

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Фурсов Владимир Александрович

Должность: И.о. директора Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 08.06.2026 13:36:26

Уникальный программный ключ:

1c378726a41fd0143ae5bccc8ba81860b00daa62

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Колледж Пятигорского института (филиал) СКФУ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Инженерная компьютерная графика

Специальность СПО

09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

Методические указания для практических занятий по дисциплине Инженерная компьютерная графика составлены в соответствии с ФГОС СПО. Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Данные методические указания предназначены для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по программе дисциплины "Инженерная компьютерная графика" для специальности СПО 09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

Лабораторные работы составлены в соответствии с требованиями ФГОС по специальности.

Целями проведения практических занятий являются:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- выполнять сборочные чертежи и чертежи деталей в соответствии с ЕСКД средствами САПР;
- читать конструкторскую документацию;
- выполнять схемы электрические и чертежи печатных плат в соответствии с ЕСКД средствами САПР;
- составлять и оформлять комплекты технической документации в соответствии со стандартами с помощью информационных технологий.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- основные требования к оформлению конструкторской и технической документации в соответствии со стандартами;
- методы построения чертежей деталей;
- основные системы САПР и их области применения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Тема 6.1. Общие сведения об электрических схемах

Основные элементы интерфейсов систем автоматизированного проектирования электрических схем.

Цель работы: знакомство с основными элементами интерфейса пакета PCB Artist; создание простейшей электрической схемы.

Перечень используемого оборудования
компьютер с системным обеспечением.

Теоретическая часть

В настоящее время печатные платы широко используются при проектировании радиоэлектронных приборов и систем. Печатная плата предназначена для электрического и механического соединения различных электронных компонентов. Электронные компоненты на ней соединяются своими выводами с элементами проводящего рисунка обычно пайкой. Ручное конструирование печатной платы, содержащей десятки и сотни компонентов, представляет собой длительный и трудоемкий процесс. Для ускорения процесса проектирования и улучшения качества готового продукта используются системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат. Одной из таких систем является разработанная компанией Advanced Circuits САПР PCB Artist.

Пакет прикладных программ PCB Artist предназначен для выполнения основных этапов конструирования однослойных и многослойных печатных плат:

- создания электрической принципиальной схемы;
- проверки созданной схемы на ошибки;
- создания перечня элементов электрической схемы;
- размещения электронных компонентов на плате;
- автоматической трассировки печатной платы (создания рисунка печатных проводников);
- вывода конструкторской документации.

Предлагаемый цикл лабораторных работ позволяет студентам освоить основные этапы конструирования печатной платы.

1. Знакомство со средой проектирования pcb artist

Цель работы: знакомство с основными элементами интерфейса пакета PCB Artist; создание простейшей электрической схемы.

1.1. Основные сведения

САПР PCB Artist содержит в своем составе два графических редактора: Schematic Design Editor и PCB Design Editor, программу работы с библиотеками Library Manager, а также программы-утилиты, выполняющие служебные функции. Большая часть работы по конструированию печатной платы проводится в графических редакторах, которые имеют интерфейс, типичный для Windows-программ (рис. 1.1). В центральной части находится окно (или несколько окон) рабочего проекта, в котором создается принципиальная электрическая схема или рисунок печатной платы.



Вверху расположено меню команд, а под ним – основная панель инструментов, на которой расположены кнопки типичных системных команд (*Открыть файл, Сохранить*

файл, Увеличить масштаб и т. д.). Слева расположена панель инструментов с кнопками часто используемых в данном редакторе команд, а справа – дополнительные панели инструментов, например, интерактивная панель в редакторе Schematic Design Editor. Внизу располагается статус-строка, в которой выводится информация, соответствующая выполняемой команде. Назначение кнопок панелей инструментов графических редакторов приведено в прил. 1.

Работа в PCB Artist начинается с создания нового проекта командой *File/New*. В раскрывшемся окне следует выбрать пункт *New Schematic Design*, если конструирование платы необходимо начать с создания электрической схемы, или *New PCB Design*, если предполагается начать сразу с размещения компонентов на плате. В случае выбора первого пункта можно дополнительно задать шаблон (*Use Template/Name*), например, рамку формата A3 с основной надписью. Далее следует задать единицы измерения проекта *mm/mil* (миллиметры/миллидюймы) командой *Settings/Units* и шаги сеток – *Settings/Grids*.

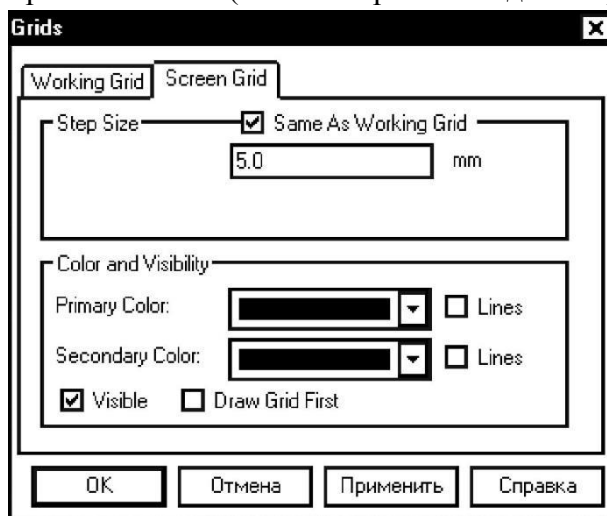


Рис. 1.2

В PCB Artist различают два вида сеток: рабочая (*Working Grid*) и экранная (*Screen Greed*). Первая определяет дискретность перемещения курсора на поле чертежа, а вторая – отображение сетки на экране; в общем случае, эти сетки могут не совпадать. В соответствии с вышесказанным, окно *Greeds* имеет две вкладки – *Working Grid* и *Screen Greed* (рис. 1.2). На вкладке *Working Grid* задают шаг сетки *Step Size* и режим привязки *Snap Mode: Greed* – к каждой

точке сетки, *Half Greed* – к половине шага сетки, *Quarter Greed* – к 1/4 шага, *Tenth Greed* – к 1/10 шага, *Forties Greed* – к 1/40 шага. На вкладке *Screen Greed* задают шаг экранной сетки (если отмечен пункт *Same As Working Greed*, шаг равен шагу рабочей сетки), цвет и видимость (*Color and Visibility*).

Создание электрической схемы начинают с вывода компонентов в окно рабочего проекта. Сделать это можно двумя способами.

1-й способ. На интерактивной панели выбрать вкладку *Add Component* (если панель выключена, нажать клавишу F9). В верхнем раскрывающемся списке выбрать необходимую библиотеку (рис. 1.3). В списке компонентов библиотеки отметить требуемый; ниже отобразится посадочное место (корпус) и условное графическое изображение (УГО) этого компонента. Перетащить УГО в окно проекта и закрепить его, щелкнув левой кнопкой мыши. Если схема содержит несколько одинаковых компонентов, их следует каждый раз выводить заново. *Нельзя копировать компоненты в окне проекта,*

поскольку при этом теряется часть информации и последующие процедуры будут работать некорректно!

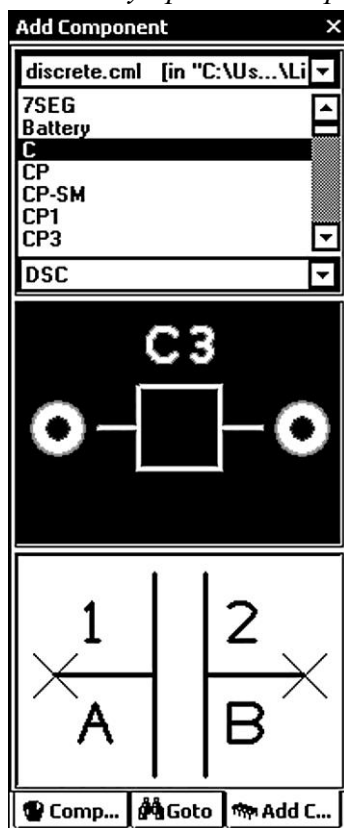


Рис. 1.3

2-й способ. Командой *Add/Component* или нажатием соответствующей кнопки на панели инструментов слева открыть диалоговое окно выбора компонента (рис. 1.4). Выбрать нужную библиотеку и отметить требуемый компонент. Можно включить предварительный просмотр УГО и посадочного места, отметив пункт *Preview*. Нажать кнопку *Add*, перетащить компонент в окно проекта и закрепить его, щелкнув левой кнопкой мыши. Можно продолжить вывод однотипных компонентов, закрепляя их в нужных местах щелчком. Закончить выполнение команды нажатием клавиши *Esc*. Любой предварительно выделенный (щелчком или рамкой) объект в окне проекта может быть перемещен, повернут на угол 90° (клавиша *R*) или удален (клавиша *Del*).

Каждый компонент в PCB Artist имеет свойства, которые можно редактировать. Для этого необходимо открыть окно свойств двойным щелчком по компоненту (или открыть контекстное меню щелчком правой кнопки мыши и выбрать пункт *Properties*). Окно свойств имеет несколько вкладок. На рис. 1.5 показано такое окно для компонента "Конденсатор".

Вкладка *Component* содержит информацию о позиционном обозначении (*Name*), расположении компонента в окне проекта (*Position*, *Angle*, *Mirrored*, *Fixed*), имени компонента (*Component*), корпусе компонента (*Package*), имени УГО (*Symbol*), именах и номерах выводов (*Pin Names*, *Pin Numbers*), краткое описание компонента (*Description*). Отмеченная знаком $\vee$ информация будет отображаться на электрической схеме. Большую часть информации на

вкладке *Component* можно редактировать; нельзя редактировать имя компонента,

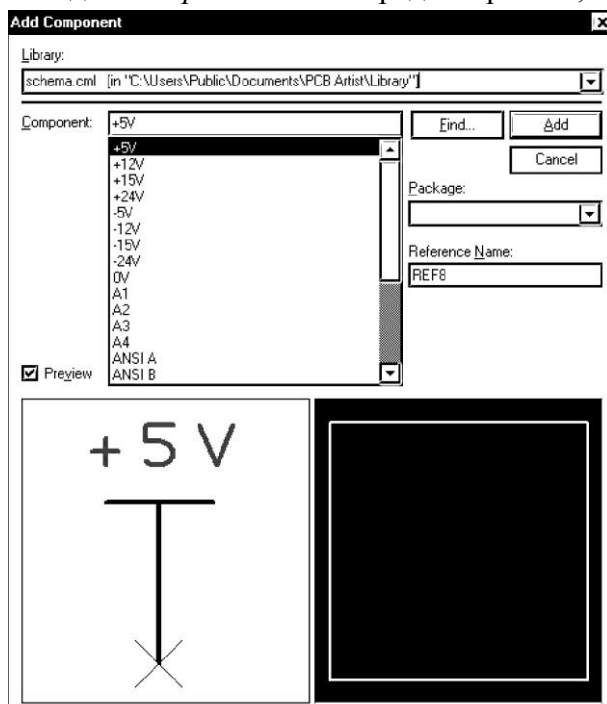


Рис. 1.4

показаны на электрической схеме.

После того, как все компоненты выведены в окно проекта и отредактированы их положение и свойства, выполняют электрические соединения.

поскольку оно однозначно связано с именем файла этого компонента.

На вкладке *Values* присутствуют различные атрибуты компонента; их можно редактировать (*Edit*), удалять (*Delete*). Можно добавить свой собственный атрибут (*Add*), задав в процессе диалога его имя и значение. Отмеченные атрибуты будут

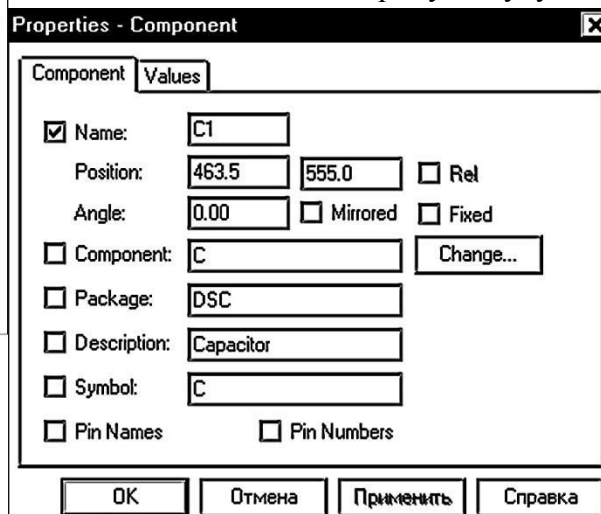


Рис. 1.5

Соединение выводов компонентов осуществляется с помощью команды *Add Connection*. Одной командой можно соединить вывод с выводом, вывод с имеющейся цепью или две цепи; нельзя сразу соединить, например, три вывода. При выполнении сложных схем можно воспользоваться также командой *Add Bus* (добавить шину).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.

Тема 6.1. Общие сведения об электрических схемах

Создание нового проекта

Цель работы: знакомство с основными элементами интерфейса пакета PCB Artist; создание простейшей электрической схемы.

Перечень используемого оборудования

компьютер с системным обеспечением.

Теоретическая часть

Ход работы.

1. Создать новый проект (*New Design*) без шаблона (*Template*).
2. Установить единицы измерения – "*mm*".
3. Установить шаг сетки (*Step Size*) 5 мм, привязку – *Tenth Greed*.

4. Вывести все компоненты схемы в окно рабочего проекта. Эскиз схемы показан на рис. 1.6. Микросхема CA741 находится в библиотеке *opamps*, резисторы и конденсаторы – в библиотеке *discrete*, разъем – в библиотеке *connector*, элементы +15V, -15V и 0V – в библиотеке *schema*.

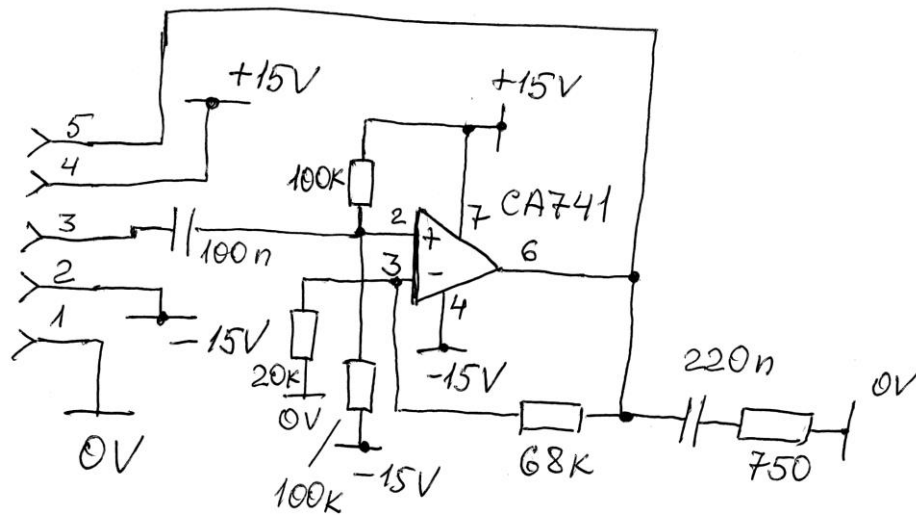


Рис. 1.6

5. Отредактировать, при необходимости, свойства компонентов.
6. Выполнить электрические соединения.
7. Записать созданную схему на диск.

Содержание отчета

Отчет должен содержать алгоритм создания электрической схемы (с указанием команд) и распечатку файла созданной схемы.

Контрольные вопросы

1. Какие графические редакторы входят в САПР PCB Artist?
2. В каком редакторе создается электрическая схема?
3. Как создать новый проект и какие параметры следует установить?
4. В чем разница между сетками *Working Grid* и *Screen Greed*?
5. Как изменить шаг привязки?
6. Какие существуют способы добавления компонента в окно рабочего проекта и в чем разница между ними?
7. Какой клавиатурной командой можно поворачивать компонент на угол 90°?
8. Как вызвать окно свойств компонента (2 способа)?
9. Какие типичные свойства компонента отражаются в окне *Properties*?
10. Какие свойства компонента можно редактировать, а какие нельзя?
11. Какой командой выполняют электрические соединения?
12. Можно ли одной командой выполнить соединение двух выводов компонентов и одной электрической цепи и почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.

Тема 6.2. Оформление схем электрических.

Создание принципиальной электрической схемы.

Цель работы: По заданному эскизу создать принципиальную электрическую схему и перечень элементов в соответствии с ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД и ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Проверить созданную схему на ошибки.

Перечень используемого оборудования
компьютер с системным обеспечением.

Теоретическая часть

Основные требования, предъявляемые стандартами к выполнению принципиальных электрических схем следующие.

1. Схемы выполняют на стандартных форматах (А4 – А0).
2. Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают или учитывают приближенно.
3. Элементы и устройства, УГО которых установлены в стандартах ЕСКД, изображают на схеме в виде этих УГО. Если УГО стандартами не установлено, то разработчик выполняет УГО на полях схемы и дает пояснения.
4. УГО элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90°, если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается УГО поворачивать на угол, кратный 45°, или изображать зеркально повернутыми. УГО, содержащие цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол 90° или 45°.
5. Расстояние между соседними параллельными линиями взаимосвязи должно быть не менее 3,0 мм. Расстояние между отдельными УГО должно быть не менее 2,0 мм.
6. Все элементы на схеме должны иметь позиционное обозначение – обязательное обозначение, присваиваемое каждой части объекта и состоящее из буквы и порядкового номера. Буквенные обозначения некоторых электроэлементов приведены в таблице 1. Порядковые номера следует присваивать в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме сверху вниз в направлении слева направо.

Таблица 1.

Наименование элемента	Обозначение	Наименование элемента	Обозначение
Микросхема аналоговая	DA	Резистор	R
Микросхема цифровая	DD	Конденсатор	C
Транзистор	VT	Разъем – вилка	XP
Диод	VD	Разъем – розетка	XS

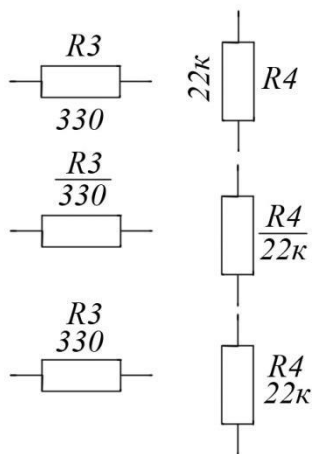


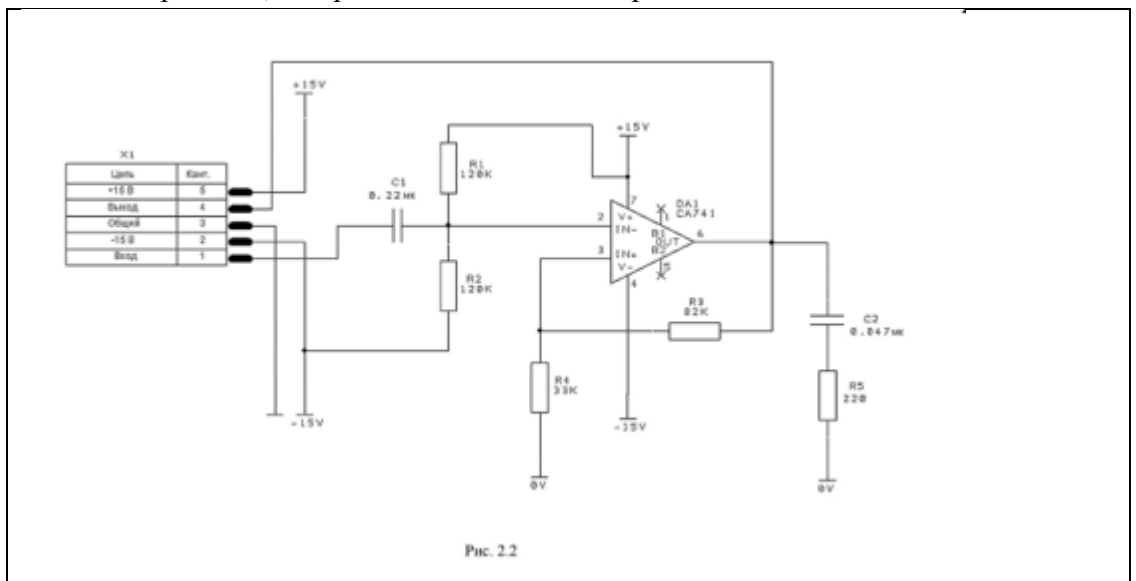
Рис. 2.1

7. На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется назначением схемы. Такие сведения указывают либо около УГО (по возможности справа или сверху), либо на свободном поле схемы. Около УГО элементов и устройств помещают, например, номинальные значения их параметров, а на свободном поле схемы - диаграммы, таблицы, текстовые указания. При указании около УГО номиналов резисторов и конденсаторов (рис. 2.1) допускается применять упрощенный способ обозначения единиц величин: для резисторов от 0 до 999 Ом – без указания единиц величин, от $1 \cdot 10^3$ до $999 \cdot 10^3$ Ом – в килоомах с обозначением единицы величин строчной буквой к, от $1 \cdot 10^6$ до $999 \cdot 10^6$ Ом – в мегаомах с обозначением

единицы величин прописной буквой М, свыше $1 \cdot 10^9$ Ом - в гигаомах с обозначением единицы величин прописной буквой Г; для конденсаторов: от 0 до $9999 \cdot 10^{-12}$ Ф – в пикофарадах без указания единицы величин, от $1 \cdot 10^{-8}$ до $9999 \cdot 10^{-6}$ Ф - в микрофарадах с обозначением единицы величин строчными буквами мк.

8. К схеме должен прилагаться перечень элементов, который помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.
9. Проверка созданной схемы на грубые ошибки осуществляется командой *Output/Reports/Unconnected Pins Report*. В открывшемся файле отчета указаны все выводы компонентов, не подключенных ни к одной из цепей. Если какие-либо из перечисленных выводов должны подключаться к цепям, необходимо исправить ошибки и повторить проверку.

Пример электрической принципиальной схемы, выполненной в PCB Artist, показан на рис. 2.2, а перечня элементов – на рис. 2.3.



[illegible]

1. Создать новый проект с шаблоном *A3tus*.
2. Установить единицы измерения – "*mm*".
3. Установить шаг сетки 5 мм, привязку – *Tenth Greed*.
4. Вывести все компоненты схемы в окно рабочего проекта. Микросхемы находятся в библиотеке *opamps*, транзисторы – в библиотеке *transistor*, диоды – в библиотеке *diode*, резисторы и конденсаторы – в библиотеке *discrete*, разъем – в библиотеке *connector*, элементы питания и 0V – в библиотеке *schema*.
5. Отредактировать свойства компонентов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к принципиальным электрическим схемам (см. 2.1). Нумерация выводов должна быть только у микросхем и разъемов, имена выводов показывать не следует. Если необходимая информация отсутствует на вкладках окна *Properties* компонента, следует создать свой атрибут на вкладке *Values* (кнопка *Add*), задав в процессе диалога имя атрибута (*Name*) и требуемую информацию (*Value*).
6. Выполнить электрические соединения.
7. Изменить классы цепей питания на *Power*, "земли" – на *Ground*. Для этого следует щелкнуть правой кнопкой мыши на соответствующей цепи, и в контекстном меню

выбрать пункт *Change Net*. В раскрывшемся окне в пункте *Net Class* выбрать требуемый класс.

8. Произвести проверку схемы на наличие выводов, не подключенных ни к одной цепи. Если будут найдены ошибки, то следует исправить их и повторить проверку.
9. Создать перечень элементов в программе Microsoft Word, используя шаблон "Перечень".
10. Сохранить проект.

Содержание отчета.

Отчет должен содержать алгоритм создания электрической схемы в соответствии с действующими стандартами, распечатку файлов созданной схемы, перечня элементов и отчета о неподключенных выводах.

Контрольные вопросы

1. На каком формате и в каком масштабе выполняют принципиальную электрическую схему?
2. На какие углы допускается поворачивать УГО?
3. Какое минимальное расстояние должно быть между линиями связи и между смежными УГО?
4. Что такое позиционное обозначение элемента?
5. Где может располагаться позиционное обозначение относительно УГО?
6. Какие классы цепей существуют в САПР PCB Artist?
7. Что такое перечень элементов электрической схемы?
8. Как проверить созданную схему на наличие грубых ошибок?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.

Тема 6.2. Оформление схем электрических

Оптимизация размещения компонентов на печатной плате.

Цель работы: разместить корпуса электроэлементов схемы так, чтобы создать наилучшие условия для последующей трассировки.

Перечень используемого оборудования
компьютер с системным обеспечением.

Теоретическая часть

Процедура размещения электроэлементов на печатной плате считается ключевой, поскольку от ее успешного решения зависят как ближайшие результаты конструирования - трассировка электрических соединений, сложность и стоимость печатной платы, так и весьма отдаленные проблемы эксплуатации, связанные с взаимным влиянием электроэлементов.

Часто используются следующие критерии (параметры оптимизации) оценки результатов размещения: наибольшая длина печатного проводника, средняя длина печатного проводника, длина печатных проводников для слабых сигналов, удаленность входных - выходных цепей, регулярность в расположении цепей электропитания микросхем, взаимное расположение высоковольтных цепей, наличие цепей с индуктивной связью, равномерность распределения электроэлементов по плате, использование стандартного

шага установки элементов. Эти критерии находят применение при ручном и

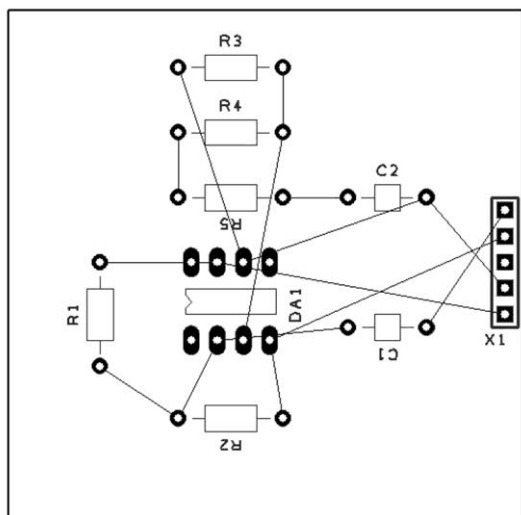


Рис. 3.1

автоматическом размещении элементов на печатных платах.

Рассмотрим требования, предъявляемые к печатным платам и размещению на них радиоэлементов.

Типовые унифицированные размеры печатных плат.

Существуют различные системы унификации размеров печатных плат.

Согласно ГОСТ 10317-79 габаритные размеры плат должны быть кратны 2,5 мм для размеров до 100 мм, 5 мм - для размеров 101 - 350 мм, 10 мм - для размеров 350 - 470 мм, соотношение размеров сторон платы не более 3 : 1.

В широко распространенной системе унифицированных типовых конструкций "Евромеханика" предусмотрено несколько типов плат определенных размеров, наиболее распространенные из них - E1 (размеры 100,00*160,00 мм) и E2 (233,35*220,00 мм).

Материалом печатных плат в настоящее время является преимущественно фольгированный стеклотекстолит (например, СФ2 - 1,5 - 50 - ГОСТ 10316-78Е).

Корпуса электроэлементов можно разделить на две большие группы: с гибкими выводами, подлежащими формовке, и с жесткими неформуемыми выводами. Установка корпусов первой группы на печатные платы производится по ОСТ45.010.030-92. Для корпусов второй группы требования к их форме и размерам устанавливаются соответствующими стандартами на электроэлементы.

По способу установки на печатную плату корпуса различают по конструкции выводов. Штыревые выводы корпусов запаиваются в сквозных отверстиях печатной платы, тогда как планарные выводы припаиваются к контактным площадкам без отверстий.

Корпуса электроэлементов, таких как резистор, конденсатор, содержат, как правило, один элемент. Для более сложных устройств, таких как микросхемы, реле, в одном корпусе может содержаться несколько элементов. В зависимости от наполнения корпуса различаются размерами и количеством выводов.

Ограничения стандартов на установку и размещение элементов на монтажных платах. Главное ограничение - выводы всех элементов должны быть расположены в узлах координатной сетки; чаще всего применяется шаг сетки 2,5; 1,25; 0,625 и 0,5 мм.

Элементы также должны располагаться по отношению к краям печатной платы не ближе 5 (2,5) мм. Элементы на печатной плате следует располагать, по возможности, ортогональными рядами. Размещение элементов должно соответствовать выбранному критерию качества.

В каждом конкретном случае могут быть выдвинуты дополнительные конструктивные ограничения.

Пример размещения электроэлементов в РСВ Artist показан на рис. 3.1.

Ход работы

1. Открыть файл созданной ранее электрической схемы.
2. Запустить мастер создания печатной платы (New PCB Wizard) командой *Tools/Schematic < – > PCB/Translate To PCB*. Мастер содержит девять экранов.
3. На первом экране (Start) прочитать сообщение и отметить пункт *I have read and accept the message above*.
4. На втором экране (Board) задать единицы измерения размеров платы – *Units*, например, "mm". Отметить пункт *Define Board Size* и задать размеры платы *Width* (ширина, 50 мм) и *Height* (высота, 50 мм). В дальнейшем, при необходимости, размеры платы можно будет изменить. Если отметить пункт *Use Pre-Defined Board*, то можно выбрать размеры платы из выпадающего списка.
5. На третьем экране (Design Requirement) выбрать *Basic/2 Layer Standard*.
6. На четвертом экране (Layers) отметить, какие трассы следует проводить первыми – горизонтальные или вертикальные (*First Layer Routing Direction – Horizontal or Vertical*). Для небольших плат это не имеет существенного значения. Также следует разрешить трассировку (*Allow Routes*) как на верхней стороне платы (*Top Side*), так и на нижней (*Bottom Side*).
7. На трех следующих экранах (Board Parameters, Additional Requirements, Production) можно оставить установки по умолчанию.
8. На экране Place And Route выбрать способ размещения компонентов: вне платы с последующим ручным размещением (*Arrange Outside the Board*) или автоматическое размещение внутри платы (*Automatically Position Inside the Board*). Как правило, автоматическое размещение компонентов не является оптимальным, поэтому предпочтителен первый способ с последующей полуавтоматической оптимизацией размещения.
9. На последнем экране (Finish) можно задать путь для сохранения созданного PCB-файла.
10. Разместить разъем у правого края платы, симметрично по высоте.
11. Разместить остальные компоненты таким образом, чтобы обеспечить минимум пересечений линий связи и минимальную суммарную их длину. Оценку размещения производить визуально по подсвеченным линиям связи.
12. Сохранить созданное размещение.

Содержание отчета.

Отчет должен содержать алгоритм размещения компонентов на плате и распечатку файла полученного размещения.

Контрольные вопросы

1. Каким образом осуществляется переход от электрической схемы к плате с корпусами компонентов?
2. Сколько слоев печатной платы следует задать?
3. Как задать автоматическое размещение компонентов на плате?
4. Как задать ручное размещение компонентов на плате?

5. В каком месте платы должен размещаться разъем?
6. Какие критерии качества следует использовать при оценке полученного размещения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.

Тема 4.2. Оформление схем электрических

Конструирование электромонтажных соединений печатной платы.

Цель работы: создать автоматически электромонтажные соединения печатной платы (выполнить автоматическую трассировку); оптимизировать рисунок печатных проводников.

Перечень используемого оборудования

компьютер с системным обеспечением AutoCAD.

Теоретическая часть

Наиболее сложный момент – трассировка печатной платы – осуществляется в настоящее время преимущественно автоматическим способом; ручная трассировка является вспомогательной и используется иногда для улучшения качества печатной платы.

Перед началом трассировки следует определить топологию будущей платы: размеры и форму; минимальные ширину печатной дорожки и зазоры между дорожками, контактными площадками; число слоев печатного монтажа; способы перехода из слоя в слой и другие технологические требования. Должен быть создан файл с размещением компонентов на плате, содержащий информацию об электрических соединениях между выводами электроэлементов.

Программа автотрассировки должна создать рисунок печатных проводников в заданных слоях, отвечающий заданному критерию качества (минимальная суммарная длина

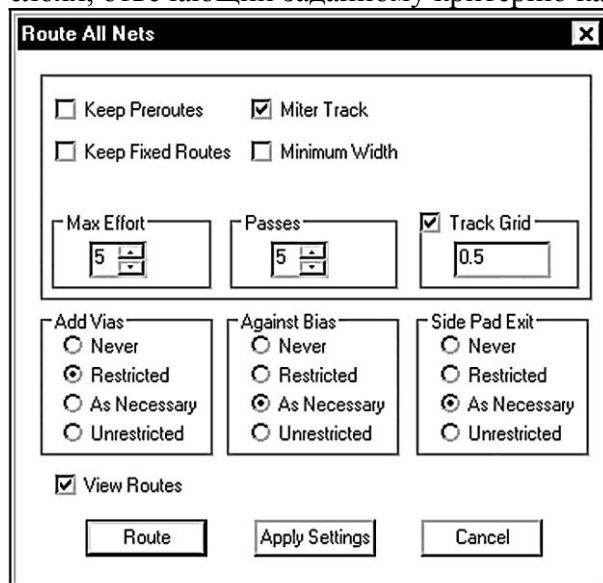


Рис. 4.1

проводников, максимальное количество коротких соединений и т. п.).

В САПР PCB Artist трассировка осуществляется в редакторе PCB Design Editor. Параметры топологии печатной платы задаются в процессе перехода от электрической схемы к размещению элементов на плате (при работе соответствующего мастера). Далее следует открыть файл с размещением компонентов и выполнить команду *Tools/Auto Route Nets/All Nets*, если следует трассировать все цепи; */Browse Nets*, если нужно трассировать указанные цепи; */Browse Net Classes*, если нужно трассировать указанные классы цепей. В раскрывшемся окне (рис. 4.1) следует

определить параметры будущей печатной платы. Назначение элементов этого окна следующее.

- *Keep Preroutes* – сохранить предыдущую трассировку;
- *Keep Fixed Preroutes* – сохранить зафиксированную трассировку;

- *Miter Track* – скашивать трассы под углом 45 градусов;
- *Minimum Width* – минимальная ширина трасс;
- *Max Effort* – максимальное количество попыток трассировки;
- *Passes* – количество проходов автотрассировщика;
- *Track Greed* – шаг сетки трассировки;
- *Add Vias* – добавлять переходные отверстия (параметр может принимать значения *Never* – никогда, *Restricted* – ограниченное количество, *As Necessary* – при необходимости, *Unrestricted* – неограниченно);
- *Against Bias* – проводить трассы в непереподобительном направлении;
- *Side Pad Exit* – заканчивать трассу на длинной стороне прямоугольной (овальной) контактной площадки;
- *View Routes* – наблюдать процесс трассировки;
- *Route* – начать трассировку;
- *Apply Settings* – применить установки;
- *Cancel* – отмена.

Для улучшения качества печатной платы желательно уменьшить количество переходных отверстий (задать *Add Vias* – *Restricted*).

Далее следует запустить процесс автоматической трассировки (кнопка *Route*) и после завершения процесса убедиться, что все цепи оттрассированы (в появившемся окне отчета – *Connections/Completed/100%*). Если остались неразведенные соединения, то следует выполнить ручную трассировку или, изменив размещение компонентов на плате, запустить процесс автоматической трассировки повторно. По окончании желательно оптимизировать полученный рисунок печатной платы: уменьшить количество переходных отверстий (путем перенесения фрагментов трассы из одного слоя в другой, где это

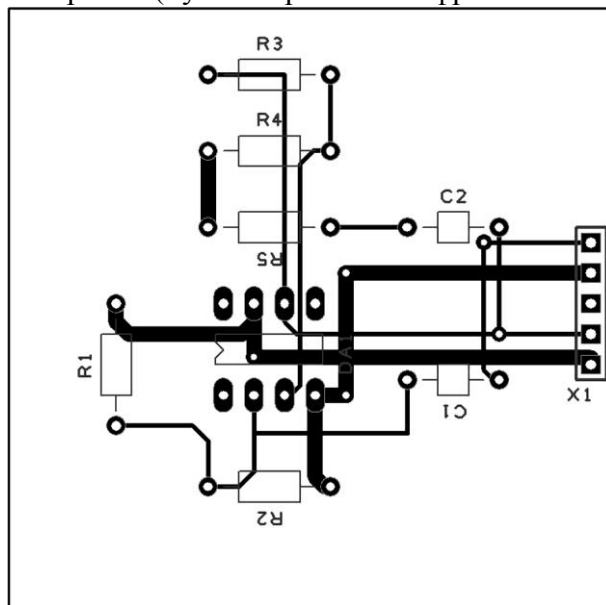


Рис. 4.2

возможно), и, если необходимо, изменить форму печатных проводников.

Пример печатной платы, прошедшей оптимизацию после автоматической трассировки, показан на рис. 4.2.

Ход работы

1. Открыть файл с размещенными на плате компонентами.
2. Запустить автотрассировщик командой *Tools/Auto Route Nets/All Net*.
3. Установить параметры трассировки в соответствии с рис. 4.1.
4. В случае, если трассировка прошла не полностью, изменить расположение элементов на плате и повторить пп. 2 и 3.
5. По возможности убрать лишние переходные отверстия, перенося фрагменты трассы из одного слоя в другой (щелкнуть правой кнопкой мыши на фрагменте трассы и выбрать из раскрывшегося меню команду *Change Layer*).
6. Оптимизировать форму печатных проводников.
7. Сохранить файл.

Содержание отчета

Отчет должен содержать заданные параметры топологии печатной платы, установленные параметры автотрассировщика и распечатку платы с печатными проводниками.

Контрольные вопросы

1. В каком редакторе PCB Artist производится трассировка печатной платы?
2. Каким образом задаются параметры топологии печатной платы?
3. Какие параметры трассировщика следует задать (поясните их назначение)?
4. Что нужно сделать, если автоматическая трассировка прошла не полностью?
5. Как оптимизировать печатную плату после автоматической трассировки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.

Тема 4.2. Оформление схем электрических.

Создание сборочного и послойных чертежей печатной платы.

Цель работы: На основе файла с трассировкой печатной платы создать сборочный и послойные (верхнего и нижнего проводниковых слоев) чертежи.

Перечень используемого оборудования

компьютер с системным обеспечением AutoCAD.

Теоретическая часть

Конструкторская документация на печатную плату состоит из документации на деталь платы и на сборочную единицу платы. Документация на деталь печатной платы включает в себя чертеж механической обработки платы и послойные чертежи всех слоев печатной платы. Документация на сборочную единицу печатной платы для монтажа элементов включает в себя спецификацию и сборочный чертеж. Основой для создания всех чертежей является многослойный файл с трассировкой печатной платы; отключая ненужные слои,

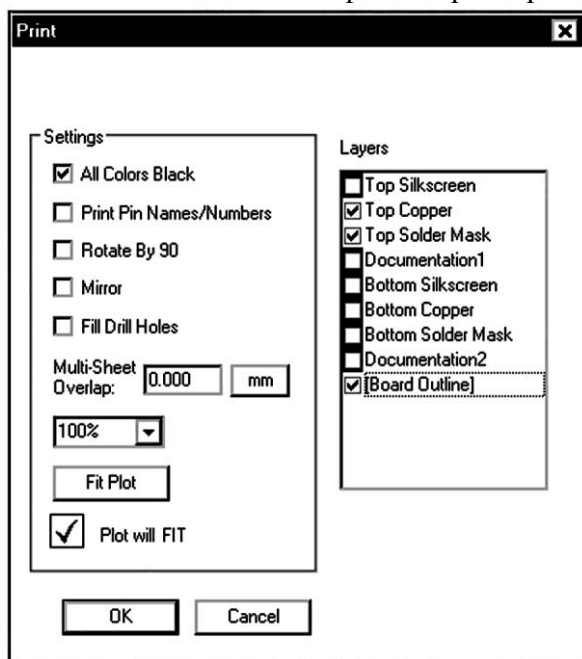


Рис. 5.1

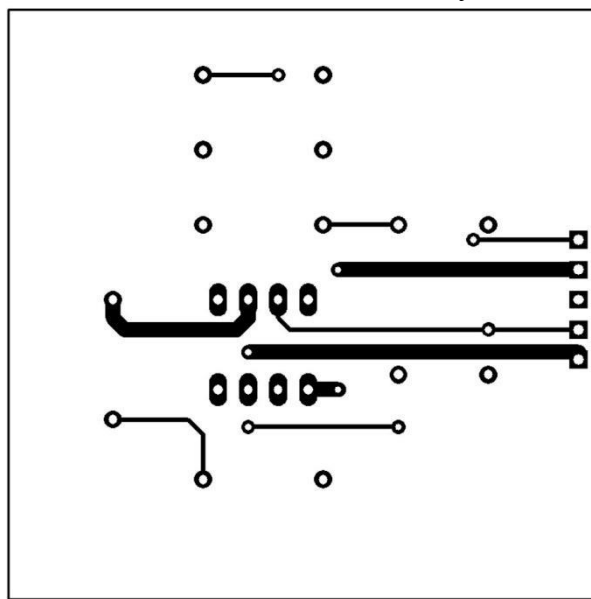


Рис. 5.2

из него можно создать требуемый чертеж.

В САПР PCB Artist включение и выключение слоев, отображаемых на экране, осуществляется с помощью команды *View/Colors*. Левый столбец (*Layer*) раскрывшегося окна отображает имена всех слоев файла, а столбец "Displayed" – видимость каждого слоя (Yes или No). Изменение видимости осуществляется двойным щелчком мыши в столбце "Displayed".

При выводе чертежа на печать раскрывается окно *Print*, в котором справа отображаются все слои (рис. 5.1); напечатаны будут только отмеченные слои.

Чертеж верхнего проводникового слоя (рис. 5.2) можно получить, оставив включенными слои *All* и *Top Cooper*.

Перед созданием чертежа нижнего проводникового слоя нужно зеркально отобразить изображение на экране монитора, поскольку все слои в редакторе показаны при взгляде сверху. Для этого следует выделить весь чертеж и нажать клавишу F (или открыть контекстное меню щелчком правой кнопки мыши и выбрать пункт *Flip*). Далее нужно отключить все слои, кроме *All* и *Bottom Cooper*. При выводе чертежа слоя на печать можно не делать зеркального отображения, а вместо этого в окне *Print* отметить пункт *Mirror* (рис. 5.1).

Сборочный чертеж (рис. 5.3) можно получить, оставив включенным только слой *Top Silkscreen*. Дополнительно следует проставить габаритные и другие необходимые размеры (например, присоединительные).

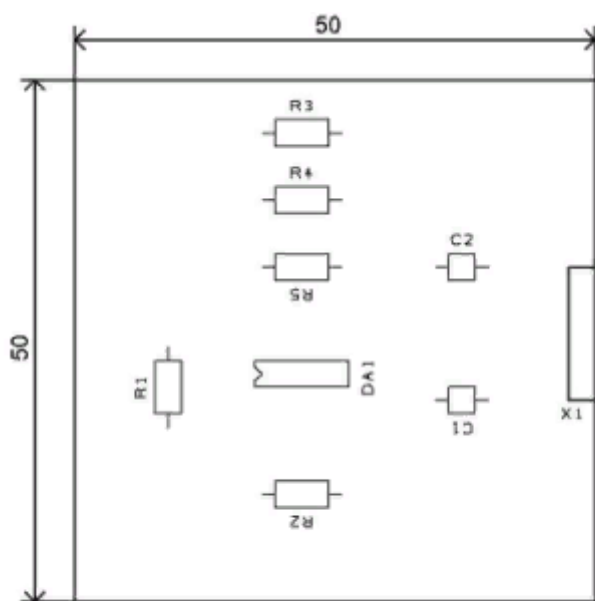


Рис. 5.3

Ход работы

1. Открыть файл с трассировкой печатной платы.
2. Создать файлы чертежей верхнего и нижнего проводниковых слоев и сборочного (см. 5.1).
3. Распечатать чертежи.

Содержание отчета

Отчет должен содержать алгоритм создания и распечатку чертежей верхнего и нижнего проводниковых слоев и сборочного.

Контрольные вопросы

1. Какие чертежи включает документация на деталь печатной платы?
2. Что включает в себя документация на сборочную единицу печатной платы?
3. Каким образом можно включать/отключать слои на экране монитора?
4. Каким образом можно включать/отключать слои при печати?
5. Как создать зеркально отображенный чертеж на экране?
6. Как создать зеркально отображенный чертеж при выводе на печать?

Литература

Основные источники:

1. Волошинов, Д. В. Инженерная компьютерная графика: учебник / Д. В. Волошинов, В. В. Громов. – М.: ИЦ «Академия», 2020.-208 с.
2. Компьютерная графика в САПР: учебное пособие для СПО / А. В. Приемышев, В. Н. Крутов, В. А. Треяль, О. А. Коршакова. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 196 с.

Основные электронные издания

1. Буланже, Г. В. Инженерная графика [Электронный ресурс]: учебник / Г. В. Буланже, В. А. Гончарова, И. А. Гуцин, Т. С. Молокова. – М.: ИНФРА-М, 2020. — 381 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1078774>.
2. Раклов, В. П. Инженерная графика [Электронный ресурс]: учебник / В. П. Раклов, Т. Я. Яковлева; под ред. В. П. Раклова. — 2-е изд., стереотип. — М.: ИНФРА-М, 2020. — 305 с. - Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1026045>.
3. Серга, Г. В. Инженерная графика [Электронный ресурс]: учебник / Г. В. Серга, И. И. Табачук, Н. Н. Кузнецова. — М.: ИНФРА-М, 2020. — 383 с. - Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1030432>.
4. Панасенко, В. Е. Инженерная графика : учебник для спо / В. Е. Панасенко. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 168 с. — ISBN 978-5-8114-6828-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153640>

Дополнительные источники:

1. Инженерная и компьютерная графика: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Р. Р. Анамова [и др.]; под общей редакцией С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничной. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 246 с. — (Профессиональное образование).
2. Справочник проектировщика. Самоучитель Компас. Режим доступа: seniga.ru/uchmat/55-kompas.html.

Формат А3