

**Библиотека
Инженера**



Мактае М. Я.

Уроки по САПР P-CAD и СПЕCSСТРА

От простого к сложному
Электронный самоучитель
Видеоролики в практике
Видеоролики в обучении
Создание конечной топологии
многослойной печатной платы

ISBN 5-91359-093-0



9 785913 590930

Находка для специалиста!



М.Я. Мактас

Уроки по САПР P-CAD и СПЕCSТРА

*Рекомендовано Государственным образовательным учреждением
высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский
государственный электротехнический университет “ЛЭТИ”»
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по направлению 210200-62
«Проектирование и технология электронных средств».
Регистрационный номер рецензии 1041 от 05. 10. 2010 года*

Москва
СОЛОН-ПРЕСС
2011

УДК 621.38
ББК 38.844-02
М 17

М.Я. Мактас

УРОКИ ПО САПР P-CAD И SPECSTRA. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2011. — 224 с.: ил.
— (Серия «Библиотека инженера»).

ISBN 978-5-91359-093-0

В пособии на примере конкретной электрической схемы с использованием дидактического приема “делай как я” излагается весь цикл проектирования узла многослойной печатной платы РЭС с помощью САПР P-CAD (любых версий) и программы SPECSTRA. В нем рассмотрен такой маршрут проектирования, при котором задействованы все основные программные модули систем. Подобная форма изложения демонстрирует читателю возможности модулей и одновременно позволяет освоить работу с ними. Пособие подготовлено в виде отдельных занятий-уроков, связанных с освоением отдельных проектных процедур проектирования РЭС. При этом разобран пример проектирования узла многослойной печатной платы электрической схемы, включающей все основные электрорадиоэлементы, применяемые в современных РЭС.

Кроме этого пособие сопровождается видеороликом обучающей системы, демонстрирующей читателю на примерах все основные процедуры, выполняемые специалистом в процессе проектирования узла ПП при помощи САПР P-CAD. **Видеоролики находятся на сайте издательства www.solon-press.ru на странице данной книги.**

Пособие подготовлено для студентов радиотехнических специальностей высших учебных заведений и может быть полезно аспирантам и специалистам проектировщикам многослойных печатных плат.

КНИГА — ПОЧТОЙ

Книги издательства «СОЛОН-ПРЕСС» можно заказать наложенным платежом (оплата при получении) по фиксированной цене. Заказ оформляется одним из трех способов:

1. Послать открытку или письмо по адресу: 123001, Москва, а/я 82.
2. Оформить заказ можно на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга — почтой».
3. Заказать по тел. (499) 254-44-10, 252-36-96.

Бесплатно высылается каталог издательства по почте. Для этого присылайте конверт с маркой по адресу, указанному в п. 1.

При оформлении заказа следует правильно и полностью указать адрес, по которому должны быть высланы книги, а также фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно указать дополнительно свой телефон и адрес электронной почты.

Через Интернет Вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-ПРЕСС», считав его с адреса www.solon-press.ru/kat.doc.

Интернет-магазин размещен на сайте www.solon-press.ru.

Сайт издательства «СОЛОН-ПРЕСС»:
Тел.: (495) 254-44-10, (499) 795-7326
www.solon-press.ru E-mail: avtor@coba.ru

ISBN 978-5-91359-093-0

© М.Я. Мактас, 2011

© Обложка «СОЛОН-ПРЕСС», 2011

Введение

Проектирование современной радиоэлектронной аппаратуры невозможно без применения средств автоматизированного проектирования. Для проектирования узлов печатных плат (ПП) широкое распространение получила система P-CAD (Personal Computer Aided Design), достаточно длительное время успешно применяемая в организациях и на предприятиях России. Она позволяет выполнить полный цикл проектирования ПП. Он включает создание условных графических обозначений (УГО) электрорадиоэлементов (ЭРЭ), разработку посадочных мест ЭРЭ на ПП, ввод и редактирование электрических схем, упаковку схем на ПП, размещение ЭРЭ на печатных платах, ручную, интерактивную и автоматическую трассировку проводников, контроль ошибок в схеме и на ПП и выпуск конструкторско-технологической документации.

С 90-х годов САПР P-CAD получила широкое распространение. Она была русифицирована и для нее были созданы библиотеки графических описаний отечественных компонентов и решена проблема выхода на отечественное технологическое оборудование. Более поздние версии ее – P-CAD 8.5 – 8.7 значительно отличались от предыдущих и требовали компьютеров с более высокими техническими характеристиками. В 1996 году система P-CAD была выпущена в среде операционной системы Windows 3/11 под названием ACCEL EDA.

В начале 2000 г. новой версии программы ACCEL EDA 15.1, работающей на 32-разрядных операционных системах и процессорах с 24 Мб ОП, вернули старое название, и она стала называться P-CAD 2000. В январе 2001 г. появилась очередная версия этой системы – P-CAD 2001 [1-4], которая, вместе с тем, имеет достаточно высокую преемственность от предыдущих версий - ACCEL EDA 15 и P-CAD 2000. Дальнейшее развитие САПР получила в версиях P-CAD 2001, 2002, где во всех графических редакторах появилась поддержка «мыши с колесиком».

В конце 2004 года появилась версия P-CAD 2004 [5], значимым обновлением которой явилась замена трассировщика P-CAD Shape Based топологическим трассировщиком Situs. В 2006 году появилась версия P-CAD 2006 [6], которая претерпела целый ряд существенных улучшений в части трассировки соединений, аналого-цифровом моделировании и технологической подготовки производства.

В среде этой САПР разработано большое число проектов, и она до сих пор находит самое широкое применение на предприятиях.

Программа SPECCTRA позволяет в автоматическом и интерактивном режимах выполнять размещение ЭРЭ и трассировку проводников бессеточными алгоритмами. Основным ее преимуществом является возможность реализации сложных правил проектирования в сложных проектах.

Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования РФ по радиотехническим специальностям и специальностям в области проектирования радиоэлектронных средств (РЭС) предусмотрено обучение студентов ВУЗов работе с применением современных систем автоматизированного проектирования, в том числе и с

P-CAD. В типовых программах по соответствующим дисциплинам выделяются часы на курсовое проектирование и лабораторно-практические занятия по изучению таких систем.

В настоящем пособии с использованием дидактического приема “делай как я” на примере конкретной электрической схемы рассматривается полный цикл проектирования узла многослойной печатной платы (МПП) РЭС от создания условных графических

обозначений элементов до получения рисунка печатной платы с применением систем P-CAD и SPECCTRA. В примере рассмотрен такой маршрут проектирования, при котором задействованы все основные программные модули систем. Сделано это для того, чтобы дать читателю возможность освоить эти модули и одновременно продемонстрировать их возможности.

Пособие подготовлено в виде описания занятий-уроков, связанных с освоением отдельных процедур проектирования. Предлагаемый в пособии пример подобран таким образом, чтобы проектируемый узел печатной платы включал все основные электрорадиоэлементы, применяемые в современных РЭС. Поскольку при выполнении проекта на различные операции и процедуры приходится разный объем работы, количество часов, необходимое для их освоения, также различно. Очевидно, что количество аудиторных часов, планируемых для изучения системы, в значительной степени зависит и от уровня подготовленности аудитории (курс, семестр, в котором предполагается обучение).

Пособие написано таким образом, что для проектирования многослойной печатной платы с использованием систем P-CAD и SPECCTRA не требуется предварительного их изучения. Читателю достаточно установить системы и, руководствуясь описанием предложенного примера, приступить к проектированию. Такая форма изложения материала пособия позволяет самостоятельно овладеть системами P-CAD и SPECCTRA. При этом в процессе проектирования достаточно рассмотреть только ту часть примера, которая касается ЭРЭ, входящих в проектируемый им узел.

Кроме этого пособие сопровождается электронной обучающей системой по САПР P-CAD, в которой описаны и демонстрируются все основные процедуры, выполняемые специалистом в процессе проектирования узла МПП. Режим управления демонстрацией процедур проектирования позволяет изменять темп демонстрации, возвращать и вновь повторять изучаемые процедуры.

При подготовке книги автор не ставил задачу в полном объеме раскрыть все возможности систем. Свою задачу он видел в том, чтобы в краткой и доступной для неподготовленного читателя форме дать базовые сведения о системах, знание которых позволит в дальнейшем самостоятельно освоить все тонкости проектирования с применением данных САПР.

Поскольку система P-CAD является англоязычной, в пособии при первом употреблении термина приводится его перевод на русский язык. Кроме того, в приложении отдельно дан словарь основных терминов, встречающихся при работе с системой.

Учебное пособие подготовлено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 210200-62 «Проектирование и технология электронных средств» и по специальности 21020165 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств». Пособие может быть полезно также аспирантам и специалистам – проектировщикам многослойных печатных плат.

УРОК №1

ТЕМА: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ P-CAD

Цель занятия – изучение состава системы P-CAD, ее возможностей, назначения основных программных модулей и этапов прохождения проекта.

1.1. Состав системы P-CAD

Система P-CAD представляет собой интегрированный пакет программ, предназначенный для проектирования многослойных печатных плат (ПП) радиоэлектронных средств (РЭС) [1]. Система адаптирована к операционной среде Windows и использует все настройки и возможности последней.

P-CAD в разных его версиях включает следующие программные модули: P-CAD Library Executive, P-CAD Schematic, P-CAD PCB, P-CAD Autorouters (Situs), Symbol Editor, Pattern Editor, InterPlace PCS, Relay, Signal Integrity, CAMtastic.

Утилита Library Executive (администратор библиотек) состоит из программы Library Manager (менеджер библиотек), редактора условных графических обозначений (УГО) элементов Symbol Editor и редактора посадочных мест Pattern Editor электрорадиоэлементов (ЭРЭ) на ПП.

P-CAD Schematic – графический редактор электрических схем. Редактор предназначен для разработки электрических принципиальных схем и может применяться для создания условных графических обозначений отдельных ЭРЭ (файлы с расширением .sch).

P-CAD PCB – графический редактор ПП. Предназначен для проектирования конструкторско-технологических параметров ПП. К ним относятся: задание размеров ПП, ширина проводников, величина зазоров, размер контактных площадок, диаметр переходных отверстий, задание экранных слоев, маркировка, размещения ЭРЭ, неавтоматическая трассировка проводников и формирование управляющих файлов технологическим оборудованием.

P-CAD Autorouters предназначен для автоматической трассировки проводников ПП и включает следующий набор автотрассировщиков: сеточный трассировщик Quick Route для проектирования рисунка ПП не очень сложных схем; более мощный сеточный трассировщик ProRoute; бессеточный трассировщик Shape Router, предназначенный для проектирования многослойных ПП с высокой плотностью расположения ЭРЭ; в последних версиях бессеточный трассировщик Situs, обеспечивающий лучшее качество и скорость трассировки при использовании современной элементной базы с большим числом выводов.

Symbol Editor – редактор символов элементов (файлы с расширением .sym). Предназначен для создания условных графических обозначений (УГО) символов ЭРЭ электрических схем.

Pattern Editor – редактор посадочных мест (файлы с расширением .pat). Предназначен для разработки посадочных мест (ПМ) для конструктивных ЭРЭ на ПП.

InterPlace PCS – программа интерактивного размещения ЭРЭ.

Relay – программа просмотра ПП, расстановки ЭРЭ на ней, задания основных атрибутов, контроля технологических ограничений.

Signal Integrity – программа анализа электрических параметров ПП.

CAMtastic – программа доработки фотошаблонов и формирования данных в форматах Gerber и Exellon.

В P-CADe предусмотрено использование программы SPECCTRA. Она предназначена для размещения ЭРЭ на ПП, ручной, интерактивной и автоматической трассировки проводников. Благодаря бессеточной технологии является очень эффективным трассировщиком ПП большой степени сложности и высокой плотностью размещения ЭРЭ. Обмен информацией о ПП P-CADa с программой SPECCTRA осуществляется через редактор PCB.

1.2. Основные технические характеристики системы

Система P-CAD работает в среде Windows NT/XP на платформе IBM. Минимальная требуемая конфигурация:

- процессор Pentium II 300 МГц и старше;
- 128 Мбайт оперативной памяти (рекомендуется 256 Мбайт и более);
- не менее 400 Мбайт дисковой памяти (винчестер) или распределяемый диск в сети ЭВМ;
- монитор с разрешением 1024x768 точек;
- видеокарта 16 бит.

Система P-CAD позволяет выполнять проекты:

- на печатных платах не превышающих размер 60 x 60 дюймов (152,4 x 152,4 см);
- с шириной трассы не более 1 см (394 мил);
- с минимальным шагом сетки 0,1 мил в английской системе и 0,001 мм = 1 мкм в метрической системе (1 мил = 0,001 дюйма = 0,0254 мм).
- минимальный угол поворота объект на плате 0,1°.

Включающие:

- не более 999 листов схем в проекте с максимальным размером листа 60 x 60 дюймов;
- не более 64 000 цепей в проекте;
- не более 9999 выводов в компоненте;
- не более 5000 секций в компоненте;
- не более 20 000 компонентов в одной библиотеке;
- не более 999 слоев в базе данных ПП (включая сигнальные слои, слои металлизации и вспомогательные);
- не более 64 000 типов контактных площадок в проекте;

1.3. Запуск системы

Запуск программ системы P-CAD выполняется следующим образом.

Щелчком левой кнопки (ЛК) манипулятора по кнопке «Пуск» в выпадающем меню команд «Программы» найти «P-CAD» и щелкнуть ЛК по ней. В открывшемся меню ряд названий будет начинаться с P-CAD. Это и есть программные модули P-CADa. Для запуска любого из них достаточно щелкнуть по требуемому из них и программа откроется.

В том случае, если на компьютере запущена одна из программ P-CAD, необходимо ЛК мыши щелкнуть по команде Utils (Служебные команды) во второй строке сверху. Откроется выпадающее меню, в котором несколько пунктов начинаются с аббревиатуры P-CAD. Щелчок ЛК мыши по требуемому названию запустит эту программу. При этом действующая программа не закроется, а только свернется и к ней всегда можно будет вернуться.

1.4. Организация пользовательского интерфейса

Экраны программных модулей P-CAD организованы по единому образцу. Небольшие отличия касаются только специфики решаемых модулями задач, что упрощает процесс изучения и работы с системой. Поэтому общий вид экрана программных модулей P-CAD рассмотрим на примере экрана графического редактора P-CAD Schematic (рис.1.1).

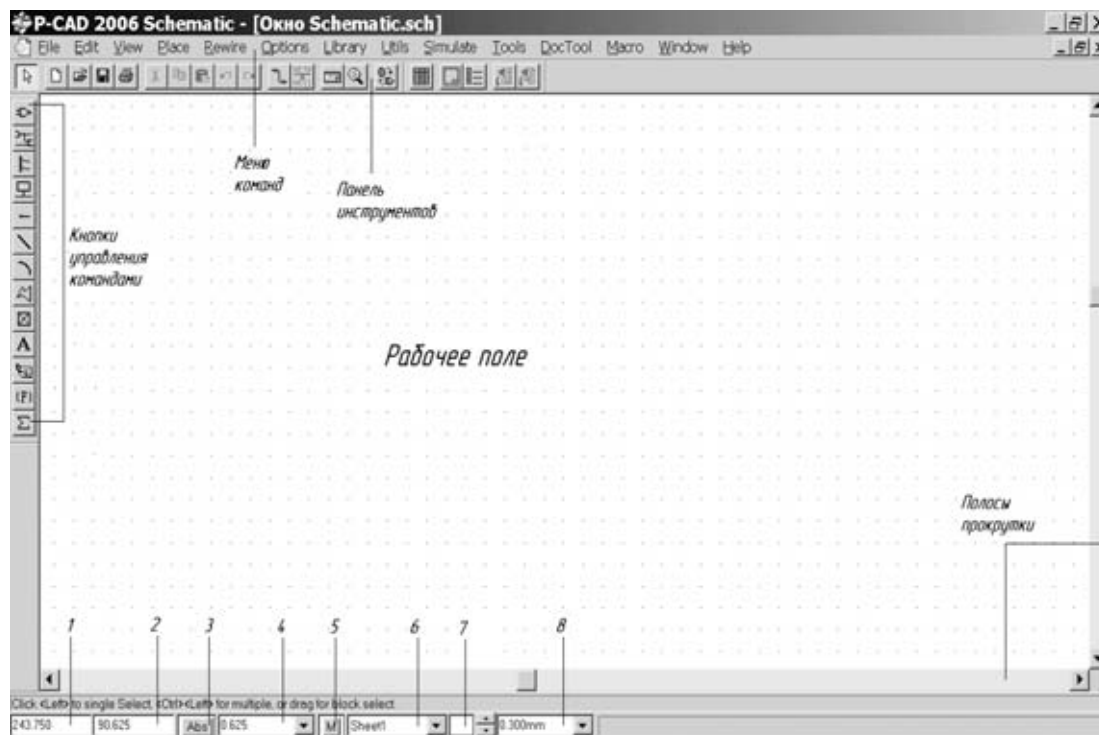


Рис.1.1

В верхней части экрана на синем фоне указывается название запущенной программы и название проекта, с которым ведется работа. В следующей строке помещено меню основных команд редактора. Выбранная команда выполняется установкой на нее курсора и щелчком по ней левой кнопкой (ЛК) мыши. В результате открывается соответствующее выпадающее меню.

После нее следует строка со стандартной панелью инструментов. Здесь же могут быть различные панели инструментов программного модуля, местоположение которых определяется пользователем.

В центре экрана находится рабочее поле программы, на котором ведется проектирование. В левой части экрана вертикально помещены кнопки управления командами (пиктограммы), предназначенные для быстрого вызова наиболее часто употребляемых команд. Справа и снизу от этого поля имеются полосы прокрутки, предназначенные для перемещения изображения на экране.

В нижней части экрана под полосой прокрутки расположена строка сообщений, на которую выводится информация, связанная с выполняемой командой. В самом низу экрана расположена строка состояний. На нее слева направо выводится следующая информация.

1. Координаты X и Y (поз.1 и 2 на рис.1.1), указывающие текущее местоположение курсора при его перемещении по рабочему полю. На место этих координат можно с клавиатуры ввести необходимые значения координат и курсор переместится в указанную точку.

2. Тип сетки (поз.3) имеет два значения: абсолютную и относительную сетки. Абсолютная сетка (Abs) имеет начало координат в нижнем левом углу рабочего поля, а для относительной сетки (Rel) начало координат можно задавать в любой точке поля.

3. Шаг сетки (поз.4). Щелчок ЛК по кнопке выбора разворачивает список значений шагов сетки, в котором можно курсором выбрать нужное значение.

4. Запись макрокоманд (M) (поз.5). Щелчок по ней ЛК начинает запись во временный файл всех выполняемых команд.

5. Текущий лист схемы (Sheet1) (поз.6) и открывание этого окна (поз.7). После щелчка по кнопке выбора появляется список всех листов проекта, а кнопками прокрутки открывается необходимый лист.

6. Имя текущего слоя ПП (только в P-CAD PCB).

7. Ширина линии (в мм – миллиметрах, mil – милах или in – дюймах) (поз.8). Щелчок ЛК по кнопке выбора открывает список значений ширины линии.
8. Радиус скругления (Grid) (только в P-CAD PCB) позволяет выбрать радиус скругления вершин полигонов.
9. Строка информации, куда выводится текущая информация об объекте, цепях, приращениях и т.п.

1.5. Порядок проектирования печатных плат

Проектировщик узла ПП РЭС обычно вместе с техническим заданием на проектирование получает на бумажном носителе и исходную электрическую схему. При этом состав электронной библиотеки с условными схемными обозначениями элементов в проектном подразделении может быть либо неполным, либо вообще отсутствовать. В этом случае такая библиотека должна пополняться силами сотрудников самого подразделения. Поэтому проектировщик должен владеть всем арсеналом средств системы (от создания условных графических элементов схем до получения рисунка печатной платы) и уметь в нужный момент использовать тот или иной программный модуль.

В одном из вариантов использования модулей системы P-CAD при выполнении процедур проектирования узлов печатных плат порядок выполнения следующий.

1.Создание условных графических обозначений отдельных элементов электрических схем с помощью редактора символов P-CAD Symbol Editor.

2.Разработка посадочных мест для всех конструктивных электрорадиоэлементов (ЭРЭ) электрической принципиальной схемы с помощью редактора корпусов P-CAD Pattern Editor.

3.Упаковка выводов конструктивных элементов (перенос схемы на ПП) средствами программы P-CAD Library Executive.

4.Разработка схемы электрической принципиальной с помощью графического редактора P-CAD Schematic.

5.Формирование контура печатной платы и размещение конструктивных элементов на ней с помощью графического редактора печатных плат P-CAD PCB.

6.Трассировка проводников печатных плат:

- в ручном и интерактивном режимах средствами графического редактора печатных плат P-CAD PCB;

- в автоматическом режиме программами модуля P-CAD Autorouters или Situs, вызываемом из управляющей оболочки P-CAD PCB.

1.6. Исходные данные для проектирования

Дан фрагмент электрической принципиальной схемы, включающий основные электрорадиоэлементы, применяемые в современной радиоэлектронной аппаратуре: микросхемы, транзистор, диод, резистор, конденсатор, катушку индуктивности, электрический соединитель (рис.1.2). При этом известно, что схема реализована на микросхемах типа К511ПУ2 и 133ЛА6, транзисторе КТ3102Г, диоде КД403А, резисторах ОМЛТ-0.125 (с номиналами 2,4 кОм, 10 кОм и 120 кОм), конденсаторах К73-15 и К10-43А, катушке индуктивности Д 1-1.2-1 и электрическом соединителе ОН-КС-10.

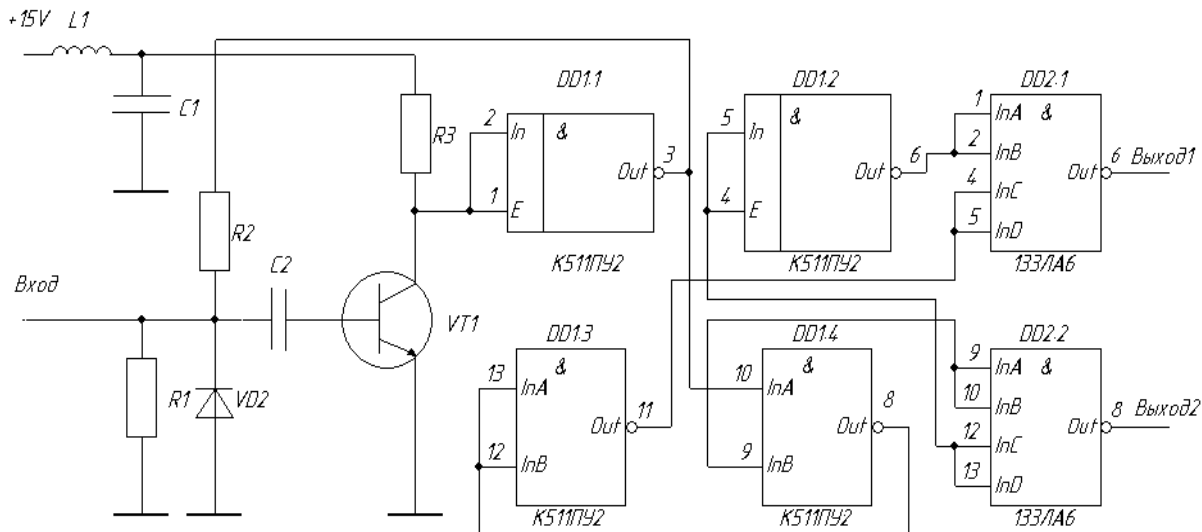


Рис.1.2

Требуется разработать узел печатной платы с использованием системы P-CAD.

Выполним этот проект в соответствии с порядком, указанным в п. 1.5. При этом каждую процедуру проектирования рассмотрим также на отдельном уроке.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие задачи решает системы P-CAD?
2. Перечислите состав программных модулей системы.
3. Назовите основные технические характеристики системы.
4. Каково назначение редактора P-CAD Symbol Editor?
5. Какие функции выполняет редактора P-CAD Pattern Editor?
6. Для чего предназначена программа P-CAD Library Executive?
7. Каково назначение графического редактора P-CAD Schematic?
8. Каково назначение графического редактора печатных плат P-CAD PCB?
9. В каких режимах выполняется трассировка проводников печатных плат?
10. Для чего предназначены программные модули P-CAD Autorouters или Situs?
11. Поясните порядок запуска программных модулей системы.
12. Какая информация выводится в верхней части экрана на синем фоне?
13. В какой части экрана помещены кнопки управления командами (пиктограммы), предназначенные для быстрого вызова наиболее часто употребляемых команд?
14. Какие типы сеток могут задаваться в САПР P-CAD?
15. Как выбирается шаг сетки?
16. Как выбирается значение ширины линии?
17. Перечислите основные процедуры проектирования ПП средствами системы.

УРОК №2

ТЕМА: СОЗДАНИЕ УСЛОВНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТОВ СРЕДСТВАМИ РЕДАКТОРА P-CAD Symbol Editor (видеоролик 1)

Цель занятия – изучение методики разработки символов электрорадиоэлементов средствами редактора **P-CAD Symbol Editor**; овладение практическими навыками создания условных графических обозначений (УГО) элементов электрических схем.

2.1. 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» и «Symbol Editor». В том случае, если на компьютере запущена одна из программ P-CAD, 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 закрывается, а только свернется и к ней всегда можно будет вернуться. Экран графического редактора P-CAD Symbol Editor представлен на рис.2.1.1.

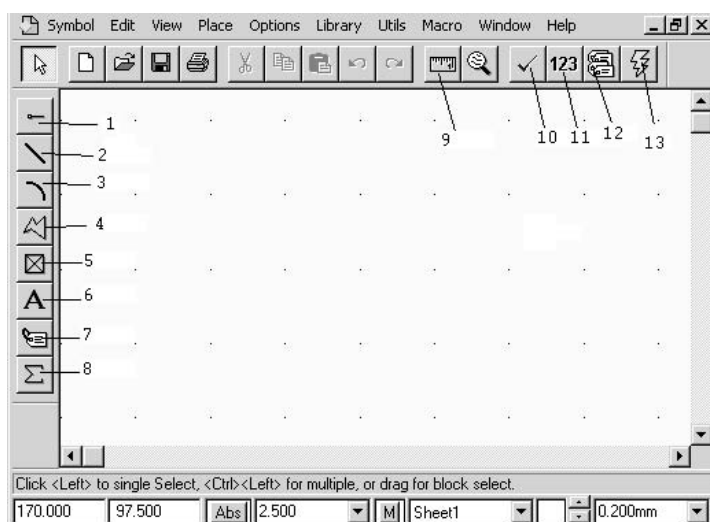


Рис.2.1.1

Пиктограммы меню инструментов следующие.

1. Place Pin – размещение вывода;
2. Place Line – размещение линии;
3. Place Arc – размещение дуги;
4. Place Polygon – размещение полигона;
5. Place Ref Point – размещение точки привязки символа элемента;
6. Place Text – размещение текста;
7. Place Attribute – размещение атрибута;
8. Place IEEE Symbol – размещение символа функционального блока;
9. Edit Measure – измерение расстояния;
10. Utils Validate – проверка корректности создания символа элемента;
11. Utils Renumber – перенумерация вывода;
12. Symbol Attribute – просмотреть атрибуты;
13. Symbol Wizard – мастер быстрого создания УГО.

2.1.1. Создание библиотеки электрорадиоэлементов

В процессе разработки печатной платы нам понадобится библиотека, в которой будут храниться упакованные библиотечные элементы (библиотек, может быть и несколько, но в данной работе вполне достаточно одной).

Библиотека создается следующим образом.

- Выполняется команда **Library New**.
- В окне Library New задается имя библиотеки, например, ЭРЭ.lib.
- Нажимается кнопка Save.

2.2. Создание условного графического обозначения микросхемы К511ПУ2

В микросхему К511ПУ2 входит два логических элемента «2И-НЕ» и два «НЕ» с расширением по «И», поэтому необходимо отдельно создать УГО элемента «2И-НЕ» и «НЕ-И».

2.2.1. Порядок создания условного графического обозначения элемента «НЕ-И»

Для создания УГО элемента «НЕ-И» необходимо:

- Запустить программу **Symbol Editor**.
- Настроить конфигурацию программы **Symbol Editor**.
 1. По командам **Options/Configure** (Установка конфигурации) в появившемся окне установить размер рабочего поля формата А4.
 2. В области Units (Единицы измерения) выбрать миллиметры (mm) как единицу измерения.
 3. В области Orthogonal Modes (Варианты ортогональности) выделить флажком оба пункта (рис.2.2.1).



Рис.2.2.1

- 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 мм и 1 мм.

Для этого в окне Options Grids в области Grids Spacing ввести шаг сетки 2.5 и нажать «Add». Затем аналогично в этом же окне ввести шаг сетки 1.0 и нажать «Add». Нажать на кнопку ОК (рис.2.2.2).

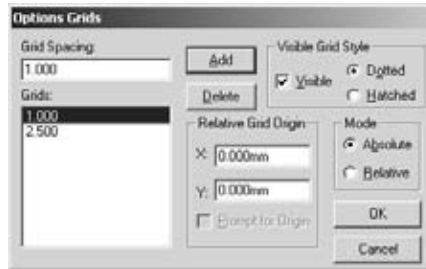


Рис.2.2.2

- 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 или 0.3 мм. Нажать на кнопку ОК (рис.2.2.3).

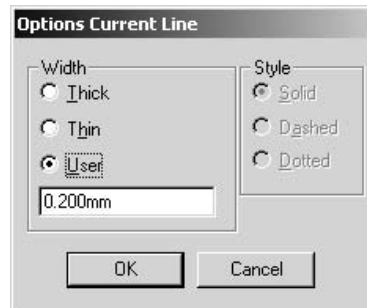


Рис.2.2.3

- Последний пункт меню **Options – Text Style** (Тип шрифта). После щелчка по нему появляется диалоговое окно **Options Text Style** (Установка типа шрифта) (рис.2.2.4,а). В окне **Current Text Style** (Действующий тип шрифта) представлены типы, установленные по умолчанию. Названия типов соответствуют их предназначению.

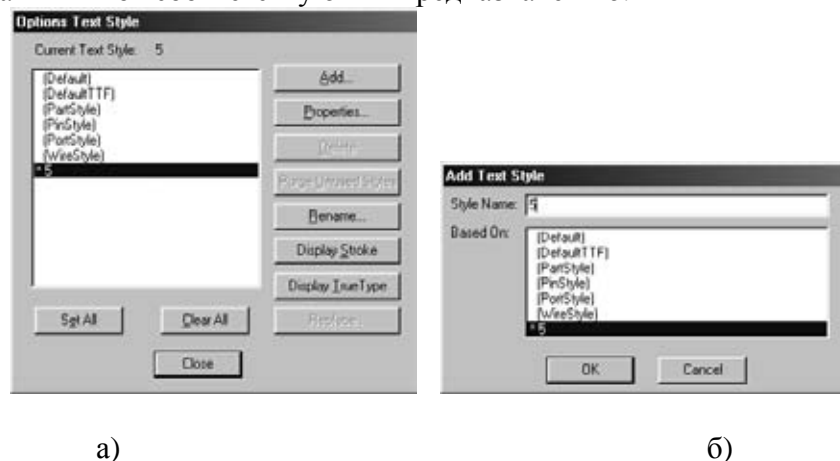


Рис. 2.2.4

Высота шрифта **Pin Style** (Вывода) – равна 2,3 мм, высота шрифтов **Part Style** (Компонента) и **Wire Stile** (Проводника) – 3,5 мм и 1,5 мм соответственно. Этими шрифтами программа создает надписи, соответствующие их названию.

Чтобы установить дополнительный шрифт, щелчком по кнопке **Add** откройте диалоговое окно **Add Text Style** (Добавление шрифта) (рис.2.2.4,б).

Введите в окне **Style Name** (Название шрифта) название устанавливаемого шрифта. Здесь можно присвоить любое название, но для удобства работы рекомендуется назначать всем вновь вводимым типам шрифтов простые цифровые обозначения, причём цифры должны соответствовать высоте шрифта.

- Для первого задаваемого шрифта размером в 3,5 мм введите в окне **Style Name** цифру 3.5 и щёлкните по кнопке ОК. Появится диалоговое окно **Text Style Properties** (рис. 2.2.5). В

нём в окне **Allow True Type** (Разрешение на установку шрифта типа **True Type**) установить галочку, и щёлкнуть по кнопке **Font** (Шрифт). На экране появится диалоговое окно **Выбор шрифта** (рис.2.2.6), в котором можно выбрать и назначить любой из шрифтов, показанных в нём. Например, гостированному шрифту размером в 3.5 мм близок по начертанию **Arial Narrow, Курсив, 16** и **Кириллический**. После этого последовательно закрывая окна, в окне **Text Style Properties** в зоне **Display** (Экран) установить флажок подтверждения изменений в окне **True Type Font** (Шрифт типа **True Type**) (рис.2.2.7). Нажать **ОК**. Закрывать окно **Options Text Style**. (Размер шрифта можно проверить командами **Edit Measure**. Установив курсор в высшую точку буквы, нажать ЛК и не отпуская ее, провести курсор до нижней части буквы. При этом в информационной строке будет указан размер измеряемого участка).

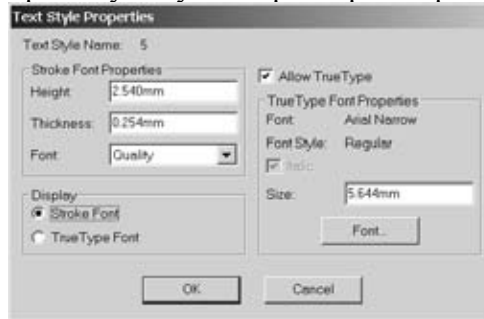


Рис.2.2.5

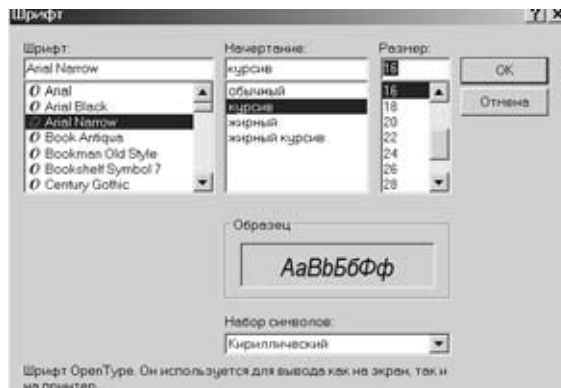


Рис. 2.2.6

- Нарисовать прямоугольный контур УГО логического элемента «НЕ-И» размером 20x20мм.



Рис.2.2.7

Для этого необходимо выполнить команду **Place Line** (Линия). Задать требуемый масштаб увеличения, нажав несколько раз на клавишу «серый плюс». Установить курсор в точку с координатами (10, 10) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку с координатами (10, 30) и щелкнуть ЛК. Переставить курсор в точку с координатами (30, 30) и вновь щелкнуть ЛК. Затем перевести курсор в точку с координатами (10, 30) и щелк-

нуть ЛК. И, наконец, переместить курсор снова в точку с координатами (10, 10), щелкнуть ЛК и затем правой кнопкой (ПК). Получили квадрат.

Теперь в нем надо провести вертикальную линию. Для этого установить курсор в точку (15, 10) и щелкнуть ЛК. Переставить курсор в точку с координатами (15, 30) и вновь щелкнуть ЛК, а затем ПК. Получили квадрат, представленный на рис.2.2.8.

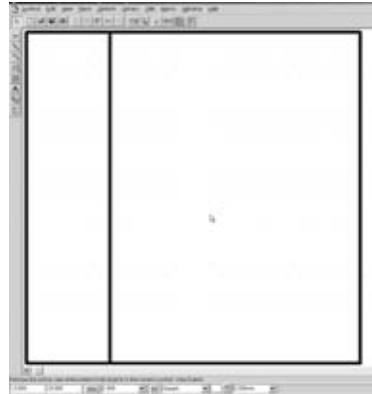


Рис.2.2.8

- 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 5мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None (Нет). В поле Text Style в окнах Pin Name и Pin Des выбрать размер шрифта 3.5.

В поле Default Pin Name (Имя вывода) ввести название вывода – E, а в поле Default Pin Des ввести номер вывода 1. Снять галочки в окнах Increment. Нажать на кнопку ОК (рис.2.2.9). После этого установить курсор в точку с координатами (10, 15), щелкнуть ЛК, а затем ПК.

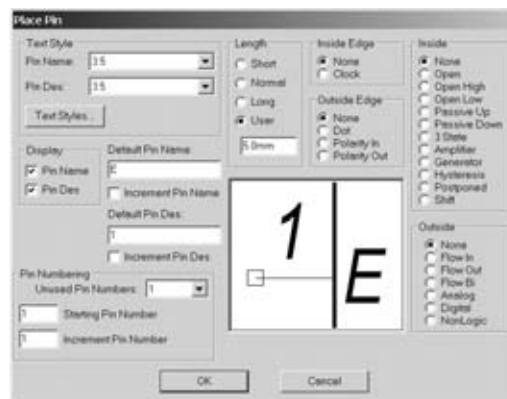


Рис.2.2.9

- Опять щелкнуть ЛК. Вновь откроется диалоговое окно Place Pin. Теперь в поле Default Pin Name ввести название вывода – In. В поле Default Pin Des (Обозначение вывода) ввести номер вывода 2. Нажать кнопку ОК (рис.2.2.10). Установить курсор в точку с координатами (10, 25), щелкнуть ЛК, а затем ПК.



Рис.2.2.10

- 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 (рис.2.2.11). Поставить курсор в точку с координатами (30, 20), 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 рис.2.2.12.

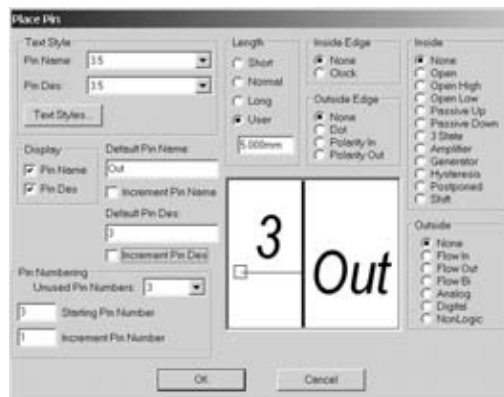


Рис.2.2.11

- Выполнить команду **Place Text** (Нанесение надписи). Перевести курсор в точку с координатами (16, 22) 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 (рис. 2.2.13).

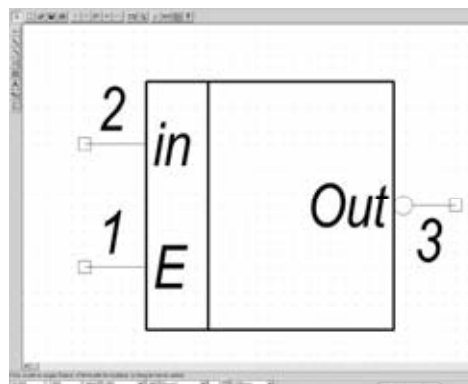


Рис.2.2.12

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента. Выполнить команду **Place Attribute** (Установка признака). В результате появится диалоговое 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 5. Установить в поле Justification по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК (рис.2.2.14).

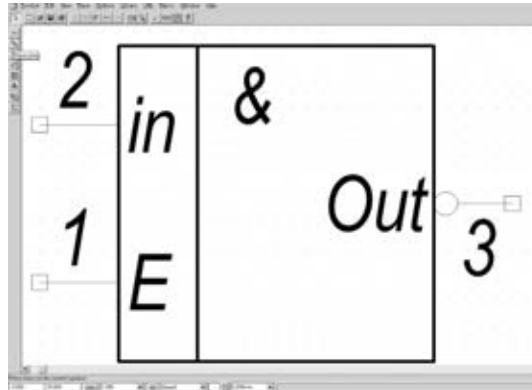


Рис.2.2.13

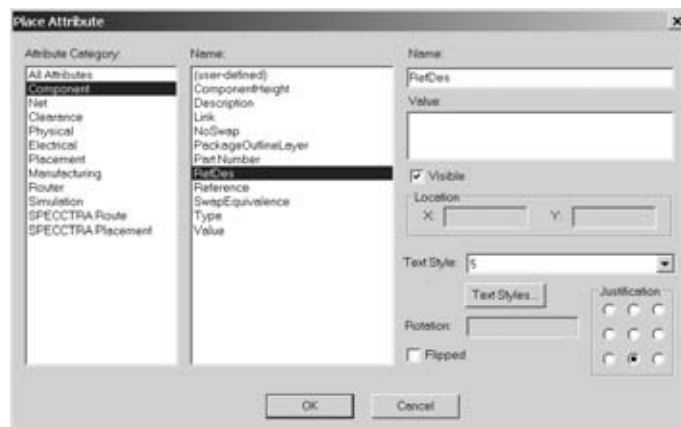


Рис.2.2.14

Установить курсор в точку с координатами (20, 30) и нажать ЛК.

- 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 в точку с координатами (20, 10) и щелкнуть ЛК.

- Ввести точку привязки элемента в центре УГО. Для этого выполнить команду **Place Ref Point** (Установка точки привязки). Переместить курсор в точку с координатами (5, 25) и щелкнуть ЛК (рис.2.2.15).

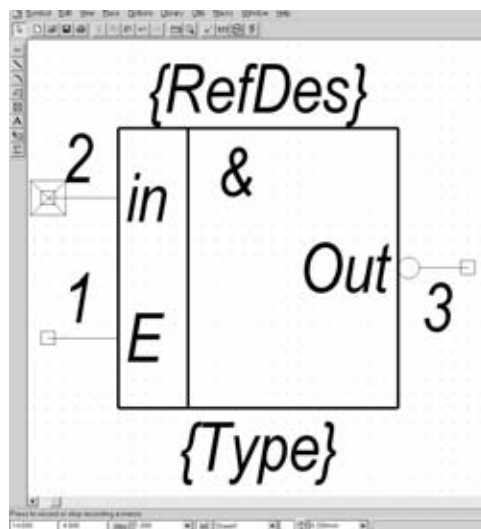


Рис.2.2.15

- Записать созданный УГО логического элемента в библиотеку. Для этого выполнить команду **Save** (Сохранить файл), в появившемся окне **Symbol Save To Library** щелкнуть по кнопке **Library** (Библиотеку) и в открывшемся окне выбрать созданную ранее библиотеку ЭРЭ.lib. В поле **Symbol** набрать имя элемента «HE-И» и нажать кнопку **OK** (рис.2.2.16).

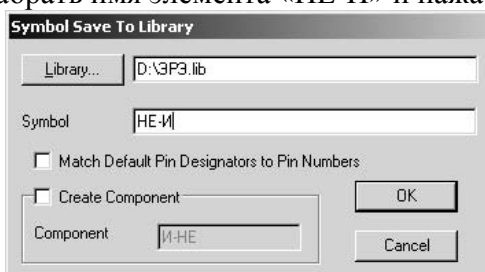


Рис.2.2.16

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

В том случае, если редактор **P-CAD Symbol Editor** был закрыт, необходимо выполнить все установки, описанные в пункте 1.2.1. Если программа не закрывалась, то конфигурация сохранилась и можно сразу приступить к формированию УГО «2И-НЕ». Для этого необходимо:

- Нарисовать прямоугольный контур УГО логического элемента «2И-НЕ» размером 15x20мм. Для чего выполнить команду **Place Line**. Задать необходимый масштаб увеличения клавишей «серый плюс». Установить курсор в точку с координатами (7, 25) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку с координатами (7, 5) и щелкнуть ЛК. Переставить курсор в точку с координатами (22, 5) и вновь щелкнуть ЛК. Снова перевести курсор в точку с координатами (22, 25) и щелкнуть ЛК. И, наконец, переместив курсор в точку с координатами (7, 25), щелкнуть ЛК и затем ПК. Получили прямоугольник, представленный на рис.2.2.12.

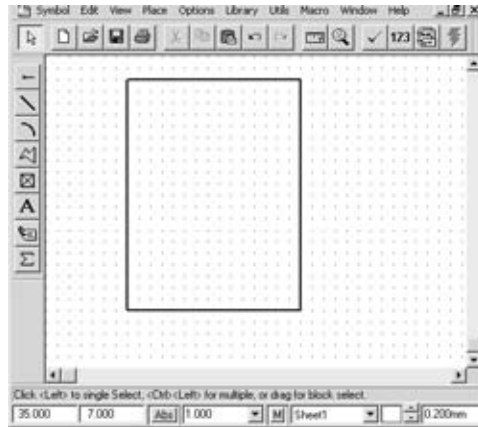


Рис.2.2.12

- Проставить выходы логического элемента. Входные выходы 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 5мм. 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. Поставить курсор в точку с координатами (7, 20), щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.2.2.13).

- 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 курсор в точку с координатами (7, 10), щелкнуть ЛК, а затем ПК.



Рис.2.2.13

- 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 (рис.2.2.14). Поставить курсор в точку с координатами (22, 15), 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 рис.2.2.15.

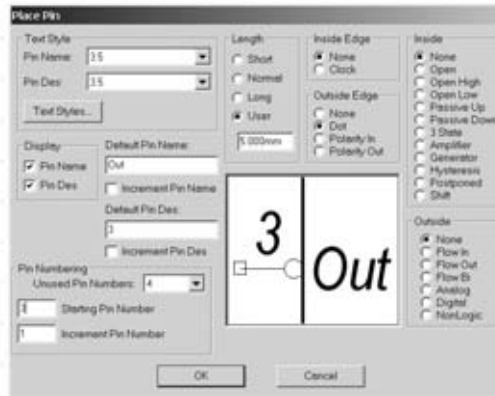


Рис.2.2.14

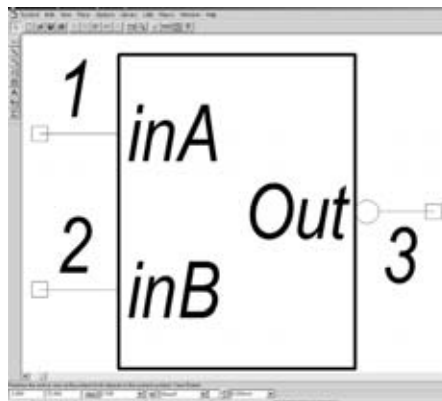


Рис.2.2.15

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

- Выполнить команду **Place Text**. Перевести курсор в точку с координатами (12, 20) 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 шрифты **Text Style** выбрать тип 3.5. 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 3.5. Установить в поле **Justification** по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку **OK** (рис.2.2.16).



Рис.2.2.16

Установить курсор в точку с координатами (14, 26) 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 шрифт 3.5. Выравнивание Justification выбрать по вертикали — верх, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (14, 4) и щелкнуть ЛК.

- Установить точку привязки элемента на 1-й вывод УГО. Для этого выполнить команду Place Ref Point. Переместить курсор в точку с координатами (2, 20) и щелкнуть ЛК (рис.2.2.17).

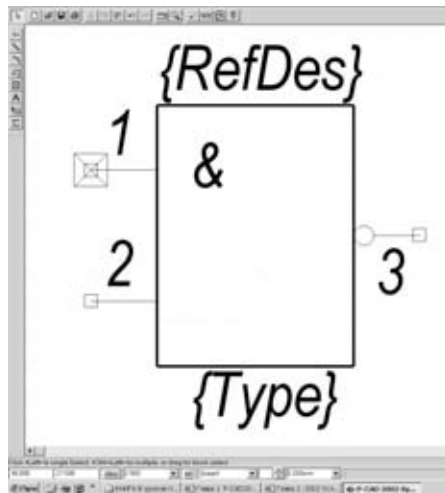


Рис.2.2.17

- 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 ЭРЭ.lib. В поле Symbol набрать имя элемента «2И-НЕ» и нажать кнопку ОК (2.2.18).

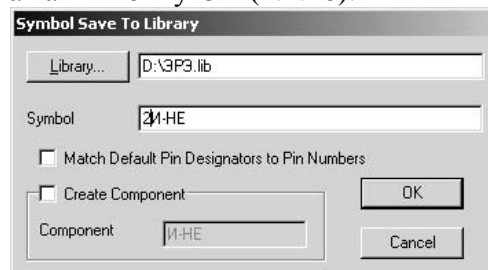


Рис.2.2.18

2.3 Создание условного графического обозначения микросхемы 133ЛА6

В микросхему 133ЛА6 входит два логических элемента «4И-НЕ». Необходимо создать УГО элемента «4И-НЕ».

2.3.1.Порядок создания УГО элемента «4И-НЕ»

- Запустить программу **Symbol Editor**.
- Настроить конфигурацию программы **Symbol Editor**: Для этого:
 1. Выполнить команды **Options/Configure** и в появившемся окне установить размер рабочего поля формата А4.
 2. В области Units выбрать миллиметры (mm) как единицу измерения.
 3. В области Orthogonal Modes выделить флажком оба пункта (рис.2.3.1).

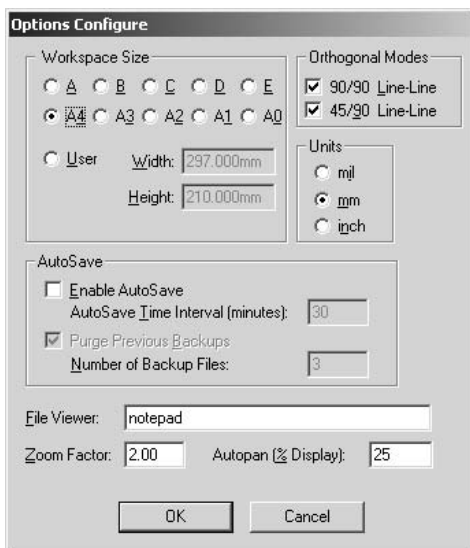


Рис.2.3.1

- Привязать курсор к узлам сетки, для чего выполнить команды **View/Snap to grid**.
- Установить сетки с шагом 2.5 мм и 1 мм, выполнив команды **Options/Grids**. После этого в окне Options Grids в области Grids Spacing ввести шаг сетки 2.5, нажать «Add». Затем аналогично ввести шаг сетки 1.0 и нажать «Add». Нажать кнопку ОК (рис.2.3.2).

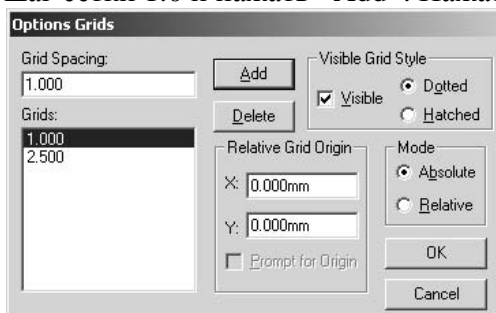


Рис.2.3.2

- Установить текущую линию рисования. Для этого командами **Options/Current Line** в одноименном диалоговом окне в поле Width выбрать User и задать ширину 0,2 мм. Нажать на кнопку ОК (рис.2.3.3).

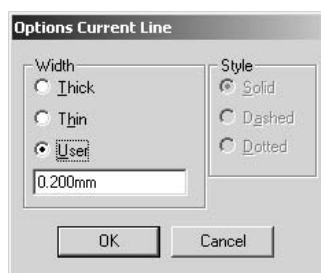


Рис.2.3.3

- Нарисовать прямоугольный контур УГО логического элемента «ИИ-НЕ» размером 15 x 20 мм. Для этого выполнить команду **Place Line**. Задать необходимый масштаб увеличения нажатием на клавишу «серый плюс». Установить курсор в точку с координатами (15, 15) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку с координатами (30, 15) и щелкнуть ЛК. Переставить курсор в точку с координатами (30, 35) и вновь щелкнуть ЛК. Вновь перевести курсор в точку с координатами (15, 35) и щелкнуть ЛК. И, наконец, переместив курсор в точку с координатами (15, 15), щелкнуть сначала ЛК, а затем ПК. Получили прямоугольник, представленный на рис.2.3.4.

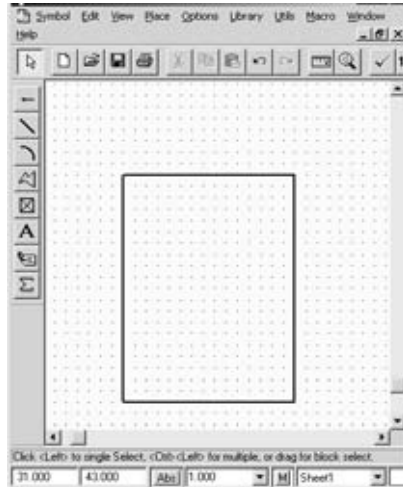


Рис.2.3.4

- 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 вывода 5мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None. В поле Default Pin Name ввести название вывода – InA. В поле Default Pin Des ввести номер вывода - 1. Шрифт выбрать 2.5. Нажать на кнопку ОК (рис.2.3.5).

Поставив курсор в точку с координатами (15, 32.5), щелкнуть ЛК, а затем ПК.

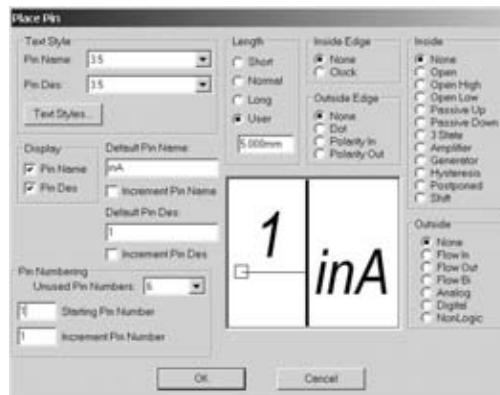


Рис.2.3.5

- Опять щелкнуть ЛК, вновь откроется диалоговое окно Place Pin. Теперь в поле Default Pin Name ввести имя вывода – InB, а в поле Default Pin Des ввести номер вывода - 2. Нажать на кнопку ОК (рис.2.3.6). Установив курсор в точку с координатами (15, 27.5), щелкнуть ЛК, а затем ПК.

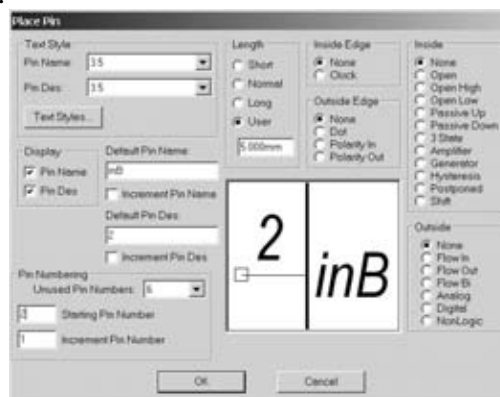


Рис.2.3.6

Аналогичным образом сформировать входные выводы InC (№4), InD (№5).

- Сформировать выходной вывод. Для этого надо 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 6. Нажать на кнопку ОК (рис.2.3.7). Поставить курсор в точку с координатами (30, 25), 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 рис.2.3.8.

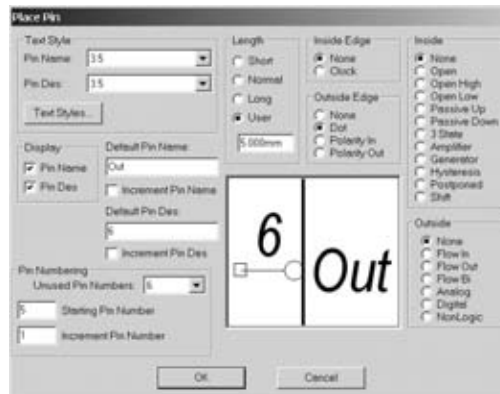


Рис.2.3.7

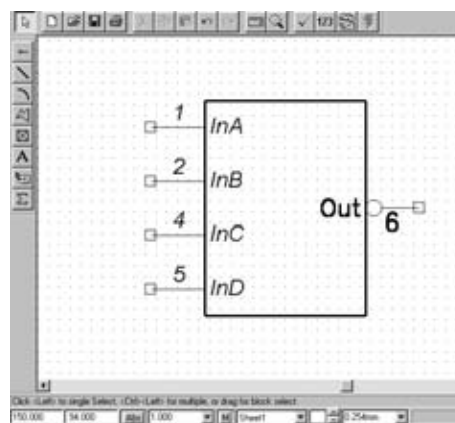


Рис.2.3.8

- Ввести обозначение элемента. Для этого выполнить команду **Place Text**. Перевести курсор в точку с координатами (20, 32.5) 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 шрифтов Text Style выбрать шрифт 2.5. Нажать кнопку Place.

- 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 Component. В области Name выбрать RefDes. В открывшемся списке Text Style выбрать 2.5. Установить в поле Justification по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК (рис.2.3.9).

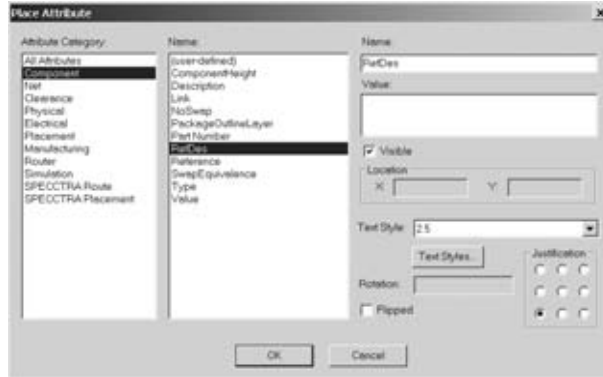


Рис.2.3.9

Установить курсор в точку с координатами (22.5, 35) и нажать ЛК.

- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области Attribute Category выделить цветом Component, а в соседней области Name - Type. Установить шрифт 2.5. Выравнивание Justification выбрать по вертикали — верх, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (22.5, 15) и щелкнуть ЛК.

- Установить точку привязки элемента в центр УГО. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Переместить курсор в точку с координатами (10, 32.5) и щелкнуть ЛК (рис.2.3.10).

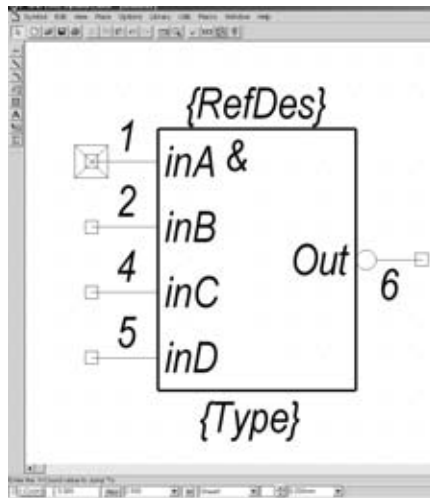


Рис.2.3.10

- 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 ЭРЭ.lib. В поле Symbol набрать имя элемента «4И-НЕ» и нажать кнопку ОК (рис.2.3.11).

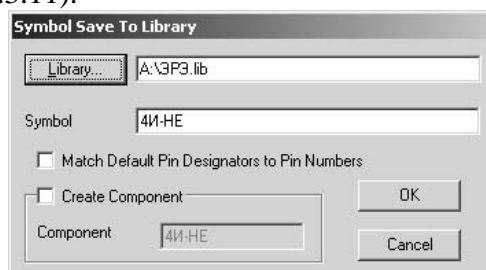


Рис.2.3.11

2.4. Создание УГО транзистора КТ3102Г

В том случае, если программа **Symbol Editor** была закрыта, необходимо настроить ее конфигурацию (см. раздел 2.2.1), если же программа не закрывалась, то ее конфигурация сохранилась и можно сразу формировать УГО транзистора.

Для этого необходимо:

- Выполнить команды **Options/Grids** и установить сетки с шагом 2 мм, 0.5 мм и 0.05 мм. Для чего в окне Options Grids в области Grids Spacing последовательно ввести шаги сетки 0.05, 0.5 и 2.0 мм. Нажать кнопку «Add», а затем «Ok» (рис.2.4.1).



Рис.2.4.1

- Линию рисования сохранить 0,2 мм.
- Нарисовать круглый контур УГО транзистора диаметром 10 мм. Для этого выбрать текущую сетку с шагом 1.25 мм. По команде **Place Arc** установить курсор в точку с координатами (10, 15) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку с координатами (15,15) и щелкнуть ЛК. В результате появится круг диаметром 10 мм с центром в точке (15,15).
- Нарисовать условное обозначение транзистора. Для чего выполнить команду **Place Line** и последовательно начертить вначале базу, затем коллектор и, наконец, эмиттер.

Для базы (вертикальная линия): установить курсор в точку с координатами (12.5, 17.5) и щелкнуть ЛК. Перевести его в точку (12.5, 12.5) и щелкнуть ЛК. Затем ПК. Горизонтальную линию - курсор установить в точку с координатами (10,15), щелкнуть ЛК, затем перевести курсор в точку (12.5,15), вновь щелкнуть ЛК и ПК.

Для коллектора: установить курсор в точку с координатами (12.5,16.25) и щелкнуть ЛК. Перевести его в точку (16.25, 18.75) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

И, наконец, для эмиттера - установив курсор в точку с координатами (20, 13)(12.5, 13.75) щелкнуть ЛК, перевести его в точку (16.25, 11.25) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.

Нарисовать стрелку эмиттера Для этого текущую сетку установить с шагом 0.05мм. Выполнить команду **Place Polygon** (Заливка полигона). Курсор установить в точку с координатами (16.25, 11.25), щелкнуть ЛК, перевести курсор в точку (24.25, 11.25) (15,11.5), щелкнуть ЛК, и в завершение перевести курсор в точку (15.5,12.35). Щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.2.4.2).

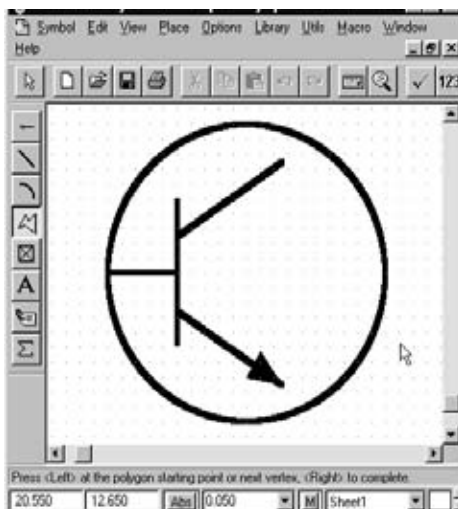


Рис.2.4.2

- Установить выводы транзистора.

Для этого выбрать текущую сетку с шагом 0.5 мм. 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. Поставить курсор в точку с координатами (10, 15) 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 курсор в точку с координатами (16.25,18.75), 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 курсор в точку с координатами (16.25,11.25), щелкнуть ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод вниз.

- Установить точку привязки элемента.

Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор в точку с координатами (15, 15) и щелкнуть ЛК (рис.2.4.3).

• 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 шрифт 3.5. Выравнивание текста Justification установить по центру. Нажать кнопку ОК. Курсор поставить в точку с координатами (8.75, 25) и щелкнуть ЛК.

Аналогично по команде **Place Attribute** в области Attribute Category назначить Component, а в области Name выбрать тип элемента Type. Установить курсор в точку с координатами (11, 2) и щелкнуть ЛК (рис.2.4.3).

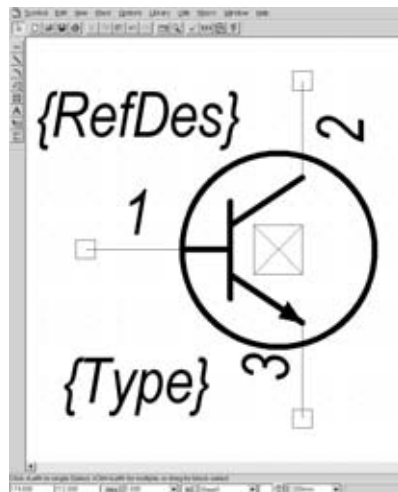


Рис.2.4.3

- Записать созданный элемент в библиотеку элементов. Для этого надо выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть кнопку Library. Затем выбрать созданную ранее библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Symbol набрать имя элемента «N-P-N» и нажать кнопку ОК (рис.2.4.4).

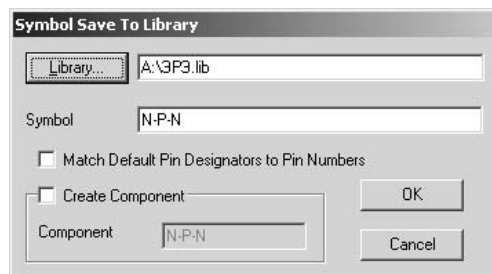


Рис 2.4.4.

2.5. Создание УГО диода КД403А

В том случае, если программа **Symbol Editor** была закрыта, необходимо выполнить все установки ее конфигурации, проведенные в пункте 2.2.1. Если программа не закрывалась, то конфигурация сохранилась и можно сразу приступить к формированию УГО диода.

- Начнем рисовать условное обозначение диода с прорисовки треугольника.

Для этого необходимо выполнить команду **Place Line** (текущая сетка должна быть с шагом 0.5мм). Установить курсор в точку с координатами (20, 34) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку с координатами (20, 29) и щелкнуть ЛК. Затем, переставив курсор в точку (24, 31.5), щелкнуть ЛК. Поместить курсор в точку с координатами (20, 31.5) и опять щелкнуть ЛК, а затем ПК. Вновь установить курсор в точку (20, 34) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (24, 31.5) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.

Теперь проводим вертикальную линию. Для этого надо установить курсор в точку с координатами (24, 34) и щелкнуть ЛК. Переведя курсор в точку (24, 29), щелкнуть сначала ЛК, а затем ПК. Получили изображение диода, представленное на рис.2.5.1.

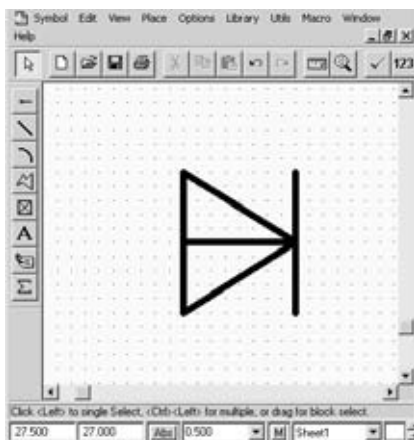


Рис.2.5.1

- 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 5мм. В областях **Inside Edge**, **Outside Edge**, **Inside**, **Outside** установить значение **None**. В поле **Default Pin Name** ввести «+», а в поле **Default Pin Des** ввести 1. Нажать на кнопку **OK**. Поставить курсор в точку с координатами (20, 31.5), нажать ЛК и, не отпуская ее, клавишей **R** сориентировать вывод влево. Отпустить ЛК. Щелкнуть ПК.

Вновь выполнить команду **Place Pin**. В появившемся диалоговом окне **Place Pin** в поле **Default Pin Name** ввести «-», а в **Default Pin Des** - 2. Нажать на кнопку **OK**. Поставить курсор в точку с координатами (24, 31.5), нажать ЛК и, не отпуская ее, клавишей **R** сориентировать вывод вправо. Отпустить ЛК и щелкнуть ПК.

- Установить точку привязки элемента в центре УГО диода. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор в точку с координатами (21,5, 31,5) и щелкнуть ЛК (рис.2.5.2).

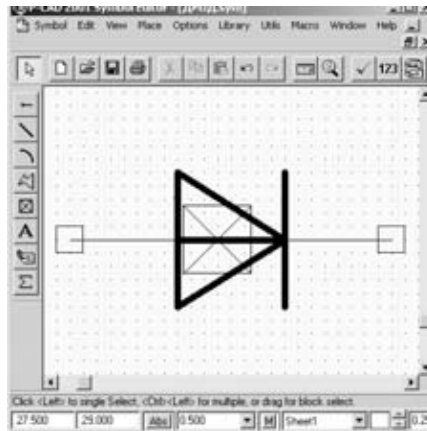


Рис.2.5.2

- 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 3.5. Установить в поле Justification по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (21,5, 36,5) и щелкнуть ЛК.
- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В области Attribute Category выделить цветом Component, а в соседней области Name - Type. Установить шрифт – 3.5. Выравнивание Justification выбрать по вертикали — верх, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (14, 4) и щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рисунке (рис.2.5.3).

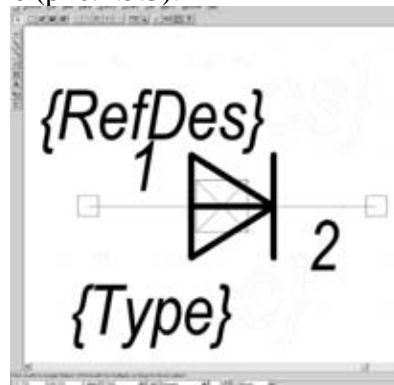


Рис.2.5.3

- Записать полученное УГО диода в библиотеку. Для этого выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть по кнопке Library. В открывшемся окне выбрать созданную ранее библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Symbol набрать имя элемента «Диод» и нажать кнопку ОК (рис.2.5.4).



Рис.2.5.4

2.6. Создание УГО резистора в режиме Symbol Wizard

В том случае, если пользователь P-CAD имеет библиотеку готовых УГО ЭРЭ, создавать новые УГО бывает удобно путем редактирования уже имеющихся в библиотеке УГО, сходных по начертанию или функциональному назначению с вновь разрабатываемыми. Такое редактирование позволяет выполнять программа **Symbol Editor**.

Она имеет набор команд, необходимых для редактирования УГО ЭРЭ. Для этой цели служит Мастер символов, вызываемый из меню Symbol по команде **Symbol Wizard**.

Порядок создания УГО резистора в режиме Symbol Wizard

- Запустить программу **Symbol Editor**.
- Выполнить команды **Symbol / Symbol Wizard**. Откроется диалоговое окно, на котором слева приведены задаваемые параметры, а справа соответствующий им чертеж. В данном случае изображен вариант ЭРЭ с шестью выводами (рис.2.6.1). Сформируем УГО резистора размером 10 x 4 мм с выводами длиной 5 мм.

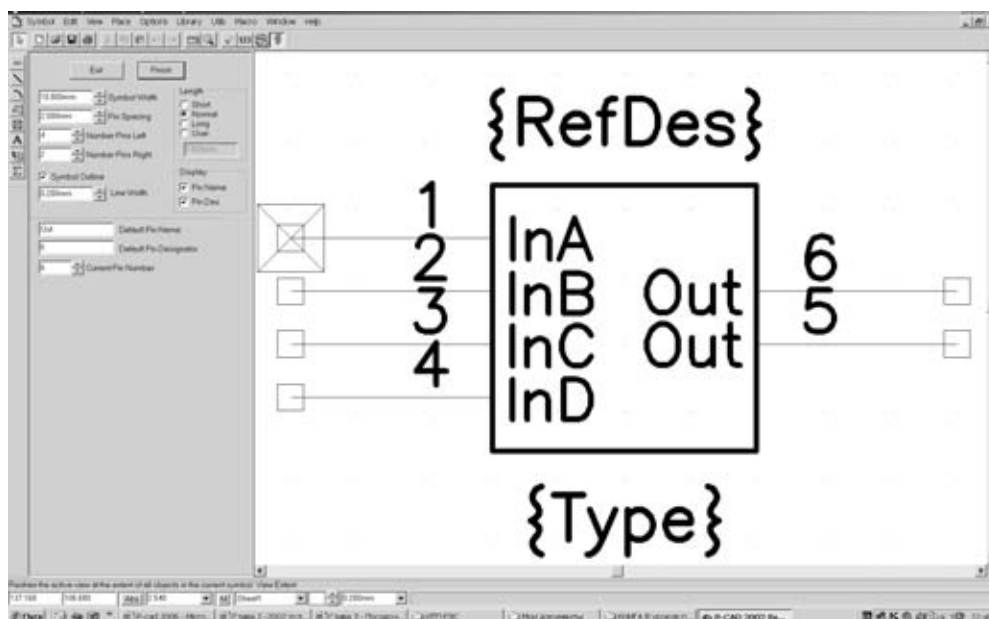


Рис.2.6.1

- Шаг сетки установить 1. Для этого в строке состояний задать шаг равный 1.
- После этого задать параметры УГО в левой части экрана.

Ширину символа **Symbol Width** задать равной 10 мм, а расстояние между смежными выводами **Pin Spacing** – 2 мм.

Длину выводов установить в поле **Length**. Для этого выбрать **User** и в его окне установить 5 мм.

Число выводов слева и справа **Number Pin Left (Right)** выбрать по 1.

Для изображения контура резистора на экране установить флажок в окне **Symbol Outline**. Ширину линии контура резистора **Line Width** задать равной 0.2 мм.

Поскольку выводы резистора не нумеруются и не обозначаются, в поле **Display** в окнах **Pin Name** и **Pin Des** убрать флажки.

Кроме того, в окнах **Default Pin Name** и **Default Pin Designator** (по умолчанию принимаемые название и номер 1-го вывода) также ничего не указывать (рис.2.6.2).

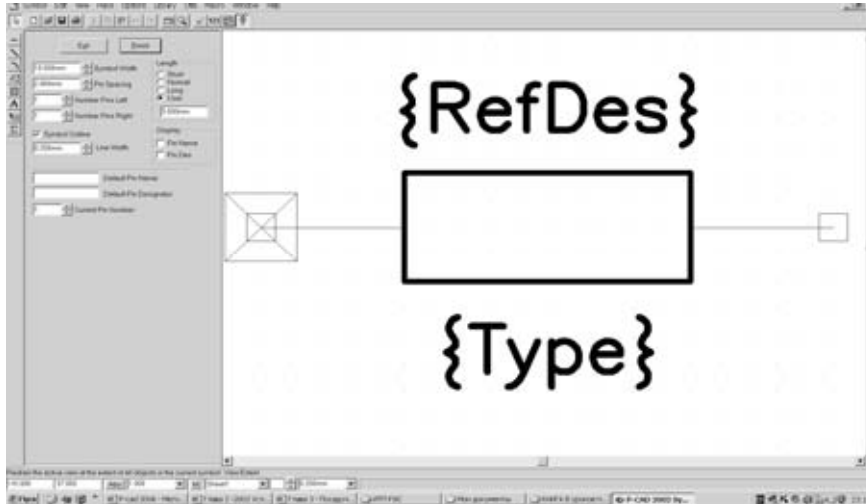


Рис.2.6.2

Клавиша **Exit** служит для прекращения создания УГО, а клавиша **Finish** для завершения его создания. Поэтому щелкнуть ЛК по клавише **Finish**. Изображение созданного УГО резистора переносится на основной экран программы **Symbol Editor** (рис.2.6.3).

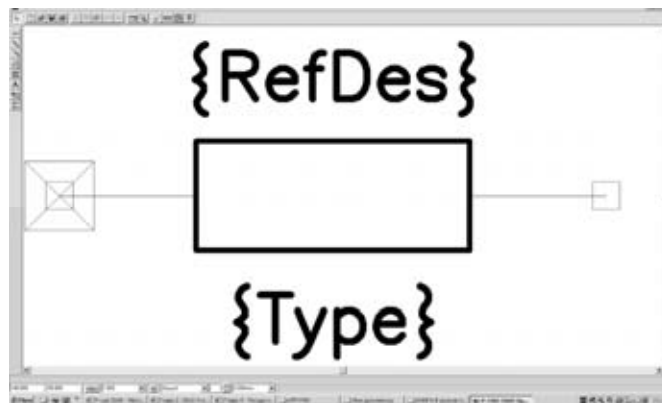


Рис.2.6.3

- Точку привязки переместить в центр УГО резистора. Выполнить команды Edit / Select. Поместив курсор в центр точки привязки, щелкнуть ЛК. Она выделится цветом. Нажать и удерживая ЛК, переместить точку привязки в центр УГО резистора.
- Поменять шрифт {RefDes} и {Type} на соответствующий ЕСКД. Для этого выделить поочередно первую, а затем вторую надписи. Нажать ПК и в выпадающем меню в **Properties** (Свойства) щелкнуть ЛК по кнопке **Text Styles**. И в списке шрифтов выбрать 3.5.
- Выполнить команду **Place Attribute** и в появившемся диалоговом окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**. В списке **Name** выделить **Value** (Значение). Нажать кнопку ОК. Установив курсор справа от УГО, щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рис.2.6.4.

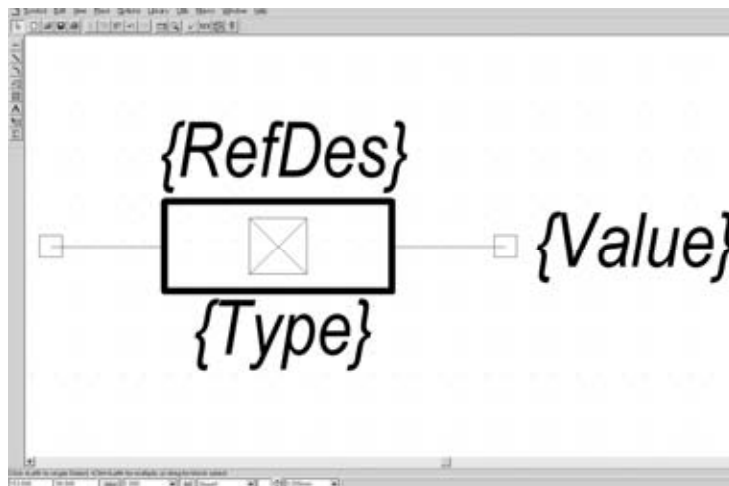


Рис.2.6.4

- Записать созданное УГО резистора в библиотеку с именем ЭРЭ.lib. Для этого выполнить команды **Symbol / Save**. В появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в следующем появившемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле **Symbol** набрать название элемента «Резистор» и нажать кнопку Ок (рис.2.6.5).

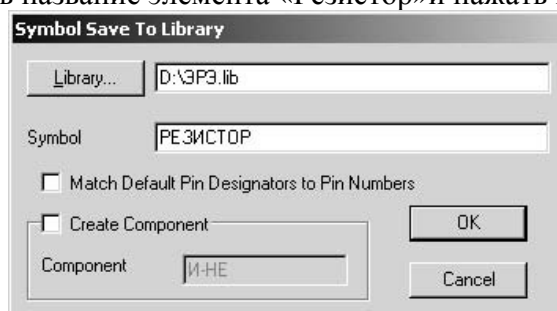


Рис.2.6.5

2.7. Создание УГО катушки индуктивности

В том случае, если программа **Symbol Editor** была закрыта, необходимо настроить ее конфигурацию (см. пункт 2.2.1). Если программа не закрывалась, то ее конфигурация сохранилась и можно сразу формировать УГО катушки индуктивности.

Порядок создания катушки индуктивности.

- Выполнить команды **Options/Grids** и установить сетки с шагом 1 мм 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» (рис.2.7.1).

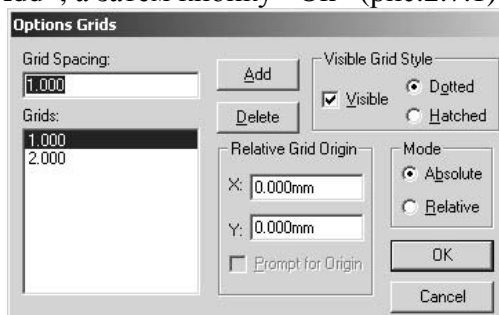


Рис.2.7.1

- Установить линию рисования 0,2 мм.
- Нарисовать виток контура УГО катушки индуктивности диаметром 2 мм.
Для этого выбрать текущую сетку с шагом 1 мм. По команде **Place Arc** (Установка дуги) установить курсор в точку с координатами (15, 15). Нажать ЛК и, не отпуская ее, пе-

рестив, прочерчивая хорду, курсор в точку с координатами (17, 15). Отпустить ЛК. В результате появится полукруг диаметром 2 мм с центром в точке (16, 15). Если надо получить зеркальное отображение полукруга, нажать клавишу буквы F. Щелкнуть ЛК.

Аналогично по команде **Place Arc** пририсовать еще три витка катушки индуктивности, устанавливая и перемещая последовательно курсор в точки с координатами: (17, 15) и (19, 15); (19, 15) и (21, 15); (21, 15) и (23, 15) (рис.2.7.2).

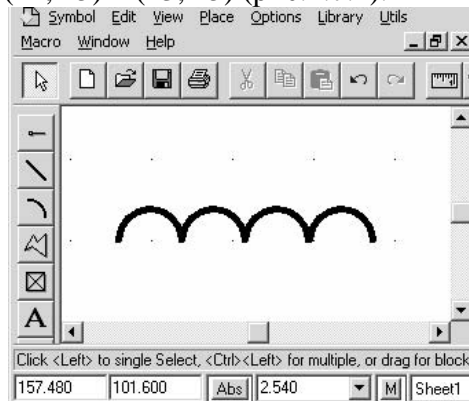


Рис.2.7.2

- 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 5мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None. Поля Default Pin Name, Default Pin Des не заполнять. Нажать на кнопку ОК. После этого поставить курсор в точку с координатами (15, 15), нажать ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод влево. Переведя курсор в координату (23, 15), нажать ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод вправо. Нажать ПК (рис.2.7.3).

- Установить точку привязки элемента.

Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор в точку с координатами (11, 15) и щелкнуть ЛК (рис.2.7.3).

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

Для этого необходимо 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 шрифт 2.5. Выравнивание текста Justification установить по центру. Нажать кнопку ОК. Курсор поставить в точку с координатами (18, 17) и щелкнуть ЛК.

Аналогично по команде **Place Attribute** в области Attribute Category назначить Component, а в области Name выбрать тип элемента - Туре. Установить курсор в точку с координатами (19, 14) и щелкнуть ЛК (рис.2.7.3).

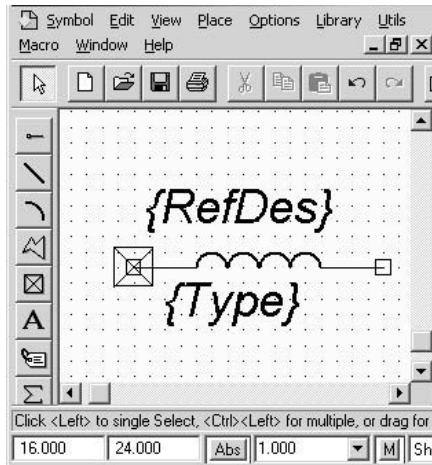


Рис.2.7.3

- Записать созданный элемент в библиотеку ЭРЭ.lib. Для этого выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть по кнопке Library. В следующем окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Symbol набрать имя элемента «Катушка» и нажать кнопку ОК (рис.2.7.4).



Рис 2.7.4

2.8. Создание УГО конденсатора

В том случае, если программа **Symbol Editor** была закрыта, необходимо выполнить все установки ее конфигурации, проведенные в пункте 2.2.1. Если программа не закрывалась, то конфигурация сохранилась и можно сразу приступить к формированию УГО конденсатора.

Порядок создания УГО конденсатора.

- Нарисовать обкладки конденсатора как две вертикальные линии. Для этого выполнить команду **Place Line** (текущая сетка должна быть с шагом 1 мм). Установить курсор в точку с координатами (19, 29) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (19, 37) и щелкнуть ЛК, а затем ПК. Поставить курсор в точку (21, 37) и щелкнуть ЛК. Переместив курсор в точку (21, 37), щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.2.8.1).

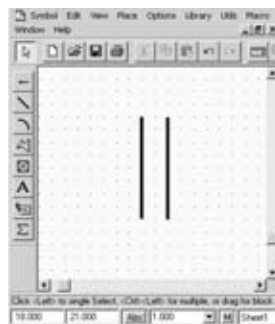


Рис.2.8.1

- 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 5мм. В областях Inside Edge, Outside Edge, Inside, Outside установить значение None. В поле Default Pin Des ввести 1. Нажать на кнопку ОК. Поставить курсор в точку (19, 33), нажать

ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод влево. Отпустить и снова нажать ЛК. Вновь появится окно Place Pin. В поле Default Pin Des ввести 2. Нажать на ОК. Установить курсор в точку (21, 33), щелкнуть ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод вправо. Отпустить ЛК.

- Установить точку привязки конденсатора. Выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор в центр УГО с координатами (20, 33) и щелкнуть ЛК (рис.2.8.2).

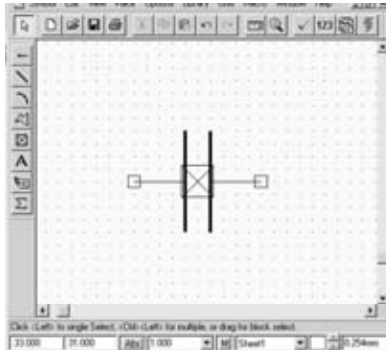


Рис.2.8.2

- Ввести атрибуты элемента.

Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в области Attribute Category выбрать Component, а в области Name - RefDes. Установить шрифт 2.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор над УГО в точку с координатами (20, 40) и щелкнуть ЛК. Вновь выбрать команду Place Attribute. В появившемся окне в области Attribute Category снова выбрать Component, а в области Name - Type. Установить шрифт 2.5. Выравнивание Justification сохранить таким же - по центру. Нажать ОК. Установить курсор под УГО в точку (20, 27), щелкнуть ЛК. Затем аналогично справа от УГО установить Value. Полученный результат представлен на рис.2.8.3.

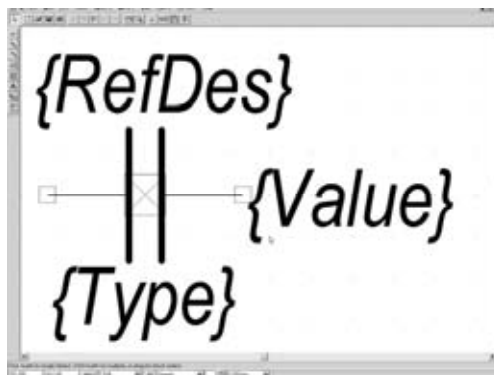


Рис.2.8.3

- Записать созданное УГО конденсатора в библиотеку с именем ЭРЭ.lib. Для этого необходимо выполнить команду **Save**. В появившемся окне щелкнуть по кнопке Library, и в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Symbol набрать имя элемента «Конденсатор» и нажать кнопку ОК (рис.2.8.4).



Рис.2.8.4

2.9. Создание УГО электрического соединителя ОН-КС-10

В том случае, если программа **Symbol Editor** была закрыта, необходимо ее запустить и настроить конфигурацию (см. пункт 2.2.1). Если программа не закрывалась, то ее конфигурация сохранилась и можно сразу формировать УГО электрического соединителя. Для этого необходимо:

- Выполнить команды **Options/Grids** и установить сетки с шагом 0.5 мм и 1.0 мм.

Для этого в окне **Options Grids** в области **Grids Spacing** последовательно ввести шаги сетки 0.5 и 1.0 мм. Нажать кнопку «Add», а затем кнопку «Ok» (рис.2.9.1).

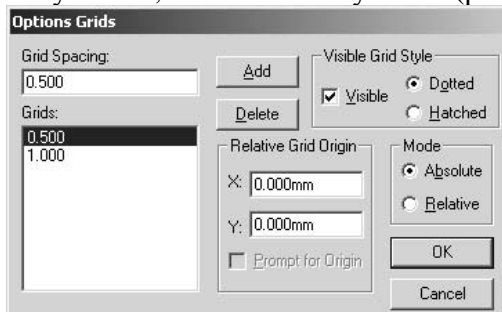


Рис.2.9.1

- Линию рисования установить 0.2 мм.
- Нарисовать прямоугольный контур УГО электрического соединителя. Для этого выбрать текущую сетку с шагом 0.5 мм. По команде **Place Line** установить курсор в 1-ю точку с координатами (15, 15) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор во 2-ю точку с координатами (37.5, 15) и щелкнуть ЛК. Затем, сместив курсор в 3-ю точку с координатами (37.5, 20), щелкнуть ЛК. Перевести курсор в 4-ю точку прямоугольника - (15, 20) и щелкнуть ЛК. И, наконец, вновь установить курсор в 1-ю точку с координатами (15, 15), щелкнуть ЛК, а затем ПК.

Теперь необходимо нарисовать вертикальную разделительную линию в УГО электрического соединителя. Для этого установить курсор в точку с координатами (20, 20) и щелкнуть ЛК. Затем перевести его в точку (20, 15) и щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.2.9.2).

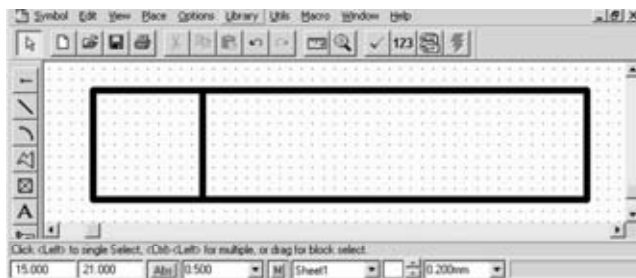


Рис.2.9.2

- Установить вывод соединителя.

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 5мм. В областях **Inside Edge**, **Outside Edge**, **Inside**, **Outside** установить значение **None**. В поле **Default Pin Name** ввести имя вывода – 1, а поле **Default Pin Des** – не заполнять. Нажать на кнопку **OK**. Поставить курсор в точку с координатами (15, 17.5), нажать ЛК и, не отпуская ее, клавишей **R** сориентировать вывод влево.

- Установить точку привязки элемента.

Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор в точку с координатами (10, 17.5) и щелкнуть ЛК (рис.2.9.3).

- 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 шрифт 2.5. Выравнивание текста Justification установить по центру. Нажать кнопку ОК. Курсор поставить над соединителем и щелкнуть ЛК, затем теми же командами выбрать **Type** и разместить его под соединителем (рис.2.9.3).

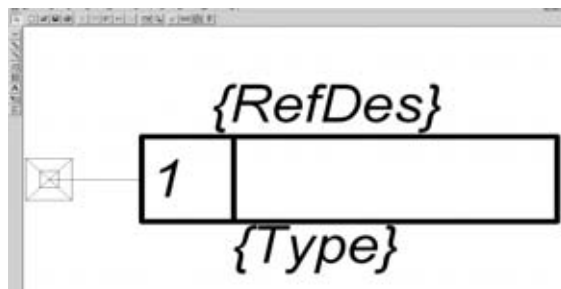


Рис.2.9.3

- Записать созданный элемент в библиотеку элементов ЭРЭ.lib.

Для чего необходимо выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть по кнопке Library, где в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Symbol набрать имя элемента «Соединитель» и нажать кнопку ОК (рис.2.9.4).

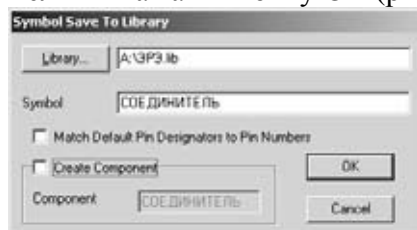


Рис 2.9.4

2.10. Создание УГО символа «Корпус»

В том случае, если программа **Symbol Editor** была закрыта, необходимо ее запустить и настроить конфигурацию (см. пункт 2.2.1). Если программа не закрывалась, то ее конфигурация сохранилась и можно сразу формировать УГО символа «Корпус».

- Установить шаг сетки равным 1мм. 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 (рис.2.10.1).



Рис.2.10.1

- Линию рисования установить 0,2 мм.
- Нарисовать УГО символа «Корпус». Для этого выбрать текущую сетку с шагом 1 мм. По команде **Place Line** установить курсор, например, в точку с координатами (15, 15) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку с координатами (23, 15) и вновь щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.2.10.2).



Рис.2.10.2

- Установить вывод на символ «Корпус».

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 5мм. 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 в точку с координатами (19, 15), нажать ЛК и, не отпуская ее, клавишей R сориентировать вывод вверх.

- Установить точку привязки элемента.

Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поместить курсор в точку с координатами (19, 20) и щелкнуть ЛК.

• 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 шрифт 2.5. Выравнивание текста Justification установить по центру. Нажать кнопку ОК. Курсор установить над точкой привязки и щелкнуть ЛК (рис.2.10.3). Тип можно не задавать.

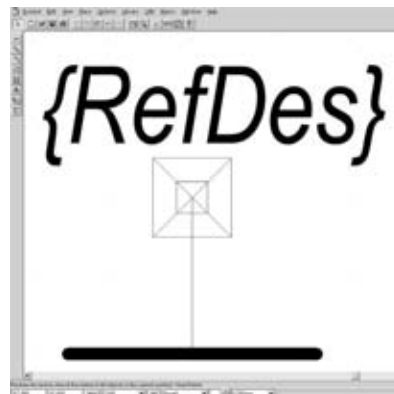


Рис.2.10.3

- Записать созданный элемент в библиотеку элементов ЭРЭ.lib.

Для этого выполнить команду **Save** и в появившемся окне щелкнуть по кнопке Library, где в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Symbol набрать название элемента «Корпус» и нажать кнопку ОК (рис.2.10.4).



Рис 2.10.4

Итак, все условные графические обозначения элементов исходной электрической схемы (рис.1.2) созданы. Можно приступить к следующей процедуре проектирования – разработке посадочных мест на печатной плате.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение редактора P-CAD Symbol Editor.
2. Поясните назначение пиктограмм на панели инструментов.
3. Объясните назначение полей в нижней части экрана.
4. Как создается библиотека УГО элементов?
5. Каким образом настраивается конфигурация программы Symbol Editor?
6. Последовательностью каких команд задается шаг сетки?
7. Какова последовательность действий при создании УГО ЭРЭ?
8. Как выполняется вычерчивание контура ЭРЭ в форме прямоугольника?
9. Как выполняется вычерчивание контура ЭРЭ в форме круга?
10. Как выполняется вычерчивание контура ЭРЭ типа индуктивность?
11. Какими командами выполняется размещение полигона?
12. В каком диалоговом окне задаются характеристики выводов ЭРЭ?
13. В каких окнах диалога задаются название и номер вывода?
14. Как устанавливается новый вид шрифта?
15. Каков порядок ввода текста при создании УГО элементов?
16. Каким образом выполняется выравнивание текста?
17. В каких полях диалогового окна задается тип вывода?
18. Как задается длина вывода?
19. С помощью каких команд устанавливается точка привязки элемента?
20. Какими командами задаются атрибуты элементов?
21. Каким образом скрываются названия или номера выводов?
22. Как измерить расстояние или длину отрезка?
23. Каким образом производится запись сформированного УГО элемента?

УРОК №3

ТЕМА: РАЗРАБОТКА ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ ДЛЯ МОНТАЖА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (видеоролик 2)

Цель занятия – изучение методики разработки посадочных мест на печатных платах средствами редактора **P-CAD Pattern Editor**; овладение практическими навыками разработки посадочных мест для конструктивных элементов РЭС.

3.1. Основные 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» и «Pattern Editor». В том случае, если на компьютере запущена одна из программ P-CAD, 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 Pattern Editor** запустит программу. При этом действующая программа не закроется, а только свернется и к ней всегда можно будет вернуться. Экран графического редактора **P-CAD Pattern Editor** представлен на рис.3.1.1.

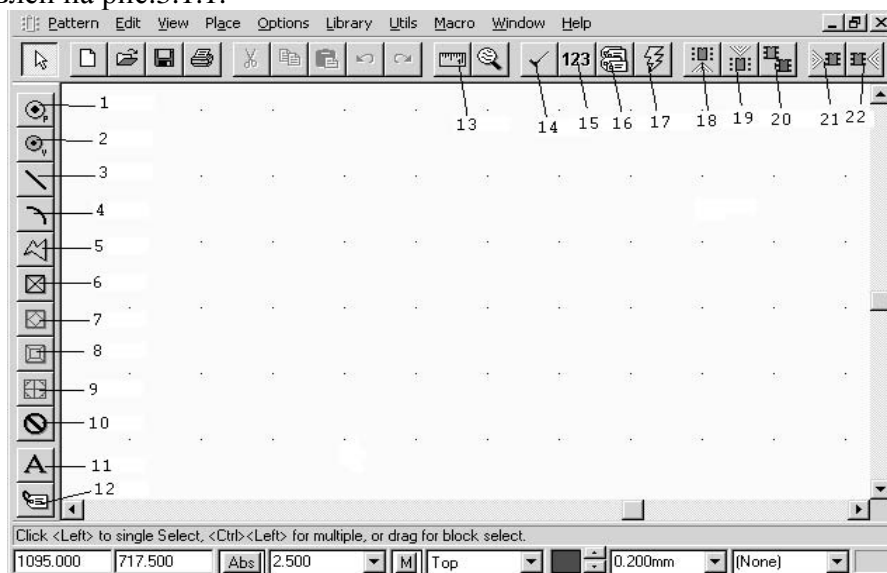


Рис.3.1.1

Пиктограммы меню инструментов следующие.

1. Place Pad – размещение стека контактных площадок;
2. Place Via - размещение переходного отверстия;
3. Place Line – размещение линии;
4. Place Arc – размещение дуги;
5. Place Polygon – размещение площади (полигона);
6. Place Ref Point – размещение точки привязки посадочного места элемента;
7. Place Glue Point – размещение точки приклеивания корпуса элемента к плате;
8. Place Pick Point – размещение точки привязки корпуса элемента;

9. Place Test Point – размещение тестовой точки;
10. Place Keepout – размещение запретной области (барьера);
11. Place Text – размещение текста;
12. Place Attribute – размещение атрибутов;
13. Edit Measure – измерение расстояния;
14. Utils Validate – проверка корректности создания символа компонента;
15. Utils Renumber – перенумерация выводов;
16. Symbol Attribute – просмотр атрибутов;
17. Symbol Wizard – мастер (заготовка) быстрого создания ПМ;
18. Add Pattern Graphics – добавление альтернативного изображения корпуса элемента;
19. Remove Pattern Graphics – удаление альтернативного изображения корпуса элемента;
20. Rename Pattern Graphics – переименование изображения;
21. Next Pattern Graphics – следующее изображение корпуса;
22. Previous Pattern Graphics – предыдущее изображение корпуса.

3.2. Создание посадочного места для микросхемы 133ЛА6 с планарными выводами

Для создания ПМ микросхемы необходимо выполнить следующие операции.

- Загрузить редактор **Patter Editor**.
- Настроить конфигурацию графического редактора.

1). Для чего выполнить команды **Options/Configure**. Появляется диалоговое окно Options Configure. В этом окне в области Units (Единицы) выбрать mm – миллиметры, как основную систему единиц, в области Workspace Size (Размер рабочего поля) задать значение ширины Width равное 210 мм и высоты - Height равное 297 мм. Остальные поля можно оставить без изменения (рис. 3.2.1). Нажать кнопку ОК.

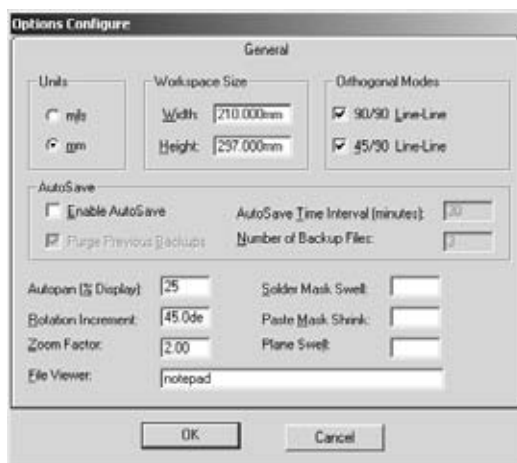


Рис. 3.2.1

2). Установить новую сетку графического редактора с шагом, кратным расстоянию между выводами микросхемы, например, равным 1,25 мм. Для чего выполнить команды **Options/Grids**. Появляется одноименное диалоговое окно Options Grids. В области Grid Spacing набрать на клавиатуре 1.25 и щелкнуть по кнопке Add (рис. 3.2.2.). Щелкнуть по кнопке ОК.

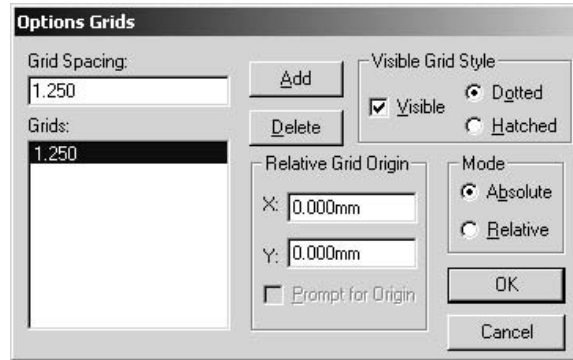


Рис. 3.2.2

3). Установить курсор в точку с координатами (10, 10) и нажать на клавишу плюс клавиатуры, приближающую область рисования.

4). Установить текущую линию рисования. Выполнить команды **Options/Current Line**. В открывшемся диалоговом окне **Options Current Line** (Установка используемой линии) в поле Line Width (Ширина линии) набрать новую ширину линии 0,2 мм и нажать кнопку Add (рис. 3.2.3.), а затем кнопку ОК.

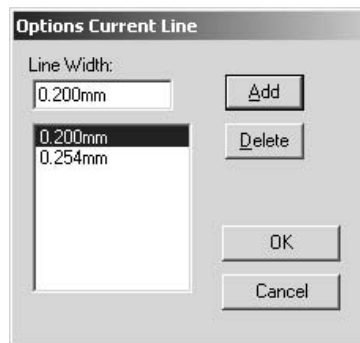
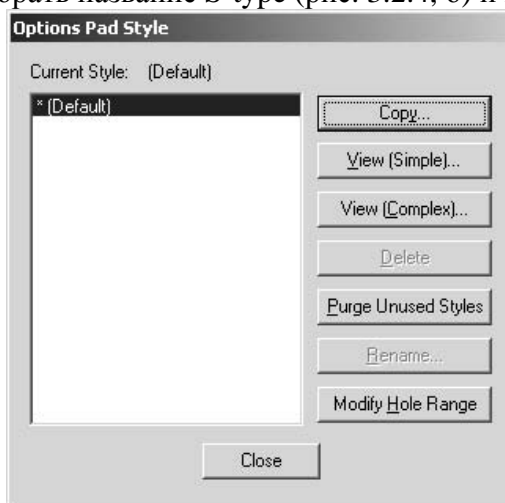


Рис. 3.2.3

Порядок создания посадочного места

- Выполнить команды **Options/Pad Style** (Установка параметров контактной площадки (КП)). В одноименном окне в списке **Current Style** (Используемые параметры) обычно имеется лишь один тип **Default** (По умолчанию) (рис.3.2.4, а). Для формирования необходимых в проекте типов КП нажать кнопку **Copy** (Создание). В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** (Создание КП) в поле **Pad Name** (Название КП) набрать название S-type (рис. 3.2.4, б) и нажать кнопку ОК.



а)



б)

Рис. 3.2.4

В диалоговом окне **Copy Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип **S-type** и нажать кнопку **Modify (Complex)** (Сложная модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** в списке **Layers** (Слои) выбрать слой **Top** (Верхний) и установить для него прямоугольную форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** (Форма) выбрать значение **Rectangle** (Прямоугольник), установить размеры прямоугольника, равные по высоте (**Height**) 0,8 мм и по ширине (**Width**) 2,1 мм и нажать кнопку **Modify** (Модифицировать).

Убрать параметры сверления контакта. В поле **Hole** в окне **Diameter** установить диаметр сверления равный нулю. Выключение опции **Prohibit Copper Pour Connections** предотвращает соединение между КП и областью металлизации на определённом слое. В поле **Plane Swell** задают значение зазора между областями металлизации и неподсоединёнными к ним КП и ПО. Результат представлен на рис. 3.2.5.

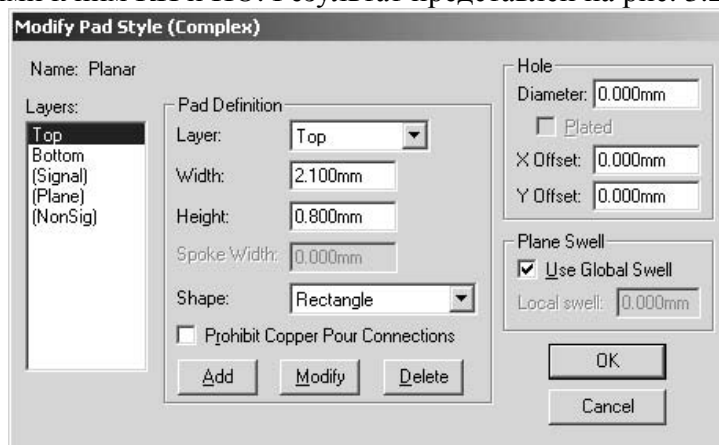


Рис. 3.2.5

В списке **Layers** выбрать нижний слой (**Bottom**) и установить для него нулевые размеры по высоте (**Height**) и по ширине (**Width**) и нажать кнопку **Modify**. Аналогично выполнить настройку нулевых размеров контактной площадки для сигнального слоя (**Signal**) и для слоев внутренней проводимости (**Plane** – земли и питания и **Non Signal** – вспомогательных). Нажать кнопку **OK**.

В диалоговом окне **Options Pad Style** рабочим настроить **S-type**. Для этого нужно дважды щелкнуть ЛК по имени **S-type** в списке.

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

Вначале установить курсор в точку с координатами (10;17,5) и щелкнуть ЛК. В результате появится первая контактная площадка прямоугольной формы.

Затем аналогично установить остальные тринадцать КП. Для этого поставить курсор в точку с координатами (10;16,25) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (10;15) и щелкнуть ЛК. И так далее в точках с координатами: (10;13,75), (10;12,5), (10;11,25), (10;10), (21,25;10), (21,25;11,25), (21,25;12,5), (21,25;13,75), (21,25;15), (21,25;16,25) и (21,25;17,5). В завершение щелкнуть ЛК, а затем ПК. Результат представлен на рис. 3.2.6.

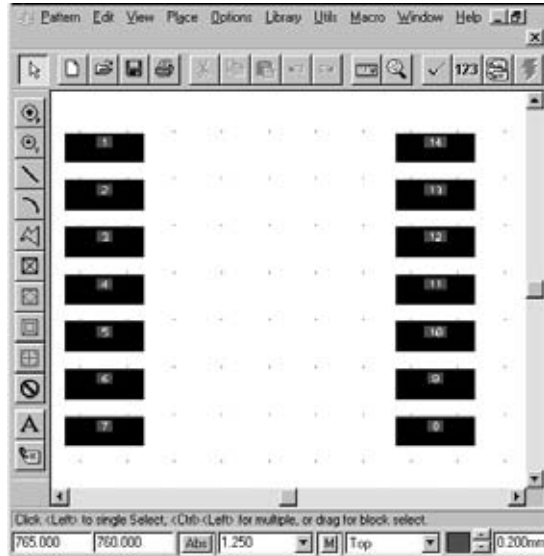


Рис. 3.2.6

- В строке параметров открыть список слоев и рабочим выбрать слой **Top Silk** (Верхний маркировочный) (рис. 3.2.7).



Рис. 3.2.7

- Начертить контур микросхемы. Для этого выполнить команду **Place Line**. Установить курсор в первую точку пятиугольника (координаты (11,25; 17,5)) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор во вторую точку (11,25; 8,75) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в третью точку (20; 8,75) и щелкнуть ЛК. Затем в четвертую точку (20; 18,75) и ЛК, далее в пятую точку с координатами (12,5; 18,75) и ЛК. И снова перевести курсор в первую точку (11,25; 17,5) и щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис. 3.2.8).

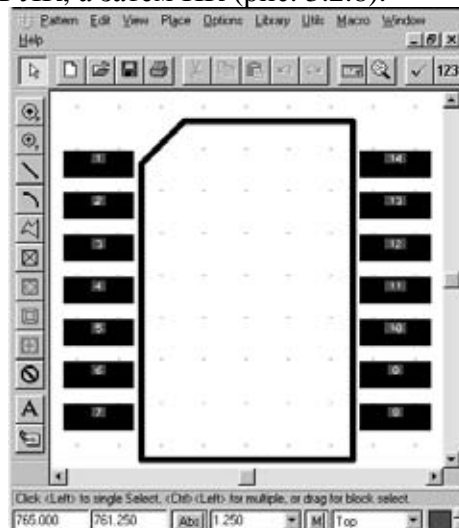


Рис. 3.2.8

- В строке параметров открыть список слоев и рабочим выбрать слой **Top**.
- Перенумеровать контакты. Для этого 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 кнопку ОК. После этого поочередно щелкнуть клавишей ЛК в центре каждой КП. Изменится цвет КП. Щелкнуть ПК.

- Снова выполнить команды **Utils/ReNUMBER**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** выбрать теперь **Default Pin Designator**, установить Starting Pin Des и Increment Value равными единице. После этого поочередно щелкнуть клавишей ЛК в центре каждой КП. В результате должен измениться цвет номеров КП. Щелкнуть ПК.

- Ввести точку привязки элемента. По команде **Place Ref Point** переместить курсор в точку с координатами (10; 17,5) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.

- В строке параметров открыть список слоев и рабочим выбрать слой **Top Silk**. Задать размер шрифта. Для этого выполнить команды **Options / Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести новый шрифт 3.5. Для него установить настройки: для этого выделить его название в списке и нажать клавишу **Properties** (Свойства).

В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** (рис.3.2.9) поставить флажок возле **Allow True Type**. Затем нажать кнопку **Font**. В открывшемся диалоговом окне в области «Шрифт» выбрать, например, «**GOST type B**». В области «Набор символов» в выпадающем списке выбрать «Кириллица». В области «Начертание» выбрать «Курсив». Нажать кнопку ОК. Подтвердить изменение шрифта. Для этого во вновь открывшемся окне **Text Style Properties** в области **Display** установить **True Style Font**. Нажать кнопку ОК.

В окне **Options Text Style** для выбора сформированного шрифта щелкнуть два раза по названию 3.5.

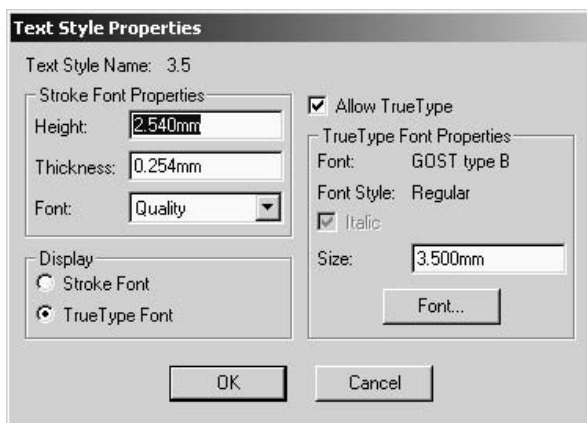


Рис. 3.2.9

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента. Для этого выбрать рабочим слой **Top Assy**.

Выполнить команду **Place Attribute**. Откроется диалоговое окно **Place Attribute** (Размещение атрибутов). В нем в списке **Attribute Category** (Категория признака) выбрать **Component** (Компонент). В списке **Name** (Название) выбрать **RefDes** (Позиционное обозначение).

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

Установить курсор в точку с координатами (13,75; 18,75) и щелкнуть ЛК, а затем ПК. Вновь щелкнуть ЛК, в результате вновь появится диалоговое окно **Place Attribute**.

Выбрать в нем в списке Attribute Category назначение **Component**. В списке Name - **Type**. В открывающемся списке **Text Style** задать шрифт 3.5.

Выравнивание текста Justification задать по вертикали и по горизонтали – центр. Нажать ОК. Установить курсор в точку с координатами (15; 13,75), нажать и удерживать ЛК. Нажать клавишу буквы R для разворота атрибута на 90°. Результат показан на рис.3.2.10.

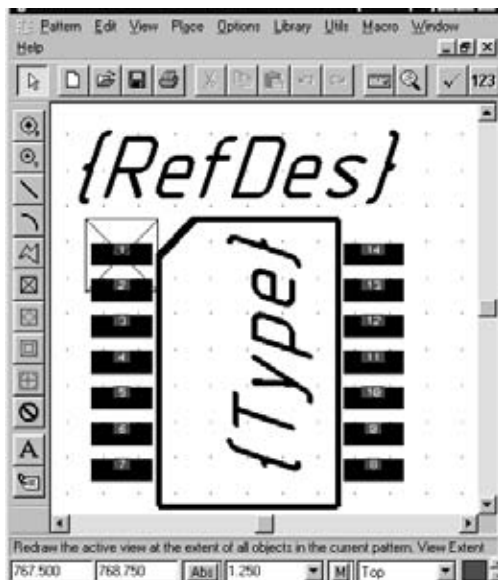


Рис. 3.2.10

Примечание. Если изображение элемента необходимо воспроизвести на сборочном чертеже, то позиционное обозначение **RefDes** и контур ЭРЭ целесообразно задавать на верхнем графическом слое **Top Assy**, а на верхнем слое платы **Top Silk** (и/или нижнем слое **Bot Silk**) краской наносится контур корпуса ЭРЭ.

- 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**, в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib.

Выключить метку занесения информации в библиотеку как отдельного элемента (Create Component). В поле **Pattern** набрать тип корпуса элемента 401.14 (рис. 3.2.11) и нажать кнопку ОК.



Рис. 3.2.11

3.3. Создание посадочного места для микросхемы K511ПУ2 со штыревыми выводами

Для этого необходимо выполнить следующие операции.

- Загрузить редактор **Patter Editor**.
- Настроить конфигурацию графического редактора.

1). Для чего выполнить команды **Options/Configure**. Появляется диалоговое окно **Options Configure**. В этом окне в области Units «выбрать» **mm** – миллиметры, как основную систему единиц, в поле **Workspace Size** задать значение ширины Width равное 210 и высоты - Height равное 297. Остальные поля оставить без изменения (рис. 3.3.1). Нажать кнопку ОК.

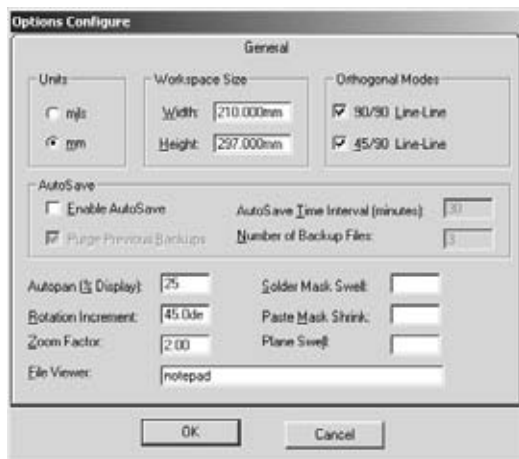


Рис. 3.3.1

2). Выполнить команды **Options/Grids**. Появится одноименное диалоговое окно **Options Grids**. В этом окне установить новую сетку графического редактора с шагом, равным 1,25 мм. (для этого в области Grid Spacing набрать на клавиатуре 1.25 и нажать кнопку Add) (рис. 3.3.2.). Нажать кнопку ОК.

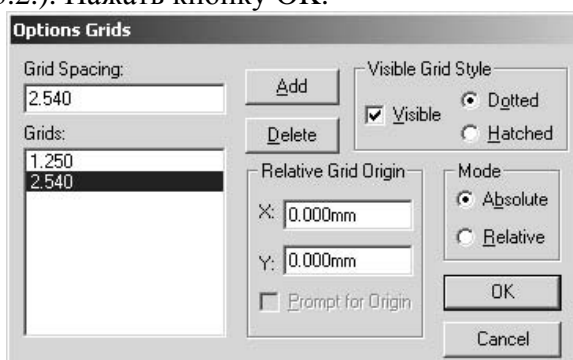


Рис. 3.3.2

3). Установить курсор в точку с координатами (10, 10) и нажать на клавишу плюс клавиатуры, приближающую область рисования.

4). Установить текущую линию рисования. Выполнить команды **Options/Current Line**. В открывшемся диалоговом окне **Options Current Line** в поле Line Width набрать ширину линии 0.2 мм и нажать кнопку Add (рис. 3.3.3.), а затем кнопку ОК.

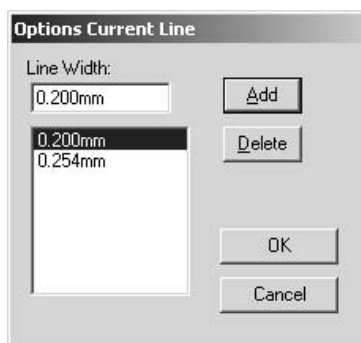


Рис. 3.3.3

Порядок создания посадочного места

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В одноименном окне в списке Current Style обычно имеется лишь один тип КП Default (По умолчанию) (рис. 3.3.4, а).

Для формирования необходимых типов КП нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле Pad Name набрать название нового типа, например, E-type1 (рис. 3.3.4, б) и нажать кнопку ОК.

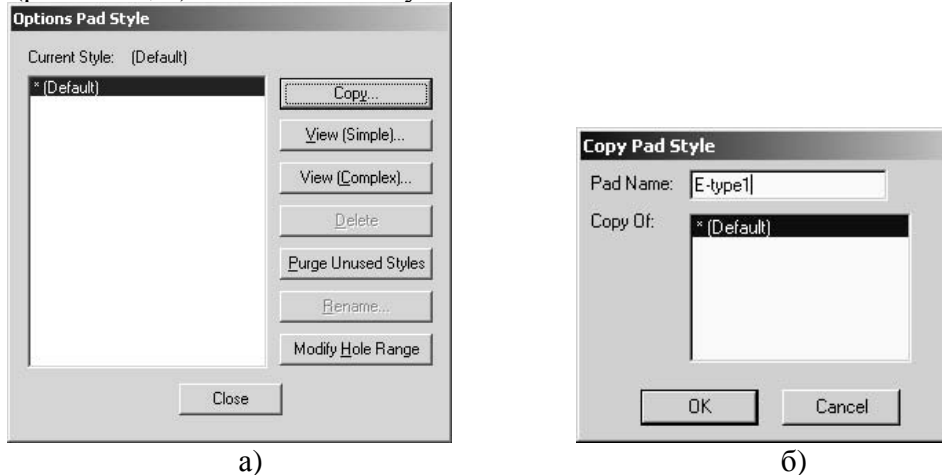
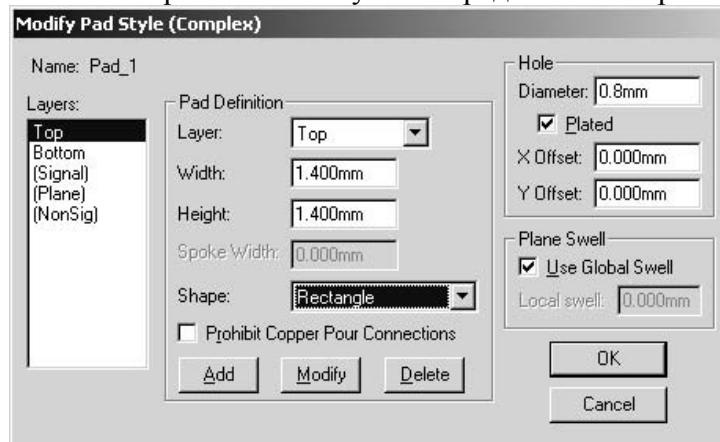


Рис. 3.3.4

В диалоговом окне **Copy Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип E-type1 и нажать кнопку **Modify (Complex)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** в списке **Layers** (Слой) выбрать слой **Top** (Верхний) и установить для него прямоугольную форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** (Форма) выбрать значение **Rectangle** (Прямоугольник), установить размеры, равные по высоте (Height) 1,4 мм и по ширине (Width) 1,4 мм и нажать кнопку **Modify** (модифицировать).

Установить параметры сверления контакта. В поле **Hole** задать диаметр сверления (Diameter), равный 0,9 мм. Включение опции **Plated** отображает на фотошаблоне изображение отверстия в штыревой КП. Результат представлен на рис. 3.3.5.



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 кнопку ОК.

В диалоговом окне **Options Pad Style** настроить тип КП E-type1 по умолчанию (рабочим типом). Для этого нужно дважды щелкнуть ЛК по названию типа E-type1 в списке.

- Для формирования круглых КП выполнить команды **Options/Pad Style**. Далее нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать название нового типа E-type2 (рис.3.3.6, б) и нажать кнопку ОК.

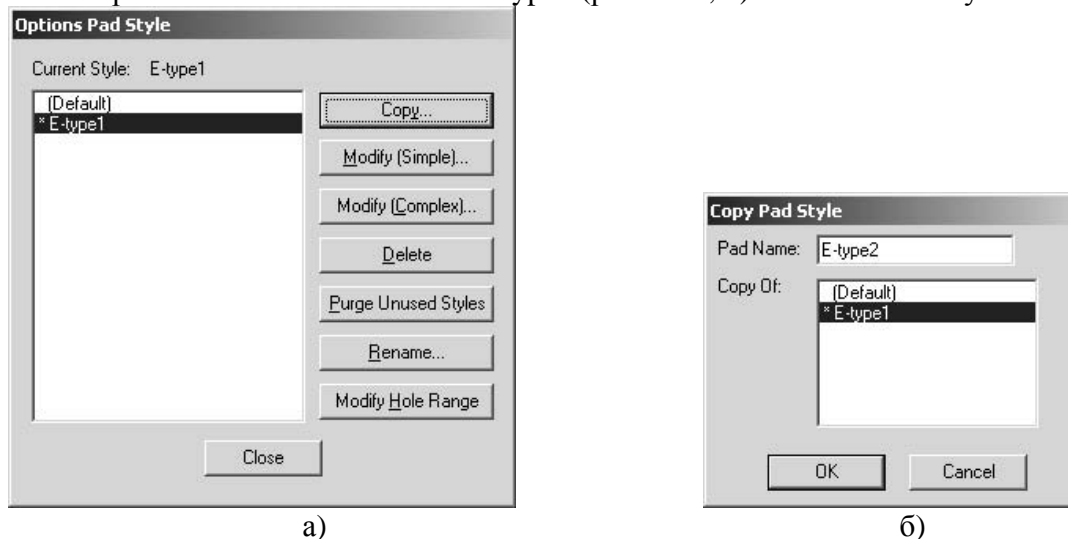


Рис. 3.3.6

В диалоговом окне **Copy Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип

E-type2 и нажать кнопку **Modify (Complex)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** в списке **Layers** выбрать слой **Top** и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** в открывающемся списке **Shape** выбрать название **Ellipse** (Эллипс), установить размеры, равные по высоте (Height) 1,4 мм и по ширине (Width) 1,4 мм и нажать кнопку **Modify** (Модифицировать).

Установить параметры сверления контакта. В поле Hole в окне **Diameter** задать диаметр сверления равный 0,9 мм. Результат представлен на рис.3.3.7.



Рис. 3.3.7

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 на посадочное место микросхемы. Для этого выполнить команду **Place Pad**.

Сначала следует установить первую контактную площадку квадратной формы. Для этого установить курсор в точку с координатами (10;25) и щелкнуть ЛК. В результате появится первая контактная площадка квадратной формы.

- Затем необходимо установить остальные тринадцать КП, но уже круглой формы. Выполнить команды **Options/Pad Style**. В диалоговом окне **Options Pad Style** рабочим настроить тип E-type2. Для этого нужно дважды щелкнуть ЛК по названию типа E-type2 в списке.

Поставить курсор в точку с координатами (10;22,5) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (10;20) и щелкнуть ЛК. И так далее в точках с координатами: (10;17,5), (10;15), (10;12,5), (10;10), (17,5;10), (17,5;12,5), (17,5;15), (17,5;17,5), (17,5;20), (17,5;22,5) и (17,5;25). В завершение щелкнуть ЛК, а затем ПК. Результат представлен на рис. 3.3.8.

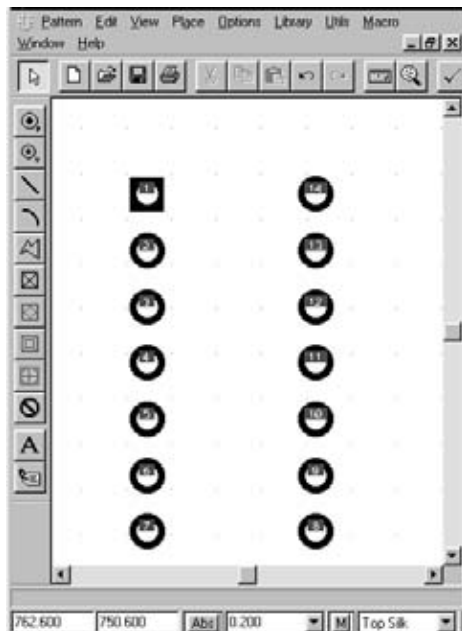


Рис. 3.3.8

- В строке параметров открыть список слоев и выбрать рабочим слой **Top Silk** (рис. 3.3.9).

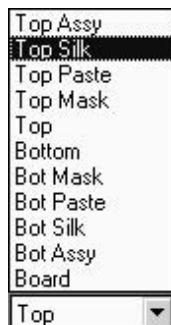


Рис. 3.3.9

- Начертить контур микросхемы. Для этого выполнить команду **Place Line**. Установить курсор в первую точку с координатами (11,25; 26,5) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор во вторую точку (11,25; 8,75) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в 3-тью точку (16,25; 8,75) и щелкнуть ЛК. Затем в 4-ую точку (16,25; 26,25) и ЛК. Далее перевести курсор в первую точку (11,25; 16,25) и щелкнуть ЛК. После этого в точку с координатами (13,75; 23,75) и ЛК. Снова перевести курсор в 4-ую точку (16,25; 26,25) и щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис. 3.3.10).

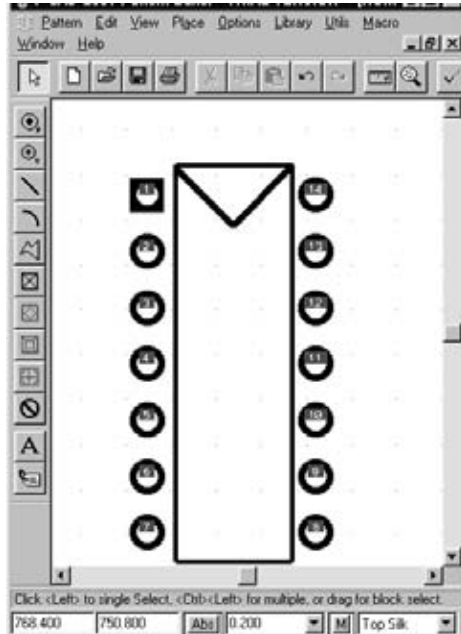


Рис. 3.3.10

- В строке параметров открыть список слоев и выбрать рабочим 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 начиная с 1-й КП поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Они изменят свой цвет. Щелкнуть ПК.
 - Снова выполнить команды **Utils/Renumber**. В открывшемся диалоговом окне в поле **Type** теперь выбрать **Default Pin Designator**, установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Номера КП изменят цвет. Щелкнуть ПК.
 - Ввести точку привязки элемента. По команде **Place Ref Point** переместить курсор в точку с координатами (10; 25) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.
 - Задать размер шрифта. Вначале в строке параметров открыть список слоев и рабочим выбрать слой **Top Assy**. Затем выполнить команды **Options/Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** и ввести тип **3.5**. Для этого шрифта изменить настройки (выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**).
- В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** (рис.3.3.11) 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 окне **Text Style Properties** в поле Display выбрать **True Type Font**. Нажать ОК. Щелкнуть два раза по названию шрифта 3.5.

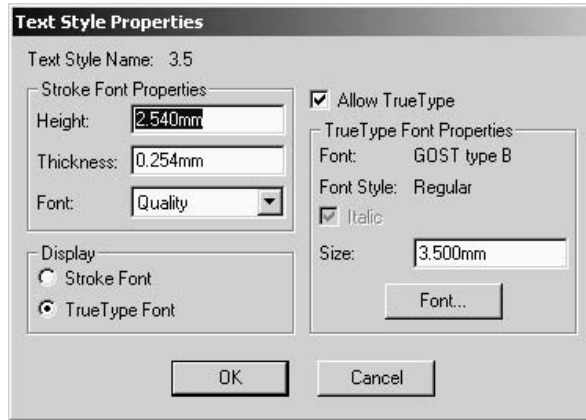


Рис. 3.3.11

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента. Для этого выполнить команду **Place Attribute**. Откроется диалоговое окно **Place Attribute**. В нем в списке **Attribute Category** выбрать **Component**. В списке **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 в точку с координатами (13,75; 27,5) и щелкнуть ЛК, затем ПК. Вновь щелкнуть ЛК, в результате вновь появится диалоговое окно **Place Attribute**. Выбрать в нем в списке **Attribute Category** - **Component**. В списке **Name** - **Type**. В открывающемся списке **Text Style** задать тип **3.5**. Выравнивание текста **Justification** задать по вертикали и по горизонтали – центр. Нажать кнопку ОК.

Установить курсор в точку с координатами (13,75; 17,5), нажать и удерживать ЛК. Нажать клавишу буквы R для разворота атрибута на 90°. Результат показан на рис.3.3.12.

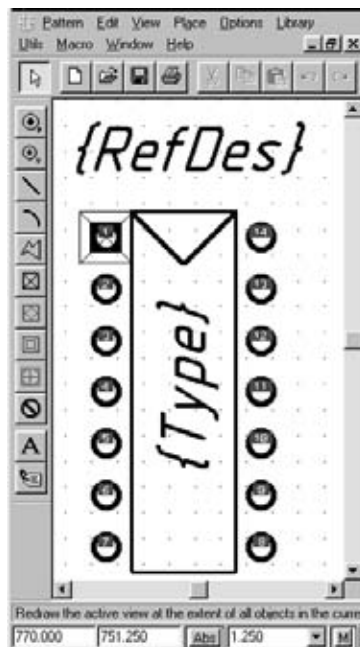


Рис. 3.3.12

- 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 ЭРЭ.lib.

Выключить метку занесения информации в библиотеку как отдельного элемента (Create Component). В поле **Pattern** набрать тип корпуса ИМС **DIP-14** (рис. 3.3.13) и нажать ОК.

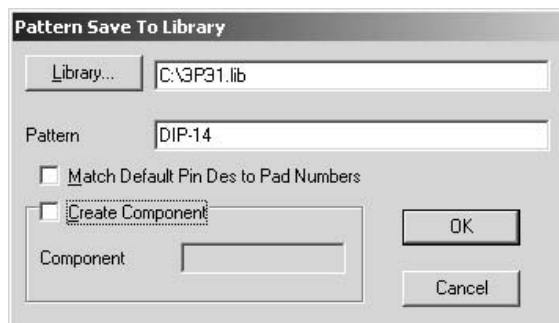


Рис. 3.3.13

3.4. Создание посадочного места транзистора КТ3102Г

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 3.2, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места транзистора КТ3102Г с круглыми КП диаметром 1.9 мм и отверстием 1.3 мм.

Порядок создания ПМ транзистора КТ3102Г.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке Current Style отсутствует необходимый тип КП. Для формирования необходимого типа КП нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать название нового типа Кр1.9/1.3 и нажать кнопку ОК (рис.3.4.1).



Рис.3.4.1

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип Кр1.9/1.3 и нажать кнопку **Modify (Simple)** (Простая модификация). В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (Тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса **Height** (Высота) и **Width** (Ширина) равными 1.9 мм диаметр задать в поле **Hole** равным 1.3 мм (рис.3.4.2).

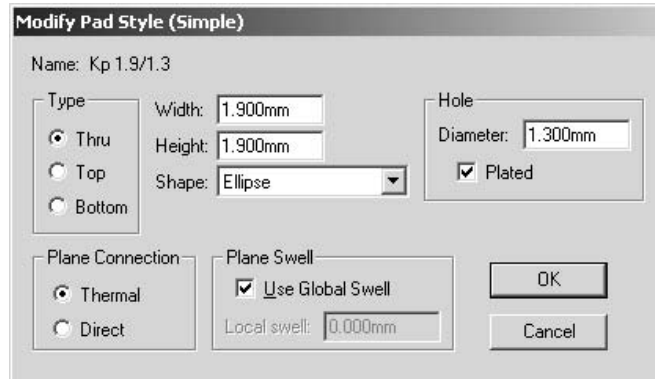


Рис.3.4.2

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать тип КП Кр1.9/1.3 (рис.3.4.3).



Рис.3.4.3

- Выполнить команду **Place Pad**. В появившемся окне **Place Pad** поставить 1 в поле **Starting Pad Number** и 1 в поле **Increment Pad Number**(рис.3.4.4).

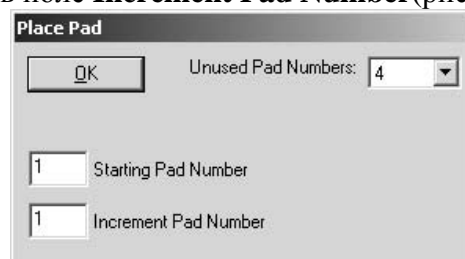


Рис. 3.4.4

Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (7.5, 7.5) и щелкнуть ЛК, наконец, установить курсор в точку (10, 10) щелкнуть ЛК, затем ПК. Будут установлены контактные площадки под выводы транзистора (рис.3.4.5).

- 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 кнопку ОК (рис.3.4.6). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Они изменят цвет. 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.

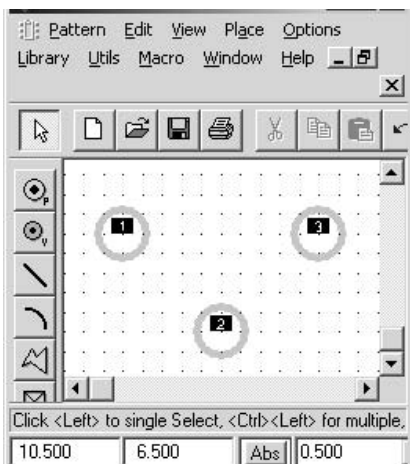


Рис.3.4.5



Рис.3.4.6

- Нарисовать прямоугольный контур транзистора.

Для этого, установить рабочим слой **Top Silk**. Выполнить команду **Place Line**. Поставить курсор в 1-ю точку (3.5, 7) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор во 2-ю точку (11.5, 7), щелкнуть ЛК. Установить курсор в 3-ю точку (11.5, 10.5), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 4-ю точку (3.5, 10.5) и щелкнуть ЛК. Наконец, вновь переместить курсор в 1-ю точку (3.5, 7) щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.3.4.7).

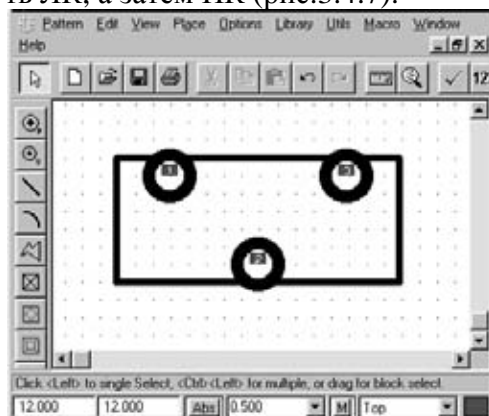


Рис. 3.4.7

- Установить точку привязки элемента. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента. Для этого выбрать слой **Top Assy**.

Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в списке **Name** – **RefDes**. Установить тип шрифта 3.5. Выравнивание **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (7.5, 13) и щелкнуть ЛК.

Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**. В области **Name** выбрать **Type**. Установить шрифт 3.5. Выравнивание **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку (7.5, 5), щелкнуть ЛК, затем ПК. Полученный результат представлен на рис 3.4.8.

- Записать в библиотеку посадочное место транзистора КТ3102Г. Для этого выполнить команды **File/Save**. В появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в от-

крывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Pattern набрать имя элемента «КТ3102Г» и нажать кнопку ОК (рис.3.4.9).



Рис.3.4.8



Рис.3.4.9

3.5. Создание посадочного места диода КД403

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 3.2, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места диода с КП диаметром 1.4 мм с отверстием 0.8 мм.

Порядок создания ПМ диода КД403А

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** имеются КП другого типа. Поэтому для формирования нужного типа КП нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать новый тип круглой КП Кр1.4/0.8 и нажать кнопку ОК (рис.3.5.1).

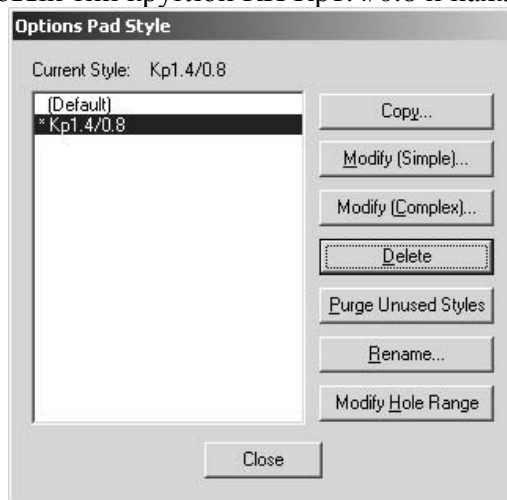


Рис.3.5.1

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип Кр1.4/0.8 и нажать кнопку **Modify (Simple)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса: Height (высота) и Width (ширина) равны 1.4 мм, диаметр задать в поле **Hole** равным 0.8 мм (рис.3.5.2).

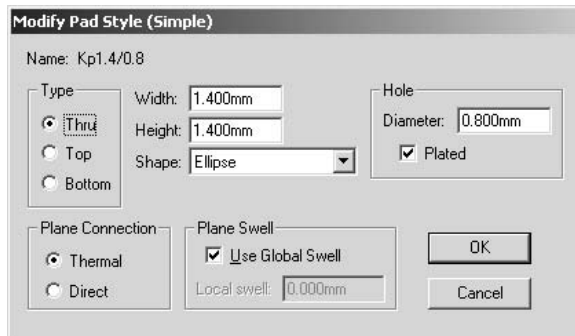


Рис.3.5.2

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать тип Kp1.4/0.8 (рис.3.5.3).



Рис.3.5.3

- Выполнить команду **Place Pad**. В появившемся окне **Place Pad** поставить 1 в поле **Starting Pad Number** и 1 в поле **Increment Pad Number** (рис.3.5.4).

Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (21, 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК. Будут установлены контактные площадки под выводы диода (рис.3.5.5).

- 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 кнопку ОК (см. рис.3.4.6). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. КП изменят цвет. 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.

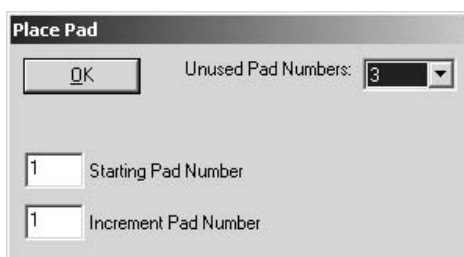


Рис.3.5.4



Рис.3.5.5

- Нарисовать овалный контур диода.

Для этого выбрать рабочим слой **Top Silk**. Выполнить команды **Place Line**. Поставить курсор в точку (9, 12) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в точку (17, 12), щелкнуть ЛК, затем ПК. Поставить курсор в точку (9, 8), щелкнуть ЛК. Поставить курсор в точку (17, 8) и щелкнуть ЛК. Щелкнуть ПК.

Выполнить команду **Place Arc** (Нарисовать дугу). Поставить курсор в точку (9, 12) нажать ЛК и, удерживая ее, переместить курсор в точку (9, 8), отпустить ЛК и щелкнуть ЛК. Установить курсор в точку (17, 8) нажать ЛК и, удерживая ее, переместить курсор в точку (17, 12), отпустить ЛК и щелкнуть ЛК (рис.3.5.6).

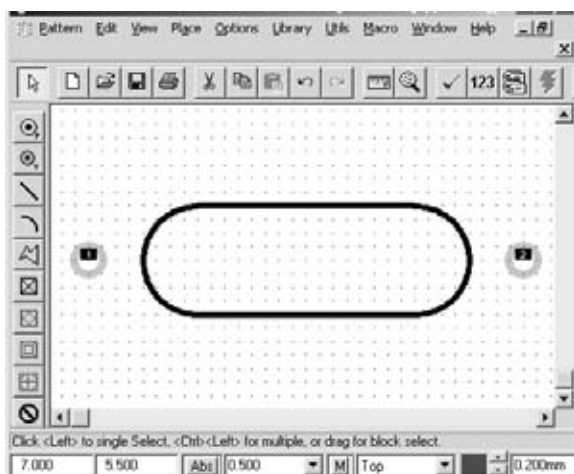


Рис.3.5.6

- Установить точку привязки элемента. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения и надпись типа элемента. Для этого выбрать рабочим слой **Top Assy**.

Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** - **RefDes**. Установить тип шрифта 3.5. Выравнивание **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (13, 14) и щелкнуть ЛК.

- Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**. В списке **Name** выбрать **Type**. Установить тип шрифта 3.5. Выравнивание **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку (13, 6), щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рис.3.5.7.



Рис.3.5.7

- Записать в библиотеку посадочное место диода. Для этого выполнить команды **File/Save**. В появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле **Pattern** набрать название элемента «КД403А» и нажать кнопку **OK** (см. окно на рис. 3.4.9).

3.6. Создание посадочного места резистора C2-33-0.125

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 3.2, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места резистора с КП диаметром 1.6 мм и отверстием 1.0 мм.

Порядок создания посадочного места резистора C2-33-0.125.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** имеется лишь тип КП Default (по умолчанию). Для формирования новых типов КП нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать новый тип Кр1.6/1.0 и нажать кнопку **OK** (рис.3.6.1).

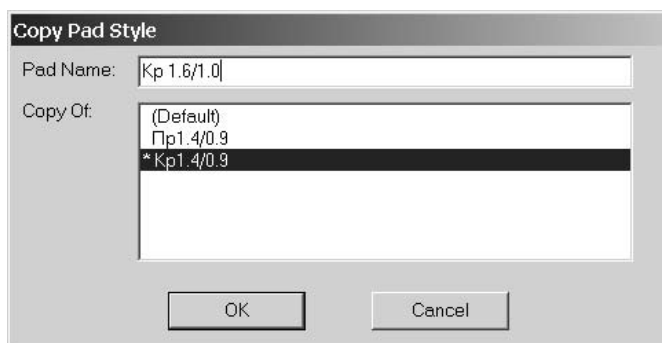


Рис 3.6.1

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип Кр1.4/0.8 и нажать кнопку **Modify (Simple)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (тип) выбрать штыревой тип вывода (Thru) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса **Height** (высота) и **Width** (ширина) равными 1.4 мм, а в поле **Hole** диаметр установить равным 0.8 мм (рис.3.6.2). Нажать кнопку **OK**.

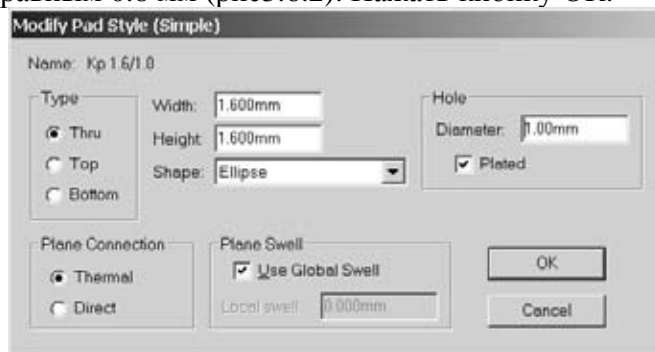
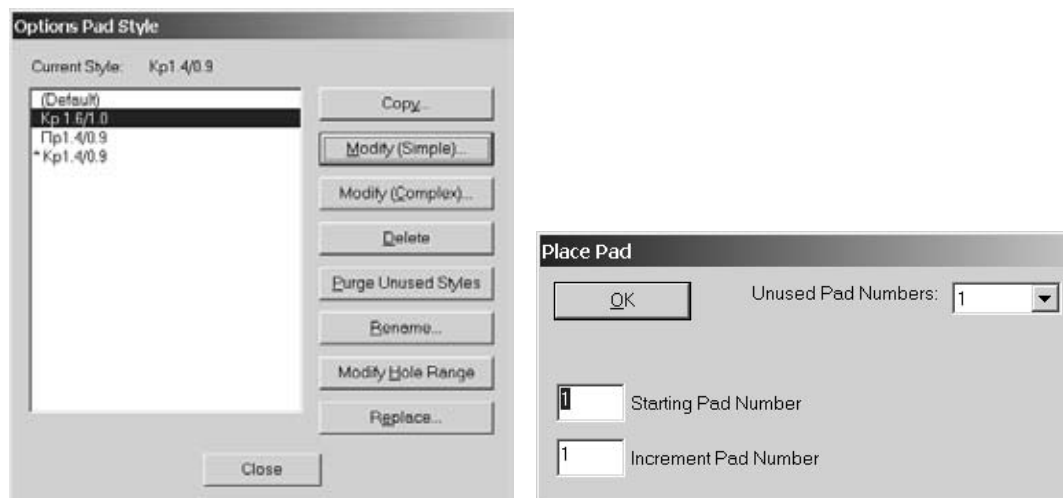


Рис3.6.2

- Выполнить команду **Options Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать тип Кр1.6/1.0 (рис. 3.6.3, а). Нажать кнопку **Close**.



а)

б)

Рис 3.6.3

- Выполнить команду **Place Pad**.

В появившемся окне **Place Pad** ввести 1 в поле **Starting Pad Number** и 1 в поле **Increment Pad Number** (рис.3.6.3,б). Нажать кнопку ОК.

Установить курсор в точку (5, 10) и нажать ЛК. Перевести курсор в точку (15, 10) и щелкнуть ЛК, а затем ПК. Будут установлены контактные площадки под выводы резистора (рис.3.6.4).

- Перенумеровать контакты. Для этого выполнить команды **Utils/Renumber**. В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В нем 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 кнопку ОК (см. рис. 3.6.5). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

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

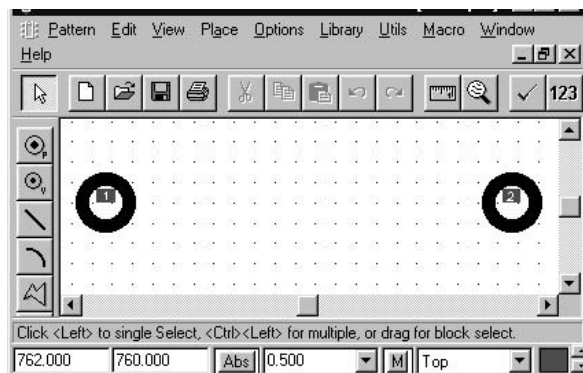


Рис 3.6.4

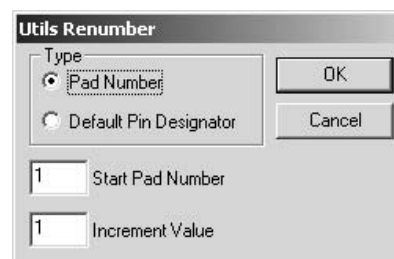


Рис 3.6.5

- Нарисовать прямоугольный контур резистора.

Для этого выбрать рабочим слой **Top Silk**. Шаг сетки установить 1 мм.

Выполнить команду **Place Line**. Поставить курсор в 1-ю точку (7, 9) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор во 2-ю точку (13, 9) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 3-ю точ-

ку (13, 11) и щелкнуть ЛК. Установить курсор в 4-ю точку (7, 11), щелкнуть ЛК. И, наконец, переместить курсор снова в 1-ю точку (7, 9), щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.3.6.6).

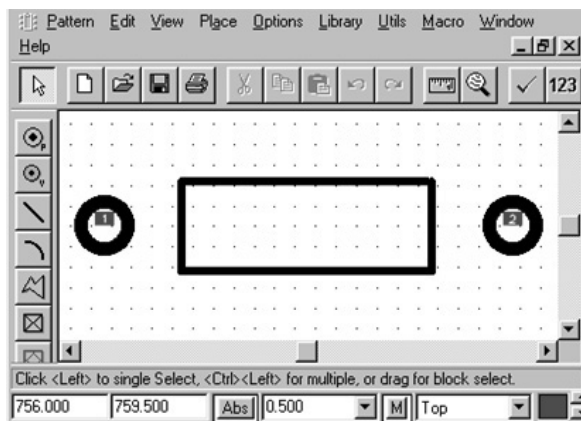


Рис.3.6.6

- Установить точку привязки элемента. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем места для размещения позиционного обозначения и номинала элемента. Для этого выбрать рабочим слой **Top Assy**.

Выполнить команду **Place Attribute**. В результате появится диалоговое окно **Place Attribute**. В области **Attribute Category** выбрать **Component**, в области **Name** выбрать **RefDes**. В открывающемся списке **Text Style** установить 3.5e. Выравнивание текста **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (10, 13) и щелкнуть ЛК.

Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне **Place Attribute** в списке **Attribute Category** выделить **Component**. В списке **Name** выбрать **Value** (Номинал элемента). В открывающемся списке **Text Style** назначить 3.5. Установить выравнивание текста **Justification** по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (10, 8) и нажать ЛК.

Еще раз выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне **Place Attribute** в сивке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в области **Name** выбрать **Type**. В открывающемся списке **Text Style** назначить 3.5. Установить выравнивание текста **Justification** по вертикали центр, а по горизонтали слева. Установить курсор в точку (17,10) и нажать кнопку ОК (рис 3.6.7).

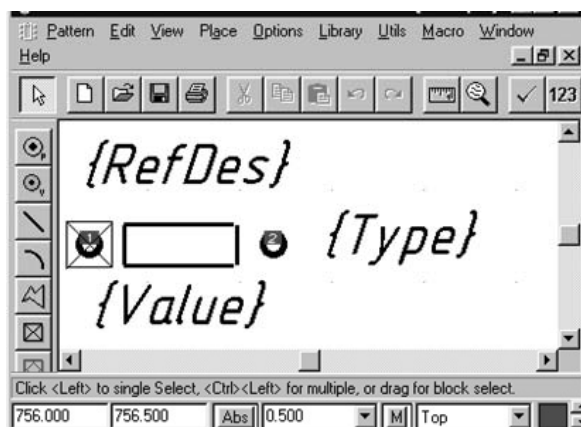


Рис 3.6.7

- Записать посадочное место резистора в библиотеку элементов ЭРЭ.lib. Для этого выполнить команды **File/Save**, в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в

открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Pattern набрать имя элемента «C2-33-0.125» и нажать кнопку ОК (см. окно на рис. 3.4.9).

3.7. Создание посадочного места конденсатора K73-15

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 3.2, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места конденсатора K73-15.

Порядок создания ПМ конденсатора K73-15

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** нет нужной КП. Для ее формирования нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать название КП Kp1.4/0.8 и нажать кнопку ОК (рис.3.7.1).

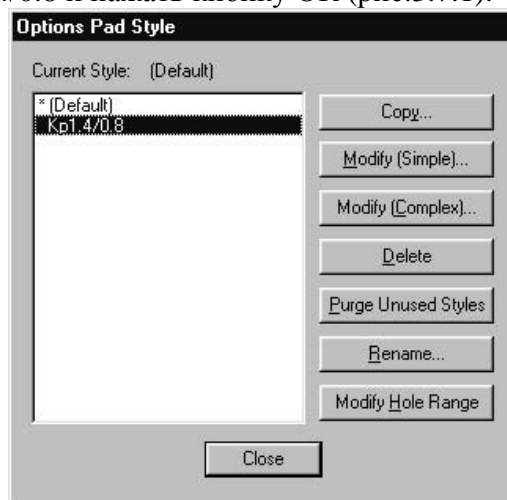


Рис.3.7.1

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль Kp1.4/0.8 и нажать кнопку **Modify (Simple)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (тип) выбрать штыревой тип вывода (Thru) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса Height (высота) и Width (ширина) равными 1.4 мм, диаметр задать в поле Hole равным 0.8 мм (рис.3.7.2). Нажать кнопку ОК. Затем кнопку Close.

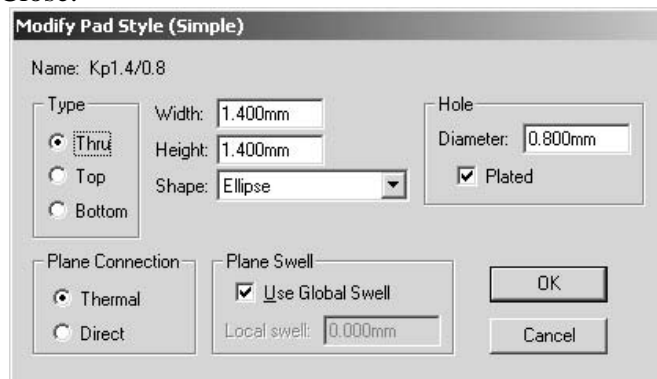


Рис.3.7.2

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать стиль Kp1.4/0.8 (рис.3.7.3). Нажать кнопку Close.



Рис.3.7.3

- Выполнить команду **Place Pad**. В появившемся окне Place Pad ввести 1 в поле Starting Pad Number и 1 в поле Increment Pad Number (см. рис.3.6.5).

Шаг сетки задать 0.5 мм. Перевести курсор в начало координат. Увеличить масштаб изображения, нажав несколько раз клавишу плюс. Установить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (27.5, 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК. Будут установлены контактные площадки под выводы конденсатора (рис.3.7.4).

- Перенумеровать контакты. Для этого выполнить команды **Utils/Renumber**. В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В нем 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 кнопку ОК (см. рис. 3.7.5). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. 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. Также нажать ОК. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

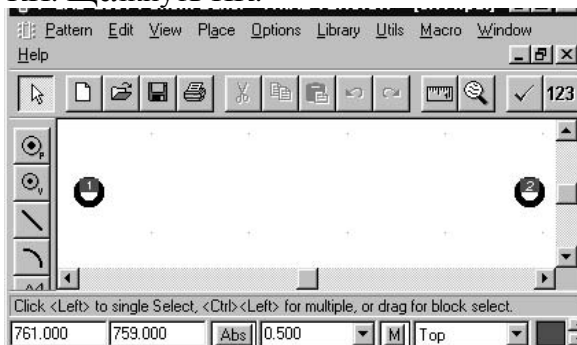


Рис.3.7.4

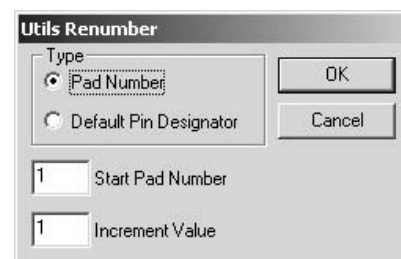


Рис.3.7.5

- Нарисовать прямоугольный контур конденсатора.

Для этого рабочим установить слой Top Silk. Выполнить команду **Place Line**. Поставить курсор в 1-ю точку (8, 7) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор во 2-ю точку (24.5, 7), щелкнуть ЛК. Установить курсор в 3-ю точку (24.5, 13), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 4-ю точку (8, 13) и щелкнуть ЛК. И, наконец, снова переместить курсор в 1-ю точку (8, 7), щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.3.7.6).

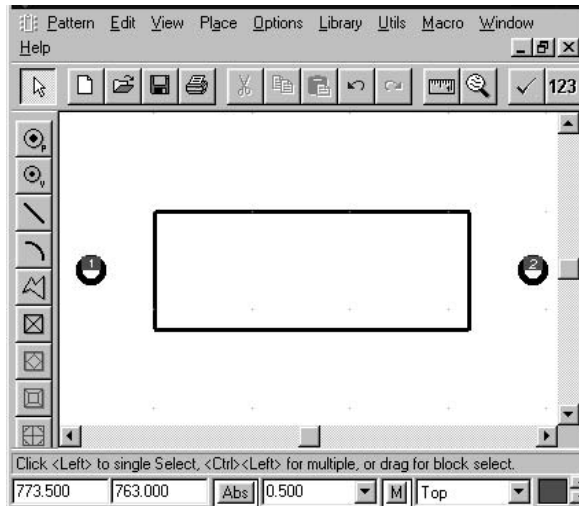


Рис. 3.7.6

- Установить точку привязки элемента. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК.
- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем места для размещения позиционного обозначения, надписи типа элемента и его номинала. Для этого выбрать рабочим слой **Top Assy**.

Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в списке Attribute Category выбрать Component, а в списке Name – RefDes. Установить шрифт 3.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (16, 16) и щелкнуть ЛК.

Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области Attribute Category выбрать Component, в области Name выбрать Type. Установить шрифт 3.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с (16, 10), щелкнуть ЛК.

Еще раз выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в области Attribute Category выбрать Component. В области Name выбрать Value. Установить шрифт 3.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку (16, 5), щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рис.3.7.7.

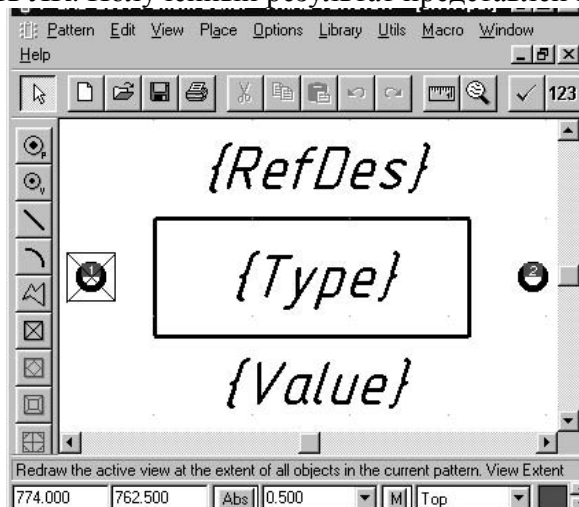


Рис.3.7.7

- Записать в библиотеку посадочное место конденсатора K73-15. Для этого выполнить команды **File/Save** в появившемся окне щелкнуть по кнопке Library, в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Pattern набрать имя элемента «K73-15» и нажать кнопку ОК (см. окно на рис. 3.4.9).

3.8. Создание посадочного места конденсатора K10-43A

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 3.2, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места конденсатора K10-43.

Порядок создания ПМ конденсатора K10-43A

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** имеется лишь один тип Default. Для формирования своих собственных типов нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать название нового типа Kp1.4/0.8 и нажать кнопку ОК (рис.3.8.1).

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип Kp1.4/0.8 и нажать кнопку **Modify (Simple)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса Height (высота) и Width (ширина) равными 1.4 мм, а диаметр задать в поле **Hole** равным 0.9 мм (рис.3.8.2). Затем нажать кнопку Close.

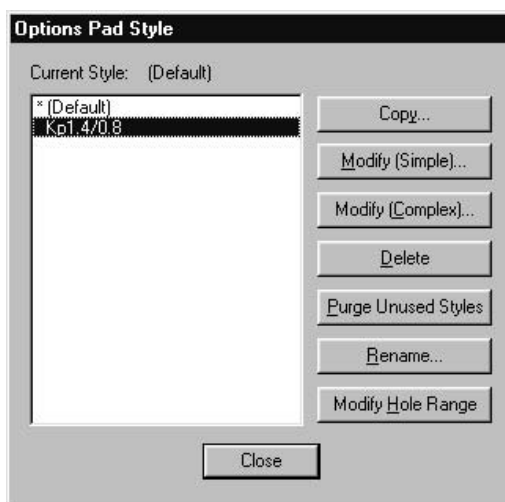


Рис.3.8.1

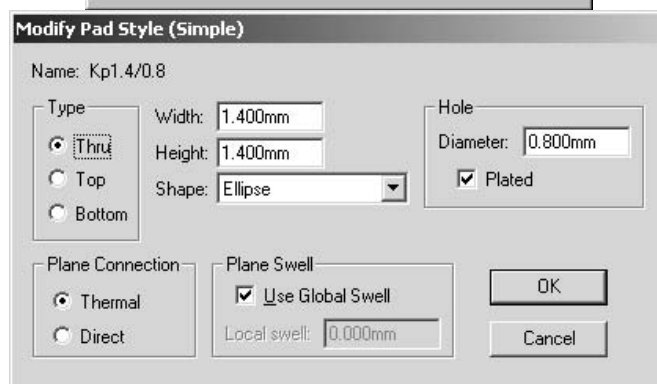


Рис.3.8.2

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать стиль Kp1.4/0.8 (рис.3.8.3). Нажать кнопку **Close**.



Рис.3.8.3

- Выполнить команду **Place Pad**. В появившемся окне **Place Pad** ввести 1 в поле **Starting Pad Number** и 1 в поле **Increment Pad Number** (см. рис.3.6.5). Нажать кнопку ОК.

- Шаг сетки задать 0.5 мм. Перевести курсор в начало координат. Увеличить масштаб изображения, нажав несколько раз клавишу плюс. Установить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (12, 10) и щелкнуть ЛК, а затем ПК. Будут установлены контактные площадки под выводы конденсатора (рис.3.8.4).

- Перенумеровать контакты. Для этого выполнить команды **Utils/Renumber**. В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В нем 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 кнопку ОК (см. рис. 3.8.5). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. При этом они изменят свой цвет. 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. Также нажать ОК. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Номера КП изменят цвет. Щелкнуть ПК.

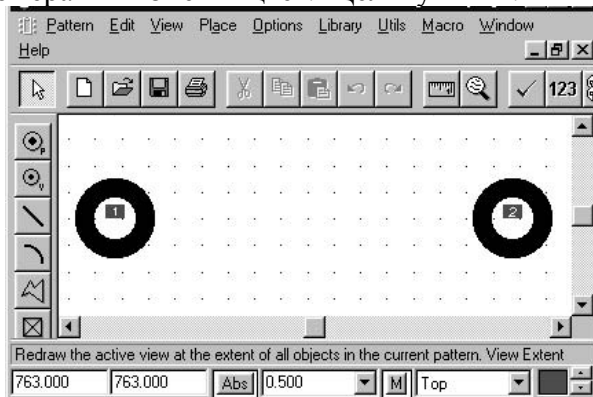


Рис.3.8.4



Рис.3.8.5

- Нарисовать прямоугольный контур конденсатора.

Для этого выбрать текущим слой **Top Silk**. Выполнить команду **Place Line**. Установить курсор в 1-ю точку (3, 7) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор во 2-ю точку (14, 7), щелкнуть ЛК. Установить курсор в 3-ю точку (14, 13), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 4-ю точку (3, 13) и щелкнуть ЛК. И, наконец, снова переместить курсор в 1-ю точку (3, 7) и щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.3.8.6).

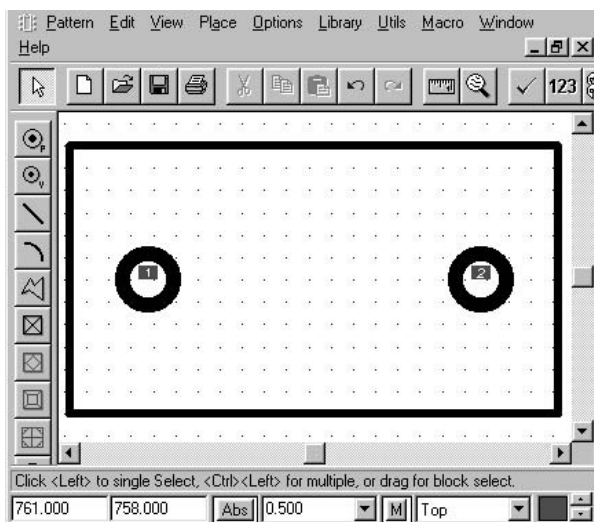


Рис. 3.8.6

- Установить точку привязки элемента. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК, а затем ПК.
- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем места для размещения позиционного обозначения, надписи типа элемента и его номинала. Выбрать слой **Top Assy**.

Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в списке **Name** - **RefDes**. Установить шрифт 3.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (8, 15) и щелкнуть ЛК.

Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в списке **Name** выбрать **Type**. Снова установить шрифт 3.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с (20, 10), щелкнуть ЛК.

Еще раз выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**. В списке **Name** выбрать **Value**. Установить шрифт 3.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку (8, 5), щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рис.3.8.7.

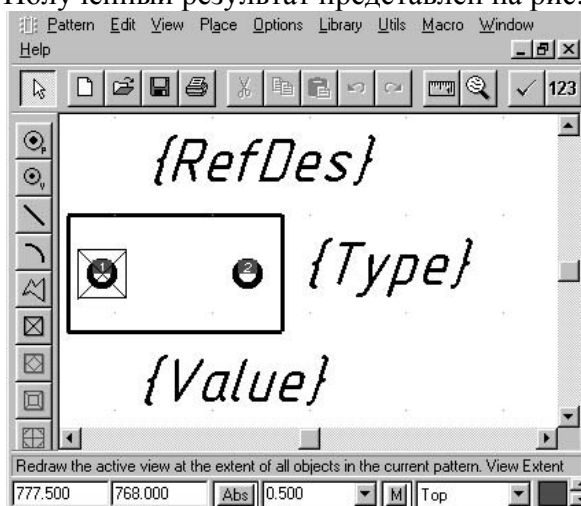


Рис.3.8.7

- Записать в библиотеку посадочное место конденсатора K10-43A. Для этого выполнить команды **File/Save**, в появившемся окне щелкнуть по кнопке Library, в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле Pattern набрать имя элемента «K10-43A» и нажать кнопку ОК (см. окно на рис. 3.4.9).

3.9. Создание посадочного места катушки индуктивности Д 1-1.2-1

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 3.2, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места катушки индуктивности Д 1-1.2-1.

Порядок создания ПМ катушки индуктивности Д 1-1.2-1

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. Если в открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** отсутствует тип необходимой КП (рис.3.9.1,а), то для формирования его нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать название нового типа КП Кр1.5/0.8 и нажать кнопку ОК (рис.3.9.1,б).

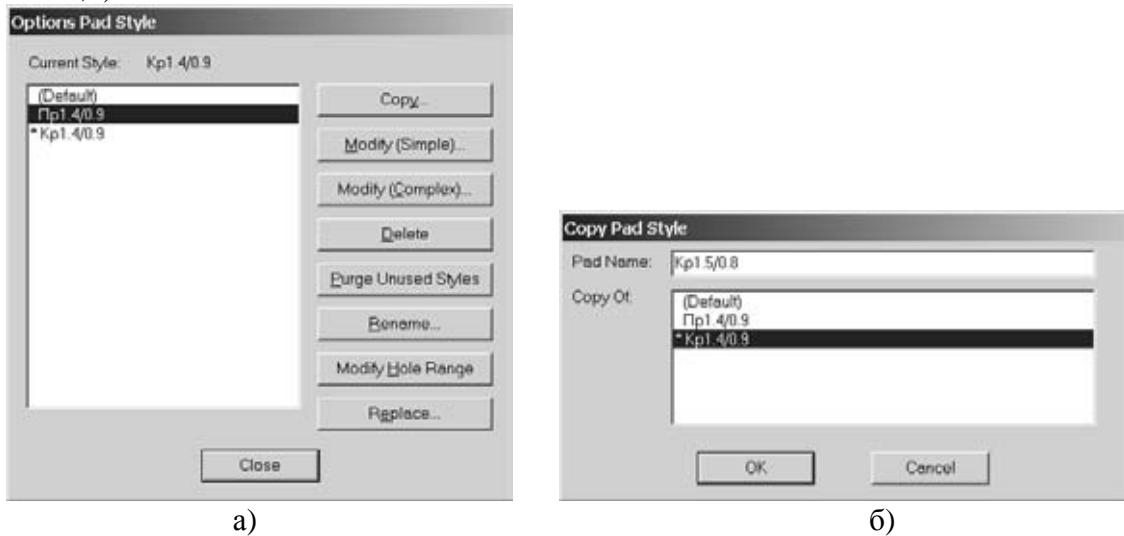


Рис.3.9.1

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип КП Кр1.5/0.8 и нажать кнопку **Modify (Simple)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** (тип) выбрать штыревой тип вывода (**Thru**) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса **Height** (высота) и **Width** (ширина) равными 1.5 мм, а диаметр отверстия задать в поле **Hole** равным 0.8 мм нажать кнопку ОК (рис.3.9.2).

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать КП Кр1.5/0.8 (рис.3.9.3). Нажать кнопку **Close**.

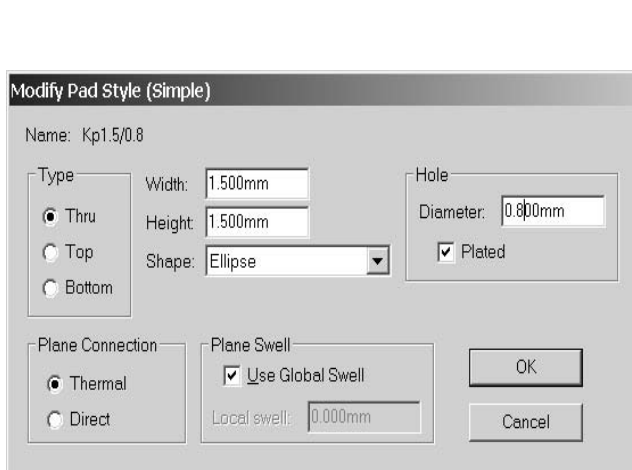


Рис.3.9.2

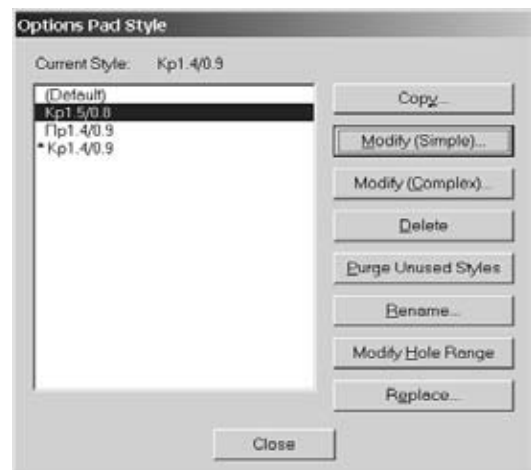


Рис.3.9.3

- Выполнить команду **Place Pad**. В появившемся окне **Place Pad** ввести 1 в поле **Starting Pad Number** и 1 в поле **Increment Pad Number** (рис.3.9.4).

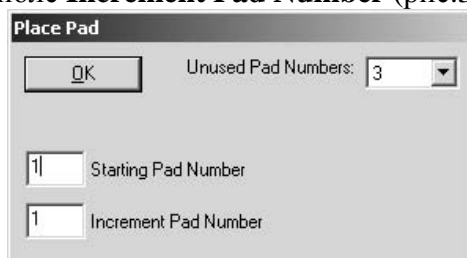


Рис. 3.9.4

Шаг сетки задать 0.5 мм. Перевести курсор в начало координат. Увеличить масштаб изображения, нажав несколько раз клавишу плюс. Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (23, 10) и щелкнуть ЛК, а затем ПК. Будут установлены контактные площадки под выводы катушки индуктивности (рис.3.9.5).

- Перенумеровать контакты. Для этого выполнить команды **Utils/Renumber**. В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В нем 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 кнопку **OK** (см. рис. 3.9.6). После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Они изменят цвет. 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. Также нажать **OK**. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Номера изменят свой цвет. Щелкнуть ПК.

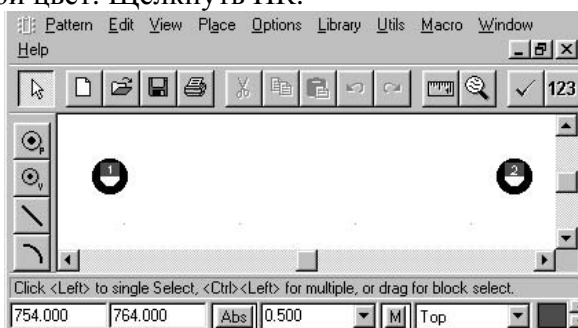


Рис.3.9.5

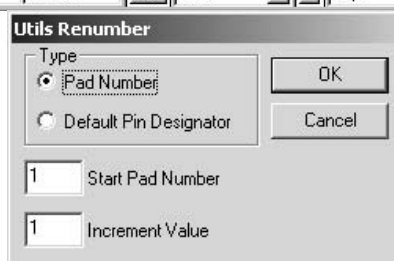


Рис.3.9.6

- Нарисовать прямоугольный контур катушки.

Для этого, выбрать рабочим слой **Top Silk**. Выполнить команду **Place Line**. Поставить курсор в 1-ю точку (7, 8) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор во 2-ю точку (21, 8), щелкнуть ЛК. Установить курсор в 3-ю точку (21, 12), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 4-ю точку (7, 12) и щелкнуть ЛК. Наконец, вновь переместив курсор в 1-ю точку (7, 8), щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.3.9.7).

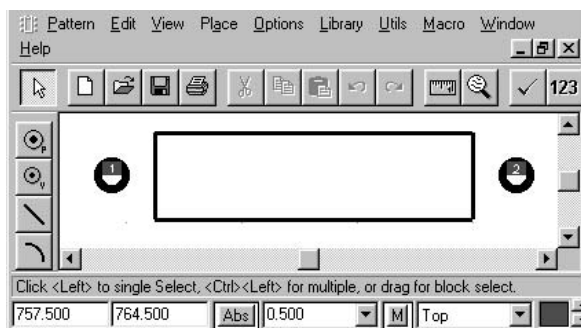


Рис. 3.9.7

- Установить точку привязки элемента. Для этого выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (5, 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем места для размещения позиционного обозначения, надписи типа элемента и его номинала в слое **Top Assy**.

Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в списке **Name** - **RefDes**. Установить шрифт 3.5. Выравнивание **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (14, 14.5) и щелкнуть ЛК.

Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в списке **Name** выбрать **Type**. Снова установить шрифт 3.5. Выравнивание **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с (20, 6.5), щелкнуть ЛК.

Еще раз выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**. В списке **Name** выбрать **Value**. Установить шрифт 3.5. Выравнивание **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку (8, 6.5), щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рис. 3.9.8.

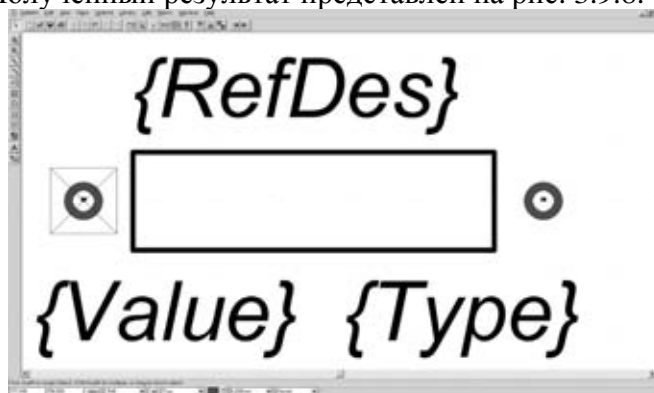


Рис.3.9.8

- Записать в библиотеку посадочное место катушки индуктивности Д 1-1.2-1. Для этого выполнить команды **File/Save**, в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле **Pattern** набрать имя элемента «Д 1-1.2-1» и нажать кнопку ОК (см. окно на рис. 3.4.9).

3.10. Создание посадочного места электрического соединителя ОНКС-10

Если программа **Pattern Editor** не закрывалась, то конфигурация сохранилась (см. раздел 3.2, настройка конфигурации) и можно сразу приступить к созданию посадочного места соединителя с круглыми КП диаметром 1.6 мм и отверстием 1.0 мм.

Порядок создания ПМ электрического соединителя ОНКС-10

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. Если в открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** отсутствует необходимый тип КП (рис.3.10.1, а), то для формирования этого типа КП нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом ок-

не **Copy Pad Style** (рис.3.10.1, б) в поле **Pad Name** набрать название нового типа КП Кр1.6/1.0 и нажать кнопку ОК.

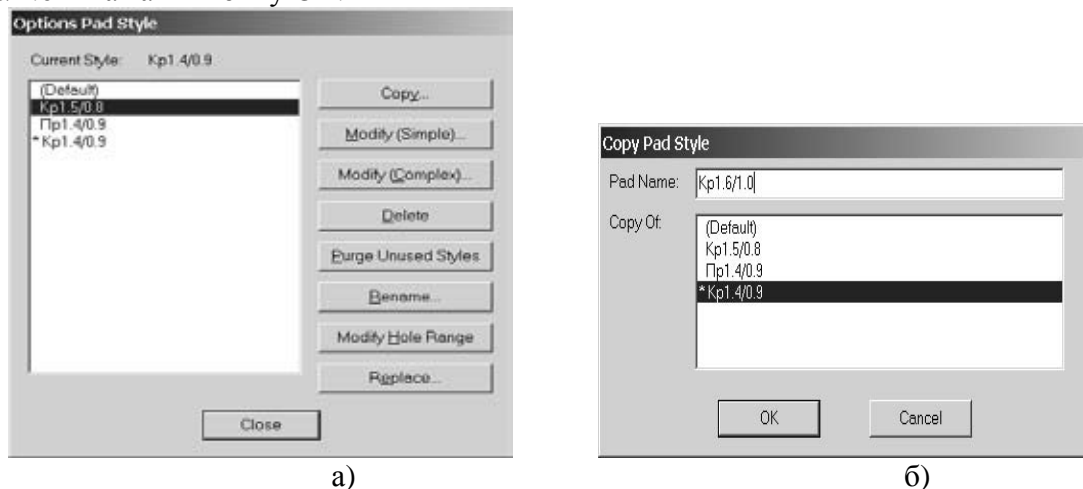


Рис 3.10.1

- В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип Кр1.6/1.0 и нажать кнопку **Modify (Simple)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Simple)** в списке **Type** выбрать штыревой тип вывода (Thru) и установить для него круглую форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** выбрать значение **Ellipse**. Установить размеры эллипса **Height** (высота) и **Width** (ширина) равными 1.6 мм, а диаметр установить равным 1.0 мм в поле **Hole** (рис.3.10.2). Нажать ОК.

- Программа вернется в окно **Options Pad Style**. В нем в списке **Current Style** выбрать тип Кр1.6/1.0 (рис. 3.10.3) и нажать **Close**.

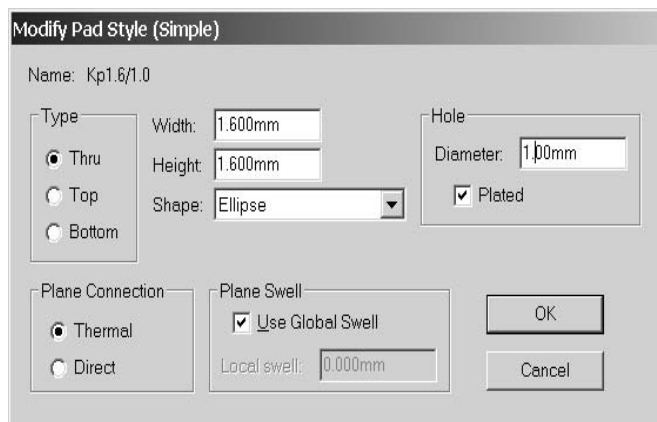


Рис.3.10.2



Рис.3.10.3

- Выполнить команду **Place Pad**.

В появившемся окне **Place Pad** ввести 1 в поле **Starting Pad Number** и 1 в поле **Increment Pad Number**. Поставить курсор в точку (20, 30) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор в точку (20, 27.5) и щелкнуть ЛК. Установить курсор в точку (20, 25), щелкнуть ЛК, переставить курсор в точку (20, 22.5) и нажать ЛК. Переместить курсор в точку (20, 20), щелкнуть ЛК, перетащить его в точку с координатами (20, 17.5), щелкнуть ЛК, переместить курсор в точку (20, 15), щелкнуть ЛК, затем ПК. Будут установлены контактные площадки под выводы электрического соединителя (рис.3.10.4).

- Перенумеровать контакты. Для этого выполнить команды **Utils/ReNUMBER**. В результате откроется диалоговое окно **Utils ReNUMBER**. В нем 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 кнопку ОК. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. 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 (см. рис. 3.10.5). Также нажать ОК. После этого поочередно щелкнуть ЛК в центре каждой КП. Щелкнуть ПК.

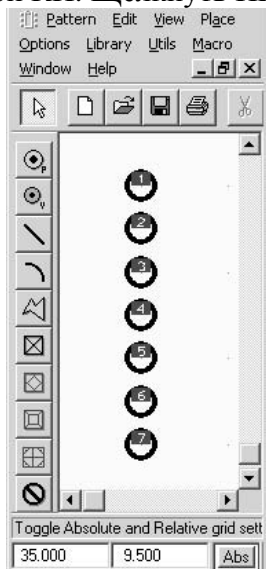


Рис 3.10.4



Рис 3.10.5

- Нарисовать прямоугольный контур электрического соединителя.

Для этого выбрать рабочим слой **Top Silk**. Выполнить команду **Place Line**.

Установить курсор в 1-ю точку (17.5, 12.5) и щелкнуть ЛК. Перевести курсор во 2-ю точку (22.5, 12.5) и щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 3-ю точку (22.5, 32.5) и щелкнуть ЛК. Установить курсор в 4-ю точку (17.5, 32.5), щелкнуть ЛК. И, наконец, переместить курсор снова в 1-ю точку (17.5, 12.5), щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.3.10.6).

- Установить точку привязки элемента. Для этого, выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (20, 30) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем места для размещения позиционного обозначения и типа элемента. Для этого выбрать рабочим слой **Top Assy**.

Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в списке **Name** - **RefDes**. Установить шрифт 3.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с координатами (20, 34.5) и щелкнуть ЛК.

Вновь выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в списке **Name** выбрать **Type**. Снова установить шрифт 3.5. Выравнивание Justification задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор в точку с (20, 11), щелкнуть ЛК. Полученный результат представлен на рис. 3.10.7.

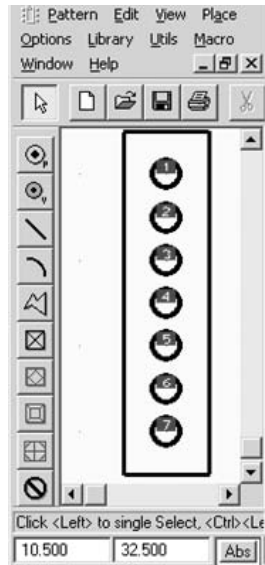


Рис.3.10.6

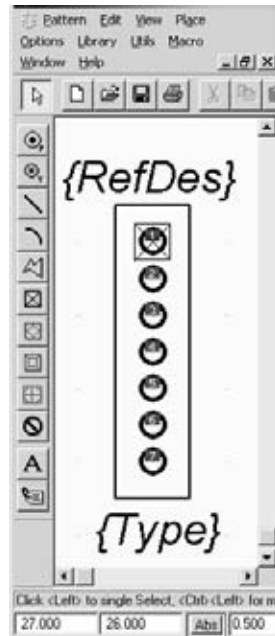


Рис 3.10.7

- Записать посадочное место электрического соединителя в библиотеку элементов ЭРЭ.lib. Для этого выполнить команды **File/Save**, в появившемся окне щелкнуть по кнопке **Library**, в открывшемся окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib. В поле **Pattern** набрать имя элемента «ОНКС-10» и нажать кнопку ОК (см. окно на рис. 3.4.9).

Итак, посадочные места для электрорадиоэлементов схемы разработаны. Можно приступать к выполнению следующей процедуры – упаковке выводов ЭРЭ.

3.11. Создание посадочного места «Корпус»

Посадочное место для выводов цепей типа «Корпус» необходимо создавать в том случае, если в дальнейшем будет разрабатываться ПП. В это ПМ достаточно включить одну КП сквозного или планарного типа, аналогично КП ЭРЭ, например, КП1.6/1.0.

- Для размещения КП выполнить команду **Place Pad**. В появившемся окне **Place Pad** ввести 1 в поле **Starting Pad Number** и 1 в поле **Increment Pad Number**. Поставить курсор, например, в точку (10, 10) и щелкнуть ЛК затем ПК. Будет установлена одна КП.

Затем перенумеровать контакт. Для этого выполнить команды **Utils/Renumber**. В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В нем 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 кнопку ОК. После этого щелкнуть ЛК в центре КП. Щелкнуть ПК. Процедуру повторить во втором режиме **Default Pin Designator**. Установить **Starting Pin Des** и **Increment Value** равными единице. Также нажать ОК. После этого щелкнуть ЛК в центре КП. Щелкнуть ПК.

- Установить точку привязки элемента. Для этого, выполнить команду **Place Ref Point**. Поставить курсор в точку (10, 10) и щелкнуть ЛК, затем ПК.

- Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибута введем место только для размещения позиционного обозначения типа Корпус, т.к. типа ЭРЭ быть не может. Выбрать рабочим слой **Top Assy**. Выполнить команду **Place Attribute**. В появившемся диалоговом окне в списке **Attribute Category** выбрать **Component**, а в списке **Name** - **RefDes**. Установить шрифт 3.5. Выравнивание **Justification** задать по центру. Нажать кнопку ОК. Установить курсор над КП и щелкнуть ЛК.

Полученный результат представлен на рис.3.11.1.



Рис.3.11.1

3.12. Создание посадочного места прямоугольной микросхемы с четырехсторонним расположением выводов в режиме Pattern Wizard

Порядок создания ПМ микросхемы в корпусе PQFP с 240 выводами

- Выполнить команды **Pattern Open** и открыть Шаблон настроек редактора. Вначале создадим КП с требуемыми размерами. Она должна быть прямоугольной шириной в 1.0 мм и высотой в 0.3 мм.

- Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать название нового типа Пр1.0/0.3 и нажать кнопку ОК (рис.3.12.1). В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся тип Пр1.0/0.3 и нажать кнопку **Modify (Complex)** (Сложная модификация) (рис.3.12.2).

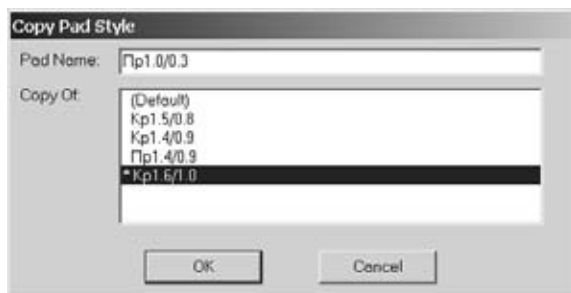


Рис.3.12.1

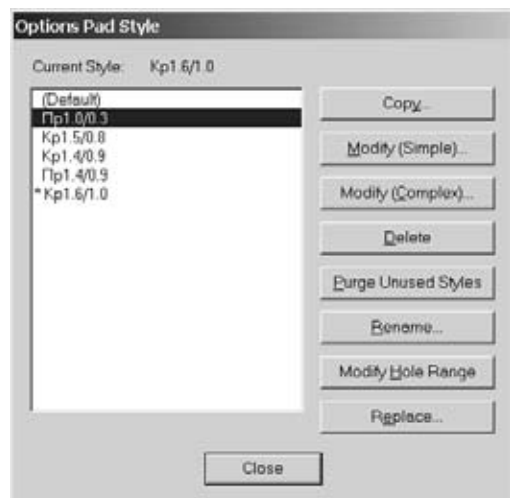


Рис.3.12.2

- Далее в диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** (рис. 3.12.3) в списке **Layers** (Слой) выбрать слой **Top** (Верхний) и установить для него прямоугольную форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (Описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** (Форма) выбрать значение **Rectangle** (Прямоугольник), установить размеры прямоугольника, равные по высоте (Height) 0,3 мм и по ширине (Width) 1.0 мм и нажать кнопку **Modify** (Модифицировать).

- Убрать параметры сверления контакта, для чего в поле **Hole** в окне **Diameter** установить диаметр сверления равный нулю. В поле **Plane Swell** (Превышение размера защитной маски) снять флажок и в окне **Local Swell** (Локальное превышение) установить 0.05 мм. Нажать ОК. Закрыть окно **Options Pad Style**.

- Теперь создадим собственно ПМ ИМС. Для этого щелкнуть по кнопке **Pattern Wizard** (Мастер посадочного места). В окне **Pattern Type** стрелкой выбрать **QUAD**. Затем в окнах **Number Of Pads Down** и **Number Of Pads Across** задать цифры 60, в окне **Pad To**

Pad Spacing (Of Center) 0,5, в окнах **Pattern Width** и **Pattern Height** установить 34, в окне **Pad 1 Position - 1** (рис.3.12.4).

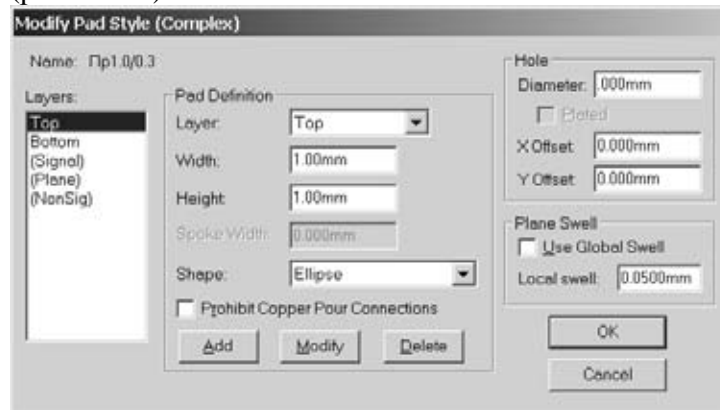


Рис.3.12.3

• В окнах **Pad Style** выбрать КП типа **Pr1.0/0.3**. При этом у 1-го окна – **Top** и **Bottom** поставить флажок в окошке **Rotate**. В окне **Silk Screen** поставить галочку, толщину линии и окне **Silk Line Width** задать равной 0,2 мм, размеры в окнах **Silk Rectangle Width** и **Height** задать 36 мм, а окне **Notch Type** выбрать **Upper Left**.

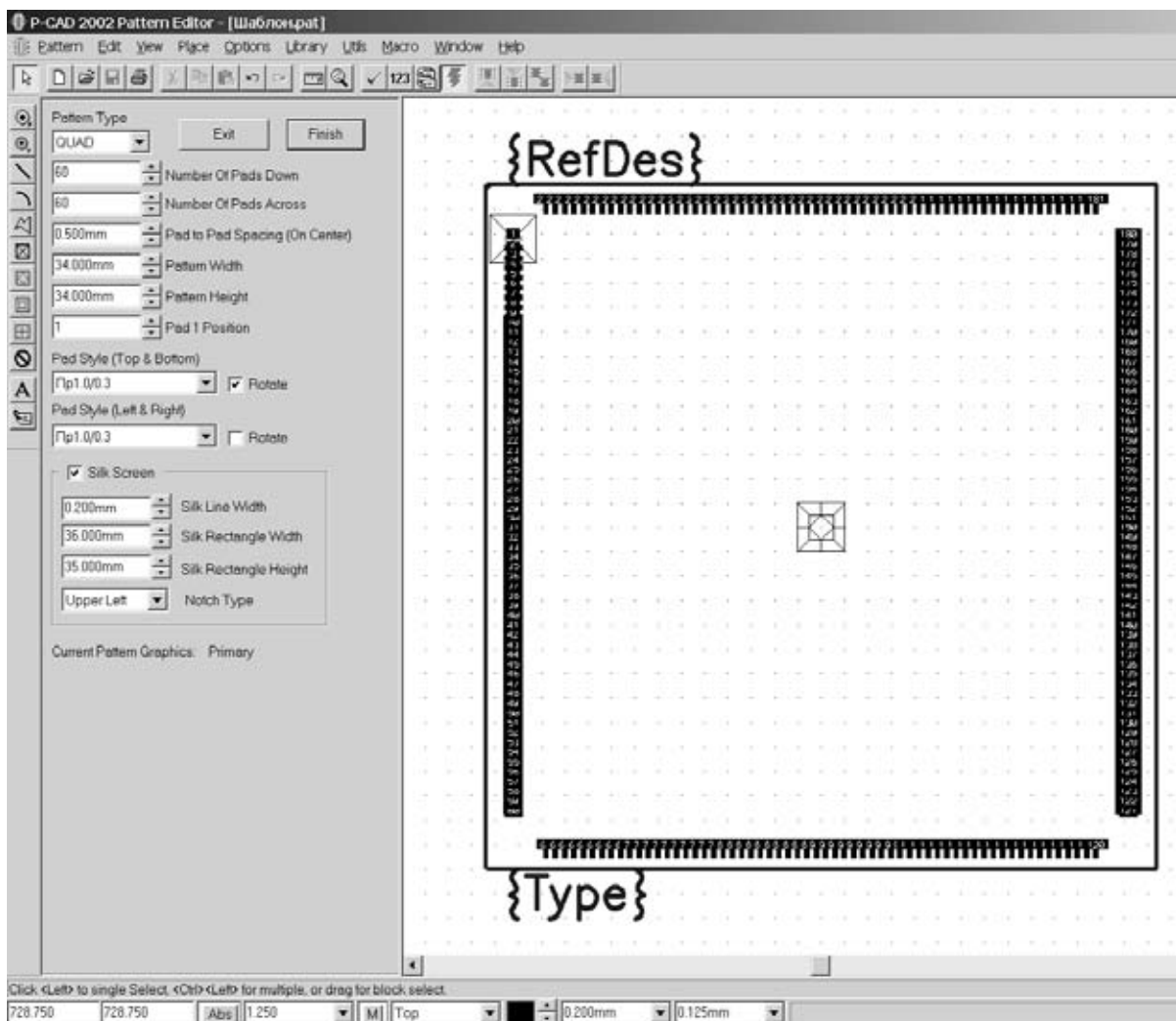


Рис.3.12.4

Нажать кнопку **Finish**. Результат проектирования в **Pattern Wizard** будет переведен в редактор **PCB** (рис. 3.12.5) и в укрупненном масштабе рис. 3.12.6.

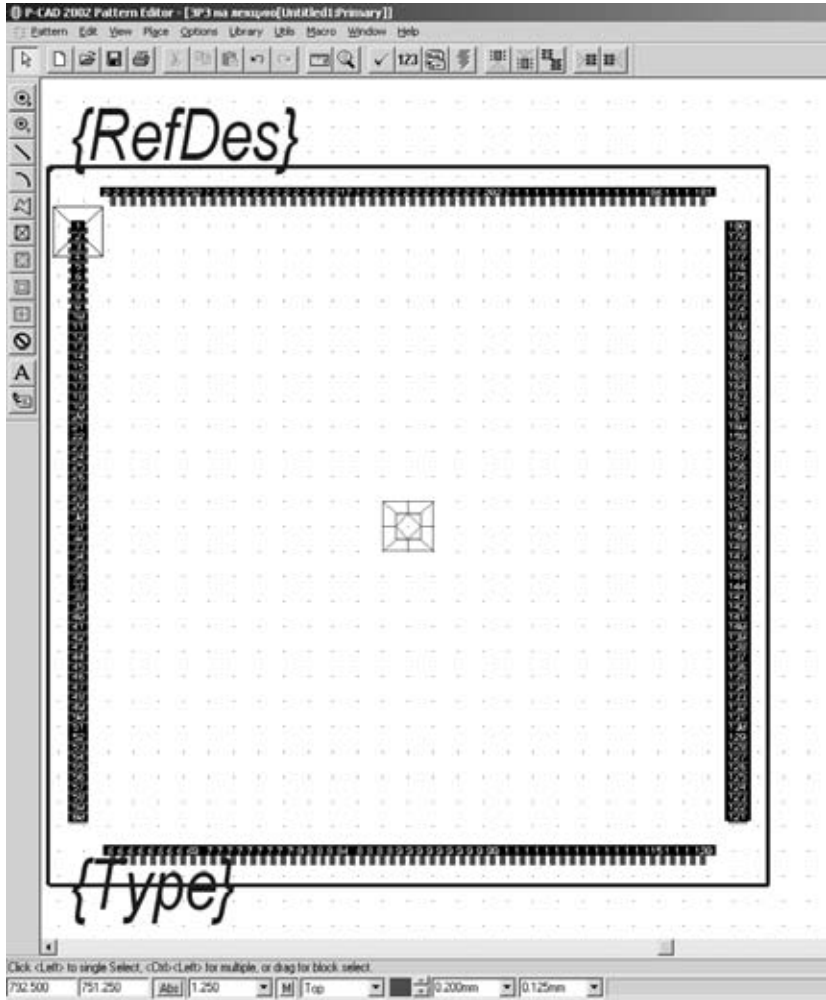


Рис.3.12.5

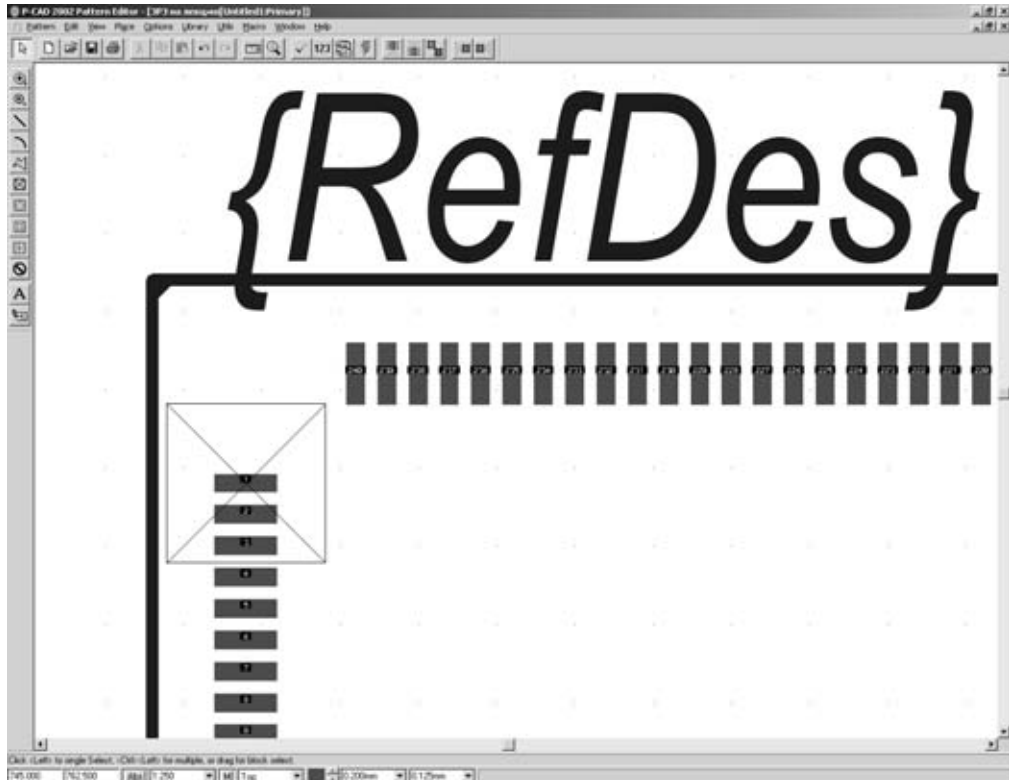


Рис.3.12.6

3.13. Создание файла технологических параметров проектов

Поскольку при изготовлении фотошаблонов ПП требуется сопряжение программных средств и технологического оборудования, в САПР P-CAD создается файл, содержащий список необходимых для изготовления параметров. Эти параметры можно создать вновь или получить из проекта. Создадим папки двухслойной (ДПП) и многослойной (МПП) печатных плат, куда запишем эти параметры. Создается такой файл командами **Pattern / Design Technology Parameters** в задаваемой папке, например, с названием ДПП (расширение имени *.DTP). Если файл создается впервые, то программа задаст вопрос: «Такой файл не существует. Создать его?». Ответить Да и ввести имя «Технологические нормы». Откроется окно **Design Technology Parameters**. В нем снять галочку в окошке **Read-only file** и нажать на кнопку **New Group** (Новая группа) (рис. 3.13.1, а). Откроется одноименное окно, в котором набрать название формируемой группы – «Dvuchslojnaja PP», нажать ОК (рис.3.13.1, б). «Контактные площадки»,

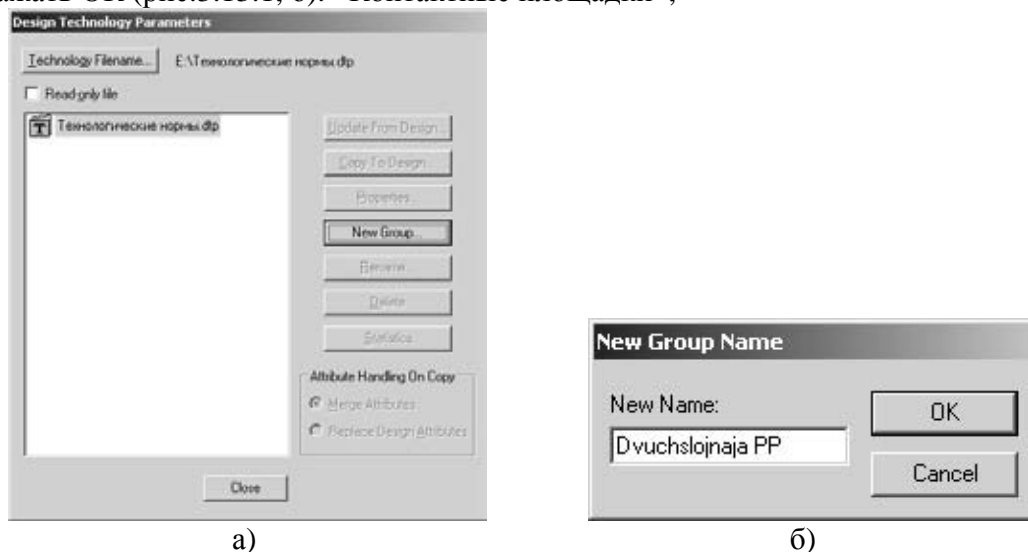


Рис.3.13.1

Затем выделить вновь созданную группу «Dvuchslojnaja PP» цветом и нажать кнопку **New Section** (Тип редактируемой группы) (рис.3.13.2, а). На выпавшей панели в окне **Pad Styles** поставить галочку и нажать ОК (рис.3.13.2, б). В дереве проектных норм появится ветвь типов КП **Pad Styles** (рис. 3.13.3, а). Выделить цветом в этом окне **Pad Styles** и нажать кнопку **New Item**. Откроется окно для ввода названия КП, куда ввести Kt1.4/1.0 и нажать ОК (рис.3.13.3, б). На панели **Design Technology Parameters** появится КП этого тип (рис.3.13.4,а).

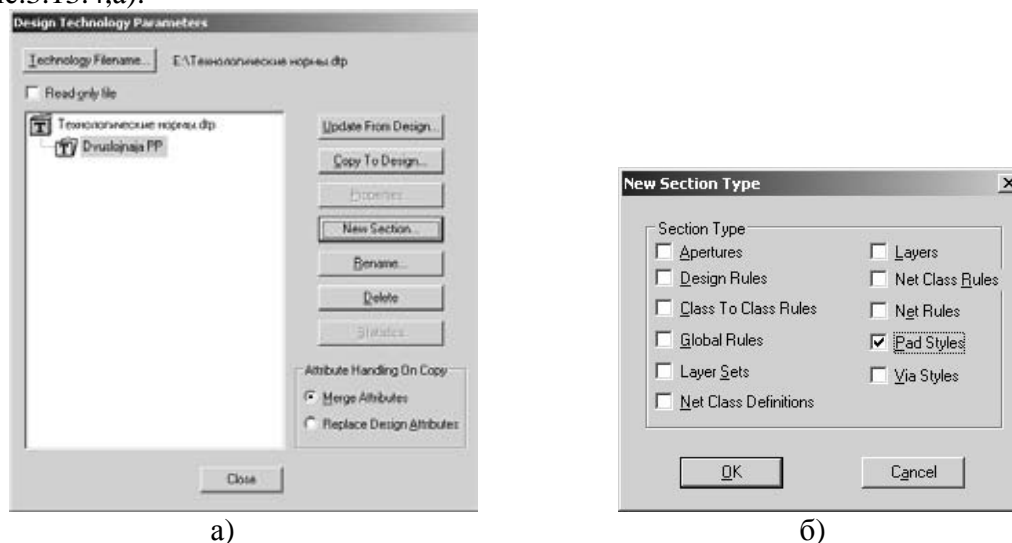
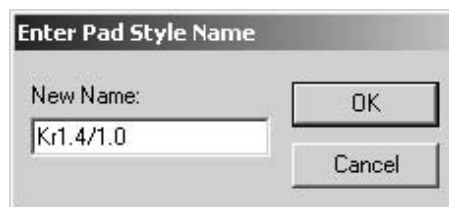


Рис.3.13.2

Если выделить теперь цветом эту КП, то активируется кнопка **Properties**, щелкнув по которой можно ввести требуемые параметры КП, либо просмотреть их (рис. 3.13.4, б).



а)



б)

Рис.3.13.3.

Для переноса в секцию файла *.DTP технологических параметров текущего проекта открыть, например, файл проекта ДПП, выделить цветом на дереве **Pad Styles** и нажать на кнопку **Update From Design** (Запись из проекта). В результате все виды КП проекта будут сохранены в данном файле (рис.3.13.5, а), а для записи КП из МПП, аналогичной процедурой скопировать типы КП из проекта МПП (рис.3.13.5. б). Для переноса правил проектирования из файла технологических параметров в текущий проект (как и в базу данных его схемы, так и печатной платы) необходимо нажать кнопку **Copy to Design**.

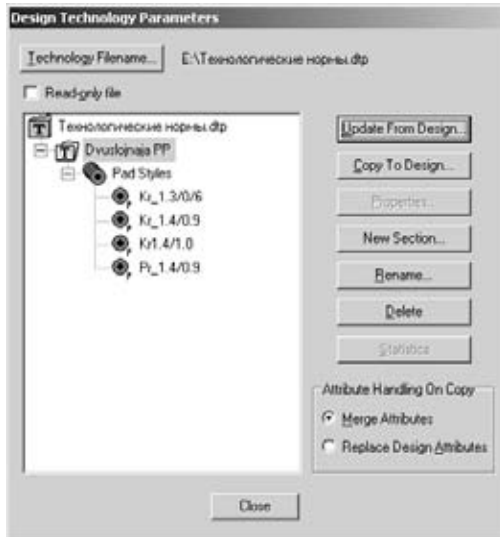


а)



б)

Рис.3.13.4



а)



б)

Рис.3.13.5

Установки в зоне **Attribute Handling on Copy** (Порядок копирования признаков) потребуется при использовании созданного файла DTP при конструировании ПП.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение редактора Pattern Editor.
2. Поясните назначение кнопок на панели инструментов.
3. Каким образом настраивается конфигурация программы Pattern Editor?
4. Какова последовательность действий при создании посадочного места ЭРЭ?
5. Как формируется тип контактных площадок для штыревых выводов ЭРЭ?
6. Как формируются контактные площадки для планарных выводов ЭРЭ?
7. На каком слое и как создается контур микросхемы?
8. Каким образом выполняется процедура перенумерации контактов?
9. Как вводится точка привязки ЭРЭ?
10. Каким образом вводятся атрибуты ЭРЭ?
11. В каком слое на ПМ размещаются атрибуты ЭРЭ?
12. Как производится запись посадочного места ЭРЭ в библиотеку?
13. Каков порядок создания ПМ микросхемы в корпусе PQFP?
14. Как выбрать и задать размер шрифта?
15. Как задаются штыревые выходы ЭРЭ?
16. Как задаются планарные выходы ЭРЭ?
17. Каким образом создается посадочное место типа «Корпус»?
18. Для чего создается файл технологических параметров проектов?
19. Какими командами создается файл технологических параметров проектов?
20. Какой командой переносится файла технологических параметров текущего проекта?

УРОК №4

ТЕМА: УПАКОВКА ВЫВОДОВ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ (видеоролик 3)

Цель занятия – изучение методики упаковки выводов конструктивных элементов РЭС средствами программы **Library Executive**; приобретение навыков упаковки выводов конструктивных элементов РЭС.

4.1. Общие сведения о программе **Library Executive**

При проектировании печатных плат необходимы сведения об условных графических обозначениях 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 САПР **P-CAD** 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: условное графическое обозначение 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** (рис.4.1.1).

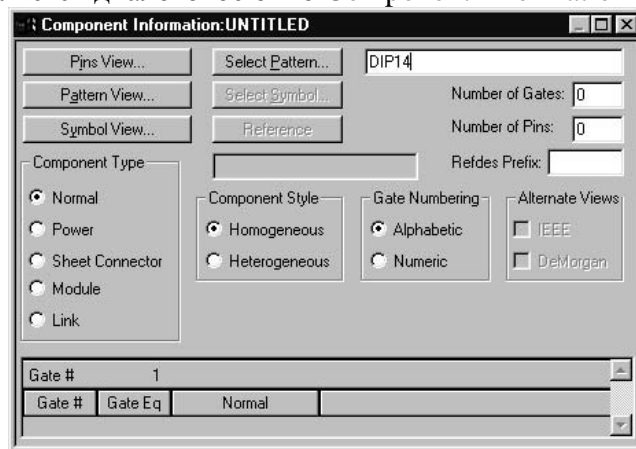


Рис.4.1.1

В этом окне представлена общая информация о компоненте.

- В строке **Select Pattern** выбирается тип корпуса компонента, например, DIP 14.

- В строке **Number of Gates** – задается число секций в компоненте.

- В строке **Number of Pads** – указывается общее число выводов.

- В строке **RefDes Prefix** – задается префикс позиционного обозначения компонента.

- 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 встречающиеся):

Unknown – неизвестный;

Passive – вывод пассивного компонента;

Input – вход;

Output – выход;

Power – вывод цепи питания.

Таблица редактируется 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. Использует 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).

4.2. Создание библиотечного элемента микросхемы 133ЛА6

Порядок создания библиотечного элемента микросхемы 133ЛА6 следующий.

1. Вызвать программу **Library Executive** – администратор библиотек.
2. Выполнить команды **Component/New** (Создать новый библиотечный элемент) (рис.4.2.1).

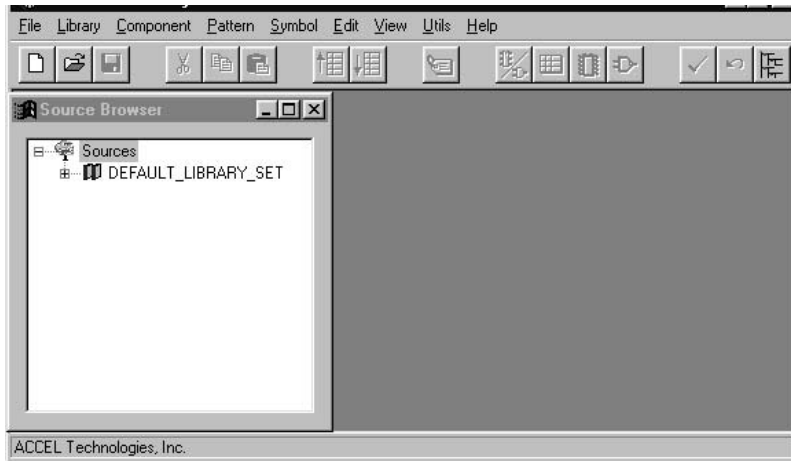


Рис.4.2.1

В открывшемся диалоговом окне выбрать библиотеку ЭРЭ.lib.

3. В результате появится диалоговое окно **Component Information** (Информация о компоненте) (рис.4.2.2). В этом окне нажать кнопку **Select Pattern** (Выбор ПМ) и в окне **Library Browse** (Просмотр библиотеки) (рис.4.2.3) выбрать посадочное место (Pattern) для этой микросхемы. В списке имеющихся посадочных мест им является место - 401.14. Нажать кнопку ОК.

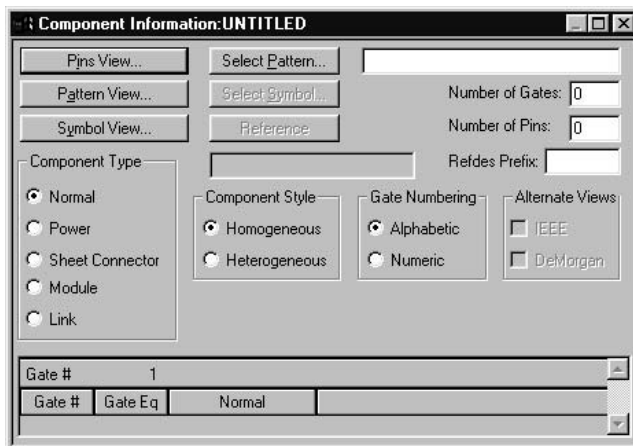


Рис.4.2.2

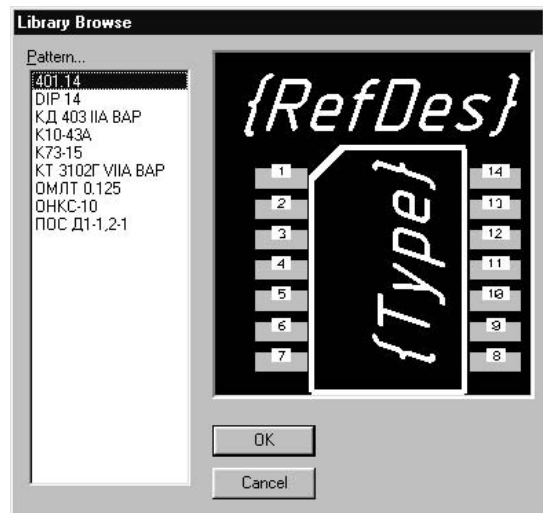


Рис.4.2.3

4. В диалоговом окне **Component Information** выбрать:
- в поле **Component Type** (Тип компонента) - **Normal**;
 - в поле **Component Style** (Вид компонента) - **Homogeneous**;
 - в поле **Gate Numbering** (Способ нумераций вентиляей) - **Numeric**;
 - в поле **Number of Gate** (Количество вентиляей) ввести **2**;
 - в поле **RefDes Prefix** (Префикс позиционного обозначения) ввести **DD**.
- В результате получим настройки, представленные на рис.4.2.4.

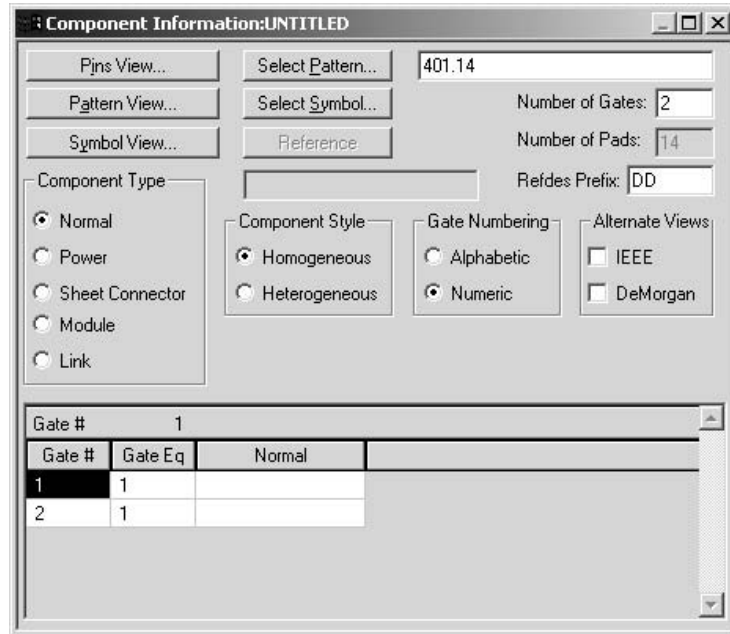


Рис.4.2.4

- Нажать кнопку **Select Symbol** (Присоединить, выбрать символ). Выбрать в списке символов 4И-НЕ (рис.4.2.5) и нажать кнопку ОК.

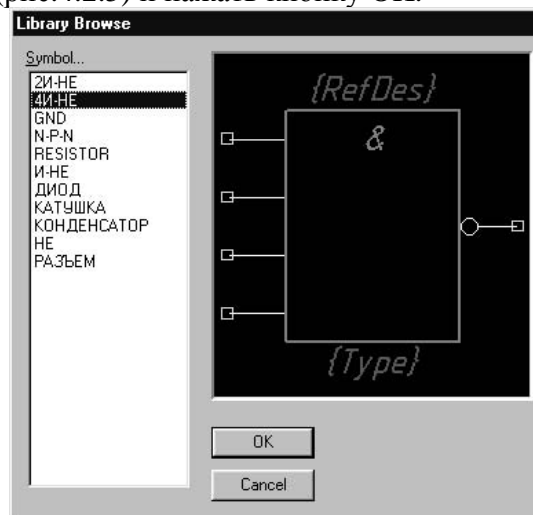


Рис.4.2.5

- В диалоговом окне **Component Information** нажать кнопку **Pin Views** (Просмотр вывода). В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации. Она имеет восемь колонок и четырнадцать строк (по количеству контактов посадочного места).
- Заполним эту таблицу в соответствии с цоколевкой микросхемы (рис.4.2.6).

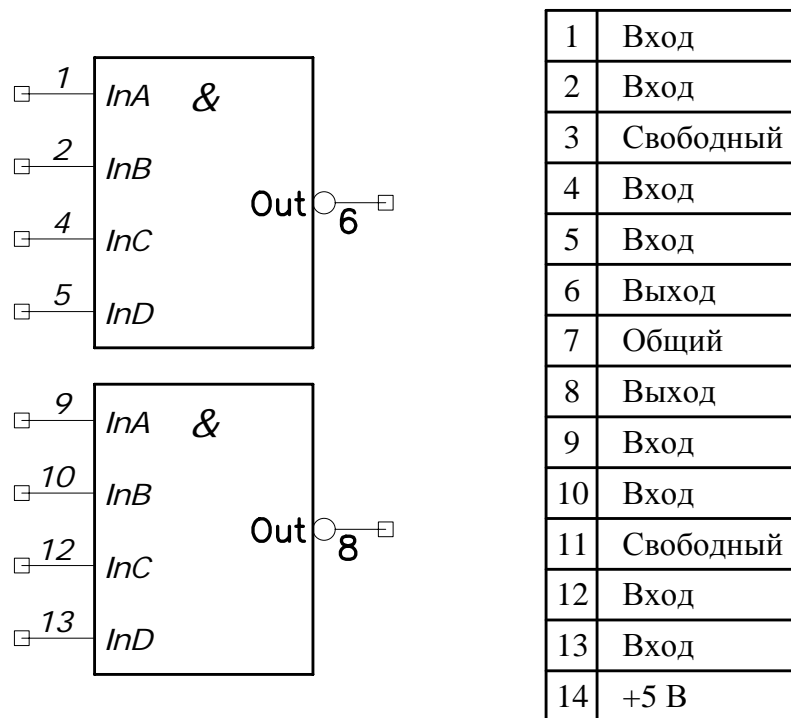


Рис.4.2.6. Цоколевка микросхемы 133ЛА6.

- В столбце **Pad #** (номер КП ПМ элемента) автоматически появится сквозная нумерация от 1 до 14 (числа КП в ПМ).
- Графа **Pin Des** (номер вывода в корпусе ЭРЭ) также заполнится автоматически от 1 до 14 (числа выводов в корпусе ЭРЭ).
- В графе **Gate #** (номер секции-вентилей ЭРЭ) в строках 1, 2, 4, 5 и 6 ставится 1, так как эти выводы соответствуют 1-му вентилю микросхемы, в строки 8, 9, 10, 12 и 13 ставится 2, так как выводы 8, 9, 10, 12 и 13 соответствуют 2-му вентилю микросхемы. Строки 3, 7, 11 и 14 остаются свободными, поскольку 3-й и 11-й выводы микросхемы свободны, а 7-й и 14-й – выводы питания.
- Графа **Sim Pin #** (порядковый номер вывода в УГО) заполняется в соответствии с номерами выводов вентиля микросхемы. В данном случае 1-ый вывод микросхемы соответствует 1-му выводу 1-го вентиля микросхемы, 2-ой – 2-му выводу 1-го вентиля, 4-ый – 3-му выводу 1-го вентиля, 5-ый – 4-му выводу 1-го вентиля, 6-ой – 5-му выводу 1-го вентиля. Для 2-го вентиля: 8-ой вывод микросхемы соответствует 5-му выводу 2-го вентиля, 9-ый – 1-му, 10-ый – 2-му, 12-ый – 3-му, 13-ый – 4-му. Остальные строки не заполнять.
- Графа **Pin Name** (название вывода) заполняется в соответствие с наименованиями каждого вывода вентиля, подключенного к выводу микросхемы. В 1-й строке записать название InA, во 2-й – InB, в 4-й – InC, в 5-й – InD и в 6-й – Out. В строках 8-й, 9-й, 10-й, 12-й и 13-й записать названия выводов вентиля, соответственно – Out, InA, InB, InC и InD.
- В графе **Gate Eq** (эквивалентность логических секций-вентилей) указать возможность замены вентиля друг другом. Для этого в строках 1-й, 2-й, 4-й, 5-й, 6-й, и 8-й, 9-й, 10-й, 12-й, 13-й поставить единицы, так как вентили в микросхеме взаимозаменяемые. Остальные строки не заполнять.
- В графе **Pin Eq** (эквивалентность выводов) ставятся единицы в строках 1-й, 2-й, 4-й и 5-й, поскольку все входы первого вентиля эквивалентны, и двойки в строках 9-й, 10-й, 12-й и 13-й, по той же причине для второго вентиля.

- В графе **Elec. Type** (электрический тип вывода) в строках, соответствующих входам логических элементов (1-я, 2-я, 3-я, 4-я и 9-я, 10-я, 12-я, 13-я), в выпадающем меню выбрать **Input**. В строках, соответствующих выходам (6-я и 8-я), выбрать **Output**. В строках, соответствующих выводам питания микросхемы (7-я и 14-я), выбрать **Power**. И в строках, соответствующих свободным выводам (3-я и 11-я), 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 7, соответствующей общему выводу микросхемы вписать **GND** (от английского ground – земля). В строке 14 (соответствующей питанию микросхемы) вписать **+5V** (номинал питания). Результат упаковки микросхемы 133ЛА6 представлен в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1

Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	InA	1	1	Input
2	2	1	2	InB	1	1	Input
3	3						Unknown
4	4	1	3	InC	1	1	Input
5	5	1	4	InD	1	1	Input
6	6	1	5	Out	1		Output
7	7	PWR		GND			Power
8	8	2	5	Out	1		Output
9	9	2	1	InA	1	1	Input
10	10	2	2	InB	1	1	Input
11	11						Unknown
12	12	2	3	InC	1	1	Input
13	13	2	4	InD	1	1	Input
14	14	PWR		+5V			Power

8. Администратор библиотек позволяет выполнить проверку правильности настройки таблицы перед записью элемента в библиотеку. Для проверки необходимо выполнить команды **Component/Validate**. При верном заполнении таблицы появится окно с надписью «No errors found!» (рис.4.2.7).



Рис.4.2.7

Если система сообщает об ошибке в упаковке, нужно проверить соответствие каждого вывода УГО каждой КП ПМ и строкам упаковочной таблицы. Для этого надо в упаковочной таблице **Pins View** щелкнуть по кнопке **Symbol View** и **Pattern View**. Откроются одноименные окна. После этого щелкая по номерам строк упаковочной таблицы, выводам УГО или КП ПМ, можно увидеть выделенные системой соответствующие им вывод УГО и КП ПМ (рис. 4.2.8).

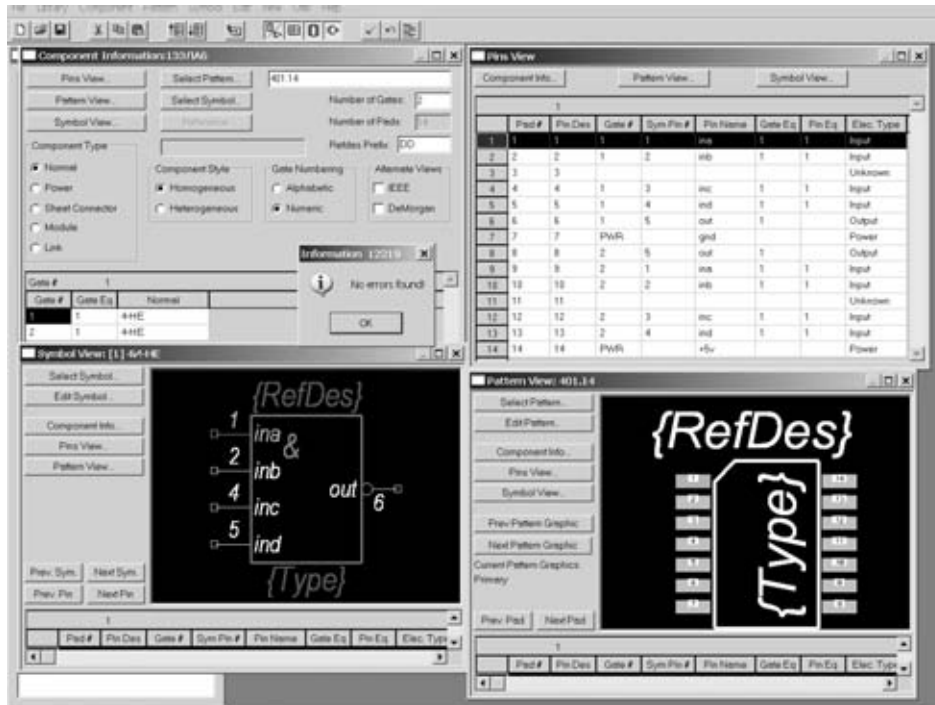


Рис.4.2.8

9. Выполнить команды **Component/Save** и, нажав на кнопку ОК, записать созданный библиотечный элемент в библиотеку под именем 133ЛА6 (рис.4.2.9).

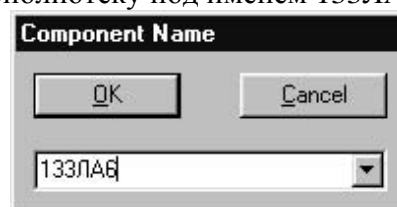


Рис. 4.2.9.

4.3. Создание библиотечного элемента микросхемы К511ПУ2

Порядок создания библиотечного элемента микросхемы К511ПУ2 следующий.

- Запустить программу администратор библиотек **Library Executive**.
- Выполнить команды **Component/New** (создать новый библиотечный элемент) (см. рис.4.2.1).
- В открывшемся диалоговом окне выбрать используемую нами библиотеку ЭРЭ.lib и нажать кнопку ОК.
- В результате появится диалоговое окно **Component Information** (см. рис.4.2.2). В этом окне нажать кнопку **Select Pattern** и в появившемся окне **Library Browse** выбрать посадочное место для этой микросхемы К511ПУ2 (рис.4.3.1). В списке имеющихся посадочных мест выбрать DIP14 и нажать кнопку ОК.

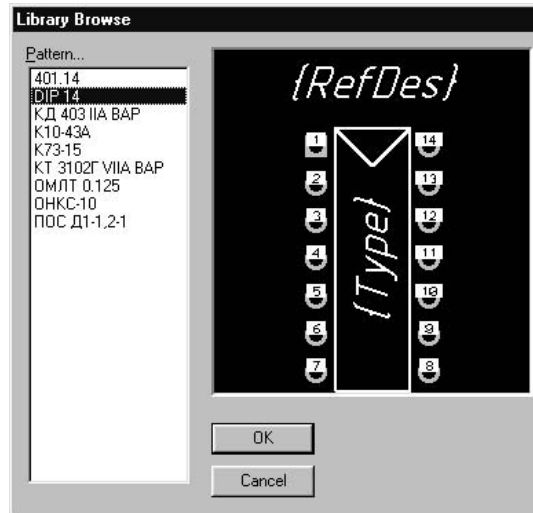


Рис.4.3.1

- 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 4.
 - в поле **RefDes Prefix** (Префикс позиционного обозначения) ввести DD.
- Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку **Select Symbol**. В открывшемся окне **Library Browse** (рис.4.3.2) в списке символов найти «2И-НЕ» и нажать кнопку ОК.

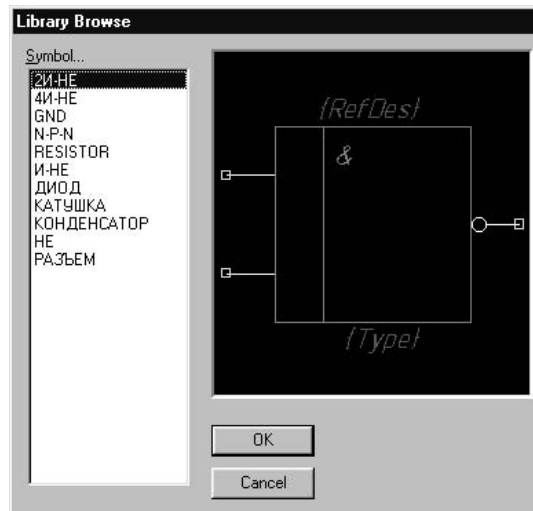


Рис.4.3.2

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.

Щелкнуть ЛК в поле **Normal** для второй по порядку секции элемента, нажать кнопку **Select Symbol**, вновь выбрать вентиль «2И-НЕ» и нажать кнопку ОК. Аналогичным образом выбрать два вентиля «НЕ-И» для третьей и четвертой секций.

• В диалоговом окне **Component Information** нажать кнопку **Pin Views**. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации. Заполнять таблицу необходимо в соответствии с цоколевкой элемента (рис.4.3.3).

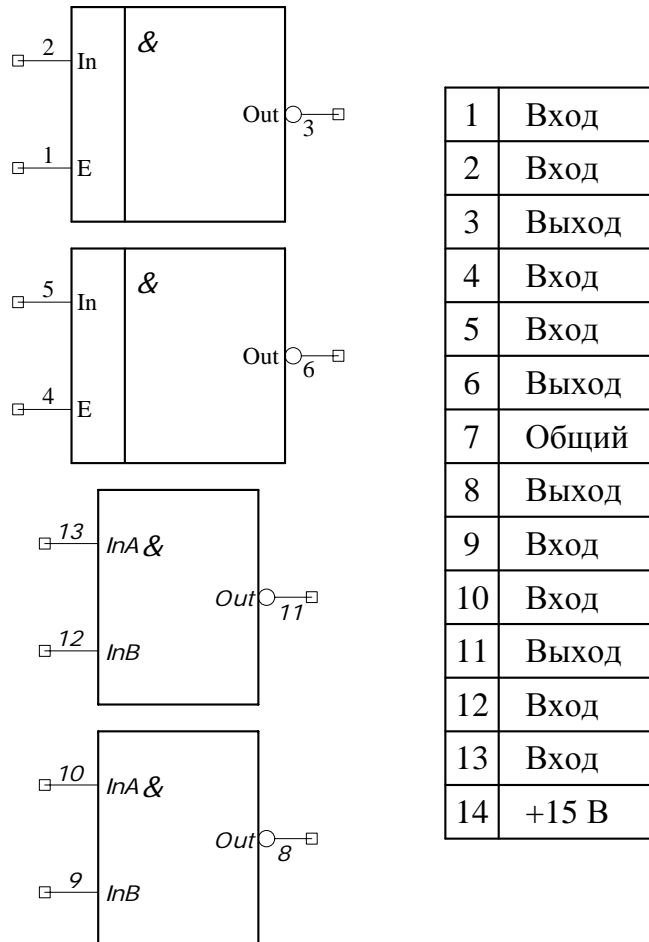


Рис.4.3.3

- Ввести упаковочную информацию согласно таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1

Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	E	1		Input
2	1	2	In	1		Input
3	1	3	Out	1		Output
4	2	1	E	1		Input
5	2	2	In	1		Input
6	2	3	Out	1		Output
7	PWR		GND			Power
8	3	3	Out	2		Output
9	3	2	InB	2	1	Input
10	3	1	InA	2	1	Input
11	4	3	Out	2		Output
12	4	2	InB	2	1	Input
13	4	1	InA	2	1	Input
14	PWR		GND			Power

• Выполнить команды **Component/Validate**. В результате будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок (рис.4.3.4). 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 K511PU2 (рис.4.3.5).



Рис.4.3.4

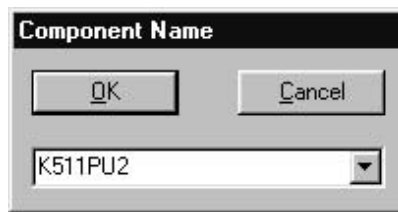


Рис.4.3.5

4.4. Создание библиотечного элемента для транзистора КТ3102Г

Порядок создания библиотечного элемента транзистора КТ3102Г.

- Запустить программу администратор библиотек **Library Executive**.
- Выполнить команды **Component/New** (Создать новый библиотечный элемент) (см. рис.4.2.1).
- В открывшемся диалоговом окне выбрать используемую нами библиотеку ЭРЭ.lib и нажать ОК.
- В результате появится диалоговое окно **Component Information** (см. рис.4.2.2). В этом окне нажать кнопку **Select Pattern** и в открывшемся окне **Library Browse** (рис.4.4.1) выбрать посадочное место транзистора. В списке имеющихся посадочных мест надо выделить «КТ3102Г V11A ВАР» и нажать кнопку ОК.

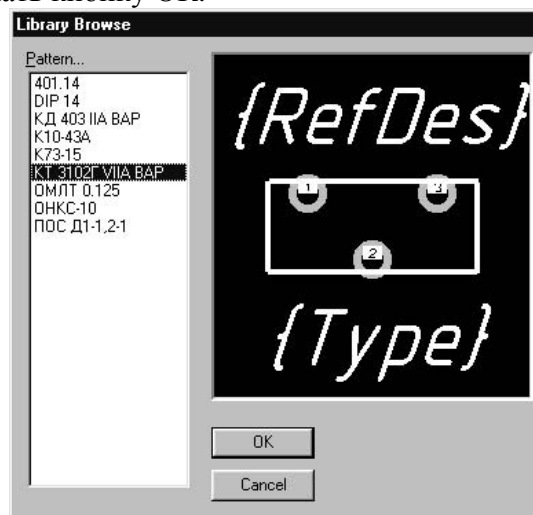


Рис.4.4.1

- В диалоговом окне **Component Information** установить:
 - в поле **Component Type** (Тип элемента) выбрать **Normal**;
 - в поле **Component Style** (Вид элемента) выбрать **Homogeneous**;
 - в поле **Gate Numbering** (Способ нумерации вентиля) выбрать **Numeric**;
 - в поле **Number of Gates** (Количество вентиля) ввести 1.
 - в поле **RefDes Prefix** (Префикс позиционного обозначения) ввести VT (рис.4.4.2).

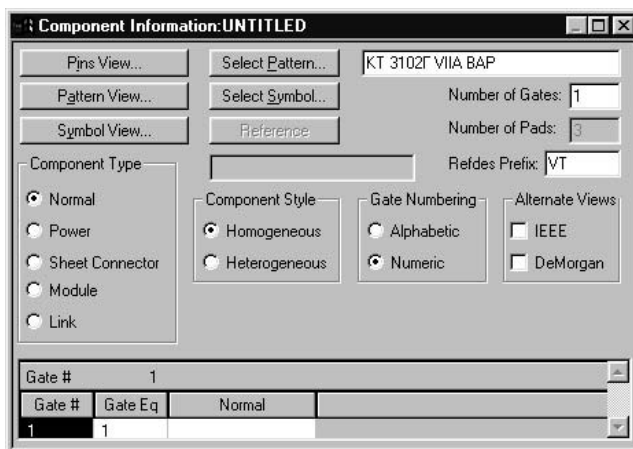


Рис.4.4.2

• Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку **Select Symbol**. В открывшемся окне **Library Browse** (рис.4.4.3) в списке символов найти «N-P-N», выделить его цветом и нажать кнопку ОК.

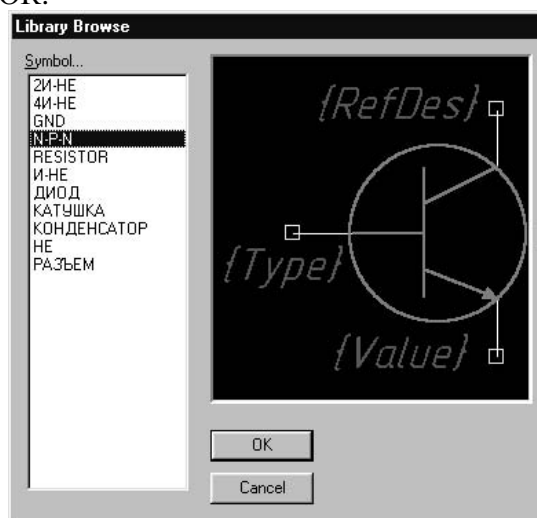


Рис.4.4.3

• В диалоговом окне **Component Information** нажать кнопку **Pin Views**. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации (табл.4.4.1). Заполнять эту таблицу необходимо в соответствии с цоколевкой элемента (рис.4.4.4). Нопрежде, чем заполнять таблицу, уточним нумерацию контактов транзистора. Для этого нажать на кнопку **Symbol View** в верхней части таблицы (рис.4.4.5).

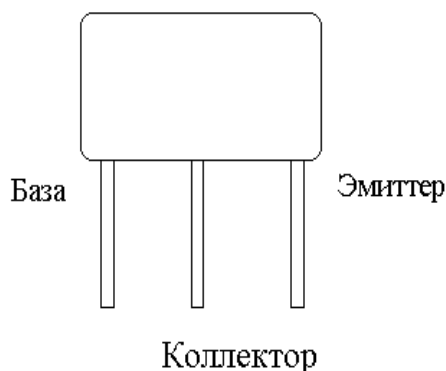


Рис.4.4.4

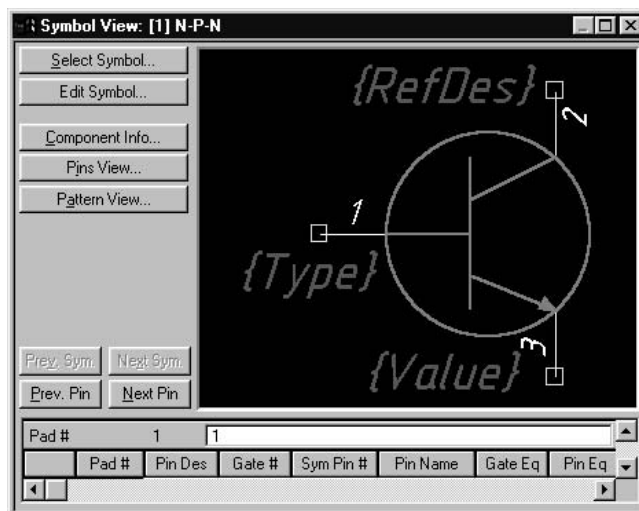


Рис.4.4.5

- Ввести упаковочную информацию в таблицу 4.4.1.

Таблица 4.4.1

Pin Eq	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Typ
1	1	1	1	1	B	1		Unknown
2	2	2	1	2	K	1		Unknown
3	3	3	1	3	E	1		Unknown

• Выполнить команды **Component/Validate**. В результате будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок (рис.4.4.6). Имеющиеся ошибки исправить.

• Выполнить команды **Component/Save** и, нажав на кнопку ОК, записать созданный библиотечный элемент в библиотеку под именем КТ3102Г (рис.4.4.7).

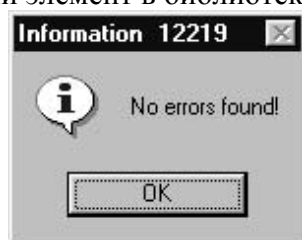


Рис.4.4.6

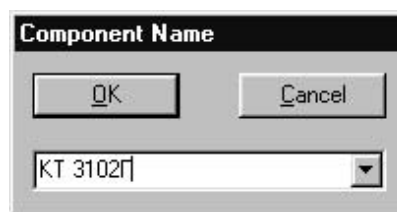
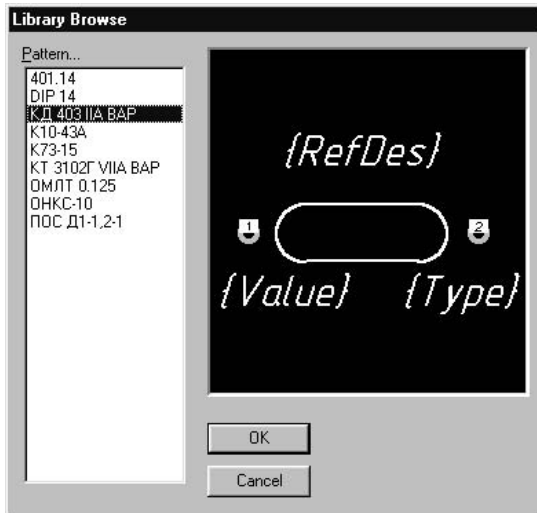


Рис.4.4.7

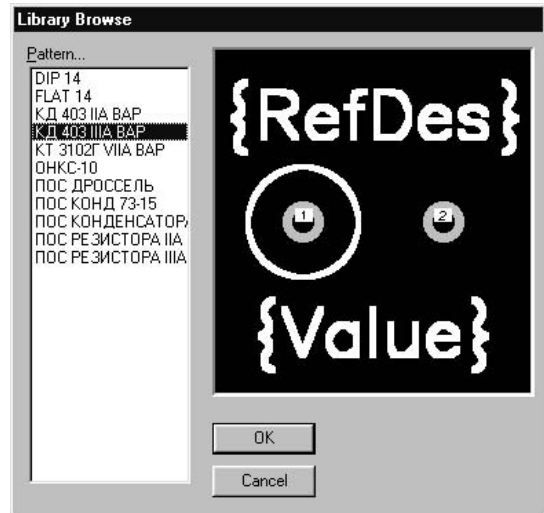
4.5. Создание библиотечного элемента диода КД403А

Порядок создания библиотечного элемента диода КД403А.

- Запустить программу администратор библиотек **Library Executive**.
- Выполнить команды **Component/New** (создать новый библиотечный элемент) (см. рис.4.2.1).
- В открывшемся диалоговом окне выбрать используемую нами библиотеку ЭРЭ.lib и нажать ОК.
- В результате появится диалоговое окно **Component Information** (см. рис.4.2.2). В этом окне нажать кнопку **Select Pattern** и в появившемся окне **Library Browse** выбрать посадочное место диода КД403А. В списке имеющихся посадочных мест выбрать «КД403А ПА» (рис.4.5.1, а) или «КД403А ПА» (рис.4.5.3, б), в зависимости от способа размещения элемента на печатной плате. Нажать кнопку ОК.



а)



б)

Рис.4.5.1

- В диалоговом окне **Component Information** установить:
 - в поле **Component Type** (Тип компонента) - **Normal**;
 - в поле **Component Style** (Вид компонента) - **Homogeneous**;
 - 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 VD.
- Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку **Select Symbol**. В открывшемся окне **Library Browse** в списке символов найти «Диод», выделить его и нажать кнопку ОК.

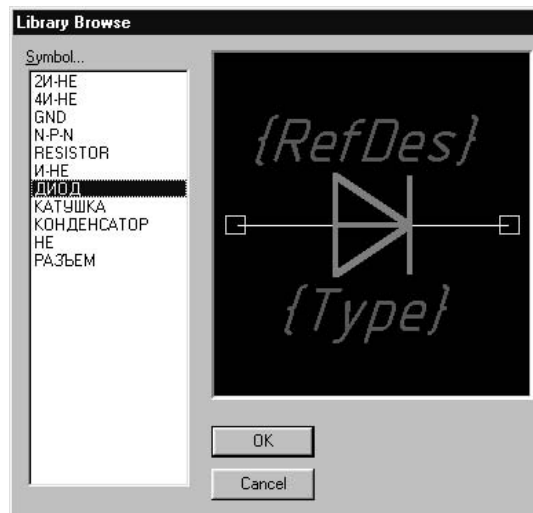


Рис.4.5.2

- В диалоговом окне **Component Information** нажать кнопку **Pin Views**. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации.
- Ввести упаковочную информацию согласно таблице 4.5.1.

Таблица 4.5.1

	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	1	1	1		Unknown
2	2	2	1	2	2	1		Unknown

- Выполнить команды **Component/Validate** – будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок. Если ошибок нет, то появится сообщение (рис.4.5.3). В противном случае исправить имеющиеся ошибки.

- Выполнить команды **Component/Save** и, нажав кнопку ОК, записать созданный библиотечный элемент в библиотеку под именем KD403A (рис.4.5.4).



Рис.4.5.3

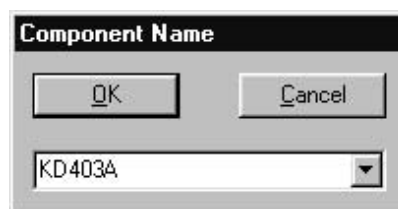


Рис.4.5.4

4.6. Создание библиотечного элемента конденсатора K73-15

Порядок создания библиотечного элемента диода K73-15.

- Запустить программу администратор библиотек **Library Executive**.
- Выполнить команды **Component/New** (см. рис.4.2.1).
- В открывшемся диалоговом окне выбрать используемую нами библиотеку ЭРЭ.lib и нажать ОК.
- В результате появится диалоговое окно **Component Information** (см. рис.4.2.2). В диалоговом окне нажать кнопку **Select Pattern** и в появившемся окне **Library Browse** (рис.4.6.1) в списке имеющихся посадочных мест выделить «K73-15» и нажать кнопку ОК.

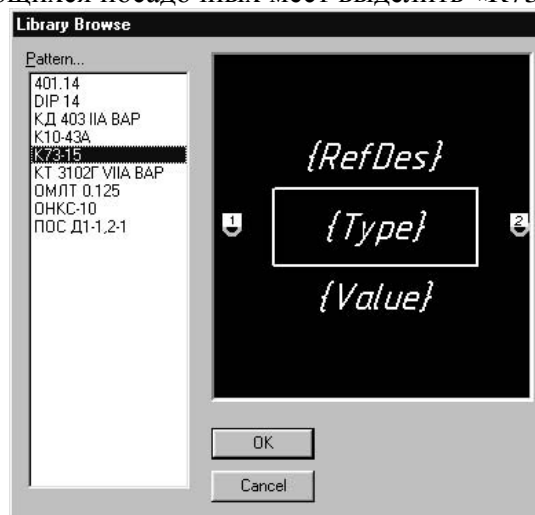


Рис.4.6.1

- В диалоговом окне **Component Information** выбрать:
 в поле **Component Type** (Тип компонента) - **Normal**;
 в поле **Component Style** (Вид компонента) – **Homogeneous**;
 в поле **Gate Numbering** (Способ нумерации вентиля) - **Numeric**;
 в поле **Number of Gates** (Количество вентиля) - ввести 1.

в поле **RefDes Prefix** - ввести С.

- Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку **Select Symbol**. В открывшемся окне **Library Browse** в списке символов найти «Конденсатор», выделить его и нажать кнопку ОК (рис.4.6.2).

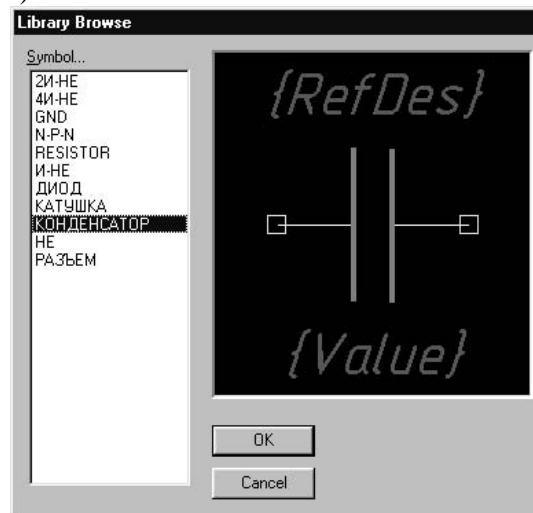


Рис.4.6.2

- В диалоговом окне **Component Information** нажать кнопку **Pin Views**. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации.
- Ввести упаковочную информацию согласно таблице 4.6.1

Таблица 4.6.1

Pad #	1	1						
	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	1	1	1	1	Passive
2	2	2	1	2	2	1	1	Passive

- Выполнить команды **Component/Validate** – будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок (рис.4.6.3).
- Выполнить команду **Component Save** и, нажав кнопку ОК, записать в библиотеку созданный библиотечный элемент под именем K73-15 (рис.4.6.4).



Рис.4.6.3

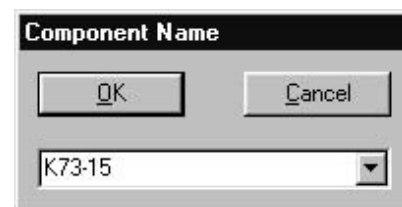


Рис.4.6.4

4.7. Создание библиотечного элемента конденсатора K10-43

Порядок создания библиотечного элемента диода K10-43.

- Запустить программу администратор библиотек **Library Executive**.
- Выполнить команды **Component/New** (см. рис.4.2.1).

В открывшемся диалоговом окне выбрать используемую нами библиотеку ЭРЭ.lib и нажать ОК.

- В результате появится диалоговое окно **Component Information** (см. рис.4.2.2). В этом окне нажать кнопку **Select Pattern** и в появившемся окне **Library Browse** (рис.4.7.1) выбрать посадочное место конденсатора K10-43. В списке имеющихся посадочных мест выделить K10-43 и нажать кнопку ОК.

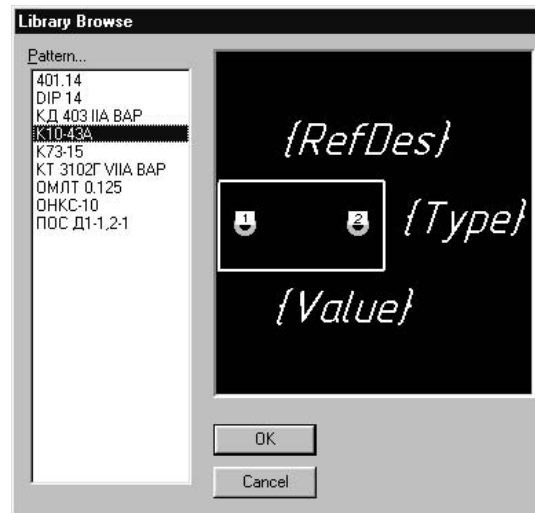


Рис.4.7.1

- В диалоговом окне **Component Information** установить:
 в поле **Component Type** (Тип компонента) – **Normal**;
 в поле **Component Style** (Вид компонента) – **Homogeneous**;
 в поле **Gate Numbering** (Способ нумерации вентиля) – **Numeric**;
 в поле **Number of Gates** (Количество вентиля) - ввести 1.
 в поле **RefDes Prefix** - ввести С.
- Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку **Select Symbol**. В открывшемся окне **Library Browse** (рис.4.7.2) в списке символов найти «Конденсатор», выделить его и нажать кнопку ОК.

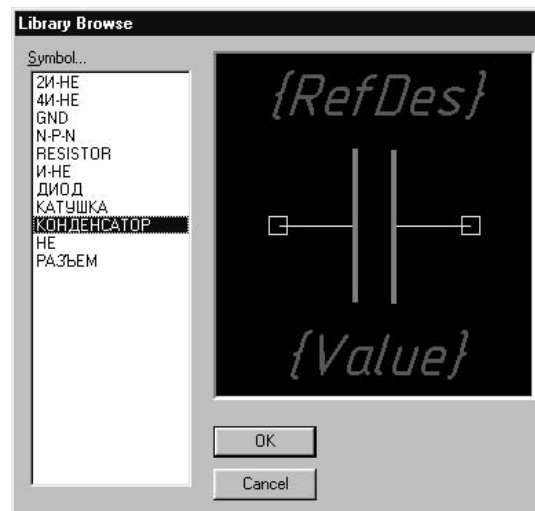


Рис.4.7.2

- В диалоговом окне **Component Information** нажать кнопку **Pin Views**. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации.
- Ввести упаковочную информацию согласно таблице 4.7.1.

Таблица 4.7.1

Pad #	1	1						
Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type	
1	1	1	1	1	1	1	Passive	
2	2	1	2	2	1	1	Passive	

- Выполнить команды **Component/Validate** – будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок (рис.4.7.3).
- Выполнить команды **Component/Save** и, нажав кнопку ОК, записать в библиотеку созданный библиотечный элемент под именем K10-43 (4.7.4).



Рис.4.7.3

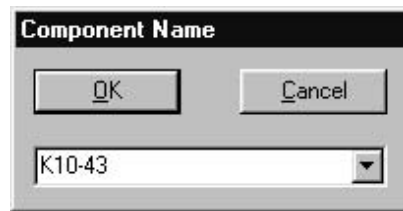
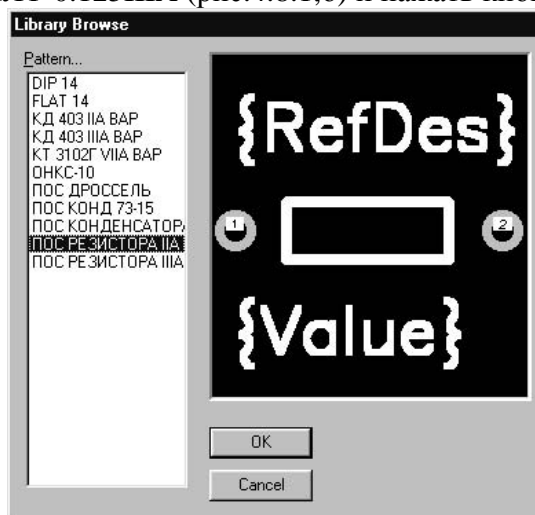


Рис.4.7.4

4.8. Создание библиотечного элемента резистора ОМЛТ-0.125

Порядок создания библиотечного элемента диода ОМЛТ-0.125.

- Запустить программу администратор библиотек **Library Executive**.
- Выполнить команды **Component/New** (см. рис.4.2.1).
- В открывшемся диалоговом окне выбрать используемую нами библиотеку ЭРЭ.lib и нажать кнопку «Открыть».
- В результате появится диалоговое окно Component Information (см. рис.4.2.2). В этом окне нажать кнопку Select Pattern и в появившемся окне Library Browse (рис.4.8.1) выбрать посадочное место резистора. В зависимости от способа размещения элемента на плате, в списке имеющихся посадочных мест выделить ОМЛТ-0.125ПА (рис.4.8.1,а) или ОМЛТ-0.125ПАА (рис.4.8.1,б) и нажать кнопку ОК.



а)



б)

Рис.4.8.1

- В диалоговом окне Component Information выбрать:
в поле Component Type (Тип компонента) – Normal;
в поле Component Style (Вид компонента) – Homogeneous;

в поле Gate Numbering (Способ нумерации вентиляей) – Numeric;
 в поле Number of Gates (Количество вентиляей) - ввести 1;
 в поле RefDes Prefix - ввести R (рис.4.8.2).

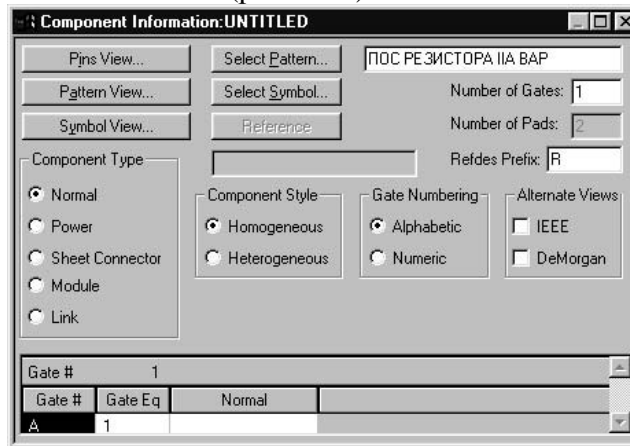


Рис.4.8.2

• Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку Select Symbol. В открывшемся окне Library Browse (рис.4.8.3) в списке символов найти «Резистор», выделить его и нажать кнопку ОК.

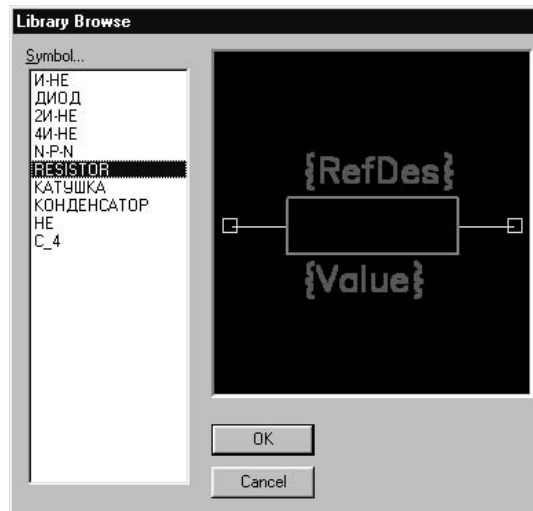
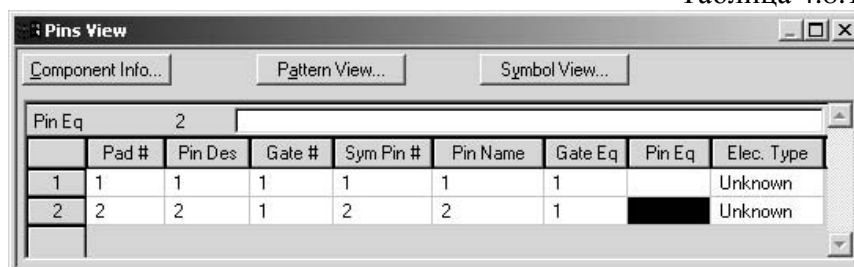


Рис.4.8.3

• В диалоговом окне Component Information нажать кнопку Pin Views. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации.
 • Ввести упаковочную информацию согласно таблице 4.8.1.

Таблица 4.8.1



• Выполнить команды **Component/Validate** – будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок.
 • Выполнить команды **Component/Save** и, нажав кнопку ОК, записать в библиотеку созданный библиотечный элемент под именем ОМЛТ-0.125 (рис.4.8.4).

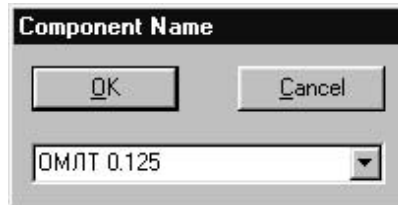


Рис.4.8.4

4.9. Создание библиотечного элемента катушки индуктивности Д1-1,2-1

Порядок создания библиотечного элемента катушки индуктивности Д1-1,2-1.

- Запустить программу администратор библиотек **Library Executive**.
- Выполнить команды **Component/New** (см. рис.4.2.1).
- В открывшемся диалоговом окне выбрать используемую нами библиотеку ЭРЭ.lib и нажать кнопку «Открыть».
- В результате появится диалоговое окно Component Information (см. рис.4.2.2).. В диалоговом окне нажать кнопку Select Pattern и в появившемся окне Library Browse (рис.4.9.1) выбрать посадочное место катушки индуктивности «ПОС Д1-1,2-1». Нажать кнопку ОК.

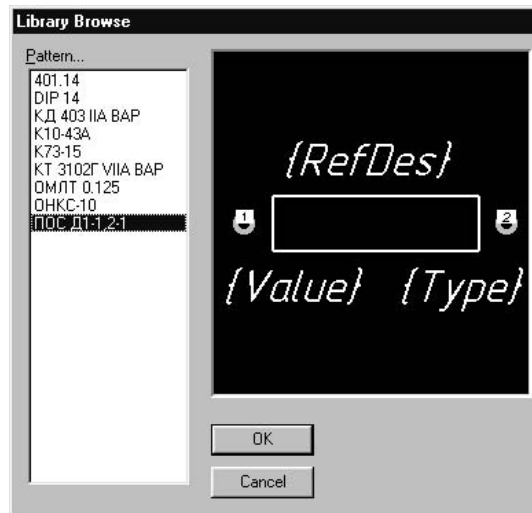


Рис.4.9.1

- В диалоговом окне Component Information выбрать:
 - в поле Component Type (Тип компонента) – Normal;
 - в поле Component Style (Вид компонента) – Homogeneous;
 - в поле Gate Numbering (Способ нумерации вентиля) – Numeric;
 - в поле Number of Gates (Количество вентиля) - ввести 1.
 - в поле RefDes Prefix - ввести L.
- Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку Select Symbol. В списке символов найти строку «Катушка», выделить ее и нажать кнопку ОК (рис.4.9.2).

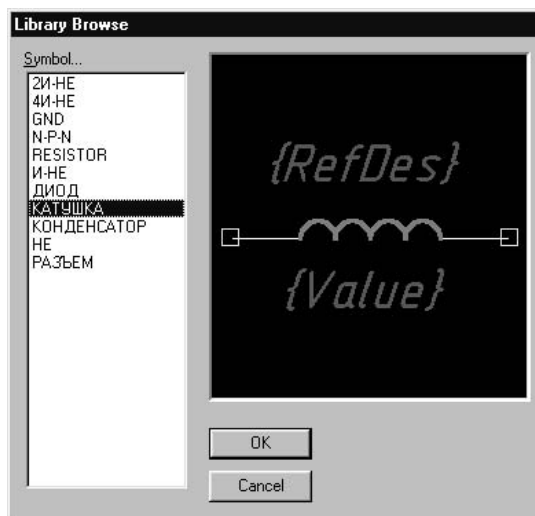


Рис.4.9.2

- Нажать кнопку Pin Views. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации.
- Ввести упаковочную информацию согласно таблице 4.9.1.

Таблица 4.9.1

	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	1	1	1	1	Passive
2	2	2	1	2	2	1	1	Passive

- Выполнить команды **Component/Validate** – будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок (рис.4.9.3).
- Выполнить команды **Component/Save** и, нажав кнопку ОК, записать созданный библиотечный элемент под именем Д1-1,2-1 (рис.4.9.4).



Рис.4.9.3

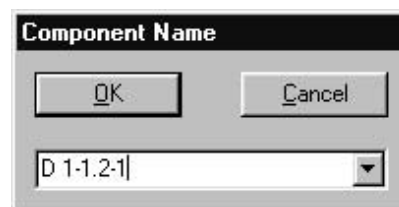


Рис.4.9.4

4.10. Создание библиотечного элемента электрического соединителя ОН-КС-10

Порядок создания библиотечного элемента электрического соединителя ОН-КС-10.

- Запустить программу администратор библиотек **Library Executive**.
- Выполнить команды **Component/New** (см. рис.4.2.1).
- В открывшемся диалоговом окне выбрать используемую нами библиотеку ЭРЭ.lib и нажать кнопку «Открыть».
- В результате появится диалоговое окно Component Information (см. рис.4.2.2).. В диалоговом окне нажать кнопку Select Pattern и в появившемся окне Library Browse (рис.4.10.1) выбрать посадочное место электрического соединителя – ОН-КС-10. Нажать кнопку ОК.

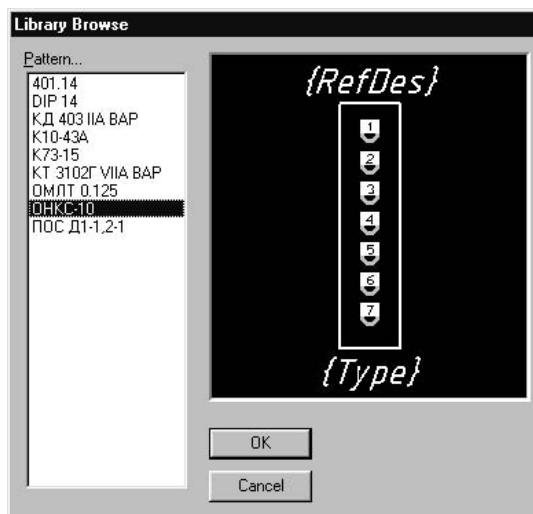


Рис.4.10.1

- В диалоговом окне Component Information выбрать:
 в поле Component Type (Тип компонента) – Normal;
 в поле Component Style (Вид компонента) – Homogeneous;
 в поле Gate Numbering (Способ нумерации вентиляей) – Numeric;
 в поле Number of Gates (Количество вентиляей) - ввести 7.
 в поле RefDes Prefix (Префикс позиционного обозначения) - ввести XS.
- Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку Select Symbol. В списке символов найти «Соединитель», выбрать его и нажать кнопку ОК (рис.4.10.2).

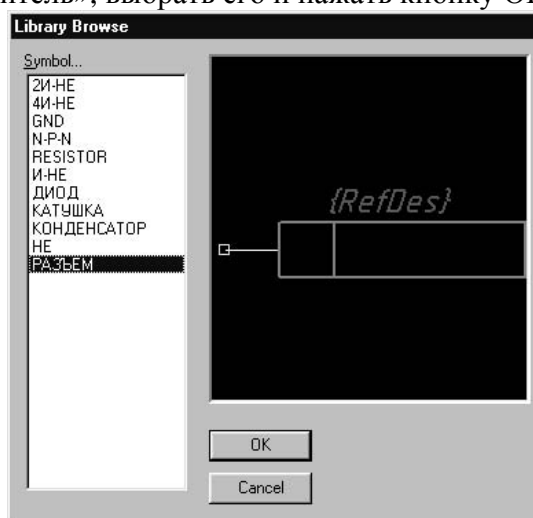


Рис.4.10.2

- Нажать кнопку Pin Views. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации.
- Ввести упаковочную информацию согласно таблице 4.10.1.

Таблица 4.10.1

	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	1	1	1	1	Unknown
2	2	2	2	1	2	1	1	Unknown
3	3	3	3	1	3	1	1	Unknown
4	4	4	4	1	4	1	1	Unknown
5	5	5	5	1	5	1	1	Unknown
6	6	6	6	1	6	1	1	Unknown
7	7	7	7	1	7	1	1	Unknown

- Выполнить команды **Component/Validate** – будет произведена проверка упаковочной информации на наличие ошибок (рис.4.10.3).
- Выполнить команды **Component/Save** и записать созданный библиотечный элемент под именем ОНп-КС-10 (рис.4.10.4).

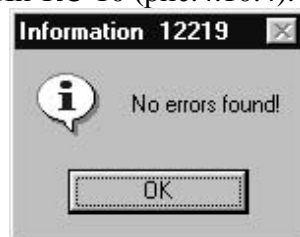


Рис.4.10.3

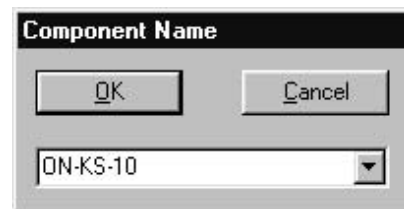


Рис.4.10.4

4.11. Создание библиотечного элемента «Корпус»

Порядок создания библиотечного элемента типа «Корпус» аналогичен порядку создания библиотечных элементов ЭРЭ. Упаковочная таблица его включает одну строку с типом вывода Power (рис. 4.11.1).

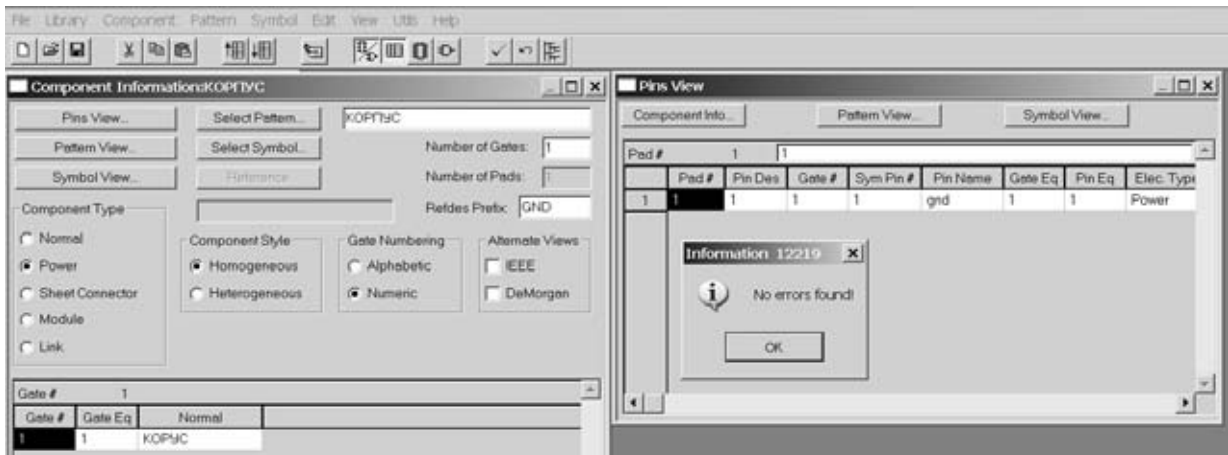


Рис. 4.11.1

Итак, упаковка всех выводов элементов выполнена. Можно приступить к следующей процедуре – созданию электрической схемы.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение программы Library Executive.
2. Какая информация представлена в диалоговом окне Component Information?
3. Какой порядок создания библиотечного элемента?

4. Чем определяется цифра в окне Number Gates?
5. Чем различается нумерация в 1-й и 2-й колонках?
6. Какие колонки входят в упаковочную таблицу?
7. Каким образом заполняется таблица упаковочной информации?
8. Каким образом проверяется правильность заполнения таблицы?
9. Как выполняется запись элемента в библиотеку?
10. Поясните порядок заполнения таблицы для микросхем.
11. Поясните порядок заполнения таблицы для транзисторов.
12. Поясните порядок заполнения таблицы для двухходовых ЭРЭ.
13. Чем отличается тип компонента у корпуса от обычных ЭРЭ?
14. Чем определяется выбор стиля компонента?
15. Какой должна быть нумерация вентиляей?

УРОК №5

ТЕМА: СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ГРАФИЧЕСКИМ РЕДАКТОРОМ P-CAD SCHEMATIC (видеоролик 4)

Цель занятия – изучение методики работы с графическим редактором **P-CAD Schematic**; приобретение навыков создания и оформления электрических схем.

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 конструкция узла печатной платы не разрабатывается, то при вычерчивании схем выбираются УГО элементов, которые не связаны с конструкцией элементов. В этом случае схема может использоваться только как иллюстративный материал. При возникновении необходимости разработки ПП, ее необходимо 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» и «**P-CAD Schematic**». В том случае, если на компьютере запущена одна из программ P-CAD, 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 рис.5.1.1.

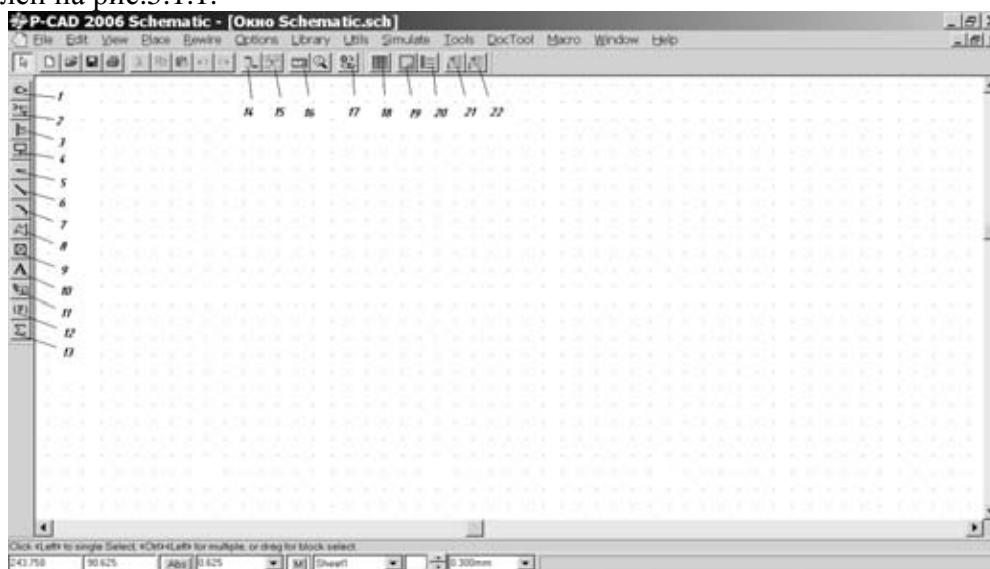


Рис.5.1.1

Пиктограммы меню инструментов следующие.

- | | |
|---|--|
| 1 Place Part – размещение символа компонента; | 13 IEEE Symbol – размещение символа блока; |
| 2 Place Wire – размещение цепи; | 14 Manual – редактирование цепи; |
| 3 Place Bus – размещение шины; | 15 Rename Net – переименование цепи; |
| 4 Place Port – размещение порта; | 16 Measure – измерение расстояния; |
| 5 Place Pin – размещение вывода; | 17 Record ECOs – начать/закончить |
| 6 Place Line – размещение линии; | |

- 7 Place Arc – размещение дуги;
- 8 Place Polygon– размещение полигона;
- 9 Ref Point – размещение точки привязки символа;
- 10 Text – ввод текста;
- 11 Attribute – ввод атрибута;
- 12 Field – размещение строки данных;

- запись файла изменений;
- 18 Place Table – размещение таблиц;
- 19 Titles – ввод рамки чертежа;
- 20 Notes – ввод текстовых примечаний;
- 21 Update – обновление информации в текущем поле или таблице;
- 22 Update All – обновление информации во всех полях проекта.

5.2. Создание схемы электрической принципиальной

Сформировать фрагмент схемы электрической принципиальной, представленной на рис.1.2.

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 A3 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 (рис. 5.2.1). Нажать кнопку **OK**.

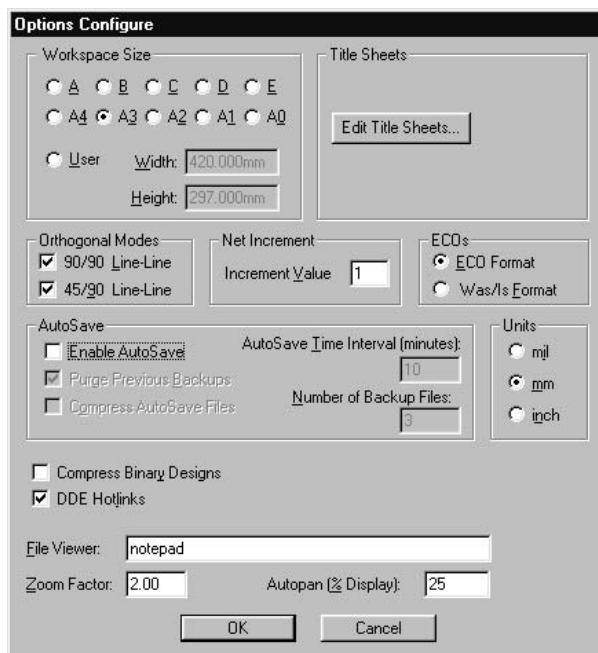


Рис. 5.2.1

- 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** (рис.5.2.2,а). Нажать кнопку **OK**.
- Установку элементов и проведение электрических цепей на одной линии удобно выполнять, пользуясь курсором в форме большого перекрестья. Для этого надо выполнить команды **Options/Display**. В открывшемся одноименном окне перейти на закладку **Miscellaneous** и в поле **Cursor Style** выбрать **Large Cross** (рис.5.2.2,б).

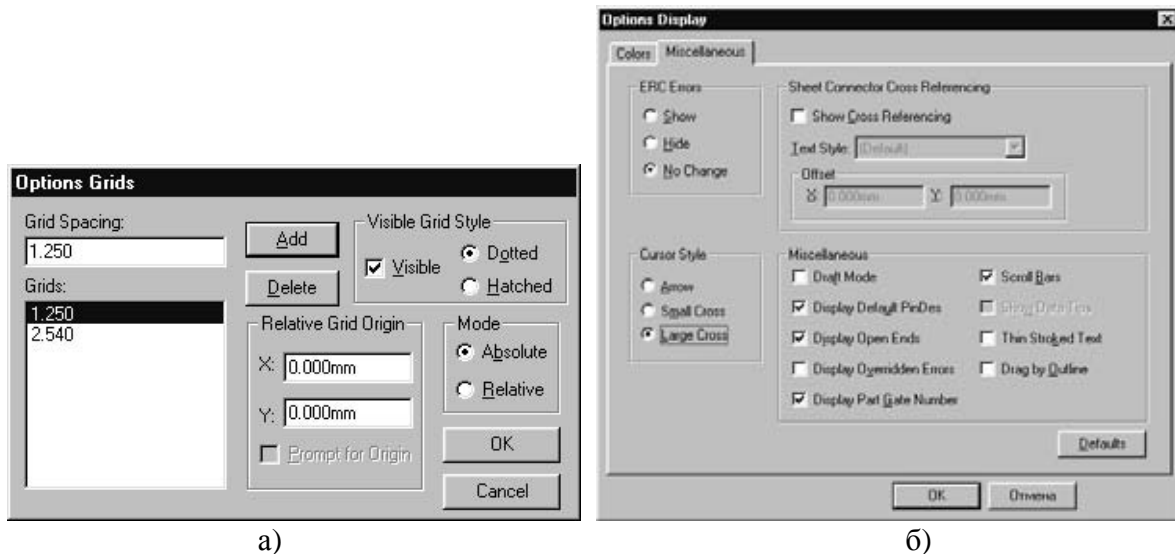


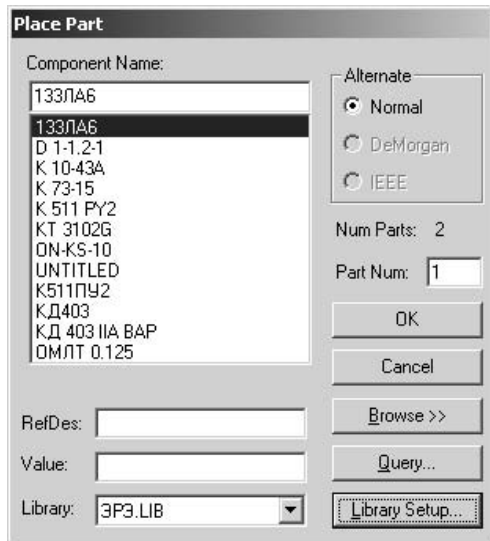
Рис. 5.2.2

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 названием **A3rus.ttl**, нажать кнопку **Modify** (рис. 5.2.3), а затем **Close**. Нажать кнопку **OK**.

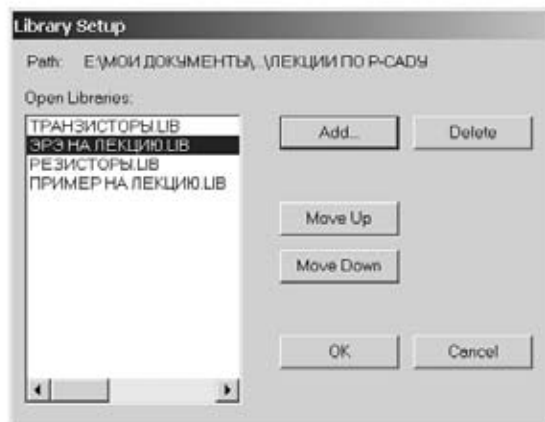


Рис. 5.2.3

4. Установить элементы (взаимное расположение элементов показано на рис.5.2.9). Для этого выполнить команды **Place/Part** (Размещение элементов). Появится одноименное окно **Place Part** (рис. 5.2.4, а). Нажать панель **Library Setup**. Откроется окно, в котором представлены загруженные библиотеки (рис. 5.2.4, б). Нажать кнопку **Add**. В появившемся стандартном окне Windows нужно выбрать файл **ЭРЭ.lib** и нажать кнопку «Открыть». После этого нажать кнопку **OK** в окне **Library Setup**.



а)



б)

Рис. 5.2.4

а) В диалоговом окне (рис.5.2.5) выбрать конденсатор К10-43А и щелкнуть по кнопке ОК. Нажать на клавишу **R**, элемент повернется на 90°. После этого курсором указать на рабочем поле место для его размещения – точку с координатами (303.75, 140), либо ввести эти координаты с клавиатуры. Для чего нажать клавишу буквы **J**, набрать координату X – 303.75, нажать **Tab**, затем набрать координату Y – 140 и нажать Enter. Курсор окажется в точке с этими координатами. Щелкнуть ЛК, а затем ПК. Элемент будет установлен на место.

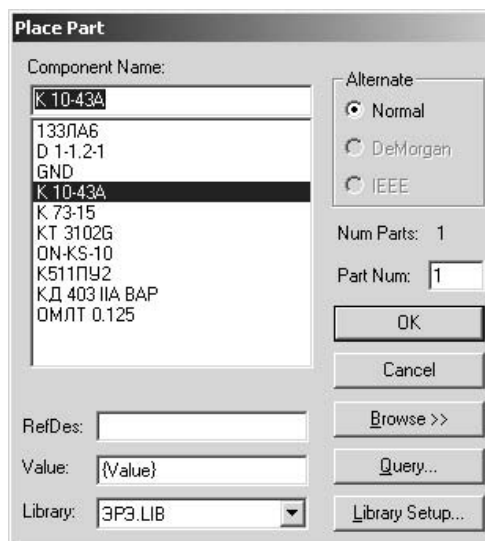


Рис. 5.2.5

б) Вновь щелкнуть ЛК. В открывшемся окне выбрать элемент ОМЛТ 0.125, щелкнуть по кнопке ОК. Развернуть его на 90° и поместить на рабочем поле три таких резистора в точках (58.75, 145), (90, 156.25), (138.75, 168.75). Масштаб изображения при этом целесообразно увеличить, нажав несколько раз на клавишу «+».

в) Далее таким же способом установить катушку индуктивности D 1-1.2-1 в точку (315, 153.75), диод КД 403 ПА ВАР вертикально в точку (90, 125), конденсатор K 73-15 в (110, 145) и транзистор КТ 3102G в (137.5, 145).

г). Теперь нужно установить вентили микросхемы K511ПУ2. Вначале установим 1-й вентиль. Для этого снова щелкнуть ЛК и выбрать элемент K511ПУ2. После этого надо проверить, чтобы в области **Part Num** стояла 1 (рис. 5.2.6, а). Нажать на кнопку ОК, а затем

нажатием ЛК установить 1-й клапан в точку с координатами (166.25, 186.25), щелкнуть ПК. Затем всю эту процедуру повторить при установке 2-го клапана в точку (211.25, 186.25). Щелкнуть ПК.

Установить 3-й и 4-й клапаны. Снова щелкнуть ЛК и в открывшемся окне опять выбрать элемент K511ПУ2, но в области **Part Num** теперь задать 3 (рис. 5.2.6, б). Для этого щелкнуть ЛК в окне **Part Num** и ввести 3. Нажать на кнопку ОК и установить на рабочем поле щелчком ЛК 3-й клапан в точку (167.5, 138.75). Щелкнуть ПК.

Эту процедуру полностью повторить при установке 4-го клапана в точку с координатами (213.75, 138.75).

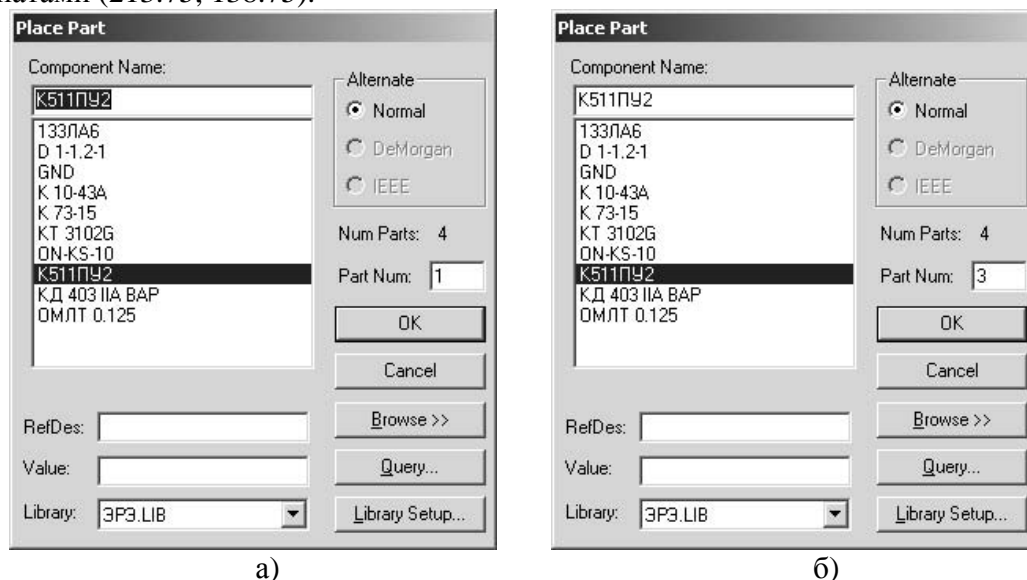


Рис. 5.2.6

д) Установить клапаны микросхемы 133ЛА6. Для этого щелкнуть ЛК и в открывшемся окне выбрать элемент 133ЛА6. Нажать на кнопку ОК. Аналогичным способом установить два клапана этой микросхемы в точки с координатами (260, 188.75) и (260, 141.25). Щелкнуть ПК.

е) Теперь поместить электрический соединитель. Щелкнуть ЛК и в открывшемся окне выбрать элемент ON-KS-10. Нажать кнопку ОК. Поскольку соединитель состоит из семи одинаковых элементов, все их разместить вертикально в ряд. Проще эту процедуру выполнить, если вначале укрупнить масштаб (трижды нажать клавишу «+»). Затем установить курсор в 1-ю точку с координатами (345, 178.75) и щелкнуть ЛК. После этого последовательно щелкая шесть раз, установить их друг под другом в точки с координатами (345, 173.75), (345, 168.75), (345, 163.75), (345, 158.75), (345, 153.75), (345, 148.75) так, как показано на рис. 5.2.7. Щелкнуть ПК.

После этого выполнить команды **Edit/Select** и выделить все семь элементов соединителя. Для чего достаточно щелкнуть слева сверху над соединителем ЛК и, не отпуская ее, переместить курсор вправо вниз под соединитель. Отпустить ЛК. Щелкнуть по ним ПК и в открывшемся меню выбрать **Properties**. В появившемся диалоговом окне в области **Visibility** двойным щелчком ЛК убрать флажок около **RefDes** и нажать кнопку ОК.

Выполнить команды **Place/Text**. Для этого щелкнуть ЛК над изображением верхнего элемента разъема в точке (360, 182.5) и ввести с клавиатуры XS1. Выбрать шрифт 3.5, установить выравнивание по горизонтали – центр, а по вертикали – низ и щелкнуть по панели **Place** (рис. 5.2.8). Затем поставить номера выводов.

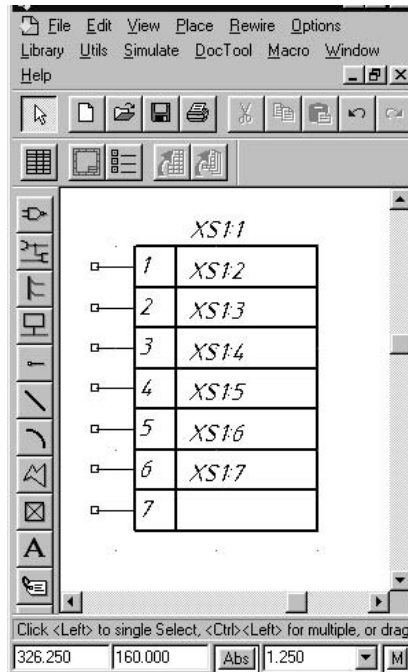


Рис. 5.2.7

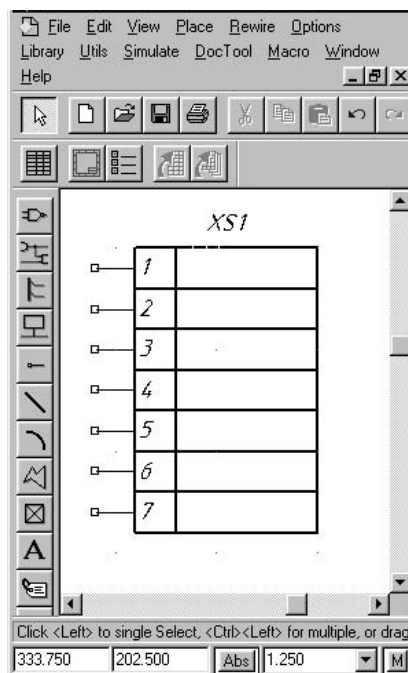


Рис. 5.2.8.

ж) Установить элемент заземления. Снова выполнить команду **Place Part**, выбрать элемент Корпус, и щелчками ЛК около заземленных выводов элементов в точках с координатами (305.75, 125), (138.75, 125), (90, 121.25) и (57.75, 121.25) установить четыре элемента заземления (рис. 5.2.9).

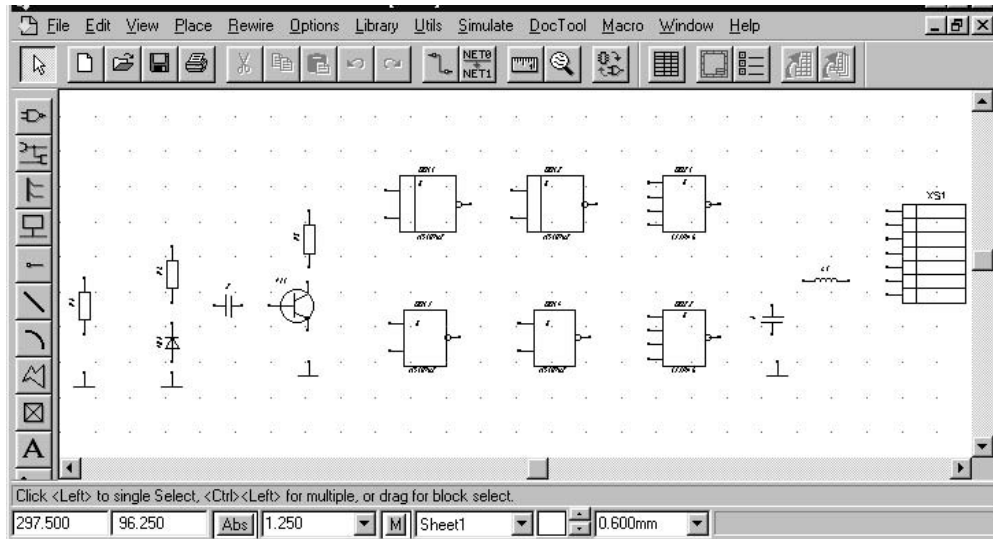


Рис. 5.2.9

5. Провести линию группой связи. Для этого выполнить команды **Place/Bus** (Провести шину). Эту линию проведем между всеми элементами схемы. Поэтому щелкнуть ЛК в 1-й точке с координатами (45, 145) и, не отпуская ЛК, провести вертикальную линию до изгиба в точку (45, 208.75), отпустить ЛК. Снова нажать ЛК и, удерживая ее, провести горизонтальную линию от точки (45, 208.75) до точки изгиба (157.5, 208.75), отпустить ЛК. Подобным образом провести шину до конца через остальные семь точек с координатами (157.5, 108.75), (207.5, 108.75), (207.5, 208.75), (250, 208.75), (250, 108.75), (295, 108.75) и (295, 180). Щелкнуть ПК. В результате появится изображение линии групповой связи (обычно) синего цвета (рис. 5.2.10).

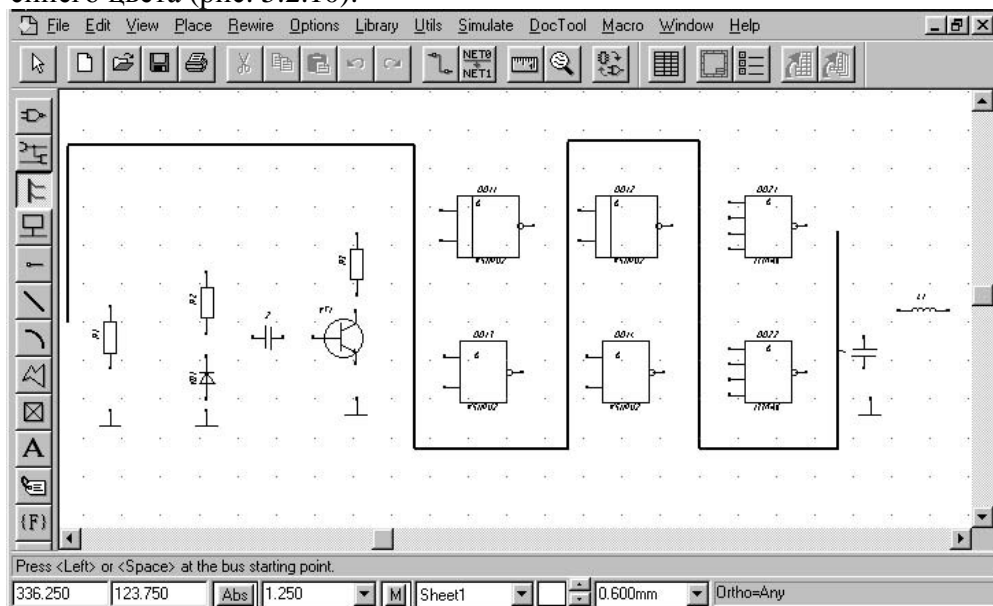


Рис. 5.2.10

6. Провести электрические цепи между выводами элементов, находящихся рядом. Для этого выполнить команды **Place/Wire**. 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.

Перед проведением соединений выставим ЭРЭ на одной линии. Для этого командами **Edit/Select** щелчком ЛК выделим резистор R1 и переместим его в точку с координатами (57.75, 145). Щелкнуть ПК. Аналогично сдвинем УГО корпуса из точки (58.75, 121.25) в точку (57.75, 121.25).

После этого соединить выводы R1 с C2 [точки с координатами (57.75, 145), (105, 145)], с VD1 и с R2 [точки (90, 146.25), (90, 145), (90, 138.75)]; C2 с VT1 [точки (115, 145), (127.5, 145)]; R1 с заземлением - (57.5, 125), (57.5, 121.25); VD1 с заземлением - (90, 125), (90, 121.25); VT1 с заземлением - (138.75, 136.25), (138.75, 125); VT1 с R3 – (138.75, 153.75), (138.75, 160); C1 с L1 - (303.75, 145), (315, 153.75); C1 с заземлением (303.75, 135), (303.75, 125) и L1 с XS1 - (331.25, 153.75), (345, 153.75).

7. Для соединения выводов с линией группой связи необходимо выполнить команды **Options/Display**, где в открывшемся одноименном окне выбрать вид подключения цепи к ней. Направление изгиба цепи определяется направлением укладки провода в линии группой связи. Поэтому в этом окне на закладке **Colors** в области **Bus Connection Mode** щелкнуть ЛК по соответствующему излому (рис.5.2.11). В данном примере правую кнопку надо использовать при подсоединении, например, R1, R2 и R3 к линии, а левую кнопку только при подсоединении 10-го вывода вентиля DD1:4. Для подключения вывода к линии необходимо щелкнуть ЛК на выводе (или на линии связи двух выводов) и, не отпуская ЛК, переместить курсор к линии. Отпустить ЛК, щелкнуть ПК. Полученный результат представлен на рис. 5.2.12. Кроме этого в окне **Junction Size** задать размер точки электрического соединения цепей. Выбрать **User** и в окне **Size** задать 1.0 мм.



Рис. 5.2.11

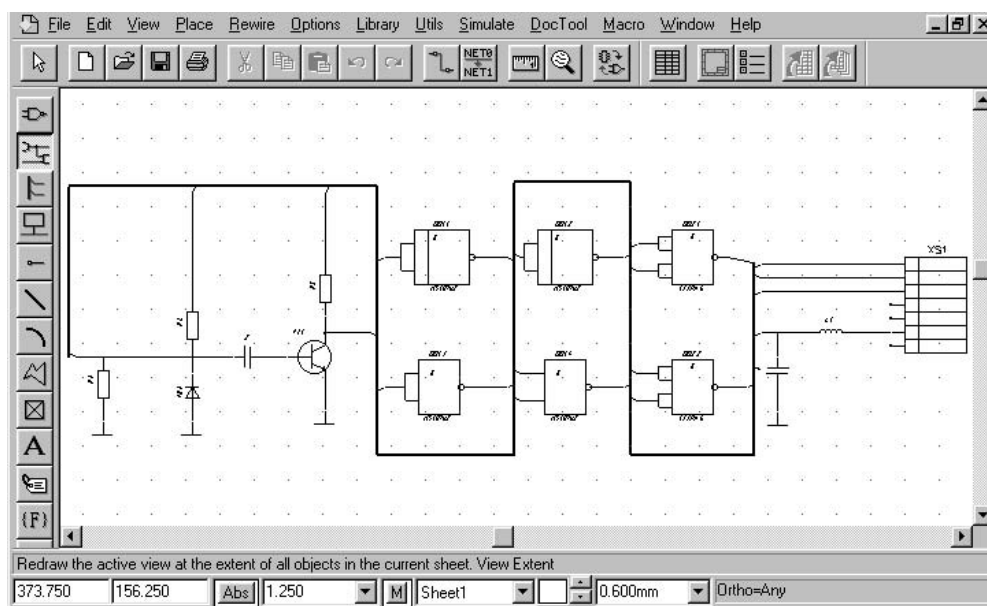


Рис.5.2.12

8. Присвоить номера 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** (Номер цепи) набрать 1. Переключатель **Pin Count** (Количество выводов) установить один – **One Pin**. Длину выводов (**Pin Length**) выбрать малую – **Short**. Установить ориентацию (**Pin Orientation**) по вертикали – **Vertical**. В области **Port Shape** (Форма порта) выбрать **None**. Нажать кнопку ОК (рис.5.2.13).

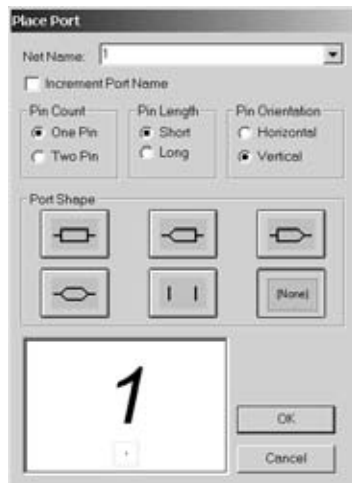


Рис.5.2.13

Щелкнуть ЛК и, удерживая ее, поместить порт на цепь, соединяющую R1 с линией группой связи в точку (50.25, 145), отпустить ЛК. Снова нажать и удерживать ЛК. Поместить второй порт с номером 1 на линию связи 1-го вывода XS1 с этой линией и отпустить ЛК. Щелкнуть ПК.

Выполнить команды **Place/Port**. В поле **Net Name** набрать № 2. Нажать кнопку ОК. Щелкнуть ЛК и, удерживая ее, поместить порт на цепь, соединяющую R2 с линией в точку (90, 202.5), отпустить ЛК. Снова нажать и удерживать ЛК. Поместить второй порт с номером 2 на линию связи 3-го вывода вентиля DD1:1 с этой линией - (200, 181.25) и отпустить ЛК, затем на линию связи 10-го вывода вентиля DD1:4 с линией - (215, 138.75). Щелкнуть ПК.

Таким же способом поставить порты на все соединения элементов с линией групповой связи. Цепь №3 соединяет R3 с L1 и C1; №4 – коллектор VT1 с выводами 1-м и 2-м DD1:1; №5 – выводы 12-й и 13-й DD1:3 с 8-м DD1:4; №6 – вывод 8-й DD1:3 с 4-м и 5-м DD 2:1; №7 – 4-й и 5-й DD1:2 с 12-м и 13-м DD2:2; №8 – 12-й DD1:4 с 12-м и 13-м DD2:2; №9 – 6-й DD1:2 с 1-м и 2-м DD 2:1; №10 – 6-й DD2:1 со 2-м выводом разъема XS1; и №11 8-й вывод DD2:2 с 3-м выводом XS1 (рис.5.2.14).

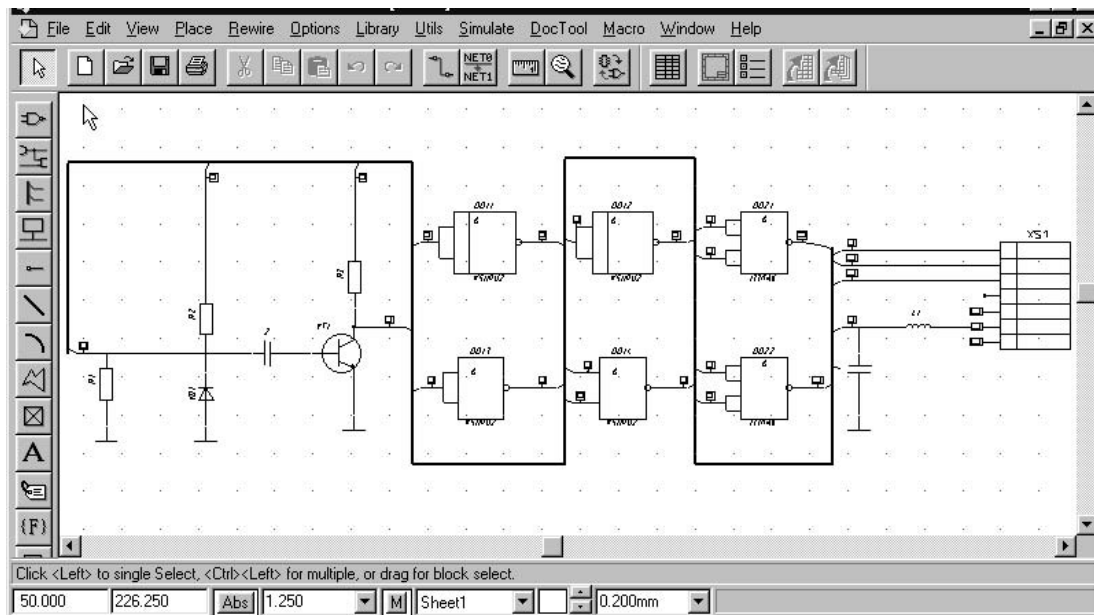


Рис. 5.2.14

9. Записать в разъеме наименования выводов соединений.

Сначала клавишей «+» приблизить область рабочего поля, в которой находится соединитель. Далее выполнить команды **Place/Text** и щелкнуть ЛК в первой строке соединителя. Откроется диалоговое окно **Place Text**. В этом окне ввести с клавиатуры название «Вход». Далее выбрать выравнивание по горизонтали – слева, а по вертикали – центр. Выбрать шрифт 3.5 и нажать на панель **Place**. В первой строке таблицы разъема появится имя «Вход».

Затем щелкнуть во второй строке разъема и набрать название «Выход 1». После этого таким же образом написать в 3-ей строке название «Выход 2», в 5-ой – «+5 В», в 6-ой – «+15 В» и в 7-ой – «Корпус».

Схема электрическая принципиальная создана. Результат представлен на рис. 5.2.15.

10. 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 ошибок на схеме (рис.5.2.16). Для этого нажать на панель **Severity Levels**. Откроется окно **Rules Severity Level**, в котором указать степень серьезности ошибок (рис.5.2.17). Нажать кнопку ОК, а затем еще раз нажать кнопку ОК в окне **Utils/ERC**.

После этого программой производится поиск ошибок, результаты которого выводятся в текстовом файле с расширением **.ERC**. Пример фрагмента такого файла приведен на рис.5.2.18.

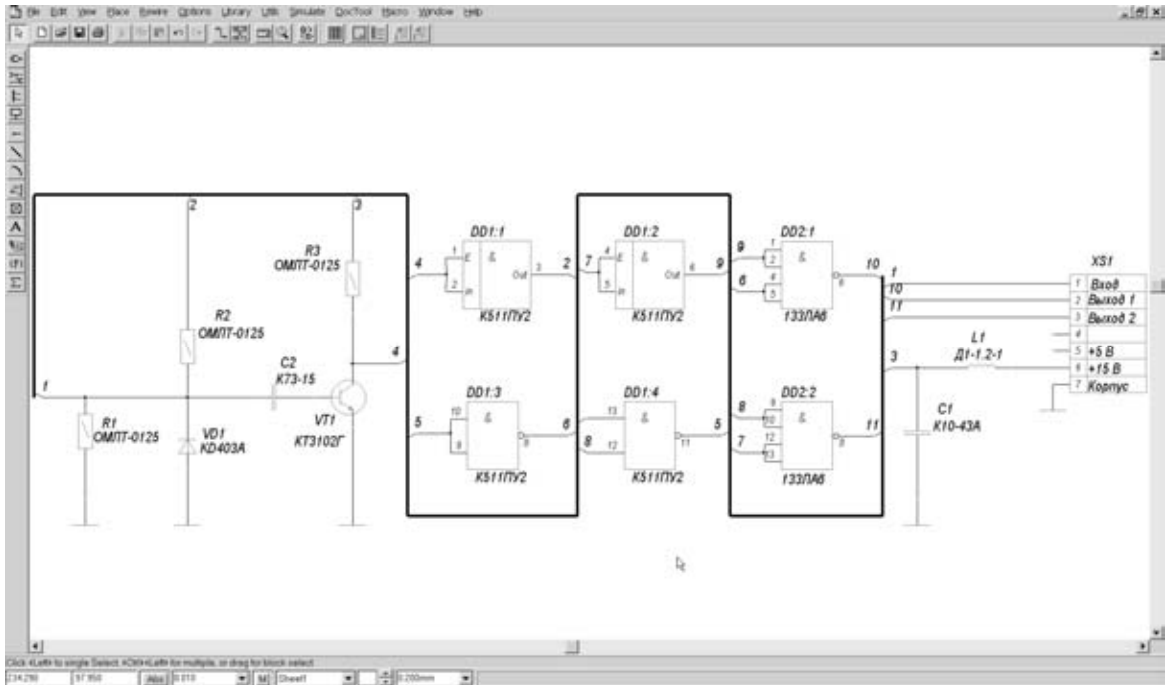


Рис.5.2.15

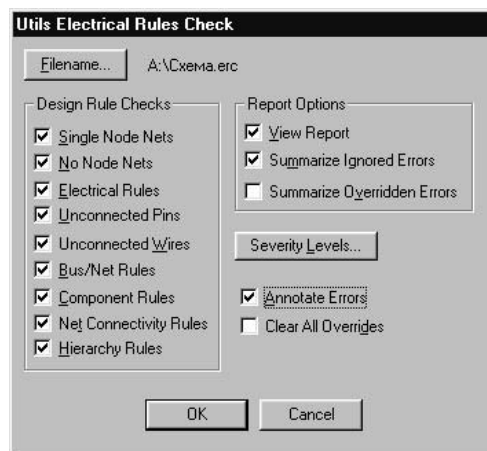


Рис.5.2.16

Rule	Rule Category	Error	Warning	Ignored
3 State Pin To Output Pin	Electrical	Yes		
3 State Pin To Power Pin	Electrical	Yes		
Bi Pin To Open High Pin	Electrical	Yes		
Bi Pin To Open Low Pin	Electrical	Yes		
Bi Pin To Output Pin	Electrical		Yes	
Bi Pin To Power Pin	Electrical	Yes		
Open High Pin To Bi Pin	Electrical	Yes		
Open High Pin To Open High Pin	Electrical		Yes	
Open Pin To Open Low Pin	Electrical	Yes		
Open High Pin To Output Pin	Electrical	Yes		
Open High Pin To Power Pin	Electrical	Yes		
Open Low Pin To Bi Pin	Electrical	Yes		
Open Low Pin To Open High Pin	Electrical	Yes		

Рис.5.2.17

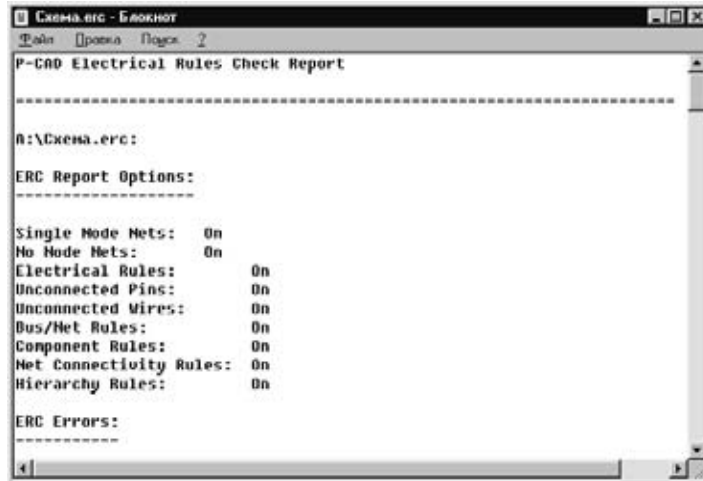


Рис.5.2.18

Для выделения на схеме цепи с ошибкой необходимо в режиме выделения **Select** выполнить команды **Edit/Nets**. В открывшемся одноименном диалоговом окне выделить цепь с помеченным цветом номером, нажать на кнопку **Select**, а затем на **Close** (рис.5.2.19). В результате на схеме эта цепь будет выделена цветом. Устранить выявленную в цепи ошибку.



Рис.5.2.19

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 «Проект». После этого открыть папку «Проект» 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 «Проект» 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 **OK** (рис.5.2.20). Схема будет сохранена.

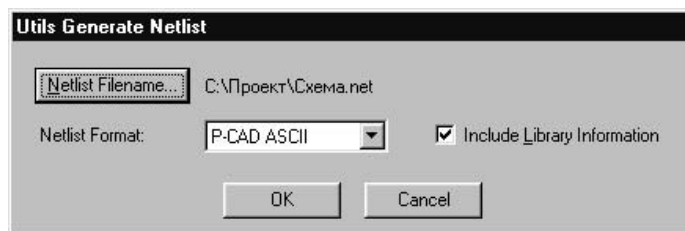


Рис.5.2.20

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

Для вывода схемы на печать необходимо задать соответствующие установки. Вначале выполнить команды **File/Print Setup**. В открывшемся окне (рис. 5.2.21) выбрать тип принтера, размеры бумаги и ориентацию листа – «Альбомная».

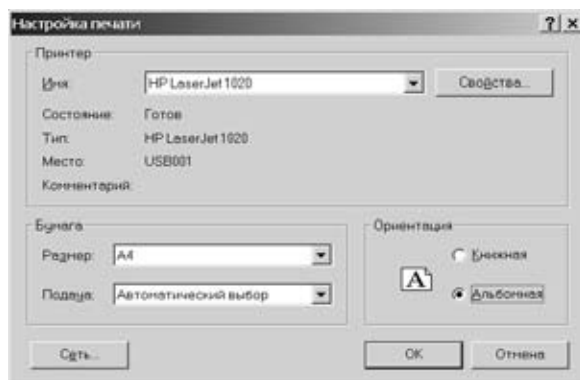


Рис. 5 2 21

Затем по команде **File/Print** открыть одноименное меню (рис. 5.2.22), в котором в строке **Minimum Line Width for printing (pixels)** установить ширину линий 1; в окне **Sheets** указать курсором лист для печати; в окнах **Scale to Fit Page** и **Tile Sheets** установить флажки.



Рис.5.2.22

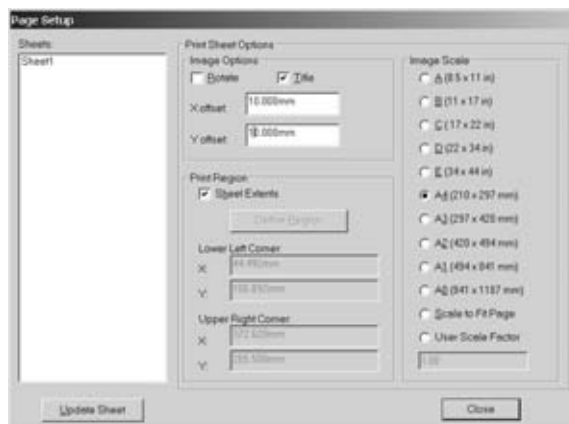


Рис.5.2.23

Нажатием клавиши **Page Setup** открыть меню настройки (рис.5.2.23), в котором в окне **Title** установить флажок для печати углового штампа, в графе **Image Scale** указать размер чертежа А4, а в строках **X offset** и **Y offset** задать расстояние до края бумаги 10 мм. Нажать **Close**. Программа вернется в меню **File Print**.

Печать схемы выполняется нажатием клавиши **Generate Printouts**, а предварительный просмотр – нажатием клавиши **Print Preview**.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение программы P-CAD Schematic.
2. Поясните назначение пиктограмм на панели инструментов.
3. Объясните назначение полей в нижней части экрана.
4. Каким образом настраивается вид основной надписи - форматка для чертежа схемы?
5. Как изменить форму и размер курсора?
6. С какой процедуры начинается создание схемы электрической?
7. Каким образом выбираются для размещения элементы, входящие в электрическую схему?
8. Как выполняется вращение УГО ЭРЭ на рабочем поле?
9. Как получается зеркальное изображение УГО ЭРЭ на рабочем поле?
10. Как на схеме задается соединитель?
11. Какими командами выполняется соединение выводов ЭРЭ на схеме?
12. Какими командами вводятся в схему линии групповых связей.
13. Каким образом производится подключение выводов ЭРЭ к линии групповых связей?
14. Как изменить вид подключения (направление изгиба линии) цепи к линии групповых соединений?
15. Для чего и как устанавливаются порты на линии связи?
16. Какие режимы выбираются в диалоге Place Port при размещении портов?
17. Каким образом можно изменить шрифт написания номера порта?
18. Каким образом редактируются отдельные составляющие ЭРЭ на схеме?
19. Для чего схема записывается в виде списка соединений?
20. Какими командами выводится на экран весь проект?
21. Каким образом производится «привязка» курсора к сетке?
22. Последовательностью каких команд схема записывается в виде списка соединений?
23. Последовательностью каких команд проверяются ошибки, допущенные в схеме?
24. Как выделить на схеме цепь с ошибкой?
25. Последовательностью каких команд схема выводится на печать?
26. Как выполнить предварительный просмотр схемы, выводимой на печать?

УРОК №6

ТЕМА: РАЗМЕЩЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ (видеоролики 5, 6)

Цель занятия - изучение методики работы с графическим редактором **P-CAD PCB**; приобретение навыков работы с ним при решении задачи размещения конструктивных элементов РЭС на печатной плате.

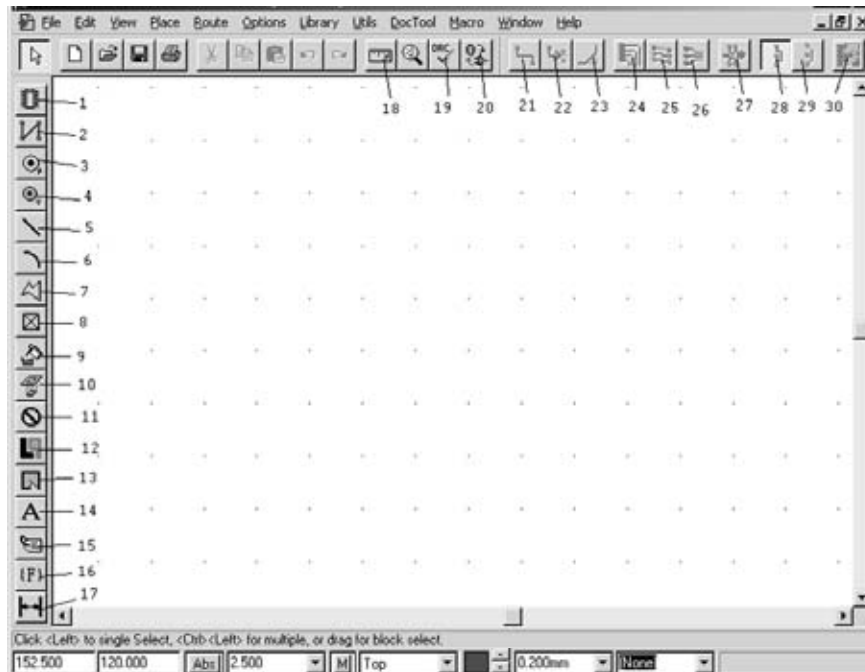
6.1. Общие сведения о графическом редакторе P-CAD PCB

Графический редактор **P-CAD PCB** предназначен для выполнения работ, связанных с технологией разработки и конструирования узлов печатных плат. Он позволяет компоновать элементы 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 размещения, 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» и «P-CAD PCB». В том случае, если на компьютере запущена одна из программ **P-CAD**, 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 рис.6.1.1.



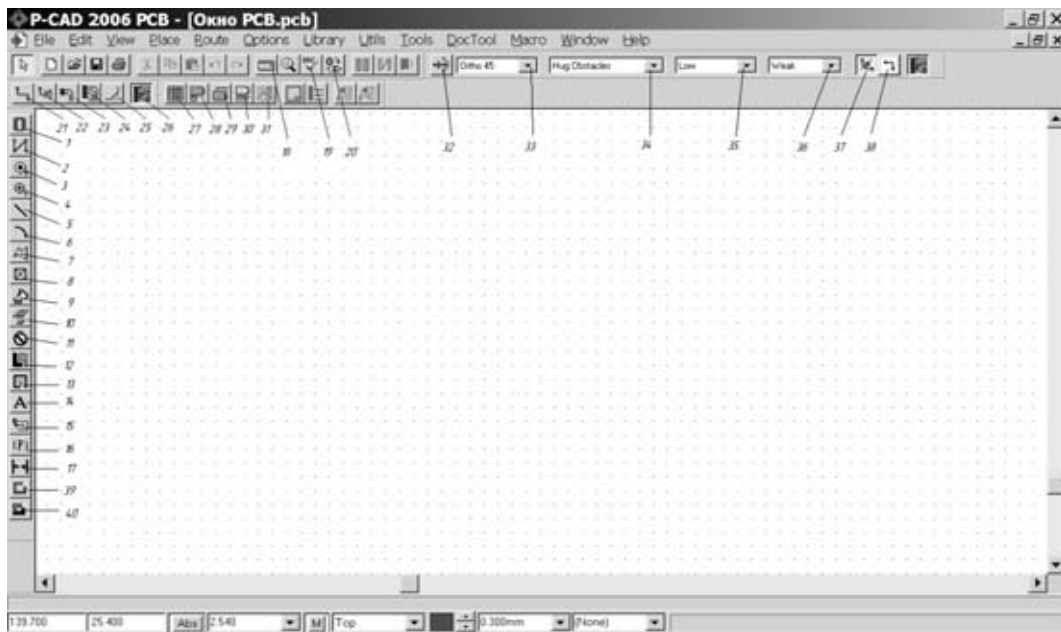


Рис.6.1.1

Пиктограммы меню инструментов следующие:

- | | |
|--|---|
| 1 Place Component – размещение корпуса элемента; | 19 Online DRC– проверка соблюдения ограничений; |
| 2 Place Connection – ввод электрической связи; | 20 Record ECOs– начать/ закончить запись файла изменений; |
| 3 Place Pad – размещение стека КП; | 21 Route Manual– прокладка проводника вручную; |
| 4 Place Via – размещение переходного отверстия; | 22 Route Interactive– прокладка проводников в интерактивном режиме; |
| 5 Place Line – размещение линии; | 23 Differential Pair – трассировка дифференциальной пары; |
| 6 Place Arc– размещение дуги; | 24 Route Multi Trace– прокладка нескольких проводников; 13 |
| 7 Place Polygon – размещение полигона; | 25 Route Miter– сглаживание изгиба; 14 |
| 8 Place Point– размещение точки привязки; | 26 |
| 9 Place Copper Pour– размещение области металлизации; | 27 Push Traces– отталкивание трасс; |
| 10 Place Cutout– размещение выреза в области металлизации; | 28 Maximize Hugging– улучшение огибания препятствий; |
| 11 Place Keerout– создание барьера трассировки; | 29 Minimize Length– уменьшение длины; |
| 12 Place Plane– создание линии раздела слоя металлизации; | 30 Visible Routing Area– отображение области трассировки. |
| Place Room– создание «комнаты»; | |
| Place Text– размещение текста; проводника; | |
| 14 Route Bus– прокладка шин; | |
| 15 Place Attribute– размещение атрибута; | |
| 16 Place Field– размещение строки данных трасс; | |
| 17 Place – простановка размера; | |
| 18 Place Dimension– измерение расстояние; | |
| 31 Place Picture – размещение на чертеже рисунка платы; | |
| 32-38 Улучшение интерактивной 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. **Настройка системы.** По командам **Options/Configure** на закладке **General** в графе **Units** выбрать метрическую систему единиц – mm. В поле **Workspace Size** указать размер ра-

бочей области, превышающий габаритные размеры печатной платы (в нашем примере задать с запасом 250x250 мм). В области **AutoSave** установить флажок **Enable AutoSave** и нажать кнопку ОК (рис.6.2.1).



Рис.6.2.1

На закладке **Route** в поле **Orthogonal Modes** включить все режимы и завершить настройку нажатием кнопки ОК (рис.6.2.2).



Рис.6.2.2

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

2. **Структура слоев печатной платы.** При создании новой ПП по умолчанию устанавливается следующая структура слоев (рис. 6.2.3):

Top и **Bottom** – верхняя и нижняя стороны платы;

Board – контур платы;

Top Mask и **Bot Mask** – маски пайки на верхней и нижней сторонах платы соответственно;

Top Silk и **Bot Silk** – шелкография (маркировочные слои) на верхней и нижней сторонах платы соответственно (контуры компонентов и т. п.);

Top Paste и **Bot Paste** – окна пайки в масках на верхней и нижней сторонах платы;

Top Assy и **Bot Assy** – вспомогательные данные (атрибуты) на верхней и нижней сторонах платы;

Всего может быть до 999 слоев. Их создают и удаляют по командам **Options/Layers** (рис. 6.2.3).

Подразделяются слои на следующие типы:

Signal – слой разводки проводников, помечают символом **S**;

Plane – слой металлизации для подключения цепей питания, помечают символом **P**;

Non Signal – вспомогательные (не сигнальные) слои, помечают символом **N**.



Рис. 6.2.3

Настройка слоев производится в меню **Options/Layers**. Каждый слой может быть включен (**Enable**, символ **E**) и выключен (**Disable**, символ **D**). Аббревиатуру типа слоев размещают во второй колонке таблицы **Layers** (рис. 6.2.3). Слои металлизации подключаются к цепям, названия которых вводят при создании такого слоя после нажатия на кнопку **Add** и изменяют нажатием **Modify** (слои металлизации задаются при загруженной печатной плате см. п.14).

В графе **Routing Bias** указывают приоритетную ориентацию прокладки проводников на каждом слое при автоматической трассировке:

Auto – выбирается автоматически, символ **A**;

Horizontal – горизонтальная, символ **H**;

Vertical – вертикальная, символ **V**.

Индивидуальные слои включают и выключают нажатием на панели **Enable**, **Disable**. Все слои (кроме текущего) можно выключить нажатием **Disable All**, включить – нажатием **Enable All**. Отдельные группы слоев (сигнальные, металлизации, а также наборы наиболее удобные для выполнения тех или иных операций) задают во вкладке **Sets**.

3. **Настройка параметров дисплея.** Цвета объектов на различных слоях и ряд других параметров экрана устанавливают по командам **Options/Display** (рис. 6.2.4). На закладке **Colors** можно выбирать слои и задавать цвета следующим объектам и элементам экрана:

Via – переходные отверстия (ПО); **Pad** – выводы компонентов; **Line** – линии; **Poly** – площадь; **Text** – текст. В зоне **Display Colors: Background** – цвет рабочего поля (экрана), **1xGrid** (одинарная) и **10Grids** (десятикратная) сетки, **Keepout** – барьер (для трассировки), **Highlight** – подсветка, **Selection** – выбор, выделение, **Fixed** – неизменный.

Щелчок ЛК по кнопке названия слоя или элемента ПП либо экрана открывает цветовую палитру, на которой выбирается необходимый цвет.

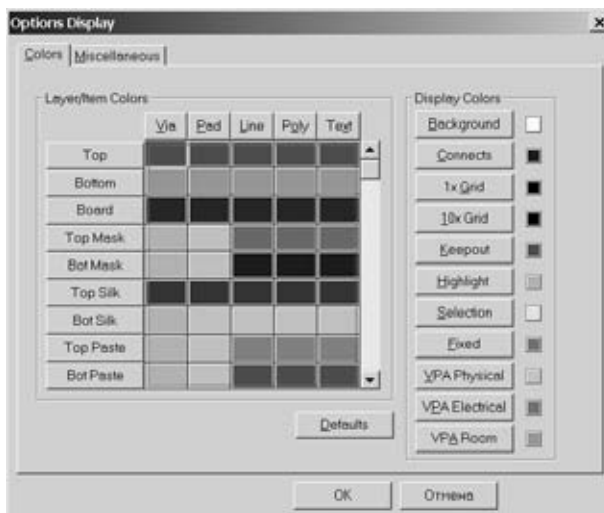


Рис.6.2.4

На закладке **Miscellaneous** настраиваются следующие параметры (рис.6.2.5).

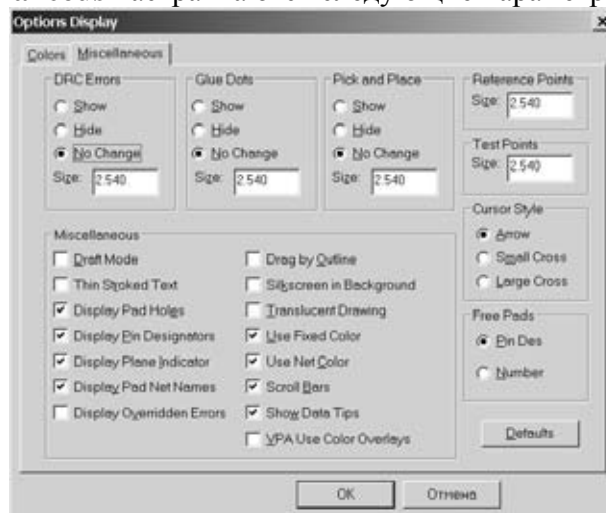


Рис. 6.2.5

При автоматическом монтаже в поле **Glue Dots** задаются параметры вывода на экран точек приклеек, а в поле **Pick and Place** – параметры точек привязок ЭРЭ.

В поле **Cursor Style** задается вид изображения курсора:

- **Arrow** – стрелка;
- **Small Gross** – маленькое перекрестье;
- **Lange Gross** – большое перекрестье.

Кроме того, на закладке устанавливаются разные параметры изображения объектов.

4. **Стеки (разрезы) контактных площадок и переходных отверстий.** По командам **Options/Pad Style** открывают список стеков контактных площадок (КП) (см. рис.3.2.4, а) (стек – разрез переходного отверстия с набором контактных площадок на разных слоях платы). Выбранный курсором в этом списке стек КП является текущим и помещается на ПП при выполнении команды **Place/Pad**. Стеки КП (**Pad Stacks**) и переходных отверстий (**Via Stacks**) бывают простые (**Simple**) и сложные (**Complex**). Выводы штыревых ЭРЭ, имеющих одинаковую форму КП на всех слоях, и планарных компонентов, имеющих КП только на одном слое, образуют простые стеки. У сложных стеков КП на различных слоях имеют разные формы, и сами формы могут быть не только прямоугольниками и окружностями, но и другими более сложными фигурами.

Нажатием на панель **Modify (Simple)** открывают меню редактирования простых стеков КП (см. рис. 3.4.2). В графе **Type** выбирают тип КП:

- Thru** – штыревые выводы;
- Top** – вывод планарного ЭРЭ на верхней стороне ПП;
- Bottom** – вывод планарного ЭРЭ на нижней стороне ПП.

Для штыревых выводов в графе **Plane Connection** указывается тип контактных площадок на слоях металлизации:

Thermal – контактная площадка с тепловым барьером; **Direct** – контактная площадка без теплового барьера.

В графе **Shape** выбирают форму контактных площадок:

Ellipse – эллипс; **Oval** – овал; **Rectangle** – прямоугольник; **Rounded Rectangle** – скругленный прямоугольник.

Сложные стеки имеют и другие формы.

Thermal Spoke – тепловые барьеры 4-х типов;

Direct Connect – сплошной контакт;

Target – перекрестье для сверления;

Mounting Hole – крепежное отверстие.

Геометрические размеры контактных площадок устанавливают в графах **Width** (ширина), **Height** (высота) и **Hole Diameter** (диаметр отверстия).

В графе **Plane Swell** задают значение зазора между слоем металлизации и не соединенными с ним КП или ПО. Глобальное значение параметра **Use Global Swell** устанавливается командами **Options/Configure** в графе **Plane Swell**. В противном случае в графе **Local Swell** указывают его локальное значение.

Нажатием на панель **Modify (Complex)** открывают меню редактирования сложных стеков КП (см. рис. 3.2.5). В графе **Pad Definition** в строке **Layer** по очереди указывают имена слоев, в строке **Shape** – форму контактной площадки и вводят геометрические размеры: **Width** – ширина, **Height** – высота, **Spoke Width** – ширина теплового барьера (для контактных площадок с тепловыми барьерами). В графе **Hole** задают диаметр отверстия **Diameter** и смещение центра отверстия относительно центра контактной площадки по горизонтали **X Offset** и по вертикали **Y Offset**.

Нажатие на панель **Modify Hole Range** открывает экран просмотра сечения стеков контактных площадок (рис. 6.2.6). В графе **Styles** выбирают имя стека контактных площадок, изображение которого выводится в правой части экрана. После этого щелчком курсора в графе **Hole Range Layers** выделяют имена смежных слоев, которые должны быть объединены. Слои располагаются в порядке возрастания их номеров **Layer Number**, присваиваемых в меню **Options/Layers**. Таким образом, создают межслойные или глухие переходные отверстия (**blind and buried vias**).

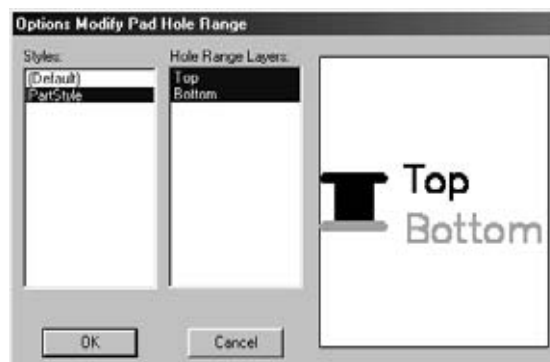


Рис.6.2.6

Командами **Options/Via Style** открывают список стеков ПО. Выбранный курсором в этом списке стек ПО является текущим и помещается на плату при выполнении команды **Place/Via**. Стеки ПО редактируют так же, как и стеки КП.

5. **Ширина проводников.** Список значений ширины трасс проводников и геометрических линий составляются по командам **Options/Current Line** так же, как и в редакторе **Pattern Editor** (см. рис. 3.2.3).

6. **Выбор вида шрифта.** Выполняется командами **Options/Text Style** такими же командами, как и в редакторе **Schematic**.

7. **Подключение библиотек.** Перед размещением ЭРЭ на ПП необходимо обеспечить доступ к библиотекам, в которых находятся эти ЭРЭ. Библиотеки подключаются командами **Library/Setup** (рис. 6.2.7). Добавляют названия библиотек в список открытых библиотек (**Open Libraries**) кнопкой **Add**, а с помощью кнопки **Delete** удаляют их из этого списка.

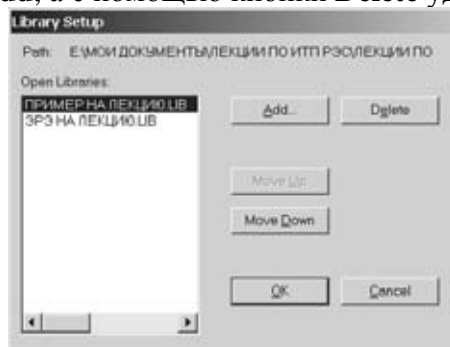


Рис.6.2.7

Замечание

Чтобы каждый раз при разработке новой платы не вводить параметры конфигурации, целесообразно создать отдельный файл, не имеющий графической информации, ввести типичные параметры один раз и сохранить этот файл под уникальным именем. Тогда создание новой ПП будет начинаться с загрузки такого файла, устанавливающего необходимые параметры конфигурации.

8. **Загрузка библиотек,** из которых были набраны элементы схемы. Для этого командой **Place/Component** в появившемся одноименном окне щелкнуть ЛК по кнопке (рис.6.2.8).

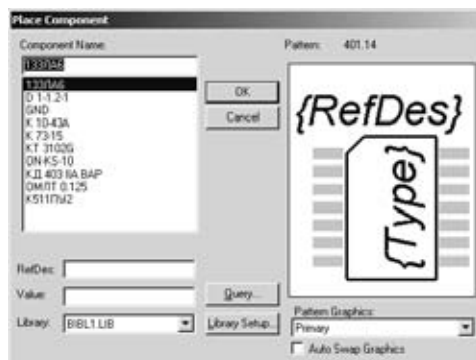


Рис.6.2.8

Появится одноименное окно управления библиотеками, в котором для добавления в список новой библиотеки нажать кнопку **Add** (рис.6.2.9).

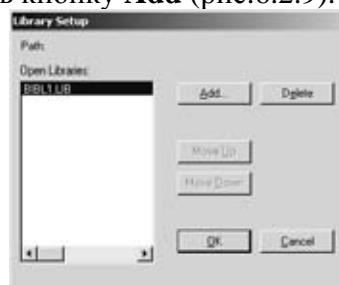


Рис.6.2.9

После этого в стандартном окне **Windows** выбрать нужную библиотеку (рис.6.2.10). Если необходимо, снова нажать кнопку **Add** и добавить следующую библиотеку. Таким же способом надо загрузить все используемые при создании схемы библиотеки.



Рис.6.2.10

9. **Загрузка списка 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** или **Tango** (рис.6.2.11). Нажать кнопку ОК.



Рис.6.2.11

После этого на рабочем поле должны появиться контуры ЭРЭ и связи между ними (рис.6.2.12).

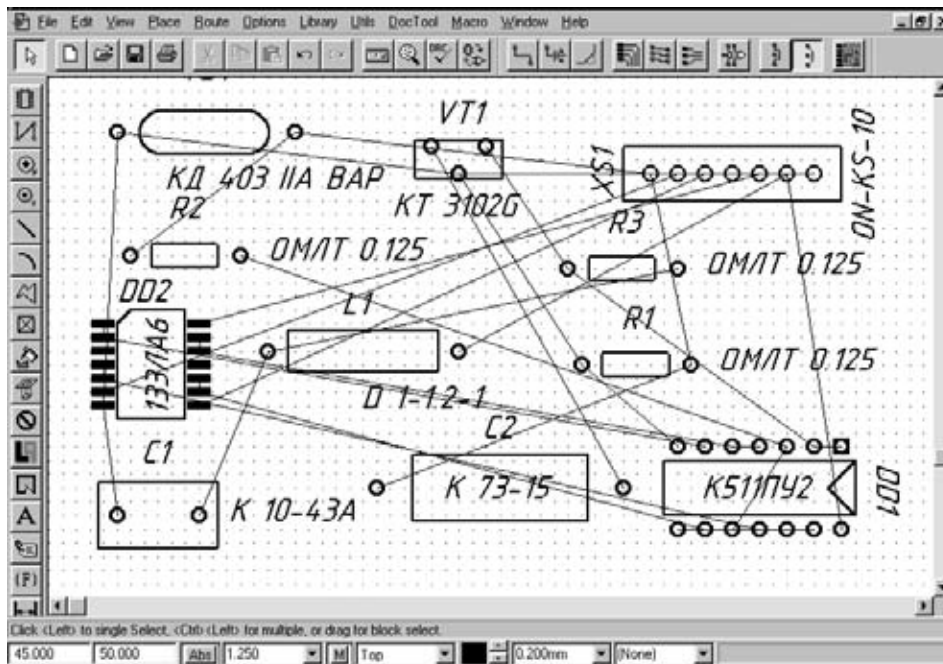


Рис.6.2.12

Одновременно формируется текстовый файл, в который записываются возникшие при трансляции ошибки и предупреждения (если есть ошибки, загрузка файла соединений не произойдет). Необходимо просмотреть перечень ошибок и предупреждений и исправить все ошибки.

10. Ввод прямоугольного 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** (рис.6.2.13)



Рис.6.2.13

Выполнить команды **Place/Line**. Нарисовать заведомо большой квадрат размером 50 x 50 мм. Для этого установить курсор в 1-ю точку квадрата с координатами (15, 15) контура ПП и щелкнуть ЛК. Переместить курсор во 2-ю точку – (65, 15), щелкнуть ЛК. Переместить курсор в 3-ю точку с координатами (65, 65) и опять щелкнуть ЛК, затем в 4-ю точку – (15, 65), щелкнуть ЛК. И, наконец, вернуть курсор в 1-ю точку и щелкнуть ЛК, а затем ПК (рис.6.2.14).

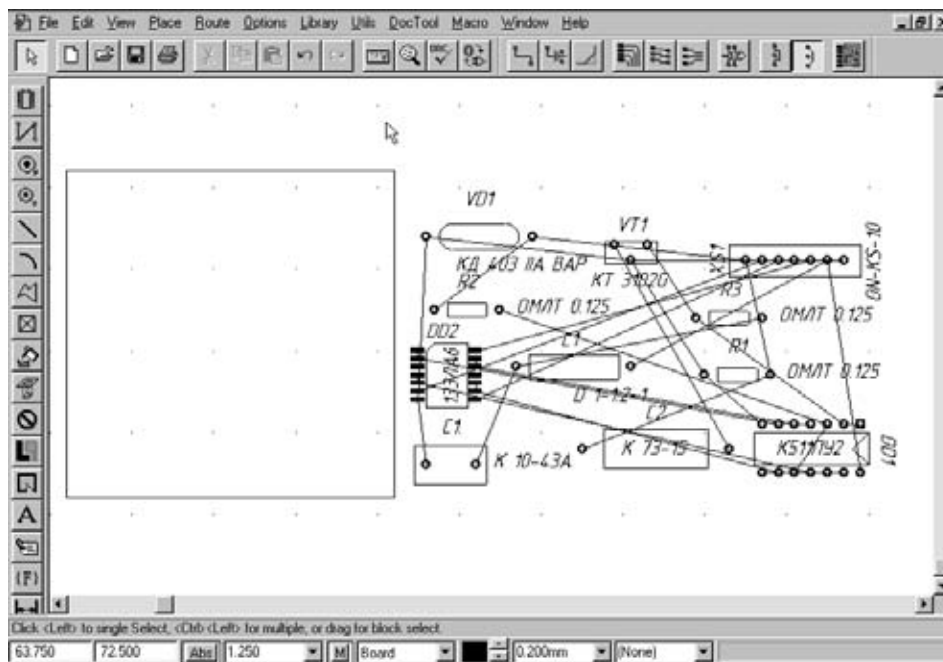


Рис.6.2.14

11. Размещение элементов на ПП. Для этого установить текущим слой **Top** и выполнить команды **Edit/Select** или щелкнуть ЛК по пиктограмме - стрелка выбора.

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 делать их невидимыми.

Так на рис.6.2.14 надписи типов ЭРЭ затушевывают чертеж и затрудняют его прочтение. Поэтому есть смысл их сделать невидимыми, а обозначения ЭРЭ сдвинуть.

Выполним эту процедуру вначале с разъемом XS1. Для этого надо щелкнуть по нему ЛК. Разъем изменит свой цвет. После этого щелкнуть ПК. Появится контекстное меню, в котором щелкнуть ЛК по строке **Properties** (Свойства) (рис.6.2.15).

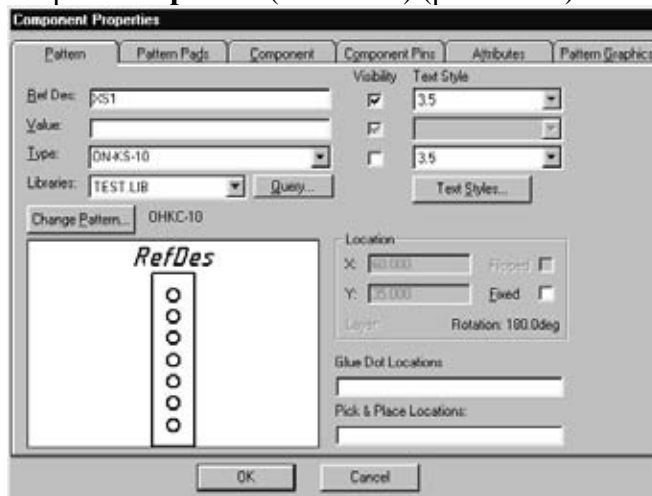


Рис.6.2.10

В окне **Visibility** (Видимость) напротив строки **Type** двумя щелчками ЛК снять флажок. Щелкнуть ЛК по кнопке ОК. Надпись ON-KS-10 возле разъема исчезнет.

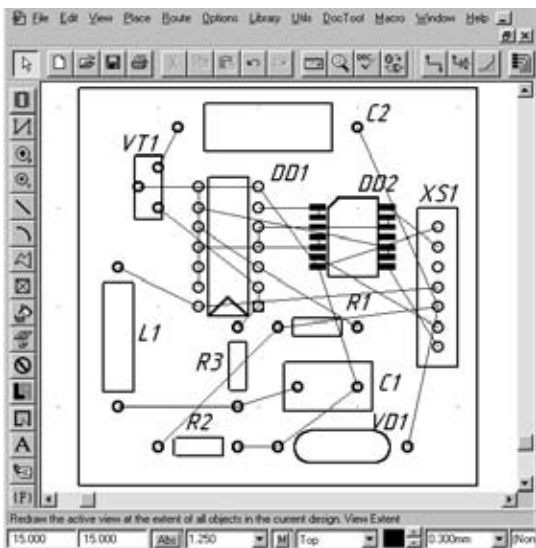
Подобную процедуру надо повторить со всеми ЭРЭ схемы. Тогда при размещении ЭРЭ в контуре ПП сохранятся только обозначения элементов.

Вначале на ПП поместить разъем XS. Для этого выделить его (навести на него курсор, и щелкнуть ЛК). Разъем выделится желтым цветом. Еще раз нажать ЛК и, не отпуская ее, перетащить разъем в центр крайней правой части контура ПП – в точку с координатами (60, 32.5). (Координаты размещения ЭРЭ соответствуют их точкам привязки).

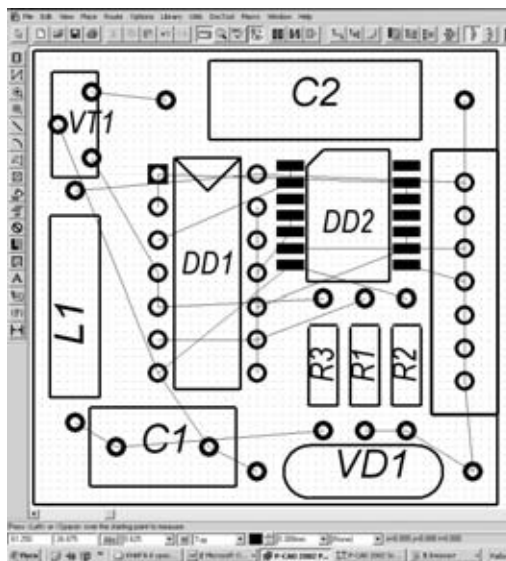
Остальные элементы необходимо размещать внутри контура ПП так, чтобы суммарная длина соединений была минимальной, сильно связанные ЭРЭ находились рядом. Для этого рядом с разъемом установить ЭРЭ, имеющие соединения с ним: микросхему DD2, резистор R1, конденсатор C1, диод VD1. Затем установить элементы, связанные с перечисленными ЭРЭ. Это микросхема DD1, резисторы R2 и R3, катушка индуктивности L1, конденсатор C2 и транзистор VT1.

При размещении каждый из перечисленных элементов надо таким же способом выделять курсором и при нажатой ЛК перемещать внутрь контура платы. Координаты по точкам привязки на ПП целесообразно задать следующие: для DD2 (45, 50), для R1 (40, 35), для C1 (50, 27.5), для DD1 (37.5, 37.5), для R3 (35, 35), для L1 (20, 25), для VD1 (40, 20), для R2 (35, 20), для VT1 (25, 55) и для C2 (50, 60).

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 и, удерживая клавишу **Shift**, щелкнуть ЛК по передвигаемой надписи. Она изменит цвет. После этого, указав на нее курсором и удерживая ЛК в нажатом состоянии, перетащить надпись в требуемое место. При необходимости ее можно перевернуть, нажимая на клавишу буквы **R**. Результат размещения представлен на рис.6.2.16, а. Теперь видно, что можно уменьшить размер ПП, размещая более плотно ЭРЭ. Зададим размер ПП 35x35 мм, уплотним ЭРЭ и оптимизируем цепи (рис.6.2.16, б).



а)



б)

Рис.6.2.16

12. 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) (рис.6.2.17). Нажать кнопку ОК.

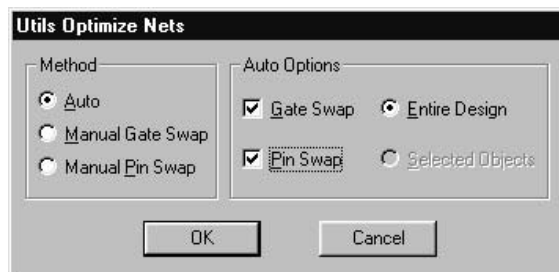


Рис.6.2.17

На дополнительный запрос системы ответить утвердительно. После этого может измениться рисунок соединений и на экран выводится информация об изменении длин связей (рис.6.2.18). В данном случае она сократилась с 33,25 см до 32,75 см, т.е. на 1%. Дальнейшие попытки сократить длину соединений результатов не дают. Поэтому полученный результат принимается за окончательное размещение ЭРЭ на ПП.

Теперь установим на ПП крепежные отверстия. Для этого командами **Options/Pad Style** выберем монтажное отверстие Отв.2.2 и разместим его по углам ПП (рис.6.2.19).

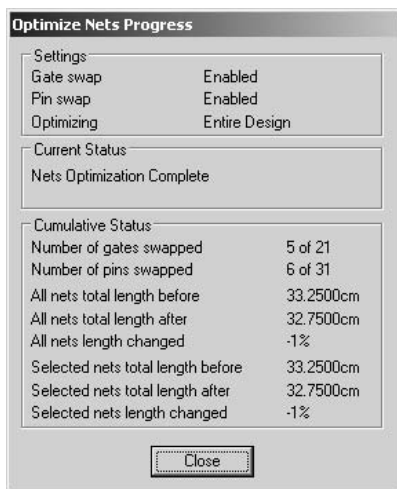


Рис.6.2.18

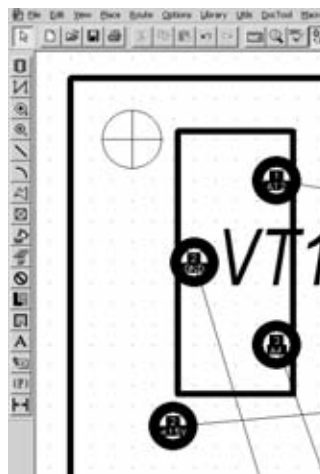


Рис.6.2.19

13. 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 «Проект», а в окне «Имя файла» ввести «Размещение». Нажать кнопку Сохранить (рис.6.2.20).

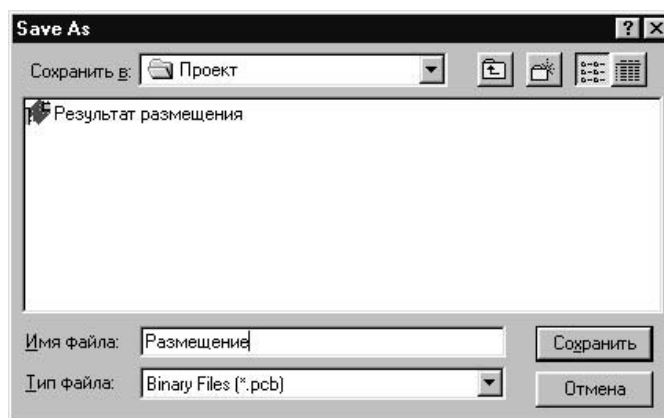


Рис.6.2.20

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

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

6.3. Особенности проектирования многослойных печатных плат

1. При проектировании многослойных печатных плат (МПП) в САПР **P-CAD** к списку основных базовых слоев добавляют разные дополнительные слои. В зависимости от типа МПП в список вводятся: несигнальные слои оформления, внутренние сигнальные слои и (или) полностью, либо частично металлизированные слои, которые используются для подвода питания и экранирования. Поскольку ЭРЭ могут устанавливаться на ПП с обеих сторон, вводимые слои должны иметь зеркальные комбинации. Введем разные виды слоев: для оформления проекта – несигнальные 1-й и 2-й слои, по два сигнальных и экранных слоя.

- Загрузить проект печатной платы.
- Выполнить команды **Options/Layers** (рис. 6.2.3). Далее на закладке **Layers** в поле ввода **Layer Name** (название слоя) набрать **Non Signal 1** (Не сигнальный 1).
- В поле **Layer Number** (номер слоя) набрать 12.

- В поле **Type** (Тип) выбрать **Non Signal** (Не сигнальный). Нажать кнопку **Add** (Добавить). После этого в списке слоев появится название нового слоя, в поле **Line Color** (Цвет линии) отобразится базовый цвет элементов, размещаемых на этом слое.
- Аналогичным образом ввести несигнальный слой **Non Signal 2** (Не сигнальный 2), присвоив ему номер 13 (рис.6.3.1).



Рис.6.3.1

- Далее введем два сигнальных слоя: **Signal 1** (Сигнальный 1) и **Signal 2** (Сигнальный 2), присвоив им номера 14-й и 15-й.
- В качестве предпочтительного направления прокладки проводников выбрать поочередно для обоих слоев **Auto** и нажать кнопку **Add**.



Рис.6.3.2

- И, наконец, введем ещё и два экранных слоя металлизации: **Ekran 1** (Экранный 1) и **Ekran 2** (Экранный 2) с номерами 16 и 17 соответственно. Для этого в поле **Layer Name** (название слоя) ввести вначале **Ekran 1**.
 - В поле **Layer Number** (номер слоя) набрать 16-й номер.
 - В поле **Typ** выбрать **Plane** (Экранный). Нажать кнопку **Add**. В списке слоев появится название нового слоя, а в поле **Line Color** будет отображаться его цвет (рис.6.3.3). После нажатия кнопки **Add** на экране появится запрос названия цепи, с которой связан указанный слой. Укажем цепь заземления **GND** (рис.6.3.4). Затем процедуру повторить и для слоя **Ekran 2** с номером 17-ть.



Рис.6.3.3



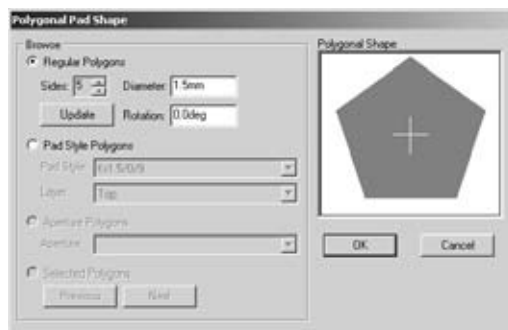
Рис.6.3.4

Из рисунка 6.3.3 видно, что несигнальные слои добавились в конец списка, а сигнальные и экранные разместились между сигнальными слоями **Top** и **Bottom**. Закрыть окно **Options / Layers**. Внешних изменений в проекте не произойдет.

6.4. Создание контактных площадок и переходных отверстий МПП

При проектировании МПП в каждом металлизированном слое для сквозных монтажных и переходных отверстий создаются отдельные контактные площадки. Наборы этих контактных площадок объединены в наборы, называемые стеками (этажерками). Как и для двухслойных ПП стеки КП (**Pad Stacks**) и ПО (**Via Stacks**) бывают простые (**Simple**) и сложные (**Complex**). У простых - КП на всех слоях одинаковые, а у сложных параметры КП для каждого слоя могут устанавливаться отдельно. Для этого надо в окне **Layers** (слой) установить требуемый слой и в окне **Shape** (Форма) выбрать разновидность КП. Они могут быть по форме типа **Ellipse** – эллипс (круг), **Oval** - (овал), **Rectangle** - прямоугольник, **Thermal 2 spoke** – КП с тепловым барьером с двумя перемычками (либо с 4-мя) (рис.6.4.1, а), **Polygon** – площадка (рис.6.4.1, а). Кроме этого можно задавать **Target** – прицел (перекрестье для сверления) и **Mounting Hole** – крепежное отверстие (рис.6.4.1, б).





в)
Рис.6.4.1

При выборе КП по форме типа **Polygon**, после нажатия кнопки **Modify**, открывается меню редактирования сложных стеков КП (рис.6.4.1.в). В поле **Browse** выбрать **Regular Polygons**. Тогда задавая в окне **Sides** число сторон многоугольника, и нажимая кнопку **Update**, можно менять в нем их число.

Создадим сложные стеки для нашего проекта.

1. Выполнить команды **Options/Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** обычно имеется лишь один вид КП - **Default** (по умолчанию).

Необходимо сформировать прямоугольную и круглую площадки. Для этого нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать тип КП **Pr1.5/0.9** и нажать кнопку **OK**, в следующем диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** в списке **Layers** (слои) выбрать **Top**. В поле **Pad Definition** в окне **Layer** выбрать **Top** и установить для него размеры (высота – **Height** и ширина – **Width**) равными 1.5 мм, в окне **Shape** (форма) выбрать значение **Rectangle** (прямоугольник). В поле **Hole** в окне **Diameter** задать размер отверстия – 0.9 мм, и поставить флажок в окне **Plated**, чтобы на фотошаблоне отображать изображения отверстия в штыревой КП. Результат представлен на рис. 6.4.1,б. Нажать кнопки **Modify** и **OK**. В окне **Options Pad Style** нажать **Close**.

Затем эту процедуру выполнить для слоя **Bottom**.

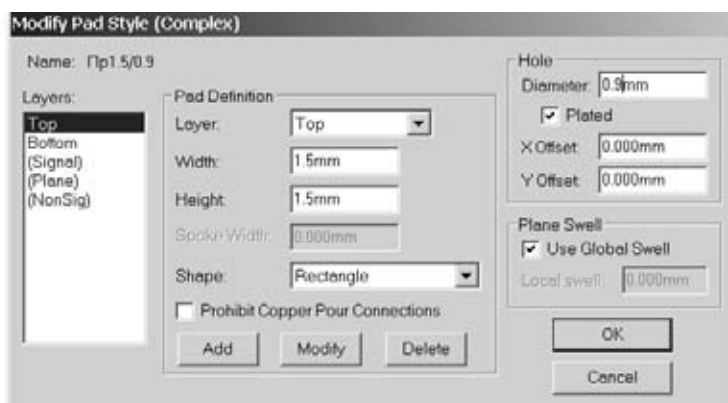


Рис. 6.4.1,б

На следующем шаге выбрать в окне **Layers (Signal)**, затем в поле **Pad Definition** в окне **Layer** установить (**Signal 1**) и выполнить, например, те же размеры, которые задавались для слоев **Top** и **Bottom**. После этого нажать кнопку **Add** (рис.6.4.2). Процедуры повторить для 2-го сигнального слоя **Signal 2**.

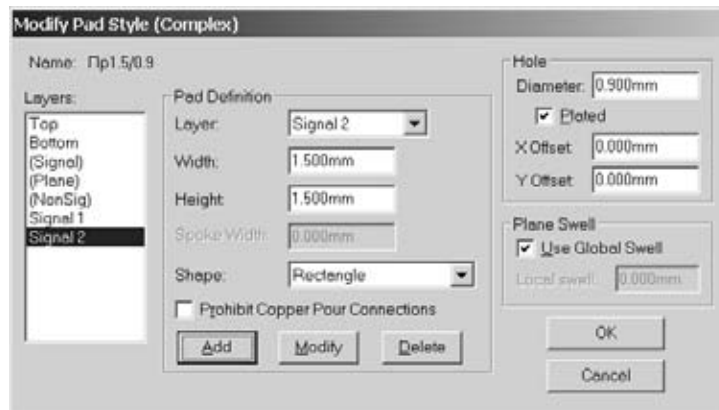


Рис.6.4.2

Далее подобные процедуры повторить для экранных слоев. Также установить вначале в окне **Layers – (Plane)**. В поле **Pad Definition** в окне **Layer** выбрать **Ekran 1**, затем задать внешний диаметр **Outer Dia** КП – 2.1 мм, потом внутренний диаметр **Inner Dia** - 1.5 и, наконец, ширину разрыва кольца КП **Spoke Width** – 0.3 мм. Форму КП выбрать с температурной защитой – **Thermal 4 Spoke/45**. Диаметр отверстия установить 0.9 мм и его металлизировать (флажок в окне **Plated**). Нажать кнопку **Add** и затем **OK** (рис.6.4.3).

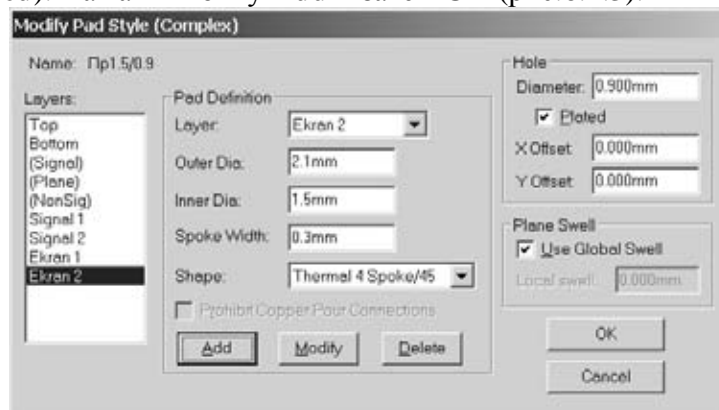


Рис.6.4.3.

Разрез полученной контактной площадки (стек) представлен на рис. 6.4.4.

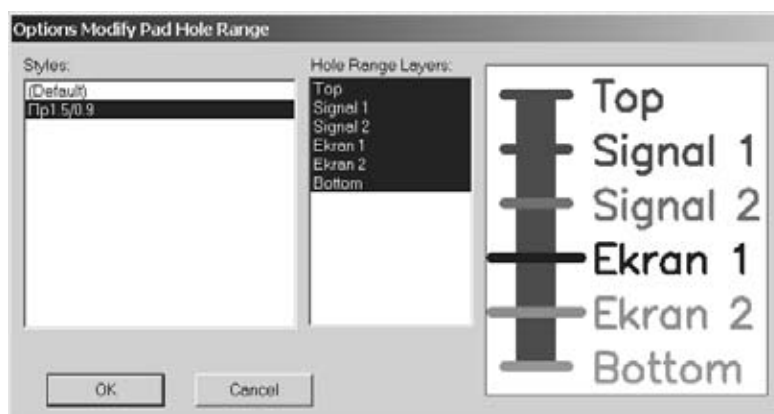


Рис.6.4.4

Аналогичным образом создать круглую КП с теми же параметрами.

В том случае, если необходимо создать несквозные (глухие) отверстия, надо в окне **Options Pad Style** воспользоваться кнопкой **Modify Hole Range** (Изменение диапазона отверстий). В появившемся окне **Options Modify Hole Range** (Параметры изменения области отверстий) в списке **Hole Range Layers** (Слои области отверстий) можно указать область пространства отверстия. Для указания соединяемых отверстием слоев в списке **Hole Range**

Layers протащите по их названиям курсор с нажатой ЛК. Например, если соединены сигнальные 1-й и 2-й слои с экранными, рисунок стека будет соответствовать рис. 6.4.5.

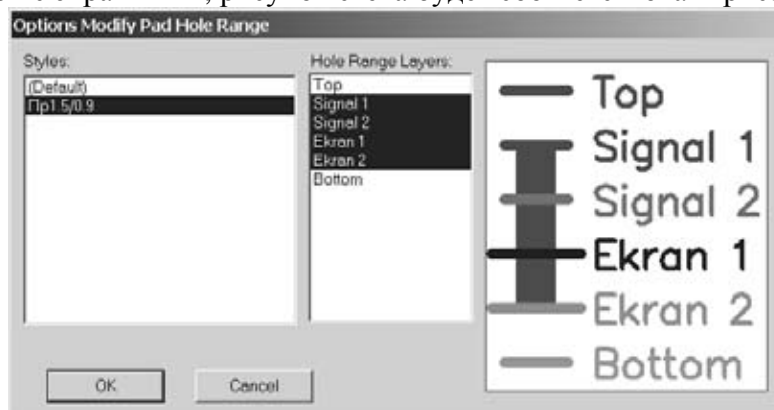


Рис.6.4.5

Переходные отверстия задаются командами **Options / Via Style** и их характеристики вводятся аналогично характеристикам КП.

Вновь открыть окно **Options/Layers** и из списка слоев выбрать экранный слой Ekran 1 и нажать кнопку **Modify** (Изменить). В окне **Plane Net Name** выбрать цепь GND и закрыть последовательно все окна. После этого цепь GND исчезнет, а контакты, к которым подходит эта цепь, будут помечены крестиками. Это индикаторы подключения к слою металлизации (рис.6.4.6).

Для удаления пустого (не имеющего элементов изображения) пользовательского слоя следует указать его в списке и нажать кнопку **Delete**. Системные и непустые пользовательские слои удалять нельзя.

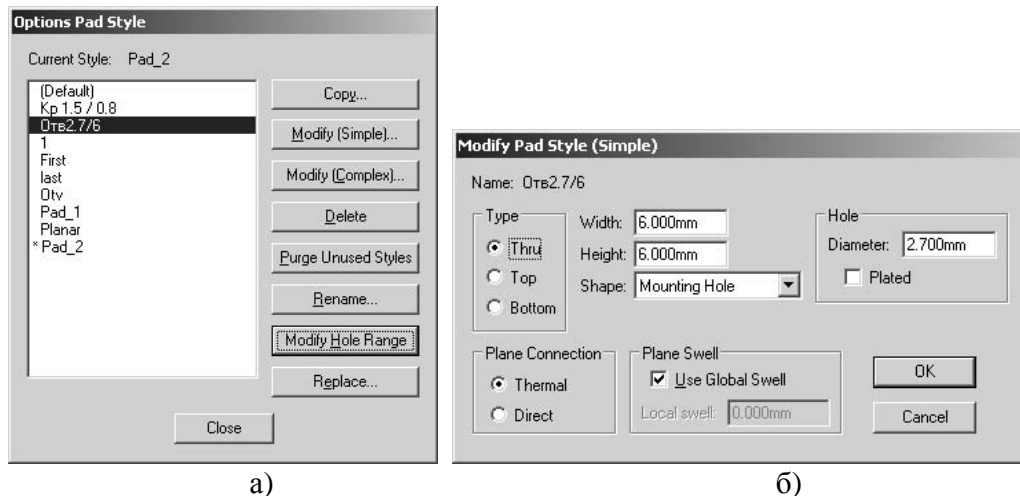
Чтобы изменить направления трассировки в любом сигнальном слое нужно отметить этот слой в списке, выбрать новое направление в поле **Routing Bias** и нажать на кнопку **Modify**.

Чтобы переименовать пользовательский слой, нужно отметить этот слой в списке, изменить его название в поле **Layer Name** (Название слоя) и нажать на кнопку **Modify**. Системные слои переименовывать нельзя.

Для изменения порядка слоев в списке используются кнопки **Move Up** и **Move Down**, которые позволяют перемещать указанный слой вверх или вниз по списку соответственно. При этом пользовательские слои не могут располагаться выше слоя **Top** и ниже слоя **Bottom**

6.5. Создание гладких крепежных отверстий

Для разработки крепежного отверстия запустить программу **PCB**, выполнить команды **Options Pad Style**. Задать название не металлизированного отверстия Отв2.7/6 (рис.6.5.1,а), в котором 2.7 означает диаметр отверстия, а 6 – размеры зоны запрета (диаметра) под шайбу. Далее командой **Modify Pad Style (Simple)** в зоне **Type** установить вариант **Thru** (Сквозное). В окнах **Width** и **Height** задать диаметр шайбы 6 мм. В окне **Shape** (форма) выбрать вариант **Mounting Hole** (крепежное отверстие), в зоне **Hole** (Отверстие) в окне **Diameter** размер отверстия 2.7 мм. Поскольку в этом не предусмотрена металлизация, в окне **Plated** (Металлизация) снять флажок (рис.6.5.1,б). Нажать **OK**. После этого можно просмотреть стек этого отверстия. В окне **Options Pad Style** нажать на кнопку **Modify Hole Range** (рис.6 5 2).



а)

б)

Рис.6.5.1

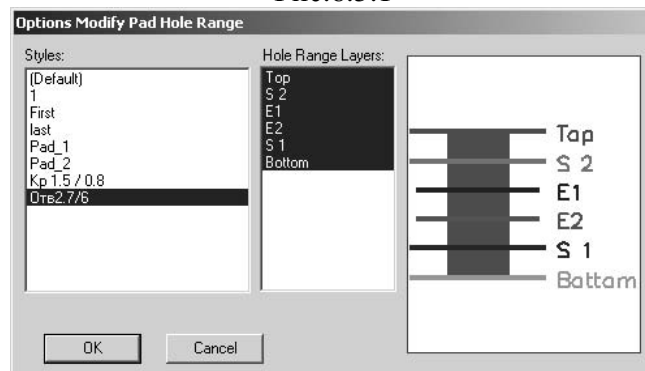
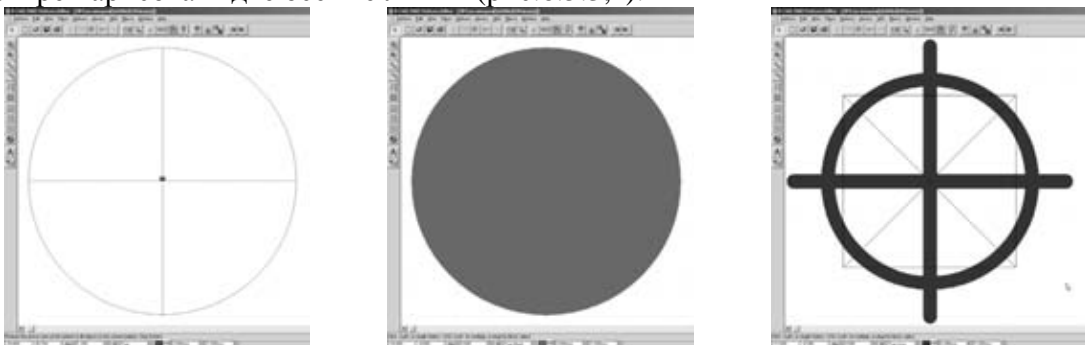


Рис.6.5.2

Для того, чтобы в управляющем файле сформировать окно в защитной маске, в слое **Top Mask** надо создать полностью залитый круг. Для этого открыть программу **Pattern Editor**. Аналогичным образом разработать крепежное отверстие Отв2.7/6 и вывести его на рабочее поле. Увеличить его до размера экрана (рис.6.5.3,а). Теперь надо нарисовать пяточок для маски. Для этого установить слой **Top Mask** (верхний маскирующий), сетку проектирования задать 0.5 мм и ширину линии 3.0 мм. Затем командами **Place Arc** нарисовать окружность с радиусом 1,5 мм, щелкнув ЛК сначала в точке с координатами (10, 10), а затем в точке (11.5, 10). Получим полностью залитый пяточок диаметром 6,0 мм (рис.6.5.3,б). Затем ту же процедуру проделать и в слое **Bot Mask**.

Теперь надо нарисовать окружность в слое **Top Assy**. Для этого вначале отключить слои **Top Mask** и **Bot Mask**. Командами **Options/Layers** открыть одноименное окно, выделить поочередно слои **Top Mask** и **Bot Mask** и нажать кнопку **Disable**. Затем установить слой **Top Assy** (Верхний графический), ширину линии задать 0.2 мм и нарисовать окружность радиусом 1.5 мм. На сборочном чертеже получим окружность диаметром 3 мм вместо 2.7 мм. После этого в центре нарисовать две осевые линии (рис.6.5.3,в).



а)

б)

в)

Рис.6.5.3

В центр пяточка нанести точку привязки **RefDes**, при размещении позиционного положения в окне **Value** ввести **OT** и снять флажок в окне **Visible** (Видимость).

Отверстие готово и его можно записать в библиотеку с названием **Отв2.7/6**. Для этого выполнить команды **Pattern/Design Technology Parameters**. Сформировать группу Отверстия – **Отв** и записать туда данное отверстие (рис.6.5.5).



Рис.6.5.4



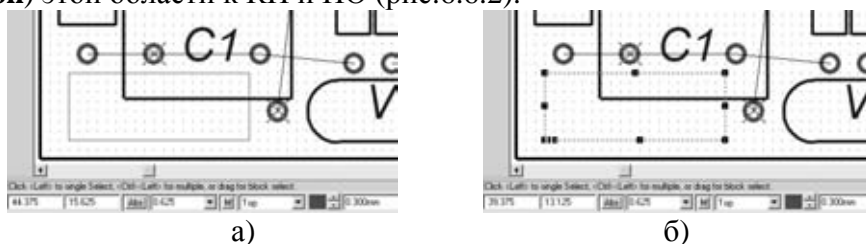
Рис.6.5.5

6.6. Создание областей металлизации и экранных слоев

6.6.1. Области металлизации

На сигнальных слоях ПП могут создаваться области металлизации, электрически подсоединенные к каким-либо цепям и отделенные от других цепей зазорами. Они могут выполнять функции небольших экранов, но чаще позволяют сократить количество вытравливаемой медной фольги.

Для создания такой области задать слой **Top** и командами **Place/Cooper Pour** нарисовать контур (рис.6.6.1,а). После этого в режиме **Select** щелкнуть ЛК в этой области (рис.6.6.1,б), а затем ПК. В выпавшем меню выбрать строку **Properties** и после этого на закладке **Connectivity** открывшегося меню **Cooper Pour Properties** указать имя цепи **GND**, к которой она должна быть подключена. Здесь же указать необходимость непосредственного подключения (**Direct Connection**) этой области к КП и ПО (рис.6.6.2).



а)

б)

Рис.6.6.1



Рис.6.6.2

После этого на закладке **Style** заполнить следующие поля.

В поле **Pattern** – выбрать тип заливки, например, решетку;

Line Width – ширину линий штриховки 0.625 мм;

Line Spacing – расстояние между линиями штриховки 0.625 мм.

Backoff – зазор до других объектов:

- фиксированный (**Fixed**) или

- заданный в правилах трассировки (**Use Design Rules**) – выбрать второй вариант.

В поле **Backoff Smoothness** (способ аппроксимации полигонами вырезов):

- **Low** – в виде полигонов с 8 – 10 сторонами;

- **Medium** – в виде полигонов с 12 – 14 сторонами;

- **High** – в виде полигонов с 16 – 18 сторонами – из трех типов для простоты исполнения

ПП выбрать первый.

В поле **State** (состояние): из **Poured** – металлизация области, **Unpoured** – отсутствие металлизации области и **Repour** – металлизация с расчетом зазоров из-за перетрассировки соединений – задать металлизацию (рис.6.6.3). Нажать кнопку ОК. Результат заливки области металлизации дан на рис.6.6.4.

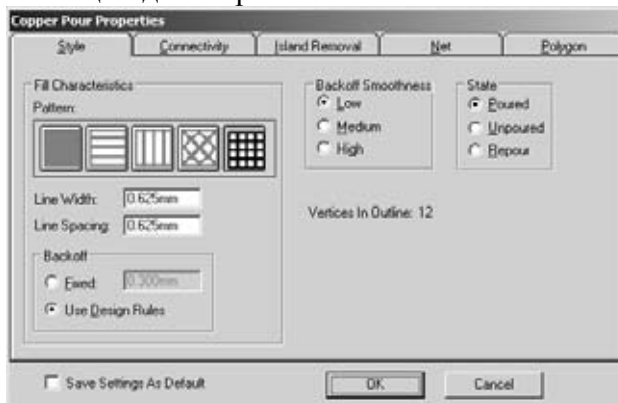


Рис.6.6.3

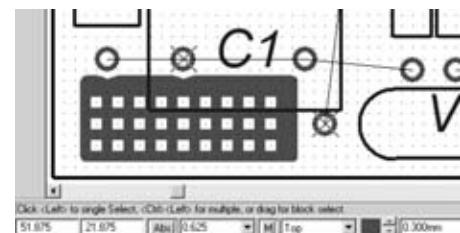


Рис.6.6.4

Кроме этого **P-CAD** позволяет в области металлизации делать необходимые вырезы. Для этого командами **Place/Cutout** ЛК выделить требуемый контур, и затем ПК. В результате в области металлизации будет сделан вырез (рис.6.6.6).

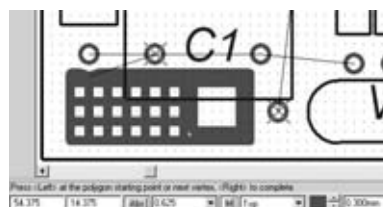
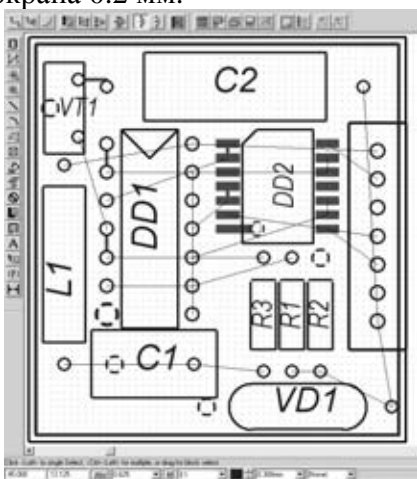


Рис.6.6.6

6.6.2. Экранные слои

В многослойных платах для размещения электромагнитных экранов вводятся специальные слои, которые подключают к цепям земли и питания. Функциональные цепи, как правило, на этих слоях не выполняются. Экранные слои могут быть разделены на секции, выполняющие разные функции и подключены к разным цепям.

Для создания экранного слоя необходимо предварительно ввести в проект слои, выполняющие функции экранов (см. п.6.3) и разработать металлизированные отверстия, соответствующие структуре МПП (см. п.6.4). Командами **Options Layers** включить слой E1, предназначенный для экранного. После этого выполнить команды **Place Plane** (Размещение экрана), щелкнуть ЛК по 1-й точке будущего экрана, затем последовательно щелкнуть ЛК по всем точкам контура экрана, после этого ПК. В результате получится контур экрана без заливки (рис.6.6.7,а). Если на одном слое надо получить несколько разделенных экранов, то их вычерчивают отдельно. Затем в режиме **Select** щелкнуть ЛК по экрану, затем ПК и в выпавшем меню выбрать строчку **Properties**. Откроется окно **Plane Properties** (рис.6.6.7,б). На вкладке **Plane** (Экран) в окне **Net** (Цепь) установить цепь GND, к которой должен быть подключен экран. В окне **Boundary Width** (Ширина границы) задать ширину линии, которой рисуется граница экрана 0.2 мм.



а)



б)

Рис.6.6.7

6.7. Простановка размеров

Для простановки линейных и угловых размеров на печатной плате выполним команды **Place/Dimension**. Откроется одноименный диалог (рис.6.7.1), в котором в окне **Styles** выбрать расстояние между двумя точками **Point-Point**. Далее выбрать: в окне **Units** – мм, в окне **Layer** – **Board**, в окне **Precision** (число знаков после запятой) – 1, в поле **Orientation** – задать **Vertical**, ориентацию текста – **Vertical**, шрифт – 3.5, толщину линии **Line Width** – 0.1 мм, в поле **Arrowhead** (размер стрелки) – длину 2 мм и ширину 0.5 мм, установить галочку в окне **Associated Dimension** (автоматическое изменение размера при изменении размера объекта). Нажать ОК. После этого щелкнуть ЛК по верхней, а затем нижней сторонам контура ПП. Они изменят цвет. Затем нажать и, не отпуская ЛК, указать место, где будет проставлен размер. Далее не отпуская ЛК, скорректировать место расположения размера справа от ПП. Отпустить ЛК (рис.6.7.2).



Рис.6.7.1

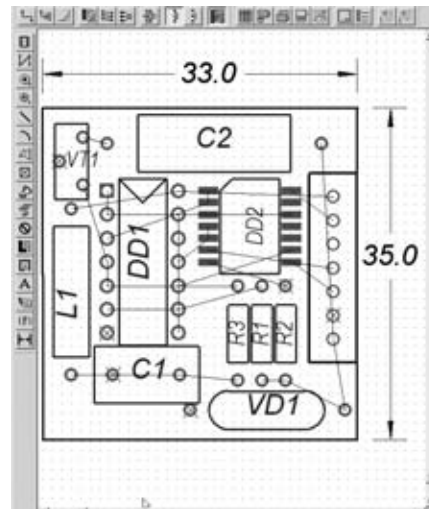


Рис.6.7.2

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение графического редактора **P-CAD PCB**.
2. Поясните назначение пиктограмм на панели инструментов.
3. Объясните назначение полей в нижней части экрана.
4. Каков порядок настройки конфигурации редактора **P-CAD PCB**.
5. Какие режимы включают на закладке Route?
6. Какой шаг сетки необходимо установить в проекте?
7. Какая структура слоев задается в системе по умолчанию?
8. На какие типы подразделяются слои ПП?
9. В какой области указывают приоритетную ориентацию прокладки проводников на каждом слое при автоматической трассировке?
10. Что такое стеки контактных площадок и переходных отверстий?
11. Как настраиваются цвета объектов на различных слоях ПП?
12. На какой закладке и в каком поле задается вид изображения курсора?
13. Какими командами открывают экран просмотра сечения стеков КП?
14. Каким образом загружаются библиотеки ЭРЭ?
15. Как загружается список соединений электрической схемы?
16. Как и в каком слое вводится контур ПП?
17. Каким образом выполняется размещение ЭРЭ на плате?
18. Как скрыть “лишние” надписи у элементов на плате?
19. Какими средствами редактора можно выполнить оптимизацию длин соединений на печатной плате?
20. Как сохранить результат размещения ЭРЭ на печатной плате?
21. Каким образом вводятся дополнительные несигнальные слои МПП?
22. Как вводятся дополнительные внутренние сигнальные слои МПП?
23. Как вводятся дополнительные внутренние слои питания и экранирования МПП?
24. Какие варианты предпочтительного направления прокладки проводников МПП существуют?
25. Как создаются отдельные контактные площадки при проектировании МПП?
26. Какими командами создаются области металлизации?
27. Как задать название цепи, к которой должна быть подключена область металлизации?
28. Сколько типов полигонов аппроксимации может быть задано?
29. Какими командами выполняются вырезы в области металлизации?
30. Какими командами проставляются линейные и угловые размеры на печатной плате?

УРОК №7

ТЕМА: РУЧНАЯ И ИНТЕРАКТИВНАЯ ТРАССИРОВКИ ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ (видеоролики 7, 8)

Цель занятий – изучение методик ручной и интерактивной трассировки проводников печатных плат средствами графического редактора **P-CAD PCB**; приобретение навыков разводки проводников печатных плат средствами системы P-CAD.

7.1. Подготовка к трассировке

Графический редактор **P-CAD PCB** позволяет выполнять трассировку проводников печатных плат в ручном и интерактивном режимах. Перед началом его работы необходимо задать условия трассировки: слои, на которых выполняется трассировка, ширина 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 «Результат размещения» и открыть его. На рабочем поле должна появиться ПП с размещенными элементами и связями между ними (рис. 7.1.1).

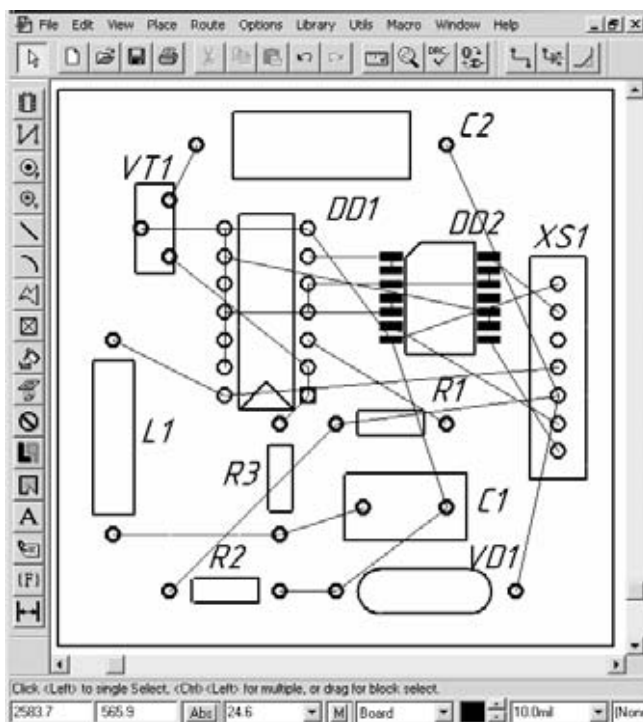


Рис. 7.1.1

3. Выполнить установки проекта. Для этого в меню **Options** командой **Configure** на закладке **General** в области AutoSave установить флажок Enable AutoSave (рис.7.1.2).

В окне **Options Configure** на закладке **Online DRC** в строке Enable Online DRC включить режим текущей проверки допустимых зазоров, остальные флажки установить в окнах в соответствии с рис. 7.1.3. Нарушение зазора отмечается индикатором ошибок в виде круга с перекрестием.



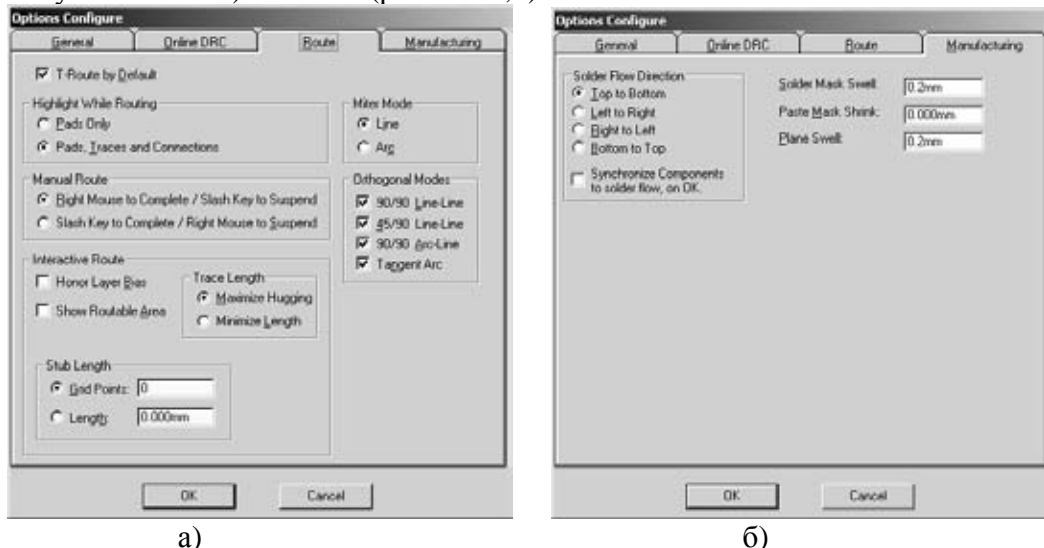
Рис. 7.1.2

На закладке **Route** в области **Orthogonal Modes** флажки установить во всех окнах, а остальные флажки установить в соответствии с рис. 7.1.4, а. Нажать кнопку ОК.



Рис. 7.1.3

На закладке **Manufacturing** в поле **Solder Flow Direction** (Направление потока припоя) выбрать **Top to Bottom**, в окне **Solder Mask Swell** (Выступ маски припоя) задать 0.2 мм, **Plane Swell** (Выступ плоскости) – 0.2 мм (рис. 7.1.4,б).



а)

б)

Рис. 7.1.4

4. Установить шаг сетки равный: 0.625, 1.25 и 2.5 мм (рис. 7.1.5).

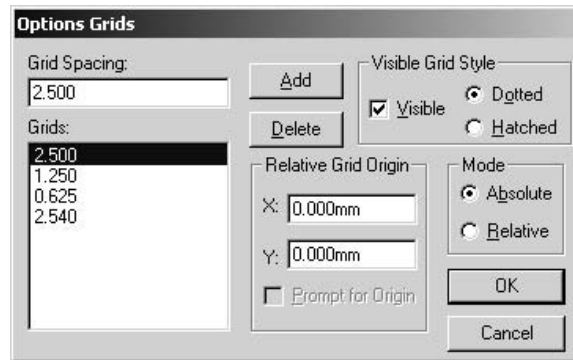


Рис. 7.1.5

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** (рис. 7.1.6). Щелкнуть ЛК по кнопке **Close**.

В этом окне:

Pad to Pad – контактная площадка – контактная площадка (КП-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.

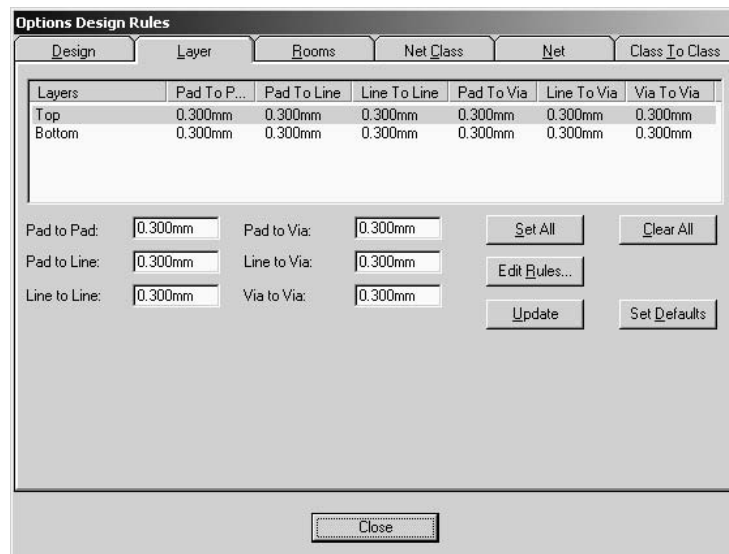


Рис. 7.1.6

6. По командам **Options/Current Line** задать список значений ширины трасс проводников 0,3 и 0,5 мм (рис.7.1.7).

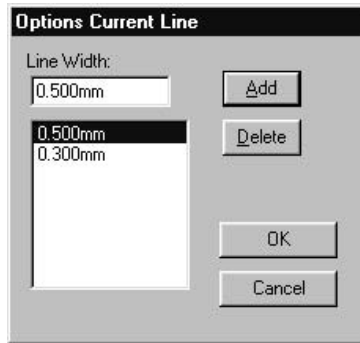


Рис. 7.1.7

7.2. Ручная трассировка соединений печатных плат

Критерии качества результатов трассировки являются следующие [8,9].

Процесс 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**. Откроется диалоговое окно **Utils Optimize Nets**, в котором в области **Method** выбрать **Manual Gate Swap** (рис. 7.2.1) и нажать кнопку ОК.

- Начнем с разъема. Поменяем местами соединения 1-го и 2-го выводов. 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 еоединение. Откроется диалоговое окно **Manual Gate Swap** (рис. 7.2.2), 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 нажать кнопку **Swap** и соединения поменяются местами.

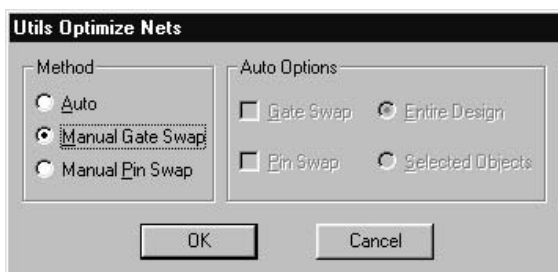


Рис. 7.2.1

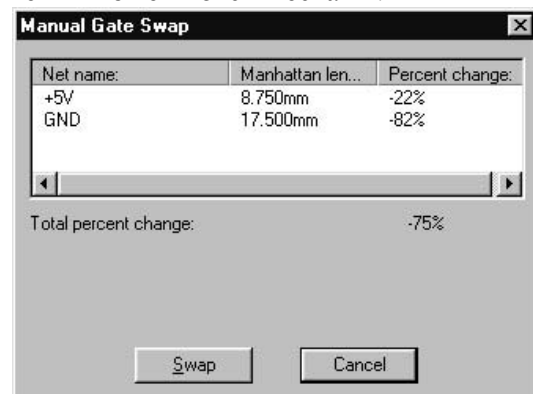


Рис. 7.2.2

Затем аналогичным образом последовательно поменять местами соединения на разъеме XS1: 7-го вывода со 2-м; с 6-го переключить на 3-й вывод; с 4-го вывода переключить на

6-й; соединение 5-го поменять с соединением 7-м выводом; с 5-го переключить на 4-й вывод разъема (рис.7.2.3).

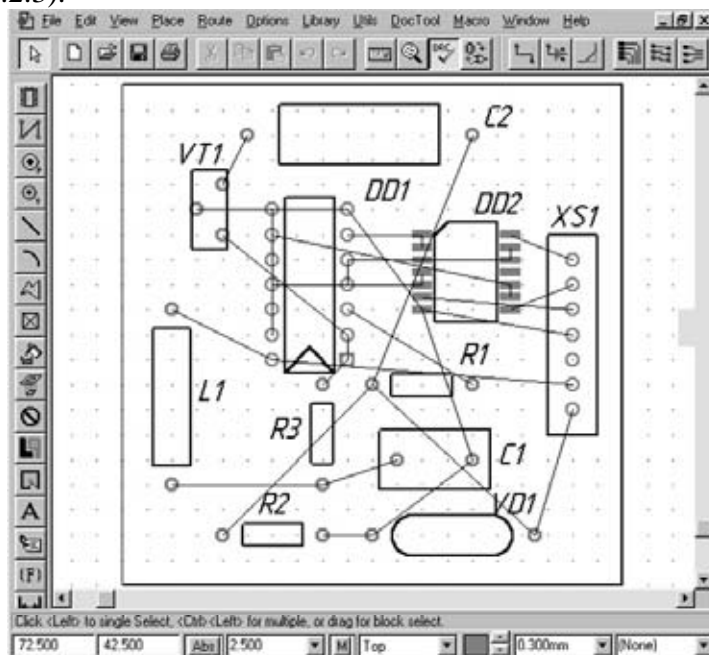


Рис.7.2.3

- Таким же образом поменять 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** (рис. 7.2.4) и нажать кнопку ОК.

Процедура обмена эквивалентных выводов та же, что и с эквивалентными вентилями.

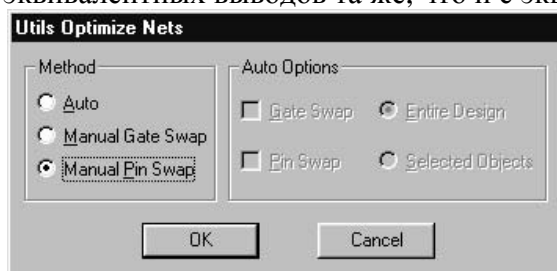


Рис. 7.2.4

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. Форма излома трассы (ортогональная или по диагонали) переключать при нажатой ЛК нажатием клавиши «O», а нажатием клавиши «F» – менять расположение точки излома.
- Проводник между двумя КП можно также рисовать и двумя щелчками ЛК: в 1-й КП и 2-й КП.
- 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 установить слой Top и ширину трассы 0,3 мм.

Первыми соединить КП выводов тех элементов, которые стоят рядом: транзистора VT1 с конденсатором C2; катушки индуктивности L1 с КП резистора R3 и конденсатора C1; диода VD1 с КП 7-го вывода разъема XS1.

Для прокладки этих соединений выполнить команды **Route/Manual**. После этого щелкнуть ЛК по КП 1-го вывода VT1, затем переместить курсор в КП 2-го вывода C2, вновь щелкнуть ЛК, а затем ПК. Трасса будет построена. Аналогично построить остальные перечисленные соединения.

Затем соединить выводы микросхем. В микросхеме DD1 это контактные площадки выводов: 1-го и 2-го, 4-го и 5-го, 8-го и 9-го; 12-го и 13-го. В микросхеме DD2 КП: 1-го и 2-го выводов, 4-го и 5-го, 9-го и 10-го; 12-го и 13-го выводов.

Для их трассировки также надо щелкнуть ЛК по одной КП, затем переместить курсор в другую, щелкнуть ЛК, а затем ПК. Результат представлен на рис.7.2.5.

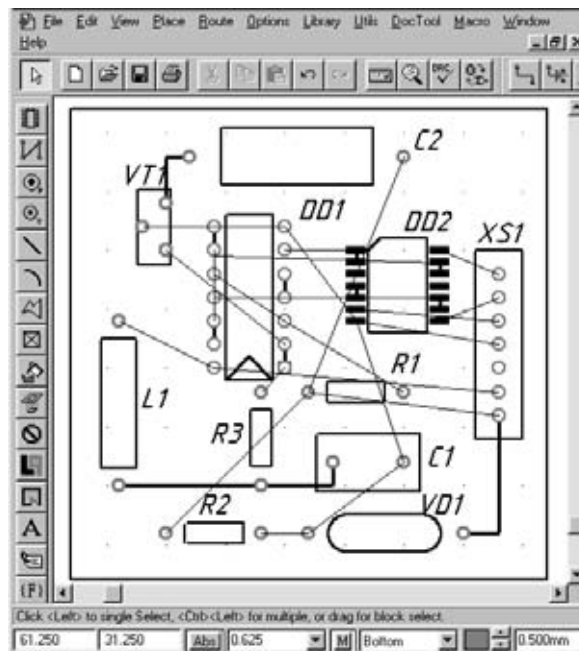


Рис. 7.2.5

- Для цепей питания и заземления ширину трассы установить 0,5 мм. Соединить КП 14-го вывода (питания) микросхемы DD2 с КП 1-го вывода разъема XS1, КП катушки индуктивности L1 с КП 14-го вывода DD1. Цепь земли провести в слое **Bottom**. Для этого в строке состояний выбрать слой **Bottom** и соединить КП резистора R2 с КП диода VD1 и конденсатора C1 (рис 7.2.6).

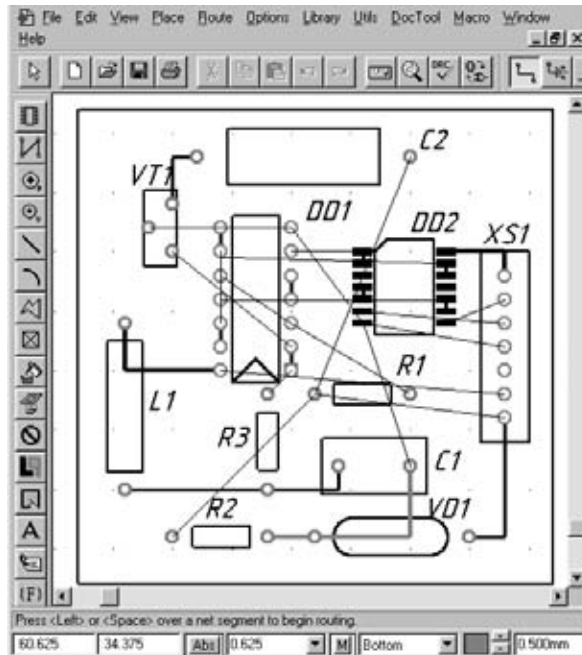


Рис.7.2.6

- В процессе разводки связей становится ясно, что для получения более простого рисунка проводников необходимо часть элементов переместить на плате на другое место. Для этого резистор R1 передвинуть в точку (40,625; 52,5), а резистор R3 – в точку (37,5; 35,0). После этого продолжить разводку цепей: КП 6-го вывода DD1 с КП 1-го вывода DD2, КП 3-го вывода DD1 с КП резистора R1, КП конденсатора C2 с КП резистора R1, КП резистора R2 с КП диода VD1 и КП транзистора VT1 с КП 7-го вывода DD1 (рис. 7.2.7).

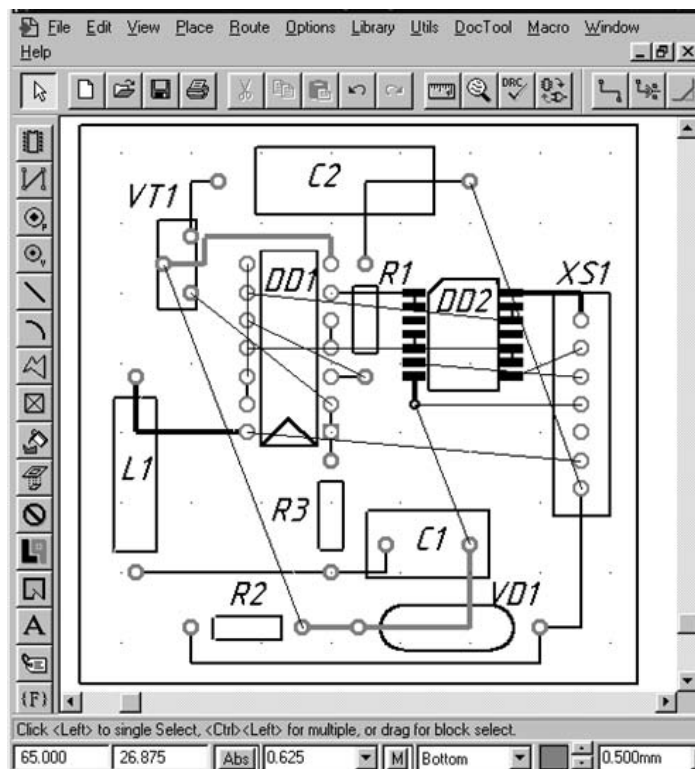


Рис.7.2.7

- Следующей провести цепь «Корпус» (GND), которая соединяет КП: 4-го вывода разъема XS1, 7-го вывода DD2 и конденсатора C1. К микросхеме DD2 в слое **Bottom** цепь земли провести нельзя, т.к. выводы DD2 планарные. Трасса к ним должна подходить в слое **Top**. Поэтому перед КП 7-го вывода DD2 перейти, нажав клавишу «L», в слой **Top** и завер-

шим трассу. Затем соединить КП транзистора VT1 с КП резистора R2. Поскольку цепь земли должна быть шириной 0,5 мм поменять ее ширину.

Для этого выполнить команды **Edit/Nets**. Затем выбрать цепь GND, нажать кнопку **Select** (рис.7.2.8), а потом **Close**. В результате появится выделенная цепь GND. Щелкнуть ПК по ней и в открывшемся меню выбрать пункт **Properties**. В появившемся окне в поле **Width** задать ширину линии 0,5 и нажать кнопку ОК (рис.7.2.9).

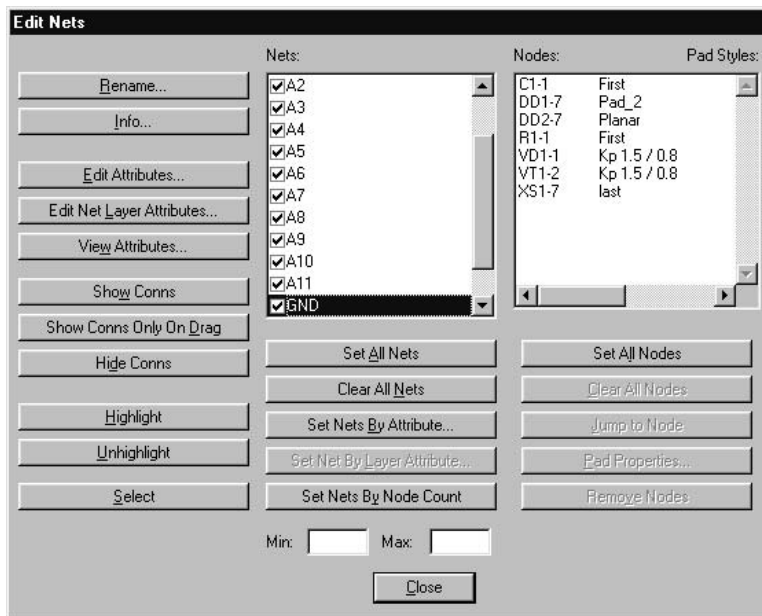


Рис.7.2.8

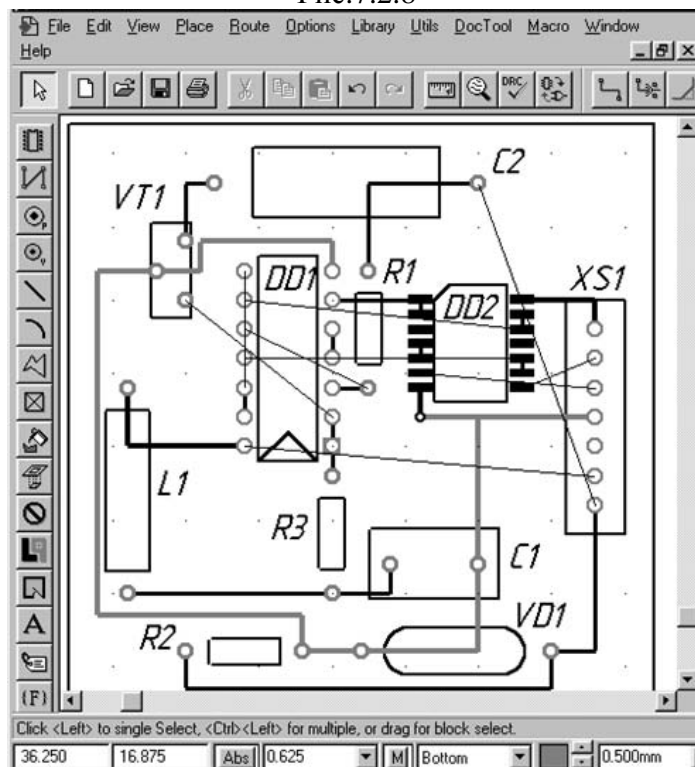


Рис.7.2.9

- Провести цепь питания между 6-ым выводом XS1 и 14-ым выводом DD1.
- Теперь провести сигнальные цепи.

Для этого вновь установить ширину трассы 0,3 мм и перейти на слой **Top**. Требуется провести трассы следующих цепей:

- КП транзистора VT1 с КП 1-го вывода DD1;

- КП конденсатора C2 с КП 7-го вывода XS1;
- КП 8-го DD2 и КП 2-го XS1;
- КП 8-го вывода DD1 с КП 12-го и 13-го выводов DD1;
- КП 9-го вывода DD1 и 13-го вывода DD2;
- КП 10-го вывода DD1 и 3-го вывода DD1;
- КП 3-го вывода XS1 и 6-го вывода DD2.

Поскольку в слое **Top** не проводится цепь между КП 11-го вывода DD1 и КП 10-го вывода DD2, резистор R1 переместить в точку (40,625; 55,0). Кроме этого, сдвинуть левее вертикальный сегмент цепи между КП 8-го и 12-го выводов DD1, а затем поднять выше сегмент цепи между КП 9-го вывода DD1 и КП 13-го вывода DD2.

Теперь провести трассу между КП 11-го вывода DD1 и 10-го вывода DD2. Последнюю трассу между КП 5-го вывода DD1 и 10-го вывода DD2 в слое **Top** провести не удастся. Вместе с тем выводы DD2 планарные, следовательно, трасса к ним должна подходить в слое Top. Поэтому от КП 10-го вывода DD2 проводить трассу вначале в слое **Top**, а затем, нажав клавишу «L», перейти в слой **Bottom** и завершить трассу на этом слое на КП 5-го вывода DD1 (рис. 7.2.10).

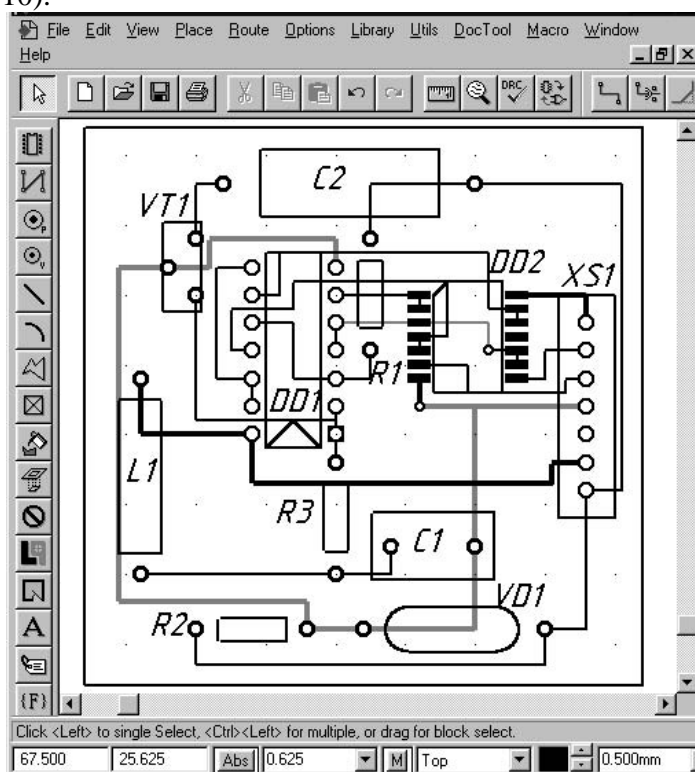


Рис. 7.2.10

После этого трассировка печатной платы завершена.

5. Надо 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 в разделе 7.2.3.

4. Выполнить трассировку печатной платы в интерактивном режиме (**Route Interactive**). Для этого выполнить команды **Route/Interactive**.

В режиме интерактивной трассировки 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 при нажатой ЛК. При этом все препятствия огибаются автоматически и соблюдаются допустимые зазоры.
- Фиксировать проложенный сегмент трассы отпусанием ЛК.
- Нажатие ПК в процессе прокладки трассы открывает меню, основные команды которого следующие:

Complete – завершение прокладки трассы;

Push Traces – расталкивание ранее проложенных проводников;

Suspend – прекращение прокладки трассы с сохранением проложенного участка;

Cancel – прекращение прокладки трассы с отменой последнего сегмента;

- Завершать прокладку трассы отпусанием ЛК в точке окончания линии связи.

• Последовательность трассировки сохранить ту же, что и в ручном режиме.

• Вначале трассировать короткие соединения сигнальных цепей.

Для этого в строке состояний установить слой Top и ширину трассы 0,3 мм.

Первый проводник построить между КП 1-го вывода транзистора VT1 и 2-го вывода конденсатора C2. 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 КП:

- 1-го и 2-го выводов микросхемы DD1;
- 4-го и 5-го выводов микросхемы DD1;
- 12-го и 13-го выводов микросхемы DD1;
- 4-го и 5-го выводов микросхемы DD2;
- 9-го и 10-го выводов микросхемы DD2;
- 12-го и 13-го выводов микросхемы DD2;
- катушки L1, конденсатора C1 и резистора R3;
- диода VD1 и 7-го вывода разъема XS1;
- 8-го вывода микросхемы DD2 и 2-го вывода разъема XS1;
- 6-го вывода микросхемы DD1, 1-го и 2-го выводов микросхемы DD2.

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

- катушки L1 и 14-го вывода DD1 и
- резистора R2, диода VD1 и конденсатора C1.

Результат представлен на рис. 7.3.1.

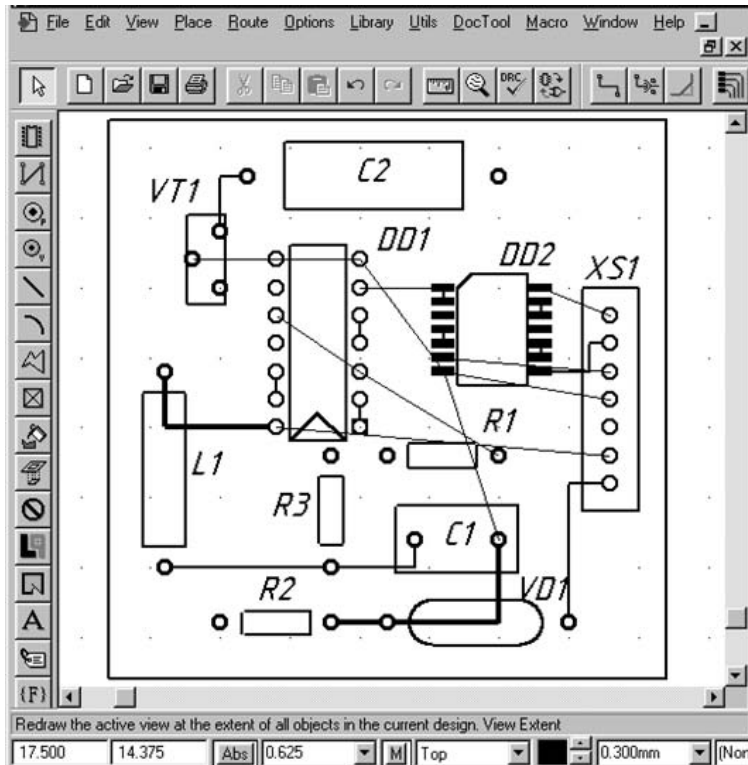


Рис 7.3.1

- Затем построить следующие проводники между КП:
 - 2-го вывода транзистора VT1 и 7-го вывода микросхемы DD1;
 - 14-го вывода микросхемы DD1 и 6-го вывода разъема XS1;
 - 7-го вывода DD2 и 4-го вывода разъема XS1;
 - 14-го вывода микросхемы DD2 и 1-го вывода разъема XS1.

Далее вновь построить сигнальные цепи. Поэтому ширину проводников задать 0,3 мм и соединить КП:

- 9-го вывода DD1 и 12-го вывода DD2;
- 11-го вывода DD1 и 5-го вывода DD2.
- 3-го вывода транзистора VT1 и 1-го и 2-го выводов DD1 (рис.7.3.2).

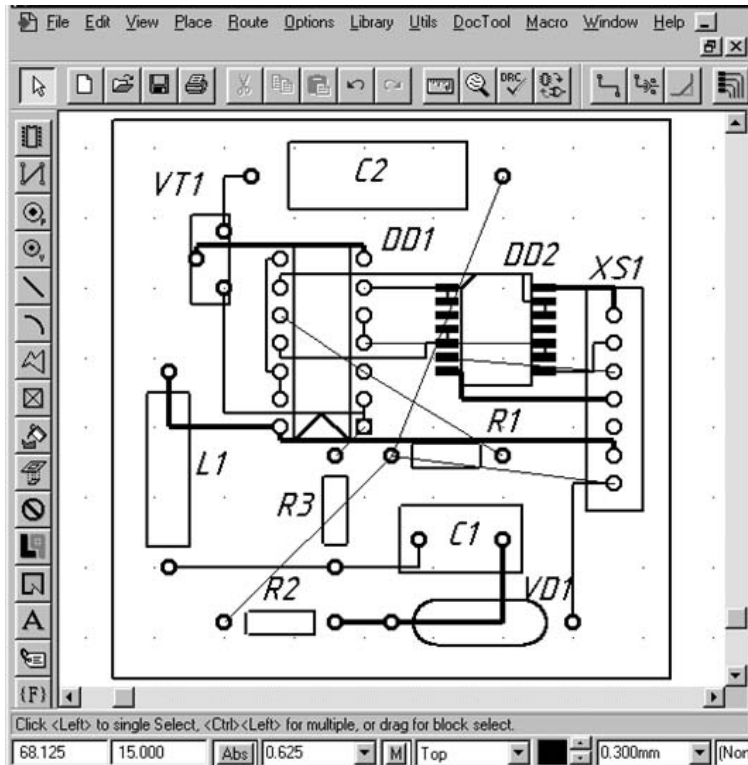


Рис. 7.3.2

При трассировке выяснилось, что для проведения последующих соединений резисторы R1 и R3 надо передвинуть: R1 в точку с координатами (40, 625; 32,5), а R3 в точку - (37,5; 35). Продолжить трассировку.

Соединить проводниками следующие КП сигнальных цепей:

- резисторов R1 и R2 с КП конденсатора C2 и 7-го вывода разъема XS1;
- резистора R1 и 3-го вывода микросхемы DD1.

Ширину проводников выбрать 0,5 мм и провести трассу цепи питания между КП конденсатора C1 и 2-го вывода транзистора VT1 (рис.7.3.3).

Остались трассы более сложной конфигурации. Для них включим режим Push Traces (отталкивания мешающих проводников).

В этом режиме проведем трассу между 3-м и 10-м выводами микросхемы DD1.

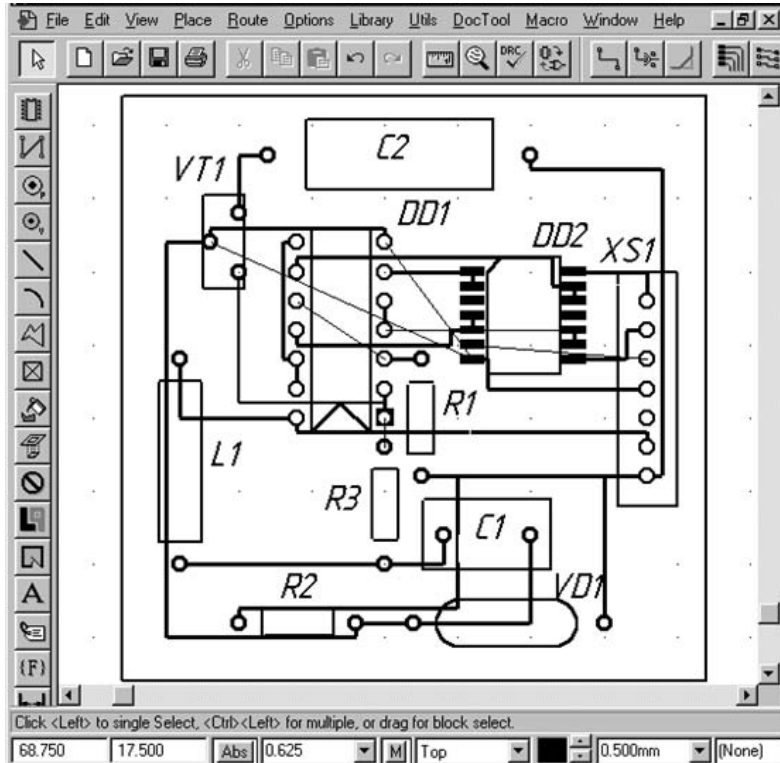


Рис. 7.3.3

Теперь переключить на второй слой – **Bottom** и провести трассу между КП 1-го вывода DD1 и резистора R3.

Поскольку получился достаточно сложный рисунок неразведенных соединений, 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 упростился. Появилась еще одна простая цепь между 6-м выводом микросхемы DD2 и 3-м выводом разъема XS1.

В строке состояний установить слой **Top** и в режиме **Push Traces** провести это соединение (рис.7.3.4).

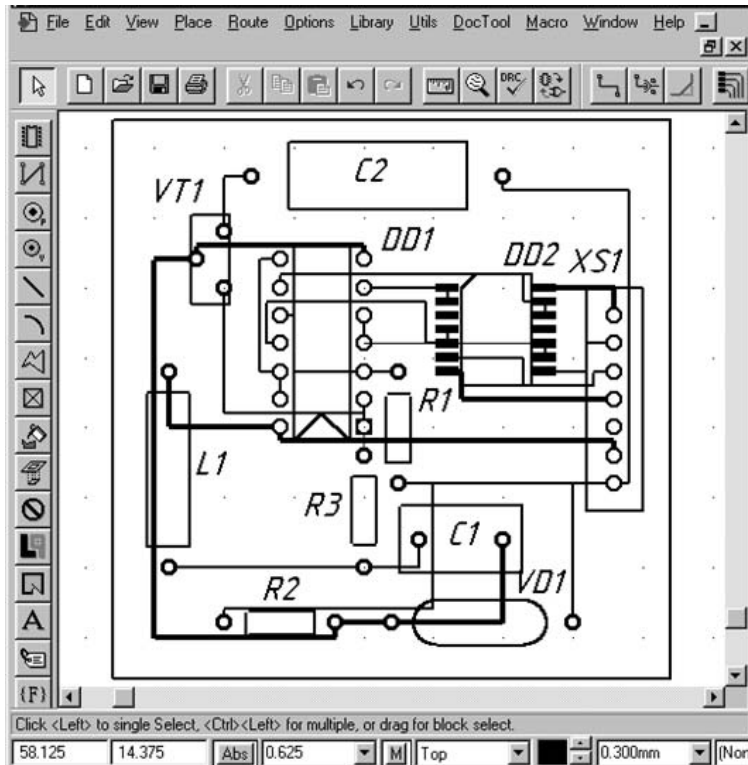


Рис. 7.3.4

- Незаведенными остались еще два сегмента цепей.

Для проведения трассы между КП 4-го вывода микросхемы DD1 и 10-го вывода микросхемы DD2 вначале установить слой **Bottom** и в этом слое начать проводить соединения. Перед подключением трассы к КП 10-го вывода микросхемы DD2 установить слой **Top** и завершить трассу в нем. В результате рядом с этой КП будет установлено переходное отверстие.

Для построения последней цепи установить слой **Bottom** и провести трассу между КП конденсатора C1 и 4-го вывода разъема XS1.

Трассировка завершена (рис. 7.3.5).

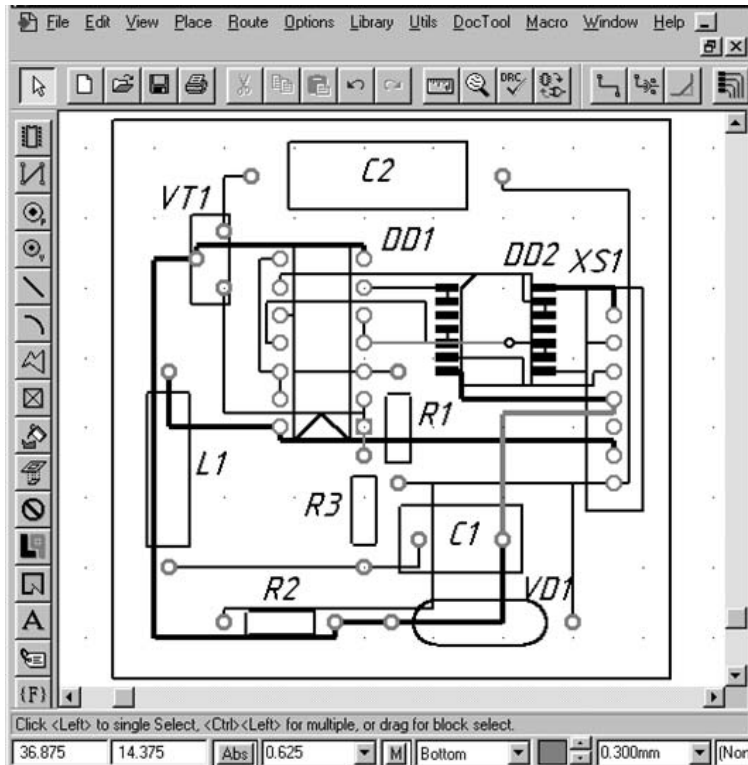


Рис.7.3.5

- Полученный результат интерактивной разводки необходимо доработать в ручном режиме.

Так к КП 4-го вывода микросхемы XS1 параллельно друг другу в разных слоях подходят два проводника. Фрагмент цепи на слое **Bottom** надо поднять до уровня КП 4-го вывода разъема XS1. Для этого по команде **Edit/Select** выделить данный горизонтальный сегмент проводника и поднять его на 1,25 мм – до уровня 4-го контакта XS1.

В микросхеме DD2 в слое **Top** проводник с КП 5-го вывода переместить на КП 4-го вывода.

Резистор R2 целесообразно развернуть параллельно резистору R3.

После этого можно отредактировать цепь между КП R1 и R2. Для чего командами **Edit/Select** выделить сегменты проводника и редактировать их до получения простого рисунка (рис. 7.3.6).

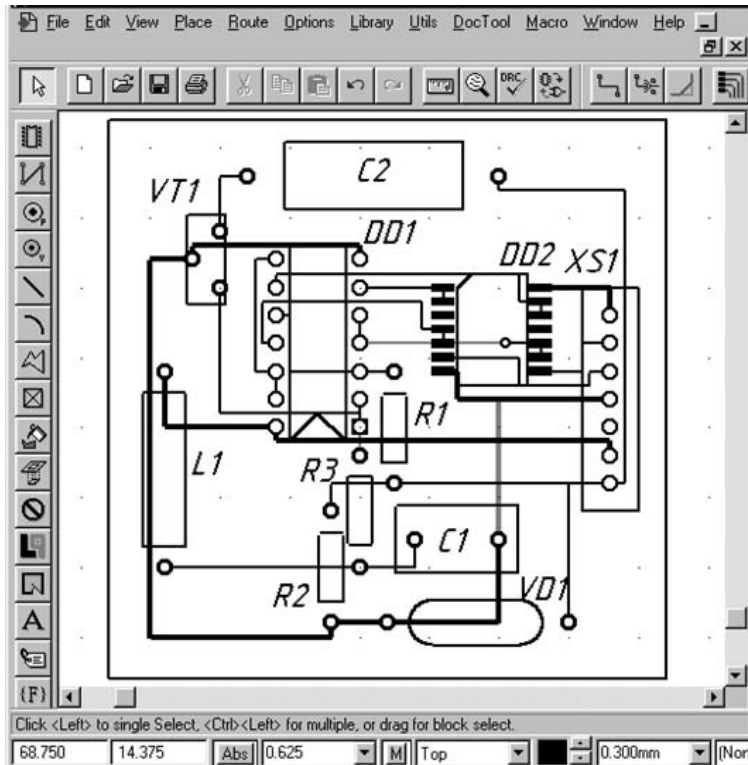


Рис. 7.3.6

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 (рис.7.4.1). Нажать кнопку ОК.

В результате на экран выводятся сообщения об ошибках (рис.7.4.2). Из них следует, что в нескольких местах четыре трассы проведены с нарушением зазоров. Закрывать окно Блокнот и на экране останется рисунок ПП с помеченными кружками ошибками (рис.7.4.3). Поэтому фрагменты этих трасс отодвинем от КП.

Для этого выполнить команды **Edit/Select**, щелкнуть ЛК по вертикальному фрагменту цепи A1, он выделится цветом. Вновь нажать ЛК и, не отпуская ее, сместить фрагмент вправо до координаты X= 63.125. Аналогично сместить влево вертикальный фрагмент цепи GND до координаты X= 17.50. Затем верхний фрагмент цепи GND поднять выше, обогнув КП 8-го вывода DD1. И последней откорректировать цепь +15V между КП 6-го вывода разъема и КП 14-го вывода DD1 (рис.7.4.4).

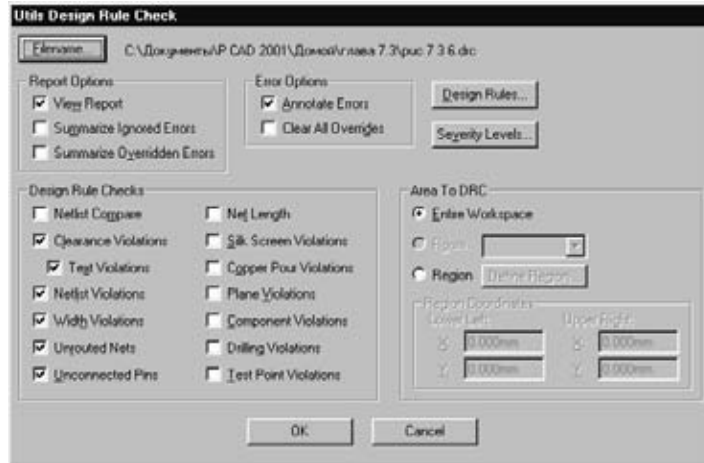


Рис.7.4.1

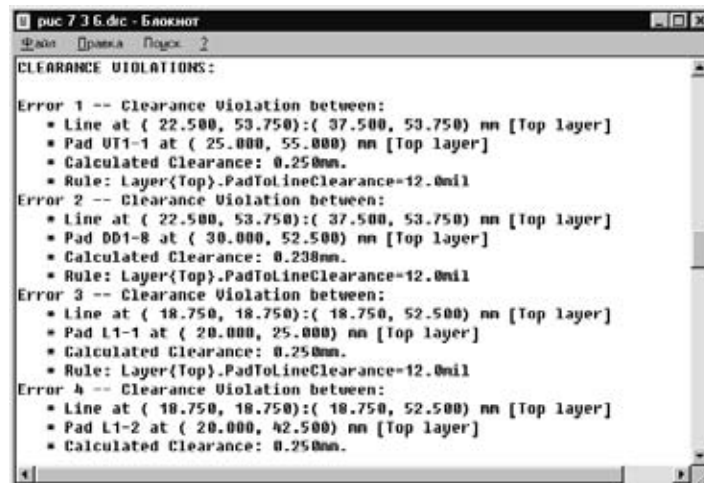


Рис.7.4.2

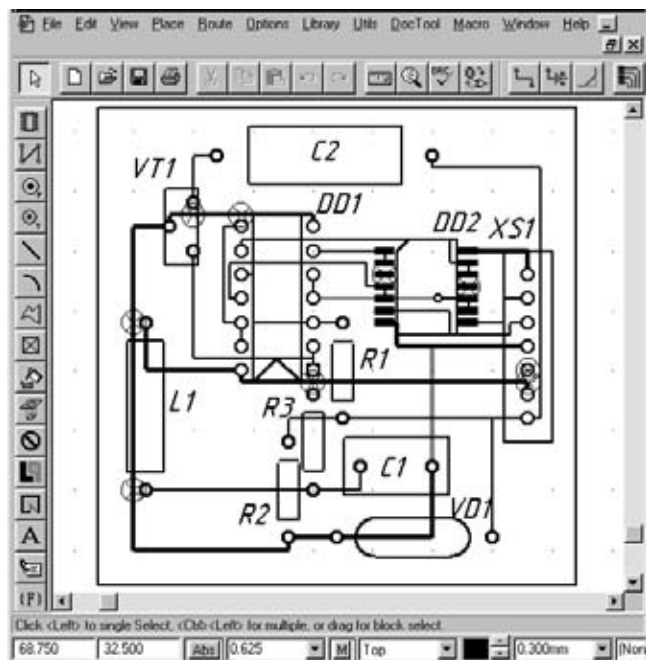


Рис.7.4.3

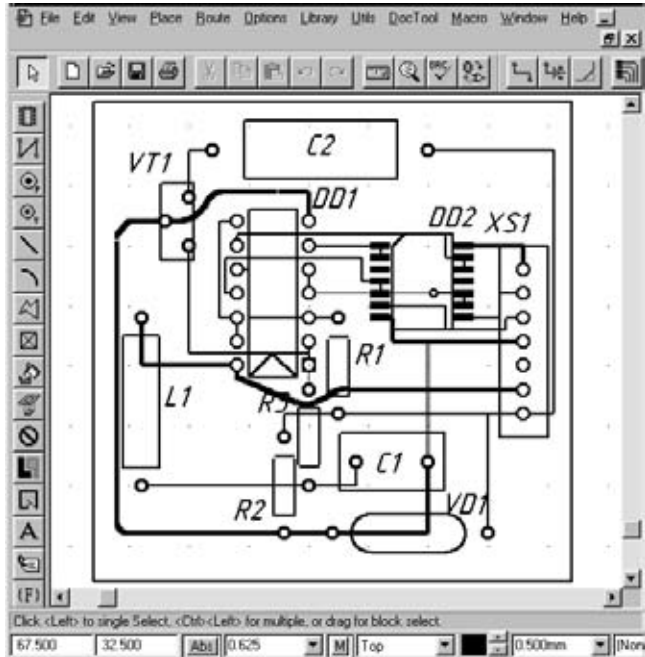


Рис.7.4.4

Повторная проверка рисунка ПП ошибок не выявила.

5. Сохранить полученный результат проектирования рисунка ПП. Для этого выполнить команды **File/Save**.

7.5. Создание металлизированных областей на печатной плате

Для получения металлизированной области в сигнальных слоях ПП загрузить файл «Результат размещения» (рис. 7.5.1). Выполнить команды **Place / Copper Pour** (Разместить медную заливку). Текущим установить сигнальный слой **Top**. При этом в окне **Options Layers** этот слой командой **Enable** включить, а остальные сигнальные слои командой **Disable** отключить, чтобы элементы, расположенные на них не отображались на экране (рис.7.5.2). Щелчком ЛК последовательно указать в углах платы вершины многоугольников, ограничивающих область заливки, а затем перейти в режим выделения **Select** и щелкнуть ЛК в области выделенного многоугольника (рис.7.5.3). Затем ПК в области прямоугольника и в выпадающее меню выбрать **Properties**. Откроется окно **Copper Pour Properties** (рис.7.5.4).

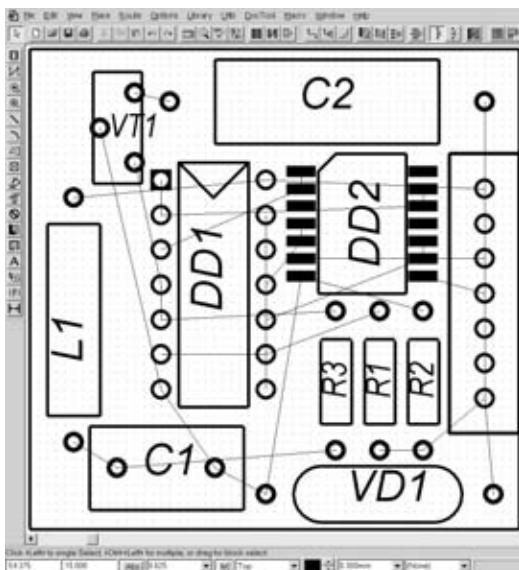


Рис.7.5.1



Рис.7.5.2

Щелчком ЛК в поле **Pattern** на закладке **Style** выбрать вид заливки – штриховку под углом 45°. В поле **Line Width** задать ширину линий заливки 0,625 мм, а в поле **Line Spacing** (такую же величину зазора между линиями). В поле **Backoff** (Зазоры) определяется величина зазоров между заливкой и другими элементами ПП. Выбор режима **Fixed** (Фиксированный) задает зазоры по всему полю одинаковыми, а **Use Design Rules** зазоры определяются атрибутами цепей.

В поле **Backoff Smoothness** вариант **Low** соответствует вырезу многоугольника в 7 - 9 сторон, **Medium** – в 12-14 сторон полигона, а **High** – в 16 - 17 сторон. В поле **State** (Состояние) выбирается: **Poured** – область залита, **Unpoured** - область не залита, и **Repour** (Перезаливка) (рис. 7.5.4). Нажать ОК. Аналогичным образом выполнить заливку во всех углах ПП, но при этом задать разные виды заливок. Результат представлен на рис. 7.5.5.

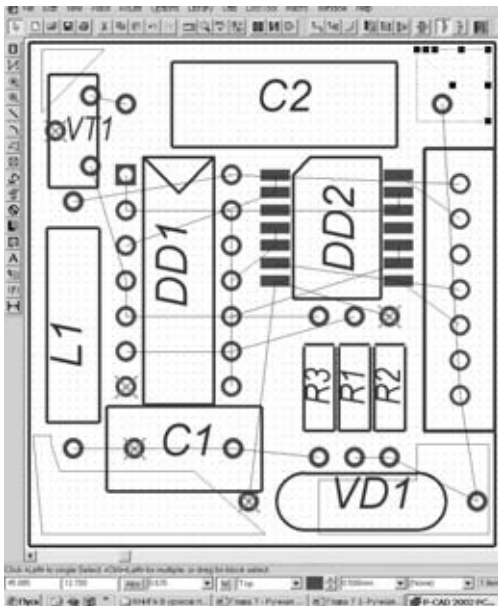


Рис.7.5.3

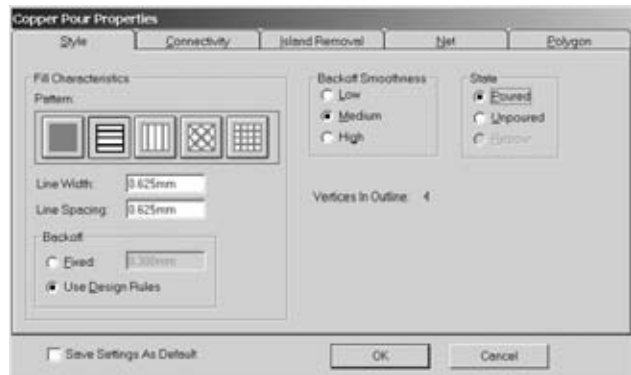


Рис.7.5.4.

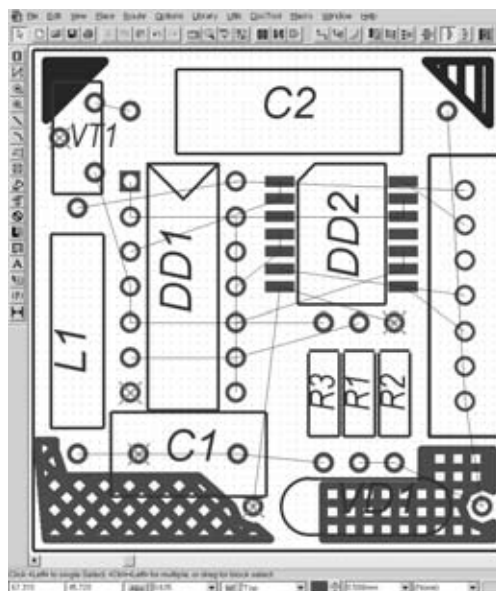


Рис.7.5.5

Вопросы для самоконтроля

1. Как загружается файл размещения ПП?
2. Каким образом задаются установки проекта (условия проектирования)?
3. Как и какой шаг сетки необходимо установить в проекте?
4. Какими командами, и на какой закладке устанавливаются допустимые зазоры для каждого слоя трассировки?
5. Какими командами задается список значений ширины трасс проводников?
6. Назовите основные критерии качества результатов трассировки?
7. Каким образом выполняется ручная оптимизация соединений элементов, размещенных на плате?
8. Какими командами производится ручная трассировка проводников?
9. Каким образом прокладываются проводники при ручной трассировке?
10. Как в процессе трассировки перейти из одного слоя в другой?
11. Какими командами производится интерактивная трассировка проводников?
12. Каким образом прокладываются проводники при интерактивной трассировке?
13. Назовите основные команды меню, открываемого при интерактивной трассировке в процессе прокладки трасс.
14. Как задается ширина сигнальных цепей, земляных шин и шин питания?
15. Каким образом производится смена слоя в процессе разводки проводника?
16. Какими командами выполняется редактирование рисунка печатной платы?
17. Какими командами производится изменение ширины проводника целой цепи?
18. Какими командами выполняется оптимизация цепей?
19. Как проверяется соответствие разработанной платы условиям проектирования?
20. Как сохранить полученный результат?
21. Как проверить рисунок печатной платы на соответствие исходной принципиальной схеме и соблюдение технологических ограничений?
22. Какими командами создаются металлизированные области на ПП?
23. На какой закладке и в каком поле выбирается вид заливки?
24. В каком поле задается соответствующий вырез многоугольника?
25. В каком из полей выбирается режим заливки металлизации платы?

УРОК №8

ТЕМА: АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ (видеоролик 9)

Цель занятий – изучение методики автоматической трассировки проводников печатных плат программами **Quick-Route** и **Shape-Based Router**; приобретение навыков работы с ними при решении задачи трассировки.

Система **P-CAD** включает несколько программ автоматической трассировки печатных проводников, которые вызываются из редактора **P-CAD PCB**. Наиболее распространённые из них трассировщики **Quick-Route** и **Shape Route**.

Программа **Quick-Route** реализует сеточную технологию (Grid Based) и пригодна для быстрой разработки не очень сложных ПП, включающих не более 4-х слоев металлизации. По сравнению с другими эта программа менее эффективна и работает только в дюймовой системе.

Трассировщик **Shape Route** основан на бессеточной технологии (Shape-Based) и реализует принципы оптимизации нейронных сетей. Программа предназначена для трассировки многослойных ПП (до 30 слоев) с высокой плотностью размещения ЭРЭ и реализует такие алгоритмы, которые стремятся получить 100% трассировки соединений. Работает программа в автоматическом, интерактивном и ручном режимах.

8.1. Автоматическая трассировка печатных плат программой Quick Route

Программа автотрассировки **Quick-Route** размещается в файле Qroute.exe, который поставляется совместно с **P-CAD PCB**. Поэтому для работы с ней надо запустить программу **P-CAD PCB**. В ней открыть файл размещения элементов на печатной плате, которую необходимо трассировать – «Результат размещения» (рис.8.1.1). Затем выполнить команды **Route/Autorouters**, по которым откроется одноименное окно (рис.8.1.2), в котором выбирается трассировщик и настраиваются режимы трассировки.

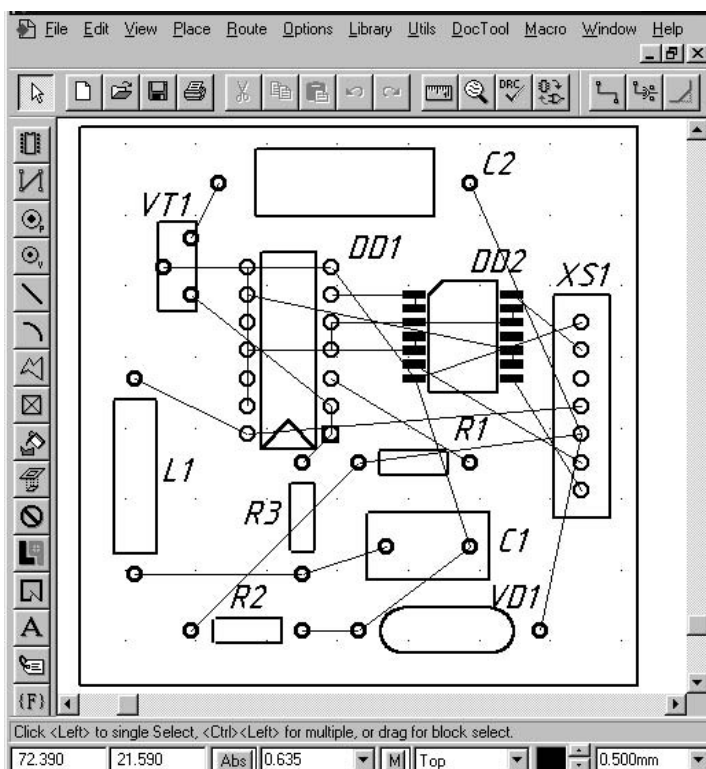


Рис.8.1.1



Рис.8.1.2

8.1.1.Настройка режимов работы программы

• После выполнения команд **Route/Autorouters**, для вызова программы трассировщика **Quick Route** надо по стрелке возле окна **Autorouter** открыть список трассировщиков:

- Quick-Route – программа автотрассировки Quick-Route;
- P-CAD Shape Route – трассировщик бессеточного типа;
- Спецстра – программа Spectra в режиме трассировки.

Выбрать трассировщик Quick-Route. В разделе **Strategy** задать следующие имена файлов.

В Strategy File (стратегия трассировки) – установить «Трассировка Quick Route.Str».

В Output PCB File (имя файла выходной ПП) – задать «Трассировка Quick Route.pcb».

В Output Log File (протокол трассировки) – «Трассировка Quick Route.log».

- Для сохранения параметров конфигурации нажать на кнопку **Save** (рис.8.1.3).
- В окне **Routing Grid** выбрать шаг сетки 25 мил (0.625 мм), а в окне **Line Width** установить ширину проводника равной 0.300 мм.

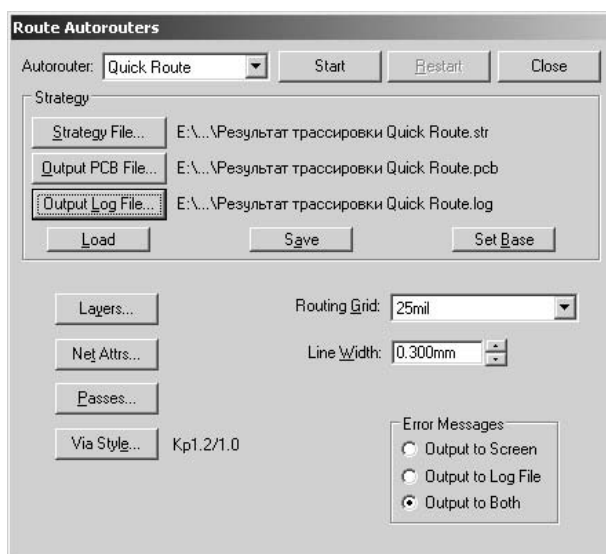


Рис.8.1.3

• Задать параметры слоев. Для этого нажать кнопку **Layers** и в открывшемся окне **Options Layers** на закладке **Layers** (рис.8.1.4) 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**.



Рис.8.1.4

- 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 (рис.8.1.5).
- Сформировать тип переходных отверстий. Для этого нажать на кнопку **Via Style**. Откроется окно **Options Via Style** (рис.8.1.6). По умолчанию имеется только тип Default.

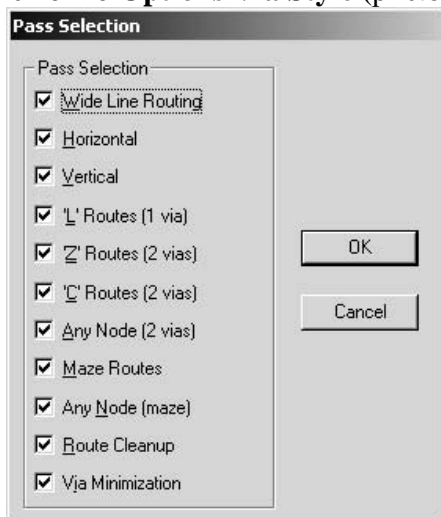


Рис.8.1.5

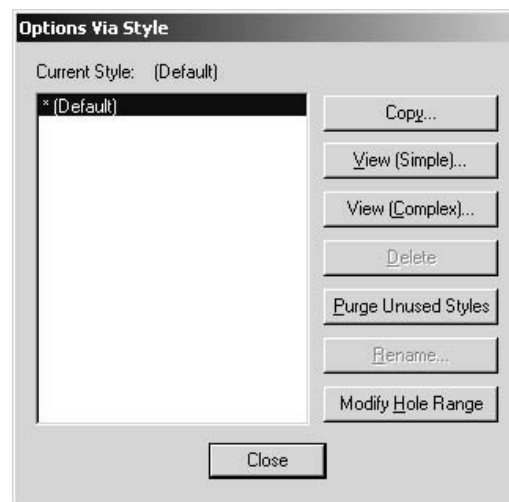


Рис.8.1.6

Для формирования нового типа необходимо нажать кнопку **Copy**. Появится окно **Copy Via Style** (рис 8.1.7). В поле **Via Name** задать тип ПО Kp1.2/1.0 – круглое диаметром 1.2 мм с отверстием 1.0 мм, нажать ОК. В списке типов переходных отверстий появится этот тип ПО. 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 полях **Width** и **Height** задать 1,2 мм, а в поле **Shape** выбрать **Ellipse** (рис.8.1.8). В области **Hole** задать Diameter 1,0 мм. Нажать ОК.

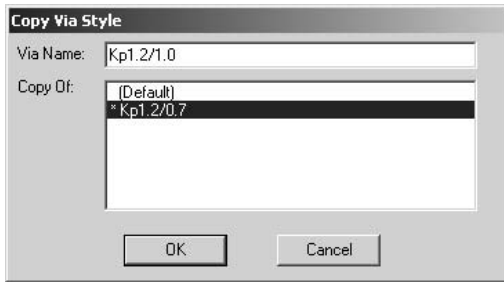
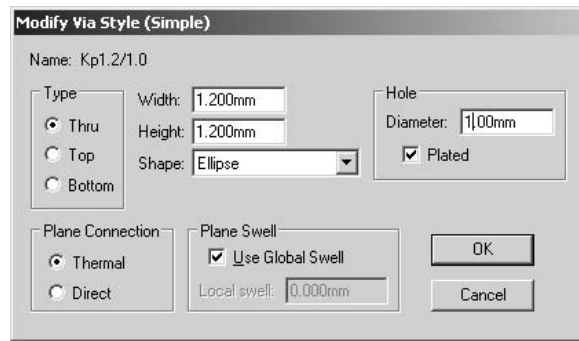


Рис.8.1.7



ис.8.1.8

В окне **Options Via Style** дважды щелкнуть по Kp1.2/1.9. Этот тип ПО и будет использоваться в качестве переходных отверстий. Конфигурация автотрассировщика настроена.

8.1.2.Трассировка печатных плат

- Для автоматической трассировки проводников нажать кнопку **Start** в окне **Route Autorouters** (рис.8.1.3). После этого будет выполняться трассировка ПП в двух слоях. Экран трассировщика Quick Route представлен на рис.8.1.9.

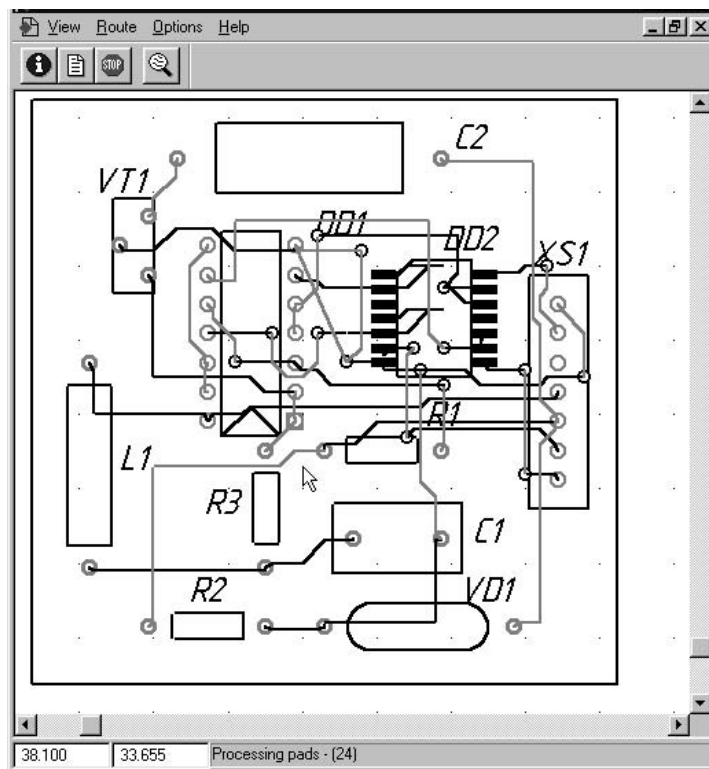


Рис.8.1.9

В процессе трассировки командами **Route/Info** можно просмотреть текущую информацию (рис.8.1.10).

Route Information (Quick Route)							
Total Connections :		34		Free Memory:		222896128	
Start Time/Date:		Sun Oct 13 23:09:31		Disk Size:		1277624320	
Current Time/Date:		Sun Oct 13 23:09:41		Disk Space Free:		222232576	
Pass Name	Pass Overall:	# Scheduled	Completed	Completed	Time	Via	Via
Wide line routing	1	0	0	100%	0:00:07	4	
Horizontal	2	4	7	20%	0:00:07	4	
Vertical	3	3	4	100%	0:00:00	0	
			11	32%	0:00:07	4	
'L' routes	4	3	3	100%	0:00:01	0	
			14	41%	0:00:08	4	
'Z' routes	5	1	3	100%	0:00:00	3	
			17	50%	0:00:08	7	
			1	100%	0:00:01	2	

Рис.8.1.10

Полученный результат трассировки ПП представен на рис.8.1.11.

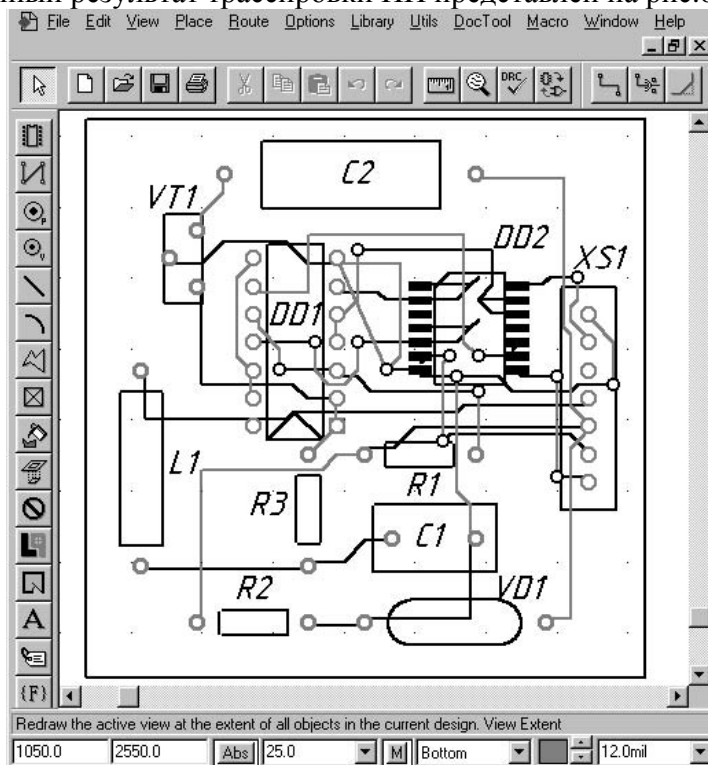


Рис.8.1.11

- Командами **Route/View Log** вывести на экран отчет о результатах трассировки, результатах выполнения отдельных ее фаз и итоговые данные проектирования. Фрагмент этого файла представлен на рис.8.1.12.

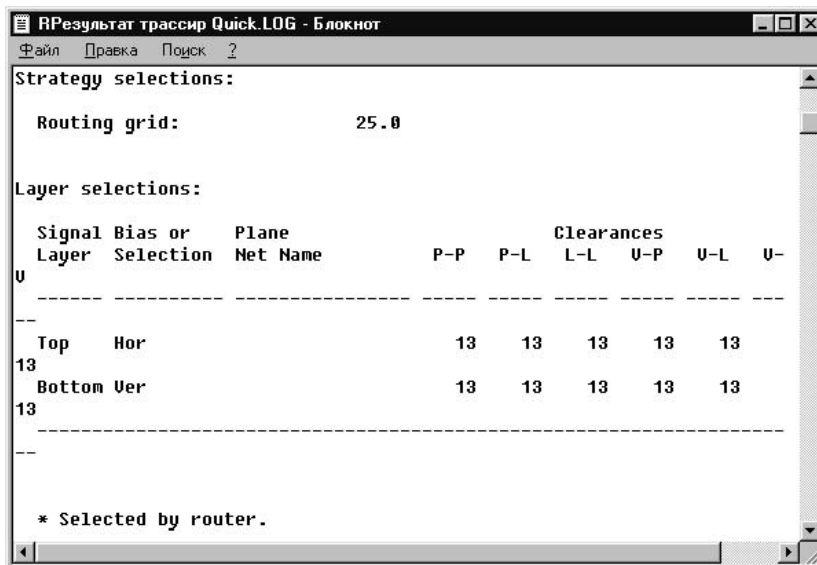


Рис.8.1.12

• 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 (рис.8.1.13). Нажатие клавиш **Ctrl+1** – выводит весь рисунок.

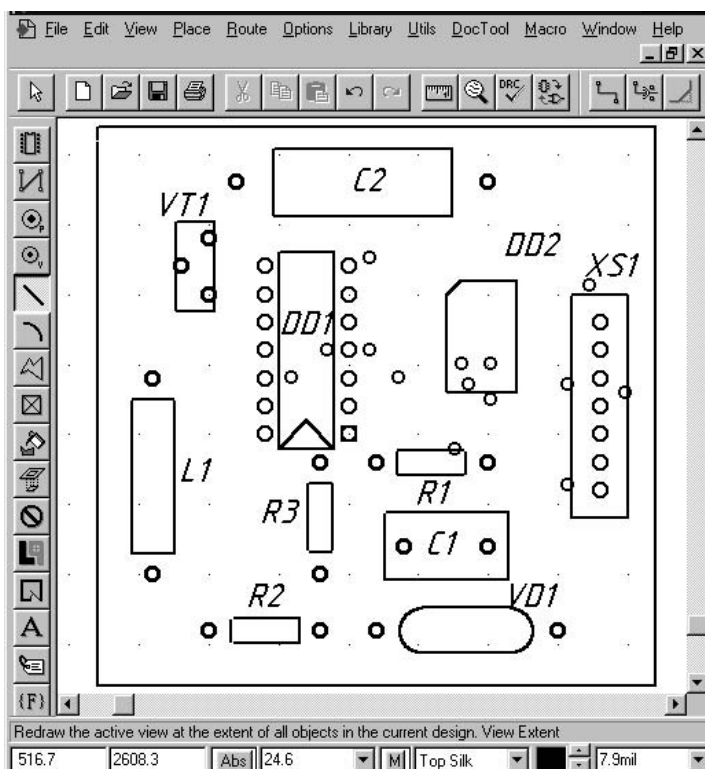


Рис. 8.1.13

Полученный результат (рис.8.1.11) сохранить командами **File/Save As** под именем «Результат трассировки Quick».

8.2. Автоматическая трассировка печатных плат программой **Shape-Based Route**

Загрузить программу **P-CAD PCB**. Открыть файл размещения элементов на плате «Результат размещения» (рис.8.1.1).

- Для вызова программы Shape Router выполнить команды **Route/Autorouters**. Щелчком ЛК по стрелке у окна **Autorouters** открыть список и выбрать трассировщик **P-CAD Shape-Route**.

В разделе **Strategy** выбрать имена файлов:

PRF File (исходный файл) – «Трассировка Shape-Based Router.str »

Output PCB File (файл выходной ПП) – «Трассировка Shape-Based Router.pcb»;

Output Log File (файл протокола команд) – «Трассировка Shape-Based Router.log» (рис.8.2.1);

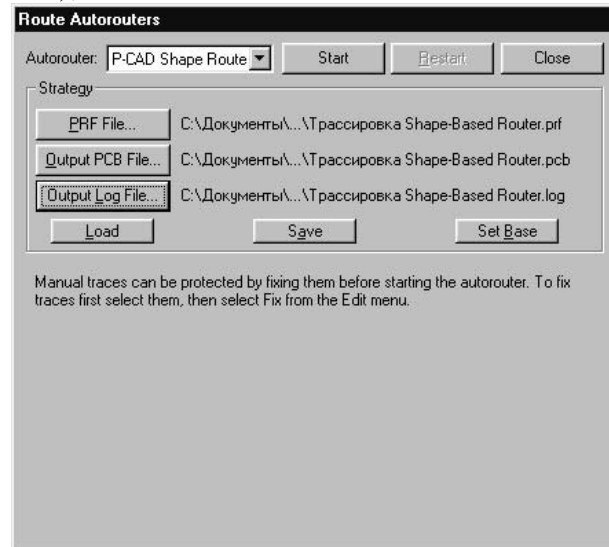


Рис.8.2.1

- Для сохранения параметров конфигурации нажать на кнопку **Save**.
- Для запуска программы **Shape Router** нажать кнопку **Start**. Откроется окно трассировщика и программой выдается файл с расширением .prf (рис.8.2.2).

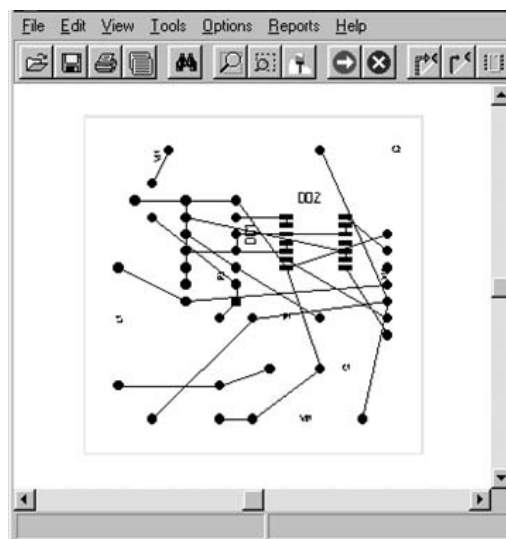


Рис.8.2.2

8.2.1.Настройка стратегии трассировки

Настройка стратегии трассировки выполняется командами **Options/Auto-Router**. Открывается диалоговое окно **Autorouter Setup**. В нем имеется три закладки: **Routing Passes**, **Parameters** и **Testpoints**.

- На закладке **Routing Passes** в полях **Router Passes** и **Manufacturing Passes** зададим вид трассировки в соответствии с рис.8.2.3. Здесь каждое из окон обозначает следующее.

Memory – трассировка типа «память»;

Fan Out User SMD Pins – генерация веерообразно расположенных стрингеров;
Pattern – трассировка фрагментов ПП с использованием типовых образцов;
Shape Router – Push And Shove – раздвигание и отталкивание мешающих трасс;
Shape Router – Rip Up – разрыв и повторная трассировка трасс, проложенных с нарушением;

Clean During Routing – минимизация числа изгибов трасс и ПО при трассировке;
Clean After Routing – минимизация числа изгибов трасс и ПО после трассировки;
Evenly Space Traces – равномерное распределение проводников;
Add Testpoints – вставка контрольных точек.

В поле **Options** выбирается угол изгиба трасс в окне **Routed Corners**: 90 или 45 град.

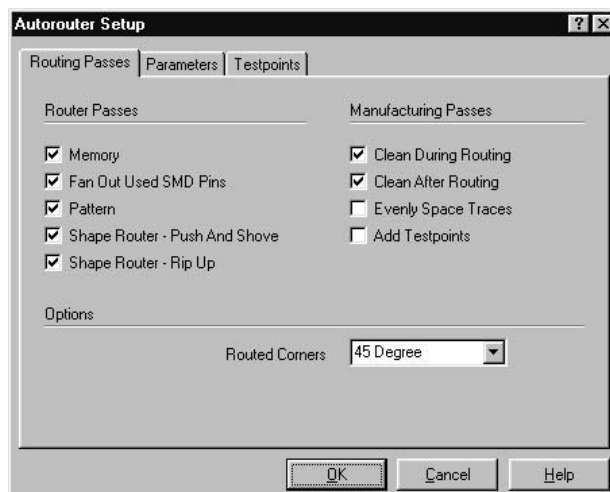


Рис.8.2.3

- На закладке **Parameters** (рис.8.2.4) в поле **Router Direction** для слоев ПП задают ориентацию трасс. Щелчок в этой колонке напротив требуемого слоя вызывает стрелку, по которой открывается ниспадающее меню вариантов ориентации трасс:

Auto – автоматический выбор;

Vertical – вертикальная;

Horizontal – горизонтальная и др. Установить автоматический выбор.

Щелчок по панели **Analyze Directions** выбирает предпочтительные направления трассировки слоев в автоматическом режиме.

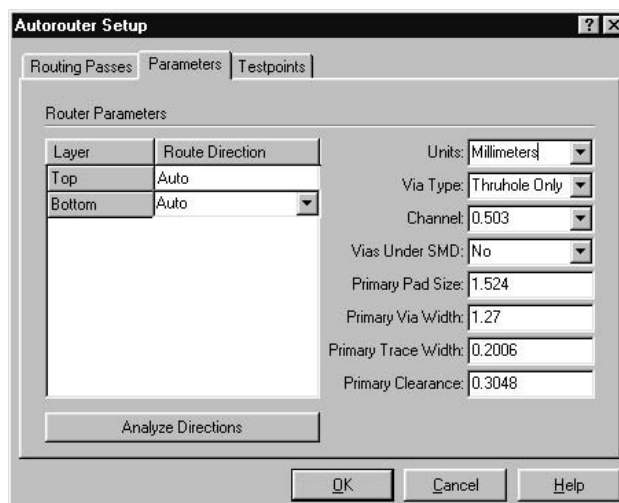


Рис.8.2.4

Справа окна параметров:

Units – система единиц отражаемых величин;

- Via Type** – разрешение на использование ПО;
- Via under SMD** – разрешение размещения ПО под КП планарных ЭРЭ;
- Channel Size** – размер канала трассировки;
- Primary Pad Size** – диаметр КП выводов штыревых ЭРЭ;
- Primary Via Width** – диаметр ПО;
- Primary Trace Width** – ширина трасс;
- Primary Clearance** – минимальный зазор на ПП.

- На закладке **Testpoints** устанавливается приоритет размещения различных контрольных точек на ПП. Назначить режим запрета (рис.8.2.5).

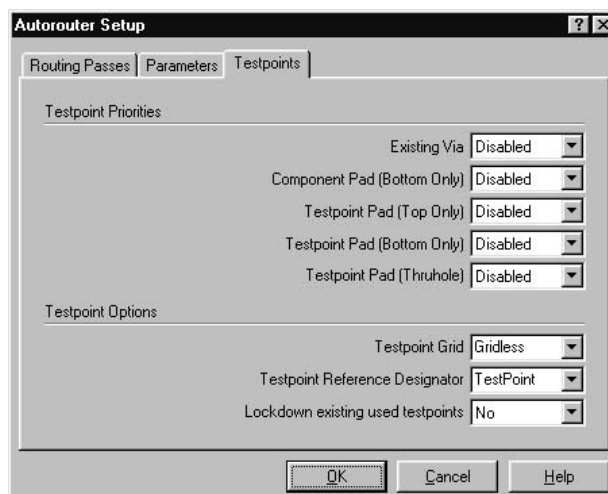


Рис.8.2.5

- По командам **Edit/Net Attributes** открывается диалоговое окно задания атрибутов цепям проекта (рис.8.2.6), в котором:

- в 1-й колонке (**Net Attributes**) дан список цепей на ПП;
- во 2-й (**Display**) – разрешение на отображение цепей;
- в 3-й (**Priority**) – приоритет трассировки;
- в 4-й (**Length Minimize**) – минимальная длина трассы;
- в 5-й (**Route Action**) – тип трассировки;
- в 6-й (**Route Layer**) – слой трассировки и
- в 7-й (**Width**) – ширина трассы.

Атрибуты установить в соответствии с рис.8.2.6.

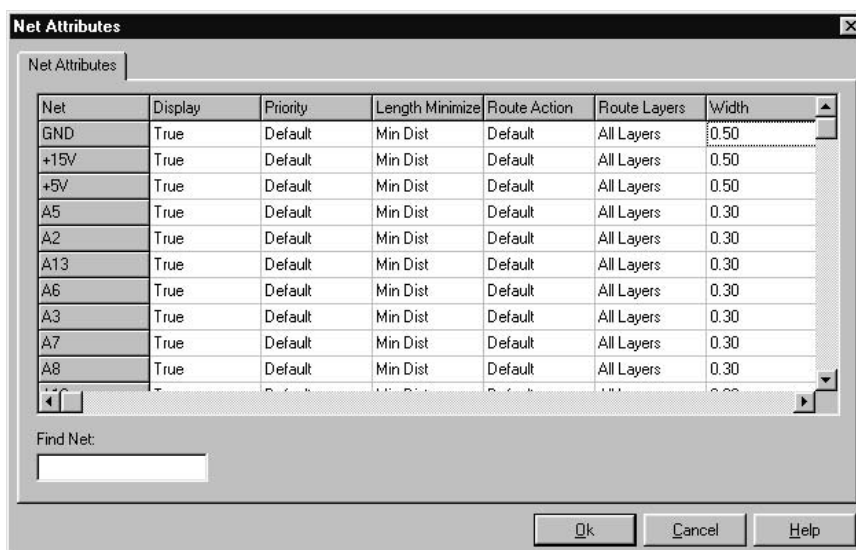


Рис.8.2.6

До начала трассировки командами **Reports/Pre-Route Synopsis** просмотреть статистические данные на проектируемую печатную плату (рис.8.2.7).

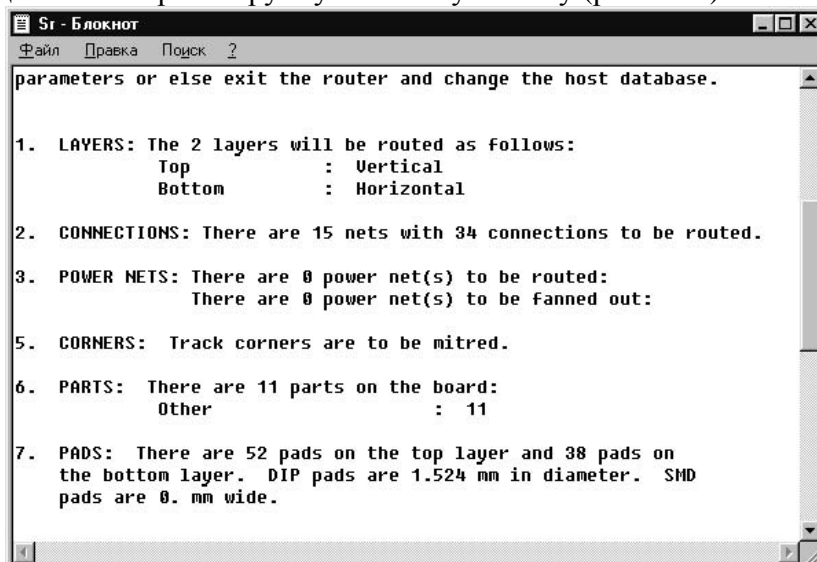


Рис.8.2.7

Командами **View/Density** получить информацию о плотности связей на ПП (рис.8.2.8). Здесь места с различной плотностью соединений выделены разными цветами.

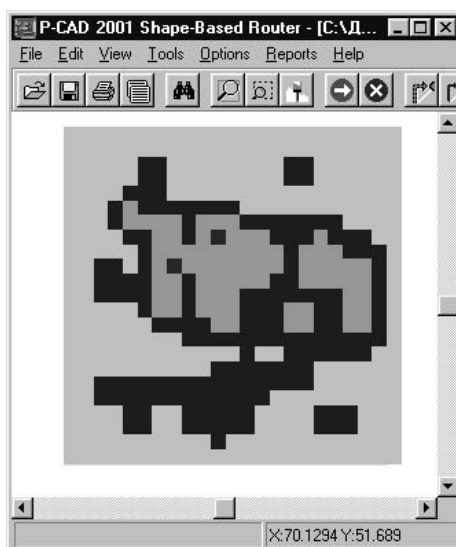


Рис.8.2.8

8.2.2.Трассировка печатной платы

- Для трассировки ПП выполнить команды **Tools / Start Autorouter**. Программа выполнит трассировку проводников (рис.8.2.9). Неоднократное нажатие на кнопку **Start Autorouter** приводит к перетрассировке рисунка ПП. Поэтому, пользуясь этой командой, можно получить более качественный рисунок ПП (рис.8.2.10).

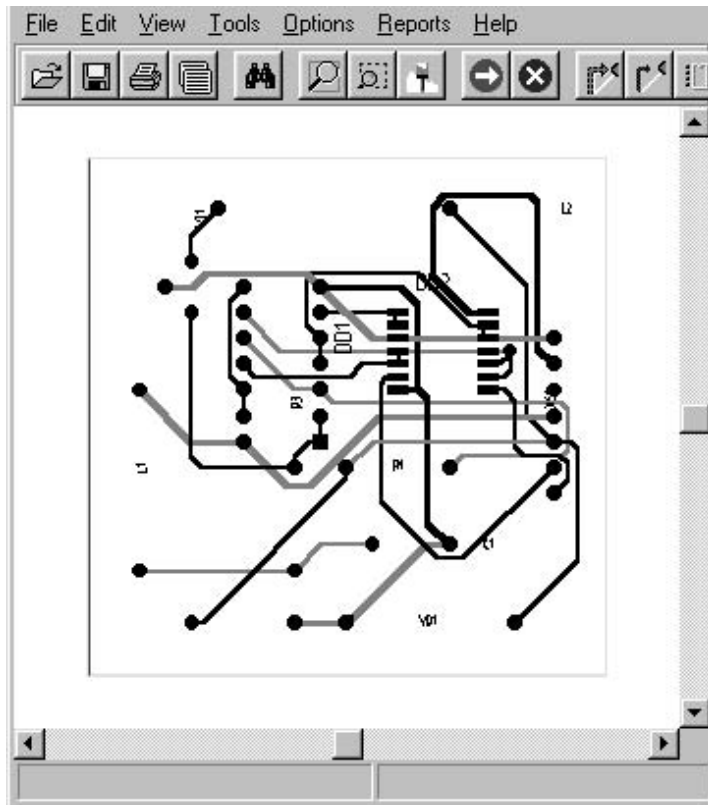


Рис.8.2.9

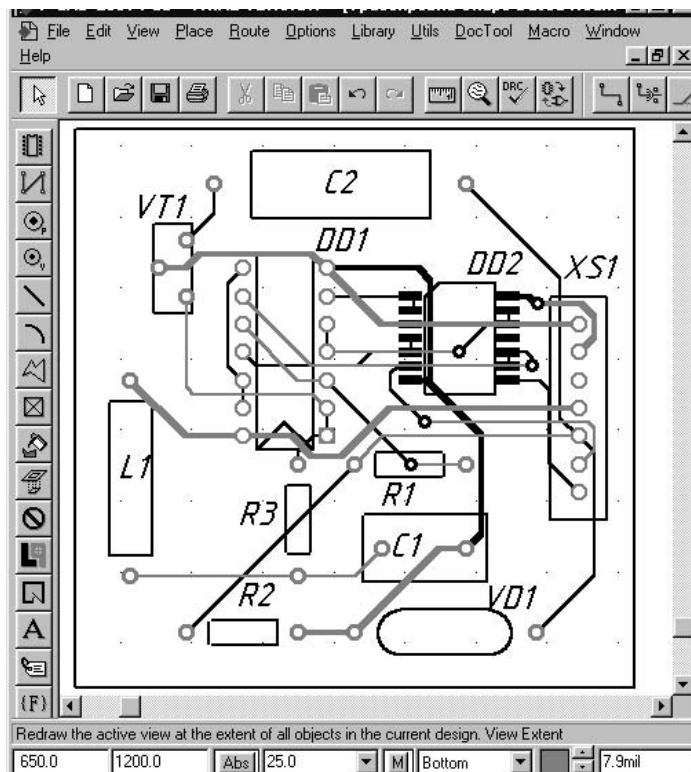


Рис.8.2.10

• После окончания трассировки командами **Reports/Routing Statistics** посмотреть итоговый статистический отчет (фрагмент отчета представлен на рис.8.2.11).

Для просмотра всех итоговых отчетов командами **Reports/Reports** открыть окно **Reports** (Отчеты) (рис.8.2.12), установить флажки во всех окнах и нажать кнопку **View**.

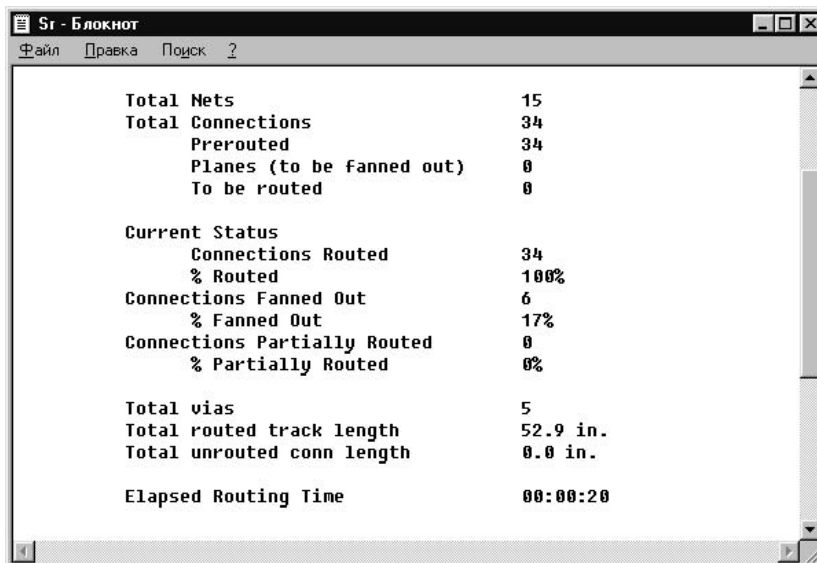


Рис.8.2.11

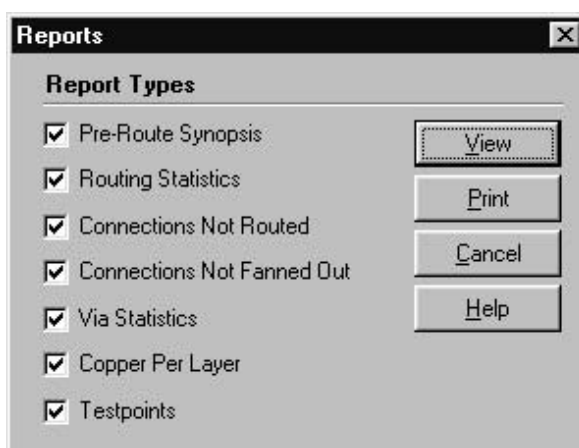


Рис.8.2.12

Процедура трассировки печатной платы автотрассировщиком Shape Router завершена.

- Кроме описанных выше команд, в меню **Tools** трассировщика Shape Router предусмотрены команды, позволяющие выполнять ручную и интерактивную прокладку трасс (рис.8.2.13).

- Ручная трассировка соединений выполняется командами **Tools/Manual Route**. Команды **Tools/Skeetch Route** позволяют изобразить курсором примерное расположение трассы, которая после этого может прокладываться автоматически.

- Интерактивная трассировка выполняется следующими командами меню **Tools**: **Autoroute Connection** (автотрассировка соединений), **Autoroute Net** (цепей), **Autoroute Component** (компонента), **Autoroute Area** (в области).

- Для сохранения файла трассировки и возврата к редактору **P-CAD PCB** выполнить команды **File/Save and Return**.

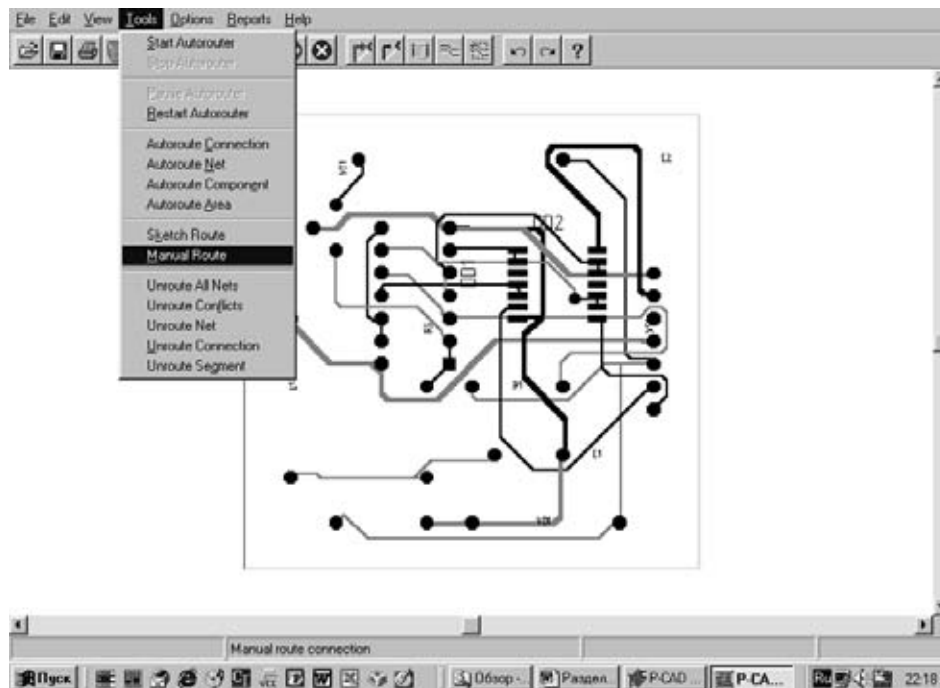


Рис.8.2.13

Вопросы для самоконтроля

1. Какие программы включает система P-CAD и чем они различаются?
2. Как вызываются программы автоматической трассировки печатных проводников?
3. Каким образом настраиваются режимы работы программы Quick-Route?
4. Как задаются параметры слоев в программе Quick-Route?
5. Как установить шаг сетки и ширину проводников для трассировки?
6. Для чего служит кнопка Passes в диалоговом окне Route Autorouters программы Quick-Route?
7. Каким образом формируется тип переходных отверстий на ПП?
8. Как запустить автоматическую трассировку проводников программой Quick-Route?
9. Как получить отчет о результатах трассировки, и какая информация выводится на экран?
10. Как запускается программа Shape Router, и какая информация при этом выводится на экран?
11. Какими командами выполняется настройка стратегии трассировки программы Shape Router?
12. На какой закладке задается вид трассировки?
13. На какой закладке задается ориентация трасс на слоях ПП?
14. Что задается на закладке **Testpoints**?
15. Какие параметры задаются в окнах закладки **Parameters**?
16. Какая информация задается в диалоговом окне **Net Attributes**?
17. Какими командами можно просмотреть статистические данные на проектируемую ПП?
18. Как получить информацию о плотности связей на ПП?
19. Какими командами запускается трассировка ПП программой Shape Router?
20. Как просмотреть итоговый статистический отчет по трассировке ПП?
21. Какими командами можно просмотреть итоговые отчеты результатов трассировки?
22. Какими командами выполняются ручную и интерактивную прокладки трасс?
23. Каким образом программой сохраняется файл трассировки?

УРОК №9

ТЕМА: РАЗМЕЩЕНИЕ ЭРЭ И ТРАССИРОВКА ПРОВОДНИКОВ ПРОГРАММОЙ SPECCTRA

Цель занятия – изучение методики размещения и трассировки средствами программы; овладение практическими навыками размещения ЭРЭ и трассировки проводников.

9.1. Основные сведения о программе SPECCTRA

Программа **SPECCTRA** фирмы **Cadence** является средством автоматического размещения компонентов и трассировки проводников. Она предназначена для работы совместно с программами проектирования печатных плат **P-CAD, OrCAD, Protel** и др. Поэтому подготовительный этап работы с ПП должен выполняться с использованием одной из этих программ. Затем проект передается в программу **SPECCTRA** где, используя ручные и автоматические приемы, производится размещение компонентов и трассировка проводников. После этого результаты работы возвращаются в исходную программу. Программа эффективно разводит как двухслойные, так и многослойные печатные платы (МПП).

При работе с программой надо учитывать, что она стабильно работает только с файлами проектов, записанными в головную директорию программы **P-CAD** или в папки, вложенные в нее. Поэтому при работе с ней необходимо создать отдельную папку в головной директории **P-CAD**, в которую временно записывать исходные файлы проектов.

Программа в ряде версий не воспринимает русскоязычные имена и не работает с именами, имеющими пробелы и с некоторыми знаками. Поэтому, присваивая имена файлам, надо использовать только буквы и цифры.

9.2. Подготовка проекта


Проект должен быть предварительно подготовлен средствами программы **P-CAD**. При этом необходимо учесть следующие требования.


- Надо задать ширину проводников, зазоры и тип переходного отверстия.
- Контур платы в слое **Board** должен быть замкнутым, лучше заведомо большего размера, не иметь разрывов и выступающих линий.
- Элементы могут быть размещены полностью или частично, проводники также частично могут быть оттрассированы, но если они не зафиксированы, программа будет элементы перемещать, а проводники будут трассироваться вновь.

Программа **SPECCTRA** работает в двух режимах:

- автоматическое размещение элементов и
- автоматическая трассировка цепей.

Выбор режима можно сделать и в процессе работы, щелкнув по одной из пиктограмм на открытом рабочем поле:

 - **Place Mode** – вариант размещения,

 - **Route Mode** – вариант трассировки.

После переключения режима работы программа меняет набор кнопок управления.

9.3. Запуск программы SPECCTRA при размещении элементов

Вначале необходимо запустить программу **P-CAD PCB** и открыть проект, подготовленный к размещению и трассировке. Далее в программе **P-CAD PCB** командами **Place / Autoplacement** в окне **Autoplacer** выбрать **SPECCTRA**. После этого возможны два варианта.

- **а)** В диалоговом окне **Place / Autoroutes** в зоне **Strategy** щелкнуть ЛК по кнопке **DO File** (Управляющий файл) и выбрать созданный ранее управляющий файл, либо открыть файл размещения, подготовленный в **PCB**. Щелкнуть по кнопке **Output PCB File** (Выходной файл). Присвоить файлу такое же имя. В нем будет записан результат трассировки. Щелкнуть по кнопке **Output Log File** (Текстовый файл результатов) и также файлу присвоить такое же

имя, как и в предыдущих случаях, чтобы все файлы данного проекта имели одинаковые имена.

Если был изменен любой из перечисленных файлов, то щелкнуть по кнопке **Load** (Загрузить), а для сохранения нового файла щелкнуть по кнопке **Save** (Сохранить).

Кнопка **Set Base** (Базовая установка) позволяет вернуться к варианту, установленному в программе по умолчанию (рис.9.3.1, а).

- б) Базовый **DO** файл содержит команды, выполняющие следующие функции:
 - управление настройками (**setup**) и файлами;
 - установка правил;
 - предварительная трассировка (**prerouting**);
 - трассировка (**routing**);
 - окончательная трассировка (**post-routing**).

Для создания **DO File** можно воспользоваться заготовкой в мастере создания этого файла – щелкнуть по кнопке **Do Wizard** и в открывшемся окне **SPECTRA DO File Wizard** щелкнуть ЛК по кнопке **Auto Create DO File** (Автоматическое создание **DO File**) (рис.9.3.1, б). Он позволяет создавать и редактировать этот файл. Для этого щелкнуть по кнопке **Edit As Text** (Редактировать как текст) (рис. 9.3.1, б). Текст в окне **DO File** выделится синим цветом (рис.9.3.2, а). Затем, чтобы программа сразу после размещения (без дополнительных условий и установок на проектирование) не приступила к трассировке ПП, в тексте описания **DO File** после строки

```
place_rule pcb (spacing 0635)
#
```

щелкнуть ЛК, нажать Enter и записать команду **stop**:

```
place_rule pcb (spacing 0635)
#
stop
```

нажать OK (рис. 9.3.2, б) и OK в окне **SPECTRA DO File Wizard**.



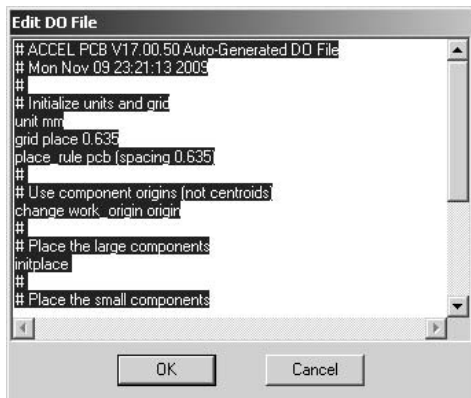
а)



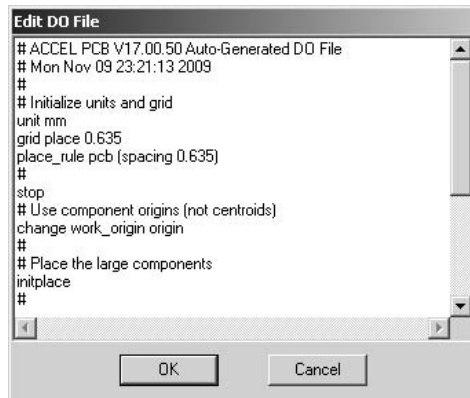
б)

Рис.9.3.1

Кроме этого на панели **Place/Autoplacement** (рис.9.3.1, а) кнопка **Command Line** (Командная строка) открывает соответствующий диалог, в котором можно установить некоторые начальные правила работ (рис.9.3.3).



а)



б)

Рис.9.3.2

В пяти верхних окнах окна показаны имена файлов используемых программой и не требуют изменений.

В зоне **Options** (Настройки) включаются или выключаются команды, которые, по сути, дублируют команды **DO File**. Все эти установки отображаются в зоне **Actual Command Line**. Нажать **OK**. Программа вернется к окну **Place/Autoplacement** (рис.9.3.1,а). Нажать кнопки **Save** и затем **Start**. Запустится программа **SPECCTRA** и при отсутствии ошибок откроется рабочее поле в режиме автоматического размещения элементов (рис.9.4.1).



Рис.9.3.3

9.4. Интерфейс программы в режиме размещения элементов

Экран программы в режиме размещения представлен на рис.9.4.1,а.

В нем 1 – строка заголовка, 2 – меню команд, 3 – меню инструментов, 4 – рабочее поле, 5 – справа и снизу от рабочего поля полосы прокрутки, 6 – строка статуса, 7 – Command – строка ввода команд, 8 – кнопка управления, 9 – протокол команд, 10 – режим, 11 – текущее сообщение, 12 – выбор системы единиц.

Меню команд: **File** (Файл), **Edit** (Редактирование), **View** (Просмотр), **Select** (Выбор объектов), **Define** (Определение категорий), **Rules** (Правила), **Autoplace** (Авторазмещение), **Report** (Отчет), **Window** (Окна), **Help** (Помощь).

Пиктограммы меню инструментов следующие (рис.9.4.1,б).

- 13 – **Place Mode** – вариант размещения;
- 14 – **Route Mode** – вариант трассировки,
- 15 – **Repaint** – перечерчивание экрана,
- 16 – **View All** – показать все,
- 17 – **Layers** – слои,
- 18 – **Status Report** – статистические данные,
- 19 – **Measure Mode** – измерение расстояний,

- 20 – **Select Component** – выбор компонента,
- 21 – **Lock Component** – фиксация компонента,
- 22 – **Move Component** – перемещение компонента,
- 23 – **Push Component** – перемещение компонента со сдвигом мешающих компонентов,
- 24 – **Pivot Component** – вращение компонента,
- 25 – **Flip Component** – перемещение компонента на другую сторону платы,
- 26 – **Trade Components** – перестановка двух любых компонентов,
- 27 – **Align Components** – выравнивание компонентов.

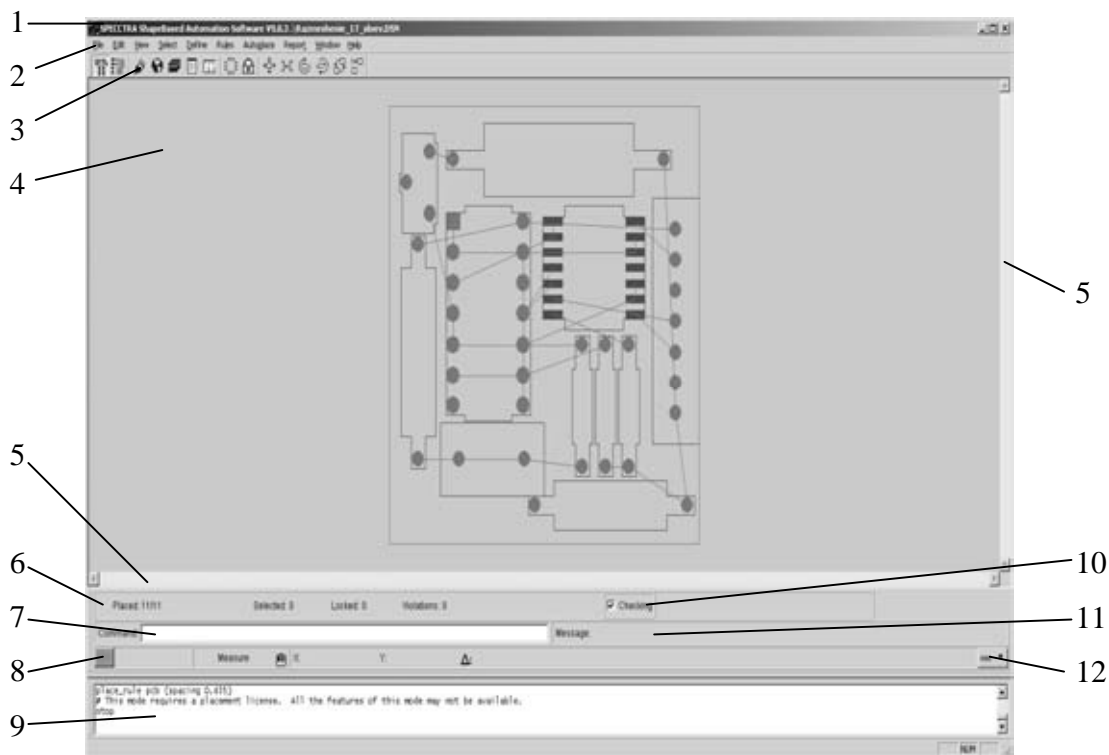


Рис.9.4.1, а

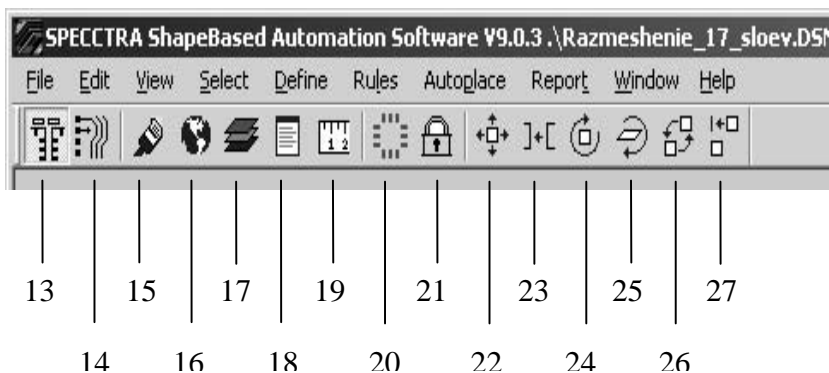


Рис.9.4.1, б.

Выбор объектов проекта выполняется командой меню **Select**. В результате выпадает меню, позволяющее выбирать как отдельные элементы, так и целые их группы. При этом все строчки меню открывают дополнительные меню и разные диалоговые окна.

Components (компоненты) – выбор компонентов в разных вариантах (рис. 9.4.2 – 9.4.4).

Sel Comp Mode (выбор компонентов) – щелчком ЛК по объекту выбирается элемент.

Select All (выбрать все) – выбираются все элементы.

By List (выбор из списка) – выдается список элементов из которого при нажатии Ctrl ЭРЭ выбираются поштучно, а при нажатии Shift – групповым способом.

By Net (принадлежащие цепи) – выбираются ЭРЭ, электрически связанные одной цепью.

By Properties – (по признаку) – задаются признаки, по которым из выпадающего меню выбирается ЭРЭ



Рис. 9.4.2

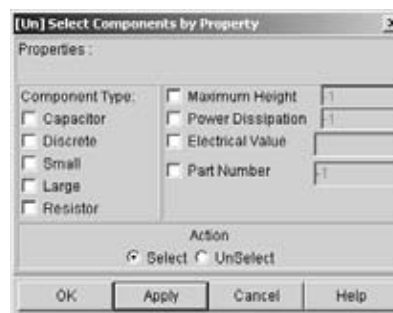


Рис. 9.4.3



Рис. 9.4.4



- **Select Component** – щелчком ЛК выбирается ЭРЭ или все цепи подключенные к нему.



- **Select Net** – выбирается ранее разведенная цепь.



- **Select Wire** – выбирается часть разведенной цепи.



- **Select Guide** – выбирается линия связи.

ЛК мыши выполняет множество функций. Каждая функция разрешается установкой соответствующего режима. Текущий режим левой кнопки отображается в области состояния (**mode status area**) рядом с изображением мыши в нижней части под рабочим полем (рис.9.4.5). На этом рисунке текущим режимом является режим измерения (**Measure**).

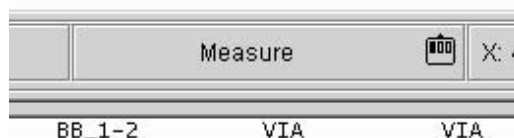



Рис.9.4.5

По умолчанию режим левой кнопки - измерение. Если щёлкнуть по точке в рабочей области, то координаты X и Y отображаются в области координат и в окне вывода.

Измерять расстояние, можно щёлкая мышью и перетаскивая указатель в рабочей области.

Результаты измерений и информация об объектах проекта отображаются в окне вывода **Output**, диалоговом поле **Measure** и в полосе состояния рядом с символом Δ :(дельта). Измеренное расстояние отображается в текущих единицах измерения. Для перехода в режим изме-

рения надо щёлкнуть по кнопке  на панели инструментов.

Размещение ЭРЭ включает четыре основных этапа.

1. Задание правил.

2. Предварительное размещение критичных ЭРЭ.
3. Размещение больших ЭРЭ.
4. Размещение малых ЭРЭ.

На первом этапе задаются правила размещения, которые системой проверяются в проекте.

На втором этапе разъёмы и другие компоненты, критичные к расположению, предварительно устанавливаются и фиксируются при помощи инструмента интерактивной расстановки.

На третьем и четвёртом этапах ЭРЭ размещаются и их положение оптимизируется для уменьшения суммарной длины и пересечений.

Сначала размещают большие ЭРЭ, а потом малые.

SPECSTRA поддерживает целый набор правил размещения. Основные правила управляют зазором между ЭРЭ, ориентацией компонентов и сторонами, на которых программа расставляет компоненты.

• Для задания сетки размещения и величины зазоров установить программу в режим **Place Mode** и выполнить команды **Autoplace/Setup**. Откроется диалог **Placement Setup**, в котором в поле **PCB Placement Grid** ввести 1.25, а в поле **PCB Placement Spacing** – 0.3. Нажать **Apply** и щёлкнуть ОК (рис. 9.4.6).

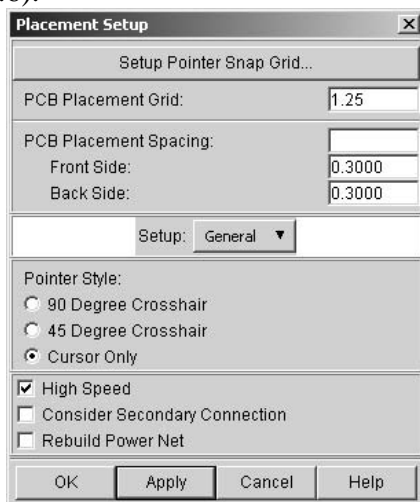


Рис.9.4.6

• Предварительное размещение разъёма и критичных ЭРЭ – микросхем.

1. Вначале отобразить позиционные обозначения ЭРЭ. Для этого выполнить команды **View/Labels**. Откроется одноименный диалог (рис.9.4.7). Выбрать **Ref Des**, а в поле **Side** установить обе стороны - **Both**. Нажать **Apply** и щёлкнуть ОК. В центре каждого компонента появится позиционное обозначение (рис.9.4.8).

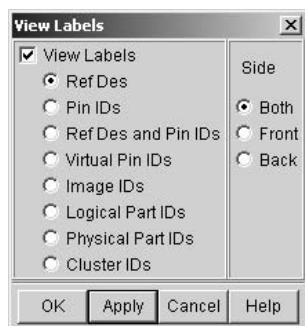


Рис. 9 4 7

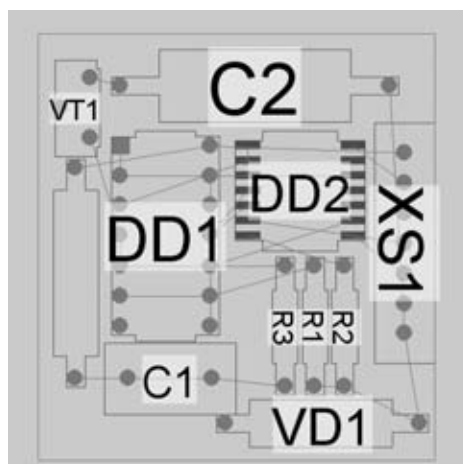


Рис.9.4.8

- Размещение больших ЭРЭ

SPECCTRA назначает свойства «большой» или «малый» исходя из количества выводов элемента. Большие ЭРЭ имеют не менее четырёх выводов, малые - три и менее выводов. Вначале расставляются большие ЭРЭ со многими связями.

Последовательность процедур следующая.

1. Определение области размещения ЭРЭ.
 2. Автоматическое размещение больших ЭРЭ.
 3. Перестановка ЭРЭ для сокращения суммарной длины соединений, минимизации пересечений и уменьшения плотности.
1. Задание запрещенных для размещения ЭРЭ областей.

Чтобы оставить пространство для трассировки вокруг разъёма, необходимо перед автоматическим размещением ЭРЭ указать область, в которой программа не должна их размещать. Для этого выполнить команды **Define/Keepout/Draw Mode**. В строке режима (**mode status area**) появится надпись **Draw Keepout**. Нарисовать рамку вокруг нужных разъема, а затем микросхем. Щёлкнуть ЛК в первой точке будущей рамки, перетащить указатель по диагонали вокруг разъема и отпустите ЛК, когда рамка охватит разъем. Если рамка нарисована не удачно, ее можно удалить командами **Define/Keepout/Draw Mode**, а нарисовать новую. Чтобы было удобнее рисовать рамку, командами **View/Guides/Off** отключить отображение неразведённых связей.

Для выделения запрещенной области нажать ПК и выбрать **Define Polygon as Keepout**. Появится диалог **Add Polygon as Keepout**. В окне **Keepout ID** записано значение **keepout1**. В зоне **Type** выбрать **Place** (рис.9.4.9). Выделенная область будет запрещённой для размещения. Щёлкнуть по кнопке **Apply** и ОК.

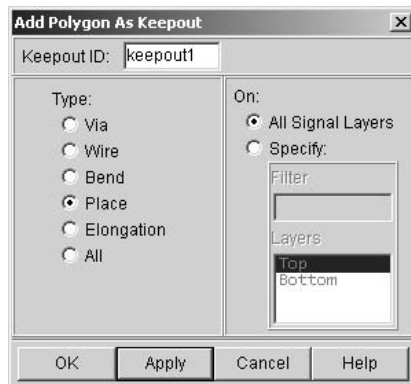


Рис.9.4.9

Запрещённая область теперь будет отображаться заштрихованной косыми линиями (рис.9.4.10).

Теперь можно автоматически установить разъем. Для этого вначале командами **View/Guides/All** отключить отображение неразведённых связей (рис.9.4.11).

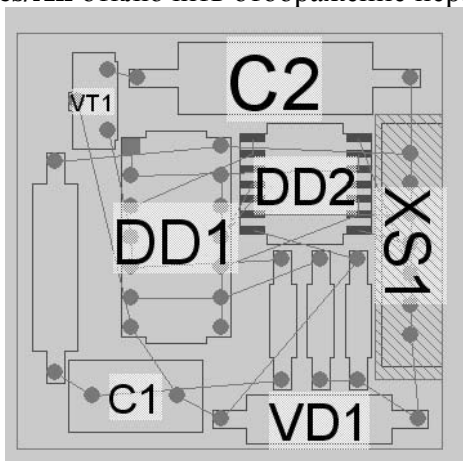


Рис.9.4.10

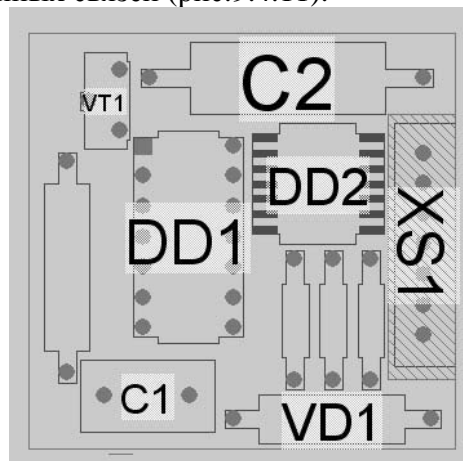


Рис.9.4.11

- **Автоматическое размещение больших компонентов**

Командами **Autoplace/InitPlace Large Components** установить разъем. Открывшийся одноименный диалог позволяет установить расстояния между ЭРЭ, стороной установки и ориентацией компонентов. Появится диалог **InitPlace Large Components** (рис.9.4.12). Убедитесь, что на панели компонентов выбрано **All**. Эта опция расставляет все большие не размещенные ЭРЭ. На левой стороне диалога для стороны (**Side**) на панели **SMD Components** выбрать **Front Only**, для **Orientation on Front** выбрать **Vertical**.

На правой стороне панели **PTH Components** выбрать **Front Only**, для **Orientation on Front Horizontal**. Нажать на кнопку **Apple** и **OK**. Программа разместила разъем. (рис.9.4.13).

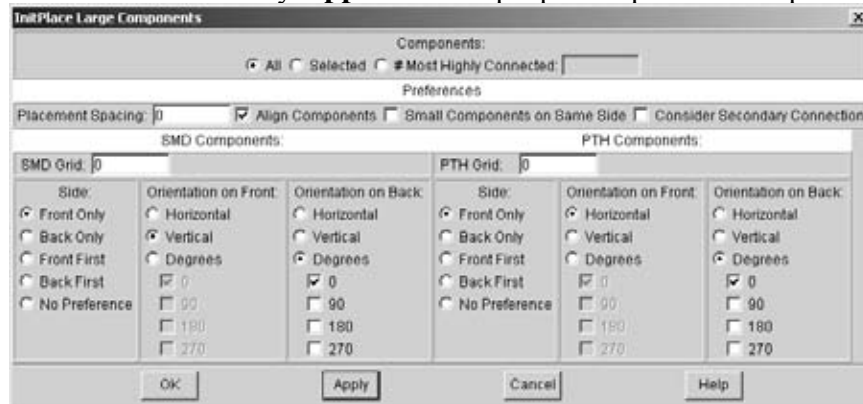


Рис. 9.4.12

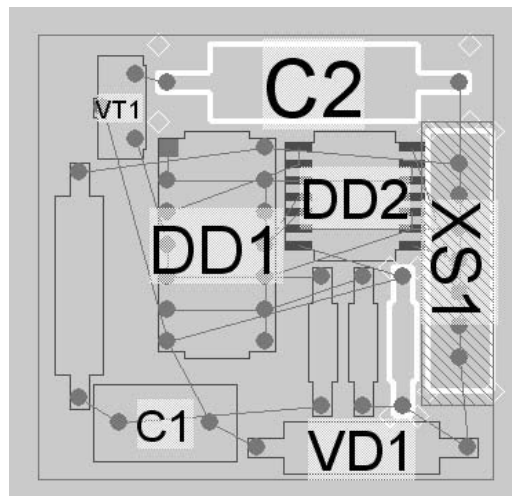


Рис. 9.4.13

Аналогично расставляются остальные ЭРЭ. Кроме этого SPECSTRA позволяет:

- Устанавливать компоненты в заданные координаты X и Y.
- Расставлять компоненты из определённого списка.
- Фиксировать предварительно установленные компоненты.

9.5. Запуск программы SPECSTRA при трассировке цепей

Запустить программу **P-CAD PCB** и открыть проект, подготовленный к трассировке. Затем в программе **P-CAD PCB** командами **Route/Autoroutes** в окне **Autorouter** установить **SPECSTRA**. Далее возможны два варианта.

- а) В диалоговом окне **Route/Autoroutes** в зоне **Strategy** щелкнуть ЛК по кнопке **DO File** (Управляющий файл) и выбрать созданный ранее управляющий файл, либо открыть файл размещения, подготовленный в **PCB**. Щелкнуть по кнопке **Output PCB File** (Выходной файл). Присвоить файлу такое же имя. В нем будет записан результат трассировки. Щелкнуть по кнопке **Output Log File** (Текстовый файл результатов) и также файлу присвоить такое же имя, как и в предыдущих случаях, чтобы все файлы данного проекта имели одинаковые имена.

Если был изменен любой из перечисленных файлов, то щелкнуть по кнопке **Load** (Загрузить), а для сохранения нового файла щелкнуть по кнопке **Save** (Сохранить).

Кнопка **Set Base** (Базовая установка) позволяет вернуться к варианту, установленному в программе по умолчанию (рис.9.5.1, а).

• б) Для создания **DO File** можно воспользоваться заготовкой в мастере создания этого файла – щелкнуть по кнопке **Do Wizard** и затем по **Auto Create DO File** (Автоматическое создание **DO File**) (рис.9.5.1, б). Он позволяет создавать и редактировать этот файл. Для этого щелкнуть по кнопке **Edit As Text** (Редактировать как текст) (рис. 9.5.1, а). Затем, чтобы программа сразу после размещения не приступила к трассировке ПП без дополнительных условий и установок на проектирование, в этом тексте описания **DO File** после строк

```
place_rule pcb (spacing 0635)
```

```
#
```

щелкнуть ЛК, нажать Enter и записать команду **stop**:

```
place_rule pcb (spacing 0635)
```

```
#
```

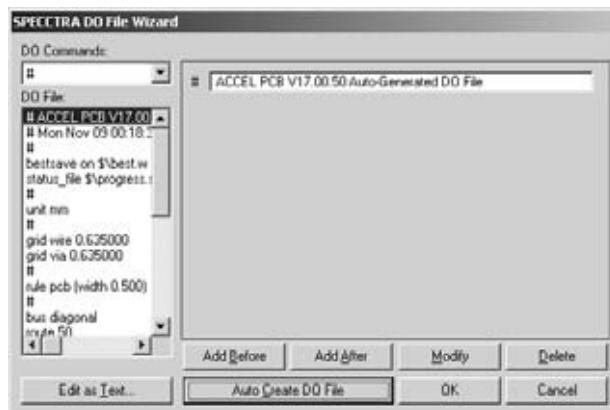
```
stop
```

нажать ОК (рис. 9.5.2, б) и ОК в окне **SPECCTRA DO File Wizard** (рис. 9.5.1, б).

Кроме перечисленных, на панели **Route/Autoroutes** (рис. 9.5.1, а) кнопка **Net Classes** (Классы цепей), позволяет назначать или изменять параметры цепей (рис. 9.5.3, а). Кнопка **Command Line** (Командная строка) открывает соответствующий диалог, в котором можно установить некоторые начальные правила работ (рис.9.5.3, б). В пяти верхних окнах показаны имена файлов используемых программой и не требуют изменений.

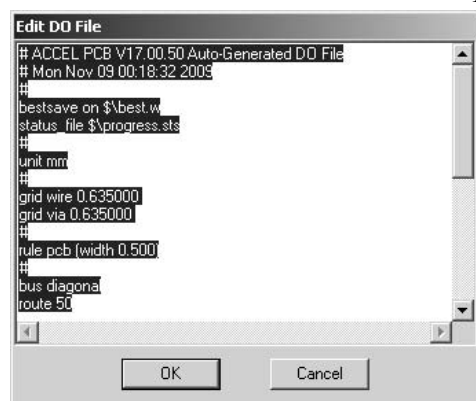


а)

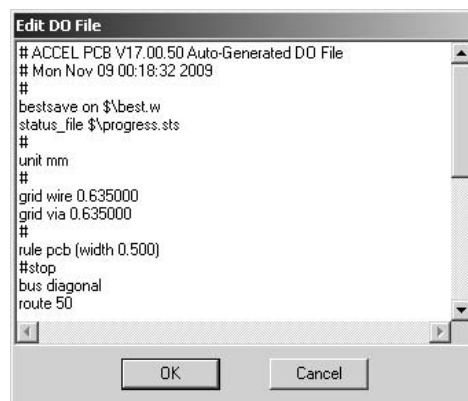


б)

Рис.9.5.1



а)



б)

Рис.9.5.2



а)



б)

Рис.9.5.3

В зоне **Options** (Настройки) включаются или выключаются команды, которые, по сути, дублируют команды **DO File**. Все эти установки отображаются в зоне **Actual Command Line**. Нажать **OK**. Программа вернется к окну **Route/Autoroutes** (рис.9.5.1,а). Нажать кнопки **Save** и затем **Start**. Запустится программа **SPECCTRA** и при отсутствии ошибок откроется рабочее поле в режиме трассировки цепей (рис.9.5.4).

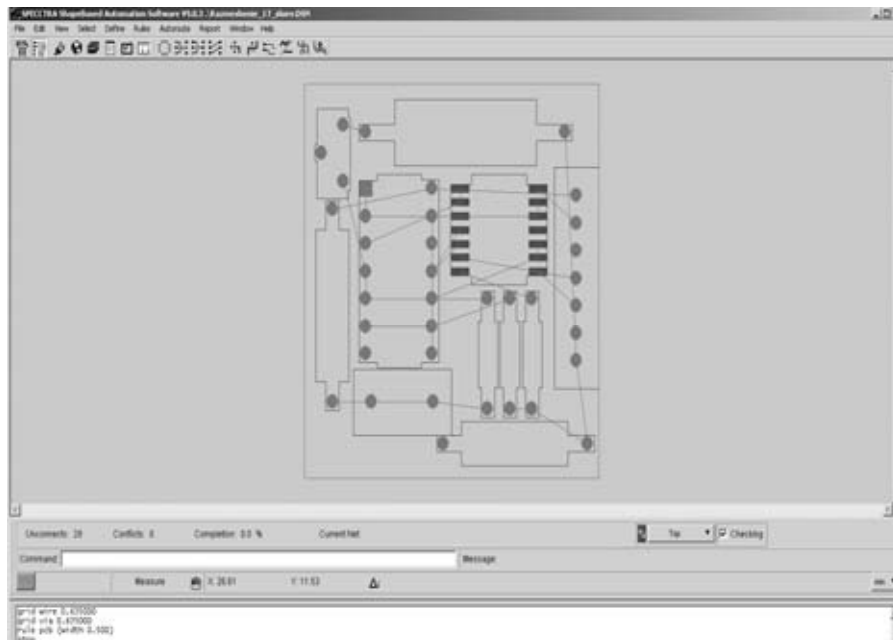


Рис.9.5.4

9.5.1. Разработка DO File

В **DO File** каждая строка соответствует одной команде или установке. Некоторые строки начинаются со знака #, который показывает, что эта строка носит справочный характер (комментарий). Поэтому, используя этот знак можно отключать некоторые строки.

После запуска программы **SPECCTRA** нажать кнопку **DO Wizard**, на выпавшей панели нажать **Auto Create DO File**. Выпадет панель, на которой нажать кнопку **Edit as Text** (редактировать как текст). Откроется одноименное окно, в котором можно редактировать **DO File**.

В строке **grid wire** и **grid via** введем сетки для размещения проводников и переходных отверстий с шагом 0.625 мм. Для этого щелкнуть ЛК по строке и в открывшемся окне выбрать 0.625. В окне **Via Style** выбрать Kp1.2/0.7 (рис.9.5.5, а).

В окне **DO Commands** приведены все команды, доступные программе. По стрелке выбрать команду **Select**, в окне **Apply To** выбрать **Net** (Цепи), а в **Names** – набрать цепь земли **GND** (рис.9.5.5, б). Допустим, эту цепь надо трассировать первой, тогда вписать команду надо сразу после строки ввода сеток. Для этого надо выделить строку, после которой вводится новая строка, и нажать кнопку **Add After** (Добавить после) и нажать кнопку **Modify** (рис.9.5.6, а). Если надо установить команду впереди - нажать **Add Before** (Добавить впереди).

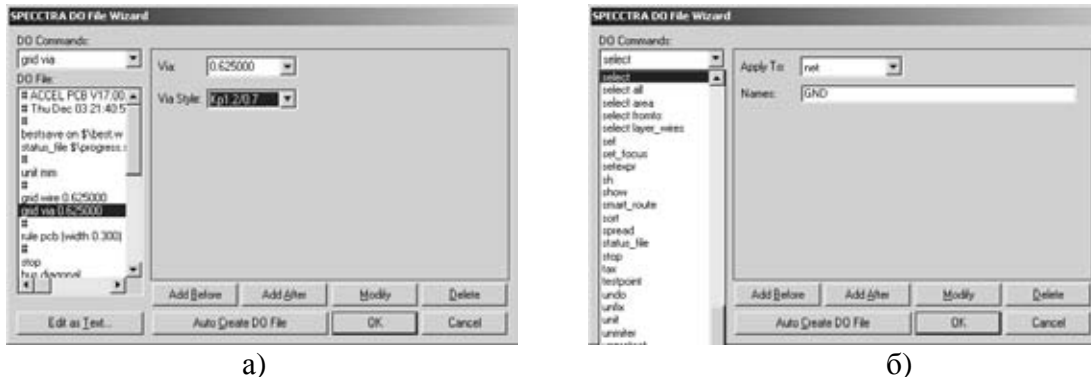


Рис.9.5.5

Следующие две строки относятся к этому проводнику. В **DO Commands** выбрать **rule**, в окне **Apply To** выбрать **net**, в окне **Name** – **GND** и в строке **Rule** внести требования к зазору - **clearance 0.3** мм. Нажать кнопки **Add After** и **Modify** (рис.9.5.6, б). Затем аналогично задать в окнах ширину проводника: **rule - pcb - width 0.5**. Также нажать кнопку **Add After** (рис.9.5.6, в).

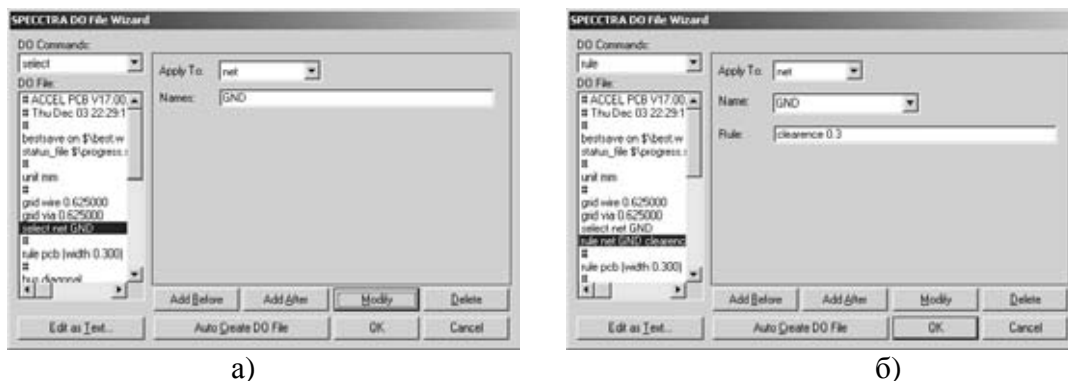


Рис.9.5.6

Далее следует ввести команду для запуска трассировщика. Выбрать команду **route** и установить 4 (четыре) цикла трассировки в окне **Number of Passes**. Нажать кнопку **Add After** и **Modify** (рис.9.5.6, г).

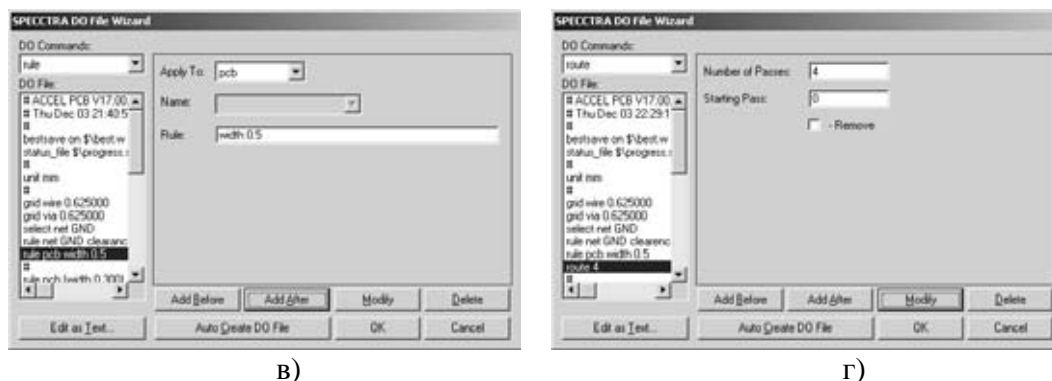


Рис. 9.5.6

Полученный проводник необходимо «улучшить», введя в углах срезы. Для этого следующей строкой ввести команду **miter** (срезка) и установить галочки во всех окнах (рис.9.5.7,

а). Затем, чтобы снять режим выбора с оттрассированной цепи, следующей ввести команду **unselect all** и в окне **Apply To – nets** (рис.9.5.7, б). Завершить корректировку **DO File** введением после откорректированной группы команд команду **stop** (стоп), которую также выбрать в списке **DO File** (рис.9.5.8). В результате программа после трассировки данного проводника приостановит работу.

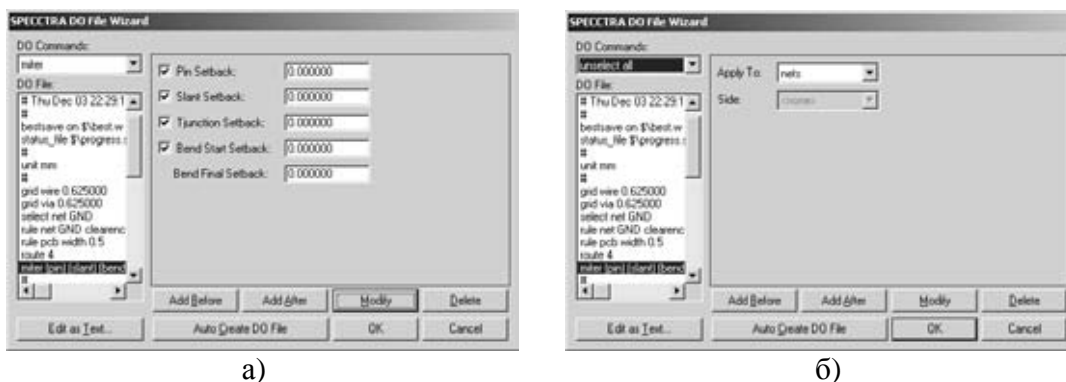


Рис.9.5.7

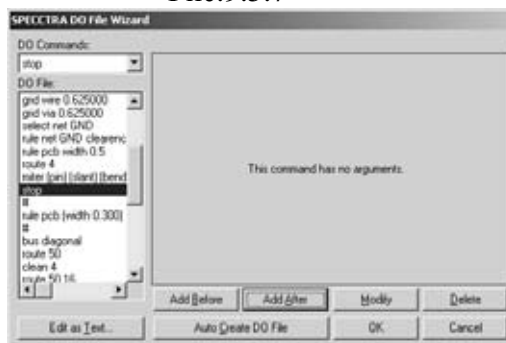


Рис.9.5.8

Завершив корректировку **DO File**, щелкнуть по кнопке **OK** и далее по кнопке **Start**. Программа **SPECTRA** запустится и начнет работу с трассировки указанной цепи с заданными на него параметрами.

9.6. Интерфейс программы в режиме трассировки цепей

Экран программы в режиме трассировки цепей представлен на рис.9.6.1,а.

В нем 1 – строка заголовка, 2 – меню команд, 3 – меню инструментов, 4 – рабочее поле, 5 – справа и снизу от рабочего поля полосы прокрутки, 6 – строка статуса, 7 – Command – строка ввода команд, 8 – кнопка управления, 9 – протокол команд, 10 – режим, 11 – текущее сообщение, 12 – выбор системы единиц.

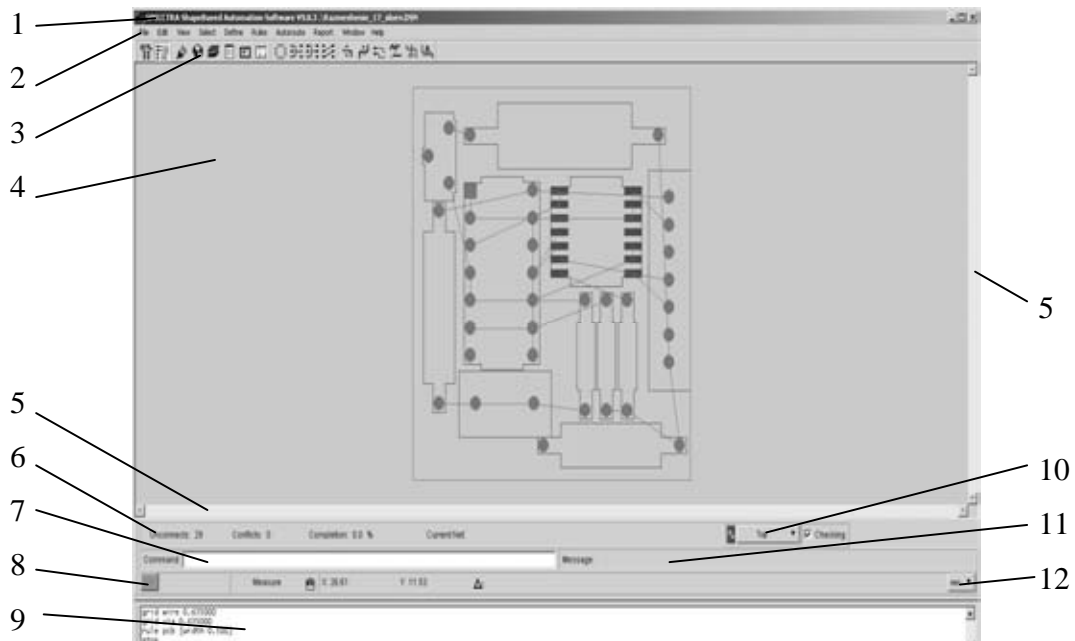


Рис.9.6.1,а

Меню команд: **File** (Файл), **Edit** (Редактирование), **View** (Просмотр), **Select** (Выбор объектов), **Define** (Определение категорий), **Rules** (Правила), **Autoroute** (Автотрассировка), **Report** (Отчет), **Window** (Окна), **Help** (Помощь).

Пиктограммы меню инструментов следующие (рис.9.6.1,б).

- 13 – **Place Mode** – вариант размещения;
- 14 – **Route Mode** – вариант трассировки,
- 15 – **Repaint** – перечерчивание экрана,
- 16 – **View All** – показать все,
- 17 – **Layers** – слои,
- 18 – **Status Report** – статистические данные,
- 19 – **Check Window Area** – проверка рабочей области
- 20 – **Measure Mode** – измерение расстояний,
- 21 – **Select Component** – выбор компонента,
- 22 – **Select Net** – выбор цепи,
- 23 – **Select Wire** – выбор фрагмента,
- 24 – **Select Guide** – выбор линии связи
- 25 – **Edit Route** – трассировщик,
- 26 – **Move** – перемещение,
- 27 – **Copy Route** – копировать проводник,
- 28 – **Critic Wire** – сглаживание проводников,
- 29 – **Cut Segment** – добавление в проводник точки излома,
- 30 – **Delete Segment** – удаление фрагмента.

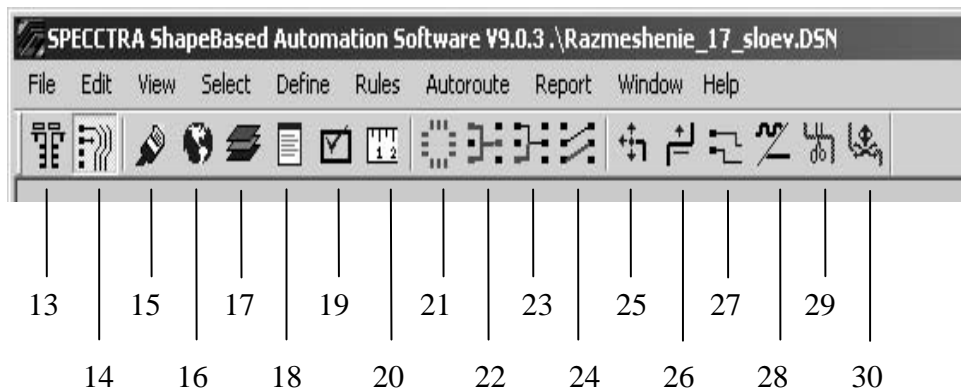


Рис.9.6.1,б

9.6.1. Автоматическая трассировка соединений

При трассировке проводников можно использовать четыре основных команды:

- **bus** - разводит выводы с одинаковыми координатами X или Y. Команда полезна для перераскладки микросхем памяти, соединительных шин и других выводов с одинаковыми координатами X или Y.

- **fanout** - добавляет стрингеры (fanout) к контактным площадкам SMD и сквозным выводам.

- **route** - разводит с конфликтами, и после первых пяти проходов перераскладывает только соединения, участвующие в конфликтах. При необходимости добавляет переходные отверстия к контактным площадкам SMD.

- **clean** - разрывает и перераскладывает все соединения. Добавление новых конфликтов запрещено.

Каждая из основных команд автотрассировки служит для определённой цели и используется на определённой фазе сеанса трассировки. Существуют следующие фазы автотрассировки:

- предварительная трассировка (**Prerouting**)
- общая трассировка (**General purpose routing**)
- окончательная трассировка (**Post-routing**).

а). Команды предварительной трассировки bus и fanout

Выполняются перед командами трассировки и очистки.

Команда **bus** разводит связи между выводами, имеющими одинаковую координату X или Y и подключённые к одной и той же цепи. Это простые соединения, они разводятся быстро и используют минимум пространства. Используется она в начале сеанса автотрассировки, до применения других основных команд. На рисунке показан результат выполнения команды **bus** при включённой опции диагональной трассировки.

Команда **fanout** трассирует короткие отрезки цепей с переходными отверстиями (стрингеры) от площадок SMD и сквозных выводов, помеченных для обработки. Эта команда добавляет переходные отверстия, к которым автотрассировщик может подключиться вместо подключения непосредственно к площадке или выводу. Для выводов питания это подключение к развязывающим конденсаторам. Можно управлять порядком создания стрингеров при помощи правила **power fanout**. При этом можно выбрать, к чему надо сначала подключить короткий проводник: к переходному отверстию или к развязывающему конденсатору. Команда **fanout** должна следовать за командой **bus**, но предшествовать команде трассировки. Можно использовать до пяти проходов создания стрингеров. Используйте несколько проходов создания стрингеров с разрешённым разделением переходных отверстий и выводов (**via and pin sharing enabled**) для оптимизации подключения SMD.

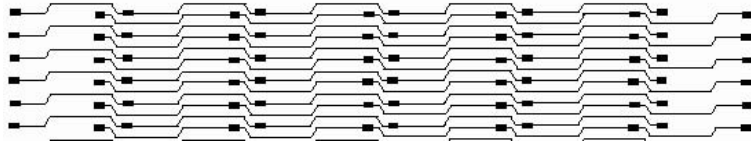


Рис.9.6.2

б) Команды общей автотрассировки - **route** (трассировка) и **clean** (очистка).

Эти команды могут разводять и переразводить все соединения в проекте, кроме тех, которые разводены командой **bus**. Команда **route** использует стоимости (costs) для управления ресурсами. Эти стоимости управляют количеством переходных отверстий на соединение, количеством конфликтов на соединение и длиной участка цепи, который может быть проложен на определённом слое в неправильном направлении. Автотрассировщик динамически изменяет эти стоимости раз в несколько проходов, исходя из истории трассировки и текущих условий прокладки цепей. Так как стоимости изменяются в течение серии проходов трассировки, надо задать достаточное число проходов. После пяти проходов переразводятся только соединения, участвующие в конфликтах. Если прокладка цепей завершается до использования всех проходов, оставшиеся проходы пропускаются.

Команда **clean** работает не так, как команда **route**. Эта команда разрывает и переразводит все соединения (исключая те, которые разводены командами **bus** и **fanout**), а не только соединения, участвующие в конфликтах. Она обычно применяется через 2 - 4 прохода и всегда должна следовать за серией проходов трассировки. Эта команда завершает больше соединений, уменьшает длину трасс и количество конфликтов.

Обычная последовательность основных команд автотрассировки выглядит так:

```
bus diagonal  
fanout 5  
route 25  
clean 2  
route 50 16  
clean 4
```

Во время проходов очистки переходных отверстий и неверных путей трассировки улучшается качество трассировки после каждого такого прохода.

Команда трассировки **smart_route**

Команда **smart_route** (находчивая трассировка) устанавливает сетки цепей и переходных отверстий, выполняет трассировку шин и стрингеров и запускает серию проходов трассировки и очистки до полного завершения разводки. Эта команда может заменить четыре основные команды автотрассировки, т.к. она сочетает в себе команды **bus**, **fanout**, **route** и **clean**. Четыре основные команды используются вместо **smart_route**, если между проходами **bus**, **fanout**, **route** или **clean** должны изменяться правила или между этими командами требуются другие.

Когда работает команда **smart_route**, автотрассировщик отображает и анализирует ход трассировки. Если обнаруживаются в проекте проблемы, появляются предупреждения или сообщения об ошибках. Команда **smart_route** позволяет оптимизировать проект. Например, она может сообщить, что количество слоёв можно уменьшить.

в) Команды окончательной трассировки

Команды окончательной трассировки **spread**, **miter**, **testpoint** и **recorner** совершенствуют прокладку цепей и добавляют контрольные точки (**test points**) после завершения трассировки.

spread (растяжка) - добавляет дополнительные зазоры между цепями;

testpoint - добавляет контрольные точки;

miter - заменяет углы в 90° на диагонали под 45° , используя величины **range of setback**;

recorner - заменяет углы в 90° на диагонали под 45° .

• Подготовка проекта перед трассировкой

1. Перед трассировкой необходимо задать основные правила разводки соединений. Для того использовать команды меню **Define** (Установка значений) (рис.9.6.3,а). Командой **Assign Supply** (Назначение в состав шины питания) открыть одноименное окно, в котором назначить проводники или выводы в состав шины питания (рис.9.6.3,б). Это +5в, +15в и цепь земли – GND.

2. Командами **Class**, **Group Set** и **Group** задаются классы и группы цепей с одинаковыми требованиями.

3. Командой **Region** задается участок платы с одинаковыми требованиями.

4. Командами **Net Pair** или **Net Bundle** задаются дифференциальные пары или наборы цепей, имеющие одинаковую топологию.

5. Командой **Pin Attributes** задают признаки выводов – источник, нагрузка, . . .

6. Командой **Properties** задают или удаляют свойства ЭРЭ.

7. Командой **Fence** (барьер) создают барьер для разделения зон аналоговых и цифровых проводников.

8. Командой **Keepout** (область запрета) область запрета для прокладки проводников.

9. **Keys** (ключ) – назначение горячих клавиш.

10. **Ruler** (направление) - указываются направления доступные для трассировки.

11. **Forget Net Rules** – отмена всех правил трассировки.

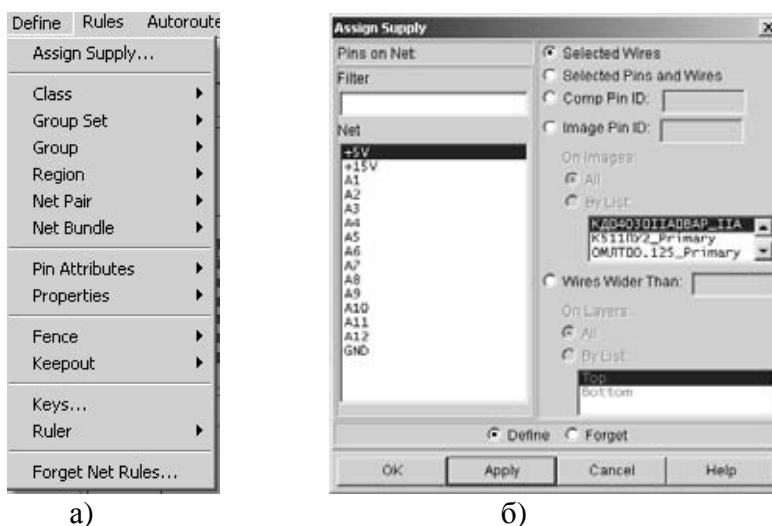






Рис. 9.6.3

• Правила трассировки

1. Установить единицы измерения. Для этого щелкнуть ЛК по кнопке, расположенной в правой части Строки состояния (рис.9.6.4, а) и выбрать из списка mm.

2. Установить изображение ПП так, чтобы весь проект размещался в центре экрана. Для этого выполнить команды **View/Zoom/All**. Уменьшить изображение можно командами **View/Zoom/Out**, а увеличить – **View/Zoom/In**, либо вписать в окно весь проект, щёлкнув по кнопке  **View All** на панели инструментов.

3. Настроить рабочее поле. Для этого щелкнуть ЛК по кнопке  **Layers** (Слои). Откроется диалог, на котором каждая строка несет информацию о каждом слое, который настраивается индивидуально (рис. 9.6.4, б). На каждом слое по стрелке рядом с установленным направлением на слое можно выбрать необходимый вариант. Соседняя кнопка (в форме карандаша) позволяет щелчком по ней делать слой действующим или выключать его. Кнопки с

изображениями карандашей на панели слоёв показывают первичность слоя. Жирный карандаш  на кнопке означает первичный слой, бледный карандаш  - вторичный слой. Если на кнопке вообще нет карандаша, то соответствующий ей слой запрещён для интерактивной трассировки.

- Кнопка **S** включает или выключает режим выбора данного слоя. Щелчок по цветному квадрату включает или отключает цвет, что делает слой видимым или невидимым.

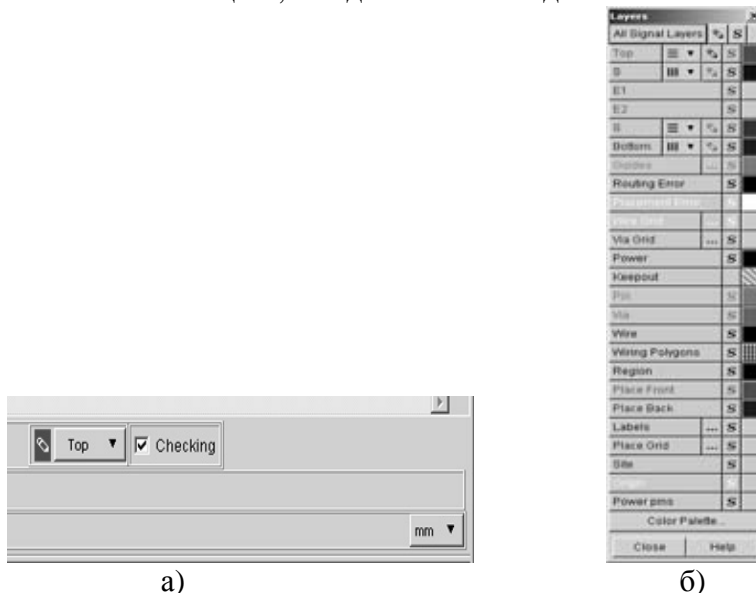


Рис.9.6.4

Чтобы задать цвет элементов рабочего поля, необходимо щелкнуть по кнопке **Color Palette** (Цветовая палитра), расположенной в нижней части окна. Откроется дополнительное одноименное окно (рис.9.6.5). Затем щелкнуть по цветной кнопке в соответствующем слое и по кнопке выбранного цвета на палитре цветов, после этого еще раз по кнопке цвета на слое. Цвет элементов слоя будет задан.

4. Командами **Edit/[un]Fix Nets** можно зафиксировать цепи, которые разведены и не требуют разводки. Если надо зафиксировать частично разведенную цепь или отменим автоматическую трассировку, например, цепи +15 v, надо выполнить команды **Edit/Protect Wires By/Net**, в открывшемся окне выбрать **By List**, выделить в списке +15 v, поставить галочку в окне **Fanout** и нажать кнопки **Apply** и **OK** (рис. 9.6.6). При этом в нижней части рабочего поля программы **SPECSTRA** выводится построчно вся введенная командами информация.

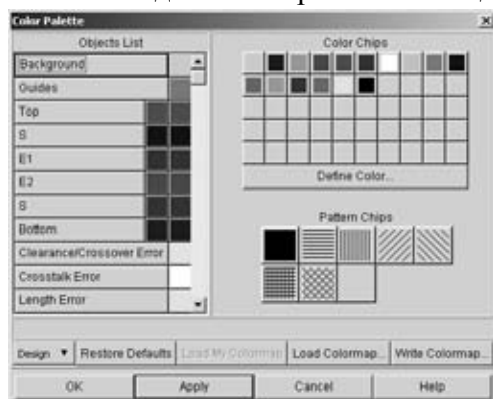


Рис. 9.6.5

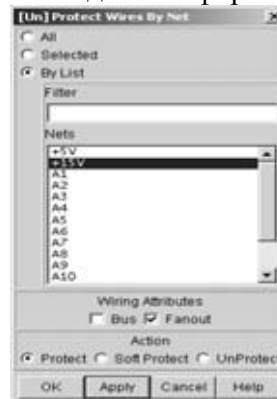


Рис.9.6.6

5. Выбрать тип переходных отверстий (ПО) командами **Select/Vias for Routing/By List**. Для того чтобы из списка выбрать, например, ПО **Kp1.2/0.7**, необходимо указать те ПО, которые не выбираются в проекте. В данном случае это **CCTVIA (Default)**. Поэтому надо выделить ЛК невыбираемое ПО - **CCTVIA (Default)** и щелкнуть по кнопкам **Unselect** (не выбирать), а затем **Close** (рис.9.6.7).



Рис.9.6.7

6. Правила трассировки

Командами **Rules/PCB/Clearance** в диалоговом окне **PCB Clearance Rules** задать ширину основных цепей и зазоры (рис. 9.6.8).

В этом окне **Clearance** – это зазор, а значение **(-1)** показывает, что соответствующий параметр не установлен.

Same Net Clearance – при включении режима контролируются зазоры между элементами этой же цепи,

Wire Width – ширина проводника для всего проекта,

Taper Wire – при включении видоизменяется фрагмент печатного проводника, подходящего к контактной площадке (для случаев, когда проводник шире КП),

Up to Pin – программа увеличивает размер проводника до размера КП,

Down to Pin – программа уменьшает размер проводника до размера КП,

Up/Down to Pin – программа увеличивает/уменьшает размер проводника до размера КП,

Off – проводник не изменяет ширины,

Max Taper Length – в окне устанавливаются максимальную длину сужаемого проводника,

All (все) – установлены размер вводится во все окна после нажатия клавиши Enter,

Area – край платы или зоны запрета,

Pin – контактная площадка и отверстие,

SMD – КП элементов поверхностного монтажа (КПМ),

Via – переходное отверстие,

Wire – печатный проводник,

Testpoint – контрольная точка,

SMD-Via Same Net – зазор между КПМ и проводником, подключённым к ней,

SMD Escape – максимальное расстояние от КПМ до переходного отверстия, если цепь трассируется на другом слое (внутренние слои МПП),

Antipad Gap – зазор между КП на смежных слоях,

Via – Via Same Net – минимальное расстояние между переходными отверстиями на одной цепи,

Pad – to Turn Gap – минимальное расстояние от КП до первого изгиба проводника,

SMD – to Turn Gap – минимальное расстояние от КПМ до первого изгиба проводника,

Buried – Via Gap – минимальное расстояние до глухого переходного отверстия,

Layer Depth – количество слоев, на которые распространяется предыдущая установка.

Между краем платы и другими объектами установить зазор 1.5 мм, ширину (**Wight**) проводников 0.3 мм и зазоры между всеми объектами 0,3 мм.. После установки параметров нажать кнопку **Apply** и затем **OK**.

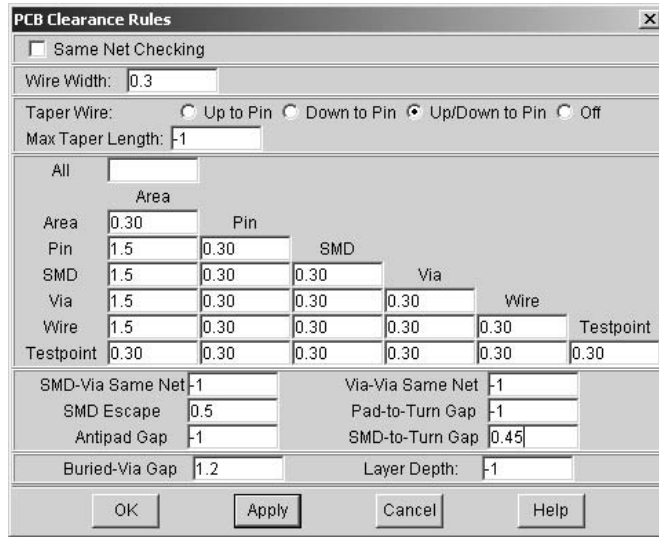
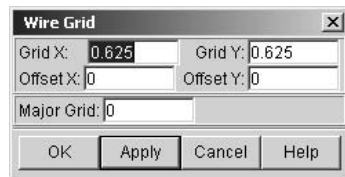


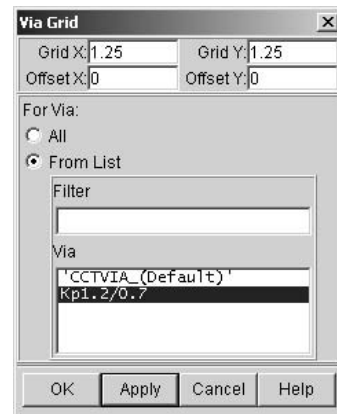
Рис.9.6.8.

7. Командами **Rules/PCB/Wire Grid** установить сетку разводки проводников по X 0.625 мм и по Y 0.625 мм, нажать **Apply** и **OK** (рис. 9.6.9, а).

8. Командами **Rules/PCB/Via Grid** установить шаг переходных отверстий также по X и по Y 1.25 мм. Для этого выделить нужный тип ПО цветом Kp1.2/0.7, нажать **Apply** и **OK** (рис. 9.6.9, б).



а)



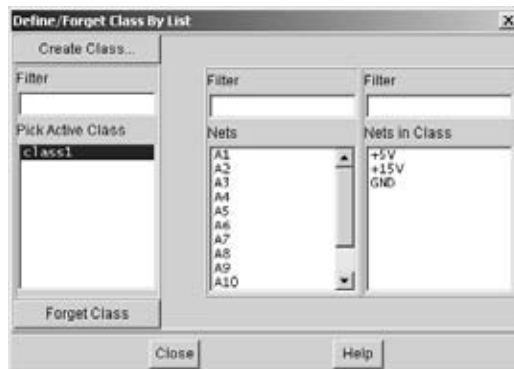
б)

Рис. 9.6.9

9. Задать класс цепей, которые будут иметь свою ширину проводников. Допустим это цепи +5v, +15v и земли – GND. Для этого командами **Define/Class/Define/Forget By List** в открывшемся окне нажать кнопку **Create Class** и в дополнительном открывшемся окне задать **class1**, нажать **Apple** и **OK** (рис.9.6.10, а). После этого опять в предыдущем окне **Define/Forget Class By List** в списке цепей выбрать ЛК цепи +5v, +15v и GND (рис.9.6.10, б) и нажать **Close**.



а)



б)

Рис. 9.6.10

10. Командами **Rules/Class/Clearance** установить ширину цепей питания и земли 0,5 мм, а зазоры выставить 0.3 в соответствии с рис.9.6.11. Для того чтобы не менялась ширина проводника около КП и соответствовала размерам КП для **Tape Wire** выбрать **Up to Pin**. Нажать на кнопки **Apple** и **OK**.

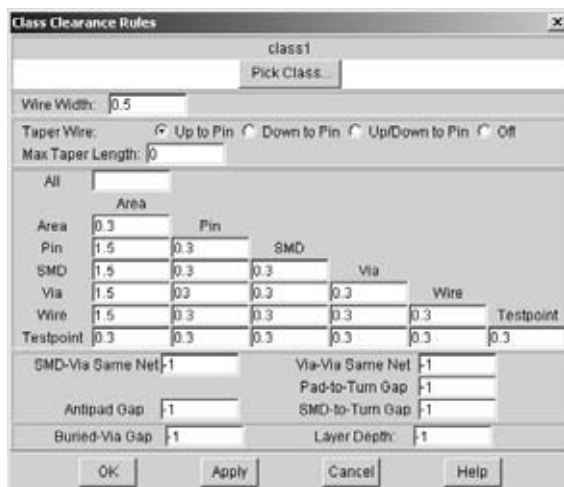


Рис.9.6.11

11. Для разводки определенных классов цепей командами **Rules/Class/Wiring General** задать название группы цепей **class1**, выбрать тип ПО, слои разводки. Нажать на кнопки **Apple** и **OK** (рис.9.6.12).

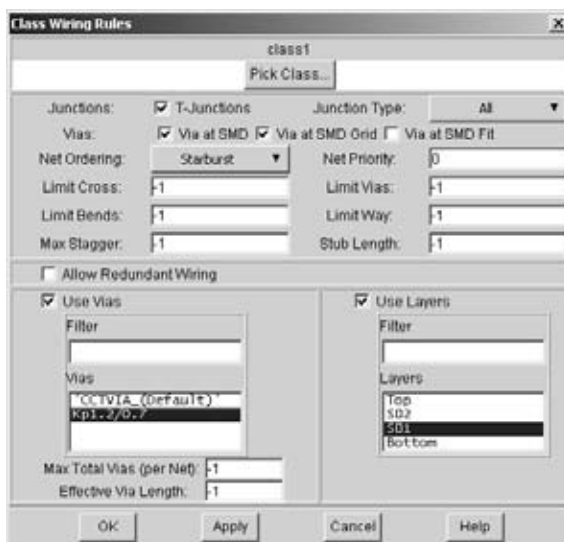


Рис. 9.6.12

12. Командами **Report/Net** просмотреть длину цепей. Например, +5v. Для этого выбрать в окне **Report Net** цепь +5v и вписать в окно **Filter**. Нажать **Close** (рис.9.6.13, а). После этого откроется окно **Shape Based Automation Soft Ware Net +5v Report** (рис.9.6.13,б).



Рис.9.6.13

13. Установить заданные в ТЗ на ПП ограничения на длину цепей. Для этого командами **Rules/Net/Timing** установить **max** или **min** длину цепей. Например, для A1 (рис.9.6.14, а) и A2 (рис.9.6.14, б).

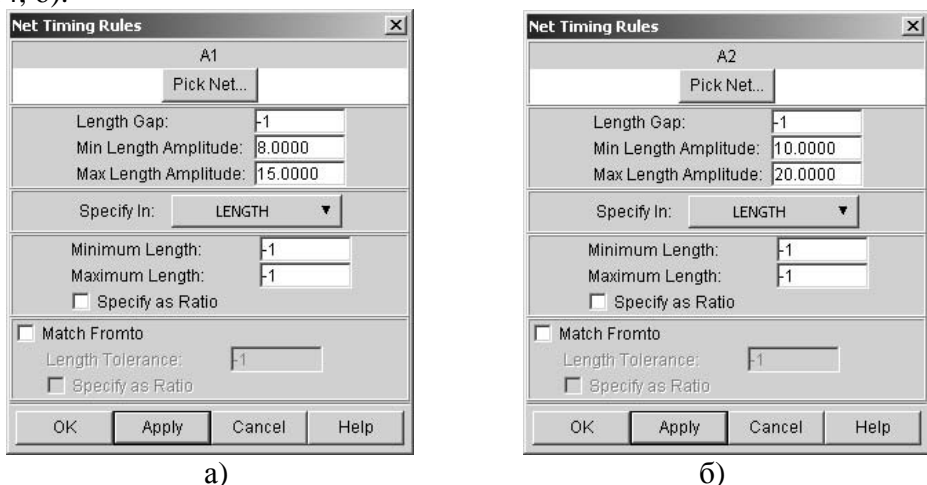


Рис.9.6.14

14. Пиктограммой **Layers** установить необходимые слои для трассировки. Нажатие на кнопку с именем слоя делает видимым все объекты, расположенные на нем (при этом квадратик в конце строки окрашивается в цвет этих объектов). На слое **Top** по стрелке задать горизонтальное, а на слое **Bottom** – вертикальное расположение проводников. При этом на слоях **S1** и **S2** трассировку запретить, а слои **E1** и **E2** сделать не сигнальными (рис.9.6.15).

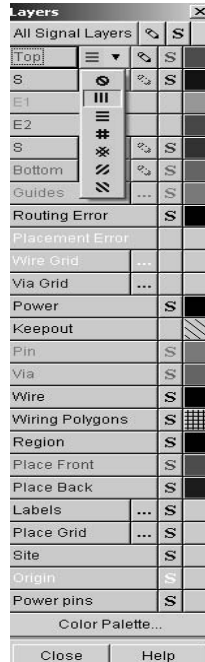


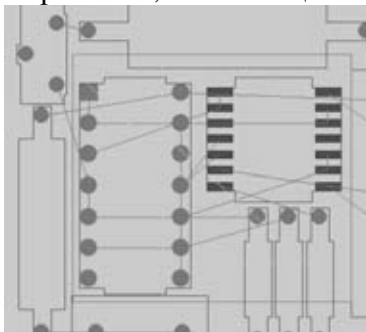
Рис.9.6.15

13. Выделить отдельную область трассировки. Для этого можно:

а) командами **Define / Region / By Coordinate** задать ее координаты или

б) командами **Define / Region / Draw Mode** при нажатой ЛК нарисовать соответствующий прямоугольник (на рис. 9.6.16,а прямоугольником охвачены контуры двух микросхем).

Затем, нажав ПК на выделенной площади, выполнить команду **Define Polygon As Region**. Откроется окно **Add Define Polygon As Region** (Добавить площадь выделенной области) (рис.9.6.16, б). В нем выделенная область названа **region 1**, под названием в круглых окнах выбрать **Net**, в списке цепей выбрать +5v, слой задать **Top**.



а)



б)

Рис.9.6.16

14. Задать зазоры и ширину проводников в выделенной области. Для этого командами **Rules/Region/Clearance** открыть одноименное окно, кнопкой **Pick Region** выбрать **region 1** и задать соответствующие зазоры элементам проводников (рис. 9.6.17).



Рис.9.6.17

15. Задать области, в которых запрещены размещения ЭРЭ, разводка проводников, переходных отверстий. Для этого
- командами **Define / Keepout / By Coordinate** задать их координаты (рис.9.6.18) или
 - командами **Define / Keepout / Draw Mode** при нажатой ЛК нарисовать соответствующие прямоугольники.

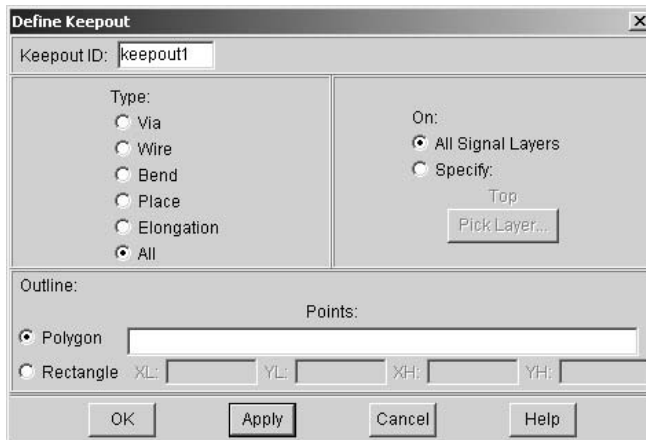


Рис.9.6.18

16. Запретить разводку проводников вне заданной сетки. Для этого командами **Rules /Costs/Off grid routing** зададим значение 100 (рис.9.6.19).

17. Выполнить разводку цепей питания и земли. Командами **Select/Nets By List** выбрать поочередно цепи заземления и питания (рис.9.6.20).

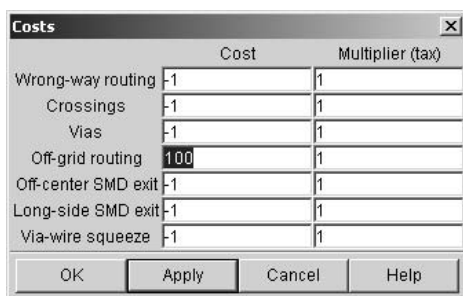


Рис.9.6.19



Рис.9.6.20

18. Задать правила работы трассировщика. Для этого выполнить команды **Rules / PCD/Wiring /General** (рис.9.6.21,а). Откроется окно **PCB Wiring Rules**, в котором в зоне **Overlap Via** разрешить (**Off**) использовать переходные отверстия, в окне **T-Junctions** (Т-образное соединение) поставить галочку (рис.9.6.21,б). По стрелке оставить на кнопке **Starburst** (произвольный) алгоритм трассировки, в окнах диалога установить ограничения на число конфликтов при пересечении проводников **Limit Cross** - 255, ограничения на число глухих переходных межслойных отверстий **Limit Bends** - 255, и, наконец, число переходных отверстий задать также 255.

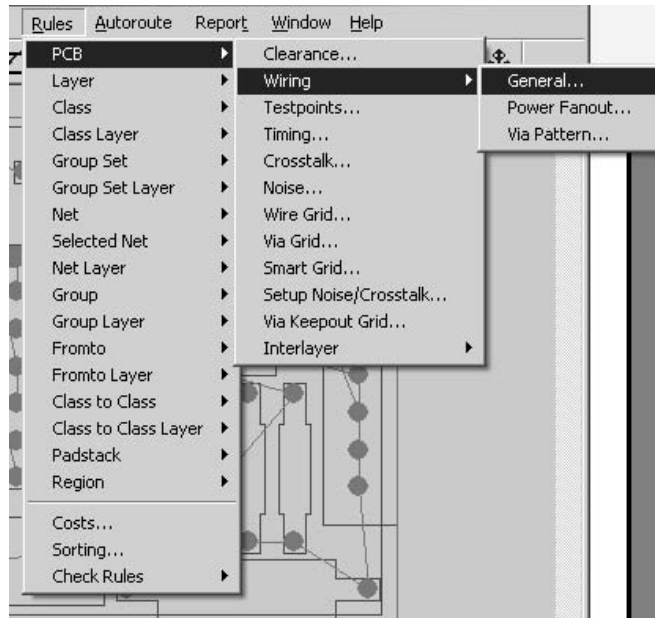


Рис.9.6.21, а

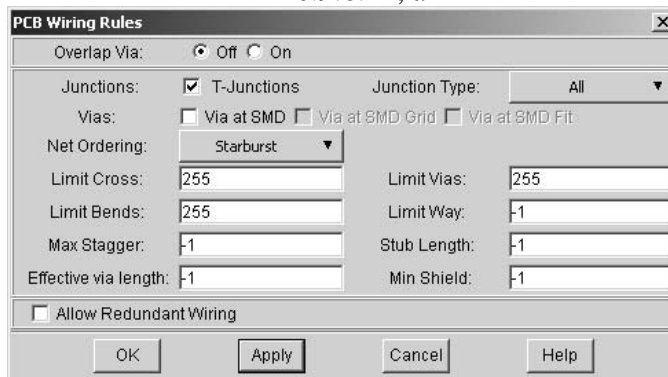
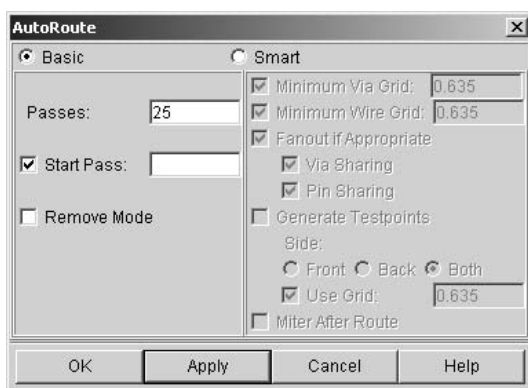
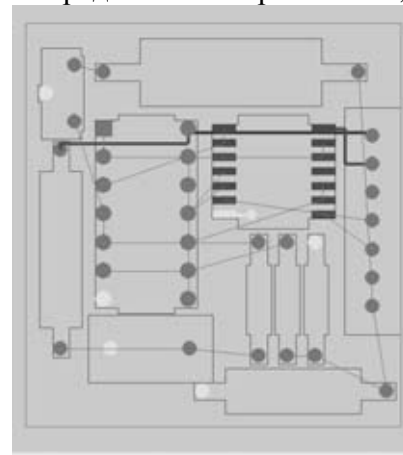


Рис 9.6.21, б

19. Командами **Autoroute/Route/Basic** (рис.9.6.22,а) поочередно выделяя, запустить трассировку каждой из цепей питания и Земли. Результат представлен на рис. 9.6.22,б.



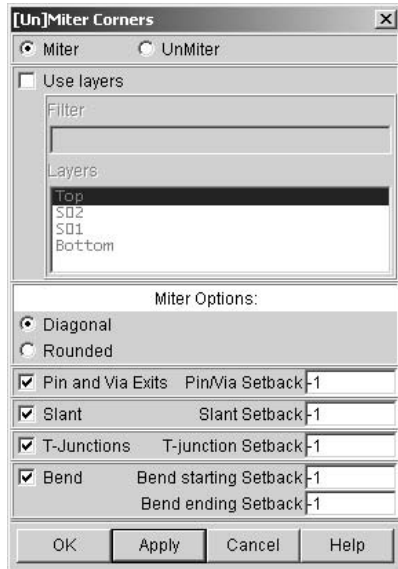
а)



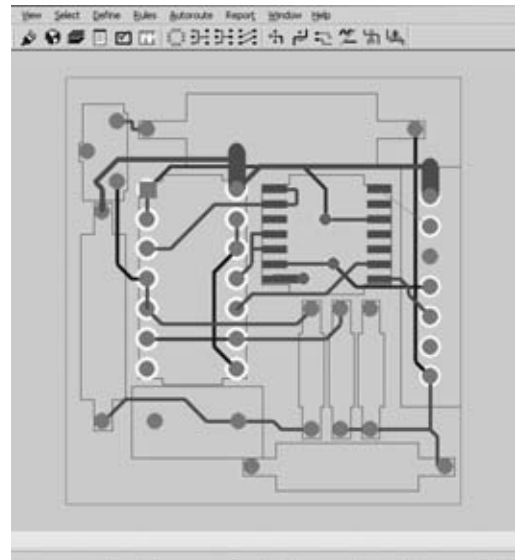
б)

Рис.9.6.22

20. Затем запустить режим **Autoroute/Post Route** и для срезания углов выполнить команду **[Un]Miter Corners** (рис.9.6.23,а). Программа выполнила разводку оставшихся цепей на разных слоях. Результат трассировки представлен на рис. 9.6.23,б.



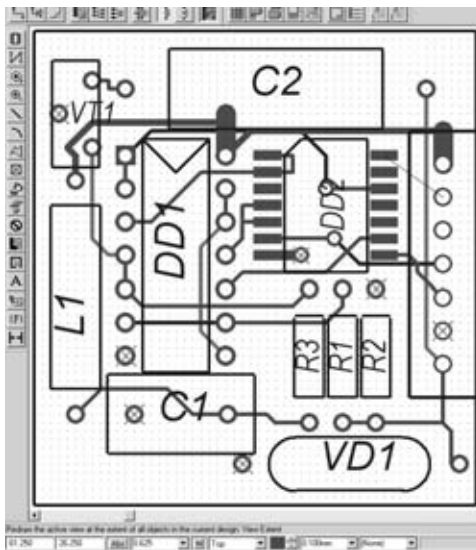
а)



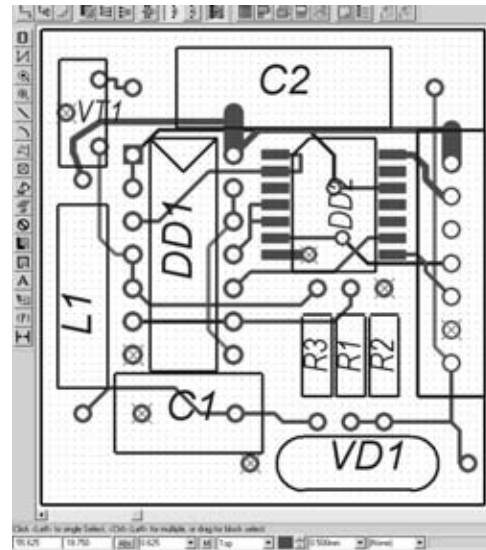
б)

Рис.9.6.23

После завершения разводки проводников на ПП командами **File/Quit/Save and Quit** выйти из программы **SPECCTRA**. Она вернется в **P-CAD PCB** (рис.9.6.24,а). Полученную разводку проводников при необходимости можно отредактировать вручную. Так цепь питания +5в проще в интерактивном режиме отредактировать в **P-CAD PCB** (рис.9.6.24,б).



а)



б)

Рис.9.6.24

9.7. Интерактивная трассировка

Режим интерактивной полуавтоматической трассировки используется на любых стадиях проектирования. Он предполагает разводку проводов под контролем конструктора РЭС. Вначале необходимо задать слой проектирования и систему измерения - мм. Для этого щелкнуть ЛК по кнопке переключения слоев, где задать слой **Top** и установить мм (рис.9.7.1).

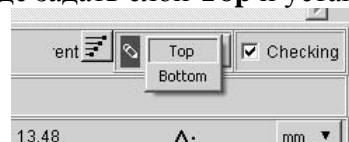


Рис. 9.7.1.

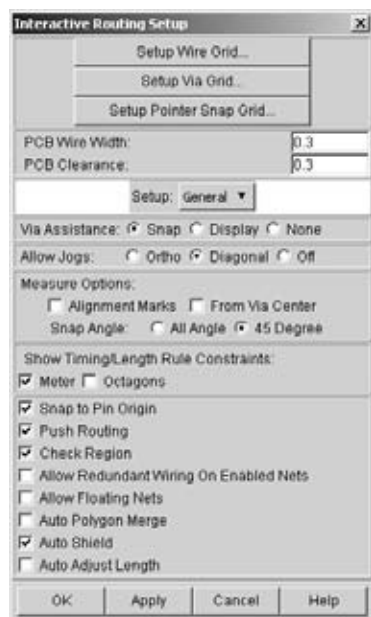
9.7.1. Настройка интерфейса для интерактивной трассировки

Настройка интерфейса интерактивной трассировки и редактирование выполнить щелчком ПК мыши в рабочей области проекта. Появится меню **Interactive Routing** (рис.9.7.2, а), в котором выбрать **Setup**. Диалог **Interactive Routing Setup** содержит пять закладок: **General, Measure, Bus, Style** и **Move/Copy**. В них устанавливают режимы измерения, перемещения, копирования и управления параметрами: **General, Bus** и **Style**. Задать глобальные значения (для всей платы, уровень pcb) ширины проводников и зазоров 0.3 мм.

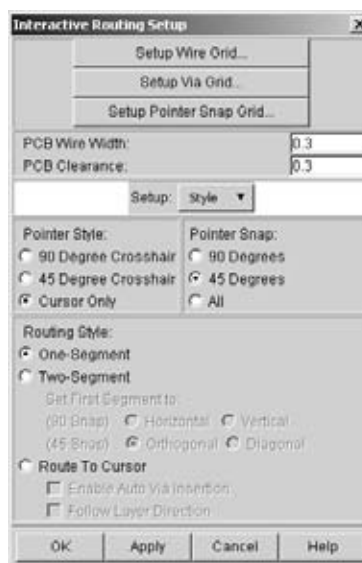
На закладке **General** в зонах

- **Via Assistance** (Помощь в размещении ПО): **Snap** - привязка к сетке, **Display** – вариант с указанием места на рабочем поле, **None** – не установлена сетка.
- **Allow Jogs** (разрешение на подвижку): **Ortho** – прокладываемый проводник может раздвигать ранее проложенные цепи в ортогональном направлении, **Diagonal** – в том числе под углом 45, **Off** - запрещено.
- **Show Timing/Length Rule Constraints** (Показывать зону ограничений по параметру Время-Длина), **Meter** – показывается ограничение по длине, **Octagons** - показывается зона ограничений в виде восьмиугольника.
- В поле другие представлены следующие установки:
Snap to Pin Origin – привязка к КП.
Push Routing – смещение ранее проложенных проводников.
Check Region – соблюдение зон запрета и границ.
Allow Redundant Wiring . . – сохранение у проводников лишних проходов.
Allow Floating Nets – создание временных проводников.
Auto Polygon Merge – преодоление запретных зон.
Auto Shield – контроль пересечения проводников.
Auto Adjust Length – контроль ограничений по длине.

На закладке **Bus** задают правила прокладки проводников, собранных в шины, а на закладке **Style** задает: в зоне **Pointer Style** тип курсора, а в зоне **Pointer Snap** – привязка курсора (рис.9.7.2, б).



а)



б)

Рис. 9.7.2

- Запустить автотрассировщик. Для этого загрузить файл с расширением **.dsn** (рис. 9.7.3) и нажать кнопку **Start SPECCTRA**. Откроется проект.

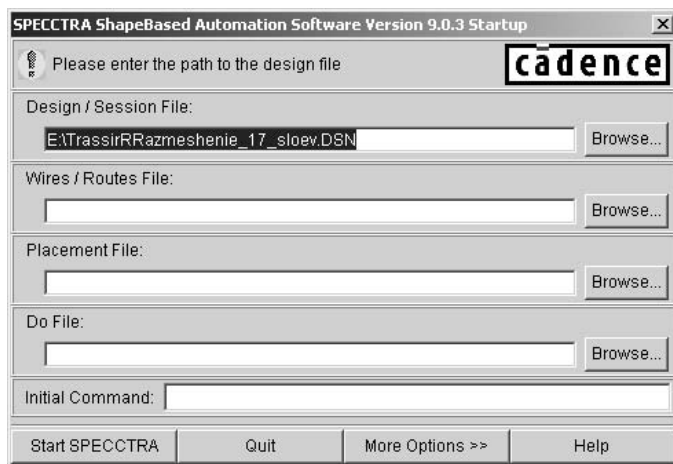


Рис.9.7.3

• Выполнить команды **File/Read/Wires**. Появится окно **Read Wires** (рис.9.7.4). Щёлкнуть ЛК по кнопке **Browse**. Появится окно Открыть. Найти и выбрать файл **Razmeshenie_17_sloev.w**. Имя файла добавится в окне **Read Wires**. Щёлкнуть ОК. Загрузится файл с проводниками (рис.9.7.5).



Рис.9.7.4

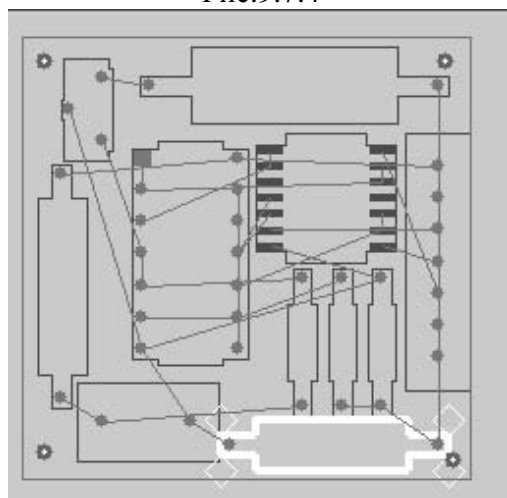



Рис.9.7.5

9.7.2. Трассировка соединений в режиме Edit Route

• Вначале отобразить позиционные обозначения ЭРЭ и номера их выводов. Для этого выполнить команды **View/Labels**. Откроется одноименный диалог (рис.9.4.7), в котором выбрать **Ref Des and Pin IDs**, а в поле **Side** установить обе стороны - **Both**. Нажать **Apple** и щёлкнуть ОК. В центре каждого компонента появится позиционное обозначение и номера выводов. Увеличить изображение так, чтобы рассмотреть неразведённое соединение от 1-го вывода VT1 до 2-го вывода C2 (рис.9.7.6). Трассировать это соединение в режиме  **Edit Route**.

• Нажать на ПК и выбрать **Edit Route Mode**. В рабочей области появится указатель в виде карандаша, а в области состояния - слова **Edit Route**. Щёлкнуть по выводу 1-му выводу VT1. Указатель повернётся на 90°. Нажать на ПК и выбрать **Cancel** (рис.9.7.7).



Рис.9.7.6

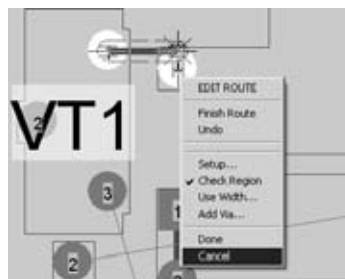


Рис.9.7.7


• Операция трассировки остановится. В области состояния останется **Edit Route**. Перекрестие указателя не будет отображаться, пока не будет проведено соединение. Щелкнуть по VT1 и провести соединение вправо от вывода и вниз до 2-го вывода C2. Если нужно, то изменить масштаб. В том случае, если трасса проведена неудачно, нажать ПК и выбрать **Undo**, чтобы отменить последнее действие или **Cancel**, чтобы отменить последнюю команду.

• Нажать ПК и выбрать **Setup**. Далее в поле **Setup** по стрелке выбрать режим **Style** и в поле **Pointer Style** выбрать **45 Degree Crosshair**, а в поле **Pointer Snap** – **45 Degrees**.

• Чтобы закончить трассу соединения с C2, целесообразно использовать угол 45°. Для этого щёлкнуть по целевому выводу C2, соединение завершится, и проводник отцепится от указателя.

- Аналогично выполнить трассировку остальных цепей.
- Для выхода из автотрассировщика выполнить команду **quit**.

9.7.3. Трассировка и замена цепей

Для трассировки соединений и замены существующих цепей и переходных отверстий используется режим  **Edit Route**. При проведении трассы или замене цепи, вокруг цепи появляется огибающая линия. Зазор между трассой и этой линией соответствует правилу зазоров для проводимой цепи. Когда проводится соединение, система отображает выравнивающие метки и стрелки, чтобы помочь выровнять конец цепи с целевой цепью, выводом или переходным отверстием. Когда конец проводника поравняется с целью, вокруг него появится одна или несколько стрелок, а на целевом объекте появится выравнивающая метка (рис.9.7.7).

Режим **Edit Route** можно использовать для трассировки нескольких соединений. При трассировке каждого соединения зазор огибающей помогает проводить проводники, не нарушая правила. Выравнивающие метки и стрелки позволяют сделать с целевым выводом прямое соединение.


9.7.4. Интерактивная трассировка нескольких соединений

• Отобразить позиционные обозначения и номера выводов. Для этого выполнить команды **View / Labels**. В окне **View Labels** выбрать **Ref Des and Pin IDs**. Переместить указатель мыши в рабочую область и нажать ПК. Откроется диалог **Interactive Route**.

• В меню **Interactive Routing** выбрать **Edit Route Mode**. В области состояния появится **Edit Route**.

- Увеличить изображение так, чтобы видеть соединяемые контакты.
- Провести шесть соединений между контактами можно, как показано на рис. 9.7.8.
- Выйти из автотрассировщика командой **quit**.

В режиме **Edit Route** неразведённое или частично разведённое соединение удобно завершать, выбрав из контекстного меню **Finish Route**. Эта команда, чтобы закончить соединение добавляет сегменты и, если надо, переходные отверстия.

На панели инструментов щелкнуть по кнопке  **Edit Route**. В области состояния появится **Edit Route**. Увеличить изображение так, чтобы видеть соединяемые контакты. Щелкнуть по 3-му выводу VT1, провести часть соединения до 4-го контакта DD1, нажать ПК и выбрать **Finish Route**. Соединение завершится автоматически (рис.9.7.9).

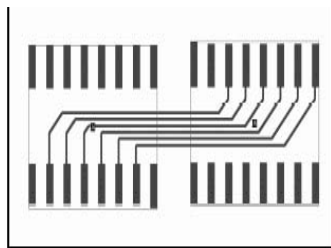


Рис.9.7.8

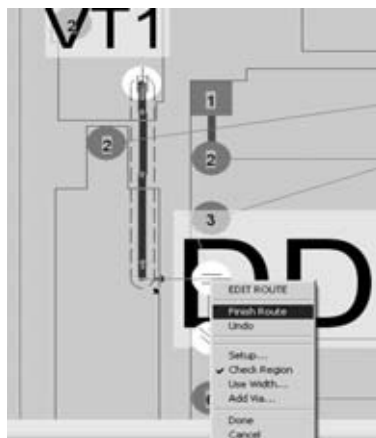


Рис.9.7.9

• Если произошла ошибка, отменить результат выполнения предыдущей функции интерактивной трассировки командой **Undo**. Она отменяет последнюю интерактивную функцию, а **Redo** - восстанавливает последнюю функцию, отменённую через **Undo**.

Слой, в котором проводится трасса, называется *первичным слоем (primary layer)*. Слой, на который можно перейти, добавив переходное отверстие, называются *вторичными слоями (secondary layers)*. Имя первичного слоя всегда отображается в полосе состояния рядом с кнопкой, на которой изображён карандаш.

При добавлении переходного отверстия выполняется переход на другой слой. В этом случае этот слой становится первичным, а бывший первичный - вторичным. Первичностью и вторичностью слоёв можно управлять при помощи панели **Layers**.

Кнопки с изображениями карандашей на панели слоёв показывают первичность слоя. Жирный карандаш на кнопке означает первичный слой, бледный карандаш - вторичный слой. Если на кнопке вообще нет карандаша, то соответствующий ей слой запрещён для интерактивной трассировки. Щёлкая по кнопкам с карандашами, можно изменять состояние слоёв.

Для ввода ПО и автоматического перехода на оптимальный вторичный слой, необходимо дважды щёлкнуть ЛК в конце сегмента проводника. Добавить ПО и перейти на следующий доступный слой, лежащий *ниже* текущего слоя, можно нажав клавишу {F5}. Добавить ПО и перейти на следующий доступный слой, лежащий *выше* текущего слоя, можно нажав клавишу {F6}.

• Для выполнения процедур редактирования проводников и переходных отверстий необходимо щёлкнуть ПК и выбрать из контекстного меню одну из команд:

- **Move**
- **Copy Route**
- **Critic Route**
- **Change Via**
- **Change Wire Width,**

либо щёлкать по кнопкам на панели инструментов.

Если при редактировании установить флажок в окне **Checking** (над единицей измерения), то программа проверяет зазоры и не позволяет их нарушать.

• Перемещения сегментов проводников и переходных отверстий выполняют по команде **Move Route**. Режимы перемещения можно задавать в диалоге **Interactive Routing Setup** на закладке **General**. Если флажок в окне **Allow Jogs**, то сегмент изгибается вокруг вывода, флажок в окне **Push Routing** - неподвижный проводник или переходное отверстие отталкивается так, чтобы предотвратить нарушение правила зазоров.

• Копирование цепей выполняется командой **Copy Route**. Его можно установить, выбрав **Copy Route Mode** из контекстного меню, которое появляется при нажатии на ПК, или щёлкнув по кнопке **Copy Route** на панели инструментов. Копируемый проводник должен подключаться к выводу ЭРЭ и повторять форму копируемого проводника.

- Удаление ненужных изломов выполняется в режиме **Critic Route**. Режим включается ЛК по кнопке **Critic Route** на панели инструментов или из контекстного меню **Critic Route Mode**. Ненужные изломы в этом режиме удаляются перемещением существующих сегментов проводника.

- Тип ПО меняется командой **Change Via** из контекстного меню. Для этого вначале выбирается ПО, каким надо заменить существующие. Этот выбор задаётся в диалоге **Change Via Setup**.

- Изменить ширину существующего сегмента цепи, не изменяя правил, можно в режиме **Change Wire**. В этот режим можно перейти из контекстного меню, выпадающего после нажатия на ЛК. После первоначальной установки ширины цепи, её можно изменить, выбрав режим **Change Wire** и затем выбрать из контекстного меню **Setup Wire Parameters**. Поскольку в режиме **Change Wire** правила не устанавливаются и не изменяются, изменение ширины не сохраняется при переразводке сегмента. Если надо сохранить новую ширину при автоматической трассировке или переразводке, воспользуйтесь командой **protect**, чтобы запретить авто-трассировщику изменять проводники.

Например, на панели инструментов нажать на кнопку **Select Wire**. Выделить мышью нужные проводники и в поле ввода команд ввести команду **protect selected**. Перейти в режим выделения проводников **Select Wire**.

Создание полигонов

1. В режиме трассировки щёлкнуть ПК по рабочему полю и в режиме **Interactive Routing Menu** выполнить команду **Polygon Editing Menu**, после переключения контекстного меню выполнить команду **Add/Edit Polygon Mode**.

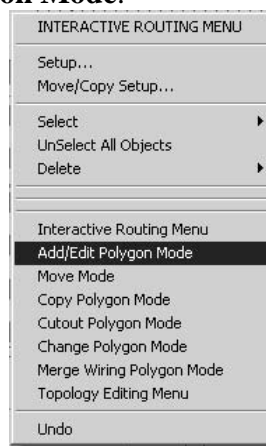


Рис.9.8.1

2. Щёлкнуть ЛК в первой точке полигона, затем 2-й и так замкнуть контур полигона. Площадь построенного полигона будет заштрихована мелкой решеткой (рис.9.8.2).

3. По окончании ПК и выполнить **Finish Polygon**.

4. Чтобы вырезать кусок полигона, надо выполнить команду **Cutout Polygon Mode** и при нажатой ЛК нарисовать на полигоне охватывающий прямоугольник. Фрагмент полигона будет удален (рис.9.8.3).

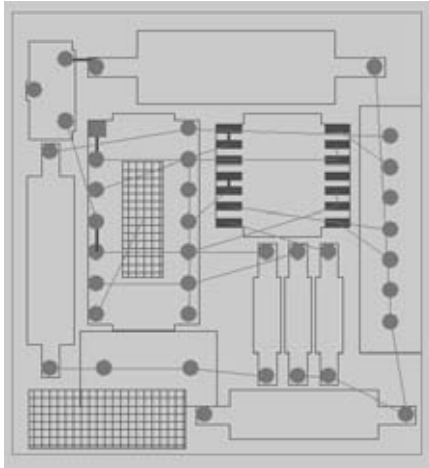


Рис.9.8.2

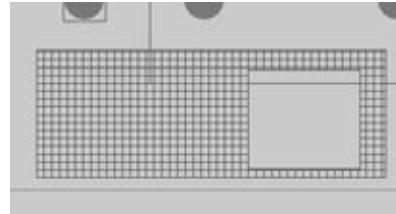


Рис.9.8.3

9.8.1. Подключение полигонов к цепям

1. Щелкнуть ЛК по полигону, который надо подключить к цепи Корпус. ПК и в меню **Interactive Routing** выполнить команду **Change Polygon Mode**. Далее из контекстного меню выполнить **Setup Change Polygon**. В открывшемся окне **Change Wiring Polygon Setup** в левой части в списке цепей выбрать цепь GND, а в правой слой, например, **Top**. Нажать **Apply** и ОК (рис.9.8.4).

После этого щелкнуть ЛК по полигонам, и они будут подключен к цепи Корпус тонкой линией (рис.9.8.5).

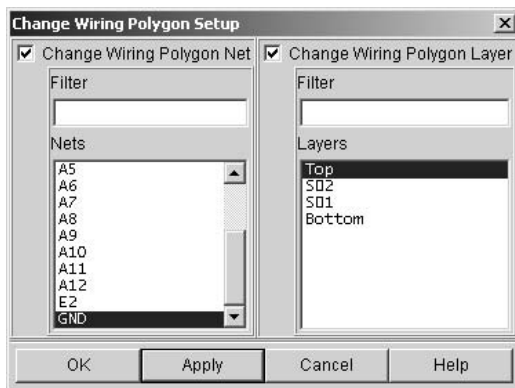


Рис.9.8.4

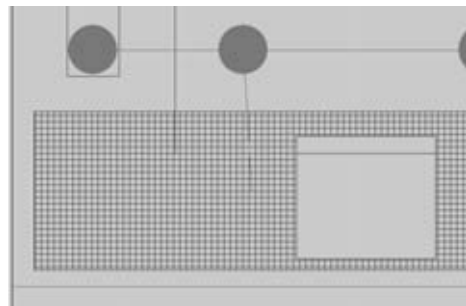


Рис.9.8.5

Далее для получения рисунка печатных проводников необходимо запустить любую из программ автотрассировки, например, **Autoroute/Route/Basic** (рис.9.8.6). Нажать **Apply** и ОК. Программа выполнит трассировку (рис. 9.8.7).

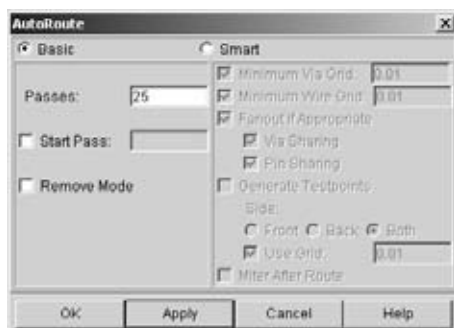


Рис.9.8.6

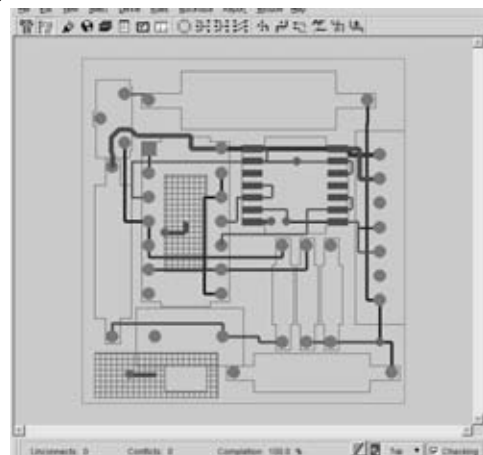


Рис.9.8.7

На рис.9.8.7 хорошо видно, что полигоны подключены к корпусу через переходные отверстия. Для улучшения качества трассировки выполнить команды **Post Route/Center Wires**, **Post Route/Spread Wires** (рис.9.8.8,а) и **[Un]Miter Corners** (рис.9.8.8,б). В результате будут отцентрованы проводники, увеличены зазоры между проводниками и скошены на 45 градусов углы проводников (рис.9.8.9).

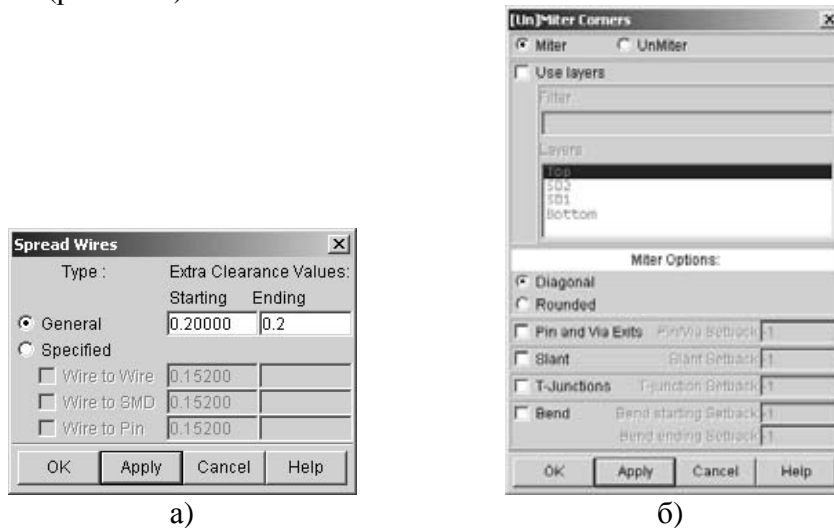


Рис.9.8.8

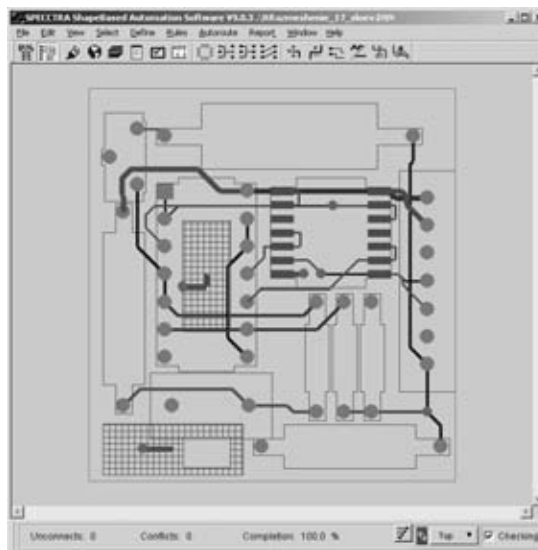


Рис.9.8.9

Для выхода из программы **SPECCTRA** выполнить команды **File/Write/Routes**. Открывается окно **Write Routes**, в котором, нажав кнопку **Browse** выбрать папку и название сохраняемого файла (рис.9.8.10,а). Выполнить команды **File/AutoSave**. Через кнопку **Browse** выбрать папку и задать название выходного файла **Razmeshenie_17_2sloev** и нажать **Apple** и **OK** (рис.9.8.10,б).



Рис.9.8.10

После этого закрыть окно программы **SPECCTRA**. Откроется окно **Save And File** (Сохранить и выйти). Вновь через просмотр выбрать папку и название файла и нажать кнопку

Сохранить и **Save And Quit** (рис.9.8.11). Программа **SPECCTRA** будет закрыта и результат проектирования перейдет в **P-CAD PCB** (рис.9.8.12).

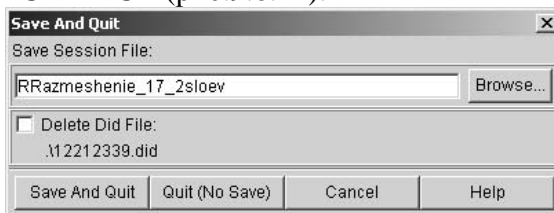


Рис.9.8.11

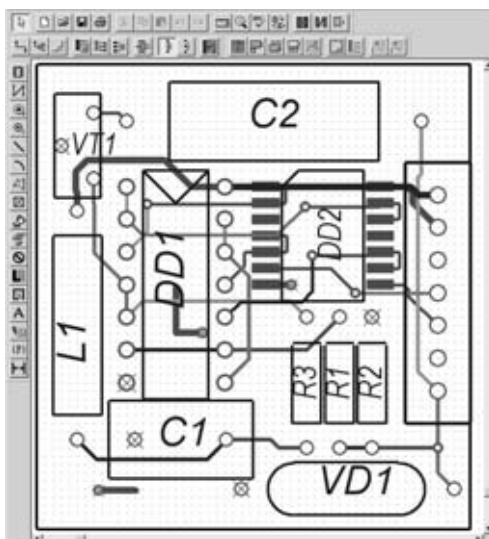


Рис.9.8.12

В данном случае в **P-CAD PCB** не передается изображение полигонов, а только проводники подключения их к цепи Корпус. Дальнейшее редактирование результатов проектирования целесообразно проводить в **P-CADe**.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие задачи конструкторского проектирования решает программа **SPECCTRA**?
2. Как вызывается программа **SPECCTRA** при решении задачи размещения ЭРЭ?
3. Как организован интерфейс программы в режиме размещения?
4. Какова последовательность действий при размещении ЭРЭ на ПП?
5. Как создается DO File программы?
6. Поясните порядок размещения ЭРЭ программой **SPECCTRA**.
7. Какими командами задаются зоны, запрещенные для размещения ЭРЭ?
8. Какими командами отображаются позиционные обозначения и номера выводов ЭРЭ?
9. Каким образом может быть отключено отображение неразведённых связей?
10. Каким образом восстановить на экране дисплея отображение неразведённых электрических связей?
11. Как производится размещение больших компонентов?
12. Как производится размещение малых компонентов?
13. Как запускается программа **SPECCTRA** при трассировке ПП?
14. Как организован интерфейс программы в режиме трассировки?
15. Как задаются условия трассировки в DO File программы?
16. Какие четыре основные команды используются при трассировке?
17. Какой командой меню задаются основные правила разводки соединений?
18. Какие команды используют для установки изображения ПП в центре экрана?
19. Как настроить слои ПП?
20. Какими командами устанавливаются правила трассировки?

21. Какими командами устанавливаются сетки разводки проводников?
22. Какими командами устанавливаются зазоры и ширина цепей?
23. Какими командами устанавливаются запрещенные области?
24. Как задаются правила работы трассировщика?
25. Как запустить режим улучшения трассировки?
26. Каким образом завершают работу программы SPECCTRA?
27. Как включается интерактивный режим трассировки?
28. Как выполняется настройка интерактивного режима?
29. Как создаются полигоны?
30. Какими командами производят подключение полигонов к цепям?
31. Какими командами выполняется выход из программы **SPECCTRA**?

Вывод на экран расположения ЭРЭ и слоев ПП (видеоролик 10)

В результате работы над проектом и выполнения всех основных процедур проектирования узла ПП получены следующие результаты:

- сформированы УГО радиоэлементов;
- разработаны посадочные места для конструктивных элементов схемы;
- упакованы выводы ЭРЭ;
- создана принципиальная электрическая схема;
- размещены конструктивные элементы на печатной плате;
- выполнены ручная, интерактивная и автоматическая трассировки ПП.

Сформированные системой в процессе проектирования файлы позволяют вывести на экран расположение элементов на плате и чертежи слоев ПП.

• Для получения рисунка верхнего слоя (**Top**) ПП необходимо запустить редактор **PCB** и выполнить команды **Options Layers**. В открывшемся окне **Options Layers** на закладке **Sets** выделить название слоя **Top**, затем слово **Top** набрать в окне **Set Name** и щелкнуть по кнопке **New**. В окне **Layer Sets** в существующий набор будет введено это имя (рис.10.1).

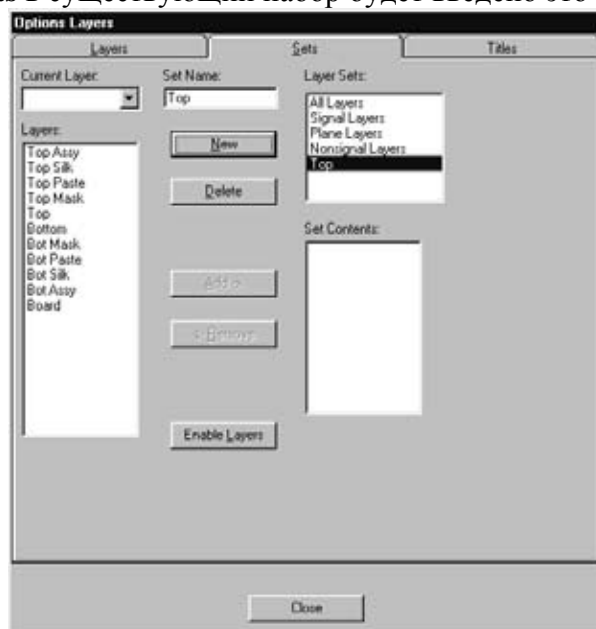


Рис.10.1

• После этого в окне **Layers** выделить название **Top** цветом и нажать кнопку **Add**. В окне **Set Contents** появится имя **Top**. Щелкнуть ЛК по кнопке **Enable Layers**, а затем по **Close** (рис.10.2).

• Для получения рисунка нижнего слоя **Bottom** необходимо выполнить ту же последовательность команд.

• После этого одновременное нажатие клавиш **Ctrl + 4** выводит на экран рисунок расположения радиоэлементов на плате (рис.10.3,а).

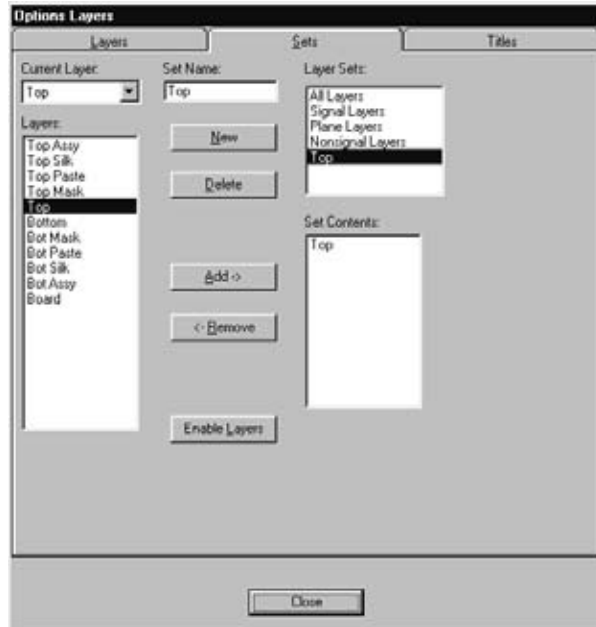


Рис.9.10

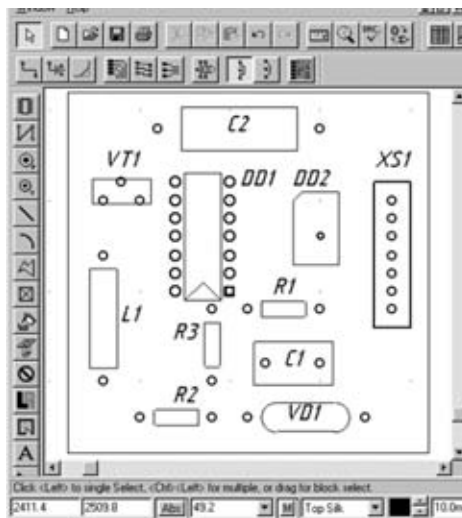


Рис.10.3,а

Нажатие клавиш **Ctrl + 5** и **Ctrl + 6** выводит рисунки проводников соответственно верхнего слоя **Top** и нижнего слоя **Bottom**. Анализ этих рисунков показывает, что в полученных трассах много лишних изломов. Поэтому в верхнем слое целесообразно откорректировать вручную проводники цепей A1, A5, A6, A7, A8, A9, A11, A13, +15V и земли (рис.10.3,б), а в нижнем слое – проводники A1, A2, A3, A4 и земли (рис.10.3, в).

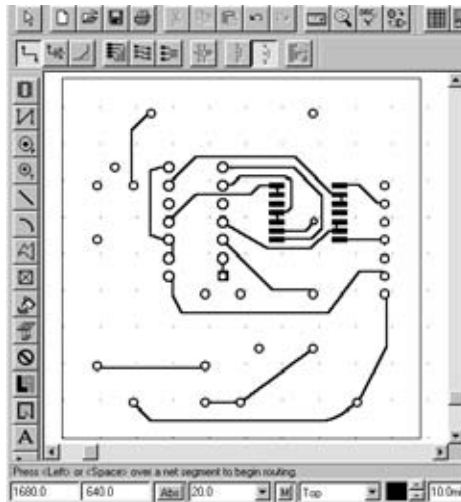


Рис.10.3,б

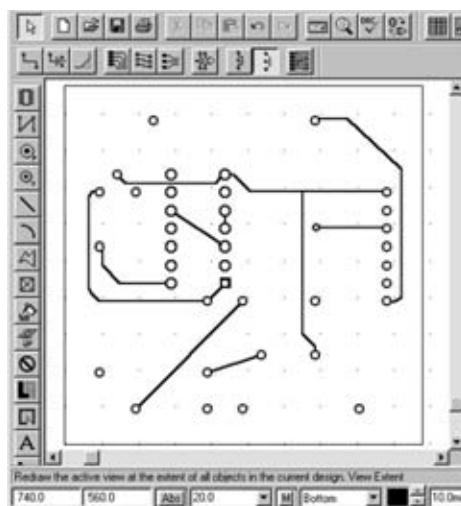


Рис.10.3,в

После соответствующего оформления и доработки этих рисунков можно получить требуемые чертежи на печатную плату [2, 3, 6].

Вопросы для самоконтроля

1. По окончании процедур проектирования узла ПП, какие получены результаты?
2. Что позволяют вывести на экран сформированные системой в процессе проектирования файлы?
3. Каким образом получают рисунок необходимого слоя?
4. При помощи каких клавиш выводится на экран рисунок расположения радиоэлементов на плате?
5. Нажатием каких клавиш выводят на экран рисунок проводников верхнего слоя?
6. Нажатием каких клавиш выводит на экран рисунок проводников нижнего слоя?

Вывод данных на печать (видеоролик 11)

Для вывода результатов проектирования на печатающее устройство или плоттер вначале открыть файл трассировки верхнего слоя **Top**. Выполнить команды **File/Print Setup**, где устанавливаются тип принтера и параметры печати (рис. 11.1).

По командам **File/Prints** (рис. 11.2) в поле **Minimum Line Width** установить минимальную ширину линий в 1, затем нажать кнопку **Setup Print Jobs** (установка печати) и перейти в меню составления заданий (рис.11.3).



Рис. 11.1

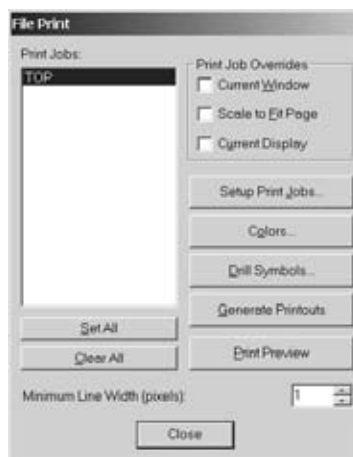


Рис. 11.2

В этом меню сначала каждому заданию в графе **Print Name** присвоить название. Вначале задать название **Top**. Затем в списке слоёв **Layers** указывают слой **Top**. (Нужные второй и последующие слои выбирают щелчком курсора при нажатой клавише Ctrl).

Из группы слоёв: **All Layers** – все слои; **Signal Layers** – слои металлизации; **Plane Layers** – несигнальные слои нажатием стрелки выбора слоёв (под кнопкой **Apply Layer Set**) выбрать набор **Signal Layers** (слои металлизации). Далее нажатием кнопки **Apply Layer Set** выбранные слои перенести в список **Layers**.

После этого установить опции печати:

- **Scale** – масштаб изображения задать равным 2;
- X и Y offset – смещение изображения от края бумаги по горизонтали и вертикали – 10;
- **Drill Symbol Size** – размер символов отверстий установить равным 2 мм.

В поле **Display Options** (Настройка дисплея) в окнах задаются соответствующие режимы вывода на печать объектов:

- **Rotate** – поворот изображения на 90 градусов по часовой стрелке;
- **Mirror** – зеркальное изображение;
- **Draft** – вывод контуров линий;
- **Thin Stroked Text** – изображение векторных шрифтов тонкими линиями;

Далее следуют окна для включения печати необходимых объектов проекта: **RefDes**, **Type** и т.д.

В данном случае режимы печати задать согласно рис. 11.3.

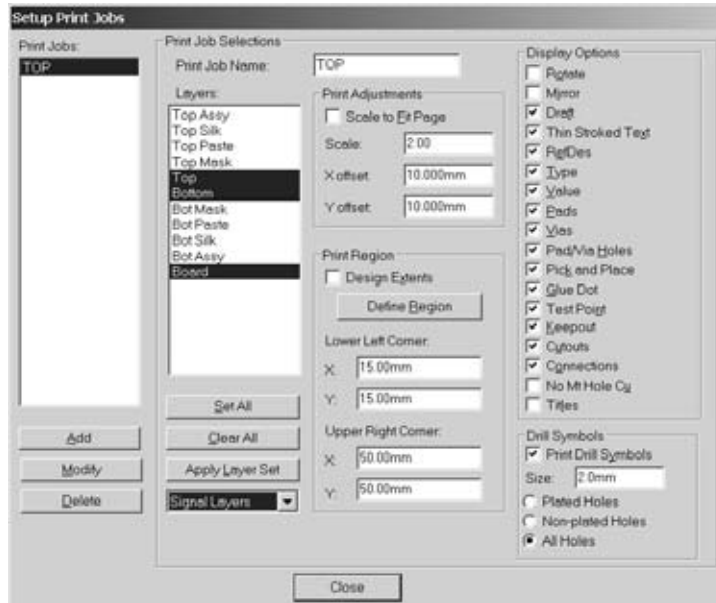


Рис. 11.3

Нажатием на кнопку **Add** занести задание на печать в список **Print Jobs**. Изменение в задание можно внести нажатием на кнопку **Modify**. Завершить составление задания нажатием на кнопку **Close**. Программа вернётся в меню рис. 11.2.

В нем щёлкнуть ЛК кнопкой **Drill Symbols** (Условные обозначения отверстий) и назначить графические символы отверстий разных диаметров (Рис. 11.4). Задаются они щелчком ЛК вначале по соответствующему отверстию (например, по 0,7), затем по выбранному символу (Circle X) и, наконец, по кнопке **Assign** (Назначить). После выбора всех символов нажать кнопку **Close**.

Программа вновь вернется к окну **File/Prints** (рис. 11.2). Для просмотра изображения, выводимого на печать, существует кнопка **Print Preview** (Предварительный просмотр). Вначале просмотрим все типы отверстий, помеченных на печатной плате. Для этого установить флажок в окне **Scale to Fit Page** и нажать кнопку **Print Preview**. На экран будет выведен рисунок платы с выделенными разными символами отверстий (рис.11.5). Для получения изображения рисунка слоя платы, выводимого на печать, необходимо установить ещё флажок и в окне **Current Display** (рис. 11.2) и вновь нажать кнопку **Print Preview**. На экран будет выведен рисунок слоя **Top** (рис. 11.6).

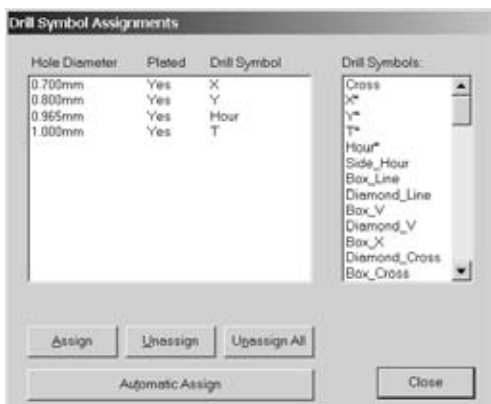


Рис. 11.4

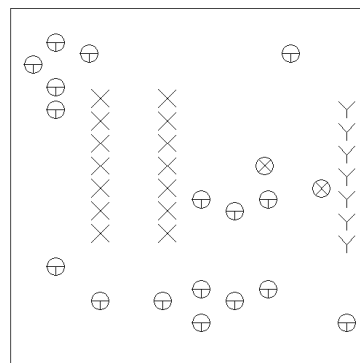


Рис. 11.5

Аналогичным образом, открывая файлы нижнего слоя **Bottom** и размещения элементов на плате, подготовить для печати рисунок нижнего слоя (рис. 11.7) и сборочного чертежа (рис.11.8).

Вывод на печать подготовленных заданий выполняется непосредственно командой **Print** (рис. 11.5 – 11.8) или после нажатия на кнопку **Generate Printouts** (Печать) (рис. 11.2).

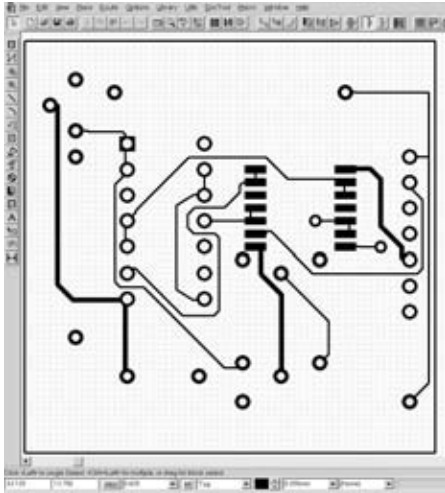


Рис.11.6

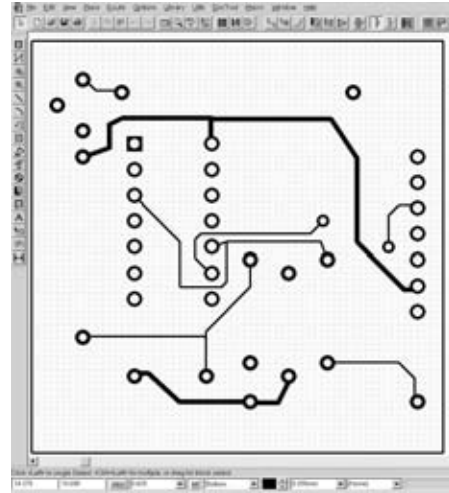


Рис. 11.7

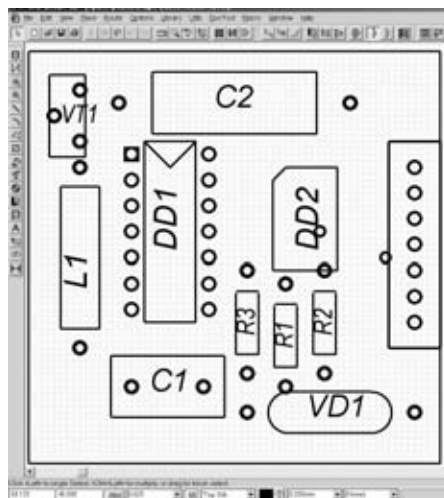


Рис. 11.8

Вопросы для самоконтроля

1. Какой файл вначале открывают перед выводом результатов проектирования на печатающее устройство?
2. Как перейти в меню составления заданий для вывода на печать?
3. В какой графе каждому заданию присваивают названия?
4. В каком поле задаются опции печати?
5. В окнах какого поля задаются режимы вывода объектов на печать?
6. Как заносится в список **Print Jobs** задание на печать?
7. Каким образом назначаются графические символы отверстий разных диаметров?
8. Какая существует кнопка для предварительного просмотра изображения, выводимого на печать?
9. Какой командой выполняется вывод на печать подготовленных заданий?

Словарь основных понятий и терминов

А

Add – присоединить, добавить
Add After – добавить после
Add Before – добавить впереди
Alphabetic – буквенный
Annotate Errors – пометка ошибок на ПП
Arrow – стрелка
Attribute – атрибут, дополнительная информация
Auto place – авто размещение
Auto Save – авто сохранение

В

Background – цвет, фон рабочего поля
Board – контур ПП
Bot Silk – нижний маркировочный слой
Bottom – нижний слой
Bottom side – нижняя сторона ПП
Browse – просмотр
Bus – шина питания, обшая цепь

С

Clearance – зазор
Clearance Violations – нарушение зазоров
Close – закрыть
Color – цвет
Color Palette – цветовая палитра
Component – электрорадиоэлемент
Component Information – информация о радиоэлементе
Component New – создать новый библиотечный элемент
Component Type – тип компонента
Connection – электрическая связь
Copy – копирование
Create Component – отдельный элемент
Current – действующий
Cut - вырезать

Д

Default – по умолчанию
Define – определение категорий
Disable – выключить режим
Design Rules – правила конструирования, проектирования
Doc Tool Toolbar – панель оформления документов
DO File – управляющий файл
Dot – точка
DRC (Design Rules Check) – проверка соблюдения правил проектирования ПП

E

Edit – редактировать

Ellipse – эллипс

Enable – включить режим

Entire Design – оптимизация проекта

ERC (Electrical Rules Check) – проверка соблюдения правил проектирования принципиальных схем

Exit – выход

F

File New – новый файл

Fix Net – фиксированная цепь

Flip – построение зеркального изображения

Font – шрифт

G

Gate – отдельный вентиль элемента

Gate Numbering – нумерация вентиля

Gate Swap – перестановка эквивалентных секций

Global - общий

Command Line – командная строка

Grid – координатная сетка

Grids Spacing – шаг сетки

H

Height – высота

Help - помощь

Heterogeneous component – неоднородный компонент (секции разных типов);

Homogeneous component – однородный компонент (все секции однотипны);

I

Increment Value – приращение нумерации

Input – вход

Inside – входной

Interactive интерактивный

J

Justification – выравнивание

K

Keepout – область запрета

Keys – ключ

L

Large Cross – большое перекрестье

Layer – слой

Length – длина

Library – библиотека
Line – проводник
Line spacing – расстояние между проводниками
Line width – ширина печатного проводника
Link – связь символа модуля иерархической структуры с его схемой
Load – загрузить
Long – большой (длинный)

М

Macro – макрокоманды
Manual - ручной
Manufacturing – обеспечение технологичности изготовления ПП
Miscellaneous – разнообразный
Miter – срезание, скашивание (углов)
Measure – режим измерения
Modify – модифицировать, изменять
Module – символ (модуль) иерархической структуры
Move – перемещение

Н

Name – имя
Net – цепь
Net Classes – классы цепей
Net list – список соединений
Net list Violations – проверка соответствия соединений проводников ПП исходным связям схемы
Numeric – цифровой
Number of Gates – количество вентилях (секций) в компоненте
Number of Pads – число выводов
None – никто, ничто (отрицание)
Normal – обычный компонент

О

Open – открыть
Options – настройка, установка
Options Configure – установка (настройка) конфигурации
Options Current Line – установка текущей линии
Options Display – настройка параметров экрана
Options Grids – установка сеток
Optimize Nets – оптимизация цепей
Options Pad Style – установка параметров монтажного отверстия
Orthogonal Modes – варианты ортогональности (горизонтально или вертикально)
Out – вне, наружу
Output – выход
Output Log File – протокол трассировки
Outside – выходной

Р

Pad – контактная площадка

Pad Definition – описание контактной площадки
Pad Style – параметры монтажного отверстия
Part – компонент
Pass – проход трассировки
Passive – вывод пассивного компонента;
Pattern – посадочное место
Pin – вывод компонента
Pin Count – количество контактов
Pin Length – длина вывода
Pin Name – имя вывода
Pin Des – номер вывода
Pin Orientation – установить ориентацию
Pin Swap – перестановка эквивалентных выводов
Place Arc – нарисовать дугу
Place Attribute – установка (присвоение) признака
Place Line нарисовать линию
Place Pin – установить вывод
Place Part – разместить корпус (элемент)
Place Port – разместить порт – обозначение соединения
Place Text – нанести надпись
Place Ref Point – установить точку привязки элемента
Plated – металлизация
Polygon – полигон, область (площадь) ПП, «заливаемая» медью
Post-routing – окончательная трассировка
Power – источник (цепь) питания
PCB (Printed Circuit Board) – печатная плата
Prerouting – предварительная трассировка
Properties – свойства

R

Rectangle – прямоугольник
RefDes (Reference designator) – позиционное обозначение
Refdes Prefix – префикс позиционного обозначения компонента.
Rename – переименование
Report – отчет
Rotation Increment – угол поворота объекта
Room – комната (область на ПП, где устанавливаются правила размещения)
Routing – трассировка печатных проводников
Rule – правило

S

Save – сохранить
Save As... – сохранить как ...
Save to File – сохранить как файл
Select – выбор объекта
Select Pattern – выбор типа корпуса компонента
Select Symbol – выбрать (присоединить) символ
Setup – установка
Shape – форма
Sheet Connector – соединитель листов схемы;
Sheetl – текущий лист схемы
Short – короткий

Signal – сигнальный слой
Silk Screen Violations – нарушение зазоров между КП или ПО и маркировкой
Simple Pad – штыревой вывод элемента с простым стеклом КП
Small Cross – маленькое перекрестье
Smart route – «находчивая» трассировка
Snap to grid – привязка курсора к узлам сетки
Spread – растяжение, увеличение зазоров
Starting Pad Number – начальный номер контакта
Strategy – набор параметров и правил автоматической трассировки
Swap – перестановка логически эквивалентных выводов или секций
Symbol – символ

T

Text Style – стиль текста
Thermal relief – тепловой барьер
Thru – штыревой тип вывода
Thick – толстый
Thin – тонкий
Title Sheets – форматки для листов
Tool – инструмент
Top – верхний слой
Top side – верхняя сторона ПП
Top Silk – верхний маркировочный слой
Type – тип

V

Value – значение
Verification – проверка правильности
Vertical – вертикально
Via – переходное отверстие
View Report – вывод (просмотр) отчета на экран
Visibility – видимость

U

Unknown – неизвестный
Units – единицы измерения
Unconnected Pins – неподсоединенные выводы
Undo – возврат
Unrouted Nets – неразведенные цепи
User – пользователь
Utils – служебные команды

W

Width – ширина
Wire – проводник
Workspace – рабочее пространство

Z

Zooming – изменение масштаба изображения

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

КП – контактная площадка

ЛК – левая кнопка мыши

ПК – правая кнопка мыши

ПМ – посадочное место

ПО – переходное отверстие

ПП – печатная плата

МПП – многослойная печатная плата

УГО – условное графическое обозначение

ЭРЭ – электрорадиоэлементы

Запись вида «Options/Configure» означает последовательное выполнение команд

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мактас М. Я. Восемь уроков по P-CAD 2001: учебное пособие для студентов вузов/ М. Я. Мактас. Издание 2-е, дополненное /. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 224 с.: ил. – (Серия «Библиотека студента»).
2. Разевиг В. Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 2001/В. Д. Разевиг. – М.: Солон-Р, 2004. – 560 с.: ил.
3. Уваров А. P-CAD 2002 и SPECSTRA. Разработка печатных плат/ А. Уваров. – М.: Солон-Пресс, 2005. – 320 с.: ил.
4. Стешенко В. Б. P-CAD. Технология проектирования печатных плат / В. Б. Стешенко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 720 с.: ил.
5. Лопаткин А. В. P-CAD 2004. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.: ил.
6. Саврушев Э.Ц. P-CAD 2006. Руководство Схемотехника, администратора библиотек, конструктора. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007г. – 768с.:ил.
7. Усаченко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. – М.: Изд. Стандартов, 1989. – 325 с.
8. Автоматизированное конструирование монтажных плат РЭА: Справ. специалиста./ А.Т. Абрамов, В.Б. Артемьев, В.П. Богданов и др.; Под ред. Л.П. Рябова. – М.: Радио и связь, 1986. – 192 с.
9. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР: Учеб. Для вузов. – М.: Радио и связь, 1990. – 352 с.

Описание видеороликов обучающей системы по САПР P-CAD

Обучающая система записана средствами системы macromedia CAPTIVATE. Она представляет собой набор из одиннадцати практических видеороликов-работ, посвященных демонстрации всех основных процедур проектирования узлов печатных плат средствами САПР P-CAD. Каждый из них демонстрирует процедуры проектирования и команды САПР P-CAD, позволяющие выполнить необходимые действия для получения соответствующих элементов, создаваемых в процессе проектирования узлов ПП. Предложенная методика обучения системе P-CAD предполагает изучение САПР P-CAD по пособию и обучающей системе. Общие теоретические сведения изложены только в пособии, а практические навыки по проектированию могут приобретаться как по урокам, описанным в пособии, так и с помощью обучающей системы

Для запуска обучающей системы на компьютере предварительно должен быть установлен проигрыватель видеофильмов AdobeFlashPlayer9_axDbg_mul.msi, ...

Кнопки управления демонстрацией стандартные, соответствующие обычному проигрывателю аудио- и видео файлов – Player.

Перечень видеороликов практических работ обучающей системы проектирования печатных плат в САПР P-CAD

№ Видеоролика	№ практической работы	Название практической работы
1	2	Создание условных графических обозначений (УГО) элементов электрических схем средствами графического редактора P-CAD Symbol Editor
2	3	Разработка посадочных мест (ПМ) конструктивных электрорадиоэлементов (ЭРЭ) средствами графического редактора P-CAD Pattern Editor
3	4	Упаковка выводов конструктивных элементов (перенос схемы на ПП) в САПР P-CAD (средствами программы P-CAD Library Executive)
4	5	Создание электрических схем графическим редактором P-CAD Schematic
5	6 (ч.1)	Настройка графического редактора печатных плат P-CAD PCB .
6	6 (ч.2)	Размещение конструктивных элементов на печатной плате редактором P-CAD PCB
7	7 (ч.1)	Трассировка проводников печатных плат в ручном режиме средствами графического редактора печатных плат P-CAD PCB
8	7 (ч.2)	Трассировка проводников печатных плат в интерактивном режиме средствами графического редактора печатных плат P-CAD PCB
9	8	Трассировка проводников печатных плат в автоматическом режиме автотрассировщиком Shape Route
10	9	Подготовка чертежей слоев печатной платы и размещения ЭРЭ на ПП
11	10	Вывод результатов проектирования ПП на печать

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
УРОК №1	
ТЕМА: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ P-CAD	5
1.1. Состав системы P-CAD	5
1.2. Основные технические характеристики системы	6
1.3. Запуск системы	6
1.4. Организация пользовательского интерфейса	6
1.5. Порядок проектирования печатных плат	8
1.6. Исходные данные для проектирования	8
УРОК №2	
ТЕМА: СОЗДАНИЕ УСЛОВНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТОВ	10
2.1. Общие сведения о графическом редакторе Symbol Editor	10
2.1.1. Создание библиотеки ЭРЭ	11
2.2. Создание УГО микросхемы К511ПУ2	11
2.2.1. Порядок создания УГО элемента «НЕ-И»	11
2.2.2. Порядок создания УГО элемента «2И-НЕ»	17
2.3. Создание УГО микросхемы 133ЛА6	20
2.4. Создание УГО транзистора КТ3102Г	25
2.5. Создание УГО диода КД403А	27
2.6. Создание УГО резистора	29
2.7. Создание УГО катушки индуктивности	31
2.8. Создание УГО конденсатора	33
2.9. Создание УГО электрического соединителя ОН-КС-10	35
2.10. Создание УГО символа «Корпус»	36
УРОК №3	
ТЕМА: РАЗРАБОТКА ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ ДЛЯ МОНТАЖА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	39
3.1. Основные сведения о программе P-CAD Pattern Editor	39
3.2. Создание посадочного места для микросхемы 133ЛА6 с планарными выводами	40
3.3. Создание посадочного места для микросхемы К511ПУ2 со штыревыми выводами	45
3.4. Создание посадочного места транзистора КТ3102Г	52
3.5. Создание ПМ диода КД403	55
3.6. Разработка ПМ резистора ОМЛТ-0.125	58
3.7. Создание посадочного места конденсатора К73-15	61
3.8. Создание посадочного места конденсатора К10-43А	64
3.9. Создание посадочного места катушки индуктивности Д 1-1.2-1	67
3.10. Разработка посадочного места электрического соединителя ОН-КС-10	69
3.11. Создание посадочного места «Корпус»	72
3.12. Создание посадочного места прямоугольной микросхемы	73
3.13. Создание файла технологических параметров проектов	76

УРОК №4	
ТЕМА: УПАКОВКА ВЫВОДОВ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЭС	
	79
4.1. Общие сведения о программе Library Executive	79
4.2. Упаковка выводов микросхемы 133ЛА6	80
4.3. Создание библиотечного элемента микросхемы К511ПУ2	85
4.4. Создание библиотечного элемента для транзистора КТ3102Г	88
4.5. Создание библиотечного элемента диода КД403А	90
4.6. Создание библиотечного элемента конденсатора К73-15	92
4.7. Создание библиотечного элемента конденсатора К10-43	93
4.8. Создание библиотечного элемента резистора ОМЛТ-0.125	95
4.9. Создание библиотечного элемента катушки индуктивности Д1-1,2-1	97
4.10. Создание библиотечного элемента электрического соединителя ОН-КС-10	98
4.11. Создание библиотечного элемента «Корпус»	100
УРОК №5	
ТЕМА: СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ГРАФИЧЕСКИМ РЕДАКТОРОМ P-CAD SCHEMATIC	
	102
5.1. Общие сведения о графическом редакторе P-CAD Schematic	102
5.2. Создание схемы электрической принципиальной	103
УРОК №6	
ТЕМА: РАЗМЕЩЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ	
	116
6.1. Общие сведения о графическом редакторе P-CAD PCB	116
6.2. Размещение электрорадиоэлементов на печатной плате	117
6.3. Особенности проектирования многослойных печатных плат	127
6.4. Создание контактных площадок и переходных отверстий МПП	129
6.5. Создание гладких крепежных отверстий	132
6.6. Создание областей металлизации и экранных слоев	134
6.7. Простановка размеров	136
УРОК №7	
ТЕМА: РУЧНАЯ И ИНТЕРАКТИВНАЯ ТРАССИРОВКИ ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	
	138
7.1. Подготовка к трассировке	138
7.2. Ручная трассировка соединений печатной платы	141
7.3. Интерактивная трассировка цепей печатной платы	146
7.4. Проверка печатной платы	153
7.5. Создание металлизированных областей на печатной плате	155
УРОК №8	
ТЕМА: АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	
	158
8.1. Автоматическая трассировка печатных плат программой Quick Route	158
8.2. Автоматическая трассировка печатных плат программой Shape-Based Route	163
8.2.1. Настройка стратегии трассировки	164
8.2.2. Трассировка печатной платы	167

УРОК №9	
ТЕМА: РАЗМЕЩЕНИЕ ЭРЭ И ТРАССИРОВКА ПРОВОДНИКОВ	
ПРОГРАММОЙ SPECSTRA	171
9.1. Основные сведения о программе SPECSTRA	171
9.2. Подготовка проекта	171
9.3. Запуск программы SPECSTRA при размещении элементов	171
9.4. Интерфейс программы в режиме размещения элементов	173
9.5. Запуск программы SPECSTRA при трассировке цепей	178
9.6. Интерфейс программы в режиме трассировки цепей	182
9.7. Интерактивная трассировка	195
9.8. Создание полигонов	200
Вывод на экран расположения ЭРЭ и слоев ПП	205
Вывод данных на печать	208
Словарь терминов	211
Сокращения	216
Литература	217
Описание видеороликов обучающей системы по САПР P-CAD	218
Перечень видеороликов практических работ обучающей системы проектирования печатных плат в САПР P-CAD	219

Вам необходим прорыв в бизнесе? Обучите этому сотрудников!

Этим уже воспользовались Siemens, Samsung, Motorola, Mitsubishi, Nokia, Huawei...

Мировой и европейский опыт ТРИЗ-обучения в России

Впервые: непрерывное ТРИЗ-образование для создания инноваций в бизнесе, электронике, машиностроении, энергетике и ТЭК, экономике и гуманитарных областях ...

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Для школьников, студентов
любого профиля
и всех начинающих –
сертификат МТРИЗ Ученик



Для специалистов любого
профиля, магистрантов
и студентов – **сертификаты
МТРИЗ Юниор и Практик**



Для продвинутых
пользователей-практиков
и как завершающая часть для
сертификата МТРИЗ Практик



УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (СОФТВЕР)
трех уровней



Дистанционное Интернет-обучение и сертификация в Модерн ТРИЗ Академии

Инновационные подходы в методике обучения с использованием дистанционных форм и индивидуальных контактов, опирающиеся на 10-летний опыт успеха.

Партнер
международной академии **МТРИЗ** в России
Контактное лицо:
Митин Владимир Александрович

**Заказ Интернет обучения,
семинаров и WEB-конференций**
www.solon-press.ru, e-mail: triz@coba.ru
Телефон: (495) 254-44-10, (499) 795-73-26

Серия «Библиотека инженера»

М.Я. Мактас
УРОКИ ПО САПР P-CAD
И СПЕCSТРА

Обложка
СОЛОН-ПРЕСС

ООО «СОЛОН-ПРЕСС»

123242, Москва, а/я 20

Телефоны:

(499) 254-44-10, (499) 795-73-26, (499) 252-25-21

E-mail: avtor@coba.ru

Первый завод 200

ООО «Ремонт и Сервис»

127006, г. Москва, ул. Садовая-Триумфальная, д. 18/20

Формат 60×88/8. Объем 28 п. л. Тираж 500