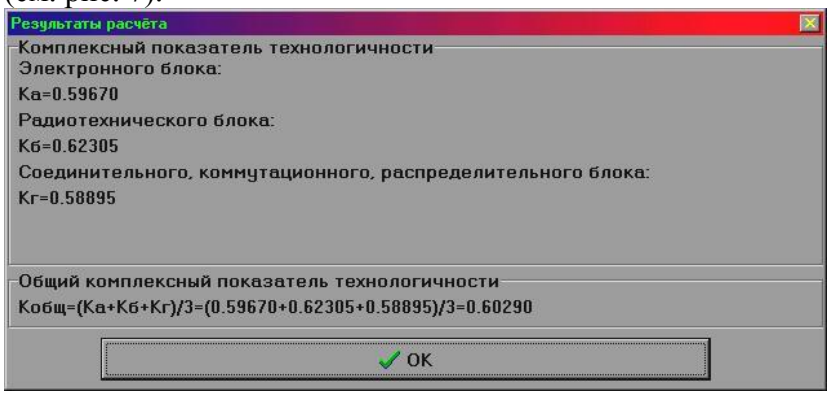


Рис. 7. Диалог с результатами расчета общего комплексного показателя технологичности сложного блока РЭС

Как видно из рисунка, в этом диалоге представлены комплексные показатели технологичности каждого из составляющих типов блоков и общий комплексный показатель, вычисляемый как их арифметическая сумма.

Необходимо проверить, насколько комплексный показатель технологичности удовлетворяет установленным нормативам и сделать вывод о технологичности проектируемого радиотехнического блока.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическое занятие №11. Расчет габаритных размеров печатной платы

Цель работы: расчет и выбор габаритных размеров конструкции модуля первого уровня (печатной платы).

Краткие теоретические сведения

В основе конструктивного построения современных электронных изделий (ЭИ) лежит модульный принцип конструирования. Основным модулем ЭИ является печатный узел (ПУ), который определяет основную функциональную нагрузку ЭИ. Процесс проектирования ПУ является наиболее трудоемким этапом жизненного цикла ЭИ и включает следующие этапы: схемотехническое проектирование, конструирование с учетом дестабилизирующих факторов и технологическую подготовку производства. В соответствии с ГОСТ 20406-75 под ПУ понимается печатная плата с подсоединенными к ней электрическими и механическими элементами и (или) другими печатными платами и с выполненными всеми процессами обработки, в соответствии с ГОСТ 20406-75 (рисунок 1). Составляющими печатных узлов являются печатные платы (ПП) (рисунок 2). Печатная плата – это пластина с проводящим рисунком, но зачастую в интернете и на практике под термином ПП понимают пластину с проводящим рисунком и установленными на ней электронными компонентами (микросхемами, разъемами и т.д.)

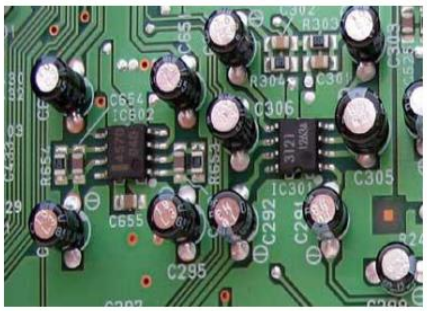


Рисунок 1 – Печатный узел

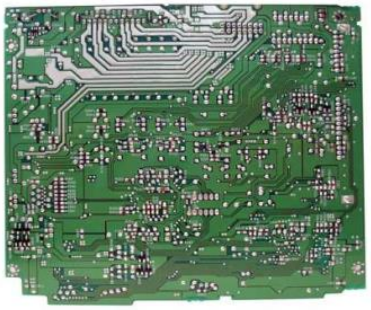


Рисунок 2 – Печатная плата

Печатная плата является несущей конструкцией модуля 1-го уровня (ячейки, ТЭЗ). В общем случае число типоразмеров ПП в одном изделии необходимо ограничивать. Данное требование связано со значительным снижением затрат на производство ПП. В большинстве случаев при использовании при проектировании модульного принципа конструирования размеры и форма ПП определяются системой унифицированных типовых конструкций модулей. Применение унифицированных базовых несущих конструкций (УБНК) обеспечивает совместимость модулей по конструктивным, электрическим и эксплуатационным требованиям, сокращает сроки и стоимость проектирования и производства изделий.

Размеры ПП ячеек, устанавливаемых в аппаратуру с применением УБНК, приведены в ОСТ 4ГО.410.223 (170 ×75; 170×110; 170×150; 170×200) и в международных стандартах МЭК 297 (IEC 297-3) на 19-дюймовые конструкции и метрический МЭК 917 ((IEC 917-2-2). При выборе и расчете типоразмера печатной платы необходимо обратить внимание на:

- характеристики электронных компонентов (ЭК), а именно: число устанавливаемых на плату ЭК, тип корпуса, вариант установки, число задействованных выводов, количество поверхностно-монтируемые компоненты (ПМК) и их установочные площади;
- способ установки ЭК на ПП, так как максимальные размеры сторон ПП, предназначенные для автоматической установки ЭК выбираются с учетом технических характеристик оборудования (размера стола), используемого для установки ЭК;
- уровни паразитных связей между элементами печатного монтажа, так как при неправильно выбранных расстояниях между ЭК могут возникнуть перекрестные помехи между сигнальными

линиями связи, паразитные связи по цепям питания и заземления, искажения форм сигнала в линиях связи;

• эксплуатационные характеристики, так как собственная частота ПП, зависящая от ее длины, ширины, толщины, массы устанавливаемых ЭК, плотности материала ПП, массы ПП, способа закрепления ПП в модулях более высоких конструктивных уровней, не должна находиться в спектре частот внешних вибрационных воздействий;

• технико-экономические показатели. Установочную площадь ЭК определяют как площадь прямоугольника, размеры которого зависят от внешних предельных очертаний установочной проекции ЭК на поверхность ПП, включая отформованные выводы. При конструировании ПП в первую очередь необходимо определиться с габаритными размерами ПП. Габариты ПП могут быть: заданы в техническом задании (ТЗ); определены исходя из выбранной конструкции блока; рассчитаны перед компоновкой; рассчитаны после компоновки компонентов на плате. Если габаритные размеры ПП не заданы в ТЗ, то необходимо:

• рассчитать габаритные размеры ПП;

• скомпоновать конструкторско-технологические зоны для размещения на печатной плате ячейки:

- ЭК или поверхностно-монтируемых компонентов;
- элементов контроля функционирования;
- элементов электрического соединения (например, соединители);
- элементов крепления;
- элементов фиксации ячейки в модулях более высокого конструктивного уровня;

• выбрать толщину ПП;

• определить число слоев и толщину ПП.

При расчете габаритных размеров необходимо придерживаться ГОСТов, ОСТов и других нормативных документов, а также возможностей завода-изготовителя. Размеры сторон печатных плат по ГОСТ 10317-79:

• размеры каждой стороны ПП должны быть кратными: 2,5 – при длине до 100 мм; 5,0 - при длине до 350 мм; 10,0 - при длине более 350 мм. Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм;

• соотношение линейных размеров сторон ПП должно быть не более 3:1;

• существуют таблицы рекомендуемых размеров ПП.

Требование по габаритам ПП от ООО "Резонит" (одна из ведущих фирм по изготовлению ПП в г. Санкт-Петербурге, г. Москве) на одно- и двусторонние ПП:

Максимальный размер ПП:

- 380х320 мм для ПП толщиной более 1,0 мм (обычно толщина двухслойных ПП=1.5 мм);
- 173х285 мм для ПП толщиной 0,5-0,8 мм.

При разработке оригинальных конструкций электронных изделий и, соответственно, ПП возможны два варианта выбора типоразмера ПП:

1. путем ориентировочной оценки площади ПП (на ранней стадии разработки);

2.	при	помощи	компоновки	и	расчета	конструкторско
технологических зон на ПП для установки ЭК, электрических соединителей, элементов контроля, крепления и фиксации.						

Практическая часть

Задание №1. Рассчитать ориентировочную площадь ПП и выбрать рекомендуемые линейные размеры ПП.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Ориентировочно площадь ПП на ранних стадиях проектирования и при разработке моноконструкции ячейки можно определить по следующей формуле:

$$S_\Sigma = k_S \sum_{i=1}^{n} S_{yi}$$

где Syi – установочная площадь *i*-го ЭК; k_s – коэффициент, зависящий от назначения и условий эксплуатации аппаратуры (коэффициент дезинтеграции, k_s = 1–3); *n* – количество ЭК.

Расстояние между корпусами двух соседних ЭК на ПП должно быть не менее 1 мм, а расстояние по торцу – не менее 1,5 мм. Метод проектирования моноконструкций применяется для создания блоков, ЭИ на основе оригинальной несущей конструкции в виде моноузла. Данный подход увеличивает себестоимость, время проектирования, ограничивает возможности типизации и унификации, но позволяет существенно улучшить технические параметры ЭИ. Зная площадь ПП, максимально допустимую длину проводника, задаваясь соотношением сторон ПП, можно определить ее размеры по ГОСТ 10317–79 (см. таблицу 1.). Предельные отклонения на сопрягаемые размеры контура ПП и гибких печатных кабелей должны быть не выше 12 квалитета, а на несопрягаемые – не выше 14 квалитета по ГОСТ 25347–82.

Таблица 1 – Рекомендуемые линейные размеры ПП

Ширина, мм	**Длина, мм**	**Ширина, мм**	**Длина, мм**	**Ширина, мм**	**Длина, мм**	**Ширина, мм**	**Длина, мм**
20	30	60	90	100	120	140	150
	40		100		130		200
30	40		140	110	150	150	150
			160		170		170
40	60	75	75	120	120		180
45	75		90		140		200
	80		170		150	160	170
50	60	80	130		160		200
	80		140		170	170	180
	100	90	90		180		200
	150		120		200		280
60	60		150	130	200	200	360
	80		170				

Задание №2. Рассчитать площадь ПП, скомпоновать конструкторско-технологические зоны для размещения на ПП ячейки ЭК, элементов контроля функционирования электрического соединения, крепления и фиксации ячейки, а также выбрать линейные размеры ПП и оценить возможность размещения микросхем на плате. Варианты заданий смотри в таблице 4.

Под компоновкой функционального узла понимают процесс размещения ЭК, деталей на ПП и определение ее геометрических форм и размеров.

Площадь и геометрические размеры ПП (длину Lx и ширину Ly) можно определить исходя из компоновки конструкторско-технологических зон для размещения на ПП ячейки ЭК, элементов контроля функционирования электрического соединения, крепления и фиксации ячейки, размеров краевых полей. Для определения геометрических размеров ПП (Lx и Ly) необходимо учесть размеры всех конструкторско-технологических зон, представленных на рисунке 3.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

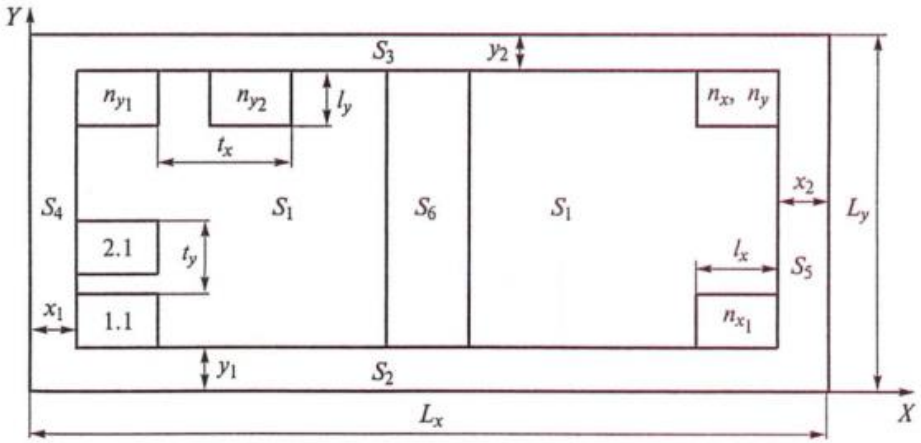


Рисунок 3 – Пример расположения конструкторско-технологических зон и краевых полей на ПП: S_1 – зона размещения ЭК;S_2 – зона размещения элементов электрического соединения: соединителя, контактных площадок, колодок для установки гибких печатных кабелей, тканных или опрессованных плоских ленточных проводов; y_1 – ширина зоны S2; S3 – зона расположения элементов крепления ячейки и контроля (контрольные колодки с контактными площадками и штырями, одиночные пистоны и контакты); y2 – ширина зоны S3; S4 и S5 – зоны, предназначенные для установки ячеек в блок; x1 и x2 – ширина зоны соответственно;S6 – зона для расположения дополнительных элементов крепления ячейки (при необходимости)

Геометрические размеры ПП определяют по следующим формулам:

$$L_x = (n_x - 1)t_x + l_x + x_1 + x_2\,,$$

$$L_y = (n_y - 1)t_y + l_y + y_1 + y_2\,,$$

где t_x, t_y – шаги установки интегральных микросхем (ИМС) на ПП по осям x и y (см. таблица 2), l_x, l_y – размеры корпусов ИМС; x_1, x_2, y_1, y_2 – краевые поля ПП (см. таблица 3), n_x, n_y – количество ИМС, установленных по осям x и y.

Оценить возможность размещения микросхем на ПП можно следующим образом. На плате цифровой функциональной ячейки корпуса микросхем размещаются в правильном порядке по строкам и столбцам (рисунок 3.) При выбранных размерах платы и число микросхем в строке и столбце для односторонней установки могут быть найдены по формулам:

$$n_x = E\left[\frac{L_x - l_x - x_1 - x_2}{t_x}\right] + 1, \qquad n_y = E\left[\frac{L_y - l_y - y_1 - y_2}{t_y}\right] + 1,$$

где E – оператор выбора целочисленного решения; l_x, l_y – размеры корпуса ИМС; t_x, t_y – шаги установки ИМС в строке (ось x) и столбце (ось y), x_1, x_2, y_1, y_2 – краевые поля ПП.

Ширина краевых полей x_1, x_2 выбирается из условия:

$$x_1 = x_2 = (3\ldots5)d_{\text{пл}}$$

где $d_{\text{пл}}$ – толщина печатной платы.

Краевое поле предназначено для размещения элементов электрического соединителя или контактных площадок для пайки проводников внутриблочных электрических соединений. В поле могут устанавливаться передняя панель ячейки, контрольная колодка, металлический угольник и др. Поэтому ширина полей и определяется геометрическими размерами ЭК. Справочные данные для расчета и представлены в таблицах 2, 3. Линейные размеры платы выбраны верно, если

выполняется условие nx*ny≥*n*. В случае невыполнения неравенства выбирается плата с большими размерами.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Таблица 2 – Примеры установки корпусных ИМС (традиционная элементная база) при одностороннем размещении на двухслойную ПП или двустороннем размещении на МПП при числе слоев не менее четырех

Обозначение корпуса по ОСТ 4.010.030–81, и по ГОСТ 17467-79	**Габариты корпуса $l_x \times l_y \times h_k$**	**Масса, г**	**Размер установ-ой площади, мм^2**	**Среднее число задейст-ых выводов**	**Шаг установки ИС по осям, мм**	
					t_x	t_y
157.29-1	39×29×5	14,4	29×39	13	42,5	32,5
				20	47,5	32,5
				22	50,0	32,5
				24	52,5	32,5
				26	55,0	32,5
				28	57,5	32,5
201.14-8	19,5×7,5×4	2,4	7,5×19,5	8	22,5	12,5
				9	22,5	15,0
				11	25,0	15,0
				12	25,0	17,5
				14	27,5	17,5
401.14-3 (4,5)	9,8×6,5×2,3	11,0	9,8×13,5	10	12,5	15,0
				11	12,5	17,5
				12	15,0	17,5
				14	15,0	20,0
402.16-1	12,0×9,5×2,5	1,0	12,0×8	14	12,5	20,0
1203.14-5	15,6×6,2	1,6	15,6×12,4	8	22,5	15,0
				9	22,5	17,5
				11	25,0	17,5
				12	25,0	20,0
				14	27,5	22,5
1206.14-5	19,5×22×5,0	2,8	14,0×13,7	8	22,5	25,0
				10	25,0	25,0
				12	27,5	25,0
				14	29,0	25,0
1207.14-5	19,5×29,5×5,0	6,5	4,0×21,2	8	22,5	32,5
				10	25,0	35,0
				12	27,5	37,5
				14	29,0	39,0

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Таблица 3 – Размеры краевых полей для установки элементов электрического соединения (y_1), для размещения элементов контроля, ручек и съемников (y_2), печатной платы (x_1, x_2)

Элемент электрического соединения	**Минимальное краевое поле для корпусов y_1, мм**		
	155.36-1; 157.29-1	**201.14-1; 201.14-8; 209.14-1; 209.14-1; 244.48-1**	**401.14-3,4; 402.16-1,2; 421.10-1,2; 421.50-1**
ГРПМ9-У	22,5	20,0	20,0
ГРПМ9-Н	20,0	17,5	17,5
ГРПП3	20,0	17,5	15,0
ГРПМ1-ШУ, ГРПМ1-ГУ	27,0	25,0	25,0
РППМ	22,5	20	17,5
СНП58	20,0	17,0	17,0
СНП59	21,0	18,5	18,5
СНП34 на 135 контактов	17,5	15,0	15,0
Кабель гибкий печатный	27,5	25,0	25,0
Кабель тканый и опрессованный	27,5	25,0	25,0
Жгут объемный	37,5	35,0	35,0
Элемент контроля	**Тип корпуса микросхем**		
	155.36-1; 157.29-1	**201.14-1; 201.14-8; 209.24-1; 244.48-1**	**401.14-3,4; 402.16-1,2; 421.40-1; 421.50-1**
Размер краевого поля y_2, мм			
Колодка: с запайкой штырей в отверстия; с контактными площадками	15,0	12,5	12,5
Одиночные пистоны и контакты	12,5	10,0	10,0

Тип корпуса	**Минимальные краевые поля x_1, x_2, мм, при толщине ПП**	
	до 1 мм	**до 2 мм**
151.15	5,0	5,0
155.36	7,5	7,5
157.29-1	5,0	7,5
201.14-8	2,5	5,0
301.12	2,5	5,0
401.14-3	5,0	5,0
402.16-1	5,0	5,0

Таблица 4 – Варианты заданий для расчета габаритных размеров печатной платы

№	**ЭК, размещаемые на плате**				**Коэфф-т дезинт-ии**	**Зазор между ЭК, мм**	**Расст-е по торцу**	**$d_{пл}$, мм**
	Разъем		**Микросхемы**					
	Тип корпуса	**Кол-во**	**Тип корпуса**	**Кол-во**				
1.	ВН-10	5	DIP16	8	1,5	7,5	2	1,5
2.	IDC-10MS	3	QFP-44	6	1,6	8,75	3	1,5
3.	ГРПМШ2-32	2	SO14	14	1,7	10	4	1,5
4.	ОНП-ВГ-18	2	SO16	10	1,8	11,25	5	1,5
5.	ГРПМ2-46	3	SOIC14	18	1,9	12,5	6	1,5
6.	СНП58	2	QFP-28	20	2,0	7,5	7	1,5
7.	СНО64	1	TSOP24	10	2,1	8,75	8	1,5
8.	ППИС	3	SOT523-1-9	12	2,2	10	9	1,5
9.	ОНП-ВГ-1-32	1	DIP32	3	2,3	11,25	10	2,0
10.	СНО32	2	SDIP32	4	2,4	12,5	2	2,0
11.	СНП-72	1	SIP8	20	2,5	7,5	3	2,0
12.	ГРПМШ1-32	3	SOT243-1-17	8	2,6	8,75	4	2,0
13.	ВН2-34	3	ZIP-24	10	2,7	10	5	2,0
14.	ВН-24	4	QFP-32	14	2,8	11,25	6	2,0
15.	СНО48	1	TSOP28	6	2,9	12,5	7	2,0

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

а) наименование и цель работы;

б) технические данные и расчеты;

в) выводы по работе.

Контрольные вопросы

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1. Что понимается под печатным узлом согласно ГОСТ 20406-75?
2. Какова последовательность действий для определения габаритных размеров ПП, если они не заданы в ТЗ?
3. На что необходимо обратить внимание при выборе и расчете типоразмеров ПП?
4. Какие Вы знаете варианты выбора типоразмеров ПП при разработке оригинальных конструкций ПП?
5. Каким должно быть расстояние между соседними ЭК на ПП?
6. Какие требования необходимо учитывать при компоновке и размещении ЭК?
7. Какие рекомендации Вы могли бы дать по размещению ЭК на ПП?
8. Какими ГОСТами и ОСТами регламентируются правила установки ЭК?
9. Каким должно быть минимальное расстояние между контактными площадками поверхностно-монтируемых компонентов (ПМК)?

Практическое занятие №12. Монтаж печатной платы.

Цель работы: ознакомиться с печатными платами и разводкой, с узлами и оформлением чертежей печатных плат.

Основные теоретические сведения

Применение печатных плат предпосылки создает для механизации и автоматизации процессов радиоэлектронной сборки аппаратуры, повышает ее надежность, обеспечивает параметров повторяемость монтажа (емкость, индуктивность) от образца к образцу.

Простейшим элементом любой печатной платы печатный является *проводник* – участок токопроводящего покрытия, изоляционное на нанесенного основание. Характерной особенностью печатного является проводника то, что его ширина значительно толщины больше.

Система печатных проводников, обеспечивающая электрического возможность соединения элементов схемы, которые будут впоследствии установлены на печатную плату, а также отдельных экранирование проводников, образует *печатный монтаж.* Изоляционное основание с нанесенным на него печатным монтажом печатную *образует плату.*

Иногда непосредственно на печатной используя, плате технологические процессы нанесения токопроводящего изоляционного или покрытия, получают отдельные электрорадиоэлементы (индуктивные) – ЭРЭ катушки, контакты разъемов и переключателей и др. Такие элементы также называют печатными.

Система проводников печатных и электрорадиоэлементов, нанесенных на изоляционное основание, печатную *образует схему.*

По конструкции печатные платы однослойные на подразделяют и многослойные (МПП).

Однослойные печатные всегда платы имеют один изоляционный слой, на находятся котором печатные проводники. Если они одной на расположены стороне изоляционного основания, то такую называют плату односторонней (ОПП), если на двух двусторонней, то – сторонах (ДПП).

Многослойная печатная плата нескольких из состоит печатных слоев, изолированных склеивающими прокладками. Многослойные печатные платы имеют соединения проводниками между, расположенными в различных слоях, или доступ открытый к отдельным участкам проводников внутренних для слоев припайки к ним ЭРЭ.

Процесс изоляционной изготовления платы с печатным монтажом состоит из основных двух операций:

а) создание изображения печатных копированием (проводников изображения с негатива на светочувствительный слой, изображения печатанием защитной краской через сетчатый или трафарет с помощью офсетной формы);

б) создание слоя токопроводящего на изоляционном основании.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Широкое распространение три получили метода создания токопроводящего слоя:

химический, при котором производится вытравливание незащищенных фольги участков, предварительно наклеенной на диэлектрик;

электрохимический, котором при методом химического осаждения создается металла слой толщиной 1–2 мкм, наращиваемый затем способом гальваническим до нужной толщины. При электрохимическом одновременно методе с проводниками металлизируют стенки отверстий, можно которые использовать как перемычки для проводников соединения, расположенных на разных сторонах платы;

комбинированный, сущность которого состоит в сочетании химического и методов электрохимического. При использовании комбинированного метода получают проводники травлением фольги, а металлизированные отверстия – методом электрохимическим.

Чтобы к печатному проводнику можно припаять было объемный проводник или вывод ЭРЭ навесного, на проводнике делают контактную площадку в участка виде с увеличенной шириной (рис. 1).

В зоне площадки контактной может находиться монтажное отверстие, в будет которое вставляться объемный проводник или ЭРЭ вывод. При наличии отверстия контактная окружает площадка его со всех сторон, монтажное может отверстие иметь металлизированные стенки.

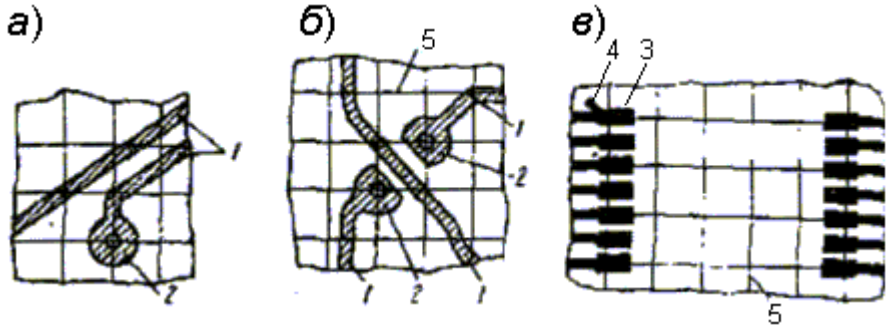


Рис. 1. проводники Печатные (*а*, *б*) и контактные площадки (в) для пайки электорадиоэлементов выводов: 1 – печатный проводник; 2 – контактная площадка элементов для со штыревыми выводами; 3 – контактные площадки элементов для с планарными выводами; 4 – ключ у площадки, к будет которой припаиваться вывод № 1 микросхемы; 5 – линии координатной сетки

В последнем случае металл, нанесенный на поверхность цилиндрическую отверстия, должен быть соединен с площадкой контактной по всему периметру отверстия.

Для изготовления печатных плат наиболее широко используют химический и комбинированный методы. Химический метод обеспечивает производительность большую, но позволяет получить фольгу, расположенную одной на только стороне печатной платы. При может не этом быть получена высокая плотность монтажа. Кроме того, он не может обеспечить такую же надежность высокую пайки, какую дают платы с отверстиями металлизированными, изготовленные комбинированным методом. Поэтому химический метод используют для получения односторонних плат печатных бытовой аппаратуры. Комбинированный метод для используют получения одно- и двусторонних печатных аппаратуре в плат, к которой предъявляют более жесткие по надежности требования.

Материал для изготовления печатных плат. Для изготовления печатных плат химическим и комбинированным методами необходимо иметь листовой материал в виде изоляционного основания с приклеенной к нему металлической фольгой. В зависимости от назначения печатной платы в качестве основания изоляционного используют чаще гетинакс и стеклотекстолит различной толщины. Фольгу делают из меди, так она как обладает хорошими проводящими свойствами. многослойных Для печатных плат, кроме фольгированного материала, применяют изоляционные прокладки из стеклоткани и медную фольгу. Номенклатура наиболее широко применяемых материалов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Фольгированные материалы и прокладки печатных для плат

Наименование	Марка	Тип печатных плат	Толщина материала с фольгой, мм
Фольгированный гетинакс	ГФ-1-35 ГФ-2-35 ГФ-1-50 ГФ-2-50	ОПП и ДПП	1,5; 2; 2,5; 3 1; 1,5; 2; 2,5; 3
Фольгированный стеклотекстолит	СФ-1-35 СФ-2-35	ОПП и ДПП	0,8;1; 1,5; 2; 2,5; 3
	СФ-1-50 СФ-2-50		0,5;1; 1,5; 2; 2,5; 3
	СФ-1Н-35 СФ-2Н-35 СФ-1Н-50 СФ-2Н-50		0,8;1; 1,5; 2; 2,5; 3
Фольгированный стеклотекстолит повышенной нагревостойкости	СФПН-1-50	ОПП и ДПП с повышенной нагревостой-костью	0,5;1; 1,5; 2; 2,5; 3
Стеклотекстолит	СТЭФ-1-2лк	То же	То же
Фольгированный ди-электрик для полуад-дитивной технологии	Слофадит	ОПП и ДПП	1;1,5
Фольгированный тонкий диэлектрик	ФДМ-2	ГПП	0,25; 0,35
Теплостойкий фольгированный стеклотекстолит	СТФ-1 СТФ-2	ОПП, ДПП, ГПП, МПП	0,13; 0,15; 0,2; 0,25; 0,35; 0,5; 0,8;1; 1,5; 2; 2,5 0,25; 0,35; 0,5; 0,8; 1; 1,5; 2; 2,3
Фольгированный травящийся стеклотекстолит	ФТС-1 ФТС-2	МПП и ГПП	0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,19; 0,14; 0,18; 0,23; 0,27; 0,5
Фольгированный текстолит	СТПА-5-1 СТПА-5-1	ОПП, ДПП МПП, ДПП	0,1; 0,12; 0,13; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35 0,5; 0,8;1; 1,5; 2
Прокладочная стеклоткань	СПТ-3 СТП-0,25	МПП	0,025; 0,06 0,025; 0,06

Фольгированный материал может быть односторонним (например СФ-1-35) или двусторонним (например СФ-2-35). В последнем случае фольгу наносят на две стороны основания

изоляционного. Такие материалы используют для изготовления двусторонних печатных плат. 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, например для бытовой аппаратуры.

Фольгированный стеклотекстолит марок СФ-1Н и СФ-2Н обладает повышенной нагревостойкостью и может работать при температуре не более 100-180 °С. Фольгированный материал типа ФДМ -2 также имеет в качестве изоляционного основания стеклотекстолит и отличается от материала марок СФ-1 и СФ-2 в основном толщиной.

Основным различием материалов марки ФТС и СПТ-3 является то, что изоляционный слой может быть вытравлен с помощью специальных химических веществ, что необходимо для изготовления отдельных типов многослойных печатных плат.

Толщину изоляционного основания выбирают, исходя из требований к механической жесткости готовой печатной платы и ее размеров. Материалы с большой толщиной фольги позволяют пропускать по проводникам большие токи при той же ширине проводника.

Разработка и оформление чертежей на печатные платы.

Процесс разработки чертежа печатной платы складывается из следующих операций:

а) компоновка печатной платы, в процессе которой находят оптимальное размещение навесных элементов на печатной плате. Компоновку обычно выполняют с помощью шаблонов элементов, устанавливаемых на плате, изготовленных из бумаги или другого материала. Шаблоны выполняют в том же масштабе, в котором оформляется чертеж печатной платы. Эти шаблоны размещают на листе бумаги или другого материала с нанесенной координатной сеткой и ищут такое расположение деталей, при котором длина соединяющих их проводников минимальна. В результате компоновки находят положения контактных площадок для всех элементов подключения;

б) разводка печатных проводников ("трассировка").Цель этой операции – провести проводники, соединяющие контактные площадки, так, чтобы они имели минимальную длину и минимальное число переходов на другие слои с целью устранения пересечений;

в) оформление чертежа с соблюдением требований стандартов.

Первые два процесса – компоновка и разводка – неразрывно связаны между собой так, как иногда в процессе разводки конструктор обнаруживает, что компоновку нужно изменить. На выполнение этих двух процессов при разработке сложных плат затрачивается много времени. Поэтому при разработке печатных плат используют автоматизированные методы проектирования. Для проведения таких работ используют автоматизированное рабочее место (АРМ), оснащенное соответствующими программами. Например, для разработки двухслойных печатных плат применяют пакет прикладных программ "ДПП/Рапира". Он проектирует ДПП с металлизированными отверстиями и позволяет производить размещение разногабаритных элементов и трассировку. Размер соединений платы не должен превышать 511Н, где Н - шаг координатной сетки. Программы ориентированы на прокладку проводников в узких местах шириной 0,3 мм и минимальный зазор между проводниками также 0,3 мм, т.е. на проектирование плат 2-го класса сложности.

Предварительно в память ЭВМ АРМ должна быть записана электрическая схема проектируемого устройства в виде перечня входящих в нее ЭРЭ и таблицы соединений между их контактами. Кроме того, в памяти ЭВМ должен находиться габаритный чертеж печатной платы, на котором должны быть определены:

1) зона расположения проектируемой печатной схемы;

2) вспомогательные зоны, служащие для закрепления печатной платы со всеми в изделии крепежными и технологическими отверстиями;

3) зона расположения соединителя, служащего для подключения печатного узла к другим устройствам изделия, и расположение контактных площадок для припайки его выводов.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

В зависимости от размеров платы, числа ЭРЭ, их габаритных размеров, сложности схемы процесс автоматизированного проектирования может завершиться успешно или же окажется, что существующая программа не в состоянии проложить все необходимые проводники. Тогда в процесс проектирования придется вмешиваться конструктору: вводить перемычки из провода в тех местах, где не удается проложить печатные проводники, а может быть и искать более оптимальное размещение элементов.

В результате автоматизированного проектирования разрабатываются следующие конструкторские и технологические документы:

– сборочный чертеж печатного узла;

– спецификация;

–чертеж печатной платы;

– фотооригинал печатной платы;

– таблица цепей для проверки печатной платы на установках автоматизированного контроля.

Аналогичные программы имеются проектирования для многослойных печатных плат.

Чертеж печатной платы должен содержать основные проекции платы с печатными проводниками и отверстиями. Его выполняют в масштабе 2:1 или 4:1. На чертеже платы линиями наносят координатную сетку в соответствии с выбранным масштабом.

Пример оформления чертежа печатной платы приведен на рисунке 4.

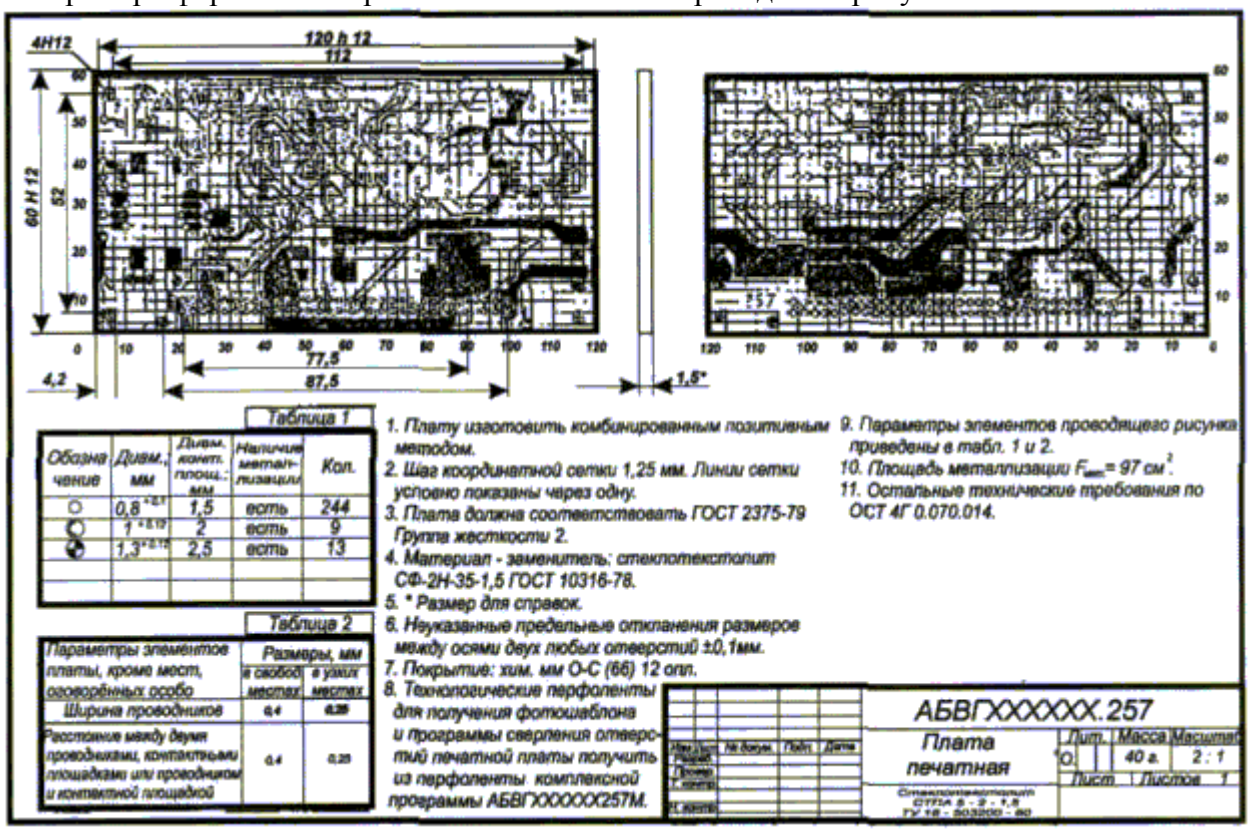


Рис. 4. Пример чертежа печатной платы

Размеры на чертеже печатной платы указывают одним из следующих способов: с помощью размерных и выносных линий; нанесением координатной сетки в прямоугольной или полярной системе координат; комбинированным способом с помощью выносных и размерных линий и координатной сетки.

При задании размеров координатной сетки на чертеже ее линии нумеруют.

Проводники печатной платы следует изображать одной линией, являющейся осью симметрии проводника. При этом в технических требованиях чертежа должна быть указана ширина проводника.

Во многих случаях для плат ограничивается только минимальная ширина проводника. Ее указывают отдельно для свободных и узких мест как, например, показано на рис. 4 в табл. 2.

Проводники шириной более 2, 5 мм можно изображать двумя линиями, при этом, если они совпадают с координатной линиями сетки, числовое значение ширины не указывают на чертеже.

Отдельные элементы рисунка печатной платы (широкие проводники, контактные площадки, экраны, изоляционные участки и т.п.) можно выделять штриховкой, чернением.

Круглые отверстия, имеющие зенковку, и круглые контактные площадки с круглыми отверстиями изображают одной окружностью. Размер диаметров круглых контактных площадок указывают в технических требованиях.

Если у контактной площадки регламентируется только минимальная радиальная ширина b_{min}, то такую площадку показывают окружностью, диаметр которой равен диаметру отверстий, а в технических требованиях указывают: “Форма площадок контактных произвольная, b_{min}=...”. Контактные площадки припайки для выводов планарных корпусов микросхем выполняют как показано на рис.4.

Параметры отверстий (допуск, диаметр на диаметр, зенковку и допуск на нее, отсутствие и наличие металлизации) проставляют непосредственно около каждого отверстия. Отверстия, имеющие одинаковые параметры, обозначают одним и тем же условным значком, а параметры, характеризующие этот значок, объединяют в таблицу, в которую включают технические требования чертежа (рис. 4, табл. 1).

Участки платы, по которым не должны проходить печатные проводники, обводят штрихпунктирной линией и дают соответствующее указание в технических требованиях. Зенковку на отверстиях графически не показывают.

Кроме перечисленных данных, в технических требованиях чертежа должны быть указаны:

а) номер государственного стандарта или технических условий, которым должна соответствовать плата;

б) шаг координатной сетки;

в) предельные отклонения расстояний между центрами отверстий (кроме особо оговоренных на чертеже);

г) суммарная площадь металлизации платы;

д) указания о гальваническом покрытии проводников печатной платы, например: "Печатный монтаж серебрить Ср9". При необходимости в технических требованиях указывают способ изготовления печатной платы.

Для поверхностей печатной платы (контур платы, отверстия, пазы и т.п.), которые в процессе изготовления подвергаются механической обработке, устанавливают норму на шероховатость.

Шероховатость ограничивают, нормируя максимально допустимое значение параметра шероховатости Rz (высота неровностей, вычисленная по десяти точкам профиля); обычно Rz не должна превышать 40 мкм.

В соответствующей графе основной надписи чертежа должна быть указана марка материала, из которого сделана печатная плата или изображенная на чертеже деталь МПП, а также номер государственного стандарта на этот материал.

Порядок выполнения работы

По заданной преподавателем принципиальной схеме электронного устройства с заданным размером печатной платы, разработать печатный монтаж платы. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

1. Установить размеры интегральных микросхем (ИС), радио-элементов, а также цепи питания ИС, воспользовавшись справочной литературой.
2. Произвести компоновку узлов печатной платы.
3. Произвести разводку печатных проводников ("трассировку").
4. Оформить чертеж с соблюдением требований стандартов.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Содержание отчета

Отчет должен содержать следующее:
описание цели работы;
принципиальную схему устройства;
схему печатного монтажа.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой печатная плата?
2. Приведите методы изготовления печатных плат.
3. Перечислите основные электрические параметры печатных плат.
4. Какой материал используется для изготовления печатных плат?
5. Назовите основные этапы разработки чертежей на печатной плате.
6. Укажите варианты установки микросхем на печатной плате.
7. Что такое степень интеграции интегральных микросхем?

Практическое занятие №13. Разработка проекта трассировки печатной платы.

Цель работы: получение навыков работы в программе DipTrace, настройка системы и создание электрической принципиальной схемы, трассировки печатных плат в программе DipTrace.

Основные сведения из теории

В состав программы **САПР DipTrace** входят редакторы:

– **Pattern Editor** (Редактор корпусов) предназначен для создания новой или дополнения существующей библиотеки корпусов, которая имеет расширение **.lib**. Корпус (который может также иметь названия конструкторско - технологический образ (КТО) или посадочное*место*) содержит изображение корпуса ЭРЭ по его габаритным размерам, вид и размеры установочных (контактных площадок), необходимые обозначения.

– **Component Editor**. (Редактор компонентов) предназначен для создания новой или дополнения существующей библиотеки компонентов, которая имеет расширение **.eli**. Для каждого ЭРЭ создается условное графическое изображение (УГО или "символ") по размерам, определенным ГОСТ.... и. Символу выбирается корпус из файла библиотеки корпусов (.lib) и задаются связи между выводами.

– **Schematic** (Схемотехника) дает возможность разместить компоненты, объединить их в схему, проверить правильность соединений.

– **PCB Layout** позволяет создать или экспортировать очертания платы, разместить компоненты, задать правила проектирования, трассировать вручную или с помощью автотрассировщика.

Пример выполнения задания Установка размера страницы и размещение рамки

Установите размер страницы и чертежной рамки: "Файл / Параметры страницы", выберите "ANSI A" в шаблонах листа. Затем в нижней части окна установите "Показывать рамку и штамп" и "Показывать лист" и нажмите "Закрыть". В DipTrace также есть шаблоны соответствующие ГОСТ.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

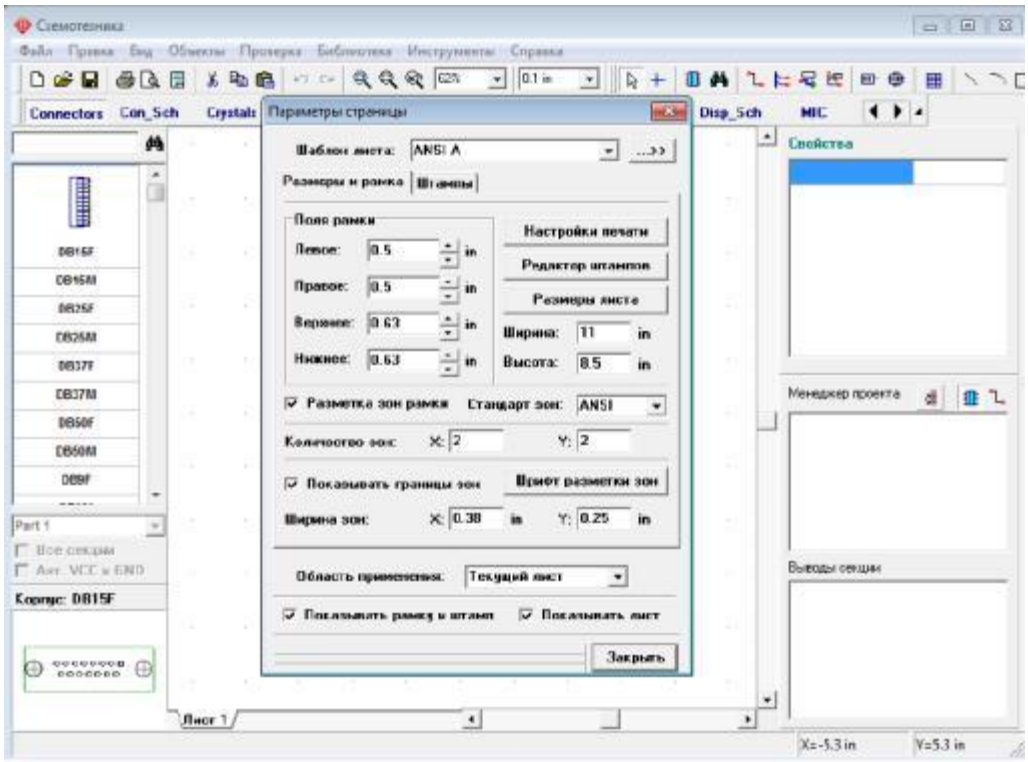


Рис.1. Окно задания параметров страницы

Настройка библиотек

Перед первым использованием Схемотехники и Редактора Плат PCB Layout Вам придется настроить библиотеки в каждом программном модуле. В Схемотехнике выберите "Библиотека / Подключение библиотек" (рис.2):

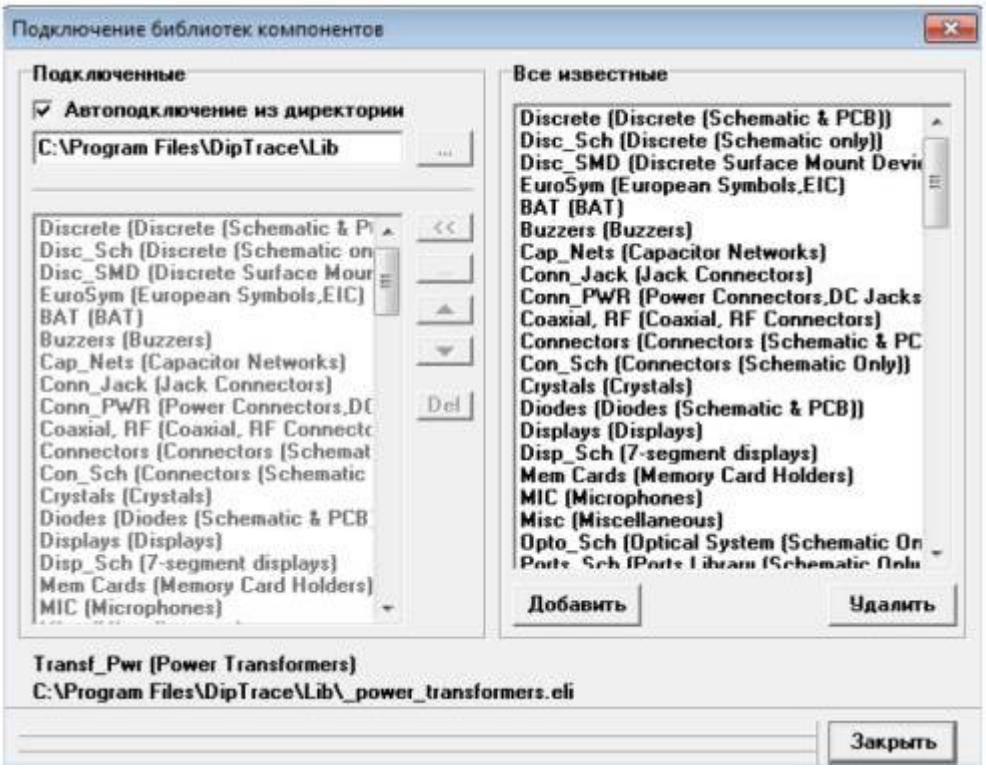


Рис.2. Окно подключения библиотек

Подключить библиотеки из указанной директории:

Этот режим активен если выбран пункт "Автоподключение из директории" в левом верхнем углу окна подключения библиотек. Для указания директории с библиотеками нажмите кнопку "…" справа от пути к папке. Убедитесь, что Вы выбрали директорию "Lib", в папке DipTrace (C:\Program Files\DipTrace по умолчанию или C:\Program Files (x86) в зависимости от вашей ОС и сборки программы *для пользователей Windows OS).

На рис.3 приведена схема, которую мы будем создавать в качестве примера, используя "Схемотехнику" (программный модуль входящий в состав пакета DipTrace). Откройте программу DipTrace Схемотехника, нажав "Пуск Все программы DipTrace Schematic" для пользователей ОС Windows

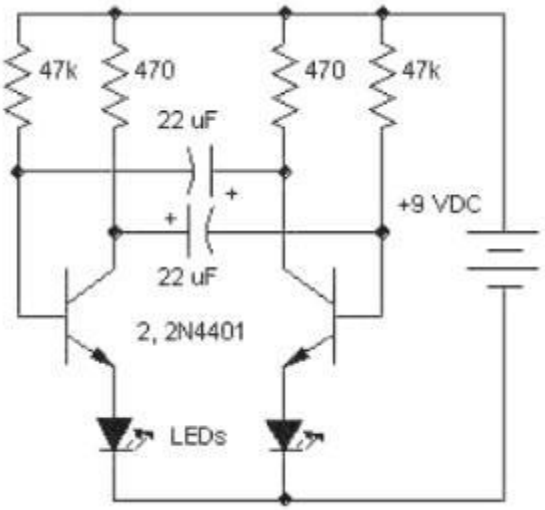


Рис.3. Электрическая принципиальная схема

Проектирование схемотехники

Запустите программу Схемотехника и установите размер сетки 0.1 дюйма. Вы можете выбрать эту сетку из списка (так как при первом запуске установлена сетка 0.05), или же увеличить размер сетки с помощью "Ctrl+" (нужно будет нажать только один раз эту комбинацию клавиш, если Вы до этого не изменяли сетку). Чтобы уменьшить сетку используйте "Ctrl-".

Прокрутите панель библиотек вправо с помощью кнопок в правой части панели, выберите библиотеку с названием "Transistors". Можно прокручивать библиотеки вправо или влево используя стрелки или линию прокрутки. Когда библиотека выбрана, прокрутите список ее компонентов, который находится в левой части окна и выберите там транзистор "2N4401". Можете воспользоваться поиском прямо над списком компонентов библиотеки. Когда необходимый транзистор найден, щелкните по нему левой кнопкой. Этим Вы выберите его и сможете установить на схему. Переместите указатель мыши на схему и щелкните один раз левой кнопкой там — транзистор будет установлен. Чтобы отменить установку следующих компонентов, сделайте щелчок правой кнопкой.

Заметьте, что метка компонента (позиционное обозначение) транзистора — Q1. Если Вы хотите изменить ее, выделите курсором символ и нажмите правую кнопку, затем выберите верхний пункт (метка компонента) в появившемся подменю. В диалоговом окне укажите новую метку, например "VT1".

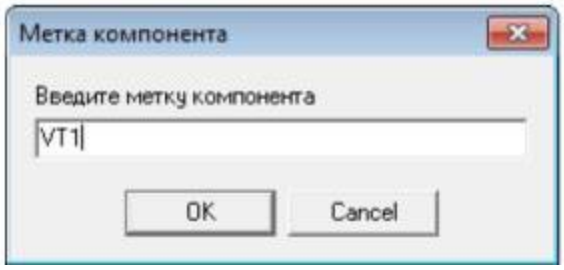


Рис. 4. Метка компонента

Выберите библиотеку "Discrete" на панели библиотек и найдите подходящий резистор. Нам нужен RES400 с расстоянием между выводами 400 мил. Кстати, если Вы предпочитаете работать с метрическими единицами измерения, просто выберите "Вид / Единицы измерения / mm"

Нам нужно 4 резистора для нашей схемы. Вы можете их просто разместить из панели компонентов в левой части окна таким же образом, как мы разместили транзисторы Q1 и Q2, но мы воспользуемся другим методом. Выделите резистор и скопируйте его три раза. Это можно сделать двумя способами:

1.Просто выберите "Правка / Копировать" в главном меню, а затем "Правка / Вставить" три раза или щелкните правой кнопкой мыши на том месте, где Вы хотите вставить символ и "Вставить" в появившемся подменю.

2.Второй метод называется "Создать матрицу". Выберите Ваш резистор, затем "Правка / Создать матрицу" в главном меню (или просто нажмите "Ctrl+M"). В диалоговом окне "Матрица" укажите количество столбцов и строк (в нашем случае "2" столбца и "2" строки дадут "4" резистора) и расстояния (в нашем случае 1 дюйм между столбцами и 0,4 дюйма между строками), затем нажмите OK. Теперь Вы можете увидеть получившуюся матрицу резисторов.

Переместите резисторы в нужное положение на схеме и поверните на 90 градусов, используйте "Пробел" или клавишу "R" для вращения символов. Также можно выбрать команду "Правка / Вращение" из главного меню или кликнуть правой кнопкой мыши на символе и выбрать "Вращение" из подменю. Можете использовать клавишу "Shift" для ортогонального перемещения если необходимо.

Вы можете использовать команду "Правка / Шаг назад" или нажать соответствующую кнопку на стандартной панели если хотите отменить предыдущее действие. Программа сохраняет до 50 шагов. Вы можете сделать "Шаг вперед" в противоположность функции "Шаг назад". Не забывайте сохранить Вашу схему, нажмите "Файл / Сохранить" в главном меню или кнопку "Сохранить" на стандартной панели. Если схема еще не была сохранена, откроется диалоговое окно "Сохранить как" для задания имени файла. Если файл уже имеет имя, просто нажмите "Сохранить" или "Ctrl+S". Если Вы хотите задать новое имя файла, нажмите "Файл / Сохранить как " в главном меню (рис.5.)

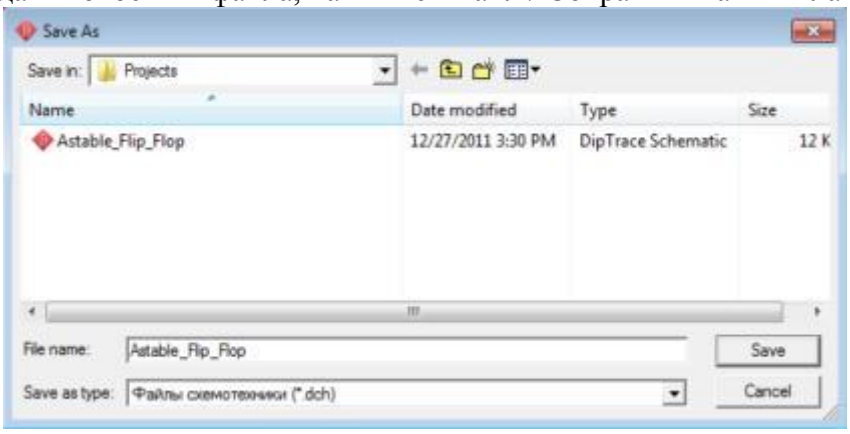


Рис.5 . Окно сохранения проекта

После того как проект был сохранен будем двигаться дальше. Давайте соединим резистор R1 с базой транзистора Q1: подведите курсор к нижнему краю резистора и сделайте щелчок левой

кнопкой мыши. Переместите курсор к базе транзистора Q1 и сделайте еще один левый клик для завершения создания соединения между R1 и базой Q1 (рис.6).

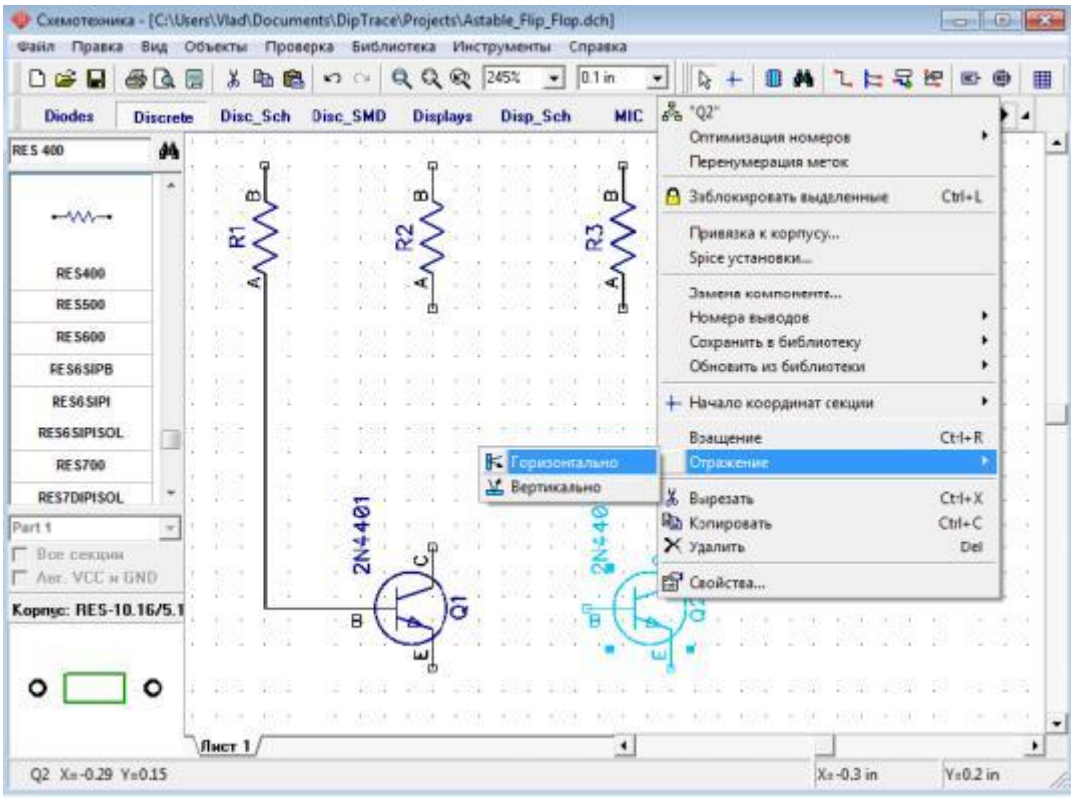


Рис. 6. Соединение элементов

Соедините все элементы между собой согласно схеме (рис.7)

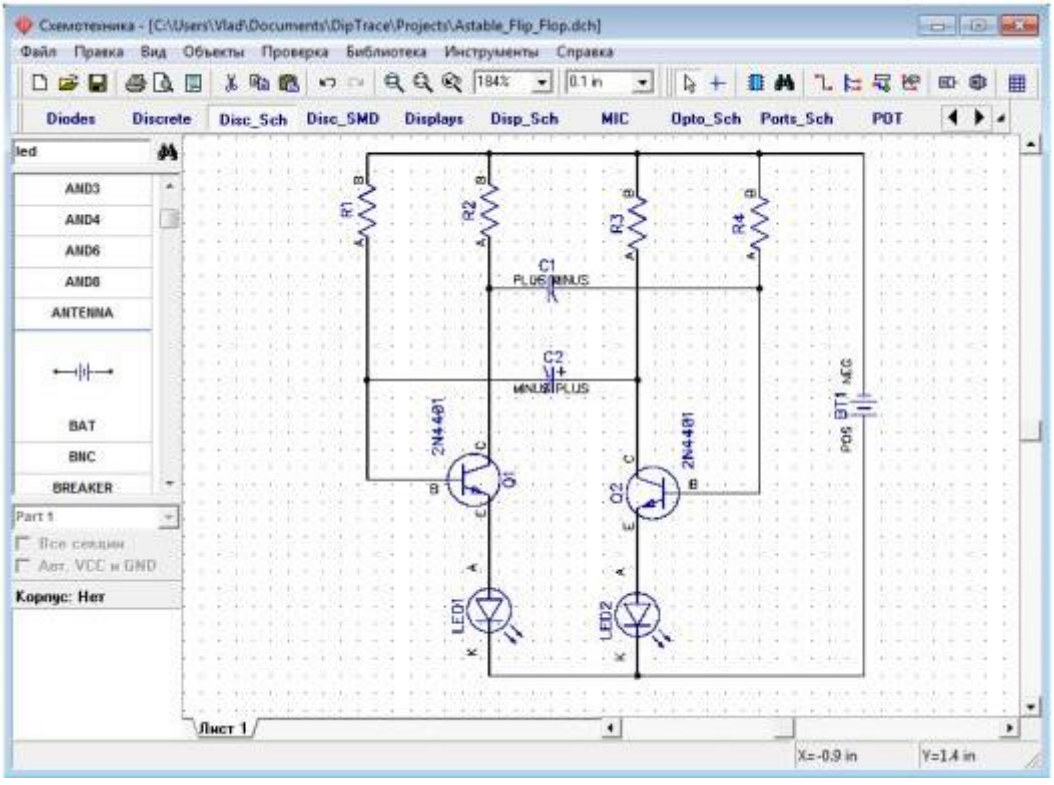


Рис. 7. Рабочее окно проекта

Если Вы хотите переместить существующую линию связи, установите курсор на ней (сеть должна быть подсвечена и курсор покажет возможные направления перемещения), затем нажмите и удерживайте левую кнопку мыши и переместите линию в новое положение. Заметьте, если Вы в режиме "Установка связи" щелкните по существующей связи, Вы начнете создавать новую связь. (Режим "Установка связи" автоматически активируется, если Вы щелкните по одному из выводов компонента, также Вы можете выбрать этот режим "Объекты / Схема / Установка связи" или нажатием соответствующей кнопки в верхней части окна). Если Вы хотите удалить связь (участок между двумя узлами), установите курсор на связи, нажмите правую кнопку для открытия подменю, затем выберите "Удалить связь". Для удаления участка связи выберите "Удалить линию" в подменю. Заметьте, что Вы можете использовать "Шаг назад" для возвращения к предыдущей версии схемотехники.

Перед трассировкой печатной платы необходимо создать электрическую принципиальную схему в Shematic. Затем файл схемотехники (*.dch) может быть открыт программой Редактор Плат PCB Layout. Однако, еще более простой способ перейти от создания схемы к созданию платы, выбрать "Файл / Преобразовать в плату" или нажать "Ctrl+B" прямо в Схемотехнике, после этого автоматически откроется Редактор Плат PCB Layout с вашим проектом.

Но до того, как перейти непосредственно к редактированию платы, в появившимся диалоговом окне нужно выбрать Схемотехнические правила, либо правила с другого проекта или специального файла, которые будут применены к нашей плате.

Рассмотрим использование программы DipTrace PCB Layout или Редактор Плат для создания печатной платы для нашей схемы. Вы можете скрыть панель слоев и менеджер проекта с помощью горячей клавиши "F3", чтобы получить больше
свободного пространства на экране.

Разместите компоненты в соответствии с Вашими предпочтениями и правилами. Перемещение компонентов производится путем перетаскивания его в нужное положение. Нажмите "Пробел" или клавишу "R" для вращения компонента на 90 градусов. Если Вам нужно вращать компонент на другой угол, не кратный 90 градусов, выберите компонент, сделайте щелчок правой кнопкой по нему и выберите "Задать угол" или "Режим вращения". Второй режим позволяет свободно вращать компонент с помощью мыши на произвольный угол.

Можно использовать функцию авто-позиционирования или расстановки по списку после преобразования схемы в плату, однако в этом нет необходимости для такой простой схемы. Мы исследуем эти функции на более сложных платах в третьей части учебника.

Также заметьте, что Вы можете обновить Вашу плату из измененной схемы с сохранением расстановки и трассировки установленных компонентов. Для этого выберите "Файл / Обновить структуру из схемы", затем выберите измененный файл схемотехники. Обновление по компонентам подразумевает использование скрытых идентификаторов для определения соответствия компонентов на схеме и плате — этот режим работает если печатная плата получена непосредственно из Схемотехники.

Обновление по меткам компонентов использует метки для определения связи между компонентами и корпусами. В этом случае, платы могут быть спроектированы отдельно, обновление по меткам работает независимо. Обновление из исходной схемы — это обновление по компонентам из исходной схемы (см. "Файл/ Информация о плате" чтобы узнать какая схема считается исходной).

Трассировка

Рассмотрим этапы трассировки печатной платы для электрической принципиальной схемы, созданной в DipTrace Schematic (рис. 8).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

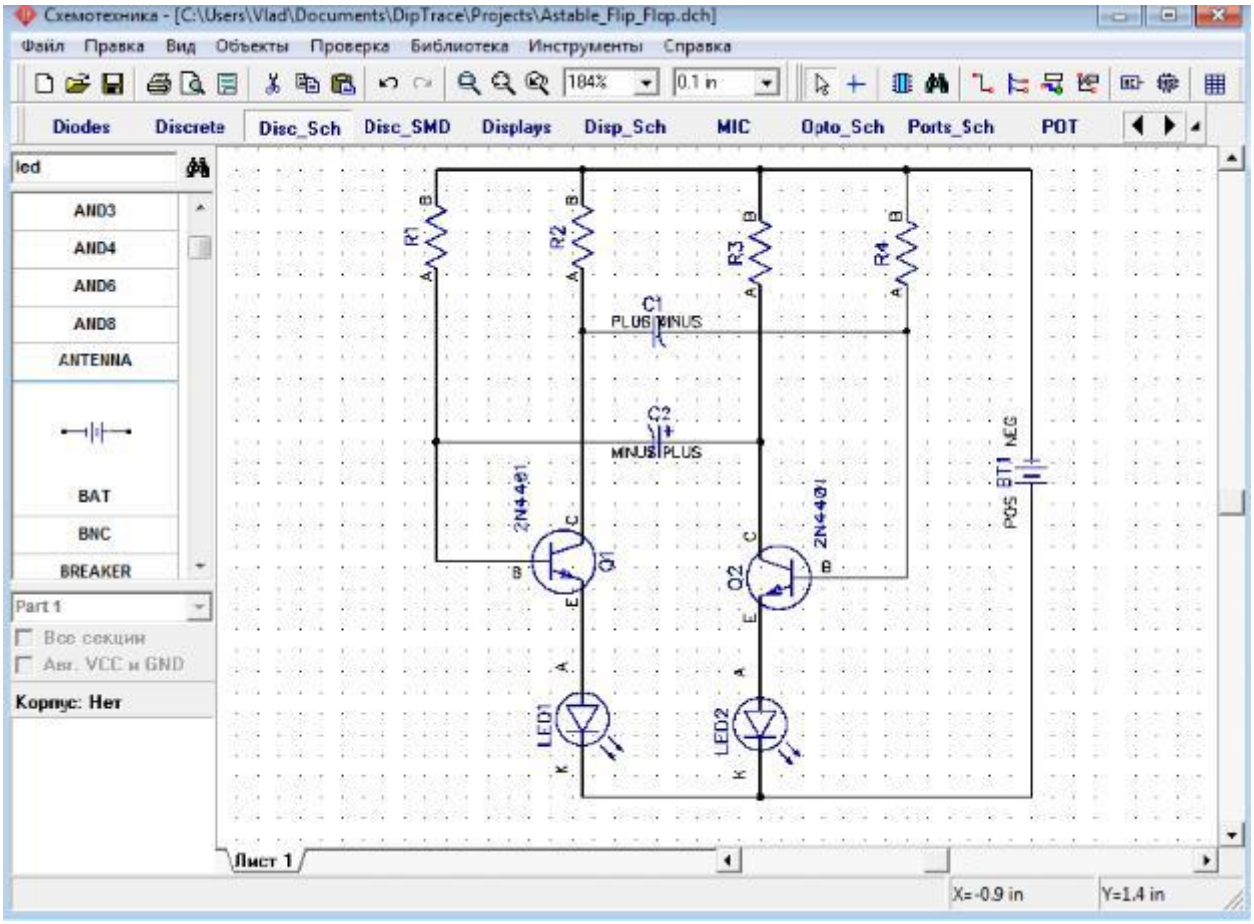


Рис.8. Схема

Подготовка к трассировке

В PCB Layout сделайте надписи корпусов видимыми: выберите "Вид / Надписи корпусов / Основная / Метки". Эта команда позволяет показывать метки для всех компонентов, за исключением компонентов с индивидуальными настройками. Если расположение надписей вам не подходит, нажмите "Вид / Надписи корпусов /Основная / Выравнивание" и выберите более подходящее расположение. Рекомендуется использовать векторные шрифты, однако допускается применение TrueType шрифтов ("Вид / Надписи корпусов / Шрифт").Для задания индивидуальных параметров для выбранных компонентов — щелчок правой кнопкой по одному из них, затем выберите "Свойства", а в диалоговом окне откройте вкладку "Надписи". Вы можете использовать "F10" или "Вид / Надписи корпусов / Позиционирование" для перемещения надписей.

При использовании автотрассировщика область трассировки (многоугольник для сложных, четырехугольник — для простых плат) создается автоматически в зависимости от ограничений введенных в настройках автотрассировки. Но в большинстве случаев размеры платы строго определены заранее. Поэтому они должны быть введены перед расстановкой компонентов и трассировкой. Выберите "Объекты / Границы платы", или нажмите соответствующую кнопку на панели трассировки в верхней части окна, затем щелкая левой кнопкой мыши задайте углы платы, щелкните правой кнопкой для задания последней точки полигона и выберите "Ввод" (рис.9).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

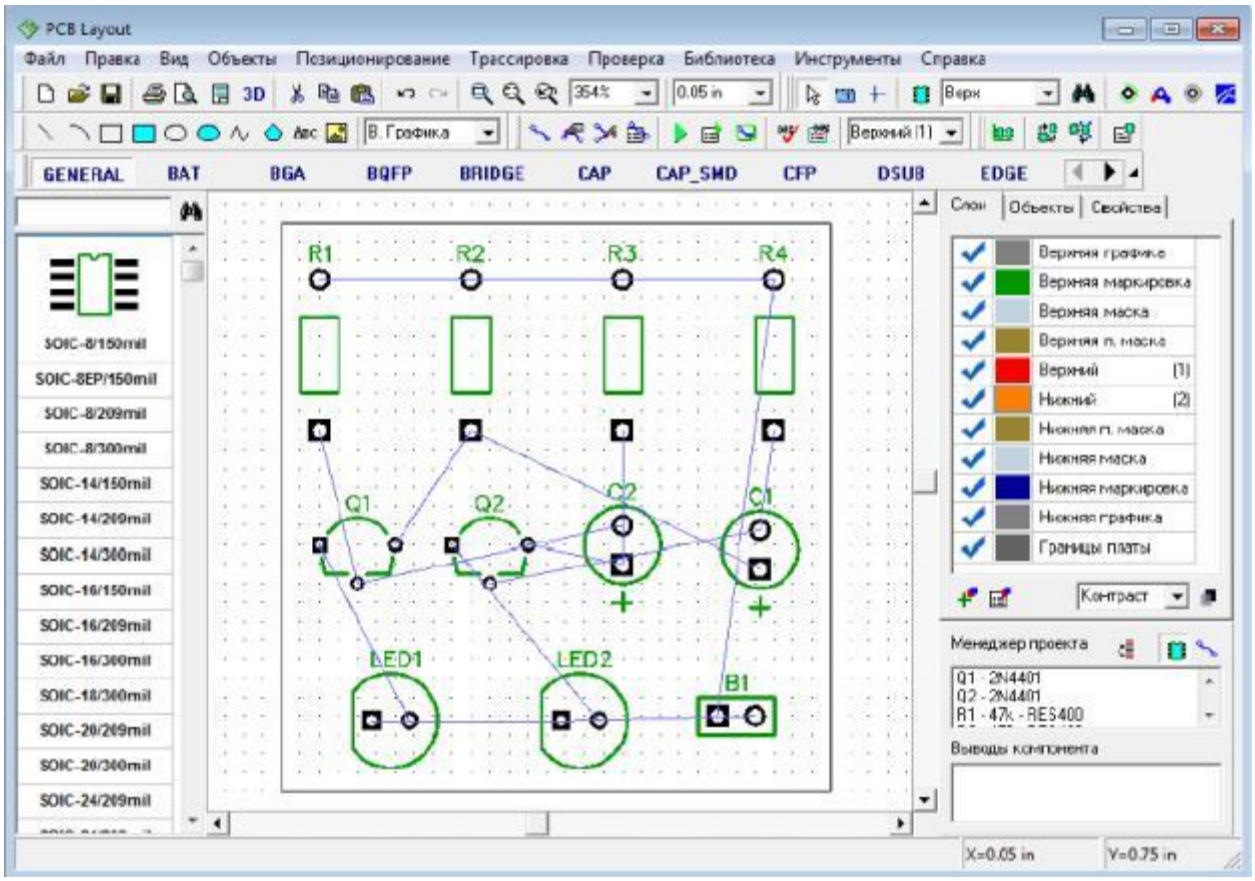


Рис. 9. Создание контура печатной платы

Также можно задать точки границ платы и/или размеры платы из диалогового окна "Границы платы", выберите "Объекты / Координаты вершин" из главного меню программы.

Автоматическая трассировка

DipTrace предлагает два автотрассировщика: высококачественный современный "Shapebased" (автотрассировщик, на много превосходящий своих конкурентов из других САПР-пакетов) и простой сеточный трассировщик, позволяющий трассировать несложные платы с перемычками.

Простые платы, как в примере, могут быть трассированы в одном (нижнем) слое, что дает очевидные преимущества — эффективность и скорость получения конечного прототипа. При односторонней трассировке дорожки, вероятно, будут длинее, чем при двухсторонней, однако, в большинстве случаев, это не критично.

Теперь настроим параметры трассировки. Сперва убедитесь, что выбран "Shape Router", для этого откройте "Трассировка / Выбор Автотрассировщика". Напротив активного трассировщика будет стоять галочка. Далее автотрассировщик нужно настроить, выберите "Трассировка / Параметры автотрассировки" из главного меню. Окно параметров автотрассировки отличается в зависимости от выбранного автотрассировщика. В диалоговом окне "Shape-based" автотрассировщика, перейдите на вкладку настроек, затем выберите опцию "Использовать приоритетные направления по слоям", выберите верхний слой и измените направление для него на "Выкл.". Также возможно трассировать однослойные платы с помощью сеточного трассировщика с перемычками, или без них (Настройки сеточного трассировщика / "Использовать перемычки"). В примере, плата очень простая, поэтому трассируем ее в одном слое без перемычек с помощью "Shape-based"-трассировщика.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

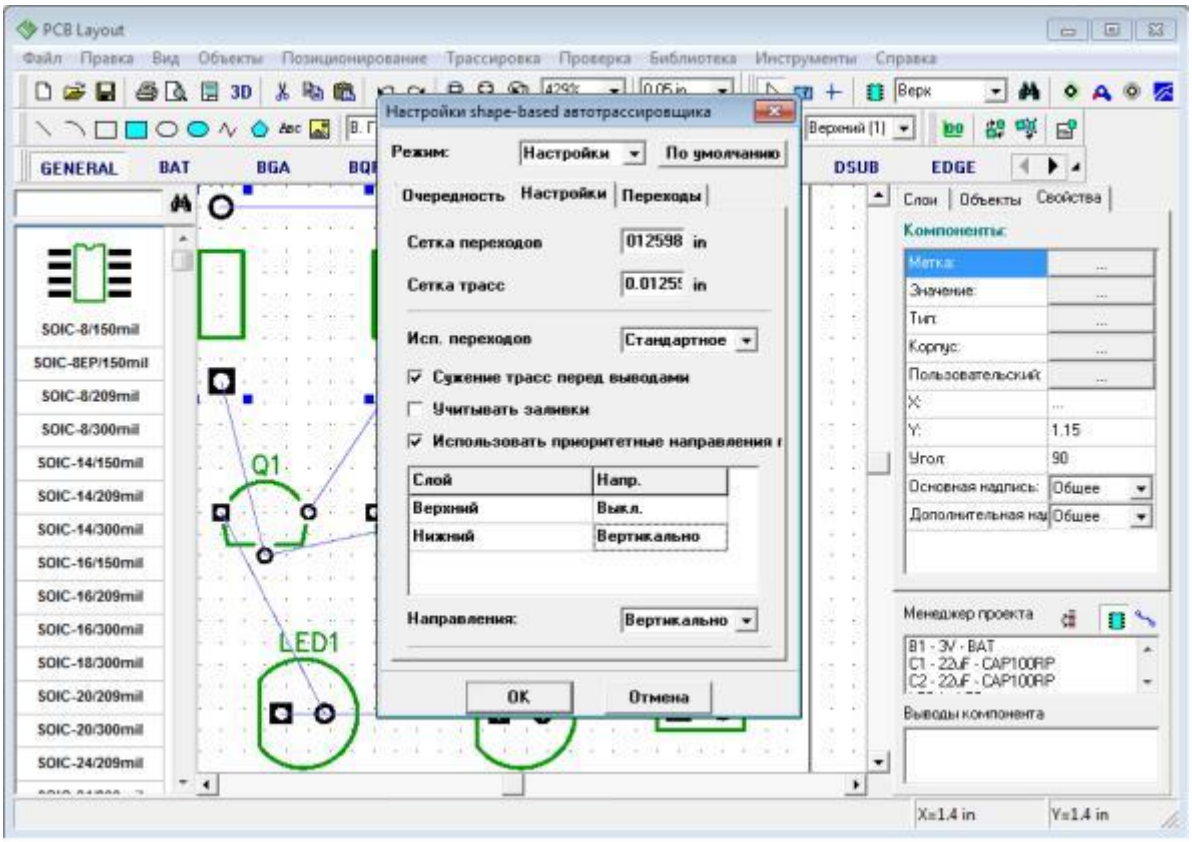


Рис. 10. Задание параметров трассировки

Нажмите OK, чтобы применить изменения и закрыть окно параметров автотрассировщика. Затем выберите "Трассировка / Параметры трассировки" (рис.10). В этом окне можно поменять значения по умолчанию для ширины трасс, зазоров между трассами и выводами, а также параметры межслойных переходов. Можно нажать "Все Классы", чтобы открыть диалоговое окно классов сетей, или — "Все Стили", чтобы открыть окно стилей переходов. Как работать с ними мы покажем немного позже. Также можно установить некоторые другие параметры трассировки во вкладке "Настройки" (рис.11).

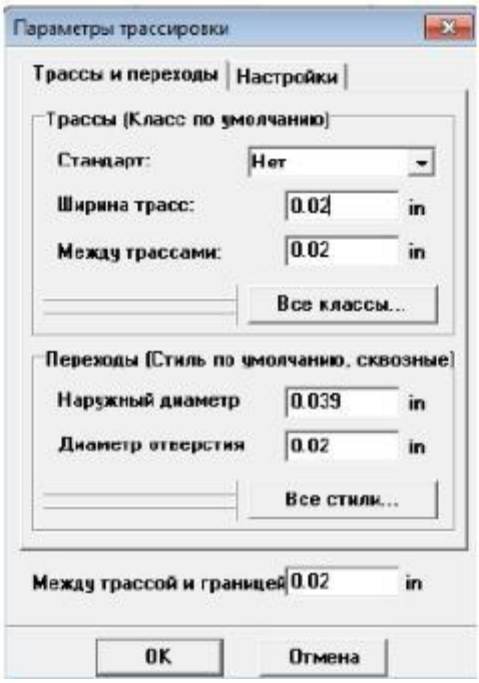


Рис.11. Задание параметров трассировки

Теперь запустите разводку платы с помощью: "Трассировка / Запуск", и плата будет трассирована. Также для запуска автотрассировщика можно использовать горячие клавиши "Ctrl+F9" (рис.12).

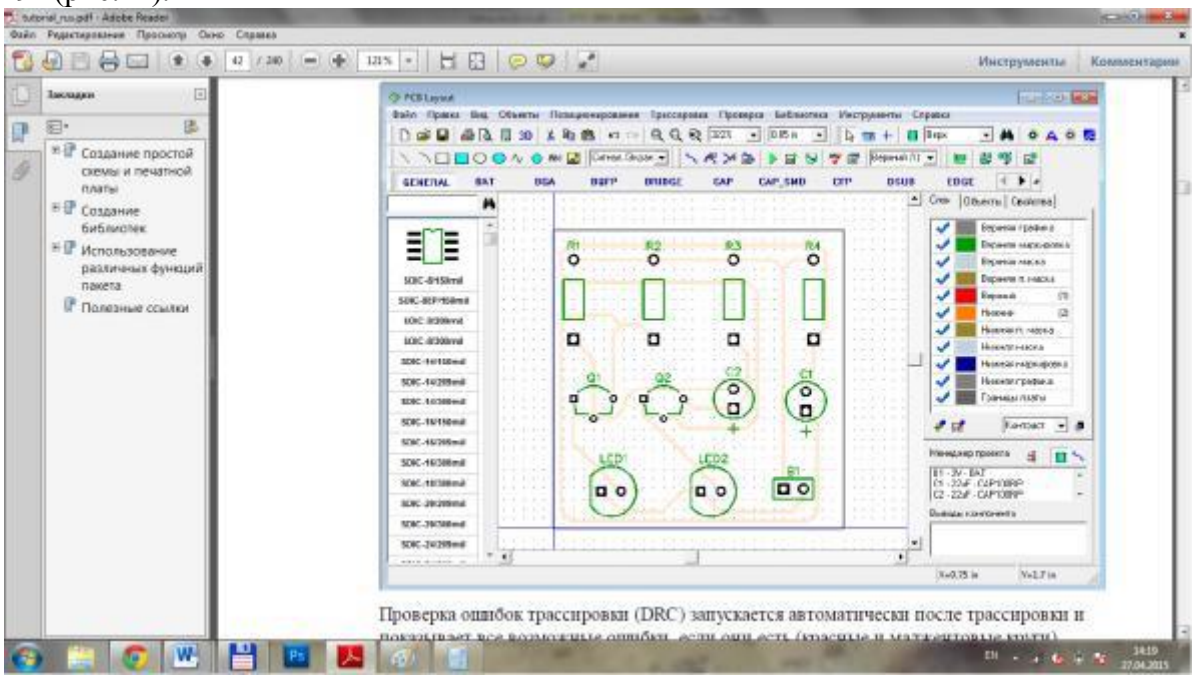


Рис.12. Трассировка печатной платы

Проверка ошибок трассировки (DRC) запускается автоматически после трассировки и показывает все возможные ошибки, если они есть (красные и маджентовые круги). Для изменения правил проверки нажмите "Проверка / Параметры проверки ошибок" в главном меню. Чтобы спрятать отображаемые ошибки нажмите "Проверка / Скрыть ошибки трассировки". Также Вы можете отменить автозапуск DRC после автотрассировки, просто уберите галочку "Трассировка / Выбор Автотрассировщика / Запустить DRC после автотрассировки" в главном меню. В любом случае, как работать с проверками проекта, мы покажем позже, поэтому не забегайте на перед.

Задание для самостоятельного выполнения

1.Установить единицы измерения – мм, установить размеры страницы А4 (297 х 210мм).
2.Установить рамку, заполнить ее.
3.Создать электрическую принципиальную схему согласно примеру.
4.Выполните трассировку печатной платы.
5.Разработать библиотеку корпусов (п. 2.1.1-2.1.3, 2.1.6 , 2.2.1-2.2.3 руководства DipTrace)

Отчет должен содержать:

1.Титульный лист.
2.Скрин экрана с электрической принципиальной схемой.
3.Скрин экрана с трассировкой печатной платы.

Контрольные вопросы

1.Что такое электрическая принципиальная схема?
2. Что такое трассировка печатной платы?
3. Как выполняется трассировка печатной платы?
4. Какие способы выполнения трассировки печатной платы в DipTrace существуют?
5. Для чего предназначен пакет PCB Layout DipTrace?

6. Что такое трассировка печатной платы?

Практическое занятие №14. Построение УГО элементов ВТ.

Цель работы: научиться правильно изображать УГО элементов ВТ любой сложности; знать правило простановки позиционных обозначений на схеме и уметь его применять.

Теоретические сведения

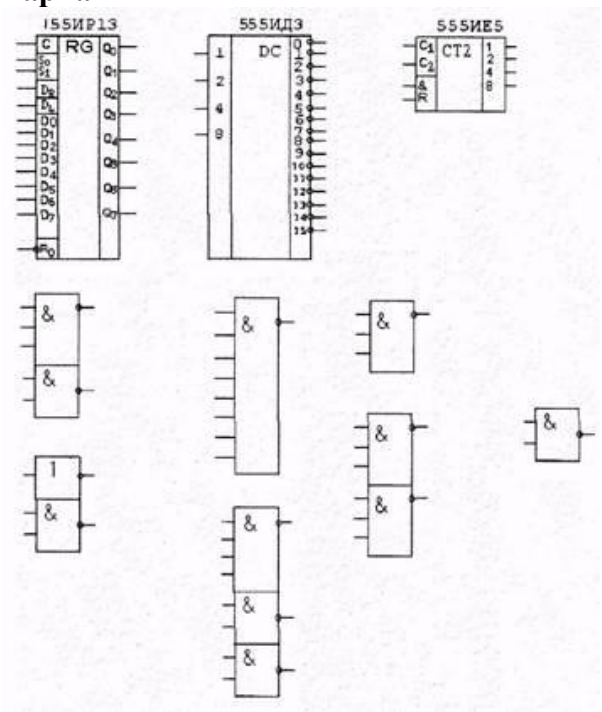
Элемент цифровой техники (далее - элемент) - цифровая или микропроцессорная микросхема, ее элемент или компонент; цифровая микросборка, ее элемент или компонент. Определения цифровой и микропроцессорной микросхем, их элементов и компонентов - по ГОСТ 17021, определения цифровой микросборки, ее элемента или компонента - по ГОСТ 26975.

Примечание. К элементам цифровой техники условно относят элементы, не предназначенные для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции, но применяемые в логических цепях, например конденсатор, генератор и т.п.

При построении УГО используют символы «0» и «1» для идентификации двух логических состояний «логический 0» и «логическая 1»

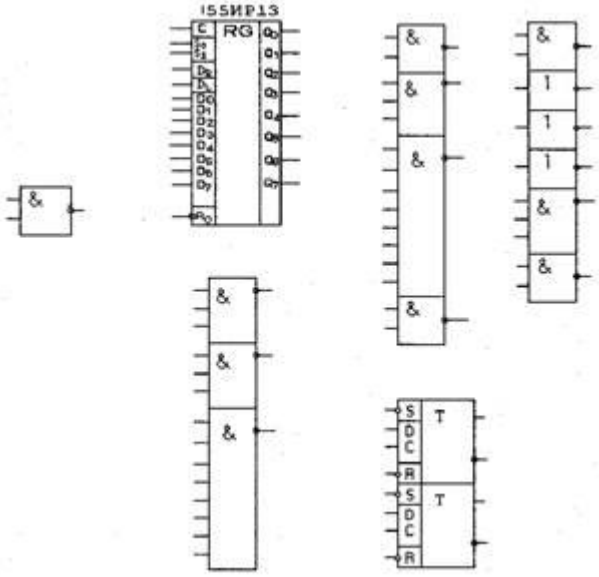
Варианты заданий

Вариант 1

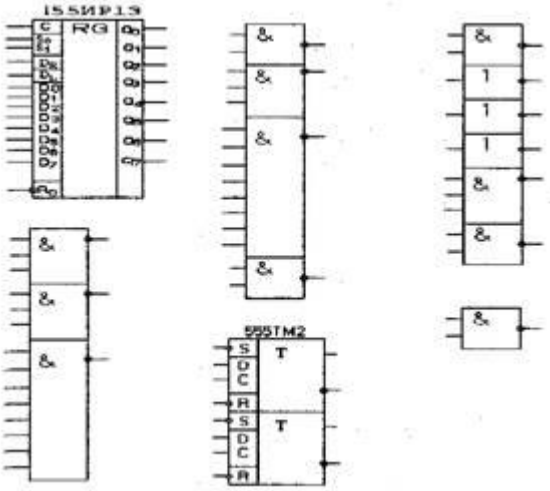


Вариант 2

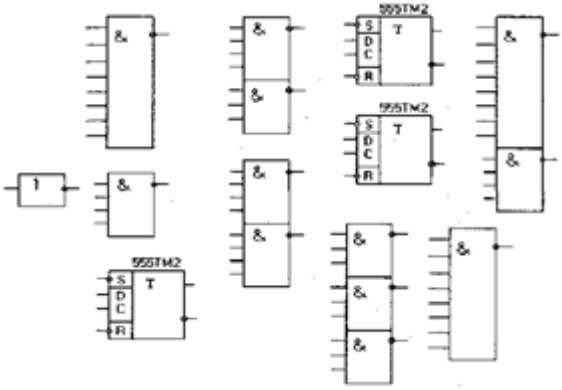
Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



Вариант 3

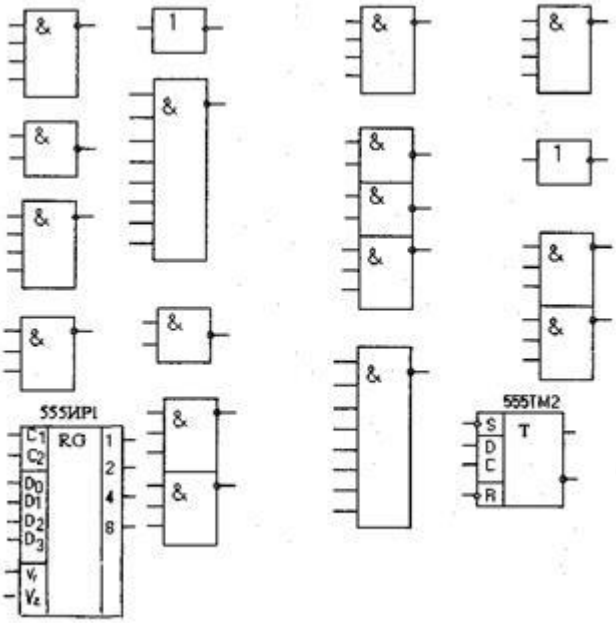


Вариант 4

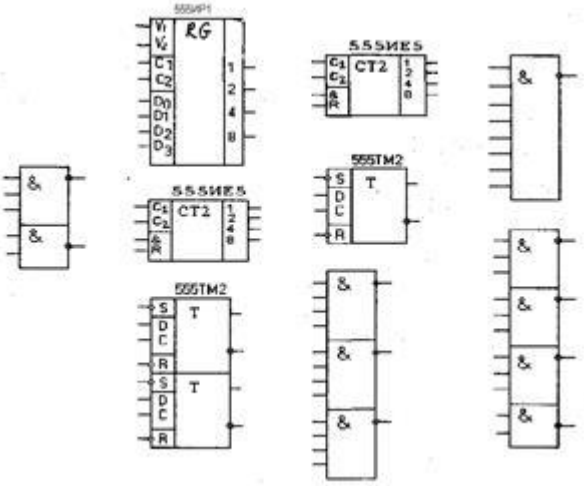


Вариант 5

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

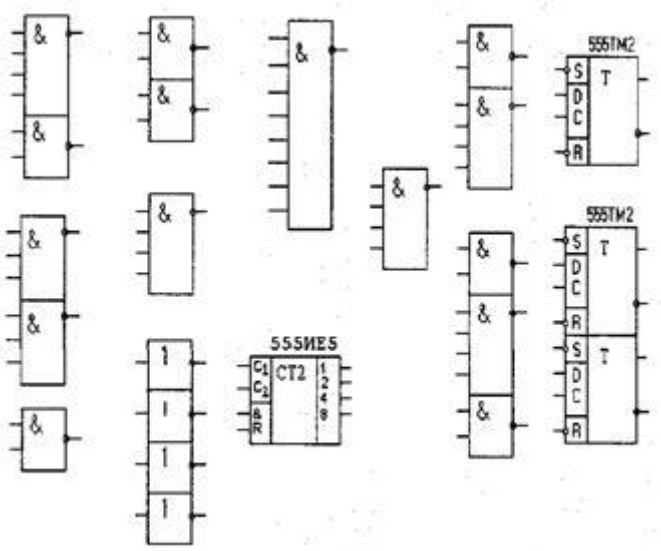


Вариант 6

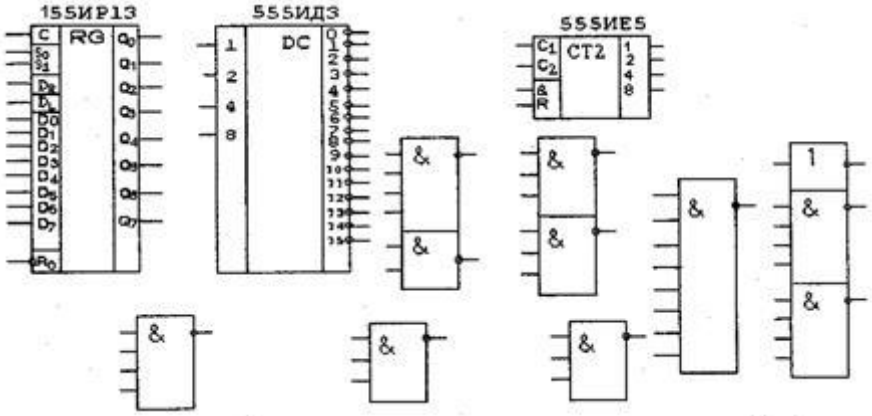


Вариант 7

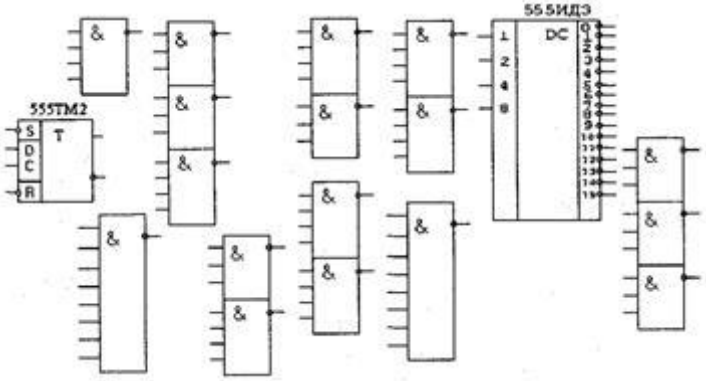
Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



Вариант 8

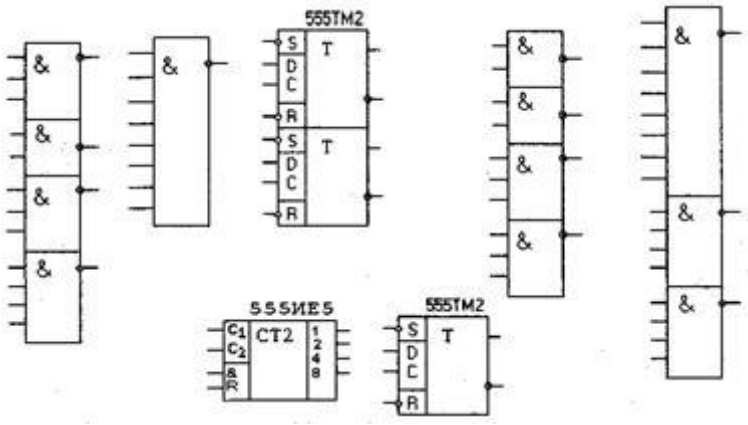


Вариант 9



Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Вариант 10



Порядок выполнения работы

1. Изобразить элементы выданного варианта на двойном тетрадном листе шариковой ручкой, выдерживая размеры элементов в соответствии с требованиями ГОСТ 2.743-91.

2. На элементах, воспринимая их как схему электрическую принципиальную, проставьте БЦПО. Для определения количества элементов в корпусах пользуйтесь справочником по ИМС.

3. На листе в правом нижнем углу прорисуйте свободные элементы с простановкой их БЦПО.

Контрольные вопросы

1 Чем определяется ширина основного поля УГО.

2 Чем определяется ширина дополнительных полей УГО.

3 Как располагаются входы элемента.

4 Как располагаются выходы элемента.

5 По какому правилу расставляются позиционные обозначения на элементы схемы.

Практическое занятие №15. Разработка схемы Э1 на устройство

Цель работы: сформировать на экране дисплея схему электрическую принципиальную электронного устройства и получить ее бумажную копию на формате А4. 2. Выполнить перечень элементов стандартной формы к данной схеме на формате А4.

Исходные материалы к работе

Для выполнения работы необходимо подготовить составленные на черновике и проверенные преподавателем:

а) схему электрическую принципиальную;

б) перечень элементов к данной схеме.

Образцы выполненных в среде AutoCAD документов представлены: схемы электрической принципиальной на рис.1, перечня элементов к ней на рис.2.

Порядок выполнения работы

1. Войти в сетевую среду Windows NT4 · На приглашение Для входа в систему нажмите одновременно Ctrl+Alt+Del . · В открывшемся окне Вход в систему ввести пароль Student и щелкнуть мышью на OK. Выполняется вход в систему. На экране появляется рабочий стол Windows NT4 с ярлыками программ.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

2. Запустить систему AutoCAD 2000 · На рабочем столе Windows NT4 щелкнуть дважды мышью по ярлыку AutoCAD2000. · На экран выведется диалоговое окно начала работы При загрузке.

3. Создать файл нового чертежа Для создания нового чертежа необходимо: · в диалоговом окне При загрузке щелкнуть мышью по пиктограмме Использовать шаблон; · в списке Выберите шаблон щелкнуть мышью по A4m.dwt. Справа в окне просмотра появится изображение формата А4; · загрузить выбранный шаблон (щелкнуть по кнопке OK или нажать Ввод на клавиатуре); на экране в графическом окне AutoCAD выведется формат А4; · чертежу автоматически присваивается имя Drawing 1 с расширением dwg; · дать оригинальное имя новому чертежу, для чего: ¨ на панели падающих меню открыть меню Файлы; ¨ включить команду Сохрани как; ¨ во всплывшем диалоговом окне найти папку Work, открыть ее и ввести имя файла по типу Petrov1 или Петров1; ¨ на экран выведется зона с сеткой (размеры зоны 297x420мм), имеющая следующие настройки графического режима: шаг сетки - 10мм; шаг курсора - 1мм.

4. Извлечь из библиотеки свой вариант задания · Щелкнуть мышью на панели падающих меню по меню Библиотека; · В открывшемся меню в разделе Задания: установить курсор на строку Схемы принципиальные; · Во всплывшем списке заданий установить курсор на номер своего варианта и щелкнуть мышью; · На экран выведется зашифрованная принципиальная схема, где вместо условных изображений радиоэлементов расположены квадраты. Изображение каждого квадрата оформлено отдельным блоком. Изображение микросхемы и разъема (вилки или колодки) не зашифрованы и приведены в соответствии со стандартом на условные графические обозначения радиоэлементов.

5.Увеличить зону экрана с зашифрованной схемой · На панели инструментов щелкнуть мышью по кнопке · Зафиксировать щелчками мыши первый и второй диагональный угол прямоугольника, охватывающего схему. На экран выведется схема в увеличенном масштабе.

6. На зашифрованной схеме удалить все квадраты-блоки, (кроме микросхемы и разъема). Это можно выполнить следующим образом: · выделить мышью поочередно каждый квадратик и номер внутри него и нажать клавишу Del на клавиатуре; · или открыть меню Изменить и включить команду Удалить. Выделить мышью поочередно каждый квадратик и номер внутри него и нажать Enter на клавиатуре;

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

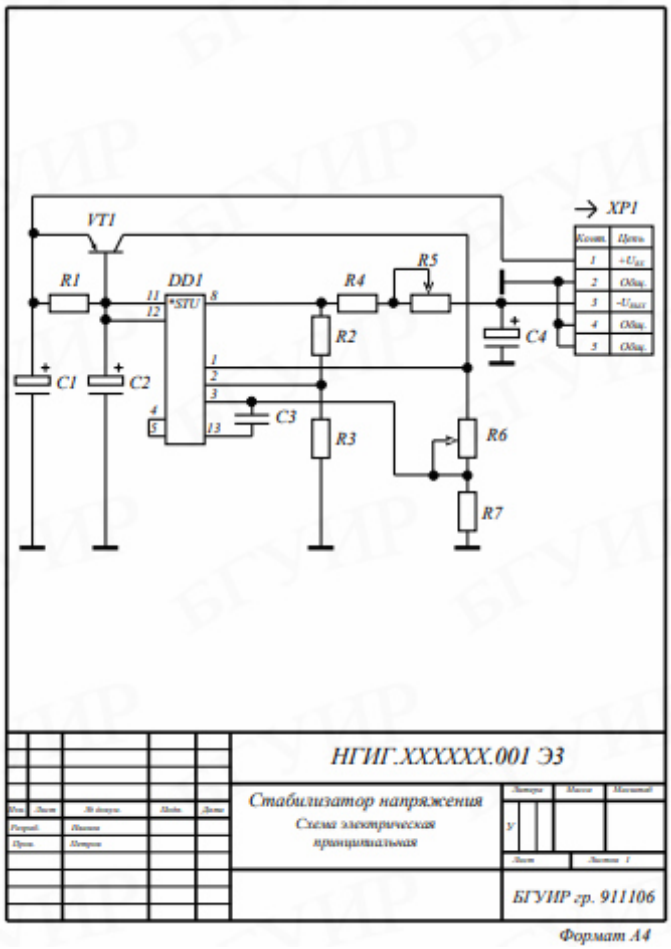


Рис.1. Схема электрическая принципиальная.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы К50 ОЖ0.464.031 ТУ		
	Конденсатор КМ ОЖ0.460.061 ТУ		
C1	К50-6-2000 мкФ × 50 В	1	
C2	К50-6-1 мкФ × 25 В	1	
C3	КМ-6А-Н-90-0,1 мкФ	1	
C4	К50-6-100 мкФ × 16 В	1	
DD1	Микросхема КР142ЕН1А		
	бК0.348.634-01 ТУ	1	
	Резисторы МЛТ ГОСТ 7113-77		
	Резисторы СП3 ГОСТ 11077-78		
R1	МЛТ-0,125-120 Ом±10%	1	
R2	МЛТ-0,125-360 Ом±10%	1	
R3	МЛТ-0,125-3,9 кОм±10%	1	
R4	МЛТ-0,125-10 Ом±10%	1	
R5	СП3-180 Ом	1	
R6	СП3-10 кОм	1	
VT1	Транзистор КТ814Б аА0.336.184 ТУ	1	
XP1	Вилка 2РМ18Б7Ш1А1 ГЕ0.364.140 ТУ	1	

НГИГ.XXXXXX.001 ПЭ3

Стабилизатор напряжения

Перечень элементов

БГУИР гр. 911106

Формат А4

Рис.2. Перечень элементов к схеме электрической принципиальной

7. Установить режим "орто" (клавиша F8. Или кнопка Орто в строке состояния).

8. Установить условные графические изображения радиоэлементов на схеме. Условные изображения радиоэлементов хранятся в библиотеке AutoCAD2000 и каждое из них оформлено отдельным блоком, к которому можно применить команды редактирования (перемещение, копирование и т.д). Установить первый радиоэлемент (например, резистор) · Щелкнуть мышью на панели падающих меню по меню Библиотека; · В открывшемся меню в разделе Стандартные элементы: установить курсор на строку УГО принципиальных схем и щелкнуть мышью; · Во всплывшем графическом меню УГО принципиальных схем установить курсор в ячейку с изображением резистора и щелкнуть мышью по кнопке Ok; · На экран выведется условное изображение резистора, привязанного к курсору; · установить резистор в нужное место схемы, перемещая его по экрану и фиксируя точку вставки щелчком мыши. В этот момент система автоматически переходит в режим поворота и, при необходимости, можно повернуть резистор на 90˚ перемещением мыши. Если резистор поворачивается не на 90˚, проверьте включение режима Орто. Повторным щелчком мыши резистор окончательно фиксируется в нужной точке в нужном положении. Если установка произведена неверно, можно стереть резистор и произвести установку сначала или переместить (повернуть) его в нужное положение. Установить резистор в другие места схемы.

1. Самый простой способ – извлечь резистор из графического меню УГО принципиальных схем из Библиотеки так, как это обьяснено выше и установить его в нужные места схемы.

2. Можно после установки очередного резистора вызвать графическое меню УГО принципиальных схем минуя Библиотеку. Для этого нужно: ¨ нажать правую клавишу мыши; ¨ во всплывшем контекстном меню щелкнуть мышью по команде Повторить Уго принципиальных схем

; ¨ извлечь резистор из всплывшего графического меню УГО принципиальных схем и установить его в нужные места схемы.;

3. Можно использовать копирование уже установленного резистора. Для этого: ¨ включить в падающем меню Изменить команду Копируй ¨ в ответ на запрос в командной строке Выбери объект подвести курсор к уже установленному резистору и щелкнуть мышью. Резистор выделится прерывистой линией. ¨ в ответ на повторный запрос в командной строке Выбери объект нажать клавишу клавиатуры Enter (т.е. указать что других объектов выбора не будет); ¨ включить мультирежим (ввести в командной строке латинскую букву М); ¨ следуя указаниям в командной строке, установить базовую точку выделенного резистора (подвести курсор к крайней точке вывода радиоэлемента и щелкнуть мышью). Элемент окажется привязанным к курсору этой базовой точкой. ¨ переместить курсор в нужное место схемы и нажатием левой клавиши мыши зафиксировать резистор. Затем переместить базовую точку в другое и т.д. место схемы и зафиксировать резистор в этих точках. ¨ выйти из режима Копируй (нажать клавишу Esk на клавиатуре). Установить другие элементы схемы. Их установку произвести аналогично установке резисторов.

9. Произвести окончательное редактирование схемы. На сформированной схеме проверить стыковку выводов радиоэлементов с линиями электрической связи. В случае необходимости резистор можно переместить или повернуть (меню Изменить команда Повернуть);Эти операции лучше проводить на увеличенных фрагментах схемы.

10. Нанести на схеме позиционные обозначения радиоэлементов. · Включить в падающем меню Черчение команду Текст и режим Текстовая строка. · Согласно указаниям в командной строке установить курсор в начальную точку (левая нижняя точка) позиционного обозначения и щелкнуть мышью · Ввести с клавиатуры высоту шрифта 5. · Подтвердить угол поворота строки 0 (щелкнуть мышью или нажать клавишу Enter на клавиатуре. · На запрос в командной строке Enter text ввести в командной строке текст по типу R1. Для фиксации текста нажать клавишу Enter на клавиатуре или щелкнуть мышью. · На повторный запрос в командной строке Enter text переместить курсор к следующему элементу и ввести в командной строке позиционное обозначение этого элемента.

ВНИМАНИЕ! Обязательно нанесите позиционные обозначения микросхемы и разъема.

11. Вывести все изображение на экран (падающее меню Вид команда Покажи затем Все).

12. Увеличить основную надпись на весь экран.

13. Заполнить основную надпись (падающеее меню Черчение команда Текст режим Текстовая строка). Основную надпись заполнить так, как показано на рис.1. Для ввода фамилий разработчиков и проверяющего увеличить левую часть основной надписи и установить высоту шрифта 3мм. Для ввода номера группы вывести все изображение на экран, увеличить нужную часть основной надписи и установить размер шрифта 4мм.

14. Вывести все изображение на экран.

15. Записать схему в файл Petrov1. · На панели инструментов нажать на пиктограмму с изображением дискеты. · Или открыть падающее меню Файл, включить команду Сохрани.

16. Получить твердую копию схемы Предупредить инженера или преподавателя о готовности к выводу схемы на бумагу и далее действовать по его указаниям.

17. Закрыть чертеж с электрической принципиальной схемой ¨ Получить бумажную копию схемы ¨ Щелкнуть мышью по кнопке с крестиком в правом верхнем углу окна со схемой (но не в правом верхнем углу экрана). ¨ Окно с принципиальной схемой исчезнет с экрана. ¨ Можно приступать к выполнению структурной схемы.

Практическое занятие №16. Разработка схемы Э2 на устройство.

Цель работы: приобрести практический опыт разработки комбинационных схем

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Теоретические сведения

Задача синтеза комбинационной схемы, представляющей собой дискретное устройство, выходы которого в любой момент времени однозначно определяются состоянием входов, состоит из следующих этапов:

- составления таблицы истинности для входов и выходов комбинационной схемы по условию задачи;
- записи логической функции или логических функций для всех разрядов выхода;
- минимизации логических функций;
- записи логических функций в заданном базисе;
- составления функциональной схемы по логическим функциям.

Варианты заданий

Таблица 2

Буквы	Код 1							Код 2						
	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	У7	У6	У5	У4	У3	У2	У1
А	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
Б	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
В	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
Г	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Д	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
Е	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
Ж	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
З	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
И	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
К	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
Л	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
М	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
Н	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
О	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1
П	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
Р	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
С	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Т	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
У	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
Ф	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
Х	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
Ц	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1
Ч	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
Ш	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1
Щ	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
Ы	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1
Э	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
Ю	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
Я	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0

Порядок выполнения работы

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Построить схему электрическую функциональную кодопреобразователя, преобразующего четыре первых буквы Вашей фамилии из кода 1 в код 2.

Коды приведены в таблице 2.

Схему необходимо выполнить на тетрадном листе. Исходные данные оформите в виде таблицы, как показано в таблице 1.

В приложении Б показана схема электрическая функциональная кодопреобразователя, преобразующего буквы **ЧЕРВ** из кода 1 в код 2. Входная комбинация элемента И1 (см. схему Э2 в приложении Б) соответствует конъюнкции входных сигналов буквы " **Ч** " (см. таблицу 1, позиция I). При формировании конъюнкции необходимо помнить, что если переменная "X" входит в конъюнкцию как " 0 ", то берется ее инверсное значение, а если переменная "X" входит в конъюнкцию как " 1 ", то берется прямое значение переменной. Аналогично входная комбинация элемента И2 соответствует букве " **Е** ", элемента ИЗ - букве " **Р** ", элемента И4 - букве " **В**".

Необходимость установки элементов ИЛИ определяется поразрядным анализом значений "Y" (см. таблицу 1 позиция II).

Работа защитывается после предъявления преподавателю схемы Э2 на тетрадном листе. Преподаватель проверяет соответствие схемы исходной таблице истинности.

Таблица 1 - Исходное задание

Буквы	код 1 $x_7x_6x_5x_4x_3x_2x_1$	код 2 $y_7y_6y_5y_4y_3y_2y_1$
Ч	0 0 1 0 1 1 1	1 0 1 1 0 1 1
Е	0 0 0 0 1 1 0	1 0 0 1 0 0 1
Р	0 0 1 0 0 0 0	1 0 1 0 0 1 1
В	0 0 0 0 0 1 1	1 0 0 0 1 0 1

I II

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные этапы разработки комбинационных схем
2. Каковы основные правила оформления функциональной схемы?
3. Какие элементы использовались на схеме и почему?

Практическая работа №17. Разработка схемы Э3 на устройство.

Цель работы: приобрести практический опыт по переводу схемы Э2 на конкретную элементную базу .

Теоретические сведения

Элементы серии К555 (бКО 348 289ТУ)

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

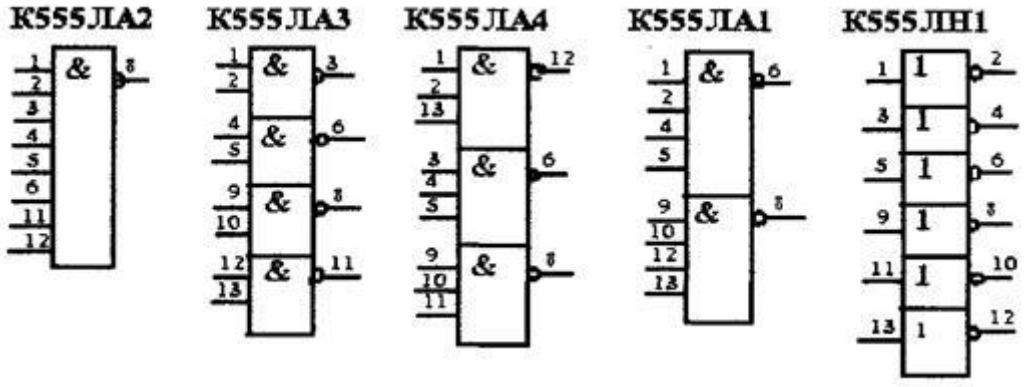


Рисунок 1

Во всех этих элементах серии К555 для подачи питающего напряжения используются следующие выводы:

7 вывод – «Общий»

14 вывод –« +5В».

Эти элементы находятся в корпусах прямоугольных пластмассовых 2101.14-1 (рисунок 2).

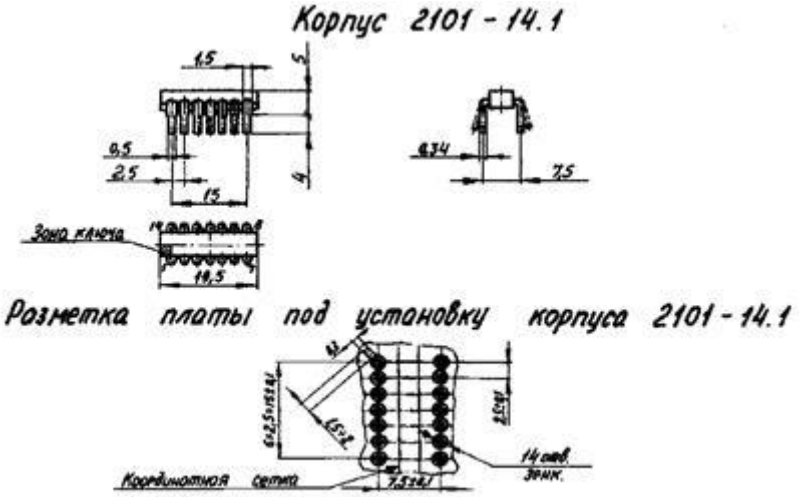


Рисунок 2

Порядок выполнения работы

Для построенной схемы электрической функциональной (см. Практическоую работу № 2) разработать схему электрическую принципиальную, пользуясь элементами 555 серии.

Схему выполнить на тетрадном листе. Для построения схемы ЭЗ пользуйтесь только следующими элементами 555 серии:

- К555ЛА1;
- К555ЛА2;
- К555ЛАЗ;
- К555ЛА4;
- К555ЛН1.

Эти ИМС показаны на рисунке 1.

Все элементы 555 серии используются на основании технических условий:

бКО 348 289ТУ.

Для подачи в устройство питающего напряжения, входных сигналов и снятия выходных сигналов используйте навесную вилку МРН22-1 ОЮО 364 043ТУ (вилка навесная, на 22 контакта, однорядная).

Пример оформленной схемы ЭЗ показан в приложении В. В схеме ЭЗ должны быть сформированы все инверсные входные сигналы из их прямых значений.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

В схеме Э2 кодопреобразователя использовались элементы И на 7 входов и элементы ИЛИ на разное количество входов. Среди элементов, предлагаемых для построения схемы Э3, нет элементов ИЛИ, а есть элементы И-НЕ на разное количество входов. В соответствии с законом инверсии можно провести следующие преобразования:

$$a \cdot b + c \cdot d = \overline{\overline{a \cdot b + c \cdot d}} = \overline{\overline{a \cdot b} \cdot \overline{c \cdot d}}$$

Схемы, реализующие левую и правую части выражения, приведены на рисунке 1.

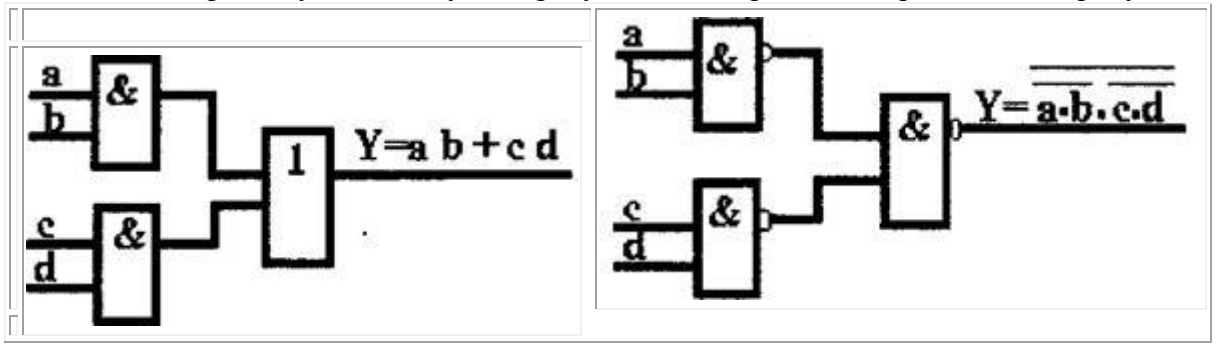


Рисунок 1

Таким образом, связку элементов И и ИЛИ схемы Э2 можно заменить элементами И-НЕ и значение функции при этом не изменится. Если в Ваших вариантах значение функции " Y" в схеме Э2 снималось не с элементов ИЛИ а с элементов 7И, то в связи с тем, что для реализации элементов 7И выбран элемент 8И-НЕ с инверсным выходом, в эти цепи при формировании значений " Y" необходимо установить дополнительно инверторы, чтобы не изменить полярность выходного сигнала. (см. функцию Y3 на схеме в приложении В).

Не забудьте в схеме Э3 проставить буквенно-цифровые позиционные обозначения (на все элементы, включая разъем) и указать номера выводов всех элементов, кроме контактов разъема.

Так как схема Э3 содержит полный состав устройства, то в ней необходимо показать все конденсаторы, устанавливаемые в устройство для подавления помех, поступающих по шинам питания. Расчет и выбор этих конденсаторов осуществляется при выполнении Практической работы № 4. После выполнения Практической работы № 4 изобразить рассчитанные конденсаторы в схеме Э3.

Работа защитывается после предъявления преподавателю схемы Э3 на тетрадном листе. Преподаватель проверяет соответствие разработанной схемы Э3 схеме Э2.

Контрольные вопросы

1. Какие выводы в элементах серии К555 предназначены для подачи питающего напряжения
2. Что необходимо использовать для подачи в устройство питающего напряжения, входных сигналов и снятия выходных сигналов
3. Почему выполняется замена связки элементов И и ИЛИ схемы на элементы И-НЕ. Поясните почему значение схемы не изменится.
4. Для чего устанавливаются дополнительные инверторы?

Практическая работа №18. Разработка перечня документов.

Цель работы: научится производить расчет и выбор развязывающих конденсаторов по питанию, то есть обеспечивать помехоустойчивость разрабатываемых устройств; усвоить правила заполнения перечня элементов к схеме Э3

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Теоретические сведения

Микросхемы типа " логика" 533 серии находятся в корпусах с планарными выводами: 401.14-4 (рисунок Е.3).

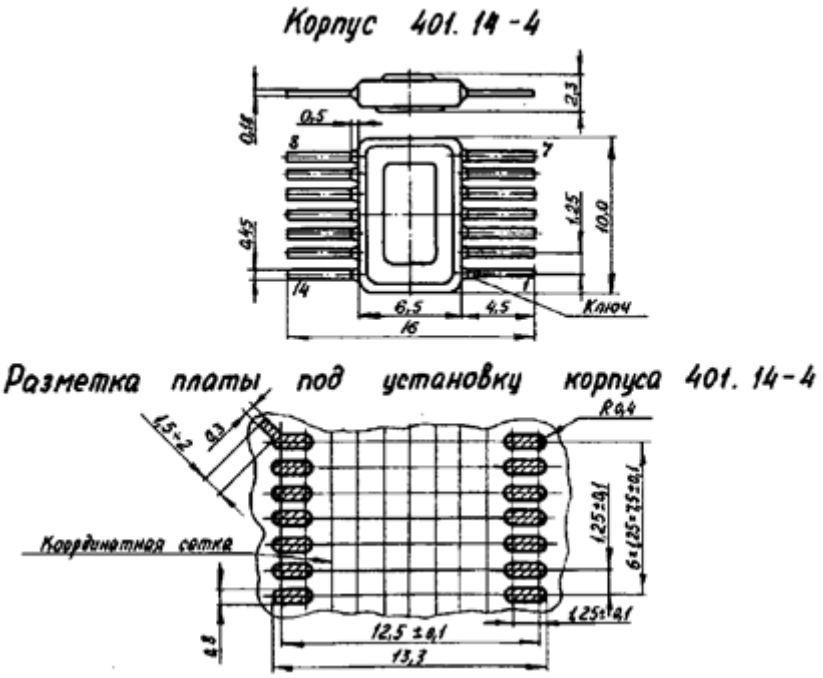


Рисунок.

РЕЗИСТОРЫ

Постоянные непроволочные металлодиэлектрические С2-33Н

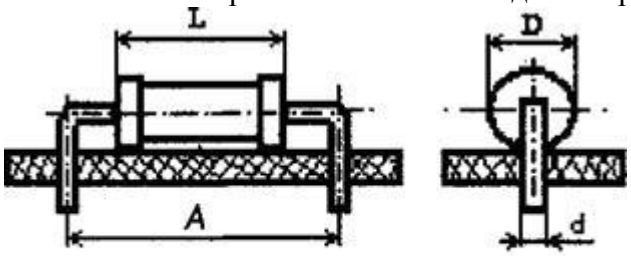


Таблица Ж..1

Номинальная мощность	Диапазон номинальных сопротивлений, Ом	**Размеры, мм**				Масса, г не более
		D	L	A	d	
0,125	1-3,01·10^6	2,2	6,0	10	0,6	0,15
0,25	1-5,11·10^6	3,0	7,0	12		0,25
0,5	0,1-5,11·10^6	4,2	10,2	14	0,8	1,0
1	1-10·10^6	6,7	13,0	17		2,0
2	1-22·10^6	8,8	18,5	22	1,0	3,5

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Примечание - Промежуточные значения номинальных сопротивлений соответствуют ряду Е96 с допусками ±1; ±2% и ряду Е24 с допусками ±5%; ±10%.

Пример записи резистора в конструкторской документации:
Резистор С2-33Н-0,125-1кОм ±10% ОЖО 467 173ТУ
Ряды номинальных значений резисторов Е24 и Е96 приведены в таблице 2.
Таблица 2

Е24	Е96	Е96	Е96
1,0 1,1 1,2 1,3 1,5 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,7 3,0 3,3 3,9 4,3 4,7 5,1 5,6 6,2 6,8 7,5 8,2 9,1	100 102 105 107 110 113 115 118 121 124 127 130 133 140 147 150 154 158 162 169 174 178 182 187	191 196 200 205 210 215 221 237 249 261 267 274 280 287 294 301 309 316 324 348 357 365 383 392	402 422 442 464 511 536 562 590 619 649 681 750 768 787 806 825 845 866 887 909 931 953 976

Порядок выполнения работы

Для схемы Э3 кодопреобразователя разработать перечень элементов.

Перечень элементов оформляется на тетрадном листе. Микросхемы, входящие в состав кодопреобразователя, определены на этапе разработки схемы Э3 (при выполнении практической работы № 3).

В схеме Э3, показанной в приложении В, используется 7 микросхем:
-D1, D2(К555ЛН1);
-D3...D6(К555ЛА2);
-D7 (К555ЛА3).
Определите в каком корпусе находятся все эти микросхемы (см. теоретические сведения).

Изобразите разметку платы под установку корпуса ИМС (рисунок 2 предыдущей практической работы) с простановкой размеров.

При разработке конструкции кодопреобразователя в виде печатной платы эти 7 микросхем можно расположить в два ряда (см. рисунок 2).

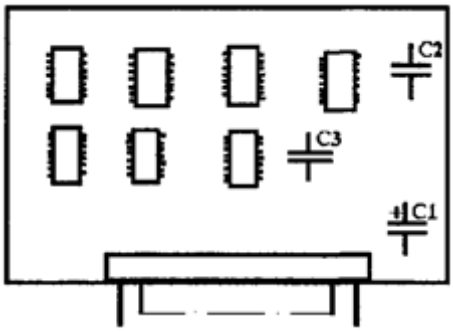


Рисунок 2

Для подавления **низкочастотных помех**, поступающих в устройство по цепям питания, на плату необходимо установить один электролитический конденсатор типа К50, из расчета:
по 0,1мкФ на каждую ИМС.
С1= 0,1х7 = 0,7мкФ,
где 7 - количество ИМС на плате.
При выборе конденсатора из приложения И номинал ёмкости округлять в большую сторону!
Выбирается конденсатор **С1:**
К50-……ТУ.

Теоретические сведения

Спецификация может состоять из разделов:
- документация;
- сборочные единицы;

- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы.

Наличие тех или иных разделов определяется составом изделия.

Варианты заданий

Вариант 1. Название изделия "Приемник блока связи".

На изделие выпущена следующая документация:

1. Пояснительная записка, формат А4, 50 листов;
2. Сборочный чертеж, формат А1, 1лист;
3. Плата. Чертеж детали, формат А2, 1 лист;
4. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 1 лист;
5. Формирователь. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 2 листа;
6. Формирователь. Схема электрическая функциональная, формат А1, 2 листа;
7. Спецификация, формат А4, 3 листа.

Список компонентов изделия:

1. Формирователь - 1шт.
2. Плата - 1 шт.
3. Шины - 4 шт.
4. Резисторы С2-33Н -0,125-1 кОм± 10% ОЖО 467 173ТУ, 2 шт.
5. Конденсаторы: К10-7В-Н70-0,022мкФ±10% ГОСТ 5.621-77, Зшт.;
К10-7В-Н70-0,01мкФ±10% ГОСТ 5.621-77, Зшт.;
К50-6-6,3В-50мкФ ± 10% ОЖО 464 107ТУ, 1 шт.
6. Микросхемы 6КО 348 289ТУ:
К555ТМ2-2шт.;
К555ЛРЗ-1шт.;
К555ЛА6-7шт.;
К555ЛАЗ-3шт.;
К555ИР1-6шт.

Вариант 2. Название изделия " Устройство диагностики ".

На изделие выпущена следующая документация:

1. Схема электрическая структурная, формат А1, 2 листа;
2. Пояснительная записка, формат А4 , 45 листов;
3. Сборочный чертеж, формат А1, 1 лист;
4. Схема электрическая функциональная, формат А1, 1 лист;
5. Узел контроля. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 1 лист;
6. Узел контроля. Схема электрическая функциональная, формат А1, 1 лист.

Список компонентов изделия:

Узел контроля-1шт.

1. Плата -1шт.
2. Лицевая панель - 1шт.
3. Заклепки 4х5.625 ГОСТ 12539-80, 2 шт.
5. Резисторы по ОЖО 467 173ТУ С2-33Н-0,125-330 Ом±10% , 2 шт.
6. Светодиоды АЛ 102А аАО 336 041ТУ, 2 шт.
7. Микросхемы: К564ЛА7 бКО 347 064ТУ, 2 шт.; К588 ВА1 бКО 347 008ТУ, 4 шт.; К555 РЕЗ бКО 348 289ТУ, 1 шт.; К555 ЛП5 ------ //----------, 4 шт.; К555ЛА1 ------//----------, 2 шт.;
8. Конденсаторы: К10 -7А - Н90 - 0,1мкФ ± 10% ОЖО 460 058ТУ, 15 шт.; К10 -7А - Н90 - 0,012мкФ ± 10% ОЖО 460 058ТУ, 1 шт.; К50-38-6,3В-4,7мкФ±10% ОЖО 464 229ТУ, 15 шт.

Вариант 3. Название изделия " Узел контроля ".

На изделие выпущена следующая документация:

1. Сборочный чертеж, формат А1, 1 лист;
2. Пояснительная записка, формат А4, 40 листов;
3. Схема электрическая принципиальная, формат А 1,2 листа;
4. Схема электрическая функциональная, формат А 1,2 листа;
5. Плата. Чертеж детали, формат А1, 1 лист;
6. Сумматор. Сборочный чертеж, формат А1, 1 лист;
7. Сумматор. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 2 листа;
8. Спецификация, формат А4, 5 листов.

Список заданных компонентов изделия:

1. Сумматор -1 шт.
2. Плата - 1 шт.
3. Шины - 6 шт.
4. Шайбы 2,5 .04. 026 ГОСТ 11371-78, 2 шт.
5. Гайки М2,5 - 6Н5.026 ГОСТ 5927-79 , 2 шт.
6. Винты М2,5 - 6g х 360.26 ГОСТ 1491-72 , 2 шт.
7. Конденсаторы:

К10 - 17 - 1А - Н50 - 0,22мкФ ± 20% ОЖО 460 107ТУ, 6 шт.;
К50-68 –16В- 4,7мкФ ± 10% ЕВАЯ 673 541 003ТУ, 1 шт.8.

8 Микросхемы:

533ИР1 бКО 088 023ТУ, 2 шт.;
533ЛП1 -------//---------- , 1 шт.;
533ЛА6 -------//---------- , 1 шт.;
533ЛН1 -------//---------- , 10 шт.;

9.Розетка СНП 34С - 135/132 х 9,4 - 22В бРО 364 009ТУ, 1 шт.

Вариант 4. **Название изделия " Резидентное ОЗУ ".**

На изделие выпущена следующая документация:

1. Сборочный чертеж , формат А1, 1 лист ;
2. Пояснительная записка , форматы А4, А3 , 50 листов ;
3. Схема электрическая принципиальная , формат А1, 1 лист;
4. Схема электрическая функциональная , формат А2, 1 лист;
5. Плата. Чертеж детали , формат А1, 1 лист;
6. Накопитель . Схема электрическая принципиальная , формат А1 , 1 лист;
7. Накопитель . Сборочный чертеж , формат А2, 1 лист.

Список компонентов изделия:

1. Накопитель - 1 шт.
2. Плата - 1 шт.
3. Шины - 5 шт.
4. Вилка ГРПМ2-45-ШУ2 НЩО 345 006ТУ , 1 шт.
5. Уголок -1 шт.
6. Винты М3-6g· 10.58.016 ГОСТ 1491-72 ,4шт
7. Гайки М3.65.ГО5 ГОСТ 5927-70 , 4 шт.
8. Шайбы 4.65.ГО 5 ГОСТ 11371 -78 , 4 шт.
9. Микросхемы:

К555ИР1 бКО 348 289ТУ, 3 шт.;
К580ВВ55 бКО 348 745 02ТУ, 5шт.;
К555ИЕ2 бКО348 289ТУ, 6шт.,

К555ЛАЗ бКО348289ТУ , 1шт.;
10. Конденсаторы:
К50-6-25В-5мкФ±10% ОЖО464107ТУ, 1шт.;
К50-6-25В-1мкФ±10% ОЖО464107ТУ, 1шт.;
К10 - 7В - Н90- 0,ОЗЗмкФ ±10% ГОСТ 5.621- 77, 2 шт.

Вариант 5 . Название изделия "Контроллер связи".

На изделие выпущена следующая документация :

1 . Схема электрическая структурная , формат А1 , 1 лист,
2. Схема электрическая принципиальная , формат А1 , 1 лист,
3. Схема электрическая функциональная , формат А1 , 1 лист; 4 . Спецификация, формат А4,2 листа;
5. Плата .Чертеж детали ,формат А1 , 1 лист;
6. Генератор. Схема электрическая принципиальная , формат А2 , 2 листа;
7. Генератор. Сборочный чертеж , формат А1 ,1 лист.

Список компонентов изделия:

1. Генератор -1 шт.
2. Плата - 1 шт.
3. Шины - 8 шт.
4. Лицевая панель -1 шт.
5. Микросхемы:
К555ЛИ1 бКО 348 289ТУ, 1 шт.;
К555ТМ2 -------//---------- 10 шт.;
К555ЛЛ1 -------//---------- 4 шт.;
К580ВВ55 6КО 348 745 02ТУ , 1 шт.
6. Резисторы по ОЖО 467 173ТУ:
С2 –33Н - 0,125 - 1 кОм ±10%, 1 шт.;
С2 –33Н - 0,125 - 620 Ом ±10%, 1 шт.

Вариант 6. **Название изделия " Программируемый контроллер ".**

На изделие выпущена следующая документация:

1. Пояснительная записка, форматы А4 , А3 , 20 листов;
2. Плата .Чертеж детали, формат А1 , 1 лист;
3. Сборочный чертеж, формат А1 , 1 лист;
4. Схема электрическая принципиальная , формат А1 , 1 лист;
5. Схема электрическая структурная , формат А2 , 1 лист;
6. Формирователь . Схема электрическая функциональная , формат А1 , 1 лист;
7. Формирователь . Сборочный чертеж, формат А1, 1 лист.

Список компонентов изделия:

1. Формирователь -1 шт.
2. Плата - 1 шт.
3. Вилка ГРПМ1 31 ШУ2 КеО 364 006ТУ, 1 шт.
4. Светодиоды АЛ102А аАО 336 041ТУ , 2 шт.
5. Винты М3 - 6g х 10 .58 .016 ГОСТ 1491 - 72 , 2 шт.
6. Гайки М3.6Н5.013 ГОСТ 10657-7 , 2 шт.
7. Шайбы 3 .01 .016 ГОСТ 11371 - 78, 2 шт.
8. Микросхемы:
К555ИД4 бКО 348 289ТУ , 1 шт.;
К555ЛЕ1 -------//---------- , 5 шт.;
К555ЛАЗ -------//----------, 4 шт.;
К533 ЛА6 бКО 088 023ТУ, З шт.

9. Конденсаторы:
К50-38-16В-100мкФ ±10% ОЖО 464 229ТУ, 2 шт.;
К10 - 7В - Н90 - 6800пФ ± 10% ГОСТ 5.621 - 77 , 4 шт.
10. Резисторы по ОЖО 467 173ТУ:
С2-33Н - 0,25 - 100 Ом ±10% , 3 шт.;
С2-33Н- 0,125 -2,2кОм ±10% , 3 шт.

Вариант 7. **Название изделия “Блок связи”.**

На изделие выпущена следующая документация :

1. Пояснительная записка, формат А4, 26 листов;
2. Сборочный чертёж, формат А1, 1 лист;
3. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 1 лист;
4. Схема электрическая функциональная, формат А2, 1 лист;
5. Интерфейс. Схема электрическая функциональная, формат А1, 1 лист;
6. Интерфейс. Сборочный чертёж, формат А1, 1 лист.

Список компонентов изделия:

1. Интерфейс – 1 шт.
2. Плата – 1 шт.
3. Шины – 6 шт.
4. Вилка СНП59-64.94 х 111В – 23 – 1 – В КеО 364 006ТУ, 1 шт.
5. Резисторы: С2-33Н– 0,125 – 1,5 кОм ± 10% ОЖО 467 173ТУ, 1 шт.
С2-33Н– 0,125 – 1кОм ± 10% ОЖО 467 173ТУ, 1 шт.

6. Конденсаторы:
К50 –6 – 10В – 20мкФ±10% ОЖО 464 107ТУ, 1 шт.;
К50 –6 – 10В – 10мкФ±10% ОЖО 464 107ТУ, 1 шт.;
К10 – 17 – 1а – Н90 - 0,15мкФ±10% ОЖО 460 107ТУ, 1 шт.
7. Микросхемы:
К580АП26 бКО 347 367 08ТУ, 3 шт.;
К555ЛА13 бКО 348 289ТУ, 2 шт.;
К555ИП2 бКО 348 006ТУ, 7 шт.
8. Винты М2,5 - 6g х 12.36.026 ГОСТ 1491-80, 2 шт.
9. Шайбы 2,5.04.029 ГОСТ 11371-78 2 шт.
10, Гайки М2,5 6Н5.026 ГОСТ 5927-70, 2 шт.

Вариант 8. Название изделия “Устройство согласования”.

На устройство выпущена следующая документация:

1 Чертёж общего вида, формат А1, 1 лист;
2 Сборочный чертёж, формат А1, 1 лист;
3 Схема электрическая принципиальная, формат А1, 1 лист;
4 Схема электрическая структурная, формат А1, 1 лист;
5 Генератор. Сборочный чертёж, формат А1, 1 лист;
6 Плата. Чертёж детали, Формат А1, 1 лист;
7 Спецификация, формат А4, 3 листа.

Список компонентов изделия:

1. Шины – 5 шт.
2. Плата – 1 шт.
3. Генератор – 1 шт.
4. Резисторы С2-33Н – 0,25 – 390Ом ± 10% ОЖО 467 173ТУ, 8 шт.
5. Лицевая панель – 1 шт.

6. Вилка ГРПМ2 – 45 – ШУ2 НЩО 246 006ТУ, 1 шт.
7. Заклепки 4х5. 625 ГОСТ 12639 80, 2 шт.
8. Конденсаторы:
К50 -12 -12В -20мкФ ± 10% ОЖО 464 079ТУ, 1 шт.;
К22- 5- 25- 0,12 мкФ± 10% ОЖО 464 022ТУ, 3 шт.
9. Микросхемы:
К555ТМ2 6КО 348 289 ТУ, 6 шт.;
К555ЛН1 ---------//--------, 1 шт.;
К555ИЕ7, ---------//--------, 2 шт.;
К555ЛА8, ---------//-------- , 7 шт.;
К555ЛАЗ ---------//--------, 4 шт.;
К155ЛА2 ---------//--------, 1 шт.;
10. Гайки МЗ. 6 Н5. 013 ГОСТ 10.657 -73 , 2 шт.
11. Винты МЗ х 6g х 10 .58016 ГОСТ 1491 -72 , 2 шт.
12. Шайбы 3. 01. 016 ГОСТ 11371 -78 , 2 шт.

Вариант 9 . Название изделия " Устройство сопряжения".

На изделие выпущена следующая документация:

1. Пояснительная записка, формат А4, 40 листов;
2. Сборочный чертеж, формат А1, 1 лист;
3. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 1 лист;
4. Схема электрическая структурная, формат А1, 1 лист;
5. Входное устройство. Схема электрическая функциональная, формат А1, 1 лист,
6. Входное устройство. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 1 лист;
7. Входное устройство. Сборочный чертеж, формат А1, I лист;
8.Плата. Чертеж детали, формат А1, 1 лист.

Список компонентов изделия:

1. Лицевая панель - I шт.
2. Резисторы:
С2-33Н- 0,25 - 1 кОм ± 10% ОЖО 467 173ТУ, 2 шт.;
С2-33Н - 0,125 - 24 кОм ± 10% ОЖО 467 173ТУ,2 шт.;
С2-33Н - 0,25 - 360 Ом ±10% ОЖО 467 173ТУ,2 шт.
3. Заклепки 2,5 х 4-623 ГОСТ 12638- 67, 2 шт.
4. Плата- 1шт.
5. Входное устройство - 1 шт.
6. Конденсаторы:
К50 -6 –16В - 5мкФ ± 10% ОЖО 464 107ТУ , 1 шт.;
К10- 7В- М47- 75 пФ ± 10% ГОСТ 5 .621 - 77, 5 шт.;
К10-7В-М47-39пФ±10% ГОСТ 5. 621 - 77, 4шт.
7. Микросхемы:
К555ИР27 бКО 348 289ТУ, 2шт.;
К555ЛА8 ----------//----------, 4шт.;
К555ТМ2 ----------//----------, 6шт.;
К555КП1 ----------//----------, 8шт.;
К555ЛА4 ----------//----------, 1шт.;
К555ИДЗ ----------//----------, 2шт.

Вариант 10. Название изделия "Блок управления".

На изделие выпущена следующая документация:

1. Пояснительная записка, формат А4, 35 листов.
2. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 2 листа.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

3. Сборочный чертеж, формат А1, 1 лист.
4. Схема электрическая структурная, формат А1, 1 лист.
5. Плата. Чертеж детали, формат А1, 1 лист.
6. Таймер. Схема электрическая принципиальная, формат А1, 1 лист.
7. Таймер, Сборочный чертеж, формат А1, 1лист.
8Спецификация, формат А4, 3 листа.

Список компонентов изделия:

1. Микросхемы:
533ЛА4 6КО347 083ТУ, 2 шт.;
533ЛА1 -------//----------, 4 шт.;
533ТМ2 -------//----------, 3 шт.;
533ИЕ5 --------//----------, 6 шт.
2. Конденсаторы: К50 – 68 -16В – 33мкФ ± 10% ЕВАЯ 463 541 003ТУ, 2 шт.; К50 – 68 -16В – 4,7мкФ ± 10% ЕВАЯ 463 541 003ТУ, 2 шт.; К10 - 7В - Н90 - 0,033мкФ ± 10% ГОСТ 5.621 77, 4 шт.
3. Розетка СНП 34С-135/ 132 · 9.4 -22ВбРО 364 009ТУ , 1 шт.
4. Плата – 1 шт.
5. Таймер – 1 шт.
6. Винты М2,5 – 6g · 12.36.026 ГОСТ 1491-80, 2 шт.
7. Шайбы 2,5.04.029 ГОСТ 11371-78, 2 шт.
8. Гайки М2,5.6Н5.026 ГОСТ 5927-70, 2 шт.

Порядок выполнения работы

Задание: Оформить спецификацию на листах формата А4 в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106-96.

Задача обучающегося, пользуясь правилами, изложенными на лекциях определить, какие разделы будут в спецификации для данного устройства, что и в какой последовательности необходимо записать в каждый раздел спецификации. Пример оформления спецификации приведен в приложении Д.

Контрольные вопросы

1. Из каких разделов может состоять спецификация?
2. Обоснуйте выбор разделов в своей спецификации
3. Обоснуйте распределение исходных данных по разделам спецификации

Практическая работа №19. Исследование тепловых характеристик герметичного блока РЭА.

Цель работы: изучить конструкцию герметичного блока радиоэлектронной аппаратуры и его тепловых характеристик при естественной конвекции; - изучить способы общей герметизации РЭА; - приобрести навыки в разработке сборочных чертежей печатных плат; - изучить СТБ 1022-96, СТБ 1014-95, ГОСТ 29137-91.

Выполнение работы:

1.Уточните у преподавателя тип исследуемого корпуса РЭС.

2. Изучите технические данные радиоэлектронного прибора и его электрическую принципиальную схему.

3. По электрической схеме определите элементы, наиболее подверженные влиянию температуры.

4. Рассчитайте коэффициент заполнения объема прибора по формуле

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

$$K_ç = \frac{\sum V_{ýë}}{V_{àï}},$$

где $\sum V_{ýë}$ – суммарный объем элементов,

V_{an} – объем аппарата.

Объем прибора определяется по его габаритным размерам, а объем элементов V по справочной литературе.

5. Включите исследуемый прибор и проведите измерения температуры во всех заданных точках корпуса. Измерения проводите через каждые 5 мин в течение 50 мин с использованием термодатчика и вольтметра В7-27.

6. По полученным экспериментальным данным для всех точек постройте графики нагрева прибора по времени.

7. Проведите расчет теплового режима прибора с помощью ЭВМ в диалоговом режиме и сравните полученные результаты с экспериментальными. Исходные данные для расчета: - давление окружающей среды (100 + 4) · 10 3 Па; - давление внутри исследуемого прибора (150 + 4) · 10 3 Па; - коэффициент заполнения объема прибора 0,4… 0,7; - температура окружающей среды 20 + 5 °С; - мощность, рассеиваемая в блоке, задается преподавателем.

8. Выполните сборочный чертеж печатной платы исследуемого прибора (задается преподавателем) с соблюдение требований ГОСТ 29137-91.

Практическое занятие №20. Расчет помех в каналах связи при внешней паразитной связи.

Цель работы: изучение причин появления и методов расчета помех в каналах связи при внешней паразитной связи последовательного типа, моделирование эквивалентных схем замещения в среде программы EWB.

Порядок выполнения работы.

1. По эквивалентным схемам замещения последовательной паразитной связи через паразитную взаимную индуктивность между двумя каналами рассчитать взаимное влияние каналов друг на друга.

2. Экспериментально проверить результаты расчетов.

3. Запустить моделирующую программу EWB. Набрать схему, которая изображена на рисунке 1.

4. Произвести расчет наводок в первом канале.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

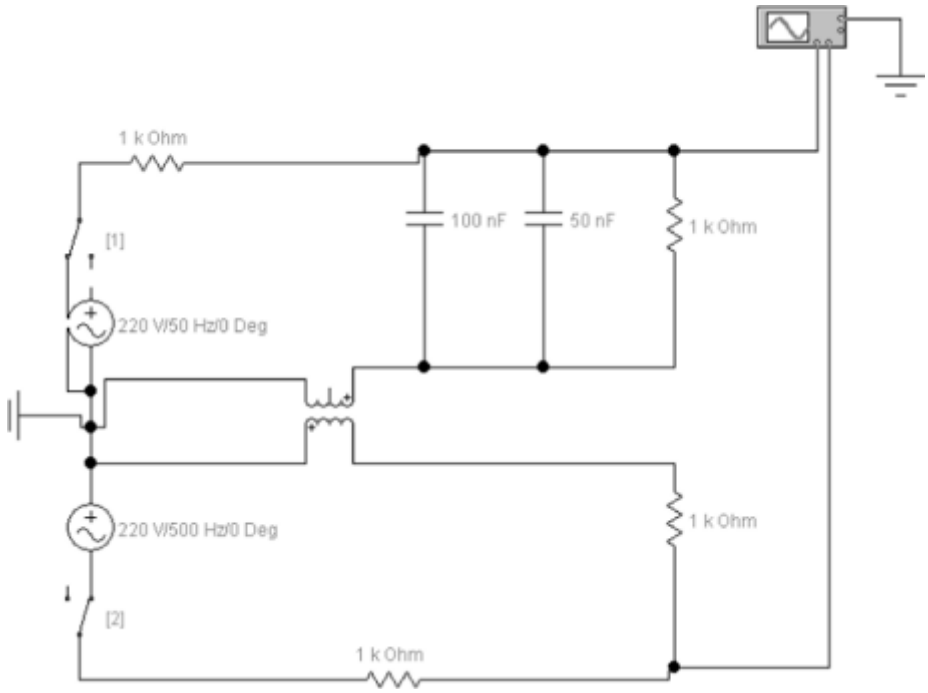


Рисунок 1- Исследуемая схема последовательной паразитной связи через взаимную паразитную индуктивность

При гармоническом сигнале токовая наводка:

^т.п12 == ^c2wc2^nl2 /(^вх2 +^сг)

$U_{m,,,.12}=3.454\ B$

В случае импульсных сигналов величина токовой наводки в первом канале:

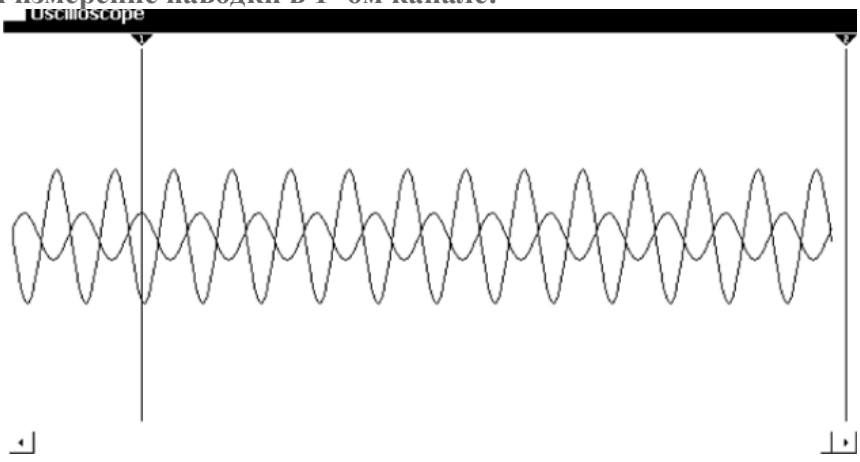
$$\Pi = = M \frac{di2}{dt} = (112)$$

$$mn12\,n12$$

г R_{C1} + /?$_{вх2}$

Um.n.12—35 кВ

Произвести измерение наводки в 1 -ом канале:



T1	**118.9484**		та	**0.0000**	**S**	**T2-T1**	**-1 18.9484**	**S**
VA1	**3.4396**	**V**	**VA2**			**VA2-VA1**		
VB1	**-218.8646**	**V**	**VB2**			**ХЛ2УВ1**		

Time base	**Trigger**	**Channel A**	**Channel B**

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

12.00т$/div	**edge** Ы **T.**	**I 1 0 V/Div**	**Ivi [200 V/Div Ы wedvee**
X position | 0.00	**Level | 0.00**	**Y position | 0.00**	**Y position [0.00 Й Kevorse**
I7ll **B/A АФ**	FJTl **A B Ext**	**AC 0 PIH**	**AC 0** 1’14 **Save**

Рисунок 2 - Измерение наводки в первом канале

Из рисунка 2 видно, что напряжение наводки составило В.
Измерим наводку первого канала на второй:

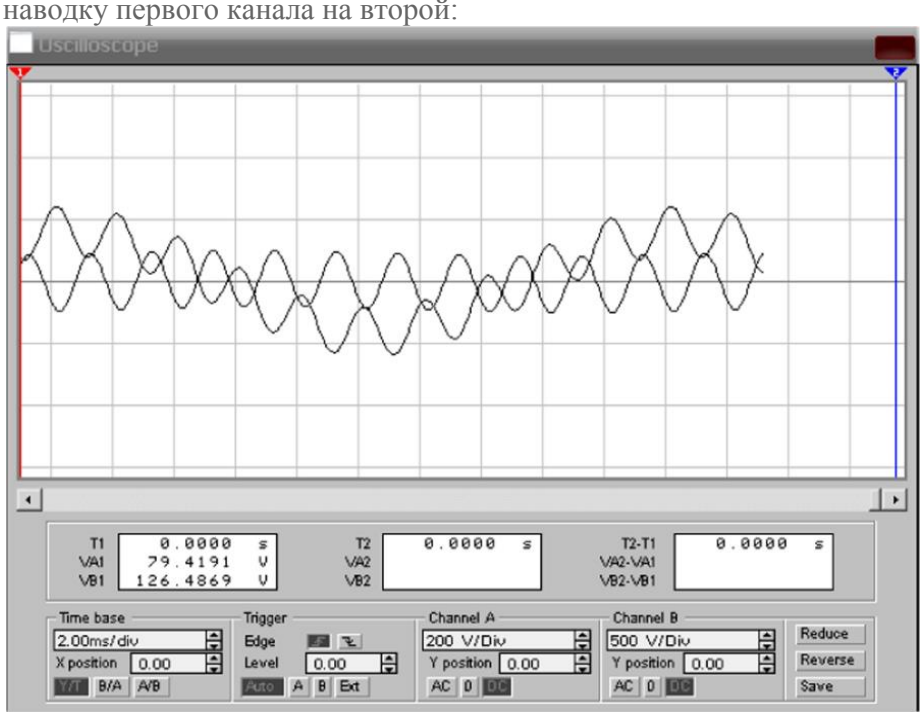


Рисунок 3 - Наводки во втором канале

Определить визуально наводки при включенных обоих сигналах:

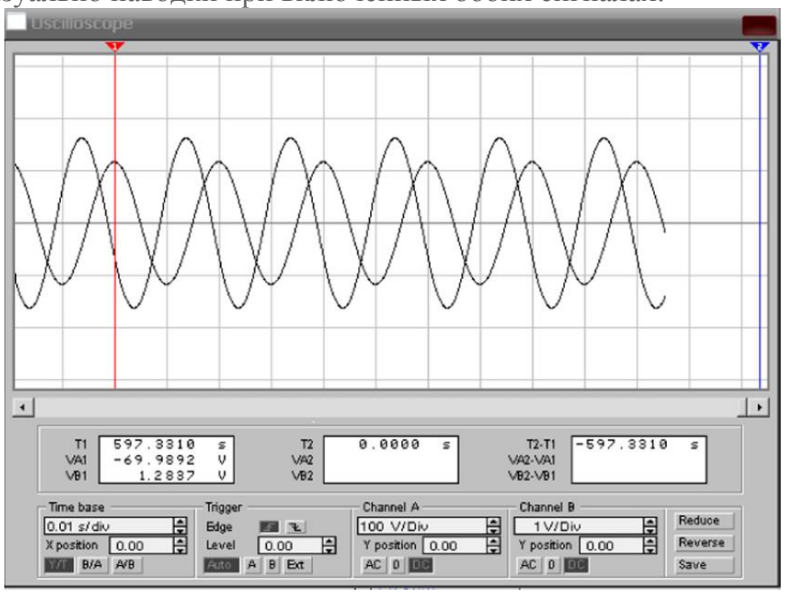


Рисунок 4 - Наводки в цепях с последовательной паразитной связью через взаимную паразитную индуктивность

Содержание отчёта.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1. Цель работы.
2. Этапы проведения работы.
3. Экранная форма схемы работы волновода.
4. Результаты работы.
5. Выводы.

Практическая работа №21. Изучение работы детекторов излучений

Цель работы: изучить принцип работы детектора излучений.

Теоретические сведения.

Настоящее руководство знакомит пользователя с конструкцией, правилами эксплуатации (использование по назначению, техническое обслуживание, ремонт, хранение) изделия «Индикатор поля».

Изделие является портативным прибором, предназначенным для обнаружения в ближней зоне радиопередающих устройств - беспроводных «жучков», радиомикрофонов, скрытых беспроводных видеокамер, раций, работающих сотовых телефонов, подавителей и глушителей сотовой связи.

Параметры которыми должен обладать детектор излучений.

1. Охват всего возможного диапазона частот, на котором работают беспроводные «жучки» (от 50 МГц до 3000 МГц).
2. Одинаково высокая чувствительность во всем заявленном частотном диапазоне.
3. Расширенный динамический диапазон.
4. Возможность обнаружения как аналоговых, так и цифровых беспроводных «жучков» (коротких импульсов).
5. Автоматическая подстройка под фоновый уровень излучения.
6. Расширенный диапазон рабочих температур.
7. Разработка и производство изделия осуществляются в России с использованием высококачественной комплектации.
8. Возможность подключения наушников для скрытого предупреждения о наличии беспроводных «жучков».
9. Возможность работы в трех режимах: поиск, охрана и акустозавязка.
10. Расширенные функции энергосбережения (повышенная длительность работы).
11. Наличие индикации разряда батареи.
12. Наличие дополнительной внешней антенны (позволяет увеличить чувствительность прибора).
13. Самодиагностика.
14. Возможность обнаружения подавителей сотовой связи и других радиочастот.
15. Возможность не учитывать при поиске радиофон, создаваемый базовыми станциями сотовой связи.

Изделие состоит из корпуса, изготовленного из ударопрочного пластика АБС поз. 1, с установленными в нем:

- электронным микропроцессорным модулем, оснащенным приемной антенной поз.2;
- пленочной клавиатурой поз.3;
- комплектом элементов питания поз.5, расположенным в закрытом крышкой поз.6 батарейном отсеке корпуса.

На лицевой панели корпуса размещаются следующие кнопки управления и индикаторы:

- две кнопки регулировки чувствительности изделия («ВЫШЕ» поз.7, «НИЖЕ» поз.8);
- копка выбора режима работы - «РЕЖИМ» поз.9;

- кнопка включения/отключения изделия - «ВК/ВЫК» поз. 10;
- индикатор включения - «РЕЖ» поз. 11;
- индикатор режима «Акустозавязка» - «АК» поз. 12;
- индикатор разряда элементов питания - «БАТ» поз. 13;
- индикаторная шкала уровня принимаемого сигнала поз. 14.

На торцевой поверхности корпуса расположен разъем поз. 15 для подключения наушников, которые так же входят в состав изделия.

1. Изделие работает под управлением программного обеспечения, установленного в микроконтроллер процессорной платы.

2. С помощью клавиатуры поз.3 осуществляется:

- - включение и отключение изделия (нажатие и удержание не менее 3 сек кнопки «ВК/ВЫК»);
- - при включении изделие производит самодиагностику, в процессе которой раздается звуковой сигнал, поочередно зажигаются все светодиоды, по окончании диагностики остаются гореть светодиоды «РЕЖ» и «БАТ», сигнализирующие о том, что изделие готово к работе;
- - последовательным нажатием кнопки «ВЫШЕ» регулируется в сторону увеличения чувствительность изделия, при нажатии и удержании (не менее 3 сек.) кнопки «ВЫШЕ» устанавливается максимальный уровень чувствительности.
- - последовательным нажатием кнопки «НИЖЕ» регулируется в сторону уменьшения чувствительность изделия, при нажатии и удержании (не менее 3 сек.) кнопки «НИЖЕ» чувствительность изделия автоматически подстраивает под уровень окружающего излучения.

3. Режимы работы изделия переключаются поочередным нажатием кнопки «РЕЖИМ», при этом:

- - если индикатор «РЕЖ» горит непрерывно - изделия находится в режиме поиска постоянного (аналогового) сигнала.
- - если индикатор «РЕЖ» часто мигает - изделие находится в режиме поиска импульсных (цифровых) передатчиков (цифровых подслушивающих устройств, сотовых телефонов).
- - если индикаторы «РЕЖ», «АК» и «БАТ» загораются на короткое время и гаснут - изделие переходит в режим охраны (сигнализирует только при появлении в помещении новых источников радиосигнала). Позволяет держать детектор в режиме оптимальной чувствительности и существенно экономить ресурс элементов питания.

4. Перевод изделия в режимы с дополнительной звуковой сигнализацией осуществляется длительным (более 3 сек) нажатием кнопки «РЕЖИМ» при этом:

- - если индикатор «АК» мигает — включен режим звуковой сигнализации уровня сигнала (частота и периодичность звуковых сигналов зависит от уровня радиосигнала).
- - если индикатор «АК» светится непрерывно - изделие находится в режиме «акустозавязки», (позволяет обнаружить радиомикрофоны в зоне до 0,5 м).
- - если индикатор «АК» не светится - звуковое оповещение отключено.

5. Если изделие включено, то при коротком нажатии кнопки «ВК/ВЫК» на светодиодной шкале на короткое время отображается уровень заряда элементов питания:

- - высвечивается полная шкала - напряжение элементов питания 3 В;
- - не светится ни один светодиод - напряжение элементов питания 2 В;
- - каждый светящийся светодиод шкалы - плюс 0,1 вольт к 2В.

Порядок выполнения работы.

1. Включите изделие кнопкой «ВК/ВЫК», а затем нажмите и удерживайте не менее 3 секунд кнопку «НИЖЕ», изделие автоматически подстроит чувствительность под уровень окружающего излучения.

2. Начните обход помещения, держа изделие на расстоянии 0,3-0,5 метра от исследуемых поверхностей. Если на шкале изделия отобразится максимальный уровень сигнала (светятся все

светодиоды шкалы), нажмите и удерживайте не менее 3 секунд кнопку «НИЖЕ». Повторяйте эти действия, пока не будет выявлено место, в котором есть явный максимум излучения.

3. Найденное место, в котором наблюдается максимальный уровень излучения, тщательно обследуйте на наличие беспроводных «жучков», при желании можно вручную регулировать чувствительность кнопками «ВЫШЕ» (увеличение) и «НИЖЕ» (уменьшение).

4. Если в режиме поиска постоянного сигнала все (или часть) светодиодов будут быстро зажигаться и гаснуть, переключитесь в режим поиска импульсного сигнала.

5. При явном локальном максимуме неизвестного излучения можно перевести детектор в режим акустозавязки, характерный свист, издаваемый изделием, говорит о том, что работает радиомикрофон («жучок»),

6. В режим «охраны» изделие следует переводить, когда в помещении нет неизвестных излучений, при этом, некоторое время (около 30 сек.) прибор автоматически подстраивается к фону излучения, индикатор «АК» производит короткие частые вспышки. По окончании подстройки изделие переходит в сторожевой режим - индикаторы «РЕЖ», «АК» и «БАТ» загораются на короткое время. При появлении неизвестного излучения изделие перейдет в непрерывную индикацию уровня излучения со звуковой сигнализацией, при прекращении излучения - снова включится сторожевой режим.

Несколько рекомендаций по работе с изделием.

1. Перед началом поиска, по возможности, необходимо выключить радиоизлучающие приборы (Wi-Fi, сотовый телефон в режиме разговора, компьютеры и другую бытовую и офисную технику). Это сильно облегчит поиск, исключив лишние помехи, и позволит установить на изделии более высокую чувствительность.

2. В режиме «поиск» следует отрегулировать уровень чувствительности изделия и обойти исследуемый объект. Изделие желательно провести около любых предметов, где возможна установка «прослушки».

3. Вероятные места установки подслушивающих и подглядывающих устройств: полости и щели в плинтусах, стенах, за батареями отопления, труднодоступные места на шкафах, карнизах, полости подвесного потолка, вентиляционные шахты, элементы мебели, предметы бытового назначения, цветы, бортовая панель автомобиля, сиденья и т.д.

4. В случае обнаружения радиопередающего устройства изделие отобразит это на светодиодной шкале и обозначит звуковым сигналом. Чем ближе изделие к источнику излучения, тем выше уровень светодиодной шкалы.

5. При обследовании, желательно произвести поиск как обычных аналоговых беспроводных «жучков», так и цифровых (два разных режима поиска).- В режим

«Охрана» переводят изделие, когда необходим постоянный скрытый контроль за обстановкой, например, во время переговоров. При этом изделие постоянно сканирует окружающее пространство. Изделие просигнализирует, если активируется беспроводной «жучок» либо сотовый телефон для негласной передачи информации.

6. Режим «Акустозавязка» используется для поиска скрытых микрофонов (беспроводных «жучков»), работающих в аналоговом режиме. При этом беспроводной «жучок» улавливает звук издаваемый изделием, и передает его в эфир, радиосигнал улавливается изделием, что приводит к усилению звука издаваемого изделием, в итоге цикл замыкается - и получается характерный "свист". Режим акустозавязки позволяет наиболее точно обнаружить, где именно установлен «жучок», что сокращает время поиска.

Содержание отчёта.

1. Цель работы.
2. Теоретическая справка.
3. Этапы проведения работы.
4. Результаты работы.
5. Выводы.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическое занятие №22. Основные характеристики и показатели надежности.

Цель работы: изучить основные характеристики и показатели надежности, рассчитать и построить кривые зависимости вероятности безотказной работы.

Теоретические сведения.

Под термином «надежность» понимается свойство изделия (элемента, блока, прибора, системы) выполнять заданные функции в течение установленного периода времени при заданных условиях эксплуатации [3]. Применительно к радиоэлектронной аппаратуре понятие надежности нередко трактуется как способность конкретного устройства сохранять свои параметры и характеристики в пределах значений, указанных в нормативно-технической документации [4]. Надежность является одним из основных свойств, определяющих качество любого изделия. Она зависит от сложности изделия, свойств, использованных в нем элементов и материалов, технологичности конструкции, культуры производства и эксплуатации изделия. Существенное влияние на надежность оказывают внешние воздействия – климатические (температура, влажность), механические (удары, толчки, вибрации), энергетические (электрические и магнитные поля, режим электропитания) и др. Надежность – это обобщенная характеристика, отражающая следующие особенности изделия: –безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации; –долговечность – свойство изделия длительно (с возможными перерывами на ремонт) сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния; –ремонтопригодность – свойство изделия, выражающееся в приспособленности его к восстановлению исправности и поддержанию заданного технического ресурса путем предупреждения, обнаружения и устранения неисправностей и отказов. Отказ – это событие, приводящее к полной или частичной утрате работоспособности изделия. Различают внезапные и постепенные отказы. Внезапным называется отказ, возникший в результате скачкообразного изменения характеристик изделия (например, в радиоэлектронной аппаратуре – обрыв проводников, короткое замыкание, перегорание или расплавление элементов, пробой изоляции, деформация и «заедание» механизмов и др.). Эти отказы трудно прогнозировать, так как они возникают в результате многих не поддающихся учету причин. Постепенным называется отказ, возникший в результате изменения характеристик изделия со временем. Такие отказы являются следствием развития процессов износа и старения элементов и материалов изделия и поэтому носят не случайный, а закономерный характер, и их появление можно предвидеть и предотвратить. Для оценки надежности применяют различные показатели, численные значения которых отражают безотказность, долговечность и ремонтопригодность изделия. Однако расчет этих показателей исходя из теоретических предпосылок представляет собой весьма сложную задачу, так как требует учета влияния большого числа конструктивных и эксплуатационных особенностей изделия. Поскольку точно предсказать, когда именно произойдет нарушение в работе изделия, не удается, то отказы считают случайными событиями, происходящими с той или иной степенью вероятности. Поэтому основным математическим аппаратом, используемым для оценки надежности изделий, является теория вероятностей и математическая статистика. Естественно, что рассчитанные таким образом значения показателей надежности носят вероятностный характер и тем более достоверны, чем большее количество исходных данных было использовано для их определения. Такие данные обычно получают в результате эксплуатации изделий или их испытаний в условиях, эквивалентных естественным. При этом следует иметь в виду, что для получения показателей надежности опытным путем недостаточно исследовать одно изделие данного образца, так как даже одинаковые изделия

обладают различной надежностью из-за разброса параметров составляющих их элементов и материалов. Ниже приводятся основные показатели, применяемые для оценки надежности. Часть из них применима для любых изделий, а некоторые характеризуют только восстанавливаемые изделия, сохраняющие работоспособность после обнаружения и устранения отказов.

1. **Вероятность безотказной работы P(t)** – это вероятность того, что в заданном интервале времени не произойдет отказа. Для вероятности безотказной работы справедливы следующие очевидные соотношения:

$$0 \le P(t) \le 1;\ P(0) = 1;\ P(\infty) = 0.$$

Приближенно определить вероятность безотказной работы изделия за время t можно по формуле:

$$P(t) \approx \frac{N(t)}{N_0} = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \tag{1}$$

где

N0 – общее количество изделий;

N(t) – число изделий, сохранивших работоспособность за время t; n(t) – число изделий, отказавших за время t.

В свою очередь, n(t) рассчитывается по формуле:

$$n(t) = \sum_{i=1}^{\frac{t}{\Delta t}} n_i, \tag{2}$$

где

ni – число изделий, отказавших в интервале времени Δt (определяется по данным эксплуатации или испытаний изделий).

Вид функции n(t) показан на рисунке 1.

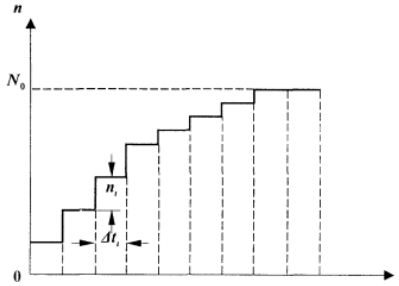


Рисунок 1 – Зависимость числа отказавших изделий от времени

В этой функции ni являются приращениями числа отказавших изделий за последовательные промежутки времени Δti. Наряду с вероятностью безотказной работы для характеристики надежности часто пользуются понятием вероятности отказа, которую можно определить из уравнения:

$$Q(t) \approx \frac{\sum_{i=1}^{\frac{t}{\Delta t}} n_i}{N_0} = \sum_{i=1}^{\frac{t}{\Delta t}} \frac{n_i}{N_0}. \tag{3}$$

Так как безотказная работа и отказ для всякого изделия являются состояниями противоположными, то

$$Q(t) = 1 - P(t). \quad (4)$$

2. **Среднее время безотказной работы T** – это ожидаемое время исправной работы изделия до его первого отказа. Приближенно среднее время безотказной работы можно вычислить по формуле:

$$T \approx \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}, \quad (5)$$

где ti – время исправной работы i-го изделия. С вероятностью безотказной работы среднее время T связано соотношением:

$$T = \int_0^{\infty} P(t)dt, \quad (6)$$

откуда следует, что среднее время безотказной работы численно равно площади, ограниченной кривой вероятности безотказной работы и осями координат (рисунок 3). 3. Интенсивность отказов λ(t) есть отношение числа отказавших изделий за некоторый промежуток времени к числу работоспособных изделий в начале этого промежутка:

$$\lambda(t) \approx \frac{\Delta n(t)}{N(t)\Delta t}, \quad (7)$$

где Δt – интервал времени; Рисунок 1 – Зависимость числа отказавших изделий от времени 8 Δn(t) – число изделий, отказавших за время Δt; N(t) – число изделий, исправно работавших к началу промежутка Δt. Типичная кривая интенсивности отказов радиоэлектронной аппаратуры изображена на рисунке 2. Она состоит из трех участков

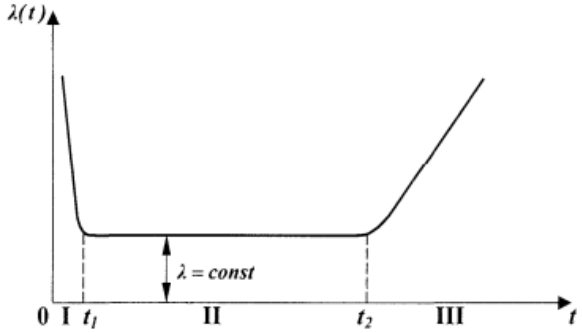


Рисунок 2 – Типичная кривая интенсивности отказов изделий от времени

Участок I от 0 до t1 характеризуется тем, что интенсивность отказов вначале имеет большую величину, но быстро спадает. На этом этапе работы аппаратуры выходят из строя наименее надежные элементы, имевшие скрытые дефекты, выявляются изъяны монтажа и сборки и т.п. Называется этот участок периодом приработки аппаратуры. Участок II от t1 до t2 характеризуется примерно постоянной интенсивностью отказов и соответствует времени нормальной работы аппаратуры. Длительность этого периода иногда называют условной долговечностью. Участок III, начинающийся за t2, характеризуется возрастанием интенсивности отказов из-за электрического и механического износа большинства элементов аппаратуры. Если интенсивность отказов не зависит от времени (λ=const, участок II кривой, рисунок 2), то вероятность безотказной работы и среднее время безотказной работы соответственно будут равны:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \tag{8}$$

7

$$T = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}. \tag{9}$$

Исходя из формул (8) и (9), вероятность безотказной работы и среднее время безотказной работы могут быть связаны соотношением:

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T}}. \tag{10}$$

Тогда в соответствии с формулой (4) вероятность отказа равна:

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\frac{t}{T}}. \tag{11}$$

Формула (8) выражает экспоненциальный закон распределения отказов (экспоненциальный закон надежности): вероятность безотказной работы изделия при постоянной интенсивности отказов λ убывает со временем по экспоненциальной кривой (рисунок 3).

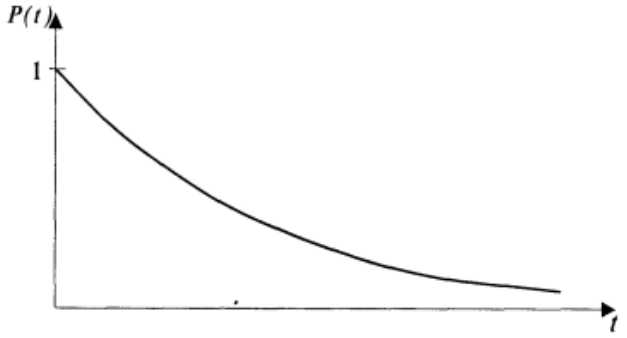


Рисунок 3 – Типичное изменение вероятности безотказной работы во времени

4. **Наработка на отказ T0** есть среднее время безотказной работы восстанавливаемого изделия между двумя соседними отказами:

$$T_0 \approx \frac{t}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}, \tag{12}$$

где t – общее время исправной работы изделия; n – число отказов за время эксплуатации (испытаний); ti – время исправной работы изделия между (i - 1)-м и i-м отказами.

Из формулы (9) следует, что при экспоненциальном законе распределения отказов среднее время безотказной работы изделия не зависит от момента, с которого начинается его отсчет. В этом случае наработка на отказ равна среднему времени безотказной работы:

$$T_0 = T. \tag{13}$$

Если анализу подвергалось несколько однотипных изделий, отказы которых подчиняются экспоненциальному закону, то при расчете наработки на от каз можно считать, что рассматривается только одно изделие, у которого число отказов равно общему количеству отказов всех изделий, а время работы равно суммарному времени работы всех анализируемых изделий. При таком подходе наработка на отказ может рассчитываться по формуле (12).

5. **Параметр потока отказов Λ0(t)** есть среднее количество отказов восстанавливаемого изделия в единицу времени:

$$\Lambda_0(t) \approx \frac{\Delta n(t)}{N \Delta t}, \quad (14)$$

где N – число испытываемых изделий; Δn(t) – число отказов этих изделий за время Δt без учета времени простоев. Опыт показывает, что характер изменения параметра потока отказов восстанавливаемого изделия сходен с характером изменения интенсивности отказов изделий (рисунок 2): Λ0(t) достаточно быстро уменьшается в период приработки, становится минимальным и примерно постоянным в период нормальной работы и возрастает к концу эксплуатации. Постоянные значения параметра потока отказов в период нормальной работы восстанавливаемого изделия свидетельствуют о том, что отказы этого изделия возникают примерно через одинаковые промежутки времени, равные его наработке на отказ, т.е.:

$$\Lambda_0 = \frac{1}{T_0}. \quad (15)$$

6. **Коэффициент готовности Кг** есть вероятность того, что в произвольно выбранный момент времени изделие будет работоспособно. При этом имеется в виду, что изделие будет неработоспособным в промежутки времени, затрачиваемые на его восстановление после отказов. Коэффициент готовности определяется отношением общего времени исправной работы изделия ко времени его эксплуатации, т.е. суммарному времени его исправной работы и простоев:

$$K_\Gamma = \frac{1}{t_\Im} = \frac{t}{t + t_\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i + \sum_{i=1}^{n} t_{\Pi i}}, \quad (16)$$

где t – общее время исправной работы; tЭ – время эксплуатации изделия; tП – общее время вынужденных простоев; ti – время i-го промежутка, в течение которого анализируемое изделие работало нормально (i-я наработка между отказами); tПi – время i-го вынужденного простоя. Коэффициент готовности может быть определен и в другом виде – через наработку на отказ Т0 и среднее время вынужденного простоя ТП необходимое для обнаружения и устранения неисправности. Значение ТП также определяется статистически из опыта эксплуатации изделия данного типа:

$$T_\Pi = \frac{t_\Pi}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{\Pi i}}{n}, \quad (17)$$

где n – число вынужденных простоев. При достаточно большом числе исходных данных можно считать, что число простоев равно числу промежутков времени исправной работы. Тогда

$$t_\Im = t + t_\Pi = nT_0 + nT_\Pi = n(T_0 + T_\Pi). \quad (18)$$

На основании формул (12), (16) и (18) можно записать:

$$K_\Gamma = \frac{t}{t_\Im} = \frac{nT_0}{n(T_0 + T_\Pi)} = \frac{T_0}{T_0 + T_\Pi} \quad (19)$$

Таким образом, коэффициент готовности есть отношение наработки на отказ к сумме наработки на отказ и среднего времени вынужденного простоя. Он является важным показателем надежности, определяющим эффективность использования изделия в течение длительного промежутка времени, превышающего в несколько раз наработку на отказ. По нему можно судить о трудоемкости восстановления изделия при выходе его из строя. Опыт эксплуатации сложной радиоэлектронной аппаратуры показывает, что трудоемкость ее восстановления после отказа определяется, как правило, не временем, необходимым для устранения неисправности, а временем, необходимым для ее обнаружения. Иногда устранение неисправности осложняется трудностями доступа к вышедшему из строя элементу или трудностью его замены. Из сказанного ясно, что для

увеличения коэффициента готовности нужно стремиться не только к увеличению наработки на отказ, но и к уменьшению времени вынужденных простоев аппаратуры. Основными факторами, уменьшающими время простоя аппаратуры, являются: легкий доступ ко всем ее элементам; быстрое обнаружение или предупреждение ее неисправности; своевременное ее выключение, предупреждающее превращение отказа в аварию. 7. Коэффициент простоя КП – это вероятность того, что в произвольно выбранный момент времени изделие будет неработоспособно. Статистически коэффициент простоя определяется отношением общего времени вынужденных простоев изделия ко времени его эксплуатации, т.е. к суммарному времени исправной работы и простоев изделия:

$$K_{п} = \frac{t_{п}}{t_{э}} = \frac{t_{п}}{t + t_{п}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{пi}}{\sum_{i=1}^{n} t_{i} + \sum_{i=1}^{n} t_{пi}}. \quad (20)$$

Если известны наработки на отказ Ту и среднее время вынужденного простоя ТП изделия, то коэффициент простоя может быть определен из выражения:

$$K_{п} = \frac{T_{п}}{T_{0} + T_{п}}. \quad (21)$$

Коэффициент готовности и коэффициент простоя связаны между собой выражением:

$$K_{г} + K_{п} = 1. \quad (22)$$

Следует еще раз подчеркнуть, что коэффициент готовности и коэффициент простоя могут характеризовать надежность только восстанавливаемых изделий. Для невосстанавливаемых изделий понятия КГ и КП теряют смысл, поскольку после отказа такие изделия не ремонтируются. Количественные показатели надежности обязательно указываются в технических условиях на радиоэлектронную аппаратуру в разделе «Технические требования».

Практическая часть

ЗАДАНИЕ 1. Полагая, что изделие прошло период приработки и распределение отказов подчиняется экспоненциальному закону, по заданным значениям интенсивности отказов 2 и среднего времени вынужденного простоя ТП

1. Определить:

– среднее время безотказной работы Т;

– наработку на отказ Т0;

– параметр потока отказов Λ0;

– коэффициент вынужденного простоя КП;

– коэффициент готовности КГ.

2. Рассчитать и построить кривые зависимости вероятности безотказной работы от времени P(t) и вероятности отказа от времени Q(t) для значений t = 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700 и 800 ч. По кривым определить значения P и Q для t = T. Вариант задания указывается преподавателем.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Варианты задания

№ варианта	λ, 10^5/ч	$T_п$, ч	№ варианта	λ, 10^5/ч	$T_п$, ч	№ варианта	λ, 10^5/ч	$T_п$, ч
1	254	5	11	262	5	21	255	5
2	246	6	12	266	6	22	257	6
3	242	7	13	268	7	23	259	7
4	238	8	14	272	8	24	261	8
5	232	9	15	276	9	25	263	9
6	226	10	16	278	10	26	265	10
7	222	11	17	282	11	27	269	11
8	218	12	18	286	12	28	271	12
9	214	13	19	288	13	29	273	13
10	210	14	20	252	14	30	275	14

Для получения значений в 1/ч необходимо приведенные величины λ умножить на 10^{-5}.

Практическая работа №23. Расчет надежности РЭА по статистическим данным ее эксплуатации.

Цель работы: изучить методику расчета надежности, рассчитать показатели надежности изделия.

Теоретические сведения

Этот способ определения надежности применяется при наличии экспериментальных данных, полученных либо в процессе эксплуатации аппаратуры, либо при испытаниях ее образцов в условиях, эквивалентных эксплуатационным. Число таких данных должно быть возможно большим, чтобы установить закон распределения отказов и получить наиболее достоверные значения показателей надежности аппаратуры. Однако на практике получить большое количество исходных данных в ряде случаев бывает трудно, и поэтому ограничиваются выборками в несколько десятков, а иногда и единиц. Тем не менее, и при относительно небольшом числе исходных данных после проверки соответствия распределения отказов экспоненциальному закону могут быть определены наработка на отказ, вероятность безотказной работы и другие показатели надежности аппаратуры. Используемый при расчетах аппарат математической статистики позволяет установить пределы, в которых могла быть допущена ошибка, обусловленная ограниченностью исходных данных, если достоверность пределов заранее обусловлена. Пределы возможной ошибки называют доверительными границами, а их достоверность – доверительной вероятностью. Доверительные границы среднего значения случайной величины, распределенной по экспоненциальному закону, могут быть найдены по формулам:

$$\overline{A}_B = r_1 \overline{A} \text{ и } \overline{A}_H = r_2 \overline{A},$$

где $\overline{A} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$ – среднее значение n случайных величин x_i;

$\overline{A}_B$ и $\overline{A}_H$ – соответственно верхняя и нижняя доверительные границы среднего значения случайной величины x, подчиняющейся экспоненциальному закону распределения;

r1 и r2 – параметры, определяющие значения доверительных границ для n случайных величин и заданной доверительной вероятности p.

Расчет показателей надежности по статистическим данным базируется на следующих допущениях:

1. Все изделия, по которым анализируется статистический материал, равнонадежны. Это, к примеру, имеет место, если изделия однотипны и к моменту рассматриваемого периода эксплуатации (испытаний) проработали примерно одинаковое количество времени.

2. Отказ любого изделия является событием случайным. Для этого изделия должны проработать время, достаточное для приработки элементов, но недостаточное для наступления периода их старения. В этом случае интенсивности отказов элементов изделия в период эксплуатации (испытаний) можно считать величинами постоянными.

3. Эксплуатация (испытания) изделий проходила в одинаковых условиях, поэтому исходные данные не нуждаются в корректировке за счет влияния климатических, механических и иных факторов. Использование этих допущений позволяет считать, что эксплуатация (испытания) N изделий, каждое из которых отказало n раз, с точки зрения надежности эквивалентно эксплуатации (испытанию) N·n однотипных изделий до их первого отказа или эксплуатации (испытанию) одного изделия, отказавшего в рассматриваемый период времени N·n раз. Исходными данными для расчета являются значения времени исправной работы (наработки) между отказами и времени вынужденного простоя изделия (или нескольких однотипных изделий). В результате расчета определяются: 1. Наработка на отказ T0. 2. Доверительные границы наработки на отказ TB и TH при заданной доверительной вероятности p. 3. Среднее время вынужденного простоя TП.

4. Коэффициент готовности КГ.

5. Зависимость вероятности отказа Q изделия от продолжительности его работы.

6. Зависимость вероятности отказа от времени Q(t).

ПРИМЕР

Пусть в результате эксплуатации шести однотипных изделий получены данные о времени исправной работы (наработке) этих изделий между отказами и об их вынужденных простоях за некоторый период их работы (таблица 1). Известно, что каждое изделие до интервалов времени, указанных в таблице 1, проработало около 1000 ч, что соответствует периоду приработки элементов. Требуется определить показатели надежности изделия при доверительной вероятности p = 0,9.

Таблица 1 – Данные об эксплуатации шести однотипных изделий

1 изделие		2 изделие		3 изделие		4 изделие		5 изделие		6 изделие	
Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч
123	0,56	320	0,02	12	19,8	129	0,08	456	1,6	74	5,5
318	9,25	736	10,2	1043	11	19	4,2	109	6,5	192	2,8
1205	2,3	2	4,15	128	6,2	4	2,3	80	8,6	289	35
28	2,3	519	8,1	567	1,8	218	22	816	12	548	1,35
490	6,25	908	4	318	6,4	710	8,4	361	15,2	150	0,82
624	3,8	228	2,1	92	2,5	1113	3,6	167	2,05	206	3
126	23,5	442	6,2	-	-	442	13	607	3,2	1562	1,1
212	12,2	204	17	-	-	-	-	-	-	41	4
-	-	114	14	-	-	-	-	-	-	-	-
t_1 = 3126	$t_{П1}$ =60,2	t_2 = 3473	$t_{П2}$ =65,8	t_3 = 2160	$t_{П3}$ =47,7	t_4 = 2635	$t_{П4}$ =53,6	t_5 = 2596	$t_{П5}$ =49,1	t_6 – 3062	$t_{П6}$ =53,6

Порядок расчета

1. Подсчитывают общее количество времени исправной работы t_m и времени вынужденного простоя $t_{Пm}$. Для каждого изделия (m=1, 2, ..., 6). Результаты записывают в таблицу 1.

2. Определяют *наработку на отказ* T_0. *С* учетом однотипности изделий и времени их эксплуатации можно полагать, что отказывало и восстанавливалось одно изделие. Тогда по формуле (12) и данным таблицы 1:

$$T_0 = \frac{3126 + 3473 + 2160 + 2635 + 2596 + 3062}{45} = \frac{17052}{45} \approx 380 \text{ ч}.$$

3. Рассчитывают *доверительные границы* наработки на отказ по формуле (23) и данным приложений 2 и 3:

Для n = 45 и p = 0,9 r_1 = 1,23 и r_2 = 0,83.

Тогда

$$T_B = 1{,}23 \cdot 380 = 466 \text{ ч}$$
$$T_H = 0{,}83 \cdot 380 = 316 \text{ ч}.$$

Это значит, что на основании проведенных 45 испытаний можно утверждать с вероятностью p = 0,9, что наработка на отказ этих изделий лежит в пределах от T_H = 316 ч до T_B = 466 ч.

4. Вычисляют *среднее время вынужденного простоя* $T_П$. Полагая, как и при расчете T_0, что испытывалось одно изделие, которое отказывало в процессе эксплуатации 45 раз, на основании формулы (17) и данных таблицы 1:

$$T_{П} = \frac{60{,}2 + 65{,}8 + 47{,}7 + 53{,}6 + 49{,}1 + 53{,}6}{45} = \frac{330}{45} \approx 7{,}34 \text{ ч}.$$

5. Рассчитывают *коэффициент готовности* $K_Г$ по формуле (19):

$$K_{Г} = \frac{380}{380 + 7{,}34} = 0{,}981.$$

6. Строят *зависимость вероятности отказа изделия от продолжительности его работы* в предположении, что данные таблицы 1 соответствуют эксплуатации 45 изделий до их первого отказа.

Как видно из таблицы 1, наибольший промежуток времени исправной работы изделия равен 1562 ч, поэтому время эксплуатации изделия можно взять 1600 ч и разбить его на равные промежутки Δt = 100 ч.

Составляют таблицу 2, в которую вносят:

n_i – числа отказов за последовательные промежутки времени Δt = 100 ч (приращения отказов).

$\frac{n_i}{N_0}$ – доли, которые эти отказы составляют от общего числа отказов;

$Q_i = \sum_{i=1} n_i$ – значения вероятностей отказов, представляющие собой отношения чисел отказов за все предыдущие отрезки времени к общему числу отказов.

По данным таблицы 2 строят зависимость Q, от продолжительности работы изделия в виде ступенчатого графика (рисунок 4).

7. Рассчитывают *зависимости вероятности отказа от времени* по формуле (11) для значений T_0 = 380 ч, T_H = 316 ч и T_B = 446 ч. Величины t берут через равные промежутки в 100 ч в интервале времени эксплуатации изделия (0-1600 ч).

Для расчета можно пользоваться значениями функции e^{-x}, приведенными в приложении 1. Результаты расчетов заносят в таблицу 3, используя которую строят графики зависимостей $Q(t)$ (рисунок 4).

8. Сопоставляя ступенчатый график и расчетные зависимости $Q(t)$ проверяют соответствие распределения отказов изделия экспоненциальному закону и делают выводы о достоверности рассчитанных показателей надежности.

Таблица 2 – Зависимость вероятности отказа от продолжительности работы изделия

Последовательные промежутки времени, ч		Число отказов, n_i	Доля отказов, n_i / N_0	Вероятность отказов, Q_i
Начало	Конец			
0	100	9	0,2	0,2
100	200	9	0,2	0,4
200	300	6	0,133	0,533
300	400	4	0,089	0,622
400	500	4	0,089	0,711
500	600	3	0,067	0,778
600	700	2	0,0444	0,8224
700	800	2	0,0444	0,8668
800	900	1	0,0222	0,8890
900	1000	1	0,0222	0,9112
1000	1100	1	0,0222	0,9334
1100	1200	1	0,0222	0,9556
1200	1300	1	0,0222	0,9778
1300	1400	0	0	0,9778
1400	1500	0	0	0,9778
1500	1600	1	0,0222	1,0000
		$\Sigma = 45$	$\Sigma = 1,0$	

Таблица 3 – Зависимость вероятности отказа от времени

t, ч	T_H = 316 ч $Q_H(t)$	T_0 = 380 ч $Q(t)$	T_B = 446 ч $Q_B(t)$
0	0	0	0
100	0,267	0,23	0,195
200	0,462	0,405	0,345
300	0,614	0,546	0,473
400	0,717	0,651	0,577
500	0,798	0,736	0,657
600	0,851	0,792	0,722
700	0,892	0,842	0,777
800	0,922	0,878	0,820
900	0,946	0,907	0,855
1000	0,960	0,928	0,885
1100	0,970	0,945	0,910
1200	0,980	0,958	0,924
1300	0,984	0,968	0,940
1400	0,988	0,976	0,952
1500	0,991	0,981	0,964
1600	0,994	0,985	0,973

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

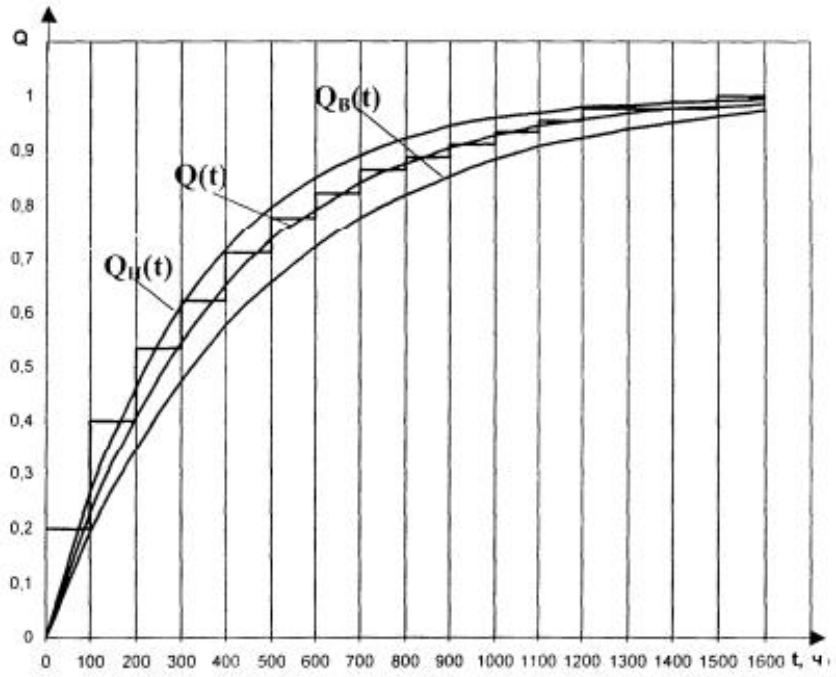


Рисунок 4 – Зависимости вероятности отказа от времени, построенные по статистическим данным и рассчитанные по значениям наработки на отказ в пределах доверительных границ при доверительной вероятности $p = 0,9$

ЗАДАНИЕ 2

Рассчитать показатели надежности изделия по одному из вариантов (указывается преподавателем). Исходные данные для расчета предполагают работу изделия за пределами периода приработки и эксплуатацию (испытания) отдельных образцов в одинаковых условиях. Значения доверительной вероятности принять равными: – в вариантах 1-10 p = 0,9. – в вариантах 11-20 p = 0,95. – в вариантах 21-30 p = 0,975.

Варианты задания

Данные об эксплуатации изделий

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1 изделие		2 изделие		3 изделие		4 изделие		5 изделие		6 изделие	
Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч	Наработка между отказами, ч	Время вынужденного простоя, ч
Вариант 1											
128	0,62	320	0,02	12	16,2	148	0,1	460	1,6	72	5,6
325	9,2	740	10,2	1235	1,8	235	8,4	119	6,2	199	2,8
1202	2,3	284	3,1	1612	10,3	4	2,3	546	1,3	1284	3,7
18	2,2	520	8,2	318	6,5	702	8,4	80	8,6	290	35
485	6,2	365	15,6	566	1,8	442	13	360	15,2	380	9,8
644	3,8	228	2,1	292	26	322	9,3	175	2,1	210	3
142	23,5	442	6,2	-	-	220	22	608	3,2	730	10,2
228	12,2	905	4	-	-	1108	3,6	254	2,5	38	3,8
-	-	115	12	-	-	-	-	810	12	-	-
Вариант 2											
145	0,12	71	5,7	119	0,8	448	1,6	318	0,05	14	16,1
232	8,5	193	2,8	311	9,1	124	6,1	738	10,2	1284	1,9
6	2,3	1277	3,7	1206	2,3	546	1,3	282	3,1	1621	10,3
701	8,3	282	34	22	2,2	84	8,2	518	8,2	325	6,4
435	12,5	375	9,8	463	6,2	358	15,2	364	15,3	572	1,8
318	9,2	203	3	636	3,9	171	2,0	222	2,1	286	23
215	22	721	10,1	139	23,3	612	3,2	446	6,3	-	-
1105	3,7	33	3,7	221	12,2	248	2,6	912	4,1	-	-
-	-	-	-	-	-	825	12	118	12	-	-
Вариант 3											
224	12,1	121	12,0	933	10,1	1134	3,7	835	11,0	39	3,7
146	22,8	916	4,5	264	25,0	284	22,0	262	2,4	723	10,1
639	3,7	485	6,3	532	1,8	348	9,4	626	3,2	281	3,0
491	6,2	244	2,1	320	6,6	426	13,0	181	2,08	365	9,7
23	2,1	384	15,6	1640	10,3	725	8,5	343	15,1	290	35,0
1208	2,4	548	8,1	1244	1,9	8	2,3	89	8,6	1262	3,8
331	9,3	292	3,2	23	16,1	252	8,3	523	1,4	191	2,6
144	0,65	733	10,1	-	-	184	0,1	127	6,2	84	5,5
-	-	308	0,1	-	-	-	-	444	1,7	-	-
Вариант 4											
341	0,15	166	0,8	1041	3,5	132	0,08	421	1,55	51	5,5
728	10,2	345	9,3	288	22	211	8,3	136	6,1	162	2,9
263	3,2	1254	2,3	585	1,9	21	2,2	574	1,4	1265	3,7
585	8,3	19	2,1	313	6,5	731	8,4	81	8,6	290	35
343	15,5	466	6,2	1644	10,4	463	13,1	371	15,1	342	9,3
254	2,15	651	3,8	1218	1,9	322	9,3	182	2,1	231	3,5
431	6,1	144	23,6	21	15,8	222	21,8	625	3,3	753	10,4
921	4,2	222	12,1	-	-	1111	3,3	251	2,4	21	3,8
123	11,8	-	-	-	-	-	-	841	11,8	-	-

Вариант 5											
563	8,2	232	12,2	37	14,9	1336	3,7	864	11,9	39	3,8
258	3,2	186	23,5	1241	2,1	281	26,2	266	2,3	761	10,2
744	10,1	623	3,7	1616	10,2	318	9,3	642	3,8	242	3,6
362	1,0	492	6,3	337	6,6	452	12,8	136	2,1	383	9,3
122	11,4	37	2,2	591	1,8	741	8,3	362	15,0	288	33
939	4,3	1241	2,4	293	21,7	36	2,8	86	8,6	1242	3,1
462	6,2	383	9,2	1064	3,6	235	8,4	524	1,6	171	2,8
242	2,1	181	1,0	-	-	162	0,1	114	6,1	53	5,6
385	15,7	-	-	-	-	-	-	402	1,7	-	-
Вариант 6											
23	16,1	114	11,6	239	11,9	1154	3,4	864	11,9	35	3,3
1246	1,8	935	4,3	141	23,8	281	22,0	232	2,2	742	10,2
1616	10,3	464	6,1	642	3,8	318	9,1	615	3,3	285	3,8
341	6,4	262	2,17	29	3,0	421	13,3	179	2,1	342	9,3
515	1,8	351	15,3	1211	2,1	725	8,1	362	15,0	289	35
262	21,3	580	8,1	322	9,6	48	2,2	88	8,6	1264	3,7
1035	3,6	253	3,3	181	0,9	262	8,4	526	1,3	159	2,7
-	-	741	10,1	431	6,2	118	0,5	128	6,0	78	5,6
-	-	362	0,14	-	-	-	-	439	1,62	-	-

Вариант 7											
835	11,8	42	3,8	392	15,6	285	12,3	42	14,9	1351	3,8
239	2,2	777	10,1	211	2,3	173	23,4	1235	2,0	262	26,1
635	3,8	262	3,7	473	6,1	616	3,7	1621	10,2	326	9,3
122	2,1	391	9,3	928	4,3	435	6,2	341	6,6	464	12,7
385	15,2	261	32,7	135	11,5	55	2,3	593	1,8	739	8,3
91	8,7	1233	3,2	371	1,1	1212	2,3	299	22,1	52	2,9
543	1,7	185	2,7	722	10,2	399	9,3	1033	3,5	247	8,4
126	6,2	63	5,6	263	3,1	187	1,1	-	-	172	0,15
418	1,7	-	-	572	8,3	-	-	-	-	-	-
Вариант 8											
437	1,8	39	5,5	566	8,2	162	1,0	1018	3,6	189	0,22
184	6,5	162	2,6	258	3,0	365	9,4	252	21,9	264	8,3
522	1,7	1248	3,1	753	10,4	1264	2,3	538	1,7	62	3,0
78	8,6	223	33,2	369	1,0	62	2,3	362	6,7	718	8,1
345	15,1	361	9,0	126	11,6	448	6,3	1614	10,2	445	12,6
114	2,0	262	3,7	931	4,4	602	3,7	1218	2,1	313	9,3
622	3,9	763	10,1	477	6,2	181	23,3	64	15,1	212	26,2
215	2,1	39	3,8	219	2,3	291	12,8	-	-	1395	3,8
884	11,9	-	-	387	15,6	-	-	-	-	-	-
Вариант 9											
891	11,9	732	10,1	623	3,7	433	12,7	322	1,2	252	8,4
38	3,9	237	2,4	1614	10,2	391	15,0	1228	2,3	114	6,2
367	15,5	181	22,5	330	9,3	263	32,6	253	22,1	68	5,6
263	12,3	1241	2,1	128	2,0	130	11,5	61	3,1	253	3,3
44	14,8	262	26,1	354	9,4	61	2,4	539	1,8	181	1,2
1362	3,8	643	3,9	911	4,3	579	1,8	181	2,7	138	0,2
265	2,3	273	3,7	448	6,1	722	8,3	718	10,3	421	1,7
-	-	454	6,0	325	6,7	93	8,6	352	9,1	564	8,3
-	-	-	-	-	-	1241	3,4	1054	3,6	-	-

Вариант 10											
402	1,7	541	1,7	1231	3,2	54	2,3	463	12,7	776	10,0
564	8,3	184	2,7	370	1,1	592	1,8	634	3,8	210	2,2
132	6,2	721	10,2	1211	2,3	738	8,3	262	3,7	172	23,2
65	5,6	398	9,3	298	22,1	121	2,1	472	6,1	1234	1,8
258	3,1	1032	3,5	51	2,9	390	9,3	615	3,7	261	26,2
189	1,1	246	8,4	384	15,2	927	4,3	1620	10,2	834	11,7
170	0,15	90	8,7	260	32,7	434	6,2	325	9,1	41	3,7
-	-	-	-	134	11,5	340	6,6	238	2,1	391	15,5
-	-	-	-	-	-	285	12,2	41	14,8	1350	3,7

Вариант 11											
35	16,2	279	21,9	339	6,4	349	15,3	320	9,6	260	8,4
105	11,5	230	2,1	260	2,1	1209	2,1	46	2,2	524	1,3
214	11,8	740	10,1	27	3,0	723	8,1	86	8,6	157	2,7
1151	3,3	1614	10,2	419	13,3	360	15,0	1262	3,7	739	10,1
862	11,8	462	6,0	177	2,0	287	35,0	1033	3,6	429	6,2
33	3,2	640	3,7	340	9,3	260	21,3	251	3,3	116	0,5
1239	1,7	316	9,0	513	1,8	578	8,1	179	0,9	126	6,0
933	4,2	613	3,2	-	-	437	1,6	-	-	76	5,6
140	23,7	283	3,7	-	-	-	-	-	-	360	0,14
Вариант 12											
235	11,8	110	11,5	314	9,0	175	2,0	285	34,0	1031	3,5
1150	3,3	19	16,0	611	3,2	338	9,2	258	21,2	249	3,2
860	11,8	228	2,1	281	3,7	511	1,7	576	8,0	179	0,8
31	3,2	738	10,1	337	6,3	347	15,2	318	9,5	258	8,3
1242	1,7	1612	10,2	258	2,07	1207	2,0	44	2,1	522	1,2
931	4,2	460	6,0	25	2,9	721	8,0	84	8,5	154	2,6
137	23,7	638	3,7	417	13,2	358	14,9	1260	3,6	737	10,0
277	21,9	-	-	362	0,2	74	55	124	5,9	427	6,1
-	-	-	-	439	1,7	-	-	-	-	114	0,4
Вариант 13											
388	15,7	643	3,9	443	6,3	747	8,4	551	1,8	271	3,2
293	12,4	270	3,8	349	6,7	99	8,8	193	2,8	195	1,2
50	15,0	481	6,2	472	12,8	1241	3,3	730	10,3	180	0,3
1359	3,9	624	3,8	393	15,3	379	1,2	399	9,3	420	1,8
247	2,3	1629	10,3	269	32,8	1220	2,4	1041	3,6	580	8,4
785	10,2	334	9,4	143	11,6	291	22,2	255	8,5	843	11,9
219	2,4	130	2,2	63	2,4	60	3,0	131	6,3	50	3,9
181	23,5	399	9,4	599	1,9	-	-	71	5,7	270	26,2
1243	2,1	936	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-

Вариант 14											
582	8,3	257	8,4	381	1,1	395	15,2	1631	10,2	221	2,3
428	1,7	1043	3,5	1243	3,2	474	12,7	626	3,7	787	10,1
182	0,15	389	9,3	81	8,7	351	6,6	483	6,1	249	2,2
197	1,1	732	10,2	749	8,3	445	6,2	272	3,7	1361	3,8
273	3,1	195	2,7	583	1,8	938	4,3	645	3,8	52	14,9
73	5,6	553	1,7	65	2,3	381	9,3	272	26,1	295	12,3
136	6,2	62	2,9	145	11,5	132	2,1	1245	2,0	392	15,6
-	-	289	22,1	271	32,7	336	9,3	183	23,4	52	3,8
-	-	1222	2,3	-	-	-	-	-	-	845	11,8

Вариант 15											
149	0,75	313	0,2	28	16,1	189	0,2	449	1,8	89,	5,6
336	9,4	738	10,2	1249	2,0	257	8,4	132	6,3	196	2,7
1213	2,5	297	3,2	1641	10,4	13	2,4	528	1,5	1267	3,9
28	2,2	553	8,2	325	6,6	730	8,6	94	8,7	295	35,1
496	6,3	389	15,7	537	1,9	431	13,1	348	15,2	370	9,8
644	3,8	249	2,2	269	25,1	353	9,5	186	2,09	286	3,1
151	22,9	490	6,4	938	10,2	289	22,1	631	3,3	728	10,2
229	12,2	921	4,6	-	-	1139	3,8	267	2,5	44	3,8
-	-	126	12,1	-	-	-	-	840	11,1	-	-
Вариант 16											
225	12,1	917	4,5	321	6,7	344	15,2	332	9,4	185	0,2
122	11,9	265	25,1	427	13,2	291	35,1	293	3,2	128	6,3
934	10,1	285	22,1	182	2,1	1209	2,5	24	16,1	85	5,5
1135	3,8	263	2,4	366	9,7	549	8,2	253	8,3	309	0,2
836	11,0	724	10,2	24	2,1	1245	2,0	524	1,5	445	1,7
40	3,7	492	6,2	385	15,6	9	2,2	192	2,6	640	3,8
147	22,8	245	2,1	1641	10,4	90	8,7	145	0,75	486	6,3
-	-	-	-	726	8,5	1263	3,8	734	10,2	533	1,8
-	-	-	-	348	9,5	627	3,3	282	3,1	-	-
Вариант 17											
936	10,2	726	10,1	247	2,1	726	8,5	11	2,3	526	1,4
1137	3,7	642	3,8	323	6,7	346	15,2	92	8,6	194	2,7
838	11,1	488	6,3	429	13,1	293	35,1	1265	3,9	147	0,8
42	3,7	535	1,8	184	2,2	1211	2,5	334	9,4	736	10,1
147	22,7	351	9,5	368	9,8	551	8,1	295	3,3	187	0,2
919	4,5	629	3,3	26	2,1	1247	1,9	26	16,0	130	6,3
267	25,1	284	3,1	387	15,6	227	12,1	255	8,4	87	5,6
287	22,0	494	6,2	1643	10,3	124	12,0	-	-	311	0,1
265	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	447	1,7

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Вариант 18											
151	22,7	490	6,2	431	12,9	1213	2,3	257	8,2	313	0,2
921	4,4	537	1,7	186	2,0	94	8,5	528	1,3	449	1,6
269	24,9	353	9,3	370	9,6	553	8,0	196	2,5	229	12,0
289	21,9	631	3,1	28	2,0	1267	3,8	149	0,5	126	11,9
267	2,3	286	2,9	389	15,5	1249	1,8	738	10,0	938	10,0
728	10,0	496	6,1	1645	10,2	336	9,2	189	0,2	1139	3,6
644	3,6	249	2,0	730	8,4	13	2,2	132	6,1	839	10,9
-	-	325	6,5	348	15,0	297	3,1	89	5,4	44	3,6
-	-	-	-	295	34,9	28	16,0	-	-	-	-

Вариант 19											
18	2,1	543	8,1	518	1,4	439	1,7	915	4,4	527	1,8
379	15,3	1239	1,8	186	2,5	219	12,1	259	24,9	343	9,2
1635	10,2	9	2,3	139	0,66	116	11,9	279	21,9	621	3,2
720	8,5	84	8,5	728	10,1	928	10,0	257	2,3	276	2,9
338	15,0	1257	3,7	179	0,3	1129	3,6	718	10,1	486	6,2
285	35,1	326	9,2	122	6,1	830	10,9	634	3,7	239	2,1
1203	2,4	287	3,2	79	5,4	34	3,6	480	6,3	315	6,5
-	-	18	16,0	303	1,1	141	22,7	-	-	421	12,9
-	-	247	8,3			360	9,6	-	-	176	2,0

Вариант 20											
151	1,3	128	12,7	940	10,8	1141	4,5	842	11,7	46	4,4
338	10,0	923	5,2	271	25,7	291	22,7	269	3,1	730	10,8
1215	3,1	492	7,0	539	2,5	355	10,1	633	3,9	288	3,7
30	2,8	251	2,8	327	7,3	433	13,7	188	2,15	372	10,4
498	6,9	391	16,3	1647	11,0	732	9,2	350	15,8	297	35,7
646	4,4	555	8,8	1251	2,6	15	3,0	96	9,3	1269	4,5
153	23,5	299	3,9	30	16,8	259	9,0	530	2,1	198	3,3
231	12,8	740	10,8	-	-	191	0,8	134	6,9	91	6,2
-	-	315	0,8	-	-	-	-	451	2,4	-	-
Вариант 21											
32	3,0	253	3,0	273	25,9	1143	4,6	844	11,9	48	4,6
1217	3,3	494	7,2	541	2,7	293	22,9	271	3,3	732	11,0
340	10,2	925	5,4	942	11,0	359	10,3	635	4,1	290	3,9
153	1,3	130	12,9	329	7,5	435	13,9	190	2,78	374	10,6
233	13,0	393	16,5	1649	11,2	734	9,4	352	16,0	299	35,9
155	23,7	557	9,0	1251	2,8	17	3,2	98	9,5	1269	4,7
648	4,6	299	4,1	32	17,0	261	10,2	532	7,1	198	2,7
499	7,1	742	11,0	191	1,0	-	-	136	2,3	93	6,4
317	1,0	-	-	-	-	-	-	453	2,4	-	-
Вариант 22											
342	9,9	927	4,9	944	10,6	1145	3,9	846	11,2	50	3,9
155	0,8	496	6,7	275	25,8	295	22,7	273	2,6	734	10,8
1219	3,5	255	2,8	543	2,6	359	10,1	537	3,9	292	4,0
34	2,9	395	16,1	331	6,7	437	13,6	192	2,2	376	10,1
496	6,9	559	8,4	1651	10,9	736	9,4	354	15,7	298	34,9
650	4,1	292	3,2	1253	2,4	19	2,3	99	9,2	1273	4,4
157	23,3	744	10,6	34	16,6	263	8,6	534	1,7	193	2,6
235	12,9	319	0,11	-	-	195	0,9	138	6,3	95	5,9
132	12,7	-	-	-	-	-	-	455	2,3	-	-

Вариант 23											
159	22,9	237	12,2	361	9,5	36	2,2	21	2,4	191	2,6
929	4,6	134	12,1	639	3,3	397	15,7	99	8,7	157	0,65
277	25,1	946	10,2	294	3,1	1653	10,4	1275	3,9	746	10,2
297	22,2	1147	3,8	491	6,2	738	8,6	344	9,4	197	0,2
275	2,5	848	11,1	257	2,2	356	15,2	292	3,2	140	6,3
736	10,2	52	3,7	333	6,7	290	35,0	36	16,1	97	5,5
-	-	652	3,8	439	13,1	1221	2,5	265	8,3	321	0,2
-	-	498	6,4	194	2,18	561	8,2	536	1,4	457	1,8
-	-	545	1,9	378	9,8	1257	2,0	-	-	-	-
Вариант 24											
491	6,2	499	6,3	299	22,0	54	3,7	1259	1,9	538	1,4
259	2,1	547	1,8	277	2,4	38	2,1	23	2,3	191	2,6
335	6,6	363	9,4	738	10,1	399	15,6	89	8,6	159	0,7
441	13,1	641	3,3	239	12,1	1655	10,3	1277	3,8	748	10,1
196	2,3	296	3,2	136	12,0	740	8,5	346	9,3	199	0,2
380	9,7	161	22,8	948	10,1	358	15,1	292	3,2	142	6,2
654	3,7	931	4,5	1149	3,7	290	35,0	38	16,1	99	5,5
-	-	279	25,1	850	11,0	1223	2,4	267	8,3	323	0,1
-	-	-	-	-	-	563	8,1	-	-	459	1,7

Вариант 25											
322	0,2	345	9,5	560	8,1	357	15,2	499	6.4	294	22,1
458	1,7	292	3,2	1258	1,9	294	35,1	546	1,9	276	2,5
158	0,8	37	16,0	22	2,4	494	6,2	362	9,5	737	10,2
747	10,3	266	8,4	93	8,6	258	2,2	640	3,3	238	12,2
198	0,3	537	1,5	1276	3,8	334	6,7	295	3,1	135	12,1
141	6,3	191	2,6	37	2,1	440	13,1	160	22,9	947	10,2
98	5,5	1222	2,5	398	15,7	195	2,12	930	4.6	1147	3,8
-	-	-	-	1654	10,4	379	9,8	278	25,1	849	11,1
-	-	-	-	739	8,6	653	3,8	-	-	53	3,8
Вариант 26											
21	4,1	546	8,0	289	3,1	81	5,4	143	22,7	345	9,3
382	15,5	1241	1,8	20	16,0	305	0,2	913	4,4	623	3,1
1638	10,2	5	2,2	249	8,2	441	1,6	261	24,9	278	3,0
722	8,4	86	8,5	520	1,3	221	12,0	281	21,9	488	6,1
340	15,0	1259	3,7	188	2,5	118	11,9	259	2,3	241	2,0
288	34,9	328	9,2	141	0,5	930	10,0	720	10,0	317	6,5
1206	2,3	-	-	730	10,0	1131	3,6	636	3,6	423	12,9
-	-	-	-	181	0,2	832	10,9	482	6,3	178	1,9
-	-	-	-	124	6,1	36	3,6	529	1,8	362	9,6

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Вариант 27											
138	0,54	296	3,3	1202	2,7	719	8,5	633	3,7	278	21,7
727	10,0	15	15,1	542	8,8	337	14,3	479	6,6	258	2,4
178	0,1	246	8,4	1238	2,8	294	32,2	526	1,8	717	9,9
121	6,2	517	1,3	2	2,3	485	7,3	342	9,7	218	12,5
78	5,4	185	2,7	83	8,1	238	2,1	620	3,7	116	10,3
325	9,3	302	0,8	1256	3,9	314	6,3	275	3,0	927	10,1
-	-	438	1,9	17	2,1	420	12,2	140	23.2	1128	3,9
-	-	-	-	378	16,2	175	2,9	910	4.7	829	10,1
-	-	-	-	1634	10,9	359	9,9	258	23.3	33	3,6
Вариант 28											
32	4,1	217	12,3	114	11,9	926	10,7	1127	3,6	828	10,3
716	9,9	139	22,5	909	4,5	257	24,4	277	21.9	255	2,4
274	2,5	632	3,6	478	6,2	525	1,9	341	9.3	619	3,2
358	10,1	484	6,1	237	2,1	313	6,5	419	12.9	174	2,8
283	34,9	16	2,1	377	15,5	1633	10,2	718	8.4	338	15,0
1255	3,8	1201	2,4	541	8,0	1637	1,8	23	2.2	82	8,5
184	2,6	324	9,2	285	3,1	16	16,1	245	8.3	517	1,9
77	5,5	137	0,9	726	10,1	-	-	177	2.2	120	6,2
-	-	-	-	301	2,4	-	-	-	-	437	1,9
Вариант 29											
943	10,3	1144	3,9	845	11,2	49	3,9	234	12,3	131	12,2
274	25,2	294	22,2	272	2,6	733	10,3	156	23.0	926	4,7
542	2,0	358	9,6	636	3,4	291	3,2	649	3.8	495	6,5
330	6,8	436	13,2	191	2,3	375	9,8	498	6.4	254	2,3
1650	10,5	735	8,7	363	15,3	299	35,2	33	2.3	394	15,8
1254	2,1	18	2,5	99	8,8	1272	4,0	1218	2.6	558	8,3
33	16,3	262	8,5	533	1,6	198	2,8	341	9,5	292	3,2
-	-	194	0,3	137	6,4	94	5,7	154	0,8	743	10,3
-	-	-	-	454	1,9	-	-	-	-	318	0,3

Вариант 30											
948	10,4	299	22,2	641	3,4	296	3,2	161	22.7	136	12,1
279	25,3	363	9,6	196	2,3	380	9,9	654	3,7	931	4,9
547	2,1	441	13,2	368	15,1	269	35,1	478	6.4	475	6,3
335	6,9	740	8,7	89	8,8	1277	4,1	38	2.3	259	2,3
1655	10,6	23	2,6	538	1,6	188	2,7	1223	2,7	394	15,8
1259	2,2	267	8,6	142	6,1	99	5,7	346	9,5	563	8,3
38	16,4	199	0,4	459	1,6	239	12,2	159	0.8	297	3,2
1149	4,0	850	11,2	54	3,9	-	-	-	-	748	10,2
-	-	277	2,6	738	10,1	-	-	-	-	323	1,2

Практическая работа №24. Расчет надежности РЭА по показателям входящих в нее элементов.

Цель работы: изучить методику расчета надежности,

Теоретическая часть

Для оценки новых (проектируемых) изделий используется принципиально иной подход, обусловленный отсутствием данных об эксплуатации или испытаниях образцов изделий. Суть его заключается в следующем. Поскольку большинство изделий унифицировано и образовано совокупностью элементов, показатели надежности которых известны по результатам предыдущих

исследований (эксплуатации или испытаний), то, пользуясь методами теории вероятностей, можно рассчитать показатели надежности нового (проектируемого) изделия, а заодно и принять меры для повышения его надежности. При таком подходе изделие рассматривается как система, состоящая из определенного числа элементов, которые соединены таким образом, что отказ хотя бы одного из них нарушает работоспособность всей системы. Такое соединение, с точки зрения надежности, называется последовательным. Вероятность безотказной работы системы с последовательным соединением элементов есть вероятность того, что безотказно будут работать все элементы, входящие в нее. Радиоэлектронная аппаратура и ее составные части, если они не резервированы1 , представляют собой системы с последовательным соединением элементов. Этими элементами могут быть детали (резисторы, конденсаторы, электровакуумные и полупроводниковые приборы и др.) или целые блоки (усилители, выпрямители, генераторы и др.) с известными показателями надежности. При расчете надежности системы и ее составных частей учитывают только те отказы, которые носят случайный и независимый характер, т.е. такие, которые нельзя предусмотреть и которые не вызваны отказами других входящих в систему элементов. Возможность такого подхода оправдывается тем, что неслучайные отказы могут быть предупреждены, а зависимые отказы не по влияют на надежность системы с последовательным соединением элементов, так как работоспособность такой системы будет нарушена отказом того элемента, который вышел из строя первым, т.е. независимым отказом. Так как вероятность наступления нескольких независимых случайных событий равна произведению вероятностей этих событий, то

$$P_C(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \ldots \cdot P_N(t) = \prod_{i=1}^{N} P_i(t),$$

где P_C (t) – вероятность безотказной работы системы; Pi(t) – вероятность безотказной работы i-го элемента.

Для периода времени t1 ≤ t ≤ t2 (рисунок 2), где интенсивность отказов можно считать величиной постоянной (λ = const) интенсивность отказов системы с последовательным соединением элементов равна сумме интенсивностей отказов входящих в нее элементов:

$$\lambda_C = N_1\lambda_1 + N_2\lambda_2 + \ldots + N_m\lambda_m = \sum_{i=1}^{m} N_i\lambda_i,$$

где

λi – интенсивность отказов элементов i-го типа;

Ni – число элементов с интенсивностью отказов λi;

λC – интенсивность отказов системы.

Тогда вероятность безотказной работы системы будет равна:

$$P_C(t) = e^{-\lambda_C t}$$

и может быть подсчитана для любого периода времени t.

Среднее время безотказной работы системы равно:

$$T_C = \int_0^{\infty} e^{-\lambda_C t}\, dt = \frac{1}{\lambda_C}.$$

Следует, однако, иметь в виду, что рассчитанное таким образом среднее время безотказной работы системы будет реальным только в том случае, если оно не будет превышать промежутка времени нормальной работы любого эле мента системы. Если каким-то образом будет установлено среднее время, необходимое для обнаружения и устранения неисправности в системе ТП, то можно определить и коэффициент простоя КП системы.

ПРИМЕР

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Требуется произвести ориентировочный расчет надежности одного из типов радиоэлектронной аппаратуры по известным значениям интенсивностей отказов входящих в него блоков (таблица 4), если известно, что среднее время, необходимое для обнаружения и устранения неисправности в нем (среднее время вынужденного простоя), составляет 5 ч.

Порядок расчета

1. *Интенсивность отказов* аппаратуры определяют по формуле (25):

$$\lambda_C = \sum \lambda_i = 289{,}41 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч.}$$

2. *Среднее время безотказной работы* определяют по формуле (27):

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{289{,}41 \cdot 10^{-5}} \approx 346 \text{ ч.}$$

Таблица 4 – Интенсивности отказов блоков аппаратуры

№ блока	Наименование блока	Интенсивность отказов, λ_i, 10^{-5} 1/ч
1	Апериодический усилитель и первый настраиваемый каскад	28,04
2	Второй настраиваемый каскад	26,30
3	Усилитель мощности	25,12
4	Индикатор мощности, телевизионный фильтр и антенный коммутатор	4,58
5	Выпрямитель (стабилизированный) на + 250 В	19,01
6	Выпрямитель (стабилизированный) на -(1,5÷24)В; -(0,5÷1,9)В	4,15
7	Выпрямитель (стабилизированный) на + 600 В	19,64
8	Выпрямитель (стабилизированный) на -(100÷130)В	15,56
9	Выпрямитель на + 2000 В	19,96
10	Выпрямитель на + 1500 В	13,29
11	Выпрямитель (стабилизированный) на -(125÷250)В	17,47
12	Выпрямитель на + 5000 В	31,38
13	Аппаратура питания переменным током и система УБС	64,91

3. Рассчитывают зависимость вероятности безотказной работы от времени. Для этого разбивают весь интервал времени безотказной работы на равные промежутки Δt= 50 ч и рассчитывают значения PC(t) по формуле (26) для t = 0; 50; 100; ...;400ч. Для расчета можно пользоваться значениями функции ex , приведенными в приложении 1. Полученные результаты записывают в таблицу 5, по данным которой строят зависимость PC(t) (рисунок 5).

Таблица 5 – Результаты расчета зависимости PC(t)

t	0	50	100	150	200	250	300	350	400
$P_c(t)$	1	0,865	0,748	0,647	0,561	0,484	0,420	0,365	0,315

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

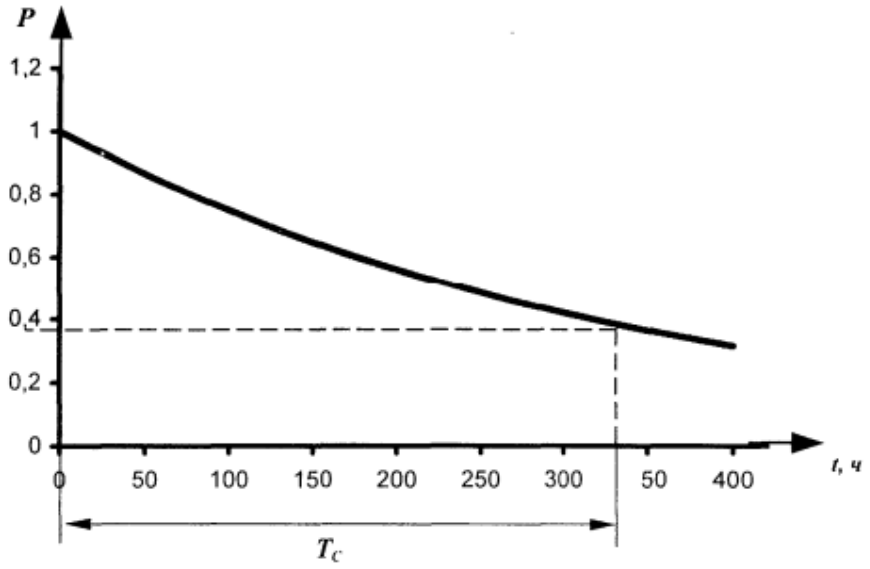


Рисунок 5 – Зависимость вероятности безотказной работы аппаратуры от времени

4. По графику зависимости PC(t) определяют значение вероятности безотказной работы аппаратуры в течение среднего времени безотказной работы TC. В рассматриваемом примере PC(t) > 0,375. 5. Коэффициент простоя аппаратуры определяют по формуле):

$$K_{П} = \frac{5}{346 + 5} = 0{,}0142 .$$

ЗАДАНИЕ 3

Руководствуясь рассмотренным примером произвести ориентировочный расчет показателей надежности радиоэлектронной аппаратуры, состоящей из нескольких типовых блоков, по одному из вариантов (указывается преподавателем). Нумерация блоков приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Составные блоки радиоэлектронной аппаратуры [3] **Варианты задания**

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

№ блока	Наименование блока	Интенсивность отказов, λ_i, 10^{-5} 1/ч
1.	Амперметр	2,91
2.	Выпрямитель	18,55
3.	Выпрямитель	4,35
4.	Выпрямитель	19,65
5.	Выпрямитель	11,87
6.	Выпрямитель	19,93
7.	Выпрямитель	13,25
8.	Выпрямитель	17,42
9.	Выпрямитель	32,31
10.	Выпрямитель	14,25
11.	Выпрямитель	11,38
12.	Вольтметр	3,18
13.	Генератор	32,41
14.	Генератор	121,34
15.	Генератор	124,45
16.	Генератор	17,54
17.	Электродвигатель	22,44
18.	Электродвигатель	84,25
19.	Электродвигатель	3,59
20.	Электродвигатель	3,72
21.	Электродвигатель	52,44
22.	Электродвигатель	93,25
23.	Блок высокой частоты	14,48
24.	Блок промежуточной частоты	4,18
25.	Сельсин	8,24
26.	Блок задержки импульсов	6,21
27.	Усилитель	52,43
28.	Усилитель	26,05
29.	Усилитель	26,30
30.	Усилитель	21,45
31.	Усилитель	18,39
32.	Усилитель	21,99
33.	Усилитель	23,95
34.	Усилитель	25,12
35.	Усилитель	22,35
36.	Усилитель	28,11
37.	Формирователь импульсов	22,39
38.	Формирователь импульсов	24,41
39.	Формирователь импульсов	27,18
40.	Дешифратор	31,92

№ варианта	№№ блоков из таблицы 6	Среднее время вынужденного простоя $T_П$, ч
1.	1,2,3,5,6,13,17,27,29,31,36	6
2.	3,4,5,14,17,23,27,28,32,37,40	6,5
3.	1,7,8,10,12,15,22,29,30,38,41	7
4.	2,5,7,8,14,19,23,24,25,29,33	8
5.	2,4,6,11,15,18,28,29,33,37,41	6,5
6.	6,8,11,12,21,26,27,38,39,40,41	6
7.	6,7,8,14,15,22,23,24,29,30,31	7,5
8.	1,10,11,12,13,16,22,27,29,34,37	7
9.	2,3,4,11,13,15,20,25,28,31,32	10
10.	3,4,5,12,16,17,23,24,34,35,36	6
11.	4,5,6,7,14,18,26,30,31,33,38	5
12.	1,6,11,12,15,17,23,24,34,35,36	5,5
13.	9,10,11,12,26,27,29,30,38,40,41	5
14.	5,6,7,8,12,19,25,30,31,32,33	5
15.	6,7,10,11,12,13,16,22,23,24,35	4,5
16.	1,7,8,9,10,12,19,25,32,33,34	4,5
17.	8,9,11,12,14,16,26,27,28,34,39	5
18.	6,9,10,11,12,20,25,28,31,32,34	5
19.	1,4,8,10,11,12,23,24,27,31,32	5,5
20.	5,7,9,11,13,16,26,37,38,33,34	5
21.	5,9,10,11,12,14,16,17,27,31,36	5
22.	3,8,10,12,13,18,25,30,36,40,41	5
23.	1,2,4,6,8,12,13,19,26,29,35	5
24.	3,6,8,9,12,19,29,32,33,38,39	5,5
25.	5,8,10,11,12,22,23,24,28,31,32	6
26.	1,7,9,11,12,21,25,28,30,31,35	6
27.	8,9,10,11,14,16,18,19,29,30,33	6
28.	1,6,7,9,11,16,23,24,34,35,36	6,5
29.	2,4,6,8,13,14,19,28,30,32,34	6
30.	4,5,8,9,12,15,20,22,26,37,39	6,5

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическая работа №25. Общие положения AutoCAD. Ознакомление со структурой и командами AutoCAD

Цель работы: приобретение практических навыков пользования интерфейсом программы, настройки параметров чертежа, работы с командной строкой.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить приведенные практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Загрузка AutoCAD. Создание нового файла

При загрузке AutoCAD на экране появляется окно *Startup* (AutoCAD Today), в котором можно выбрать вариант начала работы с пакетом (рис. 1.1):

- закладка *Open a Drawing* позволяет открыть существующий чертеж;
- закладка *Create Drawings* предназначена для создания нового проекта с использованием шаблона (*Template*), черновика (*Start from Scratch*) или мастера (*Wizards*);
- закладка *Symbol Libraries* позволяет создавать чертежи, используя готовые библиотечные примитивы.

При выборе варианта *Start from Scratch* (*Metric*) создается документ AutoCAD формата А4 (210 × 297 мм) с метрическими настройками, относящимися к системе измерения, в основу которой положена единица длины «метр».

Вариант *Wizards* является более функциональным и позволяет на этапе создания проекта установить все основные параметры чертежа (*Unit of measurements* – система измерения; *Angle of measurement* – единицы измерения углов и направление их рисования; *Area* – размер чертежа).

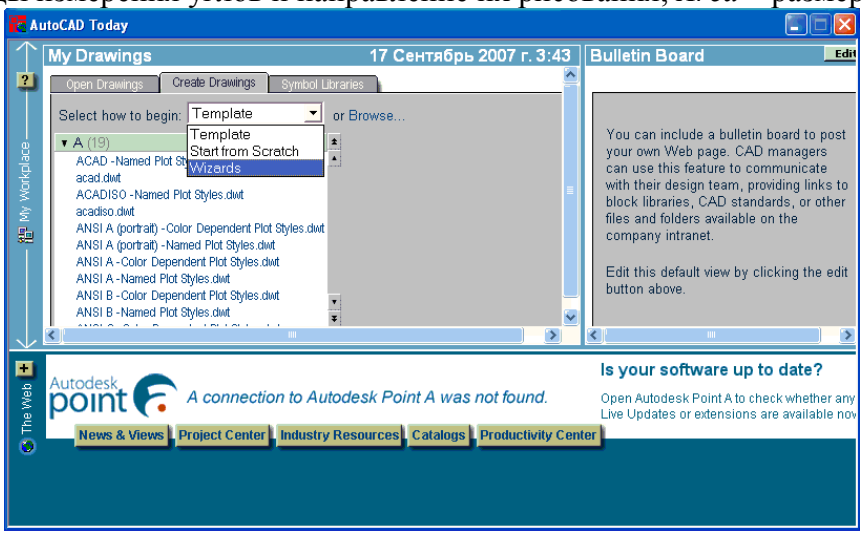


Рис. 1.1. Окно AutoCAD Today

Вариант *Template* (использование шаблона) позволяет пользователю выбрать шаблон, представляющий собой чертеж конкретного формата с готовой рамкой.

В том случае, если при запуске AutoCAD самостоятельно создает рабочий файл, и отсутствует окно *Startup* какого-либо вида (в зависимости от версии), то настройки метрической системы, пределов чертежа и другое необходимо сделать вручную (см. подраздел «Настройка чертежа» с. 12 данного пособия).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Структура окна AutoCAD

Вид окна AutoCAD приведен на рис. 1.2.

Главное меню содержит следующие пункты:

File – меню работы с файлами;

Edit – меню команд редактирования;

View – меню команд управления экраном;

Insert – меню команд вставки объектов;

Format – меню команд управления слоями, цветом, типом линии и стилями;

Tools – меню команд управления системой и установки системы координат;

Draw – меню команд рисования графических примитивов;

Dimension – меню команд простановки размеров;

Modify – меню команд изменения (редактирования) элементов чертежа;

Window – меню команд работы с окнами;

Help – вызов справочной системы.

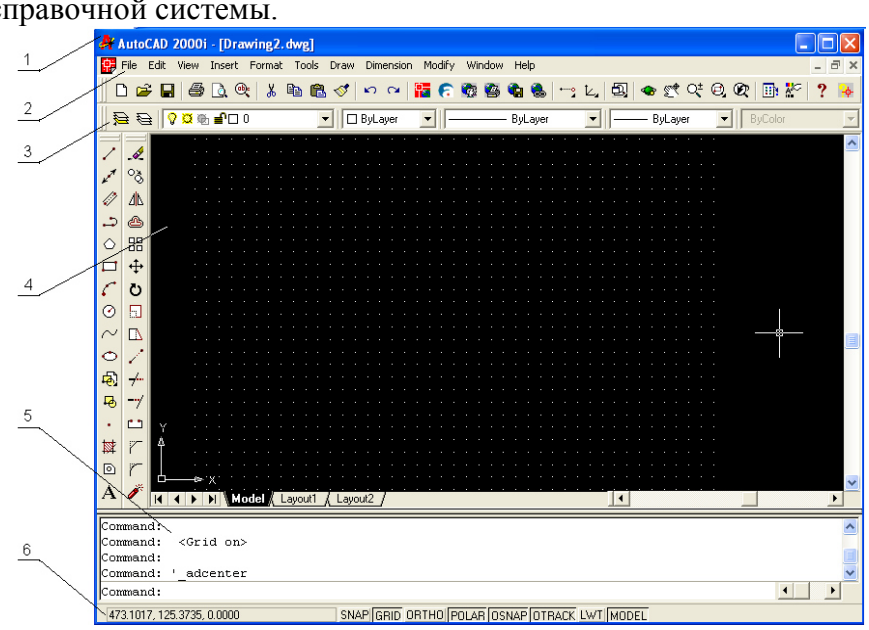


Рис. 1.2. Структура окна AutoCAD:

1 – заголовок окна с именем документа; 2 – главное меню; 3 – плавающие панели инструментов; 4 – графическое поле для черчения; 5 – текстовое окно команд; 6 – строка состояния

Следует отметить, что меню AutoCAD настраивается пользователем, поэтому в зависимости от настроек могут присутствовать некоторые другие пункты.

Для управления видом меню предназначена команда *Tools/ Customize Menus*.

Управление выводом соответствующей панели инструментов на экран осуществляется с помощью команды *View/Toolbars*. С помощью этой команды можно включить или выключить соответствующие кнопочные панели инструментов путем выбора их в раскрывшемся окне.

Панели инструментов могут перемещаться по экрану путем перетаскивания их мышью (при нажатой левой клавише мыши) за заголовок или начало панели.

Кнопки могут иметь в правом нижнем углу треугольник. При выборе такой кнопки и удерживании ее при нажатой левой кнопке мыши появится дополнительная панель с различными вариантами команды (дополнительными кнопками).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

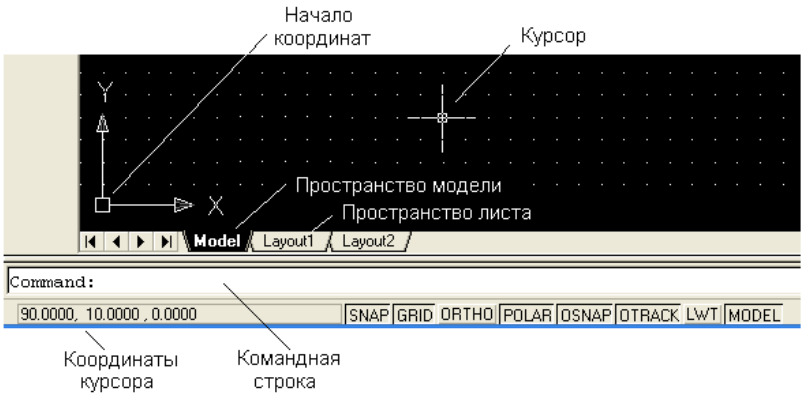


Рис. 1.3. Структура окна AutoCAD

В строке состояния (рис. 1.3) слева приводятся координаты курсора (начало координат – левый нижний угол поля для черчения), сообщения системы и кнопки для включения/выключения команд или режимов.

В табл. 1.1 приведены следующие команды, предназначенные для работы с чертежами.

Т а б л и ц а 1.1

Структура командной строки

Название кнопки	Функциональная клавиша	Описание кнопки	Примечание
SNAP	F9	Курсорная привязка – перемещение курсора с заданным шагом	Позволяет точно выполнить позиционирование курсора на экране. Имеются два режима: *Grid Snap* (Линейный) и *Polar Snap* (Полярный). Режим *Polar Snap* работает только совместно с опцией *POLAR*
GRID	F7	Сетка – визуальное представление единиц длины на экране	Не является частью чертежа и не выводится на печать
ORTHO	F8	Ортогональный режим – черчение строго горизонтальных или вертикальных линий	Не является частью чертежа и не выводится на печать
POLAR	F10	Полярные координаты – переход в систему полярных координат	Задание координат точки с помощью длины и направления

OSNAP	F3	Объектная привязка – привязка создаваемого объекта к определенным позициям уже созданных	Рекомендуется установить в *Setting* следующие привязки: □ – к конечной точке, ○ – к центру окружности, × – к пересечению
OTRACK	F11	Объектная трассировка – отслеживание углов с определенным шагом	Отображается вспомогательная линия, позволяющая точно установить курсор в позицию, находящуюся под заданным углом
LWT	–	Отображение толщины линий	Рекомендуется включать на завершающей стадии оформления чертежа
MODEL/ PAPER	–	Переключение между пространством листа и модели	Используется при работе на вкладке *Layout*

Пространство модели (*Model*) обычно используется для непосредственного создания чертежа, пространство листа (*Layout1*) – для композиции проекта в рамках листа выбранного формата.

Работа с командами

Команды AutoCAD могут выбираться из меню, вводиться с помощью кнопок панелей или набираться с клавиатуры в текстовом окне. Отмена команды – нажатие клавиши Esc. Выполнение команды может конкретизироваться с помощью ее ключей (опций), запрашиваемых системой в текстовом окне.

В табл. 1.2 приведено описание назначения кнопок стандартной кнопочной панели.

Т а б л и ц а 1.2

Назначение кнопок стандартной кнопочной панели

Вид кнопки	Назначение кнопки	Путь
	Панель объектной привязки	
	Кнопка панорамирования. Позволяет рассмотреть любую часть рисунка без изменения масштаба изображения путем перетаскивания объекта левой кнопкой мыши	*View/Pan/RealTime*
	Кнопка изменения масштаба. Позволяет изменять масштаб изображения путем перемещения указателя по чертежу при нажатой левой кнопке мыши (вверх –	*View/Zoom/Realtime*

	увеличение, вниз – уменьшение)	
	Панель масштаба. Позволяет изменять масштаб изображения	*View/Zoom*
	Запуск AutoCAD DesignCenter. DesignCenter – инструмент для поиска, просмотра и вставки в текущий документ готовых примитивов, блоков и др.	*Tools/AutoCAD Design Center*
	Управление свойствами объекта	*Tools/Properties*

Все команды AutoCAD можно разделить на группы, названия которых отражены в пунктах меню (рис. 1.4):

EDIT – команды правки чертежей;
VIEW 1 и 2 – команды управления видами;
INSERT – команды вставки объектов;
FORMAT – команды установки форматов;
TOOLS 1 и 2 – команды управления инструментами;
DRAW 1 и 2 – команды черчения;
DIMNSION – команды простановки размеров;
MODIFY 1 и 2 – команды редактирования;
INQUIRY, SETTINGS – команды служебные;
DISPLAY – команды управления экраном.

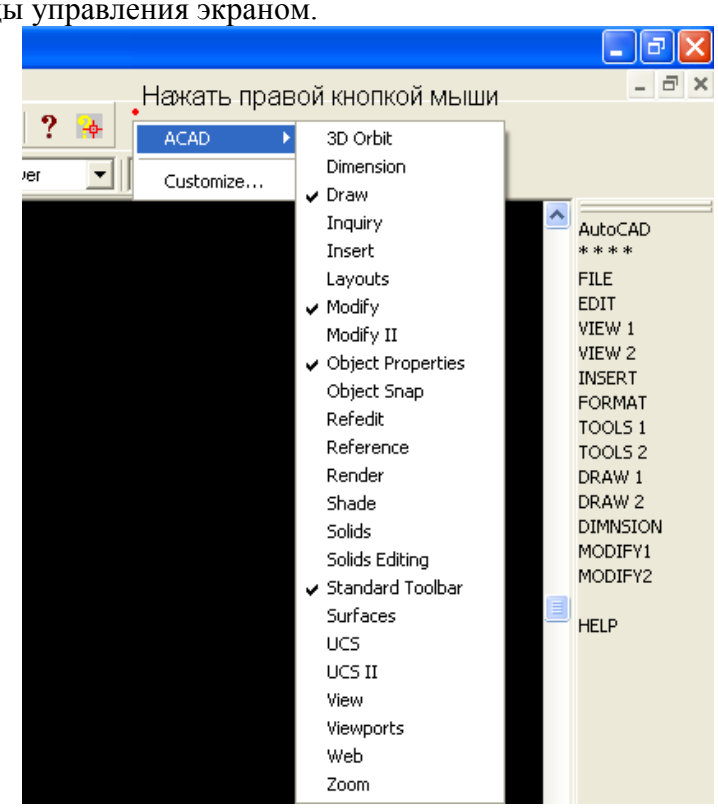


Рис. 1.4. Группы команд AutoCAD

Каждая группа содержит ряд команд, которые появляются на экране после активизации соответствующего пункта меню, а именно:

DRAW (Черчение)

Команды создания графических примитивов:

ARC – осуществляет вычерчивание дуги;
CIRCLE – вычерчивает окружности;
LINE – чертит отрезок прямой;
SOLID – создает закрашенные треугольники и четырехугольники;
POLIGON – осуществляет вычерчивание правильных многоугольников;
TEXT – осуществляет вычерчивание текста символов;
PLINE – осуществляет вычерчивание полилинии;
TRACE – осуществляет вычерчивание ленты;
DONUT – осуществляет вычерчивание колец;
POINT – осуществляет построение точки;
ELLIPSE – строит эллипс;
RAY – изображает луч;
XLINE – строит конструкционную линию;
MLINE – осуществляет построение мультилинии;
DONUT – строит кольцо;
BLOCK – работа с блоками;
HATCH – осуществляет нанесение штриховки;
TEXT – осуществляет нанесение текста.
DISPLAY (Экран)
ZOOM – масштабирует изображение;
PAN – панорамирует изображение;
REGEN – регенерирует изображение, стирая служебные пометки;
ATTDISP – контролирует видимость атрибутов.
MODIFY 1 (Изменить 1)
Команды редактирования чертежей:
ERASE – удаляет объекты;
OOPS – восстанавливает удаленные объекты;
FILLET – спрягает объекты;
COPY – копирует объекты;
MIRROR – получает зеркальное отображение;
OFFSET – формирует подобный объект;
ARRAY – осуществляет множественное копирование.
MODIFY 2 (Изменить 2)
Команды редактирования примитивов:
MOVE – сдвигает объекты;
PEDIT – осуществляет редактирование полилиний;
ROTATE – поворачивает объекты;
BREAK – удаляет часть объекта;
TRIM – обрезает объекты по заданной кромке;
SCALE – масштабирует объекты;
EXTEND – удлиняет объект по заданной кромке;
EXPLODE – преобразует сложные примитивы в простые;
CHAMFER – снимает фаски.
DIM (Размер)
LINEER – проставляет линейный размер;
ALIGNED – проставляет выровненный размер;
ORDINATE – проставляет координатный размер;
RADIUS – проставляет радиальный размер;
DIAMETER – проставляет диаметральный размер.
VIEW (Вид)
REDRAW – перерисовывает экран;

REGEN – обновляет изображение;
ZOOM – осуществляет увеличение изображения;
PAN – осуществление перемещения, панорамирование изображения на экране.

Абсолютные и относительные координаты

Ввод координат с клавиатуры возможен в виде абсолютных и относительных координат. Ввод *абсолютных координат* возможен для декартовых координат в виде X, Y, Z, где X, Y и Z – числовые значения координат по соответствующим осям (например, 10, 25, 5). Для *полярных координат* значения вводятся в виде r < A, где r – радиус, A – угол от предыдущей точки (например, 10 < 30). Угол задается в градусах против часовой стрелки.

Относительные координаты задают смещение от последней введенной точки или выбранной точки. Относительным координатам предшествует символ @, например @25, 50 или @30 < 60.

Примеры задания относительных координат приведены на рис. 1.5 и 1.6.

Настройка чертежа

В AutoCAD имеется возможность определения формата, метрических настроек и точности представления чисел. Для этого надо выполнить команду *Format/Units* – появится меню *Drawing Units* (рис. 1.7):

- поле *Length* позволяет изменить формат представления единиц (*Decimal* для метрической системы);
- поле со списком *Precision* определяет число знаков после запятой;
- поле *Angle* позволяет изменить формат и единицы измерения углов (градусы – *Decimal Degrees*). По умолчанию угол отсчитывается против часовой стрелки. Начало отсчета угла – направление на восток (на 3 часа дня).

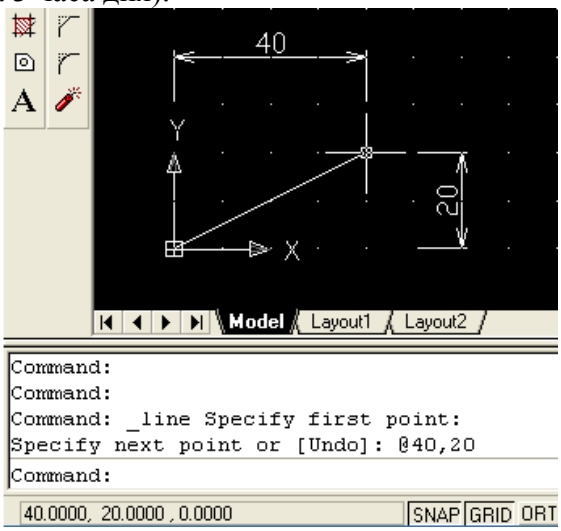


Рис. 1.5. Пример задания относительных координат в формате (@40, 20)

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

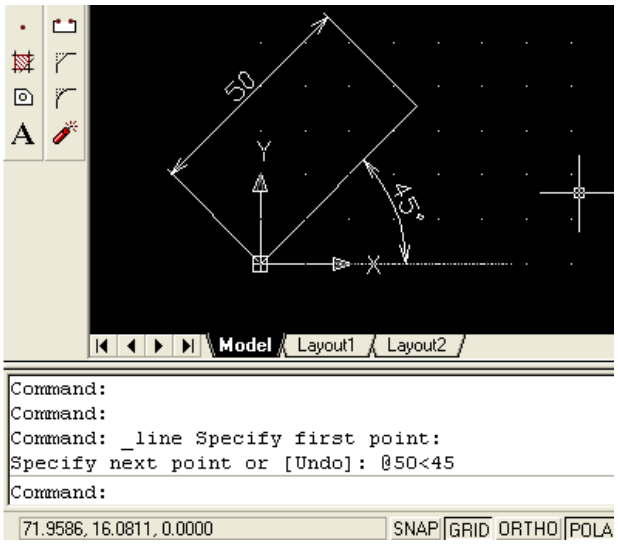


Рис. 1.6. Пример задания относительных координат с указанием угла (< 45)

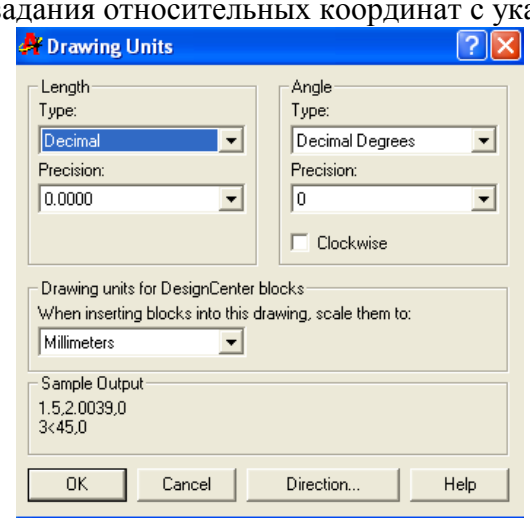


Рис. 1.7. Меню *Drawing Units*

Шаг координатной сетки

Для установки шага сетки необходимо нажать правой кнопкой мыши на кнопке GRID строки состояния. Во всплывающем окне выбрать пункт *Settings*, после чего появится меню *Drafting Settings*, в строках *Grid X Spacing* и *Grid Y Spacing* которого устанавливается значение шага. Аналогичное значение шага рекомендуется установить в полях *Snap X Spacing* и *Snap Y Spacing*.

Лимиты (пределы) чертежа определяются командой *Format/ Drawing Limits*. Для этого необходимо указать координаты левого нижнего (*Specify lower left corner or* [*ON/OFF*] <0.0000, 0.0000>) и правого верхнего (*Specify upper right corner* <420.0000, 297.0000>) углов чертежа. Цифры в фигурных скобках приведены для формата А3 (рис. 1.8).

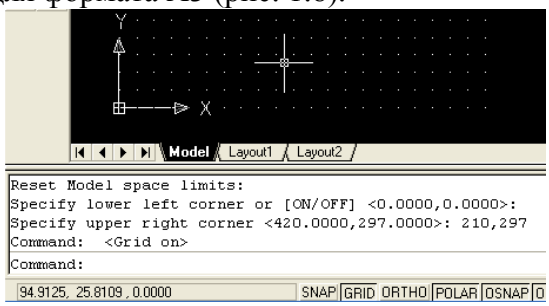


Рис. 1.8. Указание лимитов чертежа

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическое задание 1.1

1. Создайте в AutoCAD чертеж формата А3.
2. Установите десятичный режим измерения (миллиметры).
3. С помощью инструмента *Линия* (кнопка ) нарисуйте контур чертежа, отступая 20 мм от края слева и по 5 мм с остальных сторон (рис. 1.9). Используйте в задании абсолютные и относительные координаты.

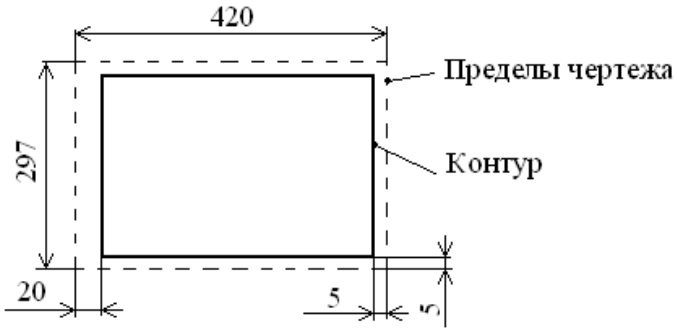


Рис. 1.9. Пример выполнения практического задания 1.1

Выделение объектов

Существуют два способа:

1-й способ: для выделения объекта следует подвести к нему указатель мыши и щелкнуть левой кнопкой. Выделенный объект будет помечен небольшими квадратиками, так называемыми «ручками». Аналогично помечаются другие объекты в группе. Завершение выбора группы – нажатие клавиши Enter.

2-й способ: с помощью окна. В этом случае прямоугольное окно задается с помощью двух углов путем щелчков левой кнопкой мыши в требуемых точках чертежа.

При использовании окна необходимо иметь в виду следующее:

- если окно рисуется слева направо, то выбираются все объекты, полностью попавшие в окно;
- если справа налево, то выбираются все объекты частично и полностью попавшие в рамку окна.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные группы команд, используемых в программе AutoCAD.
2. Какие способы задания координат в программе вы знаете и как они реализуются?
3. Какие команды используются для черчения объектов?
4. Перечислите основные правила выделения объектов.

Практическая работа №26. Графические примитивы двухмерного моделирования.

Цель работы*:* формирование умений создания графических примитивов, используя команды рисования.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить приведенные практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Привязка объектов

При точном построении чертежей в AutoCAD важную роль играет привязка к координатам объектов. Возможна привязка координат к сетке (команда *Snap*) и привязка к конкретным точкам существующих объектов (команда *Osnap*).

При черчении с включенной кнопкой *Osnap* настроенные привязки (табл. 2.1) действуют постоянно, а привязки, выбранные на панели инструментов *Object Snap*, срабатывают при указании положения точки только один раз, но имеют приоритет.

Т а б л и ц а 2.1

Объектные привязки AutoCAD

Форма курсора	Инструмент	Название	Описание
		Endpoint	Привязка к конечной точке отрезка или дуги
		Midpoint	Привязка к середине отрезка или дуги
		Center	Привязка к центру круга
		Node	Привязка к точечным объектам
		Quadrant	Привязка к квадрантным точкам – точкам пересечения координатных осей с окружностью, дугой или эллипсом
		Intersection	Привязка к пересечению отрезков
		Extension	Привязка к точке на предполагаемом продолжении линий или дуг
		Insertion	Привязка к точке вставки блока
		Perpendicular	Привязка к точке на линии, окружности, эллипсе, сплайне или дуге, которая при соединении с последней

			точкой образует нормаль к выбранному объекту
		Tangent	Привязка к касательной
		Nearest	Привязка к точке на линии, дуге или окружности, являющейся ближайшей к позиции перекрестия графического курсора
		Apparent Intersecttion	Привязка к точке воображаемого пересечения линий или границ областей
		Parallel	Привязка к параллели выбранной линии

Разовая объектная привязка применима только к следующему выбранному объекту. Команда активизируется с помощью кнопки (рис. 2.1).

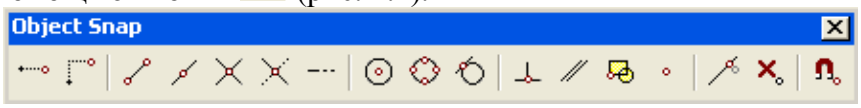


Рис. 2.1. Панель объектной привязки

Создает временную точку для объектной привязки

Привязка с отступом из временной точки

Отмена объектной привязки

С помощью команды *Snap* в качестве привязки определяются узлы координатной сетки. Для визуализации сетки на экране используется команда *Grid*.

Графические примитивы

Работа с командами черчения сводится к выбору точек и вариантов построения примитивов. Все отрезки чертятся от точки к точке. Ниже приведено описание основных команд для черчения.

Линия – команда *Line* (Отрезок), кнопка .

Существуют различные способы задания команды вычерчивания отрезков в AutoCAD:

1-й способ: введите в командной строке *Line* и нажмите Enter;

2-й способ: щелкните на кнопке *Line* (Отрезок) панели инструментов *Draw* (Рисование).

Диалог в командной строке AutoCAD может выглядеть так (в круглых скобках приведены комментарии):

Command: line (вводим с клавиатуры либо нажимаем соответствующую кнопку);

Specify first point: 40, 20 (задаем вручную либо указываем курсором на чертеже координаты первой точки);

Specify next point or [*Undo*]: 80, 60 (задаем вручную либо указываем курсором на чертеже координаты второй точки);

Specify next point or [*Undo*]: (нажимаем Enter для завершения рисования).

После записи *Specify next point or* [*Undo*]: возможно указание относительных координат второй точки линии (@80, 60 или @50 < 45).

Пример рисования линии приведен на рис. 2.2.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

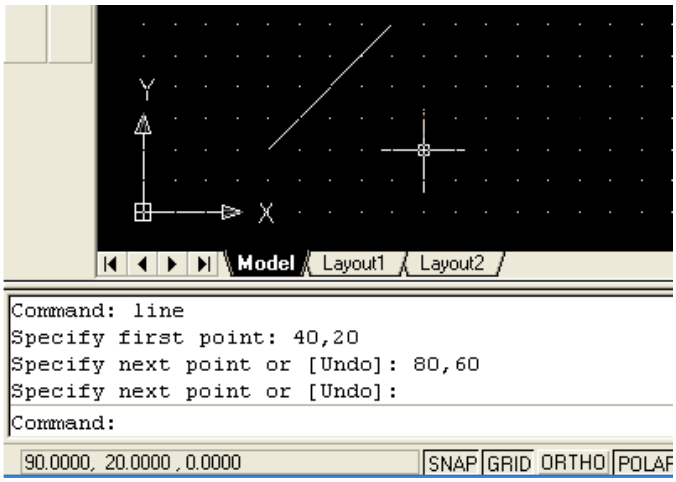


Рис. 2.2. Пример рисования линии

Практическое задание 2.1

1. Создайте в AutoCAD чертеж формата А4.
2. Установите десятичный режим измерения (миллиметры).
3. Установите шаг координатной сетки 5 мм.
4. Включите режим привязки к координатной сетке.
5. С помощью инструмента *Линия* (кнопка ), без использования абсолютных и относительных координат, нарисуйте контур чертежа, отступая 20 мм от края слева и по 5 мм с остальных сторон.

Construction Line (Конструкционная линия) – команда *Xline*, кнопка  .

Команда позволяет строить конструкционные линии бесконечной длины по вертикали, горизонтали или под заданным углом для удобства дальнейшего рисования.

После запуска команды *Xline* возможен выбор вариантов построения:

Specify a point (Задайте точку) – эта опция позволяет определить линию построения двумя точками. В ответ на этот запрос укажите одну из точек, через которую должна проходить прямая:

Hor – построение горизонтальной вспомогательной линии;

Ver – построение вертикальной вспомогательной линии;

Ang – угол наклона прямой;

Bisect – эта опция позволяет построить биссектрису угла по его вершине и двум точкам, расположенным на сторонах угла.

Multiline (Мультилиния) – команда *Mline*, кнопка  .

Мультилиния – это объект специального типа, состоящий из рядов параллельных прямых (до 16 штук), которые ведут себя как единое целое. По умолчанию предлагаются две параллельные прямые. Мультилинии могут различаться наличием или отсутствием сочленений, которые отображаются на углах перегиба, или стилем наконечника, появляющегося возле точек начала и конца мультилинии.

Построение мультилинии.

Построить мультилинию можно, используя ранее загруженный стиль или стандартный стиль, принятый по умолчанию, следующими тремя способами задания команды:

1-й способ: введите в командной строке *Mline* и нажмите Enter;

2-й способ: щелкните на кнопке *Multiline* инструментов *Draw*;

3-й способ: выберите на линейке меню *Draw/Multiline*.

Параметр *Justification* указывает, к какому основанию будет «привязан» курсор. Пример рисования мультилинии приведен на рис. 2.3.

Poly Line (Полилиния) – команда *Pline*, кнопка  .

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Полилиния – последовательность соединенных отрезков прямых и дуг, которая является единым объектом. Кроме того, существует возможность управлять шириной каждого сегмента полилинии.

Построить полилинию в AutoCAD можно одним из трех различных способов:

1-й способ: введите в командной строке *Pline* и нажмите Enter;

2-й способ: щелкните на кнопке *Polyline* панели инструментов *Draw*;

3-й способ: выберите на линейке меню *Draw/Polyline*.

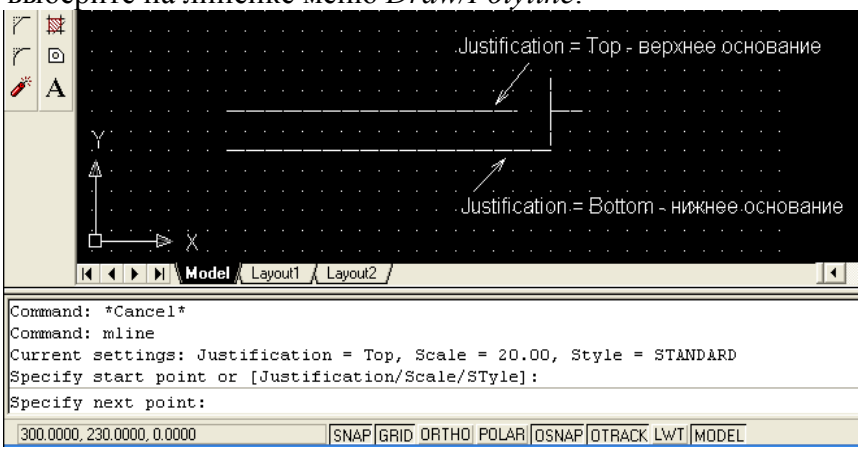


Рис. 2.3. Пример рисования мультилинии

Следующий пример иллюстрирует последовательность действий, необходимых для вычерчивания полилинии, состоящей из отрезка прямой, дуги и еще одного отрезка (рис. 2.4):

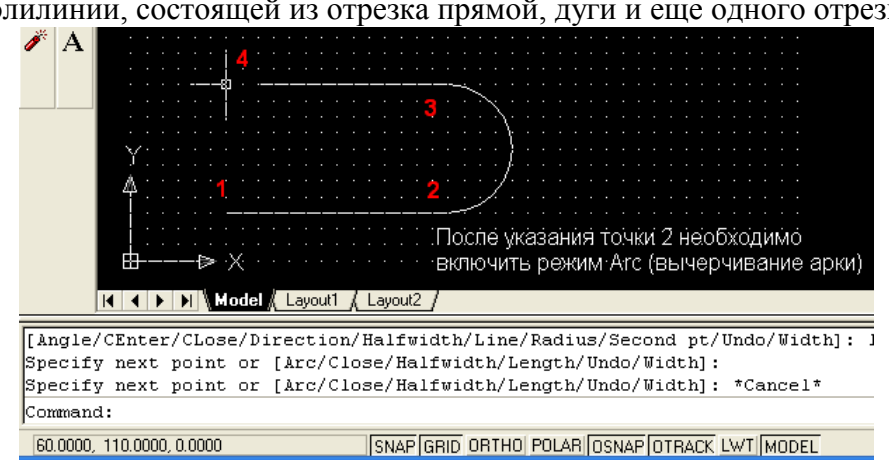


Рис. 2.4. Пример рисования полилинии

Диалог в командной строке AutoCAD выглядит так:

Command: pline (вводим с клавиатуры либо нажимаем кнопку);

Specify start point: (указываем на чертеже курсором либо вводим цифровое значение координат первой точки);

Current line-width is 0.0000;

Specify next point or [*Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width*]: (указываем точку 2);

Specify next point or [*Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width*]: A (выбираем режим вычерчивания арки: команда *Arc* либо сокращенно – A);

Specify endpoint of arc or [*Agle/CEnter/CLose/Direction/ Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width*]: (диалог с предложением выбрать вариант построения арки. Используем простейший способ, заключающийся в указании точки 3 курсором мыши);

Specify endpoint of arc or [*Angle/CEnter/CLose/Direction/ Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width*]: L (возвращаемся в режим рисования линии – команда *Line* (L));

Specify next point or [*Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width*]: (указываем 4-ю точку на чертеже);

Specify next point or [*Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width*]: (завершение рисования – нажатие Enter).

Практическое задание 2.2

Используя полилинию, создайте объект, изображенный на рис. 2.4.

Polygon (Полигон, многоугольник) – команда *Polygon*, кнопка  .

Выполняет построение треугольника, пятиугольника или другой правильной 14-угольной фигуры. В процессе построения необходимо указать тип многоугольника – вписанный в круг (*Inscribed*, значение по умолчанию) или описанный (*Circumscribed*).

Пример построения правильного шестиугольника приведен на рис. 2.5.

Порядок работы в командной строке выглядит так:

Command: polygon (вводим команду либо нажимаем соответствующую кнопку);

Enter number of sides <6>: 6 (указываем с клавиатуры число сторон);

Specify center of polygon or [*Edge*]: (указываем курсором центр окружности);

Enter an option [*Inscribed in circle/Circumscribed about circle*] <*I*>: (режим рисования: многоугольник, вписанный в окружность);

Specify radius of circle: 40 (указываем радиус окружности и нажимаем Enter для завершения рисования).

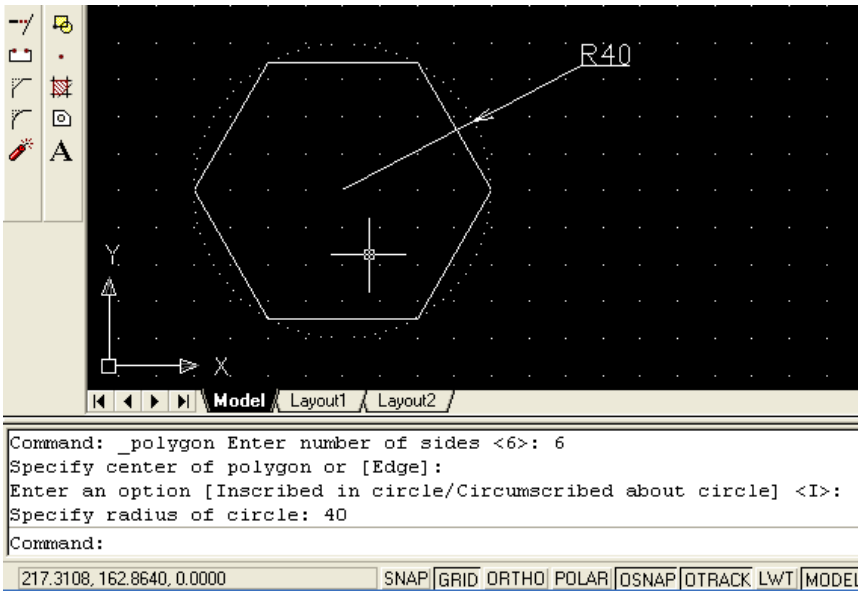


Рис. 2.5. Пример построения многоугольника

Практическое задание 2.3

Постройте правильный пятиугольник, описанный окружностью радиусом 50 мм.

Rectangle (Прямоугольник) – команда *Rectangle*, кнопка  .

Для создания прямоугольника следует указать точку-вершину одного угла, переместить курсор и выбрать положение противоположного угла.

Практическое задание 2.4

Используя соответствующий инструмент, постройте прямоугольник с длинами сторон 50 мм и 100 мм. Координаты левого нижнего угла (40, 80). Сохраните чертеж.

Arc (Дуга) – команда *Arc*, кнопка  .

Под дугой в AutoCAD понимается часть окружности.

Приступить к построению дуги можно с задания ее центра или точки начала. Если выбрана опция *Center* (Центр), то система запросит у вас координаты точки центра дуги, а затем точки начала. AutoCAD рисует дуги против часовой стрелки, поэтому следует выбирать точку начала в направлении поворота часовой стрелки от конечной точки.

После того, как точки центра и начала заданы, система представляет на выбор несколько следующих опций:

- *Angle* (Угол). Предполагает ввод значения центрального угла дуги. Например, угол величиной 180 градусов соответствует полукругу;

- *Length of chord* (Хорда). Эта опция требует указания длины воображаемого отрезка прямой, соединяющего концевые точки дуги. Если вдруг окажется, что точное значение длины хорды вам известно, смело используйте этот вариант;

- *Endpoint* (Конечная точка). В этом случае следует указать координаты точки, в которой дуга заканчивается.

Если первым выбором была точка начала дуги, то будут предоставлены следующие варианты:

- *Center* (Центр). Выбор этого варианта приведет к тому, что вам станут доступны опции, рассмотренные выше: Угол, Хорда и Конечная точка;

- *End* (Конец). В этом случае, как и ранее, при задании опции *Конечная точка* система ожидает координаты точки, в которой дуга заканчивается. Затем система предложит следующие варианты, уточняющие выбор: *Angle* (Угол), *Direction* (Направление), *Radius* (Радиус), *Center point* (Центральная точка);

- *Second Point* (Вторая точка). Это опция по умолчанию. Вторая точка не завершает дугу; она принадлежит дуге и вместе с начальной и конечной точками определяет ее кривизну, т. е., собственно, длину. Введя координаты второй точки, необходимо завершить построение, указать затем конечную точку дуги.

Пример построения дуги с заданием центральной точки и хорды приведен на рис. 2.6.

Порядок работы в командной строке при построении дуги:

Command: Arc (вводим команду либо нажимаем кнопку );

Specify start point of arc or [*Center*]: C (указываем опцию Центр);

Specify center point of arc: (указываем координаты центра курсором (точка 1) на чертеже либо вводим их вручную);

Specify start point of arc: (указываем координаты начала дуги курсором (точка 2) на чертеже либо вводим их вручную);

Specify end point of arc or [*Angle/chord Length*]: L (выбираем опцию *Длина хорды*);

Specify length of chord: 98 (вводим длину хорды).

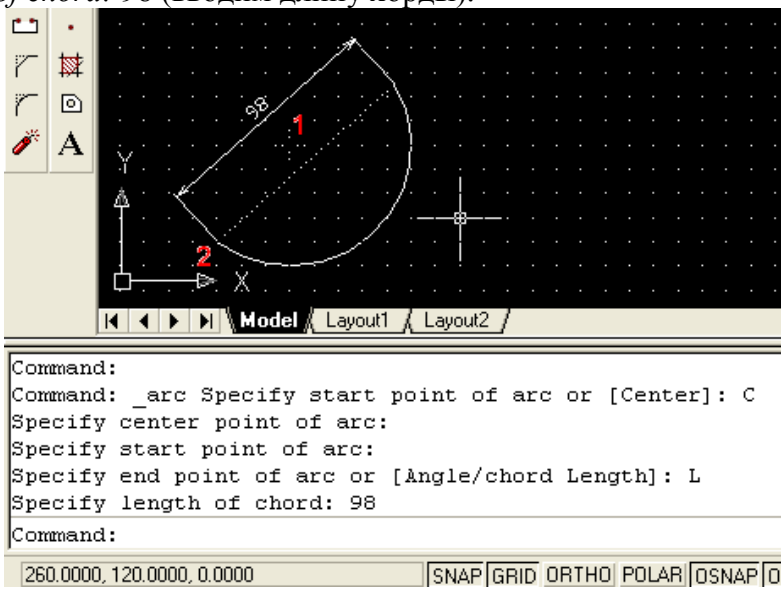


Рис. 2.6. Построение дуги с указанием центра, начальной точки и хорды

При необходимости соединения дугой двух окружностей удобно воспользоваться режимом рисования дуги: *Start*, *End*, *Radius*. Данный режим выбирается в меню *Draw/Arc/Start*, *End*, *Radius*. Также рекомендуется включить объектные привязки *Tangent* и *Nearest*.

Практическое задание 2.5

1. Используя соответствующий инструмент, постройте дуги всеми возможными способами (см. меню *Draw/Arc*).

2. Постройте объект, изображенный на рис. 2.7 без размерных линий и размеров.

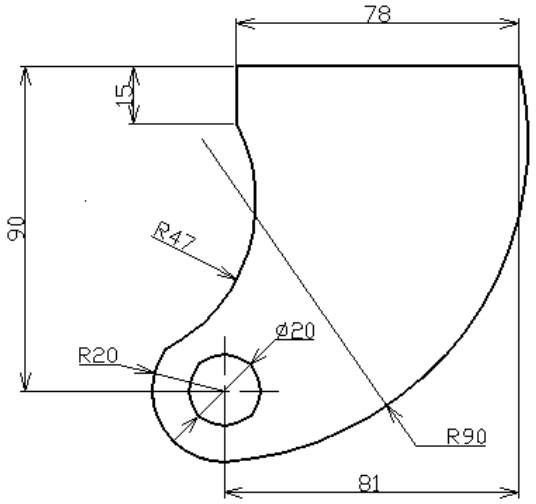


Рис. 2.7. Практическое задание 2.5

Circle (Окружность) – команда *Circle*, кнопка  .

AutoCAD предлагает простые способы рисования кругов:

1-й способ: 3P (3T). Требуются три точки на окружности;

2-й способ: 2P (2T). Задаются две концевые точки диаметра;

3-й способ: TTR (ККР). Указываются две касательные и радиус.

Все эти варианты построения круга полезны в том случае, когда фигуру требуется поместить в заранее определенную точку чертежа.

Практическое задание 2.6

1. Откройте чертеж задания 2.4.

2. Постройте четыре окружности с центрами в углах прямоугольника. Используйте объектную привязку.

Spline (Сплайн) – команда *Spline*, кнопка  .

Объект «сплайн» в AutoCAD может использоваться для реализации механизма рисования от руки, в свободной манере.

Пример рисования сплайна приведен на рис. 2.8.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

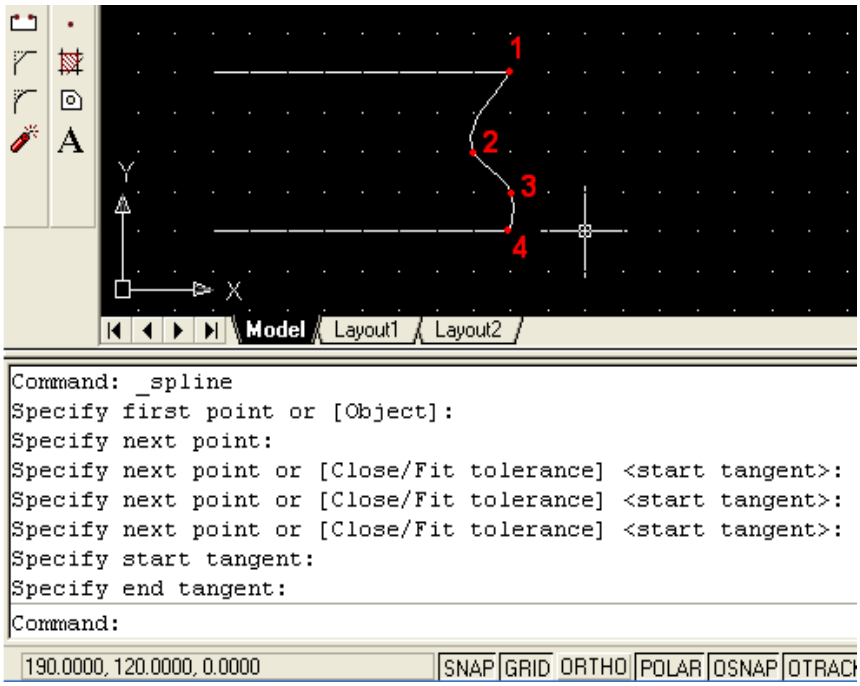


Рис. 2.8. Пример рисования сплайна

Порядок работы в командной строке следующий:
Command: _spline (нижнее подчеркивание означает, что нажата кнопка *Spline*);
Specify first point or [*Object*]: (указываем первую точку сплайна – 1);
Specify next point: (указываем точку 2);
Specify next point or [*Close/Fit tolerance*] <*start tangent*>: (указываем точку 3);
Specify next point or [*Close/Fit tolerance*] <*start tangent*>: (указываем точку 4);
Specify next point or [*Close/Fit tolerance*] <*start tangent*>: (нажать Enter);
Specify start tangent: (указываем точку 1);
Specify end tangent: (указываем точку 4).

Практическое задание 2.7
Постройте объект, изображенный на рис. 2.8.

Ellipse (Эллипс) – команда *Ellipse*, кнопка  .

Эллипс – деформированный круг, который характеризуется значениями большой (длинной) и малой (короткой) осей, которые определяют длину, ширину фигуры и степень кривизны ее границы. После ввода команды рисования эллипса AutoCAD предлагает следующие варианты его построения:

- *Arc* (Дуга). Опция позволяет создать эллиптическую дугу, а не полный эллипс. Дальнейшие шаги по определению эллиптической дуги совпадают со способами построения эллипса, перечисленными ниже;

- *Center* (Центр). Подразумевает задание центра эллипса и последующее указание конечной точки одной из осей;

- *Axis endpoint I* (1-й конец оси). Эта опция предполагает, что одна из осей будет задаваться концевыми точками, а другая – длиной или углом поворота.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Выводы по работе.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Контрольные вопросы

1. Для чего используются привязки? Какие виды привязок вы знаете?
2. Перечислите основные правила работы с мультилинией.
3. Назовите основные способы и особенности вычерчивания дуг.

Практическая работа №27. Организация работы с чертежами

Цель работы*:* формирование умений по организации работы со слоями чертежа.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить приведенные практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

AutoCAD позволяет задавать разные цвета и типы линий для различных элементов чертежа, что дает возможность легко различать и формировать группы логически однородных объектов. Наилучший способ цветового выделения или использования различных типов линий – это размещение группы «родственных» объектов в одном слое.

По умолчанию объекты, принадлежащие слою, имеют его характеристики – цвет, тип и ширину линий, стиль печати.

Алгоритм создания и редактирования слоев средствами диалогового окна *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) следующий:

1) нажмите кнопку *Layers* панели инструментов. Откроется диалоговое окно *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) – рис. 3.1 и 3.2;

2) щелкните на кнопке *New* (Новый), чтобы создать новый слой;

3) в *Layer Name list* (Список слоев) появится новая строка, и в колонке *Name* (Имя) следует ввести имя нового слоя;

4) аналогичным образом создаются другие слои.

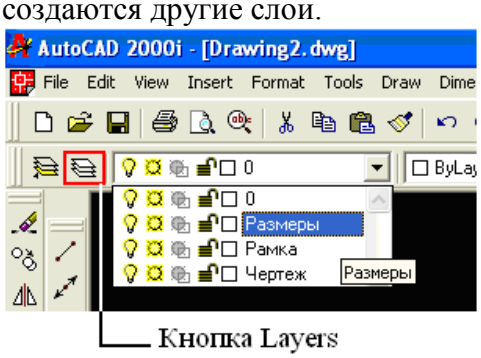


Рис. 3.1. Вызов меню *Layer Properties Manager* и выбор слоя для рисования

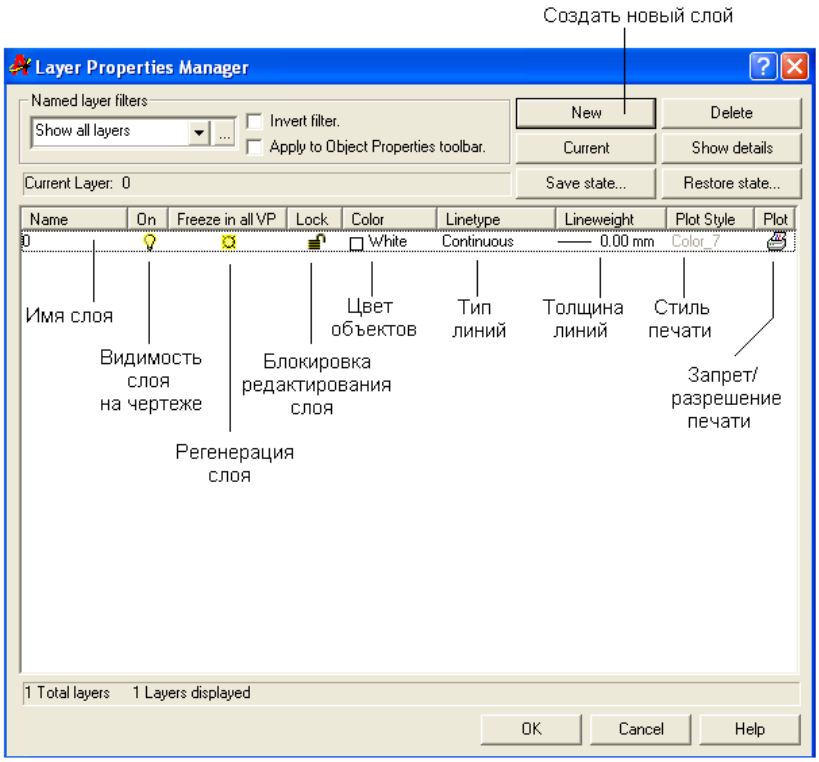


Рис. 3.2. Менеджер свойств слоя

Основные принципы работы со слоями:

1) щелкните на пиктограмме *On/Off*, изображающей лампочку, чтобы отключить слой либо, наоборот, включить его.

Если слой отключен, он не отображается на экране и не печатается. В этом случае пиктограмма приобретает вид тусклой лампочки;

2) щелкните на пиктограмме *Freeze*/*Thaw* (Заморозить/Разморозить), чтобы, соответственно, заморозить выбранный слой либо, наоборот, разморозить его.

После замораживания слоя он перестает отображаться на чертеже. В отличие от параметра *Off*, при изменении чертежа, AutoCAD не регенерирует замороженный слой. Замороженные слои чертежа исключаются системой при печати;

3) щелкните на пиктограмме *Lock*/*Unlock* (Блокировать/Разблокировать). Блокировка слоя препятствует внесению изменений в объекты, которые ему принадлежат, однако он отображается на экране;

4) щелкните на пиктограмме *Color* (Цвет), чтобы выбрать необходимый цвет слоя. Откроется диалоговое окно *Select Color* (Выбор цвета);

5) щелкните на ячейке колонки *Linetype* (Тип линии), чтобы изменить тип линии слоя;

6) *Plot* (Печать) – включает режим печати слоя или отключает его. Посредством этой опции вы можете предотвратить печать тех слоев, которые включены и не заморожены.

Кнопка *Current* (Текущий) задает статус текущего слоя, т. е. такого, в который будут помещены все объекты, нарисованные впоследствии. В окне, расположенном справа от метки *Current Layer* (Текущий слой), высветится имя выбранного вами слоя.

Выбор слоя для рисования осуществляется в панели инструментов (рис. 3.1).

Для переноса любого объекта в требуемый слой необходимо выделить объект на чертеже, а затем выбрать необходимый слой, как показано на рис. 3.1.

Для загрузки дополнительных типов линий необходимо в окне *Layer Properties Manager* нажать на текущий тип линии в столбце *Linetype* (*Continuous* на рис. 3.2). Загрузится окно *Select Linetype* (рис. 3.3), в котором следует использовать кнопку *Load*. Требуемый тип линии выбирается в появившемся меню *Load or Reload Linetypes* (рис. 3.4) двойным щелчком левой кнопки мыши.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

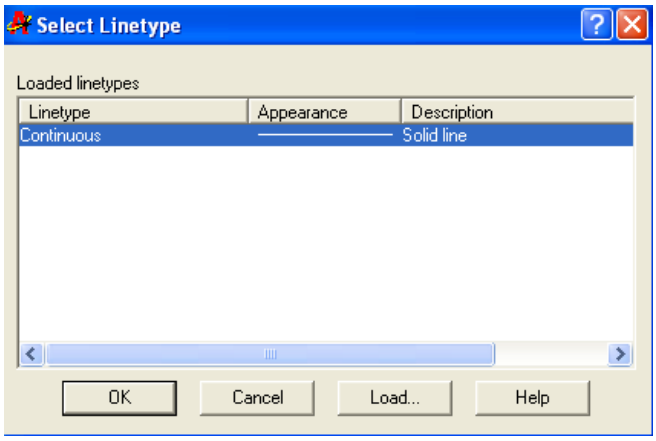


Рис. 3.3. Окно выбора типа линии

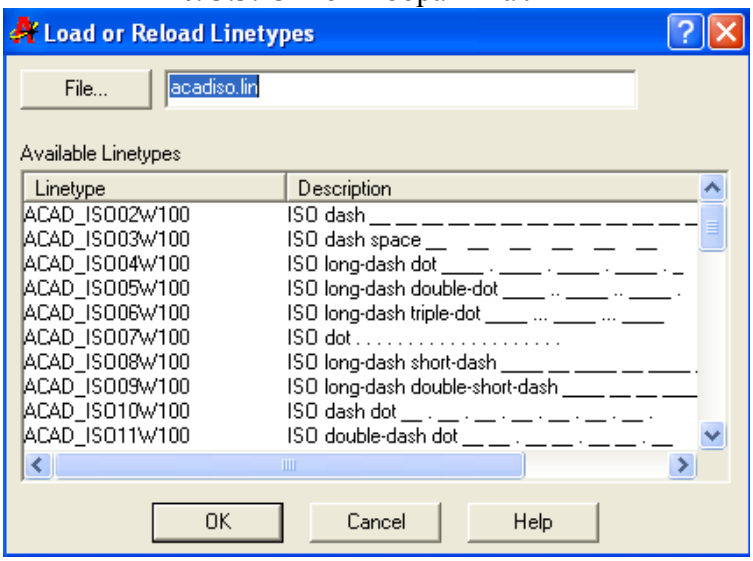


Рис. 3.4. Окно выбора типа линий

Изменения типа конкретной линии на чертеже, вне зависимости от слоя, осуществляются в панели инструментов. Для этого необходимо выделить требуемый объект на чертеже и выбрать тип линии, как показано на рис. 3.5.
Для загрузки дополнительных типов линий следует выбрать пункт *Other* (рис. 3.5).

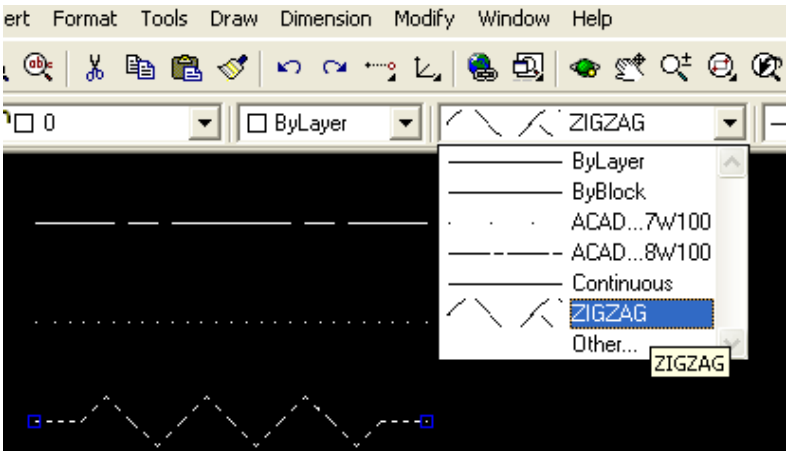


Рис. 3.5. Выбор типа линии на чертеже

Перенос слоев, типов линий из одного проекта в другой осуществляется с помощью мастера *AutoCAD DesignCenter* (*Tools/AutoCAD DesignCenter*).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическое задание 3.1

1. Постройте объекты, изображенные на рис. 3.6, в указанных слоях (размеры произвольные).
2. Назначьте различным слоям указанные цвета, типы линий и их толщину.
3. Заблокируйте слой «Прямоугольники».

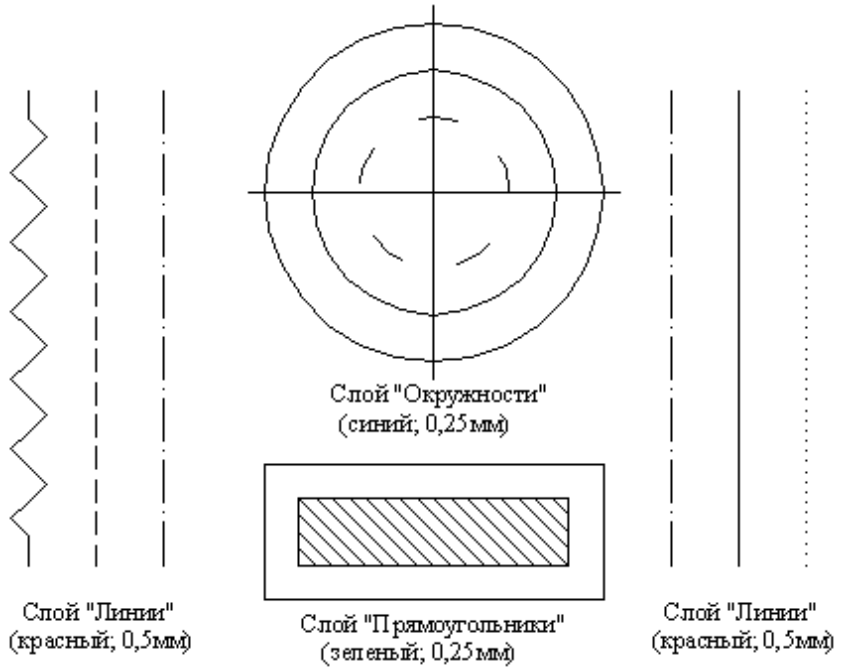


Рис. 3.6. Объекты для выполнения практического задания 3.1

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Для чего необходимо использовать слои при работе с чертежами?
2. Назовите основные правила создания слоя.
3. Поясните, как выбирается тип линии.
4. Как переносить линии с одного слоя в другой?

Практическая работа №28. Изучение команд редактирования изображения

Цель работы: формирование умений применения команд редактирования при создании графических примитивов.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Редактирование чертежей

Панель *Modify* содержит ряд инструментов для редактирования и преобразования объектов (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Панель *Modify*

Рассмотрим некоторые из команд редактирования.

Erase (Сотри) – команда *Erase*, кнопка  .

Позволяет стереть с экрана выделенные объекты. Последовательность действий следующая:

1) выберите объекты, которые необходимо удалить;

2) введите в командной строке *Erase* и нажмите Enter либо щелкните на кнопке *Erase* (Стереть) панели инструментов *Modify* (Редактирование).

Rotate (Поворот) – команда *Rotate*, кнопка  .

Команда позволяет поворачивать объекты на чертеже. Рассмотрим пример: повернуть объект на угол в 45 градусов (рис. 4.2).

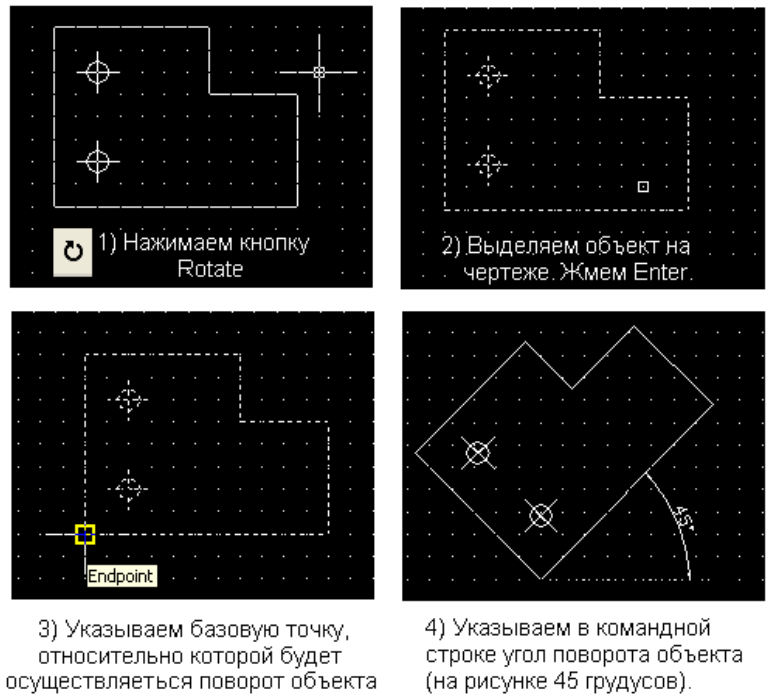


Рис. 4.2. Работа с командой *Rotate*

Командная строка выглядит так:

Command: Rotate (вводим команду либо нажимаем кнопку *Rotate*);

Select objects: Specify opposite corner: 11 *found* (выделяем объект);

Select objects: (нажимаем клавишу Enter);

Specify base point: (указываем базовую точку на чертеже);

Specify rotation angle or [*Reference*]: 45 (указываем угол поворота).

Практическое задание 4.1

1. Постройте исходный объект, изображенный на рис. 4.2 (левая верхняя часть рисунка).

2. Выполните последовательность операций рис. 4.2.

Scale (Масштабирование) – команда *Scale*, кнопка  .

Позволяет изменять масштаб объекта в сторону увеличения или уменьшения. Рассмотрим пример: увеличить объект в 1,5 раза (рис. 4.3).

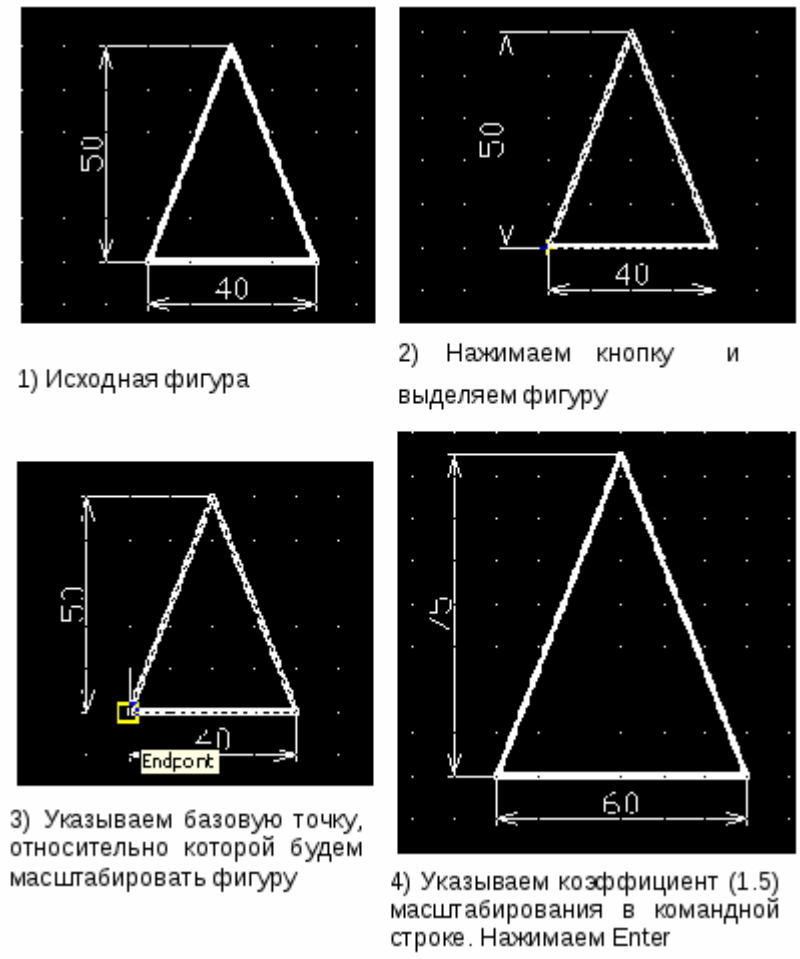


Рис. 4.3. Работа с командой *Scale*

Практическое задание 4.2

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1. Постройте квадрат со стороной 50 мм.

2. Увеличьте построенный объект в 1,5 раза и поверните его на угол 45 градусов.

Изменение параметров объектов

Изменение параметров отрезков и окружностей можно произвести, выделив требуемый объект на чертеже и нажав правую кнопку мыши. В всплывающем меню следует выбрать пункт *Properties* (Свойства).

Окно *Properties (*рис. 4.4–4.6) позволяет как просматривать свойства объектов, так и изменять их.

Существуют два способа копирования объектов чертежа:

1-й способ: необходимо выбрать команду *Copy* или *Copy with Base Point* (Копировать с указанием базовой точки), предварительно выделив объект;

2-й способ: использовать команду *Copy* (кнопка  панели *Modify*).

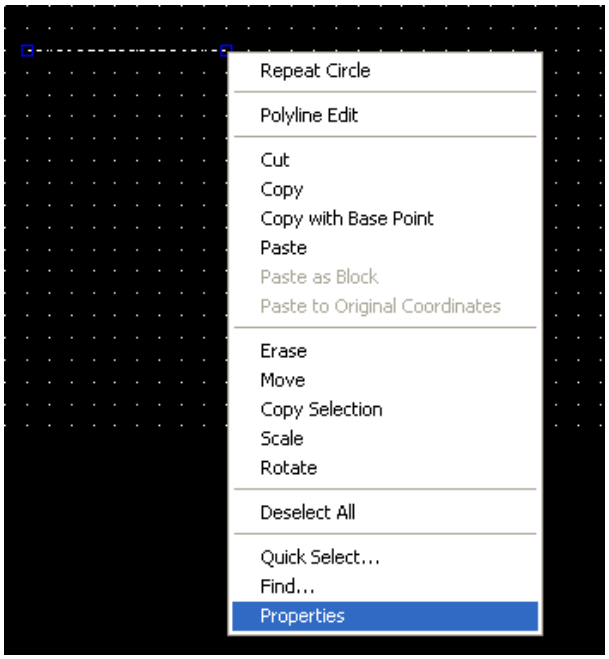


Рис. 4.4. Получение информации о выделенном объекте

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

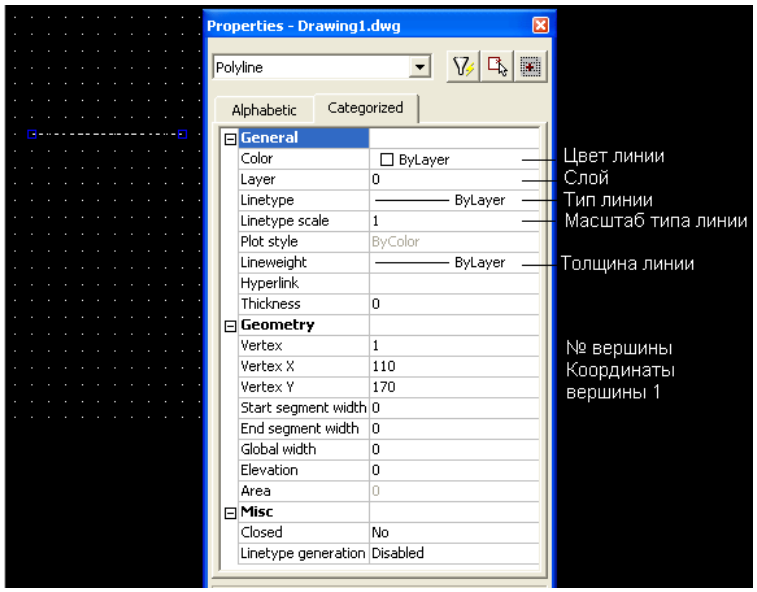


Рис. 4.5. Окно *Properties* (Свойства) объекта

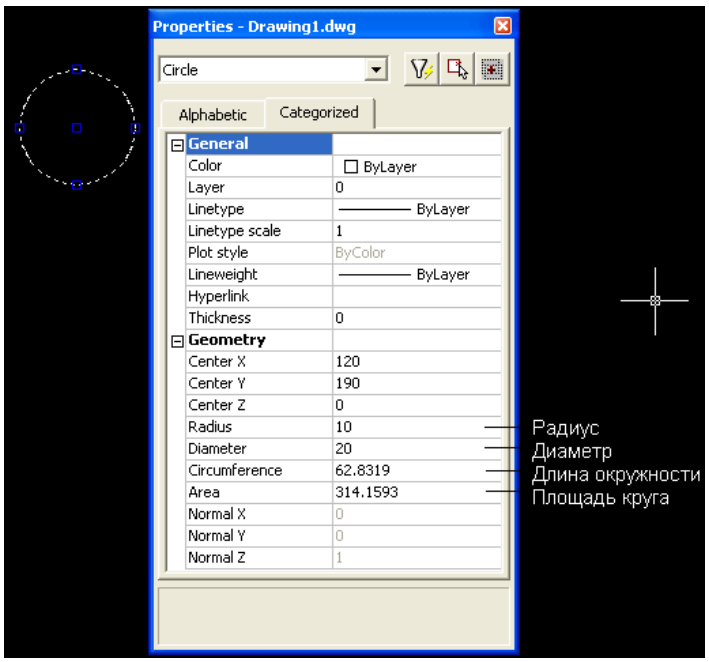


Рис. 4.6. Свойства окружности

Практическое задание 4.3

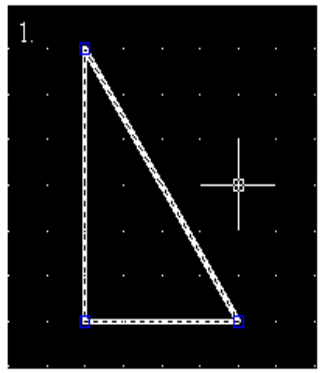
1. Постройте окружность диаметром 60 мм с центром в точке (120, 100).

2. Измените диаметр окружность до 35 мм.

Команды конструирования объектов

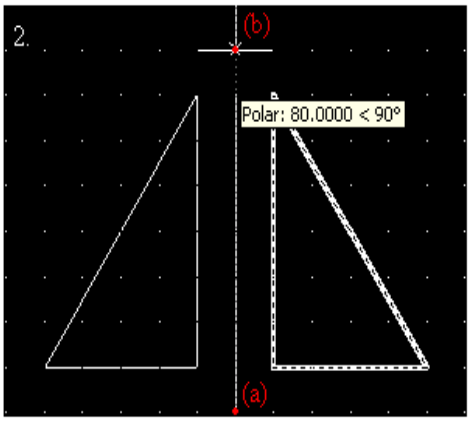
Mirror (Зеркальное отображение) – команда *Mirror*, кнопка  .

Инструмент позволяет зеркально отобразить выделенный объект относительно заданной оси. Порядок использования команды приведен на рис. 4.7.

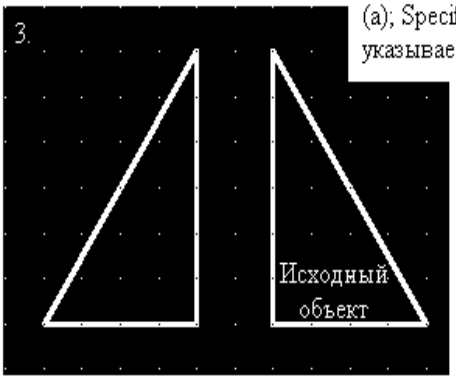


1) выделяем исходный объект;

2) нажимаем кнопку 



3) на запрос Specify first point of mirror line: указываем первую точку линии отражения (a); Specify second point of mirror line: - указываем вторую точку (b).



4) На запрос Delete source objects? [Yes/No] <N>: (удалить исходный объект?) отвечаем N, если нет, и Y - если исходный объект следует удалить.

Рис. 4.7. Работа команды *Mirror*

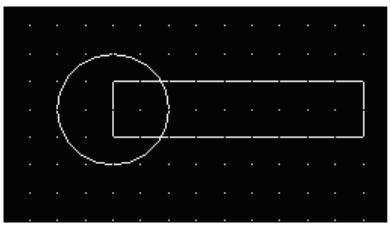
Практическое задание 4.4

Выполните последовательность действий, приведенных на рис. 4.7.

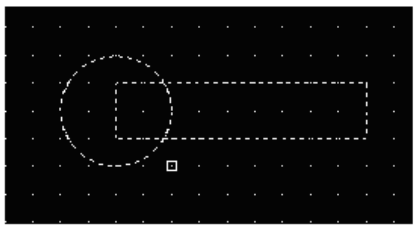
Trim (Обрезать) – команда *Trim*, кнопка  .

Обрезает существующий графический примитив до выбранной режущей кромки. Пример использования команды приведен на рис. 4.8.

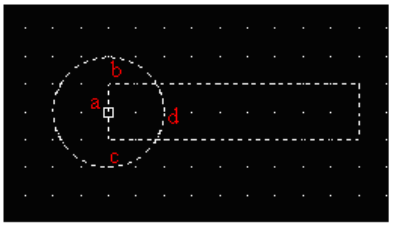
Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



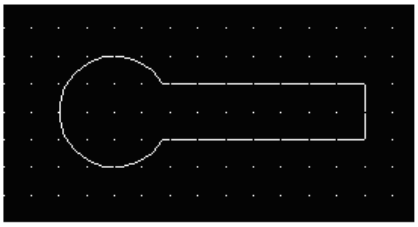
1) Исходный объект. Необходимо стереть линии прямоугольника в окружности и линию окружности в прямоугольнике



2) Нажимаем кнопку , выделяем прямоугольник и окружность. Жмем Enter.



3) На запрос Select object to trim or shift-select to extend or [Project/ Edge/ Undo]: указываем курсором элементы, подлежащие удалению (a, b, c, d).



4) Результат работы команды Trim.

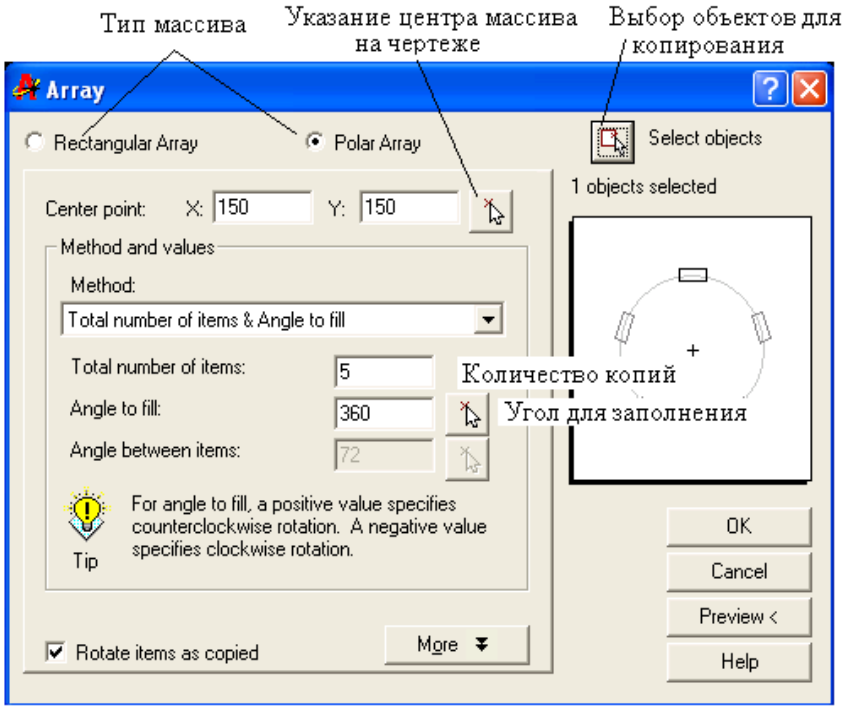
Рис. 4.8. Пример использования команды *Trim*

Практическое задание 4.5

Выполните последовательность действий, приведенных на рис. 4.8.

Array (Массив) – команда *Array*, кнопка .

Команда позволяет создать копии исходного объекта в прямоугольных или полярных координатах (рис. 4.9).



Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Рис. 4.9. Окно построения *Array* (Массив)

Рассмотрим пример: нарисовать фигуру, изображенную на рис. 4.10.

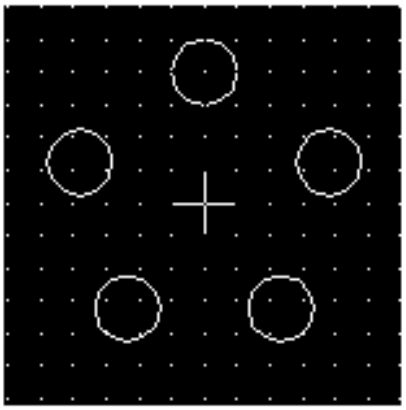
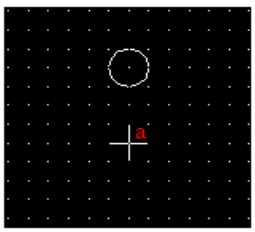


Рис. 4.10. Задание к примеру использования команды *Array*



1) Вычерчиваем одну окружность; помечаем центр будущего массива.

2) Нажимаем кнопку Array. В появившемся окне Array нажимаем кнопку Select Objects и выделяем окружность; жмем Enter. С помощью кнопки напротив строки Center Point выбирам центр массива (точка "a") на чертеже. В графе Total number of items указываем количество копий с учетом исходной. Не изменяя угол заполнения жмем OK.

Рис. 4.11. Пример использования команды *Array*

Практическое задание 4.6

Создайте массив из шести окружностей диаметром 20 мм, каждая равноудалена от центра на 70 мм.

Принцип работы с остальными командами конструирования аналогичен. В табл. 4.1 приведено краткое их описание.

Т а б л и ц а 4.1

Команды конструирования объектов

Инструмент	Название	Русский аналог	Описание
	Stretch	Растянуть	Обеспечивает растягивание или сжатие объекта, путем перемещения его части, сохраняя при этом

			непрерывность связанных линий
	Extend	Продлить	Удлиняет указанный графический примитив до выбранной кромки
	Break	Разрыв	Дает возможность удалить часть примитива, разбивая его на два примитива одинакового типа
	Chamfer	Фаска	Создает фаску заданного размера
	Fillet	Скругление	Осуществляет сопряжение дугой заданного радиуса
	Explode	Расчленить	Расчленяет составные объекты (блок, размерный блок, полилинию, область, штриховку) на составляющие их части

Команда *Explode* (Расчленить) часто используется при редактировании схем и печатных плат, импортированных из пакета P-CAD.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие команды редактирования объектов вы знаете?
2. Какие команды конструирования объектов вы знаете?
3. Поясните, в чем состоит отличие команд *Break* и *Trim*.
4. Что позволяет делать команда *Array*? Назовите основные принципы работы с ней.

Практическая работа №29. Создание сложных объектов средствами AutoCAD

Цель работы: формирование умений создания сложных объектов средствами AutoCAD.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Под сложными объектами в AutoCAD понимаются объекты, созданные с использованием комбинации мультилиний, полилиний, штриховки, а также сплайнов. Все инструменты, за исключением штриховки, были рассмотрены ранее.

Рассмотрим основные способы создания шриховки.

Штриховка – это процесс и результат заполнения некоторой замкнутой области чертежа определенным «орнаментом» или узором. Штриховку используют для визуального отображения типа материала, из которого должен быть изготовлен проектируемый объект, например: металла, дерева, пластмассы и т. д.

Для выполнения штриховки применяются инструменты диалогового окна *Boundary Hatch* (Штриховка по контуру) (рис. 5.1), вызвать которое можно, нажав кнопку  в панели инструментов *Draw*.

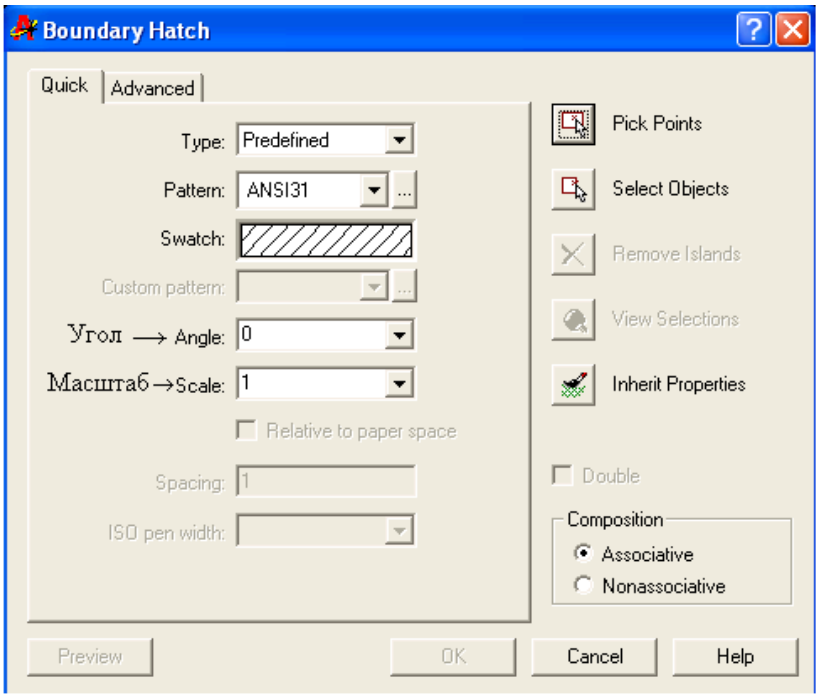


Рис. 5.1. Окно *Boundary Hatch* (Штриховка по контуру)

Ниже приведена последовательность действий для штриховки простого объекта:

1) нарисуйте объект;

2) откройте диалоговое окно *Boundary Hatch* (Штриховка по контуру);

3) выберите любой из предложенных образцов штриховки. Для этого щелкните на окне *Swatch*, после чего откроется диалоговое окно *Hatch Pattern Palette* (Палитра образцов штриховки), в котором надо осуществить свой выбор;

4) щелкните на кнопке *Pick Points* (Выбор точек) для выбора области, подлежащей штриховке. Диалоговое окно *Boundary Hatch* (Штриховка по контуру) (временно) закроется, что даст доступ к графической зоне чертежа;

5) щелчком левой кнопки мыши выберите точку внутри области, которую надо заштриховать. AutoCAD проанализирует чертеж и примет решение, какие из объектов следует воспринимать в качестве контура штриховки.

Чтобы просмотреть результат, щелкните правой кнопкой мыши и выберите из курсорного меню элемент *Preview* (Предварительный просмотр);

6) нажмите Enter, указывая системе, что выбор закончен.

Диалоговое окно *Boundary Hatch* (Штриховка по контуру) вновь откроется;

7) щелкните на кнопке ОК.

AutoCAD заштрихует ту часть чертежа, которая указана.

Практическое задание 5.1

Создайте объект, изображенный на рис. 5.2 без нанесения размерных линий и размеров.

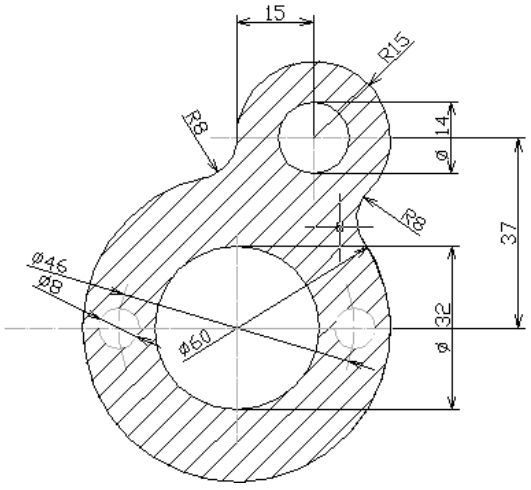


Рис. 5.2. Объект для выполнения практического задания 5.1

Стили контуров

При работе с объектом, охватываемым другим или несколькими объектами, задача точного определения, что именно необходимо штриховать, приобретает важное значение. Группа опций *Island detection style* (Стиль определения островков) на вкладке *Advanced* (Дополнительные опции) диалогового окна *Boundary Hatch* помогает решить эту задачу (рис. 5.3).

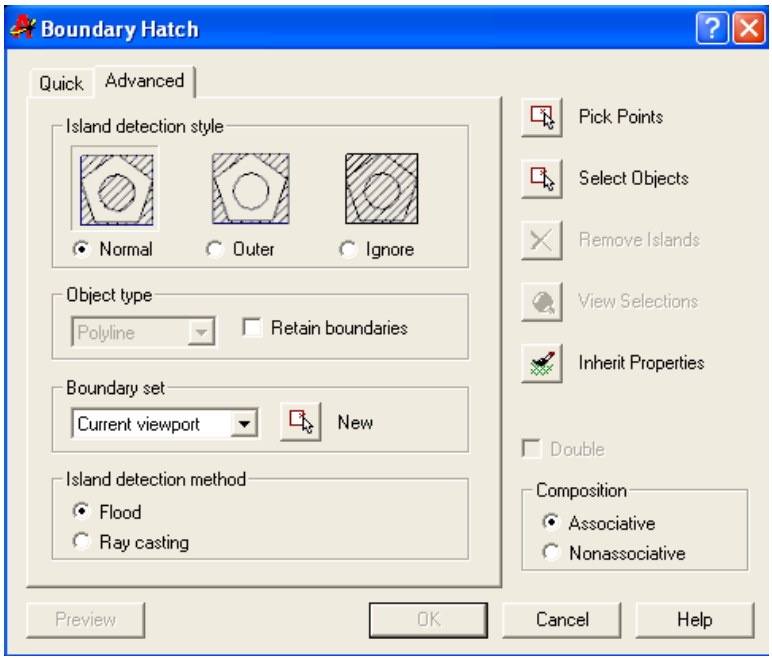


Рис. 5.3. Выбор стиля штриховки

Ниже приведено краткое описание каждого из трех стилей определения контура, предлагаемых системой.

Normal (Нормальный). В этом случае штриховка замкнутых внутренних областей выполняется попеременно: вначале заштриховывается внешняя замкнутая область, причем внутренние островки (контуры) остаются нетронутыми; затем, если такой островок в свою очередь имеет внутренние островки, его штриховка осуществляется по тому же правилу и т. д., пока не окажется ни одного островка, имеющего внутренние замкнутые контуры. Этот стиль предлагается по умолчанию.

Outer (Внешний). В данном случае позволяется заштриховать только внешнюю замкнутую область. Анализ всех вложенных областей системой не выполняется.

Ignore (Игнорирование). Все островки игнорируются, и область внутри внешнего контура полностью заштриховывается.

На рис. 5.4 приведен пример использования различных стилей штриховки.

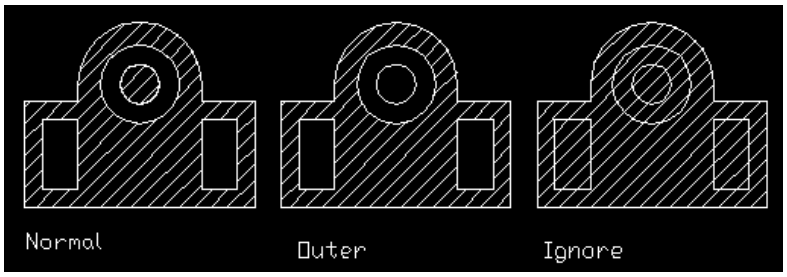


Рис. 5.4. Различные стили штриховки

Редактирование штриховки осуществляется после двойного щелчка на ней левой кнопкой мыши (в окне *Boundary Hatch*).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическое задание 5.2

1. Создайте объекты, изображенные на рис. 5.4.

2. Заштрихуйте их различными видами штриховки, используя различные стили контуров.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается вычерчивание полилиний и сплайнов?
2. Какие виды штриховки вы знаете?
3. Назовите стили штриховки объектов?
4. Как задается угол наклона штриховки?
5. Как изменить расстояние между штриховыми линиями?

Практическая работа №30. Формирование чертежей средствами AutoCAD

Цель работы: формирование умений создания текстов, нанесения размеров, создания размерных стилей и допусков, редактирования размеров, извлечения информации из чертежей.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

В большинстве случаев текст используется в качестве кратких пояснительных надписей и примечаний, но иногда он может состоять из обширных параграфов, предназначенных для разъяснения или аннотирования объектов чертежа.

Для облегчения работы с чертежом текст следует размещать в отдельном слое.

Ниже приведена последовательность действий по созданию слоя для комментариев и включению пояснительной надписи:

1) откройте чертеж;

2) чтобы создать слой, выберите команду *Format/Layer* или щелкните на кнопке *Layers* панели инструментов *Object Properties* (Свойства объектов), или введете в командной строке *Layer* и нажмите Enter. Откроется диалоговое окно *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя);

3) выберите *New* (Новый). В нижней части списка слоев (*Layer Name list*) появится новая строка;

4) введите имя нового слоя, например, «Текст»;

5) щелкните на кнопке *Current* (Текущий), чтобы придать слою статус текущего;

6) щелкните по кнопке ОК, чтобы завершить работу, связанную с созданием нового слоя;

7) щелкните на кнопке *Multiline Text* (Многострочный текст);

8) укажите левой кнопки мыши положение контурной рамки, внутри которой будет размещена текстовая надпись. Расширить контурную рамку текста можно будет позже, захватив одну из ее угловых точек и перетащив в нужное место экрана.

Откроется диалоговое окно *Multiline Text Editor* (Редактор многострочного текста), показанное на рис. 6.1;

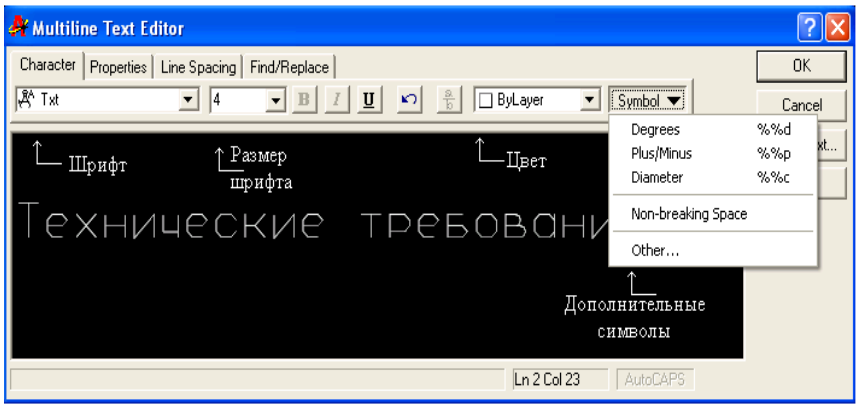


Рис. 6.1. Окно *Multiline Text Editor*

9) введите текст, например, «Технические требования»; укажите необходимый шрифт, его размер и цвет; щелкните на кнопке ОК.

По мере ввода пояснительного текста он будет отображаться в окне *Multiline Text Editor*. После щелчка по кнопке ОК, текст появится в том месте графической зоны чертежа, которое вы указали.

Четыре вкладки окна *Multiline Text Editor* изображены на рис. 6.1: *Character* (Символ), *Properties* (Свойства), *Line Spacing* (Межстрочный интервал) и *Find/Replace* (Поиск/Замена).

Для отображения значка диаметра (∅) в тексте необходимо ввести «%%c», градуса (°) – «%%d», плюса-минуса (±) – «%%p».

Практическое задание 6.1

С использованием инструмента *Multiline Text* создайте текстовую надпись следующего содержания:

1. * Размеры для справок.

2. Печатную плату изготовить комбинированным позитивным методом.

3. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752–79. Группа жесткости 1.

4. Шаг координатной сетки 2,5 мм.

5. Класс точности 2 по ГОСТ 23751–86.

6. Конфигурацию проводников выдержать по координатной сетке.

7. Параметры элементов рисунка печатной платы приведены в табл. 1, 2.

8. Форма контактных площадок произвольная.

9. Покрытие Сплав Розе ТУ6-09-4065–88.

10. Максимальное отклонение от рисунка ± 0,1 мм.

Команда Text

Команда *Text* (Текст) не позволяет выбирать шрифты. Ниже приведена последовательность рекомендаций по использованию команды *Text* (Текст) для размещения текста на чертеже:

1) введите команду *Text* в командной строке и нажмите Enter;

2) укажите точку вставки первого символа строки текста;

3) задайте высоту текста в командной строке;

4) укажите угол поворота строки текста вводом его значения в командной строке и нажатием Enter либо вращением линии на экране с помощью мыши;

5) введите содержимое первой строки текста и нажмите Enter;

6) введите дополнительные строки текста, завершая каждую из них нажатием Enter;

7) чтобы завершить выполнение команды, нажмите Enter, не введя ни одного символа в очередной строке.

Практическое задание 6.2

С использованием команды *Text* создайте текстовую надпись следующего содержания:

«Диаметр отверстия: ∅4».

«Балку расположить под углом 45°».

Нанесение размеров

Нанесение размеров в AutoCAD осуществляется при помощи инструментов панели *Dimension* (рис. 6.2).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

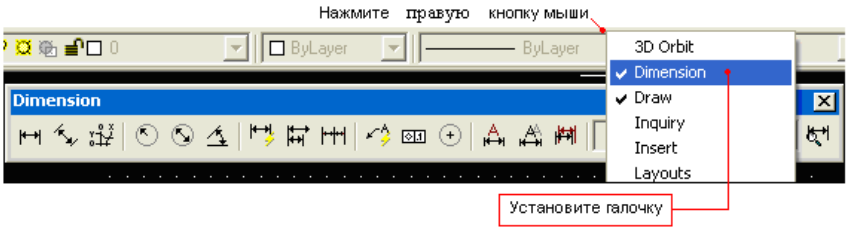


Рис. 6.2. Панель инструментов для нанесения размеров

В табл. 6.1 указано назначение каждой из кнопок панели.

Т а б л и ц а 6.1

Назначение кнопок панели *Dimension*

Инструмент	Назначение
	Линейный размер – это обычно горизонтальный или вертикальный размерный объект с выносными линиями, проходящими вертикально (в первом случае) или горизонтально (во втором) через определяющие точки исходного измеряемого объекта чертежа
	Параллельный размер – это разновидность линейного размера, используемая в тех случаях, когда размерная линия вычерчивается под тем же углом, что и измеряемая сторона исходного объекта
	Ординатный размерный объект – это выноска, сопровождаемая значениями пары координат (X, Y) некоторой точки
	Радиальный размер – это объект, в котором размерная линия идет из точки центра дуги или окружности и завершается стрелкой, касающейся этой кривой (дуги или окружности)
	Размерная линия диаметрального объекта пересекает дугу или окружность и проходит через точку ее центра. Места пересечений снабжаются размерными стрелками
	Угловой размер предназначен для отображения величины углов. Размерная линия представляет собой дугу с размерными стрелками внутри измеряемого угла
	Опция быстрого задания размеров позволяет единовременное построение групп размерных объектов вместо создания каждого отдельного объекта по очереди

Окончание табл. 6.1

Инструмент	Назначение
	Базовый размер – это серия связанных между собой размерных элементов, вычерчиваемых от общей кромки измеряемого объекта. Базовые размеры могут быть линейными, угловыми или ординатными – в зависимости от типа предыдущего построенного размера. Если предыдущий размер не относится к одному из названных типов, AutoCAD выдаст запрос на указание одного из таких размерных объектов для использования его в качестве базового
	Опция построения размерной цепи позволяет использовать вторую выносную линию предыдущего размерного объект в качестве базовой для следующего
	Выноска – это графический указатель, который присоединяет текст комментария к некоторому геометрическому элементу
	Допуск – это специальным образом формализованное описание допустимого интервала изменения размерного числа. Команда позволяет указать символ и другие параметры допуска
	Маркером центра отмечаются точки центра окружностей и дуг. Внешним видом маркера можно управлять: указать, чтобы он выглядел как маленький символ плюса или крест большего размера, пересекающий линию окружности или дуги. Маркер центра обычно используется в сочетании с радиальным или диаметральным размерными объектами
	Эта опция позволяет редактировать характеристики одного или сразу нескольких размерных объектов
	Эта опция предлагает непосредственный доступ к характеристикам размерного текста
	Применяет установки текущего размерного стиля и любые их изменения, действующие в данный момент, к одному или нескольким выбранным вами размерным объектам
	Эта опция позволяет определить размерный стиль – множество параметров, объединенных в группу под заданным именем, и изменять характеристики стиля, используя диалоговое окно *Dimension Style Manage* (Менеджер размерных стилей)

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Настройка размерного стиля осуществляется в соответствующем окне *Dimension Style Manager* после нажатия кнопки (рис. 6.3).

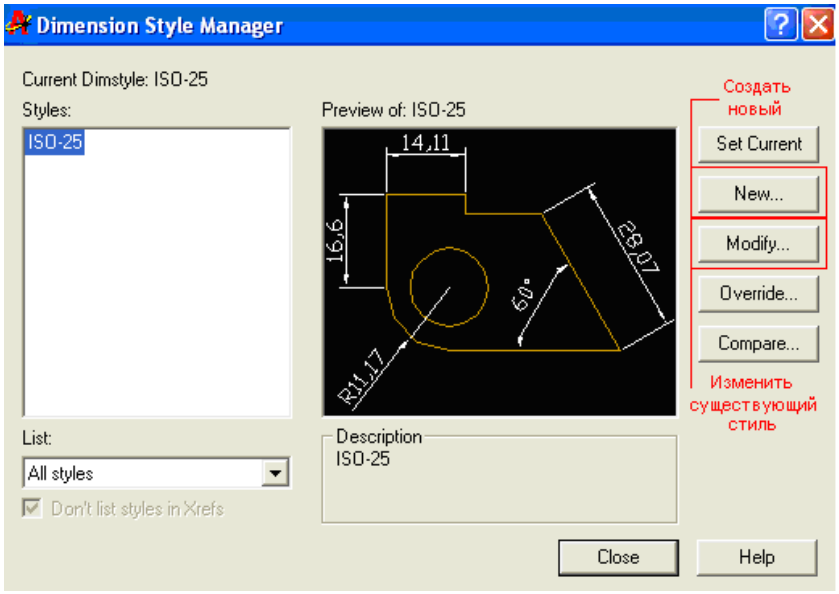


Рис. 6.3. Меню настройки размерных стилей

Нажатием кнопки *Modify* в окне *Modify Dimension Style* производится модификация текущего размерного стиля (рис. 6.4 и 6.5).

Окно *Modify Dimension Style* включает закладки (рис. 6.4):

Lines and Arrows – настройка типа линий, стрелок и маркера центра окружности;

Text и *Fit* – настройка шрифта, размеров символов и положения текста на размерных линиях;

Primary Units – настройка единиц измерения и коэффициента масштабирования (Scale factor) и др.;

Alternative Units – настройка отображения альтернативных единиц измерения совместно с основными;

Tolerances – настройка отображения допусков на размеры.

Рассмотрим пример (рис. 6.6):

1. Нажимаем кнопку для простановки линейного размера.

2. Последовательно указываем точки.

3. Затем указываем отступ размерной линии от объекта (3).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

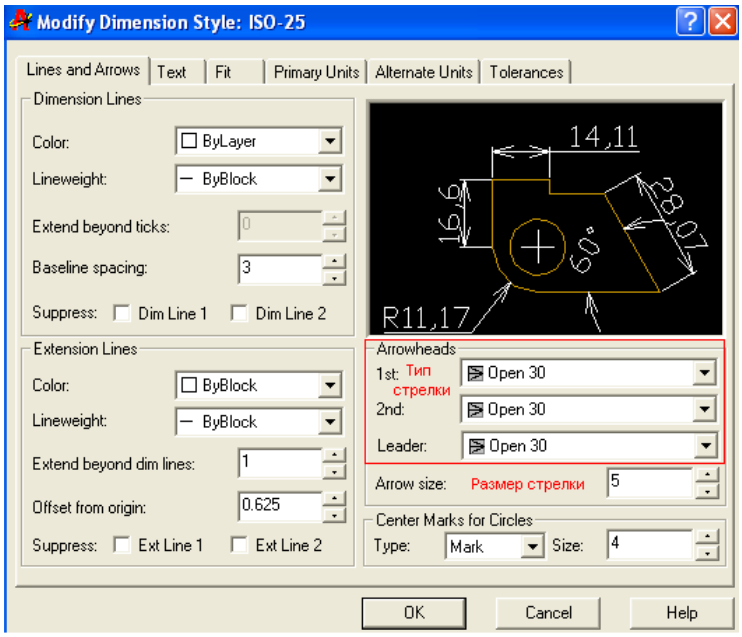


Рис. 6.4. Настройка линий и размеров стрелок

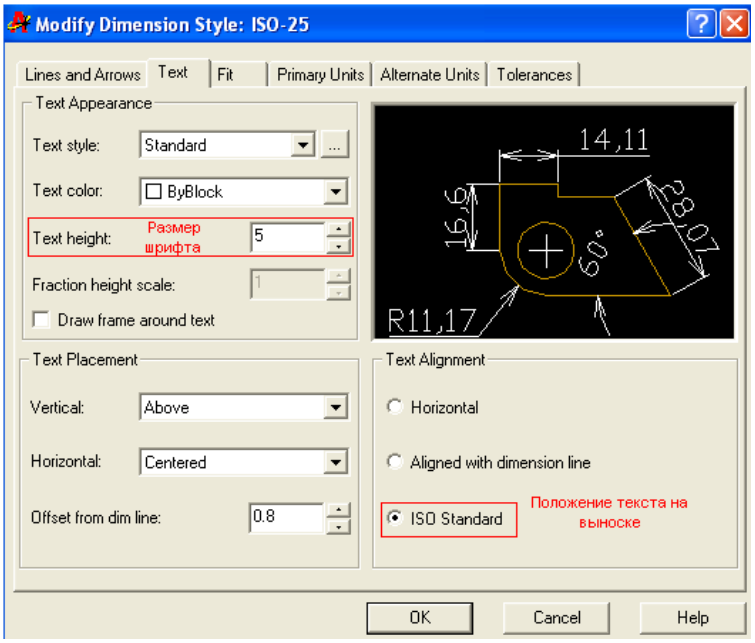


Рис. 6.5. Настройки размерного текста

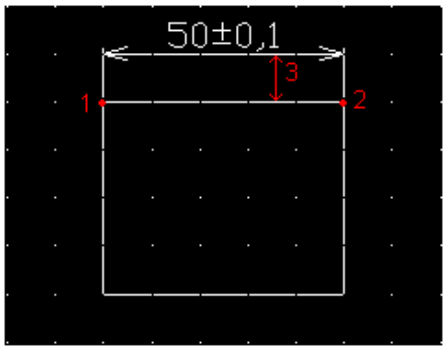


Рис. 6.6. Пример простановки размеров

Для данного примера в закладке *Tolerances* окна *Modify Dimension Style* был выбран метод *Symmetrical* отображения допусков с точностью (*Precision*), равной «0.0» (одна цифра после запятой) и верхним значением допуска (*Upper Value*), равным 0,1 мм.

Для установки символа «диаметр» перед размерным числом на виде «сбоку» необходимо создать новый размерный стиль в окне *Dimension Style Manager* (рис. 6.3), а затем в закладке *Primary Units* созданного стиля в поле *Prefix* ввести «%%c» без кавычек (литера «c» – английская). Размер проставляется с помощью кнопки  панели *Dimension* с обязательным указанием стиля (на рис. 6.7 стиль назван *My Style + diameter*).

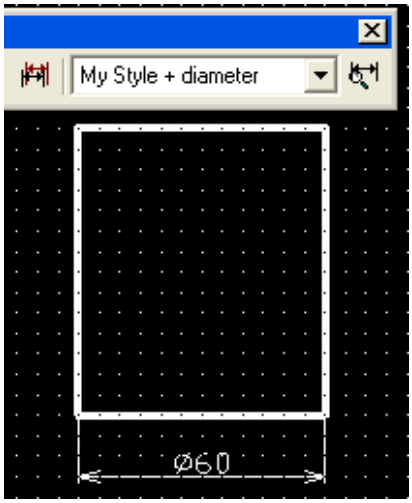


Рис. 6.7. Указание диаметра на виде «сбоку»

На рис. 6.7 изображен боковой вид цилиндра с указанием его диаметра.

Практическое задание 6.3

1. Выполните задание 5.1 (с. 45 данного пособия) с простановкой размеров.

2. Постройте объект, изображенный на рис. 6.7.

3. Создайте собственный размерный стиль для обозначения диаметра на виде «сбоку».

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите способы задания текста в программе AutoCAD.
2. Перечислите принципы работы с многострочным текстом.
3. Какие размеры можно проставить в программе, используя панель *Dimension*?

4. Назовите основные принципы работы с созданием новых размерных стилей, для чего это необходимо.

Практическая работа №31. Построение 3D-объектов

Цель работы*:* формирование умений построения 3D-объектов в программе AutoCAD.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

AutoCAD включает в себя средства трехмерного моделирования, которые позволяют работать как с простейшими примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Базовые типы пространственных моделей, используемых в AutoCAD, можно условно разделить на три группы:

1) каркасные модели;

2) модели поверхностей;

3) твердотельные модели.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и т. п.

Твердотельное моделирование – это самый простой способ 3D-моделирования. Средства AutoCAD позволяют создавать трехмерные объекты на основе базовых пространственных форм: параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, клипов и торов (колец). Из этих форм путем их объединения, вычитания и пересечения строятся более сложные пространственные тела. Кроме того, тела можно строить, сдвигая плоский объект вдоль заданного вектора или вращая его вокруг оси.

Модификация тел осуществляется путем сопряжения их граней и снятия фасок. В AutoCAD имеются также команды, с помощью которых тело можно разрезать на две части или получить его двумерное сечение.

Построение простейших 3D-объектов

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Простейшие элементы, из которых строятся сложные трехмерные объекты, называют твердотельными примитивами. К ним относятся: параллелепипед, клин, цилиндр (круговой, эллиптический), шар, тор. С помощью команд *Box*, *Wedge*, *Cone*, *Cylinder*, *Sphere*, *Torus* можно создать модели любого из этих тел заданных размеров, введя требуемые значения (меню *Draw/Solids***)**.

Пример построения 3D-объекта *Box* с размерами a:b:h = 100×100×50:

1) запускаем команду *Box* любым доступным способом;

2) отвечаем на запросы AutoCAD в командной строке (работа ведется в 2D-пространстве):

Command: box;

Specify corner of box or [*CEnter*] <0,0,0>: (указываем координату угла объекта);

Specify corner or [*Cube/Length*]: L (выбираем режим указания размеров граней – L);

Specify length: 100 (вводим значение длины, нажимаем Enter);

Specify width: 100 (вводим значение ширины, нажимаем Enter);

Specify height: 50 (вводим значение высоты, нажимаем Enter).

В результате получаем изображение, приведенное на рис. 7.1.

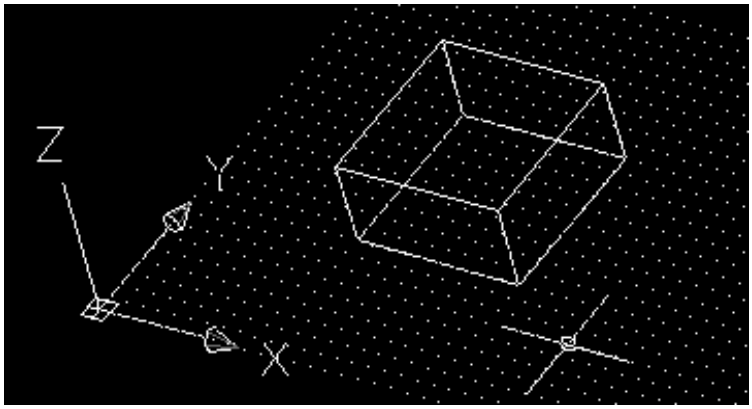


Рис. 7.1. Пример построения 3D-объекта *Box*

Вращение модели на экране осуществляется командой 3*DOrbit*.

Практическое задание 7.1

1. Создайте трехмерный объект, изображенный на рис. 7.1.

2. С помощью команды 3*DOrbit* осуществите его вращение.

Примитивы заданной формы создаются также путем выдавливания, осуществляемого командой *Extrude*, или вращения двумерного объекта – командой *Revolve*. Из примитивов

получают более сложные объемные модели объектов. Запускаются все вышеназванные команды из меню *Draw/Solids* или из плавающей панели инструментов *Solids* (рис. 7.2).

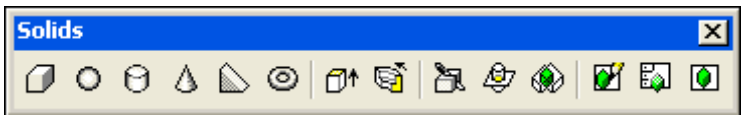


Рис. 7.2. Плавающая панель инструментов *Solids*

В табл. 7.1 приведены инструменты панели *Solids*.

Т а б л и ц а 7.1

Инструменты панели *Solids*

Пиктограмма	Команда	Назначение
	Extrude	Служит для создания 3D-объектов из замкнутых контуров, образованных полилинией, путем выдавливания
	Revolve	Служит для создания 3D-объектов из замкнутых контуров, образованных полилинией, путем вращения вокруг выбранной оси
	Slice	Используется для разрезания трехмерных моделей заданной плоскостью
	Section	Используется для создания сечений трехмерных моделей
	Interfere	Создает третье тело из общего пространства двух пересекающихся тел

Практическое задание 7.2

Создайте трехмерный объект «кувшин», изображенный на рис. 7.3, используя следующую последовательность:

1) с помощью полилинии в 2D-пространстве создаем контур кувшина;

2) запускаем команду *Revolve* и отвечаем на запросы AutoCAD:

Command: _revolve;

Current wire frame density: ISOLINES=4;

Select objects: 1 *found* (выделяем 2D-объект, нажимаем Enter);

Select objects:

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Specify start point for axis of revolution or;

define axis by [*Object/X* (*axis*)/*Y* (*axis*)]: (указываем начальную точку оси вращения – а);

Specify endpoint of axis: (указываем конечную точку оси вращения – б);

Specify angle of revolution <360>: (указываем угол вращения, нажимаем Enter);

3) с помощью плавающих панелей инструментов *Shade* и *3DOrbit* настраиваем вид объекта и его положение на экране.

В результате получаем заданный объект, изображенный на рис. 7.3.

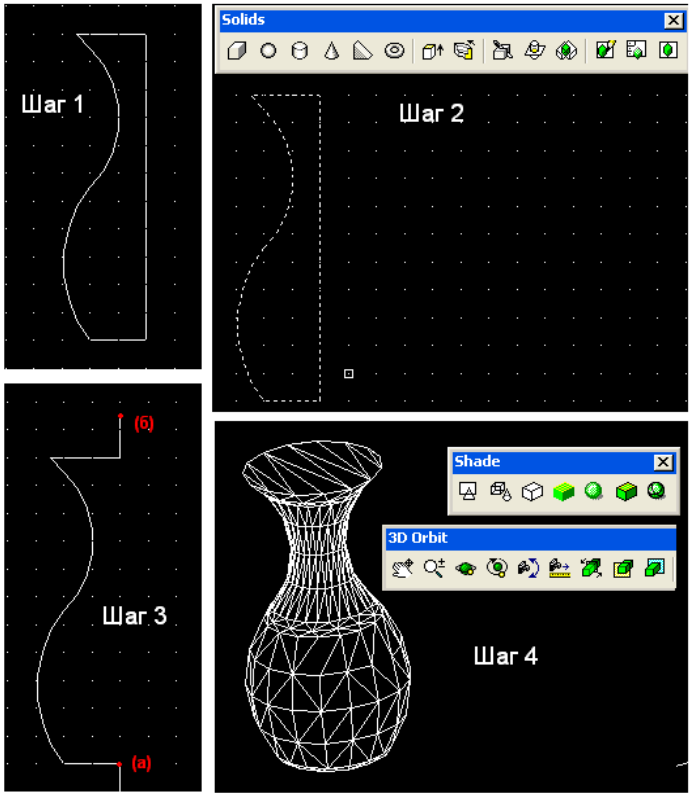


Рис. 7.3. Пример использования команды *Revolve*

Раскрашивание 3D-объектов. Команда 3DOrbit

Раскрашивание 3D-объектов осуществляется с помощью инструментов плавающей панели *Shade* (рис. 7.4).



Рис. 7.4. Плавающая панель *Shade*

В табл. 7.2 приведены инструменты панели *Shade*.

Т а б л и ц а 7.2

Инструменты панели *Shade*

Пиктограмма	Назначение
	Отображение объектов в виде каркасной модели. Обычный режим рисования
	Отображение объектов в виде каркасной модели с трехмерной пиктограммой системы координат
	Скрытие невидимых граней 3D-объекта
	Формирование заливки без полутонов для областей, ограниченных контурами граней
	Формирование сглаженного полутонового перехода между по-разному ориентированными гранями (метод Гуро)
	Комбинация плоской заливки с каркасным представлением ребер
	Комбинация раскрашивания по методу Гуро с выводом каркасного представления ребер

Для вращения объекта используется команда 3*DOrbit* (кнопка панели 3*DOrbit*). Приближение или отдаление объекта наиболее удобно осуществлять при помощи скроллинга мыши.

Плоскости построения и системы координат

В предыдущих примерах рисование осуществлялось в так называемой мировой системе координат (*World Coordinate System* (WCS)). Плоскость XY мировой системы координат (МСК) совпадает с плоскостью графического экрана. Третья ось (ось Z) МСК расположена перпендикулярно экрану и направлена от экрана к пользователю. В качестве признака МСК пиктограмма осей имеет прямоугольник в точке начала координат (рис. 7.5). Начало координат – это точка пересечения осей X и Y; по умолчанию она совмещается с левым нижним углом рисунка. В любой текущий момент активна только одна система координат, которую принято называть *текущей*.

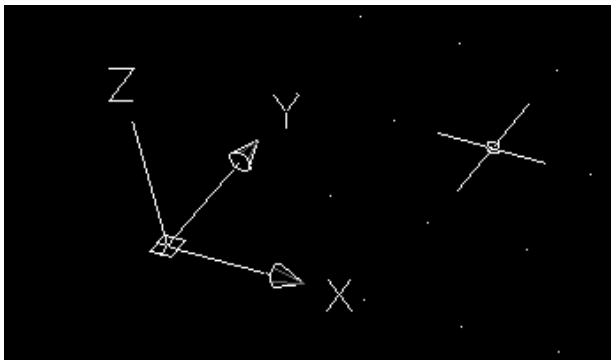


Рис. 7.5. Пиктограмма мировой системы координат (стиль 3D)

Пользовательская система координат (ПСК)

Для задания любых других плоскостей построений, которые не параллельны плоскости XY МСК, используется *пользовательская система координат* (ПСК или UCS).

Основное отличие МСК от ПСК заключается в том, что мировая система координат может быть только одна (для каждого пространства модели и листа), и она неподвижна. Применение ПСК не имеет практически никаких ограничений. Она может быть расположена в любой точке пространства под любым углом к МСК. Разрешается определять, сохранять и восстанавливать неограниченное количество ПСК.

В AutoCAD проще выровнять систему координат с существующим геометрическим объектом, чем определять точное размещение трехмерной точки. ПСК обычно используется для работы с несмежными фрагментами рисунка. Поворот ПСК упрощает указание точек на трехмерных или повернутых видах. Узловые точки и базовые направления, определяемые режимами привязки SNAP, сетки GRID и ортогонального режима ORTHO, поворачиваются вместе с ПСК.

Пиктограмма ПСК всегда изображается в плоскости XY текущей ПСК и указывает положительное направление осей X и Y. Сама пиктограмма может располагаться как в начале пользовательской системы координат, так и в другом месте. Эту позицию регулирует команда управления пиктограммой системы координат UCSICON. С помощью той же команды можно выбрать одну из трех пиктограмм. В трехмерной пиктограмме допускается изменение размера, цвета, типа стрелок осей и толщины линий.

Инструменты для задания ПСК сосредоточены в плавающих панелях UCS и UCS II (рис. 7.6 и 7.7):

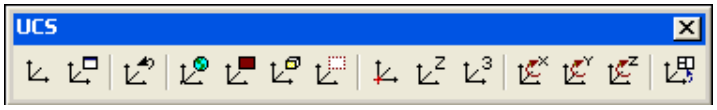


Рис. 7.6. Плавающая панель UCS

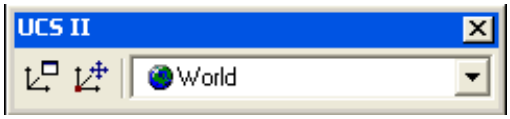


Рис. 7.7. Плавающая панель UCS II

В табл. 7.3 приведены инструменты панели UCS.

Т а б л и ц а 7.3

Инструменты панели UCS

Пиктограмма	Описание
	Выбор МСК (WCS)
	Установка ПСК по плоскости двумерного объекта
	Установка ПСК по плоскости грани трехмерного тела

	Установка ПСК перпендикулярно направлению взгляда (в плоскости вида) с сохранением начала координат
	Перенос начала ПСК в новую точку с сохранением направления осей X и Y
	Указание нового начала координат и точки, лежащей на положительном направлении новой оси Z
	Указание нового начала координат и точек, определяющих положительные направления новых осей X и Y
	Поворот текущей ПСК вокруг текущих осей X, Y, Z

Рассмотрим пример использования ПСК. Построить цилиндр диаметром 40 мм, высотой 20 мм в геометрическом центре верхней грани параллелепипеда. На рис. 7.8 изображен исходный параллелепипед в МСК (WCS).

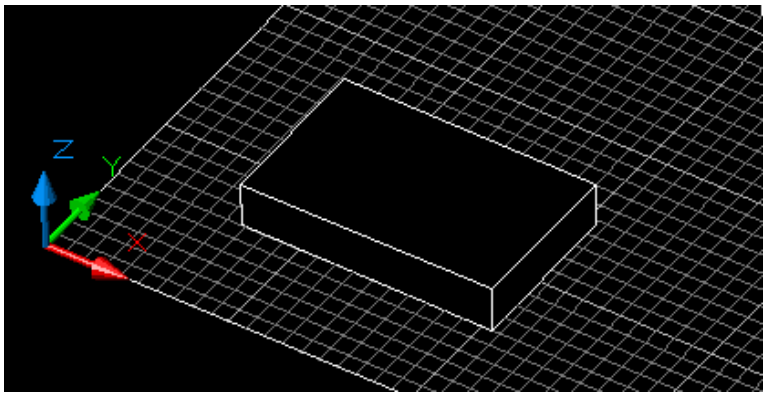


Рис. 7.8. Исходный параллелепипед

Как было упомянуто выше, рассчитать трехмерные координаты геометрического центра верхней грани параллелепипеда достаточно трудоемко. Использование ПСК упрощает задачу. Последовательность действий следующая:

1) с помощью инструмента  устанавливаем начало ПСК в новую точку (левый угол верней грани параллелепипеда) с сохранением направления осей X и Y (рис. 7.9);

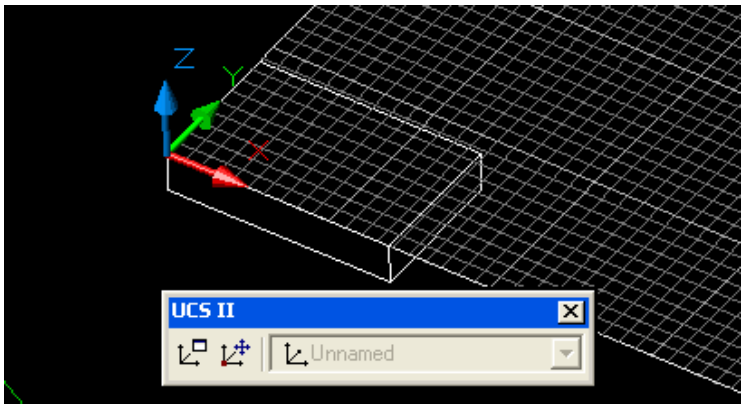


Рис. 7.9. ПСК в новой точке с сохранением направления

осей X и Y

2) сохраняем ПСК при помощи панели *UCS II:* необходимо нажать кнопку  (*Display UCS Dialog*) и изменить имя ПСК с *Unnamed* на любое другое;

3) определяем геометрический центр верхней грани параллелепипеда (путем построения диагоналей) и в пересечении строим окружность (рис. 7.10);

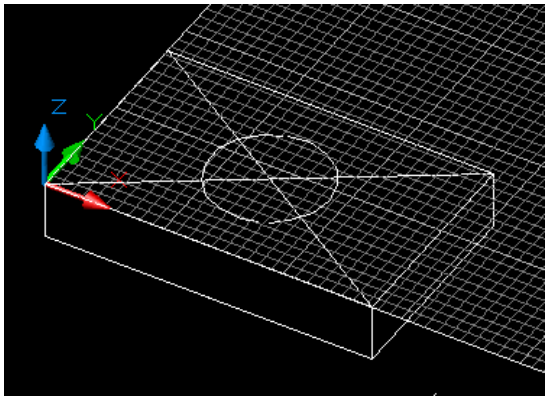


Рис. 7.10. Определение центра и построение окружности

4) при помощи команды Extrude (кнопка  панели *Solids*) выдавливаем цилиндр (рис. 7.11):

Command: _extrude;

Current wire frame density: ISOLINES=4;

Select objects: 1 *found* (выделяем окружность);

Select objects:

Specify height of extrusion or [*Path*]: 20 (высота выдавливания);

Specify angle of taper for extrusion <0>: (угол выдавливания);

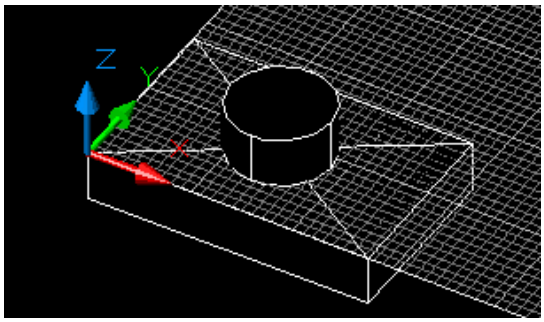


Рис. 7.11. Построение цилиндра

5) удаляем вспомогательные линии. Включаем МСК (рис. 9.12), т. е. выбираем пункт *Word* в панели UCS II.

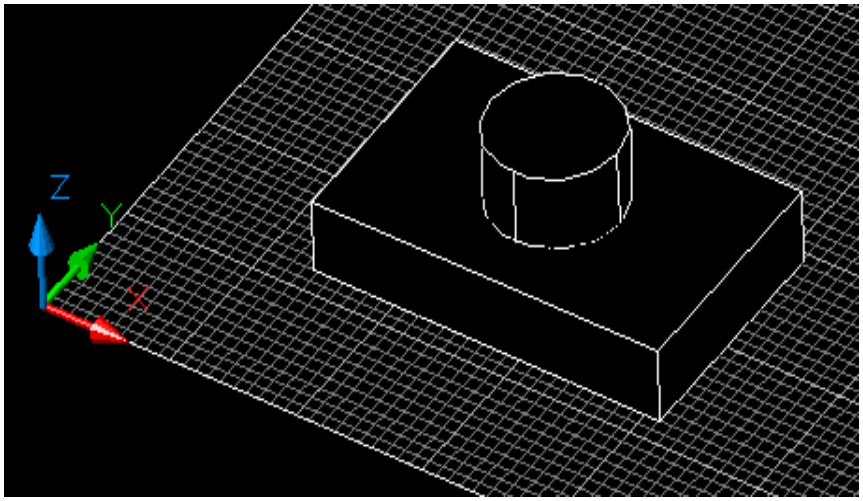


Рис. 7.12. Завершенный объект

Практическое задание 7.3

Постройте куб с гранью 40 мм в геометрическом центре верхней грани параллелепипеда.

Видовые экраны

Система AutoCAD позволяет в пространстве модели создавать конфигурации из любого количества частей (неперекрывающихся видовых экранов), и каждой такой конфигурации присваивать имя, по которому такая конфигурация может быть в любое время восстановлена.

Команда *Vports*, которой соответствуют также кнопка  плавающей панели *Viewports* (рис. 7.13), и пункт падающего меню *View/Viewports/New Viewports* создают конфигурации видовых экранов.



Рис. 7.13. Панель *Viewports*

Поле *New name* окна *Viewports* (рис. 7.14) предназначено для задания имени создаваемой конфигурации видовых экранов. Если имя не задать, то новая конфигурация экранов создается

(графический экран делится на необходимые части), но не сохраняется (т. е. после перехода к следующей конфигурации данная конфигурация не может быть восстановлена).

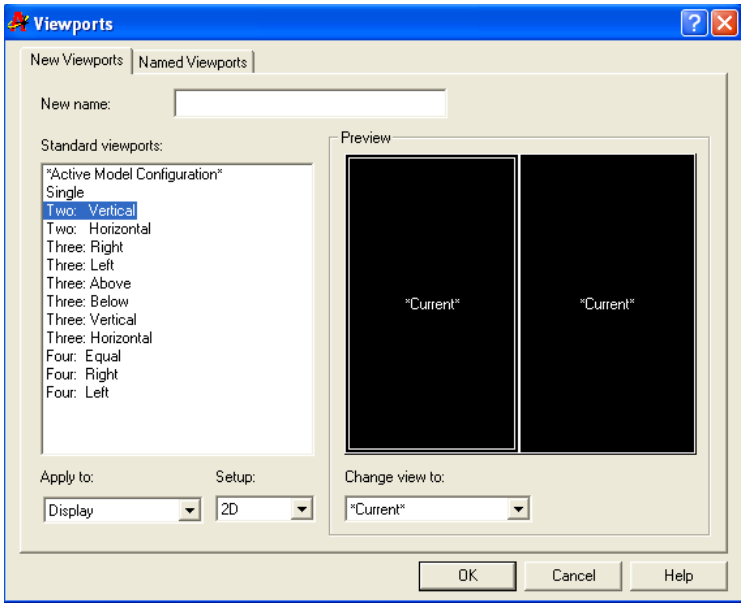


Рис. 7.14. Окно *Viewports*

В области *Preview* (Образец) отображается внешний вид той конфигурации (варианта деления на части), которая отмечена в списке *Standard viewports* (Стандартные конфигурации). В раскрывающемся списке *Apply to* (Применить) можно выбрать одно из двух значений, указывающих, к какой части графического экрана будет применяться операция деления на части:

- *Display* (ко всему экрану);

- *Current Viewport* (к текущему видовому крану).

В раскрывающемся списке *Setup* (Режим) пользователю доступны только два значения:

- 2*D* – текущий вид (т. е. вид, установленный в активном видовом экране, который делится на части) распространяется на все новые видовые экраны;

- 3*D* – текущий вид устанавливается в одном из создаваемых видовых экранов, а в остальных система AutoCAD выбирает соответствующие ортогональные виды.

Если в списке *Standard viewports* (Стандартные конфигурации) выбрать конфигурацию *Two: Vertical*, то в результате получаем следующую конфигурацию экранов AutoCAD (рис. 7.15).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

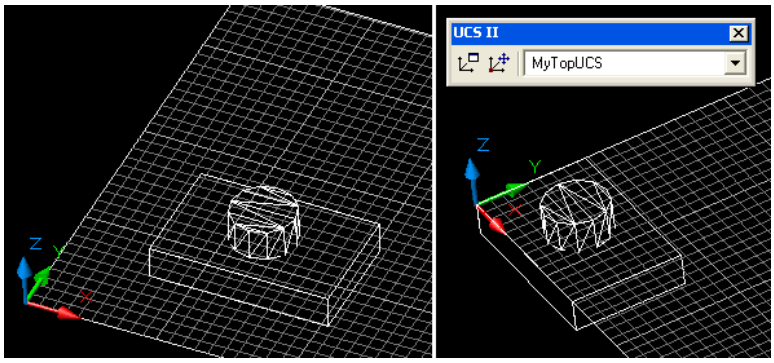


Рис. 7.15. Конфигурация экрана AutoCAD

В разных видовых экранах возможна различная раскраска, установка различных ПСК и других параметров.

Практическое задание 7.4

Создайте конфигурацию экрана AutoCAD, как показано на рис. 7.15.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные команды, используемые при построении простейших 3D-моделей.
2. Перечислите особенности задания координат при построении 3D-моделей.
3. Какое основное назначение панели инструментов *UCS*?

Практическая работа №32. Редактирование 3D-объектов

Цель работы: формирование умений редактирования 3D-объектов.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

В связи с особой организацией твердотельных объектов (примитивов типа 3DSOLID) их точки нельзя использовать для таких действий, как растягивание, модификация граней и ребер и др. Для этих целей предусмотрена панель инструментов *Solids Editing* (Редактирование тел) (рис. 8.1).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

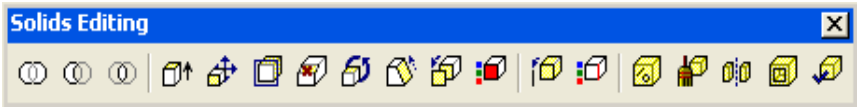


Рис. 8.1. Панель инструментов *Solids Editing*

Первые три кнопки панели соответствуют операциям объединения, вычитания и пересечения тел. Назначении других кнопок приведено в табл. 8.1.

Рассмотрим пример операции вычитания. Вычесть цилиндр из параллелепипеда. Исходные данные приведены на рис. 8.2.

Последовательность действий следующая:

1) нажимаем кнопку *Substract* .

Command: _subtract;

Select solids and regions to subtract from:

Select objects: 1 *found* (выделяем параллелепипед, нажимаем Enter);

Select objects:

Select solids and regions to subtract ... (выделяем цилиндр, нажимаем Enter);

Select objects: 1 *found*;

Select objects: (нажимаем Enter);

2) в результате получаем объект с вырезанным цилиндром (рис. 8.3).

Т а б л и ц а 8.1

Инструменты панели UCS

Пиктограмма	Назначение
	Выдавливает грани тела на заданную глубину или вдоль траектории
	Переносит грани тела на заданное расстояние
	Равномерно смещает грани на заданное расстояние или до указанной точки
	Удаляет грани тела вместе с сопряжениями и фасками
	Поворачивает грани вокруг заданной оси
	Сводит грани на конус под заданным углом

	Создает копии граней тела в виде областей или твердотельных оболочек
	Изменяет цвет отдельных граней
	Создает копии ребер тела в виде отрезков, дуг, окружностей, эллипсов или сплайнов
	Изменяет цвет ребер
	Создает клеймо (новое ребро, являющееся отпечатком другого объекта) на грани
	Удаляет лишние ребра и вершины
	Разделяет многосвязные тела (занимающие несколько замкнутых объемов в пространстве) на отдельные тела
	Создает полую тонкостенную оболочку заданной толщины
	Проверяет, является ли объект допустимым телом



Рис. 8.2. Исходные данные

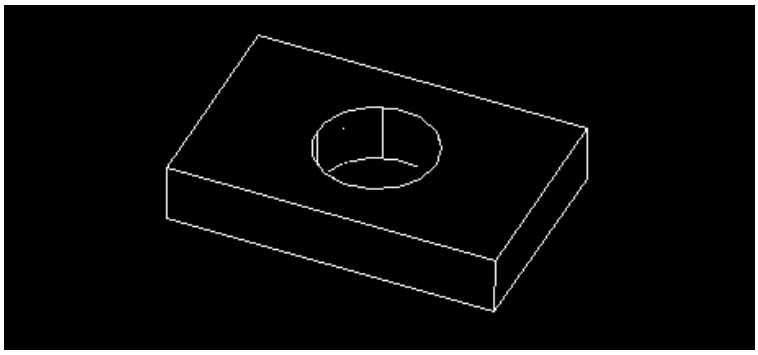


Рис. 8.3. Объект с вырезанным цилиндром

Практическое задание 8.1

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Постройте объекты, изображенные на рис. 8.2.

Команды редактирования в двумерном пространстве,
например: *Move* (Перенос), *Copy* (Копирование), *Rotate* (Поворот), *Mirror* (Зеркальное отображение) и *Array* (Размножение массивом), могут использоваться и в трехмерном пространстве.

В двумерном пространстве команда *Rotate* производит поворот объекта вокруг указанной точки. При этом направление поворота определяется текущей ПСК. При работе в трехмерном пространстве поворот производится вокруг оси. Ось может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (X, Y или Z) или текущего направления взгляда. Для поворота трехмерных объектов можно использовать как команду *Rotate*, так и ее трехмерный аналог – *Rotate* 3D. Команда *Rotate* 3D, осуществляющая поворот объектов в трехмерном пространстве вокруг заданной оси, вызывается из меню *Modify/3D Operation/Rotate* 3*D*.

Команда *Mirror* 3D, осуществляющая зеркальное отображение объектов относительно заданной плоскости, вызывается из меню *Modify/3D Operation/Mirror* 3*D*.

Команда 3D *Array* позволяет создавать прямоугольный и круговой массивы объектов в трехмерном пространстве. Отличие от аналогичной команды, применяемой в двухмерном моделировании, состоит в том, что при создании прямоугольного массива объектов кроме количества столбцов и строк запрашивается (задается вдоль направления оси Z) количество уровней, а при создании кругового массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальную и конечную точки которой следует указать в ответ на запросы. Команда 3D *Array* вызывается из меню *Modify/3D Operation/3D Array*.

Практическое задание 8.2

1. Создайте зеркальную копию объекта, изображенного на рис. 8.3.

2. Поверните его на угол 45 градусов по отношению к нижней грани исходного объекта.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные команды редактирования 3D-моделей.
2. Перечислите команды редактирования, которые используются только при построении 3D-моделей.
3. Перечислите команды редактирования, которые используются при построении 3D- и 2D-моделей.

Практическая работа №33. Подготовка чертежа к выводу на печать

Цель работы*:* выработка умений вывода чертежей на принтер или плоттер.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Создание и редактирование стилей печати

Стиль печати – это ряд настроек, от которых зависит внешний вид чертежа при распечатке. Управление таблицами стилей печати в AutoCAD осуществляет *Plot Style Manager* (Менеджер стилей печати). Он вызывается с помощью одноименной команды из меню *File* или непосредственно вводом команды *Stilesmanager*. При этом на экране появляется окно со всеми имеющимися таблицами стилей печати (рис. 9.1).

Для создания нового стиля необходимо выбрать ярлык *Add-A-Plot Style Table Wizard*, запустить мастер создания таблицы нового стиля и выполнить следующие действия:

1) в первом окне необходимо выбрать метод создания новой таблицы – *Start from scratch* («с нуля»);

2) во втором окне следует выбрать вариант цветозависимой таблицы – *Color-Dependent Plot Style Table*;

3) задать имя файла для таблицы;

4) вызвать редактор таблиц стилей, который производит настройку свойств объектов при распечатке.

Настройка параметров печати. Распечатка

Диалоговое окно настройки стиля печати приведено на рис. 9.2.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

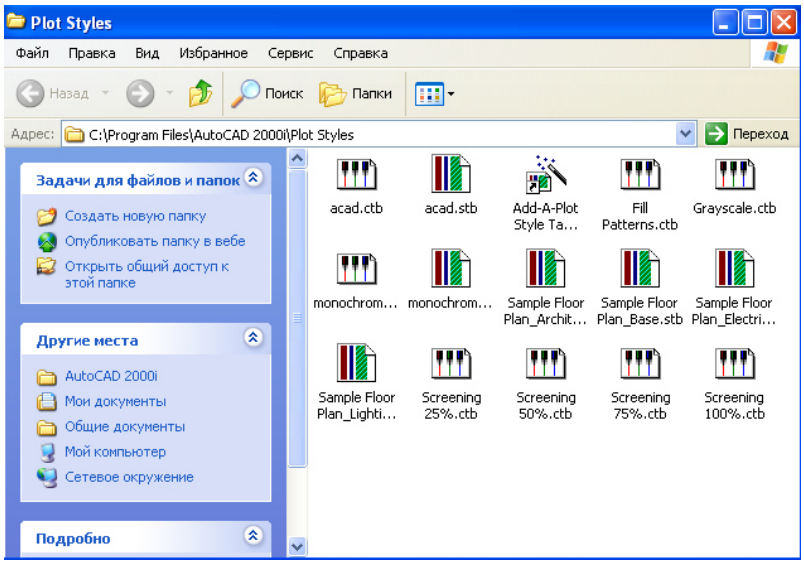


Рис. 9.1. Окно стилей печати

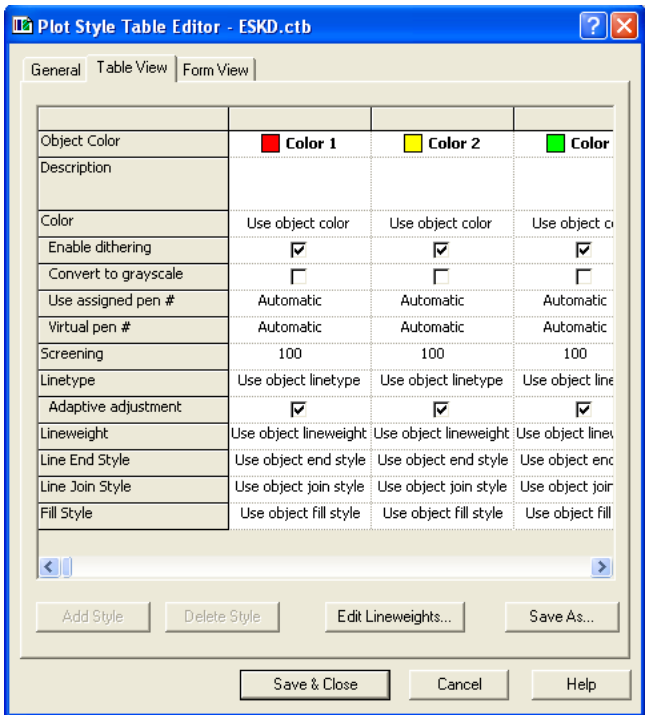


Рис. 9.2. Диалоговое окно настройки стиля печати

При распечатке чертежа выполняется следующая последовательность действий:

1) рекомендуется предварительно сохранить последнюю версию чертежа во избежание проблем в процессе печати;

2) убедиться в готовности устройства вывода;

3) вызвать команду *Plot* (Чертеж) из меню *File* либо ввести в командную строку *Plot* или *Print*.

В появившемся на экране одноименном окне (рис. 9.3) необходимо установить следующие настройки:

1) на вкладке *Plot Device* в списке *Name* выбрать имя устройства печати;

2) в области *Plot style table* (Таблица стилей печати) выбрать стиль печати, созданный ранее, или стандартный стиль (monochrome);

3) в области *What to plot* (Что печатать) выбрать нужную опцию: *Current tab* (Текущий лист), *Selected tabs* (Выделенные листы), *All layout tabs* (Все листы).

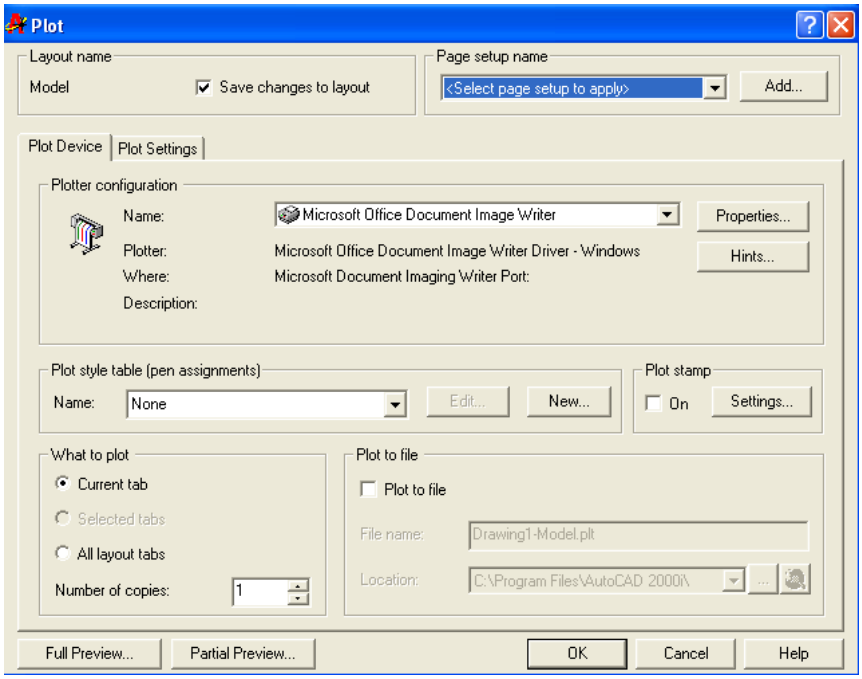


Рис. 9.3. Настройка печатающего устройства

Перейти на вкладку *Plot Setting* (рис. 9.4). От настроек этой вкладки зависит, как будет выглядеть распечатанный чертеж.

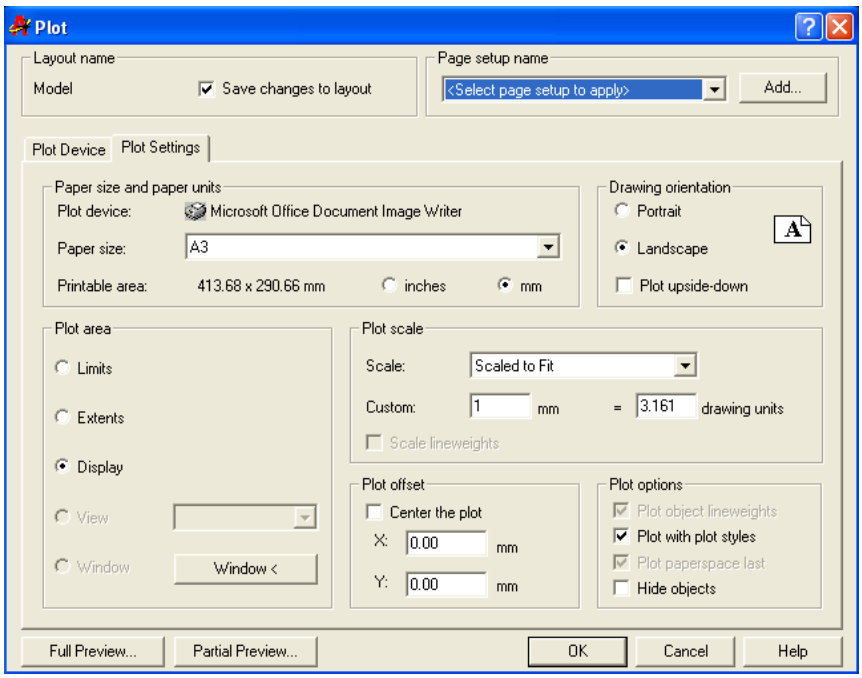


Рис. 9.4. Установка параметров печати

В появившемся окне необходимо установить следующие настройки:

1) в области *Paper size and paper units* выбрать формат бумаги и единицы измерения;

2) в области *Drawing orientation* выбрать ориентацию чертежа *Landscape* (Альбомная) или *Portait* (Книжная);

3) в области *Plot area* выбрать, какую часть чертежа нужно распечатать:

Limits (*Layout*) – будет напечатана область, заданная параметром *Limits*;

Extents – распечатаются все объекты чертежа;

Display – печать текущего изображения на экране;

View – печать предварительно сохраненного вида;

Window (рекомендуется выбрать) – печать выделенной части чертежа;

4) в области *Plot scale* задать масштаб распечатываемого объекта: при печати из вкладки *Model* необходимо выбрать из списка нужный масштаб. Если выбрать *Scaled to Fit*, то чертеж будет автоматически промасштабирован так, что заполнит весь лист. Если производить печать из вкладки *Layout*, то следует установить масштаб 1:1. В случае отсутствия нужного масштаба, следует воспользоваться опцией *Custom*;

5) в области *Plot offset* задать смещение распечатываемого чертежа относительно границ бумаги. Рекомендуется выбрать опцию *Center the plot* (Центрировать чертеж).

Кнопкой *Partial Preview* отображается уменьшенная копия листа распечатки (штриховой линией отмечены границы области печати; красный треугольник обозначает начальную позицию печати – точку 0,0; синим цветом закрашена эффективная область печати, размеры которой зависят от параметров области *Plot area* и масштаба чертежа).

Кнопка *Full Preview* отображает вид чертежа при распечатке. Выход из этого режима производится при помощи контекстного меню ПК.

После настройки всех параметров, кнопкой ОК следует запустить процесс печати.

Практическое задание 9.1

1. Откройте произвольный двумерный чертеж, созданный в процессе выполнения предыдущих лабораторных работ.

2. Настройте параметры печати, выбрав принтер *Microsoft Office Document Image Writer*.

3. С помощью инструмента *Full Preview* отобразите вид чертежа при распечатке.

Содержание отчета

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Распечатанный вариант задания.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие настройки позволяет сделать меню *Plot* AutoCAD?

2. Как произвести распечатку части чертежа?

3. Какими командами производится центровка чертежа при распечатке?

4. Как изменяется масштаб чертежа при распечатке?

Практическая работа №34. Выполнение электрических принципиальных в среде AutoCAD

Цель работы*:* формирование умений экспортирования электрических принципиальных схем из программы P-CAD в AutoCAD.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Для последующей печати созданных в P-CAD схем электрических принципиальных их необходимо экспортировать в пакет AutoCAD.

Ниже приведен порядок экспорта файлов формата *.sch, созданных в P-CAD, в файлы формата *.dxf программы AutoCAD:

1) выполнить команду *File/DXF Out*;

2) в появившемся окне *File DXF Out* (рис. 10.1) установить требуемые единицы измерения и режим преобразования:

- *Draft* – режим черновика;

- *Include Title Sheet* – добавить в передачу рамку;

- *Include True Type Fonts* – добавить шрифты *True Type*.

На рис. 10.1 установлены типичные параметры экспорта;

3) с помощью кнопки *DXF Filename* указать имя конечного файла.

4) выделить лист *Sheet1*; нажать кнопку OK;

5) результат экспорта – файл формата *.dxf, который поддерживается пакетом AutoCAD.

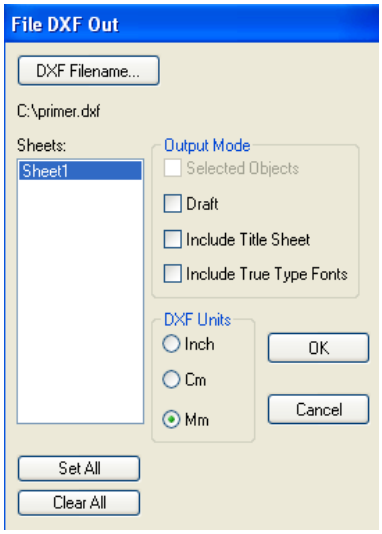


Рис. 10.1. Диалоговое окно File DXF Out

Приведение экспортированной схемы к требованиям ГОСТ 2.702–75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем осуществляется при помощи инструментов *Explode*  , *Move*  , редактор текста, *Quick Select* (для быстрого выделения однотипных объектов: *Tools/Quick Select*) и др. На рис. 10.2 приведена оформленная принципиальная схема.

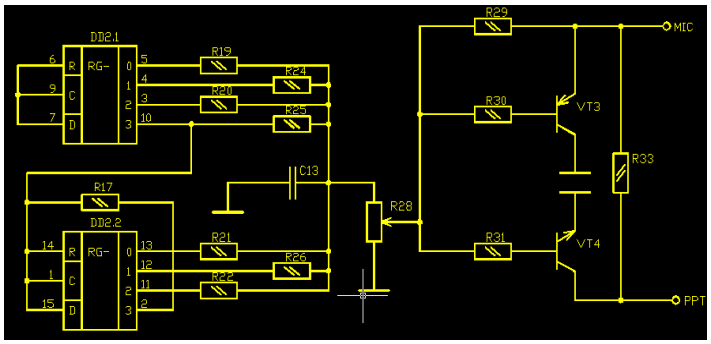


Рис. 10.2. Результат экспорта принципиальной схемы

Средствами AutoCAD удобно также создавать рамки формата и другие необходимые элементы чертежа.

Практическое задание 10.1

1. Получите у преподавателя файл формата *.sch в P-CAD с примером принципиальной схемы.

2. Выполните преобразование этого файла в формат *.dxf.

3. Выполните необходимые корректировки схемы.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Распечатанный вариант задания.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные этапы перевода чертежа из программы P-CAD в AutoCAD.
2. Для чего необходимо использовать команду *Explode*?

Практическая работа №35. Формирование чертежей печатной платы средствами AutoCAD

Цель работы*:* формирование умений экспортирования чертежей печатных плат из программы P-CAD в AutoCAD.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

При формировании законченных чертежей и удобства распечатки необходимо экспортировать чертежи печатной платы (ПП) из пакета P-CAD в AutoCAD.

Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1) запустить программу P-CAD PCB; открыть готовый проект ПП; выполнить команду *File/Export/DXF*. В поле *DXF Filename* (Имя файла в формате DXF) указать имя файла DXF (рис. 11.1);

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

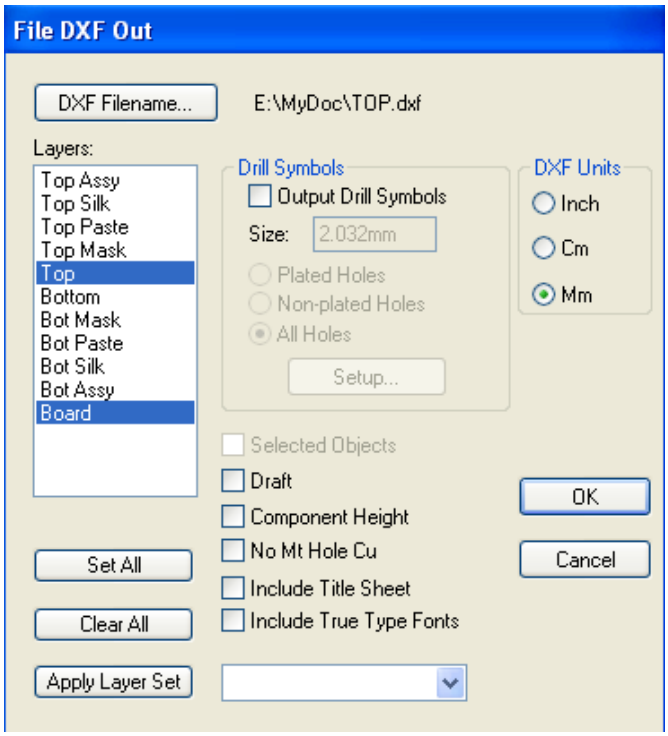


Рис. 11.1. Настройка экспорта проекта P-CAD

2) выбрать в окне *Layers* (Слои) требуемые слои ПП;

3) снять флажок в окне *Output Drill Symbols* (Показать символы отверстий) и установить флажок в зоне *DXF Units* (Размеры) – Mm;

4) остальные установки по рис. 11.1, нажать OK;

5) закрыть программу P-CAD PCB, так как процесс преобразования закончен;

6) запустить программу AutoCAD;

7) открыть файл с расширением .dxf и без каких-либо изменений скопировать содержимое чертежа в буфер обмена (в режиме *Copy with Base Point*). Базовой точкой указать угол платы или центр монтажного отверстия;

8) создать новый чертеж AutoCAD, предварительно установив его формат (пределы чертежа); установить сетку размером 2,5 либо 2,54; включить отображение сетки. Желательно, чтобы шаг сетки AutoCAD совпадал с размером сетки в P-CAD PCB. В этом случае гарантируется удобство при нанесении линий координатной сетки на ПП;

9) вставить содержимое буфера обмена в новый чертеж: *Paste From Clipboard* (Извлечь из буфера обмена) с включенным режимом *Snap* (Привязка к узлам сетки);

10) расчленить объекты при помощи команды *Explode* (Расчленить). Эту операцию при необходимости повторить несколько раз, так как проект и входящие составные части на нескольких уровнях записаны в виде блоков (единое целое);

11) остальные действия по нанесению размеров и оформлению чертежа делаются стандартными средствами AutoCAD (рис. 11.2).

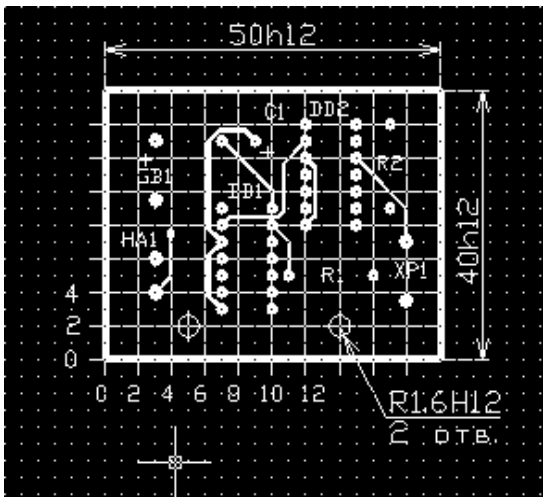


Рис. 11.2. Пример оформления ПП в AutoCAD

Практическое задание 11.1

1. Получите у преподавателя файл формата *.pcb в P-CAD с примером ПП.

2. Выполните преобразование этого файла в формат *.dxf.

3. Выполните необходимые корректировки ПП, как показано на рис. 11.2.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень основных команд, используемых при выполнении задания.
3. Результат индивидуального задания на ПЭВМ.
4. Распечатанный вариант задания.
5. Выводы по работе.

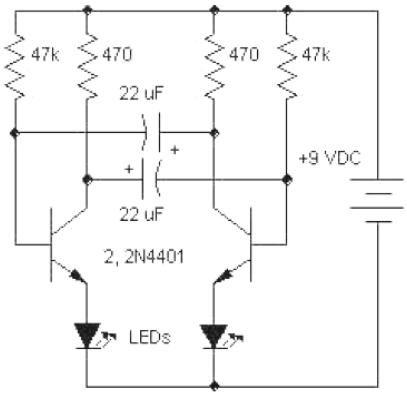
Контрольные вопросы

1. Перечислите основные этапы перевода ПП из программы P-CAD в AutoCAD.
2. С помощью каких команд можно нанести координатную сетку на ПП?

Практическое занятие №36. Проектирование печатных плат в САПР Dip Trace.

Цель: Знакомство с интерфейсом и изучение принципов работы в программе DipTrace, овладение навыками создания принципиальной схемы.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



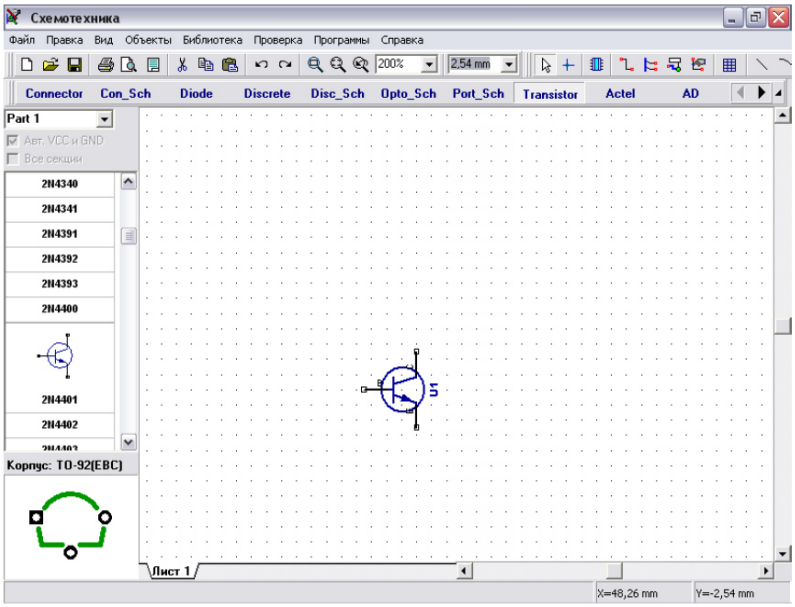
Задание: создать схему (Рис.1) и печатную плату, используя программу DipTrace.

Рис.1 Схема.

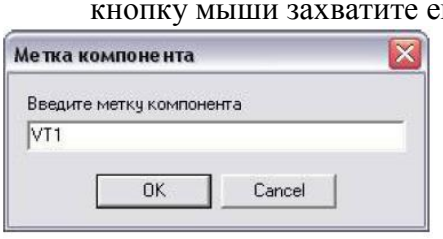
Алгоритм выполнения:

1. Запустите программу DipTrace **Schematic** и с помощью мыши выберите библиотеку с названием “Transistors”в правой верхней части окна, затем нажмите кнопку “Transistors”.
2. Прокрутите список компонентов в левой части окна и выберите транзистор 2N4401, затем щелкните по нему.
3. Переместите указатель мыши на схему и щелкните один раз левой кнопкой мыши – произойдет установка транзистора на схему.

(Чтобы отменить установку, сделайте щелчок правой кнопкой.)



4. Чтобы переместить установленный компонент наведите стрелку на символ и нажав левую кнопку мыши захватите его, затем переместите символ в нужное место, удерживая левую кнопку.



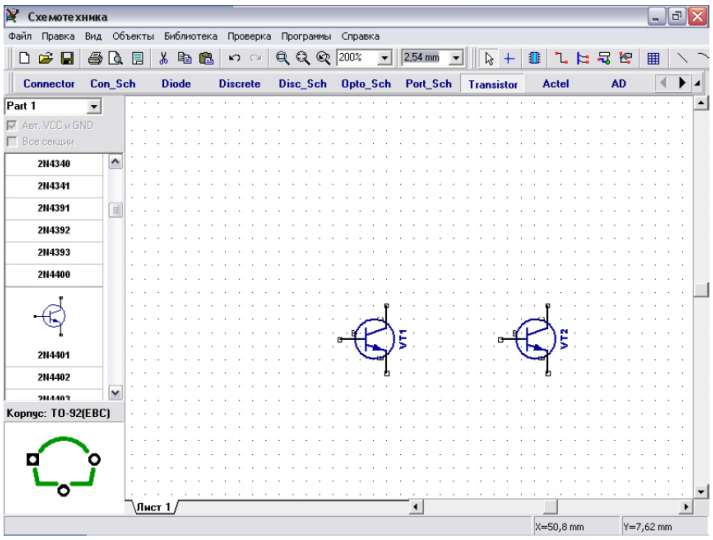
5. Чтобы изменить метку транзистора U1, выделите курсором символ и нажмите правую кнопку, затем выберите верхний пункт (метка компонента) в появившемся подменю. В диалоговом окне укажите новую метку, в нашем случае “VT1”.

6. Нам нужно два транзистора для нашей схемы, поэтому повторите размещение транзистора 2N4401 в области построения схемы.

(для второго транзистора метка на “VT2” появится автоматически)

7. Чтобы повернуть компонент перед установкой на схему, нажмите

клавишу “пробел” или “R”.

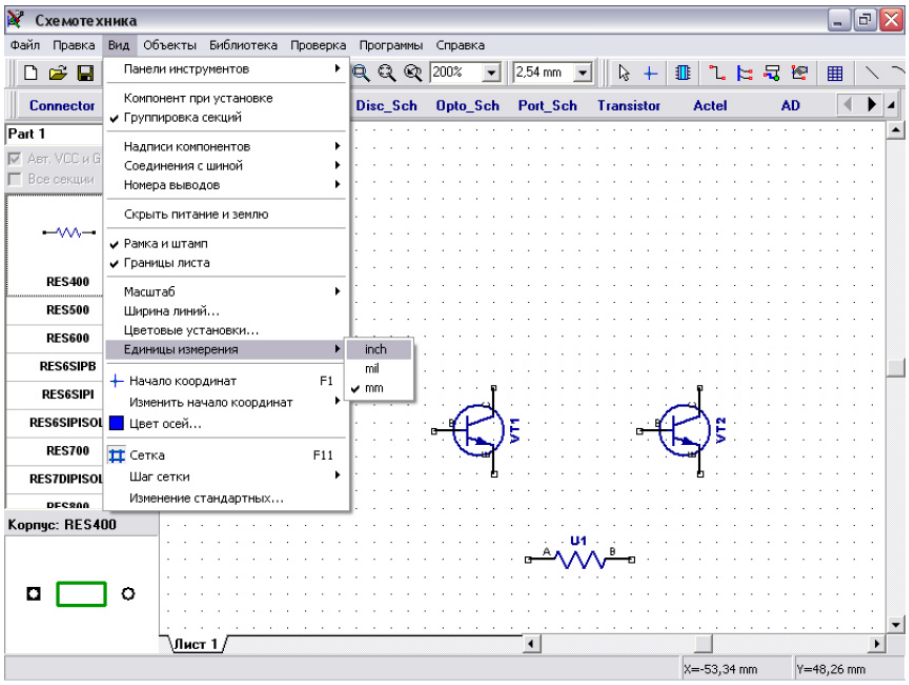


8.

Выберите библиотеку с названием “Discrete” на панели библиотек и выберите резистор RES400 с расстоянием между выводами 400мил.

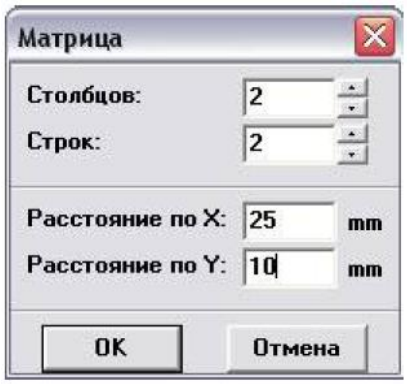
9. Измените метку резистора на R1, выделив с помощью курсора резистор, сделайте щелчок правой кнопкой мыши на нем, выберите верхний пункт подменю и в появившемся окне измените “U1” на “R1”, затем нажмите “OK”.

10. Кстати, если Вы предпочитаете работать с метрическими единицами измерения, просто выберите их “Вид / Единицы измерения / mm”



11. Чтобы было 4 резистора можно их разместить из панели компонентов так же, как разместили транзисторы VT1 и VT2.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



Скопировать можно двумя способами:

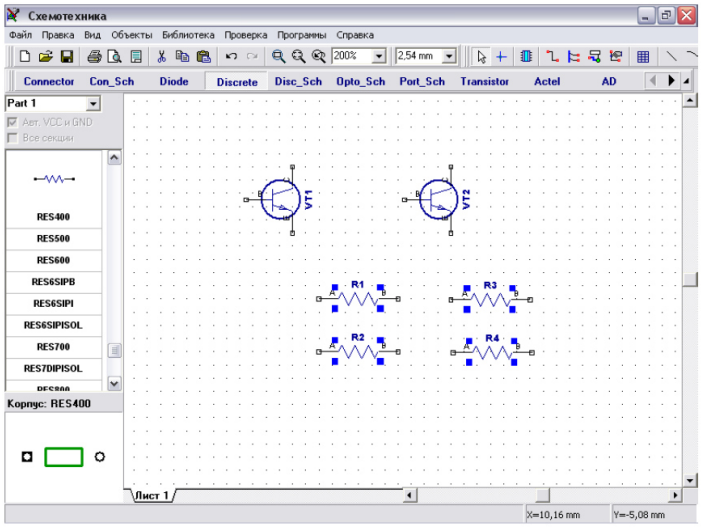
а) Выберите “Правка / Копировать” в главном меню, а затем

“Правка /Вставить” три раза или щелчок правой кнопкой мыши в месте, где надо вставить символ и “Вставить” в появившемся подменю.

б) Выберите резистор, затем “Правка / Создать матрицу” в главном меню (или просто нажмите “Ctrl+M”).

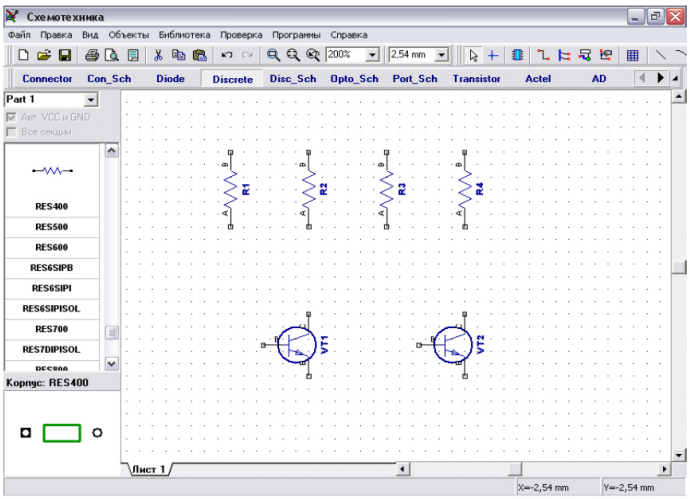
В диалоговом окне “Матрица” укажите

количество столбцов и строк (“2” столбца и “2” строки дадут “4” резистора) и расстояния (в нашем случае 25мм между столбцами и 10мм между строками), затем нажмите “OK”. Получилась матрица резисторов



12. Переместите резисторы в нужное положение на схеме и поверните на 90 градусов, используйте “пробел” или клавишу “R” для вращения символов.
13. Можно вращать используя команду “Правка / Вращение” или щелчок правой кнопки мыши на символе и выбрать “Вращение” в подменю.
14. Для ортогонального перемещения используют клавишу “Shift”

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

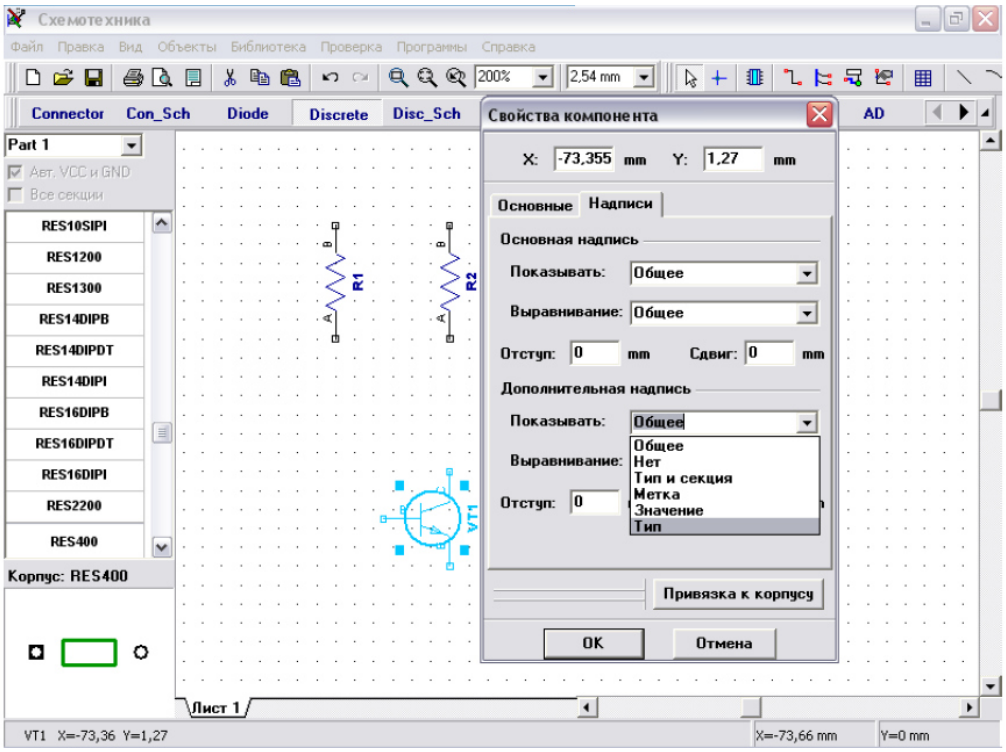


15. Перемещать схему можно, используя правую кнопку или колесо мыши: установите курсор в области построения, затем нажмите и удерживайте

правую кнопку или колесо мыши и переместите проект в новое положение

16. Чтобы отобразить тип транзисторов: выберите компоненты VT1 и VT2, затем щелкните правой кнопкой по ним и выберите “Свойства” в подменю. Щелкните по закладке “Надписи” в окне свойств компонента.

Выберите “Тип” в поле “Показывать” для дополнительной надписи.



17. Позиционное обозначение (метка) уже была на схеме, что соответствует

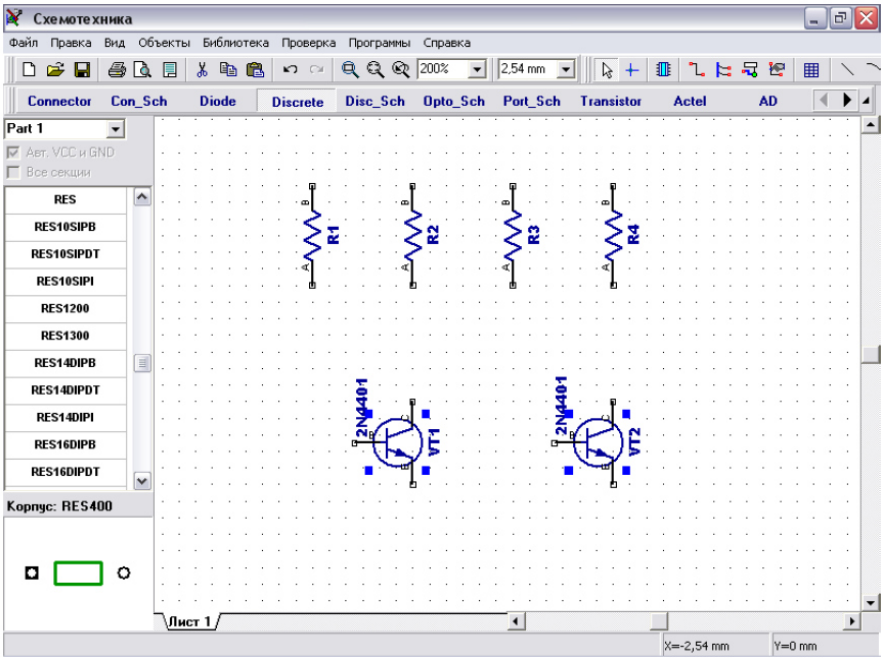
настройкам по умолчанию.

18. Нажмите “OK” для закрытия диалогового окна и отображения типа компонента.
19. Чтобы показать имена выводов (если они не отображены) нажмите

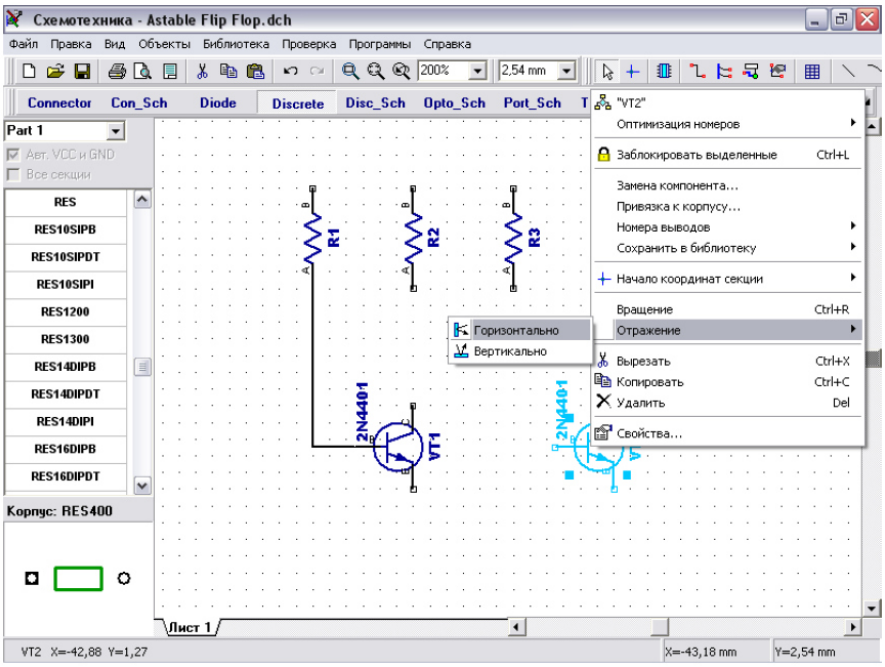
“Вид / Номера выводов / Показать”.

20. Можно изменить номера выводов компонента, сделав щелчок правой кнопкой по выводу и выбрав “Имя вывода” в появившемся подменю.
21. Надписи типа компонента и имена выводов (B, C, E) пересекаются с графикой символа, поэтому следует их передвинуть.
22. Чтобы переместить текст выберите “Вид /Надписи компонентов / Позиционирование” или просто нажмите “F10”, а затем переместите название типа компонента и имена выводов.
23. Можно вращать надписи при перемещении нажатием клавиши “R” или “Пробел”.
24. Можно задать общие настройки для всей схемы, которые применяются для всех компонентов в подменю “Вид / Надписи компонентов” кроме тех, которые имеют индивидуальные настройки (в нашем случае

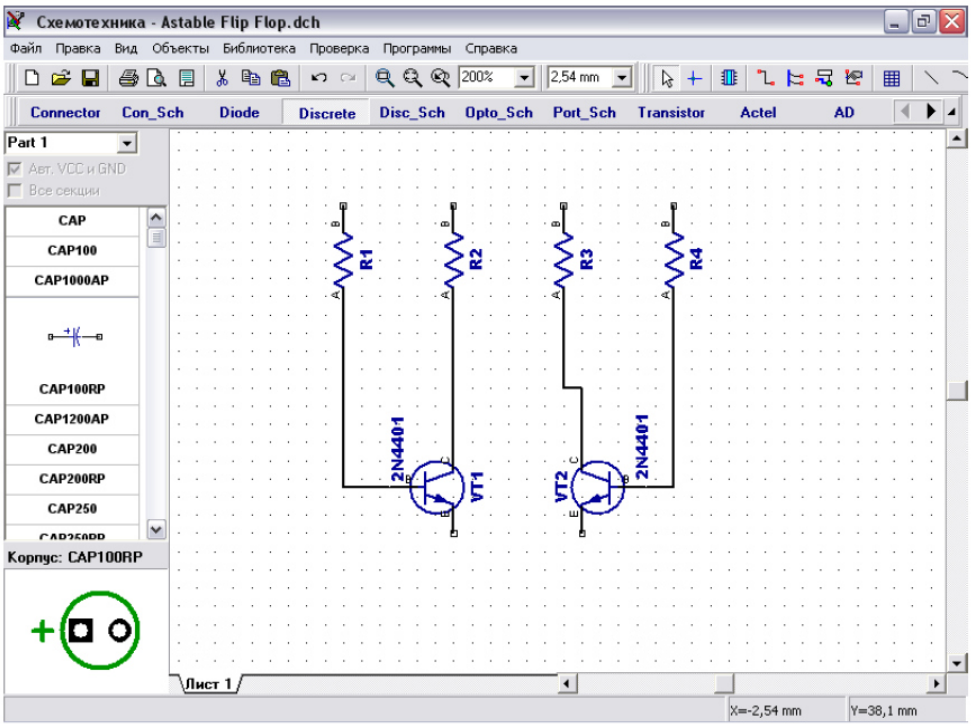
транзисторы имеют свои индивидуальные настройки).



25. Чтобы отменить предыдущее действие можно использовать команду “Правка / Шаг назад” или нажать соответствующую кнопку на стандартной панели.
26. Программа сохраняет до 50 шагов. Вы можете сделать “Шаг вперед” в противоположность функции “Шаг назад”.
27. ***Не забывайте сохранить схему***: нажмите “Файл / Сохранить” в главном меню или кнопку “Сохранить” на стандартной панели.
28. Для соединения элементов резистора R1 с базой транзистора T1подведите курсор к нижнему краю резистора и сделайте щелчок левой кнопкой мыши. Переместите курсор к базе транзистора VT1 и сделайте еще один левый щелчок для завершения соединения между R1 и базой VT1.
29. Для зеркального отражения транзистора VT2 подведите курсор к этому транзистору, сделайте щелчок правой кнопкой и выберите “Отражение / Горизонтально”.



30. Для перемещения резистора наведите курсор на него, нажмите левую кнопку, и удерживая ее двигайте его. В нужном положении отпустите кнопку.
31. Присоедините R4 к базе VT2, R2 к коллектору VT1, R3 к коллектору VT2.

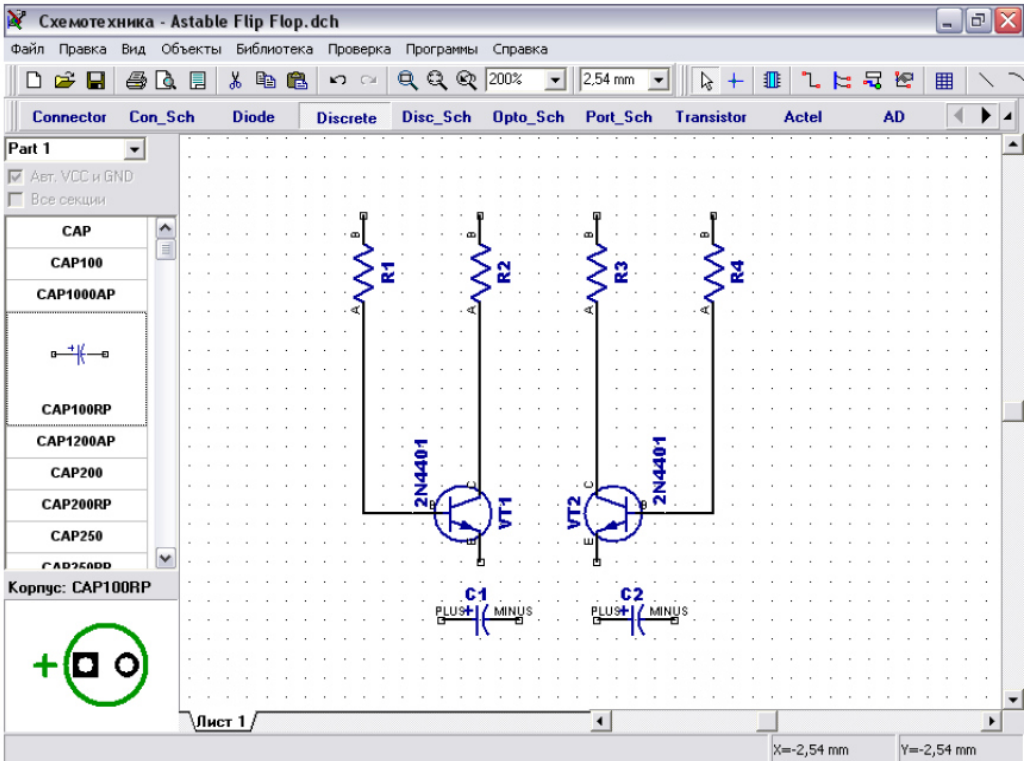


32. Для создания прямой линии, соединяющей резистор R3 и транзистор VT2

переместите транзистор VT2 следующим образом: укажите курсором на

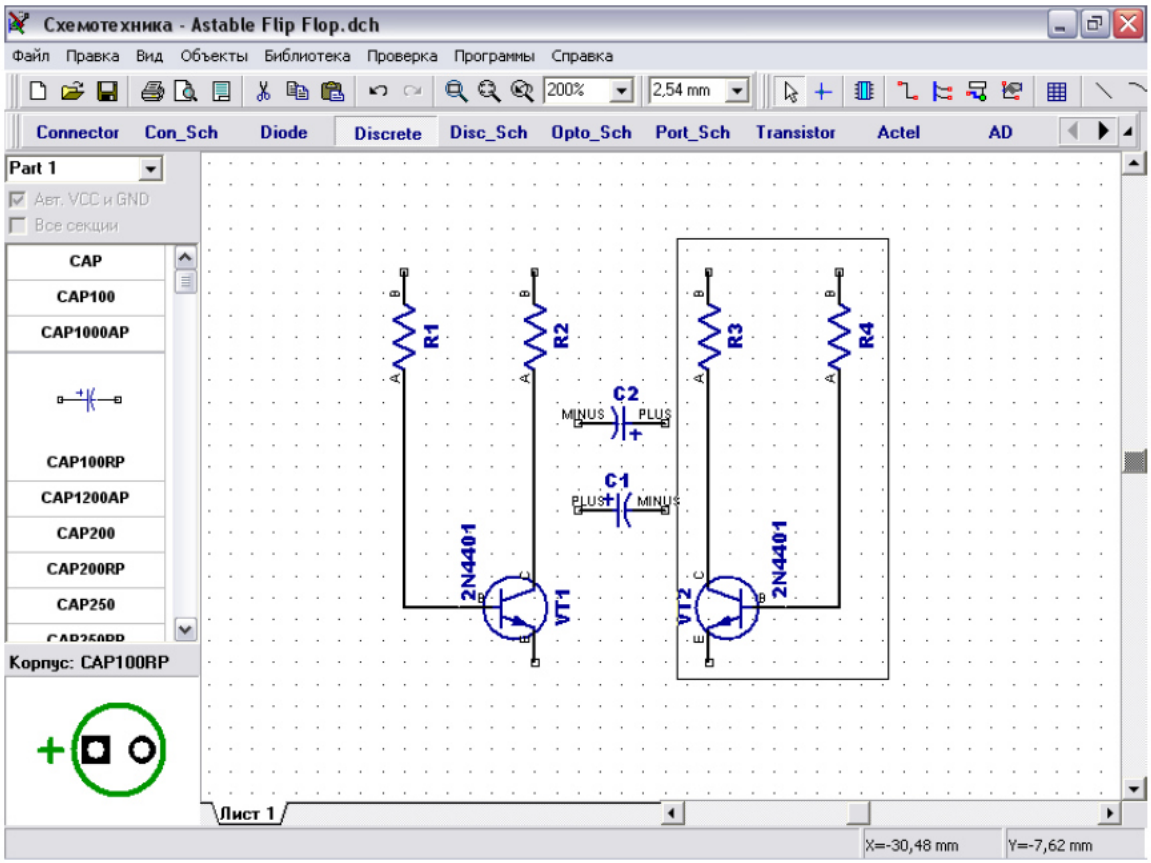
транзистор, щелкните левой кнопкой и удерживая ее подвиньте VT2 до тех пор, пока линия соединяющая R3 и коллектор VT2 не станет прямой.

33. Выберите CAP100RP и разместите дважды. Затем измените метки U1 и U2 на C1 и C2.

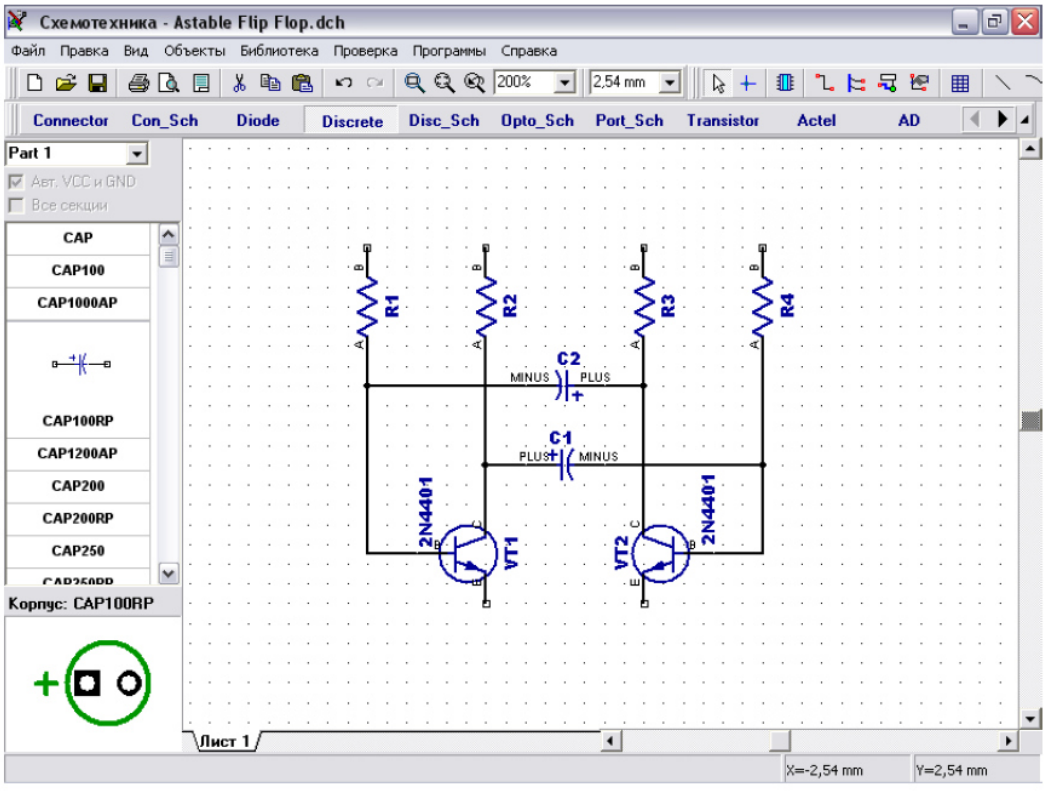


34. Чтобы развернуть зеркально C2, так чтобы положительный вывод был с правой стороны, для этого установите курсор на C2, щелкните правой кнопкой и выберите “Отражение / Горизонтально”.
35. Переместите конденсаторы C1 и C2 в положение между транзисторами VT1 и VT2 с соблюдением полярности. Для этого сначала поднимите резисторы немного вверх для освобождения пространства: разместите курсор на резисторе, нажмите левую кнопку и удерживайте ее пока перемещаете резистор.
36. Затем выделите VT2, R3, R4 и связи между ними и передвиньте вправо. Для этого, разместите курсор в верхний левый угол области, где расположены эти компоненты, нажмите и удерживайте левую кнопку мыши и двигайтесь к правому нижнему углу этой области, затем отпустите кнопку, и все компоненты внутри будут выделены.
37. Соедините C1 (+) с коллектором VT1: подведите стрелку мыши к выводу C1 (+), сделайте щелчок левой кнопкой, двигайте курсор к линии, соединяющей R2 (A) и VT1 (C) и сделайте еще один щелчок левой кнопкой для завершения линии.
38. Для отмены выделения нажмите правую кнопку мыши один раз для отмены выделения, если Вы в режиме по умолчанию, и два раза, если Вы в другом режиме (первый щелчок возвращает Вас в режим по умолчанию).

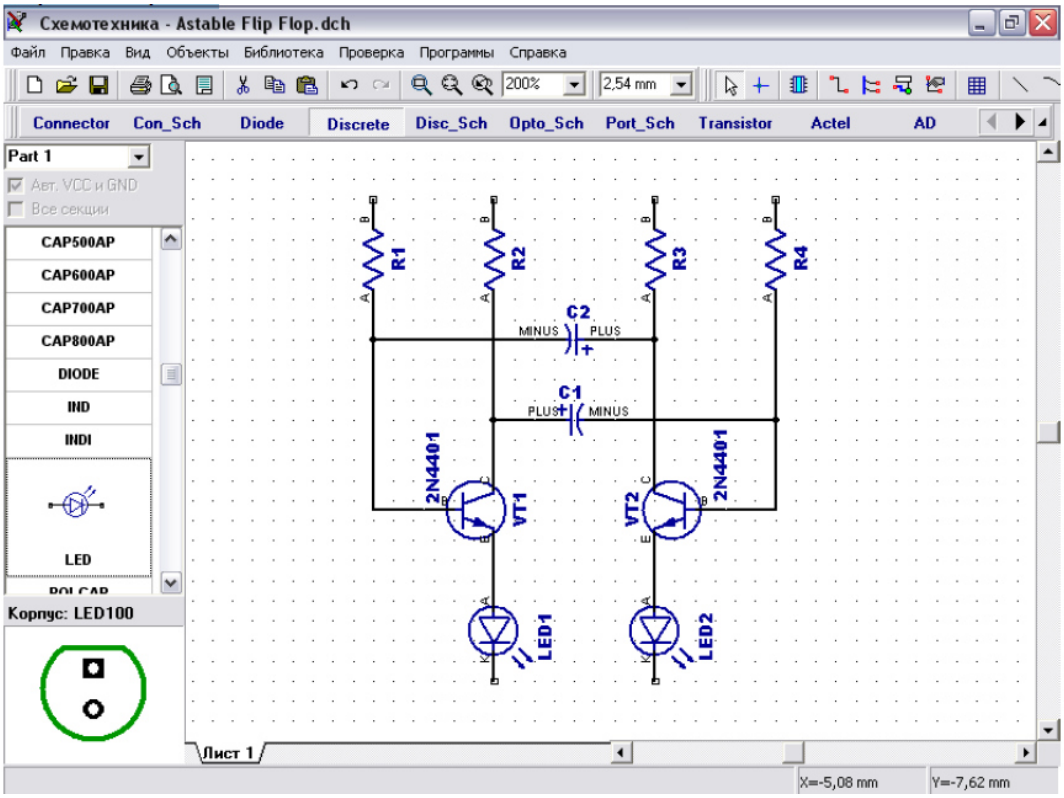
Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



39. Соедините конденсатор C2 между базой VT1и коллектором VT2.



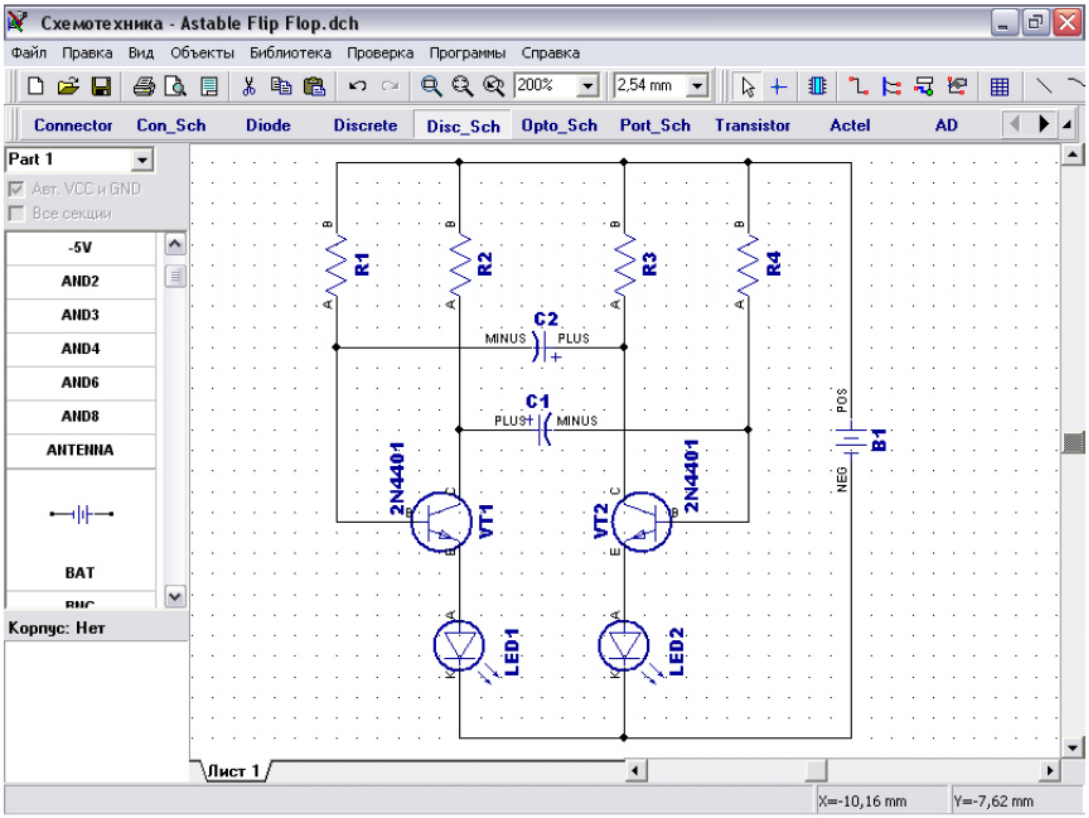
40. Выберите в списке компонентов в правой части окна компонент LED и разместите два компонента на Вашу схему. Затем измените метку на “LED1” и “LED2”, поверните эти символы, выбрав их и нажав “R” или “Пробел” три раза и соедините с транзисторами.



41. Разместите символ “Батареи питания” из библиотеки “Disc_Sch”.

Затем измените метку этого символа и соедините двумя связями для завершения схемы (как показано на рисунке ниже).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



42. Для <u>перемещения линии</u> связи, установите курсор на ней (сеть должна быть подсвечена и курсор покажет возможные направления перемещения), затем нажмите и удерживайте левую кнопку мыши и переместите линию в новое положение. Если Вы в режиме “Установка связи”щелкните по существующей связи, Вы начнете создавать новую связь. (Режим “Установка связи” автоматически активируется, если щелкнуть по одному из выводов компонента, также можно выбрать этот режим “Объекты / Схема /Установка связи” или нажать соответствующую кнопку в верхней части окна).
43. Для <u>удаления связи</u> (участок между двумя узлами), установите курсор на

связи, нажмите правую кнопку для открытия подменю, затем выберите “Удалить связь”.

44. Для <u>удаления участка связи</u> выберите “Удалить линию” в подменю.

Можно использовать “Шаг назад” для возвращения к предыдущей версии схемотехники.

45. <u>Добавление значений компонентов</u>: щелчок правой кнопкой на “R1”, выберите “Свойства” в подменю, введите “47k” в поле “Значение”.

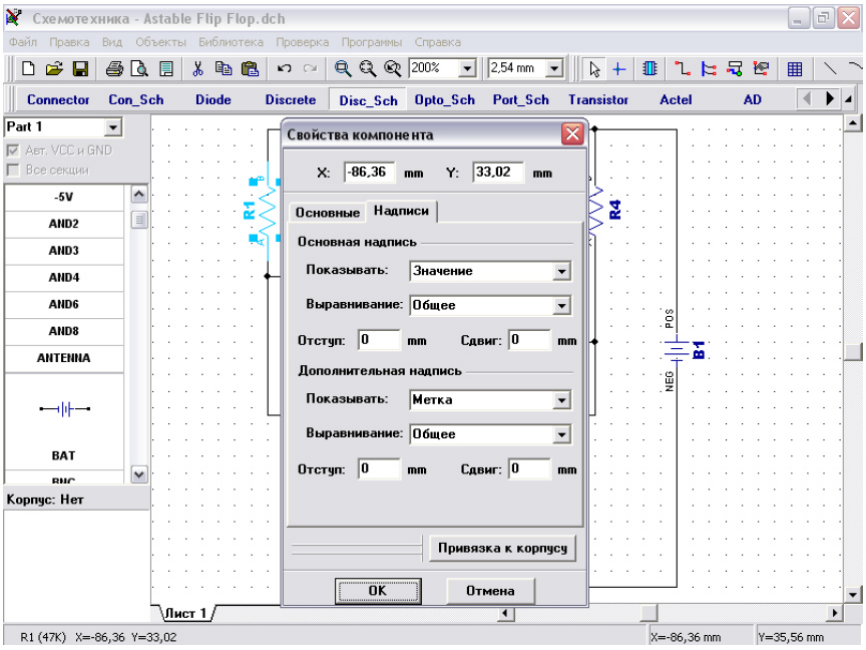
Затем щелкните закладку “Надписи” и выберите

Основная надпись → Показывать → Значение → Дополнительная надпись → Показывать → Метка и щелкните ОК.

Это окно делает видимым значение и метку компонента.

46. Введите значения для оставшихся компонентов. Вы можете выбрать несколько символов и задать настройки надписей для них, открыв

диалоговое окно свойств компонентов, один раз.

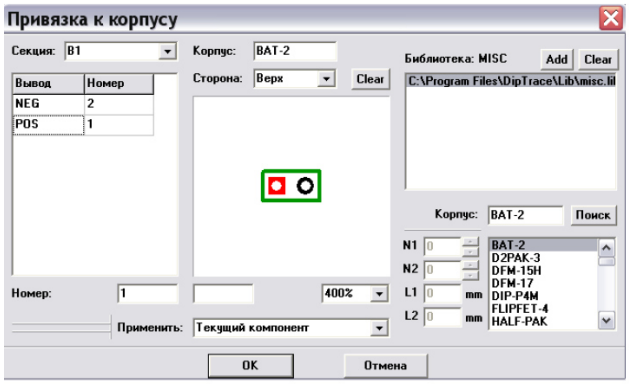


47. “Батарея питания” была выбрана из библиотеки “Disc_Sch”, где только символы без корпусов (просматривать корпуса можно в левом нижнем углу перед установкой компонента).
48. Надо присоединить корпус, иначе преобразование схемы в плату произойдет с ошибками. Установите курсор на символ “Батарея питания”, сделайте щелчок правой кнопкой и выберите “Привязка к корпусу” в подменю. Добавить библиотеки корпусов в диалоговом окне можно нажав кнопку “Add” в вверхнем правом углу и выбрав библиотеку на

жестком диске (все стандартные библиотеки находятся в папке

“<Диск>:\Program Files\DipTrace\Lib”). Выбрав библиотеку в списке библиотек, выберите корпус из нее в списке корпусов в правом нижнем углу окна. По умолчанию корпус для батареи включен в библиотеку “misc.lib”.

49. Задайте связь между выводами корпуса и символа: щелкните на имени вывода в таблице (в левой части окна), затем введите номер вывода в поле “Номер” или щелкните левой кнопкой мыши по выводу на рисунке (в центральной части окна), щелкните “OK” для закрытия диалогового окна и применения изменений.



50. Наша схема готова к преобразованию в печатную плату.
51. ***Не забудьте сохранить*** ее, нажав “Файл / Сохранить” в главном меню.

Практическое занятие №37. Преобразование схемы в печатную плату в DipTrace.

Цель: Знакомство с интерфейсом и изучение принципов работы в программе DipTrace, овладение навыками преобразования принципиальной схемы в печатную плату.

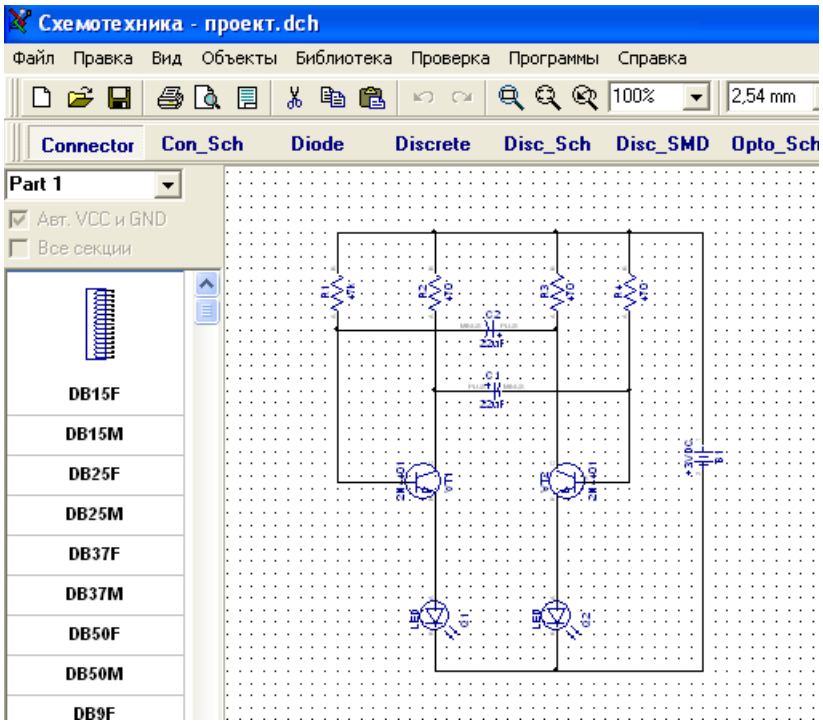
Задание: принципиальную схему преобразовать в печатную плату

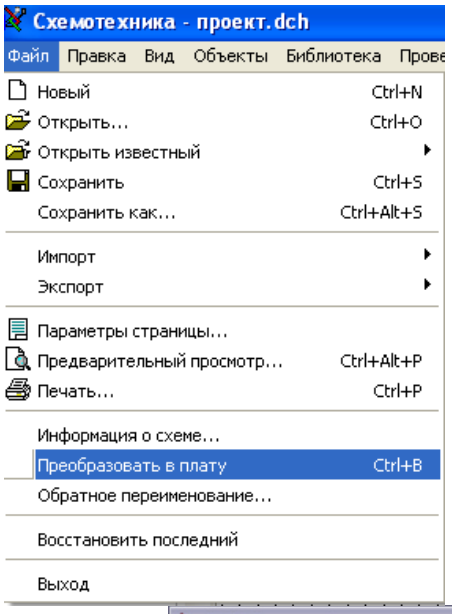
и подготовить к трассировке, используя программу DipTrace.

Алгоритм выполнения:

1. Запустите программу DipTrace **Schematic** и в папке файлов

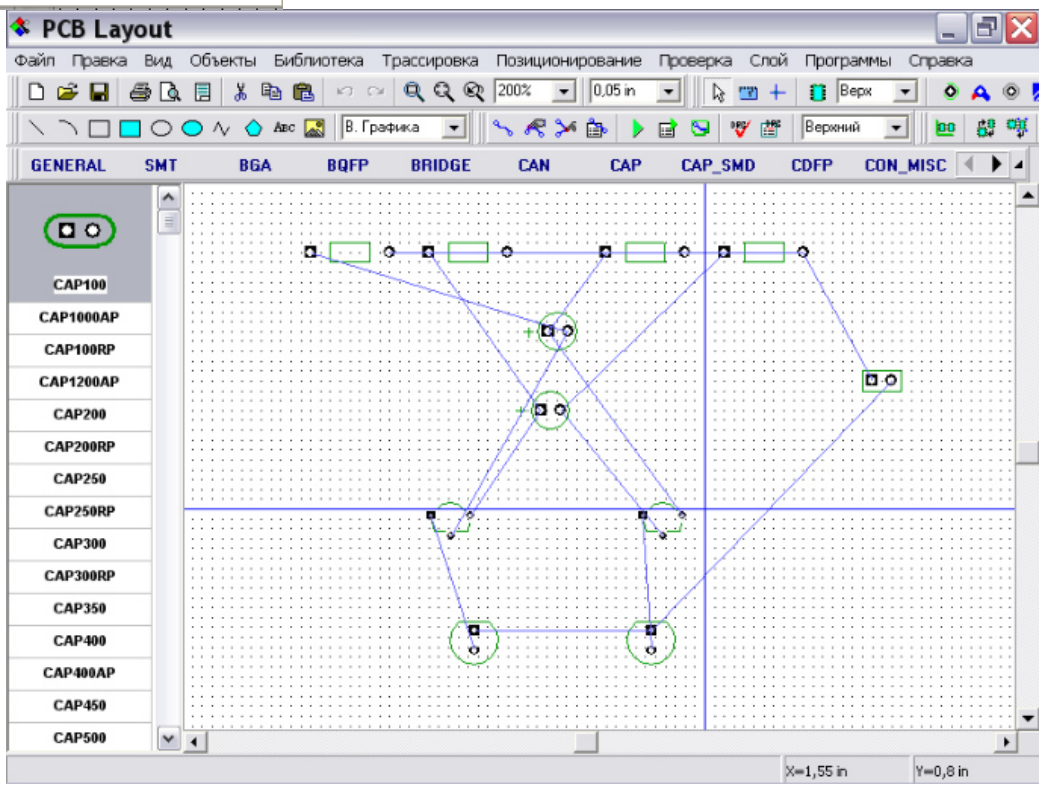

откройте свою схему.





2. Если Вы забыли сохранить проект, возможно восстановить последние данные, выбрав “Файл / Восстановить последний”.

3. Преобразования схемы в плату происходит нажатием “Файл /Преобразовать в плату”.



4. Разместите компоненты, в соответствии с правилами.

Перемещение компонентов производится путем размещения курсора на компоненте и перетаскивании его в нужное положение.

Нажмите “Пробел” или клавишу “R” для вращения компонента на 90 градусов.

Для вращения на угол, не кратный 90 градусов, выберите компонент, сделайте щелчок правой кнопкой по нему и выберите “Задать

угол” или “Режим вращения”. Второй режим позволяет свободно вращать компонент с помощью мыши на произвольный угол.

5. Компоненты группируются по функциональному назначению (источник питания, цифровая часть, аналоговая часть) с целью достижения кратчайших связей между компонентами и минимизации помех.

6. Для высокочастотной техники применяются дополнительные правила для достижения целостности передачи сигнала.

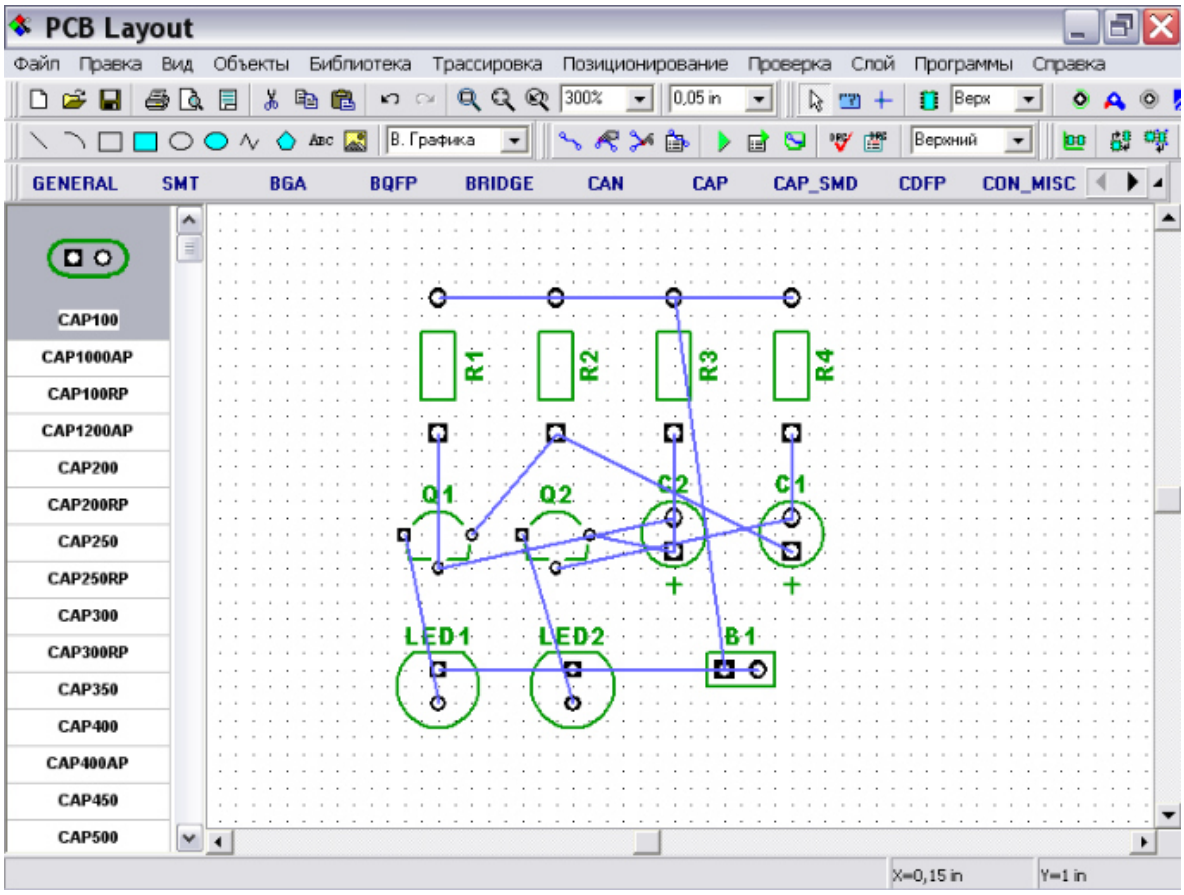
7. Можно обновить плату из измененной схемотехники с сохранением трассировки. Для этого выберите “Файл / Обновить структуру из схемы”, затем выберите измененный файл схемотехники.

. Сделайте надписи корпусов видимыми: выберите “Вид / Надписи корпусов / Основная / Метки”.

9. Для выравнивания надписей, нажмите “Вид / Надписи корпусов / Основная / Выравнивание” и выберите более подходящее расположение для надписей.

10. Для задания индивидуальных параметров для выбранных компонентов: щелчок правой кнопки по одному из них Свойства → Надписи. Можно использовать “F10” или “Вид / Надписи корпусов / Позиционирование” для перемещения надписей.

11. Для изменения конфигурации связей после расстановки, выберите “Вид / Связи / Оптимизировать” в главном меню для оптимизации связей.

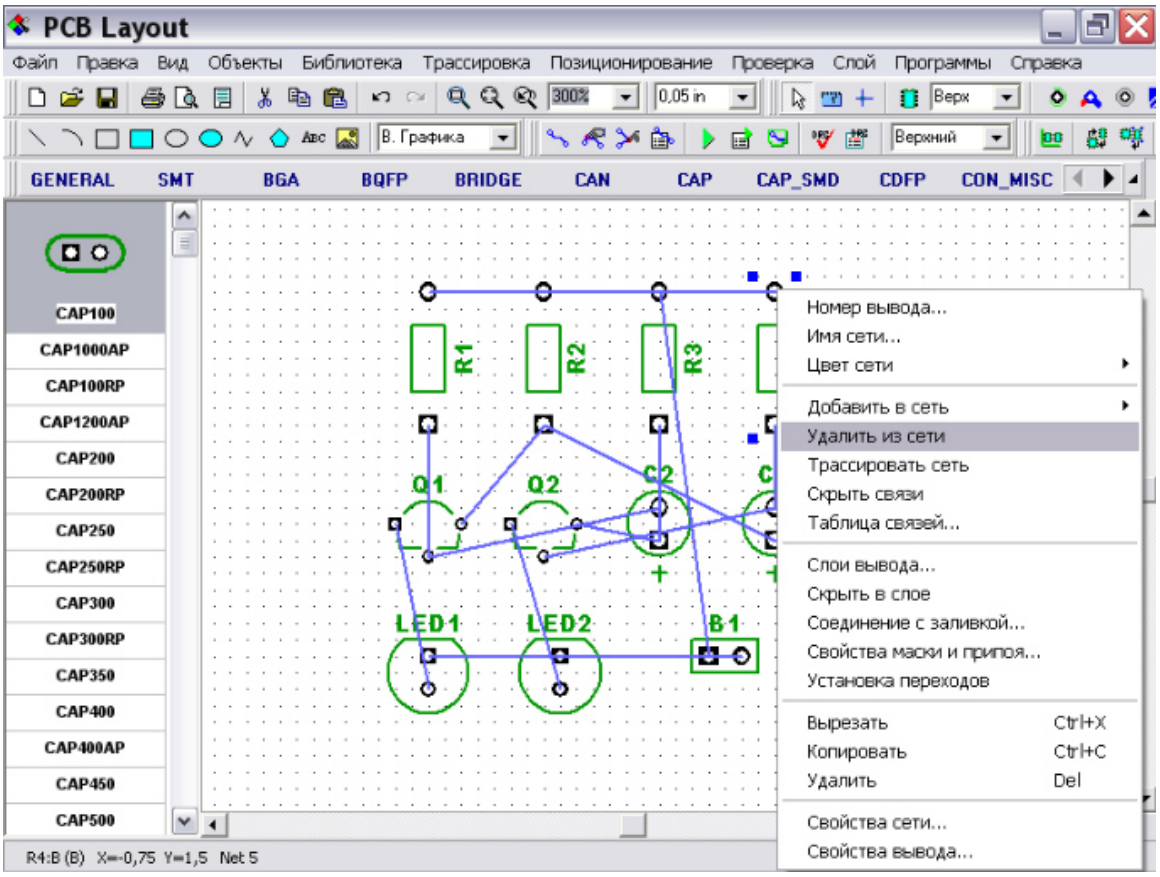


12. Для добавления и удаления связи подведите курсор к одному из выводов (например, R4 – B), щелкните правой кнопкой, выберите “Удалить из сети” и вывод будет удален из сети.

13. Для добавления нескольких выводов к сети без создания линии связи подведите курсор к выводу, сделайте щелчок правой кнопкой и выберите “Добавить в сеть / Выбрать из списка”. Теперь подведите курсор к этому выводу, сделайте щелчок левой кнопкой, затем переместите курсор к другому выводу и сделайте еще один щелчок левой кнопкой. Вы создали связь между выводами (синия линия).

14. Если не удалось создать линию, возможно Вы находитесь не в режиме по умолчанию, поэтому сделайте щелчок правой кнопкой для возвращение в исходное положение.

15. Для удаления существующей связи попробуйте повторить создание связи, в появившемся подменю выберите “Удалить связь”.



16. Можно изменить структуру сетей с помощью таблицы связей.

Для ее открытия, выберите “Трассировка / Таблица связей” в главном меню, и создавайте новую связь или добавить/удалить выводы к/из сети.

17. Чтобы восстановить исходную структуру сетей, нажмите “Шаг назад”.

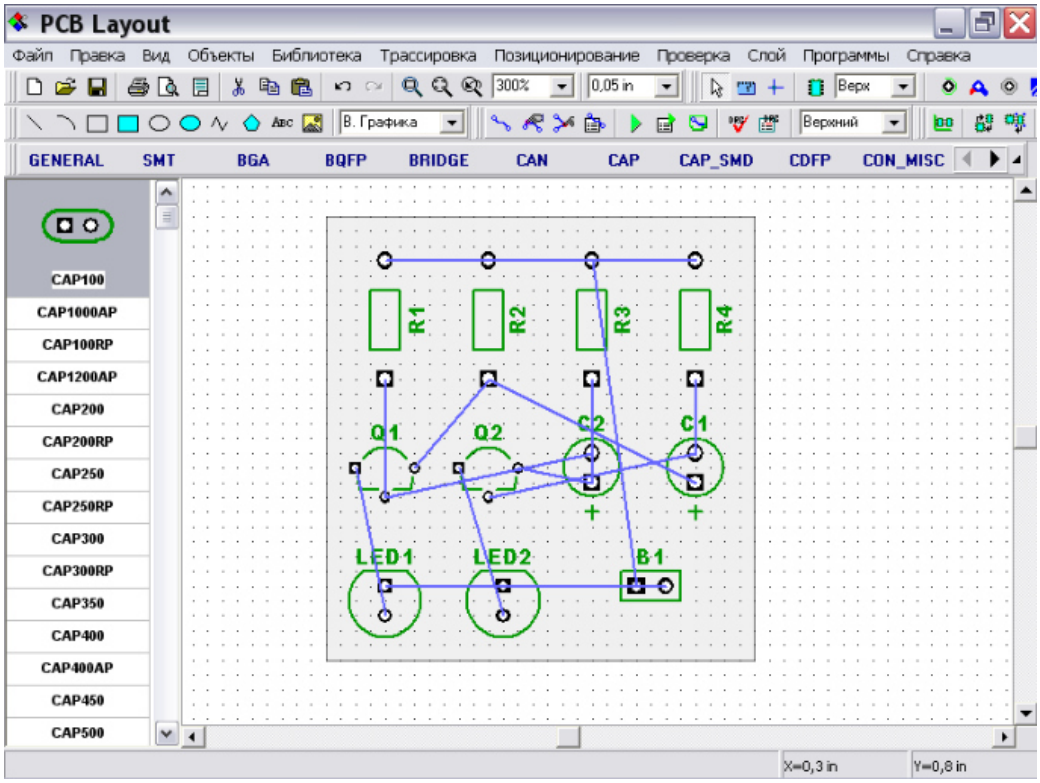
18. Если Вы потеряли проект по причине некорректного выхода из программы, нажмите “Файл / Восстановить последний” для возвращения последнего проекта.

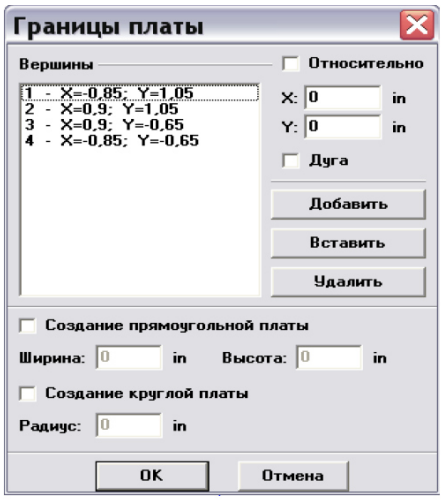
19. Перед трассировкой надо задать границы платы.

Для этого выберите “Трассировка / Границы платы” или соответствующую кнопку на панели трассировки в верхней части окна, затем разместите границы платы: щелкая левой кнопкой мыши задайте углы полигона, щелкните правой кнопкой для задания

последней точки полигона и выберите “Ввод”.

20. Для построения границы платы или ее фрагмента в виде дуги, выберите “Режим дуги” после щелчка правой кнопкой.





21. Можно задать точки границ платы и/или размеры платы из диалога “Границы платы”.

Для его открытия выберите “Трассировка / Координаты вершин” в главном меню.

Можно Добавить, Вставить и Удалить точки границ платы. Координаты могут отображаться и редактироваться в абсолютных и относительных значениях (последний режим более удобный).

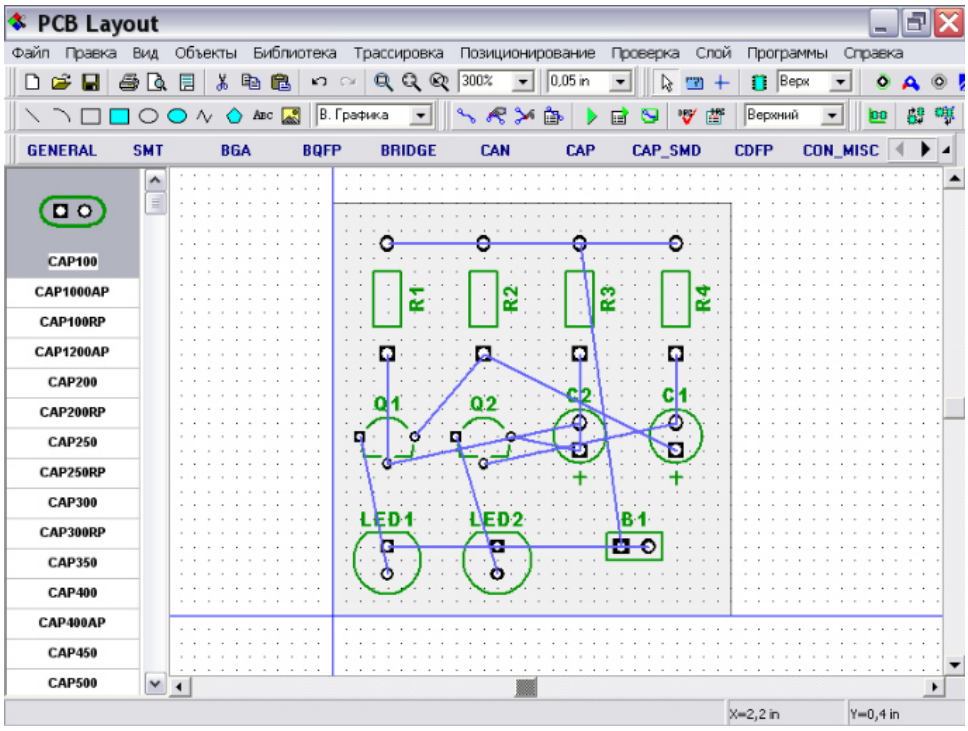
Если Вы выберите “Дуга” для некоторых точек, тогда эти точки будут посередине дуги, а соседние точки станут начальными и конечными точками дуг.

Для прямоугольной платы установите “Создание прямоугольной платы” и просто задайте первую точку, а также ширину и высоту платы. Затем щелкните “OK”

23. Для удаления границ платы можно использовать “Трассировка / Удалить границы платы” в главном меню для удаления границ платы.

24. По умолчанию программа устанавливает начало координат в центр окна и не отображает его.

25. Для отображения начала координат нажмите “Вид / Начало координат” После этого начало координат (две синие линии) отображается, но его положение не подходит для нашей платы, поэтому выберите функцию “Изменить начало координат” в верхней части окна и щелкните левой кнопкой мыши в левом нижнем углу платы для перемещения начала координат в эту точку.



Практическое занятие №38. Автоматическая трассировка в Dip Trace.

Цель: Знакомство с интерфейсом и изучение принципов работы в программе DipTrace, овладение навыками проведения автоматической трассировки принципиальной схемы.

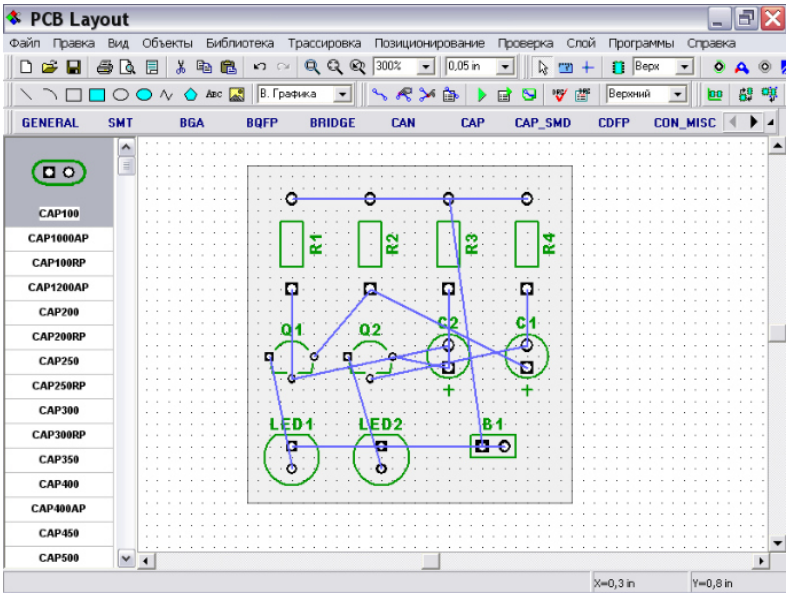
Задание: провести автоматическую трассировку принципиальной схемы, используя программу DipTrace.

Алгоритм выполнения:

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1. Запустите программу DipTrace PCB Layout и в папке

откройте свою схему.



1. Зададим настройки автотрассировщика:

“Трассировка / Параметры автотрассировки”;

2. В настройках Grid Router отмените “Использовать все доступные слои”

и измените количество слоев на “1” - трассировка будет в нижнем слое;

3. Выбор качества трассировки: “Автонастройка: Нормальная”,

(более качественная трассировка занимает больше времени).

4. Простую плату можно трассировать ее без перемычек,

Но возможен вариант трассировки с применением перемычек

(для этого включите опцию “Использовать перемычки”).

5. Нажмите OK для применения изменений.

6. Затем выберите “Трассировка / Параметры трассировки”,

измените стандарт на “0,5мм” и нажмите OK.

7. Для задания ширины трассы каждой сети подведите курсор к

одному из выводов сети, для которой хотите изменить настройки,

сделайте щелчок правой кнопкой и выберите “Свойства сети”.

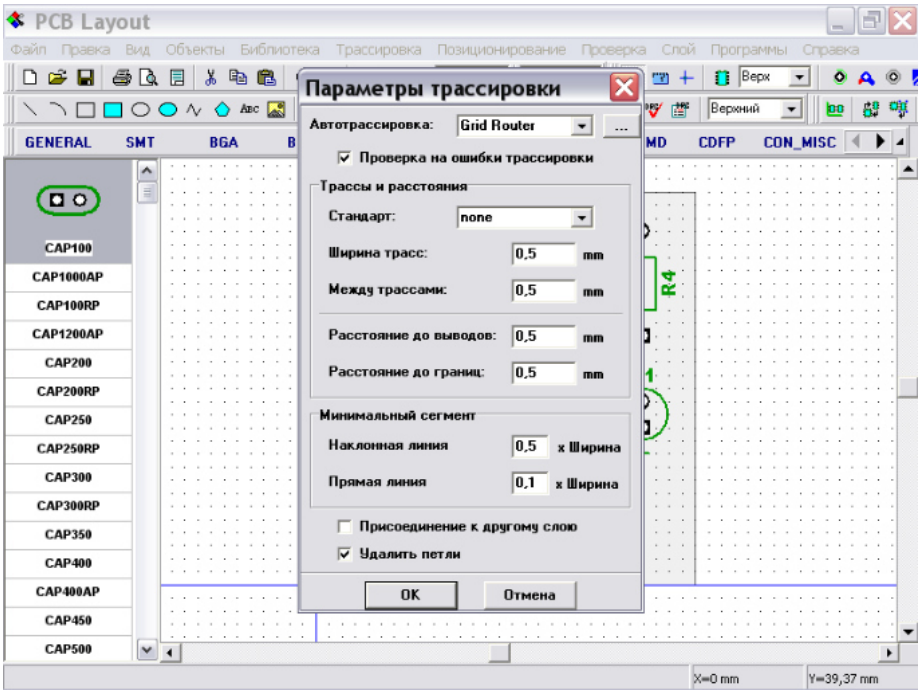
В появившемся диалоговом окне можно задать ширину трасс и

зазоры между трассами только для выбранной сети.

Щелкните “OK” или “Отмена” для закрытия окна.

8. Для конфигурирования стандартов трасс выберите в главном меню

“Трассировка / Стандарты дорожек”



Разводка платы: “Трассировка / Запуск”, и плата будет разведена.

10. Если одна или несколько сетей будут не разведены, запустите

повторно автотрассировку: выберите “Шаг назад” или

“Трассировка / Детрассировать все”, затем запустите

автотрассировщик повторно. (Если остались неразведенные

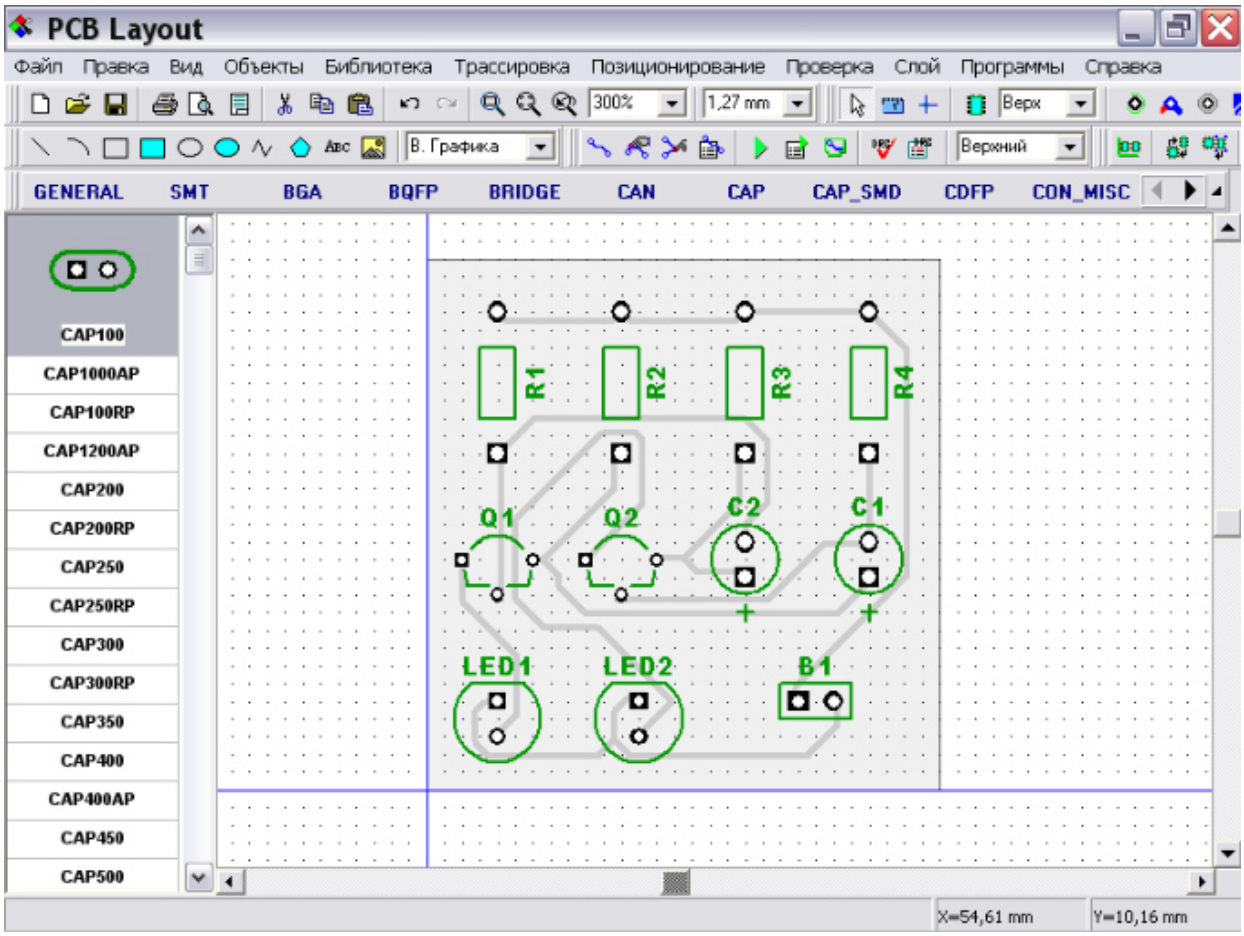
сети, значит, что допуски и/или расстановку компонентов следует

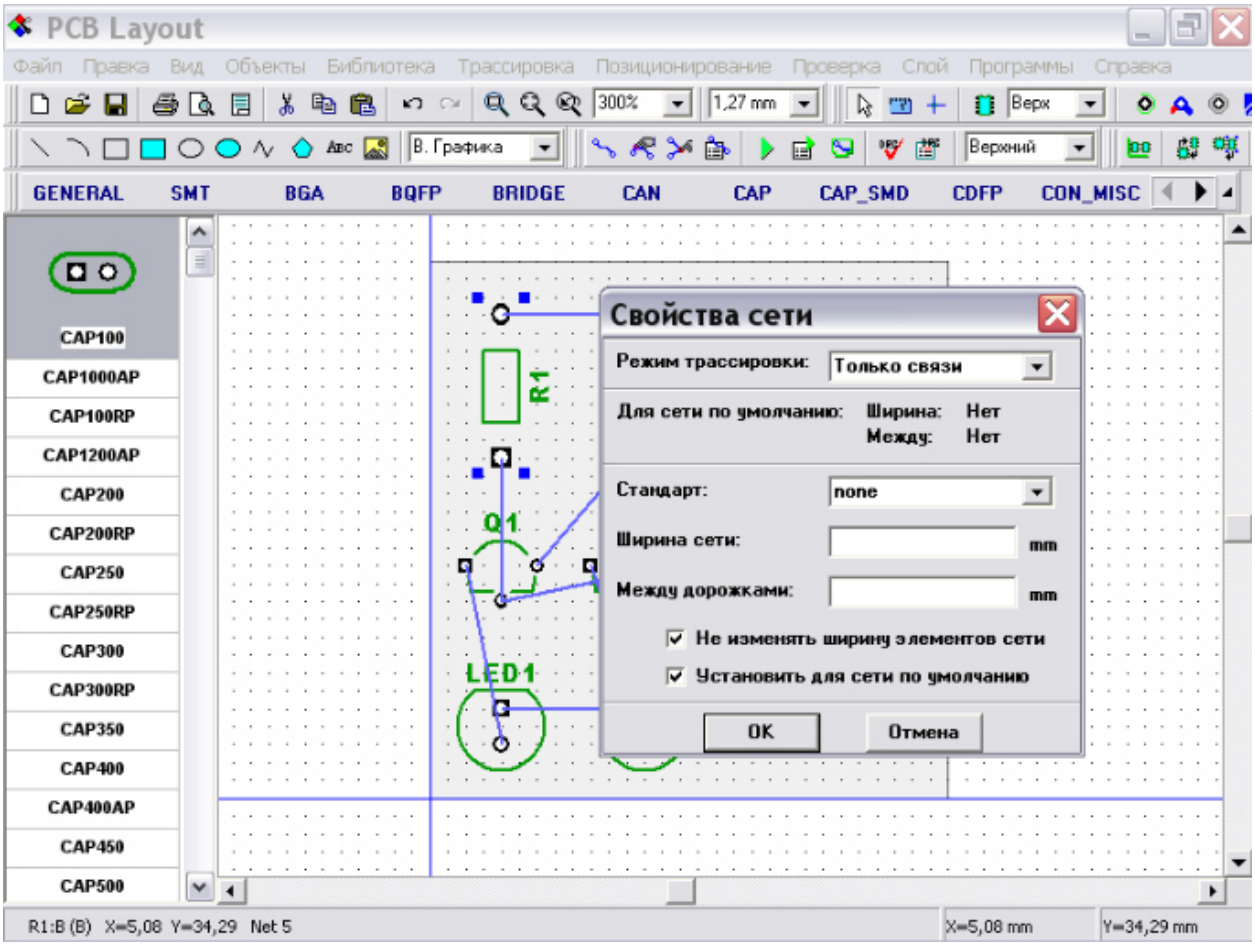
изменить – допустимые расстояния и ширину трасс нужно

уменьшить. Тогда попробуйте оттрассировать плату снова и

посмотрите результат).

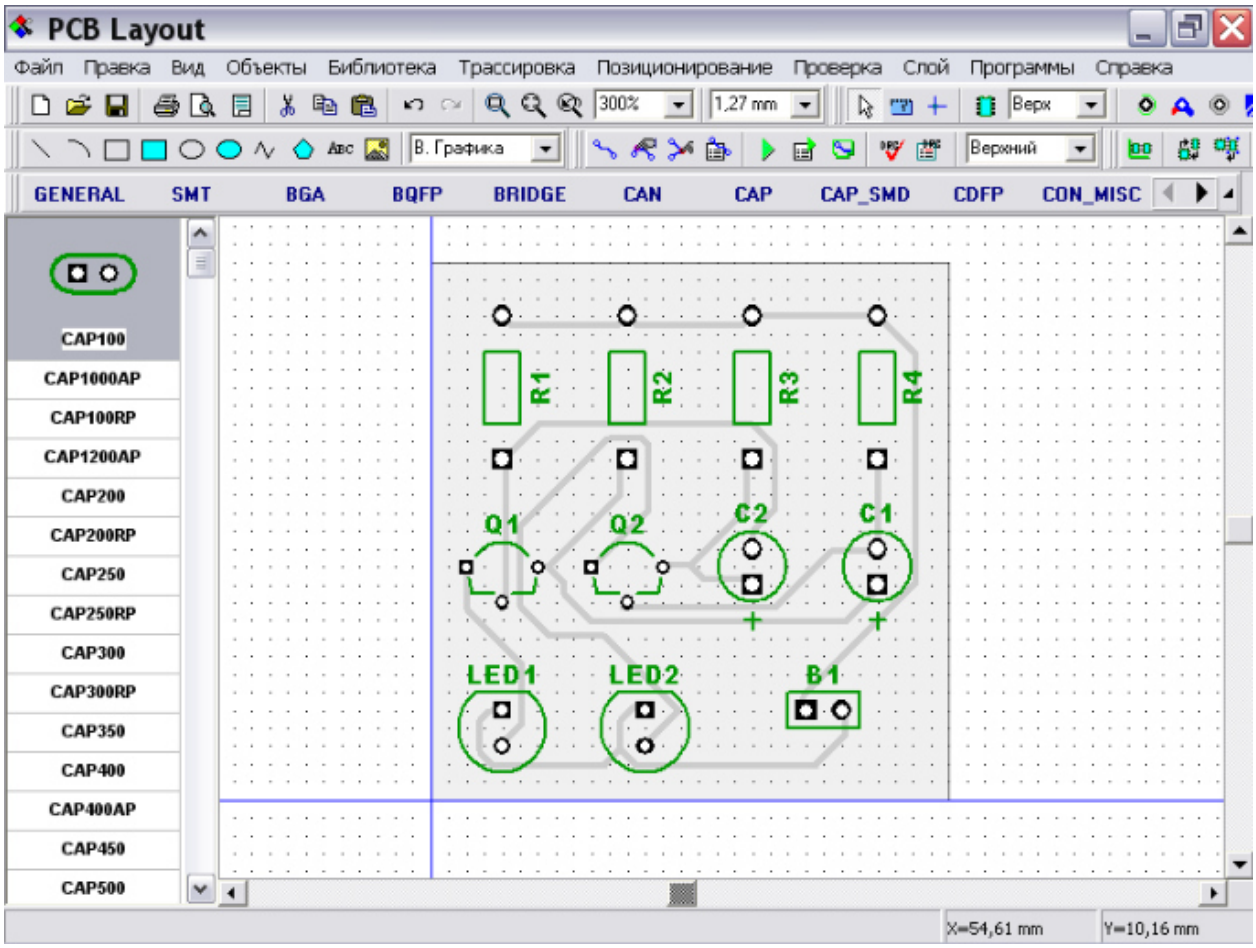
Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».





Разводка платы: “Трассировка / Запуск”, и плата будет разведена.

10. Если одна или несколько сетей будут не разведены, запустите повторно автотрассировку: выберите “Шаг назад” или “Трассировка / Детрассировать все”, затем запустите автотрассировщик повторно. (Если остались неразведенные сети, значит, что допуски и/или расстановку компонентов следует изменить – допустимые расстояния и ширину трасс нужно уменьшить. Тогда попробуйте оттрассировать плату снова и посмотрите результат).



11. Проверка ошибок трассировки (DRC) запускается после трассировки и показывает все возможные ошибки, если они есть (красные и синие круги).

12. Исправьте ошибки и запустите DRC снова, нажав

“Проверка / Показать ошибки трассировки” в главном меню или нажав

соответствующую кнопку в верхней части окна.

13. Для изменения правил проверки нажмите “Проверка / Параметры

Проверки ошибок” в главном меню.

14. Чтобы спрятать ошибки нажмите “Проверка / Скрыть ошибки

трассировки”.

15. Можно отменить автозапуск DRC после автотрассировки, просто

отмените “Проверка на ошибки трассировки” в окне параметров

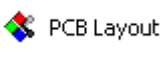
трассировки (“Трассировка / Параметры трасиировки” в главном меню).

Практическое занятие №39. Проверка проекта и извлечения информации о плате в DipTrace.

Цель: Знакомство с интерфейсом и изучение принципов работы в программе DipTrace, овладеть навыком проверки проекта и создания спецификации.

Задание: осуществить проверку проекта и создать спецификацию, используя программу DipTrace.

Алгоритм выполнения:

1. Запустите программу DipTrace 

и в папке 

откройте свою схему.

Проверка проекта

1. Для комплексной проверки платы используем DRC, проверку

целостности сетей и сравнение платы со схемой.

(Вероятно, эта плата не имеет ошибок, потому что она простая).

2. Нажмите кнопку “DRC” на панели трассировки или выберите

“Проверка / Показать ошибки трассировки” в главном меню для

проверки всего проекта – появится сообщение “Ошибок не найдено”.

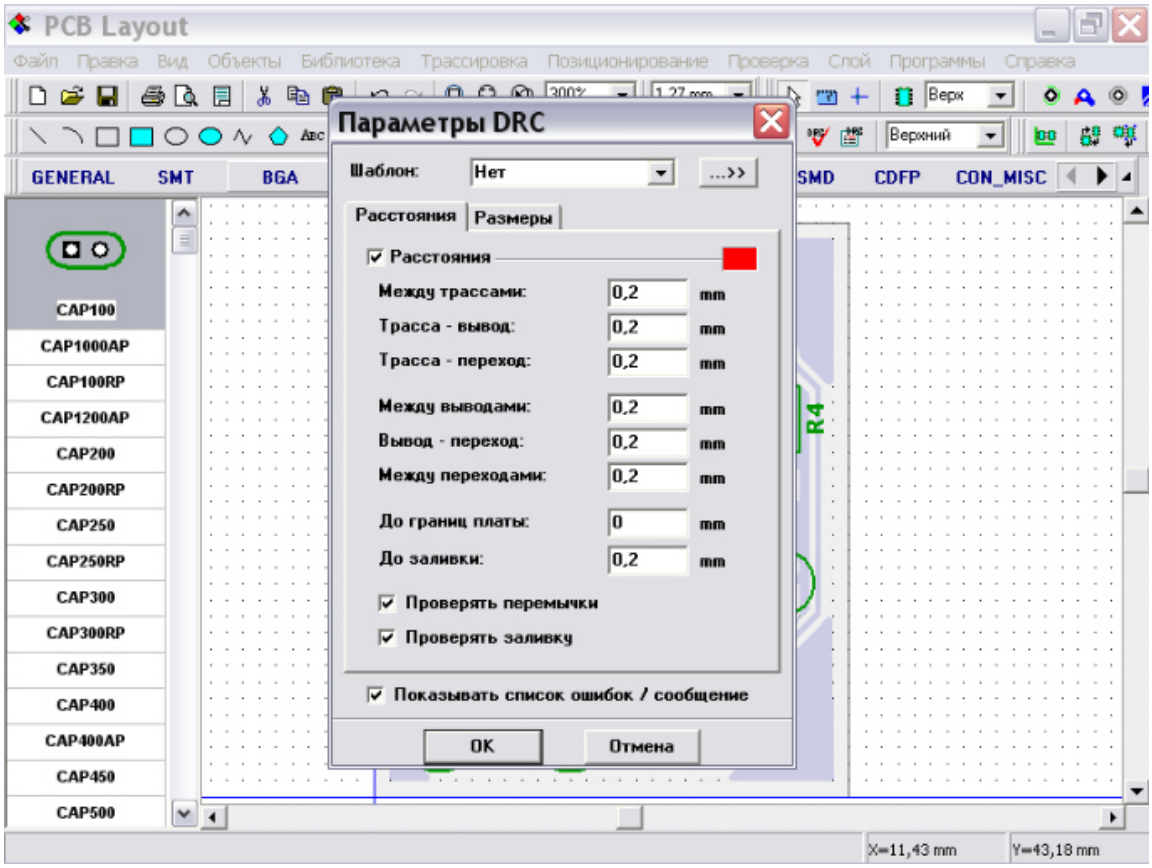
3. Теперь выберите “Проверка /Параметры проверки ошибок” для

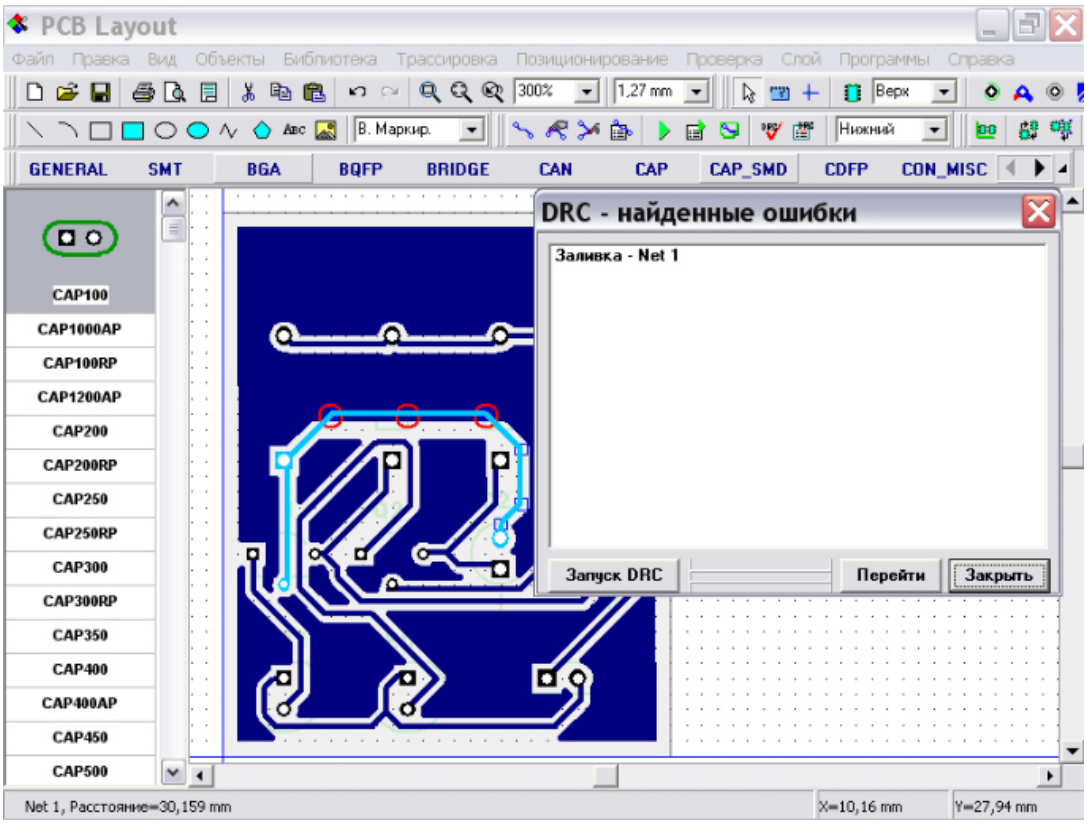
настройки параметров проверки.

4. В окне правил проверки можно задать допустимые зазоры между

Различными типами объектов. Выберите “Проверять заливку”

и нажмите “OK”.





5. Перейдите в нижний слой (“Нижний” на панели трассировки), выключите сетку (F11) и переместите несколько сегментов трасс так, чтобы они пересекались с заливкой, запустите проверку DRC нажав соответствующую кнопку на панели трассировки.

6. Вы увидите список ошибок (в данном случае одна ошибка).

7. Двойной щелчок на ошибке в списке – место ошибки будет локализовано в центре окна и ошибка будет обведена для более легкого распознавания.

8. Исправьте ошибку без закрытия окна DRC, затем перезапустите DRC для обновления списка ошибок.

9. Проверку целостности сетей делают для больших плат.

10. Нажмите “Проверка / Проверка целостности сетей” и щелкните OK. Наш проект не имеет ошибок и Вы увидите сообщение об этом.

11. Сравнение со схемой отображает ошибки структуры сетей.

12. Выберите “Проверка / Сравнение со схемой” в главном меню,

затем выберите файл схемы.

13. Проверка целостности и Сравнение со схемой работают

аналогично, как и проверка DRC и можно выбирать ошибки из

списка ошибок для выделения их на плате.

Информация о плате

1. Для подсчета количества выводов и площади платы выберите

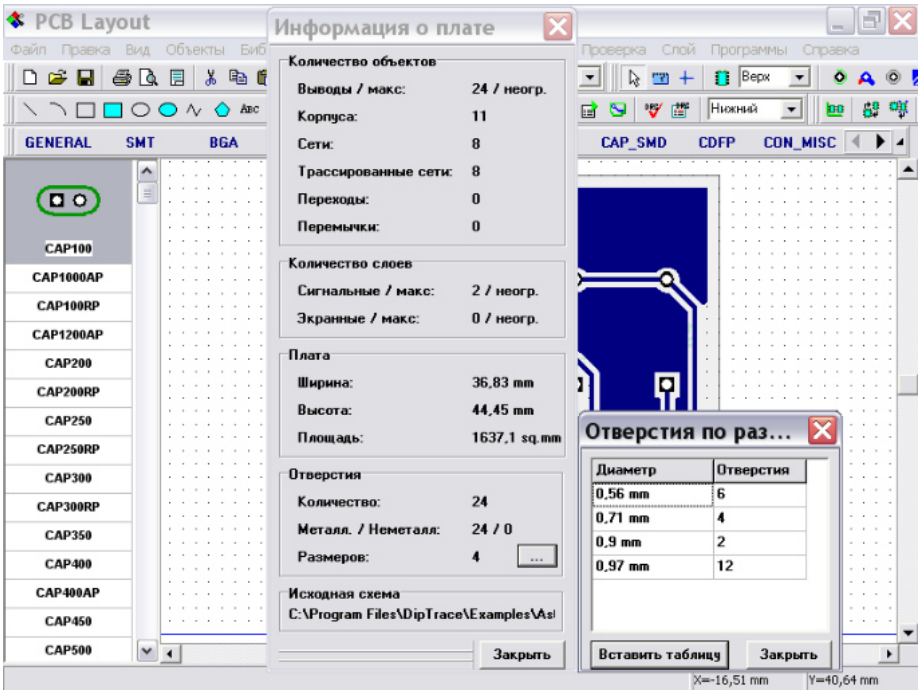
“Файл /Информация о плате” в главном меню.

2. В диалоговом окне “Информация о плате” можно увидеть количество

различных объектов, слоев, размеры платы, размеры отверстий.

3. Для открытия окна “отверстий по размеру” нажмите кнопку “...” в

правом нижнем углу.



Спецификация (BOM)

1. В Схемотехнике имеется эффективный инструмент для создания

спецификаций, в котором можно настраивать строки и столбцы,

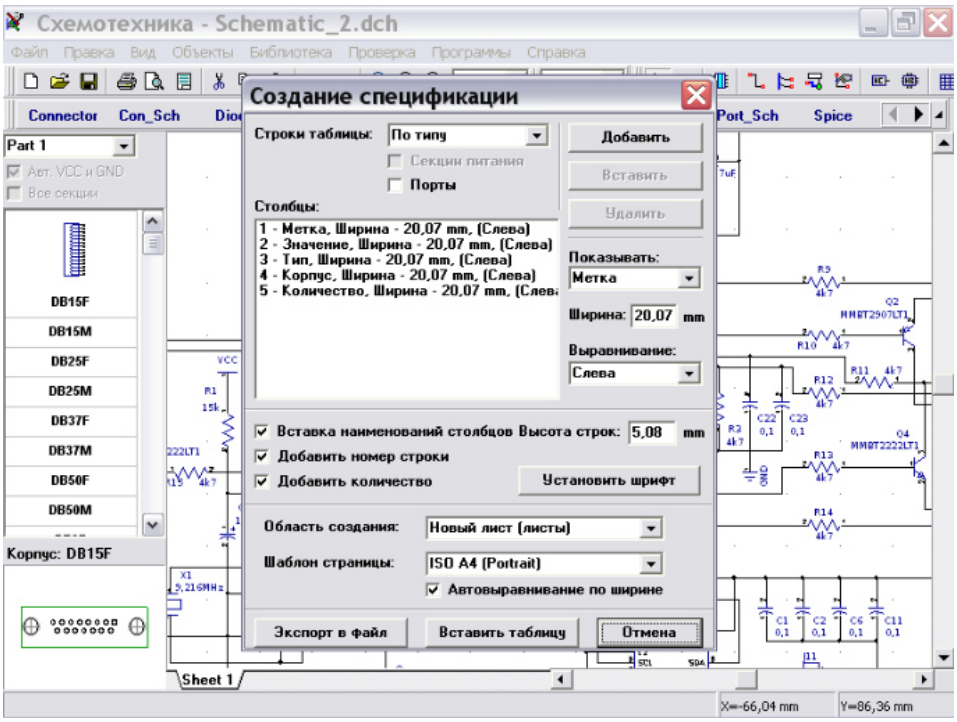
добавлять таблицы в существующем проекте.

2. Выберите “Объекты / Спецификация” в главном меню.

3. Выберите “Строки таблицы: По типу”, добавьте столбцы с настройками, которые можно увидеть на рисунке ниже, выберите “Область создания: Новый лист” и “ISO A4” в шаблонах листа.

4. Установите “Автовыравнивание по ширине” для растягивания таблицы по ширине листа.

5. Нажмите кнопку “Вставить таблицу” для добавления новой страницы A4 с рамкой ISO и спецификацией проекта.



6. Диалог создания спецификации закроется и будет добавлен новый лист в проект.

7. Выберите “Лист2”, включите рамку и штамп используя “Вид / Рамка и штамп” в главном меню и отредактируйте высоту строки и число линий для ячеек, в которых длина надписи превышает ширину столбца (щелкните левой кнопкой по соответствующей ячейке. Затем измените текст и высоту строки).

8. Теперь мы имеем таблицу списка компонентов на дополнительном

листе, который мы можем распечатать вместе с проектом.

9. Можно разместить таблицу и на том же листе, что и схему:

выберите “Область создания: Текущий лист”, нажмите “Вставить

таблицу” и выберите размещение таблицы после закрытия диалогового

окна (щелкните левой кнопкой в области построения).

10. Если схема размещена на нескольких листах, тогда возможно создать

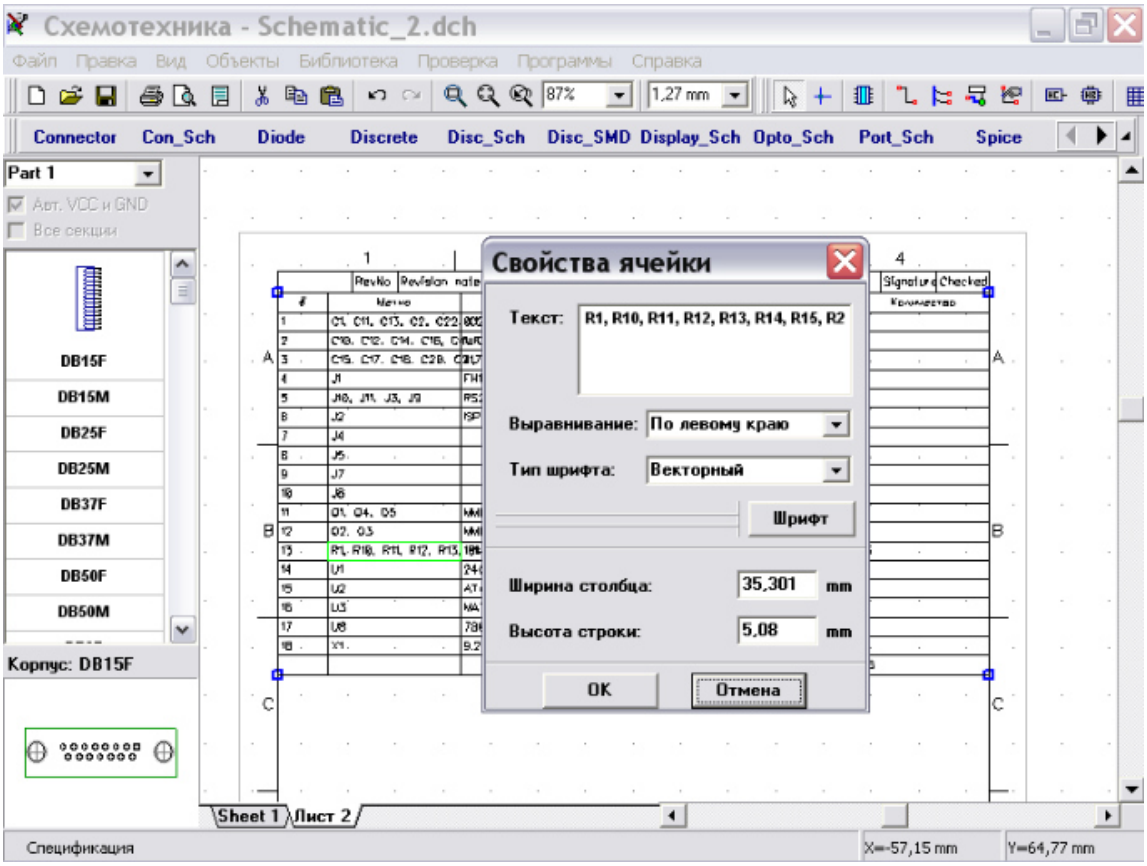
отдельные таблицы для каждого листа прямо на нем.

11. Можно экспортировать спецификации прямо из диалога BOM.

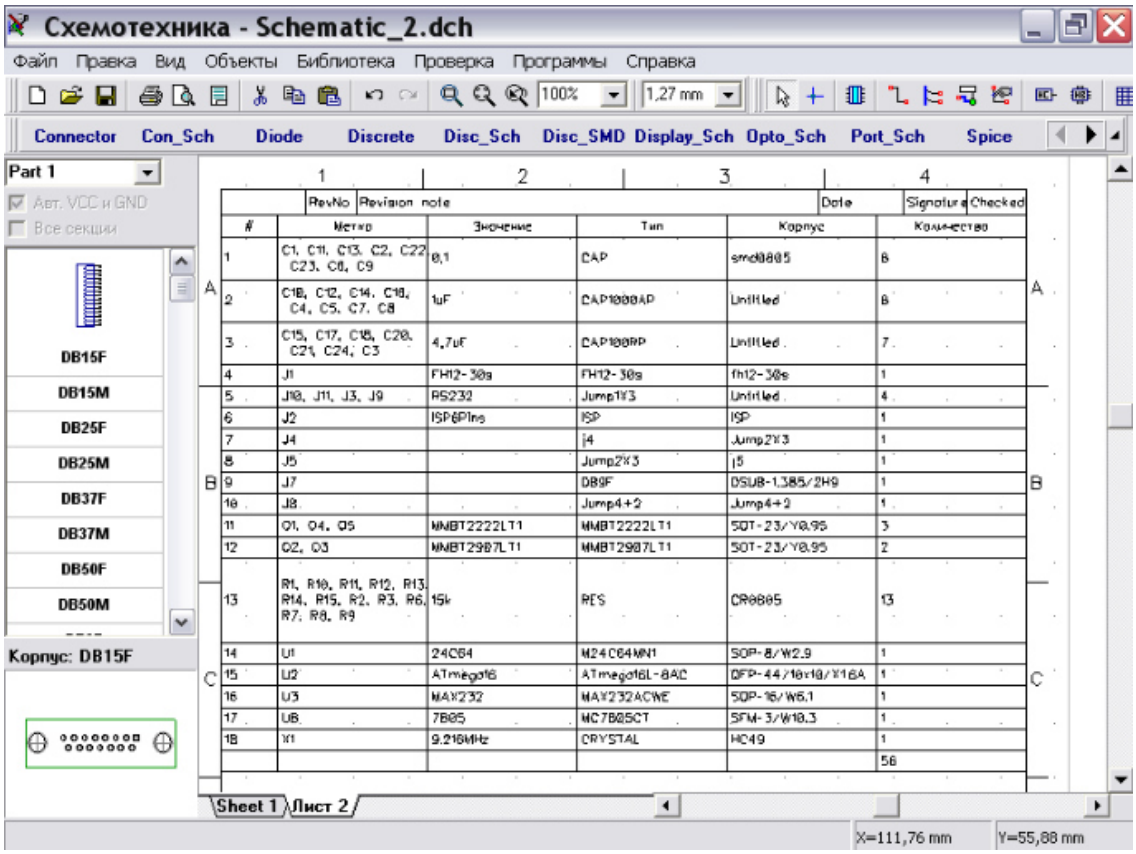
12. Таблицы в Схемотехнике и PCB Layout могут быть легко сохранены в

Excel CSV или текст с форматированием: щелкните правой кнопкой

по существующей таблице и выберите “Сохранить в файл” в подменю.



Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



Практическое занятие №40. Проектирования печатных плат в САПР Dip Trace.

Цель работы: получение навыков работы в программе DipTrace, настройка системы и создание электрической принципиальной схемы, трассировки печатных плат в программе DipTrace.

Основные сведения из теории

Этапы проектирования печатных плат измерительных приборов Измерительные приборы на основе печатных плат встречаются практически во всех отраслях народного хозяйства. Задача процесса проектирования печатных плат включает в себя разработку соединений в между элементами в соответствии с электрической принципиальной схемой. При этом печатная плата должна функционировать должным образом в пределах допустимых изменений характеристик компонентов, их быстродействия, допустимых диапазонов температур, напряжения питания. Завершающим этапом проектирования является подготовка всей документации и данных, которые необходимы для изготовления, сборки, испытания печатной платы и печатного узла. Этапы разработки печатного узла:

1. Техническое задание. Проектирование любого устройства начинается с подготовки технического задания, в котором содержаться технические характеристики печатного узла и устройства в целом. Они содержат: – перечень функций, которые должны быть обеспечены в результате выполнения проекта; – технические, конструкторско-технологические требования к печатному узлу и устройству; – затраты на подготовку конструкторскую, технологическую подготовку производства, затраты на изготовление; – график выполнения проектных работ; – регламент наладочных работ; – степень новизны используемых для него технологий; – массу и габариты проектируемого изделия. – другие требования (при необходимости).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

2. Разработка блок-схема системы. Сразу после составления технических характеристик системы разрабатывается блок-схема основных функций, которая будет показывать, как эта система будет распределена и как будут связаны между собой ее функции.

3. Распределение системы по платам. После того как стали известны основные функции и определены технологии, с помощью которых они будут реализованы, схема разделяется по платам, при этом группируются те функции, которые должны работать вместе на одной плате.

4. Определение размер печатной платы. Чаще всего размер печатной платы задан и фиксирован.

5. Разработка электрической принципиальной схемы. Принципиальные схемы и блок-схемы обычно выполняются с помощью систем автоматизированного инженерного проектирования CAE (computer-aided engineering).

6. Создание библиотек компонентов. Библиотека компонентов содержит данные об элементах элементах, в том числе обязательные: – тип корпуса, вмещающего компонент; – размер корпуса компонента, расстояние между выводами, размер выводов, форма выводов, посадочное место под компонент; – функция, выполняемая каждым выводом; – электрическая характеристика каждого вывода.

7. Модельное проектирование. Ранее проводилось конструирование макетов и прототипов, которые подвергались строгим испытаниям. В настоящее время существуют специальные программы, которые позволяют моделировать функцию без ее конструирования. Обнаруживаемые дефекты можно исправлять в имитационной модели, а затем повторно проводить тестирование, прежде чем поручать делать его на аппаратном уровне.

8. Размещение компонентов на печатных платах. На этом этапе проводится размещения компонентов на поверхности печатной платы по рисункам, которые бы группировали логические функции вместе. Эту операцию размещения можно выполнять вручную, используя графические средства, или автоматически, с помощью системы САПР для печатных плат.

9. Порядок проектирования высокочастотных схем. После того как компоненты размещены на поверхности печатной платы, выполняется пространственное расположение всех межсоединений в соответствии с электрической схемой.

10. Моделирование эффектов в линиях связи и синхронизации. Этот этап имитационного моделирования дает возможность обнаружить потенциальные нарушения функций сигналов и до выполнения трассировки решить эту проблему при весьма скромном ресурсе времени моделирования.

11. Тестирование трассируемости для выбранного размещения.

12. Разводка печатной платы. Этот шаг включает в себя размещение всех соединений в слоях сигнальной разводки в виде медных трасс, при этом следует соблюдать правила выбора длины и шага трасс.

13. Проверка результатов трассировки. Программные средства для трассировки (разводки) печатной платы.

Пример выполнения задания

Задание: установить размеры страницы 210х297мм; настроить библиотеки; создать проект с электрической принципиальной схемой; выполнить ее трассировку.

Решение. Рекомендуемая последовательность работы в программе DipTrace приведены в справке по DipTrace Установка параметров страницы Установите размер страницы и чертежной рамки: «Файл / Параметры страницы», выберите «ANSI A» в шаблонах листа. Затем в нижней части окна установите «Показывать рамку и штамп» и «Показывать лист» и нажмите «Закрыть» (рис. 1). В DipTrace также есть шаблоны соответствующие ГОСТ.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

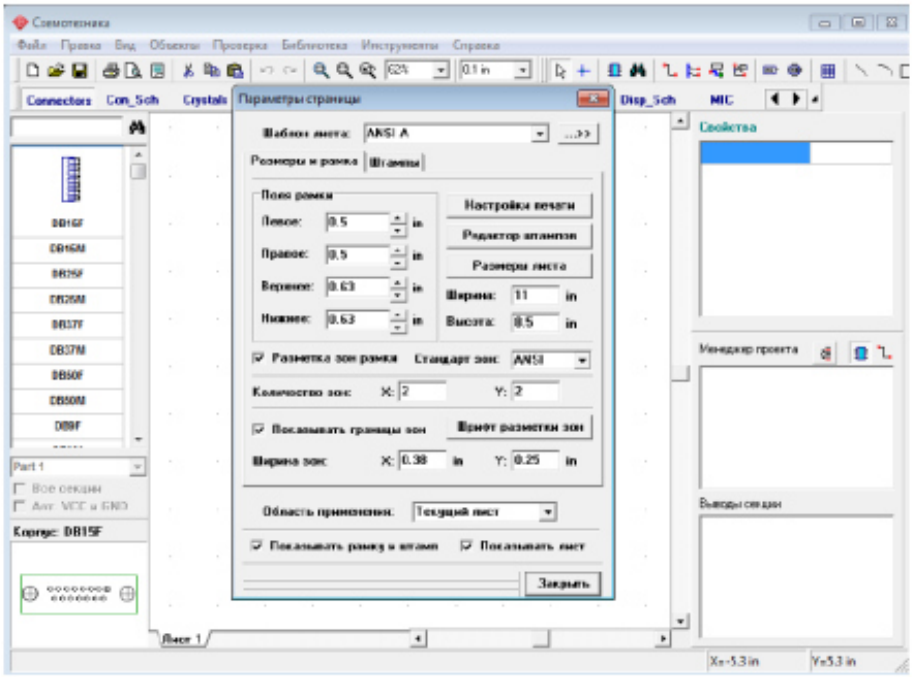


Рисунок 1 – Окно задания параметров страницы

Настройка библиотек Перед первым использованием Схемотехники и Редактора Плат PCB Layout необходимо настроить библиотеки в каждом программном модуле. В Схемотехнике выберите «Библиотека / Подключение библиотек» (рис.2).

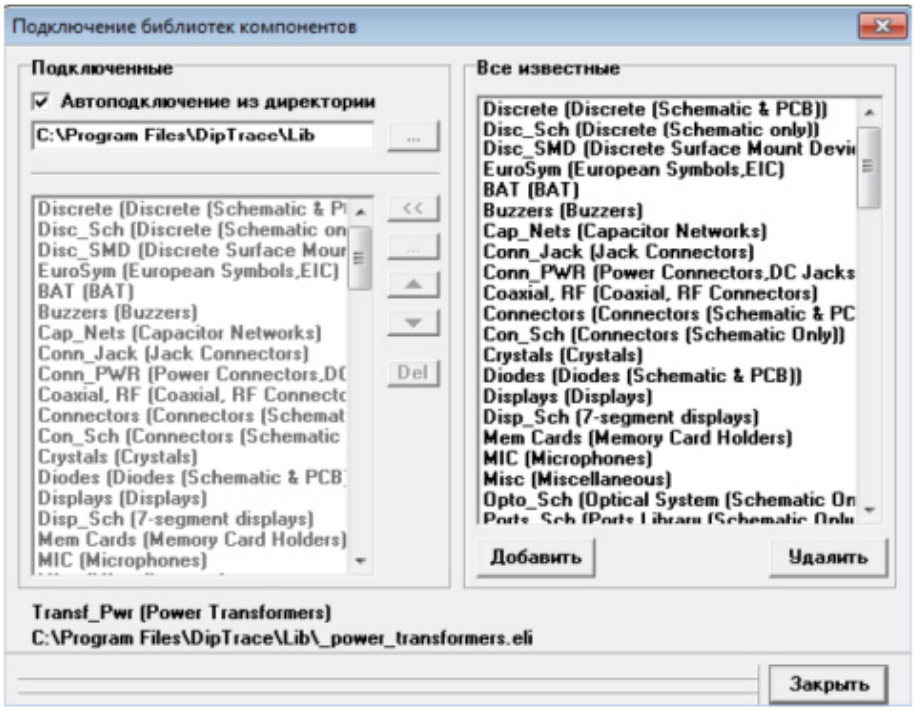


Рисунок 2 – Окно подключения библиотек

Подключить библиотеки из указанной директории. Этот режим активен, если выбран пункт «Автоподключение из директории» в левом верхнем углу окна подключения библиотек. Для указания директории с библиотеками нажмите кнопку «…» справа от пути к папке. Убедитесь, что Вы выбрали директорию «Lib», в папке DipTrace (C:\Program Files\DipTrace по умолчанию или

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

C:\Program Files (x86) в зависимости от вашей ОС и сборки программы для пользователей Windows OS). Создание электрической принципиальной схемы На рис.3 приведена схема которую необходимо создавать в качестве примера, используя «Схемотехнику» (программный модуль входящий в состав пакета DipTrace). Откройте программу DipTrace Схемотехника, нажав «Пуск Все программы DipTrace Schematic» для пользователей ОС Windows. Запустите программу «Схемотехника» и установите размер сетки 0.1 дюйма. Можно выбрать эту сетку из списка (так как при первом запуске установлена сетка 0.05), или увеличить размер сетки с помощью «Ctrl+». Чтобы уменьшить сетку используйте «Ctrl-».

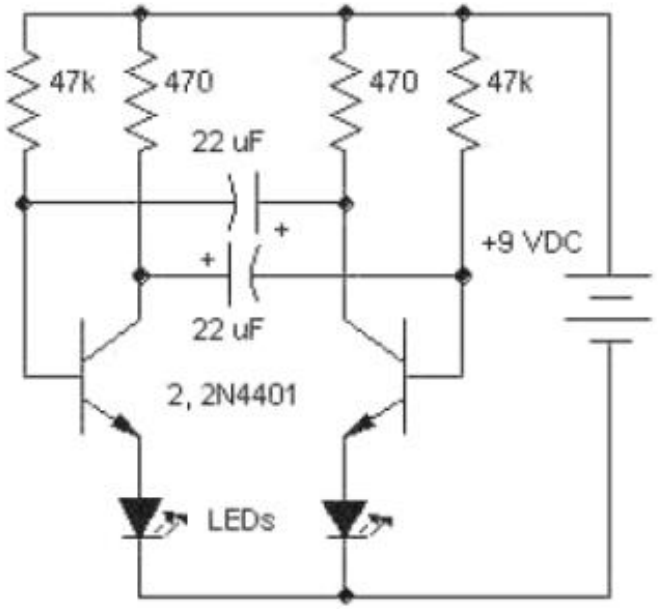


Рисунок 3 – Электрическая принципиальная схема

Прокрутите панель библиотек вправо с помощью кнопок в правой части панели, выберите библиотеку с названием «Transistors». Когда библиотека выбрана, прокрутите список ее компонентов, который находится в левой части окна и выберите транзистор «2N4401». Можете воспользоваться поиском прямо над списком компонентов библиотеки. Когда необходимый транзистор найден, щелкните по нему левой кнопкой. Этим Вы выберите его и сможете установить на схему. Переместите указатель мыши на схему и щелкните один раз левой кнопкой там – транзистор будет установлен. Чтобы отменить установку следующих компонентов, сделайте щелчок правой кнопкой. Метка компонента (позиционное обозначение) транзистора – Q1. Если Вы хотите изменить ее, выделите курсором символ и нажмите правую кнопку, затем выберите верхний пункт (метка компонента) в появившемся подменю. В диалоговом окне укажите новую метку, например «VT1». Выберите библиотеку «Discrete» на панели библиотек и найдите подходящий резистор RES400 с расстоянием между выводами 400 мил. Для схемы нужно 4 резистора. Вы можете их просто разместить из панели компонентов в левой части окна таким же образом, как разместили транзисторы Q1 и Q2, но можно использовать другой метод. Выделите резистор и скопируйте его три раза. Это можно сделать двумя способами: 1. Просто выберите «Правка/ Копировать» в главном меню, а затем «Правка / Вставить» три раза или щелкните правой кнопкой мыши на том месте, где Вы хотите вставить символ и «Вставить» в появившемся подменю. 2. Второй метод называется «Создать матрицу». Выберите Ваш резистор, затем «Правка/Создать матрицу» в главном меню (или просто нажмите «Ctrl+M»). В диалоговом окне «Матрица» укажите количество столбцов и строк (в нашем случае «2» столбца и «2» строки дадут «4» резистора) и расстояния (в нашем случае 1 дюйм между столбцами и 0,4 дюйма между строками), затем нажмите OK. Переместите резисторы в нужное положение на схеме и поверните на 90 градусов, используйте «Пробел» или клавишу «R» для вращения символов. Также можно выбрать команду «Правка / Вращение» из главного меню или

кликнуть правой кнопкой мыши на символе и выбрать «Вращение» из подменю. Можете использовать клавишу «Shift» для ортогонального перемещения если необходимо. Если необходимо отменить предыдущее действие можно использовать команду «Правка/Шаг назад» или нажать соответствующую кнопку на стандартной панели. Программа сохраняет до 50 шагов. Вы можете сделать «Шаг вперед» в противоположность функции «Шаг назад». Для сохранения файла, нажмите «Файл/Сохранить» в главном меню или кнопку «Сохранить» на стандартной панели. Если схема еще не была сохранена, откроется диалоговое окно «Сохранить как» для задания имени файла. Если файл уже имеет имя, просто нажмите «Сохранить» или «Ctrl+S». Если Вы хотите задать новое имя файла, нажмите «Файл/Сохранить как» в главном меню. Далее соединим резистор R1 с базой транзистора Q1: подведите курсор к нижнему краю резистора и сделайте щелчок левой кнопкой мыши. Переместите курсор к базе транзистора Q1 и сделайте еще один левый клик для завершения создания соединения между R1 и базой Q1. Соедините все элементы между собой согласно схеме (рис.4). Если Вы хотите переместить существующую линию связи, установите курсор на ней (сеть должна быть подсвечена и курсор покажет возможные направления перемещения), затем нажмите и удерживайте левую кнопку мыши и переместите линию в новое положение. Если Вы находитесь в режиме «Установка связи» щелкните по существующей связи, Вы начнете создавать новую связь. Режим «Установка связи» автоматически активируется, если Вы щелкните по одному из выводов компонента, также Вы можете выбрать этот режим «Объекты / Схема / Установка связи» или нажатием соответствующей кнопки в верхней части окна.

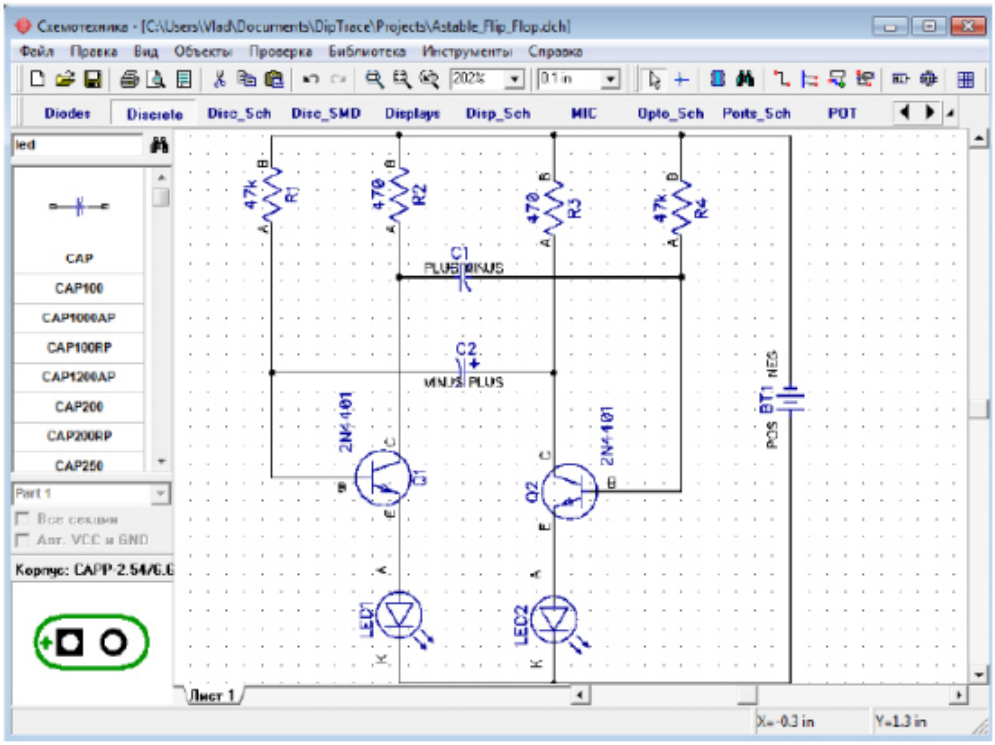


Рисунок 4 – Рабочее окно проекта

Если Вы хотите удалить связь, установите курсор на связи, нажмите правую кнопку для открытия подменю, затем выберите «Удалить связь». Для удаления участка связи выберите «Удалить линию» в подменю. Перед трассировкой печатной платы необходимо создать электрическую принципиальную схему в Shematic. Затем файл схемотехники (*.dch) может быть открыт программой Редактор Плат PCB Layout. Однако, еще более простой способ перейти от создания схемы к созданию платы, выбрать «Файл / Преобразовать в плату» или нажать «Ctrl+B» прямо в Схемотехнике, после этого автоматически откроется Редактор Плат PCB Layout с вашим проектом. До того, как перейти непосредственно к редактированию платы, в появившимся диалоговом окне нужно выбрать Схемотехнические правила, либо правила с другого проекта или

специального файла, которые будут применены к нашей плате. Рассмотрим использование программы DipTrace PCB Layout или Редактор Плат для создания печатной платы для нашей схемы. Вы можете скрыть панель слоев и менеджер проекта с помощью горячей клавиши «F3», чтобы получить больше свободного пространства на экране. Разместите компоненты в соответствии с предпочтениями и правилами. Перемещение компонентов производится путем перетаскивания его в нужное положение. Нажмите «Пробел» или клавишу «R» для вращения компонента на 90 градусов. Если Вам нужно вращать компонент на другой угол, не кратный 90 градусов, выберите компонент, сделайте щелчок правой кнопкой по нему и выберите «Задать угол» или «Режим вращения». Второй режим позволяет свободно вращать компонент с помощью мыши на произвольный угол. Можно использовать функцию авто-позиционирования или расстановки по списку после преобразования схемы в плату, однако в этом нет необходимости для такой простой схемы. Мы исследуем эти функции на более сложных платах в третьей части учебника. Вы можете обновить Вашу плату из измененной схемы с сохранением расстановки и трассировки установленных компонентов. Для этого выберите «Файл/Обновить структуру из схемы», затем выберите измененный файл схемотехники. Обновление по компонентам подразумевает использование скрытых идентификаторов для определения соответствия компонентов на схеме и плате – этот режим работает если печатная плата получена непосредственно из «Схемотехники». Обновление по меткам компонентов использует метки для определения связи между компонентами и корпусами. В этом случае, платы могут быть спроектированы отдельно,

обновление по меткам работает независимо. Обновление из исходной схемы – это обновление по компонентам из исходной схемы. Трассировка печатной платы Рассмотрим этапы трассировки печатной платы для электрической принципиальной схемы, созданной в DipTrace Schematic (рис. 4). В PCB Layout сделайте надписи корпусов видимыми: выберите «Вид / Надписи корпусов / Основная / Метки». Эта команда позволяет показывать метки для всех компонентов, за исключением компонентов с индивидуальными настройками. Если расположение надписей вам не подходит, нажмите «Вид / Надписи корпусов /Основная / Выравнивание» и выберите более подходящее расположение. Рекомендуется использовать векторные шрифты, однако допускается применение TrueType шрифтов («Вид / Надписи корпусов / Шрифт»). Для задания индивидуальных параметров для выбранных компонентов – щелчок правой кнопкой по одному из них, затем выберите «Свойства», а в диалоговом окне откройте вкладку «Надписи». Вы можете использовать «F10» или «Вид / Надписи корпусов / Позиционирование» для перемещения надписей. При использовании автотрассировщика область трассировки (многоугольник для сложных, четырехугольник – для простых плат) создается автоматически в зависимости от ограничений введенных в настройках автотрассировки. Но в большинстве случаев размеры платы строго определены заранее. Поэтому они должны быть введены перед расстановкой компонентов и трассировкой. Выберите «Объекты/Границы платы», или нажмите соответствующую кнопку на панели трассировки в верхней части окна, затем щелкая левой кнопкой мыши задайте углы платы, щелкните правой кнопкой для задания последней точки полигона и выберите «Ввод» (рис.2.5). Также можно задать точки границ платы и/или размеры платы из диалогового окна «Границы платы», выберите «Объекты / Координаты вершин» из главного меню программы. DipTrace предлагает два автотрассировщика: высококачественный современный «Shape-based» (автотрассировщик, на много превосходящий своих конкурентов из других САПР-пакетов) и простой сеточный трассировщик, позволяющий трассировать несложные платы с перемычками.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

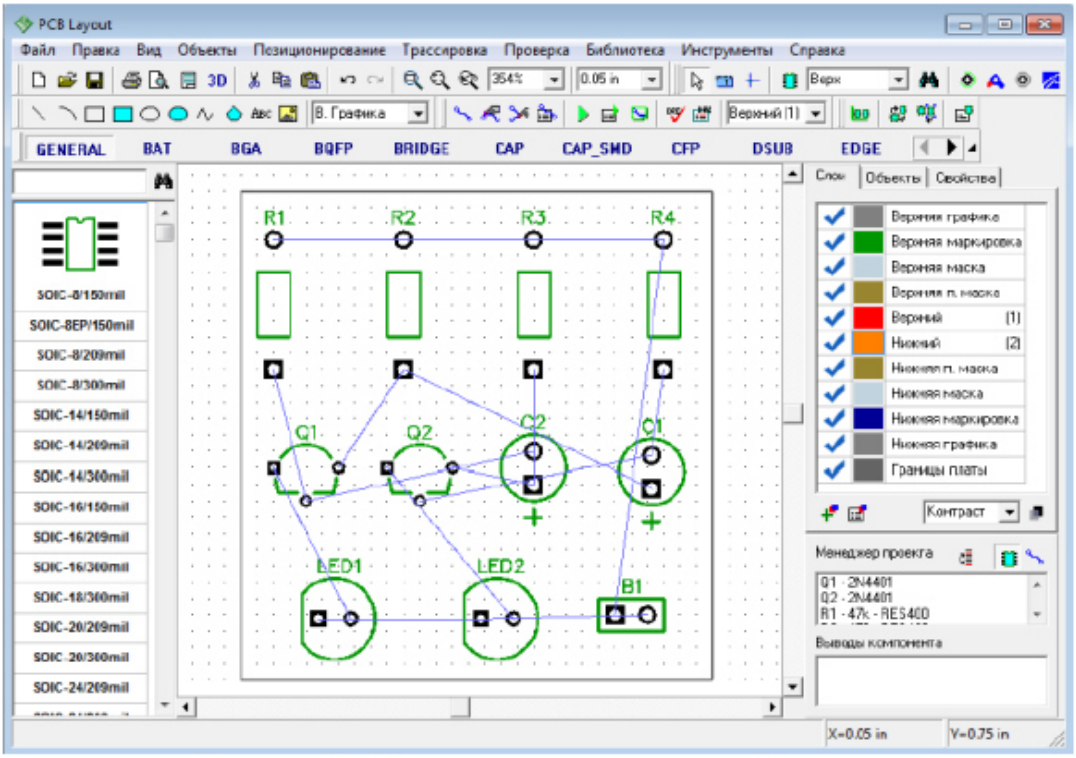


Рисунок 5 – Создание контура печатной платы

Простые платы, как в примере, могут быть трассированы в одном слое, что дает очевидные преимущества – эффективность и скорость получения конечного прототипа. Теперь настроим параметры трассировки. Убедитесь, что выбран «Shape Router», для этого откройте «Трассировка /Выбор Автотрассировщика». Далее автотрассировщик нужно настроить, выберите «Трассировка/Параметры автотрассировки» из главного меню. Окно параметров автотрассировки отличается в зависимости от выбранного автотрассировщика. В диалоговом окне «Shape-based» автотрассировщика, перейдите на вкладку настроек, затем выберите опцию «Использовать приоритетные направления по слоям», выберите верхний слой и измените направление для него на «Выкл.». Также возможно трассировать однослойные платы с помощью сеточного трассировщика с перемычками, или без них (Настройки сеточного трассировщика /«Использовать перемычки»). В примере, плата очень простая, поэтому трассируем ее в одном слое без перемычек с помощью «Shape-based» трассировщика. Нажмите OK, чтобы применить изменения и закрыть окно параметров автотрассировщика (рис. 2.6а). Затем выберите «Трассировка / Параметры трассировки». В этом окне можно поменять значения по умолчанию для ширины трасс, зазоров между трассами и выводами, а также параметры межслойных переходов. Можно нажать «Все Классы», чтобы открыть диалоговое окно классов сетей, или – «Все Стили», чтобы открыть окно стилей переходов. Как работать с ними мы покажем немного позже. Также можно установить некоторые другие параметры трассировки во вкладке «Настройки» (рис.6б).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

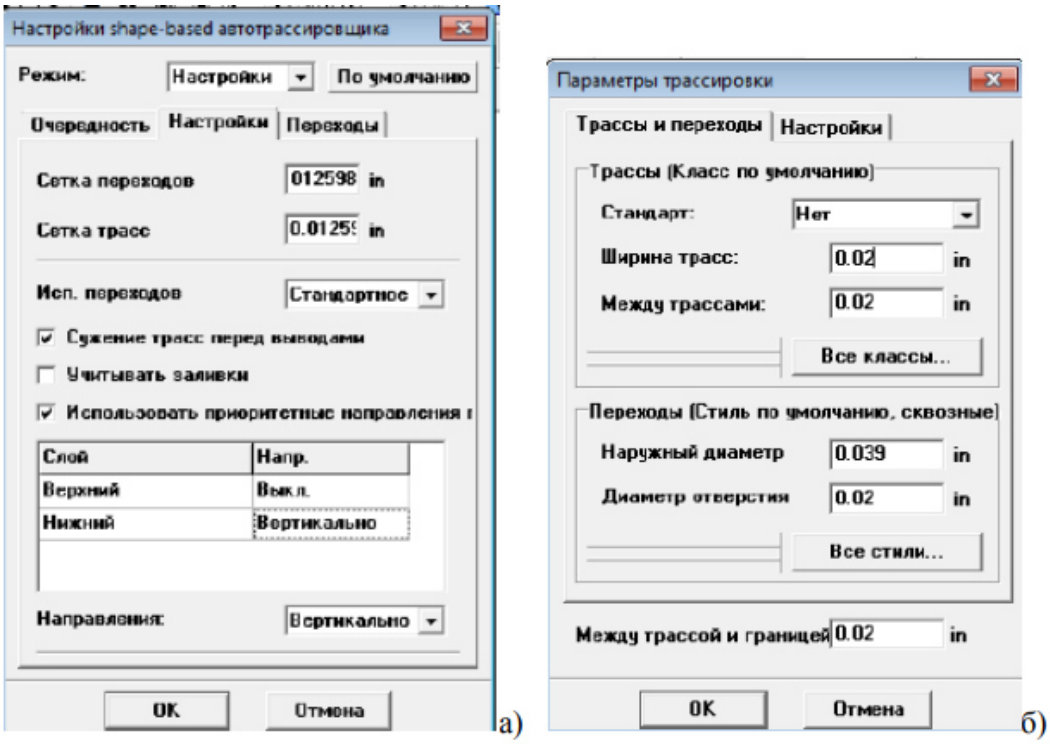


Рисунок 6 – Задание параметров трассировки: а) настройки shape-based автотрассировщика; б) настройка параметров трассировки

Запустите разводку платы с помощью: «Трассировка / Запуск», и плата будет трассирована. Также для запуска автотрассировщика можно использовать горячие клавиши «Ctrl+F9» (рис.7). Проверка ошибок трассировки (DRC) запускается автоматически после трассировки и показывает все возможные ошибки, если они есть (красные и маджентовые круги). Для изменения правил проверки нажмите «Проверка / Параметры проверки ошибок» в главном меню. Чтобы спрятать отображаемые ошибки нажмите «Проверка / Скрыть ошибки трассировки». Также Вы можете отменить автозапуск DRC после автотрассировки, просто уберите галочку «Трассировка/Выбор Автотрассировщика/Запустить DRC после автотрассировки» в главном меню.

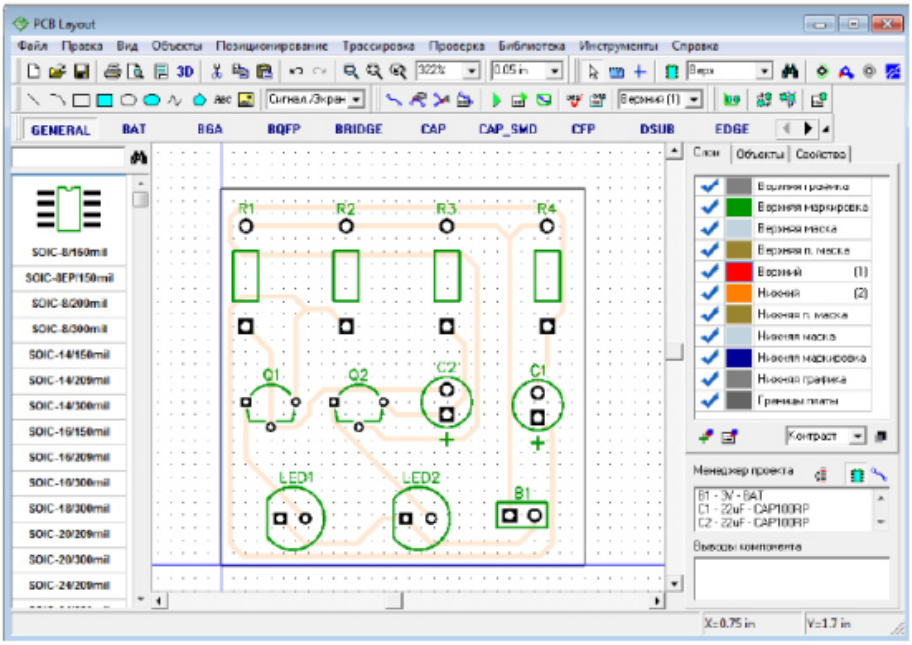


Рисунок 7 – Трассировка печатной платы

Задание для самостоятельного выполнения

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1. Установить единицы измерения – мм, установить размеры страницы А4 (297 х 210мм).
2. Установить рамку, заполнить ее.
3. Создать электрическую принципиальную схему согласно примеру.
4. Выполните трассировку печатной платы.
5. Разработать библиотеку корпусов (п. 2.1.1-2.1.3, 2.1.6 , 2.2.1-2.2.3 руководства DipTrace)

Контрольные вопросы

1. Что такое электрическая принципиальная схема?
2. Что такое трассировка печатной платы?
3. Как выполняется трассировка печатной платы?
4. Какие способы выполнения трассировки печатной платы в DipTrace существуют?
5. Для чего предназначен пакет PCB Layout DipTrace?
6. Что такое трассировка печатной платы?
7. Как выполняется трассировка печатной платы?
8. Какие способы выполнения трассировки печатной платы в DipTrace существуют?
9. Перечислите этапы проектирования печатных плат?

Практическая работа №41. Оформление конструкторской документации с использованием пакета программ AutoCad и TDD.

Цель работы. Ознакомиться с пакетами программ AutoCAD и TDD, изучить и освоить основные инструментальные средства для разработки и оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ГОСТ. Исходные данные. Схема электрическая принципиальная (25 – 30 элементов), оформленная в виде графического конструкторского документа. Требуется с использованием средств программы AutoCAD (или TDD), в зависимости от варианта, оформить в графическом виде перечень элементов схемы в соответствии с требованиями ГОСТ по оформлению конструкторской документации.

Методические указания по выполнению работы

AutoCAD – это многофункциональное средство САПР для разработки конструкторской документации различного рода (схемы электрические принципиальные, функциональные, структурные, сборочные чертежи, спецификации, перечни элементов и т.п.). Правила работы с AutoCAD рассмотрены в [3, 4]. TDD – это отечественная программа, разработанная группой разработчиков GeeTeeSoft, распространяемая ЗАО «ЭлекТрейд-М» (Москва), предназначенная для формирования текстовой конструкторской документации для проектов, разработанных в различных САПР электронных устройств (Schemagee, P-CAD, PADS PowerPCB, OrCAD, Protel, CircuitMaker, Allegro). В комплект формируемых документов входят: перечень элементов; групповой перечень элементов; спецификация; групповая спецификация (варианты А и Б); ведомость покупных изделий; групповая ведомость покупных изделий. TDD позволяет не только изменять предоставляемые стандартные формы перечисленных выше документов, но и создавать новые.

Главной особенностью программы является возможность автоматизировать процесс разработки текстового документа. Для обеспечения этой возможности требуется предварительная подготовка дополнительной информации о компонентах (наименование компонента, обозначение документа на поставку и т.д.) в системе проектирования или наличие базы данных, содержащей такую информацию. TDD позволяет извлекать сведения о компонентах из всех систем проектирования, поддерживающих генерацию выходных данных в виде списка используемых материалов (Bill of Materials, BOM) в формате CSV (Comma Separated Value). С системой P-CAD (ACCEL EDA) также возможно взаимодействие через интерфейс DBX или файлы схем (SCH) и

печатных плат (PCB) формата ASCII. Для создания нового конструкторского документа выберите команду «Создать» в меню «Файл». Для создания документа на основе шаблона выберите необходимый тип в списке «Шаблон документа». Чтобы создать новый документ, установите флажок Новый документ. При создании нового документа необходимо установить в диалоговом окне Новый документ параметры главной таблицы документа: количество строк таблицы на первом листе документа; количество строк таблицы на последующих листах документа; высота строки таблицы. Для изменения формата листа документа выберите команду «Формат» в меню «Документ». В диалоговом окне Формат выполните следующие действия. 1. Выберите тип формата, укажите размеры и ориентацию. 2. Установите флажки видимости всей форматки (рамок, основной надписи и дополнительных граф), внешней рамки и надписей «Копировал», «Формат». Для заполнения граф основной надписи выберите команду «Основная надпись» в меню «Документ» или дважды щелкните на области основной надписи в изображении документа. Для задания высоты текста, отображаемого в графах основной надписи, вызовите соответствующее диалоговое окно, нажав кнопку «Высота текста». Текстовый конструкторский документ всегда содержит таблицу с номером 1 для внесения основной информации. Эта таблица является главной. Чтобы добавить новую таблицу, выберите в меню «Добавление» команду «Таблица». Чтобы добавить лист с очередной страницей главной таблицы, выполните одно из следующих действий: выберите в меню «Документ» команду «Добавить лист»; нажмите комбинацию клавиш CTRL + L; установите курсор мыши в области закладки текущего листа, нажмите правую кнопку мыши и выберите в контекстном меню команду «Добавить». Дополнительная информация по работе с программой содержится во встроенной интерактивной справке, вызываемой по нажатию клавиши F1.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Оформленный в соответствии с ГОСТ перечень элементов схемы электрической принципиальной.
4. Вывод по результатам работы.
5. Список использованной литературы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначена программа AutoCAD?
2. Какие основные функциональные возможности программы AutoCAD?
3. С какими типами конструкторских документов работает программа TDD?
4. Какой порядок работы с программой TDD?

Практическая работа №42. Изучение конструкции и применения электрорадиоэлементов (ЭРЭ), материалов, инструмента, оснастки при выполнении монтажных работ с электронными устройствами

Цель работы: – изучить конструкции и применение ЭРЭ при выполнении монтажных работ с электронными устройствами; – изучить конструкции и применение материалов при выполнении монтажных работ с электронными устройствами; – изучить конструкции и применение инструмента при выполнении монтажных работ с электронными устройствами; – изучить конструкции и применение оснастки при выполнении монтажных работ с электронными устройствами; – получить практические навыки выполнения аннотаций на материалы в представленных видеопрезентациях.

Содержание и объем выполнения работы

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

При выполнении данной лабораторной работы студенты просматривают видеопрезентации по конструкции и применению ЭРЭ, материалов, инструмента, оснастки для выполнения монтажных работ с электронными устройствами.

Порядок выполнения работы

1.2.1 Преподаватель, проводящий лабораторные занятия: – выдает студентам рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при просмотре видеопрезентаций:

а) конструкции и применение ЭРЭ при выполнении монтажных работ с электронными устройствами;

б) характеристики, номенклатура и применение материалов при выполнении монтажных работ с электронными устройствами;

в) характеристики, конструкции и применение инструмента при выполнении монтажных работ с электронными устройствами;

г) характеристики, конструкции и применение оснастки при выполнении монтажных работ с электронными устройствами.

1.2.2 Студент выполняет первичной просмотр всех видеопрезентаций. При просмотре студент производит отбор тех видеопрезентаций, которые, по его мнению, будут ему необходимы для составления отчета по данной практической работе. При этом допускается копирование информации на ФЛЭШ-носители и (или) использование других устройств.

1.2.3 При необходимости (отсутствие полной информации, неуверенность о правильности выбранного технического решения) студент должен уточнить технические характеристики, режимы, область применения и т. д. у преподавателя.

1.2.4 Выполнить задание по написанию аннотации по просмотренным видеопрезентациям, например «Паяльная станция АРР 3.212.008 ТУ».

1.2.5 Выполнить сбор, анализ информации, ответить на контрольный вопрос и оформить ответ в соответствии с требованиями ЕСКД. Результаты выполнения задания по написанию аннотации по просмотренным видеопрезентациям, например «Паяльная станция АРР 3.212.008 ТУ», оформить в соответствии с требованиями ЕСКД. Таблица

Выбор задания

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Задание	Объект
1	DOC000257627.flv
2	DOC000257633.flv
3	DOC000257642.flv
4	DOC000258608.flv
5	DOC000258633.flv
6	DOC000259051.flv
7	DOC000261713.flv
8	DOC000261742.flv
9	DOC000264193.flv
10	DOC000264463.flv
11	DOC000264694.flv
12	DOC000265978.flv
13	DOC000271671.flv
14	DOC000272033.flv
15	DOC000276451.flv
16	DOC000276726.flv
17	DOC000276776.flv
18	DOC000278464.flv
19	DOC000278527.flv
20	DOC000279686.flv
21	DOC000284022.flv
22	DOC000284572.flv

Контрольные вопросы

1 Какие материалы используются для пайки? Их назначение.

2 Какие припои используются при пайке? Характеристики и особенности применения.

3 Как при пайке используются флюсы?

4 Как при пайке используются оловоотсосы?

5 Какие требования предъявляются к технологической таре для флюсов?

6 Последовательность технологических операций при удалении припоя оловоотсосом.

7 Какие способы подготовки поверхности печатной платы для пайки?

8 Какие инструменты применяются при установке ЭРЭ на печатную плату?

9 Как удаляются «излишки» припоя при пайке?

10 Какие мероприятия и технические решения служат для защиты ЭРЭ при пайке от воздействия статического электричества?

11 Почему называют комплект для пайки паяльной станцией?

12 Какие составы флюсов и почему запрещены при пайке ЭРЭ?

13 Какие ЭРЭ представлены в видеопрезентациях?

14 Зачем выполняют лужение выводов ЭРЭ? Последовательность технологических операций при этом.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее:

1) цель работы;

2) аннотация по просмотренным видеопрезентациям;

3) ответ на контрольный вопрос;

4) выводы.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическая работа №43. Расчет и анализ технологичности узлов радиоэлектронных средств.

Цель работы: изучить методику расчёта технологичности узла радиоэлектронного средства (РЭС) и выполнить расчёт на персональном компьютере с помощью программы «Tehnology.exe». Рассчитать комплексный показатель технологичности и сделать вывод об уровне технологичности заданного узла РЭС.

Краткие теоретические сведения

Под технологичностью изделия понимается определённое количество параметров выпускаемого на производстве изделия, технологической подготовки и производственного процесса, от которых в результате зависит качество изделия. Оценка и анализ технологичности изделия позволяют рассмотреть возможность выбора и использования методов реализации технологических операций и процессов при изготовлении деталей, сборке и монтаже с применением средств автоматизации и механизации. Количественная оценка технологичности осуществляется на основе базовых показателей (ОСТ 4.ГО.091.219), включающих рассчитанные и достигнутые при доработке и совершенствовании изделия параметры. Комплексный показатель технологичности рассчитывается с использованием базовых показателей по следующей зависимости:

$$K_{\text{Т}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^{n} \varphi_i},$$

где Ki – базовый показатель технологичности; ϕi – коэффициент, характеризующий весовую значимость базового показателя технологичности; n – количество базовых показателей технологичности (как правило, n = 7). Величина коэффициента, характеризующего весовую значимость показателей, зависит от порядкового номера показателя технологичности, ранжированная последовательность которого установлена экспериментально и рассчитана по формуле

$$\varphi = \frac{i}{2^{i-1}},$$

где i – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности. Технологичной называют такую конструкцию, которая полностью отвечает предъявляемым к изделию требованиям, может быть изготовлена с применением наиболее экономичных, при принятом типе производства и объёме выпуска изделия, технологических процессов]. Отработка конструкции изделия на технологичность направлена на снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, технологическое обслуживание и ремонт изделий при обеспечении необходимого качества.

В качестве примера приведены базовые показатели технологичности электронного узла.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

1. Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок

$$K_{\text{ИСИМС}} = \frac{H_{\text{ИМС}}}{H_{\text{ИМС}} + H_{\text{ЭРЭ}}},$$

где $H_{\text{ИМС}}$ – число интегральных микросхем и микросборок; $H_{\text{ЭРЭ}}$ – количество электрорадиоэлементов (ЭРЭ).

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа ЭРЭ

$$K_{\text{АиМ}} = \frac{H_{\text{АиМ}}}{H_{\text{м}}},$$

где $H_{\text{АиМ}}$ – количество монтажных соединений, осуществляемых автоматизированным или механизированным способом; $H_{\text{м}}$ – общее количество монтажных соединений.

3. Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$K_{\text{МП}} = \frac{H_{\text{МП}}}{H_{\text{ЭРЭ}}},$$

где $H_{\text{МП}}$ – число ЭРЭ, подготовка которых к монтажу осуществляется механизированным способом; $H_{\text{ЭР}}$ – общее количество навесных элементов ЭРЭ.

4. Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров

$$K_{\text{МКН}} = \frac{H_{\text{МКН}}}{H_{\text{КН}}},$$

где НМКН – количество операций контроля и настройки, которые можно осуществить механизированным способом; НКН – общее количество операций контроля и настройки.

5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ.

$$K_{\text{пов}} = 1 - \frac{H_{\text{ТЭРЭ}}}{H_{\text{ЭРЭ}}},$$

где $H_{\text{ТЭРЭ}}$ – общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии; $H_{\text{ЭРЭ}}$ – общее количество ЭРЭ в изделии.

6. Коэффициент применяемости ЭРЭ

$$K_{\text{ПЭРЭ}} = 1 - \frac{H_{\text{ТОРЭРЭ}}}{H_{\text{ТЭРЭ}}},$$

где $H_{\text{ТОРЭРЭ}}$ – количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ; $H_{\text{ТЭРЭ}}$ – общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии.

7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{\text{ф}} = \frac{\text{Д}_{\text{пр}}}{\text{Д}},$$

где $\text{Д}_{\text{пр}}$ – количество деталей, изготавливаемых прогрессивными методами формообразования; Д – общее количество деталей в блоке.

Методические указания и порядок выполнения работы

1. В соответствии с заданием для своего варианта из прил. А к данной лабораторной работе выбрать электрическую принципиальную схему печатного узла РЭС и изучить её.

2. Определить тип печатного узла в соответствии с существующей классификацией блоков РЭС (электронный, радиотехнический, электромеханический, коммутационный).

3. Для электрической схемы разработать сборочный чертёж печатного узла (пример выполнения приведён в прил. Б).

4. Составить перечень элементов и спецификацию, примеры выполнения которых приведены в прил. В и Г, соответственно.

5. Для соответствующего типа блока своего варианта выбрать базовые показатели технологичности и занести значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности печатного узла блока в табл. 1. В качестве примера в табл. 1 приведены показатели для электронного блока.

6. Исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности занести в табл. 2. Значения исходных данных табл. 2 студент определяет с помощью принципиальной электрической схемы для заданного варианта и составленного перечня элементов. Задаётся необходимый уровень механизации и автоматизации при производстве печатного узла РЭС.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

7. Рассчитать базовые и комплексный показатели технологичности на персональном компьютере (ПК) с помощью программы «Tehnology.exe».

Для расчёта показателей необходимо:

1) изучить описание работы с программой;

2) получить вариант задания в соответствии с табл. 3 и произвести расчёт технологичности блока РЭС на ПК.

Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности электронного узла.

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок	$K_{ИСИМС}$		1
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий	$K_{АиМ}$		1
Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{МП}$		0,75
Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров	$K_{МКН}$		0,5
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{пов}$		0,313
Коэффициент применяемости ЭРЭ	$K_{ПЭРЭ}$		0,188
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$		0,109

Исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Наименование показателя	Обозначение	Значение
Количество монтажных соединений, которые осуществляются автоматизированным или механизированным способом	$H_{АиМ}$	
Общее количество монтажных соединений	$H_{М}$	
Общее количество ЭРЭ	$H_{ЭРЭ}$	
Количество ЭРЭ, подготовка которых осуществляется механизированным способом	$H_{МП}$	
Количество операций контроля и настройки, которые можно осуществлять механизированным способом	$H_{МКН}$	
Общее количество операций контроля и настройки	$H_{КН}$	
Общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии	$H_{ТЭРЭ}$	
Число деталей, полученных прогрессивными методами формообразования	$Д_{пр}$	
Общее число деталей в блоке	Д	
Число интегральных микросхем	$H_{ИМС}$	
Количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ	$H_{ТОРЭРЭ}$	

В табл. 3 коэффициенты K соответствуют типам блоков РЭС следующим образом:
K = 1 – электронный блок;
K = 2 – радиотехнический блок;
K = 3 – электромеханический или механический блок;
K = 4 – соединительный, коммутационный или распределительный блок.
Следующие обозначения в табл. 3 означают:
Есл – количество узлов, требующих регулировки сложным оборудованием в составе изделия;
Е – общее количество узлов в изделии;
ДРД – количество деталей в изделии, имеющих размеры с допусками по 10 квалитету и выше;
ДСС – количество деталей требующих обработки снятием стружки;
Дт – количество типоразмеров деталей;
Ет – количество типоразмеров узлов;
М – масса изделия без учёта комплектующих;
Мм – масса материалов, израсходованных на изготовление изделия;
НСМ – количество сортаментов материалов, применяемых в изделии;
ДТОРД – количество типоразмеров оригинальных деталей в изделии.

Варианты заданий для расчёта на ПК

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Частные показатели технологичности	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Значение показателей для типов блоков							
	$K = 1$		$K = 2$		$K = 3$		$K = 4$	
$H_{ИМИ}$	1449	50	0	0	0	0	0	0
$H_{АиМ}$	1200	40	36	24	0	0	0	0
$H_{ЭРЭ}$	1861	100	12	15	0	0	0	0
$H_{м}$	1700	60	50	40	0	0	0	0
$H_{МП}$	1051	10	8	5	0	0	0	0
$H_{МКН}$	26	2	2	1	0	0	0	0
$H_{КН}$	62	6	5	3	0	0	0	0
$H_{ТЭРЭ}$	60	10	10	12	0	0	0	0
$H_{ТОРЭРЭ}$	10	5	0	0	0	0	0	0
$Д_{пр}$	25	8	12	15	3	18	6	8
Д	40	30	18	21	60	20	50	18
$E_{сл}$	0	0	5	8	21	3	4	5
$Д_{т}$	0	0	0	0	30	12	0	0
$Д_{РД}$	0	0	8	11	2	2	7	9
$Д_{СС}$	0	0	0	0	6	3	0	0
E	0	0	0	0	12	6	0	0
$E_{т}$	0	0	12	18	9	5	8	7
М	0	0	0	0	20	23	15	12
$М_{м}$	0	0	0	0	28	31	18	15
$H_{СМ}$	0	0	0	0	0	0	3	1
$Д_{ТОРД}$	0	0	0	0	0	0	6	3

Работа с программой

При запуске программы на экране компьютера появляется главное окно программы (рис. 1.1). В этом окне приведены четыре типа блоков. В случае, если исходный блок простой, т.е. может быть непосредственно отнесен к одному из четырех вышеуказанных типов, необходимо нажать на кнопку с названием заданного типа блока. На экране появится окно, в котором можно будет ввести значения частных показателей технологичности, соответствующих данному типу блока. Значения частных показателей выбираются из таблицы согласно варианту задания, полученному у преподавателя. На рис. 1.2 изображен внешний вид диалога, появляющегося при нажатии кнопки с надписью «Электронный». Практически аналогичные диалоги выводятся на экран и при нажатии остальных трех кнопок: они различаются только составом частных показателей технологичности.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

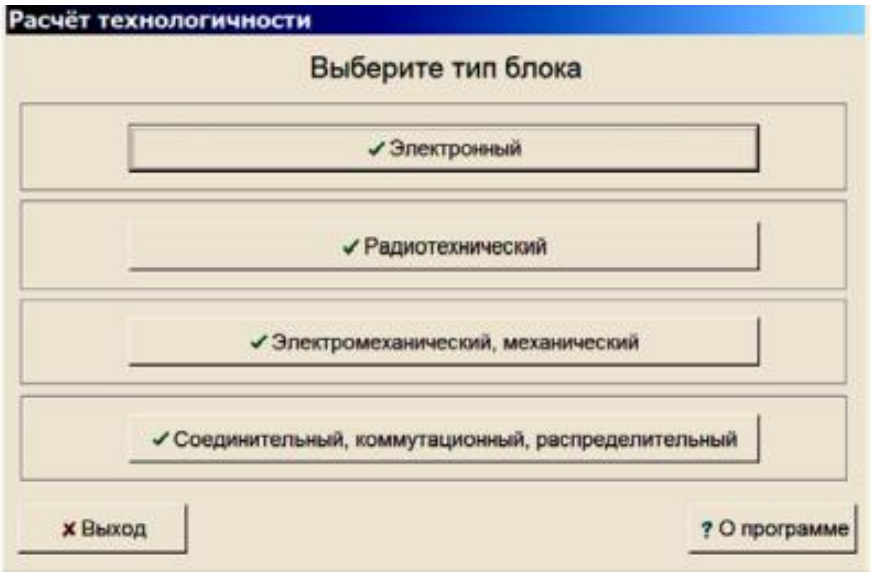


Рис. 1.1. Начальный вид главного окна программы

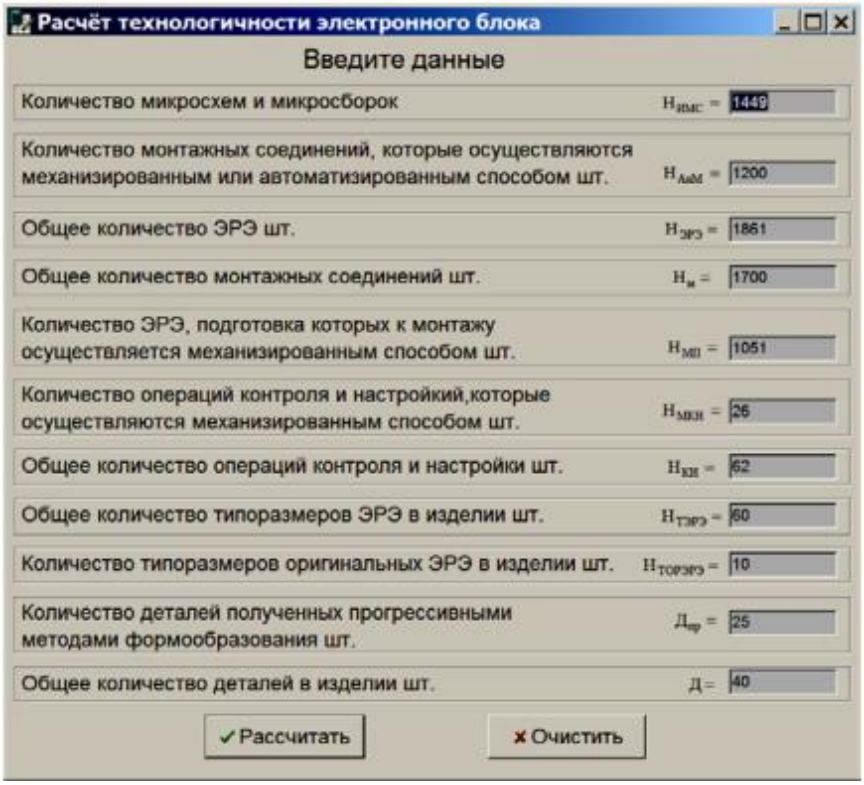


Рис. 1.2. Диалог ввода исходных данных для электронного блока

Список частных показателей технологичности организован в виде таблицы, состоящей из строк по количеству показателей для данного типа блока. В левой части каждой строки приведено полное название показателя, далее следует условное обозначение этого показателя и, наконец, справа находится поле, в которое и записывается собственно значение показателя технологичности. В момент открытия диалога во всех редакторах уже находятся числа – так называемые «значения по умолчанию». Внизу окна находятся две кнопки. При нажатии на кнопку «Рассчитать» программа попытается вычислить базовые показатели технологичности для данного типа блока, используя текущие значения в редакторах и комплексный показатель технологичности. Если в каком-нибудь из них находится недопустимое значение (например, вместо числа введена строка), то программа выдаст сообщение о том, какой из показателей задан неправильно (см. рис. 1.3). В противном случае программа произведет расчёты и выдаст на экран окно диалога, внешний вид которого показан на

рис. 1.4. В этом диалоге находятся результаты расчёта: базовые показатели технологичности и комплексный показатель технологичности, вычисленный на их основе.

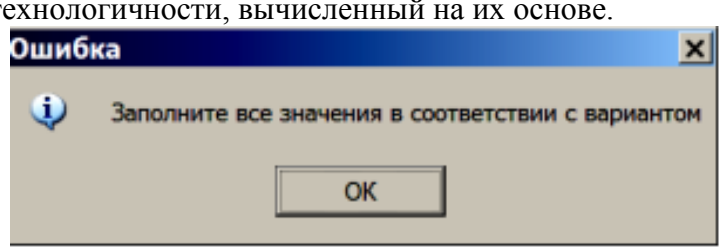


Рис. 1.3. Предупреждение о неправильно введённых данных

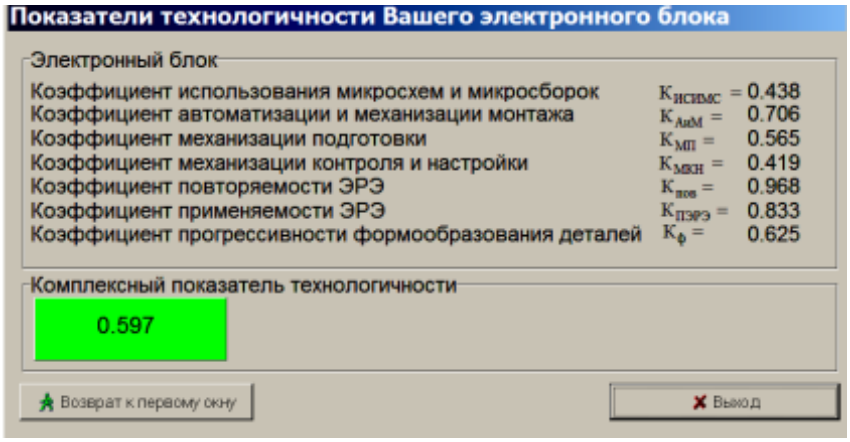


Рис. 1.4. Результаты расчета комплексного показателя технологичности для электронного блока

При нажатии кнопки «Выход» будет завершена работа всей программы. Или же можно вернуться к первому окну с выбором типа блока по нажатию на кнопку «Возврат к первому окну». Комплексный показатель будет размещён на зелёном поле, если он удовлетворяет табл. 4, иначе будет на красном поле (рис. 1.5). В случае, когда задан сложный блок, включающий в себя блоки двух и более типов (например, электронные и радиотехнические), то, чтобы посчитать общий показатель технологичности сложного блока, необходимо выполнить следующие действия. Нужно посчитать комплексные показатели технологичности для всех типов блоков, входящих в состав сложного блока, описанным выше способом, а затем найти их среднее арифметическое.

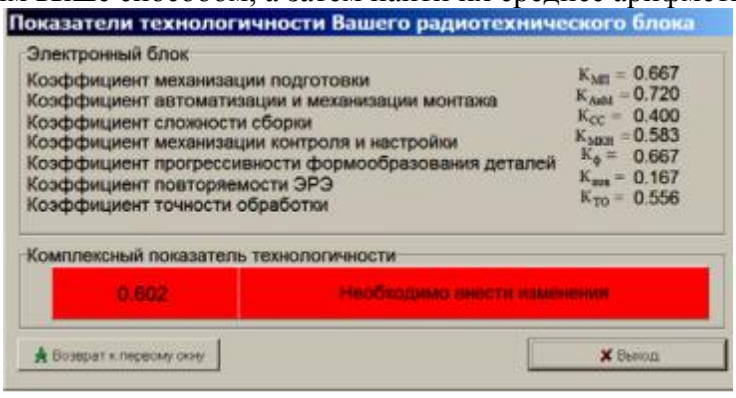


Рис. 1.5. Неудовлетворительный результат расчёта комплексного показателя технологичности

8. По полученному комплексному показателю необходимо сделать вывод о технологичности проектируемого блока и целесообразности его изготовления. Нормативные значения комплексного показателя технологичности РЭС, по которым можно оценить блок РЭС, приведены в табл. 4.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

4. Нормативы комплексных показателей технологичности конструкций различных типов блоков

Наименование класса блоков	Значения *K* для стадий разработки рабочей документации		
	опытный образец (партия)	установочная серия	установившееся серийное производство
Электронные	0,30...0,60	0,40...0,70	0,50...0,75
Электромеханические	0,20...0,50	0,40...0,60	0,45...0,65
Механические	0,10...0,30	0,25...0,3 5	0,30...0,40
Радиотехнические	0,20...0,50	0,25...0,35	0,30...0,60
Соединительные, коммутационные, распределительные	0,20...0,60	0,25...0,65	0,30...0,70

Содержание отчёта

1. Принципиальная электрическая схема блока РЭС.
2. Сборочный чертёж печатного узла.
3. Перечень элементов и спецификация.
4. Таблица значений и весовых коэффициентов базовых показателей технологичности для заданного блока РЭС (табл. 1).
5. Таблица исходных данных для расчёта комплексного показателя технологичности (табл. 2).
6. Таблица рассчитанных базовых и комплексного показателей технологичности на персональном компьютере с помощью программы «Tehnology.exe».
7. Вывод о технологичности блока РЭС по результатам сравнения рассчитанного комплексного показателя технологичности блока с нормативным значением, приведённым в табл. 4.

Контрольные вопросы

1. Какая конструкция блока РЭС называется технологичной?
2. Как выполняется оценка технологичности блоков РЭС?
3. Перечислите базовые показатели технологичности для известных блоков РЭС.
4. Как определяется комплексный показатель технологичности?
5. Каким коэффициентом характеризуется весовая значимость базовых показателей технологичности?
6. Назовите типы блоков РЭС.
7. Чему равны установленные нормативные значения комплексного показателя технологичности для известных типов блоков РЭС?

Практическая работа №44. Исследование точности изготовления изделий РЭС статистическим методом.

Цель работы: выполнить анализ погрешностей партии изделий и в соответствии с полученными результатами внести изменения в технологический процесс их изготовления.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Краткие теоретические сведения

Точность параметров радиоэлектронных средств определяется степенью соответствия действительного (измеренного) параметра заданному номинальному. Отклонения от номинальных значений параметров, указанных в нормативнотехнической документации, называются производственными погрешностями. Производственные погрешности зависят от ряда воздействующих дестабилизирующих факторов: неточности технологических операций при изготовлении РЭС, несоблюдения режимов работы оборудования, неточности инструментов и оснастки, комплектующих компонентов, влияния температуры, влажности и давления на процесс изготовления РЭС.

Для обеспечения допустимой производственной погрешности необходимо выполнить расчёт допусков на параметры полупроводниковых элементов, интегральных микросхем и электрорадиоэлементов, которые определяют заданные в нормативно-технической документации допуски на выходные параметры изделий РЭС.

Точность изготовления, а следовательно, и надёжность РЭС повышается при введении соответствующих электрических допусков на параметры элементов электрических и составляющих компонентов РЭС с учётом воздействия температуры окружающей среды, старения элементов, неточности технологических процессов, которые влияют на изменение выходных параметров и характеристик. Выходные параметры имеют разброс из-за постоянных (систематических), закономерно изменяющихся и случайных погрешностей. Если погрешности партии деталей одинаковые, то они называются постоянными. При случайном характере появления погрешностей, они называются случайными. Если значения погрешностей изменяются по определённому закону при изготовлении партии изделий, то они называются закономерно изменяющимися. При производстве РЭС для оценки точности наиболее часто используются три метода: расчётно-аналитический, наблюдение в цехах и статистический.

Метод наблюдения в цехах реализуется на основе полученных данных о точности изделий при их обработке и сборке. При этом учитывается вид материала изделий, используемое оборудование и инструменты. Статистический метод основан на положениях теории вероятности и математической статистики.

Для оценки точности изготовления деталей РЭС используются следующие основные статистические методы: точечных и точностных диаграмм, кривых распределения. Производственные погрешности исследуются в основном статистическими методами. При этом устанавливаются закономерности распределения этих погрешностей. Применение статистических характеристик (средних арифметических значений, средних квадратичных отклонений, кривых распределения отклонений) обусловлено тем, что производственные погрешности – это случайные величины, которые определяются на основе математической статистики и теории вероятности. Предельное значение суммарной погрешности можно оценить с помощью метода кривых распределения. Используемый метод позволяет установить разброс погрешностей изготовления партии деталей и определить процент возможного брака. Для построения кривой распределения замеряется параметр A партии деталей в количестве N штук. Замеренный параметр A разбивается на равные интервалы и считается число параметров n в каждом интервале. Определяется частота повторений отклонений параметров в партии n/N. После этого строится гистограмма и полигон распределения погрешностей (рис. 6.1). Определяется характер кривой распределения, исходя из критериев подобия Колмогорова. Вид кривой распределения зависит от вида погрешностей. Например, случайная погрешность подчиняется закону нормального распределения Гаусса. Кривая распределения погрешностей является наглядной диаграммой технологического процесса, которая позволяет судить о его стабильности и фиксировать различные изменения в нём. Пользуясь кривой распределения, можно определить количество возможного брака и соответствие между заданными допусками и возможностями применяемого оборудования или технологии.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

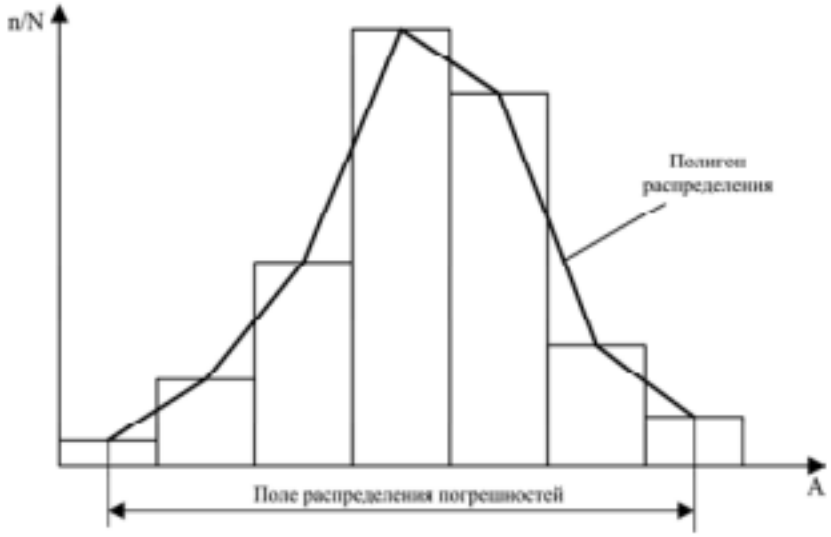


Рис. 1. Гистограмма и полигон распределения погрешностей

Вероятность соблюдения заданного допуска может быть определена графически. Полная площадь S1 кривой распределения, ограниченная от xmin до xmax, соответствует в некотором масштабе полному количеству изделий данной партии. n/N Площадь S2 кривой распределения, ограниченная полем допуска по ТУ, соответствует в том же масштабе количеству изделий, имеющих размеры в пределах заданного допуска. Разделив значение площади S2 на полную площадь S1, получим вероятность соблюдения заданного допуска. Для этого гистограмма и полигон распределения погрешности строится в масштабе, а затем производится определение площадей S1 и S2. Определить эту вероятность можно аналитически. Для этого площадь S2 определяем интегрированием уравнения кривой в соответствующих пределах. Выходной параметр изделия должен быть выполнен с определенной точностью, т.е. выходной параметр не должен иметь большего отклонения от номинального значения, чем допустимое ±Δ, где Δ – абсолютное допустимое значение отклонения параметра. Вероятность того, что выходной параметр x будет лежать в допустимых пределах при законе нормального распределения, может быть определена по формуле

$$P(-\Delta < x < +\Delta) = \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} \int_{-\Delta}^{+\Delta} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx,$$

где σ_x и m_x – среднее квадратичное отклонение и математическое ожидание случайной величины, соответственно.

Обозначим $z = \frac{x - m_x}{\sigma_x}$, тогда после преобразования получим

$$P(-\Delta < x < +\Delta) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_{0}^{\Delta} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = 2\Phi(z),$$

здесь Φ(z) – функция Лапласа, определяющая площадь под одной половиной кривой нормального распределения, ограниченную с одной стороны средним значением размера (ось симметрии кривой), а с другой – допустимым значением отклонения. Значения функции Лапласа определяются по табл. 6.1 для различных отношений Δ/σ.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

6.1. Значения функции Лапласа

z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$
0,00	0,0000	1,30	0,4032	2,60	0,4953
0,10	0,0398	1,40	0,4192	2,70	0,4965
0,20	0,0793	1,50	0,4332	2,80	0,4974
0,30	0,1179	1,60	0,4452	2,90	0,4981
0,40	0,1554	1,70	0,4554	3,00	0,49865
0,50	0,1915	1,80	0,4641	3,20	0,49931
0,60	0,2257	1,90	0,4713	3,40	0,49966
0,70	0,2580	2,00	0,4772	3,60	0,499841
0,80	0,2881	2,10	0,4821	3,80	0,499928
0,90	0,3159	2,20	0,4861	4,00	0,499968
1,00	0,3413	2,30	0,4893	4,40	0,4999946
1,10	0,3643	2,40	0,4918	4,80	0,4999992
1,20	0,3849	2,50	0,4938	5,00	0,4999997

Методические указания и порядок выполнения работы

1. В соответствии с заданием для своего варианта из прил. Е к данной лабораторной работе определить параметр для измерения по эскизу детали, приведённому на рис. Е1. Измерить параметр партии изделий.
2. По результатам измерений определить диапазон $x_р$ рассеяния значений размеров изделий партии из N штук

$$x_р = x_{max} - x_{min},$$

где x_{max} – наибольшее значение размера; x_{min} – наименьшее значение размера.

3. Диапазон рассеяния размеров деталей разделить на m равных интервалов (m = 5 – 10). Рекомендуется границы первого интервала начинать со значения на 0,5 интервала меньше x_{min}, а заканчивать последний интервал значением, превышающим x_{max} также на 0,5 интервала.
4. Подсчитать количество изделий n_i (частоту), входящих в каждый интервал.
5. Найти среднее арифметическое значение размеров деталей каждого интервала

$$x_{m\,ср} = \frac{\sum_{i-1}^{n} x_i}{n_i}.$$

6. Рассчитать среднее арифметическое значение размера параметра партии изделий, определяющее центр группирования его значений,

$$x_{ср} = \frac{\sum_{i-1}^{n} x_{m\,ср} \cdot n_i}{N}.$$

7. Найти отклонение Δx_{mi} значения размера $x_{m\,ср}$ интервала от среднего $x_{ср}$ для всей партии изделий:

$$\Delta x_{mi} = x_{m\,ср} - x_{ср}.$$

8. Результаты расчётов внести в табл. 6.2.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

6.2. Результаты расчётов

№ интервала	Границы интервалов, x_{pn_i}	Количество деталей в интервале (частота), n_i	Относительная частота (частность), n_i / N	Среднее значение размера детали в интервале, $x_{m\,ср}$	Отклонение, Δx_{mi}
1	30,348… …32,291	2	0,02	31,259	–5,428
2	32,291… …34,233	6	0,06	33,349	–3,338
3	34,233… …36,176	29	0,29	35,078	–1,609
4	36,176… …38,119	45	0,45	37,284	0,597
5	38,119… …40,061	14	0,14	39,066	2,379
6	40,061… …42,004	3	0,03	40,336	3,649
7	42,004… …43,946	1	0,01	43,096	6,409

9. Рассчитать среднее квадратичное отклонение σ случайной величины

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} \Delta x_{mi}^2 \cdot n_i}{N}}.$$

10. Рассчитать допустимое значение отклонения Δ размера от номинального значения $x_{ном}$ по заданному допуску δТУ (табл. Е1, прил. Е).

$$\Delta = x_{ном} \frac{\delta ТУ}{100}.$$

11. Построить по данным табл. 6.2 гистограмму и полигон распределения погрешностей размеров параметров изделий $n_i = f(\Delta x_{mi})$. Для построения полигона необходимо из середины каждого интервала провести ординаты, высота которых пропорциональна частотам n_i или частностям n_i/N, и концы ординат соединить ломаной линией (рис. 6.2).

12. Вычислить относительный коэффициент асимметрии α, характеризующий собой отклонение среднего значения параметра от номинального, и коэффициент рассеяния K, определяющий, в какой степени закон распределения погрешностей отличен от закона нормального распределения:

$$\alpha = \frac{x_{ср} - x_{ном}}{0{,}5\delta};\ K = \frac{3\sigma}{0{,}5\delta}.$$

При несущественных расхождениях между $x_{ср}$ и $x_{ном}$ принимают α = 0. Для закона нормального распределения δ = 3σ и K = 1, для закона равнобедренного треугольника δ = 4,9σ и K = 1,22, для закона равной вероятности δ = 3,4σ и K = 1,73.

13. Определить аналитически вероятность P_A, соблюдения заданного допуска Δ. Для этого рассчитать $z = 0{,}5\Delta/\sigma$ и определить значение функции Φ(z) по табл. 6.1. Вероятность соблюдения допуска равна 2Φ(z) · 100 %.

14. Определить графически вероятность P_A соблюдения заданного допуска. Для этого замерить площадь S_2 под кривой фактического распределения (п. 11) в пределах допустимого отклонения ±Δ/2 и общую площадь S_1 под той же кривой. Рассчитать отношение S_2/S_1, которое определит вероятность соблюдения заданного допуска.

15. Гистограмму и полигон распределения погрешностей построить с использованием персонального компьютера с помощью программы Stat.exe.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

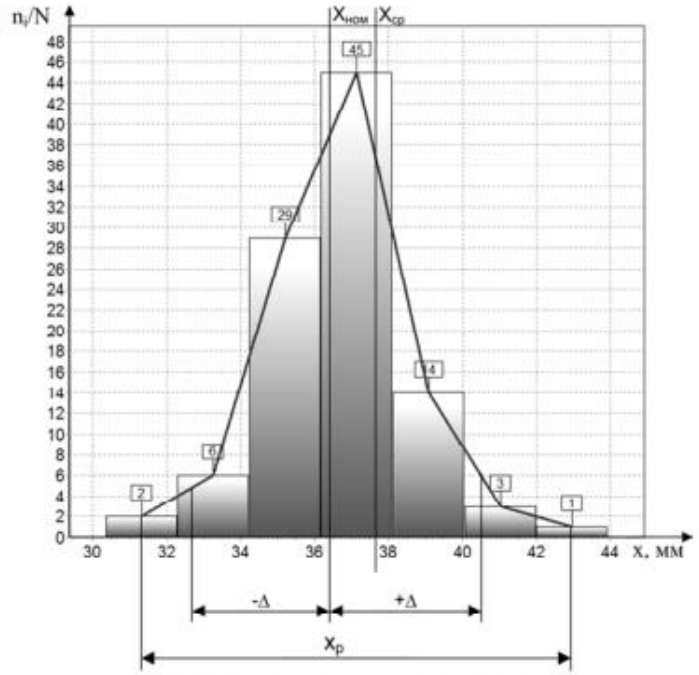


Рис. 6.2. Экспериментальная гистограмма и полигон распределения погрешностей



Рис. 6.3. Главное окно программы

Работа с программой. При запуске программы Stat.exe на экране компьютера появляется главное окно программы (рис. 6.3). Чтобы приступить к расчёту, необходимо нажать кнопку «Задать N», после этого появится окно, в которое необходимо ввести число N, например, вводим 10 (рис. 6.4).

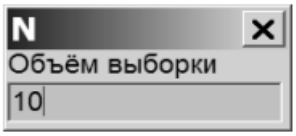


Рис. 6.4. Ввод объёма партии N

Затем следует закрыть это окно, а в главной таблице программы появятся два поля. В первом – показаны параметры для ввода, а во второе необходимо внести все исходные данные для расчёта (рис.6.5).

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

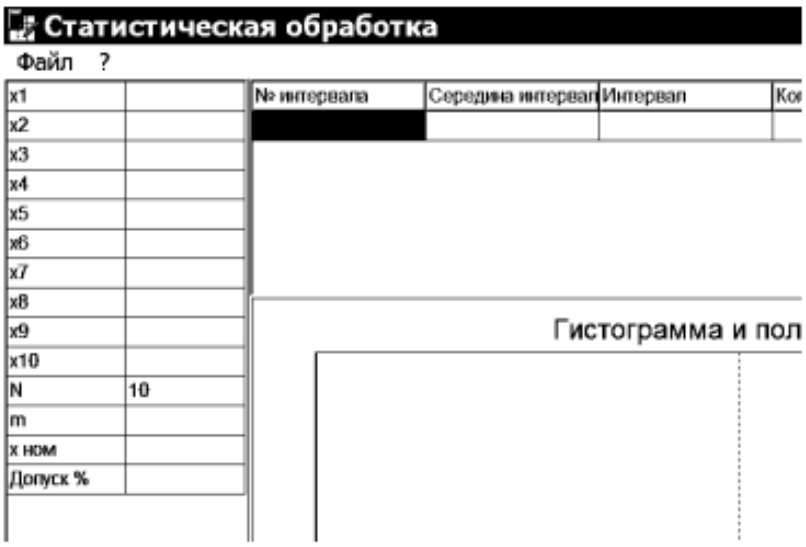


Рис. 6.5. Таблица для ввода данных

Заполнить таблицу и нажать кнопку «Расчёт». При этом программа выполнит все пункты лабораторной работы. На (рис. 6.6) показаны построенные с помощью программы гистограмма и полигон распределения погрешностей. Результаты работы программы можно сохранить: таблицу в формате, пригодном для экспорта в Excel (рис. 6.7), а гистограмму и полигон можно распечатать или сохранить в виде картинки (рис. 6.8). Справа от гистограммы и полигона в окне программы располагаются параметры партии, которые необходимо рассчитать (рис. 6.8).

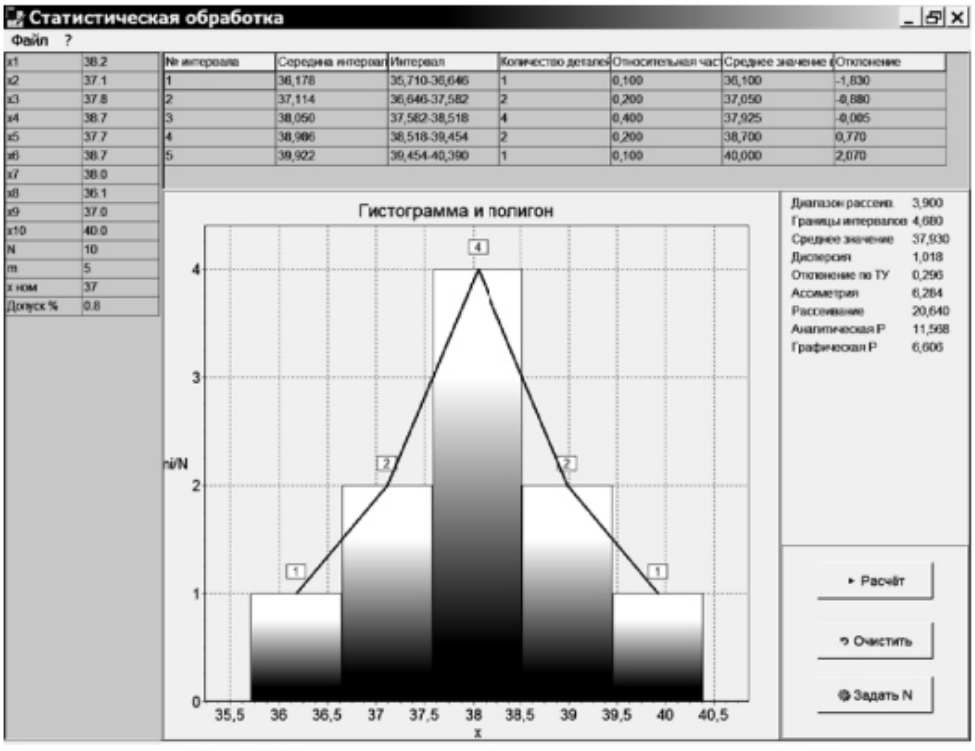


Рис. 6.6. Гистограмма и полигон распределения погрешностей

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

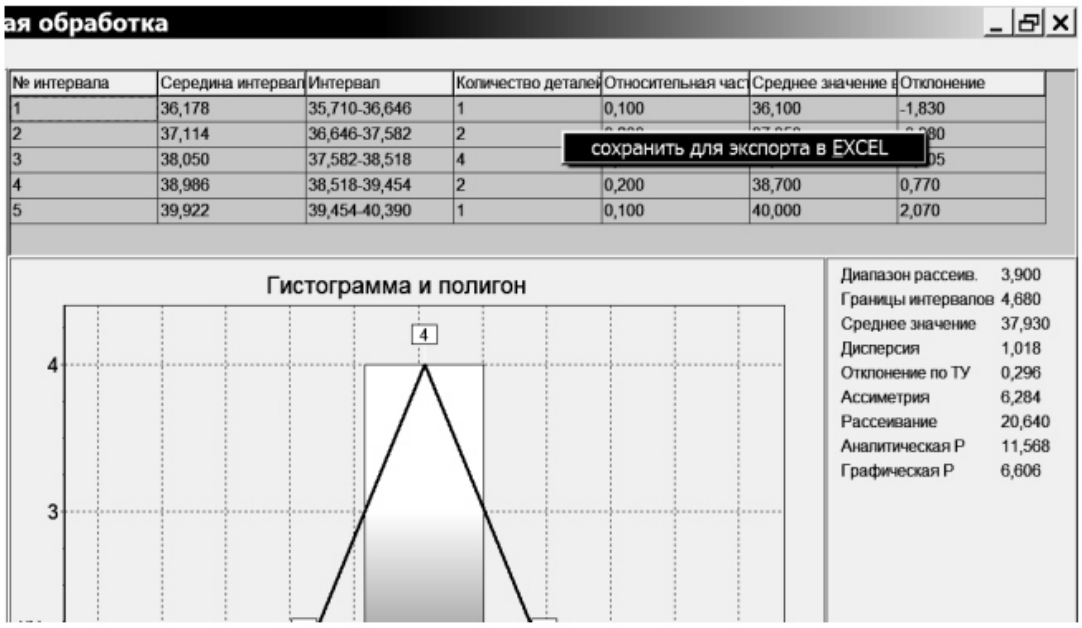


Рис. 6.7. Окно для сохранения таблицы при экспорте в Excel

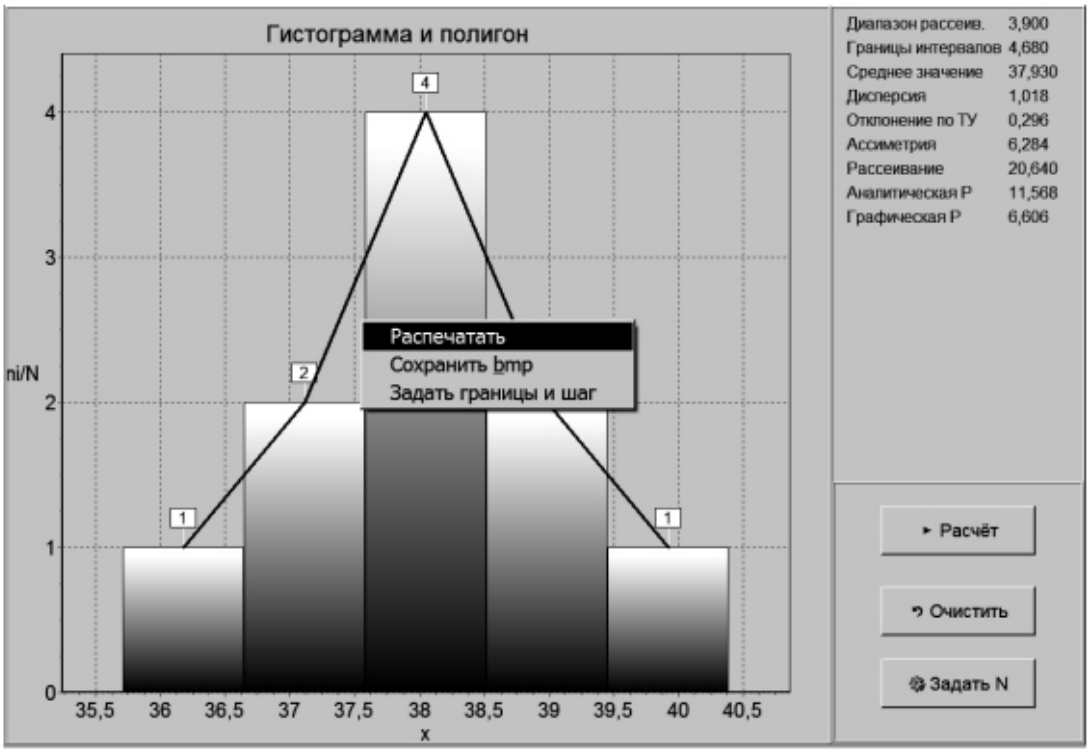


Рис. 6.8. Окно программы для сохранения (и реализации других функций) гистограммы и полигона

Для импорта файла, полученного этой программой в Excel, необходимо выполнить следующее: 1) запустить Excel; 2) выполнить открытие файла, предварительно указав тип файла – «Текстовые файлы (*.prn;*.txt;*.csv)»; 3) в появившемся Мастере импорта указать формат данных «с разделителями» и выбрать формат файла «Windows ANSI»; 4) нажать «далее»; 5) поставить галочку, что символом-разделителем является точка с запятой; 6) нажать «Далее», а затем «Готово». После указанных действий полученную таблицу можно поместить в отчёт. Содержание отчёта 1. Название и цель лабораторной работы. 2. Эскиз детали партии изделий. 3. Результаты измерений параметров деталей партии изделий (в виде таблицы). 4. Результаты расчётов измерений (в виде таблицы). 5. Построенные по результатам измерений гистограмма и полигон распределения

погрешностей. 6. Результаты определения вероятности соблюдения заданного допуска графическим и аналитическим методами. 7. Вывод о полученных результатах при измерении параметров партии изделий по соблюдению заданного допуска и технологическом процессе изготовления деталей, используемых в лабораторной работе.

Контрольные вопросы

1. Чем определяется точность параметров радиоэлектронных средств?
2. Что называется производственной погрешностью?
3. От каких дестабилизирующих факторов зависят производственные погрешности?
4. Как выполняется расчёт допусков на параметры компонентов РЭС?
5. Какие виды производственных погрешностей Вы знаете?
6. Какими методами исследуются производственные погрешности?
7. В чём заключается метод кривых распределения при оценке производственных погрешностей?

Практическая работа №45. Создание конструкторско-технологического образа РЭК.

Цель работы: Создание конструкторско-технологического образа радиоэлектронного компонента как библиотечного элемента принципиальной электрической схемы.

Задание на практическую работу:

1 Ознакомиться с чертежом РЭК.
2 Определить вариант установки РЭК на печатной плате.
3 Вычертить РЭК.
4 Ввести тип РЭК, атрибуты, точку привязки.
5 Сохранить РЭК как библиотечный элемент (файл .prt).
6 Подготовить отчет.

Ход работы

Конструкторско-технологический образ создается на основании чертежа РЭК. Конструкторско-технологический образ представляет собой посадочное место (набор контактных площадок) и корпус (вид сверху) компонента. Корпус изображается упрощенно по габаритным размерам. Диаметр отверстия и КП для штыревого вывода выбирается из таблицы 2 (все размеры в таблице приведены в миллиметрах). Для возможности пайки РЭК поверхностного монтажа размеры планарной КП под компонент увеличивают относительно максимальных размеров металлизированной контактной поверхности по длине на 0,3 мм в обе стороны, по ширине – на 0,1 мм, тоже в обе стороны (если есть возможность, чтобы зазор между КП был не менее 0,2мм). При создании конструкторско-технологического образа РЭК можно использовать библиотеки P-CAD-2002: Pcdmain.lib, Pcbconn.lib, Pcbsmt.lib. В одной из указанных библиотек надо выбрать подходящий корпус и доработать его в соответствии с принятым в России стандартом (например, ОСТ 4.ГО.010.030).

Таблица 2

Диаметр вывода, не более	Номинальный диаметр металлизированного отверстия	Минимальный диаметр КП
0,4	0,6	1,1
0,5	0,8	1,3
0,7	1,0	1,5
0,8	1,3	1,8
1,0	1,5	2,0
1,2	1,8	2,3
1,5	2,0	2,5

Для создания конструкторско-технологического образа РЭК необходимо загрузить графический редактор Pattern Editor и выполнить следующие действия:

1) Установить метрическую систему единиц: Options/Configure – Units: mm.

2) Установить шаг координатной сетки – равный расстоянию между выводами.

3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid. Приблизить изображение на столько, чтобы было явно видно перемещение курсора по сетке.

4) Ввод типов КП.

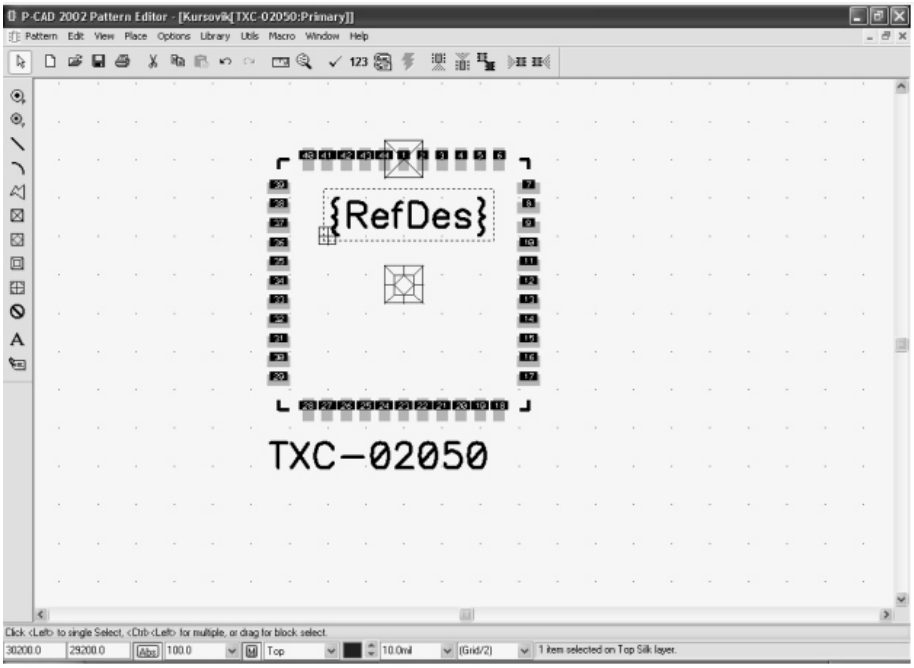


Рисунок - Интерфейс графического редактора Pattern Editor с файлом посадочного места РЭК - TXC-02050.pat на экране

Выбрать команду Options/Pad Styles.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

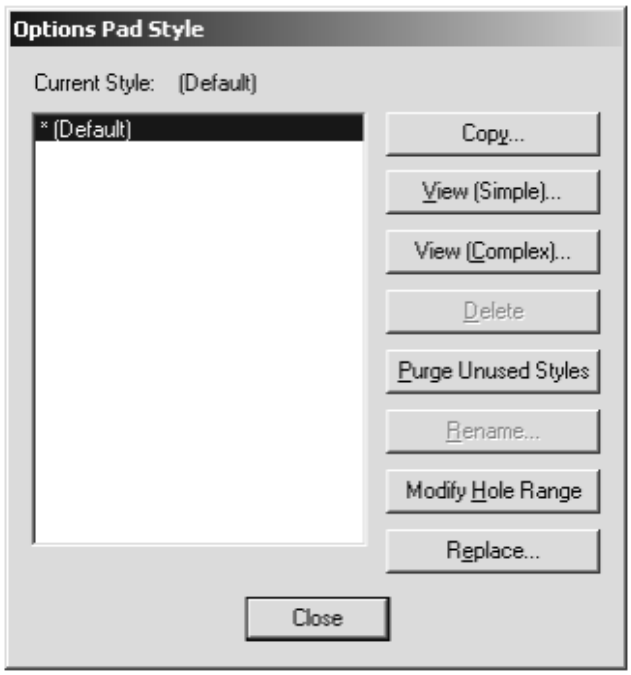


Рисунок - Создание типов контактных площадок

Нажать кнопку «Copy», ввести имя КП, установить курсор на новое имя КП, нажать кнопку «Modify (Simple)» и задать свойства КП.

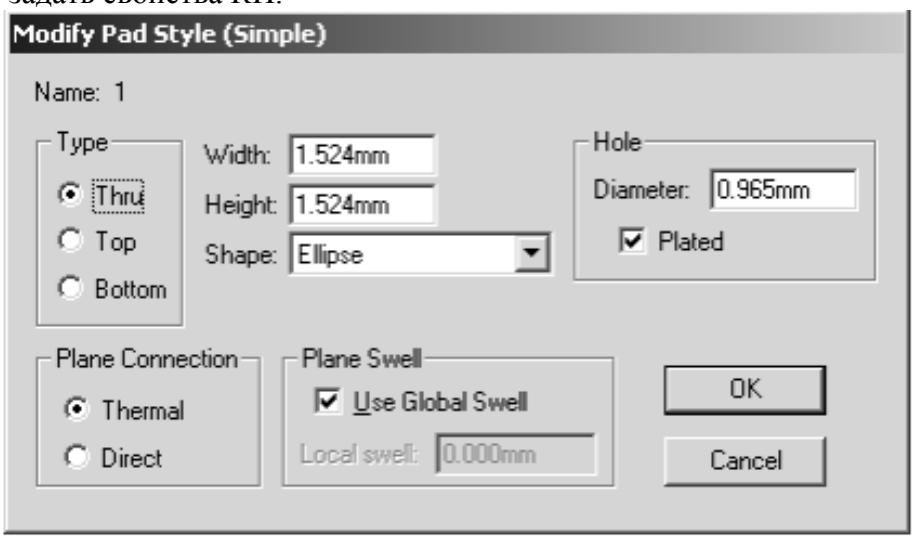


Рисунок - Редактирование параметров КП

Type: Thru - для штыревого вывода Top - для планарной КП с верхней стороны платы Bottom - для планарной КП с нижней стороны платы Snape (форма КП): Ellipse - круглая или эллиптическая Rectangle - квадратная или прямоугольная Width - ширина (координата по X) Height - высота (координата по Y) Hole - диаметр отверстия для штыревого вывода Plated - металлизация отверстия Создание посадочных мест и корпуса РЭК. а) выбрать слой Top активным, выбрать команду Place Pad на панели инструментов размещения, задать стартовый номер Starting Pad Number и инкремент (шаг увеличения номеров) Increment Pad Number, ввести необходимое количество КП (рисунок 29); б) выбрать слой Top Silk, командами Place Line и Place Arc чертить корпус РЭК, толщина линий 0,1 мм (установить в строке состояний перед вводом объектов). Для МС необходимо обозначить ключ около первого вывода (для оформления сборочного чертежа), ключ изображается в виде скоса, окружности и т.п. в слое Top Silk, размещается ключ внутри корпуса.

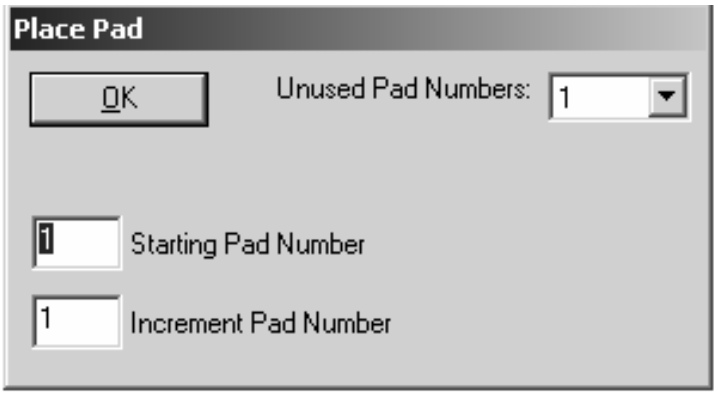


Рисунок - Параметры размещения КП

Ввести необходимые атрибуты командой Place Attribute: а) выбрать категорию Component и наименование Type, ввести значение атрибута в поле Value, разместить в рабочем поле под корпусом компонента; б) выбрать категорию Component, имя RefDes и нажать «OK» без ввода значения атрибута, разместить в рабочем поле над корпусом компонента, далее (в топологии ПП) в этом месте будет располагаться позиционное обозначение компонента; рекомендуемый шрифт: Font – Quality, Height – 1мм, Thickness – 0,1мм (без галочки Allow True Type).

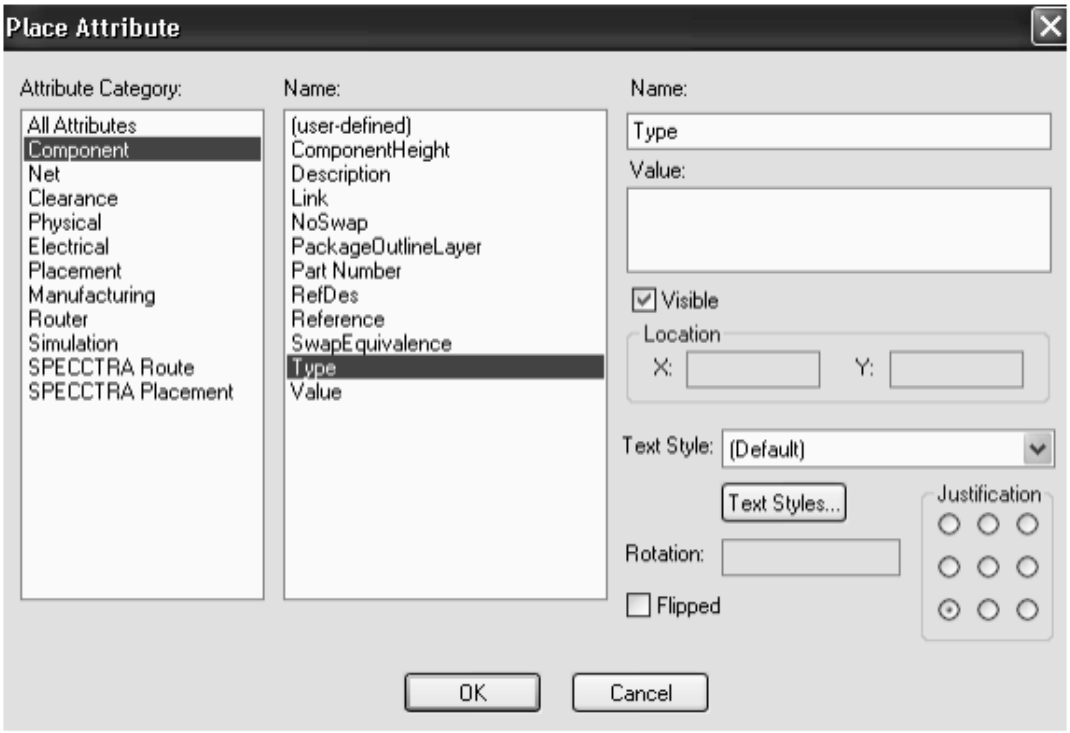


Рисунок - Параметры атрибутов в Pattern Editor

При плотной установке компонентов возможно неоднозначное чтение чертежа, если позиционное обозначение находится вне корпуса компонента. Поэтому рекомендуется атрибут RefDes располагать внутри изображения корпуса компонента, а атрибут Type там же или сразу под корпусом (см. рисунок 26); в) задать точку привязки командой Place Ref Point – отметить первый вывод. Точка привязки необходима для формирования топологии ПП; г) проверка: кнопка Validate Pattern на панели системных команд; д) сохранение файла: Pattern/Save To File. Создание конструкторско-технологического образа компонента с помощью Pattern Wizard (используется при созданииконструкторско-технологического образа МС): - создать новый файл; - нажать кнопку Pattern Wizard, задать свойства и параметры посадочных мест и корпуса: - тип корпуса – Pattern Type: - DIP с двухрядным расположением выводов (в т.ч. и планарных); - QUAD прямоугольной формы с расположением выводов по периметру ARRAY «массив выводов».

- число выводов по вертикали (для типа DIP полное количество выводов) – Number Of Pads Down;
- число выводов по горизонтали – Number Of Pads Across (для DIP не указывается); - расстояние между центрами КП (для типа DIP количество выводов по вертикали) – Pad To Pad Spacing (On Center);
- расстояние между рядами КП по горизонтали и вертикали – Pattern Width и Pattern Height (для типа DIP данный параметр не задается);
- положение первого (ключевого) вывода – Pad 1 Position;
- тип КП – Pad Style: - первого вывода Pin 1;
- остальных выводов Over; - сверху вниз Top & Bottom;
- слева направо Left & Right; - Rotate – разворот КП на 90°.

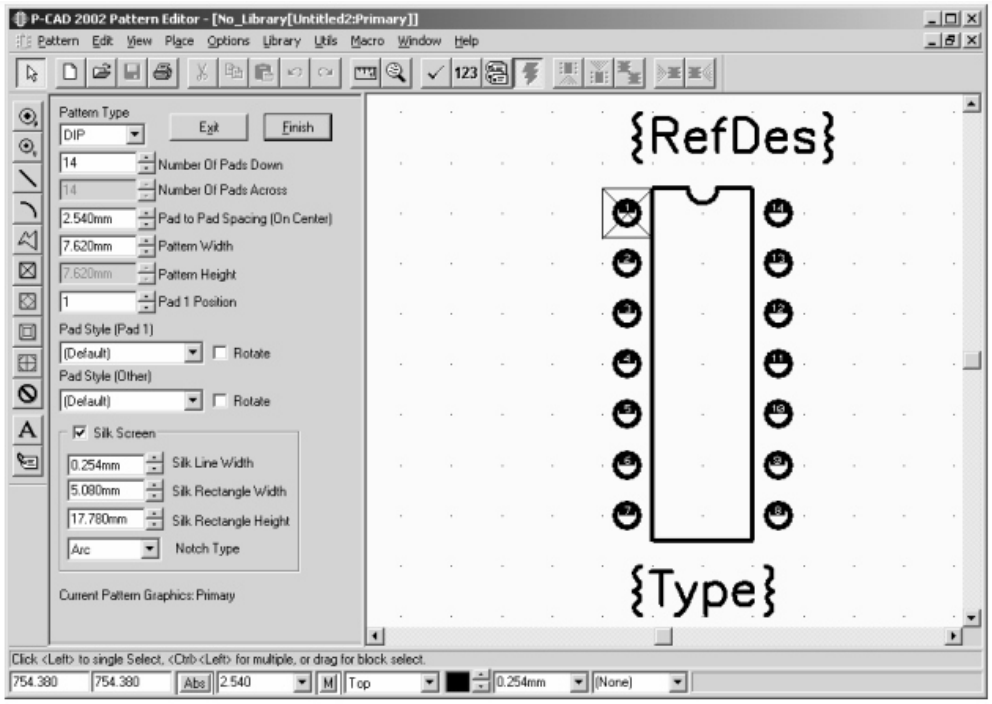


Рисунок - Интерфейс мастера создания посадочного места РЭК

- графика корпуса задается группой параметров Silk Screen (можно отключить флажок и начертить корпус вручную);
- толщина линии – Silk Line Width; - параметры Silk Rectangle Width и Silk Rectangle Height определяют ширину и высоту прямоугольника, изображающего корпус;
- в списке Notch Type выбирается тип изображения ключа;
- создать образ нажатием кнопки Finish; - точка привязки автоматически устанавливается в центр первой КП;
- при необходимости доработать изображение с помощью команд Place Line и Place Arc; - ввести тип РЭК (в поле Value) в свойствах {Type}.

Контрольные вопросы

1 Что представляет собой конструкторско-технологический образ?
2 С какой целью создается конструкторско-технологический образ РЭК?
3 Какие бывают контактные площадки, в чем их различия?
4 В какой подпрограмме создается конструкторско-технологический образ РЭК?
5 Что такое слои в P-CAD и для чего они предназначены?
6 В каких слоях создается конструкторско-технологический образ?

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическая работа №46. Разработка конструкторской документации для изготовления печатного узла.

Цель работы : разработка электрической принципиальной схемы в САПР DIP Trace, ее трассировка. 2

Основные сведения из теории

DipTrace – САПР для проектирования печатных плат. В пакет включено четыре программы: Schematic – разработка принципиальных схем; PCB Layout – разводка плат, ручная и автоматическая трассировка; ComEdit – редактор корпусов; SchemEdit – редактор компонентов.

Программа САПР DipTrace входят редакторы: – Pattern Editor (Редактор корпусов) предназначен для создания новой или дополнения существующей библиотеки корпусов, которая имеет расширение .lib. Корпус (который может также иметь названия конструкторско - технологический образ (КТО) или посадочноеместо) содержит изображение корпуса ЭРЭ по его габаритным размерам, вид и размеры установочных (контактных площадок), необходимые обозначения. – Component Editor. (Редактор компонентов) предназначен для создания новой или дополнения существующей библиотеки компонентов, которая имеет расширение .eli.

Для каждого ЭРЭ создается условное графическое изображение (УГО или "символ") по размерам, определенным ГОСТ.... и. Символу выбирается корпус из файла библиотеки корпусов (.lib) и задаются связи между выводами. – Schematic (Схемотехника) дает возможность разместить компоненты, объединить их в схему, проверить правильность соединений. – PCB Layout позволяет создать или экспортировать очертания платы, разместить компоненты, задать правила проектирования, трассировать вручную или с помощью автотрассировщика.

Задание для самостоятельного выполнения

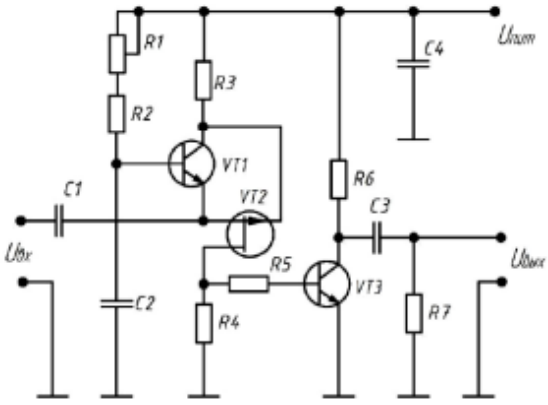
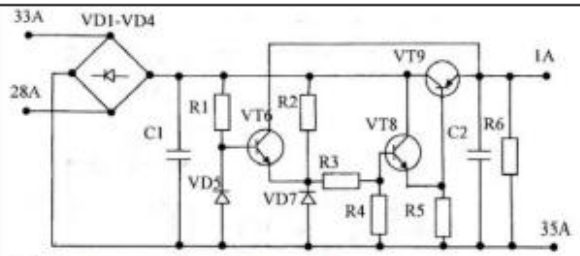
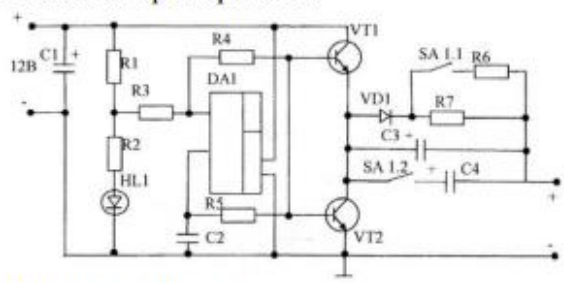
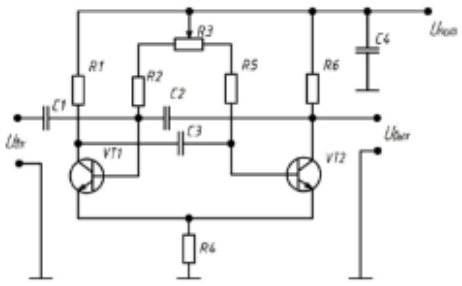
1. Создать электрическую принципиальную схему согласно заданию. 2 Выполните трассировку печатной платы.

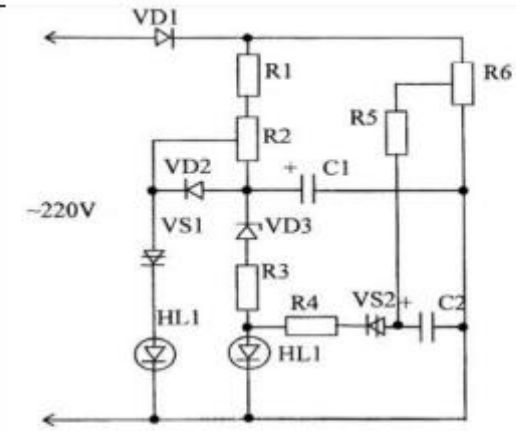
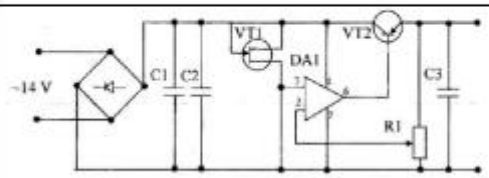
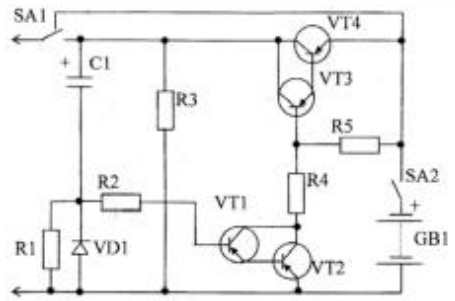
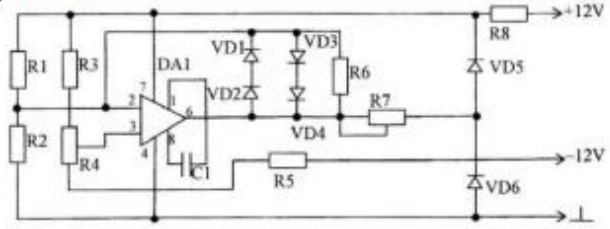
Контрольные вопросы

1. Что такое электрическая принципиальная схема?
2. Что такое трассировка печатной платы?
3. Что такое трассировка печатной платы? 4
. Как выполняется трассировка печатной платы?
5. Какие способы выполнения трассировки печатной платы в DipTrace существуют?

Таблица 1 – Варианты заданий

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Вариант	Наименование. Схема электрическая принципиальная	Элементы
1	 Формирователь задержанных импульсов	C1 – К10-17а-Н90-1 нФ C2 – К10-17а-Н90-2,2 нФ C4 – К10-17а-М47-0,1 пФ C3 – К10-62а-М750-10 нФ R1 – СП3-19а-0,5-10 кОм R2 – С2-33Н-0,125-100 кОм R3 – С2-33Н-0,125 – 30 кОм R4 – С2-33Н-0,125-4,7 кОм R5 – С2-33Н-0,125-3,3 кОм R6 – С2-33Н-0,125-2 кОм R7 – С2-33Н-0,125-10 кОм VT1, VT3 – КТ315 VT2 – КП103
2	 Стабилизатор напряжения	VD1 – VD5, VD7 – Д226Б VT6, VT8 – МП40 VT9 – П216В R1 – 0,25 Вт-10 кОм R6 – 0,5 Вт-1,5 кОм C1 – К50-16-100 мкФ-16 В C2 – К50-12-100 мкФ-12 В
3	 Зарядное устройство	R1 – 1 кОм; R2 – 750 Ом; R3 – 47 кОм; R4 – 100 кОм; R5 – 470 кОм; R6 – 30 Ом; R7 – 130 Ом DA1 – К553УД2 C1 – К50-35 47 мкФ-16 В C2 – КМ6-0,22 мкФ C3 – К50-16-20 мкФ-16 В C4 – К50-16-30 мкФ-16 В HL1 – АЛ307Б; VT1 – КТ815Б VT2 – КТ361Б; VD1 – КД105Б
4	 Генератор прямоугольных импульсов	C1 – К10-17-1нФ C2, C4 – К10-17-0,1мкФ C3-33 К10-17 нФ R1, R6-2 кОм; R2, R5 – 10 кОм; R4 – 200 Ом R3 – СП3-19а-0,125 10 кОм; VT1, VT2 – КТ3102

5	 Сигнализатор изменения напряжения	C1 – К50-35 22 мкФ-16 В C2 – К50-35 4,7 мкФ-50 В HL1, HL2 – АЛ307А VD1 – Д226Б; VD2 – Д226Б R1 – 2 Вт-7,5 кОм R3 – R5 – 0,25 Вт-150 Ом; R6 – 0,25 Вт-100 кОм R2 – СП3-19а 7,5 кОм Динисторы VS1, VS2 – КН102В VD3 – КС147А
6	 Стабилизатор напряжения	C1, C2 – К50-35-10 мкФ-16 В DA1 – КР140УД7 VD1 – VD4 – Д237Б VD5 – Д814Г VT1 – КП303И VT2 – КТ315 (КТ837)
7	 Таймер	R1 – 4,7 МОм; R2 – 1,3 МОм; R3 – 6,8 кОм; R4 – 15 кОм; R5 – 18 кОм C1 – К50-16-500 мкФ-16 В VT1, VT2 – КТ315 В VT3, VT4 – КТ361Б SA1 – ПД9-2
8	 Индикатор тока	DA1-К153УД2 VD1-VD4-Д223Б VD5, VD6-КС133А R1 – R3, R5 – 0125 Вт-5,1 кОм R6-0,125 Вт-100 Ом; R8 – 0,5 Вт-390 МОм R4 – СП0-0,5-2,2 кОм R7 – СП0-0,5-51 кОм

Практическая работа №47. Разработка технологического процесса сборки печатного узла.

Цель работы: выполнить анализ сборочного состава блока и разработать технологический процесс сборки блока электронного средства.

Краткие теоретические сведения

Согласно рекомендациям Р 50-54-93-88 осуществляется разработка технологических процессов сборки и монтажа блока электронного средства на предприятиях.

Основные этапы сборки и монтажа блока ЭС определяются в соответствии с видом изготавливаемого блока и типом производства.

Разработка технологического процесса сборки и монтажа блоков электронных средств является одним из основных этапов технологической подготовки производства изделия ЭС и включает следующие направления:

1. Анализируются исходные данные на разработку блока ЭС, выполняется подробное изучение технического задания на разработку изделия, конструкторской документации, осуществляется расчёт и анализ технологичности конструкции блока ЭС, определяются объём выпуска изделия и тип производства.

2. Выбор типового технологического процесса (ТП) - выбирается код изделия по классификатору, изделие относится к определённой классификационной группе. Для данной классификационной группы проводится выбор типового технологического процесса сборки и монтажа блока, а также при сборке применяется использующийся на предприятии технологический процесс.

3. Для разработки технологической схемы сборки блока осуществляется выбор состава деталей и сборочных единиц изделия, комплектующих: печатных плат, интегральных микросхем, электрорадиоэлементов. Определяется способ сборки и монтажа блока ЭС: с базовой деталью или веерного типа. При способе с базовой деталью выбирается базовая деталь или сборочная единица. В соответствии с этим осуществляется разработка схемы технологического процесса сборки блока.

4. При разработке маршрутного технологического процесса устанавливается последовательность выполнения технологических операций, проводится выбор технологического оборудования и оснастки. Разрабатывается техническое задание при необходимости заказа нового оборудования.

5. Разрабатываются технологические операции: выбирается структура операции и определяется её точность; создаются последовательности переходов при выполнении технологических операций, схемы базирования деталей при монтаже и сборке блока электронного средства; выполняется расчёт и анализ применяемых режимов и определяется уровень загрузки оборудования.

6. Проводится технико-экономическое обоснование разрабатываемых технологических процессов сборки блока и технологических операций, по результатам которого определяются оптимальные варианты по выбранным критериям: технологической себестоимости и трудоёмкости, а также устанавливается разряд работ в соответствии с классификатором профессий и разрядов.

7. Для обеспечения техники безопасности технологического процесса сборки и монтажа блока электронного средства необходимо определить требования по вибрации, радиации, шуму, способы защиты от влияния опасных веществ, применять наиболее эффективные методы сохранения экологической среды.

8. Разработка последовательности технологических операций, маршрутного и операционного технологических процессов, изложенных, соответственно, в маршрутных и операционных картах, технологической документации в полном объёме согласно требованиям.

9. Если при реализации технологического процесса необходимо применение специальной оснастки, то разрабатывается техническое задание с указанием точности приспособлений, числа заготовок и метода их закрепления, схем базирования заготовок и погрешностей базирования.

Существуют два способа реализации технологических процессов сборки блока электронного средства: схемы с базовой деталью и веерного типа.

При разработке технологических процессов сборки первоначально составляется схема сборочного состава блока ЭС, при этом указываются сборочные единицы, детали и уровень их сложности.

В технологической схеме с базовой деталью определяется базовая деталь, на которую в процессе сборки устанавливаются все детали, сборочные единицы и остальные комплектующие блока. Для модулей первого уровня базовой деталью служит печатная плата (ПП). В модулях второго уровня в качестве базовой детали применяются каркас, рамка, основание и др.

Преимуществом схемы с базовой деталью является указание наименования технологических операций при сборке и монтаже блока ЭС, а также последовательности осуществления технологического процесса сборки изделия.

Схема технологического процесса сборки веерного типа показывает этапы сборки, состав конструкции блока ЭС, наименование и число деталей и сборочных единиц, но не отражает название технологических операций при сборке и монтаже блока и последовательность их выполнения.

На рисунке 2.1 представлена структурная схема технологического процесса сборки блока электронного средства с базовой деталью, а па рис. 2.2 - структурная схема технологического процесса сборки блока ЭС веерного типа.

На рисунках 2.1 и 2.2 в схемах технологических процессов сборки блоков электронных средств приняты следующие обозначения: *S* - название сборочной единицы, *m* - номер позиции в ведомости спецификации, *n* - число сборочных единиц и деталей, *D* - обозначение детали в соответствии с ГОСТом и сё наименование.

В приложении В представлен сборочный чертёж блока электронного средства - усилителя мощности. В приложении Д приведён пример спецификации комплектующих элементов сборочного чертежа блока регулирования температуры.

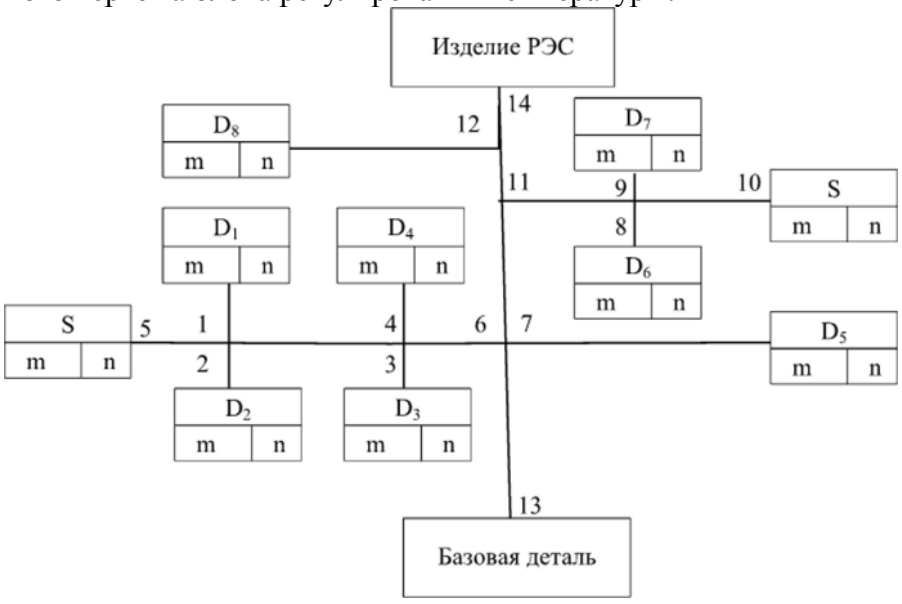


Рис. 2.1. Структурная схема технологического процесса сборки блока ЭС с базовой деталью

Проводится регулировка и настройка блока с последующим покрытием лаком в соответствии с техническими требованиями к блоку электронного средства. На заключительном этапе выполняется покраска и маркирование блока.

Последовательность выполнения типового технологического процесса сборки функционального узла электронного средства на печатной плате (печатный узел) приведена на структурной схеме (рис. 2.3).

Для автоматизации процессов сборки при комплектации компоненты (интегральные микросхемы и элсктрорадиоэлсмснты) помещаются в специализированные кассеты.

По электрическим параметрам и механической прочности, по геометрическим размерам, внешнему виду, форме проводится входной кон-троль интегральных микросхем и электрорадиоэлементов.

Процедура подготовки печатных плат к монтажу включает следующие технологические операции: промывка печатных плат, контроль печатного монтажа и паяемости, маркировка платы.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Подготовка электрорадиоэлементов к монтажу заключается в обрезке и рихтовке их выводов, формировании требуемого профиля выводов и лужении. При реализации указанных технологических операций применяются соответствующие средства автоматизации и механизации.

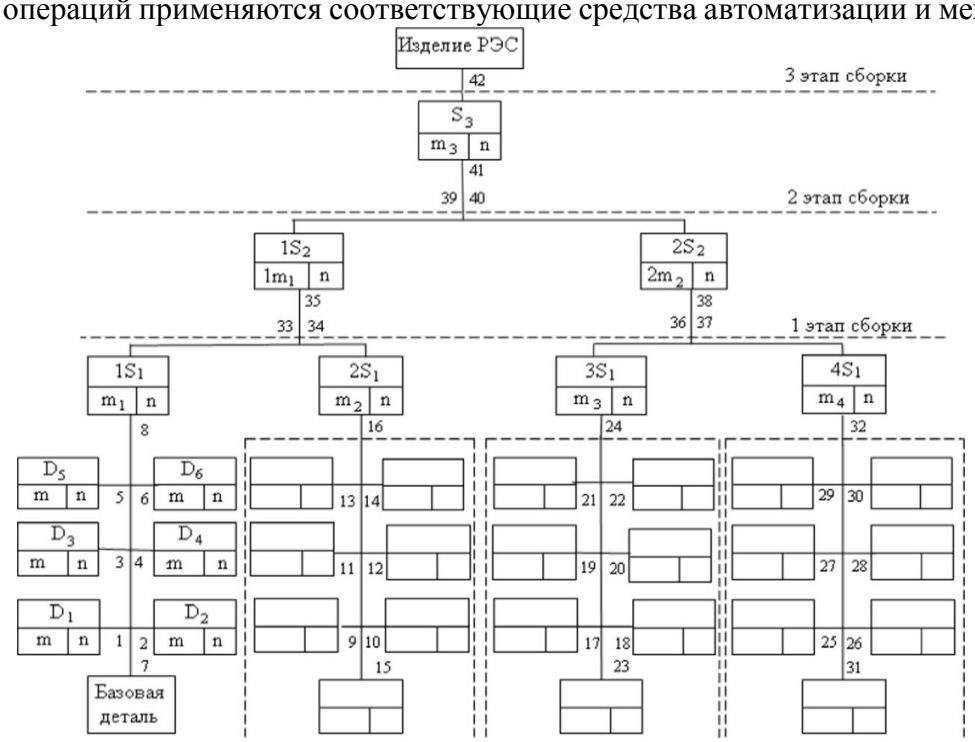


Рис. 2.2. Структурная схема технологического процесса сборки блока ЭС веерного типа

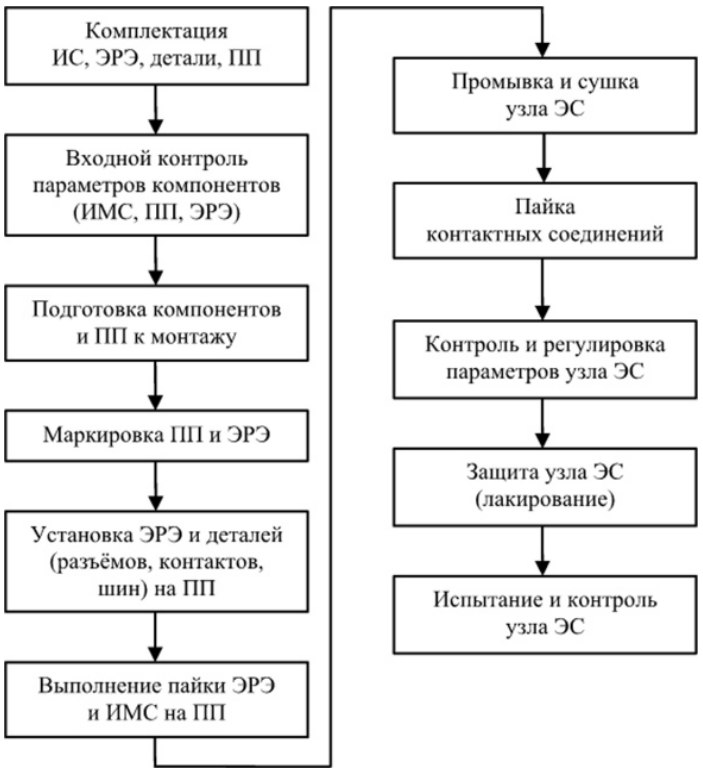


Рис. 2.3. Структурная схема последовательности выполнения типового технологического процесса сборки узла ЭС

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Установка интегральных микросхем и электрорадиоэлементов и выполнение их контактных соединений на печатных платах проводятся метолом расплавленного припоя при действии импульсного или постоянного нагрева области контакта. Для выполнения контактных соединений применяются автоматы и полуавтоматы непрерывной пайки, механизированная пайка волной припоя.

Применение специализированного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) применяется для автоматизированной установки интегральных микросхем, электрорадиоэлементов и деталей. В этом случае необходимо обеспечить автоматизированную подачу электронных элементов при их установке на печатную плату в технологических кассетах соответствующего типоразмера и номинала, с ориентацией по ключу интегральных микросхем с помощью транспортёра.

Для удаления продуктов пайки и флюса на механизированных конвейерных линиях применяются технологические операции промывки и сушки функциональных узлов электронных средств.

На этапе выпуска изделий применяются измерительные электронные приборы, специальная аппаратура, испытательные стенды и системы автоматического контроля для испытания и контроля узлов электронных средств.

При разработке схемы технологического процесса сборки блока или функционального узла предусмотрено обозначение следующих технологических операций: механическое соединение - склеивание, расклепка, свинчивание и др., монтаж электрический - сварка, накрутка, пайка и др.; герметизация и контроль - лакирование, сушка, промывка и др.

В прямоугольниках па схеме технологического процесса сборки изделия обозначаются электрорадиоэлементы, интегральные микросхемы, детали, технологические операции. Указывается их наименование, согласно спецификации приводится номер соответствующей позиции, число электрорадиоэлементов и деталей, название выполняемой технологической операции.

На рисунке 2.4 представлена схема технологического процесса сборки с базовой деталью функционального узла на печатной плате. Схема технологического процесса отражает последовательность выполнения технологического процесса установки деталей, элсктрорадиоэлсмснтов и интегральных микросхем на базовую деталь, которой является печатная плата.

Маршрутный технологический процесс сборки блока электронного средства разрабатывается в соответствии со схемой технологического процесса сборки блока веерного типа или с базовой деталью. Описание маршрутного технологического процесса и последовательность его выполнения приводятся в маршрутных картах (МК), которые разрабатываются согласно ГОСТ 3.1118-82.

Маршрутная карта является основным технологическим документом для маршрутного изложения технологического процесса при детальном описании технологических операций и технологической последовательности их выполнения. Форма маршрутной карты выбирается в зависимости от типа технологического процесса, значимости формы МК в разрабатываемом комплекте технологических документов, а также от используемых способов и систем автоматизированного проектирования документов.

В обозначении технологических операций в маршрутной карте указывается её код (А, Б, О, Т, М), номер (№), наименование, состав и подробное описание последовательности выполнения операций.

Маршрутная карта содержит адресную информацию с указанием номера участка (участок), цеха (цех), операции (Опер), рабочего места (РМ).

В маршрутной карте в форме с горизонтальным расположением обозначены следующие служебные символы:

А - номер рабочего места, участка, цеха, в которых проводится технологическая операция, её название, код и номер, наименование документации, используемой при выполнении операции;

Б - название и код оборудования, полученная информация по трудозатратам на операцию;

О - описание технологической операции (перехода) и др., которые изложены в ГОСТ 3.1118-82;

Т - сведения об используемой технологической оснастке для реализации операции;

М - данные об употребляемом материале.

В маршрутной карте формы 5А представлены также обозначения кодов документов, оборудования и операций:

СМ - степень механизации;

Проф. - профиль и указанные размеры;

Р - разряд выполняемой работы;

КТС - код технологической операции но технологическому классификатору;

КР - число исполнителей работы;

КОИД - количество одновременно изготавливаемых или обрабатываемых деталей при выполнении технологической операции;

ТПЗ - норма времени подготовительно-заключительного;

ЕН - единица нормирования (нормы расхода используемых материалов или времени выполнения технологической операции);

ОПП - обозначение подразделения, которое поставляет комплектующие детали и компоненты (склад, кладовая);

ЕВ - код единицы величины;

КИ - число деталей и сборочных единиц изделия, применяемых при его разборке или сборке;

Нрас - норма расхода материала при изготовлении комплектующих изделия электронного средства.

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Выполнить анализ сборочный чертежа функционального узла на печатной плате, подготовленного к выполнению лабораторной работы 1.

2. Разработать схему технологического процесса сборки функционального узла на печатной плате.

3. Маршрутный технологический процесс сборки функционального узла описать в маршрутных картах, составленных по форме 5А, образец которых приведён в прил. 3.

4. Провести анализ сборочного состава блока: деталей и сборочных единиц, методы их соединения и крепления в соответствии со сборочным чертежом блока.

5. Разработать схему технологического процесса сборки блока электронного средства.

6. Маршрутный технологический процесс сборки блока ЭС привести в маршрутных картах, составленных по форме 5А, образец которых приведён в прил. 3.

7. Согласно разработанному технологическому процессу сборки функционального узла на печатной плате осуществить технологические операции:

а) выполнить комплектацию интегральных микросхем и электрорадиоэлементов согласно варианту электрической схемы;

б) провести входной контроль для проверки качества интегральных микросхем и электрорадиоэлементов;

в) осуществить подготовку интегральных микросхем и электрорадиоэлементов к монтажу в соответствии со способом их установки на печатную плату, установку проводить по ОСТ 45.010.030-93;

г) провести маркировку печатной платы и компонентов;

д) пайка интегральных микросхем и электрорадиоэлементов выполняется по следующей методике: на место установки компонентов наносится флюс, рабочей частью стержня паяльника берётся припой, затем стержень паяльника прикладывается к месту соединения компонентов на 3...5 с до момента обеспечения качественной пайки;

е) изготовленный печатный узел электронного устройства промывается и сушится на специальном оборудовании.

Содержание отчёта

1. Схема технологического процесса сборки функционального узла устройства, входящего в состав изготавливаемого блока электронного средства.
2. Схема технологического процесса сборки блока ЭС с базовой деталью или веерного типа.
3. Маршрутный технологический процесс сборки функционального узла электронного устройства на печатной плате, изложенный в маршрутных картах по форме 5А.
4. Маршрутный технологический процесс сборки блока электронного средства, приведённый в маршрутных картах по форме 5А.

К отчёту по данной лабораторной работе студент должен изготовить и представить макет собранного функционального печатного узла.

Контрольные вопросы

1. Назовите перечень этапов технологического процесса сборки и монтажа блока электронного средства.
2. Что необходимо выполнить при комплектации компонентов для сборки блока электронного средства?
3. Как необходимо осуществить подготовку печатных плат к монтажу интегральных микросхем и электрорадиоэлементов?
4. Поясните правила выполнения контактных соединений интегральных микросхем и электрорадиоэлементов на печатной плате.
5. Какие существуют правила контроля и испытания блока электронного средства?
6. В чём заключается технологический контроль сборки функционального печатного узла?
7. Назовите типы технологических процессов сборки блока электронного средства.
8. Чем отличается технологический процесс сборки блока с базовой деталью от техпроцесса сборки веерного типа?
9. Назовите вид технологической документации для описания технологического процесса сборки блока электронного средства.
10. Чем отличаются маршрутные карты для описания технологических процессов?

Практическая работа №48. Конструкторское проектирование печатной платы.

Цель работы:

1. Выбор типа конструкции ПП.
2. Приобретение практических навыков трассировки ПП.
3. Оформление чертежа ПП в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Исходные данные:

1. Схема электрическая принципиальная (Э3) функционального узла, для которого разрабатывается ПП.
2. Перечень элементов схемы электрической принципиальной (ПЭ3).
3. Группа электрорадиоаппаратуры, для которой разрабатывается ПП, по объекту установки – стационарная.
4. Группа жесткости при климатических воздействиях 1(2).
5. Способ закрепления ПП в модуль более высокого конструктивного уровня.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Порядок выполнения работы:

1. Получить вариант задания.
2. Проанализировать схему электрическую принципиальную.
3. Выбрать тип конструкции ПП, класс точности и шаг координатной сетки.
4. Выбрать материал основания ПП.
5. Выбрать габаритные размеры ПП, определив: · суммарную установочную площадь электрорадиоэлементов (ЭРЭ); · площадь ПП; · длину и ширину ПП.
6. Определить параметры элементов печатного монтажа (ширину проводника, расстояние между соседними элементами проводящего рисунка и т.д.) по ГОСТ 23751-86.
7. Проанализировать элементную базу и определить диаметры монтажных отверстий, контактных площадок и т.д.
8. Выбрать метод изготовления ПП.
9. Выполнить трассировку ПП, определив установочные и габаритные размеры навесных ЭРЭ.
10. Оформить конструкторскую документацию на ПП.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Чертеж ЭЗ и ПЭЗ (согласно варианту задания).
3. Расчет габаритных размеров ПП.
4. Чертеж ПП (трассировка).
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какова последовательность конструкторского проектирования ПП?
2. Какие исходные данные необходимы для конструкторского проектирования ПП?
3. Как элементная база влияет на выбор конструкции ПП?
4. Как выбирают или рассчитывают типоразмер ПП?
5. От чего зависят ширина проводника и расстояние между проводниками?
6. Как выбирают класс точности ПП?
7. Каковы состав и последовательность изложения технических требований на чертеже ПП?

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Печатная плата (ПП) – изделие, состоящее из плоского изоляционного основания с отверстиями, пазами, вырезами и системой токопроводящих полосок металла (проводников), которое используют для установки и коммутации электрорадиоэлементов и функциональных узлов в соответствии с электрической принципиальной схемой. Для проектирования ПП необходимо иметь схему электрическую принципиальную, перечень элементов и данные о размерах и форме каждого элемента. ОСТ 4.010.022-85 рекомендует следующую последовательность конструирования: · определение условий эксплуатации, выбор группы жесткости; · выбор класса точности ПП; · выбор конструкции, размеров и конфигурации ПП; · выбор материала основания; · выбор конструктивного покрытия; · размещение элементов и трассировка печатных проводников; · маркировка; · разработка конструкторской документации. Условия эксплуатации оговариваются в задании. В зависимости от климатических факторов по ГОСТ 23752-79 выбирают группу жесткости, определяющую соответствующие требования к конструкции ПП, используемому материалу, применению дополнительной защиты от внешних воздействий (табл. 1).

Таблица 1 Группы жесткости печатных плат

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Воздействующий фактор	Группа жесткости			
	1	2	3	4
Температура окр. среды, °С	–25…+25	–40…+85	–60…+100	–60…+120
Относит. влажность, %	75	93	98	98
Давление кПа, мм рт.ст.	101 (760)	53,6 (400)	53,6 (400)	0,67 (5)

Класс точности выбирается в соответствии с рекомендациями ОСТ 4.010.022-85. ГОСТ 23751-86 устанавливает пять классов точности ПП, каждый из которых характеризуется наименьшими номинальными значениями основных параметров для узкого места – участка ПП, на котором элементы печатного проводящего рисунка и расстояние между ними могут быть выполнены только с минимально допустимыми значениями (табл. 2). Таблица 2 Наименьшее номинальное значение основных параметров для классов точности ПП

Условное обозначение	Номинальное значение основных размеров для класса точности				
	1	2	3	4	5
t, мм	0,75	0,45	0,25	0.15	0,10
S, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
b, мм	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
γ*	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20

Примечание. t – наименьшая номинальная ширина проводника; S – наименьшее номинальное расстояние между проводниками; b – минимально допустимая ширина контактной площадки; γ* – отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине ПП. Для свободного места указанные значения допускается устанавливать по любому более низкому классу, а для первого класса – увеличивать в два раза. Печатные платы 1-го и 2-го классов точности наиболее просты в исполнении, надежны в эксплуатации, имеют минимальную стоимость и применяются в случае малой насыщенности поверхности ПП дискретными элементами и микросхемами малой степени интеграции. Для ПП 3-го класса точности необходимо использовать высококачественные материалы, более точный инструмент и оборудование и применять для микросхем со штыревыми и планарными выводами при средней и высокой насыщенности поверхности ПП элементами. Для ПП 4-го и 5-го классов используются специальные материалы, прецизионное оборудование и требуются особые условия для их изготовления. ПП 4-го класса применяются при высокой насыщенности поверхности ПП микросхемами с выводами и без них, ПП 5-го класса применяются при очень высокой насыщенности ПП элементами с выводами и без них. По ГОСТ 23751-86 предусмотрены следующие типы конструкции ПП: · односторонние печатные платы (ОПП); · двусторонние ПП (ДПП); · многослойные ПП (МПП); · гибкие ПП. В зависимости от сложности схемы, реализуемой на ПП, а также возможностей технологического оборудования и экономических критериев выбирают тип ПП: ОПП, ДПП или МПП. При выборе типа ПП следует учитывать, что трудоемкость изготовления ПП приблизительно оценивается пропорцией: ОПП:ДПП:МПП = 1:4:20. ОПП наиболее простые и дешевые, имеют малые коммутационные способности. В современных РЭС наиболее часто используют ДПП и МПП. При выборе размеров ПП необходимо придерживаться принципа – максимальное количество связей выполнять с помощью печатного монтажа. Габаритные размеры ПП не превышают установленных значений для следующих типов: особо малогабаритных – 60х90 мм; малогабаритных – 120х180 мм; крупногабаритных – 240х360 мм. Быстродействие, установочные размеры, эксплуатационные характеристики и т.п. также влияют на выбор размеров и конфигурации ПП. Линейные размеры ПП рекомендуется выбирать по ГОСТ 10317-79, они приведены в табл. 3.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Таблица 3 Линейные размеры ПП

Ширина, мм	Длина, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
20	30	60	90	100	120	140	150
	40		100		130		200
30	40		140	110	150	150	150
			160		170		170
40	60	75	75	120	120		180
45	75		90		140		200
	80		170		150	160	170
50	60	80	130		160		200
	80		140		170	170	180
	100	90	90		180		200
	150		120		200		280
60	60		150	130	200	200	360
	80		170				

ГОСТ 10317-79 рекомендует использовать платы прямоугольной формы, размеры каждой стороны печатной платы должны быть кратными 2,5; 5 или 10 при длине соответственно до 100, до 350 и свыше 350 мм. Максимальный размер любой из сторон не должен превышать 470 мм, соотношение сторон – не более 3 : 1. Данные ограничения обусловлены в основном возможностями технологического оборудования по изготовлению печатных плат. При необходимости возможно отклонение габаритов, соотношения сторон и формы ПП от рекомендуемых. Если габаритные размеры ПП не заданы, то необходимо: · выбрать (рассчитать) типоразмер ПП; · скомпоновать конструкторско-технологические зоны для размещения: – ЭРЭ; – элементов контроля; – элементов электрического соединения; – элементов крепления; – элементов фиксации ячейки в модуле; · выбрать толщину ПП. Выбор размеров ПП осуществляется ориентировочно. Исходными данными для расчета являются перечень элементов и установочные размеры изделий электронной техники (ИЭТ). Методика расчета следующая.

1. Суммарная площадь, занимаемая всеми ИЭТ:

$$S_C = \sum_{i=1}^{n} S_{yi},$$

где Syi – значение установочной площади i-го элемента, n – количество элементов.

Под установочной площадью ЭРЭ понимается площадь прямоугольника (квадрата), в которую вписывается ЭРЭ вместе с выводами и контактными площадками при установке его на ПП.

2. Приблизительная площадь печатной платы с учетом способа монтажа (односторонний, двусторонний):

$$S_{ПП} = \frac{S_C}{k_з \cdot m} + S_{всп},$$

Библиотека

где kз – коэффициент заполнения платы печатной (0,3–0,8),
m – количество сторон монтажа (1, 2),
Sвсп – вспомогательная площадь для элементов крепления, элементов контроля и т.д.

Зная площадь ПП и задавая соотношение сторон ПП, можно определить ее размеры по ГОСТ 10317-79. Предельные отклонения на сопрягаемые размеры контура ПП должны быть не выше 12 квалитета, а на несопрягаемые – не выше 14 квалитета по ГОСТ 25347-82. Материал основания ПП выбирают по ТУ на материалы конкретного вида и ГОСТ 10316-78, с учетом электрических и физико-механических параметров ПП во время и после воздействия механических нагрузок, климатических факторов и химических агрессивных сред в процессе производства и эксплуатации, обеспечения автоматизации процесса установки ЭРЭ. Выбор материала ПП также зависит от технологии изготовления ПП. Материалы, рекомендуемые для изготовления печатных плат, приведены в табл. 4.

Таблица 4 Материалы, рекомендуемые для изготовления печатных плат

Наименование	Марка	Тип печатной платы	Метод изготовления
Фольгированный гетинакс	ГФ-1-35 ГФ-2-35 ГФ-1-50 ГФ-2-50	ОПП и ДПП	Химический
Фольгированный стеклотекстолит	СФ-1-35 СФ-2-35 СФ-1-50 СФ-2-50 СФ-1Н-50 СФ-2Н-50 СФ-1-35Г СФ-2-35Г СФ-1-50Г СФ-2-50Г СФ-1Н-50Г СФ-2Н-50Г		Комбинированный позитивный, химический
Фольгированный стеклотекстолит повышенной нагревостойкости	СФПН-1-50 СФПН-2-50	ОПП и ДПП с повышенной нагревостойкостью	Комбинированный позитивный, химический
Стеклотекстолит	СТЭФ-1-2ЛК	ДПП	Электрохимический
Стеклотекстолит листовой с адгезионным слоем	СТЭК		
Фольгированный тонкий диэлектрик	ФДМ-2	Гибкая печатная плата (ГПП)	Комбинированный позитивный, химический
Теплостойкий фольгированный стеклотекстолит	СТФ-1 СТФ-2	ДПП, ГПП, МПП	Комбинированный позитивный, металлизация сквозных отверстий
Фольгированный травящийся стеклотекстолит	ФТС-1 ФТС-2	МПП и ГПП	Металлизация сквозных отверстий
Прокладочная стеклоткань	СПТ-3 СПТ-4	МПП	
Фольгированный диэлектрик	Слофадит	ДПП	Комбинированный позитивный

Библиотека БГУИР

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Установлен размерный ряд значений толщины оснований ПП: – гибкие – 0,1–0,2–0,4; – жесткие – 0,8–1,0–1,5–2,0–3,0. Наиболее распространенная толщина оснований ПП лежит в пределах от 0,8 до 1,5 мм. При выборе толщины ПП учитывают метод изготовления и предъявленные механические требования. Для защиты ПП от внешних воздействий используют различные конструктивные покрытия. Их выбирают по ОСТ 4.ГО.014.000. Неметаллические покрытия применяют для защиты: · печатных проводников и поверхности основания ПП от воздействия припоя; · элементов проводящего рисунка от замыкания навесными ЭРЭ. Для этого используют защитные покрытия на основе эпоксидных слоев, холодных эмалей, оксидных пленок (например лак ЭП-730). Для улучшения паяемости и проводимости используют металлические покрытия (ХИМ.М.М240-С(66)10-12 опл., сплав Розе, палладий, медь и т.п.). Размещение элементов и трассировка печатных проводников называется топологическим проектированием печатной платы. Исходным параметром при конструировании ПП является шаг координатной сетки. С помощью координатной сетки регламентируются основные геометрические размеры печатных плат. Размещение отверстий и других элементов печатного рисунка производят относительно базы координат координатной сетки в соответствии с принятым при разработке печатного узла расположением навесных элементов и их выводов. Основной шаг линий, используемый в координатной сетке, равен 2,5 мм, допускаются вспомогательные шаги 1,25; 0,625 (0,5) мм (зависят от используемой элементной базы). Центры отверстий и контактных площадок располагают в узлах сетки. Центры монтажных отверстий под неформуемые выводы многовыводных ИЭТ, межцентровые расстояния которых не кратны шагу координатной сетки, следует располагать таким образом, чтобы в узле координатной сетки находился центр по крайней мере одного из монтажных отверстий. Отверстия ПП следует располагать таким образом, чтобы наименьшее расстояние между внешним контуром платы и краем отверстия было не менее толщины платы. Номинальные размеры диаметров металлизированных, неметаллизированых монтажных и переходных (служащие только для соединения проводящих слоев) определяются по ГОСТ 10317-79. Диаметры монтажных, переходных, металлизированных и неметаллизированных отверстий выбирают из ряда: 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0 мм (ГОСТ 10317).

Диаметр монтажного отверстия d0 выбирают исходя из таких условий: если диаметр вывода $d_в > 1$ мм, то $d0 = [d_в + (0,3 – 0,4)]$ мм; если $d_в < 1$ мм, то $d0 = [d_в + (0,2 – 0,3)]$ мм. На каждой плате рекомендуется предусматривать не менее двух технологических базовых отверстий с диаметром не менее 1,3 мм, расположенных в узлах координатной сетки по углам платы, которые могут быть использованы как крепежные отверстия. Количество типоразмеров любых отверстий на печатной плате из соображений технологичности и стоимости ПП обычно ограничивают тремячетырьмя. Переходным элементом от отверстия, в которое впаивается вывод устанавливаемого элемента, к печатному проводнику является контактная площадка. Контактные площадки выполняются прямоугольной, круглой или близкой к ним формы (круглые предпочтительнее). Минимальные размеры контактных площадок определяют исходя из номинального диаметра отверстия. В соответствии с международными рекомендациями минимальные размеры контактных площадок принимаются по табл. 5.

Таблица 5 Минимальные размеры контактных площадок

Номинальный диаметр отверстия, мм	Минимальный диаметр контактной площадки, мм	Номинальный диаметр отверстия, мм	Минимальный диаметр контактной площадки, мм
0,6	1,8	1,3	2,8
0,8	2,3	1,6	3,1
1,0	2,5	2,0	3,5

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Печатные проводники следует выполнять постоянной, как можно большей ширины и располагать равномерно, на как можно большем расстоянии от соседних элементов. Проводники обычно располагают параллельно линиям координатной сетки или под углом 45° к ним. На соседних проводящих слоях платы проводники располагаются во взаимно перпендикулярных направлениях для уменьшения перекрестных помех. Печатные проводники шириной более 3 мм выполняют с вырезами по правилам выполнения экранов. В узком месте печатные проводники следует выполнять наименьшей номинальной ширины на возможно меньшей длине. При создании печатных плат для электронных узлов РЭС обычно используется координатный способ разводки печатных проводников, предусматривающий ортогональные направления проводников на разных сторонах (смежных слоях) платы.

Для выполнения диагональных соединений и предотвращения нежелательного пересечения проводника с ранее проведенными проводниками в конструкцию ПП вводятся специальные переходные отверстия, переводящие проводники на противоположную сторону ПП, на которой трасса продолжается (может быть использовано и монтажное отверстие). Ортогональное направление трасс позволяет свести к минимуму взаимное влияние проводников, расположенных на разных слоях и упрощает процесс разводки проводников. Возможно также изменение направления трассы под углом 45° или 90° к первоначальному направлению, могут быть первоначальные сдвиги относительно выбранного направления. Желательно, однако, чтобы трассы не имели форму лесенки, а по возможности приближались к прямой. В настоящее время для трассировки ПП используют САПР с различными пакетами прикладных программ (P-CAD, OrCAD и т.п.). Размещение навесных ИЭТ на печатной плате следует проводить с учетом конструктивных особенностей печатного узла и устройства в целом. Выбор варианта установки навесных элементов, в том числе под автоматическую установку, осуществляют в соответствии с ОСТ4.010.030-81, ОСТ4.ГО.010.009-84 и ГОСТ 29137-91. При этом выводы навесных элементов подвергаются формовке – операции придания выводам определенной формы и длины, обеспечивающей при сборке на печатной плате гарантированное расстояние паяного шва от тела элемента в соответствии с ТУ элементов. Выводы навесных элементов, как правило, выступают за плату. По краям платы необходимо оставить свободную полосу – вспомогательный участок для технологических целей, не занимаемый рисунком и элементами. На вспомогательном участке могут располагаться контрольные точки, разъемы, элементы крепления платы. Размер участка должен быть не менее 2,5 мм и не более 10 мм. При трассировке прокладывают линии соединений между контактными площадками в соответствии со схемой с учетом конструктивных, электрических и технологических ограничений. При топологическом конструировании ПП должны быть достигнуты минимум пересечений и минимум длины связей. Минимум пересечений означает и минимум переходных отверстий. Это требование обеспечивает технологичность по минимуму числа слоев. Минимум длины связей означает минимум связей между соседними элементами. При разработке печатных плат необходимо также выполнение ряда требований ОСТ4.101.022-85: · стороны платы должны быть параллельны линиям координатной сетки; · отверстия располагают в узлах сетки; · взаимное расположение монтажных отверстий должно соответствовать ОСТ4.010.030-81, а именно: – размеры от корпуса ЭРЭ до оси изогнутого вывода не менее 2,0 мм; – размер до места пайки не менее 2,5 мм;

– установочные размеры элемента должны быть кратными шагу 2,5 мм или 1,25 мм; – для каждого вывода ЭРЭ должны быть предусмотрены отдельное монтажное отверстие и контактная площадка; – расстояние между осями выводов соседних ЭРЭ должно быть не менее 2,5 мм, расстояние между корпусами ЭРЭ – не менее 1 мм; – варианты установки навесных элементов должны соответствовать ГОСТ 29137-91 и ОСТ4.010.030-81.

Практическая работа №49. Разработка сборочного чертежа и спецификации.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Цель работы:

1. Получить практические навыки по разработке сборочного чертежа печатного узла и оформлению конструкторской документации.
2. Изучить ОСТ4 010.030.010 и ГОСТ 29137-91.
3. Составить спецификацию на разработанный печатный узел.

Исходные данные:

1. Схема электрическая принципиальная функционального узла (Э3).
2. Перечень элементов (ПЭ3).
3. Разработанная печатная плата.

Порядок выполнения работы:

1. Оформить в виде следующей таблицы варианты установки указанных в перечне навесных ЭРЭ и их упрощенное изображение.

Позиционное обозначение ЭРЭ	Вариант установки по ОСТ4 010.030-81 и ГОСТ 29137-91	Упрощенное изображение

2. Выполнить сборочный чертеж печатного узла, соблюдая необходимые требования ГОСТов.
3. Оформить КД на сборочный чертеж.
4. Составить спецификацию и оформить на соответствующих бланках формата А4.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Таблица с вариантами установки навесных ЭРЭ и их упрощенным изображением.
3. Разработанный сборочный чертеж печатного узла.
4. Спецификация.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое печатный узел?
2. Что содержит сборочный чертеж печатного узла?
3. Как изображают на сборочном чертеже навесные ЭРЭ?
4. Какие размеры наносят на сборочный чертеж?
5. Каковы состав и последовательность изложения технических требований на сборочном чертеже печатного узла?
6. Каковы основные разделы спецификации?

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ПЕЧАТНОГО УЗЛА

Печатным узлом называют печатную плату с навесными элементами. Сборочный чертеж печатного узла должен давать полное представление о навесных радиоэлементах и других деталях, их расположении и установке на плате, а также сведения о: · маркировке позиционных обозначений электро- и радиоэлементов в соответствии с перечнем элементов к схеме электрической принципиальной; · нумерации выходных контактов, полярности элементов согласно схеме электрической принципиальной на печатный узел; · способе выполнения неразъемных соединений (пайка, сварка и др.).

В местах крепления установочных деталей (втулки, скобы, держатели и др. элементы) должны быть разрезы. Сборочный чертеж печатного узла должен быть выполнен в масштабе 1:1; 2:1; 2,5:1 или 4:1 по ГОСТу.

На листе конструкторской документации (КД) должен быть размещен главный вид печатного узла с боковой проекцией со всеми крепежными деталями без размещения элементов и технические требования чертежа. На чертеж наносят позиционные обозначения, габаритные, установочные и присоединительные размеры, предельные отклонения, а также размеры, определяющие положение элементов над платой, и номера позиций составных частей, входящих в изделие.

Навесные электрорадиоэлементы 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 научно-технической документации на элемент).

Варианты установки выбирают согласно ГОСТ4.010.030-81 и ГОСТ 29137-91. В технических требованиях производится соответствующая запись. Выводы элементов припаивают к плате. На выводы транзисторов рекомендуется надевать электроизоляционные трубки разного цвета. Сборочный чертеж должен содержать технические требования.

Типовые технические требования сборочных чертежей следующие:

1. Размеры для справок.

2. Установку элементов производить по ГОСТ 29137-91 и ОСТ4.010.030-81. Шаг координатной сетки…

3. Элементы установить: … по варианту II а; … по варианту II в; … по варианту VIII а; … по варианту IX г; остальные – по чертежу.

4. Детали поз. …, элементы поз. … ставить на клей ВК-9 ОСТ4. ГО. 029.204.

5. ПОС 61 ГОСТ 21931-76.

6. Технические требования к монтажу ЭРЭ – по ГОСТ 23592-79.

7. Технические требования к конструкции разделки проводов и креплению их жил – по ГОСТ 23587-79.

8. Маркировка элементов показана условно.

9. Покрытие: лак ЭП 730.9.УХЛ2.3, кроме… 10. Остальные технические требования соответствуют СТБ 1022-96.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ СПЕЦИФИКАЦИИ НА СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

Спецификация представляет собой таблицу, содержащую перечень всех составных частей, входящих в данное изделие, и конструкторских документов, относящихся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям (деталям, не имеющим составных частей). Спецификацию выполняют на отдельных листах формата 210х297 мм. Если спецификация содержит всего лишь один лист, в графе штампа «Листов» пишут 1, а в графе «Лист» ничего не указывают. Спецификация состоит из разделов, которые располагаются в следующей последовательности:

- «Документация»
- «Комплексы»
- «Сборочные единицы»
- «Детали»
- «Стандартные изделия»
- «Прочие изделия»
- «Материалы»
- «Комплекты».

Наличие тех или иных разделов в таблице спецификации определяется составом специфицируемого изделия. Название каждого раздела указывают в виде заголовка в графе

«Наименование» и подчеркивают тонкой линией. Ниже каждого заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше – не менее одной.

В раздел «Документация» вносят: · основной комплект конструкторских документов на специфицируемое изделие (кроме его спецификации, ведомости эксплуатационных документов и ведомости документов для ремонта); · основной комплект документов, записываемых в спецификацию неспецифицируемых составных частей (деталей), кроме рабочих чертежей. В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных изделий производят в алфавитном порядке сочетания букв кодов организаций-разработчиков. Пример оформления спецификации (лист 1 раздела «Документация») приведен в табл. 5.

Таблица 5 Пример оформления спецификации (лист 1 раздела «Документация»)

Обозначение	Наименование
АБВГ.******.О41 СБ	Сборочный чертеж
АБВГ.******.О41 ЭЗ	Схема электрическая принципиальная
АБВГ******.О41 МЭ	Электромонтажный чертеж
АБВГ ****** О41 ВП	Ведомость покупных изделий
АБВГ.******.О41 ПЭЗ	Перечень элементов

В разделе «Документация» указывают формат листов, на которых выполнен документ, а графы «Кол» и «Поз» не заполняют.

В разделе «Детали» обычно указывают наименование – «Плата печатная», ее обозначение, формат листов, на которых выполнен чертеж ПП, количество штук деталей. Здесь же аналогично указывают и другие детали, если таковые имеются.

В графе «Формат» указывают форматы документов и чертежей деталей. Если документ (чертеж) выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе «Формат» проставляют звездочку, а в графе «Примечание» перечисляют все форматы.

При оформлении спецификации на функциональный узел ЭРЭ записывают или в раздел «Стандартные изделия» и тогда указывают ГОСТы на все ЭРЭ, или в раздел «Прочие изделия», но тогда на все отечественные ЭРЭ указывают ТУ, а на импортные ЭРЭ – фирму-производителя.

Если по каким-либо причинам ни ТУ, ни фирма-производитель указаны быть не могут, то целесообразно указать место, где данное ЭРЭ можно приобрести. Второй вариант заполнения спецификации (с указанием ТУ) встречается чаще и, по мнению специалистов, он предпочтительнее. В том и другом случае спецификацию заполняют следующим образом: • названия ЭРЭ записывают в алфавитном порядке (Диоды полупроводниковые ... Резисторы ... Стабилитроны ... и т.д.); • графы «Формат» и «Обозначение» не заполняют. Перед названием каждой группы оставляют по меньшей мере одну свободную строку. Внутри каждой группы ЭРЭ записывают либо в алфавитном порядке, либо по возрастанию номинала, номера ГОСТа или ТУ; • номер ГОСТа или ТУ на резисторы, транзисторы и другие ЭРЭ, которые при разном номинале имеют одинаковое наименование и соответственно одинаковые ТУ или ГОСТ, можно записать вначале, т.е. до начала перечисления элементов, сразу после названия группы. Например: Резисторы С2-33Н-0,125 ОЖО.467.093 ТУ С2-33Н-0,125 – 36 Ом ± 10 % С2-33Н-0,155 – 200 кОм ± 10 % и т.д.

Желательно резервировать строки и позиции:

• в графе «Кол» указывают количество элементов с одинаковым номиналом или названием (например для микросхем). Эти ЭРЭ имеют одну позицию, которую указывают в графе «Поз»;

• в графе «Примечание» указывают обозначение ЭРЭ (ровно столько, сколько перечислено в одной строке). Например, VD1 – VD6, или VD7, или VD8, VD9;

• в названии группы сначала записывают имя существительное, а затем имя прилагательное и т.д.;

• в разделе «Материалы» не указывают припой, клей, лак и прочие материалы, количество или массу которых невозможно определить заранее конструктору, а устанавливают технологи. Указания о применении этих материалов дают в ТТ на чертеже.

В спецификации также указывают стандартные изделия (винты, гайки, шайбы и др.), если таковые имеются в наличии. Они заносятся в раздел «Стандартные изделия» в том же порядке, как было описано выше (по алфавиту, по возрастанию диаметра резьбы, по возрастанию номера ГОСТа и т.д.). Сначала пишут обозначение, а затем номер ГОСТа. Например: Винт В. 1,6- 6gx8.48.016ГОСТ 17475-72. Если в раздел «Стандартные изделия» нужно записать ЭРЭ и крепеж, то вначале записывают ЭРЭ, а потом крепеж.

В раздел «Комплекты» вносят: • ведомость эксплуатационных документов;

• ведомость документов для ремонта;

• комплект монтажных частей;

• прочие комплекты;

• упаковку.

Практическая работа №50. Изучение по нормативным документам требований и видов установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств.

Цель работы:

– изучить конструкции и применение ЭРЭ при установке на печатные платы электронных устройств;

– изучить виды установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств;

– изучить требования к формовке выводов ЭРЭ при их установке на печатные платы электронных устройств;

– получить практические навыки выполнения формовки выводов ЭРЭ при их установке на печатные платы электронных устройств.

Содержание и объем выполнения работы

При выполнении данной лабораторной работы студенты: – просматривают каталоги, справочники на ЭРЭ; – изучают теоретические аспекты по конструкции и применению ЭРЭ при установке на печатные платы электронных устройств; – изучают виды установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств; – изучают требования к формовке выводов ЭРЭ при их установке на печатные платы электронных устройств; – выполняют формовку выводов ЭРЭ для установки на печатные платы электронных устройств.

Порядок выполнения работы

Преподаватель, проводящий занятия, выдает студентам рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при просмотре каталогов, справочников, ОСТов:

а) конструкции и применение ЭРЭ при установке на печатные платы электронных устройств;

б) виды установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств;

в) требования к формовке выводов ЭРЭ при их установке на печатные платы электронных устройств;

г) оптимальные технологические операции по формовке выводов ЭРЭ для установки на печатные платы электронных устройств;

д) характеристики, конструкции и применение инструмента при выполнении технологических операций по формовке выводов ЭРЭ;

е) характеристики, конструкции и применение оснастки при выполнении технологических операций по формовке выводов ЭРЭ.

Для получения дополнительной информации по отдельным аспектам разрешается использование других методических пособий и практических руководств;

Выдает студенту индивидуальное задание по ЭРЭ, для которого студент должен выполнить:

а) эскизы по формовке выводов ЭРЭ;

б) эскизы по видам (вариантам) установки ЭРЭ на печатные платы;

в) по технологическим операциям формовки выводов ЭРЭ.

Варианты заданий представлены в таблицах 2.1–2.3;

Студент выполняет первичной просмотр всех представленных материалов. При просмотре студент производит отбор материалов (каталоги, справочники, ОСТы), которые, по его мнению, будут ему необходимы для составления отчета по данной лабораторной работе. При этом допускается копирование информации на ФЛЭШ-носители и (или) использование других устройств для хранения информации.

При необходимости (отсутствие полной информации, неуверенность о правильности выбранного технического решения) студент должен уточнить технические характеристики, режимы, область применения и т. д. у преподавателя.

Выполнить эскизы по формовке выводов ЭРЭ в соответствии с индивидуальным заданием. Выполнять эскизы по формовке выводов ЭРЭ в соответствии с индивидуальным заданием необходимо с использованием программного обеспечения для инженерного проектирования (далее – ПОИП), например Автокад, Компас, Визио, Атрикс, Про-Инженер и др.

Выполнить эскизы по вариантам установки ЭРЭ на печатную плату в соответствии с индивидуальным заданием. Выполнять эскизы по формовке выводов ЭРЭ в соответствии с индивидуальным заданием необходимо с использованием ПОИП. Использование программного обеспечения для инженерного проектирования предполагает дальнейшее применение полученных навыков и результатов при выполнении курсового проекта по дисциплине «Технология производства электронных изделий автомобилей» и выпускной квалификационной работы.

Выполнить сбор, анализ информации и ответить на контрольный вопрос. Ответ на контрольный вопрос оформить в соответствии с требованиями ЕСКД. Результаты выполнения индивидуального задания, эскизы по пп. 2.2.5 и 2.2.6 оформить в соответствии с требованиями ЕСКД.

Получить у преподавателя (лаборанта) следующее: – ЭРЭ в соответствии с индивидуальным заданием; – инструмент для выполнения формовки выводов в соответствии с индивидуальным заданием; – заготовку печатной платы.

Выполнить формовку выводов ЭРЭ в соответствии с индивидуальным заданием. Результаты представить преподавателю.

Выполнить установку ЭРЭ на печатную плату в соответствии с индивидуальным заданием. Результаты представить преподавателю.

Таблица 2.1 – Резисторы

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Задание	Резистор	Технические условия
1	ВС-0,125 10 кОм	ОЖО.467.182ТУ
2	ММТ-1 22 кОм	ОЖО.468.086ТУ
3	КМТ-1 16 кОм	ОЖО.468.086ТУ
4	МЛТ-2 110 кОм	ОЖО.467.180ТУ
5	ОМЛТ-1 16 мОм	ОЖО.467.107ТУ
6	СІ-4-0,25 33 кОм	АПШК.434.110.001ТУ
7	С2-10-0,125 82 кОм	ОЖО.467.148ТУ
8	С2-10-0,125 56 кОм	ОЖО.467.072ТУ
9	С2-І4-0,25 16 кОм	ОЖО.467.036ТУ
10	С2-І4-0,25 11 кОм,	ОЖО.467.151ТУ
11	С2-23-0,062 18 кОм	ОЖО.467.081ТУ
12	С2-23-2 120 кОм	ОЖО.467.104ТУ
13	С2-29В-0,062 510 кОм	ОЖО.467.059ТУ
14	С2-29В-2 9,1 мОм	ОЖО.467.130ТУ
15	С2-33А-0,5 430 кОм	ОЖО.467.093ТУ
16	С2-34-0,125 2,7 кОм	ОЖО.467.133ТУ
17	С2-34М-0,25 2,7 кОм	ОЖО.467.133ТУ
18	С2-36-0,25 2,21 мОм	ОЖО.467.089ТУ
19	С2-33Н-0,5 2,2 мОм	ОЖО.467.093ТУ
20	С2-33Н-1 5,1 мОм	ОЖО.467.173ТУ
21	С3-І4-0,01 75 мОм	ОЖО.467.113ТУ
22	С3-І4-1 470 кОм	ОЖО.467.162ТУ
23	С5-5В-8 10 Ом	ОЖО.467.553ТУ
24	С5-5В-5 5,1 Ом	ОЖО.467.505ТУ
25	С5-І6МВ-5 0,1 Ом	ОЖО.467.513ТУ
26	С5-37В-10 3,3 Ом	ОЖО.467.540ТУ
27	С5-42В-10 5,1 Ом	ОЖО.467.530ТУ
28	РІ-4-0,25 20 кОм	ОЖО.467.154ТУ
29	РІ-4-0,5 200 кОм,	ОЖО.467.157ТУ
30	РІ-7-2 3,6 мОм	ОЖО.467.163ТУ
31	С2-29В-0,062 150 кОм	ОЖО.467.059ТУ

Таблица 2.2 – Конденсаторы

Задание	Конденсатор	Технические условия
1	БМ-2 200 В-0,01 мкФ	ОЖО.462.146ТУ
2	МБМ 500 В-0,05 мкФ	ОЖО.462.147ТУ
3	К10-38 М1500 500 В-22	ОЖО.462.122ТУ
4	К10-59 Н90 16 В-0,047 мкФ	ОЖО.462.200ТУ
5	К40У-9 200 В-2200	ОЖО.460.131ТУ
6	К40У-9 630 В-3300	ОЖО.462.131ТУ
7	К50-9 вариант 1 6,3 В-5,0 мкФ	ОЖО.464.054ТУ
8	К50-9 вариант 2 3,0 В-1,0 мкФ	ОЖО.464.054ТУ
9	К50-12 100 В-1,0мкФ	ОЖО.464.079ТУ
10	К50-15 полярный 100 В-4,7 мкФ	ОЖО.462.103ТУ
11	К50-15 неполярный 50 В-10 мкФ	ОЖО.464.103ТУ
12	К50-24 10 В-1000 мкФ	ОЖО.464.137ТУ
13	К50-27 300 В-22 мкФ	ОЖО.464.197ТУ
14	К50-29 вариант 1 100 В-4,7 мкФ	ОЖО.464.156ТУ
15	К50-29 вариант 2 350 В-2,2 мкФ	ОЖО.464.079ТУ
16	К52-9 25 В-68 мкФ	ОЖО.464.213ТУ
17	К53-4А 16 В-0,68 мкФ	ОЖО.464.149ТУ
18	К53-14 20 В-3,3 мкФ	ОЖО.464.139ТУ
19	К53-18 вариант 1 40 В-0,033 мкФ	ОЖО.464.136ТУ
20	К53-18 вариант 2 30 В-3,3 мкФ	ОЖО.464.139ТУ
21	К73-15 100 В-0,1 мкФ	ОЖО.461.118ТУ
22	К73-15а 400 В-4700	ОЖО.461.118ТУ
23	К73-16 63 В-5,6 мкФ	ОЖО.461.908ТУ
24	К77-1 100 В-1,8 мкФ	ОЖО.464.080ТУ
25	К77-2б 63 В-0,082 мкФ	ОЖО.464.095ТУ
26	К73-16 1000 В-0,12 мкФ	ОЖО.461.908ТУ
27	К10-48 Н30 100 В-0,033 мкФ	ОЖО.460.173ТУ
28	КМ-4б неизолированный М75 250 В-91	ОЖО.460.043ТУ
29	КМ-4б изолированный М75 250 В-330	ОЖО.460.043ТУ
30	КМ-5б изолированный П33 160 В-16	ОЖО.460.043ТУ
31	КМ-5б неизолированный МПО 250 В-56	ОЖО.460.043ТУ
32	К10-7в изолированный МПО 250 В-56	ОЖО.460.043ТУ
33	К10-17а М47 50В-2,2	ОЖО.460.172ТУ
34	К10-43а изолированный Н90 10 В-1,0 мкФ	ОЖО.460.165ТУ
35	К71-5 160 В-0,1 мкФ	ОЖО.460.094ТУ
36	К50-46 полярный25 В-2200 мкФ	ОЖО.464.257ТУ
37	К50-30 10 В-2,2 мкФ	ОЖО.464.225ТУ

Таблица 2.3 – Полупроводниковые приборы

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Задание	Полупроводниковый прибор	Технические условия
1	2Д419А	аАО.339.156ТУ
2	2Д922А	аАО.339.254ТУ
3	Д818Д	СМ3.362.045ТУ
4	КС175В	СМ3.362.825ТУ
5	2Д503Б	ТТ3.362.045ТУ
6	2Д509А	ТТ3.362.077ТУ
7	2Д510А	ТТ3.362.096ТУ
8	2Д522Б	ДР3.362.029-01ТУ
9	2С516В	аАО.339.550ТУ
10	КД510В	ТТ3.362.100ТУ
11	Д814В	СМ3.362.012ТУ
12	2Д420А	аАО.339.173ТУ
13	2С156А	СМ3.362.805ТУ
14	КС133А	СМ3.362.812ТУ
15	КД208А	ТТ3.362.082ТУ
16	КД221А	аАО.339.392ТУ
17	Д818В	СМ3.362.045ТУ
18	2С113А	СМ3.362.816ТУ
19	2С433А	СМ3.362.819ТУ
20	2С515А	СМ3.362.823ТУ
21	2Д503А	ТТ3.362.045ТУ
22	Д237Б	ТТ3.362.021ТУ
23	2С191А	ХН3.369.004ТУ
24	2Д215Б	Ц23.362.008ТУ
25	2Д102Б	ТТ3.362.074ТУ
26	2Д103Б	ТТ3.362.060ТУ
27	2Д419А	аАО.339.156ТУ
28	2Д922А	аАО.339.254ТУ
29	Д818Д	СМ3.362.045ТУ
30	КС175В	СМ3.362.825ТУ
31	2Д503Б	ТТ3.362.045ТУ
32	2Д509А	ТТ3.362.077ТУ
33	2Д510А	ТТ3.362.096ТУ
34	2Д522Б	ДР3.362.029-01ТУ
35	2С516В	аАО.339.550ТУ
36	КД510В	ТТ3.362.100ТУ
37	Д814В	СМ3.362.012ТУ
38	2Д420А	аАО.339.173ТУ
39	2С156А	СМ3.362.805ТУ
40	КС133А	СМ3.362.812ТУ

Контрольные вопросы

1 Какие дополнительные материалы используются для установки ЭРЭ на печатные платы? Их назначение.

2 Какие требования предъявляются при формовке выводов ЭРЭ?

3 Какие инструменты используются при формовке выводов ЭРЭ?

4 Какие способы установки ЭРЭ на печатные платы имеют место быть и в каких случаях целесообразно их использование?

5 Какие виды упаковки ЭРЭ вам известны? Их достоинство и недостатки.

6 Последовательность технологических операций при формовке выводов ЭРЭ.

7 Какие способы подготовки поверхности выводов ЭРЭ для пайки?

8 Какие инструменты применяются при установке ЭРЭ на печатную плату?

9 Какие отличия имеют место быть в вариантах установки ЭРЭ на печатные платы?

10 Какие варианты установки ЭРЭ на печатные платы предпочтительно применять и почему?

11 Какие мероприятия и технические решения служат для защиты от повреждения (разрушения) ЭРЭ при формовке выводов?

12 Способы автоматизации формовки выводов ЭРЭ.

13 Какие инструменты применяются для контроля правильного выполнения формовки выводов ЭРЭ?

14 Какие отличия в формовке выводов ЭРЭ при увеличении массогабаритных показателей имеют место быть?

15 Как при эксплуатации электронного изделия может проявиться неправильный вариант установки ЭРЭ и почему?

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее:

1) цель работы;

2) эскизы вариантов формовки выводов ЭРЭ;

3) эскизы вариантов установки ЭРЭ на печатную плату;

4) фотографии практического выполнения работы по вариантам формовки выводов ЭРЭ;

5) фотографии практического выполнения работы по вариантам установки ЭРЭ на печатную плату;

6) ответ на контрольный вопрос;

7) выводы.

Практическая работа №51. Расчет параметров печатной платы.

Цель работы: получение навыков расчета параметров печатной платы.

Основные сведения из теории

Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы Общие требования и нормы конструирования при формовке выводов изделий электронной техники приведены в ГОСТ 29137-91 «Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы». При формовке выводов изделия электронной техники (ИЭТ) размером от корпуса ИЭТ до места изгиба вывода считают размер от корпуса ИЭТ до центра окружности изгиба вывода, как указано на рис.1.

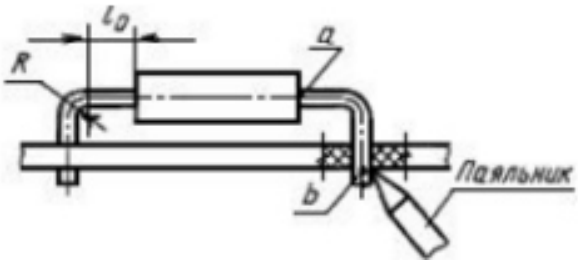


Рисунок 1 – Пример формовки ИЭТ

При установке ИЭТ на печатные платы размером от корпуса до места пайки вывода считают размер от корпуса ИЭТ вдоль оси вывода до места приложения паяльника или зеркала припоя (размер, определяющий расстояние между точками).

Минимальный размер от корпуса ИЭТ до места изгиба при формовке выводов l0 мм: – для резисторов и конденсаторов – 0,5; – для резисторов и других ИЭТ в корпусах типа 4 по ГОСТ 14467 – 1,0; – для полупроводниковых приборов – 2,0; – для дросселей – 3,5.

Минимальный внутренний радиус изгиба выводов R, мм: – для выводов диаметром или толщиной до 0,5 мм включительно – 0,5 – для выводов диаметром или толщиной свыше 0,5 до 1,00 мм включительно – 1,0 – для выводов диаметром или толщиной свыше 1,0 мм –1,5 В технически обоснованных случаях допускается уменьшать внутренний радиус изгиба выводов до 0,3 мм.

Минимальный размер от корпуса ИЭТ до места пайки – 2,5 мм. Допускается уменьшение указанного размера при условии обеспечения теплоотвода в процессе пайки.

Предельные отклонения размеров между осями двух любых выводов ИЭТ, устанавливаемых в монтажные отверстия, ±0,2 мм, а на контактные площадки ±0,1 мм.

Остальные размеры формовки выводов ИЭТ, приведенные в настоящем стандарте без указания предельных отклонений, не контролируются и должны быть обеспечены инструментом. Установочные размеры для ИЭТ, устанавливаемых в отверстия печатных плат, следует выбирать кратными шагу координатной сетки 2,5 мм или 1,25 мм в соответствии с ГОСТ 10317. Основной шаг координатной сетки - 2,5 мм. Формовку выводов и установку ИЭТ на печатные платы следует проводить в соответствии с вариантами, приведенными в таблицах ГОСТа 29137-91.

Выводы ИЭТ диаметром более 0,7 мм, а также выводы многовыводных и подборных ИЭТ не подгибают. Допускается для многовыводных ИЭТ подгибка двух диагонально противоположных выводов при отсутствии соответствующих ограничений в ТУ. В технически обоснованных случаях допускается подгибка выводов диаметром более 0,7 мм. Высота выступающих концов выводов (подогнутых и неподогнутых) должна быть в пределах от 0,5 до 2 мм. Угол подгибки выводов от плоскости платы должен быть от 0° до 45°.

Расчет диаметров монтажных отверстий Диаметры монтажных отверстий должны быть несколько больше диаметров выводов ЭРЭ, причем $dO = dB + \Delta$, при $d \leq 0{,}8$ мм $\Delta = 0{,}2$ мм, – при $d > 0{,}8$ мм $\Delta = 0{,}3$ мм, – при любых d $\Delta = 0{,}4$ мм, если ЭРЭ устанавливаются автоматизировано. Рекомендуется на плате иметь количество размеров монтажных отверстий не более трех. Поэтому диаметры отверстий, близкие по значению, увеличивают в сторону большего, но так, чтобы разница между диаметром вывода и диаметром монтажного отверстия не превышала 0,4 мм. По ГОСТ 10317-79 диаметры монтажных, переходных металлизированных и неметаллизированных отверстий должны быть выбраны из ряда: 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0. Центры отверстий должны быть в узлах координатной сетки. Расчет диаметров контактных площадок Диаметры контактных площадок определяются по формуле: 2 , $d K = dO + b + \Delta d + Td + TD$ где b – радиальная ширина контактной площадки, мм; Δd – предельное отклонение диаметра монтажного отверстия, мм; Td – значение позиционного допуска расположения осей отверстий, мм; TD – значение позиционного допуска расположения центров контактных площадок, мм. Позиционные допуски расположения элементов конструкций для первых трех классов точности печатных плат приведено в таблицах 1-3.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Таблица 1 – Предельное отклонение диаметра

Диаметр отверстия d, мм	Наличие металлизации	Предельное отклонение диаметра Δd, мм, для класса точности				
		1	2	3	4	5
До 1,0 вкл.	Без металлизации	± 0,10	± 0,10	± 0,05	± 0,05	± 0,025
	С металлизацией без оплавления	+ 0,05 – 0,15	+ 0,05 – 0,15	+ 0 – 0,10	+ 0 – 0,10	+ 0 – 0,075
	С металлизацией и с оплавлением	+ 0,05 – 0,18	+ 0,05 – 0,18	+ 0 – 0,13	+ 0 – 0,13	+ 0 – 0,13
Св. 1,0	Без металлизации	± 0,15	± 0,15	± 0,10	± 0.10	± 0,10
	С металлизацией без оплавления	+ 0,10 – 0,20	+ 0,10 – 0,20	+ 0,05 – 0,15	+ 0,05 – 0,15	+ 0,05 – 0,15
	С металлизацией и с оплавлением	+ 0.10 – 0,23	+0,10 – 0,23	+ 0,05 – 0,18	+ 0,05 – 0,18	+ 0,05 – 0,18

Таблица 2 – Значения позиционного допуска расположения осей отверстий

Размер печатной платы по большей стороне, мм	Значение позиционного допуска расположения осей отверстий T_d, мм*, для класса точности				
	1	2	3	4	5
До 180 включ.	0,20	0,15	0,08	0,05	0,05
Св. 180 до 360 включ.	0,25	0,20	0,10	0,08	0,08
Св. 360	0,30	0,25	0,15	0,10	0,10

Таблица 3 – Значения позиционного допуска расположения центров контактных площадок

Вид изделия	Размер печатной платы по большей стороне, мм	Значение позиционного допуска расположения центров контактных площадок T_D, мм для класса точности				
		1	2	3	4	5
ОПП; ДПП; ГПК; МПП (наружный слой)	До 180 включ.	0,35	0,25	0,15	0,10	0,05
	Св. 180 до 360 включ.	0,40	0,30	0,20	0,15	0,08
	Св. 360	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15
МПП (внутренний слой)	До 180 включ.	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10
	Св. 180 до 360 включ.	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15
	Св. 360	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20

Минимальное значение гарантийного пояска b приведено в табл.4.

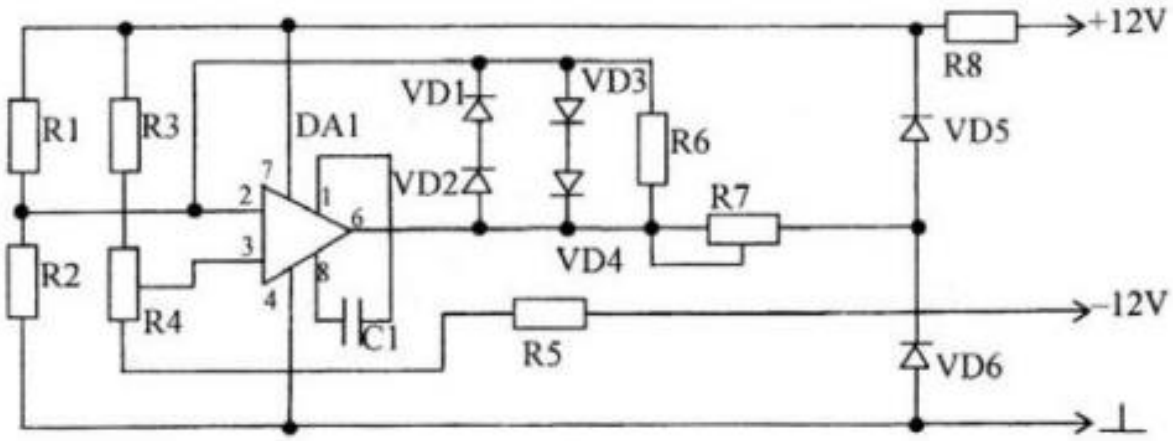
Таблица 4 – Минимальное значение гарантийного пояска

Условное обозначение	Минимальное значение гарантийного пояска для класса точности				
	1	2	3	4	5
b, мм	0.30	0,20	0,10	0,05	0,025

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

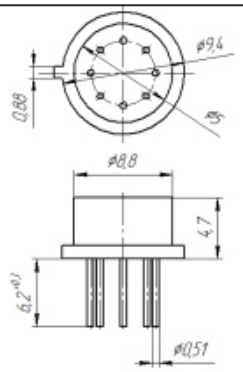
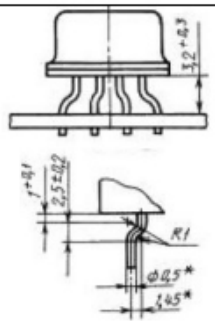
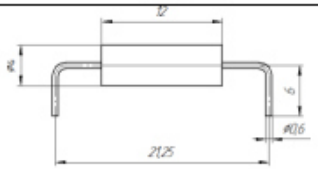
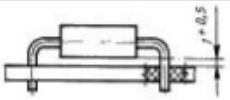
Пример выполнения задания

Задание: разработать габаритные и установочные эскизы для ИЭТ, указанных на электрической принципиальной схеме.

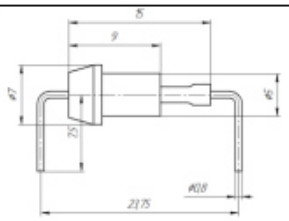
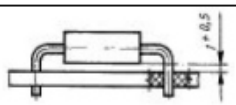
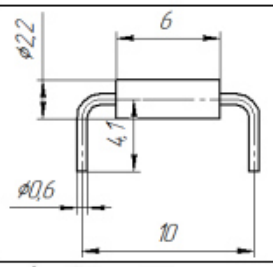
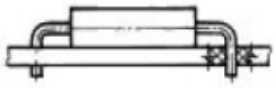
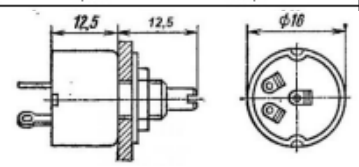


Разработка установочных и габаритных эскизов ИЭТ. Примем толщину печатной платы 1,5мм, шаг координатной сетки 1,25мм. Данные сведем в табл.

Таблица 5 –Установочные и габаритные эскизы ИЭТ

№	Наименование и обозначение элемента	Габаритный эскиз	Установочный эскиз	Примечание
1	DA1 интегральная микросхема К153УД2			ГОСТ 29137-91, табл. 1, п.29 Lвыв.=3,2+1,5+1,5=5,2 3,2 – расстояние от корпуса ИЭТ до ПП; 1,5 – толщина ПП; 1,5 – высота выступающих выводов
2	VD1–VD4 Диод Д223Б			ГОСТ 29137-91, табл. 1, п.14 Lвыв.=2,0+1,5+1+1,5=6,0 2,0 – половина диаметра ИЭТ; 1,5 – толщина ПП; 1,0 – расстояние от корпуса ИЭТ до ПП; 1,5 – высота выступающих выводов

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

3	VD5–VD6 Диод КС133А			ГОСТ 29137-91, табл. 1, п.14 Lвыв.=3,5+1,0+1,5+1,5=7,5 3,5 – половина диаметра ИЭТ; 1,0 – расстояние от корпуса ИЭТ до ПП; 1,5 – толщина ПП; 1,5 – высота выступающих выводов
4	R1, R2, R3, R5 – 5,1 кОм R6 –100 Ом; R8 – 3.9 МОм Резисторы С2-33-0,125			ГОСТ 29137-91, табл. 1, п.1 Lвыв.=1,1+1,5+1,5=4,1 1,1 – половина диаметра ИЭТ; 1,5 – толщина ПП; 1,5 – высота выступающих выводов
5	R4 – СП0-0,5-2,2 кОм R7 – СП0-0,5-51 кОм Резисторы переменные		не формуются	

Расчет диаметра монтажных отверстий Данные по расчету сведем в табл. 5

Таблица 5 – Диаметры выводов и монтажных отверстий ЭРЭ

№	Наименование и обозначение ЭРЭ	Диаметр вывода, мм	Диаметр монтажного отверстия, мм
1	DA1 интегральная микросхема К153УД2	0,51	0,51+0,2=0,7 округляем до 0,8мм
2	VDl–VD4 Диод Д223Б	0,6	0,6+0,2=0,8мм
3	VD5–VD6 Диод КС133А	0,8	0,8+0,2=1,0мм
4	R1, R2, R3, R5 – 5,1 кОм R6 –100 Ом; R8 – 3.9 МОм Резисторы С2-33-0,125	0,6	0,6+0,2=1,0мм

Принимаем диаметры отверстий: 0,8 и 1,0 мм. Расчет диаметра контактных площадок отверстий Данные по расчету сведем в табл. 6.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Таблица 6 – Диаметры выводов и монтажных отверстий ЭРЭ

№	Наименование и обозначение ЭРЭ	Диаметр вывода, мм	Диаметр монтажного отверстия, мм	Диаметр контактной площадки, мм
1	DA1 интегральная микросхема К153УД2	0,51	0,8	d_k=0,8+2·0,3+0,1+0,2+0,35=2,05
2	VDl–VD4 Диод Д223Б	0,6	0,8	d_k=0,8+2·0,3+0,1+0,2+0,35=2,05
3	VD5–VD6 Диод КС133А	0,8	1,0	d_k=1,0+2·0,3+0,1+0,2+0,35=2,25
4	R1, R2, R3, R5 – 5,1 кОм R6 –100 Ом; R8 – 3.9 МОм Резисторы С2-33-0,125	0,6	1,0	d_k=1,0+2·0,3+0,1+0,2+0,35=2,25

Задание для самостоятельного выполнения

1. Получить задание от преподавателя.
2. Разработать габаритные и установочные эскизы элементов.
3. Выполнить расчет диаметров монтажных отверстий.
4. Выполнить расчет диаметров контактных площадок.

Контрольные вопросы

1. Что такое печатная плата?
2. Что такое печатный узел?
3. Назовите основные характеристики печатной платы?
4. Для чего производится формовка выводов ИЭТ?
5. Как рассчитываются диаметры монтажных отверстий?
6. Как рассчитываются диаметры контактных площадок?
7. Назовите основные элементы печатных плат?

Практическая работа №52. Расчет нормы расхода материалов на печатную плату.

Цель работы: произвести расчет норм расхода материалов на печатную плату.

Сведения из теории

Для расчета нормы расхода материала на печатную плату и корпус необходимо:

1. Рассчитать площадь печатной платы из стеклотекстолита по формуле:

$$Sпп = Ln * Cn,$$

где

Lпп - длина платы в метрах.

Спп - ширина платы в метрах.

2. Определить объем печатной платы по формуле:

$$Vпп = Sпп * Hпп,$$

где Нпп - толщина платы в метрах.

3. Рассчитываем вес печатной платы из стеклотекстолита по формуле:

$$Mпп = Vпп * g, г$$

де g - удельная плотность стеклотекстолита.

Нормы расхода на припой (Нр пр.), флюс (Нр фл.) и спирт (Нр сп.) рассчитываются в зависимости от применяемой технологии по формуле:

Нр. пр., фл, сп. = Sпп * пр 1м2 + (пр на 100 паек * Nдопаек) / 100,

где пр. 1м2 - норматив расхода на 1 м2.

Пример расчета:

Для расчета нормы расхода материала на печатную плату и корпус необходимо рассчитать нормы расхода для печатной платы размером 30х30х1,5мм.

1. Рассчитать площадь печатной платы из стеклотекстолита по формуле: Sпп = Ln * Cn= 0,030 * 0,030 = 0,0009 м2 где Lпп =0,03м длина платы в миллиметрах (30мм = 0,03м); Спп =0,03м ширина платы в миллиметрах (30мм = 0,03м).

2 Определяем объем печатной платы по формуле: Vпп = Sпп * Нпп = 0,0009 * 0,0015 = 0,0,00000135(м3) Нпп =0,0015м.

Рассчитываем вес печатной платы из стеклотекстолита по формуле: Мпп = Vпп * g= 0,00000135 * 1700 = 0,002295кг. Нормы расхода на припой (Нр пр.), флюс (Нр фл.) и спирт (Нр сп.) рассчитываются в зависимости от применяемой технологии по формуле:

Нр. пр., фл, сп. = Sпп * пр 1м2 + (пр на 100 паек * Nдопаек) / 100= = 0,0009 * 0,350 + 0,005/100*34=0,002015 Определяем норму расхода спирта: Нр. спирта = 0,0009 * 0,030 + 0,0054/100*34=0,00186. Определяем норму расхода флюса: Нр. флюса = 0,0009 * 0,120 + 0,001/100*34=0,000448. В качестве норм расхода ПКИ принимается количество установленных на плату элементов.

Задание для самостоятельного выполнения

Рассчитать нормы расхода материала для платы из стеклотекстолита размерами 25х37,5х1,5мм.

Практическая работа №53. Технологические процессы изготовления однослойных и двусторонних печатных плат.

Цель работы:

1. Изучить характеристики печатных плат.
2. Изучить методы формирования рисунка проводников однослойных печатных плат (ОПП) и двухсторонних печатных плат (ДПП).
3. Изучить технологические операции и процессы изготовления ОПП и ДПП.
4. Изучить методы формирования межслойных проводников в ДПП.
5. Ознакомиться с методами контроля качества ОПП и ДПП.

Теоретические сведения

Однослойные и двухсторонние печатные платы - наиболее употребляемые конструктивные элементы бытовой и промышленной техники, с помощью которых обеспечивается:

• система печатных проводников для объединения электронных компонентов в конкретную электрическую схему;

• размещение электронных компонентов;

• монтаж электронных компонентов путем соединения их со схемой связей;
• монтаж разъемных соединительных компонентов;
• монтаж дискретных связей (проволочных, кабельных, шлейфовых);
• распределение тока между электронными компонентами.

Эти функции осуществляются реализацией системы взаимозависимых монтажных, трассировочных, конструкционных, электрических, конструктивнотехнологических, эксплуатационных, надежностных и экономических характеристик. Основные монтажные характеристики ОПП и ДПП:

• количество монтируемых микросхем, разъемных соединителей, резисторов, конденсаторов и т.д.;
• количество объединяемых выводов электронных и электрических компонентов;
• площадь посадочного места микросхем;
• шаг контактных площадок для присоединения выводов микросхем;
• вид монтажа выводов компонентов (поверхностный монтаж, монтаж в отверстия);
• размещение контактных площадок для монтажа ремонтных проводников;
• размещение и форма специальных реперных знаков для автоматизированного совмещения выводов микросхем и контактных площадок;
• размещение компонентов на одной или обеих сторонах.

Основные трассировочные характеристики однослойных и двухсторонних печатных плат:

• количество каналов для размещения сигнальных проводников;
• количество сигнальных проводников;
• плотность проводников;
• топология посадочных мест микросхем;
• длина сигнальных проводников в плате;
• размер рабочего поля платы;
• толщина платы;
• размеры проводников и зазоров;
• толщина проводников;
• топология контактных площадок;
• материал проводников;
• материал изоляции;
• форма контактных площадок для поверхностного монтажа компонентов;
• топология проводников и межслойных переходов (последнее только для ДПП);
• количество сквозных отверстий в плате (для ДПП);
• плотность сквозных переходов в плате (для ДПП);
• величина взаимного рассовмещения слоев (для ДПП);
• шаг сквозных переходных отверстий (для ДПП);
• отношение толщины платы к диаметру сквозного отверстия (для ДПП);
• уровень сложности (для ДПП).

Основные конструкционные характеристики ОПП (рис. 1а) и ДПП(рис. 1б):

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

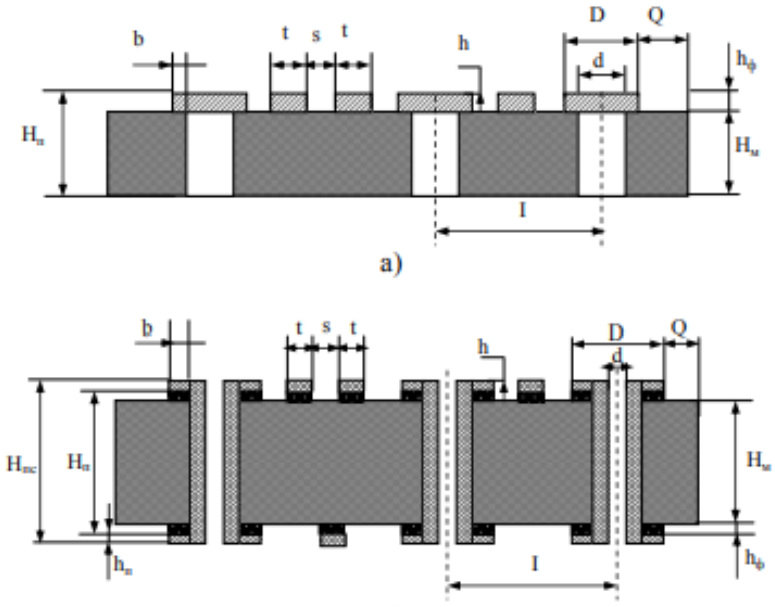


Рис. 1. $H_{ПС}$ – суммарная толщина печатной платы; $H_П$ – толщина печатной платы; $H_М$ – толщина материала ПП; b – гарантийный поясок; D – диаметр контактной площадки; d – диаметр отверстия; t – ширина печатного проводника; s – расстояние между краями соседних проводников; l – расстояние между центрами отверстий; $h_Ф$ – толщина фольги; $h_П$ – толщина химико-гальванического покрытия; h – толщина проводящего рисунка.

Основные электрические характеристики ОПП и ДПП:

• погонное сопротивление проводников на постоянном токе;

• погонная индуктивность проводников;

• величина постоянного тока питания, распределяемого шинами питания и земли;

• равномерность распределения напряжения питания по полю платы;

• погонная емкость проводников (для ДПП);

• сопротивление цилиндрического проводника металлизированного сквозного отверстия (для ДПП);

• величина диэлектрической постоянной изоляции (для ДПП);

• индуктивность соединительных проводников между сквозными металлизированными переходами и контактными площадками для пайки выводов микросхем (для ДПП).

Движущими мотивами увеличения сложности печатных плат, используемых для производства электронной техники, можно считать:

• увеличение функциональной сложности и функциональной завершенности узлов на печатной плате;

• увеличение сложности и разнообразия форм электрических компонентов, монтируемых на плате.

При этом наблюдается стремление к минимизации габаритов печатных плат за счет повышения плотности монтажа компонентов и размещения компонентов на обеих сторонах печатной платы.

Создание рисунка проводников ПП.

Рассмотрим технологии получения проводящего рисунка однослойных печатных плат:

1) Субтрактивный негативный метод с применением трафаретных красок (только для ОПП);

2) Субтрактивный негативный метод с применением сухого пленочного фоторезиста;

3) Субтрактивный позитивный метод с применением металлорезиста оловосвинец;

4) Субтрактивный «тентинг» метод (только для ДПП).

По субтрактивной технологии рисунок печатных плат получают травлением по защитному изображению в пленочном фоторезисте, трафаретной краске или по металлорезисту, осажденному

в окнах, сформированных в рельефе пленочного фоторезиста на поверхности фольгированных диэлектриков. Название технологии произошло от англ. subtract – удалять, травить.

Первый вариант (рис.2) - получение проводящего рисунка травлением медной фольги на поверхности диэлектрика по защитному изображению печатной краски, нанесенной сеткографической печатью.

Второй вариант (рис.3) - получение проводящего рисунка травлением медной фольги на поверхности диэлектрика по защитному изображению в пленочном фоторезисте. По полученному защитному изображению в пленочном фоторезисте производят травление меди с пробельных мест схемы. Применяется при изготовлении ДПП без переходов.

Третий вариант (рис.4) - вытравливание проводящего рисунка по металлорезисту, осажденному на поверхность медных проводников, сформированных в рельефе пленочного фоторезиста, и, в случае ДПП, на стенки металлизированных отверстий.

Четвертый вариант (рис.5) - получение проводящего рисунка двухсторонних плат с межслойными переходами, т.е. с металлизированными отверстиями, путем травления медной фольги с гальванически осажденным слоем меди по защитному изображению рисунка схемы и с защитными завесками над металлизированными отверстиями в пленочном фоторезисте.

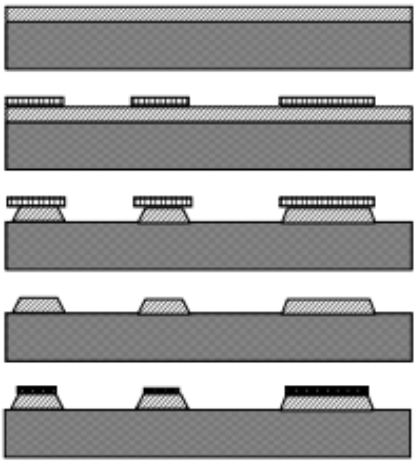
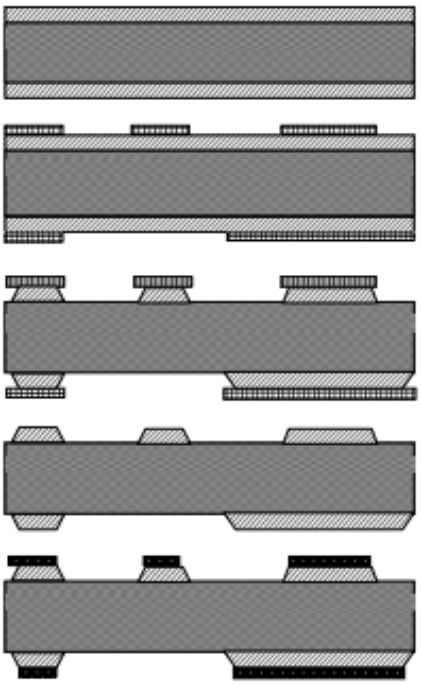


Рис.2. Изготовление ПП субтрактивным негативным методом с применением трафаретных красок

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».



Заготовка фольгированного диэлектрика

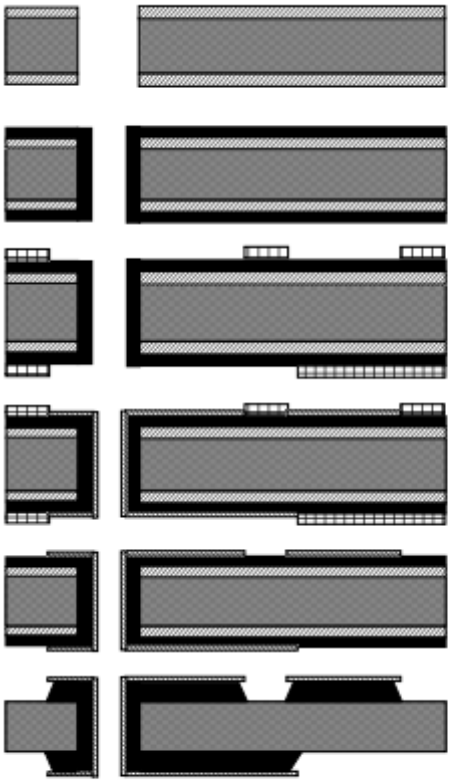
Получение защитного рисунка в СПФ (наслаивание, экспонирование, проявление)

Травление медной фольги в окнах рисунка из СПФ

Удаление защитного рисунка из СПФ

Лужение медных проводников

Рис.3. Изготовление ПП субтрактивным негативным методом с использованием



Заготовки фольгированного диэлектрика с просверленными отверстиями

Химическая и предварительная электрохимическая металлизация всей поверхности и стенок отверстий

Получение защитного рисунка в СПФ (наслаивание, экспонирование, проявление

Электрохимическое осаждение сплава олово-свинец в окна СПФ

Удаление защитного рисунках СПФ

Травление медной фольги в окнах рисунка из металлорезиста

Рис.4. Изготовление ПП субтрактивным позитивным методом с использованием металлорезиста

В данном процессе пленочный фоторезист наслаивается на заготовки фольгированного диэлектрика, прошедшие предварительно операции сверления отверстий, металлизации медью стенок отверстий и всей поверхности фольги. В этом процессе защитный рельеф из пленочного фоторезиста получают на местах поверхности фольги, подлежащей последующему удалению травлением. Проводящий рисунок формируется последовательным осаждением меди и

металлорезиста по рисунку освобождений в рельефе пленочного фоторезиста и на поверхность стенок отверстий. После удаления рельефа пленочного фоторезиста незащищенные слои меди вытравливаются. В этом процессе используются свойства пленочного фоторезиста наслаиваться на сверленые заготовки без попадания в отверстия, а также образовывать изображения с глубоким рельефом. Это позволяет производить гальваническое наращивание проводников на значительную толщину без разрастания их в ширину. Поэтому обеспечивается высокое разрешение. Профиль поперечного сечения проводников, сформированный травлением по защитному изображению в фоторезисте, имеет форму трапеции, расположенной большим основанием на поверхности диэлектрика. Время травления определяется максимальной суммарной толщиной фольги с гальванически осажденным на поверхности фольги медным слоем. При травлении медных слоев толщиной 70 мкм заужение проводника за счет бокового подтравливания по отношению к размерам на фотошаблоне составляет 50 мкм. Разброс значений ширины проводников составляет примерно ±15-50 мкм. Минимальная устойчиво воспроизводимая ширина зазора в СПФ-2 толщиной 60 мкм - 180 - 200 мкм. Из сказанного следует, что рассматриваемая технология имеет ограничения по разрешению, т.е. минимально воспроизводимая ширина проводников и зазоров порядка 200 - 250 мкм (при толщине проводников 50 мкм). Для получения логических слоев с металлизированными переходами с более плотным печатным монтажом с шириной проводников 150 мкм и 125 мкм рекомендуется технологический процесс по субтрактивной технологии травлением по металлорезисту (3-й вариант субтрактивной технологии) с использованием диэлектрика типа СПТА-5 с тонкомерной фольгой толщиной 5-9 мкм. В этом случае предварительная металлизация стенок отверстий и поверхности фольги заготовок диэлектрика производится на минимально возможную толщину 8-10 мкм. При применении в качестве металлорезиста никеля сложность процесса в том, что слой никеля остается на поверхности проводника и несколько шире его медной части. Поэтому применение в качестве металлорезиста сплава оловосвинец с последующим его удалением (или оплавлением) является более технологичным процессом.

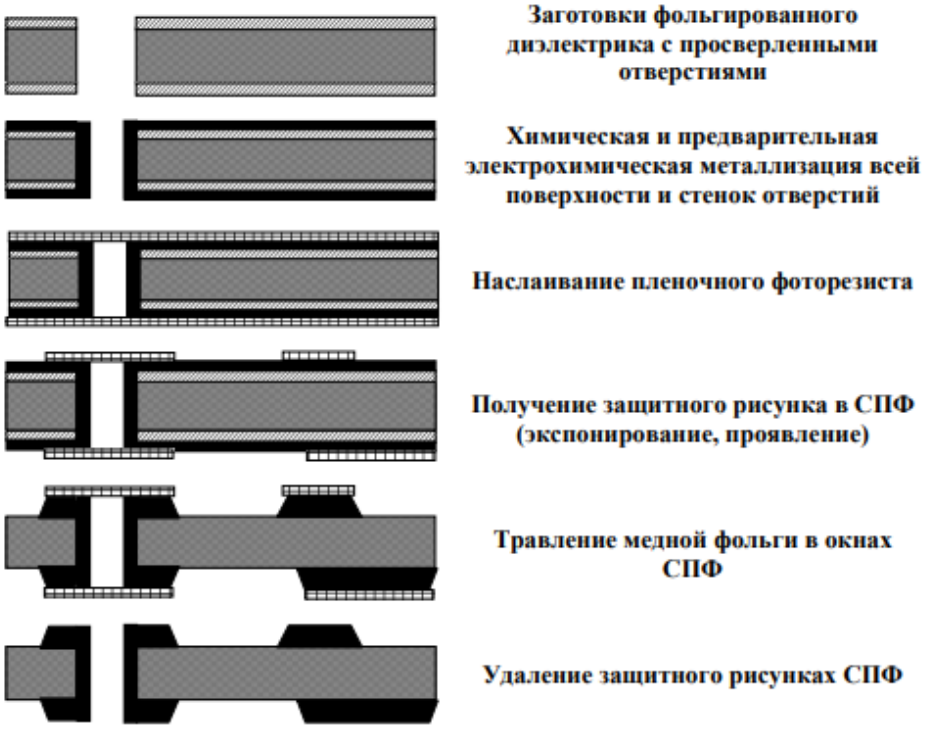


Рис.5. Изготовление ПП методом “Тентинг” с использованием СПФ.

В этом, так называемом «тентинговом» процессе, или процессе образования завесок, в заготовке фольгированного диэлектрика, сверлятся отверстия и, после химической металлизации стенок отверстий, производят электролитическое доращивание меди в отверстиях и на поверхности фольги фольгированного диэлектрика до требуемой толщины. После этого наслаивается фоторезист для получения защитного изображения схемы и защитных завесок над металлизированными

отверстиями. По полученному защитному изображению в пленочном фоторезисте производят травление меди с пробельных мест схемы. Образованные фоторезистом завески защищают металлизированные отверстия от воздействия травящего раствора в процессе травления. В этом процессе используются свойства пленочного фоторезиста наслаиваться на сверленые подложки без попадания в отверстия и образовывать защитные завески над металлизированными отверстиями. С основными материалами и операциями изготовления однослойных и двухсторонних печатных плат можно ознакомится в приложении 1 данного практикума.

Требования к отчету

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Краткие сведения по применяемым основным материалам.
4. Краткие сведения по технологии изготовления ОПП и ДПП.
5. Результаты выполнения заданий, сведенные в таблицы.
6. Выводы по работе.

Домашняя работа:

1. Ознакомится с описанием лабораторной работы.
2. Подготовить пять экземпляров формы таблицы 1 и один экземпляр формы таблицы 2 для записи результатов.

Форма таблицы 1.

Процесс_____
(наименование)

Номер образца	Номер операции в техмаршруте	Наименование операции	Характерные признаки операции

Форма таблицы 2.

Образец_____Процесс_____
(код)

Измеряемый размер	Ед. изм.	Мин/макс. величина	Обнаруженный брак
Ширина проводника	мкм		
Ширина зазора между проводниками	мкм		
Толщина слоя металла:			
на поверхности	мкм		
на входе отверстия	мкм		
в середине отверстия	мкм		
на выходе отверстия	мкм		

3. Выполнить пункты 1-4 требований к отчету.
4. Изучить теоретические сведения.
5. Подготовиться к ответам на контрольные вопросы.

Работа в лаборатории:

1. Изучить последовательность операций изготовления печатных плат.

2. Ознакомиться с перечнем основных материалов и оборудования в производстве однослойных и двухсторонних печатных плат.

3. Составить последовательность образцов в соответствии с маршрутной картой процесса изготовления ОПП субтрактивным негативным методом с использованием пленочного фоторезиста.

4. Составить последовательность образцов в соответствии с маршрутной картой процесса изготовления ОПП субтрактивным негативным методом с использованием трафаретной печати.

5. Составить последовательность образцов в соответствии с маршрутной картой процесса изготовления ДПП без металлизированных переходов субтрактивным негативным методом.

6. Составить последовательность образцов в соответствии с маршрутной картой процесса изготовления ДПП с металлизированными переходами методом «тентинг».

7. Составить последовательность образцов в соответствии с маршрутной картой процесса изготовления ДПП субтрактивным позитивным методом.

8. Визуально оценить качество проводников и зазоров ОПП и ДПП. При выполнении п.п. 3-7 см.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с описанием техпроцесса и маршрутной картой изготовления ОПП - процесс 1, процесс 2 и процесс 3. Ознакомьтесь с описанием техпроцесса и маршрутной картой изготовления ДПП - процесс 1, процесс 2 и процесс 3 (см. приложение 2).

2. Определить наименование операций, выполненных для ОПП и ДПП.

3. Укажите характерные признаки каждой операции. Укажите обнаруженные и возможные дефекты, основные виды и причины брака каждой операции. Результаты выполнения работы занести в форму Таблицы 1 (Приложение), в которой наименования операций и их номера запишите в соответствии и в последовательности их расположения в маршрутной карте.

4. В соответствии с заданием преподавателя нужно визуально оценить качество проводников и зазоров ОПП (ДПП). Результаты наблюдений занести в форму Таблицы 2 (Приложение).

Контрольные вопросы

1. Какие методы изготовления ОПП и ДПП Вы знаете?

2. Какова последовательность формирования проводников на ОПП при изготовлении субтрактивным негативным методом с использованием пленочного фоторезиста.

3. Какова последовательность формирования проводников на ОПП при изготовлении субтрактивным негативным методом с использованием трафаретной печати?

4. Какова последовательность формирования проводников на слоях ДПП при изготовлении субтрактивным негативным методом?

5. Какова последовательность формирования проводников на слоях ДПП при изготовлении субтрактивным методом «тентинг»?

6. Какова последовательность формирования проводников на слоях ДПП при изготовлении субтрактивным позитивным методом?

7. Как производится совмещение рисунка проводников и межслойных переходов в ДПП?

8. Что Вы знаете о сверлении отверстий в печатных платах?

9. Какие способы очистки и подготовки стенок отверстий под металлизацию Вы знаете?

10. Как производится химическая и гальваническая металлизация стенок отверстий в ДПП?

11. Как производится нанесение защитной паяльной маски на поверхность ДПП:

• жидкой,

• пленочной?

12. Какие методы нанесения паяемого покрытия на контактные площадки ОПП и ДПП Вы знаете?

13. Какие материалы применяются для изготовления ОПП и ДПП субтрактивным методом?

14. Как наносится маркировка на поверхность ОПП и ДПП?

15. Что Вы знаете об автоматизации визуального контроля печатных плат?

16.Назовите автоматизированные методы контроля качества металлизированных переходов.
17.Назовите и поясните основные характеристики ОПП и ДПП.
18.Назовите основные факторы ограничения увеличения габаритов ДПП:
• связанные со свойствами материалов,
• связанные с производственными возможностями.
19.С какой технологической операции снят данный образец.
20.Назовите характерные признаки данной операции.

Практическая работа №53. Изучение элементной базы, топологии и конструкции гибридных и полупроводниковых интегральных микросхем.

Цель работы: Изучить конструкции и топологии гибридных (ГИС) и полупроводниковых интегральных микросхем (ИМС), изучить топологию и зарисовать эскизы элементов гибридных ИМС.

Описание лабораторной установки

Для выполнения работы используется следующая аппаратура: лабораторный микроскоп, набор исследуемых микросхем.

Задание на самоподготовку

1. Изучить по лекциям или рекомендуемой литературе:
- классификацию и маркировку интегральных микросхем;
- количественные характеристики интегральных микросхем (степень интеграции, интегральная плотность);
- конструкцию пленочных элементов гибридных интегральных схем (ГИС);
- способы монтажа навесных компонентов.

 Привести в бланке отчета необходимые таблицы для занесения экспериментальных данных. Заготовить координатные сетки для нанесения эскизов топологии пассивных и активных элементов микросхем.

Лабораторное задание

1. Рассмотрите под микроскопом пять образцов гибридных интегральных микросхем. Найдите на микросхемах пассивные и активные элементы. Определите количество пленочных и навесных элементов, количественные характеристики микросхемы (степень интеграции и интегральную плотность). По результатам измерений и вычислений заполните графы таблицы 1.

Таблица 1

№	Обозначение микросхемы	Выполняемая функция	Общее количество элементов	В том числе				Степень интеграции K	Интегральная плотность ω
				пленочных		навесных			
				Резисторов	Конденсаторов	Транзисторов	Диодов		
1	К217ТК1Б								
2	235МП1								
3	235УР2								

4	284КН1							
5	284УН1							

* Выполняемую функцию определить по приложению А

2. Зарисуйте эскизы топологии пассивных и активных элементов микросхем.
3. Рассмотрите под микроскопом три образца ИМС с различной степенью интеграции. Определите количество элементов ИМС различной степени интеграции и оцените степень интеграции. По результатам измерений и вычислений заполните графы таблицы 2.

- данные о микросхеме К217ТК1Б возьмите из таблицы 1 и занесите в таблицу 2;
- для микросхемы ИД6 (ИЕ7), тщательно рассмотрев ее под микроскопом, определите число интегральных элементов, образующихся скоплением проводящих линий; считая, что каждый такой элемент по сложности аналогичен микросхеме К217ТК1Б, определите общее число элементов и занесите результат в таблицу 2;
- для микросхемы В9518BZ, тщательно рассмотрев ее под микросхемой, оцените число ячеек памяти, которые видны на поле; поскольку ячеек много, то для оценки используйте метрический квадрат окуляра осциллографа (рисунок 1); двигая метрический квадрат вдоль любой из сторон поля, оцените, сколько таких квадратов N_1 укладывается на стороне; далее оцените число ячеек N_2, укладывающихся на промежутке между большим и малым метрическими квадратами; рассчитайте число ячеек по формуле:

$$N = (4 \times N_1 \times N_2)^2.$$

- считая, что ячейка памяти по сложности не уступает микросхеме К217ТК1Б, оцените общее число элементов, образующих поле ячеек памяти; занесите результат в таблицу 2.

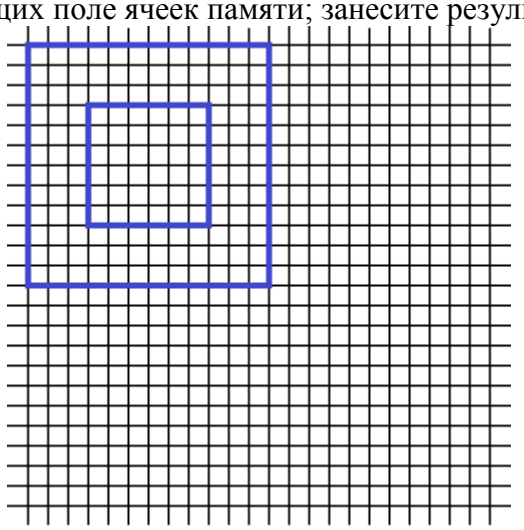


Рисунок 1 – Расположение метрического квадрата на поле ячеек памяти

Таблица 2

№	Обозначение микросхемы	Выполняемая функция	Общее количество элементов	Степень интеграции К
1	К217ТК1Б			
2	ИД6 (ИЕ7)			
3	В9518BZ			

4. Сделайте выводы о степени интеграции исследованных микросхем, топологии активных и пассивных элементов, входящих в их состав.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Требования к отчету

Отчет должен содержать:

1. Наименование и цель работы.
2. Название пунктов лабораторного задания и таблицы с результатами измерений по каждому пункту.
3. Эскизы топологии пассивных и активных элементов исследованных ГИС.
4. Результаты расчета числовых характеристик исследованных ИМС.
5. Краткие выводы с анализом полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию ИМС.
2. Какими параметрами характеризуется функциональная сложность ИМС?
3. Из каких элементов состоит условное обозначение ИМС?
4. Каковы основные функции корпуса ИМС и какие разновидности корпусов вам известны?
5. Какие существуют методы изоляции элементов ИМС? В чем их достоинства и недостатки?
6. Какие разновидности интегральных n-p-n-транзисторов вам известны?
7. Зачем применяются скрытые p^+-слои в технологии полевых транзисторов?
8. Что такое КМОП-транзистор? Где он применяется?
9. Какие известны способы повышения быстродействия МДП-транзисторов?
10. Какие способы позволяют снизить пороговое напряжение МДП-транзистора?
11. Что такое МНОП-транзистор и где он применяется?
12. Какие вам известны способы диодного включения биполярного транзистора? Какие из них наиболее оптимальны и почему?
13. Какие вам известны разновидности диффузионных резисторов? В чем их достоинства и недостатки?
14. Как зависит добротность диффузионного конденсатора от частоты?
15. В чем главный недостаток диффузионного конденсатора? Свободен ли от этого недостатка МОП-конденсатор?
16. В чем преимущество пленочных резисторов и конденсаторов перед полупроводниковыми?
17. В чем главное преимущество пленочной технологии перед полупроводниковой?

Практическая работа №55. Методы и технология изготовления фотошаблонов.

Цель работы:

1. Изучить технологические процессы изготовления фотошаблонов для производства ПП и МПП.
2. Ознакомиться с принципами работы оборудования для изготовления фотошаблонов.
3. Изучить характеристики и типы фотоматериалов для фотошаблонов.
4. Изучить методы контроля фотошаблонов.
5. Изучить методы структурного формирования комплектов фотошаблонов для различных технологических вариантов производства ПП.

Теоретические сведения

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Основным технологическим методом производства ПП является фотолитография, а основным инструментом фотолитографического процесса - фотошаблон (ФШ), посредством которого формируется рисунок топологии слоев в резисте.

В современной технологии для изготовления ФШ применяются фотоматериалы, обладающие высокой разрешающей способностью и высокой контрастностью.

Для изготовления фотошаблонов применяют специальное высокопрецизионное оборудование - фотокоординатографы и генераторы изображений, с помощью которых в эмульсионном слое фотоматериала формируется скрытое (латентное) изображение.

Фотохимическую обработку, проэкспонированного фотошаблона проводят в проявочных автоматах - «процессорах».

Ниже на рис.1 приведена схема типового технологического процесса изготовления фотошаблонов в современном производстве ПП.

Оборудование для производства фотошаблонов.

Разработка оригинала фотошаблона, включающего всю необходимую графическую информацию для изготовления ПП, осуществляется, главным образом, с применением ЭВМ следующими двумя способами:

1. «DA» (Design Automation - Автоматизированное проектирование). Данный способ эффективен при массовом проектировании стандартизованных ПП. При этом способе ЭВМ проводит все процессы обработки в соответствии с проектными данными.

2. «CAD» (Computer Aided Design - проектирование с помощью ЭВМ). Этот способ заключается в проектировании проводимом проектировщиком с проведением диалога с ЭВМ через графический дисплей. Данный способ применяется для проектирования стандартных печатных плат, требующих специальной обработки. Система CAD получила наиболее широкое применение. В стадии проектирования схемы соединений получают данные, необходимые для изготовления оригинала фотошаблона при помощи экспозиционного графопостроителя - фотокоординатографа, генератора изображений и др.

Фотокоординатограф - фотооптическое устройство для вычерчивания световым лучом топологии и другой необходимой информации на фотоматериале, используемом для изготовления фотошаблона. Фотокоординатограф состоит из следующих основных узлов:

· фотоголовки с объективом и набором апертурных диафрагм
· источника света с блоком конденсаторов
· механизма привода для перемещения фотоголовки
· механизма привода для перемещения координатного стола
· блока управления механизмами координатного перемещения
· устройства ввода и обработки информационных данных.

Ниже приведены некоторые основные характеристики современных фотокоординатографов:

1. Скорость рисования, мм/с 100 - 150
2. Точность позиционирования, мкм 25-30
3. Разрешающая способность, лин/мм 40-50
4. Число апертур до 50

На рис.2 приведена типовая схема фотокоординатографа.

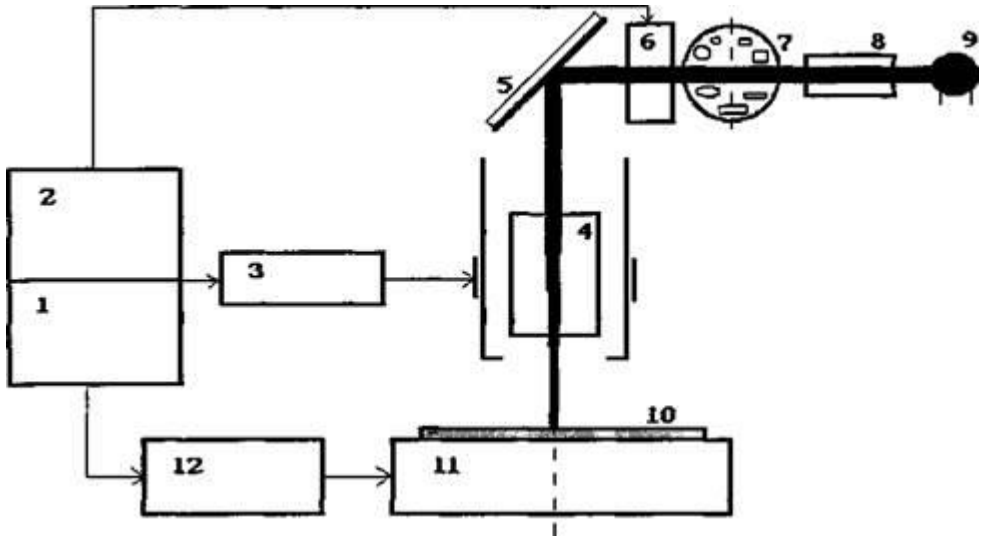


Рис.2.

1. Устройство управления приводами.
2. Специализированная ЭВМ.
3. Механизм привода фотоголовки.
4. Объектив.
5. Зеркало.
6. Затвор с механизмом привода.
7. Блок апертур с механизмом привода.
8. Блок конденсаторов.
9. Источник света.
10. Фотоматериал.
11. Координатный стол.
12. Привод координатного стола.

Более высокие технические параметры имеют генераторы изображений, в которых в качестве источника света используется лазер.

Монохроматичность и высокая интенсивность лазерного излучения, в сочетании с сканирующей разверткой сфокусированного луча по поверхности фотоматериала, позволяют на порядок увеличить производительность изготовления фотошаблонов в сравнении с производительностью достигаемой на фотокоординатографах.

В лазерных генераторах изображения (ЛГИ) в основном используются два типа лазеров:

· гелий-неоновый (1 = 633нм.)

· аргоновый (1 = 470 - 540нм.)

ЛГИ имеют следующие основные характеристики:

1. Время экспонирования фотоматериала размером 500х600мм., мин. - 3-7
2. Информативная разрешающая способность(пиксель), мкм. - 6,5 - 12,5
3. Разрешающая способность реализуемая на фотоматериале, лин/мм. - 40 - 50
4. Точность позиционирования, мкм. - 6,5 - 12,5

В настоящее время нашли применение два типа ЛГИ, отличающихся способами осуществления развертки лазерного луча: цилиндрового типа, в которых развертка осуществляется за счет вращения цилиндра и шагового перемещения объектива, фокусирующего излучение вдоль образующей цилиндра.

· с плоским координатным столом, движущимся по одной из осей координат и разверткой с помощью вращающегося зеркального полигона по другой оси координат.

На рис.3 показана схема ЛГИ цилиндрового типа.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

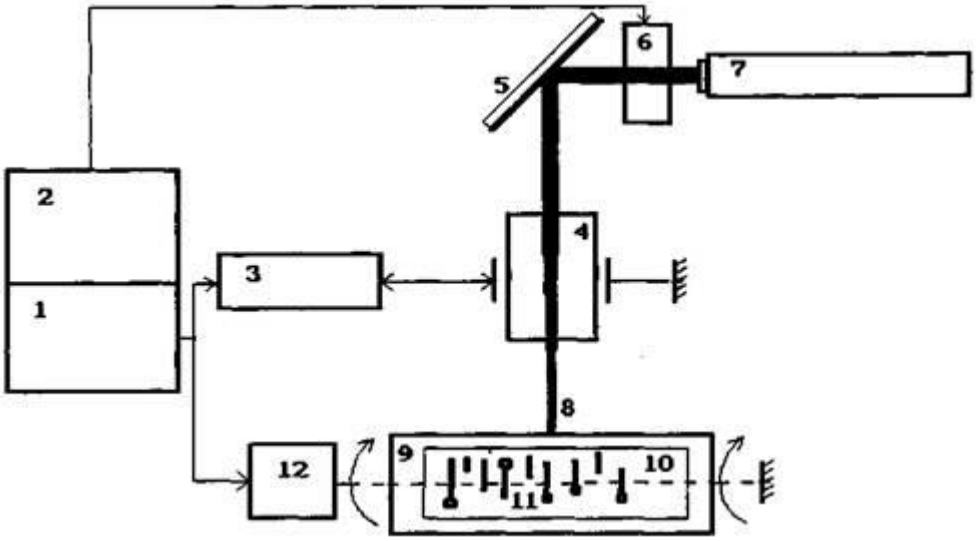


Рис.3.

1. Устройство управления приводами.
2. Специализированная ЭВМ.
3. Механизм привода объектива.
4. Объектив.
5. Зеркало.
6. Модулятор.
7. Лазер.
8. Сфокусированный луч лазера.
9. Цилиндр растровой развертки.
10. Фотоматериал.
11. Растр.
12. Механизм привода цилиндра.

На рис.4 показана схема ЛГИ с плоским столом.

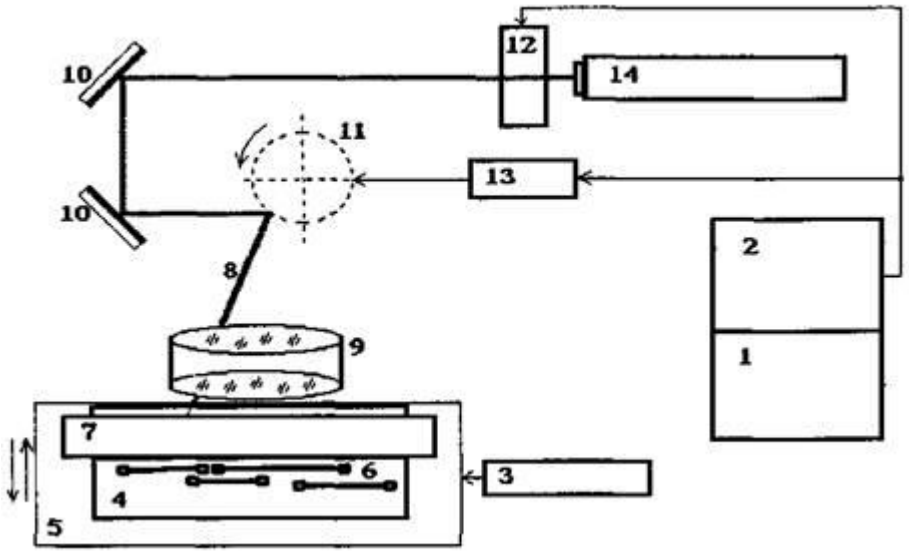


Рис.4.

1. Устройство управления приводами.
2. Специализированная ЭВМ.

3. Механизм привода стола.
4. Фотоматериал.
5. Координатный стол.
6. Растр развертки лазерного луча.
7. Плоское зеркало.
8. Сфокусированный луч лазера.
9. Объектив.
10. Зеркало.
11. Зеркальный полигон развертки лазерного луча.
12. Модулятор.
13. Привод полигона.
14. Лазер.

В состав производственного участка для изготовления фотошаблонов входят так же процессор для фотохимической обработки экспонированного фотоматериала, контактное устройство для получения копий с черно-белых фотоматериалов, контактное устройство для получения копий на диазопленках (ДП), проявочное устройство для ДП, а так же контрольное измерительное оборудование - денситометры и микроскопы.

Фотохимическая обработка в процессоре состоит из совокупности операций, которым подвергается экспонированный фотоматериал с целью превращения скрытого изображения в видимое.

Обязательные операции фотохимической обработки: проявление, в результате которого в фотослое образуется видимое изображение, · фиксирование, в ходе которого это изображение закрепляется и становится устойчивым к действию света.

В современной технологии эти процессы осуществляют с помощью проявочных автоматов («процессоров»), в которых строго регламентированы условия фотохимической обработки - постоянство химического состава реагентов, температура и время процесса.

При работе на установках для изготовления фотошаблонов должны выполняться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

При фотохимической обработке фотошаблонов должны соблюдаться правила техники безопасности, предусмотренные типовыми отраслевыми нормами.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Для выполнения задания предоставляются образцы фотошаблонов, помещенные в пластмассовые кассеты. Образцы фотошаблонов выполнены на фотоэмульсионных пленках и диазопленках и представляют собой образцы рабочих ФШ, предназначенные для получения рисунка на фоторезисте. Зеркальные ФШ в образцах отмечены индексом «0». Все фотошаблоны пронумерованы: 1-12.

Во время работы вынимать образцы ФШ из кассет и брать в руки нельзя, т.к. это приводит к их порче.

В порядке предварительной подготовки необходимо тщательно изучить основные положения технологии производства фотошаблонов, изложенные в разделе «Теоретические сведения» данной лабораторной работы. В порядке выполнения домашнего задания готовятся таблицы по форме I-VI.

А. В процессе визуального изучения образцов ФШ определяются следующие индивидуальные признаки ФШ:

1. Изображение рисунка какого слоя выполнено на образце ФШ.
2. В позитивном или негативном изображении выполнен рисунок на образце ФШ.

По маркировке на образце фотошаблона определяется ориентация рисунка относительно координат. Зеркальный слой маркируется индексом «О». По окончании изучения образцов и определения вида изображения и типа ФШ данные о фотошаблонах заносятся в таблицу I.

Б. В процессе выполнения данного пункта лабораторного задания определяются необходимые типы фотошаблонов для изготовления слоев МПП известными технологическими методами негативным, позитивным, ПАФОС, тентинг и производится выбор адекватных ФШ из двенадцати, представленных в образцах ФШ. Данные о выбранных образцах ФШ заносятся в таблицы, выполненные по форме II-V. Для выполнения данного пункта задания изучите раздел теории: «Характеристики и требования к ФШ».

Г. Для выполнения данного пункта лабораторного задания ознакомьтесь с описанием отсчетного микроскопа МИР-2. Возьмите образцы ФШ с рисунком наружн

ого слоя, выполненные в позитивном и негативном вариантах и образцы внутренних слоев на фотоэмульсионной пленке и на диазопленке, выполненные в позитивном варианте.

1. На ФШ наружных слоев проведите измерения диаметров Д контактных площадок, соответствующих КП под сквозное сверление в слоях ПП.

2. На ФШ внутренних слоев проведите измерения диаметров,d контактных площадок, соответствующих КП внутренних переходов в слоях ПП, и измерьте ширину линий H, изображение которых соответствует проводникам на слоях ПП. Проведите измерение зазора h, между контактной площадкой d и линией (проводником). Запишите результаты измерений в таблицу VI.

3. Выберите из образцов ФШ с реперным знаком в виде креста, относительно которого пробивают базовые отверстия БО.

Д. Ответьте на контрольные вопросы.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

• титульный лист,
• цель работы,
• результаты выполнения заданий, сведенные в таблицы по форме I-VI.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ПП - печатная плата.
МПП - многослойная печатная плата.
КП - контактная площадка.
ФМ - фотоматериал.
ФТ - фототехнический материал.
ФО - фотохимическая обработка.
ФШ - фотошаблон.
РФШ - рабочий фотошаблон.
ДП - фотоматериал со светочувствительным диазослоем на пленочной основе.
БЗ - базовый знак.
Dо - оптическая плотность прозрачного поля проявленного фотоматериала.
Д - оптическая плотность не прозрачного поля проявленного фотоматериала.
S - общая светочувствительность фотоматериала.
К - контраст фотографического изображения на фотоматериале.
l - длина волны.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Таблица 1

Числа фоточувствительности

В единицах ГОСТ	В единицах ASA*	В единицах DIN**	Примечание
1,4	1,3		* American Standarts Assotiation
2,8	2,5		
5,5			** Deutshe Industrie Normen

1. Маршрут технологического процесса изготовления фотошаблонов для производства МПП современными методами.

Оборудование	ЭВМ
Наименование операции	Подготовка управляющей информации
Наименование изделия	Вывод информации на носитель
Оборудование	Лазерный генератор изображений (ЛГИ)
Наименование операции	Формирование латентного изображения на фотопленке
Наименование изделия	Фотооригинал
Оборудование	Процессор
Наименование операции	Фотохимическая обработка латентного изображения
Наименование изделия	Фотооригинал
Оборудование	Микроскоп, денситометр
Наименование операции	Контроль качества и геометрических размеров
Наименование изделия	Фотооригинал
Оборудование	Рабочее место ретушера
Наименование операции	Ретушь дефектов
Наименование изделия	Фотооригинал
Оборудование	Установка контактной печати
Наименование операции	Печать фотооригинала (формирование латентного изображения)
Наименование изделия	Рабочий ФШ 1 на фотопленках 2 на диазопленках

Оборудование	Процессор для проявления
Наименование операции	Фотохимическая обработка

Наименование изделия	Рабочий ФШ
Оборудование	Микроскоп, денситометр
Наименование операции	Контроль качества и геометрических размеров
Наименование изделия	Рабочий ФШ
Оборудование	Устройство для пробивки базовых отверстий
Наименование операции	Изготовление базовых отверстий на рабочих ФШ
Наименование изделия	Рабочий ФШ

Оборудование	Микроскоп, денситометр
Наименование операции	Контроль параметров рабочих ФШ
Наименование изделия	Рабочий ФШ
Оборудование	Рабочее место ретушера
Наименование операции	Ретушь дефектов
Наименование изделия	Рабочий ФШ
Оборудование	
Наименование операции	Комплектация рабочих ФШ, оформление сопроводительных документов
Наименование изделия	

Таблица 2

В таблице 2 приведены типы фотошаблонов, изготавливаемые на фотоэмульсионной пленке, для производства слоев МПП негативным методом.

№слоя пп	Наименование слоя ПП	Тип фотооригинала	Тип рабочего ФШ
	Наружный верхний	Прямой, позитивный	Зеркальный, негативный
	Внутренний	Прямой, позитивный	Зеркальный, негативный

* * *	-//-	-//-	-//-
	Наружный нижний	Зеркальный, позитивный	Прямой, негативный
	Резист-защита нижнего наружного слоя	Зеркальный, негативный	Прямой, позитивный

Таблица 3

В таблице 3 приведены типы фотошаблонов, изготавливаемые для производства слоев негативным методом, с применением рабочих фотошаблонов на диазопленке.

№слоя ПП	Наименование слоя ПП	Тип фотооригинала	Тип рабочего ФШ
	Наружный верхний	Прямой, негативный	Зеркальный, негативный
	Внутренний	Прямой, негативный	Зеркальный, негативный
* * *	-//-	-//-	-//-
	Наружный нижний	Зеркальный, негативный	Прямой, негативный
	Резист-защита нижнего наружного слоя	Зеркальный, позитивный	Прямой, позитивный

Таблица 4

В таблице 4 приведены типы ФШ, изготавливаемые для производства слоев ПП позитивным способом.

№слоя ПП	Наименование слоя ПП	Тип фотооригинала	Тип рабочего ФШ
	Наружный верхний	Прямой, негативный	Зеркальный, позитивный
	Внутренний	Прямой, негативный	Зеркальный, позитивный
* * *	-//-	-//-	-//-
	Наружный нижний	Зеркальный, негативный	Прямой, позитивный
	Резист-защита нижнего наружного слоя	Зеркальный, негативный	Прямой, позитивный

Таблица 5

В таблице 5 приведены типы ФШ, изготавливаемые для производства внутренних слоев методом ПАФОС

№слоя пп	Наименование слоя ПП	Тип фотооригинала	Тип рабочего ФШ
	Внутренний	Зеркальный, негативный	Прямой, позитивный
* * *	-//-	-//-	-//-

	Резист-защита нижнего наружного слоя	Прямой, негативный	Зеркальный, позитивный

Таблица I

№обр. ФШ	Вид изображения на ФШ	Тип образца ФШ *				
наружный слой	внутре-нний слой	резист-защита	негатив	позитив	прямой	зеркальный
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						

Таблица II

Фотошаблоны для изготовления слоев в ПП негативным методом.

№	Вид изображения на ФШ	Тип образца ФШ	Шифр на образце ФШ
негатив	позитив	прямой	зеркальный
1.	Рисунок верхнего наружного слоя		
2.	Рисунок внутреннего слоя ПП		
3.	Рисунок слоя резист защиты		

Таблица III

Фотошаблоны для изготовления слоев ПП позитивным методом.

№	Вид изображения на ФШ	Тип образца ФШ	Шифр на образце ФШ
негатив	позитив	прямой	зеркальный
1.	Рисунок верхнего наружного слоя		
2.	Рисунок внутреннего слоя ПП		

Таблица IV

Фотошаблоны для изготовления слоев ПП методом ПАФОС

№	Вид изображения на ФШ	Тип образца ФШ	Шифр на образце ФШ
негатив	позитив	прямой	зеркальный
1.	Рисунок внутреннего слоя ПП		

Таблица V

Фотошаблоны для изготовления слоев ПП тентинг-методом

№	Вид изображения на ФШ	Тип образца ФШ	Шифр на образце ФШ
негатив	позитив	прямой	зеркальный
1.	Рисунок верхнего наружного слоя		

Таблица VI

№	Диаметр КП, Д мм	Диаметр КП, d мм	Ширина проводника, Н мм	Зазор между КП и проводником, h мм
1.				
2.				
3.				
4.				

Приложение

Перечень образцов фотошаблонов (вариант II)

Таблица 1

№пп	Вариант	Шифр	Наименование рисунка на ФШ	Тип фотошаблона
1.	II	НПО	Наружный	Позитивный, зеркальный
2.	II	ННО	Наружный	Негативный, зеркальный
3.	II	РПО	Резист-защита	Позитивный, зеркальный
4.	II	ННП	Наружный	Позитивный, прямой
5.	II	НПП	Наружный	Позитивный, прямой
6.	II	ВПО	Внутренний	Позитивный, зеркальный
7.	II	ВНО	Внутренний	Негативный, зеркальный
8.	II	ВПП	Внутренний	Позитивный, прямой
9.	II	ВНП	Внутренний	Негативный, прямой
10.	II	*ВНП	Внутренний	Негативный, прямой
11.	II	*ВНО	Внутренний	Негативный, прямой
12.	II	*R	Реперный знак	Негативный

Таблица 2.

$№_{ш}$	Вариант	Шифр	Наименование процесса изготовления ПП			
			негативный метод	позитивный метод	ПАФОС	тентинг метод
1.	II	НПО		Ч-		

2.	II	ННО	+			+
3.	II	РПО	+			
4.	II	ННП	+			
5.	II	НПП				
6.	II	ВПО			+	
7.	II	ВНО	+			
8.	II	ВПП		+		
9.	II	ВНП	+			
10.	II	*ВНП	+			
11.	II	*ВНО	+			
12.	II	*R				

* Образцы фотошаблонов выполнены на диазопленке.

Индексация в шифре: Н наружный, В внутренний, буквы, стоящие на первом месте в шифре; Н негатив, П позитив буквы, стоящие на втором месте в шифре; П прямой, О зеркальный буквы, стоящие на третьем месте в шифре образцов фотошаблонов.

В таблице 2 знаком «+» отмечены образцы фотошаблонов которые должны быть выбраны при заполнении таблиц IIV лабораторного задания.

Таблицы 1,2 используются преподавателем для проверки правильности выполнения задания студентами.

Практическая работа №56. Технологический процесс сборки и монтажа блока радиоэлектронного средства на печатной плате.

Цель работы: разработать технологический процесс сборки блока радиоэлектронного средства (РЭС) на печатной плате и изготовить макет печатного узла.

Краткие теоретические сведения

Разработка техпроцессов сборки и монтажа блока выполняется в соответствии с рекомендациями Р50-54-93-88 и включает определённое количество этапов в зависимости от типа изделия и производства. Например, техпроцесс сборки и монтажа электронных блоков состоит из 9 основных этапов.

1. Анализ исходных данных – изучение конструкторской документации, расчёт и анализ технологичности конструкции, определение типа производства и объёма выпуска изделия.

2. Выбор типового техпроцесса (ТП) – определение кода изделия по классификатору и отнесение изделия к соответствующей классификационной группе, использование действующего ТП.

3. Разработка схемы сборки – определение состава деталей, комплектующих и сборочных единиц изделия (интегральных схем (ИС), электрорадиоэлементов (ЭРЭ), печатных плат (ПП), выбор базовой детали или сборочной единицы, способов сборки и монтажа; разработка схемы сборки с базовой деталью.

4. Разработка маршрутного техпроцесса: определение последовательности технологических операций, выбор оборудования и технологического оснащения.

5. Составление технологических операций: разработка структуры и точности операций, последовательности переходов, схем установки деталей при сборке и монтаже, расчёт режимов и загрузки оборудования.

6. Технико-экономическое обоснование – выбор вариантов операций по технологической себестоимости и определение разряда работ по классификатору разрядов и профессий.

7. Определение техники безопасности техпроцесса – выбор требований по шуму, вибрациям, радиации, воздействию вредных веществ, методов обеспечения сохранности экологической среды.

8. Составление технологической документации, эскизов технологических операций и карт, карт маршрутного и операционного техпроцессов.

9. Разработка технического задания на специальную оснастку – определение схемы базирования заготовок, погрешностей базирования и точности приспособлений, количества заготовок и схемы их закрепления. Типовой технологический процесс сборки узла РЭС на печатной плате представлен на рис. 2.1.

При комплектации компоненты (ИС, ЭРЭ) размещаются в специализированные кассеты для реализации процесса автоматизации сборки. Входной контроль ЭРЭ и ИС осуществляется по геометрическим размерам, форме, внешнему виду, электрическим параметрам и механической прочности. Подготовка печатных плат к монтажу заключается в их промывке, контроле печатного монтажа и паяемости, маркировке платы. При подготовке ЭРЭ к монтажу выполняется рихтовка их выводов, гибка по форме, обрезка и лужение. Технологические операции осуществляются с применением механизации и автоматизации. Пайка контактных соединений ЭРЭ и ИС на печатных платах выполняется расплавленным припоем под действием постоянного или импульсного нагрева зоны соединения. Применяется механизированная пайка волной припоя.

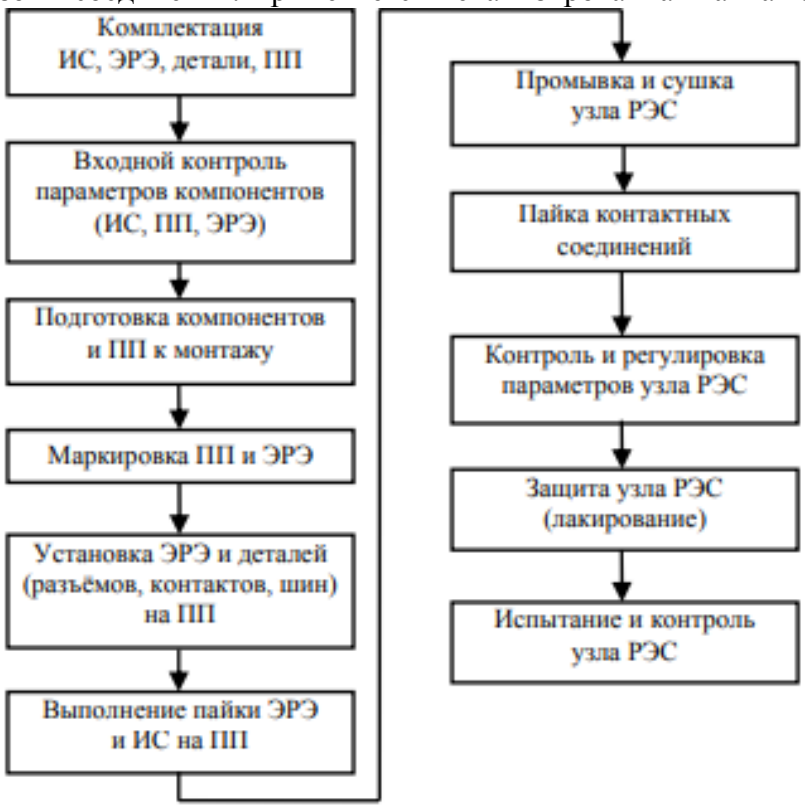


Рис. 2.1. Типовой технологический процесс сборки узла РЭС на печатной плате

Технологические операции промывки и сушки узлов РЭС необходимы для удаления флюса и продуктов пайки и выполняются на механизированных конвейерных линиях. Испытание и контроль узлов РЭС проводятся с помощью испытательных стендов, специальной аппаратуры, а также с использованием автоматических систем контроля. При автоматизированной установке ИС, ЭРЭ и деталей используется специализированное оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). В этом случае подача компонентов для установки на ПП осуществляется транспортёром из технологических кассет.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

После выбора и анализа типовых технологических процесса, операций и сборочного состава разрабатывается схема сборки. Существует два вида техпроцессов сборки блоков РЭС: веерного типа и с базовой деталью. На технологической схеме сборки указываются операции выполнения электрического монтажа (пайка, сварка, накрутка и др.), механического соединения (свинчивание, склеивание, расклёпка и др.), контроля и герметизации (промывка, сушка, лакирование и др.). На схеме сборки детали, ЭРЭ и технологические операции указываются прямоугольниками, где пишутся наименование, номер по спецификации и количество деталей и ЭРЭ, а также вид технологической операции. В качестве примера на рис. 2.2 приведена технологическая схема сборки блока с базовой деталью.

На схеме показана последовательность установки деталей, ИС и ЭРЭ на базовую деталь (печатную плату). Разработка маршрутного техпроцесса сборки блока выполняется на основе схемы сборки (например, с базовой деталью). Маршрутная карта (МК) техпроцесса сборки и монтажа выполняется в соответствии с ГОСТ 3.1118–82. Выбор соответствующей формы МК зависит от разрабатываемого вида технологического процесса, назначения формы в составе комплекта документов и применяемых методов проектирования документов. При маршрутном описании технологического процесса МК является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций. В маршрутной карте указывается код (А, Б, О, Т, М), номер (№), наименование и содержание операций.

На маршрутной карте указывается адресная информация: номер цеха (цех), участка (участок), рабочего места (РМ), операции (Опер.). Приведены обозначения служебных символов для формы с горизонтальным расположением: А – номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при операции; Б – код, наименование оборудования и информация по трудозатратам; О – содержание операции (перехода) и другие, приведённые в ГОСТ3.1118–82; Т – информация о применяемой при выполнении операции оснастке; М – информация о применяемом материале. Кроме того, в форме 5А приведены следующие обозначения кодов операций, оборудования и документов: СМ – степень механизации; Проф. – профиль и размеры; Р – разряд работы; КТС – код операции по технологическому классификатору; КР – количество исполнителей; КОИД – количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей при операции; ЕН – единица нормирования (нормы расхода материалов или времени); ТПЗ – норма подготовительно-заключительного времени; ОПЛ – обозначение подразделения, откуда поступают комплектующие (склада, кладовой); ЕВ – код единицы величины; КИ – количество деталей и сборочных единиц, применяемых при сборке или разборке; Нрас – норма расхода материала.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

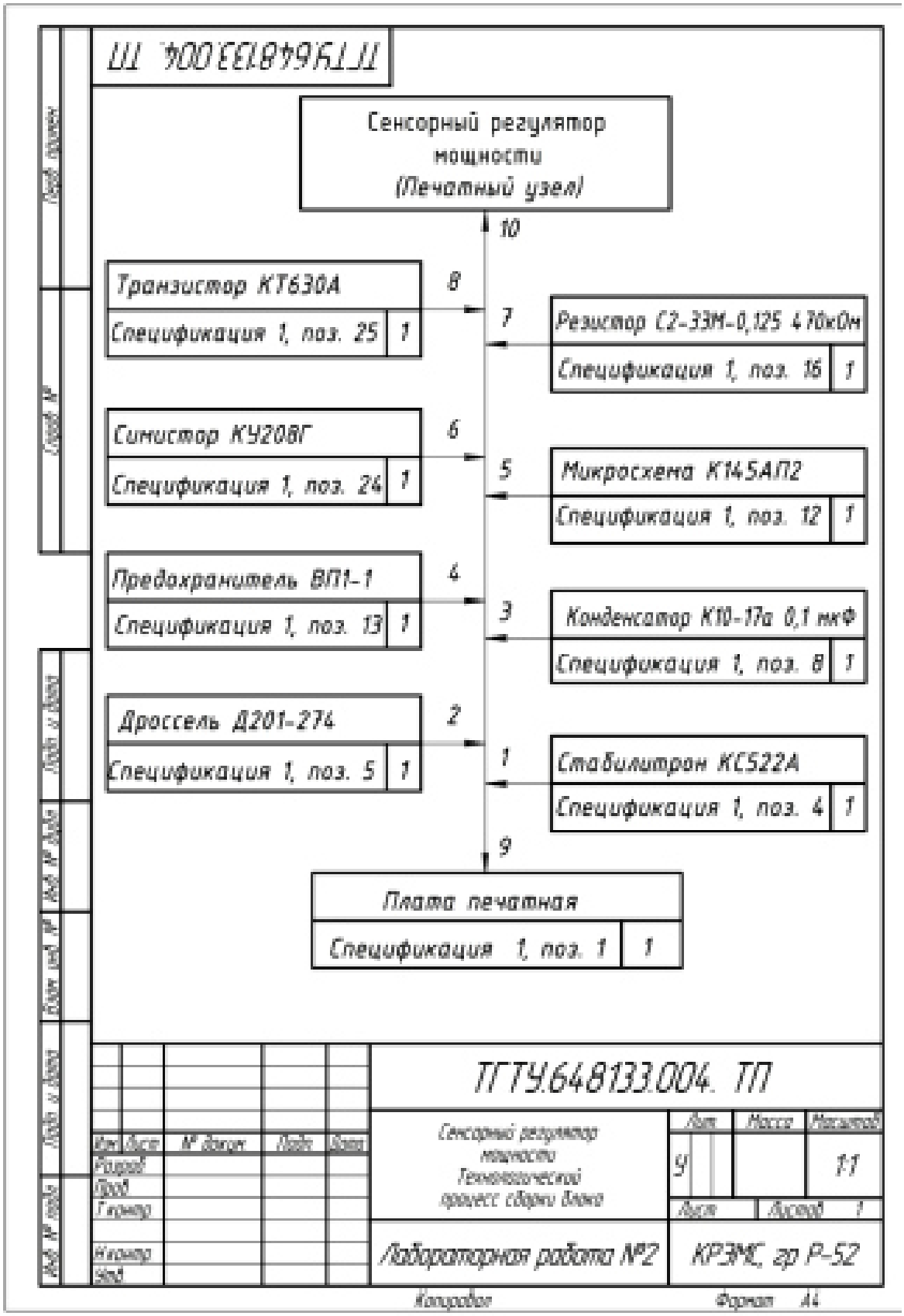


Рис. 2.2. Технологическая схема сборки блока с базовой деталью

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую схему устройства РЭС в соответствии со своим вариантом задания, которое приведено в прил. А.

2. Для заданной электрической схемы выполнить чертёж печатной платы и изготовить печатную плату (домашнее задание).

3. Подготовить сборочный чертёж блока на печатной плате в соответствии с перечнем элементов и сборочным чертежом, разработанным ранее.

4. Разработать технологический процесс сборки блока на печатной плате и записать его на маршрутных картах по форме прил. Д.

5. В соответствии с разработанным технологическим процессом сборки выполнить следующие технологические операции:

а) осуществить комплектацию электрорадиоэлементов и интегральных схем в соответствии с заданной электрической схемой;

б) выполнить входной контроль электрорадиоэлементов и интегральных схем;

в) подготовить электрорадиоэлементы и интегральные схемы к монтажу в зависимости от способа установки их на печатную плату в соответствии с ОСТ 45.010.030–93;

г) осуществить маркировку компонентов и ПП;

д) выполнить пайку электрорадиоэлементов и интегральных схем следующим образом: нанести на место пайки флюс, на рабочую часть стержня паяльника – припой и приложить его к подготовленному месту соединения на 3 – 5 секунд до момента течения припоя;

е) провести промывку и сушку изготовленного узла РЭС.

Содержание отчёта

1. Принципиальная электрическая схема блока РЭС.
2. Чертёж печатной платы (привести в приложении к отчёту).
3. Схема технологического процесса сборки блока РЭС с базовой деталью на печатной плате (привести в приложении к отчёту).

Вместе с отчётом студент должен представить макет собранного печатного узла.

Контрольные вопросы

1. Какие этапы включает техпроцесс сборки и монтажа блоков РЭС?
2. Как осуществляется комплектация компонентов при сборке блоков РЭС?
3. В чём заключается подготовка печатных плат к монтажу?
4. Как выполняется процесс пайки?
5. Как осуществляются испытания и контроль готовых блоков РЭС?
6. Какие операции включает типовой технологический контроль сборки узла РЭС на печатной плате?
7. Какие виды технологических процессов сборки блоков РЭС Вы знаете?
8. Как выполняется техпроцесс сборки блока с базовой деталью?
9. Какая документация отражает техпроцесс сборки?
10. Какие виды маршрутных карт Вы знаете?

Практическая работа №57. Применение программы автоматизированного проектирования P-CAD для размещения контактных площадок и сверления отверстий печатных плат.

Цель работы: изучить пакет программ автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD, освоить формат N/C Drill для составления управляющей программы сверления отверстий печатной платы на станке с числовым программным управлением.

Краткие теоретические сведения

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Для обеспечения качества выпускаемых печатных плат необходимо применять автоматизацию технологических процессов их изготовления. В настоящее время широко используется оборудование с программным управлением. При производстве печатных плат применяются сверлильные станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

В соответствии с разработанной программой станки с ЧПУ выполняют следующие функции:

– Движение исполнительных органов станка;

– Изменение скорости их перемещения;

– Обеспечение последовательности циклов обработки;

– Задание режимов работы и других вспомогательных функций.

Структурная схема станка с ЧПУ представлена на рис.1.1, где М1–М3–механизмы станка, которые реализуют операции цикла обработки, Д1–Д3–датчики, служащие для контроля величины перемещений механизмов М1–М3.Информация с программоносителя поступает в считывающее устройство, а затем в устройство числового программного управления которое формирует управляющие команды на механизмы станка М1–М3. Механизмы реализуют соответствующие движения цикла обработки согласно заданной управляющей программе. Управляющая программа разрабатывается в соответствии с чертежом детали, выбором направления обхода при обработке отверстий, разработанным технологическимпроцессом. Выбирается режущий инструмент и режим резания. Разработанная управляющая программа записывается насоответствующий носитель информации.

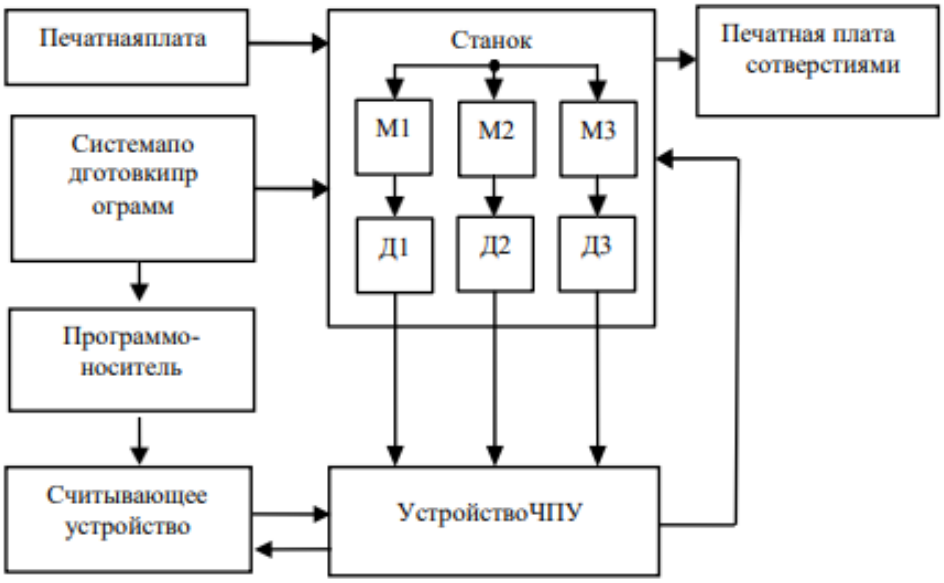


Рис.1.1.Структурная схема станка с ЧПУ

СтруктурауправляющейпрограммыдлястанковсЧПУ.

1. Программа состоит из кадров. Кадр– это часть программы, которая позволяет реализовать одну операцию.

2. Кадр программы включает переменное число слов, записанных в определѐнном порядке. Комплект документации на технологические процессы и операции, выполняемые на станках с ЧПУ:

1. Список деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.

2. Эскизы деталей.

3. Карта заказа на разработку управляющей программы.

4. Карта наладки инструмента и кодирования информации.

В качестве примера рассмотрим применение станка с ЧПУ – СМ-600 Ф2. Станок обеспечивает фиксацию предварительно подготовленных заготовок печатных плат, перемещение в зону обработки, сверление или фрезерование с заданной точностью.СистемаЧПУобеспечивает:

– управление станком по заданной программе;
– ввод управляющей программы в память;
– вывод управляющей программы на носитель;
– отображение информации на электронно-лучевойтрубке;
– тестированиеэлектронныхблоков.

Слово – часть кадра, которая содержит информацию о программируемой функции (признак адреса, знак,число и т. д.).

Кадр должен содержать его номер и информационные слова. Информационные слова записываются в определенной последовательности в зависимости от реализуемыхфункций. Слова в кадре представляются по следующей форме: записываются символ адреса (латинская буква), математический знак «плюс» или «минус», последовательность цифр.

Станок СМ-600Ф2 (рис. 1.2) состоит из гранитного основания (1) на котором размещены: электродвигатель линейный по оси X (2), электродвигатель линейный по оси Y (3), стол (4), блок автоматических манипуляторов (5), панель пневмоаппаратуры (6), панель электрооборудования станка (7), закрытая кожухом (8).

Станок имеет следующие технические характеристики (табл.1.1).

ТехническиехарактеристикистанкаСМ-600Ф2

Номинальноенапряжение,В	380±10%
Частотатока,Гц	50
Потребляемаямощность,кВА,неболее	4,0
Габаритныеразмерыобрабатываемыхзаготовокпе-чатныхплат,мм:	
длинаmin,	120
длинаmax,	610
ширина,неболее	305
Усилиеприжимапакетаплат,Н	0…150
Частотавращенияшпинделя,об/мин	20000…72000
Диаметрыиспользуемыхсвёрл,мм	0,3…6,5
Минимальныйшагперемещения,мм:	
пооси*X*	1,25
пооси*Y*	1,25
Видзаданияграфическойинформации	в абсолютныхр азмерах и вприращения х
Точностьсверления,мм	±0,02
Точностьпозиционированияпоосям,мм	±0,01
Максимальнаяскоростьперемещениястола,м/мин	15
Габариты,мм:	
длина	1420
ширина	1605
высота	1520
Масса,кг,неболее	3500

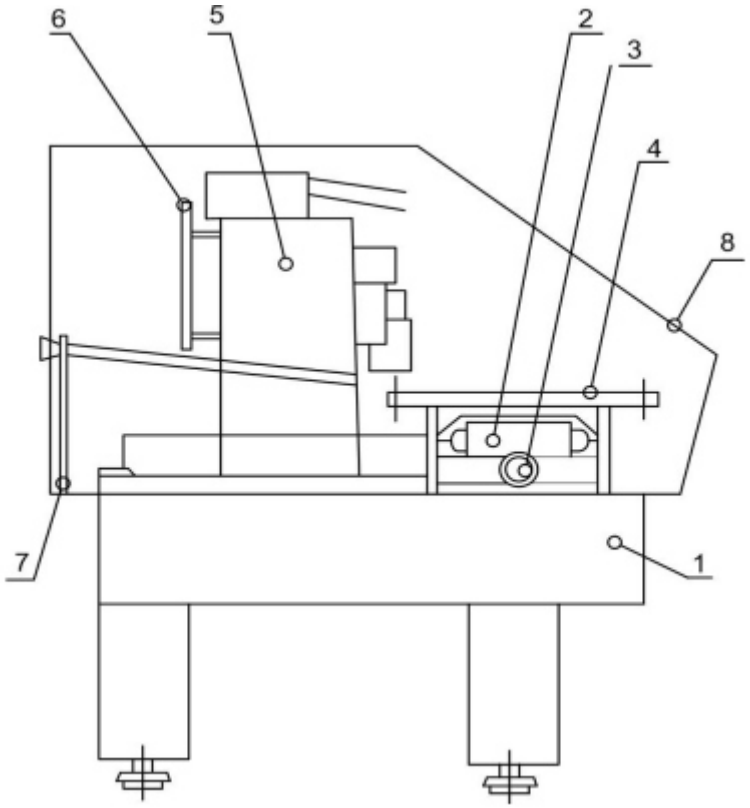


Рис.1.2.СтанокСМ-600Ф2

Описание САПР P-CAD.

Система P-CAD предназначена для сквозного проектирования многослойных печатных плат (ПП) электронных устройств. В состав P-CAD входят четыре основных модуля – P-CAD Schematic, P-CAD PCB, P-CAD LibraryExecutive, P-CADAutorouters ирядадругихвспомогательныхпрограмм. P-CAD Schematic и P-CAD PCB – соответственно графические редакторы принципиальных электрических схем иПП.

Редакторы имеют системы всплывающих меню в стиле Windows, а наиболее часто применяемым командам назначены пиктограммы. Редактор P-CAD PCB может запускаться автономно и позволяет разместить элементы на выбранном монтажно-коммутационном поле и проводить ручную, полуавтоматическую и автоматическую трассировку проводников. Если P-CAD PCB вызывается из редактора PCAD Schematic, то автоматически составляется список соединений схемы и на поле ПП переносятся изображения корпусов компонентов с указанием линий электрических соединений между их выводами. Эта операция называется упаковкой схемы на печатную плату. Затем вычерчивается контур ПП, на нем размещаются компоненты и, наконец, производится трассировка проводников.

Применение шрифтов TrueType позволяет использовать на схемеи ПП надписи на русском языке. Автотрассировщики вызываются из управляющей оболочки P-CAD PCB, где и производится настройка стратегии трассировки. Информацию об особенностях трассировки отдельных цепей можно с помощью стандартных атрибуто вввести на этапах создания принципиальной схемы или ПП.

Первый трассировщик QuickRoute относится к трассировщикам лабиринтного типа и предназначен для трассировки простейших ПП. Второй автоматический трассировщик PRORoute трассирует ПП с числом сигнальных слоѐв до 32. Трассировщик Shape-BasedAutorouter – бессеточная программа автотрассировки ПП. Программа предназначена для автоматической разводки многослойных печатных плат с высокойплотностью размещения элементов. Эффективна при поверхностном монтаже корпусов элементов, выполненных в различных

системах координат. Имеется возможность размещения проводников под различными углами на разных слоях платы, оптимизации их длины и числа переходныхотверстий.

Document Toolbox – дополнительная опция P-CAD PCB и P-CAD Schematic для размещения на чертежах схем или ПП различных диаграмм и таблиц, составления различных списков и отчѐтов, которые динамически обновляются, таблиц сверловки, данных о структуре платы, технологической и учѐтной информации, размещения на чертежах схем списков соединений, выводов подключения питания и другой текстовой информации. Программа предназначена для расширения возможностей выпуска технической документации без использования чертѐжных программ типа Auto CAD. Document Toolbox позволяет автоматизировать создание конструкторской документации, необходимой для производства проектируемыхПП.

SPECCTRA – программа ручного, полуавтоматического и автоматического размещения компонентов и трассировкипроводников. Трассирует ПП большой сложности с числом слоѐв до 256. В программе используется так называемая бессеточная Shape-Based – технология трассировки. За счѐт этого повышается эффективность трассировки ПП с высокой плотностью размещения компонентов, а также обеспечивается трассировка одной и той же цепи трассами различной ширины.

Программа SPECCTRA имеет модуль AutoPlace, предназначенный для автоматического размещения компонентов на ПП.Вызов программы производитсяавтономно из среды Windows или изпрограммы P-CAD PCB.

P-CAD Library Executive – менеджер библиотек. Интегрированные библиотеки P-CAD содержат как графическуюинформацию о символах и типовых корпусах компонентов, так и текстовую информацию (число секций в корпусе ком-понента, номера и имена выводов, коды логической эквивалентности выводов и т.д.). Программа имеет встроенные модули: SymbolEditor – для создания и редактирования символов компонентов и PatternEditor – для создания и редактиро-вания посадочного места и корпуса компонента. Упаковка вентилей компонента, ведение и контроль библиотек осуществляются модулем LibraryExecutive. Модуль имеет средства просмотра библиотечных файлов, поиска компонентов, символовикорпусов компонентов повсемвозможным атрибутам. Вспомогательные утилиты, образующие интерфейс DBX (DataBaseExchange), в частности, производят перенумерацию компонентов, создают отчеты в требуемом формате, автоматически создают компоненты, выводы которых расположены на окружности или образуют массив, рассчитывают паразитные параметры ПП ит.п.

Графический редактор печатных плат P-CAD PCB имеет следующие характеристики:

- до 99 слоевв ПП, из них 11 слоев предварительно определены;
- максимальный размер ПП 60х60 дюймов;
- автоматическая коррекция принципиальных схем по изменениям в печатной плате и наоборот (коррекция «назад» и «вперѐд»);
- до 64000 типов контактных площадок в проекте;
- ширина проводника на ПП до 10 мм;
- до 64000 стилей стеков контактных площадок в проекте;
- контактные площадки различных форм: эллипс, овал, прямоугольник, скругленный прямоугольник, сквозное переходное отверстие, перекрестье для сверления (target), непосредственное соединение, тепловой барьер с двумя или четырьмя перемычками;
- контроль соблюдения зазоров и полноты разводки ПП;
- минимальный дискрет угла поворота текста и графических объектов – 0,1 град;
- поддержка управляющих файлов фотоплоттеро в Gerber и сверлильных станков с ЧПУ Excell on.

Интерфейспользователя.

Графические редакторы P-CAD имеют похожие интерфейсы и системы меню команд. На рис.1.3 представлен экран графического редактора P-CAD Schematic.

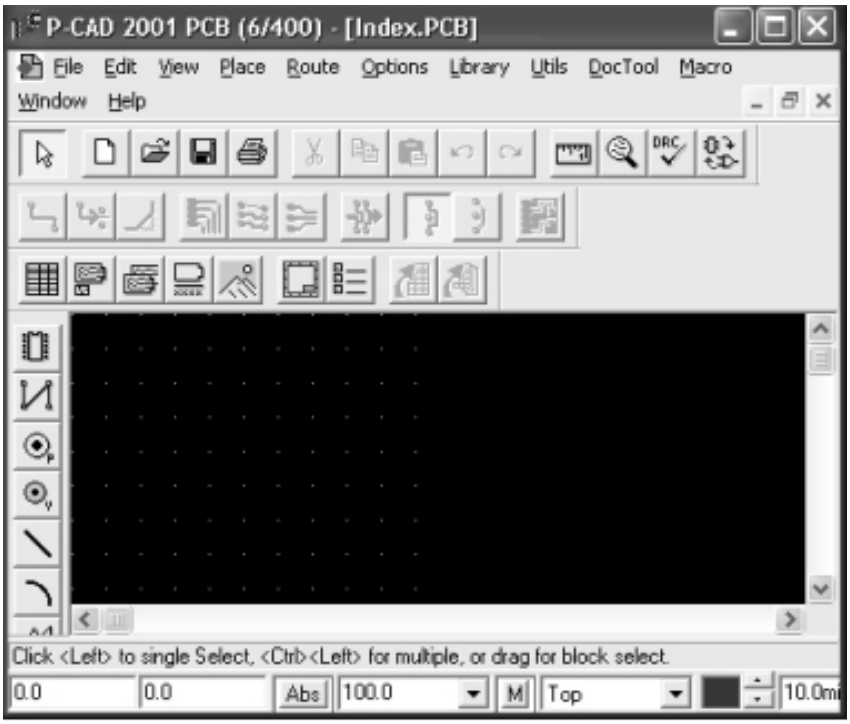


Рис.1.3.Рабочий экран P-CAD Schematic

Горизонтальная панель инструментов содержит пиктограммы системных команд, а вертикальная панель – командыразмещенияобъектовна рабочемполеэкрана. В поле рабочего окна располагают символы принципиальных схем и собственно схемы, составленные из символов, электрических соединений, шин и т.п.

Вторая строка снизу на экране – строка сообщений. Самая нижняяс трока – строка состояний. Значения полей строки состояния перечисляются ниже.

Координаты X и Y. Числа в полях указывают текущие координаты курсора. Перемещение курсора в заданную пользователем точку производится следующим образом. Если активизирован режим выбора объекта (команда Edit/Select), тонажатие клавиши J передает управление полю X. На клавиатуре можно набрать значение координаты X, затем нажатьклавишу Tab, набрать значение координаты Y и нажать клавишуEnter. В результате указанных действий курсор переместится в заданную точку.

Если выбрана одна из команд размещения Place, то можно указанными выше операциями разместить объект в заданную точку. Значения координат вводят в милах (mil), миллиметрах (mm) или в дюймах (inch). Выбор системы единиц измерения производится при выполнениии команды Options/Configure/Units. Если координаты точки заданы в mil, то точность – одиндесятичныйзнак, аесли в мм– тридесятичных знака после запятой. Кнопки переключения типа сетки ABS и Bel. Абсолютная сетка ABS имеет начало координат в нижнем левом углу рабочей области экрана. Относительная сетка Rel имеет начало координат в точке, указанной пользователем. Сетка Relвключается в том случае, если в окне команды Options/Grids активен режим PromptforOrigin. Значение шага сетки устанавливается при нажатии на кнопку выбора (стрелка), находящуюся справа от поля шага сетки. А набор шагов сеток ус-танавливаетсяв полеGridSpacingпосле выполнениякоманды Options/Grids. При активизации кнопки записи макрокоманд M (или клавиши M) начинается запись во временный файл всех выполняемых команд. Повторное нажатие кнопки M (или клавиши M) прекращает запись файла с именем _default.mac. Этот файл доступен только в течение текущего сеанса.

Поля текущего имени схемы и кнопка выбора имени листао тражают установки, проведенные по команде Options/Sheets в закладке Sheets. Все листы схемы одного проекта содержатся в одном файле с расширением .sch. Добавление листов в проект осуществляется командой Options/Sheets/ Sheets/Add.

Поля ширина линии и выбор ширины линии дублируют команду Options/CurrentLine. Для добавления в список новой толщины линии необходимо щелкнуть по кнопке LineWidth и ввести новое значение толщины линии. Тип линии устанавливается командой Options/CurrentLine в области Style диалогового окна. В строке сообщений (справа от кнопки выбора ширины линий) отображается следующая текущая информация:

• тип, позиционное обозначение или общее количество выбранных объектов;

• значения приращений по осям X и Y при перемещении выбранных объектов;

• имя выбранной цепи;

• расстояние между выбранными точками и их проекции на оси X и Y привыполнении команды Edit/Measure.

Размещение контактных площадок и пакетов контактных площадок. Каждый элемент создается индивидуально и хранится в библиотеке. Выводы, встроенные в элемент, указывают точки соединения с платой. Контактные площадки – это медные площадки на плате, соединяющие выводы с другими устройствами. В технологии сквозного сверления это точки, в которых печатные проводники соединяются с выводами и переходами, позволяя сигналу проходить с одной стороны платы на другую (контактные площадки также крепят элементы на печатную плату). Символ сверления для каждого различного размера отверстия создается отдельно.

Можно создавать множество файлов пакетов контактных площадок для различных производственных требований. Программа сверления разрабатывается при помощи САПР PCAD. Структура программы следующая:

1. M48 – код начала программы, далее располагается заголовок (header) программы состоящий из нескольких строк, содержащих информацию об используемой системе измерения, формате представления чисел и применяемом инструменте.

2. % – признак окончания заголовка и начала исполнения программы.

3. Выбор инструмента описывается символом T, который соответствует выбору сверла определѐнного диаметра, описанному в заголовке программы.

4. Для задания перемещения используются информационные слова (X, Y) для перемещения соответственно по осям X,Y.

5. После информационных слов (X,Y) без пробела вводится размер приращения, который может быть как положительным, так и отрицательным.

6. Заканчиваться программа должна кодом окончания программы – M30, обычно также перед окончанием программы останавливают вращение всех свѐрл – командаT00. Формат исполняемой программы N/CDrill станков Excellon наиболее близок к формату используемых сейчас на российских предприятиях станков с ЧПУ.

В качестве примера приведены простейшая программа и соответствующая ей печатная плата, представленная на рис.1.4.

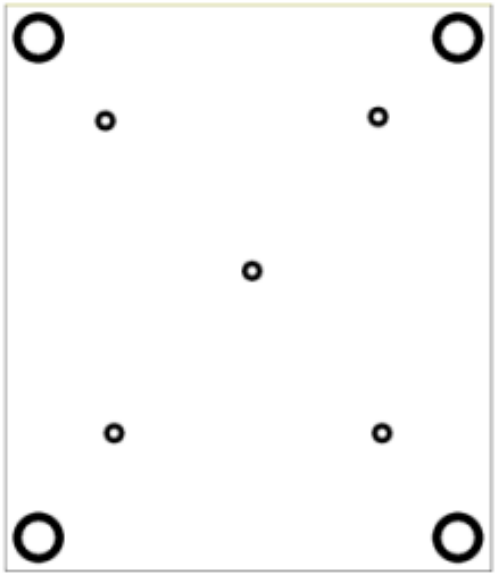


Рис.1.4.Печатнаяплатасотверстиями

M48–началопрограммы;
METRIC,0000.00 – выбор метрической системы и формата представления чисел;
T01C3.00 – первое сверло с диаметром 3 мм (C – означает выбор диаметра);
T02C10.00 – второе сверло с диаметром 10мм;
% – конец заголовка, начало исполнения;
T01 – инструментом T01;
X+007250Y+014125 – сверлим 5 отверстий по координатам;
X+015250 X+0070 00Y+02 3500X+ 011375Y +019000 X+0151 25Y+02 3625 T02– инструментомT02;
X+005000Y+011000 – сверлим 4 отверстия по координатам;
Y+026000 X+01750 0Y+0110 00Y+026
000 T00 – останавливаем шпиндели всех свѐрл;
M30 – конец программы.

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Изучить исходную плату устройства, рассмотренного (длясоответствующеговарианта) Выделить отверстия с одинаковыми диаметрами контактных площадок и отверстий,о тнеся их к одной группе. Измерить диаметры отверстий и контактных площадок.

2. Запустить программу PC Визпакета PCAD, ярлык которой находится в меню «Пуск» или на рабочемстоле Windows.

3. Задать границы чертежа: в меню Options подменю Configure, закладка General установить флажок Units в положение mm, WorkspaceSize – 210x297 mm(A4)(рис.1.5).

4. Команда Grids в меню Options показывает сетку, которая может выглядеть как в виде точек (Dotted), так и в видеклеток (Hatched), шаг сетки может быть задан пользователем (1,25; 2,5 ...). Рекомендуемустановить шаг 1,25 мм (рис.1.6).

Примечание. Пользователь может менять шаг сетки по своему усмотрению, например при вычерчивании границпечатной платы целесообразно использовать более крупную сетку и, наоборот, при вычерчивании каких то мелких деталей можно уменьшать шаг сетки, желательно кратно 2,5мм.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

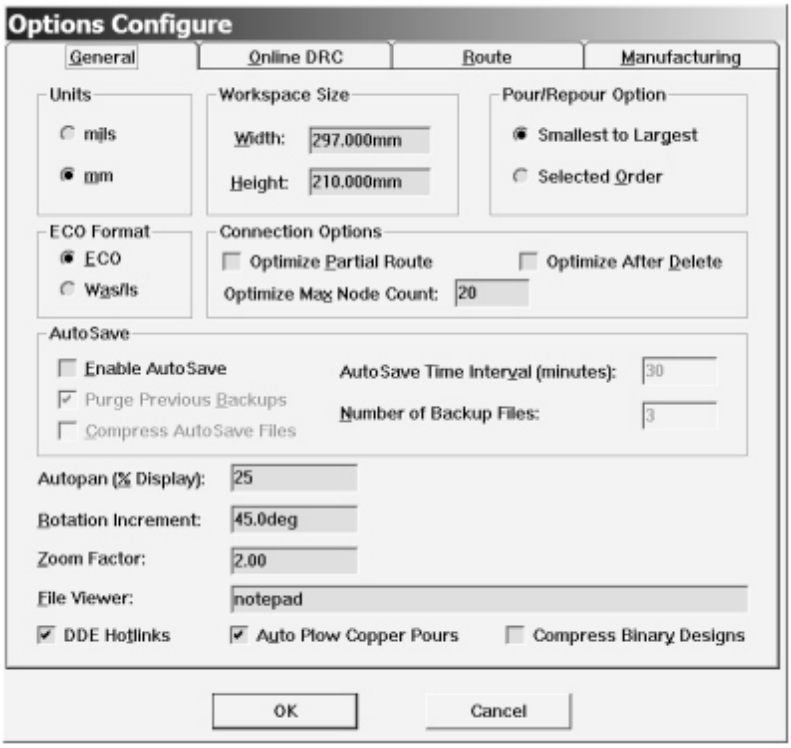


Рис.1.5.Заданиеконфигурациичертежа

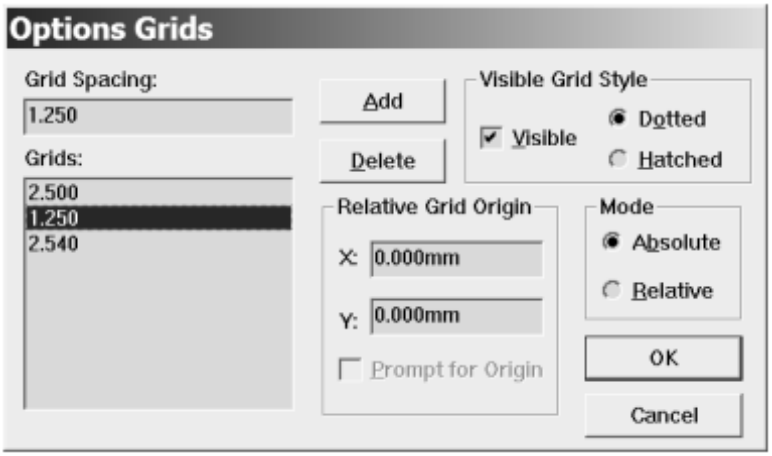


Рис.1.6.Заданиепараметровсетки 5.

Задавать границы печатной платы необходимо в слое Board, вычерчивая их при помощи команды Place/line(рис.1.7).

В правом нижнем углу можно посмотреть длины уже вычерченной линии (рис.1.8).

6. Для расстановки контактных площадок необходимо определить все типы отверстий, встречающиеся на заданной плате. Для этого необходимо войти в меню Options, подменю PadStyle. При нажатии кнопки Copy задаèтся имя для группы отверстий(рис. 1.9).



Рис.1.7. Изменение рабочего слоя



Рис.1.8. Просмотр длины начерченной линии



Рис.1.9.Создание группы отверстий

Нажать на ОК. После этого открыть Modify (Simple).

В появившемся окне есть несколько областей. В данном случаенасинтересуют: Diameter – задание диаметра монтажного отверстия; Shape – форма контактной площадки; Width, Height –

длина и ширина контактной площадки. Для получения круглой контактной площадки необходимо выбрать форму Ellipse,а длину и ширину задать равной диаметру контактной площадки (рис.1.10).

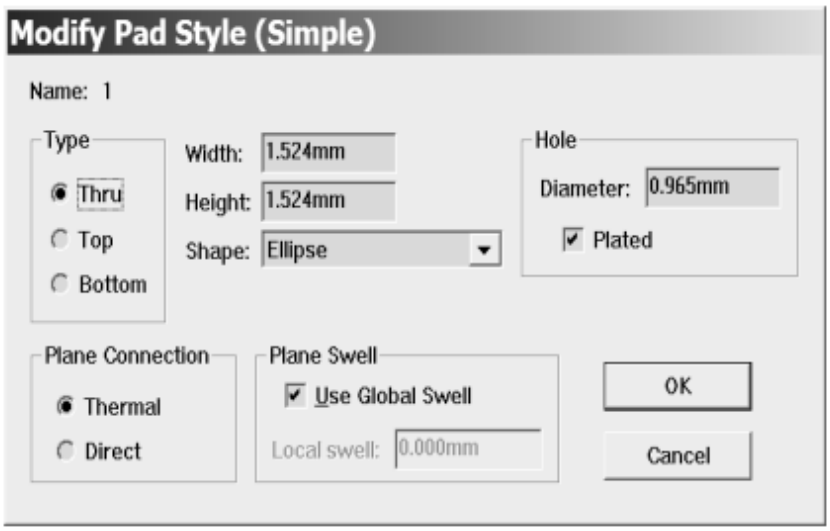


Рис.1.10.Задание параметров для группы отверстий

В области Hole задать диаметр проходного отверстия и нажать на OK. Для задания следующей группы площадок необходимо нажать Copy и повторить указанную выше последовательность действий.

7. В меню Place выбрать команду Pad в соответствии с расположением на исходной плате отверстий текущей группы. Для смены текущей группы необходимо воспользоваться меню Options, подменю PadStyle(рис.1.11).

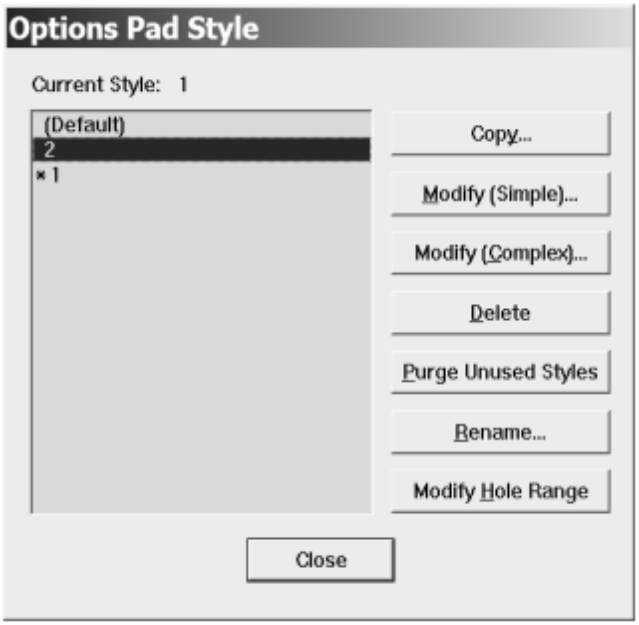


Рис.1.11. Смена группы контактных площадок

8. После установки всех отверстий на плату необходимо сохранить полученный чертѐж (File/Sav eas...).

9. Для генерации программы сверления отверстий необходимо воспользоваться пакетом PCDril l, для чего в меню File, подменю Export выбрать N/CDrill и в появившемся окне выполнить следующие действия:

- нажатьSetupOutputFiles(установитьвыходнойфайл);

• нажав Fileextensions, ввести расширение, которое будет присвоено выходному файлу (например, TXT);

• нажав OutputPath, задать каталог, в который будет записан сгенерированный файл.

В окне Layers необходимо щѐлкнуть SetAll (выбрать все слои) и пометить AllHoles (все отверстия). В окне на рис.1.12 показано задание параметров выходного файла.

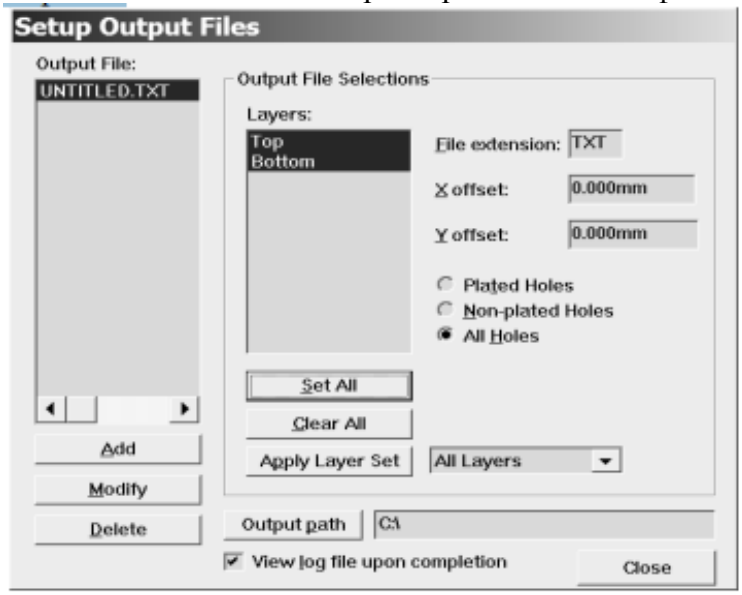


Рис.1.12. Задание параметров выходного файла

После чего нажать Add и закрыть окно. В меню Tools задаются параметры свѐрл и их коды. При нажатии кнопки Auto диаметры свѐрл для каждой группы назначаются автоматически (рис.1.13).

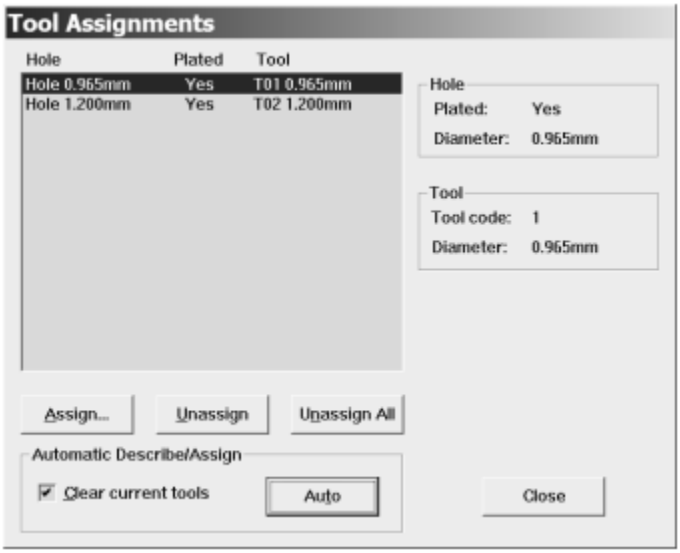


Рис.1.13. Задание параметров свёрл и их кодов

В меню N/CDrillFormat задаѐтся формат выходного файла:

• Outputunits (выходное пространство) – вмиллиметрах;

• OutCodetype (кодировка выходного файла) –текстовый (ASCII None);

• ZeroSuppression (нулевое подавление) –линейное и нелинейное (установить None).

Задание формата выходного файла показано на рис.1.14. После чего закрыть окно и нажать Generate OutputFiles (рис.1.15).

10. По указанному пути (OutputPath) открыть полученный файл при помощи блокнота notepad и распечатать на принтере.

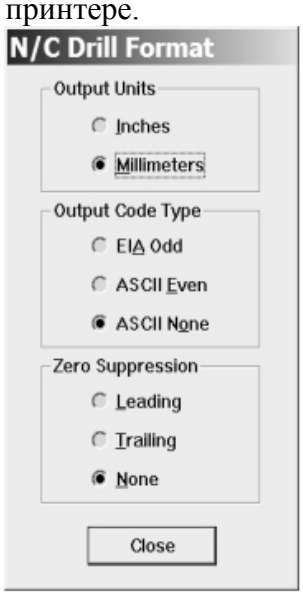


Рис.1.14. Задание формата выходного файла

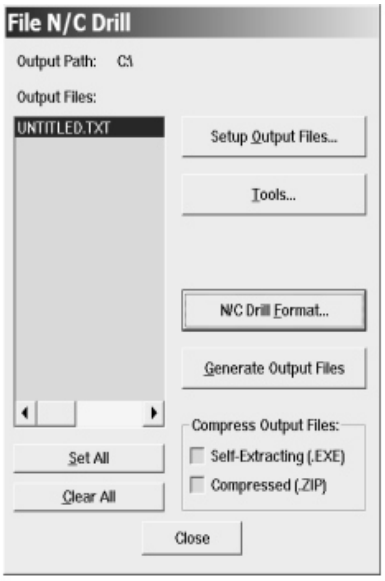


Рис.1.15. Создание выходного файла

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Представить чертèж исходной платы устройства. Указать выделенные группы отверстий.
3. В прил.А к отчèту по практической работе привести принципиальную электрическую схему устройства.
4. В прил.Б к отчèту по практической работе представить чертèж печатной платы.
5. В прил.В к отчèту по практической работе привести текст полученной программы с использованием САПР P-CAD.
6. В прил.Г к отчèту по практической работе привести текст полученной программы с использованием САПР P-CAD для размещения контактных площадок и сверления отверстий печатных плат на станках с ЧПУ.
7. Выводы о результатах практической работы.

Контрольные вопросы

1. Какие функции выполняют станки с числовым программным управлением?
2. Как устроен станок с ЧПУ?
3. Что включает структура управляющей программы для станков с ЧПУ?
4. Что входит в комплект документации на техпроцессы, выполняемые на станках с ЧПУ?
5. Какие операции выполняются в программе САПР P-CAD?
6. Что включает структура управляющей программы для станков с ЧПУ в формате N/CDrill?

Практическая работа №58. Контроль, регулировка и настройка блока радиоэлектронного средства на печатной плате.

Цель работы: разработать технологическую инструкцию по проверке и настройке блока радиоэлектронного средства, осуществить функциональный контроль и настройку блока.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Краткие теоретические сведения

Контроль радиоэлектронного средства заключается в получении информации о параметрах и характеристиках РЭС для оценки качества РЭС в процессе его производства.

Регулировка и настройка – это технологические операции, в результате проведения которых параметры и характеристики блоков РЭС должны соответствовать техническому заданию на их изготовление, включая технические условия (ТУ) эксплуатации.

Для выполнения операций контроля, регулировки и настройки разрабатывается технологическая инструкция в соответствии с ЕСТД – единой системой технологической документации. Технологическая инструкция имеет следующее содержание:

1) оборудование рабочего места;
2) описание и состав измерительной и регулировочной аппаратуры;
3) перечень инструментов и оснастки;
4) методика контроля, регулировки и настройки;
5) проверка работоспособности и качества блока РЭС;
6) требования охраны труда и безопасности жизнедеятельности.

Технологическому контролю подлежат заготовки, детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты, технологические процессы, материалы.

Различают следующие виды контроля:

1) входной, при котором проверяется соответствие качества выпускаемого продукта требованиям, указанным в техническом задании на изготовление, в стандартах, ТУ (проводится спецотделом предприятия – потребителя);

2) операционный контроль включает процедуры выявления соответствия параметров и характеристик выпускаемого изделия при выполнении каждой операции технологического процесса изготовления (осуществляется отделом технического контроля (ОТК) или исполнителем техоперации);

3) приёмочный контроль осуществляется мастером ОТК, контролёром и представителем заказчика для установления качества готового продукта и его соответствия требованиям технического задания на изготовление, соответствующих ГОСТ и Заказчика.

При технологическом контроле на предприятии ОТК осуществляет выборочный и сплошной контроль продукции, который может быть непрерывным, выборочным или летучим (для незначительных изделий). Виды настройки и регулировки РЭС: заводская и эксплуатационная.

Методы регулировки РЭС:

1) метод электрического копирования (сравнение с образцом);
2) использование измерительной аппаратуры.

Этапы настройки и регулировки РЭС:

1) проверка правильности монтажа по разработанным монтажным картам;
2) тряска на вибростенде для определения дефектов соединений;
3) проверка режимов работы полупроводниковых приборов и микросхем по электрокалибровочным картам;
4) настройка и регулировка всего изделия.

Методические указания и порядок выполнения работы

Данная практическая работа является продолжением начатых исследований и экспериментов, проведённых в предыдущих работах.

Для одной из электрических схем, приведённых в прил. А в соответствии с заданным вариантом студенты изготовили печатную плату, разработали технологический процесс сборки блока на печатной плате, подготовили электрорадиоэлементы и интегральные схемы к монтажу и выполнили пайку элементов на печатной плате.

Далее необходимо осуществить контроль, проверку и настройку данного блока. Технологические операции функционального контроля, проверки и настройки блока записать в технологическую инструкцию, в которой отразить следующие данные и операции:

1. Оборудование рабочего места: принципиальная рабочая схема устройства, блок стабилизированного питания, осциллограф типа GOS-620, генератор типа GFG-8216A, мультиметр GDM-8135.

2. Требования безопасности:

а) прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо изучить руководство по эксплуатации измерительного прибора;

б) запрещается снимать при работе с прибором защитный кожух;

в) необходимо заземлить корпус прибора перед подключением к источнику питания;

г) после выключения прибора нельзя касаться высоковольтных конденсаторов в течение 5 – 7 минут;

д) после выполнения лабораторной работы необходимо выключить используемый в работе источник питания;

е) при работе с измерительными приборами следует использовать изолирующий материал на полу Вашего рабочего места.

3. Операции единичного процесса контроля (для изделия одного наименования, типоразмера и исполнения):

а) определение марки материала печатной платы;

б) проверка комплектности электрорадиоэлементов и интегральных микросхем;

в) для сборочной единицы выполнить контроль геометрических и функциональных параметров;

г) контроль качественных и количественных характеристик на их соответствие требованиям нормативнотехнической документации для данного изделия.

4. Операции регулировки и настройки блока:

а) регулировку осуществить по методу использования измерительных приборов;

б) выявить некачественные соединения и пайку;

в) проверить правильность монтажа в соответствии с электрической схемой по предварительно составленным картам или таблицам, охватывающим все цепи проверяемого устройства, начиная с источника питания;

г) проверить режимы работы полупроводниковых приборов и интегральных микросхем по электрокалибровочным картам и справочным данным;

д) провести проверку функционирования устройства в целом и регулировку и настройку для получения заданных характеристик устройства в соответствии с техническим заданием;

е) регулировку и настройку проводить по электрической схеме с учётом требований технического задания и технических условий эксплуатации, при единичном процессе регулировки и настройки допускается замена установленных элементов, подбор полупроводниковых приборов, интегральных микросхем, резисторов, конденсаторов и других элементов, заранее предусмотренных в схеме, для получения оптимальных параметров.

В соответствии с составленной технологической инструкцией провести контроль, регулировку и настройку устройства согласно заданному варианту:

1) подключить к устройству источник стабилизированного питания, предварительно установив требуемое для данного устройства напряжение;

2) подсоединить измерительные приборы (цифровой мультиметр, цифровой генератор, осциллограф) к соответствующим клеммам входа и выхода устройства;

3) на лицевой панели измерительных приборов установить необходимые пределы измерений контролируемой величины;

4) включить (кнопка «сеть») измерительные приборы и источник питания;

5) записать технические характеристики входного сигнала блока по данным генератора, мультиметра и осциллографа – частоту, амплитуду и период следования импульсов (для электрических схем из прил. А1, А5, А6);

6) зарисовать осциллограмму входного сигнала блока (для схем из прил. А1, А5, А6);

7) записать технические характеристики выходного сигнала блока по данным мультиметра и осциллографа – частоту, амплитуду и период следования импульсов (для схем из прил. А1, А5, А6);

8) зарисовать осциллограммы выходного сигнала блока (для схем из прил. А1, А5, А6);

9) записать выходные технические характеристики устройств из прил. А1, А3, А4, А7, А8 с помощью цифрового мультиметра и осциллографа;

10) проверить соответствие выходных технических характеристик контролируемых, регулируемых и настраиваемых блоков техническому заданию на разработку и изготовление этих блоков;

11) в случае, если технические характеристики и параметры блоков отличаются от указанных в техническом задании на разработку и изготовление блока, то необходимо повторить контроль, регулировку и настройку блока в соответствии с пунктами в – к и разработанной технологической инструкцией;

12) сделать вывод о соответствии параметров и характеристик изготовленного блока радиоэлектронного устройства нормативно-технической документации, техническому заданию на изготовление этого блока.

Содержание отчёта

1. Цель лабораторной работы.
2. Электрическая схема устройства.
3. Описание электрической схемы устройства.
4. Технологическая инструкция по контролю, регулировке и настройке блока.
5. Технические параметры и характеристики входного сигнала блока.
6. Технические параметры и характеристики выходного сигнала блока.
7. Выводы о работоспособности блока и о соответствии его технических характеристик требованиям, изложенным в нормативно-технической документации, техническом задании на изготовление блока.
8. Перечень элементов к электрической схеме устройства (привести в прил. А к отчёту по лабораторной работе).

Контрольные вопросы

1. Какие операции выполняются при регулировке и настройке блоков РЭС?
2. Какими методами осуществляется регулировка и настройка?
3. Какие известны виды регулировок?
4. Из каких операций состоит процесс регулировки?
5. Для каких целей используются технологические карты?
6. Какие данные и операции включает технологическая инструкция?
7. Какие требования безопасности необходимо соблюдать при выполнении лабораторной работы?
8. Как осуществляется технологический контроль готовых изделий?
9. Какие виды контроля проводят при производстве изделий РЭС?

Практическая работа №59. Изучение способов и оборудования контроля дефектов пайки и печатных плат при производстве электронных устройств.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Цель работы:

– изучить виды дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

– изучить виды дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств;

– изучить конструкции и применение способов и оборудования для контроля дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

– изучить конструкции и применение способов и оборудования для контроля дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств;

– получить практические навыки применения способов и оборудования для контроля дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

– получить практические навыки применения способов и оборудования для контроля дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств.

Содержание и объем выполнения работы

В данной практической работе студент изучает следующие аспекты:

– виды дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

– виды дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств;

– применение различных способов и оборудования для контроля дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

– конструкции и технические характеристики оборудования для контроля дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

– применение различных способов и оборудования для контроля дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств;

– конструкции и технические характеристики оборудования для контроля дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств.

В данной практической работе студент по индивидуальному заданию определяет следующие дефекты:

– печатных плат при производстве электронных устройств;

– пайки печатных плат при производстве электронных устройств.

Порядок выполнения работы

1. Преподаватель, проводящий практические занятия:

– выдает студентам рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении методических указаний, просмотре каталогов, справочников, статей, фотографий и др.:

а) виды дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

б) виды дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств;

в) применение различных способов и оборудования для контроля дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

г) конструкции и технические характеристики оборудования для контроля дефектов печатных плат при производстве электронных устройств;

д) применение различных способов и оборудования для контроля дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств;

е) конструкции и технические характеристики оборудования для контроля дефектов пайки печатных плат при производстве электронных устройств.

Для получения дополнительной информации по отдельным аспектам разрешается использование других информационных источников;

– выдает индивидуальное задание, по которому студент определяет следующие дефекты:

а) печатных плат при производстве электронных устройств;

б) пайки печатных плат при производстве электронных устройств;

– выдает студенту контрольный вопрос.

2. Студент выполняет первичный просмотр всех представленных материалов. При просмотре студент производит отбор материалов (методические указания, каталоги, справочники, статьи, фотографии и др.), которые, по его мнению, будут ему необходимы для составления отчета по данной лабораторной работе. При этом допускается копирование информации на ФЛЭШ-носители и (или) использование других устройств для хранения информации.

3. При необходимости (отсутствие полной информации, неуверенность о правильности выбранного технического решения) студент должен уточнить технические характеристики, размеры, изображения, ГОСТы, обозначение выводов и т. д. у преподавателя.

4. Выполнить по индивидуальному заданию дефекты печатных плат.

5. Выполнить по индивидуальному заданию дефекты пайки печатных плат при производстве электронных устройств.

Контрольные вопросы

1 Какие виды дефектов имеют место быть при производстве печатных плат?

2 Какие виды дефектов имеют место быть при пайке печатных плат?

3 Какие виды приборов используются для оптического контроля?

4 Какие характеристики оптических приборов являются основными?

5 Какие электронные средства используются для оптического контроля и почему?

6 Какие требования предъявляются к характеристики оптических приборов для определения соответствия размеров?

7 Как вы понимаете стереоизображение?

8 Какие виды дефектов печатных плат относятся к виду исправляемых и как это выполняется?

9 Какими причинами (технологического характера) объясняются дефекты печатных плат?

10 Что называют «холодной пайкой»? Какие физические явления лежат в основе данного явления? По каким признакам определяют данное явление ?

11 Что и почему обеспечивает дефекты при производстве печатных плат «печатных проводников»?

12 Как качество и состояние соединяемых поверхностей деталей влияет на качество «холодной пайки»?

13 Какие дефекты паяных соединений вы знаете? Как и почему получаются данные дефекты?

14 Какие дефекты печатных плат вы знаете? Как и почему получаются данные дефекты?

15 Какие основные дефекты паяных соединений определяют международные стандарты? Как и почему получаются данные дефекты?

16 Какие характерные признаки загрязнений коррозионно-активными компонентами процесса пайки? Как и почему получаются данные дефекты?

17 Какие виды оптических приборов применяются при электрическом монтаже?

18 Что такое стереоувеличитель? Основные характеристики.

19 Какие дефекты печатных плат подлежат исправлению? Как выполняется исправление дефектов?

20 Что обеспечивает «меньше» дефектов пайки механическая очистка поверхности или химическое травление, почему?

21 Что такое оптический и рентгеновский контроль печатных плат? Достоинства, недостатки.

22 Проблемы визуального контроля при производстве печатных плат.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее:

1) цель работы;

2) фотографии практического выполнения работы по индивидуальному варианту – дефекты печатных плат;

3) фотографии практического выполнения работы по индивидуальному варианту – дефекты пайки печатных плат;

4) ответ на контрольный вопрос;

5) выводы.

Практическая работа №60. Изучение способов и оборудования для нанесения припойной пасты при производстве электронных устройств.

Цель работы:

– изучить конструкции и применение оборудования для нанесения припойной пасты при производстве электронных устройств;

– изучить состав и применение материалов при выполнении работ по нанесению припойной пасты при производстве электронных устройств;

– изучить основные способы изготовления трафаретов для нанесения паяльной пасты на поверхность печатных плат;

– изучить конструкции и применение инструмента при выполнении работ по нанесению припойной пасты при производстве электронных устройств;

– изучить конструкции и применение оснастки при выполнении работ по нанесению припойной пасты при производстве электронных устройств;

– получить практические навыки при выполнении работ по нанесению припойной пасты при производстве электронных устройств.

Основные положения

Метод трафаретной печати предполагает нанесение паяльной пасты через апертуры в сетчатом или цельнометаллическом трафарете на контактные площадки печатной платы.

Паяльная паста – используется в технологии поверхностного монтажа в качестве материала, обеспечивающего образование паяных соединений между контактными площадками и выводами поверхностно монтируемых электронных компонентов.

Апертура – (в технологии трафаретной печати) – ***aperture*** – отверстие в трафарете, соответствующее контактной площадке печатной платы, на которую наносится паяльная паста.

Трафарет – технологическая оснастка (в некоторых источниках – инструмент), путем использования которой на контактные площадки печатной платы через апертуры наносится паяльная паста.

Ракель – инструмент для перемещения и продавливания паяльной пасты через апертуры трафарета при нанесении паяльной пасты на контактные площадки печатной платы.

Содержание и объем выполнения работы

При выполнении практической работы студенты получают исходные данные. Каждый студент получает индивидуально от преподавателя, ведущего практические работы, исходные данные для выполнения лабораторной работы.

Порядок выполнения работы

Преподаватель, проводящий практические занятия:

– выдает студентам рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала по данной практической работе;

– выдает студенту индивидуальное задание по выполнению практической части работы по нанесению паяльной пасты на поверхность печатной платы или другой технологической операции данного технологического процесса;

– выдает студенту в соответствии с индивидуальным заданием по выполнению практической части работы по нанесению паяльной пасты на поверхность печатной платы печатную плату, трафарет, паяльную пасту и другие материалы и принадлежности;

– выдает студенту контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

1) по полученному индивидуальному заданию в базе данных по электронным компонентам определяет максимально допустимый ток, который возможен при прохождении по элементу;

2) определяет возможную ширину и толщину печатного проводника в соответствии с законом Ома;

3) выбирает (осознано и обосновано) вид и конструкцию трафарета;

4) уточняет вид применяемой паяльной пасты на основании базы данных и в соответствии с методическими рекомендациями;

5) получает печатную плату, паяльную пасту, трафарет и вспомогательные материалы;

6) устанавливает печатную плату в принтер;

7) закрепляет её при помощи вакуумных присосок;

8) полученный трафарет устанавливает в механическую раму для натяжения трафаретов. Крепление трафарета производится по двум сторонам при помощи отверстий, прорезанных лазером в процессе изготовления трафарета. Затем, поворачивая длинные винтовые растяжки, трафарет равномерно натягивается;

9) устанавливает раму в принтер;

10) опускает раму трафарета. Рама фиксируется за счёт собственного веса.

11) совмещает рисунок печатной платы и трафарета, используя регулировочные ручки: по осям X, У и ручку наклона платы;

12) заправляет емкость для подачи паяльной пасты паяльной пастой;

13) устанавливает ракель в направляющие для перемещения ракелей;

14) совершает проход ракеля по направляющим для продавливания пасты в апертуры трафарета;

15) поднимает раму принтера, извлекает печатную плату с нанесенной паяльной пастой;

16) выполняет визуальный контроль качества нанесения паяльной пасты;

17) убирает рабочее место.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее:

1) цель работы;

2) аннотация по проделанной работе;

3) ответ на контрольный вопрос;

4) выводы.

Контрольные вопросы

1 Что такое трафарет?

2 Конструкция и назначение элементов трафаретного принтера.

3 Какова роль трафаретного принтера в технологическом цикле изготовления монтажных плат?

4 Перечислите этапы изготовления печатных плат.

5 Что такое паяльная паста, какие требования к ней предъявляются?

6 В каких случаях применяются каучуковые ракели?

7 В каких случаях применяются металлические ракели?

8 Какие способы изготовления трафаретов существуют? В чём их особенности?

9 В каких случаях применяется аддитивный способ изготовления трафаретов?

10 В каких случаях применяется способ лазерного фрезерования при изготовлении трафаретов?

11 В каких случаях применяется способ химического травления при изготовлении трафаретов?

12 Классификация флюсов в составе паяльных паст. Какие в каких случаях применяются?

13 Основные виды брака при ручной трафаретной печати.

14 Основные виды дефектов при ручной трафаретной печати.

15 В каких случаях применяются каучуковые ракели?

16 В каких случаях применяются металлические ракели?

Практическая работа №61. Системы автоматизации для производства печатных плат и электронных устройств на основе ПП PHIPLASTIC.

Цель работы:

– изучить конструкции и применение оборудования для контроля качества фотошаблонов, трафаретов, печатных плат современных систем автоматизации на основе ПП PHIPLASTIC при производстве электронных устройств;

– изучить состав и применение программных модулей по контролю качества фотошаблонов, трафаретов, печатных плат современных систем автоматизации на основе ПП PHIPLASTIC при производстве электронных устройств;

– изучить основные способы применения программных модулей по контролю качества фотошаблонов, трафаретов, печатных плат современных систем автоматизации на основе ПП PHIPLASTIC при производстве электронных устройств;

– получить практические навыки при выполнении практических работ по применению программных модулей по контролю качества фотошаблонов, трафаретов, печатных плат современных систем автоматизации на основе ПП PHIPLASTIC при производстве электронных устройств.

Основные положения

Оптический контроль печатных плат – обнаружение дефектов, возникших в ходе изготовления или подготовки данных. Контроль выполняется путем автоматического сравнения с эталоном.

Векторизация печатных плат – создание по готовому изделию векторного описания, пригодного для любой CAM-системы. Векторизация необходима, когда проектные файлы на печатную плату полностью или частично отсутствуют. Продукты предназначены для предприятий:

– имеющих собственное производство печатных плат;

– заказывающих печатные платы на стороне.

Phiplastic Inspection – это система автоматизации оптического контроля печатных плат. Основные возможности:

– импорт данных из CAD/CAM-систем и создание эталона;

– спецификация допусков и областей контроля;

– сканирование проверяемого образца;

– автоматическое совмещение с эталоном;

– автоматическое обнаружение дефектов;

– измерение размеров со средней точностью 1.5 мкм;

– создание электронной дефектной ведомости и бумажного отчета.

Основной входной формат для векторных данных – Gerber RS-274-X.

Перечень дефектов, обнаруживаемых автоматически:

– разрыв проводника;

– короткое замыкание;

– выпуклость;

– прокол проводника;

– прочие дефекты топологии;

– нарушение допусков на ширину проводника;

– нарушение допусков на зазор между проводниками;

– лишняя и недостающая металлизация.

Имеются средства гибкой настройки допусков контроля, в том числе в соответствии с ГОСТом по классам точности. При наличии на плате дефектов информация о них передается на участок ремонта либо в бумажном виде, либо в виде файла с электронной дефектной ведомостью. Оба способа обеспечивают персонал исчерпывающей информацией о дефектах: изображения, допуски, координаты.

Модули **Color** и **Gold** расширяют возможности **Inspection**.

Phiplastic Color – это модуль бинаризации цветных изображений. С его помощью сканированные изображения печатных плат и их заготовок переводятся в черно-белый вид, пригодный для контроля и векторизации.

При работе с **Inspection** и **Vector** модуль **Color** позволяет контролировать и векторизовать печатные платы и заготовки с любых «цветных» стадий техпроцесса.

Возможно использование **Color** для бинаризации любых других изображений. Процедура бинаризации состоит из двух этапов:

1) ручная настройка по одной-двум платам;

2) автоматическая бинаризация партии изделий.

В ходе ручной настройки оператор указывает типичные цвета «белого» и «черного» кластеров, пользуясь при этом удобными и наглядными инструментами. Результаты настройки сохраняются и могут быть многократно использованы.

Phiplastic Gold – это добавочный модуль к системам **Inspection** и **Vector**, выполняющий автоматическую векторизацию топологии печатных плат при помощи полигонов. При взаимодействии с **Inspection Gold** позволяет проводить контроль по «золотой плате», т. е. сравнивать партию изделий с одним готовым изделием, прошедшим всесторонний контроль. В качестве эталонного изделия может выступать как фотошаблон, так и печатная плата.

Типичный сценарий работы:

– сканирование «золотой платы»;

– автоматическое построение минимального полигонального представления, обеспечивающего требуемую точность;

– сохранение эталона;

– контроль партии изделий.

При взаимодействии с **Vector Gold** позволяет выпускать в производство точное полигональное представление «золотой платы» либо ее фрагментов, которые не описываются линиями и контактными площадками:

– сканирование «золотой платы»;

– полигонизация фрагментов или цепей, указанных пользователем;

– применение других возможностей **Vector**;

– экспорт эталона;

Phiplastic Vector – это система автоматической векторизации многослойных печатных плат.

Vector выполняет перевод растрового сканированного изображения «золотой платы» в векторную форму. В отличие от **Gold**, используются графические примитивы высокого уровня, такие как линия и контактная площадка. Это позволяет не просто изготовить копию печатной платы, но и модифицировать ее средствами любой CAM-системы. Результатом векторизации является набор послойных файлов в формате Gerber RS-274-X, которые при импорте в CAM-систему дают проект с устраненным поворотом сканирования, точно совмещенным рисунком слоев, адекватной таблицей апертур и отверстиями, центрированными по контактным площадкам.

Типичный сценарий работы:

– сканирование очередного слоя платы;

– автоматическая векторизация цепей, использующая линии и контактные площадки;

– автоматическая векторизация отверстий;

– редактирование списка апертур;

– устранение поворота платы;

– задание точки начала координат;

– применение сеток к размерам и координатам примитивов;

– центрирование примитивов по другим примитивам;

– проверка и коррекция результатов с высокой степенью автоматизации;

– экспорт данных для производства или дополнительной обработки.

Возможности **Vector** не исчерпываются вышеперечисленными. Весь арсенал имеющихся средств образует мощный векторный графический редактор с растровыми слоями.

Продукты **Inspection, Color и Gold** расширяют возможности **Vector**.

В частности, **Inspection** позволяет провести всестороннее автоматическое сравнение оригинала и результатов векторизации, что гарантирует их эквивалентность.

Продукты.

Сегодня на рынке представляются следующие уникальные продукты:

– Phiplastic Inspection – система оптического контроля печатных плат;

– Phiplastic Vector – система векторизации печатных плат;

– Phiplastic Color – модуль бинаризации цветных изображений;

– Phiplastic Gold – модуль для создания контрольных эталонов по готовой продукции и расширения возможностей системы векторизации.

Программное обеспечение разделено на модули, каждый из которых решает определенный круг задач. Это дает клиентам возможность приобретать только те инструменты, которые востребованы на их производстве, а также в любой момент расширять свой арсенал.

При выполнении данной лабораторной работы студенты просматривают презентации Phiplastic по:

– Phiplastic Inspection;

– Phiplastic Vector;

– Phiplastic Color;

– Phiplastic Gold.

При выполнении практической работы студенты получают исходные данные. Каждый студент получает индивидуально от преподавателя, ведущего лабораторные работы, исходные данные для выполнения лабораторной работы.

Порядок выполнения работы

Преподаватель, проводящий лабораторные занятия:

– выдает студентам рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала по данной лабораторной работе;

– выдает студенту индивидуальное задание по выполнению практической части работы по работе с системами автоматизации PHIPLASTIC;

– выдает студенту в соответствии с индивидуальным заданием по выполнению практической части работы печатную плату (трафарет, фотошаблон и т. д.), принадлежности;

– выдает студенту контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

1) по полученному индивидуальному заданию определяет систему автоматизации PHIPLASTIC, которая необходима для выполнения задания;

2) получает печатную плату (трафарет, фотошаблон и т. д.), принадлежности и вспомогательные материалы;

3) устанавливает печатную плату в сканер;

4) выполняет сканирование и обработку результатов в соответствии с заданием;

5) убирает рабочее место;

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее:

1) цель работы;

2) аннотация по проделанной работе;

3) ответ на контрольный вопрос;

4) выводы.

Контрольные вопросы

1 Что такое «золотая плата»?

2 Что такое «векторизация», когда и для чего применяется?

3 Что входит в состав Phiplastic Inspection?

4 В каких случаях применяется Phiplastic Vector и для чего?

5 С какими материалами может работать Phiplastic?

6 Сценарий использования золотой платы.

7 Типичный сценарий работы использования Phiplastic Vector.

8 Какие дефекты может определить Phiplastic Inspection?

9 В каких случаях применяется Phiplastic Color и для чего?

10 В каких случаях применяется Phiplastic Gold и для чего?

11 Какой состав необходим для выполнения автоматической векторизации с возможностью автоматизированного сравнения образца и эталона ?

12 Основные возможности Phiplastic Inspection.

13 Основные виды дефектов, определяемых Phiplastic Inspection.

14 В каких случаях применяется бинаризация изображений и для чего?

Практическая работа №62. Изучение материалов, применяемых при производстве печатных плат и при выполнении пайки электронных устройств.

Цель работы:

– изучить номенклатуру, характеристики и применение материалов для технологических операций по изготовлению печатных плат;

– изучить номенклатуру, характеристики и применение материалов для технологических операций по выполнению паяных соединений на печатных платах;

– получить практические навыки при выполнении работ для технологических операций по изготовлению печатных плат и выполнению паяных соединений на печатных платах.

Содержание и объем выполнения работы

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

При выполнении практической работы студенты получают исходные данные. Каждый студент получает индивидуально от преподавателя, ведущего практические работы, исходные данные для выполнения практической работы.

Порядок выполнения работы

Преподаватель, проводящий практические занятия:

– выдает студентам рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала по данной практической работе;

– выдает студенту индивидуальное задание по выполнению практической части работы по определению парциальных характеристик материалов и технологической операции;

– выдает студенту в соответствии с индивидуальным заданием по выполнению практической части работы печатную плату (трафарет) и другие материалы и принадлежности;

– выдает студенту контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

1) по полученному индивидуальному заданию в базе данных по материалам определяет вид применяемой паяльной пасты, уточняет вид применяемой паяльной пасты на основании базы данных и в соответствии с данными методическими рекомендациями;

2) получает печатную плату (трафарет) и вспомогательные материалы;

3) устанавливает печатную плату в корзине;

4) закрепляет её в соответствии с руководством пользователя;

5) производит другие операции в соответствии с руководством пользователя;

6) наносит флюс (паяльную пасту);

7) выполняет визуальный контроль качества нанесения;

8) убирает рабочее место.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее:

1) цель работы;

2) аннотация по проделанной работе;

3) ответ на контрольный вопрос;

4) выводы.

Контрольные вопросы

1 Какие флюсы вы знаете?

2 Последовательность технологических операций по обработке торцов печатной платы.

3 Какие факторы влияют на качество очистки поверхности печатной платы?

4 Что такое профиль оплавления?

5 Какие виды (формы) фасовки флюсов вы знаете?

6 Какие основные характеристики флюсов вы знаете?

7 Какие проблемы возникают при использовании паяльных паст?

8 Как влияет температура на сроки хранения припоев?

9 Как влияет температура на сроки хранения паяльных паст?

10 Какие основные технологические операции пайки печатных плат?

11 Какие параметры характеризуют технологический процесс пайки печатных плат?

12 Как применяется время жизни на трафарете?

13 Поверхностное сопротивление изоляции, что это и зачем применяется.

14 Конструкция и характеристики трубчатого припоя.

15 Какие факторы влияют на качество флюса?

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Практическая работа №63. Изучение оборудования для автоматизации технологического процесса установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств.

Цель работы:

– изучить конструкции и применение оборудования для автоматизации технологического процесса установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств;

– изучить состав и применение материалов при выполнении работ по автоматизации технологического процесса установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств;

– изучить конструкции и применение инструмента при выполнении работ по автоматизации технологического процесса установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств;

– изучить конструкции и применение оснастки при выполнении работ по автоматизации технологического процесса установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств;

– получить практические навыки при выполнении работ по автоматизации технологического процесса установки ЭРЭ на печатные платы электронных устройств при производстве электронных устройств;

– приобрести навыки в подготовке технологической программы и вводе параметров установки SMD (***surface mounted device*** – компонент, монтируемый на поверхность) на PCB (***printed circuit board*** – печатная плата) для автоматаустановщика ***Mechatronika M60*** и разработке конкретной программы.

Исходные данные

По полученному варианту и по полученной информации в соответствии с практической работой составляется перечень элементов для СЭП. По перечню элементов составляется список элементов, которые необходимы для установки на автомате М60. Для всех элементов нужно знать габаритные размеры элементов, имеются ли реперные знаки и др.

Содержание и объем выполнения работы

При выполнении практической работы студенты получают исходные данные. Каждый студент получает индивидуально от преподавателя, ведущего практические работы, исходные данные для выполнения практической работы.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее:

1) цель работы;
2) аннотация по проделанной работе;
3) ответ на контрольный вопрос;
4) выводы.

Контрольные вопросы

1 Какие исходные данные необходимо знать для разработки программы?
2 Для чего нужны контрольные точки?
3 Для чего служат реперные точки?
4 Какая точность установки элемента обеспечивается автоматомустановщиком?
5 Как определяется нулевая точка автомата-установщика и для чего она нужна?
6 Как выполняется настройка положения захвата по оси Z?
7 Как выполняется настройка линий подающего механизма?
8 Как выполняется выбор подающего механизма и числа линий подающего механизма?
9 Как выполняется импортирование данных из программ CAD?
10 Как выполняется вручную программирование точек расположения компонентов?

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

11 Какие виды питателей используются в автомате-установщике и в чем их отличительные характеристики?

12 Основные характеристики, принцип работы ленточных питателей.

13 Основные характеристики, принцип работы пенальных питателей.

14 Основные характеристики, принцип работы палетных питателей.

15 Основные характеристики, принцип работы дозаторов.

Практическая работа №64. Изучение оборудования для автоматизации технологического процесса пайки печатных плат электронных устройств.

Цель работы:

– изучить конструкции и применение оборудования для автоматизации технологического процесса пайки печатных плат электронных устройств;

– изучить состав и применение материалов при выполнении работ по пайке печатных плат электронных устройств;

– изучить основные способы для автоматизации технологического процесса пайки печатных электронных устройств;

– изучить конструкции и применение инструмента при выполнении работ по автоматизации технологического процесса пайки печатных плат электронных устройств;

– изучить конструкции и применение оснастки при выполнении работ по автоматизации технологического процесса пайки печатных плат электронных устройств после пайки;

– получить практические навыки при выполнении работ по автоматизации технологического процесса пайки печатных плат электронных устройств.

Основные положения

Печь оплавления SEF 548.04G. Печь конвейерного типа SEF 548.04G предназначена для оплавления паяльной пасты и полимеризации клея. Печь SEF 548.04G – решение для производственных участков с малой площадью и небольшими объемами выпуска продукции, идеально подходит для мелкосерийного и опытного производства, позволяет использовать как свинцовые, так и бессвинцовые технологии. Эта печь, не смотря на свои очень компактные размеры, позволяет добиться качества пайки, сравнимой с качеством больших печей. Производительность печи составляет приблизительно 0,35 $м^2$/ч, т. е. данная печь в среднем может оплавлять площадь 0,35 $м^2$ плат в час. Система печи состоит из самой печи оплавления, выносного блока вытяжки, термопары и встроенного термопрофайлера. Печь SEF 548.04G снабжена сетчатым конвейером и имеет настольное исполнение. Печь является интеллектуальным оборудованием, т. к. снабжена выходом на компьютер USB 1.1. Это позволяет ввести диаграмму оплавления через компьютер и обеспечить его выполнение. Печь имеет встроенный ЖК-дисплей, профайлер и программное обеспечение, контролирующее не только температуры во всех зонах, но и снимающее реальный термопрофиль, развернутую временную характеристику термообработки изделия. Для независимого снятия термопрофиля на прогоняемую в печи печатную плату устанавливается термопара, подключаемая через гнездо на панели управления. Термопрофиль отображается в виде графика на ЖК-дисплее. Для упрощения использования в памяти устройства имеется несколько стандартных предустановленных режимов термообработки. На основе стандартных режимов также можно создать собственные режимы. Устройство способно хранить до 16 программ пайки.

Содержание и объем выполнения работы

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

При выполнении практической работы студенты получают исходные данные. Каждый студент получает индивидуально от преподавателя, ведущего практические работы, исходные данные для выполнения практической работы.

По полученному заданию, зная вид и обозначение паяльной пасты, максимальную температуру пайки и кривую нагрева при оплавлении и имея установленные на плате элементы, проводят оплавление.

Порядок выполнения работы

Преподаватель, проводящий практические занятия:

– выдает студентам рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала по данной практической работе;

– выдает студенту индивидуальное задание по выполнению практической части работы по пайке печатной платы или другой технологической операции данного технологического процесса;

– выдает студенту в соответствии с индивидуальным заданием по выполнению практической части работы по пайке печатной платы печатную плату и другие материалы и принадлежности;

– выдает студенту контрольный вопрос (список вопросов на последних страницах данных методических рекомендаций);

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

1) включает вентиляцию, открывает заглушку;

2) включает печь, переведя красный переключатель слева на панели управления печью в положение «ON» (клавиша с цифрой «1»);

3) подготавливает печатную плату;

4) устанавливает печатную плату в печь;

5) загружает необходимый термопрофиль из трёх основных (для свинцовистых припоев, бессвинцовистых и клея), нажав на основном дисплее состояния кнопку «Program» для перехода в меню загрузки;

6) после завершения процесса оплавления выключает нагревание, вновь нажав «Enter» на основном экране состояния;

7) дожидается полного остывания платы и только после этого извлекает её из печи. Выключает печь, когда она охладится ниже 100 град, переведя красный переключатель слева на панели управления печью в положение «Off»;

8) выполняет визуальный контроль качества пайки;

9) убирает рабочее место.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее:

1) цель работы;

2) аннотация по проделанной работе;

3) ответ на контрольный вопрос;

4) выводы.

Контрольные вопросы

1 Сущность конвекционного процесса оплавления.

2 Какие факторы влияют на выбор температуры оплавления и скорости перемещения конвейера ?

3 Какие диаграммы оплавления могут быть реализованы в данной печи?

4 Какие параметры можно установить и каково их влияние на компоненты?

5 Какие модели печей данной фирмы вы знаете? Их отличия по характеристикам.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

6 Мультиплата 300×200 мм, производственная программа в меся 10 000 штук. Какая модель пригодна при односменной работе? Обоснуйте.

7 Какими руководствуются соображениями при расстановке термодатчиков?

8 Последовательность технологических операций по выполнению оплавления.

9 Какие факторы влияют на качество пайки в печи оплавления?

10 Мультиплата 340×165 мм, производственная программа в месяц 12 000 шт. Какая модель пригодна при односменной работе? Обоснуйте.

11 Последовательность операций по программированию технологического процесса оплавления.

Практическая работа №65. Изучение оборудования для автоматизации технологического процесса очистки печатных плат электронного устройства после пайки.

Цель работы:

– изучить конструкции и применение оборудования для автоматизации технологического процесса очистки печатных плат электронных устройств после пайки;

– изучить состав и применение материалов при выполнении работ по очистке печатных плат электронных устройств после пайки;

– изучить основные способы для очистки печатных плат электронных устройств после пайки;

– изучить конструкции и применение инструмента при выполнении работ по очистке печатных плат электронных устройств после пайки;

– изучить конструкции и применение оснастки при выполнении работ по очистке печатных плат электронных устройств после пайки;

– получить практические навыки при выполнении работ по очистке печатных плат электронных устройств после пайки.

Основные положения

Отмывочные жидкости. Это те материалы, на которых можно очень сильно сэкономить, если исключить стадию отмывки или же использовать водосмываемые материалы. Однако если изделие используется в технике, для которой надежность превыше всего, то на отмывке экономить не стоит. Все типы отмывочных жидкостей можно разделить на три типа:

1) жидкости на основе растворителей;

2) растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ);

3) жидкости на основе MPC-технологии.

Выбор жидкости будет в первую очередь зависеть от того, что надо смыть. Если использовались водосмываемые флюсы, то очевидно, что мыть надо водой с добавлением обезжиривающего агента, а если канифольные флюсы, то мыть надо тем, что растворяет канифоль или химически реагирует с ней. Растворяют канифоль жидкости на основе растворителей и, наверно, ничего эффективнее их на данный момент для канифольных флюсов не придумано. Таких жидкостей известно немного – в основном все используют Зестрон FA, хотя на рынке присутствуют и другие жидкости.

К этому же классу жидкостей можно отнести и спиртобензиновую смесь, но ее эффективность оставляет желать лучшего. Растворы ПАВ могут хорошо смачивать поверхность и неплохо проявляют себя для отмывки от не пригоревших флюсовых остатков, но с ними всегда есть проблема смывания ПАВ с поверхности после отмывки.

Жидкости на основе MPC-технологии, с одной стороны, могут растворять остатки флюсов, а с другой, они их не накапливают, так как при охлаждении и

отстаивании остатки флюсов перестают растворяться в отмывочной жидкости и их можно отфильтровать. С такими жидкостями сравнительно не просто работать, так как надо следить за их концентрацией.

Также надо помнить, что на выбор отмывочной жидкости влияет и оборудование. Нельзя использовать в спрей-оборудовании жидкости на основе растворителей. Также заранее надо подумать о том, все ли компоненты выдерживают отмывку в растворителях или в жидкостях на основе МРСтехнологии, так как далеко не вся маркировка и лакокрасочное покрытие микросхем к ним устойчиво.

На основании всего вышесказанного хотелось бы отметить, что выбор материалов – задача ответственная и непростая. Необходимо учесть множество разных факторов и провести ряд испытаний, и только после этого будет более ли менее отлаженный технологический процесс.

Также всегда надо помнить, что при замене материалов технологический процесс нужно корректировать снова, так как замена припойной пасты может обернуться необходимостью заново подбирать термопрофиль, режимы и условия отмывки, выбирать совместимый флюс и т. д.

Устройство и назначение ванны промывки. Ультразвуковая система BIO-Chem G13910 предназначена для очистки печатных плат, компонентов, металлических изделий от остатков всевозможных химических материалов, применяемых в соответствии с технологией обработки. Устройство выполнено с устойчивым к коррозии исполнением и может применяться для работы с любыми негорючими жидкостями, которые могут превращаться во взрывоопасную среду. Ультразвуковой генератор может работать в трех режимах.

Содержание и объем выполнения работы

При выполнении практической работы студенты получают исходные данные. Каждый студент получает индивидуально от преподавателя, ведущего практические работы, исходные данные для выполнения практической работы.

Порядок выполнения работы

Преподаватель, проводящий практические занятия:

– выдает студентам рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала по данной лабораторной работе;

– выдает студенту индивидуальное задание по выполнению практической части работы по отмывке поверхности печатной платы или другой технологической операции данного технологического процесса;

– выдает студенту в соответствии с индивидуальным заданием по выполнению практической части работы по отмывке поверхности печатной платы печатную плату (трафарет) другие материалы и принадлежности;

– выдает студенту контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

1) по полученному индивидуальному заданию в базе данных по электронным компонентам определяет вид применяемой паяльной пасты, уточняет вид применяемой паяльной пасты на основании базы данных и в соответствии с методическими рекомендациями;

2) получает печатную плату (трафарет) и вспомогательные материалы;

3) устанавливает печатную плату в корзине;

4) закрепляет её в соответствии с руководством пользователя;

5) производит другие операции в соответствии с руководством пользователя;

6) извлекает печатную плату после завершения технологического процесса отмывки;

7) выполняет визуальный контроль качества отмывки;

8) убирает рабочее место.

Содержание отчета

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Отчет о работе должен содержать следующее:
1) цель работы;
2) аннотация по проделанной работе;
3) ответ на контрольный вопрос;
4) выводы.

Контрольные вопросы

1 Какие параметры можно установить в промывочной ванне? Их влияние на компоненты.

2 Последовательность технологических операций по выполнению промывки в промывочной ванне.

3 Какие факторы влияют на качество технологического процесса по выполнению промывки в промывочной ванне?

4 Какие технологические жидкости используются в технологическом процессе по выполнению промывки в промывочной ванне?

5 Отмывочные жидкости, их назначение, характеристики.

6 Устройство и назначение ванны промывки.

7 Какие проблемы решаются при обработке печатных плат в промывочной ванне до момента сборочных операций?

8 Какие ультразвуковые системы очистки FinnSonic вы знаете? Их основные характеристики.

9 Какие основные технологические операции струйной отмывки печатных плат?

10 Какие параметры характеризуют технологический процесс отмывки печатных плат?

11 Какие основные стадии струйной отмывки печатных плат и их технические характеристики?

12 Какие характеристики спрей-форсунок влияют на качество технологического процесс?

13 Модуль регенерации воды, конструкция, назначение, основные характеристики.

14 Что вы знаете о бестеневой технологии промывки печатных плат?

15 Какие факторы влияют на качество технологического процесса по выполнению промывки в промывочной ванне?

Практическая работа №66. Выбор оптимального варианта технологического процесса по критерию себестоимости.

Цельработы: рассчитать технологическую себестоимость двух заданных вариантов, сделать выбор оптимального технологического процесса по критерию себестоимости.

Основные понятия и определения

Технологическая себестоимость – затраты на изготовление продукции в денежном выражении, рассчитывается по формуле;

$$C = A + \frac{B}{N},$$

где А – текущие переменные затраты, руб.;
В – единовременные (постоянные) затраты, руб.;
N – программа выпуска изделий, шт.
Текущие переменные затраты:

$$A = C_M + C_З + C_{Н.Р.},$$

где СМ – затраты на материалы, руб.; (в нашем случае не зависят от варианта технологического процесса);

СЗ – затраты на заработную плату основных рабочих, руб.;

СН.Р – накладные расходы на электроэнергию, воду, ремонт оборудования и т. п., руб.

Затраты на заработную плату основных рабочих составляют:

$$C_З = \sum_{n=1}^{n} \frac{Ti\ шт \cdot Ji}{60} \cdot k_{пр.} \cdot k_{р.к.} \cdot k_{соо.},$$

где Т*i* шт. – штучное время на выполнении операции, мин.;

J*i* – часовая тарифная ставка рабочего, занятого на выполнении операции, руб. (составляет 49,95 руб.);

kпр. – коэффициент, учитывающий выплату премии, (составляет 1,25 – 2,0, принимаем kпр=1,5);

kр.к. – районный коэффициент, (равен 1, 15);

kсоц. – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (единый социальный налог, принимаем kсоц=1,26.

Накладные расходы составляют:

$$C_{Н.Р} = (0{,}1–0{,}3) \cdot C_З,$$

Единовременные постоянные затраты:

$$B = C_Н + C_О,$$

где СН – зарплата наладчиков, руб.,

Со – сумма амортизационных отчислений на восстановление оборудования, руб.

В связи с тем, что технологическое оборудование для выполнения операции подготовки ИМС к монтажу, установки их на плату и пайки выводов не переналаживается (эти работы выполняются постоянно), затраты на заработную плату наладчиков отсутствуют.

Амортизационные отчисления на восстановление оборудования составят:

$$C_0 = \frac{З_{об.}}{Т_{сл.об.}},$$

где Зоб. – суммарные затраты на оборудование руб.;

Тсл.об. – срок службы оборудования (для сборочно-монтажного оборудования срок службы установлен 8 лет).

В практической работе рассматриваются четыре варианта технологического процесса подготовки ИМС к монтажу, установки их на плату и пайки выводов ИМС к контактным элементам платы.

Вариант 1

- Формовка и обрезка выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится автоматом ГГМ3.112.005;
- Лужение выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится автоматом ГГМ2.389.001
- Установка ИМС в корпусе 402.16 на плату и пайка их выводов проводится автоматом ГГМГ.149.004;

Вариант 2

- Формовка и обрезка выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится на автомате ГГ-2125;
- Лужение выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится автоматом ГГМ2.389.001
- Пайка выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится вручную;

Вариант 3

- Формовка и обрезка выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится на автомате ГГМ3.112.005;
- Лужение выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится в ванне ЛВ-2М;

- Пайка выводов ИМС в корпусе 402.16 выполняется автоматом ГГ-2129;

Вариант 4

- Формовка и обрезка выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится на автомате ГГ-2125;
- Лужение выводов ИМС в корпусе 402.16 проводится в ванне ЛВ-2М;
- Пайка вручную паяльником;

Для выбора оптимального технологического процесса по критерию себестоимости необходимо рассчитать технологическую себестоимость двух заданных преподавателем вариантов.

Текущие затраты, исключая затраты на материалы, в зависимости от варианта технологического процесса составят:

$$A1 = C_З 1 + C_{Н.Р.} 1$$

$$A2 = C_З 2 + C_{Н.Р.} 2,$$

где А1, Сз1, СН.Р.1 и А2, Сз2, СН.Р.2 – текущие переменные затраты, руб.; затраты на заработную плату основных рабочих, руб.; накладные расходы на электроэнергию, воду, ремонт оборудования и т. п., руб. для 1 и 2 варианта технологического процесса, соответственно.

Единовременные постоянные затраты, в зависимости от варианта технологического процесса составят:

$$B1 = C_н + C_0 1$$

$$B2 = C_н + C_0 2$$

где В1, С1 и В2, С2 – единовременные постоянные затраты, руб.; сумма амортизационных отчислений на восстановление оборудования, руб. для 1 и 2 варианта технологического процесса, соответственно.

СН – зарплата наладчиков, руб. (принимаем СН=0).

Отсюда, себестоимость выполнения работ по подготовке ИМС к монтажу, установке их на плату и пайки выводов для партии из N изделий, в зависимости от варианта технологического процесса составят:

$$C1 = A1 \cdot N + B1$$
$$C2 = A2 \cdot N + B2,$$

где N – годовая программа выпуска изделия, шт.

Данные о наименовании и количестве оборудования с указанием трудоемкости для каждого варианта технологического процесса приведены в таблице 1.

Чернова Н.А. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Разработка и прототипирование цифровых систем».

Таблица 1 – Варианты комплектования оборудования для подготовки ИМС к монтажу, установке ИМС на плату и пайки их выводов

N п/п	Наименование операций	Наименование и тип оборудования	Тшт, мин	Количество оборудования		Цена за 1 ед. оборудования, тыс.руб
				расчёт.	принят.	
Вариант 1						
1	Формовка и обрезка выводов ИМС в корпусе 402.16	ГГМ3.112.005	2,4	0,399	1	1500
2	Лужение выводов ИМС в корпусе 402.16	ГГМ2.389.001	2,4	0,532	1	1500
3	Пайка ИМС в корпусе 402.16	Автомат ГГМ1. 149.004	8,52	1,196	2	4000
Итого:			13,32	-	-	11000
Вариант 2						
1	Формовка и обрезка выводов ИМС в корпусе 402.16	ГГ-2125	2,4	0,532	1	900
2	Лужение выводов ИМС в корпусе 402.16	ГГМ2.389.001	2,4	0,532	1	1500
3	Пайка	РММ	59,27	11,816	12	100
Итого:			64,07	-	-	2500
Вариант 3						
1	Формовка и обрезка выводов ИМС в корпусе 402.16	ГГМ3.112.005	2,4	0,399	1	1500
2	Лужение выводов ИМС в корпусе 402.16	ЛВ-2М	0,8	0,159	1	1400
3	Пайка ИМС в корпусе 402.16	ГГ-2129, Рабочий стол	23,92	1,196	2	4000
Итого:			27,12	-	-	10900
Вариант 4						
1	Формовка и обрезка выводов ИМС в корпусе 402.16	ГГ-2125	2,4	0,532	1	900
2	Лужение выводов ИМС в корпусе 402.16	ЛВ-2М	0,8	0,159	1	1400
3	Пайка	РММ	59,27	11,816	12	100
Итого:			62,47	-	-	3500

Задание

Получить у преподавателя вариант задания. Рассчитать и построить зависимость себестоимости партии из N изделий от программы выпуска. Определить критическую программу выпуска.