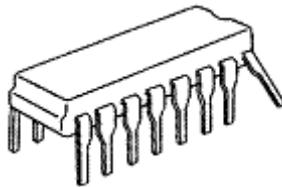


Н.В. Ципина

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

Учебное пособие



Воронеж 2006

ГОУВПО “Воронежский государственный
технический университет”

Н.В. Ципина

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2006

УДК 621.3

Ципина Н.В. Автоматизированное проектирование печатных плат: учеб. пособие /Н.В. Ципина. Воронеж: ГОУВПО “Воронежский государственный технический университет”, 2006. 86 с.

В учебном пособии содержатся основные сведения, необходимые для правильного подхода к автоматизированному проектированию, изложены требования по оформлению пояснительной записки и графического материала. Методика основана на использовании компьютерной техники и системы автоматизированного проектирования P-CAD 2001.

Настоящее пособие предназначено для использования в курсовом проектировании, связанном с автоматизированным проектированием печатных плат. Издание соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 210200 “Проектирование и технология электронных средств”, специальности 210201 “Проектирование и технология радиоэлектронных средств”, дисциплине “Автоматизированное проектирование печатных плат”.

Предназначено для студентов заочной формы обучения.

Ил.54. Библиогр.: 10 назв.

Научный редактор д-р техн. наук, проф. О.Ю. Макаров

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В. М. Питолин;

кафедра информационно-технического обеспечения органов внутренних дел Воронежского института МВД РФ (начальник кафедры, д-р техн. наук, проф. В. И. Сумин)

© Ципина Н.В., 2006

© Оформление. ГОУВПО “Воронежский государственный технический университет”, 2006

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование современной радиоэлектронной аппаратуры невозможно без применения средств автоматизированного проектирования. Для проектирования узлов печатных плат широкое распространение получила система P-CAD 2001.

Дисциплина «Автоматизированное проектирование печатных плат» занимает одно из ведущих мест среди дисциплин в процессе подготовки инженеров радиоэлектронной аппаратуры. Целью дисциплины является обучение студентов теоретическим и практическим навыкам автоматизированного проектирования печатных плат.

В предлагаемом пособии содержатся основные сведения, необходимые для правильного подхода к автоматизированному проектированию, изложены требования по оформлению пояснительной записки и графического материала. Пособие основано на использовании компьютерной техники и системы автоматизированного проектирования P-CAD 2001.

Издание настоящего пособия явилось следствием анализа современной учебной и научно-технической литературы, освещающей вопросы автоматизированного проектирования печатных плат. В данном учебном пособии рассматривается полный цикл проектирования печатного узла, от создания условных графических обозначений элементов до получения рисунка печатной платы с применением системы P-CAD 2001, приведены требования к оформлению конструкторской документации и справочный материал, необходимый при выполнении курсового проекта.

1 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1 Место курсового проектирования в изучении дисциплины “Автоматизированное проектирование печатных плат”

Курсовой проект является самостоятельной работой студента на завершающем этапе процесса конструкторской подготовки студентов, необходимом для успешного выполнения дипломного проекта и инженерной работы на предприятиях промышленности. Курсовой проект является заключительным этапом изучения дисциплины и связан с практическим применением ранее полученных студентами теоретических знаний.

1.2 Цели и задачи курсового проектирования

Курсовой проект должен решать комплексную инженерно-техническую задачу проектирования узлов печатных плат.

Цель курсового проекта заключается в изучении методики разработки символов электрорадиоэлементов средствами P-CAD Symbol Editor, посадочных мест на печатных платах с помощью редактора P-CAD Pattern Editor, методики работы с графическим редактором P-CAD Schematic, методики размещения конструктивных элементов на печатных платах средствами редактора P-CAD PCB и работы с ними, а также в овладении практическими навыками создания условных графических обозначений (УГО) элементов электрических схем, разработки посадочных мест для конструктивных элементов ПЭС и записи их в библиотеку средствами программы Library Executive, создания электрических схем.

В процессе выполнения курсового проекта студенты закрепляют знания, полученные на лекционных и лабораторных занятиях и приобретают навыки самостоятельной работы.

Основная задача курсового проекта – реализация системного подхода при автоматизированном проектировании печатной платы. Задачами, поставленными перед студентами при выполнении курсового проекта, также являются:

- создание условных графических обозначений (УГО) электрорадиоэлементов (ЭРЭ);
- разработка посадочных мест для всех конструктивных ЭРЭ электрической принципиальной схемы;
- упаковка выводов конструктивных элементов (перенос схемы на ПП);
- разработка схемы электрической принципиальной;
- формирование контура печатной платы и размещение конструктивных элементов на ней;
- трассировка проводников печатных плат в ручном, интерактивном и автоматическом режимах.

1.3 Тематика курсового проектирования

Темой курсового проекта может являться разработка радиоэлектронного устройства любого функционального назначения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАБОТЕ НАД КУРСОВЫМ ПРОЕКТОМ

2.1 Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка, состоящая из 10-15 страниц текста на листах формата А4, должна содержать:

- титульный лист;
- задание, включая распечатку варианта исходных данных;
- введение (в краткой форме характеризует цель данной работы, актуальность темы);
- цель и задачи курсового проекта;
- анализ задания;
- заключение (выводы о выполнении технического задания и перспективах развития технического решения);
- список литературы.

Графическая часть курсового проекта представляет собой распечатку чертежей формата А4, которые включают в себя:

- эскизы созданных условных графических обозначений элементов электрической схемы;
- эскизы созданных посадочных мест с указанием стиля посадочного места;
- чертеж принципиальной схемы;
- чертеж размещения конструктивных элементов на печатных платах, сборочный чертеж функционального узла на печатной плате.

2.2 Требования к оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка является текстовым документом и в соответствии с требованиями /6,7,8/ выполняется на листах формата А4.

Текст пояснительной записки разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пре-

делах всей пояснительной записки, обозначенные арабскими цифрами с точкой. Номера подразделов состоят из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. После номера подраздела точка не ставится.

В конце пояснительной записки курсового проекта приводится список литературы, который включается в содержание документа.

Приложения оформляются как продолжение пояснительной записки на последующих листах. Каждое приложение должно начинаться с нового листа с указанием в правом верхнем углу первого листа слова "Приложение" и в технически обоснованных случаях иметь заголовок. При наличии в тексте более одного приложения их обозначают буквами например: "Приложение А", "Приложение Б" и т.д.

Текст пояснительной записки курсового проекта следует оформлять, соблюдая следующие размеры полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее 15 мм, нижнее – 20 мм.

2.3 Требования к оформлению графической части

Основные требования к выполнению рабочих чертежей изложены в /8,9/. Стандарт обязывает при разработке конструкции предусматривать максимальное применение стандартных и покупных изделий, а также изделий, ранее освоенных производством.

2.3.1 Электрические схемы

Электрические схемы являются одним из основных видов конструкторских документов в различных областях радиоэлектроники и радиоконструирования. Правила выполнения и оформления схем регламентируются стандартами седьмой классификации группы ЕСКД. Правила выполнения всех типов электрических схем должны соответствовать /9,10/.

Основные надписи при оформлении электрических схем выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по /9/.

При выполнении схем соблюдают следующие требования /10/:

- на схемах, как правило, используют стандартные графические условные обозначения. Если необходимо использовать нестандартизированные обозначения некоторых элементов, то на схеме делают соответствующие пояснения;

- следует добиваться наименьшего числа изломов и пересечений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не менее 3 мм.

- разрешается выполнять схему на нескольких листах.

При необходимости на схеме помещают следующие данные:

- наименование или характеристики электрических сигналов;

- обозначение электрических цепей.

Текстовые данные, относящиеся к линиям, ориентируют параллельно их горизонтальным участкам, при большой плотности схемы допускается вертикальная ориентация данных.

2.3.2 Печатная плата

С целью упрощения нанесения координат многочисленных монтажных и крепежных отверстий на чертеже печатной платы применяется координатная сетка. Основной шаг координатной сетки составляет 2,5 мм, допускаются шаги 1,25 и 0,625 мм.

Отверстия, расстояния между которыми кратны шагу координатной сетки, располагают в ее узлах, остальные - согласно установочным размерам.

Контактные площадки должны иметь прямоугольную, круглую или близкую к ним формы. Отверстия на чертеже платы показывают упрощенно – одной окружностью. Если на чертеже печатной платы находятся отверстия различных диа-

метров, то с целью упрощения изображения и облегчения чтения чертежа используется таблица /9/.

При проектировании конструкции печатной платы необходимо использовать /1,9/. Указанный в /9/ устанавливает пять классов точности печатных плат и гибких печатных кабелей в соответствии со значениями основных параметров и предельных отклонений элементов конструкции (оснований печатных плат, проводников, контактных площадок, отверстий). С увеличением номера класса возрастает насыщенность платы электрорадиоэлементами.

3 СОЗДАНИЕ УСЛОВНО-ГРАФИЧЕСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Перед тем, как приступить к выполнению курсового проекта, студент должен ознакомиться с общими сведениями о системе проектирования печатных плат P-CAD и о графическом редакторе P-CAD Symbol Editor. Для этого необходимо воспользоваться литературой [1, с. 7-20] и [1, с. 53-67], соответственно. Также необходимо ознакомиться с правилами создания УГО и записи их в библиотеку [1, с. 21-30]. Встроенные математические модели типовых компонентов аналоговых устройств представлены в [2, с. 13-15]. Графические изображения типовых компонентов и порядок следования их выводов рассмотрены в [3, с. 8-10].

В связи с тем, что в литературе в основном представляются общие сведения и рекомендации по заявленным проблемам в данном учебном пособии предполагается рассмотреть конкретные примеры создания УГО ЭРЭ, посадочных мест ЭРЭ, электрической схемы, размещения ЭРЭ и трассировки проводников печатной платы, руководствуясь которыми можно сразу приступить к проектированию.

3.1 Общие сведения о графическом редакторе P-CAD Symbol Editor

Графический редактор P-CAD Symbol Editor содержит набор команд, позволяющих создавать символы ЭРЭ. Symbol Editor работает с файлами отдельных символов (.sym) и библиотек (.lib). Запускается программа нажатием кнопки «Пуск» с последующим выполнением команд «Программы», «P-CAD 2001» и «Symbol Editor». В том случае, если на компьютере запущена одна из программ P-CAD 2001, необходимо левой кнопкой (ЛК) мыши щелкнуть по команде Utils (служебные команды). Откроется выпадающее меню, в котором несколько пунктов начинаются с аббревиатуры P-CAD. Щелчок мыши по Symbol Editor запустит программу. При этом действующая программа не закроется, а только свернется, и к ней всегда можно будет вернуться. Экран графического редактора P-CAD Symbol Editor представлен на рисунке 3.1.

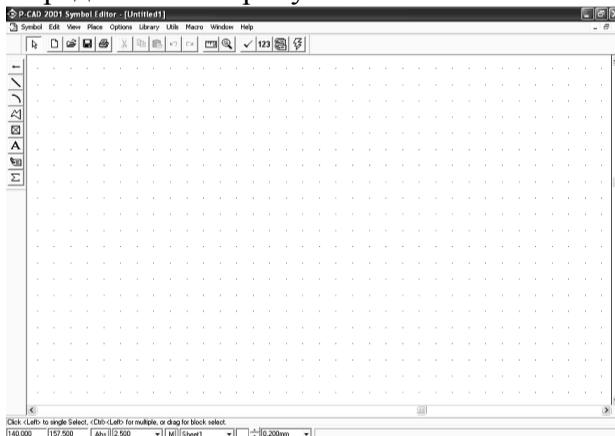


Рисунок 3.1

Пиктограммы меню инструментов следующие:



Select (S) – включение режима выбора объекта;

-  Place Pin — размещение вывода;
-  Place Line — размещение линии;
-  Place Arc — размещение дуги;
-  Place Polygon — размещение полигона;
-  Place Ref Point — размещение точки привязки символа элемента;
-  Place Text — размещение текста;
-  Place Attribute — размещение атрибута;
-  Place IEEE Symbol — размещение символа функционального блока;
-  Edit Measure — измерение расстояния;
-  Utils Validate — проверка корректности создания символа элемента;
-  Utils Renumber — перенумерация вывода;
-  Symbol Attribute — просмотреть атрибуты;
-  Symbol Wizard — мастер быстрого создания УГО.

3.2 Создание библиотеки электрорадиоэлементов

В процессе разработки печатной платы нам понадобится библиотека, в которой будут храниться упакованные библиотечные элементы. Библиотека создается следующим образом [1, с. 29-30]:

1 Выполняется команда **Library New** (Новая библиотека).

2 В окне Library New задается имя библиотеки***.lib.

3 Нажимается кнопка Save.

3.3 Порядок создания условного графического обозначения микросхемы K511ПУ2

В микросхему K511ПУ2 входят два логических элемента «2И-НЕ» и два «НЕ-И», необходимо отдельно создать УГО элементов «2И-НЕ» и «НЕ-И» [3].

3.3.1 Порядок создания условного графического обозначения элемента «НЕ-И»

Для создания УГО элемента необходимо:

- Запустить программу **Symbol Editor**;
- Настроить конфигурацию программы **Symbol Editor**.

1 По командам **Options/Configure** (Установка конфигурации) в появившемся окне установить размер рабочего поля форматом A4.

2 В области Units (Единицы измерения) выбрать миллиметры (mm) как единицу измерения.

3 В области Orthogonal Modes (Варианты ортогональности) выделить флажком оба пункта (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2

- Привязать курсор к узлам сетки, для чего выполнить команды **View/Snap to grid**.

- Выполнить команды **Options/Grids** (Установка сеток) и установить сетки с шагом 2,5. Для этого в окне Options

Grids в области Grids Spacing ввести шаг сетки 2,5 и нажать «Add» (Добавить). Нажать на кнопку ОК (рисунок 3.3).

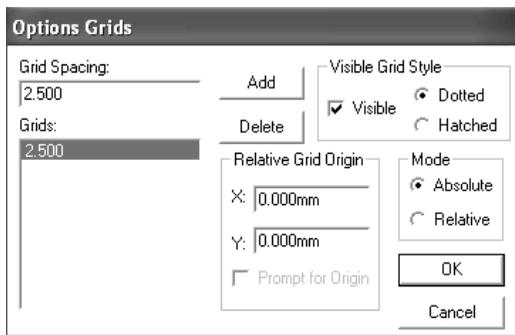


Рисунок. 3.3

- Установить текущую линию рисования. Для этого командой **Options Current Line** (Установка текущей линии) в одноименном диалоговом окне в поле Width (Ширина) выбрать User (Пользователь) и задать ширину 0,2 мм. Нажать на кнопку ОК.

- Нарисовать прямоугольный контур УГО логического элемента «НЕ-И» размером 20x20 мм.

Для этого необходимо выполнить команду **Place Line** (Линия). Задать требуемый масштаб увеличения, нажав несколько раз на клавишу «серый плюс». Нарисовать квадрат. Провести в нем вертикальную линию. Получим квадрат, представленный на рисунке 3.4.

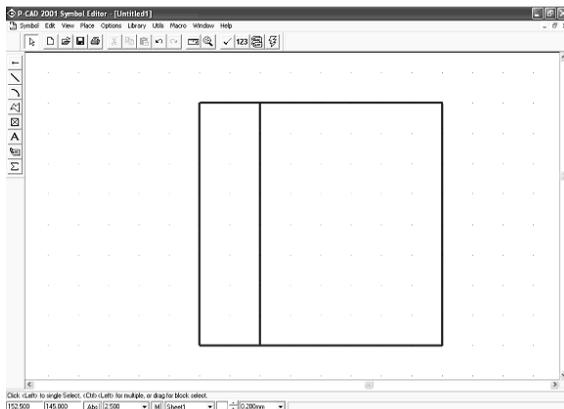


Рисунок 3.4

- Проставить выводы логического элемента. Входные выводы установить слева, а выходные — справа. Для этого выполнить команду **Place Pin** (Вывод). Откроется диалоговое окно Place Pin. В нем в поле Length (Длина) установить флажок в окне User (Пользователь) и задать длину вывода 5 мм. В областях Inside Edge (Входной вывод), Outside Edge (Выходной вывод), Inside, Outside установить значение None (Нет). В поле Default Pin Name (Имя вывода) ввести имя вывода — In. В поле Default Pin Des (Обозначение вывода) ввести номер вывода 1. Нажать на кнопку ОК (рисунок 3.5). После этого установить вывод, щелкнув ЛК, а затем ПК (правая кнопка мыши).

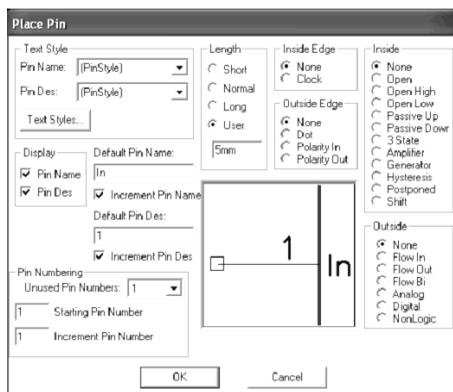


Рисунок 3.5

- Щелкнуть ЛК. Вновь откроется диалоговое окно Place Pin. Теперь в поле Default Pin Name ввести имя вывода — E, а в поле Default Pin Des ввести номер вывода 2. Нажать кнопку ОК. Установить вывод, щелкнуть ЛК, а затем ПК.

- Сформировать выходной вывод. Для этого щелкнуть ЛК. Откроется диалоговое окно Place Pin. В области Outside Edge выбрать значение Dot, а в остальных областях оставить None. В поле Default Pin Name ввести имя вывода — Out. В поле Default Pin Des ввести номер вывода 3. Нажать на кнопку ОК. Поставить курсор в поле, нажать ЛК и, удерживая ее, дважды нажать на клавишу буквы R для разворота вывода на 180° (или один раз клавишу буквы F). Отпустить ЛК. Щелкнуть ПК.

- Выполнить команду **Place Text** (Нанесение надписи). Перевести курсор в поле символа микросхемы и щелкнуть ЛК. Откроется диалоговое окно Place Text, в нем в поле Text набрать символ &. В зоне Justification (Выравнивание) установить точку в центр по осям X и Y. В списке стилей текста Text Style выбрать стиль PartStyle. Нажать кнопку Place.

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента. Выполнить команду **Place Attribute** (Установка признака, атрибута). В результате появится диалого-

вое окно Place Attribute. В этом окне в области Attribute Category (Категории атрибута) выбрать Component. В области Name (Имена атрибутов) выбрать RefDes (Позиционное обозначение). В открывшемся списке Text Style выбрать PartStyle. Установить в поле Justification по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК (рисунок 3.6). Установить курсор выше УГО и нажать ЛК.

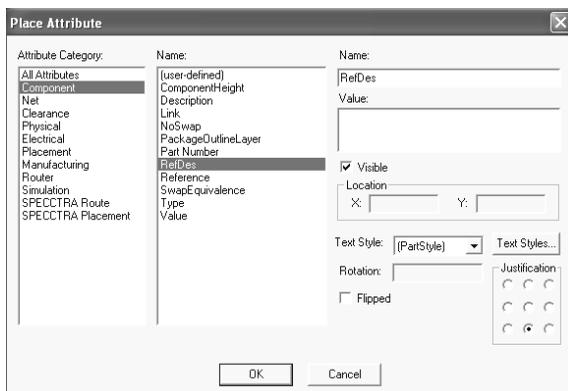


Рисунок 3.6

- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области Attribute Category выделить цветом Component, а в соседней области Name — Type. Установить стиль текста PartStyle. Выравнивание Justification, выбрать по вертикали — верх, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор ниже УГО и щелкнуть ЛК.

- Ввести точку привязки элемента в центре УГО. Для этого выполнить команду **Place Ref Point** (Установка точки привязки). Переместить курсор к первому выводу УГО и щелкнуть ЛК (рисунок 3.7).

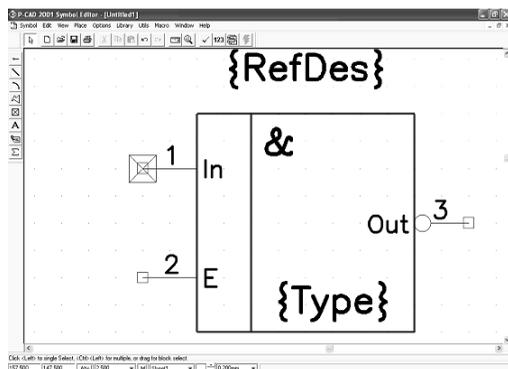


Рисунок 3.7

Записать созданное УГО логического элемента в библиотеку. Для этого выполнить команду **Save** (Сохранить), в появившемся окне **Symbol Save to Library** (Сохранить символ в библиотеку) щелкнуть по кнопке **Library** (Библиотека) и в открывшемся окне выбрать созданную ранее библиотеку *****.lib**. В поле **Symbol** набрать имя элемента «HE-И» и нажать кнопку **OK** (рисунок 3.8).

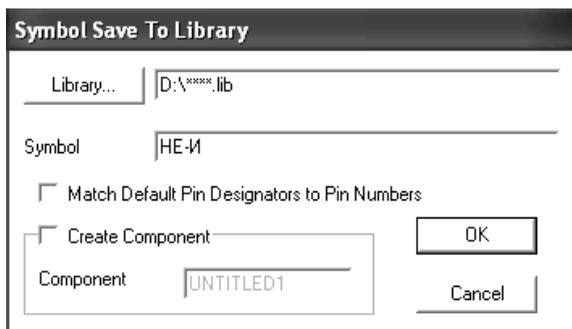


Рисунок 3.8

3.3.2 Порядок создания условного графического обозначения элемента «2И-НЕ»

- Необходимо нарисовать прямоугольный контур УГО логического элемента «2И-НЕ» размером 15x20 мм. Для чего выполнить команду **Place Line**. Задать необходимый масштаб увеличения клавишей «серый плюс». Нарисовать прямоугольник.

- Проставить выводы логического элемента. Входные выводы установить слева, выходные — справа. Для этого выполнить команду **Place Pin**. Откроется диалоговое окно Place Pin. В нем в поле Length установить флажок в окне User и задать длину контакта 5 мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None.

В поле Default Pin Name ввести имя вывода — InA. В поле Default Pin Des ввести номер вывода 1. Нажать на кнопку ОК. Установить первый вывод, щелкнуть ЛК, а затем ПК.

- Опять щелкнуть ЛК, вновь откроется диалоговое окно Place Pin. В поле Default Pin Name ввести имя вывода — InB, а в поле Default Pin Des ввести номер вывода 2. Нажать на кнопку ОК. Установить второй вывод, щелкнуть ЛК, а затем ПК.

- Сформировать выходной вывод. Для этого необходимо щелкнуть ЛК. Откроется диалоговое окно Place Pin. В области Outside Edge выбрать значение Dot, а в остальных областях оставить None. В поле Default Pin Name ввести имя вывода — Out. В поле Default Pin Des ввести номер вывода 3. Нажать на кнопку ОК. Поставить курсор в поле, нажать ЛК и, удерживая ее, дважды нажать на клавишу буквы R для разворота вывода на 180° (или один раз клавишу буквы F). Отпустить ЛК. Щелкнуть ПК. Полученный результат представлен на рисунке 3.9.

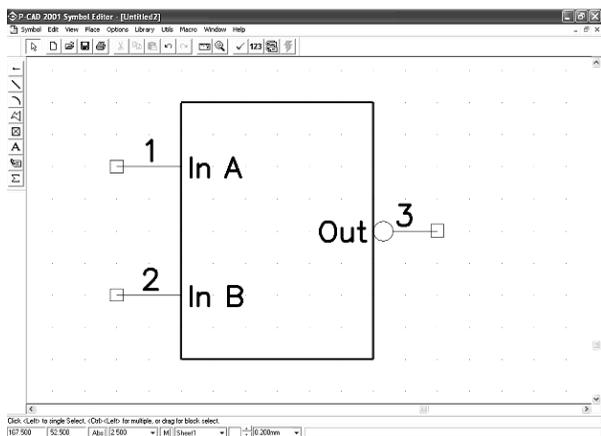


Рисунок 3.9

- Сделаем невидимыми имена выводов. Для этого выполнить команды **Edit/Select** (Выбор). Затем, удерживая клавишу CTRL, выделить все три вывода. Их цвет изменится на желтый. Нажать ПК и в выпадающем меню выбрать пункт **Properties** (Свойства). В появившемся окне **Pin Properties** (Свойства контактов) в области **Display** (Экран) убрать флажок у пункта **Pin Name** — имена выводов будут скрыты. Нажать ОК.

- Выполнить команду **Place Text**. Установить курсор в поле УГО и щелкнуть ЛК. Откроется диалоговое окно **Place Text**, в нем в поле **Text** набрать символ **&**. В зоне **Justification** установить точку в центр по осям X и Y. В списке стилей текста **Text Style** выбрать стиль **PartStyle**. Нажать кнопку **Place**.

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента. Выполнить команду **Place Attribute**. Появится диалоговое окно **Place Attribute**. В этом окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**. В области **Name** выбрать **RefDes**. В открывшемся списке **Text Style** выбрать **PartStyle**. Установить в поле **Justification** по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор над УГО и нажать ЛК.

- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области Attribute Category выделить цветом Component, а в соседней области Name — Type (Тип). Установить стиль текста PartStyle. Выравнивание Justification, выбрать по вертикали — верх, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор ниже УГО и щелкнуть ЛК.

- Установить точку привязки элемента к первому выводу УГО. Для этого выполнить команду Place Ref Point. Выполнить Utils Validate (проверка корректности создания символа элемента) (рисунок 3.10).

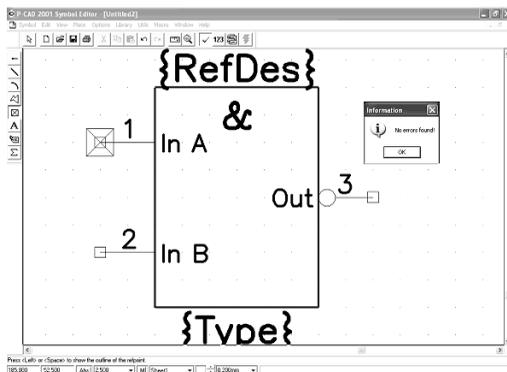


Рисунок 3.10

- Записать созданное УГО логического элемента в библиотеку. Для этого выполнить команду **Save**, в появившемся окне Symbol Save to Library щелкнуть по кнопке Library и в открывшемся окне выбрать созданную ранее библиотеку *****.lib**. В поле Symbol набрать имя элемента «2И-НЕ» и нажать кнопку ОК (рисунок 3.11).

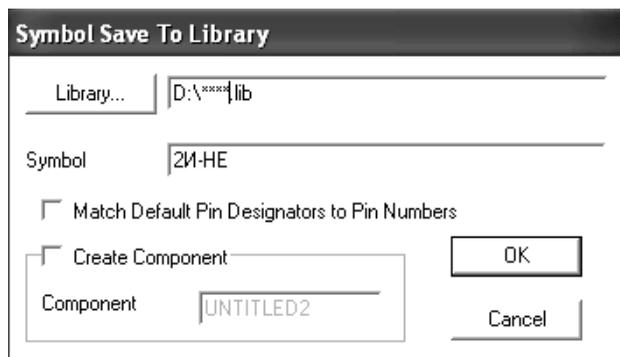


Рисунок 3.11

3.4 Создание условного графического обозначения микросхемы 133ЛА6

В микросхему 133ЛА6 входят два логических элемента «4И-НЕ».

Порядок создания УГО элемента «4И-НЕ»

1 Запустить программу **Symbol Editor**. Настроить конфигурацию программы **Symbol Editor** (пункт 3.3.1).

2 Нарисовать прямоугольный контур УГО логического элемента «4И-НЕ» размером 15x20 мм. Для этого выполнить команду **Place Line**.

3 Проставить выводы логического элемента. Входные выводы установить слева, выходные — справа. Для этого выполнить команду **Place Pin**. Откроется диалоговое окно **Place Pin**. В нем в поле **Length** установить флажок в окне **User** и задать длину выводов 5 мм. В областях **Inside Edge**, **Outside Edge**, **Inside**, **Outside** установить значение **None**. В поле **Default Pin Name** ввести имя вывода — **InA**. В поле **Default Pin Des** ввести номер вывода 1. Нажать на кнопку **OK**. Поставив курсор в поле, щелкнуть ЛК, а затем ПК. Аналогично **InB** –2.

Аналогичным образом сформировать входные выводы **InB** (3) **InC** (4), **InD** (5).

4 Сформировать выходной вывод. Для этого надо щелкнуть ЛК. Откроется диалоговое окно **Place Pin**. В области **Out-**

side Edge выбрать значение Dot, а в остальных областях оставить None. В поле Default Pin Name ввести имя вывода — Out. В поле Default Pin Des ввести номер вывода 6. Нажать на кнопку ОК. Поставить курсор в поле, нажать ЛК и, удерживая ее, дважды нажать на клавишу буквы R для разворота вывода на 180° (или один раз клавишу буквы F). Отпустить ЛК. Щелкнуть ПК. Полученный результат представлен на рисунке 3.12.

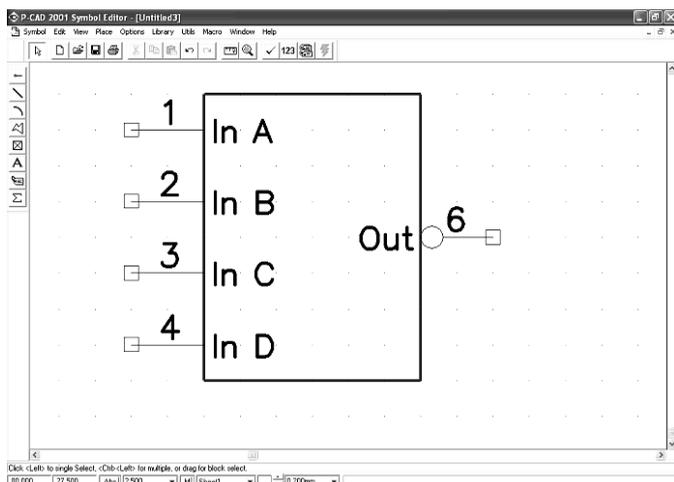


Рисунок 3.12

5 Ввести обозначение элемента. Для этого выполнить команду **Place Text**. Установить курсор в поле и щелкнуть ЛК. Откроется диалоговое окно Place Text, в нем в поле Text набрать символ &. В зоне Justification установить точку в центр по осям X и Y. В списке стилей текста Text Style выбрать PartStyle. Нажать кнопку Place.

6 Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента. Для этого надо выполнить команду **Place Attribute**. В результате появится диалоговое окно Place Attribute. В этом окне в области Attribute Category выбрать Compo-

pent. В области Name выбрать RefDes. В открывшемся списке Text Style выбрать PartStyle. Установить в поле Justification по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор выше УГО и нажать ЛК.

Вновь выбрать команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области Attribute Category выделить цветом Component, а в соседней области Name — Type. Установить стиль текста PartStyle. Выравнивание Justification выбрать по вертикали — верх, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор ниже УГО и щелкнуть ЛК.

7 Установить точку привязки элемента к первой ножке УГО. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Проверить на ошибки командой Validate Symbol (рисунок 3.13).

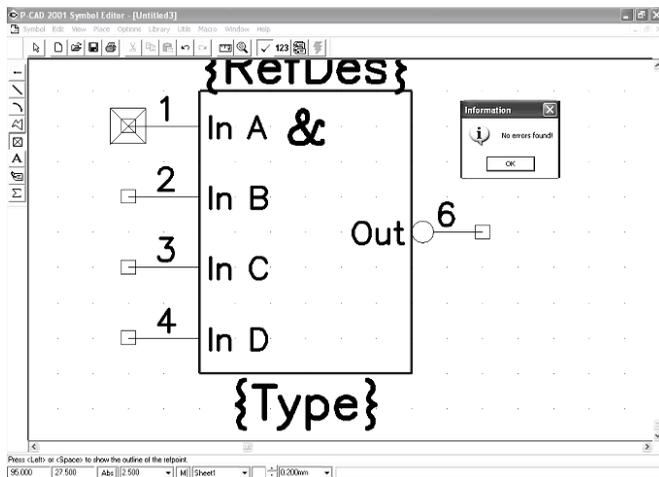


Рисунок 3.13

8 Записать созданное УГО логического элемента в библиотеку. Для этого выполнить команду Save. В появившемся окне щелкнуть по кнопке Library и в открывшемся окне выбрать созданную ранее библиотеку***.lib. В поле Symbol набрать имя элемента «4И-НЕ» и нажать кнопку ОК.

3.5 Создание УГО транзистора КТ3102Г

1 Нарисовать круглый контур УГО транзистора диаметром 10 мм. Для этого выбрать текущую сетку с шагом 1,25 мм. По команде **Place Arc** нарисовать круг диаметром 10 мм.

2 Нарисовать условное обозначение транзистора. Для чего выполнить команду **Place Line** и последовательно начертить вначале базу, затем коллектор и, наконец, эмиттер.

Нарисовать стрелку эмиттера. Для этого текущую сетку установить с шагом 0,05 мм. Выполнить команду **Place Polygon** (Заливка полигона) (рисунок 3.14).

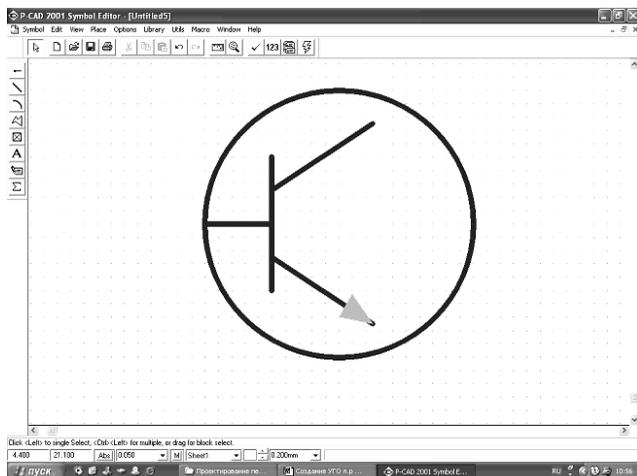


Рисунок 3.14

3 Установить выводы транзистора.

Выполнить команду **Place Pin**.

Откроется диалоговое окно Place Pin. В нем в поле Length выбрать User и установить длину вывода 5 мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None.

В поле Default Pin Name ввести имя вывода — В (база), в Default Pin Des номер 1.

В поле Display установить флажок в окне Pin Des. Нажать на кнопку ОК. Установить вывод к базе и щелкнуть ЛК.

Снова по команде **Place Pin** в поле Default Pin Name теперь ввести имя вывода — К (коллектор), а в Default Pin Des номер 2. Нажать на кнопку ОК. Установить вывод к коллектору, щелкнуть ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод вверх.

Вновь выполнить команду **Place Pin**. В одноименном диалоговом окне в поле Default Pin Name ввести имя вывода — Е (эмиттер), в Default Pin Des номер 3. Нажать на кнопку ОК. Поставить вывод к эмиттеру, щелкнуть ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод вниз.

4 Установить точку привязки элемента.

Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Установить курсор к первому выводу щелкнуть ЛК (рисунок 3.15).

5 Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента.

Выполнить команду **Place Attribute**. В результате появится диалоговое окно Place Attribute, в котором в области Attribute Category выбрать Component. В соседней области Name выделить цветом RefDes. В поле Text Style выбрать стиль PartStyle. Выравнивание текста Justification установить по центру. Нажать кнопку ОК. Курсор поставить над элементом и щелкнуть ЛК.

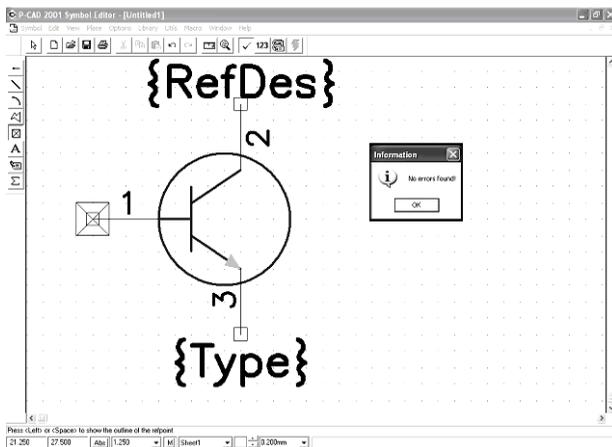


Рисунок 3.15

Аналогично по команде **Place Attribute** в области Attribute Category назначить Component, а в области Name выбрать тип элемента Type. Установить курсор под элементом и щелкнуть ЛК. Проверить на ошибки командой **Validate Symbol** (рисунок 3.15).

6 Записать созданный элемент в библиотеку элементов. Для этого необходимо выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть кнопку Library. Затем выбрать созданную ранее библиотеку *****.lib**. В поле Symbol набрать имя элемента «VT», а в графе Component – тип транзистора «КТ3102Г» и нажать кнопку ОК (рисунок 3.5).

3.6 Создание УГО диода КД403А

1 Нарисовать условное обозначение диода. Для чего выполнить команду **Place Line**.

2 Установить выводы элемента. Для этого выполнить команду **Place Pin**. Откроется одноименное диалоговое окно. В нем в поле Length установить флажок в окне User и задать длину вывода 5 мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, In-

side, Outside установить значение None. В поле Default Pin Des ввести 1. В поле Display убрать флажок в окнах Pin Des и Pin Name. Нажать на кнопку ОК. Поставить курсор к месту расположения первого вывода и нажать ЛК. Щелкнуть ПК. Аналогично поставить второй вывод.

3 Установить точку привязки элемента к первой ножке УГО диода. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**.

4 Ввести атрибуты элемента. Выполнить команду **Place Attribute**. Появится диалоговое окно Place Attribute. В нем в области Attribute Category выбрать Component. В области Name выбрать RefDes. В открывшемся списке Text Style выбрать PartStyle. Установить в поле Justification по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор над элементом и щелкнуть ЛК.

Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В области Attribute Category выделить цветом Component, а в соседней области Name — Type. Установить стиль текста PartStyle. Выравнивание Justification выбрать по вертикали — верх, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор под элементом и щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рисунке 3.16.

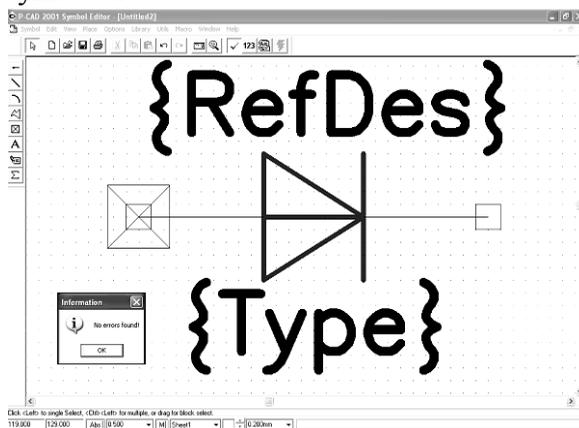


Рисунок 3.16

5 Записать разработанный УГО диода в библиотеку. Для этого выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**. В открывшемся окне выбрать созданную ранее библиотеку *****.lib**. В поле **Symbol** набрать имя элемента «VD» и нажать кнопку **OK**, а в графе **Component** – тип диода «КД403А» и нажать кнопку **OK** (рисунок 3.16).
Symbol Save To Library

3.7 Создание УГО резистора

1 Нарисовать прямоугольный контур УГО размером 4х10 мм. Выполнить команду **Place Line** (текущая сетка должна быть с шагом 1 мм).

2 Установить выводы. Выполнить команду **Place Pin**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Length** выбрать **User** и установить длину вывода 5 мм. В областях **Inside Edge**, **Outside Edge**, **Inside**, **Outside** задать значение **None**. В поле **Default Pin Des** ввести 1. В поле **Display** убрать флажок в окне **Pin Des** и в окне **Pin Name**. Нажать на кнопку **OK**. Поставить курсор к месту расположения первого вывода и нажать ЛК. Щелкнуть ПК. Аналогично поставить второй вывод.

3 Установить точку привязки в центр УГО резистора. Выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор к первому выводу и щелкнуть ЛК.

4 Ввести атрибуты элемента. Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в области **Attribute Category** выбрать **Component**. В области **Name** выделить цветом **RefDes**. Установить стиль текста **PartStyle**. В поле **Justification** задать выравнивание по центру. Нажать кнопку **OK**. Установить курсор над УГО и щелкнуть ЛК.

5 Вновь выполнить команду **Place Attribute** и в появившемся диалоговом окне в области **Attribute Category** снова выбрать **Component**. В области **Name** выделить **Value** (Значение). Установить стиль текста **PartStyle**. Выравнивание **Justification** сохранить по центру. Нажать кнопку **OK**. Установив

курсор под УГО, щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рисунке 3.17.

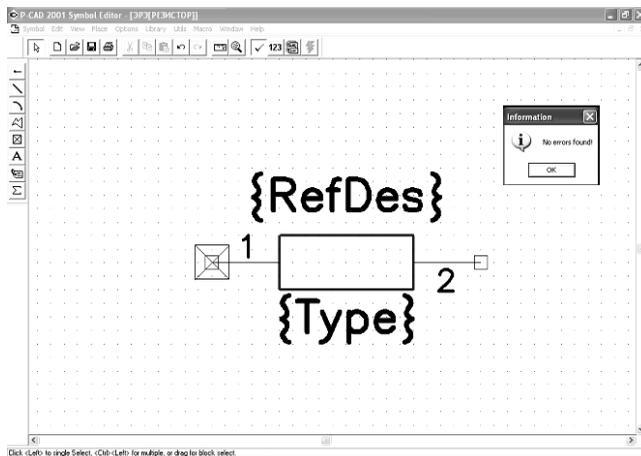


Рисунок 3.17

6 Записать созданный УГО резистора в библиотеку с именем ЭРЭ.ПБ. Выполнить команду **Save**, в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в следующем окне выбрать библиотеку *****.lib**. В поле **Symbol** набрать имя элемента «R» и нажать кнопку **OK** (рисунок 3.17).

3.8 Создание УГО катушки индуктивности

1 Выполнить команды **Options/Grids** и установить сетки с шагом 1 и 2 мм. Для этого в окне **Options Grids** в области **Grids Spacing** последовательно ввести шаги сетки 1,0 и 2,0 мм. Нажать кнопку «Add», а затем кнопку «OK».

2 Установить линию рисования 0,2 мм.

3 Нарисовать виток контура УГО катушки индуктивности диаметром 2 мм.

Для этого выбрать текущую сетку с шагом 1 мм. По команде **Place Arc** (Установка дуги) нарисовать четыре витка катушки индуктивности.

4 Установить выводы катушки.

Для этого выбрать текущую сетку с шагом 1 мм. Выполнить команду **Place Pin**. Откроется диалоговое окно Place Pin. В нем в поле Length установить флажок в окне User и задать длину вывода 2 мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None. Поля Default Pin Name, Default Pin Des не заполнять. Нажать на кнопку ОК. Установить курсор к первому выводу и нажать ЛК. Нажать ПК (рисунок 3.18).

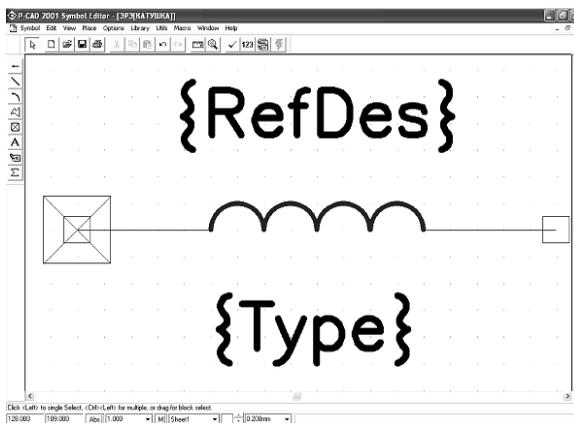


Рисунок 3.18

5 Установить точку привязки элемента.

Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор к первому выводу и щелкнуть ЛК.

6 Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и наименование элемента.

Для этого необходимо выполнить команду **Place Attribute**. В результате появится диалоговое окно Place Attribute, в котором в области Attribute Category необходимо выбрать Component. В соседней области Name выделить цветом RefDes. В поле Text Style выбрать стиль PartStyle. Выравнивание текста Justification установить по центру. Нажать кнопку ОК. Курсор поставить над УГО и щелкнуть ЛК.

Аналогично по команде **Place Attribute** в области Attribute Category назначить Component, а в области Name выбрать тип элемента — Type. Установить курсор под УГО и щелкнуть ЛК.

7 Записать созданный элемент в библиотеку *****.lib**. Для этого выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть по кнопке Library. В следующем окне выбрать библиотеку *****.lib**. В поле Symbol набрать имя элемента «L» и нажать кнопку ОК, а в графе Component обозначить тип катушки и нажать кнопку ОК.

3.9 Создание УГО конденсатора

1 Нарисовать обкладки конденсатора как две вертикальные линии длиной 8 мм. Для этого выполнить команду **Place Line** (текущая сетка должна быть с шагом 1 мм).

2 Установить выводы. Для этого выполнить команду **Place Pin**. Откроется диалоговое окно Place Pin. В поле Length установить флажок в окне User и задать длину вывода 5 мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None. В поле Default Pin Des ввести 1. В поле Display убрать флажок в окнах Pin Des и Pin Name. Нажать на кнопку ОК. Поставить курсор к месту расположения первого вывода и нажать ЛК. Щелкнуть ПК. Аналогично поставить второй вывод.

3 Установить точку привязки конденсатора. Выполнить команду **Place Ref Point**. Установить курсор к первому выводу и щелкнуть ЛК.

4 Ввести атрибуты элемента.

Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в области Attribute Category выбрать Component, а в области Name — RefDes. Установить стиль текста PartStyle Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор над УГО. Вновь выбрать команду Place Attribute. В появившемся окне в области Attribute Category снова выбрать Component, а в области Name — Value. Установить стиль текста PartStyle. Выравнивание Justification сохранить таким же — по центру. Нажать ОК. Установить курсор под УГО. Полученный результат представлен на рисунке 3.19.

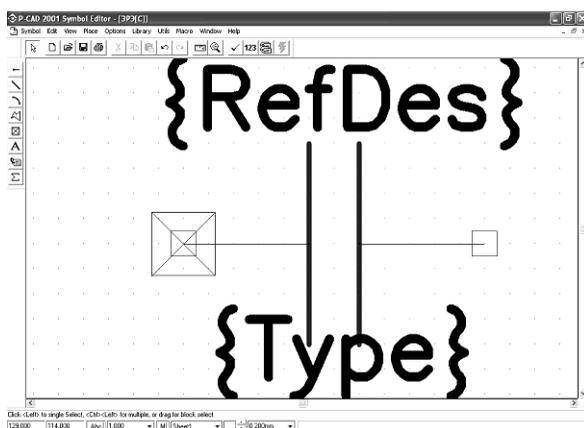


Рисунок 3.19

5 Записать созданное УГО конденсатора в библиотеку с именем *****.lib**. Для этого необходимо выполнить команду **Save**. В появившемся окне щелкнуть по кнопке Library и в открывшемся окне выбрать библиотеку *****.lib**. В поле Symbol набрать имя элемента «С» и нажать кнопку ОК.

3.10 Создание УГО символа «Земля»

1 Установить шаг сетки равным 1 мм. Для этого выполнить команды **Options/Grids**. В окне Options Grids в области Grids Spacing задать шаг сетки 1,0 мм. Нажать кнопку «Add», а затем кнопку ОК.

2 Линию рисования установить 0,2 мм.

3 Нарисовать УГО символа «Земля». Для этого выбрать текущую сетку с шагом 1 мм. Выполнить команду **Place Line**.

4 Установить вывод на символ «Земля».

Для этого выполнить команду **Place Pin**. Откроется диалоговое окно Place Pin. В нем в поле Length установить флажок в окне User и задать длину вывода 5 мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None. Поля Default Pin Name и Default Pin Des не заполнять. Нажать на кнопку ОК. Поставить курсор к символу «Земля» и нажать ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод вверх.

5 Установить точку привязки элемента.

Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор к выводу и щелкнуть ЛК.

6 Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем только место для размещения позиционного обозначения. Выполнить команду **Place Attribute**. В результате появится диалоговое окно Place Attribute, в котором в области Attribute Category выбрать Component. В соседней области Name выделить цветом RefDes. В поле Text Style выбрать стиль PartStyle. Выравнивание текста Justification установить по центру. Нажать кнопку ОК. Курсор установить над точкой привязки и щелкнуть ЛК (рисунок 3.20).

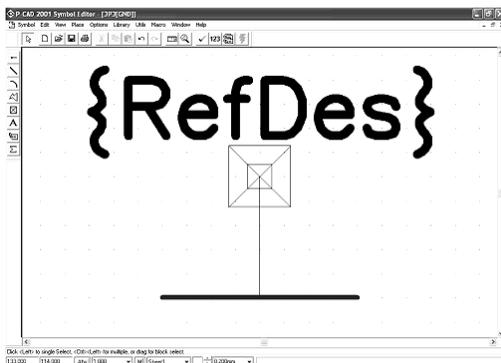


Рисунок 3.20

7 Записать созданный элемент в библиотеку элементов *****.lib**.

Для этого выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, где в открывшемся окне выбрать библиотеку *****.lib**. В поле **Symbol** набрать имя элемента «**GND**» и нажать кнопку **OK**.

4 РАЗРАБОТКА ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

Перед тем как приступить к разработке посадочных мест, необходимо ознакомиться с общими сведениями о графическом редакторе P-CAD Pattern Editor. Для этого необходимо воспользоваться литературой [1, с. 7-20] и [1, с. 53-67], соответственно. Также нужно изучить правила создания посадочных мест и записи их в библиотеку **Library Executive** [1, с. 21-30]. Встроенные математические модели типовых компонентов аналоговых устройств представлены в [2, с. 13-15]. Графические изображения типовых компонентов и порядок следования их выводов представлен в [3, с. 8-10].

4.1 Общие сведения о программе P-CAD Pattern Editor

Графический редактор P-CAD Pattern Editor имеет набор команд, позволяющих создавать и редактировать посадочные места для установки ЭРЭ на печатных платах. Программа работает с файлами отдельных посадочных мест (.pat) и библиотек (.lib).

Посадочное место (ПМ) — это комплект конструктивных элементов печатной платы, предназначенный для монтажа отдельного ЭРЭ. В него входят в различных сочетаниях контактные площадки (КП), металлизированные отверстия, печатные проводники на наружных слоях и гладкие крепежные отверстия. Кроме этого ПМ может включать в себя параметры защитной и паяльной масок, элементы маркировки и графические элементы сборочного чертежа.

Запуск программы осуществляется через кнопку «Пуск» с последующим выполнением в выпадающем меню команд «Программы», «P-CAD 2001» и «Pattern Editor». Экран графического редактора P-CAD Pattern Editor представлен на рисунке 4.1.

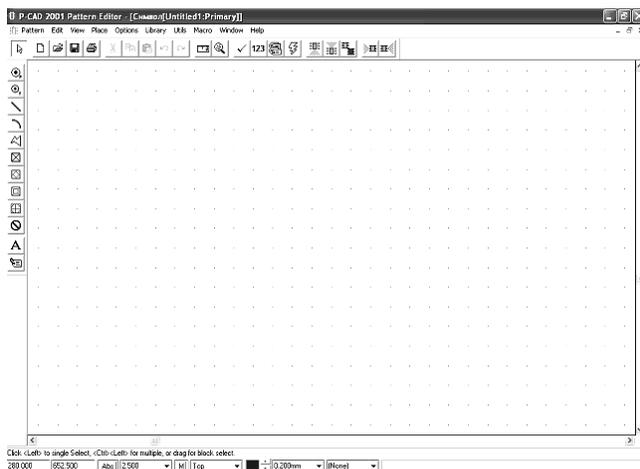


Рисунок 4.1

Пиктограммы меню инструментов следующие:



Select (S) – включение режима выбора объекта;



Place Pad — размещение стека контактных площадок;



Place Via — размещение переходного отверстия;



Place Line — размещение линии;



Place Arc — размещение дуги;



Place Polygon — размещение полигона;



Place Ref Point — размещение точки привязки посадочного места элемента;



Place Glue Point — размещение точки приклеивания корпуса элемента к плате;



Place Pick Point — размещение точки привязки корпуса элемента;



Place Test Point — размещение тестовой точки;



Place Keepout — размещение запретной области (барьера);



Place Text — размещение текста;



Place Attribute — размещение атрибута;



Edit Measure — измерение расстояния;



Utils Validate — проверка корректности создания символа элемента;



Utils Renumber — перенумерация вывода;



Symbol Attribute — просмотреть атрибуты;



Symbol Wizard — мастер быстрого создания УГО.



Add Pattern Graphics — добавление альтернативного изображения корпуса элемента;



Remove Pattern Graphics — удаление альтернативного изображения корпуса элемента;



Rename Pattern Graphics — переименование изображения;



Next Pattern Graphics — следующее изображение корпуса;



Previous Pattern Graphics — предыдущее изображение корпуса.

4.2 Порядок создания посадочного места микросхемы

- Загрузить редактор **Pattern Editor**.
- Настроить конфигурации графического редактора.
- Выполнить команды Options/Pad Style (Установка параметров монтажного отверстия). В одноименном окне в списке Current Style (Используемые параметры) обычно имеется лишь один стиль Default (По умолчанию). Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку Copy (Копирование).

- В открывшемся диалоговом окне Copy Pad Style (Копирование монтажного отверстия) в поле Pad Name (Имя КП) набрать имя нового стиля P:EX1.8Y1.8D1 и нажать кнопку ОК (рисунок 4.2).

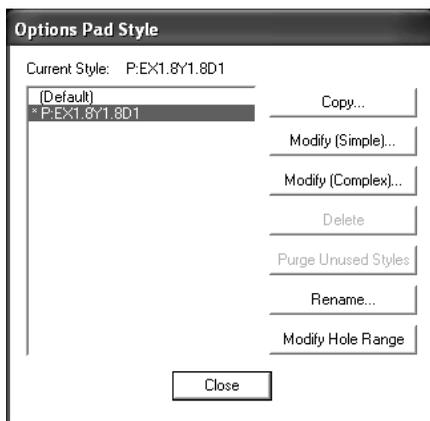


Рисунок 4.2

- В диалоговом окне Copy Pad Style в списке Current Style выбрать появившийся стиль P:EX1.8Y1.8D1 и нажать кнопку Modify (Complex). В открывшемся диалоговом окне Modify Pad Style (Complex) в списке Layers (Слои) выбрать слой Top (Верхний) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле Pad Definition (Описание контактной площадки) в открывающемся списке Shape (Форма) выбрать значение Ellipse (Эллипс), установить размеры, равные по высоте (Height) 1,8 мм и по ширине (Width) 1,8 мм, и нажать кнопку Modify (Модифицировать). Установить параметры сверления контакта. В области Hole задать диаметр сверления (Diameter), равный 1мм. Результат представлен на рисунке 4.3.

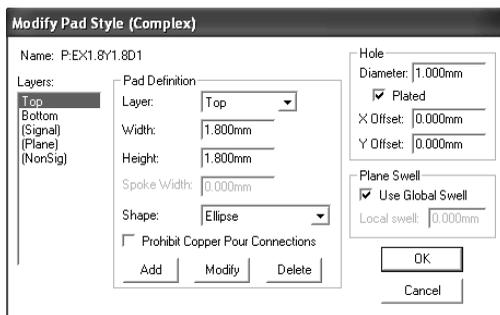


Рисунок 4.3

В списке Layers выбрать нижний слой (Bottom) и установить для него такие же установки, как и для верхнего слоя, и нажать кнопку Modify. Аналогично выполнить настройку контактной площадки и для сигнального слоя (Signal). Нажать ОК.

- Установить контактные площадки посадочного места микросхемы. Для этого выполнить команду Place Pad. Установить контактные площадки.

В строке параметров открыть список слоев и назначить текущим слой Top Silk (Верхний маркировочный).

Начертить контур микросхемы. Для этого выполнить команду Place Line. Результат представлен на рисунке 4.4.

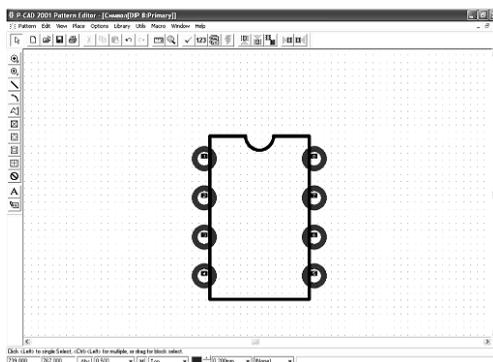


Рисунок 4.4

В строке параметров открыть список слоев и назначить текущим слой Top. Перенумеровать контакты. Выполнить команды Edit/Select. Для перенумерации контактов выполнить команды Utils/Renumber. В результате откроется диалоговое окно Utils Renumber. В этом окне установить режим перенумерации контактов (в поле Type выбрать Pad Number). Проверить, чтобы начальный номер контакта (Starting Pad Number) и приращение нумерации (Increment Value) были равны единице. Нажать ОК. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП (контактной площадки). Щелкнуть ПК.

Снова вызвать команду Utils/Renumber. В открывшемся диалоговом окне в поле Type выбрать Default Pin Designator, установить Starting Pin Des и Increment Value равными единице. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

Ввести точку привязки элемента. По команде Place Ref Point переместить курсор к первому выводу и щелкнуть ЛК, а затем ПК. Задать размер шрифта. Для этого выполнить команды Options/Text Style. В диалоговом окне нажать кнопку Add и ввести новый стиль 3.5. Для этого стиля изменить настройки (выделить имя в списке и нажать клавишу Properties). В открывшемся диалоговом окне Text Style Properties поставить флажок возле Allow True Type. Затем нажать кнопку Font. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать GOST type B. В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать ОК. В области Size ввести с клавиатуры значение 3,5 мм. Нажать ОК. Щелкнуть два раза по имени стиля (3.5).

Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента.

Для этого необходимо выполнить команду Place Attribute. Откроется диалоговое окно Place Attribute. В нем в области Attribute Category назначить Component. В области Name выбрать RefDes.

В открывающемся списке Text Style установить 3.5. Выравнивание текста Justification задать по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК.

Установить курсор и щелкнуть ЛК, затем ПК. Вновь щелкнуть ЛК, в результате вновь появится диалоговое окно Place Attribute. Выбрать в нем в области Attribute Category назначение Component. В области Name — Type. В открывающемся списке Text Style задать стиль 3.5. Выравнивание текста Justification задать по вертикали и по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор и щелкнуть ЛК, затем ПК (рисунок 4.5).

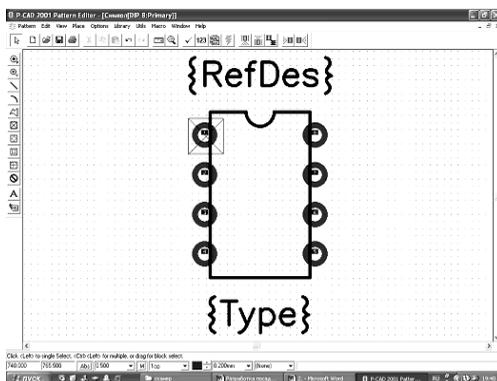


Рисунок 4.5

Сохранить посадочное место в библиотеку. Для этого выполнить команды Pattern/Save As. В результате откроется диалоговое окно Pattern Save As. Здесь щелкнуть по кнопке Library и в открывшемся окне выбрать библиотеку *****.lib**. В поле Pattern набрать имя элемента DIP-8 (рисунок 2.6) и нажать ОК.

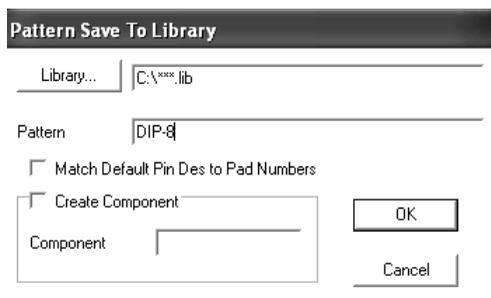


Рисунок 4.6

4.3 Общие сведения о программе Library Executive

При проектировании печатных плат необходимы сведения о схемных образах ЭРЭ и посадочных местах для них. Программы размещения и трассировки должны иметь информацию о соответствии каждого конкретного вывода условного графического обозначения выводу в корпусе элемента. В версии P-CAD 2001 эта работа выполняется автоматически программой Library Executive (Администратор библиотек). Для этого соответствующие данные заносятся в так называемые упаковочные таблицы, указывающие основные характеристики используемых ЭРЭ. В программе предусмотрены эффективные приемы работы, аналогичные приемам программных продуктов Microsoft Office. Эта программа не является графическим редактором. Она лишь сводит введенную ранее графическую информацию в единую систему — библиотечный элемент, в котором сочетаются несколько образов представления элемента: образ на схеме, посадочное место и упаковочная информация.

После загрузки Library Executive на строке элементов доступны только пиктограммы Component/New, Component/Open и View/Source Browser. После загрузки существующего компонента или открытия нового по командам Component/Open, Component/New на экране появляется диалоговое окно Component Information (рисунок 4.7).

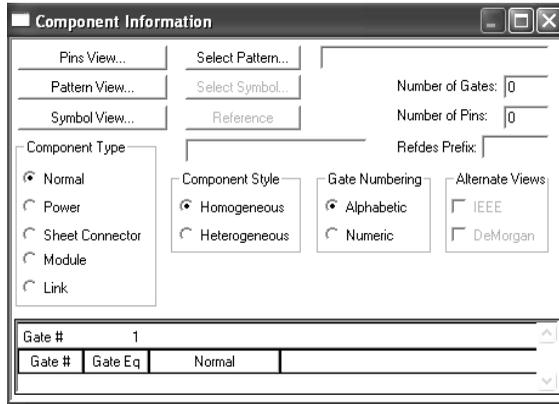


Рисунок 4.7

В этом окне представлена общая информация о компоненте:

- В строке Select Pattern выбирают тип корпуса компонента, например, DIP-8.

- В строке Number of Gates задают число секций в компоненте.

- В строке Number of Pads указывают общее число выводов.

- В строке RefDes Prefix задают префикс позиционного обозначения компонента: DD - микросхема, C - конденсатор, VT - транзистор, R - резистор, VD - диод, L - катушка индуктивности.

- В разделе Component Type выбирают тип компонента (который принимается во внимание при составлении списков соединений и заполнении граф отчетов о проекте):

Normal — обычный компонент;

Power — источник питания (компоненты такого типа, в частности не включаются в списки соединений для «упаковки» схемы на ПП, но включаются в списки соединений для выполнения моделирования; при подсоединении таких компонентов к цепям последние получают имя этого компонента):

Sheet Connector — соединитель листов схемы;
Module — символ (модуль) иерархической структуры;
Link — связь символа модуля иерархической структуры с его схемой.

В разделе Component Style выбирают:

Homogeneous — однородный компонент (все секции однотипны);

Heterogeneous — неоднородный компонент (секции разных типов).

В разделе Gate Numbering задают способ нумерации секций:

Alphabetic — буквенный;

Numeric — числовой.

В разделе Alternate Views указывают альтернативные изображения символов:

IEEE — в стандарте Института инженеров по электротехнике и электронике;

De Morgan — в стандарте обозначения логических функций.

В окне Select Symbol выбирается изображение символа, предназначенного для упаковки, соответствующее посадочному месту.

В диалоговом окне Pins View приведена таблица с информацией о всех выводах компонента, удобная для редактирования. Таблица содержит восемь столбцов, в столбцах указана следующая информация:

Pad# — порядковая нумерация контактов;

Pin Des — физический номер вывода (согласно цоколевке);

Gate# — номер секции компонента;

Sym Pin# — порядковый номер вывода символа секции компонента;

Pin Name — имя вывода символа секции компонента;

Gate Eq — код логической эквивалентности секции компонента;

Pin Eq — код логической эквивалентности вывода секции;

Elec. Type — электрический тип вывода, необходимый для проверки принципиальной схемы (наиболее часто встречающийся):

Unknown — неизвестный;

Passive — вывод пассивного компонента;

Input — вход;

Output — выход;

Power — вывод цепи питания.

Таблица изменяется при помощи трех основных способов редактирования:

- способ прямого ввода, который заключается в переходе (курсором клавиатуры или курсором мыши) в нужную ячейку таблицы и наборе на клавиатуре значения;

- способ копирования и вставки, используются средства Windows для выделения (клавиша Shift для выделения области копирования), копирования (Ctrl + C) и вставки информации (Ctrl + V);

- способ сдвига (или перемещения) информации заключается в выделении перемещаемой области (клавиша Shift для выделения области копирования) и сдвиге ее вверх (Ctrl + стрелка вверх) или вниз (Ctrl + стрелка вниз).

4.4 Порядок создания библиотечного элемента микросхемы

Запустить программу “администратор библиотек” Library Executive.

Выполнить команды Component/New (Создать новый библиотечный элемент) (см. рисунок 4.8).

- В диалоговом окне Component Information выбрать:
- в поле Component Type (Тип элемента) — Normal;
 - в поле Component Style (Вид элемента) — Heterogeneous;
 - в поле Gate Numbering (Способ нумерации вентиляей) — Numeric;
 - в поле Number of Gates (Количество вентиляей) ввести 1;
 - в поле RefDes Prefix (Префикс позиционного обозначения) ввести DD.

Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку Select Symbol. В открывшемся окне Library Browse (рис. 4.10) в списке символов найти D2 и нажать кнопку ОК. Переместить курсор в нижнюю часть окна, где располагается таблица:

- Gate# — номер секции;
- Gate Eq — код логической эквивалентности секции (секции, имеющие одинаковый, отличный от нуля код эквивалентности, могут переставляться в редакторе P-CAD PCB);
- Normal — имя символа в нормальном изображении.

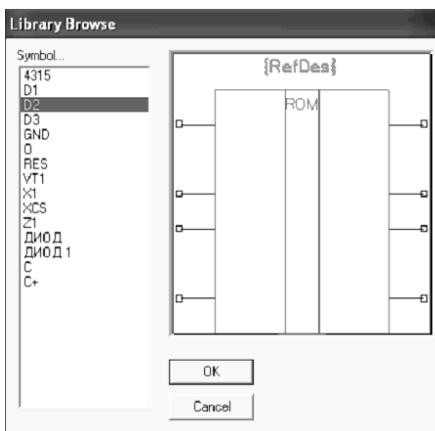


Рисунок 4.10

В диалоговом окне Component Information нажать кнопку Pin Views. В результате появится заготовка таблицы упаковки

точной информации. Заполнять таблицу необходимо в соответствии с цоколевкой элемента (рисунок 4.11).

Pin Eq	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
	1	1	1	6	Data	1		Unknown
	2	2	1	5	CLK	1		Unknown
	3	3	1	4	Res	1		Unknown
	4	4	1	7	CEo	1		Unknown
	5	5	1	2	GND	1		Unknown
	6	6	1	8	CE	1		Unknown
	7	7	1	3	Vpp	1		Unknown
	8	8	1	1	Ucc	1		Unknown

Рисунок 4.11

В столбце Pad # (Номер вывода корпуса) автоматически появится сквозная нумерация от 1 до 14.

Графа Pin Des (Обозначение вывода) также заполнится автоматически.

В графе Gate # (Номер логической части) выводы, соответствующие i-му вентилю микросхемы.

Графа Pin # (Номер вывода у символа) заполняется в соответствии с номером вывода вентиля микросхемы.

Свободные строки не заполнять.

Графа Pin Name (Имя вывода) заполняется в соответствии с наименованием вывода вентиля, подключенного к выводу микросхемы.

В графе Gate Eq (Эквивалентность логических частей) записать возможность замены вентилях друг другом. Для этого в строках записать единицы, так как вентиля в микросхеме взаимозаменяемые. Свободные строки не заполнять.

В графе Pin Eq (Эквивалентность выводов) все входы одного вентиля эквивалентны, ставим 1 и 2 для второго вентиля.

В графе Elec. Type (Тип вывода) в строках, соответствующих входам логических элементов в выпадающем меню выбрать Input. В строках, соответствующих выходам, выбрать Output, выводам питания микросхемы - Power. А в строках, относящихся к свободным выводам, оставить Unknown.

Далее заполнить графы Gate # и Pin Name для выводов питания. В колонке Elec. Type выбрать Power, после этого автоматически заполнится символами PWR графа Gate #. В графе Pin Name в строке, соответствующей общему выводу микросхемы, вписать GND (от английского ground — земля).

В строке, питания микросхемы, вписать номинал питания.

Выполнить команды Component/Validate. В результате будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок. Имеющиеся ошибки следует исправить, иначе сохранить элемент не удастся.

Выполнить команды Component/Save и, нажав на кнопку ОК, записать созданный библиотечный элемент в библиотеку под именем ***.

5 СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Перед тем как приступить к созданию схемы, студент должен ознакомиться с общими сведениями о графическом редакторе P-CAD Schematic. Для этого необходимо воспользоваться литературой /1, с. 7-20/ и /1, с. 99-111/, соответственно. Необходимо ознакомиться с правилами создания схем электрических принципиальных /1, с. 111-159/.

5.1 Общие сведения о графическом редакторе P-CAD Schematic

Графический редактор P-CAD Schematic предназначен для разработки электрических принципиальных схем с использованием условных графических обозначений элементов. При этом УГО ЭРЭ могут извлекаться из соответствующей библиотеки или создаваться средствами самой программы. Если не разрабатывается узел печатной платы, то при вычерчивании схем берутся УГО элементов, не связанные с их конструктивной базой. Такая схема может использоваться как иллюстративный материал. При возникновении необходимости разработки ПП ее надо дополнить соответствующей конструкторско-технологической информацией.

При выполнении проекта с разработкой узла ПП схема должна формироваться из библиотечных элементов, которые включают полную информацию о конструктивных особенностях ЭРЭ и их посадочных местах на ПП.

Запуск программы осуществляется через кнопку «Пуск» с последующим выполнением в выпадающем меню команд «Программы», «P-CAD 2001» и «**P-CAD Schematic**». В том случае, если на компьютере запущена одна из программ P-CAD 2001, необходимо щелкнуть ЛК по команде Utils (Служебные команды). Откроется выпадающее меню, в котором несколько пунктов начинаются с аббревиатуры P-CAD. Щелчок мыши по **P-CAD Schematic** запустит программу. При этом действующая программа не закроется, а только свернется и к ней всегда можно будет вернуться. Экран графического редактора **P-CAD Schematic** представлен на рисунке 5.1.

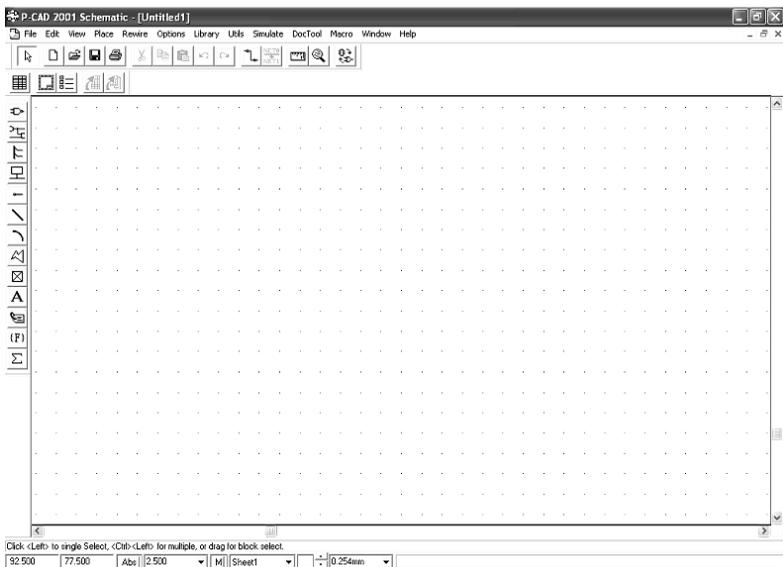


Рисунок 5.1

Пиктограммы меню инструментов следующие:



Place Part — размещение символа компонента;



Place Wire — размещение цепи;



Place Bus — размещение шины;



Place Port — размещение порта;



Place Pin — размещение вывода;



Place Line — размещение линии;



Place Arc — размещение дуги;



Place Polygon — размещение полигона;

-  Place Ref Point — размещение точки привязки посадочного места элемента;
-  Place Text — размещение текста;
-  Place Attribute — размещение атрибута;
-  Field — размещение строки данных;
-  EEE Symbol — размещение символа блока;
-  Manual — редактирование цепи;
-  Rename Net — переименование цепи;
-  Edit Measure — измерение расстояния;
-  Record ECOs — начать/закончить запись файла изменений;
-  Place Table — размещение разнообразных таблиц в проекте;
-  Titles — рамка проекта;
-  Notes — ввод примечаний к проекту (указания на питание микросхем, особенности монтажа и т.д.);
-  Update — повторно вычисляет данные проектирования и модифицирует выбранные таблицы, внедренные в проект;
-  Update All — повторно вычисляет данные проектирования и модифицирует все таблицы, внедренные в проект;

5.2 Порядок создания электрической схемы

1 Запустить графический редактор **P-CAD Schematic**.

2 Настроить конфигурацию графического редактора.

Для этого необходимо:

В меню Options щелкнуть ЛК по строке Configure. Появится диалоговое окно Options Configure. В области Workspace Size «выбрать» формат А3 или через кнопку User в окне Width задать размер 420 мм, а в окне Height — 297 мм. В поле Units установить миллиметры — mm как основную систему единиц. Нажать кнопку ОК.

В меню Options щелкнуть по строке Grid, появится диалоговое окно Options Grid. В нем установить новую сетку графического редактора с шагом 1,25 мм. Для этого в области Grid Spacing набрать на клавиатуре 1.25 и нажать кнопку Add. Нажать кнопку ОК.

Установку элементов и проведение электрических цепей на одной линии удобно выполнять, пользуясь курсором в форме большого перекрестья. Для этого надо выполнить команды **Options/Display** (Установка экрана). В открывшемся одноименном окне перейти на закладку Miscellaneous (Разнообразные) и в поле Cursor Style выбрать Large Cross.

3 Настроить вид основной надписи. Для этого вновь в меню Options щелкнуть ЛК по строке Configure. В появившемся окне Options Configure нажать на панель Edit Title Sheets. Откроется окно настроек основной надписи. В области Title Block нажать кнопку Select. Появится стандартное диалоговое окно Windows для загрузки файла с основной надписью. Открыть папку Titles. Загрузить файл с именем ASrus.ttl, нажать кнопку Modify, а затем Close. Нажать кнопку ОК.

4 Установить элементы. Для этого выполнить команды **Place/Part** (Размещение элементов). Появится одноименное окно Place Part (рисунок 5.2).

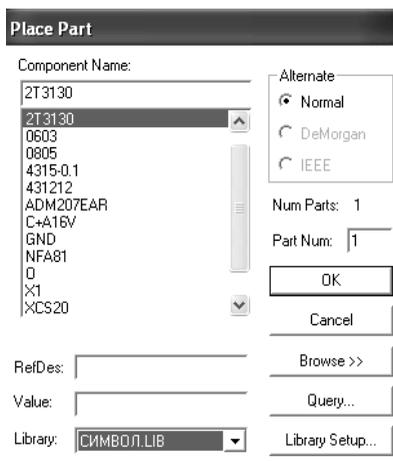


Рисунок 5.2

Нажать панель Library Setup. Откроется окно, в котором представлены загруженные библиотеки (рисунок 5.3). Нажать кнопку Add. В появившемся стандартном окне Windows нужно выбрать файл Символ.lib и нажать кнопку «Открыть». После этого нажать кнопку ОК в окне Library Setup.

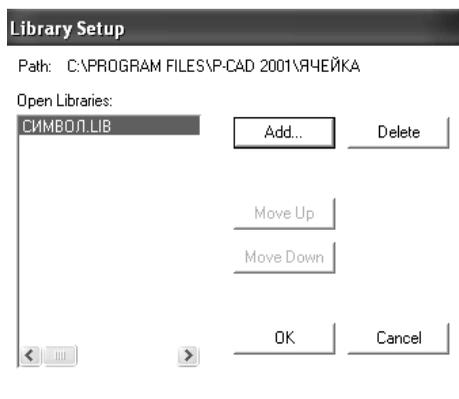


Рисунок 5.3

В диалоговом окне (рисунок 5.2) выбрать транзистор 2Т3130 и щелкнуть по кнопке ОК. После этого курсором указать на рабочем поле место для его размещения. Щелкнуть ЛК, а затем ПК. Элемент будет установлен на место.

Вновь щелкнуть ЛК. В открывшемся окне выбрать конденсатор 0603, щелкнуть по кнопке ОК. После этого курсором указать на рабочем поле место для его размещения. Щелкнуть ЛК, а затем ПК. Элемент будет установлен на место.

5 Провести шину. Для этого выполнить команды **Place/Bus** (Провести шину).

6 Провести электрические цепи между выводами элементов, находящихся рядом. Для этого необходимо выполнить команды **Place/Wire** (Разместить проводник). Чтобы соединить выводы элементов, надо щелкнуть ЛК на одном выводе и, не отпуская ЛК, переместить курсор ко второму выводу. После этого отпустить ЛК и нажать ПК.

7 Для соединения выводов с шиной необходимо выполнить команды **Options/Display**, где в открывшемся одноименном окне выбрать вид подключения цепи к шине. Направление изгиба цепи определяется направлением укладки провода в шине. Поэтому в этом окне на закладке Colors в области Bus Connection Mode щелкнуть ЛК по соответствующему излому (рисунок 5.4).

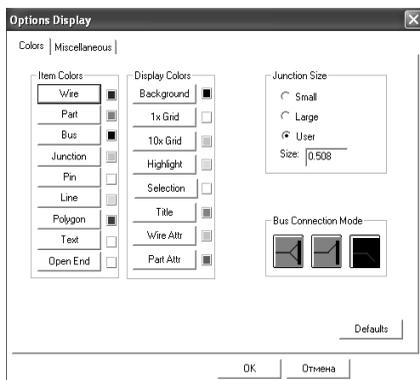


Рисунок 5.4

Для подключения вывода к шине необходимо щелкнуть ЛК на выводе (или на линии связи двух выводов) и, не отпуская ЛК, переместить курсор к шине. Отпустить ЛК, щелкнуть ПК.

8 Присвоить имена цепям. Для этого используют специальные порты.

Выполнить команды **Place/Port** (Установить порт — обозначение цепи). Затем в любом месте схемы щелкнуть ЛК. Откроется диалоговое окно Place Port. В поле Net Name (Имя цепи) набрать 15 (в английской раскладке клавиатуры). Переключатель Pin Count (Количество выводов) установить на One Pin. Длину выводов (Pin Length) сделать большую (Long). Установить ориентацию (Pin Orientation) по вертикали (Vertical). В области Port Shape выбрать прямоугольную форму порта. Нажать кнопку ОК (рисунок 5.5).

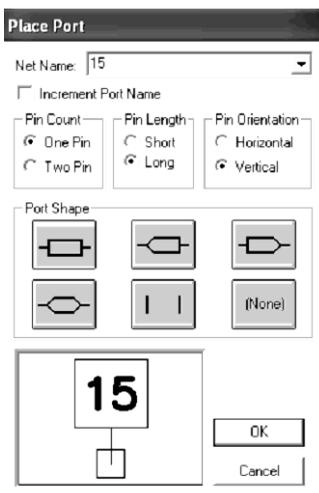


Рисунок 5.5

Щелкнуть ЛК и, удерживая ее, поместить порт на цепь, соединяющую VT 12 с шиной, отпустить ЛК. Щелкнуть ПК.

Таким же способом поставить порты на все соединения элементов с шиной.

Схема электрическая принципиальная создана. Результат представлен на рисунке 5.6.

9 Проверить возможные синтаксические ошибки, допущенные при создании схемы.

Для этого выполнить команды **Utils/ERC**. Откроется одноименное окно, в котором приводится перечень проверок, выполняемых программой. В зоне Design Rule Checks включить все виды проверок и вывод на экран отчета об ошибках с индикацией их на схеме (рисунок 5.7).

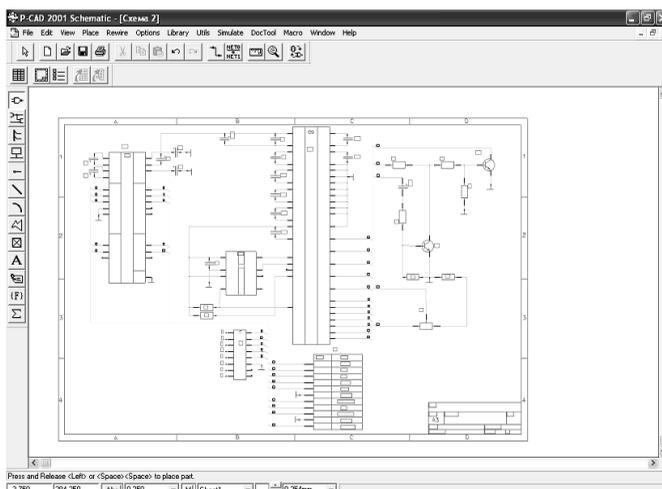


Рисунок 5.6

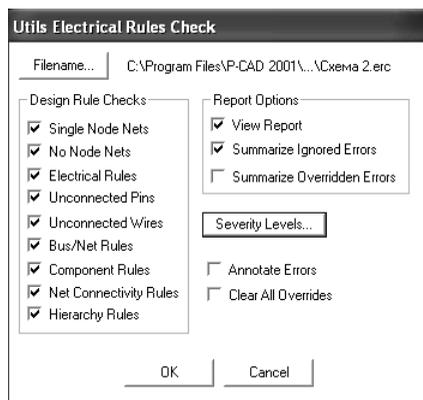


Рисунок 5.7

Для этого нажать на панель Severity Levels. Откроется окно Rules Severity Level, в котором указать степень серьезности ошибок (рисунок 5.8). Нажать кнопку ОК, а затем еще раз нажать кнопку ОК в окне **Utils/ERC**.

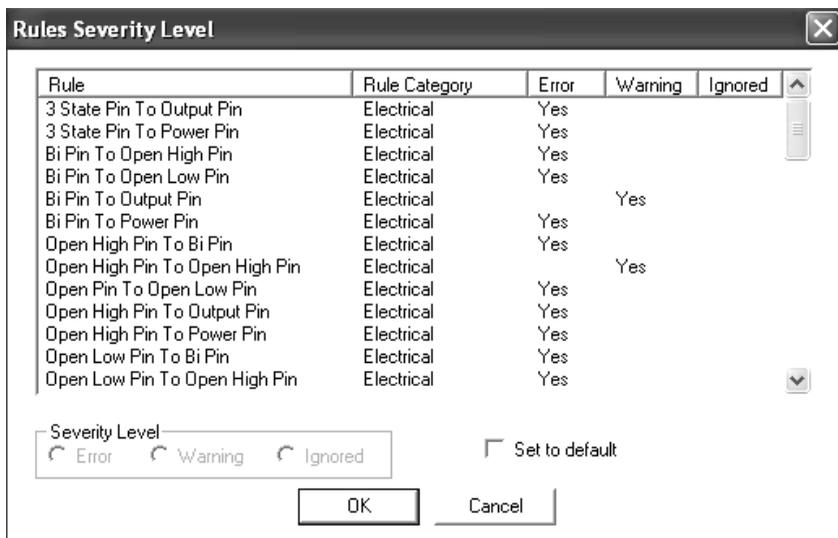


Рисунок 5.8

После этого программой производится поиск ошибок, результаты которого выводятся в текстовом файле с расширением .ERC. Пример фрагмента такого файла приведен на рисунке 5.9.

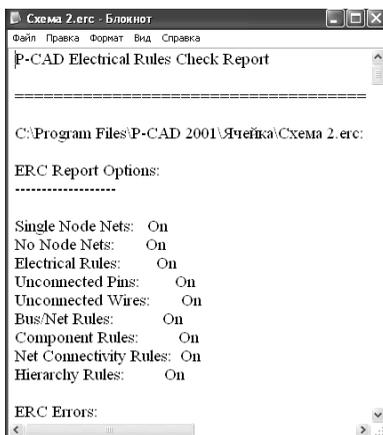


Рисунок 5.9

Для выделения на схеме цепи с ошибкой необходимо выполнить команды **Edit/Nets**. В открывшемся одноименном диалоговом окне выделить цепь с помеченным цветом номером, нажать на панель **Select**, а затем на панель **Close** (рисунок 5.10).

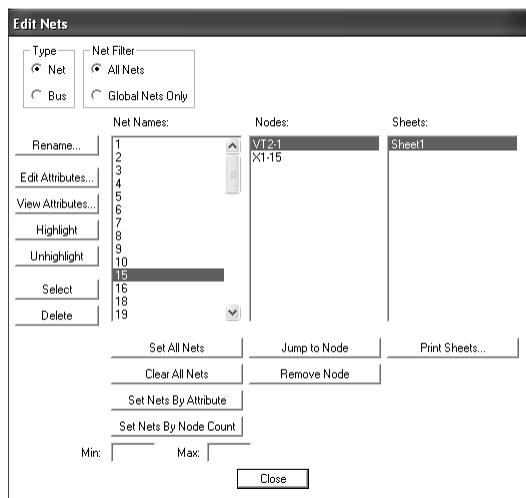


Рисунок 5.10

В результате на схеме эта цепь будет выделена цветом. Устранить выявленную в цепи ошибку.

11 Для записи сформированной схемы выполнить команды **File/Save As**. Откроется диалоговое окно **Save As**, в котором необходимо указать папку для хранения проекта. Если такая папка не была создана ранее, то ее можно создать под именем «Ячейка». После этого открыть папку «Ячейка» и в строке «Имя файла» набрать «Схема». Щелкнуть по панели «Сохранить».

12 Для упаковки схемы на печатную плату (размещения на ПП корпусов ЭРЭ с указанием электрических связей между ними в соответствии с принципиальной схемой) ее надо записать в виде списка соединений. Последний включает в себя список ЭРЭ и цепей с указанием номеров выводов ЭРЭ, к которым они подключены.

Для этого в меню **Utils** выполнить команду **Generate Netlist**. В открывшемся окне нажать на панель **Netlist Filename**, которая позволяет назначить имя выходного файла. В открывшемся стандартном окне **Windows** указать папку «Ячейка» и имя файла списка соединений — «Схема». Нажать кнопку **OK**. В открывшемся списке **Netlist Format** необходимо выбрать

формат P-CAD ASCII (он передает атрибуты схем на ПП) и нажать кнопку ОК (рисунок 5.11). Схема будет сохранена.

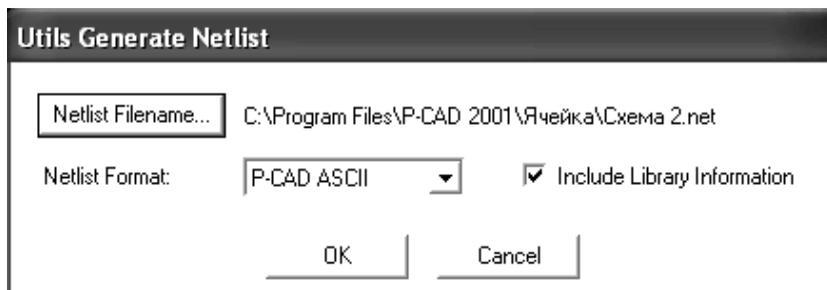


Рисунок 5.11

Процедура создания схемы электрической принципиальной завершена. Можно приступить к размещению ЭРЭ на печатной плате.

6 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Перед тем как приступить к разработке печатной платы, студент должен ознакомиться с общими сведениями о графическом редакторе P-CAD PCB. Для этого необходимо воспользоваться литературой /1, с. 7-20/ и /1, с. 159-209/, соответственно. Также необходимо ознакомиться с правилами автоматической трассировки соединений /1, с. 241-269/.

6.1 Общие сведения о программе P-CAD PCB

Графический редактор **P-CAD PCB** предназначен для выполнения работ, связанных с технологией разработки и конструирования узлов печатных плат. Он позволяет упаковывать схемы на плату, задавать размеры ПП, ширину проводников и величину индивидуальных зазоров для разных проводников, задавать размеры контактных площадок и диаметры переходных отверстий, экранные слои. Редактор позволяет выполнять

маркировку ЭРЭ, их размещение, неавтоматическую трассировку проводников и формировать управляющие файлы для технологического оборудования.

Запуск программы осуществляется через кнопку «Пуск» с последующим выполнением в выпадающем меню команд программы P-CAD 2001 и P-CAD PCB. В том случае, если на компьютере запущена одна из программ P-CAD 2001, необходимо щелкнуть ЛК по команде Utils. Откроется выпадающее меню, в котором несколько пунктов начинаются с аббревиатуры P-CAD. Щелчок мыши по **P-CAD PCB** запустит программу. При этом действующая программа не закроется, а только свернется, и к ней всегда можно будет вернуться.

Экран графического редактора **P-CAD PCB** представлен на рисунке 6.1.

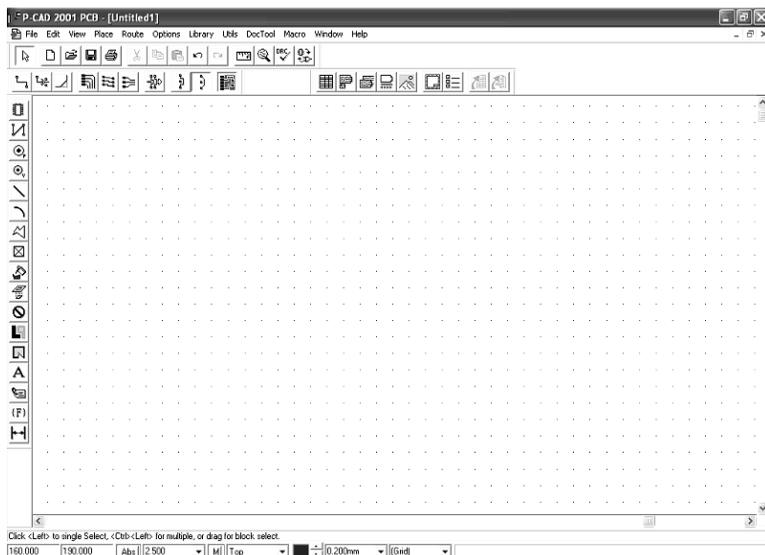


Рисунок 6.1

Пиктограммы меню инструментов следующие:



Select (S) – включение режима выбора объекта;

-  Place Component — размещение корпуса элемента;
-  Place Connection — ввод электрической связи;
-  Place Pad — размещение стека контактных площадок;
-  Place Via — размещение переходного отверстия;
-  Place Line — размещение линии;
-  Place Arc — размещение дуги;
-  Place Polygon — размещение полигона;
-  Place Ref Point — размещение точки привязки посадочного места элемента;
-  Place Copper Pour — размещение области металлизации;
-  Place Cutout — размещение выреза в области металлизации;
-  Place Keerout — размещение запретной области (барьера);
-  Place Plane — создание линии раздела слоя металлизации
-  Place Room — размещение области (комнаты) для размещения в ней компонентов и указывает в ней особые правила размещения трассировки;
-  Place Text — размещение текста;
-  Place Attribute — размещение атрибута;
-  Place Field — размещение информации о проекте (дата, время создания, автор);

-  Place Dimension — простановка размеров;
-  Measure — измерение расстояния;
-  DRC — проверка корректности создания символа элемента;
-  Record ECOs — начать/закончить запись файла изменений;
-  Place Table — размещение разнообразных таблиц в проекте;
-  Place Detail — изображение участка ПП, содержащего объекты, созданные в редакторе P-CAD PCB;
-  Place Design View — размещение блоков на чертеже платы в заданной области;
-  Place Diagram — размещение структуры слоев платы;
-  Place Picture — размещение рисунка;
-  Titles — рамка проекта;
-  Notes — ввод примечаний к проекту (указания на питание микросхем, особенности монтажа и т.д.);
-  Update — повторно вычисляет данные проектирования и модифицирует выбранные таблицы, внедренные в проект;
-  Update All — повторно вычисляет данные проектирования и модифицирует все таблицы, внедренные в проект;

-  Route Manual — прокладка проводников вручную;
-  Route Interactive — прокладка проводников в интерактивном режиме;
-  Route Miter — сглаживание изгибов проводника;
-  Route Bus — прокладка шин;
-  Route Fanout — создание стрингеров
-  Route Multi Trace — прокладка нескольких проводников;
-  Push Traces — отгалкивание трасс;
-  Maximize Hugging — улучшение огибания препятствий;
-  Minimize Length — уменьшение длины;
-  Visible Routing Area — отображение области трассировки.

6.2 Размещение электрорадиоэлементов на печатной плате

После запуска программы **P-CAD PCB** следует настроить его конфигурацию. Для этого в меню **Options** выполнить команды **Configure, Display, Layers, Grids** и др. Параметры конфигурации сохраняются вместе с файлом текущего проекта и устанавливаются по умолчанию для последующих сеансов проектирования.

1 По командам **Options/Configure** на закладке **General** в графе **Units** выбрать метрическую систему единиц — **mm**. В графе **Workspase Size** указать размер рабочей области, превышающий габаритные размеры печатной платы (в нашем при-

мере задать с запасом 250 x 250 мм). В области AutoSave установить флажок Enable AutoSave и нажать кнопку ОК.

На закладке Route в графе Orthogonal Modes включить все режимы и завершить настройку нажатием кнопки ОК.

Установить размер сетки 1,25 мм. Для этого поместить курсор в строке состояний в поле, показывающем текущую сетку. Щелкнуть ЛК и ввести 1.25. Нажать клавишу Enter.

2 Загрузить все библиотеки, из которых были набраны элементы схемы. Для этого командами **Place/Component** в появившемся одноименном окне щелкнуть ЛК по кнопке Library Setup (рисунок 6.2).

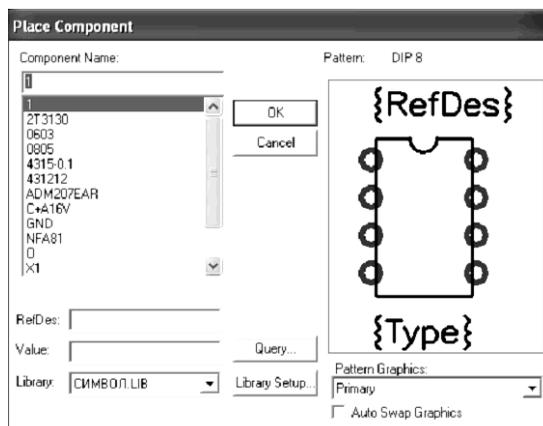


Рисунок 6.2

Появится одноименное окно управления библиотеками, в котором для добавления в список новой библиотеки нажать кнопку Add (рисунок 6.3).

После этого в стандартном окне Windows выбрать нужную библиотеку (рисунок 6.4). Если необходимо, снова нажать кнопку Add и добавить следующую библиотеку. Таким же способом надо загрузить все используемые при создании схемы библиотеки.

3 Загрузить список соединений электрической схемы. Для этого в меню **Utils** выполнить команду **Load NetList** (Загрузить список соединений). В появившемся одноименном окне щелкнуть ЛК по кнопке **NetList Filename**. В открывшемся стандартном окне **Windows** выбрать созданный ранее файл списка соединений «Схема.net». В выпадающем списке **NetList Format** выбрать установленный ранее формат **P-CAD ASCII** (рисунок 6.5). Нажать кнопку **ОК**.

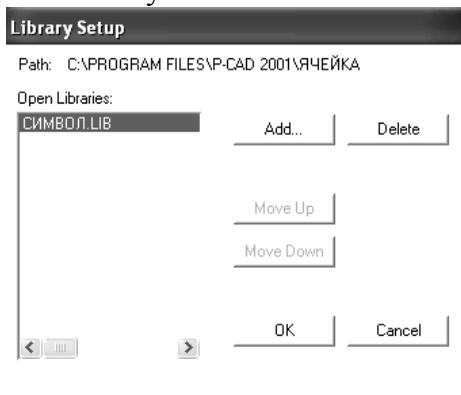


Рисунок 6.3

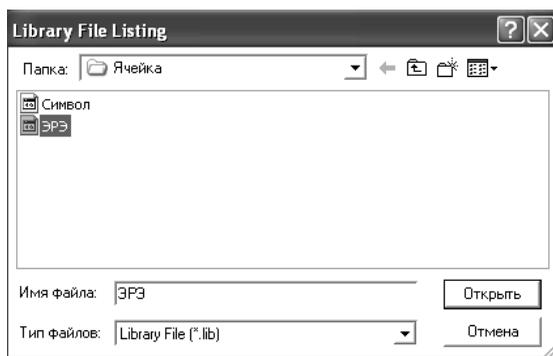


Рисунок 6.4

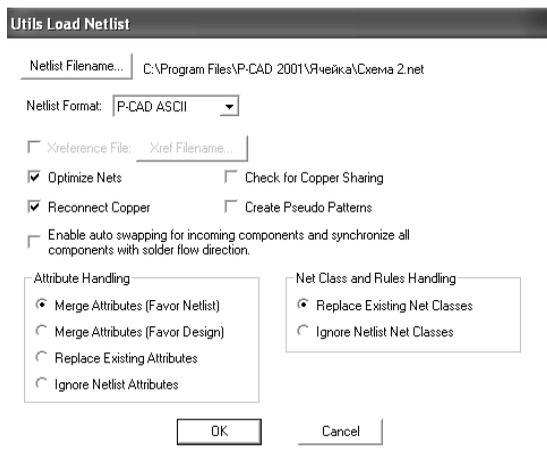


Рисунок 6.5

После этого на рабочем поле должны появиться контуры ЭРЭ и связи между ними (рисунок 6.6).

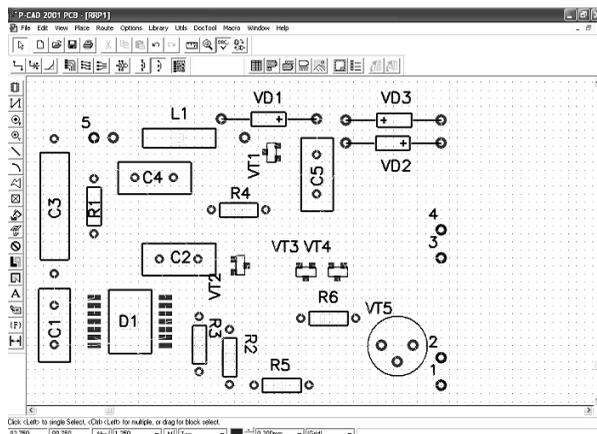


Рисунок 6.6

Одновременно формируется текстовый файл, в который записываются возникшие при трансляции ошибки и преду-

преждения (если есть ошибки, загрузка файла соединений не произойдет). Необходимо просмотреть перечень ошибок и предупреждений и исправить все ошибки.

4 Ввод квадратного контура печатной платы. Вводить его надо в слое Board (Контур).

Для этого в выпадающем списке Select Layers (находится в строке параметров состояния правее поля с текущей сеткой) перейти в слой Board.

Выполнить команды **Place/Line**. Нарисовать квадратный контур ПП.

5 Приступить к размещению элементов. Критерием качества размещения считать минимальную суммарную длину соединений. Для этого выполнить команды Edit/Select. Установить текущим слой Top.

При установке элементов редактор позволяет манипулировать ими: вращать, перемещать, делать невидимыми тексты.

Вращать выбранный элемент можно вокруг точки привязки. Для этого его выделяют, командами Edit /Select и нажатием клавиши R поворачивают против часовой стрелки на 90° или клавиши F на 180°.

Кроме этого, можно перемещать тексты с места на место или сделать их невидимыми.

Если надписи типов ЭРЭ затушевывают чертеж и затрудняют его прочтение, то есть смысл их сделать невидимыми, а обозначения ЭРЭ сдвинуть.

Для этого надо щелкнуть по элементу ЛК. Он изменит свой цвет. После этого щелкнуть ПК. Появится контекстное меню, в котором щелкнуть ЛК по строке Properties (Свойства) (рисунок 6.7).

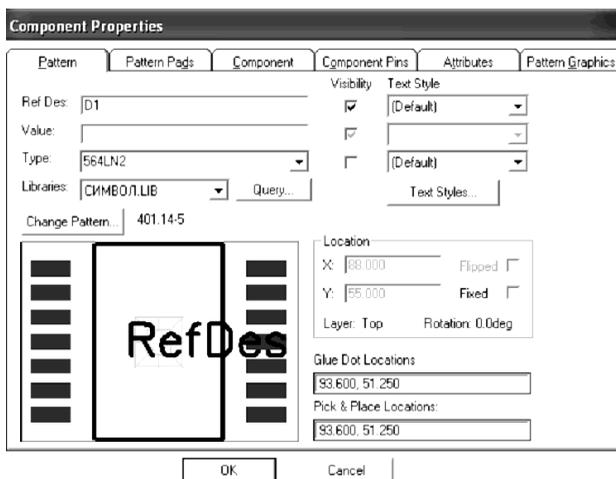


Рисунок 6.7

В окне Visibility (Видимость) напротив строки Type двумя щелчками ЛК снять флажок. Щелкнуть ЛК по кнопке ОК. Надпись 564LN2 возле микросхемы исчезнет.

Подобную процедуру надо повторить со всеми ЭРЭ схемы. Тогда при размещении ЭРЭ в контуре ПП сохранятся только обозначения элементов.

Вначале на ПП разместить микросхему. Остальные элементы необходимо размещать внутри контура ПП так, чтобы суммарная длина соединений была минимальной.

После размещения может оказаться, что некоторые из обозначений ЭРЭ либо перевернуты, либо неудачно размещены по отношению к ЭРЭ. В таком случае обозначения надо установить в удобное для прочтения положение. Для этого надо нажать клавишу Shift и, удерживая её, щелкнуть ЛК по передвигаемой надписи. Она изменит цвет. После этого, указав на нее курсором и удерживая ЛК в нажатом состоянии, перетящить надпись в требуемое место. При необходимости ее можно перевернуть, нажимая на клавишу буквы R.

6 После завершения размещения ЭРЭ на ПП целесообразно выполнить минимизацию длин соединений путем перестановки логически эквивалентных секций и выводов. Для этого командами **Utils/Optimize Nets** открыть одноименное окно, в котором выбрать один из методов оптимизации:

- Auto — автоматическая оптимизация;
- Manual Gate Swap — перестановка эквивалентных секций элементов вручную;
- Manual Pin Swap — перестановка эквивалентных выводов элементов вручную.

При автоматической оптимизации в области Auto Options установить флажки в Gate Swap (Перестановка эквивалентных секций), в Pin Swap (Перестановка эквивалентных выводов) и включить Entire Design (Оптимизация всего проекта) (рисунок 6.8). Нажать кнопку ОК.

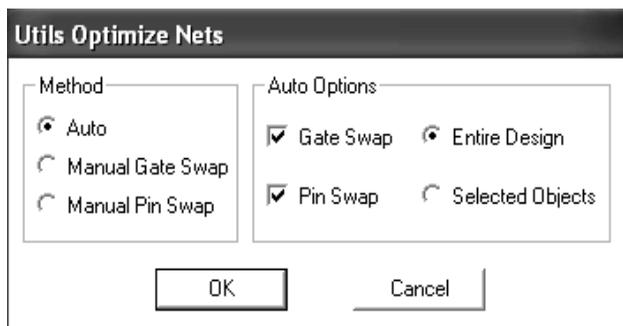


Рисунок 6.8

На дополнительный запрос системы ответить утвердительно. После этого может измениться рисунок соединений и на экран выводится информация об изменении длин связей.

7 Результат размещения ЭРЭ на печатной плате сохранить в папке «Проект». Для этого выполнить команды **File/Save As**. В стандартном окне Windows в окне «Папка»

указать имя «Ячейка», а в окне «Имя файла» ввести «Размещение». Нажать кнопку «Сохранить».

Результат размещения элементов на ПП будет сохранен в виде отдельного файла с расширением .pcb.

Задача размещения элементов на печатной плате решена и можно приступить к трассировке печатных проводников на плате.

7 ТРАССИРОВКА ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

7.1 Подготовка к трассировке

Графический редактор **P-CAD PCB** позволяет выполнять трассировку проводников печатных плат в ручном, интерактивном и автоматическом режимах. Перед началом его работы необходимо задать условия трассировки: слои, на которых выполняется трассировка, ширину проводников, величины зазоров, углы, под которыми проводятся соединения, шаг сетки, текущий контроль допустимых зазоров.

Подготовка выполняется следующим образом:

1 Запустить редактор печатных плат **P-CAD PCB**.

2 Загрузить файл размещения ПП. Для этого выполнить команды **File/Open**. В открывшемся стандартном окне Windows выбрать файл с именем «Размещение» и открыть его. На рабочем поле должна появиться ПП с размещенными элементами и связями между ними.

3 Выполнить установки проекта. Для этого в меню **Options** командой **Configure** на закладке General в области AutoSave установить флажок Enable AutoSave.

В окне Options Configure на закладке Online DRC в строке Enable Online DRC включить режим текущей проверки допустимых зазоров. Нарушение зазора отмечается индикатором ошибок в виде круга с перекрестием.

4 Установить шаг сетки равный: 0,625, 1,25 и 2,5мм.

5 По командам **Options/Design Rules** на закладке Layers установить допустимые зазоры для каждого слоя трассировки в 0,3 мм. Для этого ввести во всех окнах значение зазора 0.3 для слоя Top, нажать на кнопку Update и повторить процедуру для слоя Bottom (рисунок 7.1). Щелкнуть ЛК по кнопке Close.

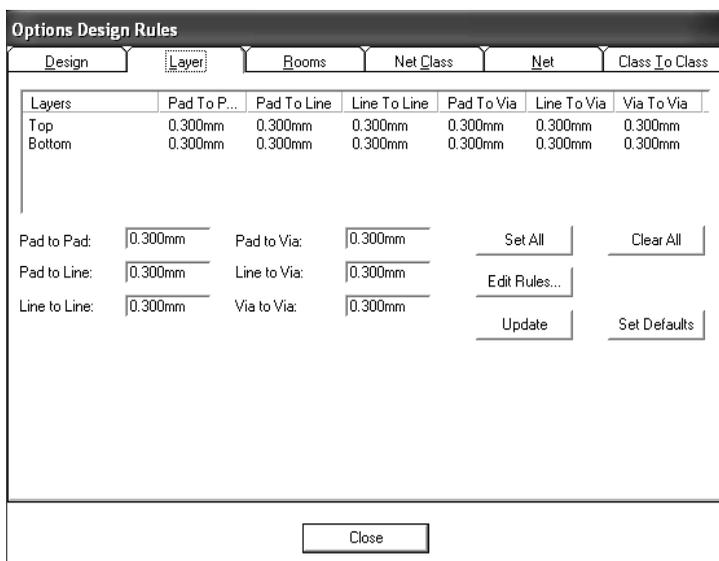


Рисунок 7.1

В этом окне:

Pad to Pad – контактная площадка (КП);

Pad to Line – КП – проводник;

Line to Line – проводник – проводник;

Pad to Via – КП– переходное отверстие (ПО);

Line to Via – проводник – ПО;

Via to Via – ПО – ПО.

6 По командам **Options/Current Line** задать список значений ширины трасс проводников 0,3 и 0,5 мм.

7.2 Ручная трассировка соединений печатных плат

Критериями качества результатов трассировки являются следующие: процент реализованных соединений, суммарная длина проводников, число монтажных слоев, число межслойных переходов, равномерность распределения проводников, минимальная область трассировки, минимизация длины параллельных участков близко лежащих проводников и др. При трассировке необходимо их учитывать.

Для выполнения ручной трассировки ПП средствами графического редактора P-CAD PCB необходимо выполнить следующие процедуры:

1 Сохранить проект. Для этого выполнить команды **File/Save As** и записать проект под именем «Ручная трассировка» в более компактном формате Binary Files (с расширением pcb).

2 В строке состояний выбрать верхний слой (Top).

3 Перед трассировкой целесообразно провести ручную оптимизацию соединений элементов, размещенных на плате. Вначале необходимо визуально оценить соединения между ЭРЭ на ПП и перестановкой вентилях или выводов, добиться минимального пересечения проводников и максимального сокращения их длины.

Для этого надо выполнить команды **Utils/Optimize Nets** (Оптимизация цепей). Откроется диалоговое окно **Utils Optimize Nets**, в котором в области **Method** выбрать **Manual Gate Swar** и нажать кнопку ОК.

Поменяем местами соединения 1-го и 2-го выводов микросхемы. Щелкнуть ЛК по 1-му выводу. Вывод и подходящие к нему соединения изменят цвет. После этого щелкнуть ЛК по 2-му выводу, с которым необходимо поменять соединение. Откроется диалоговое окно **Manual Gate Swar**, в котором указывается уменьшение (со знаком «-») или увеличение (со знаком «+») длины как отдельных цепей, которые перемещаются, так и суммарной длины всех соединений. В данном случае перестановка сократит длину соединений, поэтому следует

нажать кнопку Swap, и соединения поменяются местами. Затем следует аналогичным образом последовательно менять местами эквивалентные вентили микросхем.

После этого в вентилях микросхем поменять местами эквивалентные выходы. Для этого вновь выполнить команды **Utils/Optimize Nets**, но в открывшемся диалоговом окне в области Method выбрать Manual Pin Swap.

Процедура обмена эквивалентных выводов та же, что и с эквивалентными вентилями. Таким образом достигается лучший вариант использования вентиляей, который предполагает минимальную длину соединений и минимальное число пересечений связей.

4. Получить рисунок ПП в режиме ручной трассировки (Route Manual).

Порядок разводки следующий.

- Установить масштаб изображения таким, чтобы были видны узловые точки сетки.

- Начинать трассу можно только от КП, которые имеют электрические связи. Начало трассы фиксировать щелчком ЛК внутри КП, ПО или существующей трассы.

- Рисовать фрагмент проводника перемещением курсора при нажатой ЛК. Отпускание ЛК фиксирует точку излома. Форму излома трассы (ортогональную или по диагонали) переключать при нажатой ЛК нажатием клавиши «O», а нажатием клавиши «F» — менять расположение точки излома.

- Смену текущего слоя в процессе прокладки трассы выполнять нажатием клавиши «L» или выбором в строке состояний нужного слоя. При этом автоматически вставляется ПО, и трасса переводится на другой слой.

- Ширину проводника без прерывания прокладки трассы менять с помощью строки состояний.

- Завершать трассировку проводника (до КП вывода радиоэлемента) щелчком ПК или выбором другой команды. Завершение трассы точно на КП отмечается ромбом с перекрестием.

Прокладку трасс начнем с коротких соединений сигнальных цепей. Для этого в строке состояний установим слой Top и ширину трассы 0,3 мм.

Первыми соединить КП выводов тех элементов, которые стоят рядом.

Для прокладки этих соединений выполнить команды **Route/Manual**. После этого щелкнуть ЛК по КП 1-го вывода первого элемента, затем переместить курсор в КП 2-го вывода второго элемента, вновь щелкнуть ЛК, а затем ПК. Трасса будет построена. Аналогично построить остальные соединения.

Для цепей питания и заземления ширину трассы установить 0,5 мм. Цепь земли провести в слое Bottom. Для этого в строке состояний выбрать слой Bottom и соединить КП необходимых элементов.

В процессе разводки связей становится ясно, что для получения более простого рисунка проводников необходимо часть элементов переместить на плате на другое место.

После проведения всех трасс (рисунком 7.2) трассировка печатной платы будет завершена.

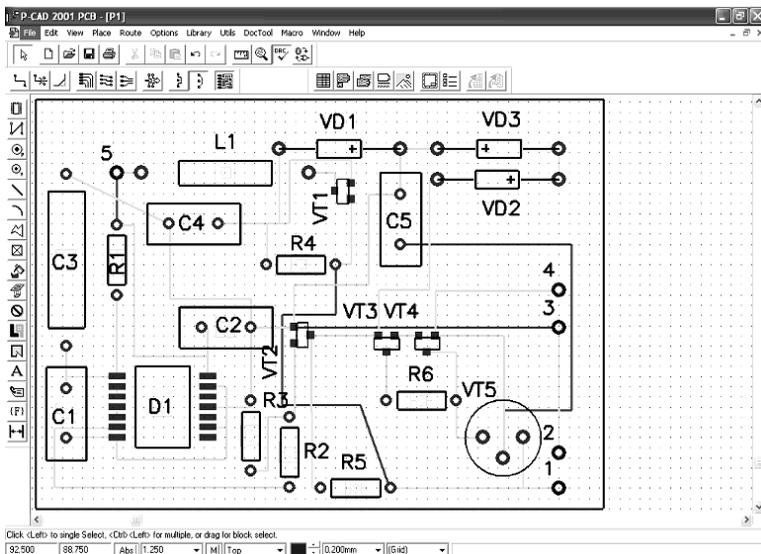


Рисунок 7.2

5 Необходимо сохранить полученный результат проектирования рисунка ПП под именем «Ручная трассировка». Для этого выполнить команды File/Save.

7.3 Интерактивная трассировка цепей печатных плат

Для выполнения интерактивной трассировки ПП средствами графического редактора P-CAD PCB необходимо выполнить следующие процедуры:

1 Командами **File/Save As** сохранить проект под именем «Интерактивная трассировка» в более компактном формате Binary Files (с расширением pcb).

2 В строке состояний выбрать верхний слой (Top).

3 Провести ручную оптимизацию соединений элементов после их размещения на плате так, как было сделано ранее.

4 Выполнить трассировку печатной платы в интерактивном режиме (Route Interactive) с учетом тех же критериев качества трассировки.

Для этого надо выполнить команды **Route/Interactive**.

Порядок разводки проводников следующий:

- Установить масштаб изображения таким, чтобы были видны узловые точки сетки.

- Трассу начинать щелчком ЛК по КП радиоэлемента или в любой точке ранее проложенной трассы.

- Прокладывать трассу движением курсора с нажатой ЛК. При этом все препятствия огибаются автоматически и соблюдаются допустимые зазоры.

- Фиксировать проложенный сегмент трассы отпусканьем ЛК.

- Нажатие ПК в процессе прокладки трассы открывает меню, основные команды которого следующие:

Complete — завершение прокладки трассы;

Suspend — прекращение прокладки трассы с сохранением проложенного участка;

Cancel — прекращение прокладки трассы с отменой последнего сегмента.

Завершать прокладку трассы нужно отпусканием ЛК в точке окончания линии связи.

Последовательность трассировки сохранить ту же, что и в ручном режиме 1. Вначале трассировать короткие соединения сигнальных цепей. Для этого в строке состояний установить слой Top и ширину трассы 0,3 мм.

Первый проводник построить между необходимыми КП. Выполнить процедуру построения трассы можно двумя способами:

а) щелкнуть ЛК на КП вывода VT1, а затем на КП вывода C2, трасса будет построена автоматически.

б) щелкнуть ЛК на КП вывода VT1 и, не отпуская ЛК, перемещать курсор в КП вывода C2. При этом трасса будет строиться по мере перемещения курсора во 2-ю КП. Отпускание ЛК в промежуточных точках будет фиксировать уже построенные участки трассы. Этот режим позволяет строить трассы произвольной конфигурации.

Затем аналогично провести соединения между остальными КП.

После этого выполнить трассировку фрагментов цепи питания и земли. Для этого установить ширину проводников 0,5 мм и соединить необходимые КП.

Если получился достаточно сложный рисунок неразведенных соединений, следует выполнить оптимизацию цепей. Для этого командами **Utils/Optimize Nets** открыть одноименное окно, в котором в поле Method установить режим Auto и нажать кнопку ОК. В результате перестановок рисунок упростится.

В строке состояний установить слой Top и в режиме Push Traces провести это соединение.

Трассировка завершена.

После этого можно отредактировать цепи между КП. Для чего необходимо командами **Edit/Select** выделить сегменты проводника и редактировать их до получения простого рисунка.

Печатная плата разведена в двух слоях. Сохранить полученный результат. Для этого выполнить команды **File/Save**.

7.4 Проверка печатной платы

После разработки рисунка печатной платы его необходимо проверить на соответствие исходной принципиальной схеме и соблюдение технологических ограничений.

Для этого выполнить команды **Utils/DRC**. Откроется диалоговое окно **Utils Design Rule Check**, в котором надо установить флажки в окнах **View Report** (Вывод отчета на экран) и **Annotate Errors** (Пометка на ПП мест ошибок).

Затем задать наименования проверок в окнах:

Clearance Violations — нарушение зазоров;

Netlist Violations — проверка соответствия соединений проводников ПП исходным связям схемы;

Unrouted Nets — неразведенные цепи;

Unconnected Pins — неподсоединенные выводы;

Silk Screen Violations — нарушение зазоров между КП или ПО и маркировкой. Нажать кнопку **OK**.

Ошибкой может быть проведение трасс с нарушением зазоров. Закрыть окно **Блокнот**, и на экране останется рисунок ПП с помеченными кружками ошибками. Поэтому фрагменты этих трасс отодвинем от КП.

Для исправления выполнить команды **Edit/Select**.

Повторно проверить рисунок ПП. Сохранить полученный результат проектирования рисунка ПП. Для этого выполнить команды **File/Save**.

7.5 Автоматическая трассировка печатных плат

Выполнить команду **Route/Autorouters**, для вызова программы трассировщика Quick Route надо нажатием кнопки Autorouter открыть список трассировщиков (рисунок 7.3):

- Quick-Router — программа автотрассировки Quick-Route;

- Shape Route — трассировщик бессеточного типа;

- Spectra — программа Spectra в режиме трассировки.

Выбрать трассировщик Quick-Route.

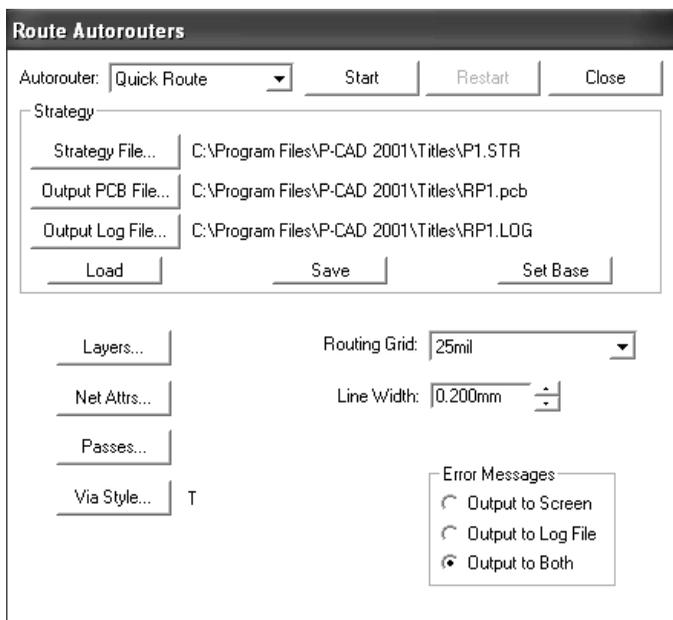


Рисунок 7.3

Для сохранения параметров конфигурации нажать на кнопку Save.

Задать параметры слоев. Для этого нажать кнопку Layers и в открывшемся окне Options Layers, на закладке Layers

(рисунок 7.4), для слоев Top и Bottom задать тип Signal (Сигнальный), в поле Routing Bias (Трассировать) выбрать Auto (Автоматически), а для слоев Board и Top Mask — non Signal (Не сигнальный). Нажать кнопку Close.

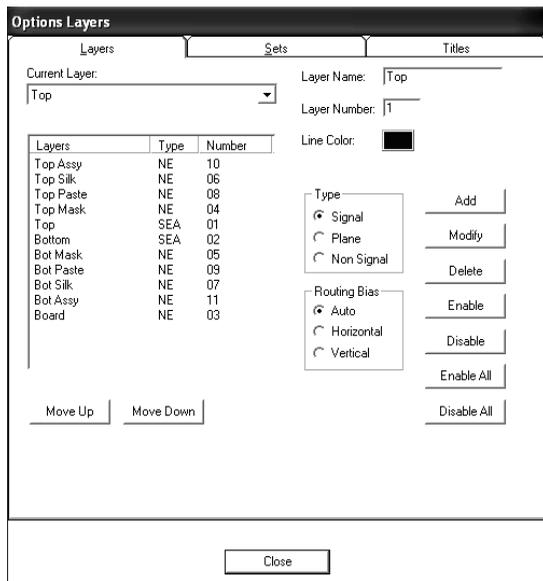


Рисунок 7.4

В окне Routing Grid (рисунок 7.3) выбрать шаг сетки 25 мил (0,625 мм), а в окне Line Width установить ширину проводника равной 12 мил (0,305 мм).

Задать стратегию трассировки. Для этого нажать на кнопку Passes (Выбор проходов трассировки). Откроется окно Pass Selection, в котором установить флажки во всех пунктах. Нажать кнопку ОК.

Сформировать стиль переходных отверстий. Для этого нажать на кнопку Via Style. Откроется окно Options Via Style. По умолчанию имеется только стиль Default.

Для формирования собственного стиля необходимо нажать кнопку Copy. Появится окно Copy Via Style. В поле Via

Name задать имя Via_1, нажать ОК. В списке стилей переходных отверстий появится новый стиль - Via_1. Необходимо выделить его цветом и нажать на кнопку Modify (Simple). В результате появится окно Modify Via Style (Simple). В этом окне в области Type следует указать Thru (сквозное). В области Hole задать Diameter 40 мил (1,0 мм). В полях Width и Height записать 50 мил (1,25 мм). В поле Shape выбрать Ellipse. Нажать ОК. В окне Options Via Style дважды щелкнуть по стилю Via_1. Этот стиль будет использоваться для переходных отверстий. Конфигурация автотрассировщика настроена.

Для автоматической трассировки проводников нажать кнопку Start в окне Route Autorouters (рис. 7.3). После этого будет выполняться трассировка ПП в двух слоях. В процессе трассировки командами **Route/Info** можно просмотреть текущую информацию.

Командами **Route/View Log** вывести на экран отчет о стратегии трассировки, результатах выполнения отдельных ее фаз и итоговые данные проектирования.

Программа Quick-Route позволяет прокладывать любые проводники. При этом выполняется проверка электрических соединений проводников и зазоров. Если при разводке возникают ошибки, цепь разводится заново.

Визуальная оценка качества разводки проводников показывает, что на ПП введено необоснованно много переходных отверстий. Их количество и расположение можно просмотреть одновременным нажатием клавиш Ctrl + 4. На экран выводятся только контуры ЭРЭ и переходных отверстий. Нажатие клавиш **Ctrl + 1** выводит весь рисунок.

Полученный результат сохранить командами **File/Save As** под именем «Результат трассировки Quick».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешное решение задач, связанных с вопросами автоматизированного проектирования печатных плат, требует знаний широкого ряда дисциплин, изучающих различные сферы инженерной практики.

Конструктору радиоаппаратуры необходимо хорошо ориентироваться в области современной электроники, теории цепей.

Предлагающиеся в настоящем учебном пособии методические и справочные материалы предназначены для очередного в учебном процессе шага совершенствования знаний в автоматизированном проектировании печатных плат с целью подготовки студентов к дипломному проектированию последующей инженерной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саврушев Э.Ц. P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат Э.Ц. Саврушев. М.: ЭКОМ, 2002. 320 с.
2. Разевиг В.Д. Применение программ P-CAD и Pspice для схемотехнического моделирование на ПЭВМ: в 4 вып. Вып. 3: Моделирование аналоговых устройств. М.: Радио и связь, 1992. 120 с.
3. Разевиг В.Д. Применение программ P-CAD и Pspice для схемотехнического моделирование на ПЭВМ: в 4 вып. Вып. 4: Моделирование цифровых и смешанных устройств устройств. М.: Радио и связь, 1992. 80с.
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.
5. Парфенов Е.М. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие для вузов/ Е.М. Парфёнов, Э.М. Камашная. М.: Радио и связь, 1989.-272 с.
6. Стандарт предприятия. Дипломное проектирование. Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части. Воронеж: ВГТУ, 2003. 42 с.
7. Обозначение чертежей по ЕСКД: методические указания/ сост. А.А. Соболев. Воронеж: ВГТУ, 2002. 24 с.
8. ГОСТ 2.105-81. Текстовые документы ЕСКД.
9. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: справочник/ Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др.; под ред. Э.Т. Романычевой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1989. 448 с .
10. Усатенко С.Т., Выполнение электрических схем по ЕСКД: справочник./ С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. М.: Изд-во стандартов, 1989. 325 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	4
1.1 Место курсового проектирования в изучении дисциплины “Автоматизированное проектирование печатных плат”.....	4
1.2 Цели и задачи курсового проектирования.....	4
1.3 Тематика курсового проектирования.....	5
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАБОТЕ НАД КУРСОВЫМ ПРОЕКТОМ.....	6
2.1 Содержание и объем курсового проекта.....	6
2.2. Требования к оформлению пояснительной записки.....	7
2.3. Требования к оформлению графической части	7
2.3.1 Электрические схемы.....	7
2.3.2 Печатная плата.....	8
3 СОЗДАНИЕ УСЛОВНО-ГРАФИЧЕСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	9
3.1 Общие сведения о графическом редакторе P-CAD Symbol Editor.....	10
3.2 Создание библиотеки электрорадиоэлементов...	11
3.3 Порядок создания условного графического обозначения микросхемы К511ПУ2.....	12
3.3.1. Порядок создания условного графического обозначения элемента «НЕ-И».....	12
3.3.2 Порядок создания условного графического обозначения элемента «2И-НЕ».....	18
3.4 Создание условного графического обозначения микросхемы 133ЛА6.....	21
3.5 Создание УГО транзистора КТ3102Г.....	24
3.6 Создание УГО диода КД403А.....	26
3.7 Создание УГО резистора.....	28
3.8 Создание УГО катушки индуктивности.....	29

3.9 Создание УГО конденсатора.....	31
3.10 Создание УГО символа «Земля».....	33
4 РАЗРАБОТКА ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛА-	
ТЕ.....	34
4.1 Общие сведения о программе P-CAD Pattern	
Editor.....	35
4.2 Порядок создания посадочного места микросхемы	
.....	37
4.3 Общие сведения о программе Library Executive.	42
4.4 Порядок создания библиотечного элемента микросхе-	
мы.....	45
5 СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ.....	49
5.1 Общие сведения о графическом редакторе P-CAD Schematic	
.....	50
5.2 Порядок создания электрической схемы.....	53
6 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ.....	61
6.1 Общие сведения о программе P-CAD PCB.....	61
6.2 Размещение электрорадиоэлементов на печатной пла-	
те.....	65
7 ТРАССИРОВКА ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНЫХ	
ПЛАТ.....	72
7.1 Подготовка к трассировке.....	72
7.2 Ручная трассировка соединений печатных плат	74
7.3 Интерактивная трассировка цепей печатных	
плат.....	77
7.4 Проверка печатной платы.....	79
7.5 Автоматическая трассировка печатных плат.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	84

Учебное издание

Ципина Наталья Викторовна

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Редактор Ю.В. Татаренко

Выпускающий редактор И.В. Медведева

Подписано в печать 30.11.2006.

Формат 60X84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 5,4. Уч.-изд.л. 4,2. Тираж 250 экз.

Зак .№

ГОУВПО “Воронежский государственный технический
университет”

394026 Воронеж, Московский просп., 14