

*Лопаткин А.В.*

**Проектирование  
печатных плат  
в РСAD 2001**

**Н. Новгород - 2002**

УДК 621.396

Лопаткин А.В.

**Проектирование печатных плат в системе P-CAD 2001.** Учебное пособие для практических занятий. - Нижний Новгород, НГТУ, 2002.- 190 стр.

Редактор: Лопаткин А.В.

*Представлена структура системы проектирования печатных плат P-CAD 2001. На практических примерах рассмотрены основные возможности системы и приемы проектирования, создания библиотечных элементов. Пособие разработано на базе фирменных руководств пользователя, поставляемых фирмой ACCEL Technologies Inc., и будет полезно для специалистов-конструкторов РЭС и студентов вузов соответствующих специальностей, начинающих осваивать пакет.*

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Система проектирования радиоэлектронной аппаратуры P-CAD, разработанная первоначально фирмой ALTIUM (An IBM Company), на сегодняшний день является одной из самых мощных, полных и последовательных систем автоматизированного проектирования для персональных компьютеров. Изначально P-CAD представлял собой пакет специализированных модулей, тесно связанных друг с другом и охватывающих все этапы разработки и изготовления печатных плат. Начиная с версии P-CAD 2001, в состав пакета включен модуль схемотехнического моделирования электронных устройств, позволяющий проектировать аналоговые, логические и смешанные, аналого-цифровые устройства.

Программные средства системы позволяют автоматизировать весь процесс проектирования электронных средств, начиная с ввода принципиальной схемы (ПС), ее моделирования, упаковки схемы на печатную плату (ПП), интерактивного размещения радиоэлектронных компонентов (РЭК) на ПП и автотрассировки соединений, вплоть до получения конструкторской документации и подготовки информации для производства плат на технологическом оборудовании.

Наибольшую известность и самое широкое распространение в нашей стране получила версия 4.50 системы, разработанная в конце 1989 года. Она продолжает активно использоваться разработчиками, хотя к настоящему времени выпущена уже версия 8.7 для DOS и версия P-CAD 2001 для Windows. Версия 4.50 русифицирована, для нее создана обширная графическая библиотека и написаны драйверы для используемого в нашей стране технологического оборудования.

Сейчас на предприятиях можно встретить разные версии системы. С этой точки зрения полезно познакомиться с историей развития пакета.

Версия P-CAD 5.0 (январь 1992 г.). За счет изменения организации работы с расширенной памятью увеличен максимальный размер проекта. В редакторе печатных плат введен текущий контроль технологических ограничений при ручной трассировке платы. Основное новшество - включение в автоматический трассировщик команд ручного редактирования. Однако этот опыт оказался неудачным и распространение версий пятого поколения было прекращено.

Версия P-CAD 6.0 (июль 1992 г.). Ориентирована на машины с процессорами не ниже 80386, мониторами не хуже VGA, ОЗУ не менее 4 Мб. За счет перехода к арифметике с плавающей запятой на два порядка повышена разрешающая способность графических редакторов и практически сняты ограничения на сложность проекта. Основное достоинство - повышение качества трассировки печатных плат за счет устранения ошибок в алгоритме оптимизации P-CAD 4.50. Кроме того, введен ряд полезных дополнений, касающихся диалога с пользователем. Версия была русифицирована

Версия P-CAD 7.0 (октябрь 1993 г.). Основные изменения внесены в интерфейс системы: не исчезающие выпадающие меню; "горячие" клавиши; кратковременный выход в DOS из всех приложений; шаблоны баз данных для первоначальной установки; повышенная скорость вычерчивания экрана и т.д.

Версия P-CAD 8.0 (сентябрь 1994 г.). Предусмотрена возможность установки P-CAD под управлением WINDOWS (сам пакет по-прежнему работает под DOS) и сделано более 70 изменений, касающихся, использования средств Windows, а также повышения качества трассировки и удобства работы с системой.

Версия P-CAD 8.5 (октябрь 1995 г.). Система работает под DOS, но поставляется не только на дискетах, но и на оптических дисках. Внесены небольшие изменения в интерфейс системы.

29 февраля 1996 года фирма ACCEL Technologies организовала презентацию давно ожидаемой версии системы разработки печатных плат для Windows. Одновременно со сме-

ной владельца фирмы она получила новое название *ACCEL EDA, версия 12.0*. Однако ветвь P-CAD для DOS продолжала развиваться и осенью 1996 года была выпущена следующая *версия P-CAD 8.6*, а весной 1997 года – *версия 8.7*. Ни каких особых нововведений в этих версиях не было. На этом закончилось развитие P-CAD для DOS.


Осенью 1997 года была выпущена *версия 13 версия ACCEL EDA*, в которой были произведены некоторые изменения по сравнению с версией 12. Так, в частности было увеличено число одновременно открытых библиотек с 10 до 99, добавлена утилита Interoute Gold для ручной трассировки методом Push and Shove (раздвигая и проталкивая мешающие проводники), введена «горячая» клавиша **Q** для изменения типа сглаживания линий., введена команда File/Design Technology Parameters для задания различных технологических параметров проекта и т. д.

В 1998 году была выпущена *версия 14*, а в сентябре 1999 года *версия 15 пакета ACCEL EDA*. 17 января 2000 года произошло слияние двух ведущих разработчиков EDA (Electronic Design Automation) систем – фирм Protel International и ACCEL Technologies, которые объединили свои совместные усилия под торговой маркой фирмы Protel.

С марта 2000 года пакет ACCEL EDA сменил название – снова стал называться *P-CAD и получил номер 2000*. Фирма Protel много сделала для развития пакета P-CAD и доведения его функциональности до уровня своего пакета Protel 99SE. Так в состав пакета P-CAD 2000 был внедрен новый бессеточный трассировщик, который оставил серьезную конкуренцию, использовавшемуся ранее трассировщику SPECCTRA фирмы CADANCE. В новой версии P-CAD 2001 добавлен модуль моделирования аналоговых, цифровых и смешанных (аналого-цифровых) схем SIM99, использующий популярный стандарт SPICE.

Данное учебное пособие предназначено для студентов и специалистов, начинающих осваивать пакет P-CAD для Windows. За основу взята версия P-CAD 2000, наиболее полная и получившая наибольшую известность. Пособие построено как руководство по практическому использованию пакета – вначале ставится задача, а затем указывается путь ее решения. По шагам подробно рассматриваются все основные этапы разработки печатной платы, начиная с ввода схемы и кончая редактированием топологии проводников. В пособии приняты следующие соглашения (см. таблицу 1-1). При необходимости даются краткие теоретические сведения.

Таблица 1-1

Обозначение в тексте	Назначение
• <b>Установите метрическую систему единиц и формат чертежа А4</b>	Таким образом формулируется задача, которую необходимо выполнить. Далее в тексте дается пошаговый алгоритм ее выполнения, который нужно реализовать.
<b>Программы ⇒ P-CAD2000 ⇒ Schematic</b>	Полужирным шрифтом выделяются названия программ пакета, панелей, команды основного меню и кнопки
<b>210mm</b>	Так выделяется текст, который нужно набрать на клавиатуре
<b>SHIFT</b> <b>R ⇒ D</b>	Так обозначаются отдельные клавиши на клавиатуре, так последовательно нажимаемые,
<b>SHIFT/R</b>	а так одновременно нажимаемые
в рамке <i>Workspace Size</i>	Курсивом выделяются названия рамок, радиокнопок и команд на панелях
 <i>Перейти от дюймовой системы единиц к метрической. ...</i>	Так выделяются важные моменты, советы и рекомендации

## 2 СТРУКТУРА СИСТЕМЫ P-CAD 2001 И ЕЕ ВОЗМОЖНОСТИ

*Система P-CAD 2000 представляет собой пакет программ, тесно связанных друг с другом. В данном разделе рассматривается структура системы, назначение и взаимосвязь основных ее частей.*

### 2.1 Структура системы P-CAD 2001

Система P-CAD 2000 предназначена для проектирования многослойных печатных плат (ПП) аналоговых, цифровых и аналого-цифровых устройств. Она состоит из четырех основных модулей и ряда вспомогательных программ (см. рис. 2-1).

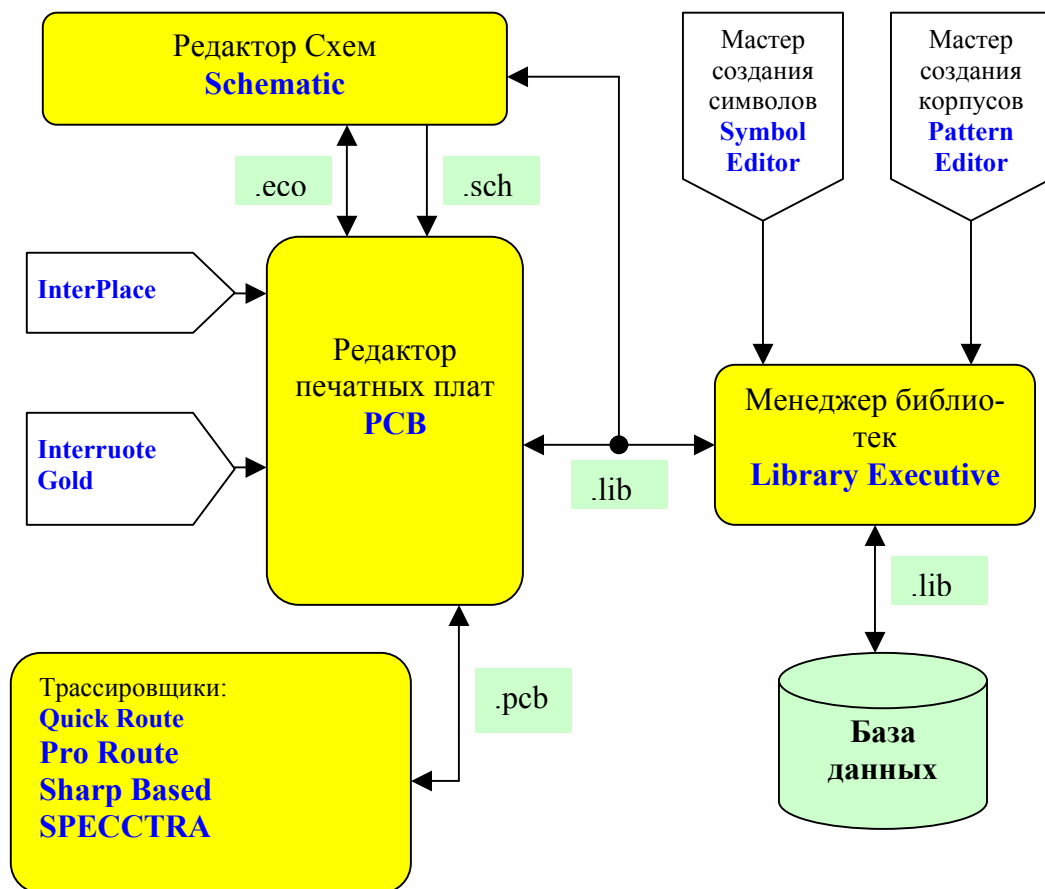


Рис. 2-1. Структура системы P-CAD 2001

**Редактор схем – Schematic.** Графический редактор для ввода принципиальных схем изделий. Легко позволяет создавать сложные многолистовые схемы, в том числе с иерархической структурой. Обладает средствами проверки схем. Позволяет создавать и помещать в библиотеки символы новых компонентов и редактировать существующие.

**Редактор печатных плат – PCB.** Графический редактор для работы с односторонними, двухсторонними и многослойными печатными платами. Позволяет в ручном режиме создавать контур печатной платы, проводить размещение компонентов. В ручном и интерактивном режимах может быть осуществлена трассировка и редактирование проводников. Осуществляет контроль за соблюдением установленных технологических норм и правил.

Позволяет выделять на плате отдельные участки (комнаты) с различающимися проектными нормами.

**Relay** -- упрощенный графический редактор ПП, предназначенный для коллективной работы над проектом. Является аналогом графического редактора P-CAD PCB с ограниченными возможностями. С его помощью разработчик схем может выполнить предварительное размещение компонентов, проложить наиболее критичные трассы, задать информацию о ширине ряда цепей и допустимых зазорах и передать эти данные конструкторам. Печатные платы можно просматривать, вручную редактировать и выполнять вывод на принтеры и плоттеры. Нельзя создавать управляющие файлы фотоплоттеров и станков с ЧПУ, трассировать проводники в интерактивном и автоматическом режимах, создавать слои металлизации, выполнять корректировку проектов ECO и ряд других операций.

**Interoute Gold** – дополнительная утилита для PCB, позволяющая в интерактивном режиме прокладывать проводники, автоматически раздвигая мешающие. Существенно облегчает и ускоряет процесс ручной и интерактивной трассировки проводников.

**InterPlace** -- DBX утилита для PCB, представляющая собой интерактивное средство размещения компонентов. Размещение компонентов выполняется с учетом имеющихся технологических требований. Компоненты могут быть объединены в физические или логические группы и размещены на плате, выровнены, перемещены или повернуты.

**PCS** (Parametric Constraint Solver) представляет собой DBX-утилиту, данные в которую передаются из Schematic и P-CAD PCB. В ней имеется окно для просмотра списка компонентов и списка цепей проекта. Программа PCS вызывается автономно после загрузки принципиальной схемы в Schematic или печатной платы в P-CAD PCB или выбором команды в этих программах. Утилита Parametric Constraint Solver позволяет задать набор правил проектирования (ширина проводника отдельной цепи, значения зазоров, типы переходных отверстий и т. п.) для передачи их программам авторазмещения компонентов, автотрассировки проводников, контроля за соблюдением технологических ограничений DRC и изготовления печатных плат на этапах создания принципиальной схемы и ранних этапах работы с печатными платами. Правила проектирования задаются в виде констант или математических выражений.

**Library Executive** - менеджер библиотек с расширенными возможностями. Предназначен для работы с интегрированными библиотеками, которые содержат графическую информацию о символах и типовых корпусах компонентов и текстовую упаковочную информацию. В этом принципиальное отличие от P-CAD для DOS, имеющем отдельные библиотеки символов и корпусов, содержащих как графическую, так и повторяющуюся текстовую информацию.

В интегрированной библиотеке каждому символу могут быть сопоставлены несколько вариантов корпусов. Библиотеки легко пополняются с помощью графических редакторов, а упаковочная информация о цоколевке компонентов, логической эквивалентности выводов и т.п. координируется администратором библиотек.

Library Executive имеет средства поиска, импорта атрибутов компонентов, верификация библиотек и проектов, которые отсутствуют у ранее использовавшегося для работы с библиотеками Library Manager.

**Shape-Based Autorouter** -- бессеточная программа автотрассировки ПП. Модуль предназначен для автоматической разводки многослойных печатных плат с высокой плотностью размещения элементов, особенно с применением технологии поверхностного монтажа для корпусов элементов, выполненных в различных системах координат. Здесь имеется возможность размещения проводников под различными углами на разных слоях платы, оптимизации их длины и числа переходных отверстий. Современные бессеточные алгоритмы трассировки позволяют анализировать полезную площадь печатной платы, многократно выполнять процедуры расталкивания, разрывания и перерисовки проводников с целью получения наиболее эффективного их расположения. Модуль запускается непосредственно из редактора P-

CAD PCB в виде отдельного приложения, позволяющего производить разводку печатной платы как в автоматическом, так и интерактивном режиме. Имеется возможность блокировки предварительно размещенных проводников. Стратегия трассировки задается с помощью включения соответствующих опций и флагов в управляющих диалоговых окнах.

**Document Toolbox** -- дополнительная опция ACCEL P-CAD PCB и Schematic для размещения на чертежах схем или печатных плат различных диаграмм и таблиц, составления различных списков и отчетов, которые динамически обновляются, таблиц сверловки, данных о структуре платы, технологической и учетной информации, размещения на чертежах схем списков соединений, выводов подключения питания и другой текстовой информации.. Программа предназначена для расширения возможностей выпуска технической документации без использования чертежных программ типа AutoCAD. Document Toolbox позволяет автоматизировать создание конструкторской документации, необходимой для производства проектируемых печатных плат.

## 2.2 Возможности системы P-CAD при проектировании печатных плат

Система P-CAD 2001 выполняет полный цикл проектирования печатных плат, а именно:

- ✓ графический ввод электрических схем;
- ✓ смешанное аналого-цифровое моделирование на основе ядра SPICE3;
- ✓ упаковку схемы на печатную плату;
- ✓ интерактивное размещение компонентов;
- ✓ интерактивную и автоматическую трассировку проводников;
- ✓ контроль ошибок в схеме и печатной плате;
- ✓ выпуск документации;
- ✓ анализ целостности сигналов и перекрестных искажений;
- ✓ подготовку файлов Gerber и NC Drill для производства печатных плат;
- ✓ подготовку библиотек символов, топологических посадочных мест и моделей компонентов.

Система P-CAD 2001 обладает при вводе схемы и проектировании печатной платы следующими возможностями:

- ✓ 32-разрядная база данных;
  - ✓ «горячая» связь между редактором плат и схемным редактором;
  - ✓ возможность прямой и обратной коррекции (схемы и платы).
- для схемы**
- ✓ минимальный шаг сетки 0,1 мил в английской системе и 0,001 мм в метрической. Систему единиц можно изменить на любой фазе проекта;
  - ✓ не более 20000 компонентов в одной библиотеке;
  - ✓ не более 99 открытых библиотек. Библиотеки можно открывать по мере необходимости;
  - ✓ не более 64000 цепей в проекте;
  - ✓ не более 10000 выводов в компоненте;
  - ✓ не более 5000 секций в компоненте;
  - ✓ не более 2000 символов в атрибуте;
  - ✓ не более 2000 символов в текстовой строке;
  - ✓ не более 20 символов в имени вывода, имени цепи, позиционном обозначении вывода (пробелы, знаки табуляции, точки и скобки не допускаются);
  - ✓ не более 30 символов в имени типа компонента (пробелы и знаки табуляции не допускаются);



- ✓ не более 30 символов в позиционном обозначении компонента (символы кириллицы, пробелы, знаки табуляции, точка и точка с запятой не допускаются).
- ✓ не более 999 страниц схем, максимальный размер листа 60х60 дюймов;
- ✓ дискретность угла поворота компонента в схеме 90 град;
- **для платы**
- ✓ максимальный размер проектируемой печатной платы 60х60 дюймов;
- ✓ не более 999 слоев на печатной плате, из них 11 слоев предварительно определены;
- ✓ неограниченное количество компонентов в проекте;
- ✓ не более 64000 типов контактных площадок в проекте;
- ✓ ширина трассы не более 1 см (394 мил);
- ✓ минимальный угол поворота объекта на плате 0,1 град;
- ✓ не более 64000 стилей стеков контактных площадок в проекте;
- ✓ контактные площадки 11 форм;
- ✓ контроль соблюдения зазоров и полноты разводки ПП.

### 2.3 Требования к аппаратному обеспечению

P-CAD 2001 работает в среде Windows 95, Windows NT или Windows 98 на платформе IBM. Минимально требуемая конфигурация:

- ✓ процессор Pentium-133 (рекомендуется старше Pentium-200);
- ✓ 32 МВ оперативной памяти (рекомендуется 64 МВ);
- ✓ не менее 170 Мб дисковой памяти (винчестер) или разделяемый диск в сети ЭВМ (для полного комплекта);
- ✓ монитор VGA с разрешением не ниже 800х600;



### 3 НАСТРОЙКА СХЕМНОГО РЕДАКТОРА

*Перед началом работы над проектом необходимо настроить систему для получения комфортной среды разработки.*

#### 3.1 Запуск редактора схем (Schematic)

- Запустите схемный редактор.

1) Нажмите кнопку **Пуск** на панели задач Windows. В появившемся меню задач Windows последовательно указывайте курсором пункты **Программы** ⇒ **P-CAD2001** ⇒ **Schematic** (рис.3-1). Щелкните левой кнопкой мыши по названию

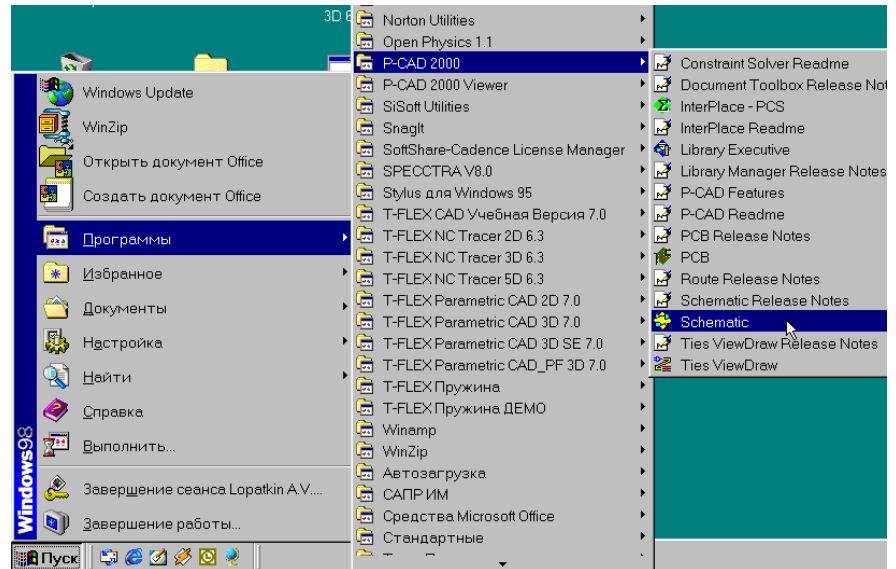


Рис. 3-1. Запуск схемного редактора

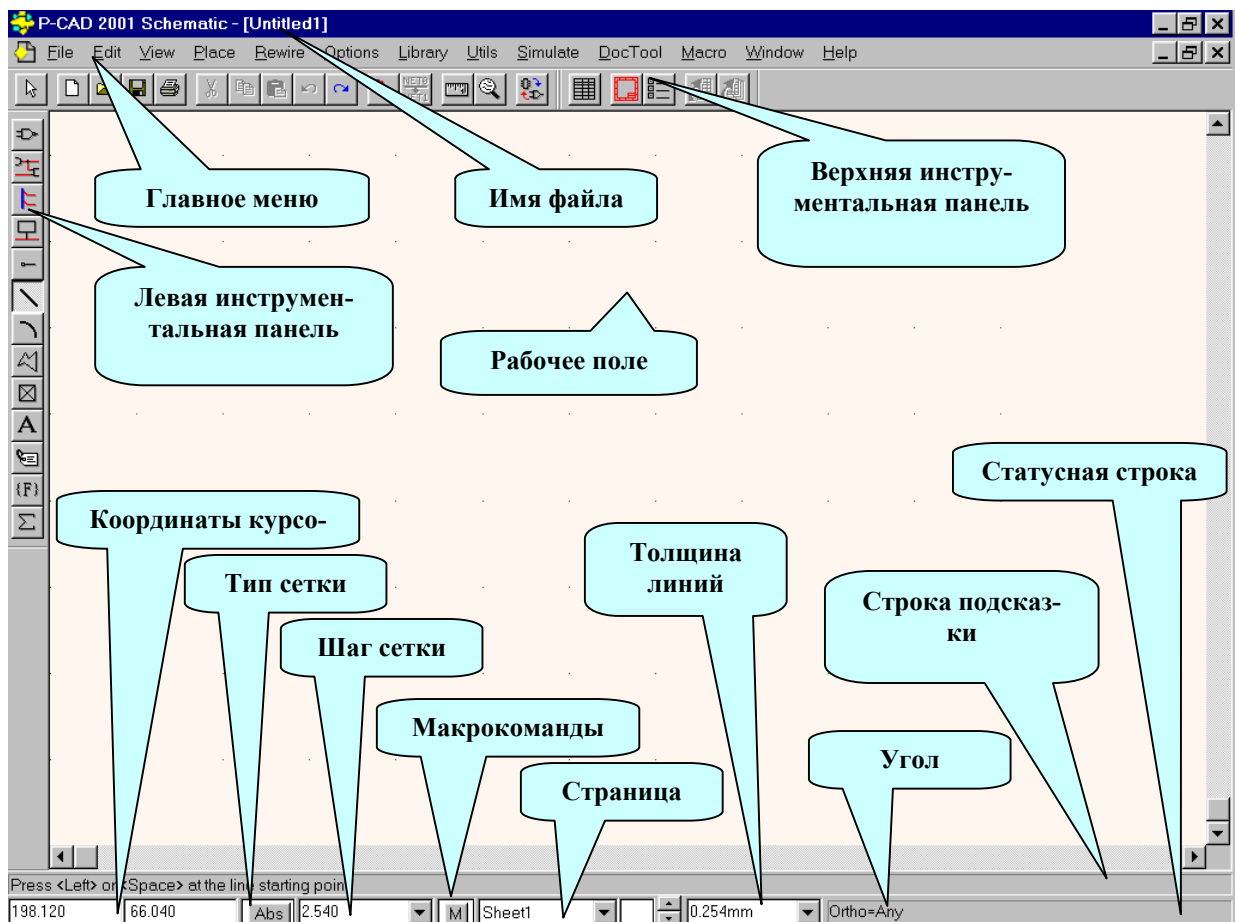


Рис. 3-2. Экран схемного редактора

редактора схем.

2) Появится заставка пакета, а затем рабочий экран редактора схем **Schematic** (см. рис. 3-2).

Основными элементами рабочего экрана схемного редактора являются главное меню, где сосредоточены основные команды редактора, верхняя и левая инструментальные панели, куда вынесены наиболее употребительные команды, и рабочее поле, на котором размещается вводимая схема. В нижней части экрана расположена строка подсказки, куда выводятся сообщения системы о необходимых действиях пользователя и статусная строка, где отображаются координаты курсора, тип сетки и ее шаг, текущая толщина линий, название текущей страницы. Кроме этого здесь расположена кнопка записи макрокоманд и кнопка установки параметров страницы. Следует отметить, что окна в статусной строке доступны для редактирования, т.е. здесь можно не только посмотреть координаты курсора, но и установить их, выбрать рабочую страницу, шаг сетки или толщину линий. При выполнении некоторых команд, например, размещении проводников или линий, в правой части статусной строки выводится справочная информация о режиме работы.

В верхней части экрана рядом с надписью «P-CAD 2001 Schematic» выводится имя открытого файла.

### 3.2 Выбор и установка системы единиц измерения и размеров чертежа

Система P-CAD допускает работу в двух системах измерения - дюймовой и метрической. По умолчанию в системе в качестве единиц измерения установлены **mils** (тысячная часть дюйма). Кроме того, в P-CAD, в отличие от многих других графических редакторов, в настройках системы определяется размер рабочей области.

#### • Установите в системе метрическую систему единиц и формат чертежа A4

1) В основном меню схемного редактора выберите команду **Options/Configure...** (Параметры/Конфигурация).

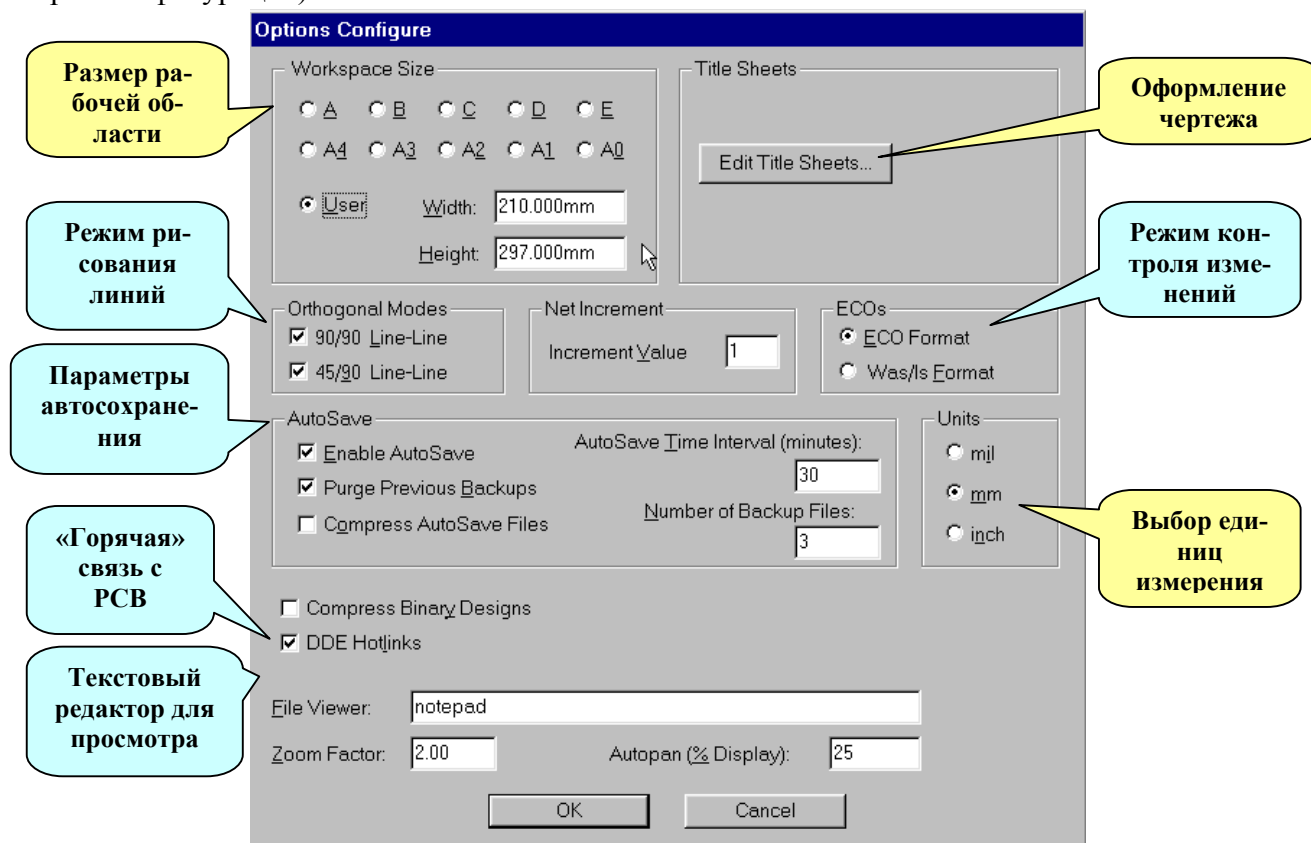
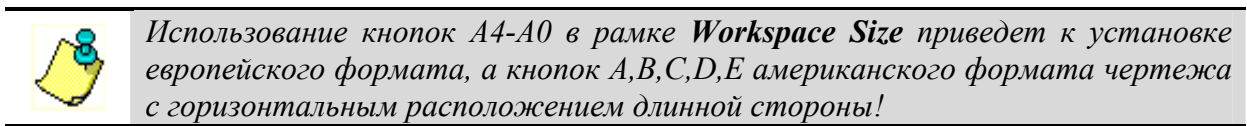
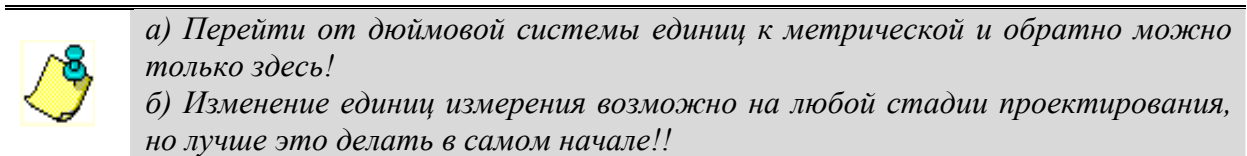


Рис. 3-3. Окно команды **Options/Configure**

2) На появившейся панели **Options Configure** (рис. 3-3) в рамке *Workspace Size* (размер рабочей зоны) нажмите кнопку *User* (пользовательский) и введите значение ширины листа (окно *Width*) равной **210mm** и высоты листа (окно *Height*) равной **297mm**.



3) В рамке *Units* в качестве единиц измерения выберите миллиметры (кнопка *mm*).



4) Кнопка *Edit Title Sheets* (оформление чертежа) позволяет установить стили оформления чертежей схем. Поскольку европейские и российские стандарты различаются, использование системных шаблонов оформления неприемлемо. Создание и подключение форматов, соответствующих российским стандартам рассматривается в разделе 4.

5) Состояние остальных параметров установите в соответствии с рис. 3-3. Их назначение приведено в табл. 3-1.

6) Нажмите кнопку ОК для фиксации введенных изменений и закрытия панели установок.

Таким образом для чертежа задан формат A4 с вертикальным расположением длинной стороны и выбрана для работы метрическая система единиц.

### 3.3 Установка параметров сетки

Для облегчения работы все элементы схемы на рабочем поле привязываются к узлам специальной сетки. Параметры сетки (расстояние между узлами, вид сетки, ее тип) устанавливаются по команде **Options/Grids...** (Параметры/Сетки). При этом появляется специальная панель **Options Grids**, показанная на рис. 3-4.

#### • Задайте параметры сетки

1) В окне *Grid Spacing* (шаг сетки) установите шаг сетки равным **2.5** мм (без указания единиц измерения) и нажмите кнопку **Add**. (добавить). Новое значение шага сетки появится в окне *Grids* (сетка).

2) Аналогичным образом добавьте к списку шагов сетки значения **0.1; 0.5; 1; 5** и **10** мм. Крупные шаги сетки (2.5, 5 и 10 мм) удобно использовать при размещении компонентов, проводников и шин. Более мелкие нужны при размещении атрибутов, полей, текста и создания графики символов.

3) Значение 2.540 мм, установленное системой изначально, из списка удалите. Для этого щелкните по нему в списке левой кнопкой мыши и нажмите на панели кнопку **Delete** (удалить).

4) Сетку оставьте видимой (флажок *Visible* должен быть установлен).

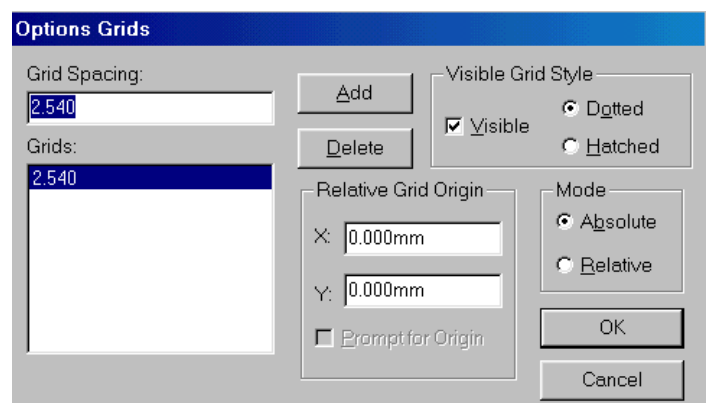


Рис. 3-4. Установка параметров сетки

Параметр	Комментарий
<b>в рамке <i>ECO</i> определяется формат записи файла изменений</b>	
ECO Format	Запись файла изменений схемы в формате PCAD (записываются все изменения)
Was/Is Format	Запись файла изменений схемы в формате Tango (записываются изменения только позиционных обозначений)
<b>в рамке <i>Net Increment</i> задается шаг приращения цифрового суффикса имени цепи</b>	
Increment Value (значение приращения)	Задается величина шага приращения цифрового суффикса имени цепи
<b>в рамке <i>Orthogonal Modes</i> (режим ортогональности) определяется режим рисования линий, проводников и шин</b>	
90/90 Line-Line	Рисование только вертикальных и горизонтальных линий
45/90 Line-Line	Рисование линий под углом 45 и 90 градусов
<u>Примечания.</u>	<p>1. Кроме перечисленных режимов рисования линий доступен режим рисования под любым углом.</p> <p>2. Переключение между различными режимами рисования производится с помощью горячей клавиши «<b>O</b>».</p> <p>3. Режимы 90/90 и 45/90 комплексные. В подрежиме 1 первый сегмент всегда длиннее, чем второй (для режима 90/90) или проводится под углом 45 градусов (для режима 45/90). Переключение между подрежимами производится с помощью горячей клавиши «<b>F</b>».</p>
<b>в рамке <i>AutoSave</i> (автосохранение)</b>	
Enable AutoSave	Включение/выключение режима автосохранения
AutoSave Time Interval	Интервал автосохранения в минутах.
Number of Backup Files	Количество неперезаписываемых архивных копий (до 99)
Purge Previous Backups	При установке этого флажка все сохраненные копии будут удаляться в начале каждого сеанса работы
Compress AutoSave Files	Установка данного флажка позволяет уменьшить место, занимаемое архивными копиями за счет сжатия
<b>ОБЩИЕ</b>	
DDE Hotlinks	Установка связи с редактором печатных плат (PCB) для подсветки выделенных компонентов и цепей
Compress Binary Designs	Сжатие бинарных файлов проекта при их сохранении
File Viewer	Выбор текстового редактора для просмотра отчетов, протоколов и сообщений об ошибках
Zoom Factor	Определяет масштаб изменения изображения при выполнении команд <b>View/Zoom In</b> или <b>View/Zoom Out</b>
Autopan	Определяет размер области по краям экрана, при попадании курсора в которую происходит автоматическая сдвигка изображения (при движении курсора клавишами со стрелками)

5) Тип сетки в рамке *Mode* (режим): абсолютная - *Absolute* или относительная – *Relative* и вид ее отображения в рамке *Visible Grid Style* (стиль видимой сетки): в виде точек - *Dotted* или линий – *Hatched*, оставьте прежними (установлен флажок *Absolute* и флажок *Dotted*).

Заметим, что абсолютная сетка имеет начало координат в левом нижнем углу рабочего поля, а относительная - в точке с координатами, указанными в рамке *Relative Grid Origin* или в точке, отмеченной пользователем щелчком левой кнопки мыши (при установленном флаге *Prompt for Origin*).

6) Для выхода из панели **Options Grids** нажмите кнопку ОК.



Оперативный переход от относительной сетки к абсолютной производится при нажатии на клавишу с буквой **A**

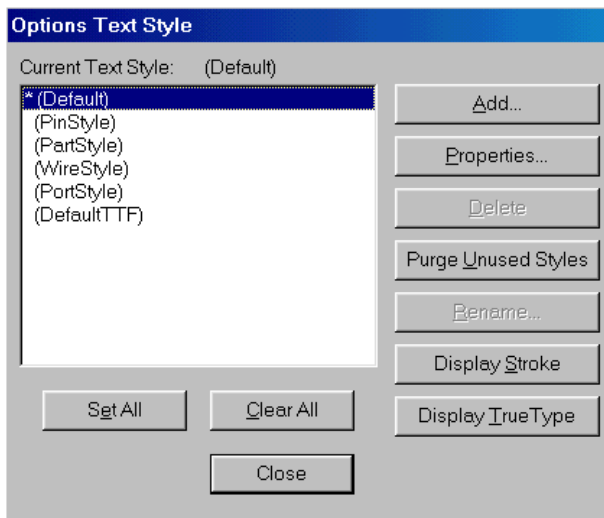


Рис. 3-5. Список установленных стилей текста

шрифтами показаны на следующей врезке.

В стилях, встроенных в систему по умолчанию используется западноевропейский набор символов. Для нанесения на чертеж надписей на русском языке необходимо создать несколько новых стилей, включающих символы кириллицы.

### 3.4 Создание и редактирование стилей текста

Для задания параметров текстовых надписей на схемах в P-CAD используется понятие стиля. Стилем определяется тип шрифта, размер букв, начертание, набор символов. По умолчанию в систему встроены несколько служебных стилей для обозначения текстовых атрибутов типовых элементов (см. рис. 3-5 и табл. 3-2). P-CAD поддерживает два вида шрифтов – True Type и Stroke (штриховые). Возможны три вида штриховых шрифтов – QUALITY (сглаженный), BASIC (рубленный), и LCOM (с засечками). Различие между этими



Таблица 3-2

Системные стили текста

Название стиля	Назначение
PinStyle	Нумерация выводов (размер 2.31 мм)
PartStyle	Нанесение позиционных обозначений, типов и номиналов элементов (размер 3.48 мм)
PortStyle	Нанесение имен специальных элементов – портов (размер 1.524 мм)
WireStyle	Нанесение имен цепей (размер 1.524 мм)
Default	Векторный шрифт по умолчанию (размер 2.54 мм). Недоступен для редактирования.
DefaultTTF	True Type шрифт по умолчанию (размер 2.54 мм). Недоступен для редактирования.

#### 3.4.1 Создание новых стилей текста

- **Создайте новые стили текста.**

1) В основном меню выберите команду **Options/Text Style...** (параметры/стили текста). Появится панель **Options Text Style**, показанная на рис. 3-5.

2) Для добавления нового стиля нажмите на ней кнопку **Add** (добавить). Появится панель **Add Text Style** (добавить стиль текста), показанная на рис. 3-6.

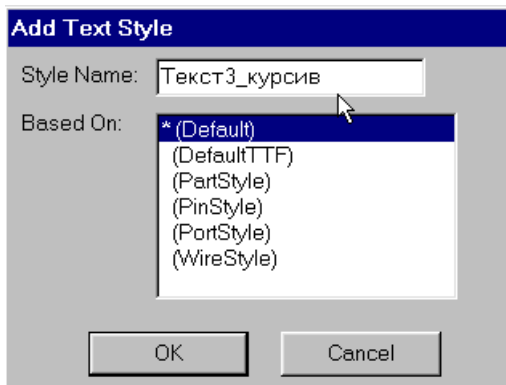


Рис. 3-6. Добавление нового стиля

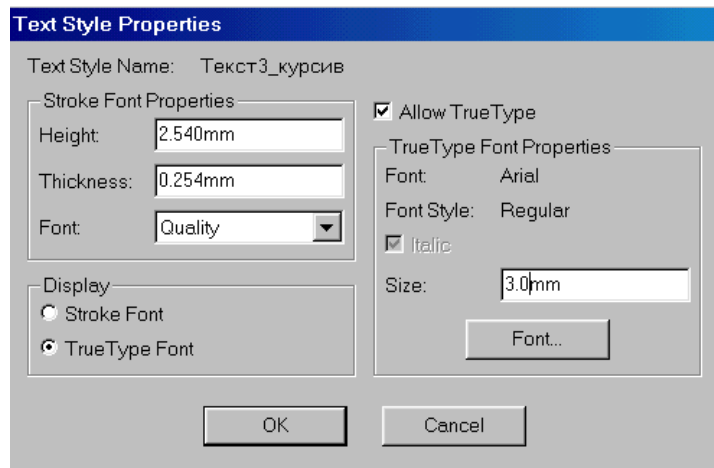


Рис. 3-7. Установка параметров стиля

3) В окне *Style Name* (Имя стиля) на этой панели введите имя нового стиля **Текст3\_5\_курсив** и нажмите кнопку ОК. В названии стиля будем отображать высоту символов в мм (в данном случае - 3,5 мм) и начертание (курсив).

4) На появившейся панели (рис. 3-7) **Text Style Properties** (свойства стиля текста) установите флажок *Allow True Type* (разрешить TTF) и нажмите кнопку **Font** (шрифт) для выбора вида шрифта.

5) На стандартной панели выбора шрифта Windows (рис. 3-8) из списка шрифтов выберите шрифт *Arial*. Начертание установите – курсив, размер – 10 пунктов. В окне *Набор символов* из списка выберите *Кириллица*. Нажмите кнопку ОК, чтобы закрыть панель.

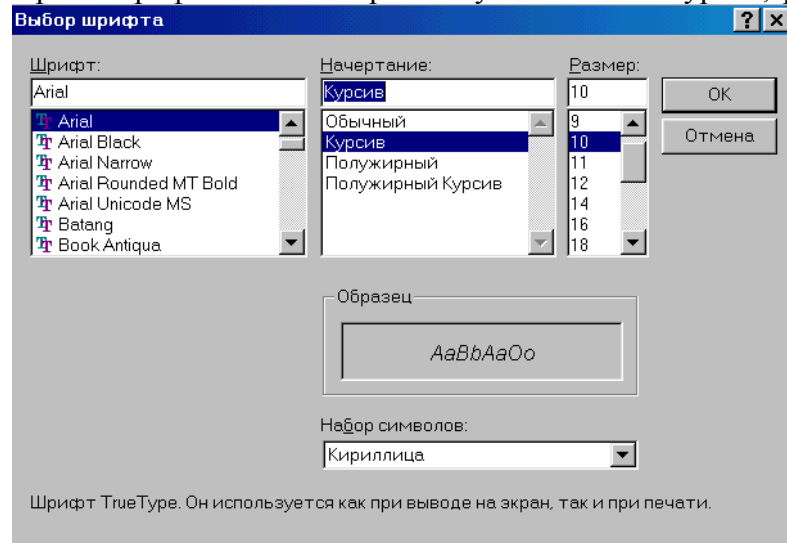


Рис. 3-8. Выбор шрифта

6) на панели **Text Style Properties** в окне *Size* (размер) установите высоту букв равную 3,5 мм.

7) В рамке *Display* (отображать) установите флажок *True Type Font*, чтобы разрешить отображение TTF-шрифтов, и нажмите кнопку ОК для окончания ввода.

8) Убедитесь, что на панели **Options Text Style** в списке текущих стилей появилось имя нового стиля **Текст3\_5\_курсив**.

9) Повторяя пп. 2-8, добавьте еще два стиля текста - **Текст5\_курсив** и **Текст7\_курсив** с размером букв 5 и 7 мм.

10) На панели **Options Text Style** нажмите кнопку **Close** (закрыть) для завершения ввода новых стилей.

### 3.4.2 Редактирование существующих стилей текста

Все стили в системе, за исключением *Default* и *Default TTF*, могут быть отредактированы. Для изменения свойств какого-либо стиля необходимо указать его в списке *Current Text Style* на панели **Options Text Style** (см. рис. 3-5) и нажать на кнопку **Properties**. Появится уже знакомая нам панель **Text Style Properties** (см. рис. 3-7), где можно выбрать новый вид шрифта или установить его новые размеры.



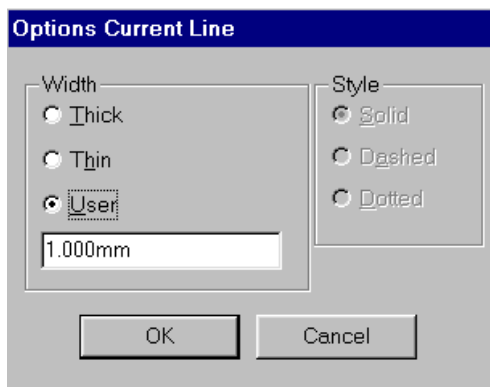


Рис. 3-9. Задание нового значения ширины линии

Вновь введенные стили можно при необходимости переименовать, используя кнопку **Rename** на панели **Option Text Style** (см. рис. 3-5), или удалить из системы, используя кнопку **Delete**.

Кнопка **Purge Unused Styles** позволяет удалить из списка все неиспользованные в данном проекте стили, кроме системных, перечисленных в табл. 3-2.

### 3.5 Задание ширины линий и проводников

По умолчанию в системе установлены две ширины линии и проводников – **Thin** (тонкая, шириной 0,254 мм) и **Thick** (толстая, шириной 0,762 мм для линий и 0,381 мм для проводников). При необходимости

список размеров линий и проводников может быть расширен.

#### 3.5.1 Задание новой ширины линии

##### • Задайте новую ширины линии

1) В основном меню выберите команду **Options/Current Line...**(параметры/текущая линия). Появится панель **Options Current Line**, показанная на рис. 3-9.

2) В рамке *Width* (ширина) установите флажок User (пользовательская) и в окне редактирования наберите новое значение ширины линии равное **1.0mm**

3) Нажмите кнопку ОК для завершения работы.

Теперь все линии будут рисоваться шириной 1 мм. Оперативно изменять ширину текущей линии можно с помощью окна со списком в статусной строке (см. рис. 3-2). Здесь же можно задавать новые значения ширины линии. Для этого необходимо в окне редактирования набрать новое значение и нажать клавишу **ENTER**.

4) В рамке *Style* (стиль) на панели **Options Current Line** для линии **Thin** можно выбрать стиль – **Solid** (сплошная), **Dashed** (штриховая) и **Dotted** (точечная).



#### 3.5.2 Задание ширины проводника

Ввод нового значения ширины проводников производится по команде **Options/Current Wire...**(параметры/текущий проводник). Появляющаяся при этом панель **Options Current Wire** похожа на панель задания ширины линий (отсутствует рамка задания стиля) и работа с ней производится аналогично. Диапазон пользовательских значений ширины проводников определен в системе в пределах от 0 до 100 mils (0...2,54 мм).

Для обеспечения совместимости с предыдущими версиями системы проводники шириной менее 11 mils отображаются на экране линией в 1 пиксель.

#### 3.5.3 Редактирование списка размеров линий и проводников

Все введенные значения ширины линии и проводников хранятся в файле настроек системы (для схемного редактора это файл *SCH.ini*). Инструментального средства для удаления вновь введенных параметров линий и проводников в системе нет.



1) Удаление неиспользуемых толщин линий и проводников можно выполнить, только отредактировав файл настроек в каком-либо текстовом редакторе.

2) Не рекомендуем без необходимости вводить новые значения ширины линий и проводников!!!



### 3.6 Настройка параметров отображения

По команде основного меню **Options/Display** (параметры/отображение) на панели **Options Display** можно задать цвета и стили отображения различных объектов схемы. Окно этой команды содержит две закладки (см. рис. 3-10). На первой (*Colors*) в рамке *Item Color* (цвет элементов) задаются цвета отображения проводников (*Wire*), символов компонентов (*Part*), шин (*Bus*), точек пересечения проводников (*Junction*), выводов компонентов (*Pin*), линий (*Line*), полигонов (*Polygon*), текстов (*Text*), неподсоединенных (открытых) выводов компонентов или цепей (*Open End*).

В рамке *Display Color* (цвет отображения) устанавливают цвет дополнительных элементов чертежа: фона (*Background*), нормальной (1x Grid) и крупной сетки (10x Grid), подсвеченных объектов (*Highlight*), выбранных объектов (*Selection*), форматки схемы (*Title*), атрибутов проводников (*Wire Attr*) и атрибутов компонентов (*Part Attr*).

Для изменения цвета какого-либо объекта необходимо нажать на соответствующую

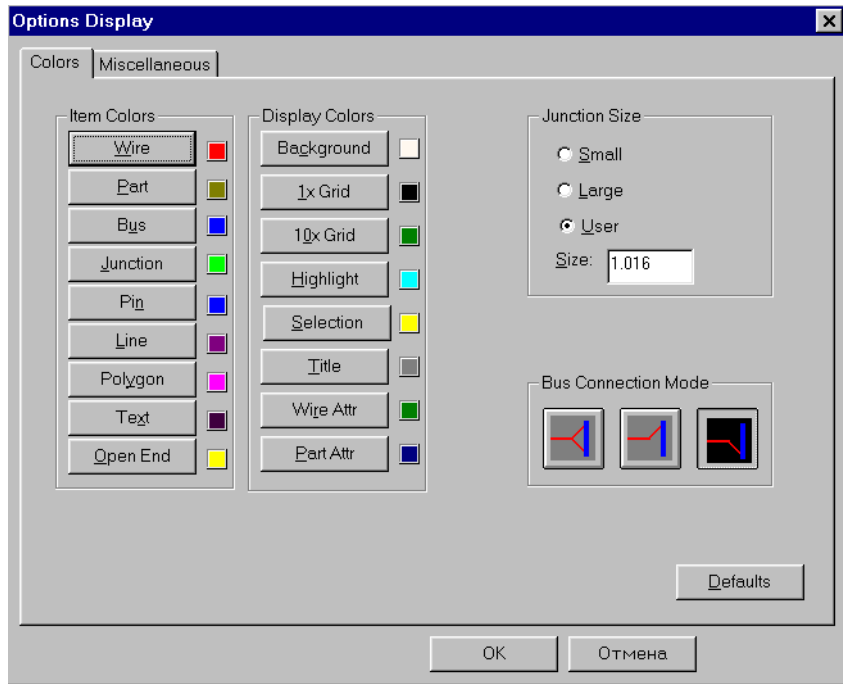


Рис. 3-10. Установка цветовой палитры рабочего поля



кнопку и выбрать цвет из представленной палитры.

В группе *Junction Size* можно задать размер точек соединения проводников. Возможны три варианта: маленькие точки (*Small*) размером 20 mil; большие (*Large*) размером 30 mil и точки с размерами задаваемыми пользователем (*User*) в интервале 0,025-10 мм.

В рамке *Bus Connection Mode* (режим подключения к шине) нажатием соответствующей кнопки выбирается один из трех стилей подключения проводников к шине.

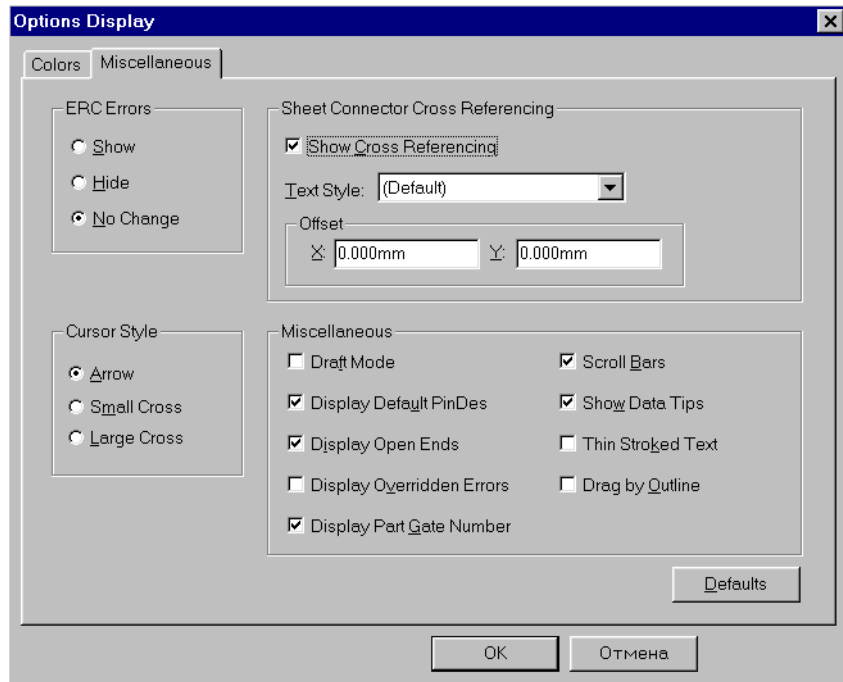


Рис. 3-11. Установка стилей отображения элементов схемы

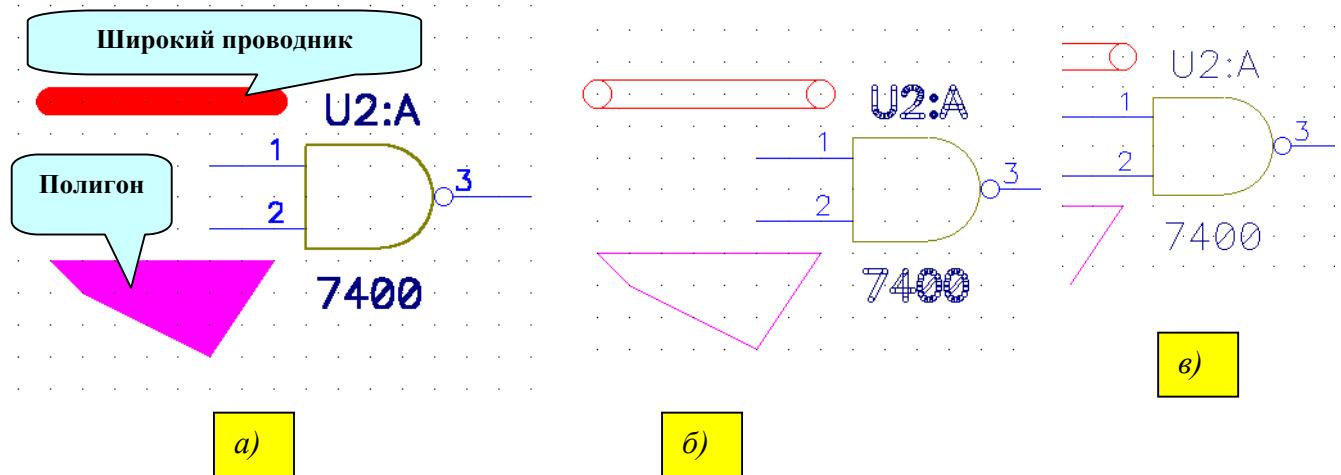


Рис. 3-12. Режимы отображения проводников, полигонов и текстов: а) стандартный режим; б) контурное отображение (Draft Mode); в) отрисовка текста тонкими линиями (Thin Stroked).

На закладке *Miscellaneous* (разное) в одноименной группе (рис. 3-11) устанавливаются стили отрисовки различных элементов:

Draft Mode (контурное отображение) – изображение широких линий, полигонов и текстов без их заливки для ускорения перерисовки экрана (см. рис. 3-12,б);

Display Default PinDes – отображение номеров выводов по умолчанию (можно сбросить);

Display Open End – отметка неподсоединенных выводов компонентов и неподключенных концов проводников специальными символами (желтыми квадратами). При подключении к выводу компонента проводника этот символ исчезает (см. рис. 3-13);

Display Override Error – отображение отмененных ошибок;

Display Part Gate Number – отображение номеров секций (DD1.1, DD1.2 и т.д. – см. рис. 3-13);

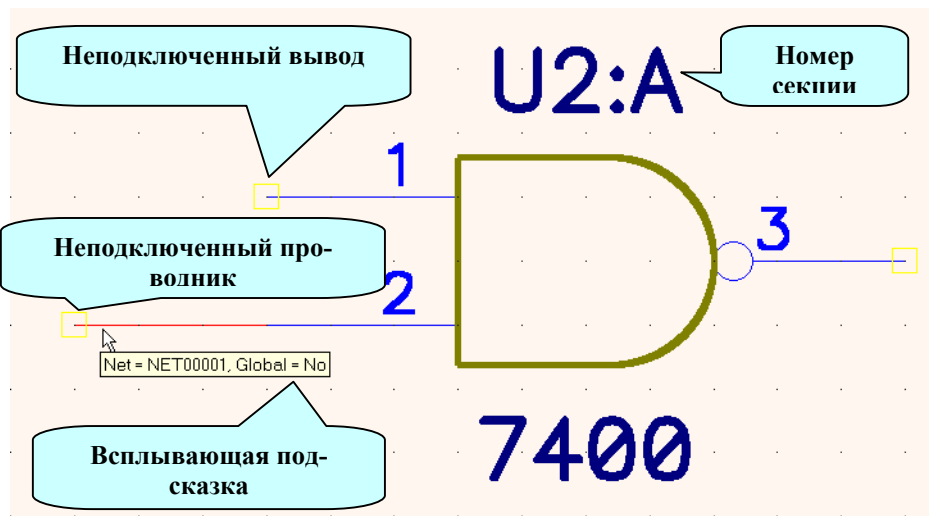


Рис. 3-13. Показ неподключенных выводов и концов проводников, номеров секций и всплывающих подсказок

Scroll Bars – показ линеек прокрутки;

Show Data Tips – показ контекстно-зависимой информации о шинах, проводниках, компонентах, выводах компонентов при наведении на них курсора (см. рис. 3-13);

Thin Stroked Text – отображение текстов тонкими линиями (см. рис. 3-12,в);

Drag by Outline – перемещение вершин полигонов без показа их промежуточных положений (ускоряет перерисовку экрана, но затрудняет контроль положения).

В группе *ERC Errors* устанавливается режим отображения выявленных при выполнении команды **Utils/ERC...** (Утилиты/Проверить схему) ошибок схемы.

При выборе кнопки Show (Показать) обнаруженные ошибки указываются на схеме специальными индикаторами.

Нажатие кнопки Hide (Скрыть) отменяет показ индикаторов ошибок.

При выборе кнопки No Change (Не изменять) сохраняются текущие установки отображения – скрытые ошибки будут оставаться скрытыми, индицируемые будут продолжать показываться.

В рамке *Cursor Style* (стиль курсора) можно установить текущий стиль отображения курсора – стрелка (кнопка Arrow), маленькое перекрестие (кнопка Small Cross) и большое перекрестие на все рабочее поле (кнопка Large Cross).



- 1) Оперативно изменить стиль представления курсора при работе можно, нажимая на клавишу с буквой **X**
- 2) При выборе стиля *Large Cross* не будут отображаться всплывающие контекстно-зависимые подсказки об элементах схемы!!

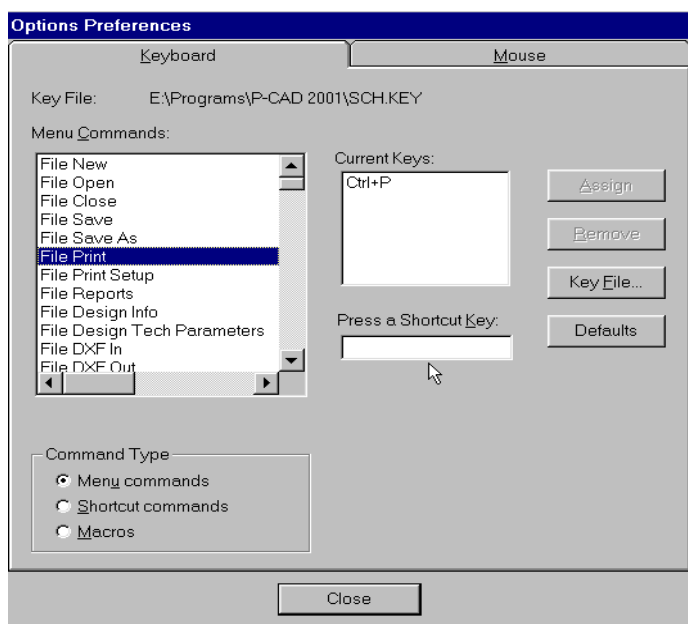


Рис. 3-14. Настройка «горячих» клавиш

страничного соединителя.

Кнопка **Default** возвращает всем параметрам значения по умолчанию.

• **Установите желаемые параметры отображения и нажмите кнопку ОК**

### 3.7 Настройка клавиатуры и мыши

Команда **Options/Preferences** (Параметры/Предпочтение) позволяет произвести настройку клавиатуры и мыши. Так на закладке **Keyboard** (Клавиатура) панели **Options Preferences** (рис. 3-14) можно назначить «горячие» клавиши для часто повторяющихся команд системы. Настройка клавиатуры сохраняется в

В рамке *Sheet Connector Cross-Referencing* (межстраничные ссылки) устанавливаются параметры отображения атрибутов специальных элементов – межстраничных соединителей (*Sheet Connectors*), указывающих на каких страницах есть продолжение цепи (см. врезку).



Установка флажка Show Cross Referencing позволяет отобразить на схеме перекрестные ссылки между страницами.

В окне со списком *Text Style* выбирается стиль текста для ссылок, а в окнах *Offset* задается их смещение по X и Y от точки привязки символа меж-

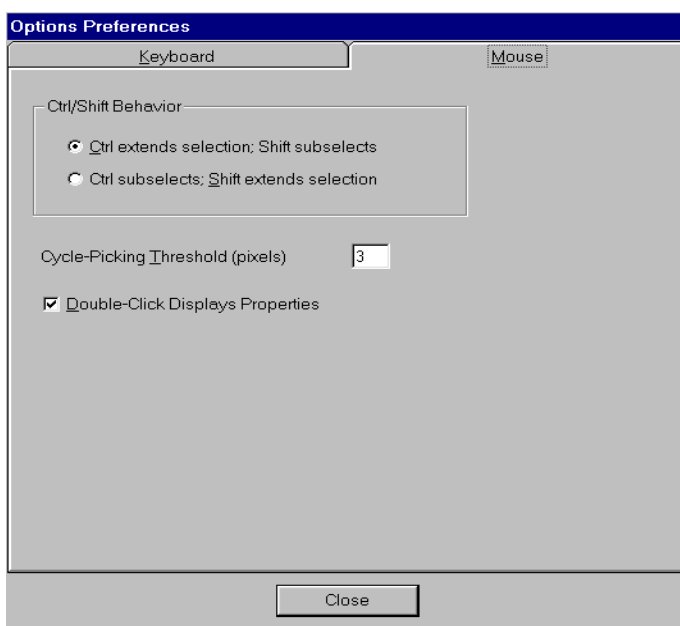


Рис. 3-15. Настройка мыши.

специальном файле (для схемного редактора это SCH.key).

Для настройки клавиатуры необходимо выбрать тип команд, для которых будет проводиться настройка в рамке *Command Type*:

*Menu commands* - команды основного меню;

*Shortcut commands* - клавиатурные (инструментальные) команды (команды вводимые только с клавиатуры);

*Macros* – макросы.

При выборе команды в окне *Menu Commands* в окне *Current Keys* отображаются текущие назначения клавиш. Задание сочетания «горячих» клавиш для выбранной команды производится в окне *Press a Shortcut Key*. Добавление нового сочетания клавиш к текущему производится при нажатии кнопки **Assign** (Назначить). Удалить выбранное сочетание клавиш из списка можно нажатием кнопки **Remove** (Удалить). Нажав на кнопку **Key File** (Файл клавиш), можно записать сделанные настройки в файл клавиатурных настроек.

**• Познакомьтесь с существующими «горячими» клавишами, просматривая клавиатурные команды и команды меню**

На второй закладке панели **Options Preferences** производится настройка клавиш мыши (рис. 3-15). Группа параметров **CTRL/SHIFT Behavior** задает поведение системы при щелчках левой кнопкой мыши при нажатых клавишах **CTRL** или **SHIFT**. При установке первого флажка щелчки левой кнопкой мыши при нажатой клавише **CTRL** позволяют добавлять объекты к выделяемому набору. При нажатой клавише **SHIFT** по щелчку левой

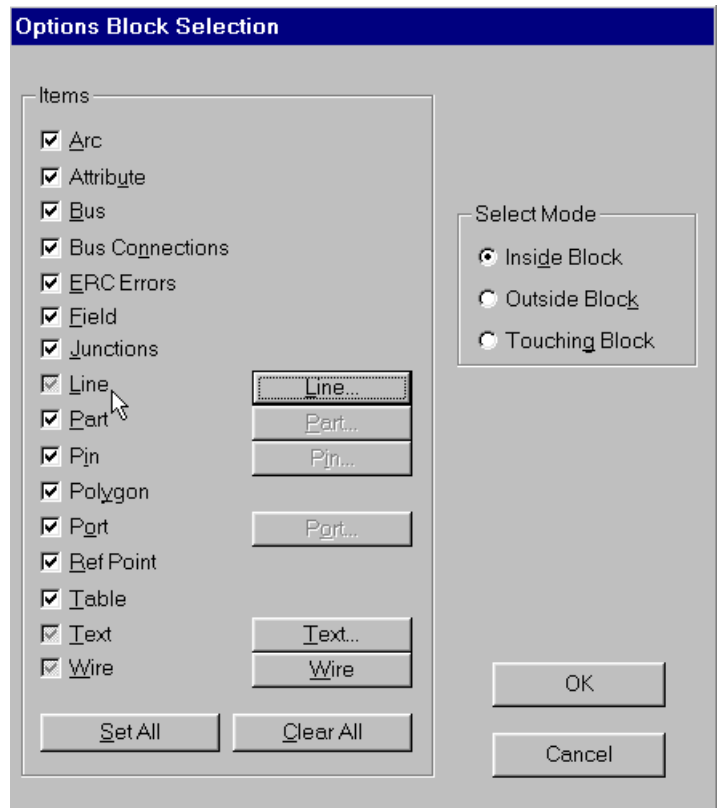


Рис. 3-16. Настройка фильтра выбора

кнопкой мыши возможен доступ к внутренним параметрам компонента (позиционному обозначению, типу, выводам, графике и т.д.).

Установка флажка *Double-Click Displays Properties* позволяет получить доступ к свойствам элемента изображения по двойному щелчку левой кнопкой мыши.

Параметр *Cycle-Picking Threshold* определяет порог циклического перебора (в пикселях).

**3.8 Настройка фильтра выбора объектов**

Система P-CAD имеет удобный инструмент для селекции объектов выбираемых на схеме окном – фильтр выбора. Настройка па-

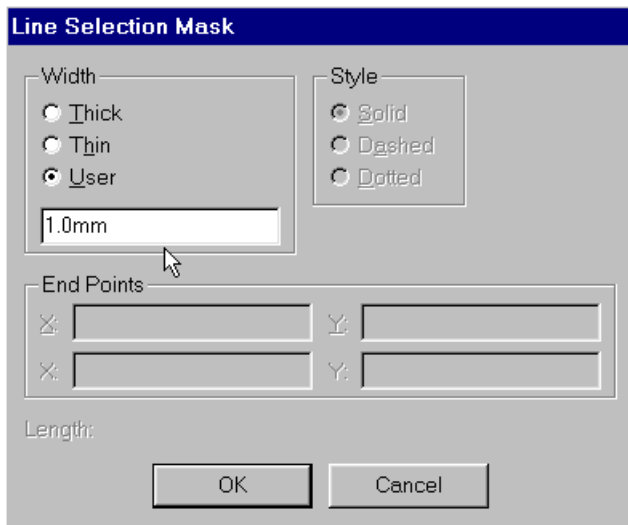


Рис. 3-17. Задание маски для выбора линий

раметров фильтра производиться с помощью команды **Options/Block Selection**. При активации этой команды появляется панель **Options Block Selection**, показанная на рис. 3-16.

Установка флажков, расположенных рядом с названиями объектов в рамке *Items* (группы элементов) позволяет включить эти объекты в фильтр выбора при выделении объектов схемы окном в режиме **Select** (Подробно элементы схемы рассматриваются в разделе 6. Кнопка **Set All** позволяет отметить все элементы в списке, а кнопка **Clear All** – отменить выбор для всех элементов. Заметим, что для элементов, названия которых повторяются на кнопках, расположенных справа от названия элементов в рамке *Items*, поле для установки флажков может иметь три состояния:

- пустое, когда элемент не выбирается;
- с флажком, когда производится выбор всех элементов подобного типа;
- затененное с флажком, когда производится выбор элементов по маске.

Это позволяет существенно снизить область выбора. Например, можно выбирать не просто линии, а линии определенной толщины. Маска для элементов задается нажатием соответствующей кнопки. Так на рис. 3-17 приведен пример задания маски для выбора линий толщиной 1 мм.

В рамке *Select Mode* производится настройка режима выбора элементов окном. Возможны три варианта:

- *Inside Block* (внутри окна). Выбираются все элементы **полностью** лежащие внутри окна выбора;

- *Outside Block* (вне окна). Выбираются все элементы **полностью** расположенные вне окна выбора;

- *Touching Block* (секущее окно). Выбираются все элементы лежащие внутри окна выбора, пересекаемые им и касающиеся его.



*Настройки фильтра выбора не влияют на выделение элементов схемы щелчком левой кнопки мыши!!*

• **Познакомьтесь с особенностями задания масок для текстов (Text) и проводников (Wire).**

### 3.9 Сохранение шаблона проекта

Основная часть настроек проекта из меню **Options** сохраняются системой в специальных файлах настроек, расположенных в папке **P-CAD 2001** (для схемного редактора это Sch.ini) и при последующей работе они загружаются автоматически.



*В Windows NT/2000/XP файлы настроек должны быть доступны для редактирования, в противном случае введенные изменения не сохранятся!!!*

Другие настройки, например, вновь введенные поля, шаги сетки, стили текста хранятся только в текущем проекте и в последующих проектах должны быть введены заново. Поэтому рекомендуется сохранять некоторый набор пустых проектов (без схем и плат) в качестве шаблонов. При дальнейшей работе нужный шаблон можно будет загрузить командой **File/Open**, восстанавливая необходимые значения параметров.

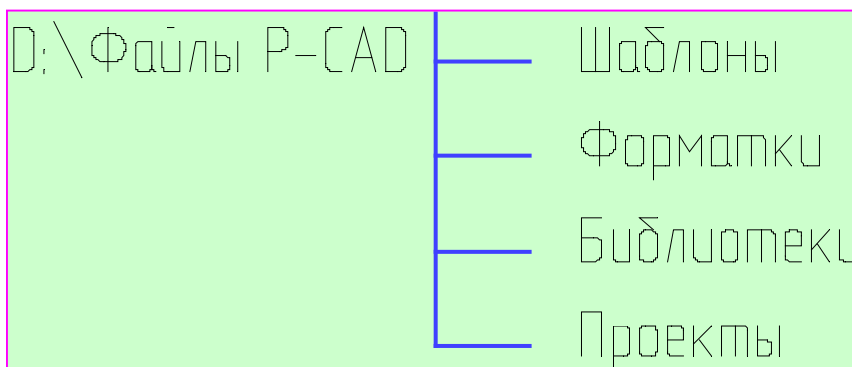


Рис. 3-18. Примерная структура рабочих директорий

Заметим, что в системе P-CAD2001 нет инструментов и средств для управления проектом. Вся ответственность за актуальность проектов и порядок работы с ними лежит на пользователе. Можно порекомендовать хранить пользовательские настройки и проекты вне системной папки P-CADa для того, чтобы случайно их не

удалить при переустановке системы.

Возможная структура каталогов для хранения пользовательских файлов представлена на рис. 3-18. Здесь для хранения рабочих файлов на одном из дисков, например D:\, выделяется отдельный каталог «Файлы P-CAD», в котором создаются папки для хранения созданных шаблонов, форматов, пользовательских библиотек и отдельных проектов. Для каждого проекта выделяется отдельная папка.



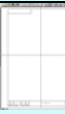


Чтобы при переустановке системы P-CAD случайно не удалить созданные файлы шаблонов и проектов лучше их хранить в отдельном каталоге!!

• **Сохраните текущий проект в качестве шаблона.**

- 1) В основном меню выберите команду **File/Save As...**
- 2) В типовом диалоге Windows сохранения файла под новым именем на одном из доступных дисков создайте структуру папок, аналогичную изображенной на рис. 3-14.
- 3) Сохраните текущий проект в папку «Шаблоны» под именем, например, **Настройки Schematic**.

На заметку!

«Горячие» клавиши	Назначение
<b>A</b>	Переключение между относительной и абсолютной сетками
<b>G</b>	Переключение шагов сетки
<b>X</b>	Изменение вида курсора (  - стрелка,  - перекрестие и  - перекрестие на все рабочее поле
<b>O</b>	Переключение между режимами рисования проводников, линий и шин
<b>F</b>	При рисовании проводников, линий и шин выбирает один из двух подрежимов при выборе с помощью клавиши O режимов 90/90 или 45/90
<b>W</b>	Переключение толщин линии
<b>F1</b>	Вызов помощи



## 4 СОЗДАНИЕ УГЛОВОГО ШТАМПА ЧЕРТЕЖА И ФОРМАТОК

*В этом разделе на примере создания угловых штампов и форматов чертежей будут изучены приемы работы с линиями, текстами и полями.*

### 4.1 Создание графики углового штампа чертежа

Поскольку основные надписи чертежей, поставляемые с системой, не соответствуют ЕСКД, создадим основную надпись (штамп) по форме 1 ГОСТ 2.104-68\*, которую затем будем использовать для оформления разрабатываемых проектов.

• **Запустите редактор схем и загрузите в него файл Настройки Schematic.sch**


1) Запустите Schematic и, используя команду **File/Open...** (файл/открыть), загрузите из папки «Шаблоны» файл настроек схемного редактора, полученный при выполнении предыдущего раздела.

2) Сразу же сохраните новый проект в папку «Шаблоны» под именем **Штамп\_лист\_1**. Это необходимо сделать, чтобы случайно не испортить файл настроек.

• **Установите тип и шаг сетки и выберите ширину линий**

1) В основном меню выберите команду **Place/Line** (аналог кнопка  на левой инструментальной панели).

2) Выбрав в основном меню команду **Options/Grids**, установите относительную (Relative) сетку с началом координат в точке (20, 5) и шагом сетки 5 мм, как показано на рис. 4-1.

3) В статусной строке, расположенной в нижней части экрана (см. рис. 4-2), в качестве текущей выберите сплошную толстую (основную) линию (Thick). Для этого нажмите на кнопку  в правой части окна «Ширина линии» (см. рис. 4-2) и выберите значение «Thick» из списка.

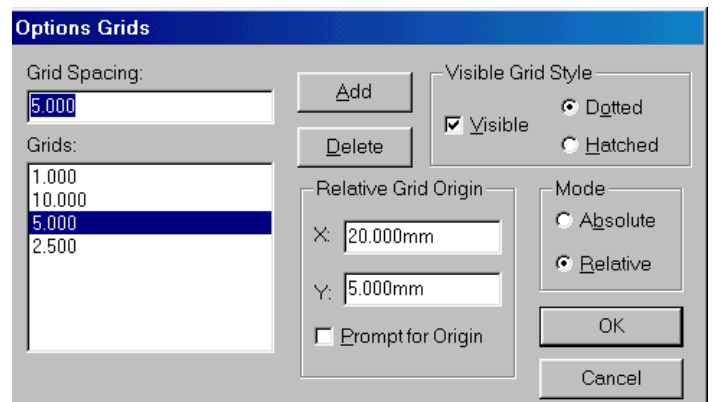


Рис. 4-1. Установка параметров сетки

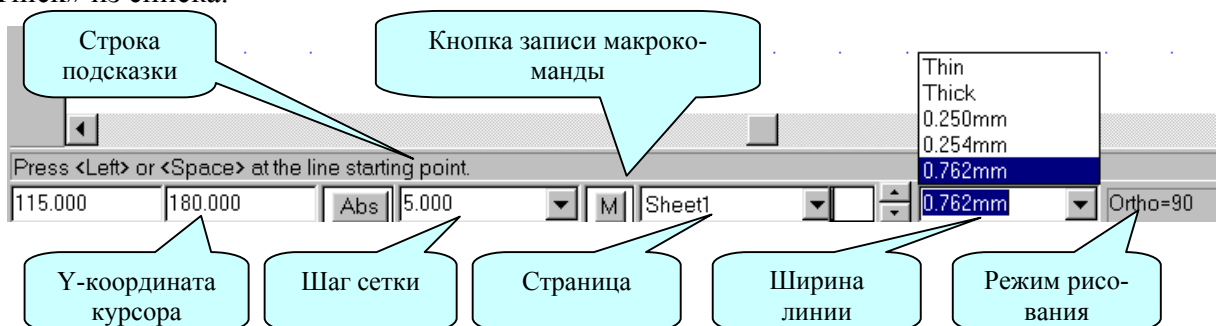


Рис. 4-2. Строка подсказки и строка состояния

4) Нажимая на клавишу с буквой **Q**, установите режим ортогонального рисования линий. Текущий режим рисования отображается в правой части статусной строки. Там должна появиться надпись – *Ortho=90* (см. рис. 4-2).



**• Нарисуйте внешнюю рамку основной надписи (штампа)**

1) Нажмите на основной клавиатуре клавишу с буквой **J** для перемещения в окно задания координаты X курсора. Установите там значение **0** (ноль).

2) Нажмите клавишу **TAB** для перехода в окно задания координаты Y курсора. Установите там значение **0** (ноль).

3) Нажмите клавишу **ENTER** для перемещения курсора в точку с заданными координатами.

4) Нажмите клавишу с буквой **J** для задания координат курсора. Установите новые координаты в соответствии с первой строкой таблицы 4-1. Используйте клавишу **TAB** для перехода между окнами координат X и Y и клавишу **ENTER** для окончания ввода значений.

Таблица 4-1

Шаг	Координата X	Координата Y
1	0	55
2	185	55
3	185	0
4	0	0

5) Повторите п. 4 для строк 2-4 табл. 4-1.

6) Нажмите клавишу **ESC** для «обрыва» вводимой линии.

7) В основном меню выберите команду **View/Extend**, для того чтобы увидеть все элементы чертежа в максимально возможном увеличении.

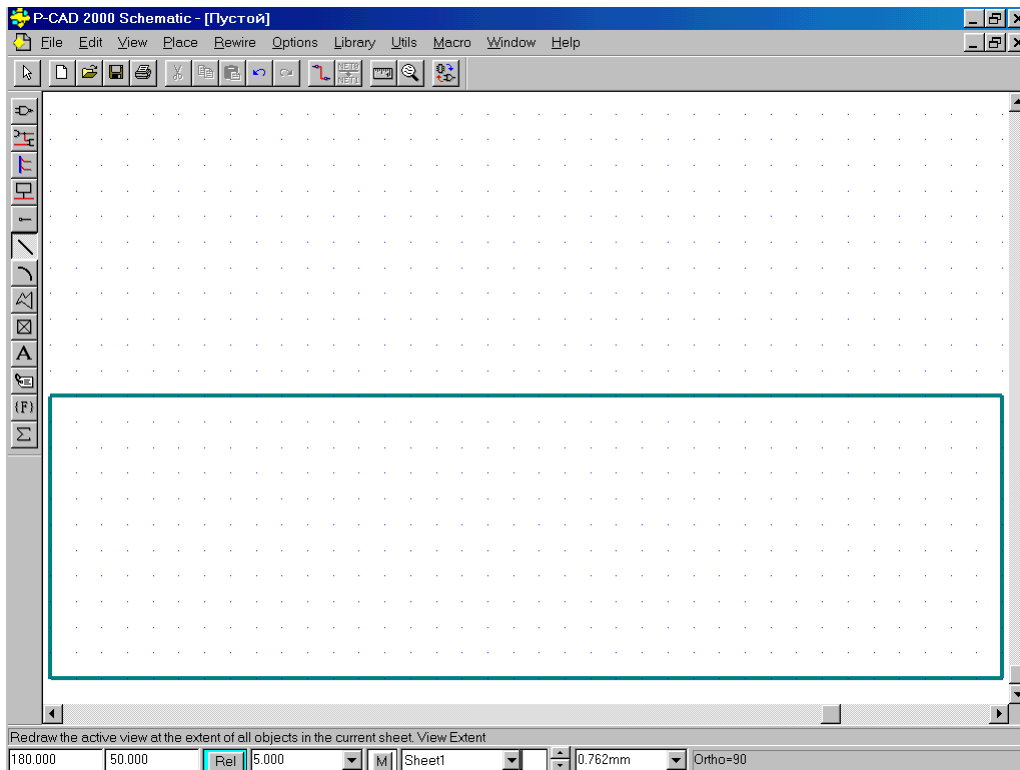


Рис. 4-3. Внешняя рамка основной надписи

Результат работы представлен на рис. 4-3.

В данном случае для задания координат начала и конца линии использовалась клавиатура, но это можно сделать и с помощью курсора.

**• Нарисуйте вертикальную линию, используя для задания координат курсор**

1) Щелкните левой кнопкой мыши в точке с координатами (65,0).

2) Переместите курсор в точку с координатами (65, 55) и щелкните левой кнопкой мыши;

3) Нажмите правую кнопку мыши для «обрыва» вводимой линии.

На рис. 4-4 введенная линия условно выделена красным цветом..

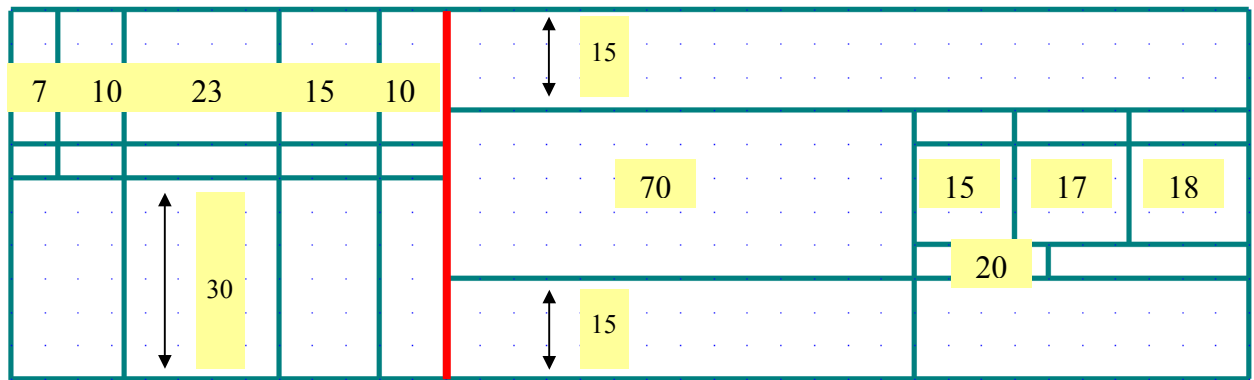


Рис. 4-4. Основные линии в штампе чертежа

• Нарисуйте остальные сплошные основные линии штампа

1) Отмечая щелчком левой кнопки мыши начало и конец линий, добавьте в основную надпись недостающие основные линии углового штампа. Для справки используйте рис. 4-4, где цифрами обозначены размеры соответствующих ячеек. Напомним, что шаг сетки на рисунке – 5 мм.

2) Для ввода некоторых линий потребуется изменить шаг сетки, сделав его равным 1 мм.




1) Не забывайте «обрывать» линию, нажимая на правую кнопку мыши или клавишу **ESC**

2) Для визуализации положения вводимой линии нажмите левую кнопку мыши в ее начале, переместите курсор в конец линии и только там отпустите левую кнопку мыши. При этом за курсором будет тянуться «резиновая нить», показывающая положение линии.

• Создайте массив линий

1) Измените толщину линии, выбрав в списке соответствующего окна (см. 4-2) значение *Thin* (тонкая с толщиной 0,254 мм).

2) Нарисуйте горизонтальную линию с координатами начала (0, 5) и конца (65,5). На рис. 4-5 созданная линия выделена цветом и концевыми маркерами.

3) Перейдите в режим выбора элементов чертежа, нажав клавишу с буквой **S** (аналог – команда меню **Edit/Select** или кнопка  на верхней инструментальной панели).

4) Щелкните по созданной линии левой кнопкой. Она при этом выделится, как показано на рис. 4-5.

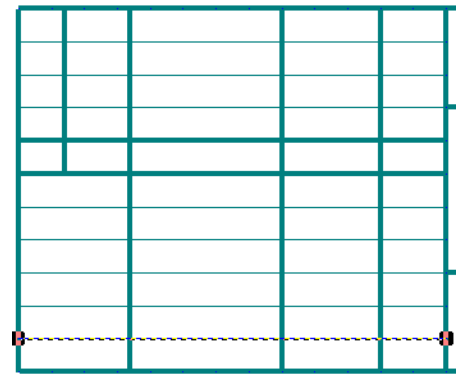


Рис. 4-5. Создание массива элементов

5) Выберите в основном меню команду **Edit/Copy Matrix...** (создание линейного массива элементов).

6) На появившейся панели **Edit Copy Matrix** (см. рис. 4-6) установите число столбцов (Number of Columns) равным 1; число строк (Number of Row) равным 10 и расстояние между строками (Row Spacing) – 5 мм. Расстояние между столбцами (Column Spacing) можно не менять.

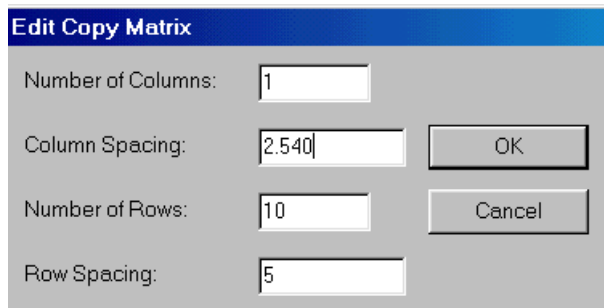


Рис. 4-6. Задание параметров массива

7) Нажмите кнопку ОК для завершения команды. Должен появиться столбец из тонких линий, как показано на рис. 4-5.

• **Нарисуйте тонкие линии в графе «Литера»**

1) Перейдите в режим рисования и проведите две тонкие сплошные линии в поле «Литера», расположенном в правой части основной надписи, как показано на рис. 4-7.

2) Сохраните проект в папке «Шаблоны» под прежним именем **Штамп\_лист\_1**

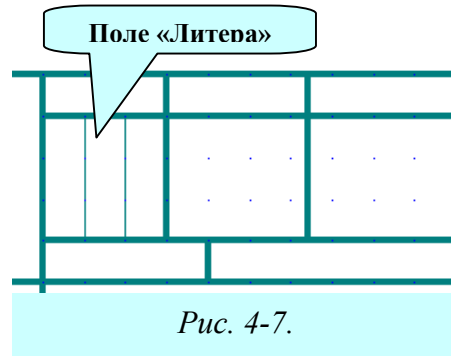


Рис. 4-7.

**4.2 Создание текстовых надписей**

В соответствии с действующими правилами в штампе чертежа должны присутствовать текстовые надписи, указывающие назначение отдельных граф.

• **Разместите текстовую надпись в графе «Разработал»**

1) Установите шаг сетки 0.1 мм.

2) Выберите в меню команду **Place/Text** (разместить/текст). Аналог – клавиша **A** на левой инструментальной панели. Курсор примет вид наклонного перекрестия  $\times$ .

3) Укажите курсором желаемое место расположения текста и щелкните левой кнопкой мыши (для справки см. рис. 4-9).

4) На появившейся панели **Place Text** нажмите кнопку **More>>** (Больше) для добавления инструментов установки параметров текста. На рис. 4-8 показана расширенная панель свойств текста, где кнопка **More>>** трансформировалась в кнопку **<<Less** (Меньше).

5) В окне стилей текста (*Text Styles*) выберите из списка стиль Текст3\_5\_курсив.

6) Установите точку привязки текста в левом нижнем углу. Для этого в группе кнопок *Justification* (выравнивание) нажмите левую нижнюю кнопку.

7) В окне ввода текста наберите **Разраб.** (с точкой) и нажмите кнопку **Place** (разместить).

Текстовая надпись появится в указанном ранее месте.

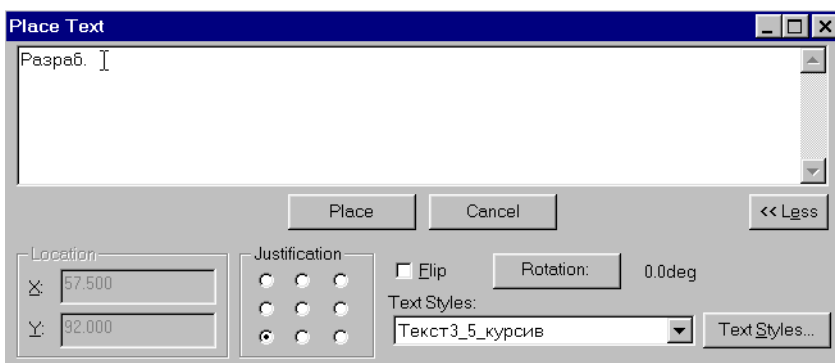



Рис. 4-8. Установка параметров текста

При необходимости, нажимая на кнопку **Rotation**, можно последовательно поворачивать текстовую надпись на угол 90, 180, 270 градусов.

Устанавливая флажок **Flip**, можно получить зеркальное отражение для текста. Правда, при этом меняется только положение точки привязки, сам текст зеркально не отражается, так же, как


и нельзя получить перевернутую текстовую надпись.

Для изменения места расположения текста перейдите в режим выбора, нажав клавишу с буквой **S** или кнопку  на инструментальной панели, щелкните левой кнопкой мыши



5) При необходимости переместите текстовые надписи в графах, руководствуясь рисунком 4-9.

**• Сохраните файл на диске**

Для сохранения файла с прежним именем можно воспользоваться кнопкой  на верхней инструментальной панели или командой меню **File/Save** (файл/сохранить).

**4.3 Поля и работа с ними**

В системе P-CAD введено понятие поля – текстового объекта, связанного с проектом, значение которого может быть установлено вручную или автоматически и вынесено на схему или чертеж печатной платы. Поля удобно использовать для оформления основных надписей чертежей при создании форматов. Список полей проекта можно просмотреть, дополнить или изменить их значение, используя команду **File/Design Info...** (файл/информация о проекте).

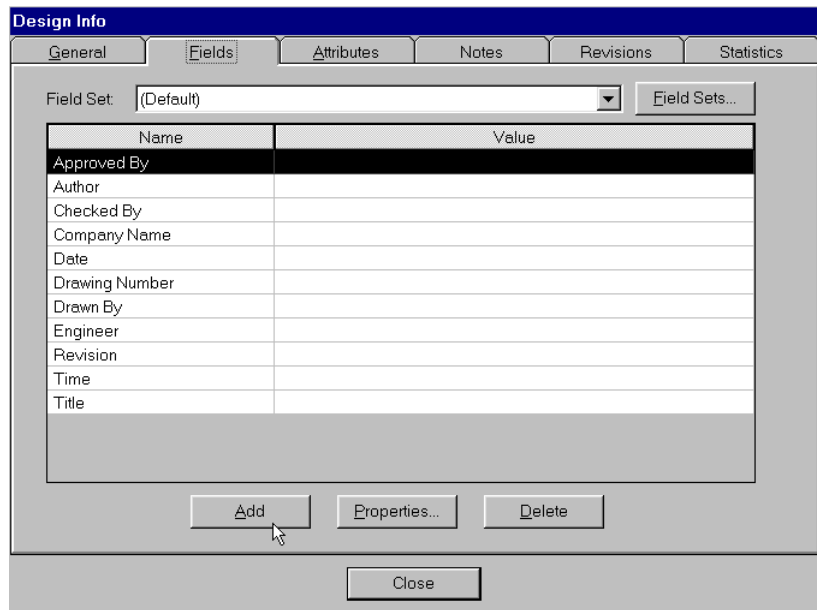


Рис. 4-11. Список полей проекта

Таблица 4-3

**Системные поля**

Название	
<b>Approved By</b>	Одобрил (можно поместить в графу <i>Утв.</i> )
<b>Author</b>	Автор (можно поместить в графу <i>Разраб.</i> )
<b>Checked By</b>	Проверил (можно поместить в графу <i>Пров.</i> )
<b>Company Name</b>	Название компании
Current Date	Текущая дата.
Current Time	Текущее время.
<b>Date</b>	Дата
<b>Drawing Number</b>	Номер чертежа ( <i>Децимальный номер</i> )
<b>Drawn By</b>	Чертил
<b>Engineer</b>	Инженер (можно поместить в графу <i>Т.контр.</i> )
Filename	Имя файла
Modified Date	Дата изменения
Note	Заметки
<b>Number Of Sheets</b>	Количество листов (поместить в графу <i>Листов</i> )
Revision	Версия
Revision Note	Заметки к версии
Sheet Name	Имя листа
<b>Sheet Number</b>	Номер листа (поместить в графу <i>Лист</i> )
Time	Время
<b>Title</b>	Название проекта

Список полей, определенных в системе P-CAD по умолчанию и их возможное использование при оформлении чертежей приведены в табл. 4-3. В этой таблице полужирным шрифтом выделены названия полей, которые могут быть использованы для оформления чертежей по российским стандартам.

Поскольку не все графы основной надписи чертежа закрываются системными полями необходимо расширить список полей.

**• Создайте дополнительное поле**

1) В основном меню выберите команду **File/Design Info...** (файл/информация о проекте).

2) На появившейся панели **Design Info** (см. рис. 4-11) выберите закладку *Field* (поле) и нажмите кнопку **Add** (добавить).

3) На панели **Field Properties** (свойства поля) (рис. 4-12) в окне *Name* (имя) напечатайте **Н. контр.** Окно *Value* (значение) оставьте пустым.

4) Для завершения диалога создания нового поля нажмите кнопку **OK**.

Аналогичным образом можно ввести в проект любое количество дополнительных полей.

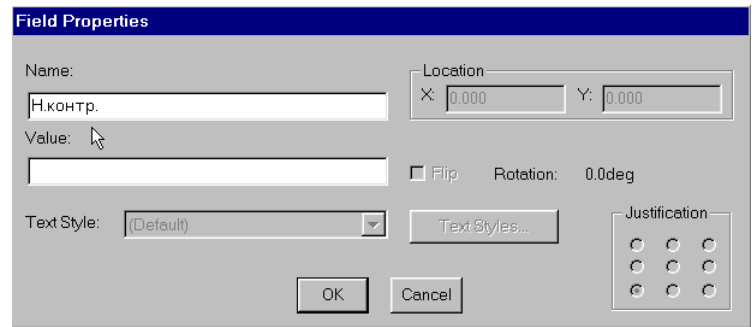


Рис. 4-12. Задание имени нового поля

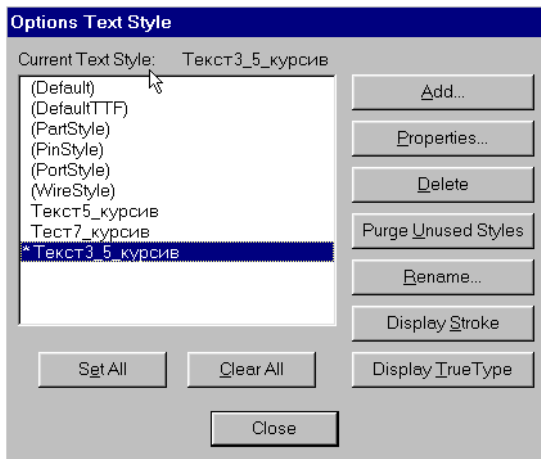


Рис. 4-13. Установка текущего стиля текста

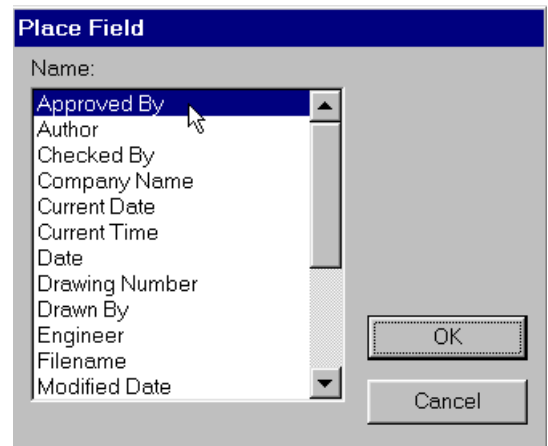


Рис. 4-14. Выбор поля из списка

Перед началом размещения полей на чертеже рекомендуется установить нужный стиль текста для отображения их значений

**• Установите стиль *Текст3\_5\_курсив* в качестве текущего**

1) В основном меню выберите команду **Options/Text Style...**

2) Отметьте щелчком левой кнопки мыши стиль *Текст3\_5\_курсив* в списке стилей на панели **Options Text Style** (рис. 4-13).

3) Нажмите кнопку **Close** для завершения диалога выбора стиля текста.

Текущий стиль текста в списке стилей отмечается символом «\*» (звездочка) и его название указывается в строке *Current Text Style* в верхней части панели **Options Text Style** (см. рис. 4-13).

**• Разместите поля в штампе чертежа**

1) В основном меню выберите команду **Place/Field** (аналог – кнопка  на левой инструментальной панели).

2) Щелкните левой кнопкой мыши в любом месте чертежа.

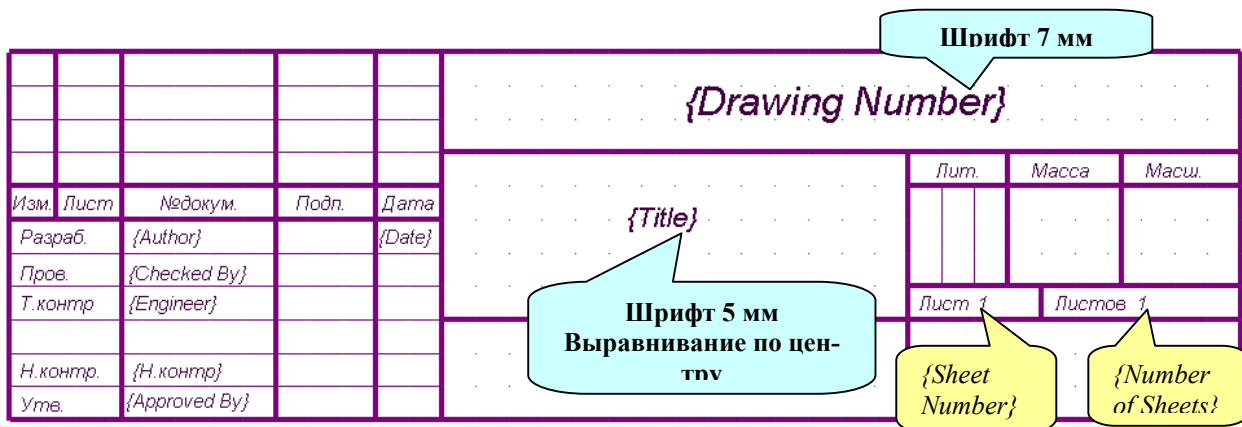


Рис. 4-15. Размещение полей в ячейках основной надписи

3) На появившейся панели **Place Field** (рис. 4-14) выберите из списка название нужного поля, например, «Author» (автор) и щелкните по нему левой кнопкой мыши.

4) Нажмите кнопку ОК для закрытия панели выбора полей.

5) Переместите курсор в место, где должна располагаться точка привязки поля (в данном случае – левый нижний угол) и щелкните левой кнопкой мыши. Появится изображение поля.



Если значение поля (Value) не пустое, то будет отображаться оно, в противном случае появиться название поля в фигурных скобках, например, {Date}

6) Повторяя пп. 2-5, разместите в соответствующих графах штампа нужные поля, как показано на рис. 4-15.



- 1) В графе «Лист» разместите системное поле Sheet Number (номер страницы), а в графе «Листов» - системное поле Number Of Sheets (количество страниц);
- 2) При размещении полей их свойства недоступны!!

**• Измените свойства поля {Drawing Number} (децимальный номер)**

1) Перейдите в режим выбора элементов (нажата кнопка  на инструментальной панели).

2) Щелкните по элементу, свойства которого вы хотите изменить, вначале левой кнопкой мыши для его выделения, а затем правой кнопкой мыши для активации выпадающего меню.

3) В появившемся меню выберите команду **Properties...** (свойства).

4) На панели **Field Properties** (рис. 4-16) в окне со списком *Text Style* выберите стиль текста *Текст7\_курсив* с высотой букв 7 мм

5) В группе *Justification* (Выравнивание) нажмите центральную кнопку для задания выравнивания по центру.

6) Нажмите кнопку ОК для завершения диалога задания свойств поля.

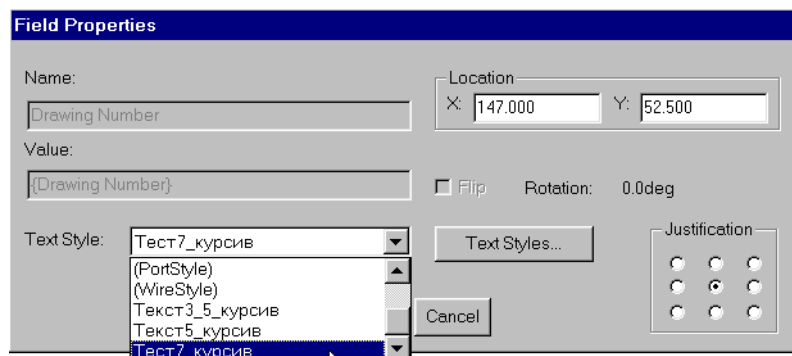


Рис. 4-16. Изменение стиля текста для поля





Обратите внимание, что имя поля и его значение недоступны для редактирования!

- **Измените свойства поля {Title} «Название проекта»**

1) Для поля {Title} следует установить стиль текста *Текст5\_курсив* и задать выравнивание по центру.

- **Сохраните файл на диске с прежним именем *Штамп\_лист\_1***

#### 4.4 Редактирование чертежа

Используя возможности системы, можно легко изменить имеющийся чертеж, создавая новые проекты. Покажем как это сделать, преобразуя созданный штамп для первых листов графических конструкторских документов в штамп второго и последующих листов (форма 2а по ГОСТ2.104-68).

- **Используя имеющийся штамп для листа 1, создайте штамп для листа 2**

1) Используя команду **File/Save As...**, сохраните текущий проект в папке «Шаблоны» под именем **Штамп\_лист\_2**

2) Переместите поля {Drawing Number} и {Sheet Number}, а также надпись «Лист» в нижнюю часть штампа (см. рис. 4-17).

3) Удалите лишние поля, линии и надписи, как показано на рис. 4-17. Для этого просто отмечайте нужный элемент щелчком левой кнопкой мыши и нажимайте клавишу **DELETE**

4) Нажав клавишу **CTRL**, последовательно выделяйте щелчком левой кнопки мыши

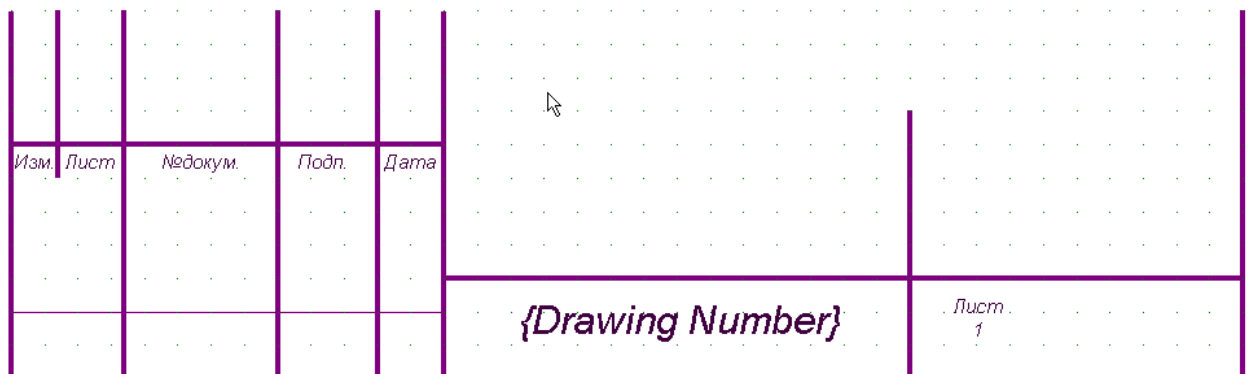


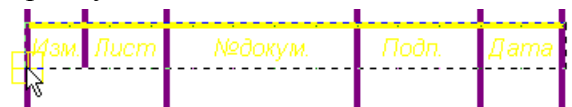
Рис. 4-17. Заготовка штампа второго листа

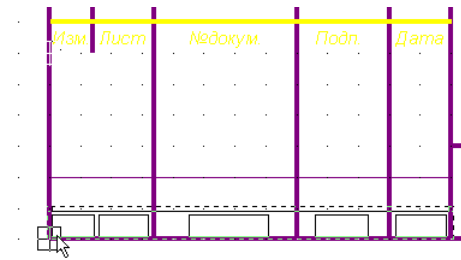
надписи в левой части заготовки штампа и горизонтальную основную линию над ними. Отмеченные элементы изменят цвет и будут окружены пунктирной прямоугольной рамкой (см. врезку).



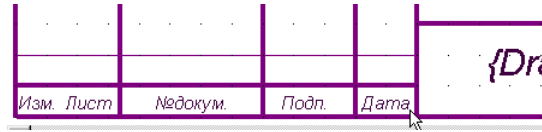
5) Отпустите клавишу и щелкните правой кнопкой мыши. В появившемся контекстном меню выберите команду **Selection Point** (точка выбора).

6) Укажите курсором левый нижний угол прямоугольника выделения и щелкните левой кнопкой мыши. В этом месте появится точка привязки (большой желтый квадрат с диагоналями). На врезке на точку привязки указывает курсор.





7) Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите выделенную область за точку привязки как показано на врезке слева. Точку привязки необходимо совместить с левым нижним углом штампа. Отпустите левую кнопку мыши. Результат операции показан на врезке справа.



зан на врезке справа.

8) Щелкните левой кнопкой мыши по верхней основной горизонтальной линии. Она выделится и по ее краям появятся маленькие квадраты. Укажите курсором на левый квадрат, нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, растяните линию до левого края штампа.

9) Длины вертикальных линий наоборот следует уменьшить до 15 мм. Окончательный вариант штампа для второго листа приведен на рис. 4-18.

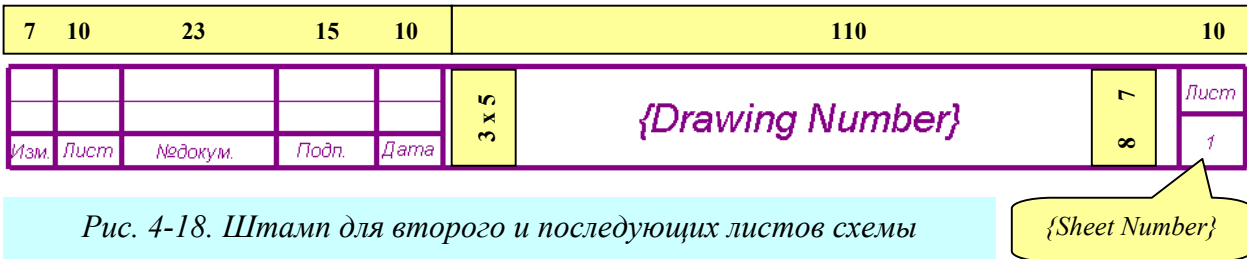


Рис. 4-18. Штамп для второго и последующих листов схемы

10) Сохраните созданный штамп с прежним именем, используя команду **File/Save**.

### 4.5 Создание форматки чертежа

Используя разработанные штампы, можно легко создать форматки для чертежей любых размеров и затем использовать их для оформления рабочих проектов. Покажем, как это можно сделать на примере чертежа формата А3 с горизонтальным расположением длинной стороны (размер 420x297).

#### • Настройте систему

1) Используя команду **File/Open...** (файл/открыть), загрузите из папки «Шаблоны» файл настроек схемного редактора **Настройки Schematic.sch**.

2) Сохраните новый проект в папку «Форматки» под именем **А3Г 1 лист**




В данном случае буква «Г» в названии файла говорит о горизонтальной ориентации длинной стороны чертежа. Форматку для случая вертикальной ориентации чертежа нужно будет создавать отдельно!!

3) Войдите в команду **Option/Configure** и в рамке *Workspace Size* щелкните по кнопке А3.

4) Установите шаг сетки 5 мм и абсолютную (Abs) сетку.

#### • Нарисуйте границы рабочего поля чертежа

1) Войдите в команду рисования линий (кнопка  на инструментальной панели).

2) Установите толщину линии 0,762 мм (Thick).

3) Используя клавишу с буквой **J** для перемещения в окна задания координат курсора, клавишу **TAB** для перехода между окнами и клавишу **ENTER** для окончания ввода по-

Таблица 4-4

Внешняя рамка формата А3

Шаг	Координата X	Координата Y
1	20	5
2	20	292
3	415	292
4	415	5
5	20	5

следовательно введите координаты, показанные в таблице 4-4.

Таблица 4-5

Шаг	Координата X	Координата Y
1	20	278
2	90	278
3	90	292

4) Нажмите клавишу **ESC** для обрыва линии.

**• Нарисуйте рамку для верхнего десятичного номера**

1) Используя данные табл. 4-5, нарисуйте рамку в левом верхнем углу чертежа. Ее размеры 70x14 мм (рис. 4-19).

2) Нажмите клавишу **ESC** для обрыва линии.



Рис. 4-19. Верхняя рамка для десятичного номера

**• Сохраните созданную заготовку**

1) Перейдите в режим выбора объектов (нажата кнопка ).

2) Используя команду **File/Save As**, сохраните созданную заготовку в папку «Форматки» вначале с именем **АЗГ\_2\_лист**, а затем с именем **АЗГ\_1\_лист**.

**• Скопируйте штамп первого листа в буфер обмена**

1) Используя команду **File/Open** (файл/открыть) загрузите в редактор файл **Штамп\_лист\_1.sch**, не закрывая предыдущий проект!

2) В проекте **Штамп\_лист\_1** установите шаг сетки 5 мм

3) Войдите в меню **Edit** (редактирование) и активизируйте команду **Select All** (выделить все). Выделенные элементы чертежа будут окрашены в желтый цвет и окружены пунктирным прямоугольником.

4) Щелкните внутри этого прямоугольника правой кнопкой мыши и выберите в появившемся меню пункт **Selection Point** (точка выбора)

5) Поместите курсор в правом нижнем углу штампа, как показано на рис. 4-20, и

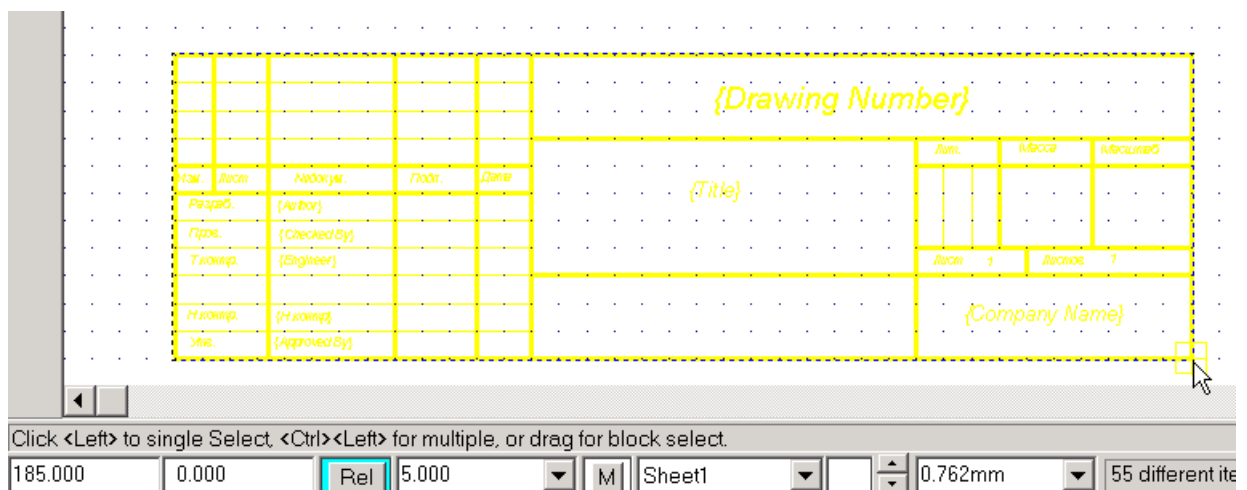


Рис. 4-20. Выделение объектов и указание точки буксировки (**Selection Point**)

щелкните левой кнопкой мыши. Здесь появится точка буксировки объекта .

6) Используя команду **Edit/Copy** (комбинация клавиш **CTRL/C**) скопируйте выделенные объекты в буфер обмена Windows.

**• Завершите создание форматки первого листа**

1) Используя меню Window редактора схем, перейдите в проект **АЗГ\_1\_лист**.

2) Активизируйте команду **Edit/Paste** ⇒ **From Clipboard** (Редактирование/Вставка ⇒ Буфер обмена) или просто нажмите комбинацию клавиш **CTRL/V**

4) Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите курсор в точку с координатами (415, 5). Отпустите левую кнопку мыши.

5) Щелкните левой кнопкой мыши на свободном поле для сброса выделения объектов.

6) Сохраните и закройте проект **АЗГ\_1\_лист**.

7) По умолчанию файл запишется с расширением "SCH", в то время как файлы форматок должны иметь расширение "TTL" (от слова Title).

8) Запустите Проводник Windows и измените расширение созданного файла на "TTL". Новая форматка готова.

• **Создайте форматку для второго и последующих листов**

1) Закройте проект **Штамп\_лист\_1**.

2) Откройте проекты **Штамп\_лист\_2** и **АЗГ\_2\_лист**.

3) Используя методику, изложенную выше, создайте форматку для второго листа чертежей А3.



*Формат файлов схем и форматок одинаков, поэтому для редактирования форматки ее достаточно загрузить в редактор схем. При загрузке на панели OPEN в окне Тип файлов должно быть установлено "ALL FILES (\*)" (все файлы)*

• **Самостоятельно создайте форматки для чертежей А4 (первый и второй листы).**

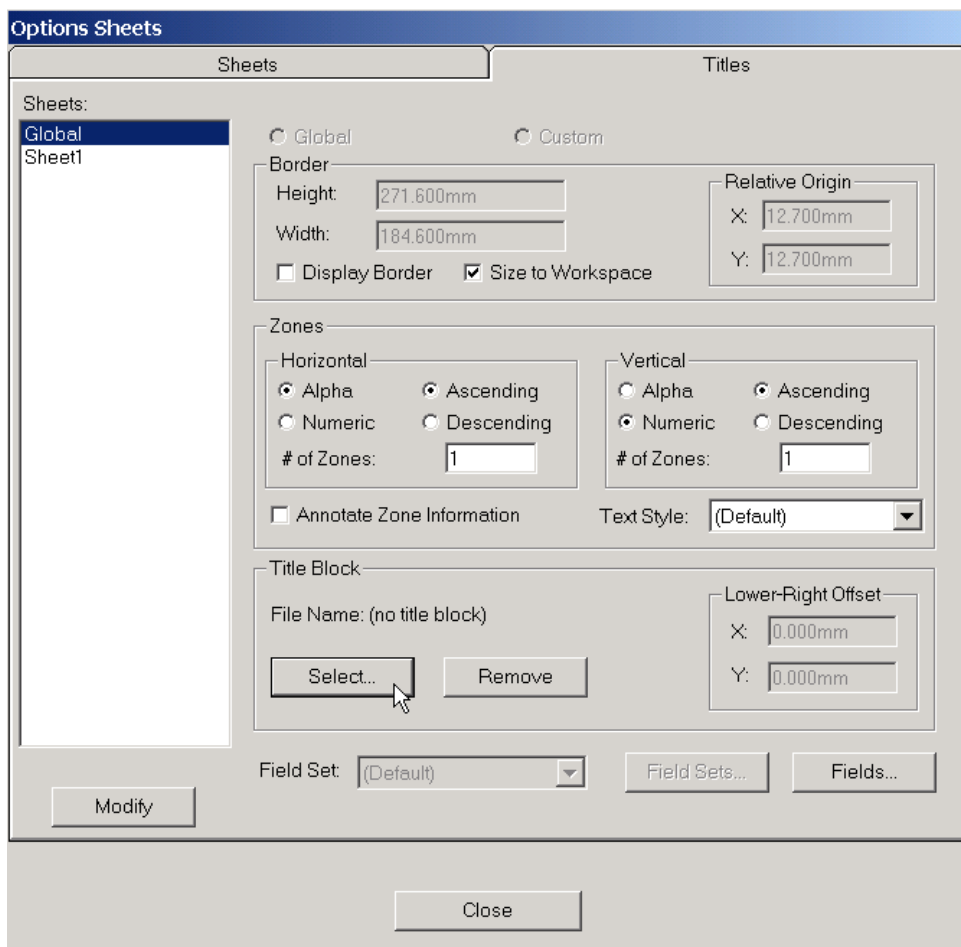


Рис. 4-21. Панель Options Sheets

**Указание.** Используйте данные таблицы 4-6 для вычерчивания внешних границ чертежа (для абсолютной сетки).

Таблица 4-6

**Внешняя рамка формата А4**

Шаг	Координата X	Координата Y
1	20	5
2	20	292
3	205	292
4	205	5
5	20	5

### 4.6 Подключение форматки чертежа к проекту

- Используйте новые форматки для оформления чертежа

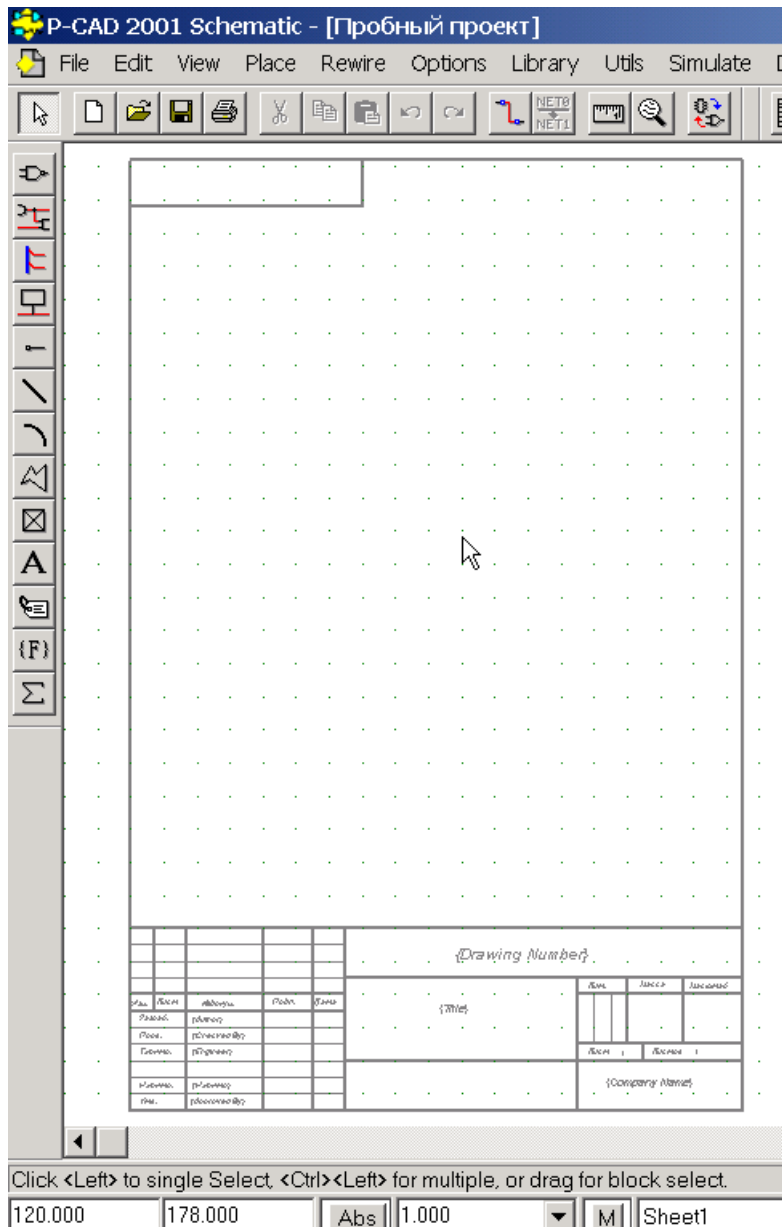


Рис. 4-22. Результат подключения форматки

1) Используя команду **File/Open...** (файл/открыть), загрузите из папки «Шаблоны» файл настроек схемного редактора **Настройки Schematic.sch**.

2) Сразу же сохраните новый проект в папку «Проекты» под именем **Пробный проект**.

3) Активизируйте команду **Option/Configure** и в рамке *Title Sheets* панели **Option Configure** нажмите кнопку **Edit Title Sheets** (редактирование оформления страниц).

4) На появившейся панели (см. рис. 4-21) **Options Sheets** (параметры страниц) в закладке *Title* нажмите кнопку **Select** (выбрать).

5) С помощью стандартного диалога Windows найдите и откройте на диске файл **A4\_1\_лист.ttl**, созданный при выполнении предыдущего подраздела.

6) На панели **Options Sheets** (рис. 4-21) нажмите вначале кнопку **Modify** (изменить), а затем кнопку **Close** (закрыть).

7) Закройте панель **Option Configure**. На рабочем поле должна появиться форматка чертежа, как показано на рис. 4-22.

- Заполните основную надпись чертежа данными проекта

1) Выберите в основном меню команду **File/Design Info...** и откройте закладку **Field** (поля) панели **Design Info** (см. рис. 3-10).

2) Используя кнопку **Properties**, установите необходимые значения нужных полей. Для примера на рис. 4-23 показан вариант заполнения основной надписи чертежа.

					НГТУ 1987056ЭЗ		
					Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Пробный проект Схема электрическая принципиальная		
Разраб.	Лопаткин А.В.						
Пров.	Петров В.В.						
Т.контр.	Сидоров С.С.				Лист 1	Листов 1	
Н.контр.	{Н.контр}				каф. КТПП		
Утв.	Иванов И.И.						

Рис. 4-23. Пример заполнения основной надписи чертежа

Обратите внимание, что для правильного заполнения основной надписи необходимо присвоить значения всем полям, имеющимся на форматке. Если необходимо, чтобы какая-либо графа, содержащая поле, была пустой, нужно соответствующему полю присвоить значение **ПРОБЕЛ**. В противном случае в этой графе будет отображаться имя поля в фигурных скобках, как это случилось с графой «Н.контр.» на рис. 4-23.

Надпись «Схема электрическая принципиальная» в этом проекте была выполнена с помощью команды **Place/Text** (разместить текст) и к форматке никакого отношения не имеет, что видно по различию цвета текста.

3) Закройте файл пробного проекта.

### На заметку!

«Горячие» клавиши	Назначение
<b>J</b>	Переход в окно для задания координаты X курсора
<b>TAB</b>	Переход между окнами задания X и Y координат курсора
+	Увеличение размеров изображения
-	Уменьшение размеров изображения

## 5 СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ СИМВОЛОВ КОМПОНЕНТОВ

*Поставляемые с системой P-CAD библиотеки не соответствуют российским стандартам, поэтому важно уметь создавать новые библиотечные компоненты и редактировать старые. В данном разделе рассмотрена методика создания условного графического изображения (УГО) компонента на схеме (символа).*

### 5.1 Общие сведения

Интегрированные библиотеки P-CAD 2001 содержат компоненты (components), корпуса (pattern) и символы (symbol). На схеме компонент представлен символом, а на печатной плате корпусом (см. рис. 5-1). Кроме графики символа и корпуса в библиотеке содержится информация об упаковке в корпус (подвод питания, подключение выводов и т.д.). Единство символа, графики корпуса и упаковочной информации и составляет понятие компонента. Преимущество интегрированных библиотек заключается в том, что упаковочная информация для каждого компонента хранится в одном месте и должна вводиться всего один раз.

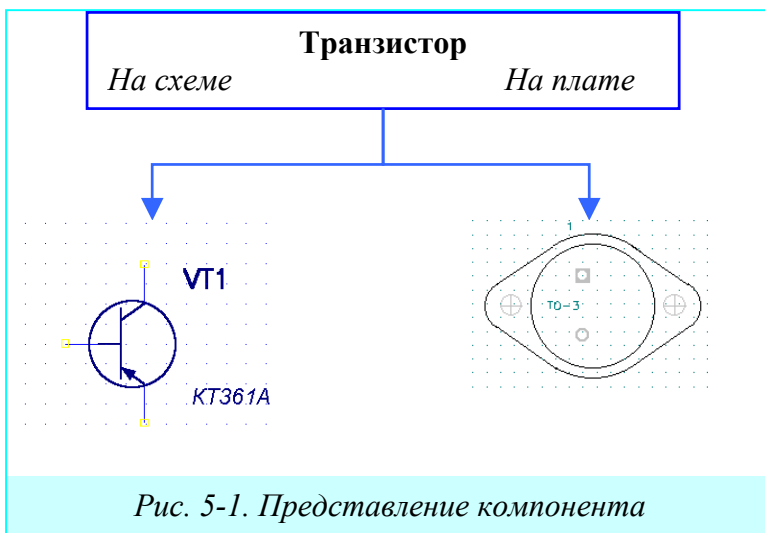


Рис. 5-1. Представление компонента

### 5.2 Создание новой библиотеки



*Все вновь созданные или отредактированные элементы рекомендуется хранить в отдельной библиотеке (библиотеках) поскольку системные библиотеки P-CAD при переустановке системы переписываются заново!!!*

#### • Создайте новую библиотеку

1) Запустите схемный редактор, если он еще не запущен.

2) В меню **Library** (библиотеки) выберите команду **New** (новая). Появится панель **Library New** (см. рис. 5-2).

3) В окне задания имени файла наберите **Моя библиотека**

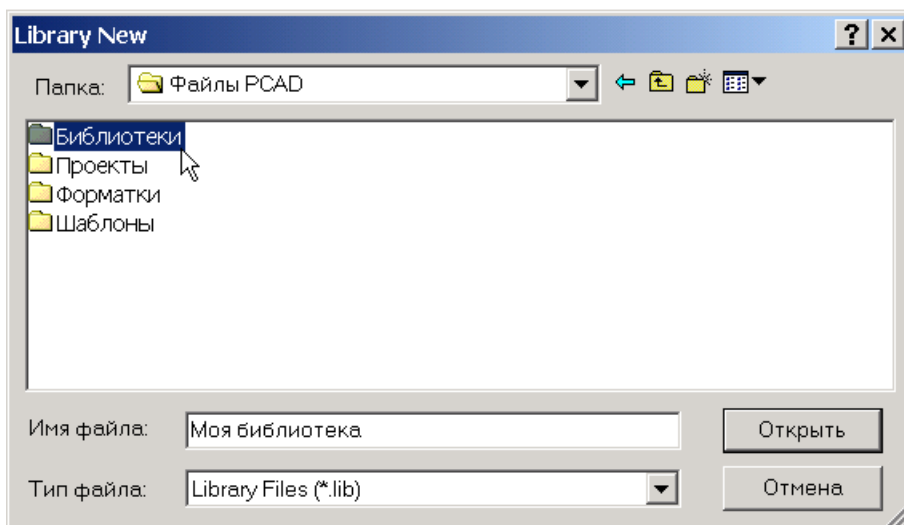


Рис. 5-2. Создание новой библиотеки



4) Сохраните новый библиотечный файл в папку «Библиотеки».

• **Подключите новую библиотеку к проекту**

1) Выберите в меню команду **Library/Setup**.

2) На появившейся панели **Library Setup** нажмите кнопку **Add** (добавить) (см. рис. 5-3).

3) Перейдите в каталог «Библиотеки», щелкните по имени файла **Моя библиотека.lib** и нажмите кнопку **Открыть**.

4) На панели **Library Setup** в окне *Open Libraries* (открытые библиотеки) появится название вновь подключенной библиотеки (см. рис. 5-3).

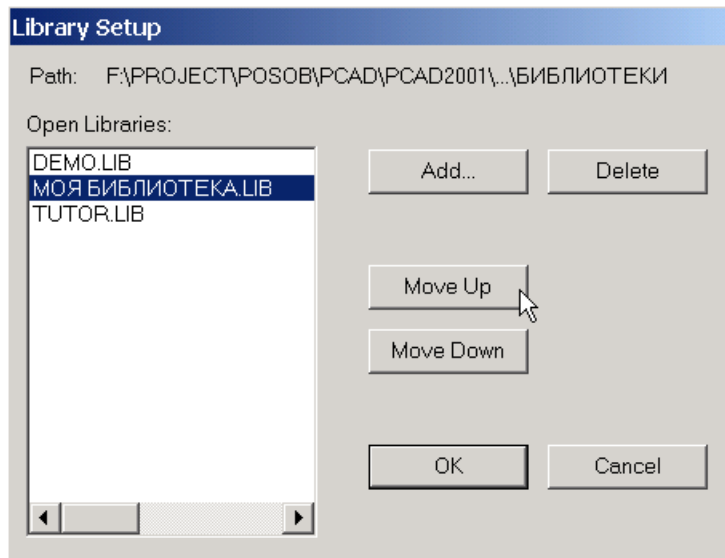


Рис. 5-3. Подключение библиотеки к проекту

5) Если список открытых библиотек содержит несколько строк, щелкните левой кнопкой мыши по имени вновь подключенной библиотеки для его выделения и с помощью кнопки **Move Up** переместите его в начало списка.

6) Кнопка **Move Down** позволяет перемещать выделенную в списке библиотеку вниз по списку, а кнопка **Delete** удаляет выделенную в списке библиотеку (библиотеки).

### 5.3 Создание символа резистора

Работу по созданию компонентов начнем с самого распространенного элемента – резистора с мощностью рассеяния 0,25 Вт.

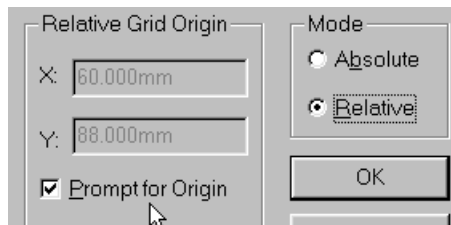


Рис. 5-4. Изменения в настройках сетки

• **Нарисуйте условное графическое обозначение резистора**

1) Загрузите в схемный редактор файл шаблона **Настройки Schematic.sch**.

2) Активизируйте команду **Option/Grids** и на панели **Option Grids** (см. рис. 5-4) в рамке *Mode* (режим) переключитесь с абсолютной сетки на относительную (Relative). Также установите флажок *Prompt for Origin* (указать начало координат).

3) Закройте панель **Option Grids** и, переместив курсор, имеющий вид наклонного перекрестия  $\times$ , в середину рабочего поля, щелкните левой кнопкой мыши. Здесь будет начало координат относительной сетки.

4) В меню **Place** выберите команду **Line** и установите толщину линии –Thin (тонкая).

5) Шаг сетки установите равным 1 мм.


6) Нарисуйте прямоугольник размером 10x4 мм с вертикально расположенной большей стороной.

7) Установите шаг сетки 0.1 мм и нарисуйте в прямоугольнике наклонную линию, как показано на врезке справа.



• **Подключите к резистору верхний вывод**

1) Вновь установите шаг сетки равным 1 мм.

2) В меню **Place** выберите команду **Pin** (аналог – кнопка  на инструментальной панели) и щелкните левой кнопкой мыши на рабочем поле.

3) На появившейся панели **Place Pin** в рамке *Length* (длина) установите флажок *User* (пользовательский) и задайте длину вывода равной 5 мм, как показано на рис. 5-5.

4) В рамке *Display* (показывать) сбросьте оба флажка, поскольку ни имя вывода (Pin Name), ни его позиционное обозначение (Pin Des) не нужны в данном случае.

5) В окне **Default Pin Name** (имя вывода по умолчанию) и окне **Default Pin Des** поставьте по единице и нажмите кнопку ОК.

6) На поле чертежа нажмите левую кнопку мыши и не отпускайте ее.

7) Нажимая клавишу с буквой **R**, добейтесь вертикального расположения вывода, чтобы место подключения проводников (маленький квадрат) был наверху, а курсор внизу (см. врезку).

7) Не отпуская левой кнопки мыши, перемещайте вывод к середине верхней стороны прямоугольника.

8) Совместив курсор со средней точкой верхней стороны, отпустите левую кнопку мыши.

9) Щелкните правой кнопкой мыши.

• **Подключите к резистору нижний вывод**

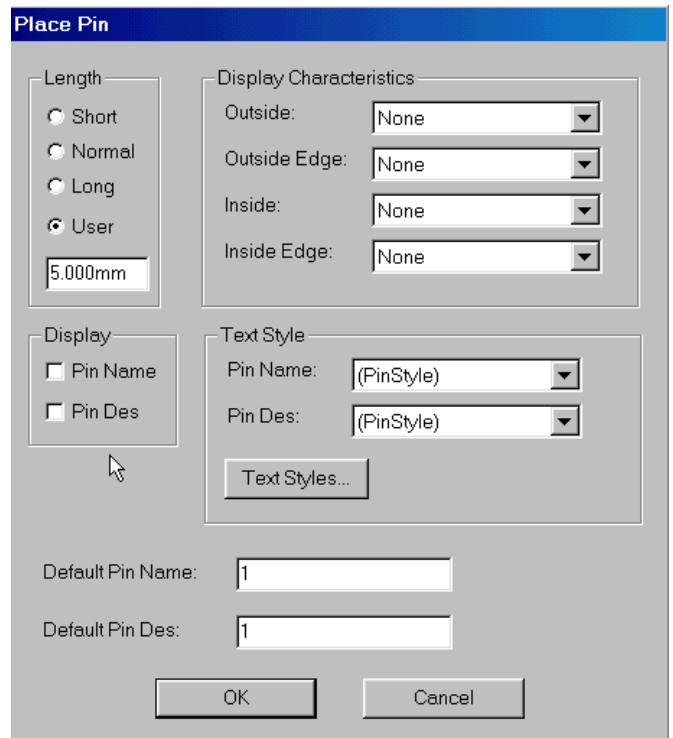
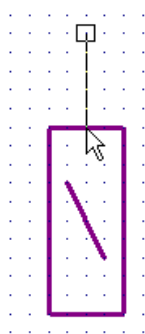


Рис. 5-5. Установка параметров вывода

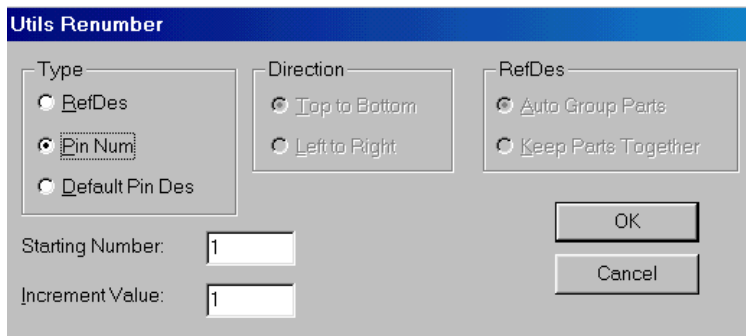


Рис. 5-6. Нумерация выводов

Подключение нижнего вывода резистора производится аналогично, только в окнах **Default Pin Name** и **Default Pin Des** нужно поставить двойки.

При размещении все выводы автоматически получают номер (Pin Number) 0 (ноль). На самом деле номера у них должны быть разными.

• **Присвойте номера выводам**

1) Нажмите на клавиатуре клавишу с буквой **S**, чтобы войти в режим выбора объектов.

2) Активизируйте команду **Utils/Renumber** (утилиты/переобозначение).

3) На панели **Utils Renumber** (см. рис. 5-6) в рамке *Type* (тип) установите флажок *Pin Num* (нумерация выводов) и нажмите кнопку ОК для выхода. Система выдаст предупреждение, что данная операция не может быть отменена. Это нормально.

4) Укажите курсором на верхний вывод и щелкните левой кнопкой мыши. Вывод изменит свой цвет (см. врезку слева).



- 5) Прделайте то же с нижним выводом.
- 6) Нажмите правую кнопку мыши, чтобы закончить операцию.

## 5.4 Размещение атрибутов и точки привязки

### 5.4.1 Обязательные атрибуты компонента

Обязательным атрибутом для любого символа (даже символа «земли») с точки зрения системы является позиционное обозначение (Ref Des). Для резистора из числа системных атрибутов, кроме того, нужно задать номинал (Value) и тип (Type). Эти параметры не всегда отображаются на схемах, но могут быть использованы для создания перечней элементов.

#### • Разместите на чертеже перечисленные выше обязательные атрибуты резистора

1) В меню выберите команду **Place/Attribute** (аналог кнопка  на инструментальной панели).

2) На панели **Place Attribute** (см. рис. 5-7) в окне *Attribute Category* (категория атрибута) выбирается категория *Component* (компонент), что бы ограничить просматриваемый спи-

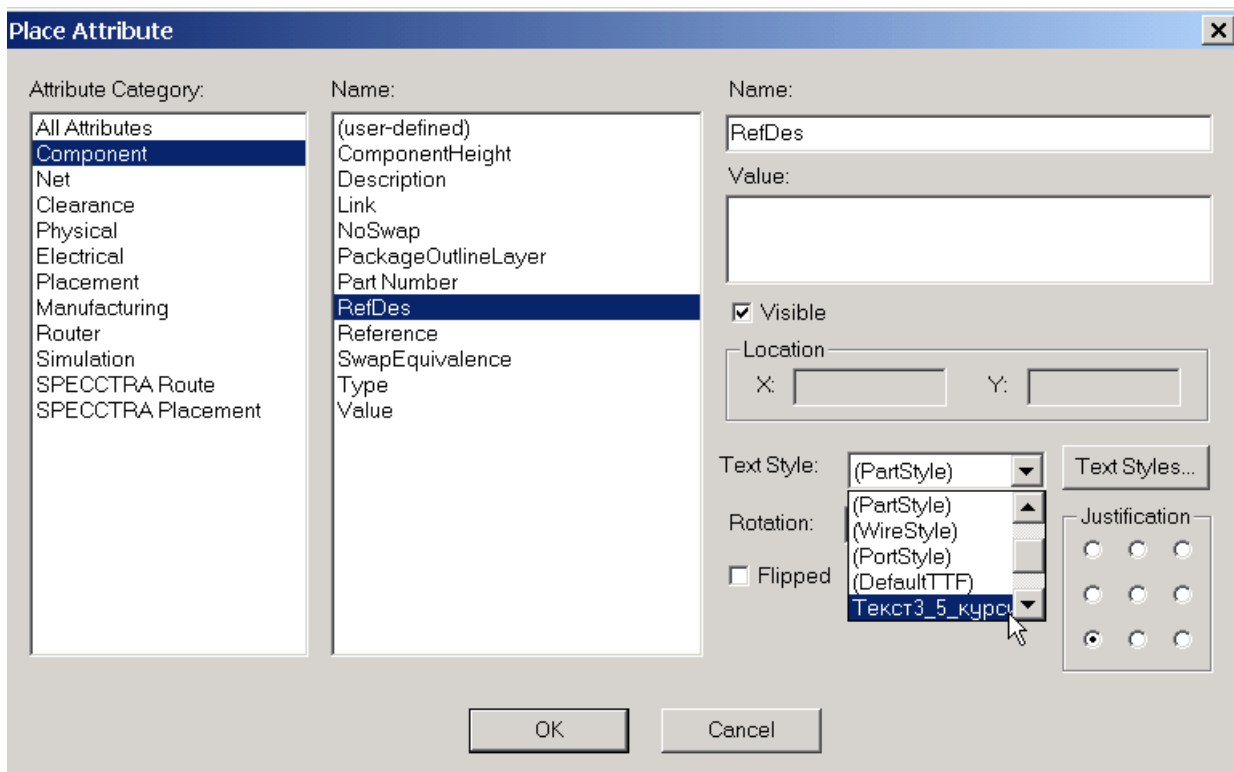


Рис. 5-7. Выбор атрибутов и установка их параметров

сок.

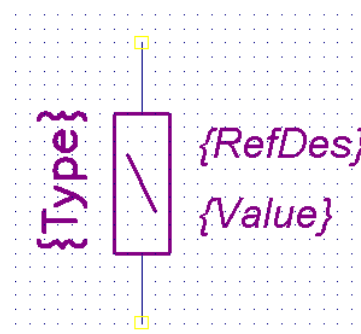
3) В окне *Name* (имя) выбираем *RefDes*, щелкая по нему левой кнопкой мыши.

4) В окне стилей текста (Text Style) выбираем созданный ранее стиль *Текст3\_5\_курсив*

4) Обратите внимание на положение точки привязки в рамке *Justification*. Левый нижний угол кажется хорошим решением в данном случае.

6) Щелкаем ОК, а затем нажимаем и держим левую кнопку мыши.

7) Перемещая курсор и используя при необходимости клавишу **R**, располагаем атрибут рядом с условным графиче-



ским обозначением (УГО) резистора, как показано на врезке выше. Отпускаем левую кнопку мыши.

8) Щелкаем левой кнопкой мышки и отправляемся за атрибутом **Value** (номинал). Располагаем его под позиционным обозначением.

9) Атрибут **Type** (тип) разместить следует, как показано на предыдущей врезке.

### 5.4.2 Дополнительные атрибуты компонента

При составлении перечней элементов требуется указание рассеиваемой мощности, нормативного документа по которому используется резистор, и некоторых других данных. Эта информация может быть сохранена в дополнительно задаваемых атрибутах. В качестве примера добавим атрибут «Рассеиваемая мощность».

#### • Добавьте дополнительный атрибут для создаваемого элемента

1) При добавлении дополнительного атрибута в окне списка *Name* панели **Place Attribute** (см. рис. 5-7) выберите **user-defined** (задаваемый пользователем).

2) В окне ввода **Name** наберите **Мощность**

3) В окне ввода значений **Value** наберите **0,25 Вт**


4) Сбросьте флажок **Visible** (щелкнуть следует два раза), чтобы атрибут не отображался на чертеже.

5) Разместите дополнительный атрибут рядом с УГО элемента. Поскольку этот атрибут не будет отображаться на схемах, его местоположение особой роли не играет.

### 5.4.3 Точка привязки символа компонента

Последним обязательным элементом является точка привязки, за которую элемент будет перетаскиваться на схеме и которая всегда попадает в узел сетки. Размещается она, как правило, в одном из выводов.

#### • Добавьте к элементу точку привязки

1) Активизируйте в меню команду **Place/Ref Point** (или нажмите на кнопку ).

2) Щелкните левой кнопкой мыши по окончанию верхнего вывода, как показано на врезке справа.

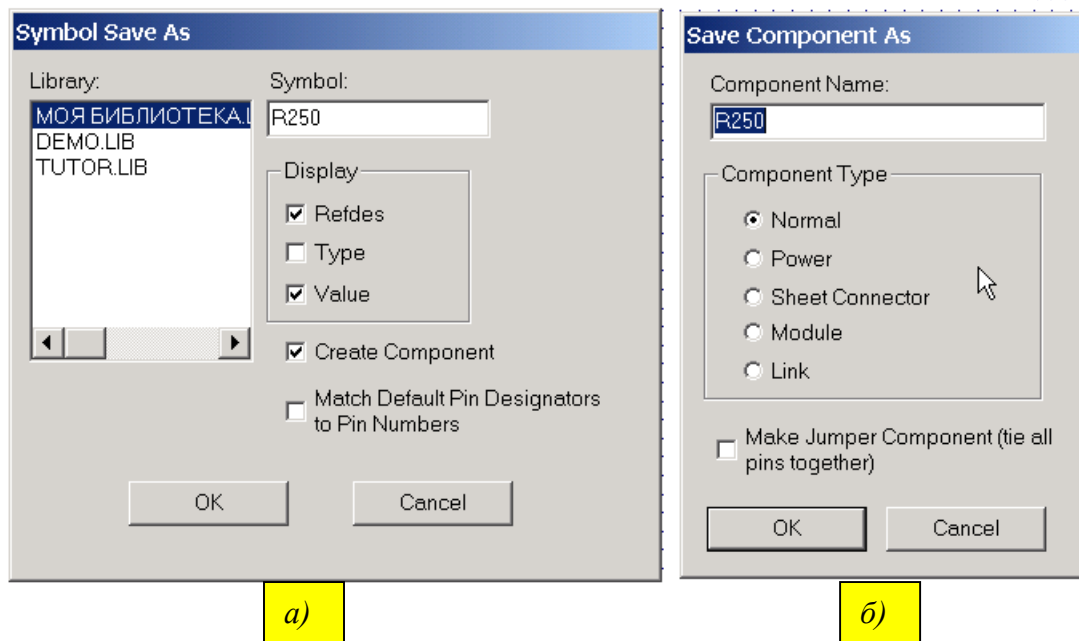
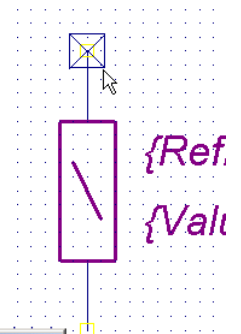



Рис. 5-8. Создание и сохранение компонента в библиотеке

## 5.5 Помещение символа в библиотеку

Заключительным этапом является помещение созданного символа в одну из библиотек.

### • Поместите символ резистора в библиотеку

- 1) Перейдите в режим выбора объектов (нажата кнопка ).
- 2) В меню выберите команду **Edit/Select All** (редактирование/выбрать все).
- 3) Активизируйте в меню команду **Library/Symbol Save As...** (библиотека/сохранить символ как...).
- 4) На панели **Symbol Save As** (см. рис. 5-8,а) в окне ввода *Symbol* наберите **R250**
- 5) В рамке *Display* сбросьте флажок *Type*, запрещая тем самым отображение этого атрибута на схеме.
- 6) Установите флажок *Create Component*, разрешающий создание компонента (не только символа) в библиотеке.



*Установка флажка Match Default Pin Designators to Pin Numbers на панели **Symbol Save As** позволяет согласовать номера выводов и позиционные обозначение выводов по умолчанию*

- 7) В окне *Library* качестве библиотеки для размещения выберите *Моя библиотека*, как показано на рис. 5-8,а и нажмите кнопку ОК.

Система попросит указать имя и тип компонента, с которым будет соединен созданный символ (см. рис. 5-8,б и табл. 5-1). Ничего не изменяя, нажмите ОК.



*Установка флажка Make Jumper Components на панели **Save Component As** позволяет создать компонент, у которого все выводы электрически соединены!!!*

Компонент и его символ будут размещены в библиотеке – *Моя библиотека*. Проверьте это.

Таблица 5-1

### Типы компонентов

Название	Использование
Normal	Наиболее общий тип компонента. Это, например, диоды и резисторы. Этот тип компонентов отображается в списке цепей и отчете о компонентах.
Power	Специальный тип компонента, используемый только в схемах как инструмент подключения к источнику питания. Этот компонент не отображается в списке цепей и перечне компонентов. Цепь, к которой он подключен автоматически получает его имя, например, GND, +5V, VCC и т.д.
Sheet Connector	Компонент для указания перекрестных ссылок на схемах. Этот тип компонента используется, чтобы указать на каких страницах (или в каких зонах чертежа) есть продолжение цепи. Не отображается в списке цепей или перечне компонентов.
Module	Используется в иерархических проектах для указания связей с другими компонентами или модулями, чтобы представить другой лист электрической схемы в проекте (эквивалентную схему) в виде «черного ящика».
Link	Используется в иерархических проектах на листе эквивалентной схемы, для сохранения связи между модулем и его эквивалентной схемой

## 5.6 Редактирование библиотечного символа

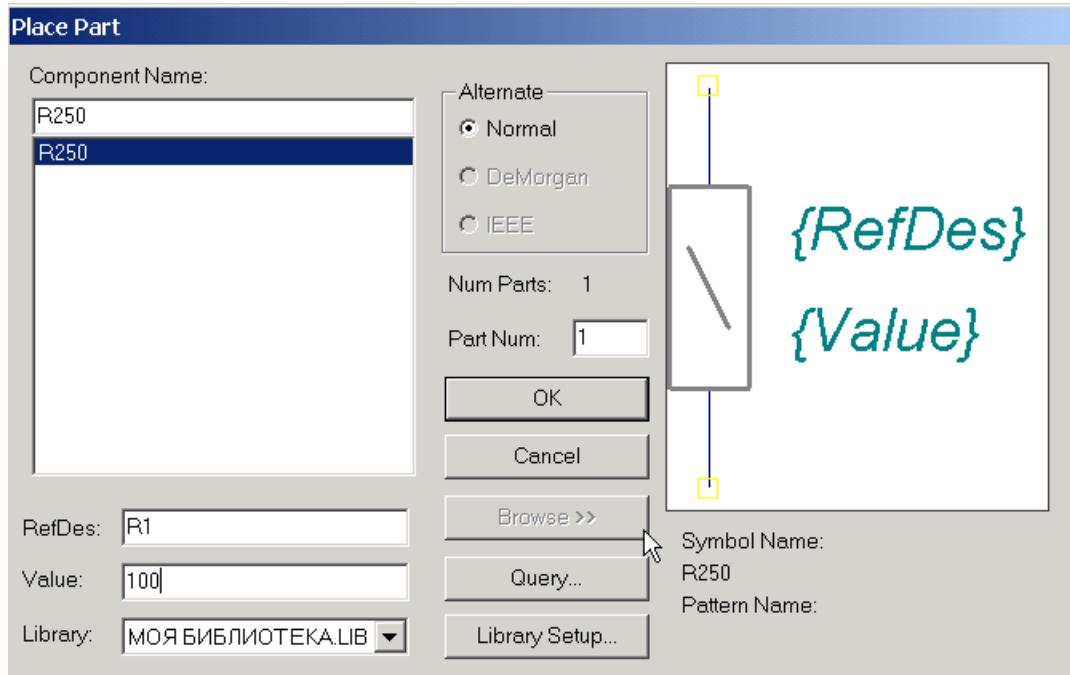



Рис. 5-9. Панель выбора компонентов из библиотеки

Любой символ, хранящийся в любой библиотеке, может быть легко отредактирован. Покажем это на примере только что созданного символа резистора.

### 5.6.1 Выбор компонента из библиотеки


#### • Поместите вновь созданный компонент на поле чертежа

- 1) Очистите текущий проект от всех присутствующих элементов. Для очистки текущего проекта достаточно активизировать команду **Edit/Select All** (редактирование/выбрать все) и нажать клавишу **DELETE** (удалить).
- 2) Нажмите кнопку  (команда меню **Place/Part** – разместить/компонент).
- 3) Щелкните левой кнопкой мыши на поле чертежа для открытия панели **Place Part** выбора компонентов из библиотек (см. рис. 5-9).
- 4) Для просмотра графики символа, имени символа (**Symbol Name**) и имени корпуса компонента (**Pattern Name**) нажмите кнопку **Browse** (просмотр).
- 5) Из списка подключенных библиотек в окне *Library* выберите – *Моя библиотека*.
- 6) В списке компонентов *Component Name* найдите **R250** и выберите его. В данном случае список будет содержать всего один компонент, поэтому искать ничего не придется.
- 7) В окне *RefDes* задайте позиционное обозначение резистора – **R1**, а в окне *Value* – значение сопротивления, например, **100**.
- 8) Нажмите **OK** для завершения выбора.

Назначение остальных элементов на панели **Place Part** следующее:

- в рамке *Alternate* (замена) можно выбрать один из трех вариантов представления символа компонента на схеме - **Normal**, **IEEE** или **DeMorgan**. Такой компонент можно создать только в **Library Manager**;
- в справочной ячейке *Num Parts* отображается число секций в выбранном компоненте;
- в окне *Part Num* отображается номер выбираемой секции многосекционного компонента;



- кнопка **Library Setup** открывает панель редактирования списка подключенных к проекту библиотек (см. рис. 5-3);
  - кнопка **Query...** (запрос) открывает панель создания запроса для поиска компонентов по различным критериям. Этот инструмент будет рассмотрен позднее.
- 9) Щелкните левой кнопкой мыши для размещения компонента на поле чертежа.
- 10) Перейдите в режим выбора объектов (нажата кнопка )

### 5.6.2 Преобразование УГО резистора в УГО конденсатора

#### • Преобразуйте символ резистора в символ конденсатора

Последовательность необходимых действий для выполнения этого задания приведена в таблице 5-2.

Таблица 5-2

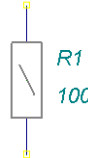
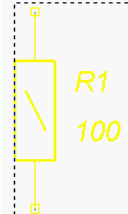
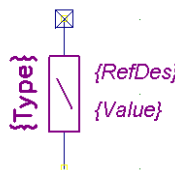
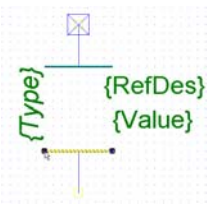
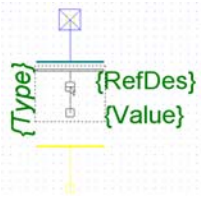
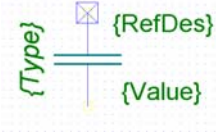

Действие	Результат
1) Разместите библиотечный элемент (резистор R250) на поле чертежа (сделано в предыдущем подразделе)	
2) Перейдите в режим выбора объектов щелкните по символу резистора левой кнопкой мыши для его выделения. Щелкните правой кнопкой мыши и через выпадающее меню войдите в панель свойств (Properties) компонента. Откройте закладку <i>Attributes</i> (атрибуты) и кнопкой <b>Delete</b> удалите имеющийся там дополнительный атрибут «Мощность».	
3) В меню <b>Edit</b> (редактирование) выберите команду <b>Explode Parts</b> (рассыпать компонент). Компонент рассыплется на элементы, из которых он был создан. Для удобства работы максимально увеличьте изображение, используя команду <b>View/Extent</b> (представление/степень)	
4) Установите шаг сетки 1мм. Удалите вертикальные и наклонную линии из графики резистора и растяните горизонтальные линии справа и слева на 2 мм, так чтобы общая длина каждой линии равнялась 8 мм.	
5) Выделите нижний вывод и нижнюю горизонтальную линии и разместите их на расстоянии 1 мм от верхней горизонтальной линии.	

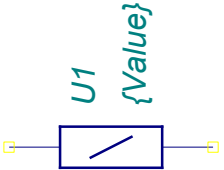
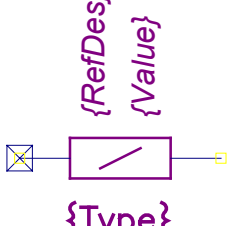
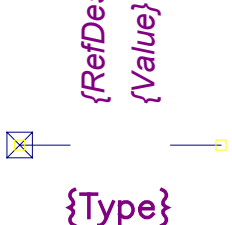
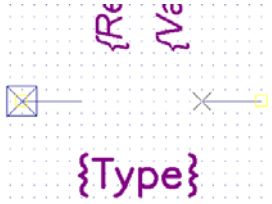
Таблица 5-2


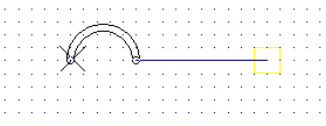
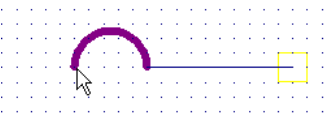

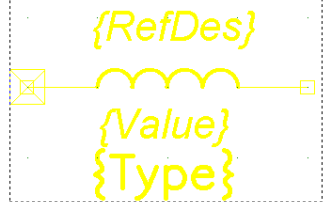
Действие	Результат
6) Подкорректируйте расположение атрибутов и измените длину выводов с 5 до 4,5 мм (через команду Properties из выпадающего меню для выбранного вывода). Соответственно измените положение точки привязки, расположив ее в конце верхнего вывода (шаг сетки – 0,5 мм)	
7) Окном выберите все элементы символа. Далее руководствуйтесь рекомендациями подраздела 5.5. Символ и компонент сохраните в библиотеку – «Моя библиотека», с одинаковыми именами, например, <b>C</b>	

### 5.7 Создание символа индуктивности

Работа с дугами и окружностями (команда **Place/Arc**) в системе P-CAD имеет некоторые особенности, которые мы рассмотрим на примере создания символа индуктивности. Последовательность создания компонента представлена в табл. 5-3

Таблица 5-3

Действие	Результат
1) Разместите библиотечный элемент - резистор R250 на поле чертежа, повернув его на 90 градусов	
2) Как и в предыдущем случае выделите компонент, удалите дополнительный атрибут «Мощность» и выполните команду контекстного меню <b>Explode</b> (рассыпать компонент).	
3) Удалите графику резистора, выбрав ее окном и нажав клавишу <b>DELETE</b>	
4) На панели <b>Option Grids</b> (параметры сетки) установите режим относительной сетки ( <i>Relative</i> ) и флажок <i>Prompt for Origin</i> (отметка начала координат). Шаг сетки выберите равным 0,5 мм. После закрытия панели курсор примет вид наклонного перекрестия. Щелкните левой кнопкой мыши по началу правого вывода. Здесь будет начало координат относительной сетки.	

Действие	Результат
5) Активизируйте в меню команду <b>Place/Arc</b> (или нажмите кнопку  на инструментальной панели. Поместите курсор в начало координат относительной сетки, нажмите левую кнопку мыши и не отпуская ее переместите курсор горизонтально справа налево в точку с координатами (2.5, 0). Отпустите левую кнопку мыши. <sup>*1)</sup>	
6) Система попросит указать центр дуги. Щелкните левой кнопкой мыши по одному из концов дуги. Появится полуокружность диаметром 2.5 мм. <sup>*2)</sup> Перейдите в режим выбора объектов.	
7) Отметьте дугу щелчком левой кнопки мыши для ее выделения. Войдите в контекстное меню и выберите там команду <b>Copy Matrix</b> (массив копий). Количество столбцов (Number of Columns) установите равным <b>4</b> . Расстояние между столбцами (Columns Spacing) установите равным <b>-2.5</b> (со знаком минус). Количество строк (Number of Rows) должно быть равно 1.	
8) Отредактируйте ориентацию и положение атрибутов и окном выберите все элементы символа. Далее руководствуйтесь рекомендациями подраздела 5.5. Символ и компонент сохраните в библиотеку – «Моя библиотека», с одинаковыми именами, например, <b>L</b>	

**Примечания.** 1. Дуга всегда строится справа от линии, соединяющей начало и конец дуги.

2. Размер дуги и ее форма определяются смещением курсора от линии, соединяющей концы дуги.

3. Чтобы получить окружность, нужно щелчком левой кнопки мыши отметить точку, через которую она проходит, и вторым щелчком указать местоположение ее центра.

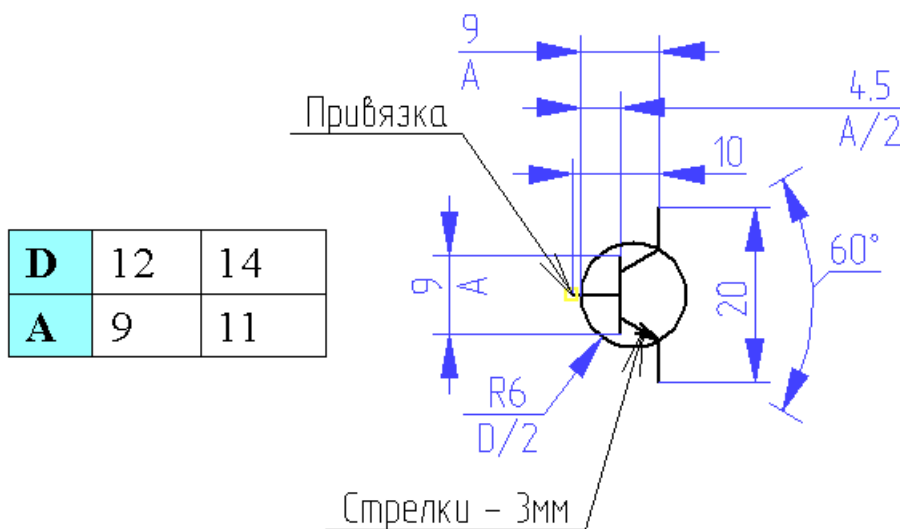


Рис. 5-10. Размеры элементов на УГО транзисторов

## 5.8 Создание символа транзистора

Создание символа транзистора может вызвать определенные затруднения (см. рис. 5-10). Для создания сложной графики лучше использовать более приспособленные для этого чертежно-графические редакторы, типа T-FLEX CAD или AUTOCAD. Созданное в них УГО необходимо экспортировать в формат DXF и затем загрузить в P-CAD.

### • Создайте символ транзистора

1) Создайте графику транзистора в каком-либо чертежно-графическом редакторе (я предпочитаю T-FLEX CAD российской фирмы «Топ Системы»).

2) Экспортируйте созданное изображение в формат DXF (для ACAD версии 9 и выше).

3) Загрузите в схемный редактор файл шаблона **Настройки Schematic.sch**. Размер рабочей области установите максимально большим – A0.

4) Активизируйте команду **File/DXF In...** (файл/импорт DXF).

5) Настройки на панели **File DXF In** (см. рис. 5-11) будут зависеть от особенностей конкретного проекта.

6) Нажав на кнопку **DXF File Name**, найдите на диске созданный в чертежно-графическом редакторе DXF-файл с изображением транзистора.

7) В окне *Sheet Name* отображается имя страницы, на которую будет загружаться импортируемая графика. Это имя можно изменить, но лучше оставить предложенное системой.

8) Установка флажка *View Log File Upon Completion* (просмотр протокола после завершения) вызовет автоматическое появление на экране отчета о результатах импорта.

9) В группе *DXF Units* установите те единицы измерения, которые использовались в чертежно-графическом редакторе.

10) В группе *Locate DXF Origin* (Положение точки привязки DXF) устанавливается метод задания начала координат для чертежа. В редакторах системы P-CAD допустимы только положительные абсолютные координаты. Поэтому, если в DXF-файле нет отрицательных координат, устанавливается флажок *Absolute Workspace Origin*. Преобразования координат при этом не происходит.

Установка флажка *Relative Grid Origin* позволяет поместить начало координат чертежа в начало относительной сетки редактора PCB.

При установке флажка *Auto Adjust to Workspace* система автоматически переносит чертеж в область положительных координат.

11) Если при работе в чертежно-графическом редакторе не использовалась сетка, то может потребоваться изменение местоположения графики импортируемого символа. Для этого необходимо:

- всю графику символа выделить окном или используя команду Edit/Select All;

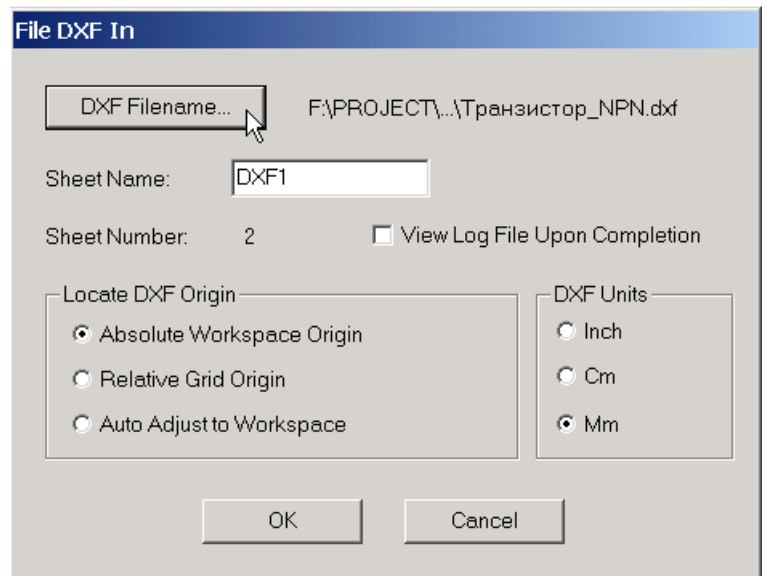


Рис. 5-11. Загрузка DXF файла

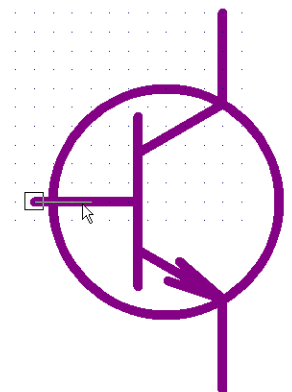


Рис. 5-12.

- используя мелкую сетку разместить в одном из выводов, например, базовом, привязочную точку (Selection Point);
- установить шаг сетки 5 мм и переместить изображение, расположив точку привязки в одном из узлов сетки.



12) Разместите выводы командой **Place/Pin**. Длину выводов установите равной 3 мм и размещайте их как показано на рис. 5-12. Имена выводам **Default Pin Name** и позиционные обозначение по умолчанию **Default Pin Des** заполните в соответствии с таблицей 5-4. Запретите отображение на чертеже имени и позиционного обозначения вывода (см. пп. 5-3).

Название вывода	Default Pin Name	Default Pin Des
База	b	1
Коллектор	c	2
Эмиттер	e	3

13) Используя команду **Utils/Renumber** (утилиты/переобозначение), присвойте номера выводам.

14) Руководствуясь рекомендациями раздела 5.4, добавьте обязательные атрибуты транзистора. Точку привязки расположите в конце базового вывода.

15) Сохраните символ и компонент в библиотеку «Моя библиотека», присвоив символу имя **T\_NPN**, а компоненту **KT315A** (см. раздел 5.5).


• **Самостоятельно создайте и поместите в библиотеку компоненты транзисторов р-р, общего вывода (земли)** , **диола, входа-выхода**  **и др. элементов (см. Приложение 1)**



*Располагайте точки для подключения проводников у выводов в узлах сетки с шагом 5мм – тогда не будет проблем при создании схем!!!*

*2) Символу и компоненту «земли» присвойте имя GND. Тип компонента - POWER.(рис. 5-8,б). Из атрибутов для него используйте только RefDes, который сделайте невидимым на этапе занесения символа в библиотеку.*

### На заметку!

«Горячие» клавиши	Назначение
<b>R</b>	Поворот выбранного элемента (группы элементов) на 90 градусов против часовой стрелки
<b>SHIFT</b> + 	При нажатой клавише <b>SHIFT</b> щелчком левой кнопки мыши выделяются внутренние элементы компонента (элементы УГО, выводы и т.д.)

## 6 ВВОД СХЕМЫ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ

*В данном разделе на простом примере рассматриваются приемы размещения на схеме УГО компонентов, проводников, шин и т.д. Показано, как создать многостраничную схему.*

### 6.1 Создание многостраничного проекта

Для общности изложения сразу же создадим многостраничный проект, в котором схема принципиальная электрическая будет размещаться на нескольких листах формата А4.

#### • Создайте двухстраничный проект

- 1) Запустите редактор схем и загрузите в него шаблон **Настройки Schematic.sch**.
- 2) Командой **File/Save As...** (файл/сохранить как) сразу же сохраните новый проект в папку **Проект 1**, предварительно созданную в директории «Проекты» под именем **УСИЛИТЕЛЬ**

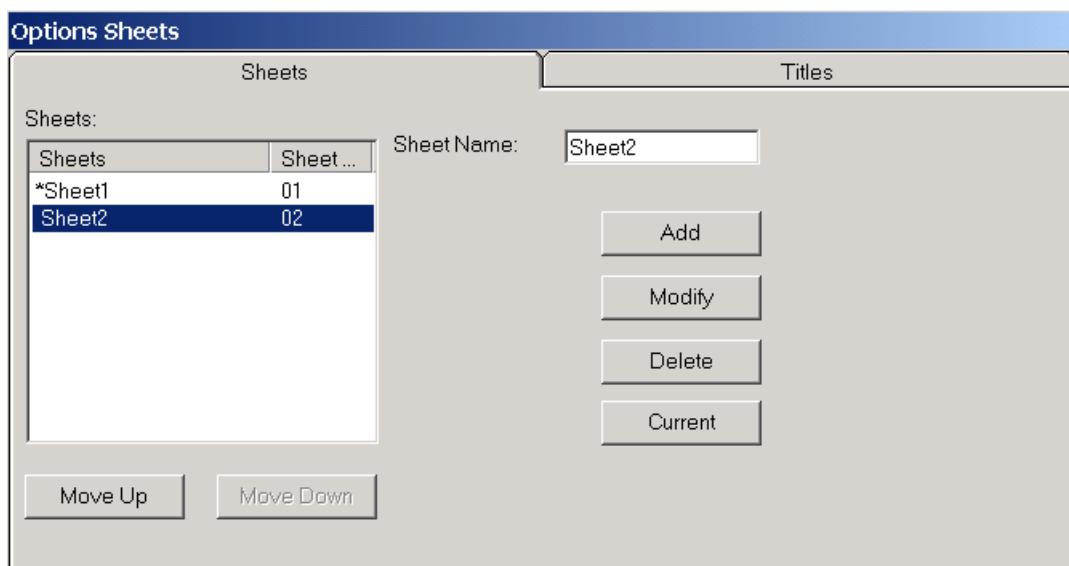


Рис. 6-1. Добавление второй страницы в проект

- 3) Активизируйте команду **Option/Configure...**
- 4) На панели **Option Configure** в рамке *Title Sheets* нажмите кнопку **Edit Title Sheets ...** (редактирование оформления страниц).
- 5) На панели **Option Sheets** (см. рис. 6-1) откройте закладку *Sheets* и в окне *Sheet Name* (название страницы) наберите **Sheet2**. Нажмите кнопку **Add** (добавить). Новое имя появится в окне *Sheets:* (страницы).

Назначение остальных кнопок на этой странице приведено в таблице 6-1

Таблица 6-1

Кнопка	Использование
Modify	Нажатие на эту кнопку позволяет изменить имя выбранной страницы
Delete	Позволяет удалить выбранную страницу, если она пустая и не текущая
Current	Делает выбранную страницу текущей, т.е. отображаемой на экране. Признак текущей страницы – звездочка перед ее именем
Move Up Move Down	Эти кнопки позволяют менять порядок страниц в списке, перемещая выбранную страницу вверх или вниз по списку



• **Оформите страницы форматками в соответствии с ЕСКД**

1) На панели **Option Sheets** перейдите в закладку **Titles** (заголовки).

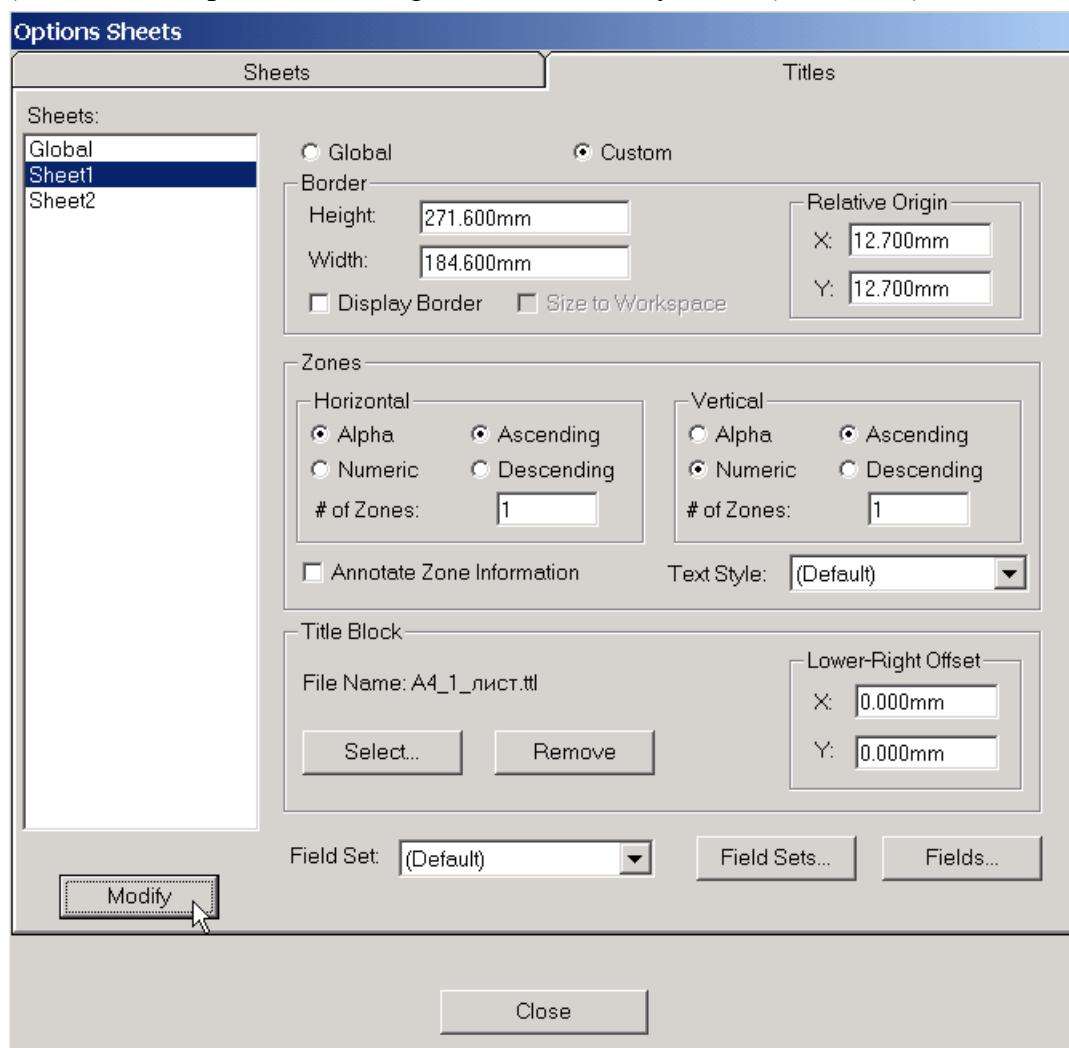



Рис. 6-2. Оформление проекта форматками

2) Выберите в списке первую страницу Sheet1, как показано на рис. 6-2.

3) Установите флажок Custom (заказное) и нажмите кнопку **Select** (выбрать).

4) С помощью стандартного диалога Windows найдите и откройте на диске файл **A4\_1\_лист.ttl**, созданный при выполнении раздела 4.

5) На панели **Options Sheets** (рис. 6-2) нажмите кнопку **Modify** (изменить), чтобы внесенные изменения вступили в силу.

6) В окне *Sheets* панели **Options Sheets** щелкните  по первой строке списка – Global (общий).

7) Нажмите кнопку **Select** и из каталога загрузите файл второго листа форматки **A4\_2\_лист.ttl**.

8) Вновь нажмите кнопку **Modify** (изменить).



*Выполнив пункты 6-8, мы установили стиль оформления по умолчанию. Он будет действителен для всех страниц, для которых не установлен иной стиль (как в пп. 2-5).*

9) Нажмите кнопку **Close** на панели **Options Sheets** и кнопку **OK** на панели **Option Configure** для завершения оформления страниц.

• **Заполните основные надписи чертежей данными о проекте**

1) Укажите название проекта, его десятичный номер, разработчика, проверяющего, утверждающего и другие необходимые сведения. Работа с закладкой **Field** (поля) панели **Design Info** была подробно рассмотрена в подразделе 4.6.

2) Нанесите на форматку первого листа текстовую надпись **Схема электрическая принципиальная**, как показано на рис. 4-22.

• **Убедитесь, что вторая страница проекта оформлена правильно**


1) В статусной строке в нижней части экрана (см. рис. 6-3) в окне *Select Sheets* (выбор страниц) с помощью кнопки  раскройте список страниц и выберите в нем вторую страницу – Sheet2.




Рис. 6-3. Переключение страниц

2) На экране появится изображение второй страницы, оформленной примерно так, как показано на рис. 6-4.



Рис. 6-4. Оформление штампа второй страницы проекта

3) Сохраните проект на диске, нажав . Многостраничный проект оформлен.

## 6.2 Подключение библиотек

Перед вводом и размещением компонентов на схеме нужно подключить к проекту библиотеки с необходимыми элементами и отключить ненужные. Как это сделать, подробно расписано в подразделе 5.2.

• **Убедитесь, что к проекту подключена библиотека - Моя библиотека.lib**

1) Выберите в меню команду **Library/Setup**.  
2) На появившейся панели **Library Setup** просмотрите список подключенных библиотек.

## 6.3 Ввод и размещение символов библиотечных компонентов на схеме


Схема первого каскада транзисторного усилителя, размещаемая на первом листе проекта показана на рис. 6-5.

• **Выберите из библиотеки и разместите на чертеже резисторы**

1) Установите шаг сетки 5 мм.



*При размещении элементов на чертеже старайтесь всегда использовать шаг сетки 5 мм и переходите к более мелким шагам, только при крайней необходимости!! Это существенно облегчит вашу работу.*

2) Активизируйте команду **Place/Part** (кнопка  на инструментальной панели) и щелкните левой кнопкой мыши по полю чертежа.

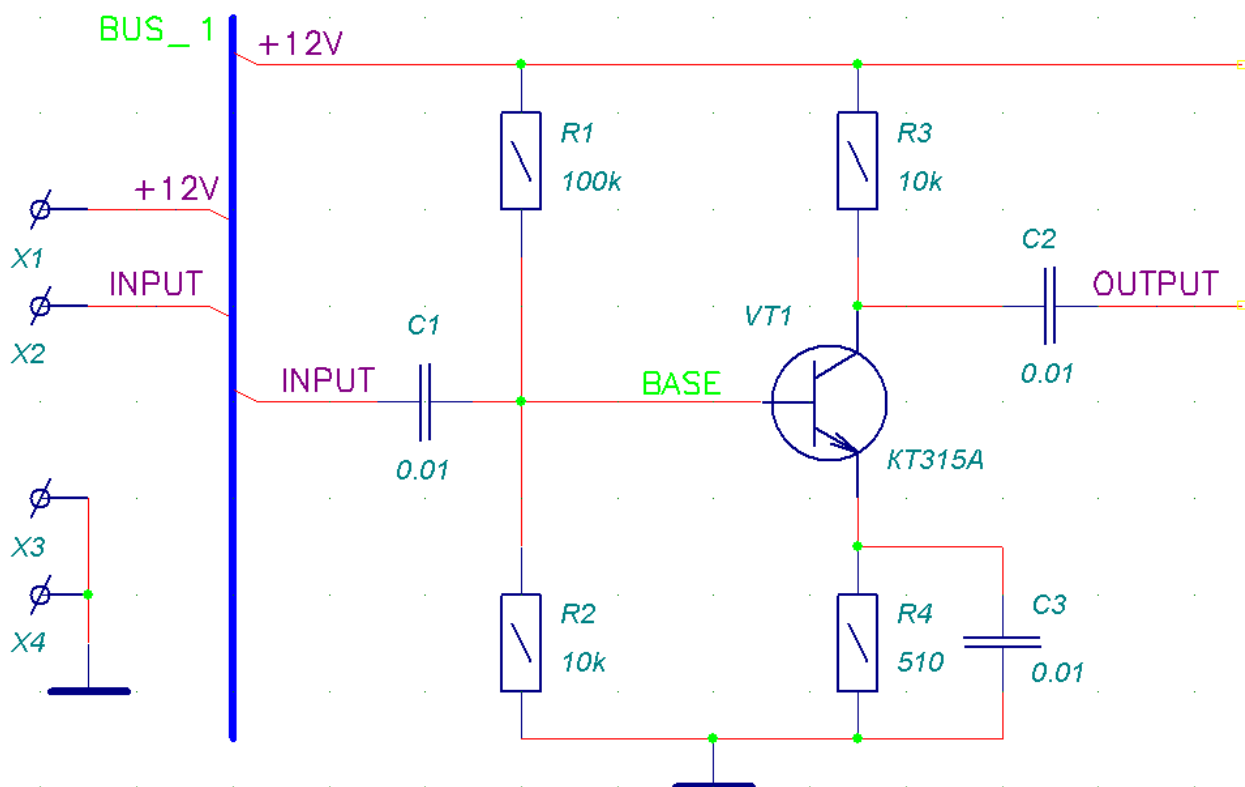


Рис. 6-5. Схема первого каскада усилителя

3) На открывшейся панели **Place Part** (рис. 6-6) выберите в окне *Library* из раскрывающегося списка одну из подключенных библиотек (в данном случае – *Моя библиотека.lib*) и нажмите кнопку **Browse** (просмотр) для отображения в отдельном окне графики выбранного компонента.

4) В окне списка компонентов *Name Component* найдите имя резистора с мощностью рассеяния 0,25 Вт – **R250** и щелкните по нему левой кнопкой мыши.

5) В окне *RefDes* задайте начальное значение для позиционного обозначения резисторов **R1**, а в окне *Value* укажите его номинал – **100k**. Нажмите кнопку ОК для завершения выбора.

6) На поле чертежа нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите элемент к месту размещения на чертеже резистора R1. Для вращения компонента используйте клавишу **R**. Отпустите левую кнопку мыши.

7) Повторите п. 6 для размещения на чертеже резисторов R2-R4. Позиционные обозначения размещаемых элементов будут увеличиваться автоматически.

8) Для окончания ввода резисторов щелкните правой кнопкой мыши.

**• Выберите и разместите на чертеже остальные элементы схемы**

1) Вновь щелкните левой кнопкой мыши на чертеже и выберите в списке конденсатор C.

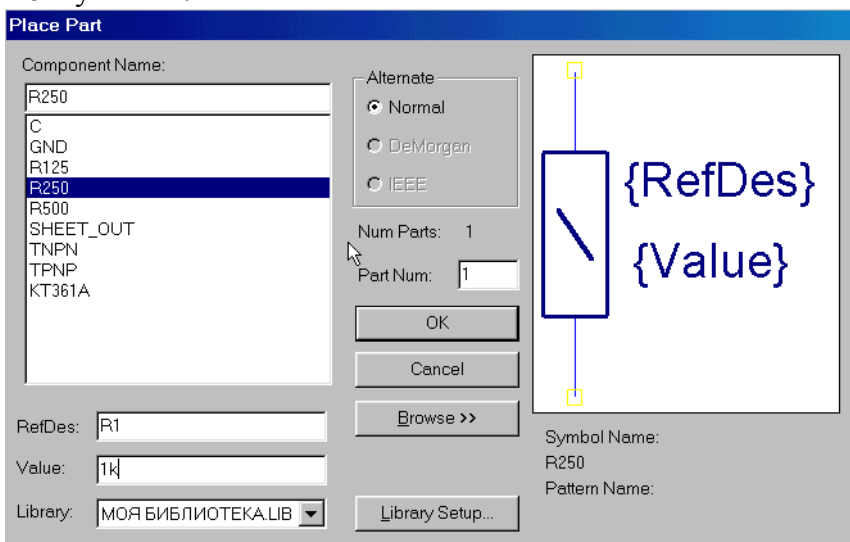





Рис. 6-6. Выбор элемента из библиотеки

- 2) Задайте начальное значение для позиционного обозначения – **C1** и установите номинальное значение – **0.01** мкф.
- 3) Разместите на чертеже три конденсатора как показано на рис. 6-5.
- 4) Поместите на чертеж транзистор (не забудьте присвоить ему позиционное обозначение), символы «земли» -  и входные контакты .

• **Откорректируйте взаимное положение элементов на схеме, расположение и значение их атрибутов**

- 1) Перейдите в режим выбора объектов (нажата кнопка )
- 2) Щелкните по элементу положение или значение атрибутов, которого хотите изменить, для его выделения.
- 3) Для перемещения компонента нажмите левую кнопку мыши внутри прямоугольника выделения и буксируйте его за точку привязки к нужному месту.
- 4) Для изменения атрибутов (номинала или позиционного обозначения) щелкните внутри прямоугольника выделения правой кнопкой мыши и войдите в команду **Properties** из выпадающего меню.
- 5) Для выделения не всего компонента, а его отдельных атрибутов необходимо нажать клавишу **SHIFT** (или **CTRL** в зависимости от положения переключателя *CTRL/Shift Behavior* в закладке *Mouse* панели **Option Preferences**) и, не отпуская ее, щелкнуть по атрибуту левой кнопкой мыши.
- 6) Перемещение и редактирование свойств выделенного атрибута производится также как элемента в целом. Для вращения выделенного атрибута также используется клавиша **R**.


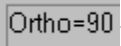


*Перед редактированием положения атрибутов установите более мелкий шаг сетки, например, 1 мм. Перебор шагов сетки можно проводить, не выходя из текущей команды, с помощью клавиши **G***

#### 6.4 Ввод линий групповой связи (шин)

Для облегчения работы с чертежом на схемах часто используют линии групповой связи (шины). Поскольку в системе P-CAD проводники, подводимые к этим линиям, приобретают нужный вид автоматически, линии групповой связи необходимо располагать на чертеже перед соединением элементов проводами.

• **Нарисуйте на чертеже линию групповой связи BUS\_1**


- 1) Выберите в меню команду **Place/Bus** (разместить/шину) или нажмите на кнопку  на инструментальной панели.
- 2) С помощью клавиши **O** установите ортогональный режим рисования линий (в правой части статусной строки должна быть надпись ) , если шина не должна иметь изломов. Шаг сетки установите равным 5 мм.
- 3) Укажите курсором начало линии и нажмите левую кнопку мыши. Не отпуская ее перетащите курсор в окончание шины. Отпустите левую кнопку мыши.



*Для рисования любой линии можно просто отметить ее начало и конец щелчками левой кнопки мыши*

- 4) Щелкните правой кнопкой мыши, чтобы «оборвать» линию.

• **Задайте имя введенной шине и отобразите его на чертеже**

- 1) Перейдите в режим выбора объектов (нажата кнопка )

2) Щелкните левой кнопкой мыши по линии групповой связи для ее выделения.

3) Щелкните правой кнопкой мыши для вызова выпадающего меню.

4) Выберите в выпадающем меню команду **Properties**.

5) На панели **Bus Properties** (свойства шины) в окне *Bus Name* (имя шины) наберите **BUS\_1** (см. рис. 6-7)

6) Установите флажок *Display* (видимость) для отображения имени на чертеже и нажмите кнопку ОК для окончания задания свойств шины.

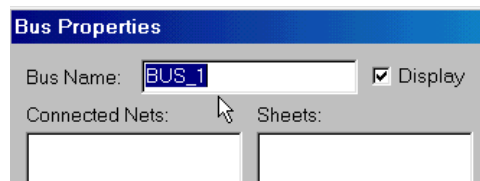


Рис. 6-7. Задание имени шины



Обратите внимание, что в свойствах шины отображаются имена подключенных к ней цепей (в окне *Connected Nets*) и указываются страницы чертежа, на которых есть продолжение шины (в окне *Sheets*)

#### • Измените положение имени шины

1) Установите шаг сетки 1 мм

2) Нажмите клавишу **SHIFT** и, не отпуская ее, щелкните левой кнопкой мыши по имени шины для его выделения.

3) Нажмите левую кнопку мыши внутри прямоугольника выделения и, не отпуская ее, перетащите имя шины в желаемое место на чертеже.

4) Отпустите левую кнопку мыши.

### 6.5 Соединение выводов компонентов проводниками

#### • Соедините входные разъемы X1, X2 и конденсатор C1 с шиной BUS\_1

1) Установите стиль подключения проводников к шине, используя команду **Option/Display** (см. рис. 6-8).



Изменение стиля шины в процессе ввода не приводит к изменению уже нарисованных проводников!!!

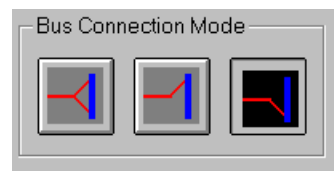



Рис. 6-8. Выбор стиля шины

2) Выберите в меню команду **Place/Wire** (разместить проводники) или нажмите на кнопку  на инструментальной панели.

3) С помощью клавиши **O** установите ортогональный режим рисования линий. Шаг сетки установите равным 5 мм.

4) Щелкните левой кнопкой мыши по желтому квадратику на конце элемента X1.

5) Переместите курсор по горизонтали на шину и щелкните левой кнопкой мыши по ней. Провод «оборвется» автоматически.



Для облегчения работы по совмещению точек начала и конца проводников можно с помощью клавиши **X** изменить представление курсора, растянув его на все рабочее поле.

5) Повторите пп. 4-5 для элементов X2 и C1.

#### • Соедините разъемы X3 и X4 между собой и символом «земли»

1) Последовательно щелкайте левой кнопкой мыши по желтым квадратикам на конце выводов элементов X3, X4 и «земли». Они будут соединены проводником.

2) Щелкните правой кнопкой мыши для "обрыва провода".

• **Введите остальные проводники на схеме**

Для перемещения по чертежу используйте линейки прокрутки, для изменения масштаба клавиши «+» и «-» на основной и дополнительной клавиатурах.

Не забывайте «обрывать» проводники.

Последний введенный сегмент цепи можно удалить клавишей **BACKSPACE**.

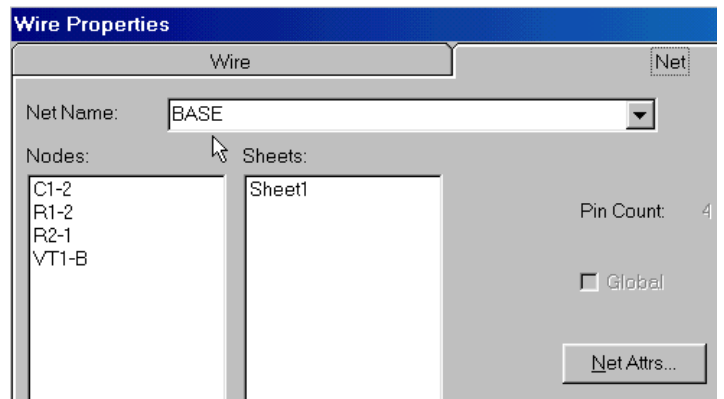



Рис. 6-9. Присвоение имени цепи

**6.6 Назначение имен цепям**

По умолчанию система присваивает имена цепям в формате **NET00006**, последовательно нумеруя их. При необходимости можно переименовать цепь, указав любое другое имя. Осмысленные имена цепей могут быть полезны при дальнейшей работе с проектом.

• **Измените имя цепи, подключенной к базе транзистора**

- 1) Перейдите в режим выбора объектов (нажата кнопка )
- 2) Щелкните левой кнопкой мыши по сегменту цепи, подключенному к базе транзистора VT1.
- 3) Щелкните правой кнопкой мыши для вызова выпадающего меню.
- 4) Выберите в выпадающем меню команду **Properties**.
- 5) На панели **Wire Properties** в закладке *Wire* установите флажок *Display* для отображения имени цепи на схеме.
- 6) На закладке *Net* в окне ввода имени *Net Name* наберите **BASE** (см. рис. 6-9) и нажмите кнопку ОК для окончания диалога.

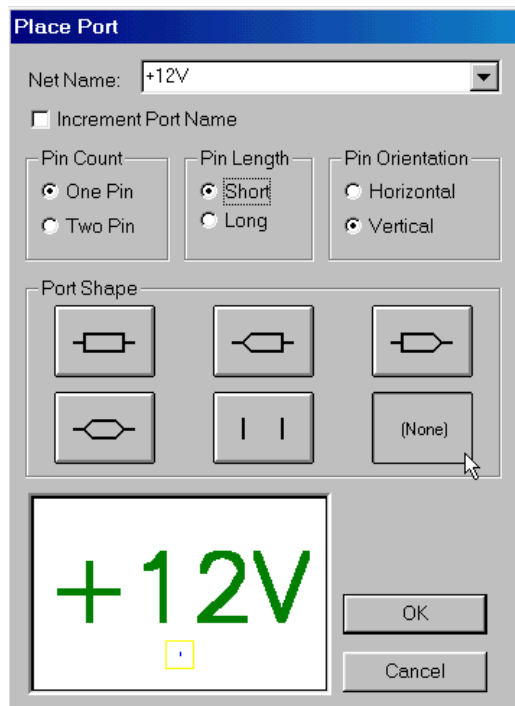



Рис. 6-10. Установка свойств порта

Это имя автоматически присвоится всем сегментам данной цепи. Заметим, что такой подход не позволяет объединять сегменты одной и той же цепи, не имеющие «физического» контакта между собой, например, находящиеся на разных страницах.

Для соединения цепей имеющих разнесенные на чертеже сегменты используются специальные элементы – порты (Ports).

• **Присвойте имя цепи, используя порт**

- 1) Выберите в меню команду **Place/Port** (расположить порт) или нажмите на кнопку  на инструментальной панели.
- 2) На панели **Place Port** в окне ввода имени цепи *Net Name* наберите **+12V** (см. рис. 6-10).
- 3) В рамке *Pin Cont* (количество контактов) установите флажок *One Pin* (один контакт).
- 4) В рамке *Pin Length* (длина вывода) установите флажок *Short* (короткий).
- 5) В рамке *Pin Orientation* (ориентация вывода) установите флажок *Vertical* (вертикальная).



- 6) В рамке *Port Shape* (форма порта) нажмите на кнопку **{None}** – без рамки.
- 7) Нажмите кнопку ОК для окончания диалога.
- 8) Щелкните левой кнопкой мыши по верхней цепи поблизости от места ее подключения к шине. Появится изображения порта.
- 9) Щелкните левой кнопкой мыши по цепи, подключенной к компоненту X1 для присвоения ей такого же имени.
- 10) Щелкните вначале правой кнопкой мыши для сброса параметров команды, а затем, разместив курсор в незанятой элементами области, левой кнопкой мыши для вызова панели **Place Port**.
- 11) Повторите пп. 2-10 для назначения глобальных имен остальным цепям.



Установка флажка *Increment Port Name* на панели **Place Port** приводит к автоматическому прибавлению единицы к текущему номеру цепи. Таким образом удобно именовать цепи с именами вида D1, D2, D3..., каждый раз указывая на цепь с новым именем.

### 6.7 Нанесение на схему текстовых надписей

Часто для на схемах присутствуют поясняющие надписи. Последовательность работы по размещению текстов на чертеже подробно рассмотрена в [подразделе 4.2](#).

### 6.8 Оформление второго листа схемы

На второй странице начертим второй каскад усилителя.

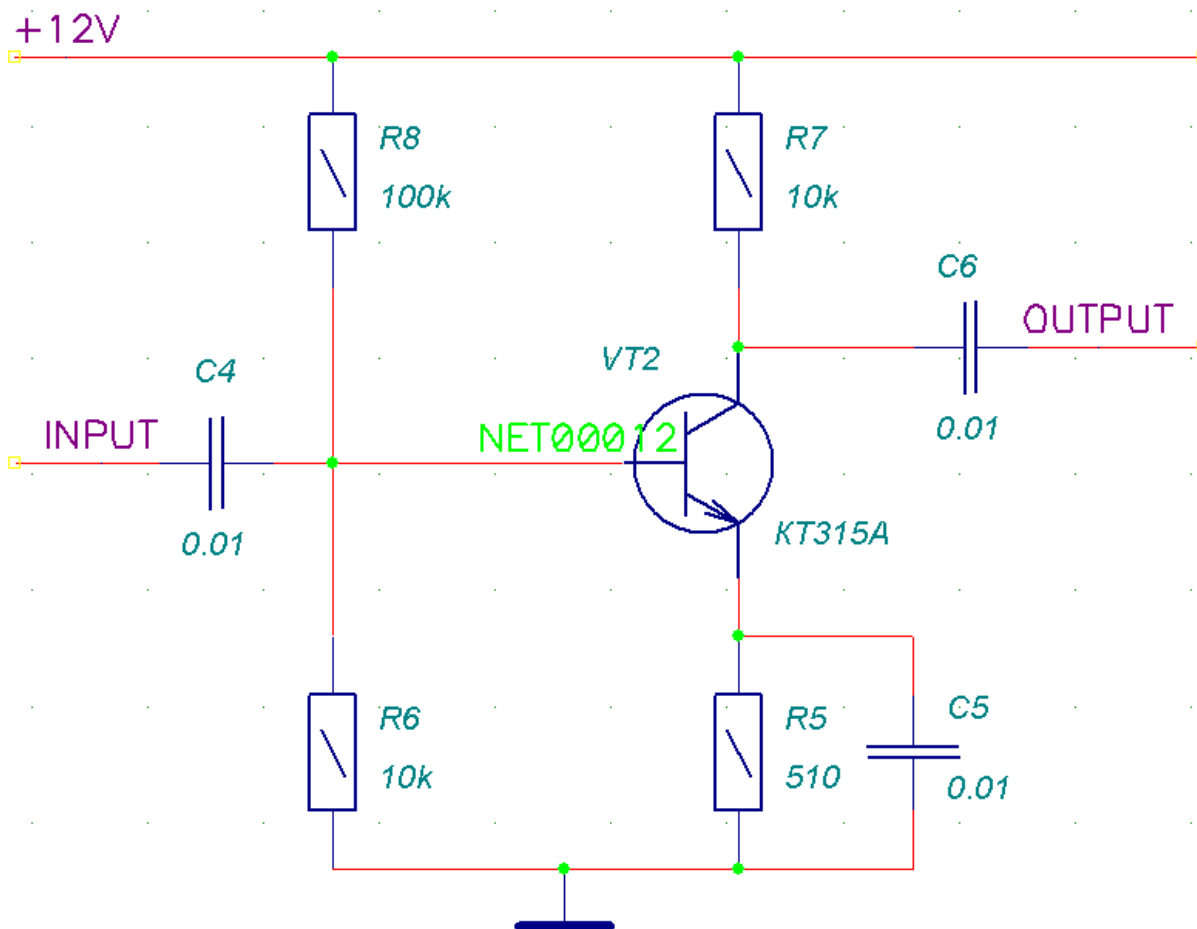



Рис. 6-11. Схема на втором листе после копирования из буфера обмена

### 6.8.1 Копирование фрагментов схемы

Система P-CAD позволяет копировать элементы чертежа и переносить их со страницы на страницу (и из проекта в проект!) через буфер обмена Windows. При этом позиционные обозначения компонентов изменяются автоматически.

#### • Скопируйте часть чертежа на первом листе и перенесите его на второй

- 1) Перейдите в режим выбора объектов (нажата кнопка ).
- 2) Выделите окном часть чертежа правее шины BUS\_1.
- 3) Нажмите **CTRL/C** (команда **Edit/Copy**) – копирование в буфер обмена.
- 4) Перейдите на вторую страницу с помощью переключателя страниц в статус строке (или нажмите клавишу с буквой **L** – листание страниц вперед; **SHIFT/L** – листание назад).
- 5) Нажмите **CTRL/V** (команда **Edit/Past**) – вставка из буфера обмена.
- 6) Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, расположите фрагмент чертежа в центре листа.

На втором листе должна появиться схема второго каскада усилителя в виде представленном на рис. 6-11.

### 6.8.2 Редактирование схемы

#### • Удалите из схемы лишние компоненты

- 1) Щелкните по входному конденсатору C4 левой кнопкой мыши для его выделения и нажмите клавишу **DELETE**.
- 2) Аналогично удалите порты **Input** и **Output**, сегмент входной цепи и оконечный сегмент цепи +12V.
- 3) Удалите имя цепи NET00012. Для выделения имени щелкайте по нему левой кнопкой мыши при нажатой клавише **SHIFT**.

#### • Отредактируйте некоторые элементы схемы

- 1) Щелкните по начальному сегменту входной цепи левой кнопкой мыши для его выделения.
- 2) Укажите курсором правый конец выделенного сегмента, нажмите левую кнопку мыши и растяните проводник до его совмещения с правой границей цепи +12V.
- 3) При необходимости сдвиньте порт +12V вправо.

#### • Добавьте компоненты на второй лист

- 1) Нажмите клавишу с буквой **L** для перехода на первый лист
- 2) Щелкните по элементу X1 левой кнопкой мыши для его выделения.
- 3) Скопируйте его в буфер обмена (**CTRL/C**).
- 4) Вернитесь на второй лист и вставьте элемент из буфера в схему (**CTRL/V**). Разместите его в выходной цепи каскада.
- 5) Присвойте имя OUTPUT входной цепи каскада, используя команду **Place/Port**. Имя цепи при этом можно выбирать из раскрывающегося списка.

### 6.8.3 Расстановка позиционных обозначений

Из рис. 6-11 видно, что позиционные обозначения некоторым элементам назначены неверно (нарушен порядок – слева–направо–сверху–вниз). Изменить их можно вручную или автоматически. Вручную – через свойства элементов.

#### • Измените позиционные обозначения компонентов автоматически

1) Войдите в команду **Utils/Renumber** (утилиты/перенумеровать).

2) На панели **Utils Renumber** (рис. 6-12) в рамке *Type* (тип) установите флажок *RefDes* (позиционные обозначения).

3) В рамке *Direction* (направление) устанавливается направление переобозначений – сверху – вниз (*Top to Bottom*) или слева – направо (*Left to Right*). Выбираем второе.

4) В рамке *RefDes* устанавливается, будут ли в многосекционных компонентах использоваться все секции (флажок *Auto Group Parts*) или в каждом корпусе останется то количество используемых секций, которое задано разработчиком (флажок - *Keep Parts Together*). Если выбрать первый вариант, количество используемых многосекционных компонентов может уменьшиться.

5) В окнах *Starting Number* и *Increment Value* задаются начальное позиционное обозначение и приращение номера, соответственно.

6) Установите значения параметров, как показано на рис. 6-12 и нажмите ОК.

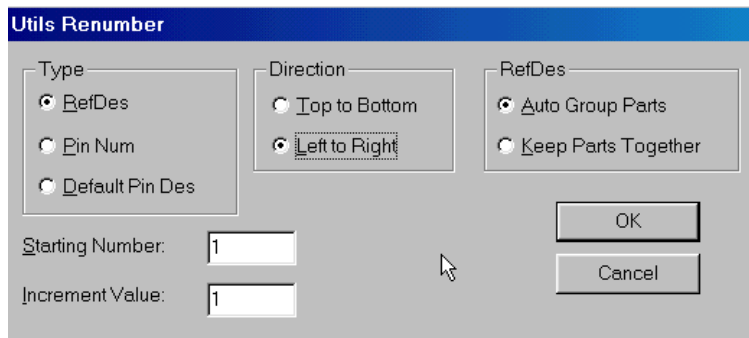


Рис. 6-12. Параметры переобозначений



По данной команде переобозначаются все элементы на всех листах!!!

Система выдаст предупреждение, что данная операция не может быть отменена. Можно отменить ее, либо продолжить. Нажимаем ОК.

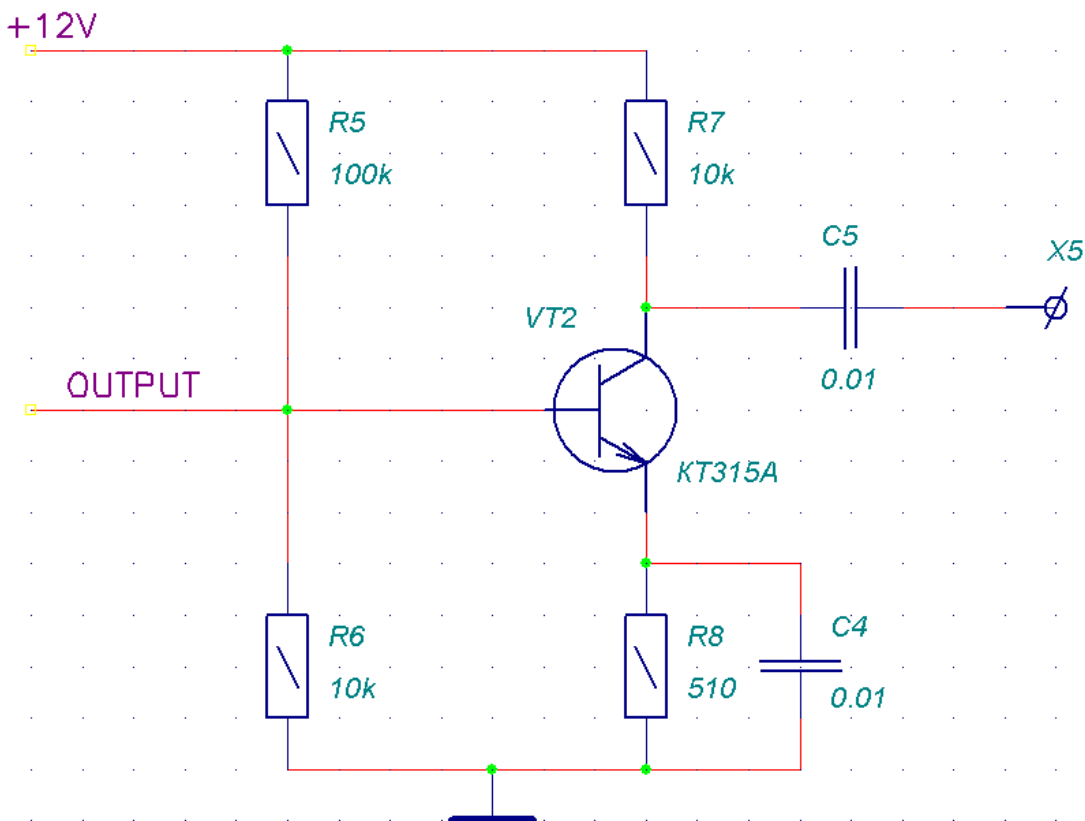


Рис. 6-13. Схема на втором листе после редактирования

Результат работы над вторым листом схемы представлен на рис. 6-13.

- Сохраните файл проекта с прежним именем.

#### 6.8.4 Расстановка соединителей страниц

Для облегчения работы со сложными схемами, занимающими несколько листов больших форматов в системе P-CAD предусмотрены специальные элементы – соединители страниц (Sheet Connector), автоматически показывающие информацию о том на каких листах и в каких зонах чертежа есть продолжение той или иной цепи.

- Расставьте в схеме соединители страниц

1) Подключите к проекту библиотеку **Demo.lib**, поставляемую вместе с системой P-

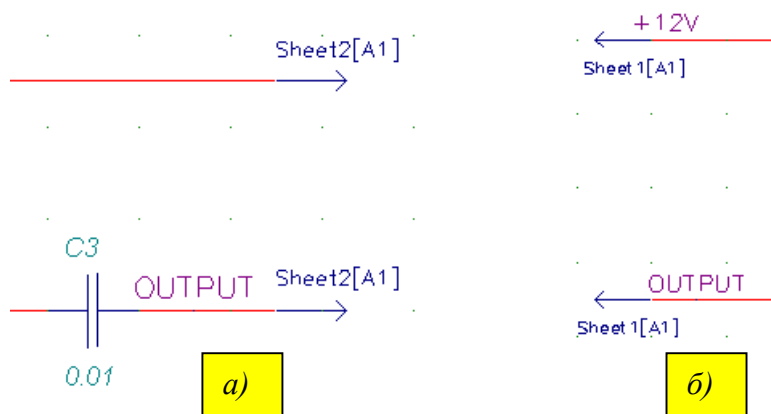


Рис. 6-14. Межстраничные ссылки на схеме

CAD. Она находится в директории **IP-CAD 2001\Demo** (команда **Library/Setup**).

2) Найдите в этой библиотеке и разместите на первом и втором листах схемы компоненты SHEETOUT, подключив их к цепям +12V и OUTPUT, как показано на рис. 6-14 (рис. 6-14,а - первый лист, рис. 6-14,б – второй).

3) Отредактируйте положение межстраничных ссылок, если они перекрывают другие элементы изображения.

4) Сохраните проект с прежним именем.

#### 6.9 Создание иерархического проекта

При наличии в схеме нескольких однотипных узлов (модулей) для ее построения целесообразно использовать иерархические структуры. При этом на схеме каждый модуль представляется специальным компонентом, имеющим тип MODULE и изображается в виде прямоугольника с выводами (черного ящика). Эквивалентная схема каждого модуля рисуется на отдельном листе. Связь между модулем и его эквивалентной схемой осуществляется с помощью специального компонента типа Link.

Для работы с иерархическими структурами в системе P-CAD используется несколько специальных команд. Для знакомства с ними создадим и включим в проект «Усилитель» два несложных RC-фильтра, представив их в виде модулей.

##### 6.9.1 Создание нового модуля

- Создайте новый модуль с помощью Мастера и включите его в проект

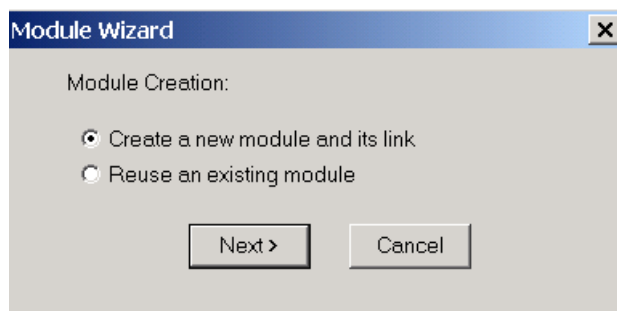


Рис. 6-15. Выбор режима работы мастера

- 1) Активизируйте в меню команду **Utils/Module Wizard** (утилиты/мастер модулей).
- 2) На первом шаге система предлагает выбрать необходимое действие (см. рис.6-15): создать новый модуль и его связи (create a module and its link.) или использовать существующий, выбрав его из библиотеки (reuse an existing module).
- 3) Выберите первый вариант и нажмите кнопку **Next** (следующий).
- 4) На следующем шаге Мастер предлагает задать параметры модуля (см. рис. 6-16):

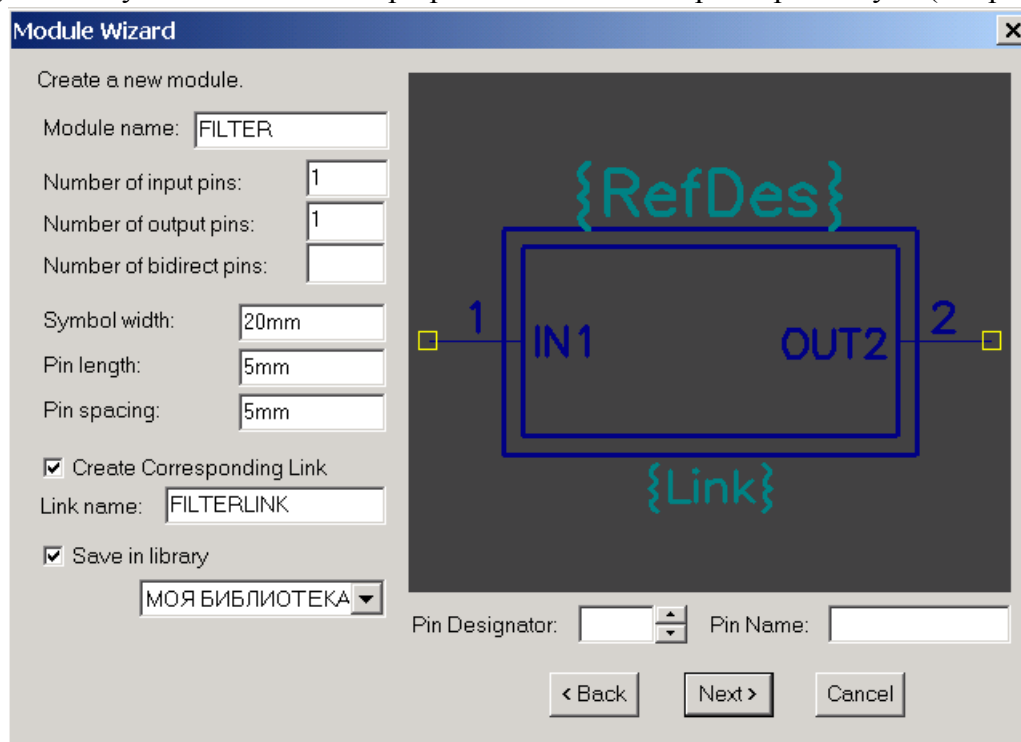


Рис. 6-16. Задание параметров модуля

- его имя (Module name);
- количество входных выводов, располагаемых слева (Number of input pins);
- количество выходных выводов, располагаемых справа (Number of output pins);
- количество двунаправленных выводов, располагаемых справа (Number of bidirect pins);
- ширину символа модуля (symbol width);
- длину вывода (pin length);
- расстояние между соседними выводами (pin spacing).



Установка флажка *Create Corresponding Link* (создать соответствующую ссылку) позволяет одновременно с модулем создать и ссылку на его эквивалентную схему. Для этого необходимо в окне *Link name* задать имя ссылки.

Установка флажка *Save in Library* (сохранить в библиотеке) позволяет сохранить созданный символ в одной из подключенных к проекту библиотек.

Перебирая в окне *Pin Designator* номера выводов, назначенные по умолчанию, в окне *Pin Name* можно просмотреть и при необходимости отредактировать имена выводов. Для изменения имени вывода нужно набрать его новое значение и нажать клавишу **ENTER**.

- 5) Установите параметры модуля как показано на рис. 6-16 и нажмите кнопку **Next**.
- 6) На следующем шаге появляется панель с информацией о связях модуля (см. рис. 6-17):

- *Placement of new link* – имя новой связи, заданное на предыдущем шаге;

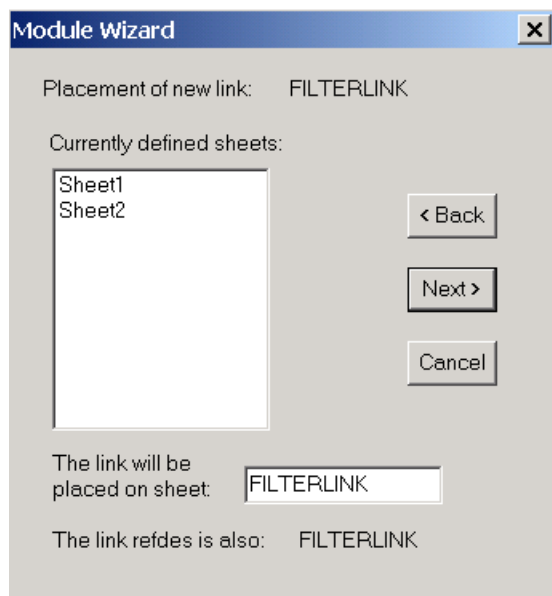


Рис. 6-17. Размещение схемы модуля

- *Currently defined sheets* – список уже существующих в проекте страниц (для справки);
- *The link will be placed on sheet* – имя страницы, на которой будет

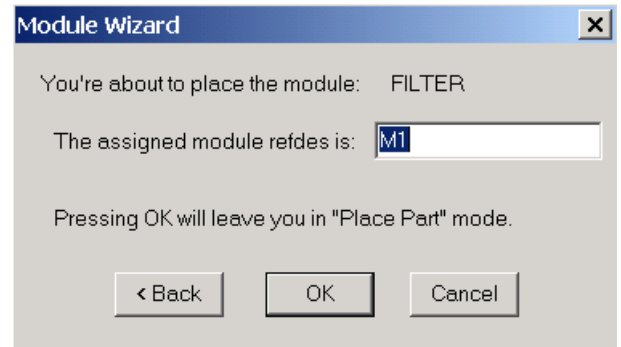


Рис. 6-18. Завершение работы Мастера модулей

размещена эквивалентная схема;

- *The link refdes is also* – позиционное обозначение ссылки, совпадающее с именем страницы с эквивалентной схемой.

7) Задайте имя страницы с эквивалентной схемой, как показано на рис. 6-17 и нажмите кнопку **Next**.

8) На заключительном шаге создания модуля (рис. 6.18) в окне *The assigned module refdes is* система предлагает задать позиционное обозначение модуля и сообщает, что после нажатия кнопки **OK** активизируется режим **Place/Part** для размещения модуля на схеме.

9) Нажмите кнопку **OK** и разместите модуль на второй странице проекта «Усилитель», как показано на рис. 6-22 (модуль M1).

### 6.9.2 Использование существующего модуля

При наличии модулей в библиотеке их можно использовать двумя способами:

- как обычный компонент с помощью команды **Place/Part**;
- с помощью Мастера модулей.

#### • Разместите модуль фильтра с помощью Мастера

1) Активизируйте в меню команду **Utils/Module Wizard**.

2) На этапе выбора режима работы (см. рис.6-15) установите флажок *reuse an existing module* (использовать существующий модуль) и нажмите кнопку **Next**.

3) На следующем шаге (рис. 6-19) в окне *Library* необходимо выбрать нужную библиотеку, а в списке *Module* необходимый модуль.

4) После нажатия кнопки **Next** появляется возможность (см. рис. 6-20) создать новую ссылку (*Place a new link*) или воспользоваться существующей (*Reference on already placed link*). И в том и в другом случае на

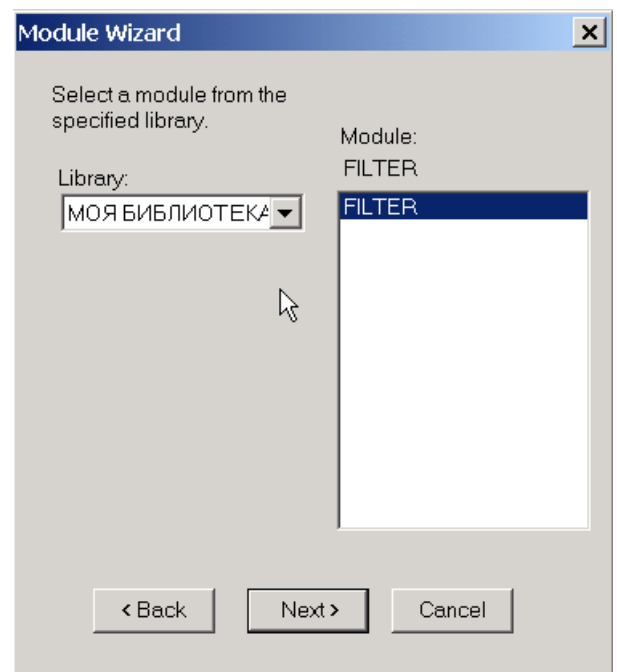


Рис. 6-19. Выбор модуля из библиотеки



следующем шаге Система попросит выбрать ссылку (Link), только в первом случае из библиотеки (см. рис. 6-21,а), а во втором - из списка ссылок текущего проекта (см. рис. 6-21,б).

5) Воспользуемся уже существующей ссылкой, поэтому устанавливаем флажок, как показано на рис. 6-20. Выбираем ссылку из списка проекта (рис. 6-21,б) и переходим к заключительному шагу работы Мастера (см. рис.6-18).

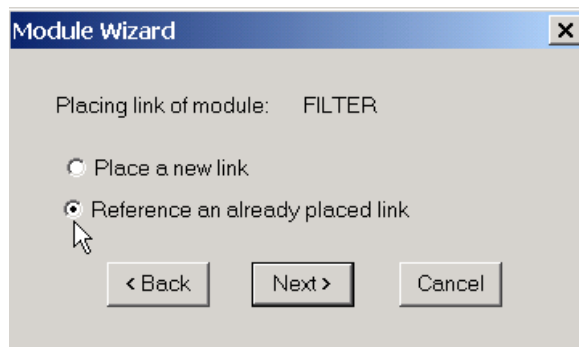
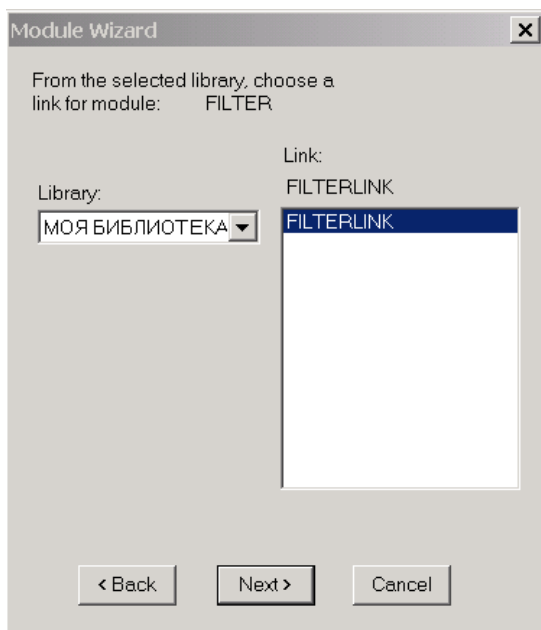
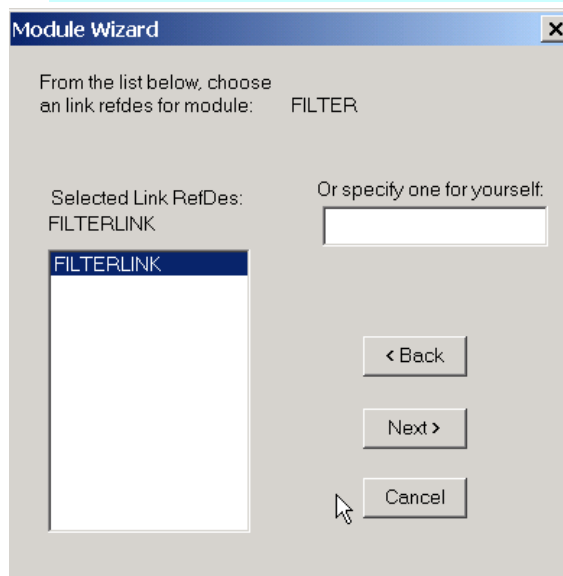


Рис. 6-20.



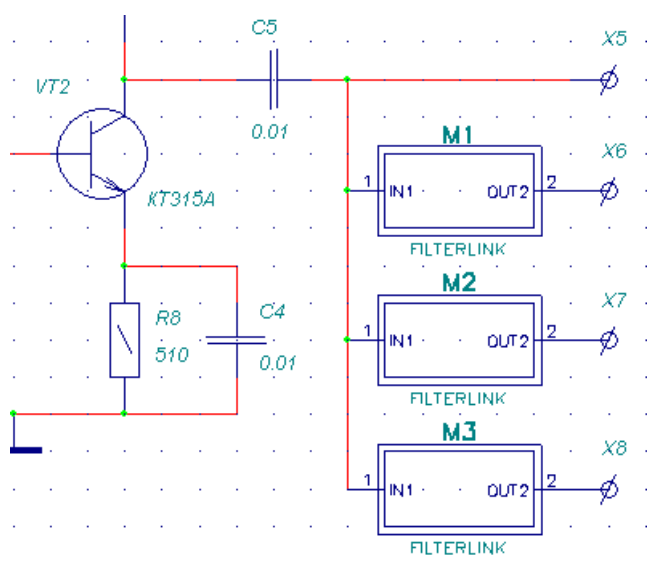
а)



б)

Рис. 6-21.

**• Разместите модуль как обычный компонент**



1) Активизируйте команду **Place/Part**.

2) Из библиотеки «Моя библиотека» выберите компонент FILTER и разместите его на втором листе проекта, как показано на рис. 6-22 (модуль M3). Удобство такого подхода состоит в том, что ссылку на эквивалентную схему в данном случае придется создавать вручную, что чревато большим количеством ошибок.

3) Доработайте схему усилителя как показано на рис. 6-22.

**6.9.3 Создание эквивалентной схемы модуля**

После выполнения работ по созданию нового модуля (п.6.9.1) в проекте появилась новая страница – FILTERLINK,

в чем нетрудно убедиться, просмотрев список страниц в соответствующем окне статусной строки. Попасть на эту страницу можно обычным способом, выбрав ее из списка, но можно это сделать и по-другому.

**• Создайте эквивалентную схему модуля**

1) В режиме отбора объектов щелкните левой кнопкой мыши по модулю M1 для его выделения.

2) Активизируйте команду **View/Descend** (просмотр/спуститься).

3) На панели **Hierarchy Navigator** (навигатор иерархии) в окне *Select Pin* нужно выбрать один из выводов и нажать кнопку ОК. Откроется страница со ссылкой FILTERLINK.

4) Здесь можно увидеть, что на самом деле ссылка (link) - это неоднородный компонент с числом секций, равным числу выводов в модуле. Каждая секция имеет один вывод. В данном случае на странице присутствуют два секции.

5) Разместите на этой странице эквивалентную схему модуля в виде RC-фильтра, как

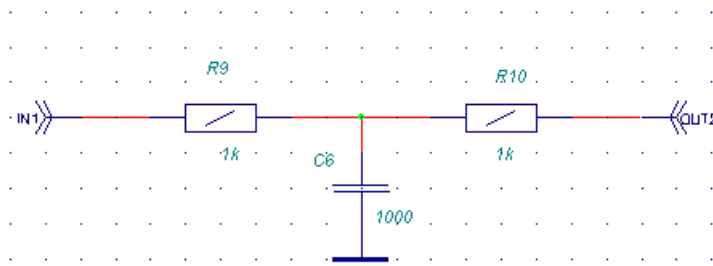


Рис. 6-25. Эквивалентная схема модуля

показано на рис. 6-25. Особое внимание обратите на простановку позиционных обозначений.

6) В режиме отбора объектов щелкните левой кнопкой мыши по одному из выходов эквивалентной схемы для его выделения.

7) Активизируйте команду **View/Ascend** (просмотр/подняться).

8) Навигатор иерархии попросит выбрать один из модулей в

9) Сохраните проект с прежним именем.

**6.9.4 Команда resolve hierarchy - разложение иерархии**

Проекты с иерархической структурой принято подразделять на простые и комплексные. В простых проектах, каждому модулю соответствует своя эквивалентная схема. В комплексных проектах, как в нашем случае, несколько модулей ссылаются на одну эквивалентную схему. Для того, чтобы правильно сгенерировать список цепей и компонентов для передачи в редактор печатных плат необходимо комплексный проект преобразовать в простой.

**• Преобразуйте проект, разложив иерархию**

1) Активизируйте в меню команду **Utils/Resolve hierarchy** (утилиты/разложение иерархии).

2) Поскольку эта команда существенным образом преобразует проект система запросит разрешение на его сохранение, выставив информационное сообщение, показанное на рис. 6-26. Проект можно сохранить с тем же или другим именем.

3) После выполнения команды в проекте появится столько страниц эквивалентных схем, сколько использовано модулей. В данном случае вместо одной страницы FILTERLINK появилось три с именами FILTERLINK1, FILTERLINK2 и FILTERLINK3.

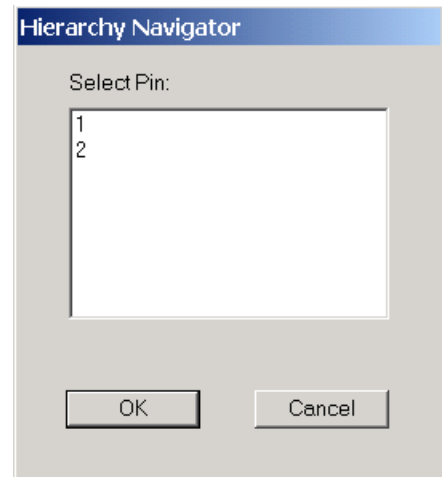


Рис. 6-24. Навигатор иерархии

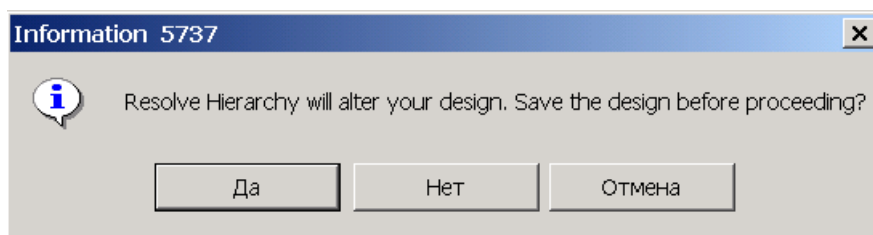


Рис. 6-26. Сообщение о необходимости сохранения проекта

4) На эквивалентных схемах и основной схеме к соединительным цепям автоматически подключатся порты для соединения отдельных листов схемы. Была выполнена сквозная нумерация всех компонентов на всех страницах.

5) Познакомьтесь с результатами разложения иерархии, отредактируйте и сохраните проект.

### 6.10 Проверка схемы

Созданная схема может быть автоматически проверена системой на наличие ошибок.

#### • Проведите верификацию схемы

1) Активизируйте команду **Utils/ERC**.

2) На панели **Utils Electrical Rules Check** (утилиты проверка электрических правил) в рамке *Design Rule Checks* (проверяемые проектные нормы) установите необходимые виды проверок (см. рис. 6-27). Смысл проводимых проверок рассмотрен в табл. 6-2.

3) Нажмите на кнопку **Filename...** для указания местоположения и имени текстового файла отчета. Выберите для него пап-

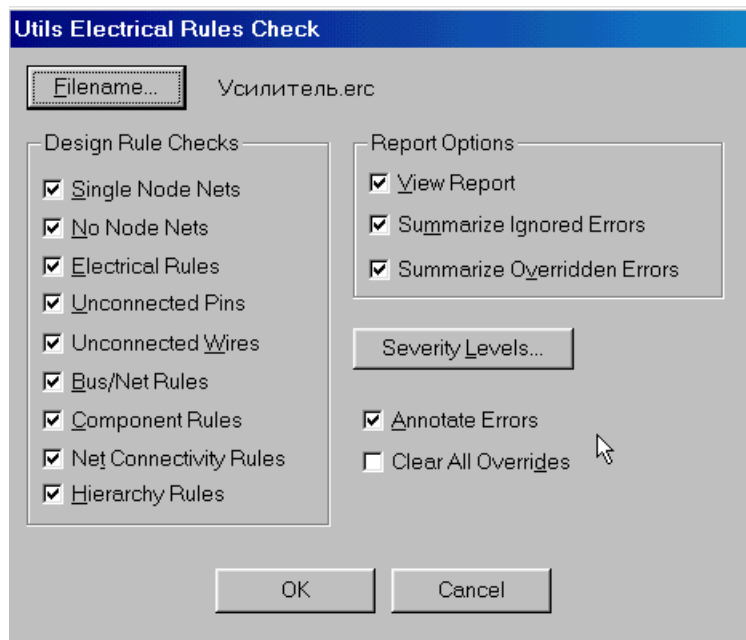


Рис. 6-27. Настройка конфигурации ERC

Таблица 6-2

Правило проверки	Что проверяется
Single Node Nets	Цепи, имеющие единственный узел
No Node Nets	Цепи, не имеющие узлов
Electrical Rules	электрические ошибки, когда соединяются выводы несовместимых типов
Unconnected Pins	Неподключенные выводы компонентов
Unconnected Wires	Неподключенные сегменты цепей
Bus/Net Rules	Входящие в состав шины цепи встречаются только один раз
Component Rules	Компоненты, расположенные поверх других компонентов
Net Connectivity Rules	Неправильное подключение цепей земли и питания, например, символ источника питания подключен к цепи имеющей другое имя

ку с текущим проектом.

4) В рамке *Report Options* (параметры отчета) установите флажки *View Report* – для автоматического просмотра файла отчета после окончания проверки, *Summarize Ignored Errors* – для создания резюме по игнорируемым ошибкам, *Summarize Overridden Errors* - для создания резюме по отмененным ошибкам.

5) Установка флажка *Annotate Errors* (аннотировать ошибки) включает режим отображения ошибок на схеме. Включите его.

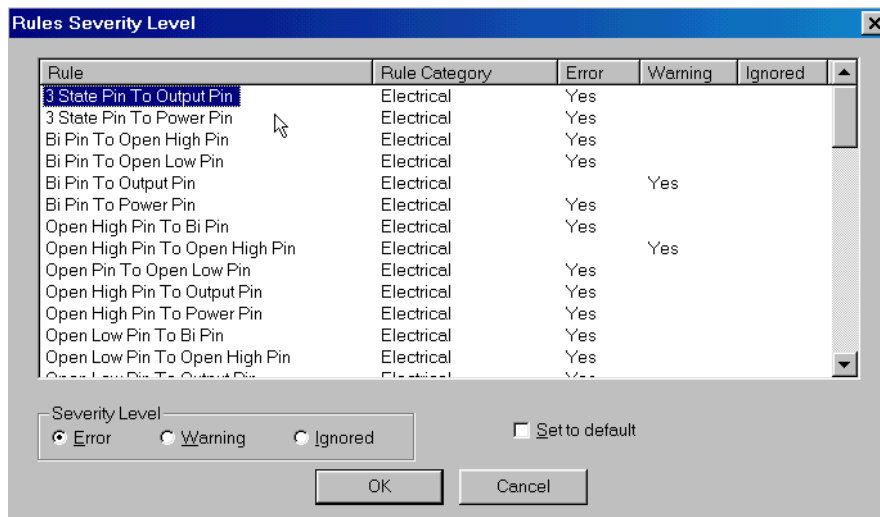


Рис. 6-28. Установка приоритетов ошибок

(серьезная ошибка). Ничего не меняя, нажмите кнопку **Cancel** для выхода из панели.

7) Запустите проверку, нажав кнопку **OK** на панели **Utils Electrical Rules Check**.

8) После проведения проверки запустится БЛОКНОТ в котором можно просмотреть текстовый файл отчета.

**• Просмотрите файл отчета и закройте его.**

В этом текстовом файле содержатся сообщения об обнаруженных ошибках по каждому из правил перечисленных в табл. 6-2. Для примера на рис. 6-29 приведен раздел отчета по неподключенным сегментам цепей.

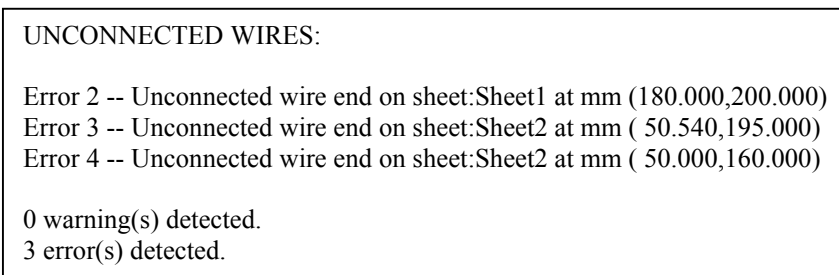



Рис. 6-29. Пример раздела отчета

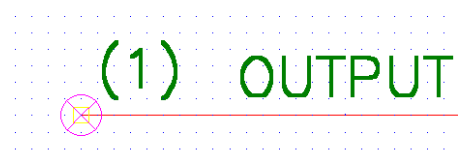
На схеме найденные ошибки отобразятся в виде подсвеченных перечеркнутых кружков (см. вставку).

**• Просмотрите свойства этого объекта**

1) Перейдите в режим выбора объектов (нажата кнопка )  
 2) Щелкните левой кнопкой мыши по кружку, обозначающему ошибку для его выделения.

3) Щелкните по нему правой кнопкой мыши и выберите в выпадающем меню команду **Properties**. Появится панель **Find Errors** (поиск ошибок), показанная на рис. 6-30. Здесь в

6) Нажмите кнопку **Severity Levels...** (уровень серьезности) для установки приоритетов выявляемых ошибок. Появится панель **Rules Severity Level** (уровень серьезности правил), показанная на рис. 6-28. Выделив в окне одно или несколько правил проверки с помощью переключателя в рамке *Severity Level* можно задать для него один из трех уровней – Ignored (игнорировать), Warning (предупреждение), Error



верхней части отображается номер ошибки и ее содержание (... *Неподключенный конец проводника на странице Sheet2 в ...*)

4) Сдвиньте это окно, так чтобы оно не закрывало схему.

5) В окне *Error Number* (номер ошибки) выберите следующую ошибку, например 2, и нажмите кнопку **Jump To** (перейти). На схеме откроется нужная страница, и курсор будет указывать на соответствующую ошибку.

6) Установите флажок *Override-Don't Display Again* (отменить – не показывать снова). Изображение ошибки на схеме исчезнет, и при новой проверке она не будет показываться в отчете (если только не установлен флажок *Clear all Overrides* – рис. 6-27).

7) Закройте панель **Find Errors**.

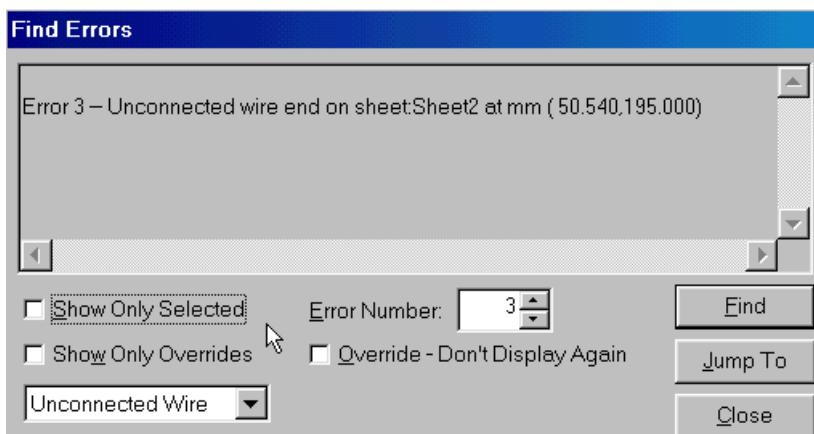


Рис. 6-30. Поиск и просмотр ошибок



Панель **Find Errors** можно также активизировать с помощью команды *Utils/Find Errors* в основном меню.

## 6.11 Вывод схемы на принтер

Созданная схема может быть выведена на какое-либо печатающее устройство (принтер или плоттер), подключенное к компьютеру. Также для нее могут быть автоматически сгенерированы разнообразные текстовые файлы отчетов.

### • Распечатайте все листы схемы на принтере

1) Активизируйте команду **File/Print Setup** и установите нужные параметры принтера (размер бумаги, способ подачи, расположение листа и т.д.). Закройте панель настройки параметров принтера.

2) Войдите в команду **File/Print**.

3) На панели **File Print** (рис. 6-31) нажмите на кнопку **Set All** (выбрать все) для выбора всех страниц проекта перечисленных в окне *Sheets* (страницы).

4) Нажмите на кнопку **Print Options...**, чтобы указать перечень объектов чертежа, выводимых на печать и их свойства. Появится панель **Print Options**, показанная на рис. 6-32. Эта панель совпадает с аналогичной панелью для настройки параметров вывода на дисплей (рис. 3-12) за исключением того, что недоступные пункты окрашены серым цветом. По умолчанию все объекты выполняются черным цветом, а цвет фона выбран белым.

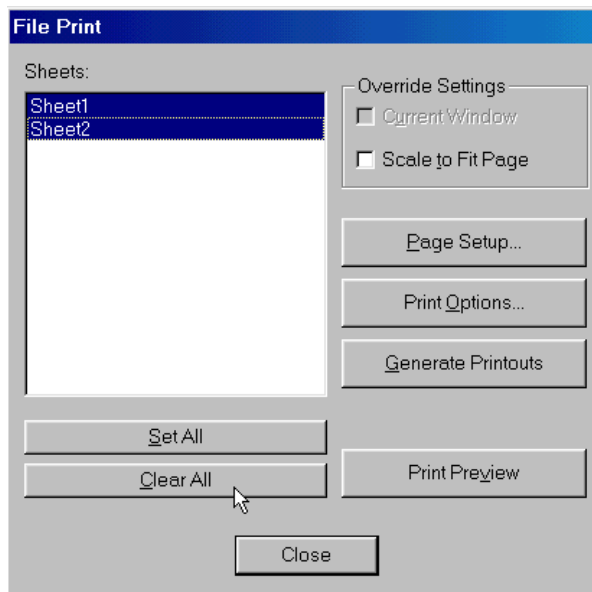


Рис. 6-31. Панель File Print



Чтобы не печатать какой-либо тип объектов назначьте ему цвет фона!!

5) Закройте панель **Print Options**, нажав на кнопку **Cancel**.

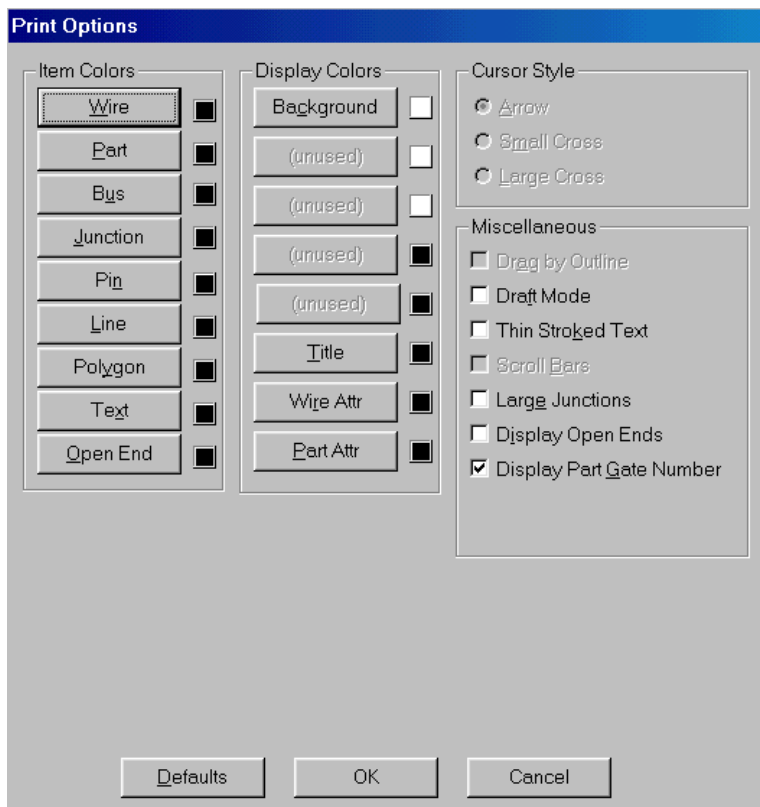


Рис. 6-22. Настройка параметров объектов при печати

6) На панели **File Print** нажмите на кнопку **Page Setup...** для установки параметров страницы.

7) На панели **Page Setup** щелкните по имени первой страницы – Sheet1- в окне *Sheets* для его выделения (см рис. 6-33).

8) Установите флажок *Title* для печати рамки и штампа чертежа.

9) В окнах **Xoffset** и **Yoffset** задайте смещение нижнего левого угла изображения относительно листа бумаги.

10) Снимите флажок *Sheet Extents* (страница целиком) и задайте координаты нижнего левого (*Lower Left Conner*) и верхнего правого (*Upper Right Conner*) углов печатаемой области чертежа, как показано на рис. 6-33. Нажатие кнопки **Define Region** (определить область) позволяет указать границы области для печати непосредственно на чертеже с помощью мыши.

11) В окне *Image Scale* (масштаб изображения) установите флажок *User Scale Factor* (масштаб пользователя) и задайте величину масштаба равной **0.95**.

13) Нажмите кнопку **Update Sheet** (модификация страницы) для записи введенных данных.

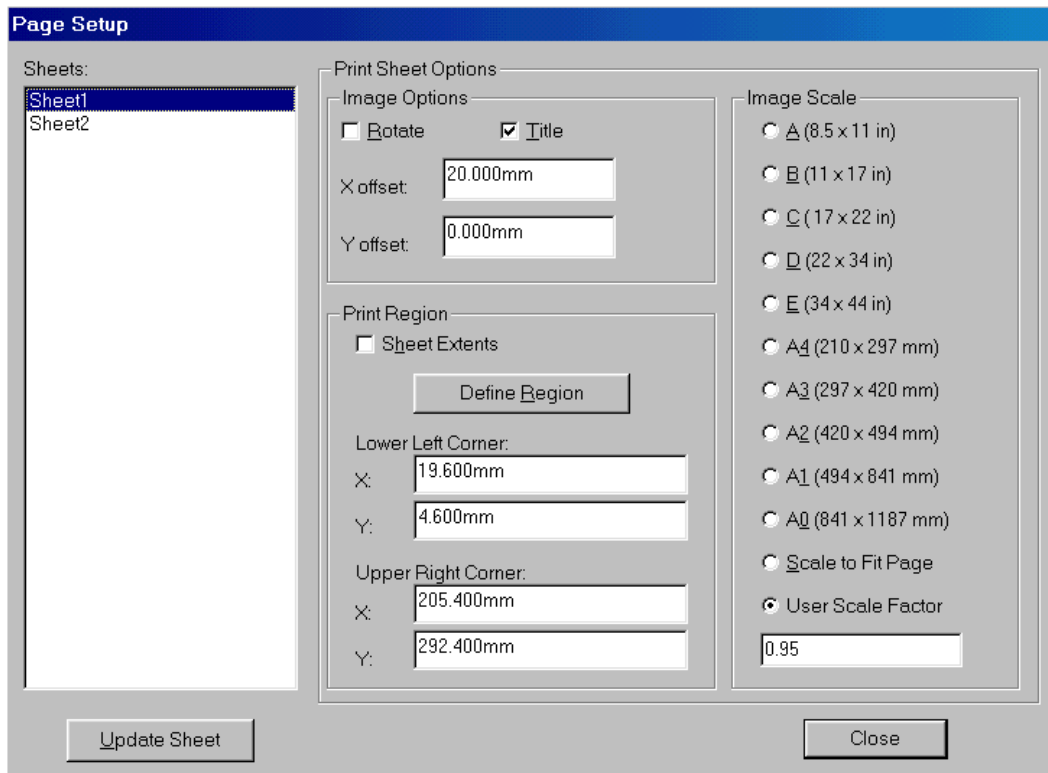


Рис. 6-33. Настройка параметров страницы для печати



- 14) Выберите в списке имя второй страницы и повторите пп. 8-13.
- 15) Нажмите кнопку **Close** для закрытия панели **Page Setup**.
- 16) На панели **File Print** нажмите кнопку **Print Preview**, что бы предварительно посмотреть расположение чертежей на листе.
- 17) Вывод изображения на принтер осуществляется при нажатии кнопки **Generate Printouts** (генерация распечатки).

## 6.12 Задание правил проектирования

На этапе создания схемы устройства у инженера-схемотехника есть возможность разделения цепей на классы и задания конструкторских параметров цепям, классам цепей.

### • Создайте два класса цепей

- 1) Выберите в меню команду **Options/Net Classes...** (опции/классы цепей).
- 2) На панели **Net Classes** (см. рис. 6-34) в окне Class Name (имя класса) наберите **POWER** и нажмите кнопку **Add** (добавить). Название класса появится в окне *Classes* в списке классов.

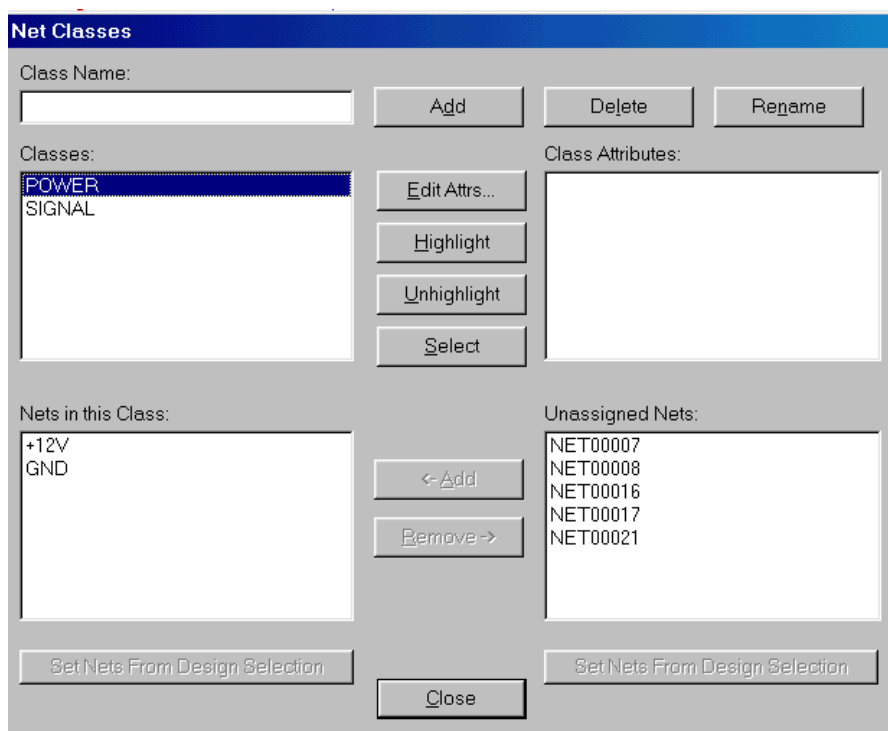


Рис. 6-34. Разделение цепей на классы

- 3) В окне *Unassigned Nets* (неназначенные цепи) при нажатой клавише **CTRL** выберите мышкой цепи +12V и GND и нажмите кнопку **<- Add**, рядом с этим окном. Имена выбранных цепей переместятся в окно *Nets in this Class* (цепи в этом классе)
- 4) Добавьте класс **SIGNAL** и включите в него цепи BASE, INPUT, OUTPUT.

### • Задайте ширину проводников для цепей класса POWER равной 1 мм

- 1) Выберите в списке имя класса POWER и нажмите кнопку **Edit Attr...** (редактирование атрибутов).
- 2) На появившейся панели **Attributes** нажмите кнопку **Add** (добавить).
- 3) На панели **Place Attribute** (разместить атрибут) в окне *Attribute Category* выберите категорию *Net*, в окне *Name* укажите имя атрибута *Width* (ширина) и в окне *Value* наберите его значение - **1mm**, как показано на рис. 6-35 и нажмите кнопку **Close**.



- **Задайте минимальную длину цепи (MinNetLength) для класса SIGNAL равной 0.8 мм самостоятельно**

Для задания атрибутов цепей более общей является команда **Options/Design Rules** (опции/правила проектирования). Панель **Options Design Rules**, вызываемая по данной команде, включает несколько закладок (см. рис. 6-36). Здесь можно просмотреть, отредактировать и добавить

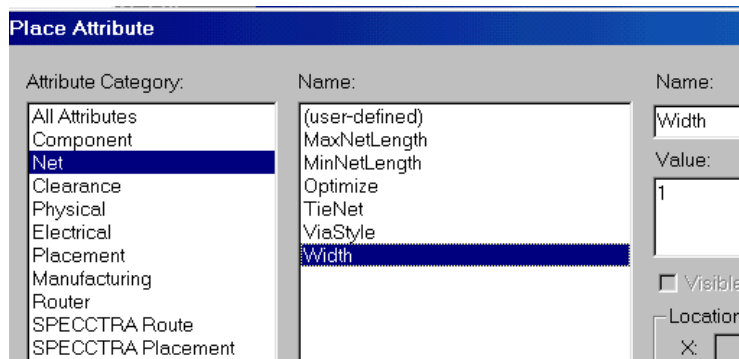


Рис. 6-35 Задание ширины проводников

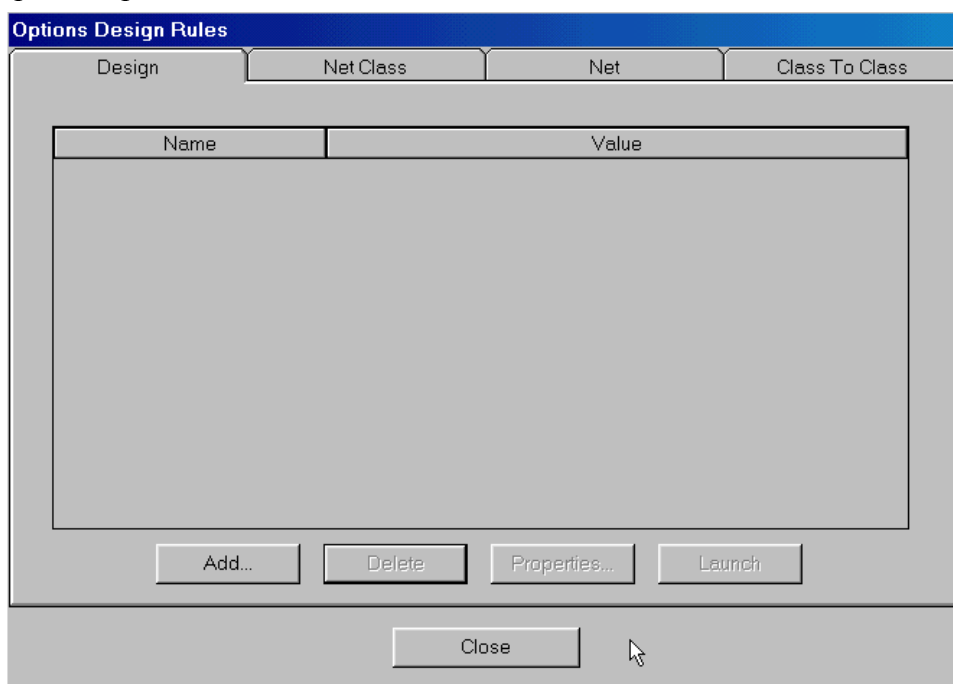


Рис. 6-36 Панель установки правил конструирования ПП

новые атрибуты (правила) для всего проекта (закладка *Design*), классов цепей (*Net Class*), каждой цепи (*Net*) и установить соотношения между классами (*Class To Class*).

- **Просмотрите все закладки на панели Options Design Rules и добавьте по правилу на каждую.**

- 1) Для установки правил между классами выберите закладку *Class To Class*.
- 2) В окнах *Net Class* выберите из списка имена классов, как показано на рис. 6-37 и нажмите кнопку **Add Definition** (добавить определение).
- 3) Нажмите кнопку **Edit Rules...**
- 4) На появившейся панели **Attributes** нажмите кнопку **Add** (добавить).
- 5) На панели **Place Attribute** выберите в категории *Clearance* (зазор) атрибут *LineTo-LineClearance* (зазор между краями проводников) и установите его значение равным **0.5mm**

Кнопка **Delete Definition** позволяет удалить указанное в списке *Net Class To Net Class Definitions* определение.

Кнопка **Modify Definition** позволяет изменить имеющееся определение. Для этого нужно указать его имя в списке, выбрать новые классы в окнах *Net Class* и нажать на нее.

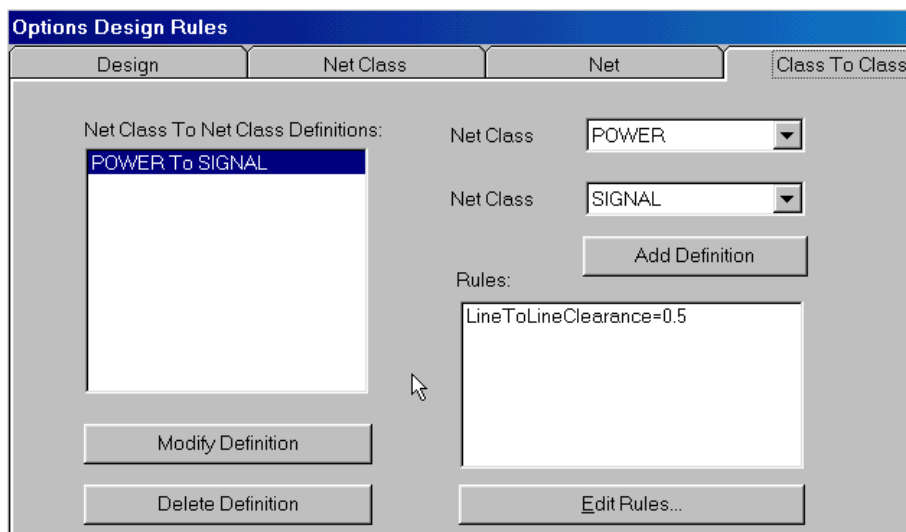


Рис. 6-37 Задание соотношений между классами

### 6.13 Создание файла параметров проекта

Введенные правила проектирования могут быть сохранены в отдельном файле и затем использованы в новых проектах. Этот файл называется файлом технологических параметров проекта и имеет расширение **.dtp**

• **Сохраните на диске введенные правила проектирования**

1) Активизируйте команду File/Design Technology Parameters...

2) На панели Design Technology Parameters (см. рис. 6-38) нажмите на кнопку Technology Filename (имя файла параметров).

3) Появится стандартная панель открытия файлов Windows. Перейдите в папку со своим проектом, в окне имени файла наберите **УСИЛИТЕЛЬ** и нажмите кнопку **Открыть**.

4) Система сообщит, что такого файла в этом каталоге нет, и попросит разрешения на его создание. Согласитесь.

5) На панели **Design Technology Parameters** (см. рис. 6-38) снимите флажок **Read-only file** (файл только для чтения)

6) Нажмите на кнопку **New Group ...** (новая группа).

7) Задайте имя новой группы, набрав на панели **New Group Name** (имя новой группы) **Общие** (см. рис. 6-39).

8) Повторите пп. 6-7 и введите новые группы **Классы, Цепи, Межклассовые**.

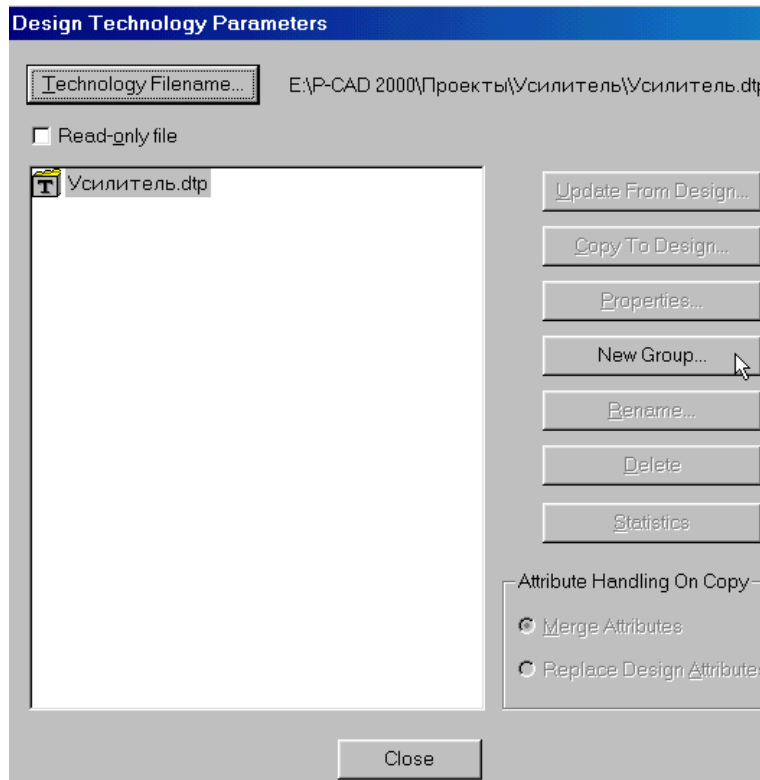


Рис. 6-38. Конструкторские параметры проекта

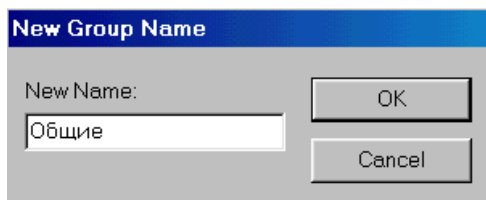


Рис. 6-39. Задание имени группы

на панели **Design Technology Parameters** (см. рис. 6-40) кнопку **Update From Design...** (модифицировать из проекта).

12) Повторите эту операцию для второй секции.

13) Перейдите к следующему классу, добавьте в него новые секции и модифицируйте их из проекта. Руководствуйтесь рис. 6-32.

Для передачи правил в проект необходимо в дереве правил на панели **Design Technology Parameters** указать группу, секцию или отдельное правило и нажать кнопку **Copy To Design** (копировать в проект). При этом в зависимости от установки флажков в рамке *Attribute Handling On Copy* (обработка атрибутов в копии) копируемые атрибуты добавятся к уже существующим в проекте (установлен

9) Укажите в списке групп группу «Классы», щелкнув по ней левой кнопкой мыши (см. рис. 6-40), и нажмите на кнопку **New Section** (новая секция).

10) На панели выбора типа секции (рис. 6-41) установите флажки *Net Class Definitions* и *Net Class Rules* и нажмите кнопку **OK**. В группе «Классы» появятся две новые секции.

11) Выделите мышкой первую из них и нажмите

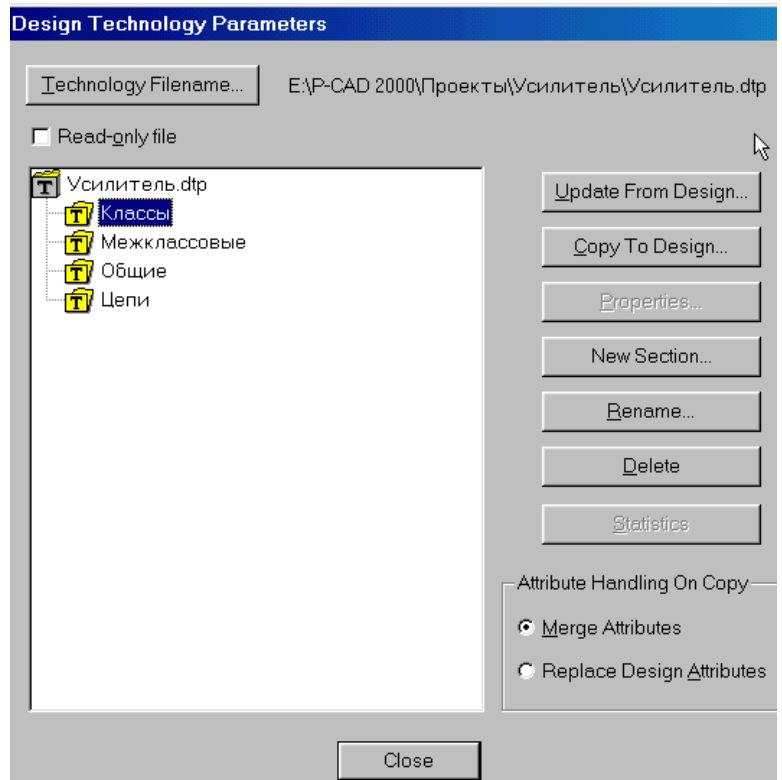


Рис. 6-40.

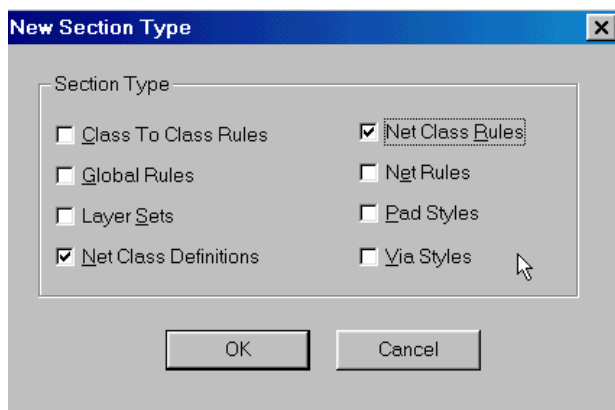


Рис. 6-41. Выбор типа секции

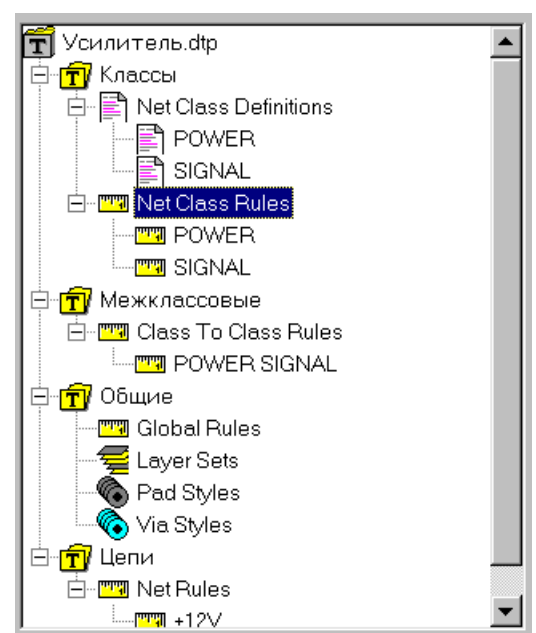


Рис. 6-42. Дерево правил

флажок *Merge Attributes*), либо заменяют существующие (флажок *Replace Design Attributes*).

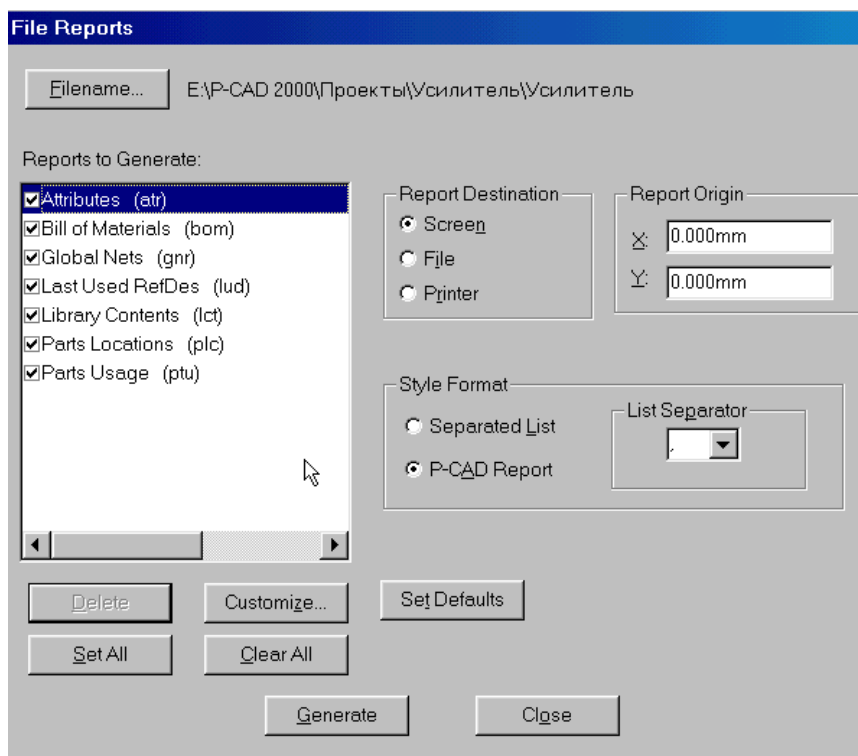


Рис. 6-43. Панель выбора отчетов

## 6.14 Составление отчетов

Система P-CAD автоматически генерирует несколько текстовых файлов, в которых отражаются все особенности проекта.

### • Создайте отчеты о проекте

1) Активизируйте команду **File/Reports...**

2) На панели **File Reports** (рис. 6-43) в окне *Reports to Generate* (генерируемые отчеты) установите флажки для всех типов отчетов (можно воспользоваться кнопкой **Set All** – выбрать все, кнопка **Clear All** – сбрасывает все флажки). Назначение отчетов представлено в табл. 6-3.

3) В рамке *Report Destination* (адресат отчета) установите флажок *Screen* (вывод отчета на экран).

Таблица 6-3

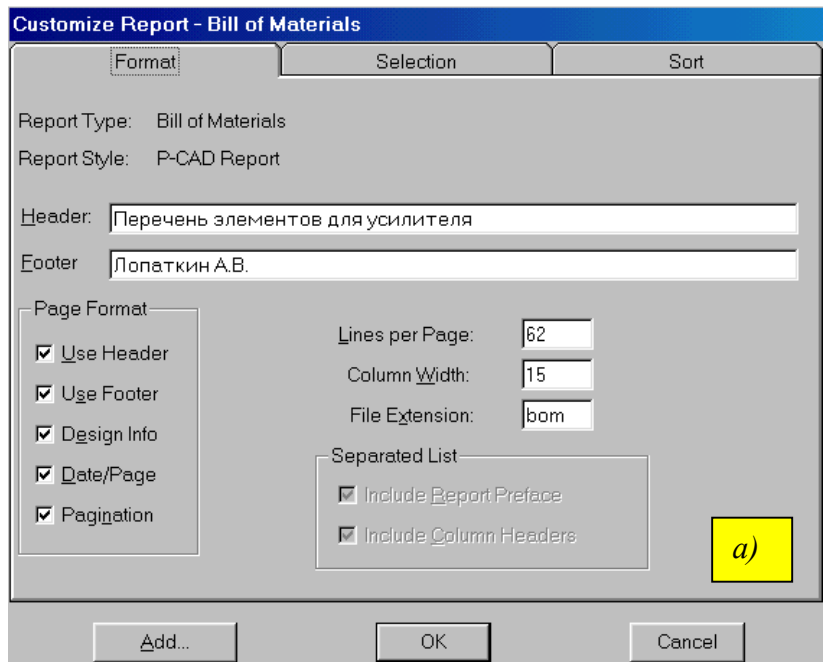
### Отчеты, генерируемые в P-CAD

Тип отчета	Комментарий
Attributes (atr)	Список компонентов схемы отсортированных по позиционным обозначениям и список цепей с указанием их атрибутов
Bill of Materials (bom)	Список компонентов с разбивкой по номиналам, указанием количества и позиционных обозначений
Global Nets (gnr)	Список глобальных цепей проекта с указанием листа
Last Used RefDes (lud)	Список последних задействованных позиционных обозначений
Library Contents (lct)	Список компонентов во всех подключенных к проекту библиотеках
Parts Locations (plc)	Список использованных символов с указанием листа и координат на листе
Parts Usage (ptu)	Список компонентов с указанием использованных секций

4) В рамке *Style Format* (формат отчета) с помощью переключателей *Separated List* и *P-CAD Report* устанавливается формат отчета в виде отдельного списка, в котором все элементы заключены в кавычки и разделены знаком, выбранным из списка *List Separator* (разделитель элементов списка) или в виде таблицы.

5) Укажите в списке отчет *Bill of Materials* и нажмите кнопку **Customize...** (настроить)

6) На панели **Customize Report** (настройка отчета) в закладке *Format* установите параметры как показано на рис. 6-44,а. Здесь задается заголовок отчета (header) и нижний колонтитул (footer). Можно задать количество строк на листе (Lines Per Page), ширину колонок (Column Width) и расширение файла отчета (File Extension). В рамке *Page Format* (формат страницы) с помощью соответствующих флажков можно запретить или разрешить вывод заголовка, нижнего колонтитула, информации о проекте (Design Info), даты и номера страницы (Date/Page), разбивку на страницы (Pagination).



	Field	Show	Criteria (And)	Or
1	Count	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	ComponentName	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	RefDes	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	PatternName	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Value	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Мощность	<input checked="" type="checkbox"/>		

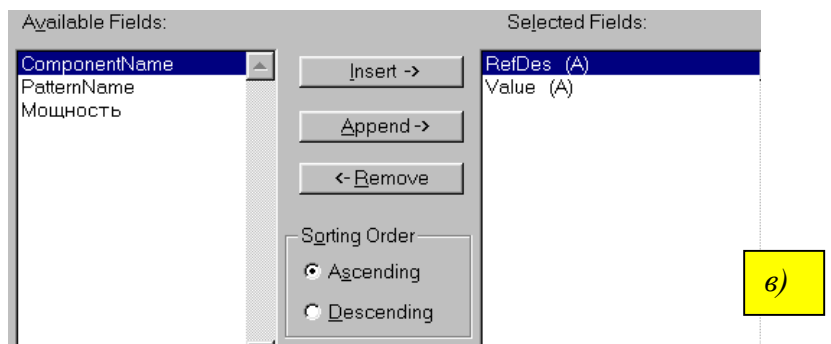


Рис. 6-44. Настройка вида отчета

7) Перейдите в закладку *Selection* (отбор). Здесь можно указать, какая информация об элементе, и в каком порядке должна быть выведена в отчет (см. рис. 6-44,б), а также задать критерии отбора элементов (в колонках *Criteria*).

8) Перейдите в закладку *Sort* (сортировка). Здесь (см. рис. 6-34,в) задаются режимы сортировки – по каким полям (список *Selected Fields*), и каком порядке - возрастания (флажок *Ascending*) или убывания значений (флажок *Descending*). Нажатие на кнопку **Append** позволяет добавить выбранное в списке *Available Field* (доступные поля) поле в конец списка выбранных полей. Кнопка **Insert** позволяет вставить поле перед выбранным в списке *Selected Fields*. Режим сортировки отображается буквами A и D в скобках после имени поля.

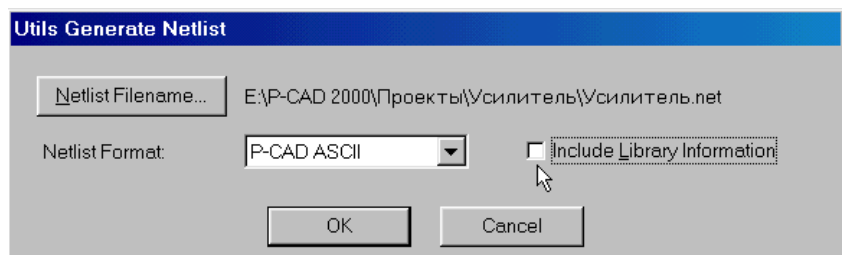


Рис. 6-45. Выбор формата списка цепей

```

ACCEL_ASCII "E:\P-CAD 2000\Проекты\Усилитель\Усилитель.net"
(asciiHeader
(asciiVersion 3 0)
(timeStamp 2001 12 14 3 9 51)
(program "P-CAD 2000 Schematic" "15.10.17")
(copyright "Copyright © 1992-2000 ACCEL Technologies, Inc.")
(fileAuthor "")
(headerString "")
(fileUnits MM)
(guidString "{EB5034A1-F036-11D5-9B7C-9D1FE7DAF51E}")
)
(netlist "Netlist_1"
.....
(compInst "R1"
(compRef "R250_1")
(originalName "R250")
(compValue "100k")
(attr "Мощность " "0,25 Вт" (textStyleRef "(Default)") )
)
(compInst "VT2"
(compRef "KT361A_1")
(originalName "KT361A")
)
.....
(net "INPUT"
(node "C1" "1")
(node "X2" "1")
)
(net "NET00016"
(node "R8" "1")
(node "VT2" "E")
(node "C4" "1")
)
.....
(netClass "POWER"
(netNameRef "+12V")
(netNameRef "GND")
(attr "Width" "1mm" (pt -0.00001 -0.00001) (textStyleRef "(Default)") (constraintUnits mil) )
)
.....
(classToClassRules
(classNameRef "POWER")
(classNameRef "SIGNAL")
(attr "LineToLineClearance" "0.5mm" (pt -0.00001 -0.00001)
(textStyleRef "(Default)") (constraintUnits mil) )
)
)

```

Рис. 6-46. Список цепей в формате P-CAD

КОМПОНЕНТОВ.

### • Просмотрите созданный список цепей с помощью БЛОКНОТА

Выбранный формат списка цепей позволяет передать все атрибуты, заданные в схемном редакторе в редактор печатных плат. На рис. 6-46 показаны фрагменты сгенерированно-

9) Закройте панель **Customize Report** и нажмите на панели **File Reports** кнопку **Generate** (генерировать).

10) Просмотрите все отчеты, сгенерированные системой и оцените их полезность.

11) Закройте отчеты и панель **File Reports**.

## 6.15 Составление списка цепей

В конечном итоге самое важное, что можно сделать со схемой (кроме ее распечатки) с точки зрения конструктора – это автоматически получить список цепей и компонентов, который затем может быть использован в редакторе печатных плат.

### • Создайте список цепей в формате системы P-CAD

1) Выберите в меню команду **Utils/Generate Netlist...**

2) На панели **Utils Generate Netlist** (см. рис. 6-45) в окне *Netlist Format* (формат списка цепей) выберите формат P-CAD ASCII.

3) Флажок *Include Library Information* (включить библиотечную информацию) сбросьте. Тем самым вы запретите создание библиотечной секции в отчете. Эта секция, в принципе, читается редактором печатных плат, но ни как не используется.

4) Нажмите на кнопку **Netlist Filename**, выберите место расположения файла списка цепей и его имя.

5) Нажмите на кнопку ОК для создания списка цепей и



го файла. Он состоит из стандартного заголовка, за которым следует раздел описания компонентов.

Описание компонента начинается с ключевого слова *compInst* за которым следует позиционное обозначение в кавычках. Все описание заключается в круглые скобки. Внутри описания включаются параметры и их значения. Обязательными для компонентов являются три параметра *compRef*, *originalName* и *patternName*. Последний параметр содержит указание на корпус компонента. Остальные параметры могут отсутствовать. Значение параметров даются в кавычках. Имя параметра и его значение заключаются в круглые скобки. Далее следует раздел описания цепей. Описание каждой цепи включает ключевое слово *net* и имя цепи в кавычках. Далее перечисляются все контакты, подключенные к цепи. Указание контакта начинается с ключевого слова *node*, далее следует имя компонента и номер вывода (Pin designator).

Затем следуют разделы описания классов и правил соотношения между классами, если они были определены в проекте.

Список цепей в формате P-CAD наиболее приспособлен для работы с системой, но для создания списка цепей вручную более пригоден простой **формат Tango**. Создаваемый здесь список не имеет заголовка и содержит всего два раздела – компонентов и цепей. Описание компонента заключается в квадратные скобки и имеет формат, показанный в табл. 6-4. Позиционное обозначение может иметь до 16 алфавитно-цифровых символов (обязательно латиница). Все буквы прописные. Название быть любой набор символов корпуса должно быть в библиотеке P-CAD (до 16 алфавитно-цифровых символов, все буквы прописные). Типом может длиной до 16 (например, Z80ACPU, 47K, 4.00 MHz, DB9).

Таблица 6-4		
<b>Формат описания компонента в Tango</b>		
<b>Формат</b>	<b>Комментарий</b>	<b>Пример</b>
[ <i>refdes</i> <i>package</i> <i>type</i> (blank line) (blank line) ]	Открывающая квадратная скобка Позиционное обозначение Корпус Тип Пустая строка Пустая строка Закрывающая квадратная скобка	[ DD5 DIP40 Z80ACPU ]
<b>Формат описания цепи в Tango</b>		
( <i>net</i> <i>node</i> <i>node</i> . . <i>node</i> )	Открывающая круглая скобка Имя цепи Узел 1 Узел 2 . . Узел N Закрывающая круглая скобка	( INPUT R2-A R3-A R1-A )

Раздел описания цепей включает в себя все цепи проекта. Формат описания цепи включает имя цепи (до 16 алфавитно-цифровых символов) и перечисление контактов, подключенных к цепи (см. табл. 6-4), заключенных в круглые скобки. Описание контакта включает имя элемента, разделитель и указатель контакта. В качестве разделителя могут использоваться дефис и запятая, поэтому настоятельно не рекомендуется использовать в именах компонентов эти символы.

**• Создайте самостоятельно список цепей в формате Tango для резистивного делителя показанного на рис. 6-47**



Здесь имена цепей обозначены цифрами, указатели выводов резисторов латинскими буквами. На врезке представлен фрагмент файла списка цепей в формате Tango.

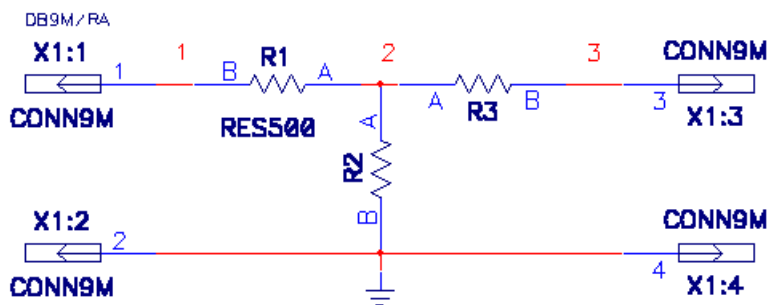


Рис. 6-47. Схема делителя напряжения

```
[
X1
DB9M/RA
CONN9M
]
[
R2
RES500
RES500
]
(
2
R2-A
R3-A
R1-A
)
(
3
R3-B
X1-2
)
(
GND
R2-B
X1-2
X1-4
)
]
```

**На заметку!**

«Горячие» клавиши	Назначение
<u>Q</u>	Перебор способов проведения линий и проводников
<u>L</u>	Переключение страниц проекта
<u>G</u>	Переключение шагов сетки

## 7 НАСТРОЙКА РЕДАКТОРА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Для размещения компонентов на печатной плате и ручной трассировки в САПР P-CAD используется графический редактор PCB. В данном разделе рассматривается предварительная настройка редактора.

### 7.1 Запуск редактора печатных плат (PCB)

Редактор печатных плат системы P-CAD может быть запущен из меню «Пуск» Windows или из схемного редактора Schematic.

- Запустите редактор печатных плат из схемного редактора

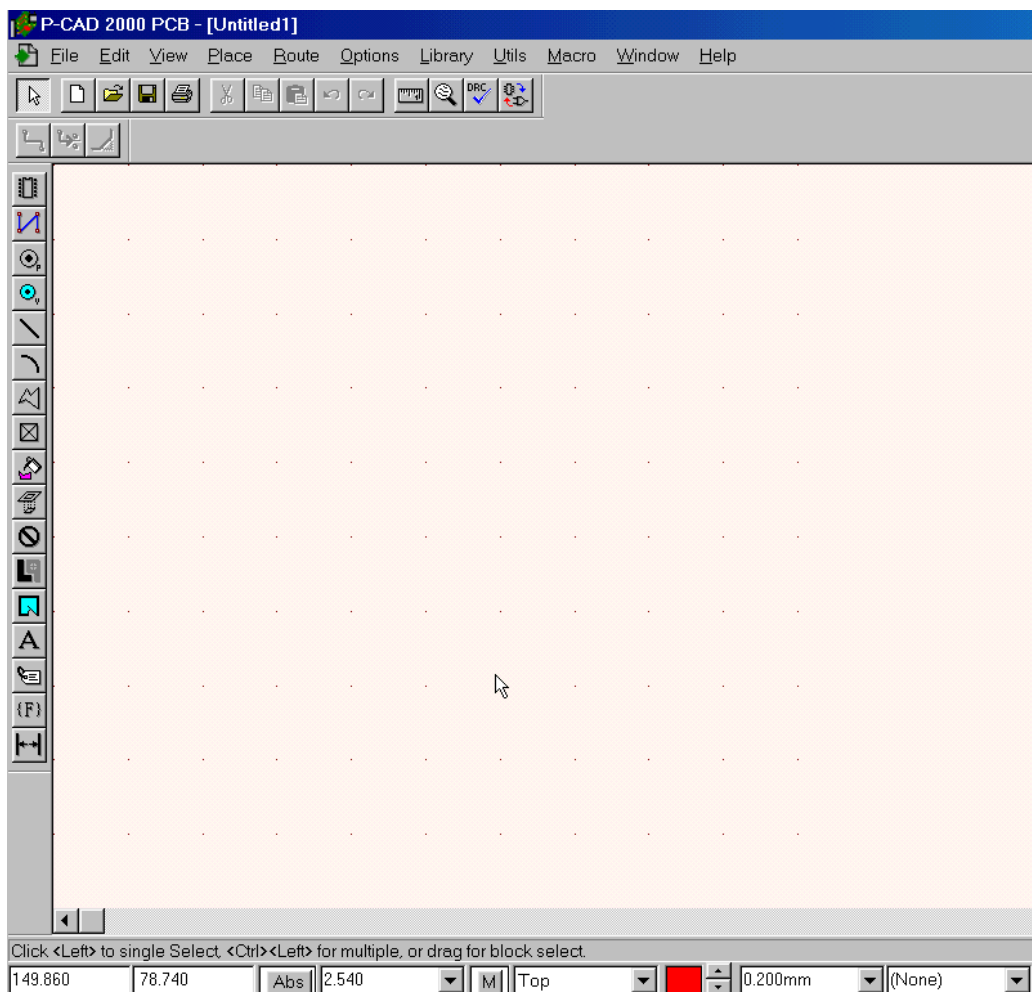


Рис. 7-1. Рабочий экран редактора печатных плат

- 1) Активизируйте в схемном редакторе команду **Utils/P-CAD PCB**.
- 2) Появится заставка пакета, а затем рабочий экран редактора печатных плат (см. рис. 7-1).

Построен редактор печатных плат также как и редактор схем – отличие лишь в объектах, с которыми он работает. Поэтому на инструментальных панелях появились новые кнопки, а меню новые команды.

## 7.2 Настройка конфигурации редактора PCB

Настройка конфигурации графического редактора P-CAD PCB во многом подобна настройке графического редактора Schematic, подробно описанной в разделе 3, поэтому здесь мы обратим внимание только на основные моменты, необходимые для работы.

### 7.2.1 Установка общих параметров проекта

- Установите метрическую систему единиц и достаточные для работы размеры рабочей зоны

1) Активизируйте в основном меню команду **Options/Configure...**

2) На панели **Options Configure** в закладке *General* (общие) в рамке *Units* (единицы) установите флажок *mm*, чтобы перейти к метрической системе единиц.

3) В рамке *Workspace Size* (размер рабочей зоны) в окнах **Width** (ширина) и **Height** (высота) установите значения, показанные на рис. 7-2 (они должны быть больше размеров проектируемой печатной платы).

Остальные параметры на данной закладке могут быть оставлены без изменения. Их смысл расшифровывается в таблице 7-1.

### 7.2.2 Установка параметров технологического контроля

При прокладке проводников система может осуществлять контроль за соблюдением технологических норм (зазоров, ширины проводников и т.д.)

- Проведите настройку технологического контроля

1) Перейдите на закладку **Online DRC** (интерактивный контроль).

2) Установите все флажки, как показано на рис. 7-3.

Установка флажка *Enable Online DRC* позволяет проводить проверки «на лету» в процессе работы с элементами платы. Для включения соответствующего вида проверки нужно дополнительно установить флажки в группе *Report Options* (см. табл. 7-2).

Нажатие на кнопку **Design Rules...** позволяет задавать правила проектирования для всего проекта, каждого слоя, отдельной цепи, класса цепей и т.д. Нажатие на кнопку **Severity Levels** позволяет задавать уровни серьезности отдельных ошибок. Но об этом позднее (см. раздел 10).

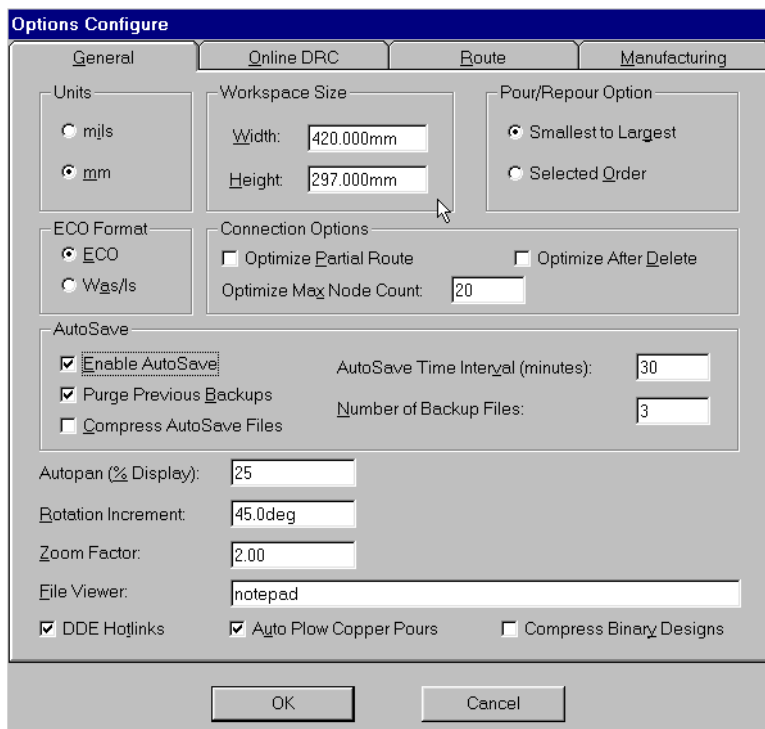


Рис. 7-2. Установка общих параметров редактора печатных плат PCB

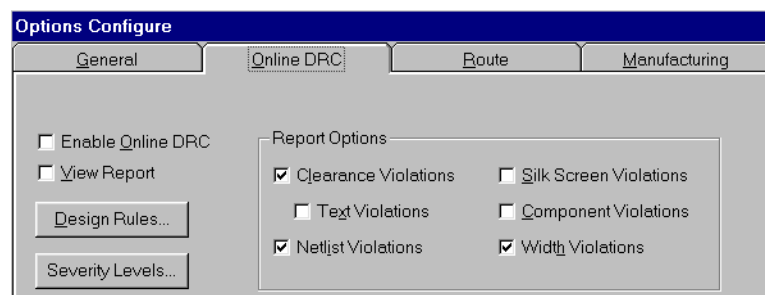


Рис. 7-3. Установка параметров проверки технологических ограничений

## Общие параметры редактора РСВ

Параметр	Комментарий
В рамке <i>ECO Format</i> (Параметры определяют фиксацию изменений в проекте)	
ECO	Запись файла изменений в формате PCAD (записываются все изменения)
Was/Is	Запись файла изменений в формате Tango (записываются только изменения позиционных обозначений)
В рамке <i>Pour/Repour</i> (Заливка/Перезаливка) (Параметры определяют порядок заливки и повторной заливки областей металлизации)	
Smallest to Largest (От меньших к большим)	Установка этого флажка дает наилучшие результаты при использовании для выделения областей металлизации метода группового отбора (окном)
Select Order (В порядке отбора)	При установке этого флажка области металлизации будут заливаться в том порядке, в каком они добавлялись к выделенной группе (отбор при нажатой клавише <b>CTRL</b> )
В рамке <i>Connection Option</i> (Параметры соединения)	
Optimize Partial Route	Оптимизация связей по «Манхеттену» при ручной трассировке ( <a href="#">см. стр. 9-13</a> )
Optimize After Delete	Оптимизация новых связей после удаления трассы
Optimize Max Node Count	Цепь, имеющая большее, чем указано в окне, количество узлов, не оптимизируется
Другие параметры	
Autopan	Процент автоматического смещения экрана при приближении курсора к краю рабочего поля клавишами со стрелками (не мышкой!)
Rotation Increment	Угол поворота элемента при нажатии комбинации клавиш <b>SHIFT/R</b> (значения от 0 до 360° с шагом 0.1°)
Zoom Factor	Позволяет регулировать степень приближения (удаления) объектов рабочего поля при выполнении команд View Zoom In и View Zoom Out
File Viewer	Текстовый редактор для просмотра отчетов, протоколов, сообщений об ошибках и т.д.
DDE Hotlinks	Установка этого флажка позволяет организовать «горячую» связь с редактором схем Schematic
Auto Plow Copper Pours	Автоматическое создание вырезов в области металлизации при ручной и интерактивной прокладке проводников

Таблица 7-2

Параметр	Комментарий
Clearance Violations	Проверка нарушения зазоров
Text Violations	Проверка нарушения зазоров в текстах
Netlist Violations	Проверка соответствия списка цепей платы с исходным списком проекта
Silk Screen Violations	Проверка нарушения зазоров в слое шелкографии
Component Violations	Обнаружение ошибок расположения компонентов
Width Violations	Проверка нарушения ширины проводников

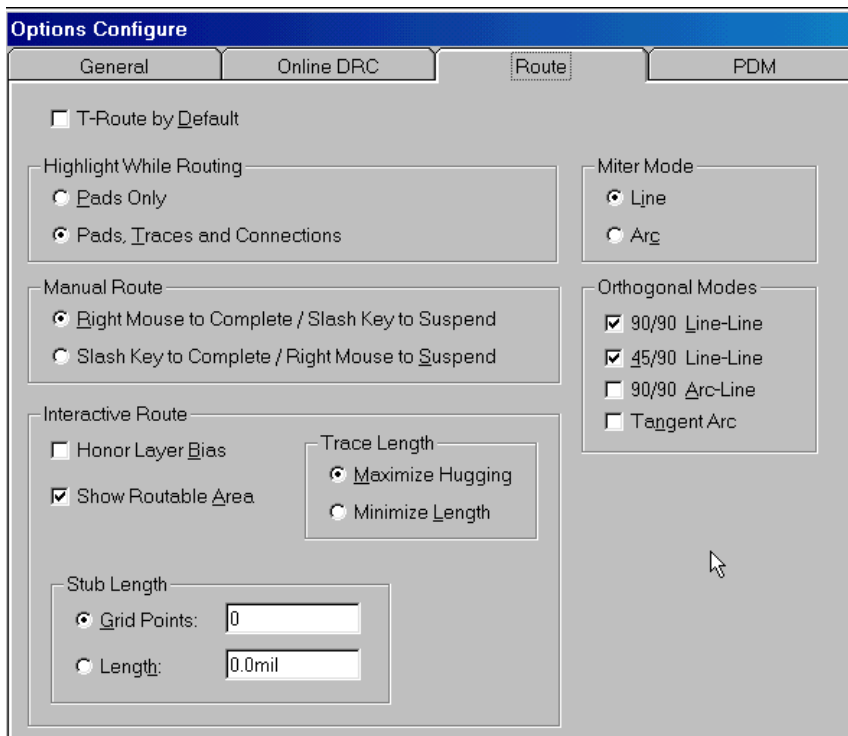


Рис. 7-4. Установка параметров трассировки

### 7.2.3 Установка параметров ручной и интерактивной трассировки

Глобальные правила ручной и интерактивной трассировки для всего проекта устанавливаются на закладке **Route**.

#### • Установите параметры трассировки

- 1) Перейдите в закладку **Route**.
- 2) Установите параметры и флажки на ней, как показано на рис. 7-4.

Рассмотрим назначение этих элементов более подробно. Установка флажка T-Route Default включает режим Т-образной раскладки проводников как основной. В этом случае ответвления трассы могут быть в произвольных местах. Рекомендуется включить этот флажок.

Группа *Highlight While Routing* (Подсветка в процессе трассировки) задает режим подсвечивания текущей цепи во время трассировки. Удобнее работать, когда подсвечиваются не только контактные площадки (флажок Pads Only), но и проводники, и соединения (флажок Pads, Traces and Connections).

В рамке *Miter Mode* устанавливается режим сглаживания изломов проводников. Возможно сглаживание отрезком линии под углом 45 градусов (Line) или дугой окружности (Arc).

Выбор клавиш для завершения интерактивной трассировки цепи производится в рамке *Manual Route*. Установка флажка Right Mouse to Complete/Slash Key to Suspend позволяет использовать правую кнопку мыши для автоматического завершения трассы по кратчайшему пути. Клавиша «/» (слеш) в этом случае используется для остановки трассировки. Для тех, кто привык к тому, что при нажатии правой кнопки мыши текущая операция обрывается, предпочтительнее будет второй флажок - Slash Key to Complete/ Right Mouse to Suspend.

В рамке *Orthogonal Modes* устанавливаются способы проведения проводников и линий. Возможные следующие варианты:

- **90/90 Line-Line** - проведение отрезков линий и проводников под углом 90 градусов;
- **45/90 Line-Line** – рисование линий и проводников под углом 90/45 градусов;

- **90/90 Arc-Line** – производится сопряжение проводников расположенных под углом 90 градусов дугой;
- **Tangent Arc** – создаются дуги касательные к проводникам с текущим радиусом.



По команде Place/Line сглаживание по дуге недоступно!

В рамке *Interactive Route* задаются параметры интерактивной разводки. В группе *Stub length* задается минимальная длина сегмента линии (в дискретах сетки) для организации соединения с контактной площадкой.

При установленной утилите **InterRoute Gold** доступны еще ряд параметров. Выбор флажка *Maximize Hugging* в группе *Trace Length* обеспечивает максимально тесное прижатие новой трассы к существующим. Режим *Minimize Length* позволяет проложить трассу минимальной длины с минимумом переходных отверстий (см. пп 9.5.6).

При установленном флажке *Honor Layer Bias* трассы будут прокладываться с учетом приоритетных направлений в отдельных слоях.

Установка флажка *Show Routable Area* делает видимыми предпочтительные области трассировки. При работе в Windows NT, 2000 область трассировки показывается как прозрачная штриховка, а в Windows 95/98 выделяется цветом.

### 7.2.4 Установка производственных параметров

На закладке **Manufacturing** (Производство) задаются параметры, используемые при производстве печатных плат (рис. 7-5). Так группа флажков *Solder Flow Direction* (Направление потока припоя) позволяет указать, в каком направлении поток припоя пересекает плату. Возможные значения: Top to Bottom (сверху вниз), Left to Right (слева направо), Right to Left (справа налево) and Bottom to Top (снизу вверх). Установка флажка *Synchronize Components to solder flow, on OK* позволяет автоматически согласовывать ориентацию компонентов с выбранным направлением движения припоя. Остальные параметры на этой закладке определяют размеры защитных масок. Их назначение приведено в табл. 7-3.

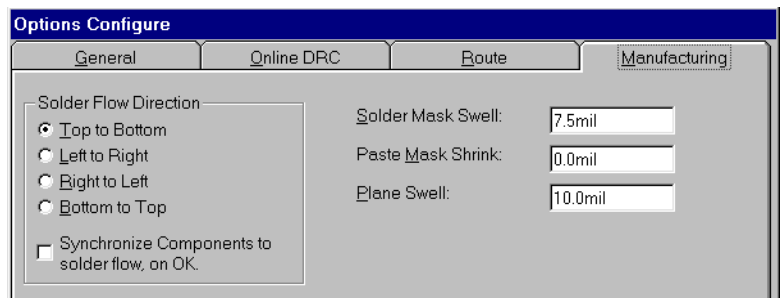


Рис. 7-5. Установка производственных ограничений

- **Посмотрите закладку Manufacturing и закройте панель Options Configure, сохранив сделанные настройки.**

Таблица 7-3

Параметр	Комментарий
Solder Mask Swell	Величина, на которую увеличиваются размеры выреза в маске пайки по сравнению с контактной площадкой
Paste Mask Shrink	Величина, на которую уменьшается радиус выреза в маске для нанесения паяльной пасты по сравнению с контактной площадкой.
Plane Swell	Зазор между сплошным слоем металлизации и контактной площадкой (или переходным отверстием), не подсоединенной к нему (в слоях типа Plane)

### 7.3 Установка конфигурации слоев

В графическом редакторе РСВ системы PCAD в отличие от схемного редактора принята послойная (групповая) организация элементов изображения. Для наглядности можно предположить, что каждая группа элементов изображения (слой) рисуется на прозрачной пленке, которые затем собираются в пакет, формируя цельное изображение. На одном слое рисуются проводники на верхней стороне печатной платы, на другом – на нижней, на третьем границы печатной платы и т.д. Всего в системе возможно 99 слоев. Часть слоев являются системными (обязательными), остальные могут быть добавлены пользователем. Установка конфигурации слоев является одной из важнейших операции. По умолчанию в системе устанавливается конфигурация для двухсторонней печатной платы. Название и назначение слоев, заданных в системе по умолчанию, приведены в табл. 7-4.

Таблица 7-4

Слой	Назначение
Top	Проводники на верхней стороне ПП (сторона компонентов)
Top Assy	Атрибуты на верхней стороне ПП
Top Silk	Шелкография на верхней стороне ПП
Top Paste	Графика пайки на верхней стороне ПП
Top Mask	Графика маски пайки на верхней стороне ПП
Bottom	Проводники на нижней стороне ПП
Bottom Assy	Атрибуты на нижней стороне ПП
Bottom Silk	Шелкография на нижней стороне ПП
Bottom Paste	Графика пайки на нижней стороне ПП
Bottom Mask	Графика маски пайки на нижней стороне ПП
Board	Границы печатной платы

• **Посмотрите текущую конфигурацию слоев**

- 1) Активизируйте в меню команду **Option/Layers**.
- 2) Появится панель **Option Layers** (см. рис. 7-6).

На закладке **Layers** (слои) отображается текущая конфигурация слоев и инструменты для добавления и модификации слоев.

В окне со списком *Current Layer* показано имя текущего слоя, т.е. слоя на котором производится работа.

В рамке *Type* задается тип нового слоя. Возможны три варианта:

**Signal** – слой разводки сигнальных проводников;

**Plane** – слой металлизации для подключения питания;

**Non Signal** – слой не несущий информации об электрических цепях (графика корпусов, тексты, размеры и

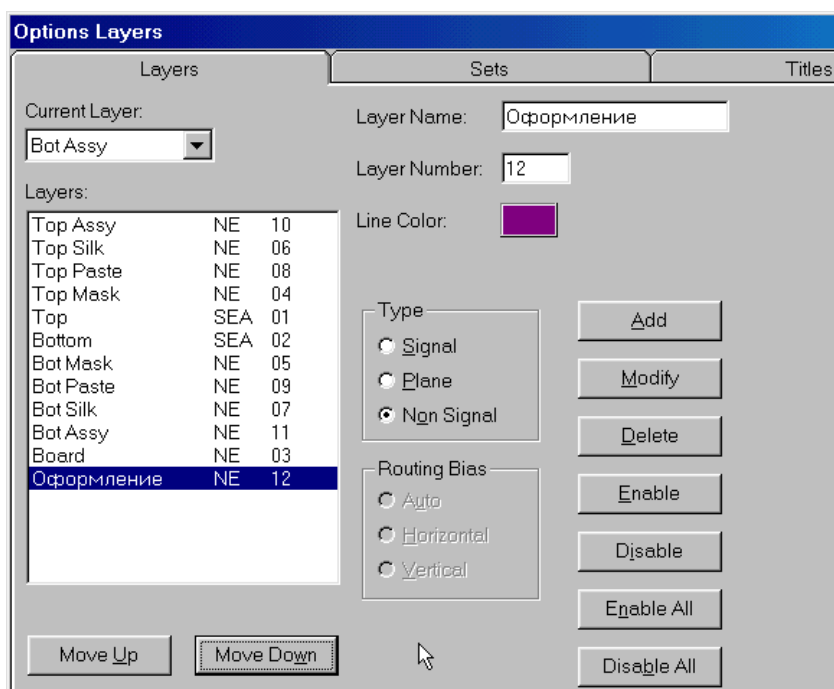


Рис. 7-6. Установка конфигурации слоев



т.д.).

В списке слоев *Layers* типу слоя соответствует первая буква во второй колонке.

Каждый слой может быть включен или выключен с помощью кнопок **Enable** и **Disable**, соответственно. Состояние слоя отображает вторая буква во второй колонке окна *Layers*.

В группе *Routing Bias* указывают предпочтительную ориентацию печатных проводников в выбранном сигнальном слое. В средней колонке в окне *Layers* этот параметр отображается третьей буквой. Возможны следующие варианты: **Auto** – автоматический выбор ориентации; **Horizontal** – горизонтальная ориентация; **Vertical** – вертикальная ориентация.

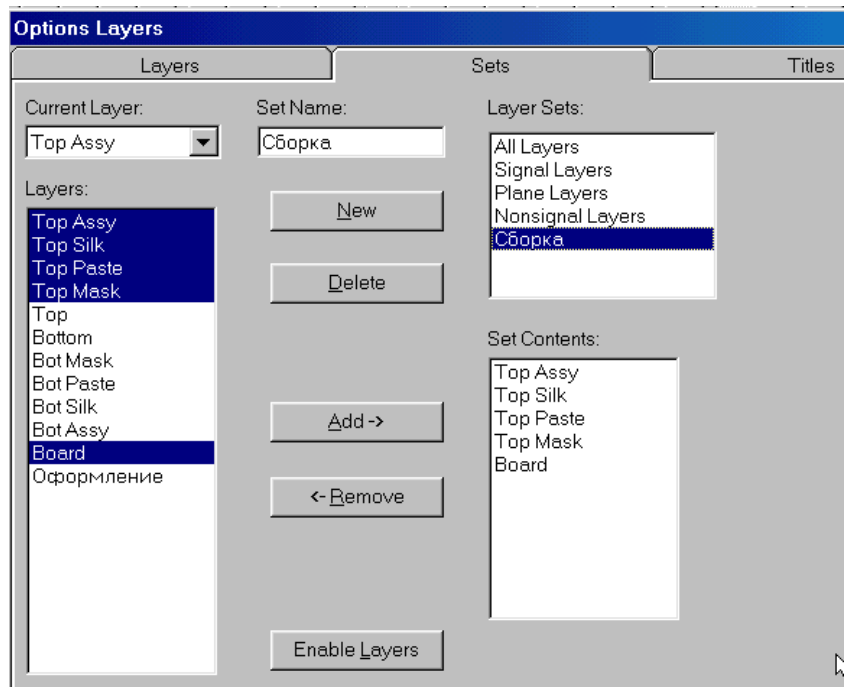


Рис. 7-7. Группы слоев

• **Добавьте новый слой**

1) В окне *Layer Name* (имя слоя) наберите

**Оформление**

2) В окне *Layer Number* (номер слоя) наберите **12**

3) В рамке *Type* (тип) установите флажок *Non signal* (несигнальный)

4) Нажмите кнопку **Add** (добавить).

В списке слоев появится имя нового слоя.

На закладке **Sets** (группы) слои объединяются в отдельные группы для выделения, отображения или печати.

• **Добавьте новую группу**

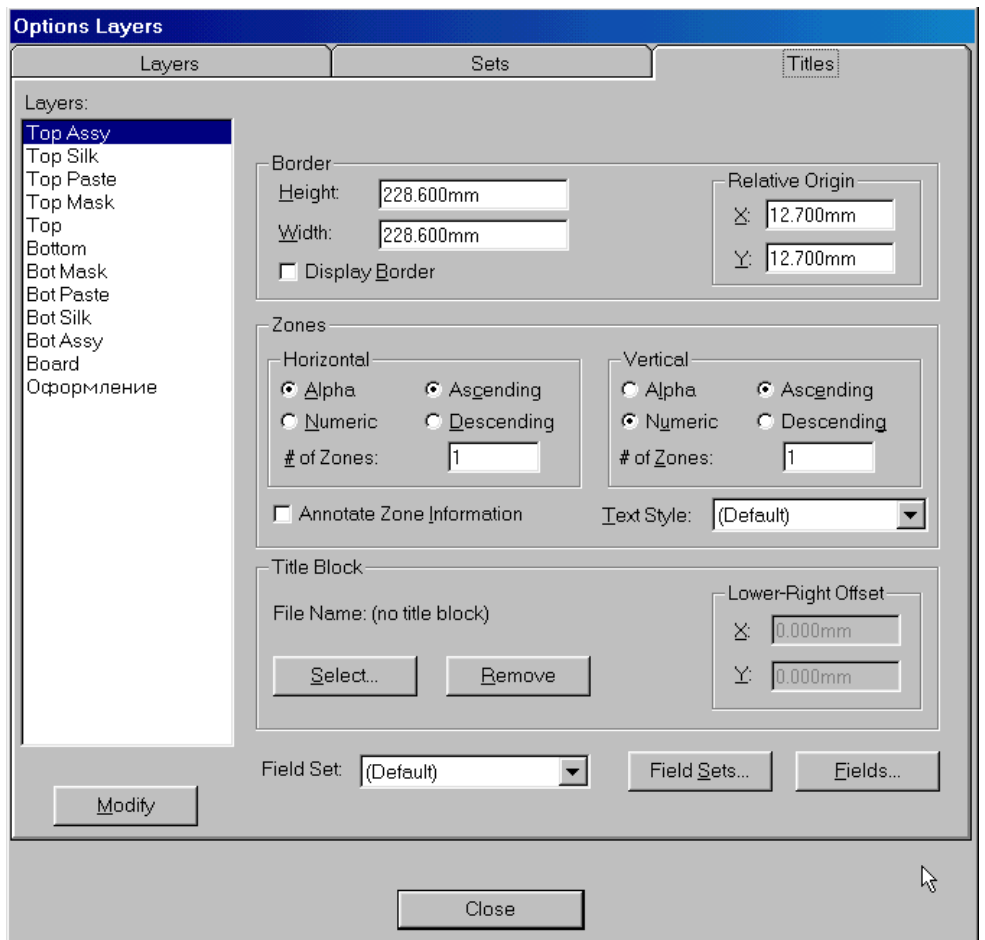


Рис. 7-8. Закладка оформления чертежей

- 1) В окне *Set Name* (имя группы) наберите **Сборка**
- 2) Нажмите кнопку **New** (новый). Имя новой группы появится в окне *Layer Sets*.
- 3) Нажмите клавишу **CTRL** и, не отпуская ее, выделите левой кнопкой мыши набор слоев, показанный на рис. 7-7.
- 4) Нажмите кнопку **Add->** (добавить). Имена выбранных слоев появятся в окне *Set Contents* (состав группы).

В случае, если установлена утилита **Document Toolbox**, на панели **Option Layers** появляется еще одна закладка – *Titles* (рис. 7-8, позволяющая в диалоговом режиме редактировать оформление послойных чертежей и сборочного чертежа платы. По смыслу эта закладка

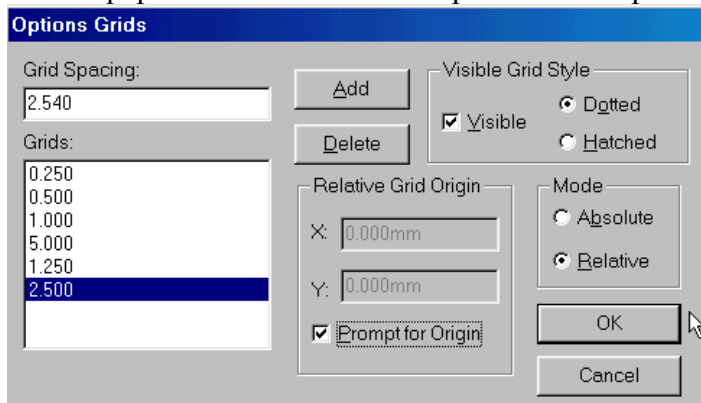


Рис. 7-9. Настройка параметров сетки

напоминает окно *Option Sheet* графического редактора принципиальных схем. Поскольку чертежи печатных плат выпускаются, как правило, в масштабах увеличения эту закладку, по-видимому, можно использовать только для оформления сборочных чертежей.

## 7.4 Установка параметров сетки

Для облегчения работы все элементы конструкции ПП на рабочем поле привязываются к узлам специальной сетки.

Параметры сетки (расстояние между узлами, вид сетки, ее тип) устанавливаются по команде **Options/Grids...** (Параметры/сетки). При этом появляется специальная панель **Options Grids**, показанная на рис. 7-9. Смысл параметров, устанавливаемых на данной панели, подробно рассматривался в пп. 3.3.

### • Установите необходимые шаги сетки

- 1) Активизируйте команду **Option/Grids...**
- 2) Набирая значения в окне *Grid Spacing*, добавляйте их к списку в окне *Grids*, используя кнопку **Add** (см. рис. 7-9).
- 3) Ненужные значения удалите из списка с помощью кнопки **Delete**.
- 4) Установите все флажки, так как показано на рис. 7-9 и нажмите кнопку **OK**.

## 7.5 Настройка параметров отображения

По команде основного меню **Options/Display** на панели **Options Display** можно задать цвета и стили отображения различных объектов схемы. Окно этой команды содержит две закладки (см. рис. 7-10).

### • Просмотрите назначенные цвета и параметры отображения

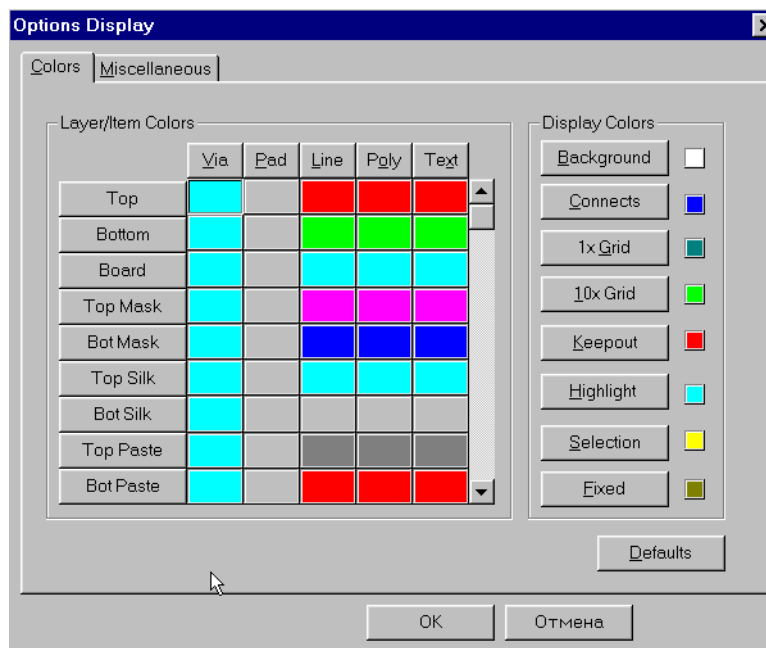


Рис. 7-10. Установка цветовой палитры PCB

- 1) Активизируйте команду **Options/Display**
- 2) На панели **Options Display** в закладке *Colors* (рис. 7-10) измените цвета для отдельных элементов изображения, если в этом есть необходимость.

Здесь в рамке *Layer/Item Colors* (Слои/Группы цветов) задаются цвета переходных отверстий (Via), контактных площадок (Pad), линий (Line), полигонов (Poly) и текстов расположенных в отдельных слоях.

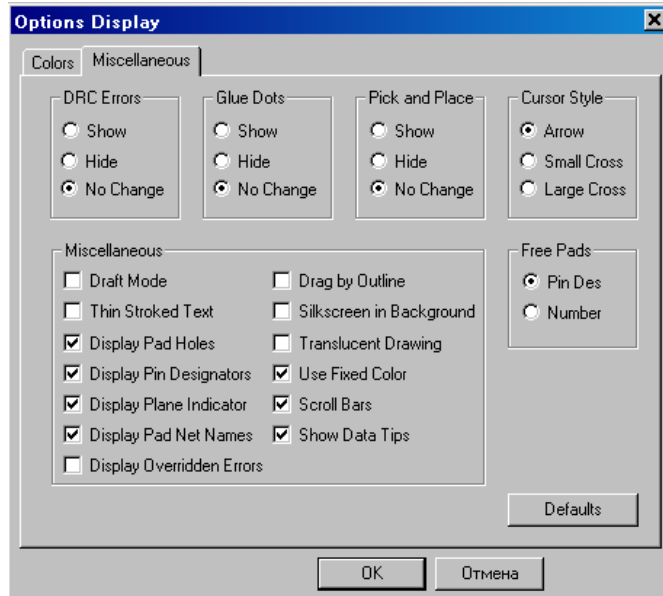


Рис. 7-11. Дополнительные параметры отображения

В рамке *Display Colors* (Цвета отображения) задаются цвета фона рабочего поля (Background), линий логических связей между выводами компонентов (Connects), нормальной и крупной сеток (1x Grid & 10x Grid), границ областей запрета трассировки (Keepout), подсвеченных элементов (Highlight), выделенных элементов (Selection) и зафиксированных компонентов (Fixed).

Кнопка **Defaults** в этой закладке позволяет восстановить цветовую палитру, заданную в системе по умолчанию.

• **Перейдите в закладку Miscellaneous (Разное), чтобы установить дополнительные параметры отображения на панели.**

Здесь (см. рис. 7-11) можно установить режимы отображения точек приклейки (*Glue Dots*) для элементов поверх-

ностного монтажа, указателей для автоматической установки (*Pick and Place*) и нарушений технологических ограничений (*DRC Errors*). Для этих элементов возможны три варианта отображения: *Show* – показать все; *Hide* – скрыть все; *No Change* – руководствоваться установкой параметров отдельного элемента.

Для свободных контактных площадок (группа *Free Pads*) возможно отображение указателей выводов (Pin Des) или номеров контактных площадок (Number).

В рамке *Cursor Style* устанавливается вид курсора: стрелка (Arrow), малое перекрестие (Small Cross) или перекрестие на все рабочее поле (Large Cross).

Смысл остальных параметров устанавливаемых на данной панели в рамке *Miscellaneous* раскрывается в табл. 7-5 (также см. пп. 3.6).

Кнопка **Defaults** в этой закладке позволяет восстановить для указанных элементов параметры, заданные в системе по умолчанию.

• **Выполнив настройки, закройте панель Options Display, нажав на кнопку ОК.**

## 7.6 Настройка клавиатуры и мыши

Команда **Options/Preferences** (Параметры/Предпочтение) позволяет произвести настройку клавиатуры и мыши.

• **Посмотрите настройки клавиатуры и мыши**

- 1) Активизируйте команду **Options/Preferences**.
- 2) На панели **Options Preferences** в закладке *Keyboard* можно переопределить назначение горячих клавиш для часто используемых команд (рис. 7-12, а). Здесь можно назначить клавишу или сочетание клавиш на любую команду основного меню, если выбрать в группе

Параметр	Комментарий
В рамке <i>Miscellaneous</i> (разное)	
Drag by Outline	перемещение вершин полигонов без показа их промежуточных положений
Draft Mode	изображение линий и полигонов без их заливки (контурное отображение);
Thin Stroked Text	отображение текста тонкими линиями
Scroll Bars	показ линейек прокрутки
Display Pad Holes	Отображение отверстий контактных площадках
Display Pin Designators	Отображение указателей (номеров) выводов
Display Pad Net Names	Отображение имен цепей, подключенных к контактным площадкам в их центре
Display Plane Indicator	Отображение указателя подключения контактной площадки или переходного отверстия к области металлизации
Use Fixed Color	Выделение зафиксированных компонентов установленным цветом (окно Fixed на рис. 7-8)
Translucent Drawing	Включение отображения элементов в полупрозрачном режиме
Silkscreen in Background	Устанавливает для слоев шелкографии цвет фона
Display Overridden Errors	Отображение удаленных (отмененных) ошибок
Show DataTips	Показ всплывающих подсказок для компонентов, цепей и т.д.

*Command Type* опцию Menu Command, или на создаваемые макросы (опция *Macros*). Однако более значимыми и полезными оказываются специальные сокращенные команды (опция *Shortcut commands*) специально предназначенные для облегчения работы над платой.

3) На закладке *Mouse* (см. рис.7-12, б) можно определить поведение клавиш **CTRL** и **SHIFT**. При установленном флажке “*Ctrl extends selection. Shift subselects*” в группе *Ctrl/Shift Behavior*, нажатая клавиша **CTRL** позволяет проводить множественное выделение объектов. Нажатая клавиша **SHIFT** при этом позволяет проводить выделение подобъектов (атрибутов) компонентов. Варианты флажков “*Ctrl subselects. Shift extends selection*” может использоваться

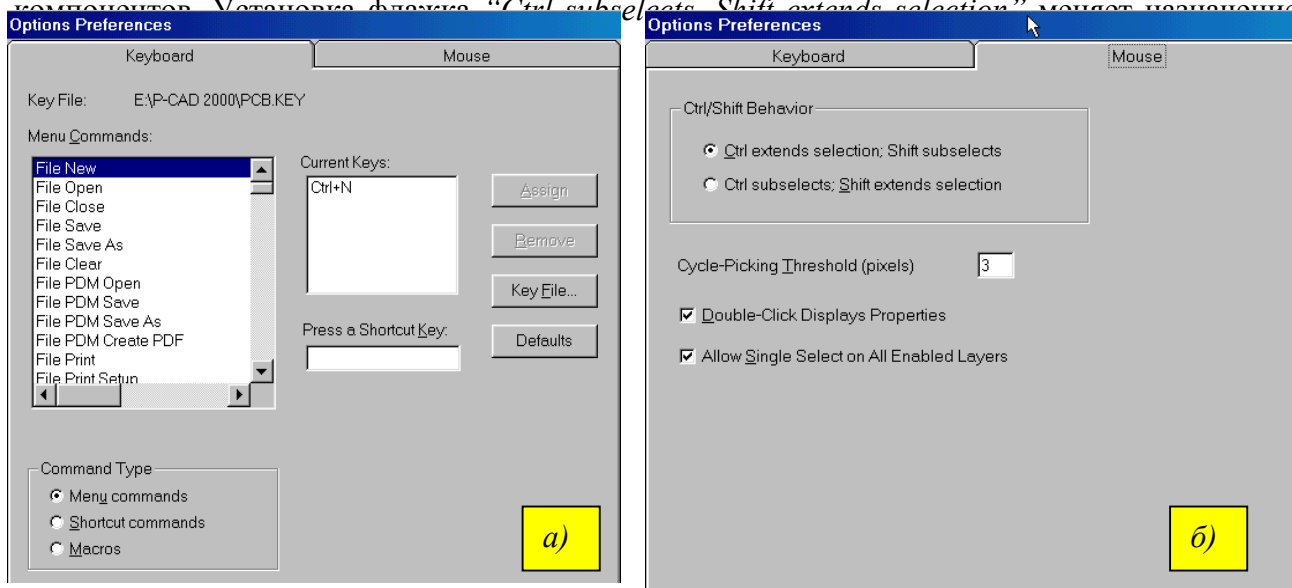


Рис. 7-12. Панель *Options Preferences*

4) Установка флажка *Double-Click Displays Properties* позволяет по двойному щелчку левой кнопкой мыши открыть окно свойств объекта.

5) Установка флажка *Allow Single Select on All Enabled Layers* делает доступными для выделения по щелчку левой или правой кнопкой мыши объекты на слоях, не являющихся

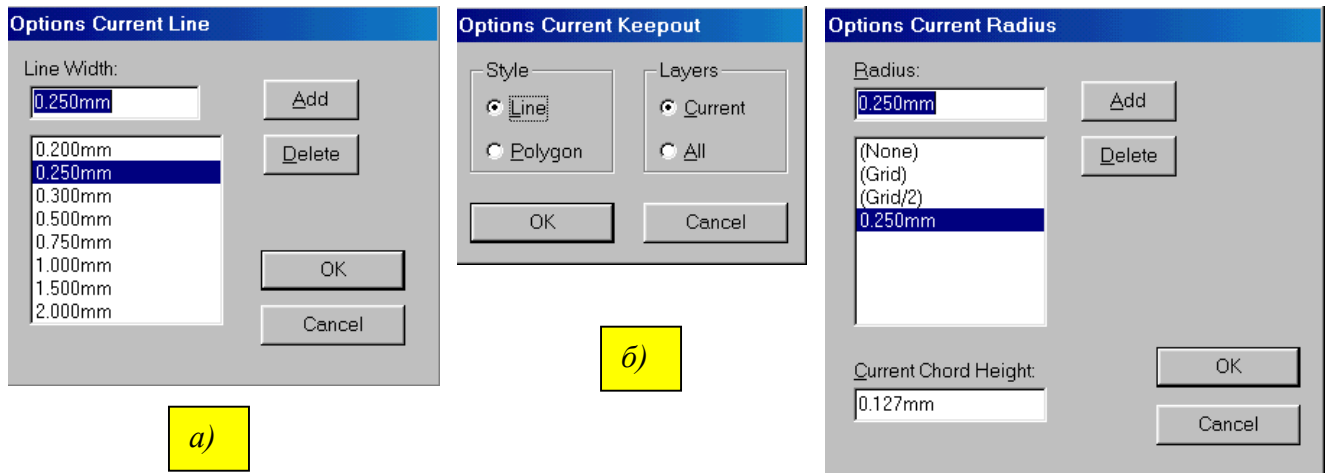


Рис. 7-13. Установка параметров линий, барьеров трассировки и радиусов сглаживания

текущими.

б) Закройте панель **Options Preferences**.

### 7.7 Установка текущих параметров линий и проводников

По команде **Options/Current Line** (Параметры/Текущая линия) устанавливается набор требуемых толщин линий и проводников.

#### • Установите требуемые толщины линий

- 1) Активизируйте команду **Options/Current Line**.
- 2) На панели **Options Current Line** (рис. 7-13, а) в окне Line Width наберите требуемое значение ширины линии.
- 3) Нажмите кнопку **Add** (добавить). Новое значение появится в окне списка линий.
- 4) Повторите пп. 2-3 для всех устанавливаемых толщин линий (см. рис. 7-13, а).
- 5) Для удаления лишнего элемента из списка укажите его курсором и нажмите кнопку **Delete** (удалить).
- 6) Нажмите кнопку **OK** для завершения диалога.



*Ширины линий и проводников должны быть согласованы с апертурами используемых фотоплоттеров!*

### 7.8 Установка текущих параметров барьеров трассировки

Для запрете прокладки проводников на отдельных участках печатной платы в системе P-CAD используются так называемые барьеры трассировки. Команда **Options/Current Keepout** (см. рис. 7-12, б) позволяет установить текущий стиль отрисовки барьеров трассировки и их влияние. При этом барьеры трассировки можно отобразить в виде закрашенной области (полигона – *Polygon*) или в виде линий - *Line* (см. врезку). Флажки в группе *Layers* (слои) позволяют распространить действие барьера только на текущий слой (уста-



новлен флажок *Current*) или на все сигнальные слои (флажок *All*).

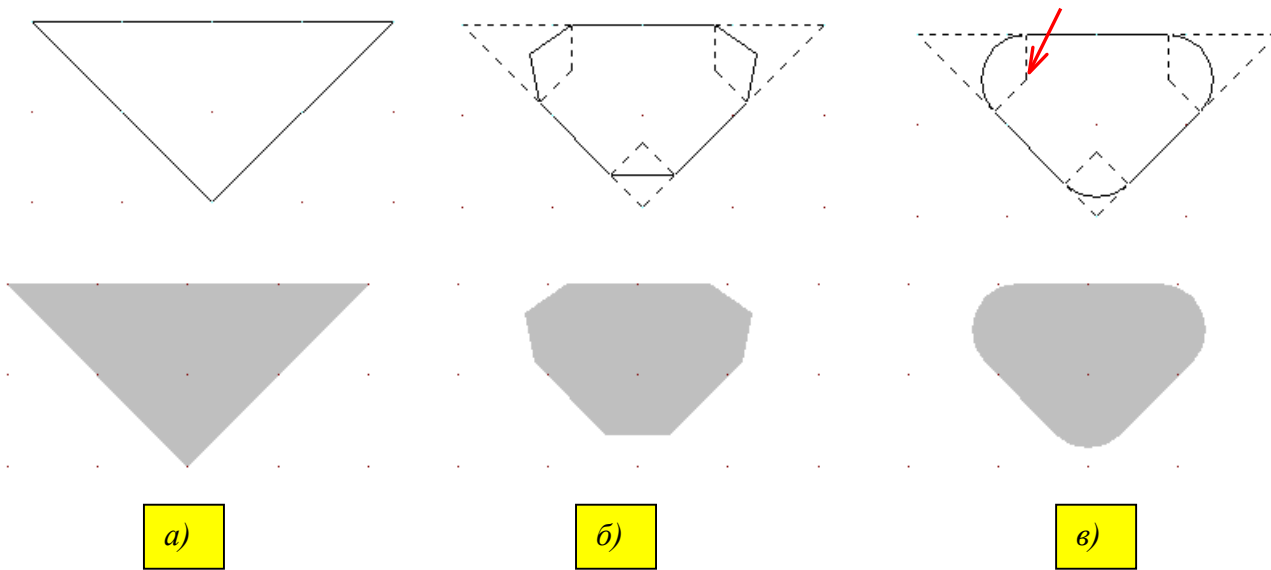


Рис. 7-14. Варианты сглаживания углов полигонов.



## 7.9 Сглаживание углов полигонов

По команде **Options/Current Radius** (Параметры/Текущий радиус) устанавливаются текущие параметры сглаживания углов полигонов (многоугольников) и других элементов выполняемых как полигоны. При активизации этой команды появляется панель **Options Current Radius** (см. рис. 7-13, в), на которой можно задать список допустимых радиусов сглаживания (в окне *Radius*) и установить степень приближения полилинии сглаживания к дуге окружности (в окне *Current Chord Height* – максимальное удаление хорды от окружности). По умолчанию в системе установлены три значения для радиусов сглаживания: *None* – сглаживание не производится; *Crid* и *Crid/2* – радиус сглаживания равен текущему шагу сетки или его половине.

Для примера на рис. 7-14 приведены результаты сглаживания углов полигонов вводимых как равносторонние треугольники. На рис. 7-14,а приведен полигон без сглаживания углов (выбрано значение *None* для радиуса сглаживания). На рис. 7-14,б и 7-14,в приведены полигоны с радиусом сглаживания *Grid/2*, но для первого величина *Current Chord Height* была установлена равной 0,2 мм, а для второго – 0,01 мм. Красная стрелка на рис 7-14,в указывает на центр дуги сглаживания.

### • Дополните список допустимых радиусов сглаживания

- 1) Активизируйте команду **Options/ Current Radius**.
- 2) На панели **Options Current Radius** (рис. 7-12,в) в окне *Radius* наберите требуемое значение радиуса.
- 3) Нажмите кнопку **Add** (добавить). Новое значение появится в окне списка.
- 4) Повторите пп. 2-3 для всех устанавливаемых значений радиусов (см. рис. 7-12,в).



- 5) Для удаления лишнего элемента из списка укажите его курсором и нажмите кнопку **Delete** (удалить).
- 6) В окне *Current Chord Height* установите требуемую величину максимального расхождения между идеальной и фактической дугой.
- 7) Нажмите кнопку ОК для завершения диалога.



- а) Величина *Current Chord Height* не может быть менее 0.1 mil (0,00254 мм)!
- б) Системные значения радиусов сглаживания не могут быть удалены!!

## 7.10 Установка параметров текста

Установка параметров текста производится по команде **Options/Text Style** и не имеет особенностей по сравнению с установкой параметров текста в схемном редакторе (см. подраздел 3.4).

- Введите новые стили текста, для нанесения на плату надписей по-русски с размером шрифта 3,5 мм, 5 мм и 7 мм

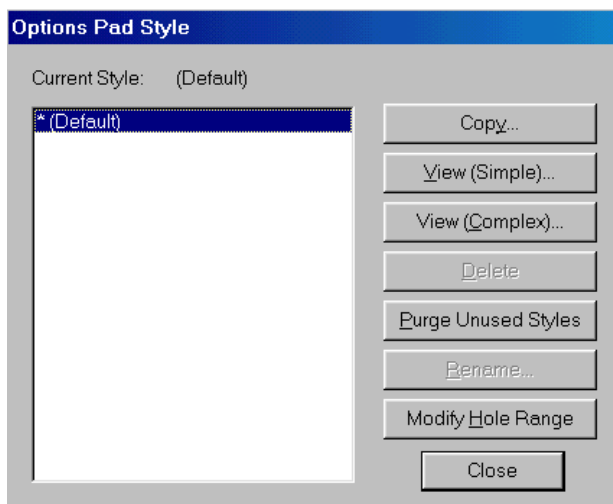


Рис. 7-15. Панель *Options Pad Style*.

## 7.11 Создание стеков контактных площадок и переходных отверстий

Информация о графике контактных площадок (КП) и переходных отверстий (ПО) в системе P-CAD может храниться отдельно от графики корпуса. Для этой цели используется файл технологических параметров проекта (Design Technology Parameters), имеющий расширение *.dtp*. Важно понимать, что для многослойных печатных плат форма и размеры контактных площадок в разных слоях могут отличаться друг от друга. В системе P-CAD введено понятие набора (этажерки) контактных площадок – **Pad Stack**. Объединяют-

ся наборы понятием стиля, имеющего соответствующее имя. Как правило, в новом проекте для контактных площадок определен только один стиль –Default – стиль по умолчанию. Этот стиль не может быть удален и его параметры не могут быть изменены.

Для задания нового стиля используется команда **Options/Pad Style** (параметры/стиль контактной площадки).

Стеки контактных площадок в системе P-CAD подразделяются на простые (Simple) и сложные (Complex). Для простых стеков форма и размеры контактных площадок одинаковы на всех слоях. Для сложных стеков форма и размеры контактных площадок на разных слоях будут разными. Создадим три простых и один сложный стеки.

### 7.11.1 Задание имен стеков

- **Задайте имена новым стилям стеков контактных площадок**

- 1) Активизируйте команду **Options/Pad Style**.
- 2) На панели **Options Pad Style** (см. рис. 7-15)

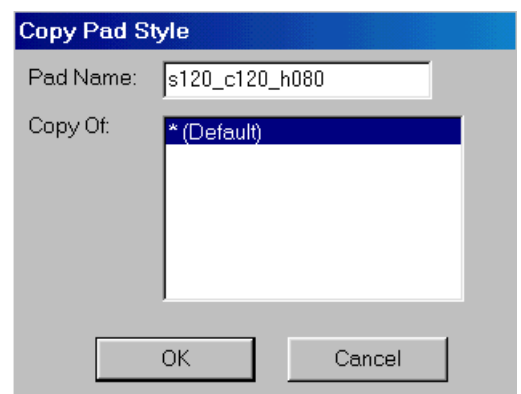


Рис. 7-16. Задание имени нового стиля



нажмите кнопку **Copy** для копирования указанного в списке стиля в новый.

3) На появившейся панели **Copy Pad Style** (рис. 7-16) в окне *Pad Name* (имя стека) наберите **c110\_p130\_h090** и нажмите кнопку ОК.

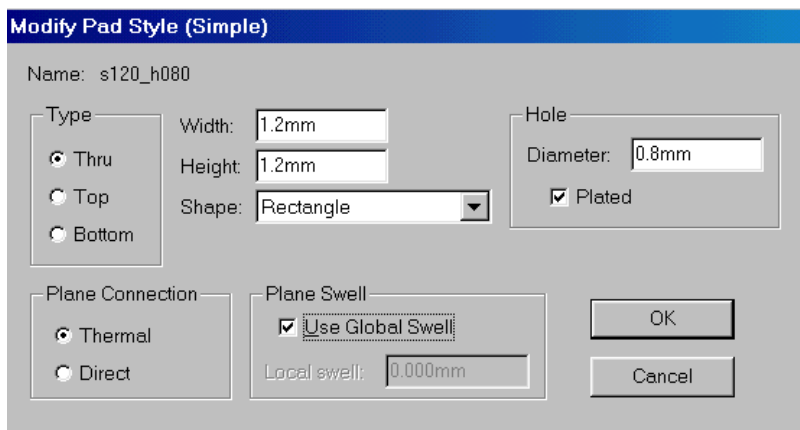


Рис. 7-17. Задание параметров простого стека

4) Повторите пп. 2-3, указывая новые имена стилей – **s120\_h080**, **c120\_h080**, **Tr200x050**

Принято присваивать осмысленные имена стекам, чтобы их потом было легче выбирать. Классификация может быть разной. В данном случае приняты следующие соглашения – указывается форма контактной площадки и ее размеры (для сложных

стеков – по слоям), а затем указывается диаметр монтажного отверстия. Таким образом, определены следующие стеки контактных площадок:

**s120\_h080** – простой стек с площадкой квадратной формы (буква **s** в имени от английского слова *square* – квадрат) с размером стороны 1,2 мм. Диаметр монтажного отверстия – 0,8 мм (буква **h** в имени от английского слова *Hole* – отверстие);

**c120\_h080** – простой стек с площадкой круглой формы (буква **c** в имени от английского слова *circle* – круг) диаметром 1,2 мм. Диаметр монтажного отверстия – 0,8 мм;

**Tr200x050** – контактная площадка для планарного вывода на верхней стороне печатной платы (**Top**), прямоугольной формы (**rectangle**) размером 2x0,5 мм

**c110\_p130\_h090** – сложный стек с контактными площадками разной формы – на верхней стороне печатной платы площадка круглая, на нижней - полигон. Диаметр монтажного отверстия – 0,9 мм.

### 7.11.2 Установка параметров простого стека

Поскольку производилось копирование свойств стека по умолчанию реальные параметры контактных площадок не соответствуют их именам.

#### • Задайте параметры простого стека **s120\_h080**

1) Укажите имя стиля в списке (см. рис. 7-15).

2) Нажмите кнопку **Modify (Simple)** (Изменить/Простой)

3) На панели **Modify Pad Style (Simple)** (рис. 7-17) в окне со списком *Shape* (форма) выберите прямоугольную форму контактной площадки – **Rectangle**. Формы контактных площадок, возможные для простых стеков перечислены в табл. 7-6.

4) Высоту (*height*) и ширину (*width*) прямоугольника установите равной 1,2 мм.

5) В рамке *Type* выберите значение *Thru* – сквозное отверстие. Для планарных выводов нужно выбрать верхнюю (**Top**) или нижнюю (**Bottom**) стороны печатной платы

6) В окне *Diameter* рамки *Hole* задайте диаметр монтажного отверстия равным 0,8 мм и установите флажок *Plated*, показывая тем самым, что отверстие металлизировано.

7) В рамке *Plane Connection* для подключения к слоям металлизации выберите режим *Thermal* - с тепловыми барьерами. При установленном флаге *Direct* контактная площадка подключается к слою металлизации напрямую без зазоров.

8) В рамке *Plane Swell* для задания зазора между областью металлизации и контактной площадкой установите флажок **Use Global Swell**, что бы воспользоваться значением, заданным в параметрах проекта **Options/Configure**. При необходимости можно задать локальный зазор для данного стека в окне *Local swell* при сброшенном флаге **Use Global Swell**.

9) Нажмите кнопку ОК для окончания диалога.

Таблица 7-6

**Возможные формы контактных площадок**

Название	Графика	Комментарий
Для простых и сложных стеков		
Ellipse		Эллипс с отдельным заданием осей. При равенстве осей вырождается в круг
Oval		Овал. Радиус скругления равен половине короткой стороны. При равенстве сторон также вырождается в круг.
Rounded Rectangle		Прямоугольник с закругленными углами. Радиус скругления равен 1/4 длины короткой стороны. При равенстве сторон получаем круг.
Rectangle		Прямоугольник. задается длина и ширина. При их равенстве получаем квадрат.
Target		Перекрестие для сверления
Mounting Hole		Монтажное отверстие
Только для сложных стеков		
Polygonal		Полигон. Правильный многоугольник, который задается числом сторон, диаметром описанной окружности и углом поворота.
thermal 2 spoke		Контактная площадка с двумя спицами
thermal 2 spoke /90		Контактная площадка с двумя спицами, повернутыми на 90 градусов
thermal 4 spoke		Контактная площадка с четырьмя спицами
thermal 4 spoke /45		Контактная площадка с четырьмя спицами, повернутыми на 45 градусов
Direct Connect		Прямое соединение со слоем металлизации
No Connect		Отсутствие соединения со слоем металлизации

- **Самостоятельно задайте параметры для стека c120\_h080**

**Указание.** Для формы контактной площадки выберите эллипс (Ellipse) с одинаковыми по длине осями.

- **Создайте контактную площадку для планарного вывода**

**Указание.** Руководствуйтесь рисунком 7-18.

**7.11.3 Установка параметров сложного стека**

Задание параметров для сложного стека отличается разнообразием возможностей.

- **Задайте параметры верхней контактной площадки сложного стека c110\_p130\_h90**

1) На панели **Options Pad Style** укажите имя стиля в списке.

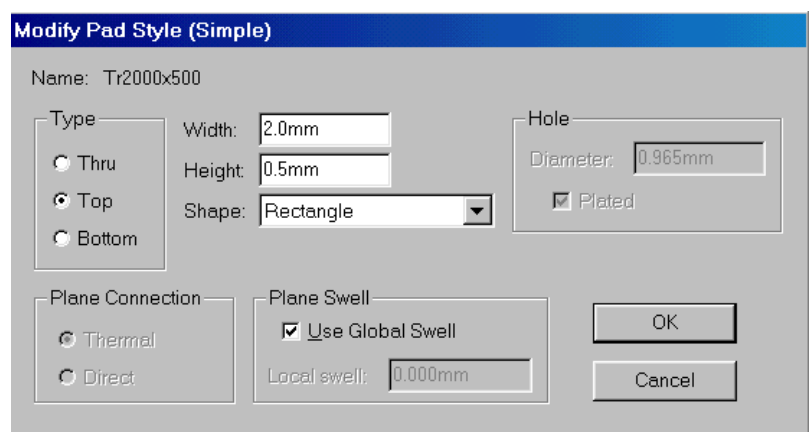


Рис. 7-18. Площадка для планарного вывода.

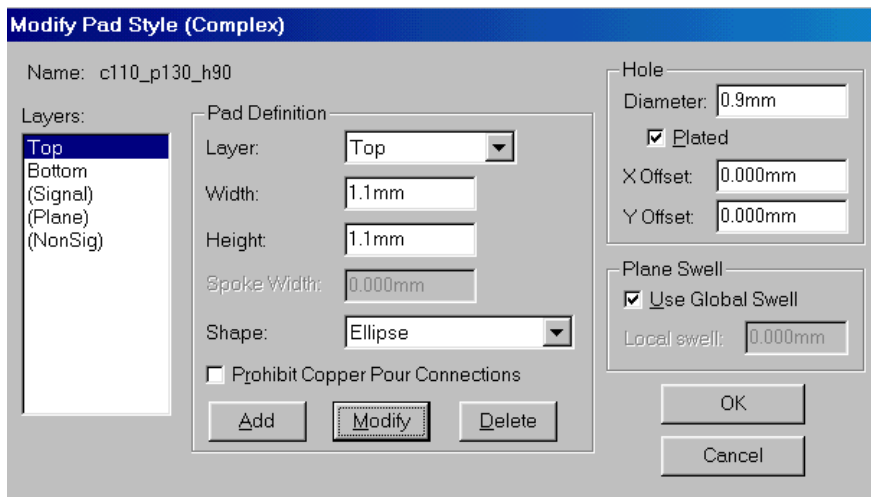


Рис. 7-19. Задание параметров верхней контактной площадки.

2) Нажмите кнопку **Modify (Complex)**.

3) На панели **Modify Pad Style (Complex)** (рис. 7-19) в окне списка слоев *Layers* выберите слой соответствующий верхней стороне печатной платы – *Top*.

4) В списке *Shape* выберите требуемую форму контактной площадки. В данном случае это эллипс (*Ellipse*).

5) Установите значение ширины (*Width*) и высоты (*Height*) в рамке *Pad Definition* равными 1,1 мм, как показано на рис. 7-19.

6) В рамке *Hole* (отверстие) задайте диаметр монтажного отверстия равным 0,9 мм.

7) Установите флажок *Plated* (металлизированное отверстие).

8) Задание значений *XOffset* и *YOffset* позволяет сместить монтажное отверстие относительно центра контактной площадки, как показано на врезке.



9) Установка флажка *Prohibit Copper Pour Connections* позволяет запретить подключение контактной площадки к областям металлизации на сигнальных слоях.

10) Нажмите кнопку **Modify**, чтобы записать введенные параметры.

• **Задайте параметры нижней контактной площадки сложного стека c110\_p130\_h90**

1) На панели **Modify Pad Style (Complex)** (рис. 7-19) в окне списка слоев *Layers* выберите слой соответствующий нижней стороне печатной платы – *Bottom*.

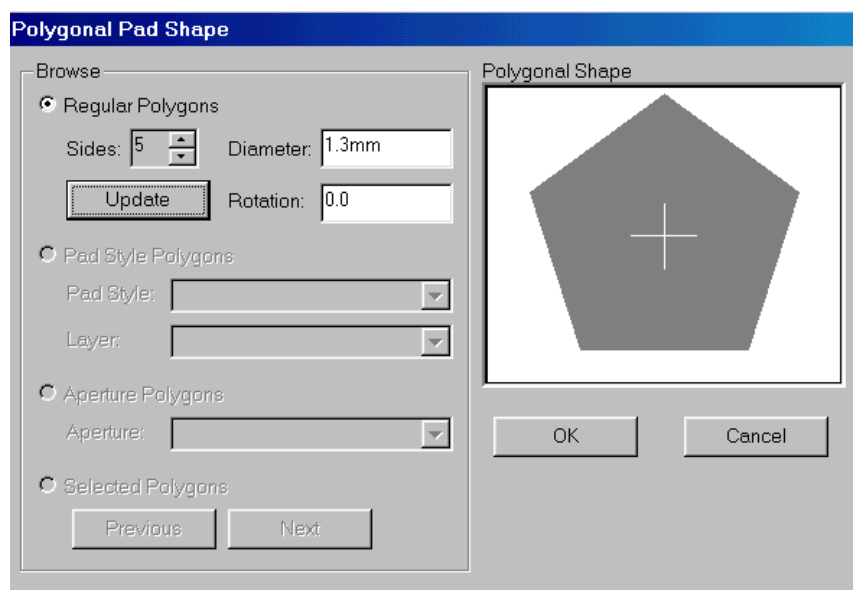


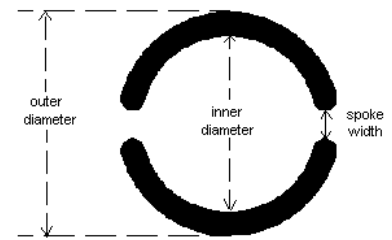
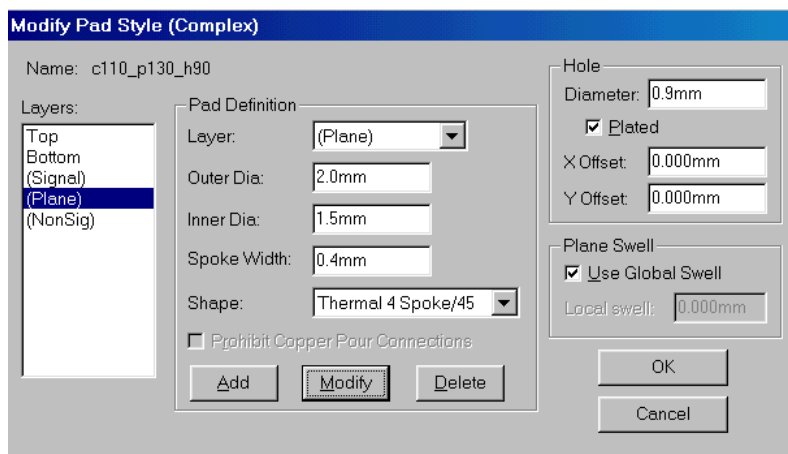
Рис. 7-20. Задание параметров полигона.

- 2) В списке *Shape* выберите форму контактной площадки – Polygon (многоугольник).
- 3) Нажмите кнопку **Modify**. Появится панель **Polygonal Pad Shapes** (рис.7-20).
- 4) Поскольку никаких полигонов в проекте еще не определено, доступна только одна функция - *Regular Polygons* (правильный многоугольник). Задайте число сторон (Sides), диаметр описанной окружности (Diameter) и угол поворота (Rotation), как показано на рис. 7-20.



Число сторон правильного многоугольника может меняться от 3 до 10.

- 5) Нажмите кнопку **Update**, для преобразования фигуры и кнопку ОК для окончания диалога.



б)

а)

Рис. 7-21. Подключение к слоям металлизации.

**• Задайте параметры подключения стека к внутренним слоям металлизации**

- 1) В окне списка слоев *Layers* выберите *(Plane)*
- 2) Установите параметры контактной площадки как показано на рис. 7-21,а. Смысл вводимых параметров раскрывается на рис. 7-21,б.
- 3) Нажмите кнопку **Modify**, чтобы записать введенные параметры.  
В список слоев на панели **Modify Pad Style (Complex)** кроме слоев по умолчанию можно добавить любой существующий в проекте слой, определив для него параметры контактной площадки.

**• Дополните список слоев**

- 1) На панели **Modify Pad Style (Complex)** (рис. 7-19) раскройте список существующих слоев в окне со списком *Layer* (Слой).
- 2) Выберите из раскрывшегося списка любой слой, например, *Top Silk*.
- 3) В качестве формы контактной площадки выберите *Target* (см. табл. 7-6).
- 4) Ширину и высоту контактной площадки установите равной 2 мм.
- 5) Нажмите кнопку **Add**. Новый слой появится в списке *Layers*, как показано на рис. 7-22.

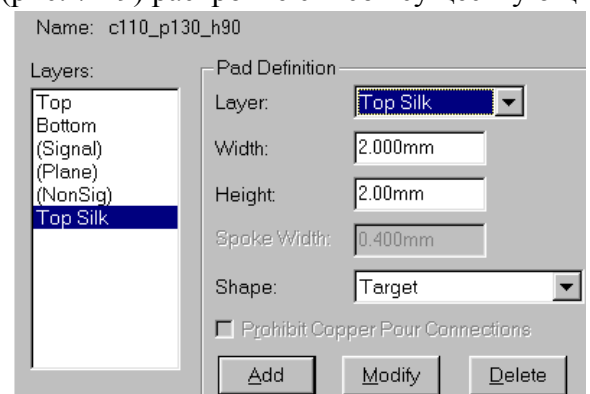


Рис. 7-22. Добавление нового слоя.

Любой **вновь добавленный слой** легко может быть удален из списка. Для этого его нужно указать курсором и нажать кнопку **De-**

Delete.



Слои по умолчанию удалить нельзя!!

• Завершите редактирование стеков контактных площадок

- 1) Удалите слой Top Silk из списка слоев.
- 2) На панели **Modify Pad Style (Complex)** нажмите кнопку ОК для завершения операции создания сложного стека контактных площадок.
- 3) На панели **Options Pad Style** нажмите кнопку ОК для завершения работы со стеками контактных площадок.
- 4) Сохраните проект в папку «Шаблоны» с именем **Настройки РСВ**.

**7.11.4 Удаление и переименование созданных стилей КП**

Любой вновь созданный стиль контактной площадки может быть удален из списка стилей КП. Для этого на панели **Options Pad Style** необходимо отметить удаляемый стиль в списке и нажать кнопку **Delete**.



Текущий стиль, отмеченный в списке звездочкой удалить нельзя!!

При удалении стиля система выдает предупреждение, что данное действие не может быть отменено и просит его подтверждения (рис. 7-23).

Нажав на кнопку **Purging Unused Pad Styles** (Очистка неиспользованных стилей) на панели **Options Pad Style**, можно сразу удалить из списка все неиспользованные в проекте стили контактных площадок. Для выполнения этой операции система также просит подтверждения, аналогичного показанному на рис. 7-23.

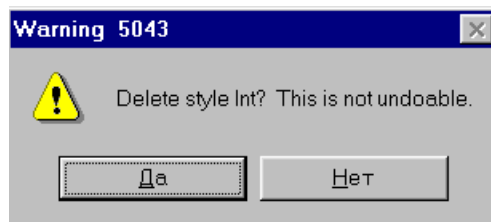


Рис. 7-23.

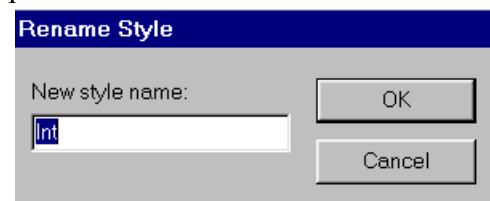


Рис. 7-24.

Для изменения имени какого-либо стиля необходимо указать его в списке на панели **Options Pad Style** и нажать на кнопку **Rename**. На появившейся панели **Rename Style** (Переименование стиля) в окне *New style name* (см. рис. 7-24) необходимо набрать новое имя стиля.

**7.11.5 Создание стилей переходных отверстий**

Стили переходных отверстий задаются по команде **Options/Via Style** (Параметры/Стиль переходного отверстия). С формальной точки зрения никаких отличий от задания стилей контактных площадок здесь нет. Размеры контактных площадок у переходных отверстий меньше и их форма может быть не столь разнообразна.

• Самостоятельно создайте несколько стилей (простых и сложных) для переходных отверстий.

**Указание.** Добавляйте префикс «v» к имени стеков переходных отверстий, чтобы отличать их от стеков контактных площадок, например, **v\_c090\_h050**

**7.11.6 Создание несквозных отверстий**

Интересной особенностью системы P-CAD является возможность создания несквозных отверстий в стеках контактных площадок и переходных отверстий. Для задания области

распространения отверстия служит кнопка **Modify Hole Range** (Изменение диапазона отверстия) на панели **Options Pad Style** (см. рис. 7-15). На появляющейся при этом панели **Options Modify Hole Range** (рис. 7-25) в окне *Hole Range Layers*, где отображаются сигнальные слои и слои металлизации можно указать область распространения отверстия. Для примера на рис. 7-25 показано отверстие, соединяющее два внутренних сигнальных слоя. Для указания соединяемых слоев в окне *Hole Range Layers* протащите по их именам курсор при нажатой левой кнопке мыши.

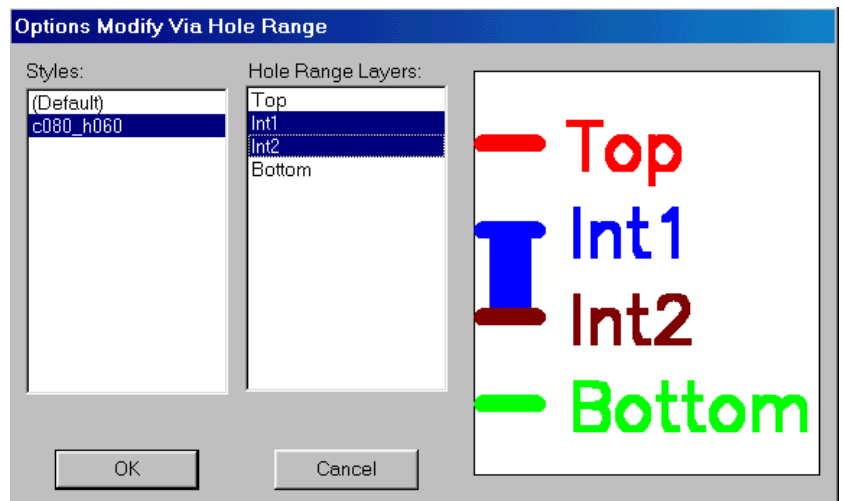


Рис. 7-25. Задание области определения отверстия.

### 7.12 Задание технологических норм и правил проектирования

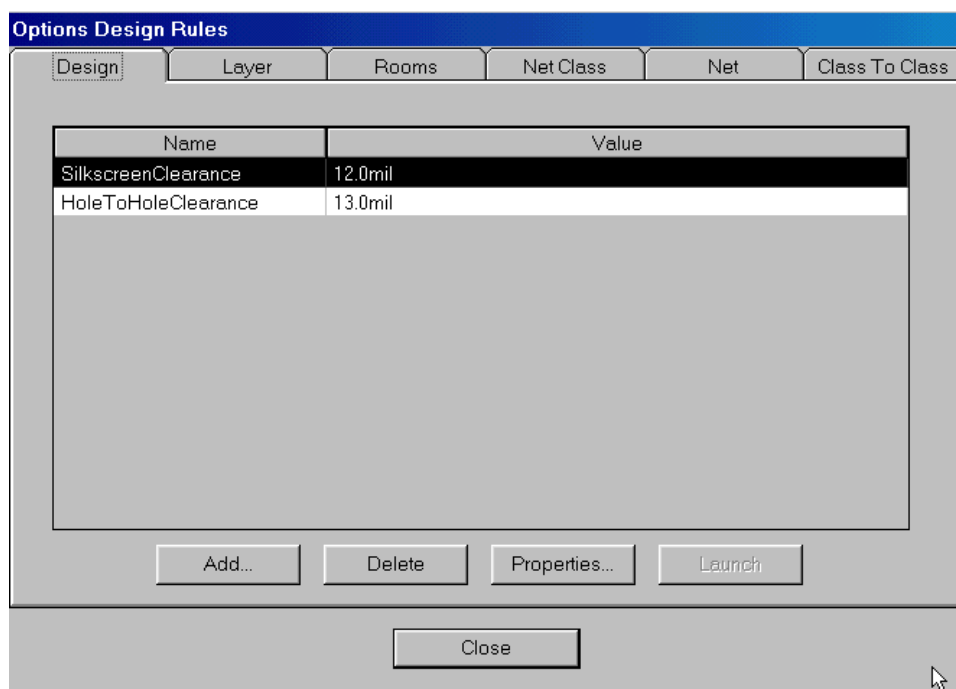


Рис. 7-26. Задание общих правил проектирования.

Основные технологические параметры проекта удобно определять с использованием команды **Options/Design Rules**. Эта команда аналогична рассмотренной ранее в разделе 6, но в отличие от схемного редактора ее окно имеет две дополнительные закладки - **Layers** для задания технологических параметров на сигнальных слоях и слоях металлизации и **Rooms** для задания технологических параметров для отдельных участков печатной платы, так называемых, комнат (см. рис. 7-26).

- **Просмотрите содержимое закладок команды Options/Design Rules.**



## 7.13 Сохранение технологических настроек

Информация о технологических нормах проектирования в системе P-CAD может храниться в отдельном файле технологических параметров проекта (Design Technology Parameters), имеющем расширение **.dtp**. Это достаточно удобно, поскольку данные этого файла мо-

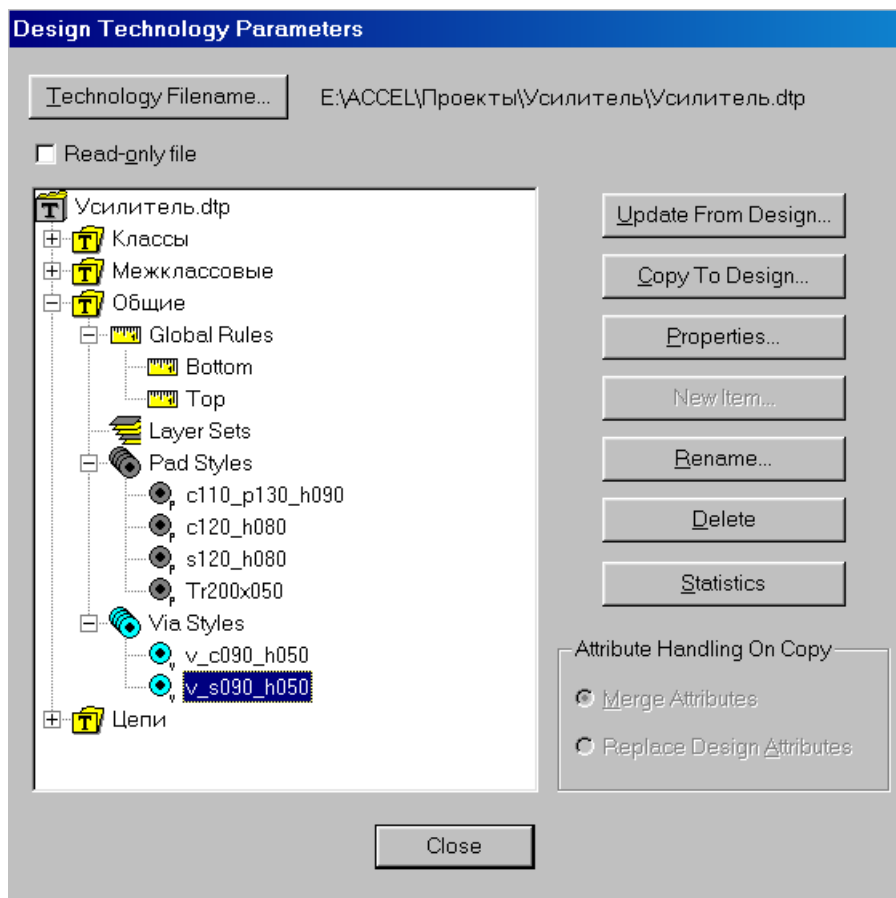


Рис. 7-27. Сохранение технологических параметров

гут пополняться, редактироваться и использоваться схемотехником при работе над схемой в редакторе **Schematic**, конструктором, при работе в редакторе **PCB** или администратором библиотек при работе в редакторе корпусов. Таким образом, на разных стадиях проектирования используются единые правила и нормы.

- **Сохраните введенные стили контактных площадок и переходных отверстий в файле технологических параметров проекта**

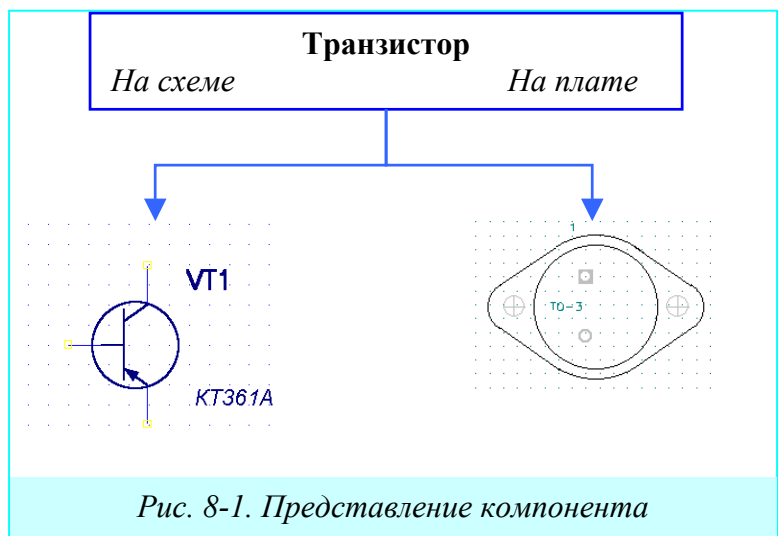
- 1) В меню **File** активизируйте команду **Design Technology Parameters...**
- 2) На появившейся панели **Design Technology Parameters** нажмите кнопку **Technology Filename** и найдите в папках проектов файл «Усилитель.dtp», который был создан при выполнении подраздела [6.13](#).
- 3) Снимите флажок *Read-only File*, чтобы разрешить запись данных в файл.
- 4) Откройте группу *Общие* (см. рис 7-27) и выделите в ней пункт **Pad Styles** (Стили КП).
- 5) Нажмите кнопку **Update From Design** (Обновить из проекта), чтобы записать данные о созданных в текущем проекте стеках монтажных площадок (см. рис. 7-27).
- 6) Выделите пункт **Via Styles** и нажмите кнопку **Update From Design**, чтобы записать в файл технологических параметров текущие стили переходных отверстий.
- 7) Закройте панель **Design Technology Parameters**, нажав на кнопку **Close**.
- 8) Сохраните проект с прежним именем.

## 8 СОЗДАНИЕ КОМПОНЕНТОВ

*Создание и ведение библиотек радиоэлементов является очень важным этапом внедрения системы P-CAD. От их качества напрямую зависят не только удобство работы с системой, но и ее эффективность. Работе с библиотеками следует уделять особое внимание. Не случайно в системе P-CAD для работы с библиотеками создан набор специальных инструментов, обладающих специфическими свойствами*

### 8.1 Общие сведения

В системе P-CAD библиотеки компонентов являются интегрированными, т.е. в одной библиотеке содержится условное графическое изображение (УГО), которое помещается на схему (символ), графика корпуса, которая помещается на печатную плату и текстовое описание упаковки символа (или набора символов) в корпус (рис. 8-1). Следует отметить, что не все библиотечные компоненты имеют все три составляющие, например, символ «земли» не имеет корпуса, поскольку используется только в электрической схеме. Создание компонента удобно разделить на три стадии, для которых используются разные инструменты:



- ◆ создание УГО (символа) для электрической схемы;
- ◆ создание графики посадочного места и корпуса;
- ◆ упаковка компонента в корпус и размещение его в библиотеке.

Для создания символа и корпуса можно использовать редактор схем и редактор печатных плат, как показано в разделах 6 и 7, однако более удобно использовать специализированные редактор символов (**Symbol Editor**) и редактор корпусов (**Pattern Editor**).

Для создания собственно компонента и ведения библиотек, в зависимости от комплекта поставки могут использоваться две программы – администратор библиотек (**Library Manager**) или диспетчер библиотек (**Library Executive**). Последняя программа обладает большими возможностями, поэтому работа с ней и будет рассматриваться в дальнейшем. Не будет преувеличением сказать, что совокупность **Symbol Editor**, **Pattern Editor** и **Library Executive** действительно образует самодостаточную Библиотечную Операционную Систему (БОС).

### 8.2 Запуск Библиотечной Операционной Системы

- Запустите Библиотечную Операционную Систему (БОС)

1) Нажмите кнопку **Пуск** на панели задач Windows. В появившемся меню задач Windows последовательно указывайте курсором пункты **Программы** ⇒ **P-CAD2001** ⇒ **Library Executive**. Щелкните левой кнопкой мыши по названию диспетчера библиотек.

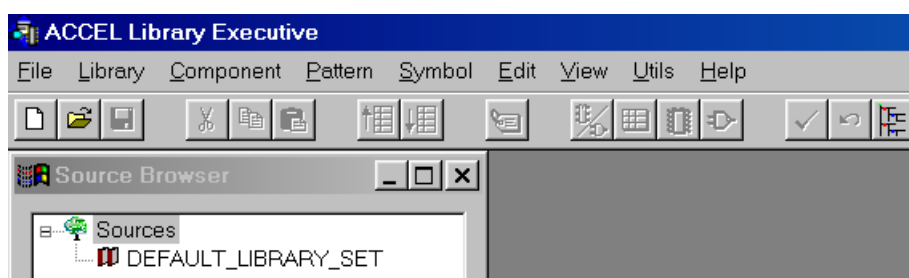


Рис. 8-2. Рабочий экран *Library Executive*


2) Появится заставка пакета, а затем рабочий экран **Library Executive** (см. рис. 8-2).



Программу **Library Executive** можно также запустить из схемного редактора или редактора печатных плат из меню *Utils*.

В программе **Library Executive** в отличие от **Library Manager** появилась возможность объединения библиотек системы в группы, что существенно облегчает работу с ними. Для этого используется специальное окно **Source Browser** (просмотр источников). Это окно появляется автоматически при запуске БОС или по команде **View/Source Browser**. После установки системы в списке *Sources* присутствует всего одна группа – **DEFAULT\_LIBRARY\_SET** – группа по умолчанию. Ее невозможно удалить или переименовать. Первоначально она не содержит библиотек и единственная операция, которая для нее возможна – это добавление библиотек.

#### • Добавьте в группу по умолчанию библиотеку диодов

1) Активизируйте в меню команду **View/Source Browser** (аналог – кнопка ) , если окна **Source Browser** нет на экране.

2) Щелкните правой кнопкой мыши по имени группы - **DEFAULT\_LIBRARY\_SET**.

3) В появившемся меню выберите команду **Add Library** (добавить библиотеку)

4) С помощью стандартного диалога Windows перейдите в библиотечный каталог системы P-CAD (...P-CAD2001\Lib), выберите там библиотеку **Diode.lib** и нажмите кнопку **Открыть** (Open).

5) Аналогичным образом добавьте в группу библиотеку дискретных элементов (**Discrete.lib**) и библиотеку соединителей (**Connect.lib**), как показано на рис. 8-3.

6) Сверните список библиотек входящих в группу, щелкнув левой кнопкой по квадратику со знаком «-», находящемуся слева от имени группы.

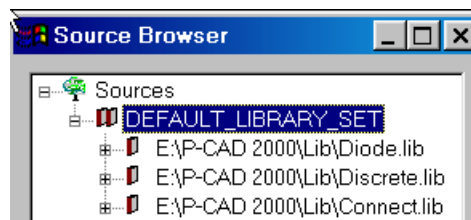


Рис. 8-3. Добавление библиотек в группу

Список групп может быть неограниченно большим.

#### • Создайте новую группу библиотек

1) Щелкните правой кнопкой мыши по слову **Source** в окне **Source Browser**.

2) В появившемся меню выберите команду **New Library Set** (новый библиотечный набор), как показано на рис. 8-4.

3) Присвойте имя новой группе, например, **Мой набор библиотек**

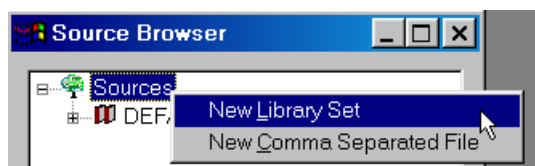


Рис. 8-4. Добавление новой группы





4) Добавьте в новую группу свою библиотеку, созданную при выполнении предыдущих разделов – Моя библиотека.lib

Каждая библиотека в группе включает в себя три раздела - *Components*, *Patterns*, *Symbols*. Средства системы позволяют легко просмотреть содержимое этих разделов.

• **Просмотрите состав библиотеки - Моя библиотека.lib**

1) Щелкните левой кнопкой мыши по знаку «+», расположенному слева от имени библиотеки. Откроется список разделов.

2) Последовательно щелкая левой кнопкой мыши по знаку «+», расположенному слева от имени каждого раздела, раскройте их (см. рис. 8-5).

Обратите внимание, что перед каждым элементом библиотеки стоит отличительный знак, позволяющий понять его принадлежность. Для символов (*Symbols*) это знак , для корпусов (*Patterns*)- . Для компонентов используется два знака: знак , если компонент не упакован в корпус и знак  для компонентов, имеющих корпуса.

3) Щелкните правой кнопкой мыши по имени какого-либо компонента. В открывшемся меню выберите команду **Place** (поместить). По этой команде можно разместить выбранный компонент либо в схему, либо на печатную плату (см. рис. 8-5). По команде **Open** открывается окно с информацией о компоненте. Для корпусов и символов доступны только команды просмотра графики **View** (рис. 8-5).

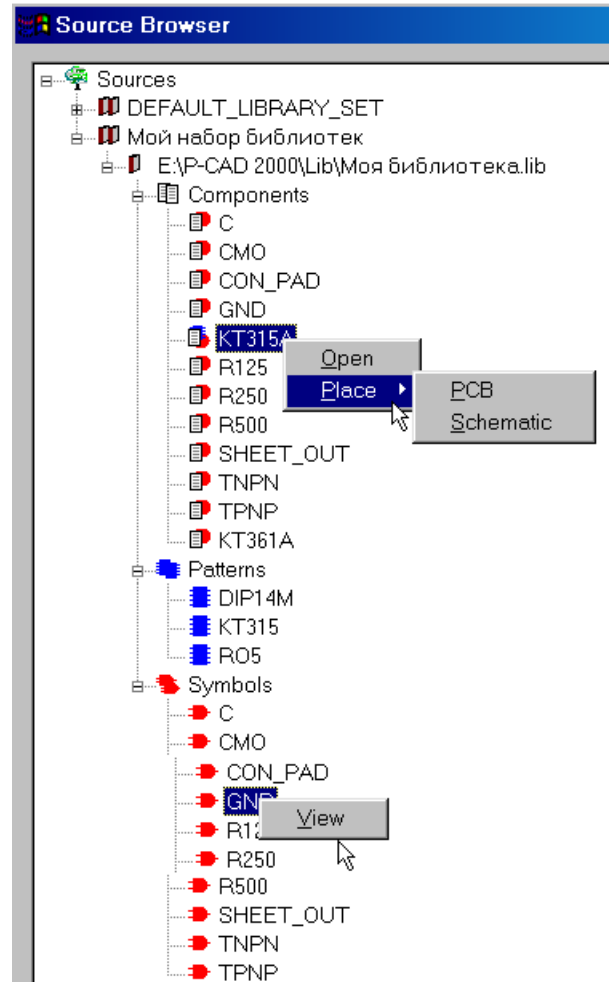


Рис. 8-5. Просмотр состава библиотеки

Остальные команды меню **File**, а также команды, появляющиеся при нажатии правой кнопки мыши в окне **Source Browser**, представлены в таблице 8-1. Назначение многих команд интуитивно понятно, для других следует дать пояснения.

Использование команды **View** применительно к библиотеке или группе библиотек позволяет просмотреть свойства всех компонентов. На рис. 8-6 в качестве примера представлен

	ComponentName	Alias	ComponentLibrary	ComponentType	NumberOfPads	NumberOfPins	NumberOfParts	Homogeneous
1	TPNP	TPN	E:\P-CAD 2000\Lib\	Normal	0	3	1	True
2	KT361A	TPN	E:\P-CAD 2000\Lib\	Normal	0	3	1	True
3	TNP	<Not	E:\P-CAD 2000\Lib\	Normal	0	3	1	True
4	C	<Not	E:\P-CAD 2000\Lib\	Normal	0	2	1	True
5	GND	<Not	E:\P-CAD 2000\Lib\	Power	0	1	1	True
6	SHEET_OUT	<Not	E:\P-CAD 2000\Lib\	Normal	0	1	1	True
7	R125	<Not	E:\P-CAD 2000\Lib\	Normal	0	2	1	True
8	R500	<Not	E:\P-CAD 2000\Lib\	Normal	0	2	1	True
9	R250	<Not	E:\P-CAD 2000\Lib\	Normal	0	2	1	True

Рис. 8-6. Просмотр свойств компонентов

**Команды для работы с группой библиотек**

Add Library	Добавить библиотеку в выбранную группу
Cross Link	Объединение атрибутов компонентов двух библиотек
Delete	Удаление выбранной группы библиотек
Delete Attributes	Удаление выбранных пользовательских атрибутов из библиотеки P-CAD
Map Fields	Позволяет отобразить имена полей, импортированные из библиотек, созданных в других системах
New Comma-delimited File	Импорт данных из текстовых файлов, созданных в других системах
New Library Set	Добавление новой группы в список
Open	Открытие окна <b>Component Info</b>
Place	Помещение выбранного компонента в схему или на плату
Query	Позволяет задавать критерии отбора для просмотра компонентов в выбранном источнике
Reload	Перезагружает содержание внешнего файла, библиотеки или набора библиотек в Библиотечную Операционную Систему P-CAD
Remove	Удаление выбранной библиотеки из группы
Rename	Переименование группы
Report	Позволяет задать параметры отчета для выбранного источника
Save to Library	Создание или модификация библиотеки P-CAD из выбранного источника
Verify	Позволяет выявить отличия в атрибутах компонентов выбранного источника и библиотеки P-CAD или библиотечного набора
View	Активизирует средства просмотра атрибутов компонентов выбранной библиотеки, группы библиотек или графики указанного корпуса или символа.

фрагмент таблицы свойств компонентов библиотеки – Моя библиотека.lib. Интересно, что с помощью данного инструмента проводить изменения в библиотеках, а не только их просматривать.

- **Просмотрите свойства компонентов библиотеки - Моя библиотека.lib**

- 1) Щелкните правой кнопкой мыши по имени библиотеки.

- 2) В появившемся меню выберите команду **View**.

- 3) С помощью линейки прокрутки просмотрите свойства компонентов библиотеки.

Обратите внимание, что значения в столбце *RefDesPrefix* (префикс позиционного обозначения) имеют шрифт черного цвета, в отличие от других столбцов, имеющих красный цвет. Эти значения можно редактировать.

- **Отредактируйте префиксы позиционных обозначений компонентов, если они не совпадают с принятыми в нашей стране**

- 1) Щелкните по ячейке с редактируемым префиксом левой кнопкой мыши

- 2) Наберите на клавиатуре новое значение.



При редактировании можно использовать буфер обмена (Clipboard) Windows

С помощью данного инструмента можно также удалить некоторые атрибуты компонентов или добавить новые.

• **Добавьте новые атрибуты для компонентов**

1) Щелкните левой кнопкой мыши по названию атрибута *Alias* (дополнительное имя) для выделения столбца.

2) В меню выберите команду **Column/Add...** (столбец/добавить) или просто нажмите клавишу **INSERT** на клавиатуре.

3) На панели **Prompter** (подсказчик) в окне *Enter Field Name* из раскрывающегося списка выберите *ComponentHeight* (высота компонента) и нажмите ОК (см. рис. 8-7).

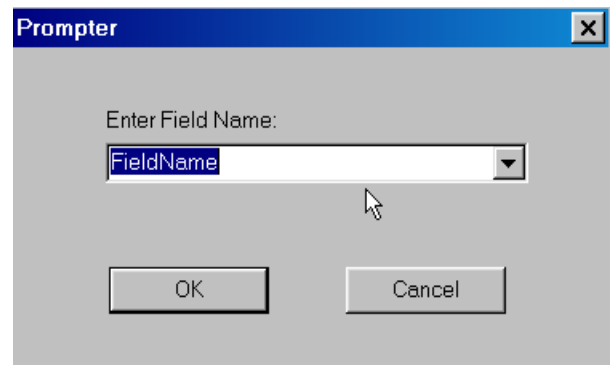


Рис. 8-7. Выбор имени нового столбца



Можно ввести с клавиатуры новое имя, используя кириллицу!

В таблице появится новый столбец, значения в котором нужно задать. Обратите внимание, что новый столбец появился перед выделенным предварительно столбцом *Alias*.

4) Добавьте еще несколько столбцов (один-два) по своему выбору.

Используя команду **Column/Delete**, можно удалить выбранный столбец, а с помощью команды **Column/Rename** переименовать его. Команда **Column/Sort** позволяет провести сортировку компонентов по значениям выделенного столбца. При этом может быть использовано два метода: **Allow Duplicates** (допустить дублирование) и **Resolve Duplicates** (исключить дублирование). В первом случае повторяющиеся значения объединяются в группы, которые располагаются в порядке возрастания значений. Во втором, делается тоже, но к повторяющимся значениям добавляются суффиксы *\_1*, *\_2*, *\_3* и т.д. Этот метод удобно использовать, например, если необходимо получить уникальное имя для каждого компонента в библиотеке P-CAD (сортировка по столбцу *ComponentName*). Понятно, что второй метод можно использовать только для столбца с текстовыми данными.

• **Проведите сортировку с использованием обоих методов**

1) Выделите столбец *NumberOfPins* (количество выводов) и проведите по нему сортировку с использованием метода **Allow Duplicates**. Компоненты расположатся в порядке возрастания количества выводов.

2) Используя команду **Table/Copy**, скопируйте выделенный столбец в буфер обмена.

3) Щелкните по заголовку одного из добавленных столбцов для его выделения.

4) Активизируйте команду **Table/Paste** для переноса значений из буфера обмена в выделенный столбец.

5) Проведите сортировку по этому столбцу с использованием метода **Resolve Duplicates**. К повторяющимся значениям добавятся цифровые суффиксы.

6) Удалите этот столбец, используя команду **Column/Delete**.

Кроме сортировки и изменения состава атрибутов можно также удалить некоторые компоненты из библиотеки, используя команду **Row/Delete** (строка/удалить).

• **Удалите два-три компонента из таблицы**

1) Щелкните по номеру строки с выбранным компонентом для ее выделения.



2) Нажмите клавишу **DELETE**. Строка исчезнет из таблицы.

С помощью команд меню **Row** можно также поместить выбранный компонент в схему (команда **Row/Place/Schematic**) или на плату (команда **Row/Place/PCB**), если запущены редактор схем или плат.

Для сохранения внесенных изменений в текущей или новой библиотеке используется команда **Table/Save To Library**. При активизации данной команды появляется окно **Save Source**, показанное на рис. 8-8.

• **Сохраните таблицу в новой библиотеке**

1) Активизируйте команду **Table/Save To Library**.

2) На панели **Save Source** в рамке *Save Mode* (режим сохранения) установите флажок *Create New* (создать новую).

3) В таблице *Attributes To Be Created* (атрибуты, которые будут созданы) в колонке *Ignore* (игнорировать) установите флажки для тех атрибутов, которые не должны присутствовать в новой библиотеке.

4) Нажав на кнопку **Library**, выберите каталог, в который будет помещена новая библиотека и задайте ее имя, например **Библиотека1**

5) Установка флажка *Create component time stamps if not present* позволяет добавить к существующим атрибутам еще два, если их не было в исходном наборе:

*CreateDate* – дата создания;

*ModifyDate* – дата модификации

и заполнить их значения текущим временем и датой.

6) Нажмите кнопку ОК для завершения диалога.

• **Обновите данные существующей библиотеки**

1) Активизируйте команду **Table/Save To Library**.

2) На панели **Save Source** (рис. 8-9) в рамке *Save Mode* установите флажок *Update* (обновить).

3) Нажав на кнопку **Library**, выберите библиотеку, данные в которой вы хотите обновить.

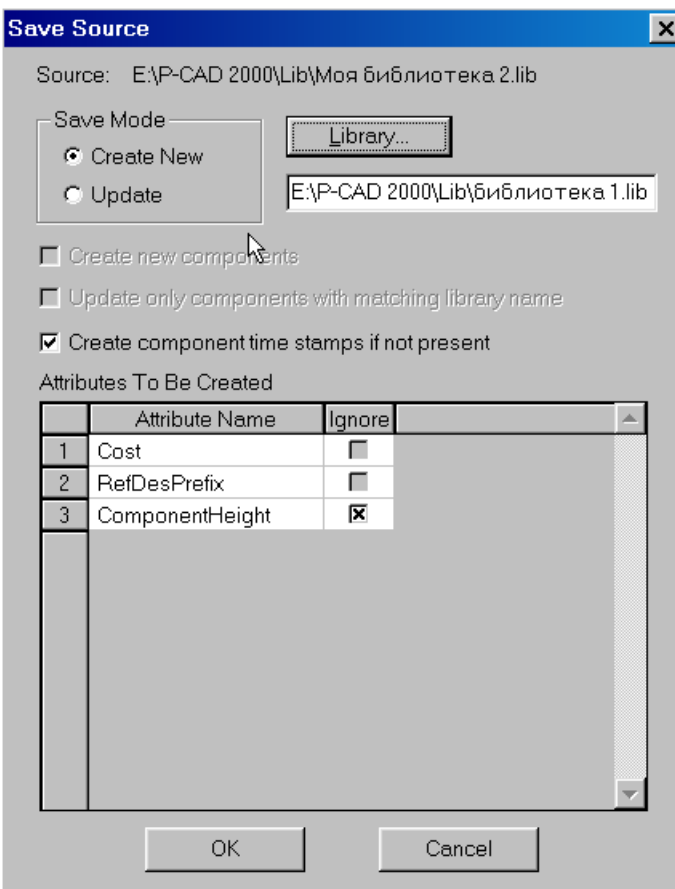


Рис. 8-8. Создание новой библиотеки



Если просматривалась только одна библиотека, в этом поле будет указано ее имя.

4) В секции *Attribute Conflict Resolution* (разрешение конфликтов атрибутов) для каждого дополнительного атрибута установите один из трех флажков:

- ◆ *Ignore* (игнорировать) – если не хотите создавать или модифицировать атрибут в целевой библиотеке;
- ◆ *Source* (источник) – если атрибут существует как в источнике, так и в целевой библиотеке, то при установке этого флажка значение в целевой библиотеке будет заменено значением из источника;
- ◆ *Library* (библиотека) – если атрибут существует как в источнике, так и в целевой библиотеке, то при установке этого флажка значение в целевой библиотеке не будет изменяться значением из источника;
- ◆ Если атрибут отсутствует в целевой библиотеке и флажок *Ignore* сброшен, то он будет добавлен с текущим значением.

5) Установка флажка *Create new components* (создание новых компонентов) позволяет добавить в целевую библиотеку отсутствующие там компоненты.

6) Установка флажка *Update only components with matching library name* позволяет модернизировать или добавлять к целевой библиотеке только те компоненты, значение атрибута *ComponentLibrary* которых совпадает с целевой библиотекой.

7) Нажмите кнопку ОК для завершения диалога.

8) Завершите просмотр компонентов, закрыв таблицу.

9) Подключите новую библиотеку к одной из существующих групп и просмотрите ее содержимое.

10) Завершите просмотр компонентов, закрыв таблицу.

**• Перезагрузите обновленную библиотеку**

1) Щелкните правой кнопкой мыши по имени обновленной библиотеки.

2) В выпадающем меню выберите команду **Reload** (перезагрузка). Автоматически откроется окно **Viewer** с таблицей компонентов.

3) Убедитесь, что здесь появились новые значения атрибутов.

4) Завершите просмотр компонентов, закрыв таблицу.

Интересно, что использование инструмента **Viewer** позволяет объединять несколько библиотек в одну.

**• Создайте объединенную библиотеку**

1) Активизируйте в меню **Library Executive** команду **Library/New** (библиотека/новая).

2) Стандартным для Windows способом откройте папку, в которой будет размещаться новая библиотека.

3) В качестве ее имени укажите, например, **Большая библиотека**

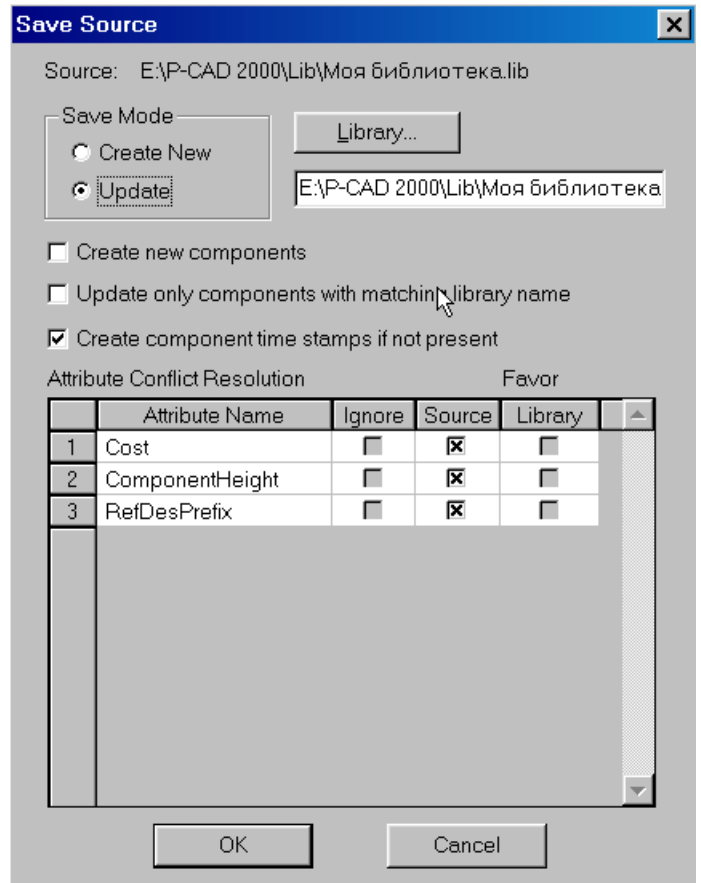


Рис. 8-9. Обновление существующей библиотеки

4) Нажмите кнопку **Сохранить** для завершения диалога создания библиотеки.

5) Щелкните правой кнопкой мыши по имени группы **DEFAULT\_LIBRARY\_SET** и активизируйте команду **View**.

6) В проявившейся таблице удалите те компоненты, присутствие которых в новой библиотеке нежелательно.

7) Выполните обновление Большой библиотеки, установив на панели **Save Source** флажок *Create new components* (см. рис. 8-10).

8) Подключите Большую библиотеку к одной из существующих групп и просмотрите ее содержание с помощью команды **View**.

Команда **Verify** позволяет найти различия в значениях атрибутов между выбранным источником и библиотекой или группой библиотек P-CAD.

- **Найдите различия между источником и Большой библиотекой**

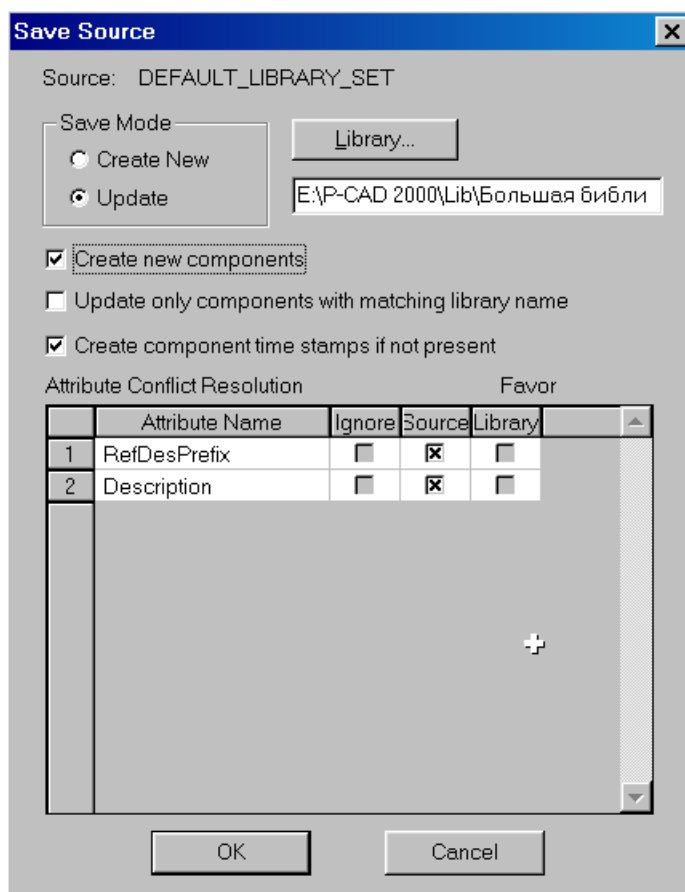


Рис. 8-10. Создание объединенной библиотеки

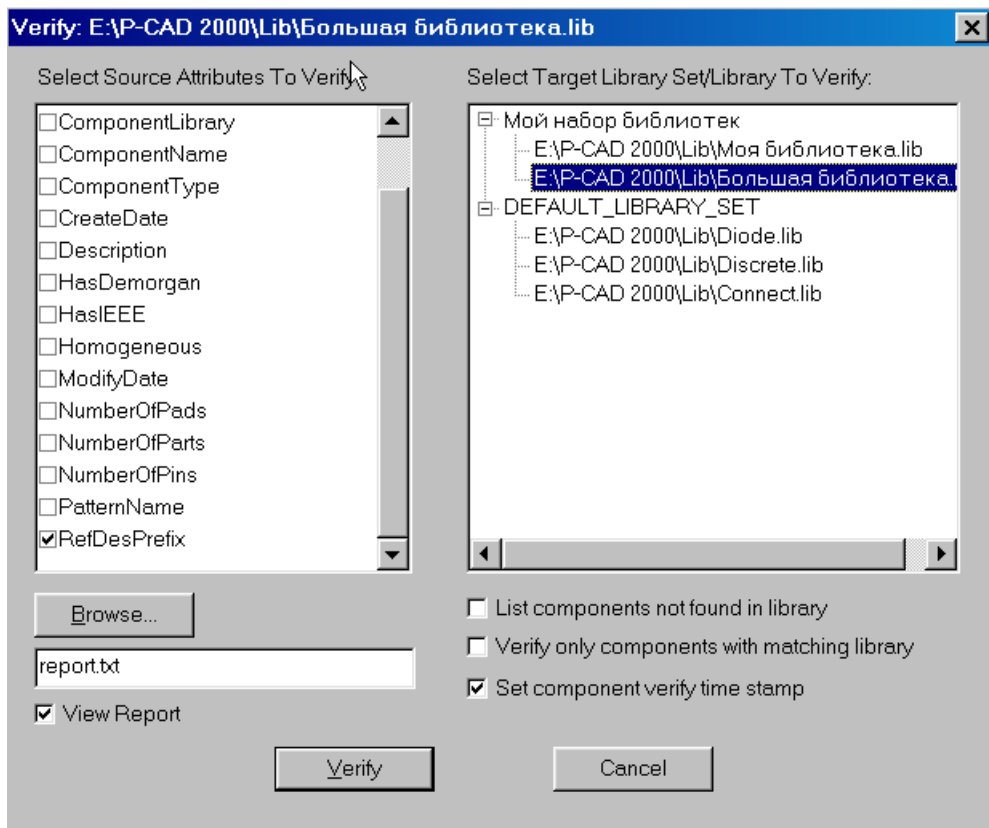


Рис. 8-11. Установка параметров проверки

1) Внесите для нескольких компонентов какие-либо изменения в поле *RefDesPrefix*.

2) Активизируйте команду **Table/Verify**. Появится окно **Verify** (рис. 8-11)

3) В окне со списком *Select Source Attributes to Verify* можно выбрать те атрибуты источника по которым будет проводиться сравнение. Сбросьте флажки у всех атрибутов за исключением атрибута *RefDesPrefix*.

4) В окне *Select Target Library Set/Library to Verify*

выберите библиотеку с которой будет проводиться сравнение. В данном случае это файл «Большая библиотека.lib».

5) Установка флажка *List components not found in library* приводит к созданию списка компонентов отсутствующих в целевой библиотеке.

6) Установка флажка *Verify only components with matching library* позволяет осуществлять проверку только для компонентов с одинаковыми атрибутами *ComponentName* и *ComponentLibrary*.

7) Установка флажка *Set component verify timestamp* позволяет автоматически заполнить значение поля *VerifyDate* для компонентов библиотеки текущей датой и временем. Если это поле в библиотеке отсутствует, оно будет автоматически добавлено.

8) Кнопка **Browse** позволяет задать имя и местонахождение файла отчета. Имя файла можно также задать в окне редактирования.

9) Установка флажка *View Report* приводит к выводу отчета на экран.

10) Установив все значения, как показано на рис. 8-11, нажмите кнопку **Verify** для запуска процесса проверки. В качестве примера на рис. 8-12 приведен фрагмент файла отчета.

Component	Property	Source	Target
MZ605	RefDesPrefix	VD	D
MBRD620CT	RefDesPrefix	VD	D

Рис. 8-12. Фрагмент отчета о результатах проверки

### 8.3 Создание символа компонента

Как уже говорилось ранее, компонент в библиотеке P-CAD это практически всегда единство трех составляющих – электрического символа, корпуса и упаковочной информации. Важно отметить, что на этапе создания компонента пользователю предлагается выбрать символ или корпус из числа уже существующих. Представляется целесообразным вначале научиться создавать графические образы символов и корпусов, а потом создавать с их помощью компоненты.

#### 8.3.1 Запуск Редактора символов

Для создания и редактирования символов в P-CAD создан специальный редактор символов **Symbol Editor**, который вызывается из меню программы **Library Executive** командами **Symbol/New** для создания нового символа или **symbol/Open** для редактирования существующего.

##### • Запустите Редактор символов

1) В меню программы **Library Executive** активизируйте команду **Symbol/New** (символ/новый). Появится окно редактора символов. При создании нового символа программа автоматически запускает Мастера создания символов(Wizard), поэтому окно редактора выглядит примерно так, как показано на рис. 8-13.

2) Нажмите на кнопку **Exit**, чтобы закрыть Мастера создания символов.

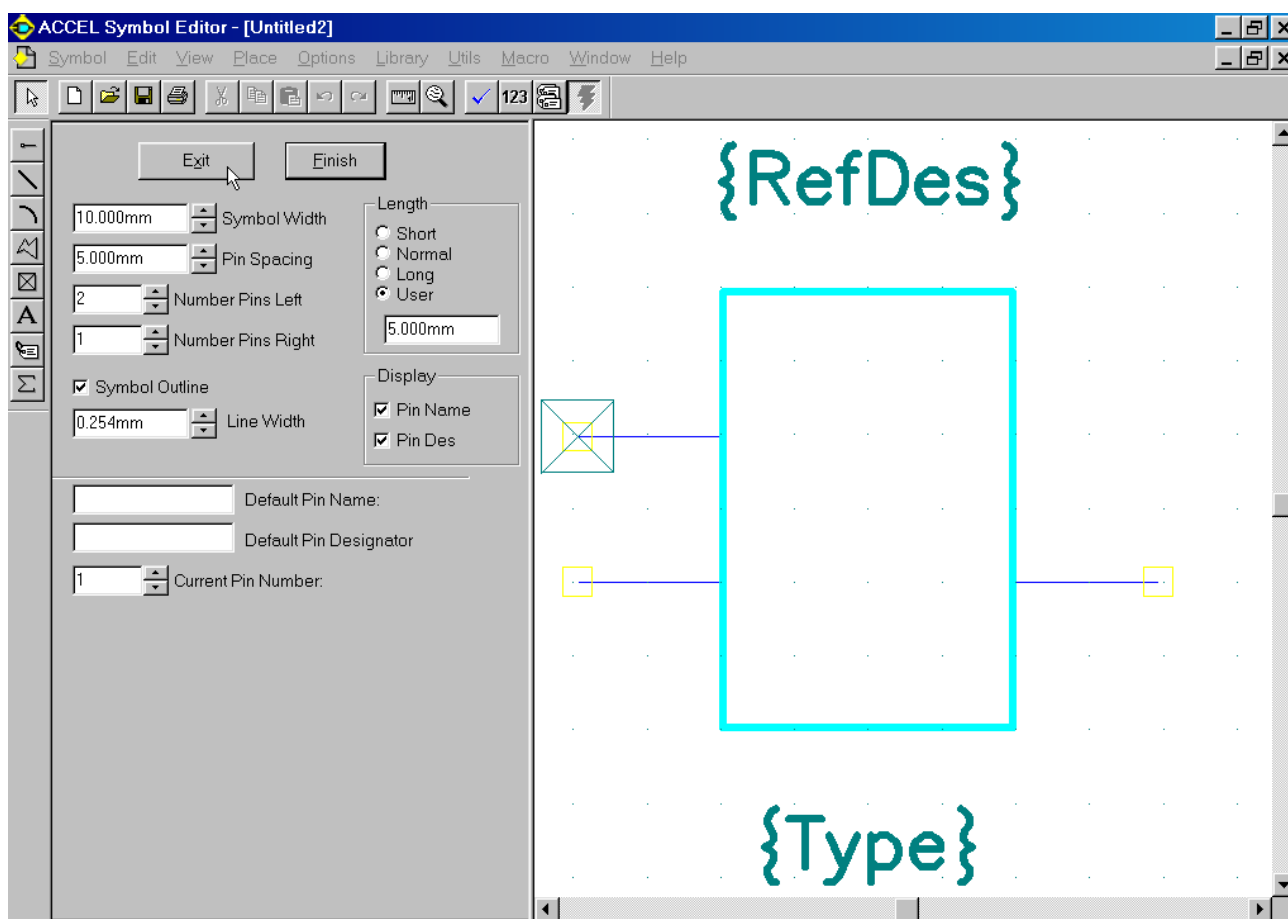


Рис. 8-13. Редактор символов после запуска

### 8.3.2 Настройка Редактора символов

По сути, Редактор символов является упрощенным схемным редактором, поэтому работа с ним не должна вызывать затруднения. Как и схемный редактор, редактор символов перед началом работы должен быть настроен. Его настройка аналогична настройке схемного редактора, поэтому кратко перечислим основные моменты, которые нужно выполнить обязательно.

#### • Настройте Редактор символов

1) Используя команду **Options/Configure**, установите метрическую систему единиц. Поскольку большинство создаваемых символов имеют небольшие размеры формат рабочей зоны выберите А4.

2) Параметры сетки установите командой **Options/Grids** так, как показано на рис. 8-14.

3) С помощью команды **Options/Display** при необходимости измените цвета отдельных элементов изображения.

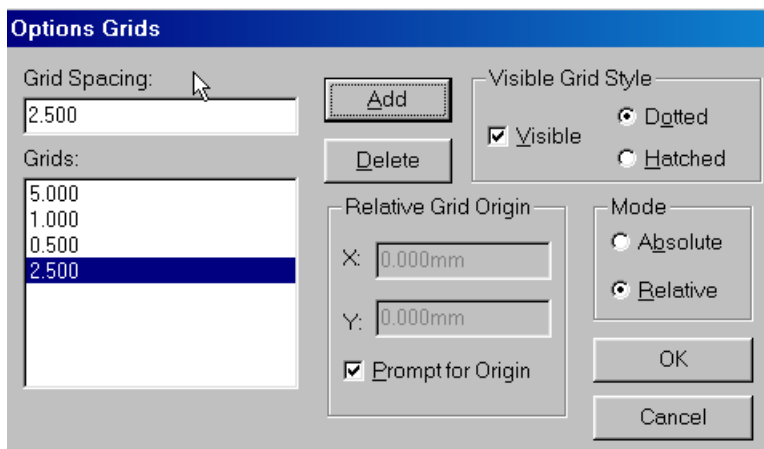


Рис. 8-14. Установка параметров сетки

4) Для нанесения надписей кириллицей измените, имеющиеся стили текста или создайте свои, используя команду **Options/Text Style**. По-видимому, достаточно изменить стиль **PartStyle**, который используется для указания типа.

5) При необходимости пополните список толщин линий с помощью команды **Options/Current Line**.

6) Сохраните введенные настройки в файле с именем, например, **Шаблон символа**, используя команду **Symbol/Save To File As** в папку с шаблонами.

### 8.3.3 Создание символа с помощью мастера

Методика создания символа в ручном режиме ничем не отличается от изложенной в разделе 4, поэтому здесь подробно не излагается. Рассмотрим использование Мастера создания символов. С его помощью работа по созданию символа сводится к вводу некоторых данных. Создадим с его помощью символ логического элемента 2И-НЕ.

#### • Создайте символ с помощью мастера

1) Запустите мастера командой **Symbol/ Symbol Wizard**. Появится окно, похожее на изображенное на рис. 8-13.

2) В графе *Symbol Width* установите ширину символа равной **10mm**.

3) В графе *Pin Spacing* установите расстояние между выводами равным **5mm**

4) В графе *Number Pins Left* задайте количество выводов слева – **2**.

5) В графе *Number Pins Right* задайте количество выводов справа – **1**.

6) В рамке *Length* установите флажок *User* и задайте длину ввода равной **5mm**.

7) В графе *Default Pin Name* задайте имя вывода по умолчанию, например, **A**.

8) В графе *Default Pin Designator* задайте обозначение вывода по умолчанию. Сделайте его равным текущему номеру вывода (графа *Current Pin Number*). Обязательно, нажмите **ENTER**

9) Для вывода номер 2 задайте имя по умолчанию **B** и обозначение по умолчанию **2**. Нажмите **ENTER**

10) Для вывода номер 3 задайте имя по умолчанию **Y** и обозначение по умолчанию **3**.

В результате должен получиться элемент похожий на изображенный на рис. 8-15.

11) В рамке *Display* сбросьте флажок *Pin Name*, чтобы запретить отображение имен выводов и нажмите на кнопку **Finish** для завершения работы с Мастером.

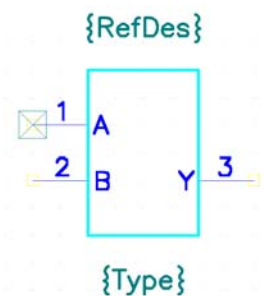


Рис. 8-15. Результат работы Мастера

Теперь нужно немного отредактировать, полученное изображение.

#### • Отредактируйте полученный символ

1) Установите шаг сетки 2,5 мм.

2) Разместите выходной вывод посередине прямоугольника и, войдя в его свойства, в рамке *OutSide Edge* установите флажок *Dot*.

3) В левом верхнем углу символа поместите текстовый символ имперсанда **&**.

4) Войдите в свойства атрибутов **{RefDes}** и **{Type}** и в качестве стиля текста установите **PartStyle**. Окончательный вариант, созданного символа представлен на рис. 8-16.

5) Активизируйте команду **Symbol/Save As** для сохранения созданного символа в одну из библиотек. Выбрать библиоте-

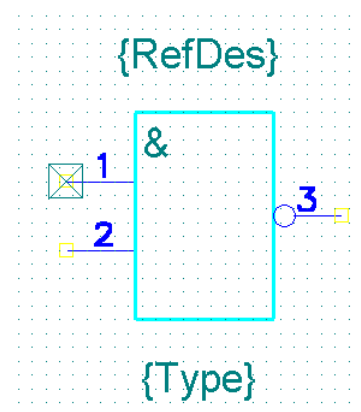


Рис. 8-16. Логический элемент 2И-НЕ



ку для сохранения можно с помощью кнопки **Library** на панели **Symbol Save To Library** (см. рис. 8-17). Имя символа задается в окне *Symbol*. Флажки *Create Component* (создать компонент) и *Match Default Pin Designator to Pin Numbers* (согласование обозначения вывода по умолчанию с его номером) в данном случае можно не устанавливать.

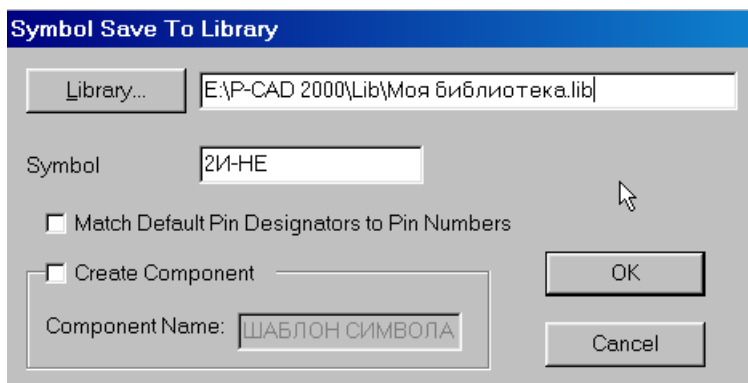


Рис. 8-17. Сохранение символа в библиотеке

6) Для дальнейшей работы можно сохранить символ в отдельный файл с текущим именем в текущий каталог, используя команду **File/Save To File**. При использовании команды **File/Save To File As** можно задать имя файла и выбрать каталог для его хранения.

7) При сохранении символа в библиотеку система автоматически проверяет все поля на правильность введенных данных и в случае ошибки выдает соответствующие сообщения. Выполнить проверку во время работы над символом можно с помощью команды **Utils/Validate** (утилиты/проверка достоверности).

## 8.4 Создание корпуса компонента

Для создания корпуса (посадочного места) компонента удобно использовать специальный Редактор корпусов (Pattern Editor), который обладает дополнительными инструментами, облегчающими работу.

### 8.4.1 Запуск и настройка Редактора корпусов

#### • Запустите Редактор корпусов

1) В меню программы **Library Executive** активизируйте команду **Pattern/Open**. Появится окно Редактора корпусов и стандартный диалог Windows по открытию файлов.

2) Нажмите на кнопку **Отмена**, чтобы отказаться от выбора файла.

По сути, Редактор корпусов является упрощенным редактором печатных плат, поэтому его настройка не должна вызвать затруднения (см. рис. 8-18).

#### • Используя пп. 7.2-7.5, проведите настройку Редактора корпусов

Как указывалось ранее, стили переходных и монтажных отверстий могут быть считаны из файла технологических параметров.

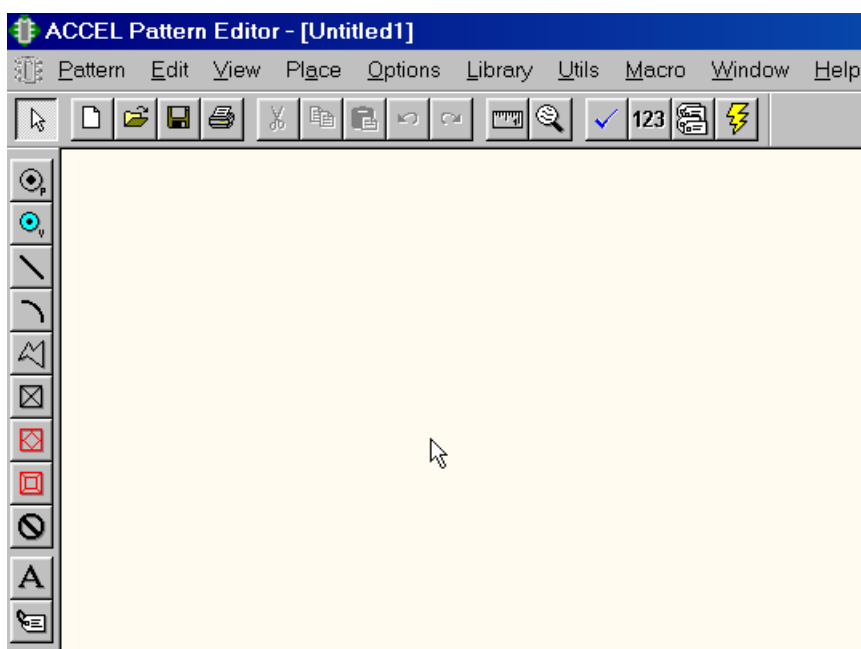


Рис. 8-18. Рабочее окно редактора корпусов

• **Считайте стили переходных и монтажных отверстий из файла технологических параметров**

1) Активизируйте в меню команду **Pattern/Design Technology Parameters...**

2) На панели **Design Technology Parameters** (см. рис. 8-19) нажмите кнопку **Technology Filename**, найдите и откройте ранее созданный файл технологических параметров файл «Усилитель.dtp» (см. подраздел 7.8).

3) В группе *Attribute Handling on Copy* (обработка атрибутов при копировании) установите флажок Merge Attributes (слияние атрибутов). Выбор флажка Replace Design Attributes в этой группе приводит к замене атрибутов проекта.

4) Выберите в списке параметров группу «Общие» и нажмите кнопку **Copy To Design** для передачи параметров группы в текущий проект.

5) При этом может появиться окно с предупреждением о перезаписи параметров (см. рис. 8-20). Нажмите здесь кнопку **Yes to All** для принятия всех изменений.

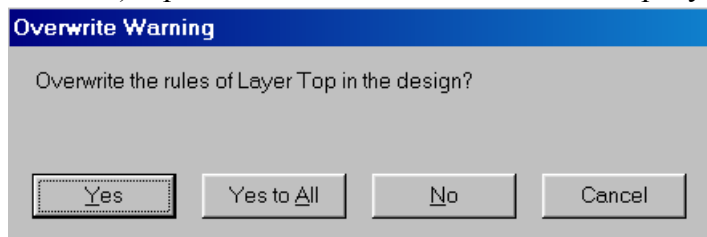


Рис. 8-20. Предупреждение о перезаписи параметров

6) После окончания копирования появляется информационное окно с результатами копирования (рис. 8-21). Нажмите кнопку ОК для его закрытия.

7) Нажмите кнопку **Close** для закрытия панели **Design Technology Parameters**.

**8.4.2 Создание корпуса типа DIP с помощью мастера**

Процесс создания корпуса (посадочного места) в Редакторе корпусов существенно облегчает наличие Мастера (Wizard).

• **Создайте корпус DIP14 со штыревыми выводами с помощью мастера**

1) В меню активизируйте команду **Pattern/Pattern Wizard**.

2) В окне Мастера (см. рис. 8-22) из раскрывающегося списка *Pattern Type* выберите тип корпуса DIP.

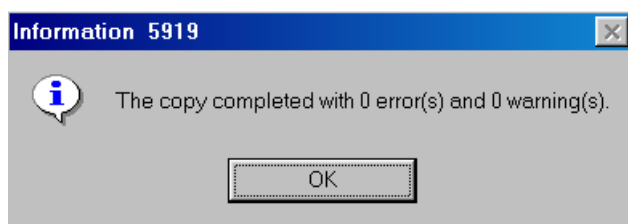


Рис. 8-21. Окно с результатами копирования

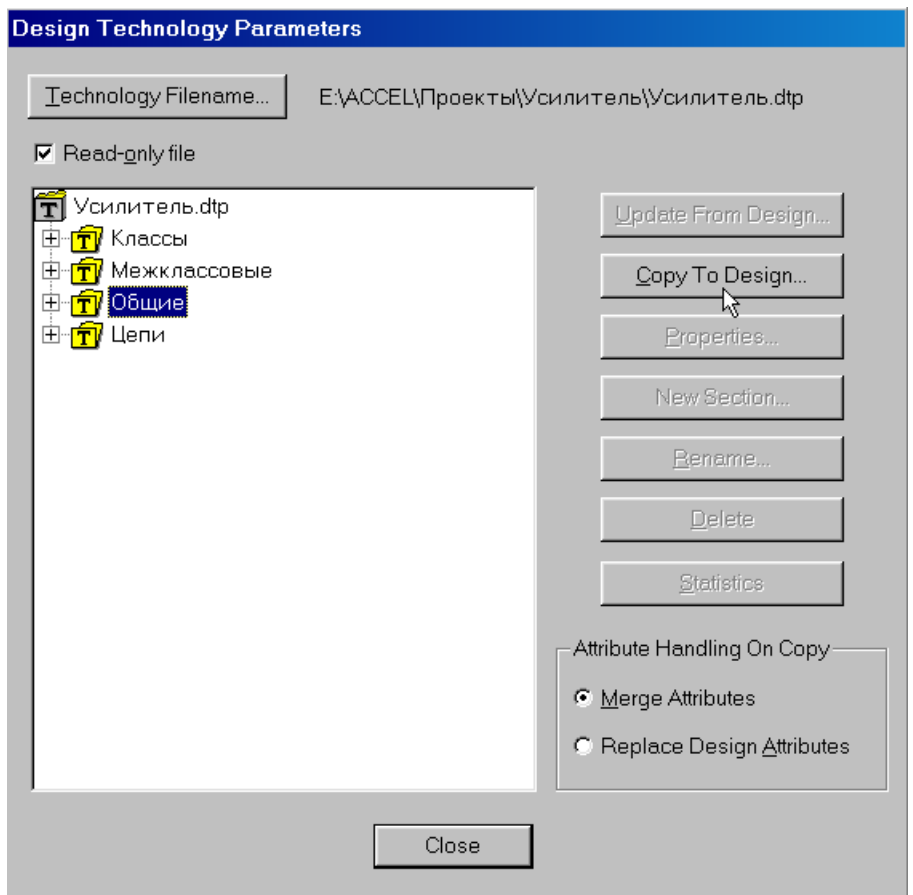


Рис. 8-19. Считывание технологических параметров из файла

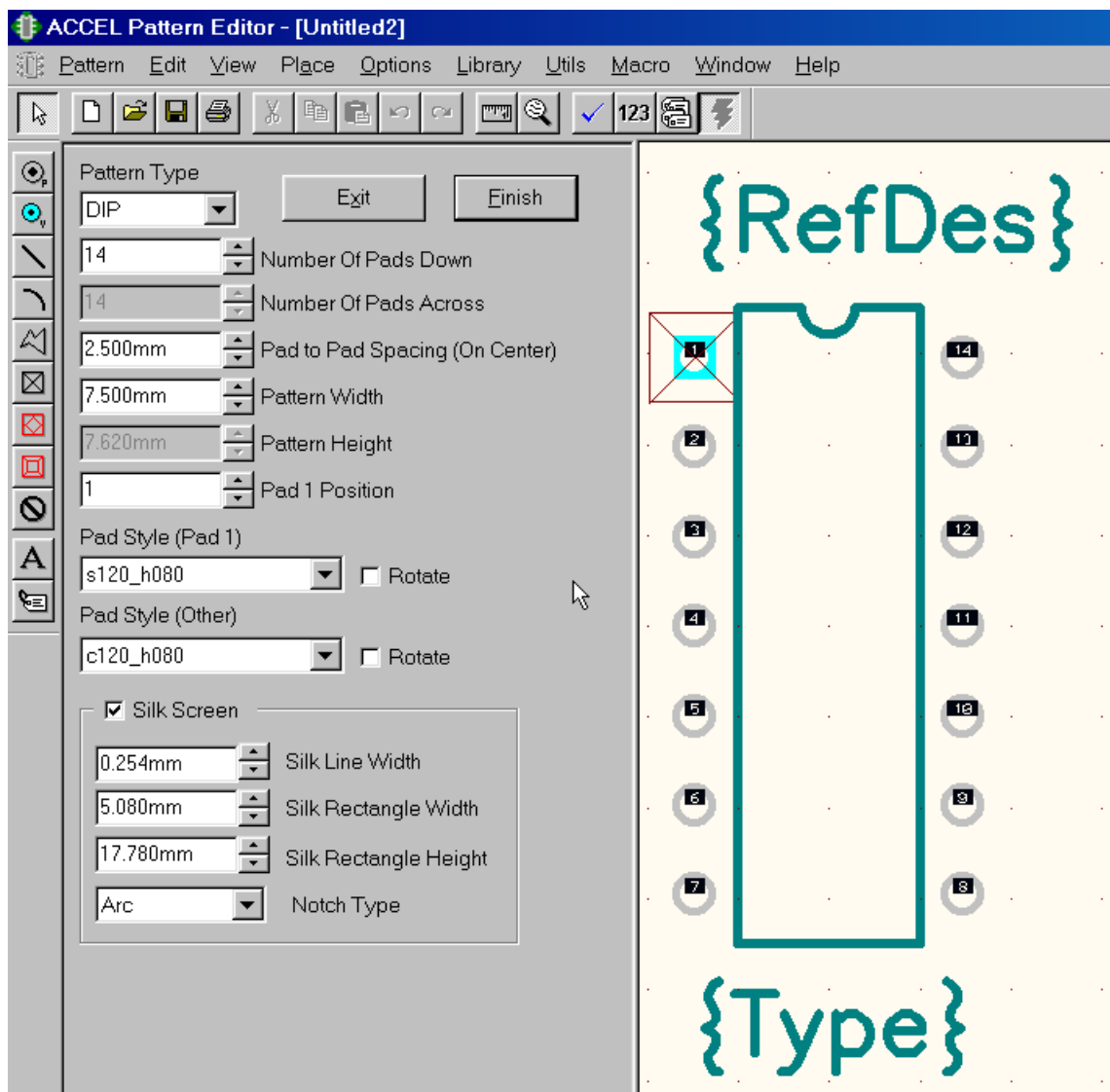


Рис. 8-22. Создание корпуса с помощью мастера

3) В окне *Number of Pads Down* укажите общее количество выводов в корпусе – **14**.

4) В окне *Pad to Pad Spacing (On Center)* укажите расстояние между центрами соседних контактных площадок – **2,5** мм.

5) В окне *Pattern Width* укажите расстояние между центрами контактных площадок с разных сторон корпуса – **7.5** мм.

6) В окне *Pad 1 Position* укажите номер первого (ключевого) вывода, а в окне *Pad Style (Pad 1)* выберите стиль контактной площадки для него. Как правило, у корпусов со штыревыми выводами контактная площадка для первого вывода делается квадратной.

7) В окне *Pad Style (Others)* выберите стиль контактных площадок для остальных выводов. В данном случае это круглые контактные площадки.

8) В группе *Silk Screen* устанавливаются параметры графики корпуса:

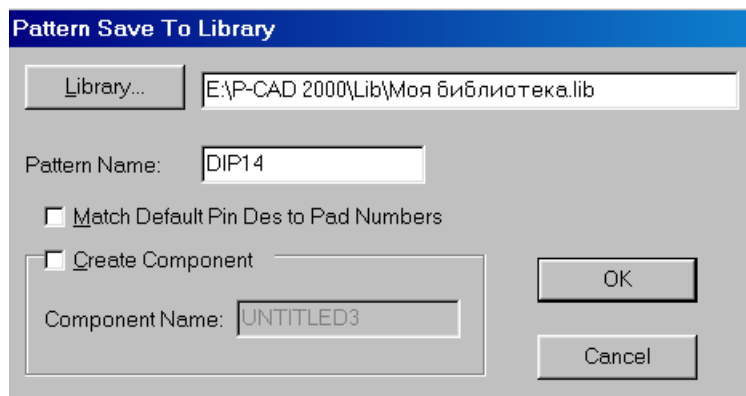


Рис. 8-23. Сохранение корпуса в библиотеке

*Silk Line Width* – ширина линий, используемых для рисования;  
*Silk Rectangle Width* – ширина прямоугольника, изображающего корпус (между центрами линий);

*Silk Rectangle Height* - высота прямоугольника, изображающего корпус (между центрами линий);

*Notch Type* – тип метки. Для корпусов с двухрядным расположением выводов возможны следующие типы меток, определяющих положение первого вывода - *None* (нет метки), *Arc* (дуга), *Square* (квадрат) и *Triangle* (треугольник).

9) Установив все параметры, как показано на рис. 8-22, нажмите кнопку **Finish** для завершения работы Мастера.

10) В основном меню Редактора корпусов активизируйте команду **Pattern/Save As...**

11) Нажав кнопку **Library** на панели **Pattern Save To Library**, выберите библиотечный файл, в котором будет храниться созданный корпус.

12) Укажите имя корпуса в окне *Pattern Name*, например – **DIP14**

13) Флажки *Create Component* (создать компонент) и *Match Default Pin Designator to Pin Numbers* (согласование обозначения вывода по умолчанию с его номером) в данном случае можно не устанавливать.

14) Нажмите кнопку ОК для завершения диалога сохранения корпуса в библиотеке.

## 8.5 Создание компонента в Library Executive

После создания символа и корпуса, необходимо объединить все составные части в единое целое – компонент. Для этой цели используется менеджер библиотек или Операционная библиотечная система. Используя созданный на предыдущих этапах корпус и символ, создадим новый библиотечный компонент, например, микросхему 155ЛАЗ, содержащую четыре одинаковых секции 2И-НЕ.

### • Создайте новый библиотечный компонент

1) В **Library Executive** активизируйте команду **Component/New** (компонент/новый). Откроется стандартный диалог выбора файлов, в котором необходимо выбрать библиотеку для работы. Выберите файл «Моя библиотека.lib».

2) Появится главное окно с информацией о компоненте (рис. 8-24). Нажмите в этом

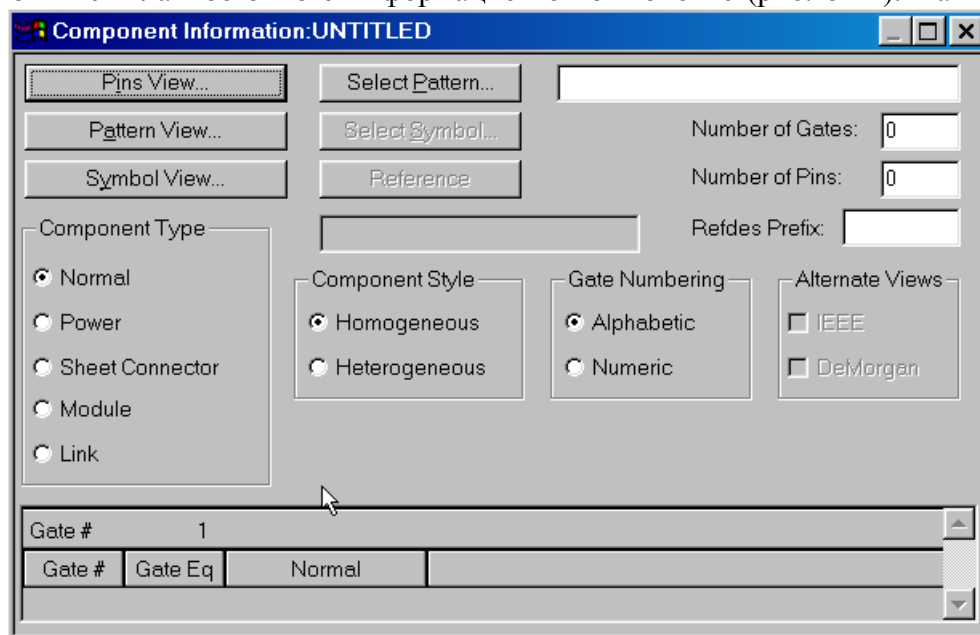


Рис. 8-24. Окно с информацией о компоненте

окне кнопку **Select Pattern...**, чтобы выбрать корпус для нового компонента.

3) В появившемся окне **Library Browse** (см. рис. 8-25) выберите из списка нужный корпус для компонента. В данном случае - это созданный в предыдущем подразделе DIP14.

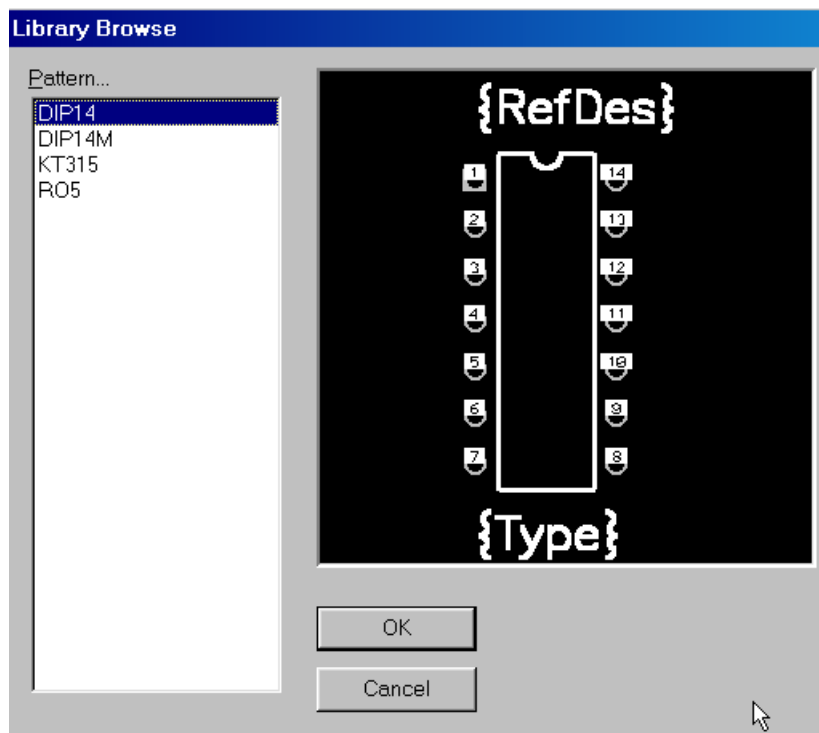


Рис. 8-25. Выбор корпуса для компонента

4) В группе *Component Type* (рис. 8-24) выберите тип компонента – *Normal* (информацию о типах компонентов см. [табл. 5-1](#))

5) В окне *Number of Gates* укажите количество секций в компоненте – **4**.

6) В группе *Component Style* выберите стиль компонента – *Homogeneous* (однородный).

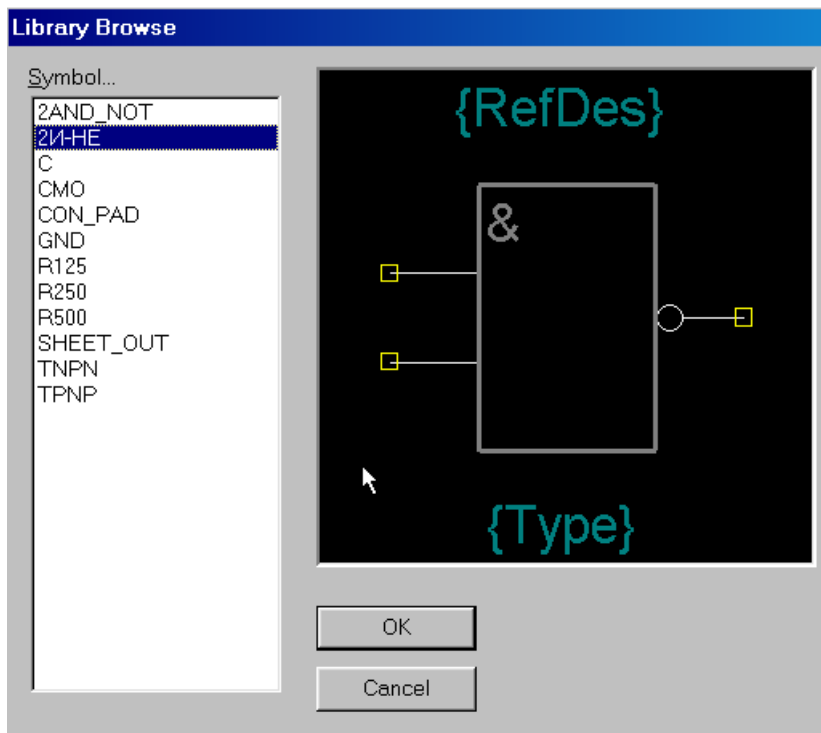


Рис. 8-26. Выбор символа для компонента

7) В группе *Gate Numbering* укажите способ нумерации секций на схеме – *Numeric* (числовой).

8) Для выбора символа, помещаемого на схему, нажмите кнопку **Select Symbol** и в окне **Library Browse** (см. рис. 8-26) выберите из списка нужный символ для компонента. В данном случае это созданный в подразделе 8.3 символ 2И-НЕ. После нажатия кнопки ОК в данном окне может появиться предупреждение о несоответствии указателей, номеров и имен выводов (см. рис. 8-27). Нажмите кнопку «Да» для перезаписи существующих полей в электронной таблице.

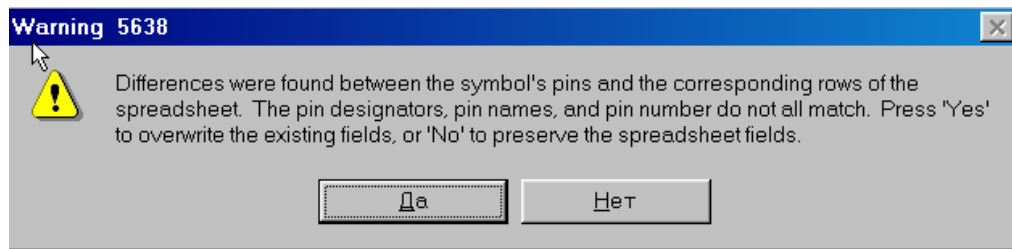


Рис. 8-27. Предупреждение о несогласованности указателей, имен и номеров выводов

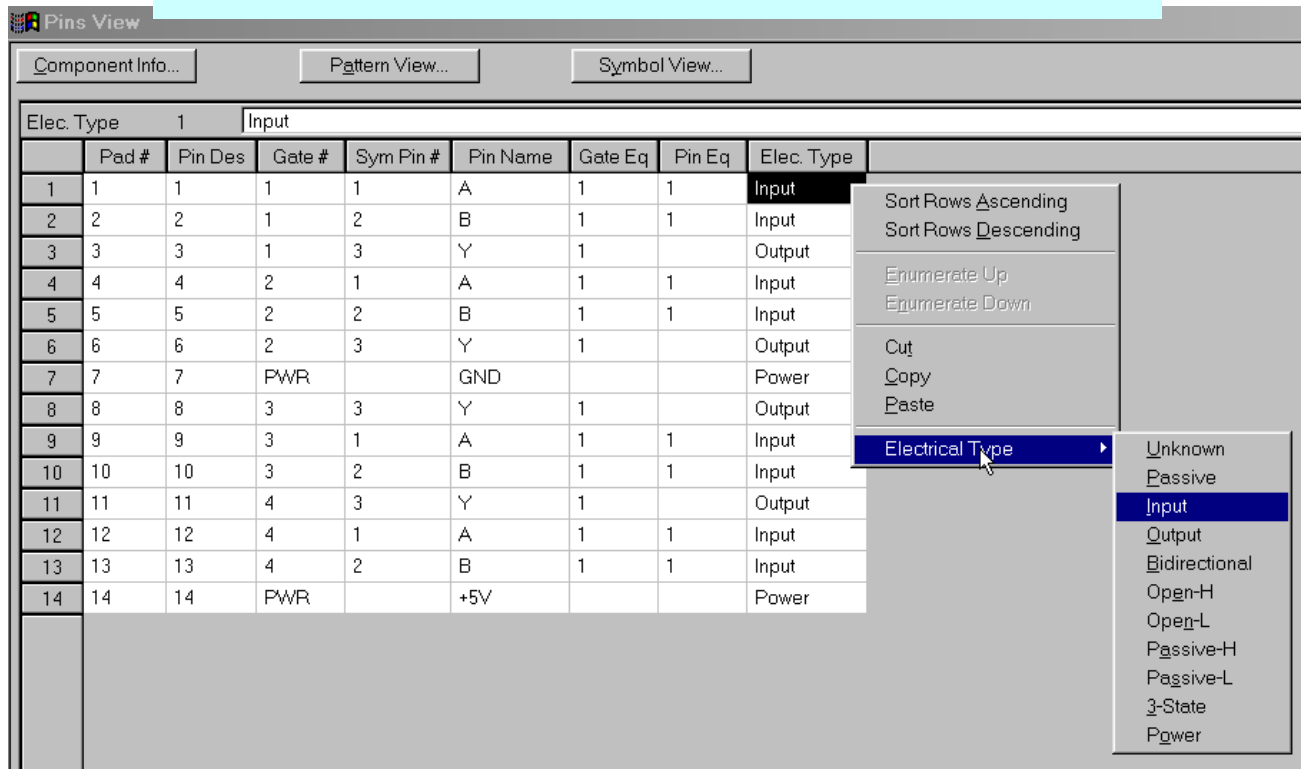


Рис. 8-28. Таблица с информацией о выводах компонента

9) В окне *Refdes Prefix* (рис. 8-24) укажите префикс для позиционного обозначения компонента на схеме и плате. Для логических элементов это – **DD**.

10) Нажмите кнопку **Pins View** для ввода информации о цоколевке корпуса и свойствах секций и выводов. Заполните появившуюся таблицу, как показано на рис. 8-28.

В первом столбце этой таблицы **Pads#** располагаются номера контактных площадок, во втором – **Pin Des** – указатели выводов. Эта информация переносится автоматически из данных корпуса. В третьем столбце – **GATE #** - указывается номер секции, к которой относится вывод. В столбце **Sym Pin #** указываются номера выводов символа для каждой секции, а в столбце **Sym Name** – их имена. Эта информация заносится при создании символа. В столбце **Gate Eq** указывается код эквивалентности секции. Поскольку в данном компоненте все секции одинаковы, все они имеют одинаковый код равный единице. В столбце **Pin Eq** указывается код эквивалентности выводов внутри секции. В данном случае каждая секция имеет два эквивалентных входа. Для указания типа вывода в столбце **Elec. Type** (электрический тип) щелкните в нужной графе этого столбца правой кнопкой мыши и выберите во всплывающем меню пункт *Electrical Type*, содержащий список типов выводов. Здесь возможны следующие варианты:

Unknown            - неизвестный тип вывода  
 Passive            - вывод пассивного компонента



Input	- входной вывод
Output	- выходной вывод
Bidirectional	- двунаправленный вывод (вход и выход)
Open-H	- вывод секции с открытым эмиттером
Open-L	- вывод секции с открытым коллектором
Passive-H	- вывод пассивного компонента с высоким уровнем
Passive-L	- вывод пассивного компонента с низким уровнем
3-State	- вывод логических микросхем с тремя возможными состояниями: низкий уровень, высокий уровень и высокоимпедансное состояние;
Power	- вывод питания. Подключается к источнику питания или «земле»

После заполнения таблицы закройте или сдвиньте окно **Pins View**, поскольку оно часто закрывает меню менеджера библиотек.

11) В **Library Executive** активизируйте команду **Component/Validate** для проверки правильности введенных данных. В случае отсутствия ошибок появится сообщение, показанное на врезке.

12) В **Library Executive** активизируйте команду **Component/Save As...** На появившейся панели **Component Name** (см. рис. 8-29) наберите имя компонента или выберите его из раскрывающегося списка. В данном случае нужно набрать – **155ЛА3** и нажать кнопку ОК.

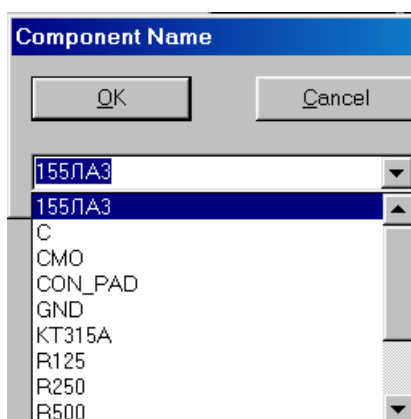
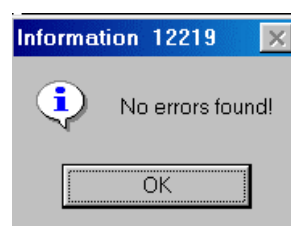


Рис. 8-29. Сохранение компонента в библиотеке.

## 8.6 Компоненты со скрытыми и общими выводами

Как правило, выводы питания для логических микросхем на схемах электрических принципиальных в УГО элементов не показывают. Вместе с тем необходимо обеспечить их подключение к цепям питания. Это так называемые, скрытые выводы. При создании компонентов, содержащих такие выводы нужно руководствоваться следующими правилами:

- ♦ в столбце **GATE #** электронной таблицы с информацией о выводах (см. рис. 8-28) для такого вывода должна быть запись **PWR**;



Аббревиатура «PWR» более наглядно определяет назначение вывода питания, чем пустая ячейка или число ноль, которые также допустимы в данной ячейке для выводов типа Power

- ♦ ячейка **Sym Pin #** должна быть пустой;
- ♦ в ячейке **Pin Name** указывается имя цепи, к которой по умолчанию должен быть автоматически подключен данный вывод;
- ♦ в ячейке **Elec Type** должен быть установлен тип **Power**.

При создании компонента 155ЛА3 все эти рекомендации были соблюдены для выводов 7 и 14.

Для скрытых выводов, неподключенных ни к одной из секции:

- ♦ ячейки **Gate #** и **Sym Pin #** должны быть пустыми;

- ♦ в ячейке **Elec Type** должен быть установлен тип **Unknown**.

Некоторые компоненты имеют общие выводы для нескольких секции, например, общую синхронизацию или общий сброс. Такие выводы на схеме отображаются в каждой секции, хотя в корпусе они реально подключены к одному выводу (рис. 8-30). Особенность создания таких компонентов заключается в заполнении электронной таблицы свойств выводов. На рис. 8-31 представлена информационная таблица для триггера, изображенного на рис. 8-30. Обратите вни-

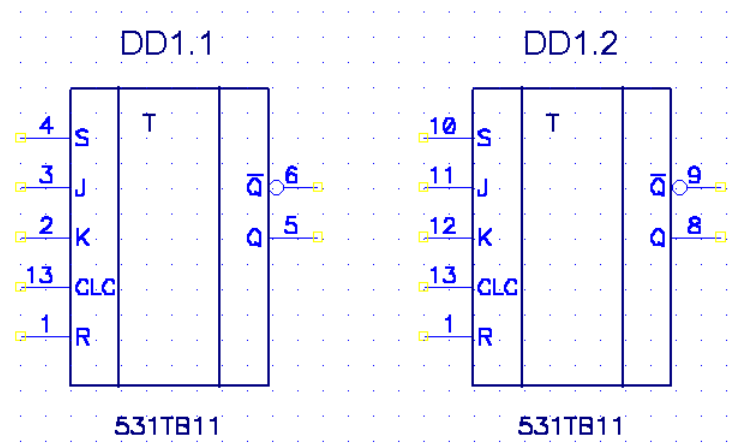


Рис. 8-30. Секции с общими выводами

Pin Eq	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	CMN	5	R	1		Input
2	2	2	1	3	K	1		Input
3	3	3	1	2	J	1		Input
4	4	4	1	1	S	1		Input
5	5	5	1	6	Q	1		Output
6	6	6	1	7	~Q	1		Output
7	7	7	PWR		GND			Power
8	8	8	2	6	Q	1		Output
9	9	9	2	7	~Q	1		Output
10	10	10	2	1	S	1		Input
11	11	11	2	2	J	1		Input
12	12	12	2	3	K	1		Input
13	13	13	CMN	4	CLC	1		Input
14	14	14	PWR		+5V			Power

Рис. 8-31. Электронная таблица для двухсекционного компонента с общими выводами

мание, что у общих выводов (1 и 13) в ячейке **GATE #** электронной таблицы стоит ключевое слово **CMN** (от английского **COMMON** - общий).



Для правильного отображения имени инверсного вывода (с надчеркиванием) поставьте перед именем знак «~» (тильда). Для примера см. ячейки **Pin Name** в строках 6 и 9 таблицы на рис. 8-31

- Самостоятельно создайте новый библиотечный компонент, имеющий секции с общими выводами и поместите его в библиотеку.

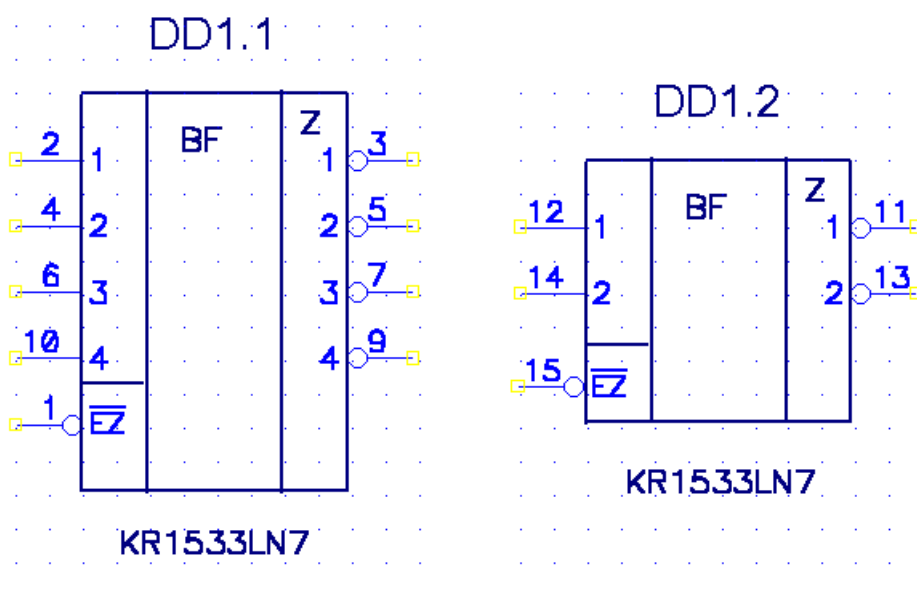


Рис. 8-32. Неоднородные секции

## 8.7 Создание компонента с неоднородными секциями

Достаточно часто в состав электронного компонента входят неоднородные секции, например, обмотка и контакты реле. Создание таких компонентов имеет свои особенности, поскольку каждая секция имеет свой электрический символ. Рассмотрим методику создания такого компонента на примере микросхемы КР1533ЛН7, представляющей собой шесть буферных инверторов с тремя состояниями выходов. Микросхема имеет два входа управления третьим состоянием, один из которых управляет четырьмя буферными элементами, второй еще двумя, так что эту микросхему на схеме представляют две разнородных секции (см. рис.

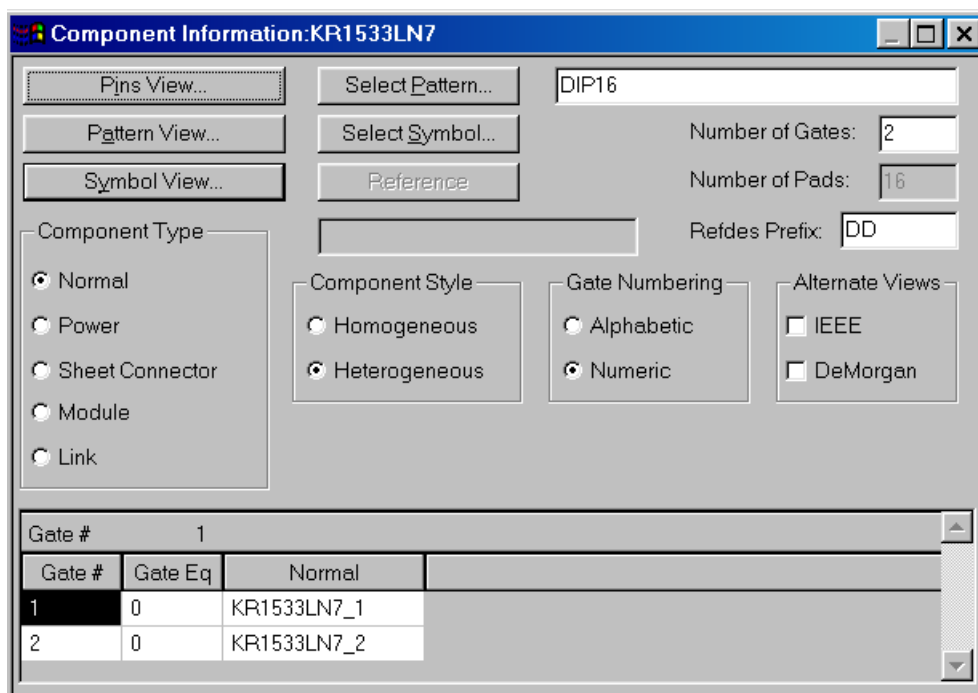


Рис. 8-33. Создание компонента с неоднородными секциями

	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	5	~EZ			Input
2	2	2	1	1	1			Input
3	3	3	1	9	1			3-State
4	4	4	1	2	2			Input
5	5	5	1	8	2			3-State
6	6	6	1	3	3			Input
7	7	7	1	7	3			3-State
8	8	8	PWR		GND			Power
9	9	9	1	6	4			3-State
10	10	10	1	4	4			Input
11	11	11	2	4	1			3-State
12	12	12	2	1	1			Input
13	13	13	2	5	2			3-State
14	14	14	2	2	2			Input
15	15	15	2	3	~EZ			Input
16	16	16	PWR		+5V			Power

Рис. 8-34. Упаковочная таблица для компонента с неоднородными секциями

8-32). Упакована эта микросхема в корпус DIP16.

#### • Создайте компонент KR1533LN7

1) Используя мастер символов, создайте в редакторе символов символы отдельных секции (см. рис. 8-32 и п. 8.3.3). Чтобы иметь возможность разделить секции на вертикальные блоки, ширину символа установите равной 20 мм. В графе Default Pin Designator указывайте номера выводов в соответствии с рис. 8-32. Первую секцию сохраните в библиотеке «Моя библиотека.lib» с именем KR1533LN7\_1, вторую - KR1533LN7\_2.

2) Используя мастер корпусов, в редакторе корпусов создайте корпус DIP16, имеющий 16 выводов (см. п. 8.4.2), и сохраните его в библиотеке «Моя библиотека.lib».

3) В менеджере библиотек создайте новый компонент, используя рис. 8-33 и рекомендации п. 8.5. Перед выбором символа для первой секции, прежде чем нажать кнопку **Select Symbol**, щелкните левой кнопкой мыши в первой ячейке столбца *Normal*, таблицы **Gate #**. Перед выбором символа для второй секции таким же образом отметьте вторую ячейку в этом столбце.

4) В графе **Gate Eq** для обеих секции установите значение равное нулю, поскольку секции не являются одинаковыми.

5) Электронную таблицу с информацией о выводах заполните в соответствии с рис. 8-34.

6) Сохраните компонент в библиотеке «Моя библиотека.lib» под именем KR1533LN7.

7) Запустите Редактор схем и разместите на рабочем поле первую и вторую секции созданного компонента (см. рис. 8-32).



Для размещения второй секции в окне Part Num панели Place Part установите значение равное 2, как показано на рис. 8-35

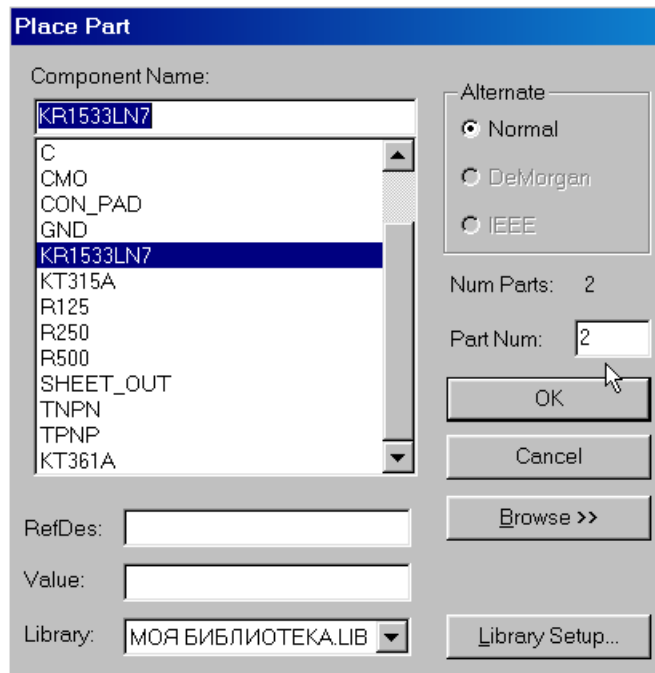


Рис. 8-35. Выбор второй секции компонента с неоднородными секциями.

## 9 РАБОТА С РЕДАКТОРОМ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

*На большом количестве примеров рассмотрены основные приемы работы в редакторе печатных плат системы P-CAD*

### 9.1 Задание контура печатной платы

#### 9.1.1 Импорт через формат DXF

Проектирование печатной платы (ПП) принято начинать с отрисовки ее контура в контексте общей сборки. Печатные платы простой конфигурации можно рисовать непосредственно в редакторе печатных плат PCB, используя инструменты для рисования дуг и линий (команды **Place/Arc** и **Place/Line**). Печатные платы сложной формы, такой, например, как показано на рис. 9-1, лучше рисовать в чертежно-графических системах, подобных AutoCAD, T-FLEX CAD или Компас-График. Обмен данными между этими системами и редактором печатных плат производится через универсальный формат данных DXF. Так, например, печатная плата, показанная на рис. 9-1 была начерчена в системе T-FLEX CAD и экспортирована в формат DXF (нужно учитывать, что

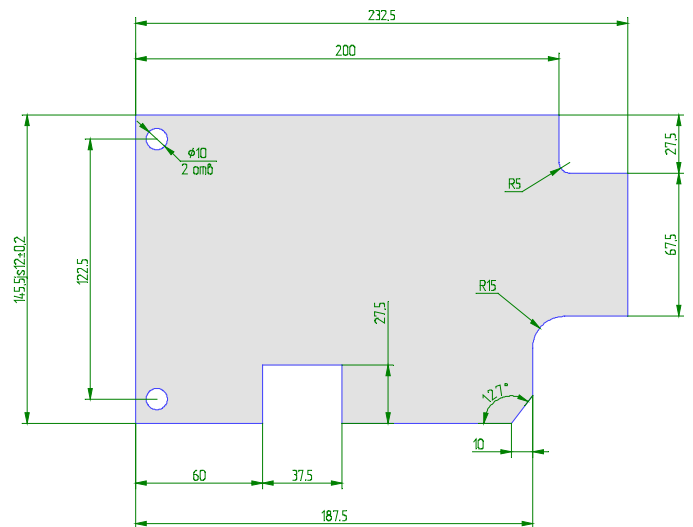


Рис. 9-1. Конфигурация сложной ПП.

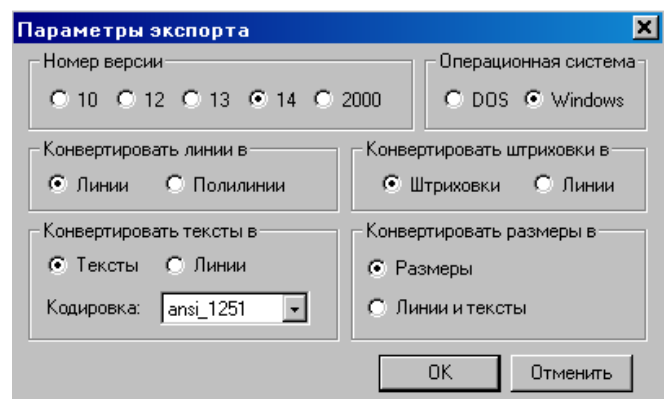


Рис. 9-2. Параметры экспорта из T-FLEX CAD в DXF-формат

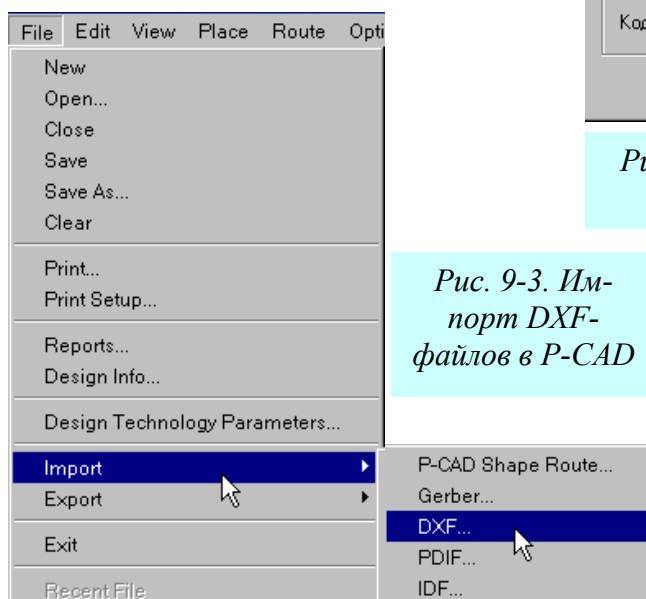


Рис. 9-3. Импорт DXF-файлов в P-CAD

редактором PCB, воспринимаются файлы DXF, совместимые с AutoCAD версии 9 и выше). Для черчения в T-FLEX CAD были заданы два слоя - «Основной», где размещались линии контура ПП, и «Оформление», где размещались размеры. Параметры экспорта из T-FLEX в DXF-формат представлены на рис. 9-2.

Созданный DXF файл загружался в



редактор PCB командой **File/Import/DXF** (см. рис. 9-3).

На появляющейся при этом панели **File DXF In** (рис. 9-4) задаются параметры преобразования. Так, в окне *Layers* с помощью кнопки **Map Selected Layers** каждому выделенному слою файла DXF можно поставить в соответствие выбранный из списка *P-CAD Layer* слой редактора печатных плат. Кнопка **Create New Layer** открывает диалог создания новых слоев в редакторе ПП (см. пп. 7.3).

Назначение остальных кнопок в этой панели следующее:

- ◆ **Default Map** – переносит выделенные слои в слой DXF\_1. Если этот слой уже существует, перенос производится в слой DXF\_2, и т.д.
- ◆ **Auto Map Layers** – перенос выделенных DXF слоев в соответствующий слой редактора PCB с таким же именем.
- ◆ **Unassign Layers** – отменяет назначенное отображение для выделенных слоев и устанавливает значение <None>.
- ◆ **Remove Unneeded Mappings** – удаляет из настроек системы соответствия слоев несуществующие в текущем DXF - файле.
- ◆ **Set All** – выделяет все слои в списке.
- ◆ **Clear All**: отменяет выделение для всех слоев в списке.



Рис. 9-4. Загрузка DXF-файла.

В группе *DXF Units* (Единицы DXF) производится выбор единиц измерения, используемых при загрузке файла.

В группе *Locate DXF Origin* (Положение точки привязки DXF) устанавливается метод задания начала координат для чертежа. В редакторе печатных плат допустимы только положительные абсолютные координаты. Поэтому, если в DXF-файле нет отрицательных координат, устанавливается флажок *Absolute Workspace Origin*. Преобразования координат при этом не происходит.

Установка флажка *Relative Grid Origin* позволяет разместить начало координат чертежа в начало относительной сетки редактора PCB.

При установке флажка *Auto Adjust to Workspace* система автоматически переносит чертеж в область положительных координат.

Результат импорта показан на рис. 9-5. Видно, что служебные символы (градусы, допуска, знак диаметра) представлены неверно, что связано со спецификой отображения текстов в системе P-CAD.



Задавая контур ПП в чертежно-графических системах, не используйте дополнительных элементов оформления (размеров, допусков, шероховатостей и т.д.)!!!

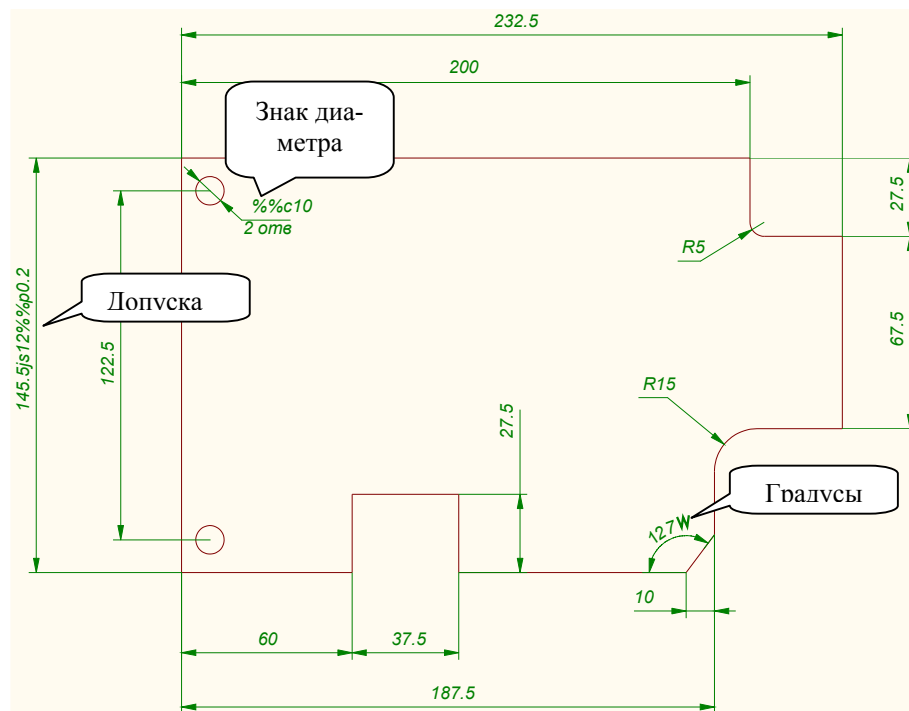


Рис. 9-5. Результат импорта DXF-файла в P-CAD

- Самостоятельно нарисуйте сложный контур ПП в одной из известных чертежно-графических систем, поддерживающих формат DXF, и передайте его в P-CAD

### 9.1.2 Создание контура ПП в редакторе РСВ


Поскольку чертежно-графические системы не являются предметом нашего изучения, при отрисовке контура печатной платы ограничимся теми инструментами, которые представляет редактор печатных плат.

- В редакторе РСВ начертите контур печатной платы, показанной на рис. 9-6

1) Запустите редактор печатных плат РСВ.

2) Загрузите в него файл шаблона, сохраненный при выполнении раздела 7 – Настройки РСВ.

3) Используя команду **Option/Grids**, установите относительную сетку с началом координат в точке (10, 10). В качестве текущей выберите сетку с шагом 0.5 мм.

4) В меню активизируйте команду **Place/Line** или просто нажмите кнопку  на левой инструментальной панели.

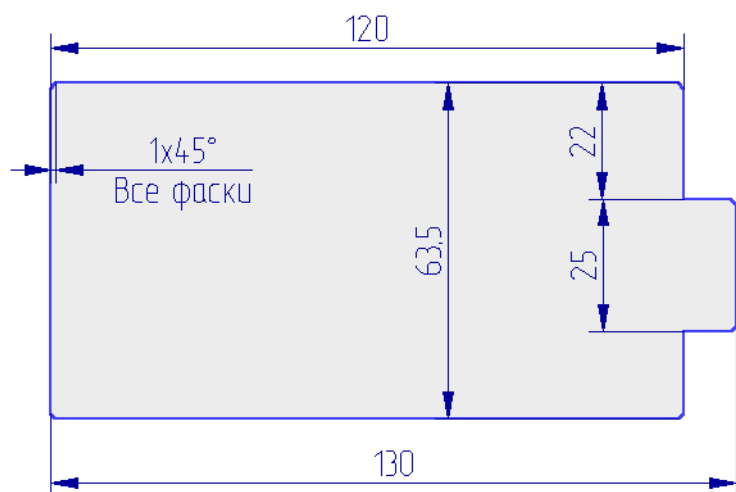


Рис. 9-6. Плата для проекта

5) В строке состояния (рис. 9-7) установите толщину линии равной 0.25 мм.

6) В строке состояния в качестве текущего выберите из раскрывающегося списка слой «Board».



Рис. 9-7. Строка подсказки и строка состояния

6) Нажимая клавишу с буквой «**O**», установите режим рисования *Ortho=45* с возможностью рисования линий под углом 45 градусов

7) Установив курсор в точку с координатами (1,0), щелкните левой кнопкой мыши. Это левый нижний угол платы.

8) Последовательно перемещая курсор в точки излома контура платы (см. рис. 9-6) отмечайте их щелчком левой кнопкой мыши.



Введенные сегменты при необходимости можно последовательно удалять клавишей **BACKSPACE**, не выходя из команды рисования линии.

9) Вернувшись в начальную точку, нажмите на правую кнопку мыши или на клавишу **ESC** для обрыва полилинии.

10) Сохраните файл в папку \Проекты\Проект\_1 под именем **Проект\_1**



Для многих программ автоматической трассировки очень важно, чтобы контур, ограничивающий поле трассировки не имел разрывов, поэтому рисовать нужно «не отрывая карандаш от бумаги». С этой точки зрения прерывание команд рисования, изменение шага сетки с использованием некротных значений не рекомендуется!!!

## 9.2 Упаковка соединений на печатную плату

Выбор элементов из библиотеки в системе P-CAD, как правило, производится с помощью списка цепей и соединений, полученного автоматически в схемном редакторе или написанного вручную в текстовом редакторе (см. пп. 6.15). При дальнейшей работе будем использовать списки цепей, поставляемые вместе с системой P-CAD (из папки «Tutorial»).

Перед загрузкой необходимо подключить к проекту нужные библиотеки.

### • Подключите к проекту библиотеку **Tutor.lib**

1) В главном меню редактора **PCB** активизируйте команду **Library/Setup**.

2) На появившейся панели **Library Setup** нажмите кнопку **Add** (добавить).

3) Стандартным для Windows способом перейдите в папку **Tutorial**, расположенную в каталоге системы P-CAD, выберите там файл **Tutor.lib** и нажмите кнопку **Open** (открыть)

4) С помощью кнопки **Move Up** на панели **Library Setup** переместите добавленную библиотеку в самый верх списка подключенных библиотек.

5) Нажмите кнопку **OK** для закрытия диалога **Library Setup**.



Перемещение библиотеки в верхнюю строчку списка необходимо в случае, если в списке цепей отсутствует информация о библиотеках!

• **Загрузите в редактор печатных плат список цепей и компонентов**

- 1) В главном меню редактора PCB активизируйте команду **Utils/Load Netlist**.
- 2) На панели **Utils Load Netlist** (см. рис. 9-8) нажмите кнопку **Netlist Filename** и стандартным для Windows способом найдите и выберите в папке «Tutorial» системы P-CAD файл Pcbtutor.net.
- 3) Сбросьте флажок *Optimize Nets*.

Поскольку в системе P-CAD возможны различные варианты загрузки списка цепей, рассмотрим назначение остальных кнопок, окон и флажков на панели **Utils Load Netlist** (см. рис. 9-8).

В графе *Netlist Format* из списка выбирается формат загружаемого списка цепей. Поддерживаемые форматы представлены в табл. 9-1.

Если загружается файл в формате P-CAD ALT, то с помощью кнопки **Xref Filename** открывается файл перекрестных ссылок (xrf-файл), устанавливающий соответствие между конструктивными и схемотехническими библиотеками ранних версий P-CADa.

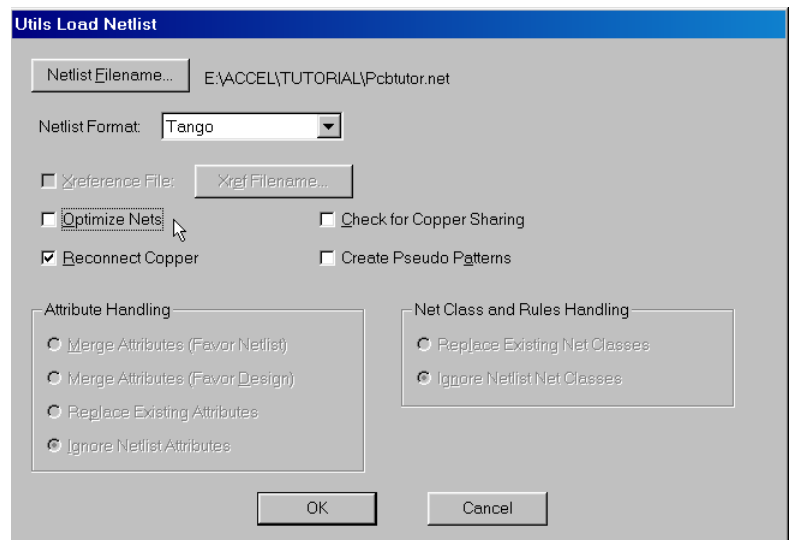


Рис. 9-8. Загрузка списка цепей

Таблица 9-1

**Допустимые форматы списков цепей**

ACCEL ASCII	Основной формат системы. Допускает передачу атрибутов цепей и компонентов (см. пример в пп. 6.15). Расширение файла <i>.net</i>
Tango	Формат системы TangoPro (см. пример в пп. 6.15). Расширение файла <i>.net</i>
P-CAD ALT	Текстовый формат системы MD (версии P-CAD для DOS). Расширение файла <i>.alt</i>

Установка флажка *Create Pseudo Pattern* позволяет системе создавать мнимые посадочные места (корпуса) для тех элементов, которые их не имеют.

Флажком *Optimize Nets* включается автоматическая оптимизация цепей путем перестановки логически эквивалентных секций и выводов. Лучше подобную оптимизацию проводить после расстановки компонентов, а не при загрузке.

Флажок *Reconnect Copper* может использоваться для запрещения подключения уже имеющихся на плате участков металлизации к цепям загружаемой схемы. При этом загрузка списка цепей производится значительно быстрее, а имеющиеся металлизированные участки конвертируются в «свободные», не ассоциируемые с какими-либо цепями.

Установка флажка *Check for Copper Sharing* включает проверку платы с предварительно размещенными компонентами и предварительной разводкой части цепей.

Если загружается список цепей в формате ACCEL ASCII, доступны еще четыре параметра для обработки атрибутов:

<b>Merge Attributes (Favor Netlist)</b>	Слияние атрибутов списка цепей с атрибутами проекта при приоритете атрибутов из списка.
<b>Merge Attributes (Favor Design)</b>	Слияние атрибутов списка цепей с атрибутами проекта при приоритете атрибутов из проекта.
<b>Replace Existing Attributes</b>	Замена атрибутов проекта атрибутами из списка
<b>Ignore Netlist Attributes</b>	Игнорирование атрибутов списка цепей

и два параметра для передачи правил и классов цепей:

<b>Replace Existing Net Classes</b>	Замена существующих в проекте классов цепей
<b>Ignore Net Classes</b>	Игнорирование определения классов из списка

4) Закройте панель **Utils Load Netlist**, нажав кнопку ОК.

### 9.3 Размещение компонентов на печатной плате

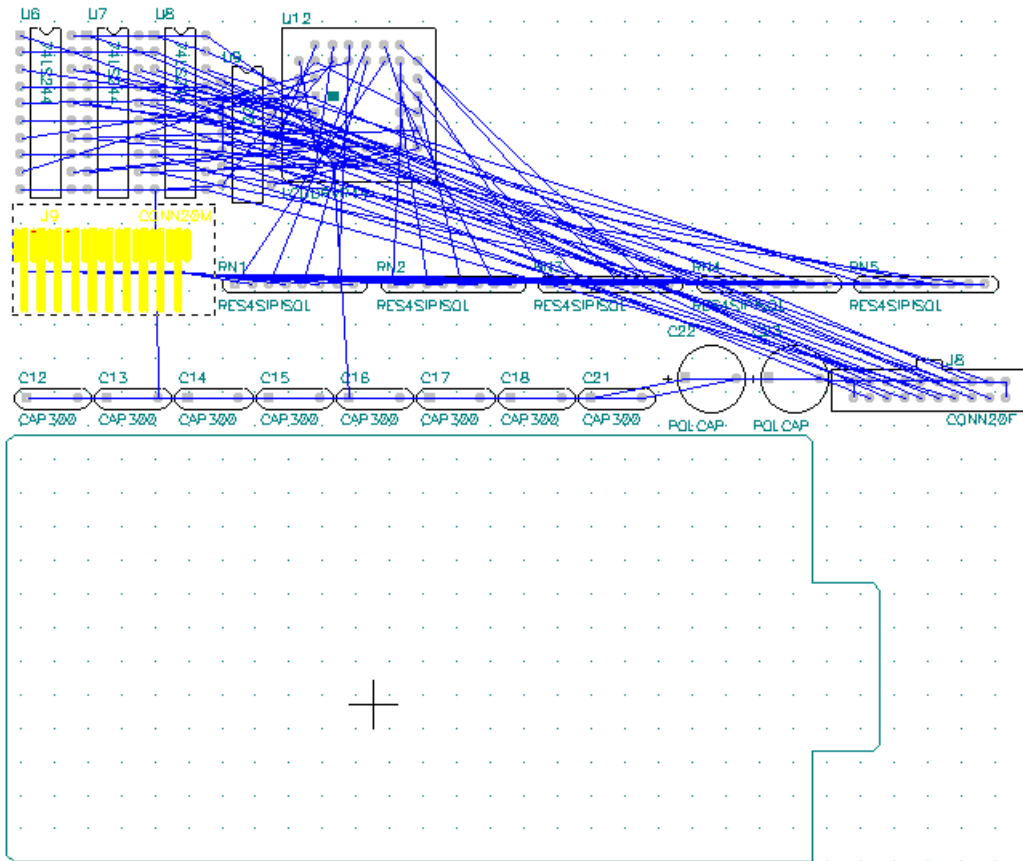



Рис. 9-9. Проект после загрузки списка цепей

При обработке списка цепей указанные в нем конструктивы компонентов выбираются из библиотек и размещаются системой в рабочей области редактора печатных плат произвольным образом. Как правило, они группируются по типам (см. рис. 9-9). При этом отображаются электрические связи между их выводами.

Далее разработчику необходимо вручную разместить компоненты внутри контура печатной платы. Система P-CAD не имеет средств для автоматической компоновки, но имеет несколько инструментов для облегчения этой работы. Познакомимся с ними поближе.

### 9.3.1 Выбор и выделение объектов

Прежде чем начать работать с объектом или группой объектов, необходимо их выбрать. Выбор осуществляется в режиме Select (активизирована команда **Edit/Select** или нажата клавиша  на инструментальной панели). Одиночный компонент выбирается щелчком левой кнопки мыши по его контуру (или двойным нажатием клавиши **ПРОБЕЛ**). При этом он изменяет свой цвет. Так, например, на рис. 9-9 для работы выбран разъем. Он выделен желтым цветом. Выбор группы смежных компонентов производится путем выделения их окном при нажатой левой кнопке мыши. Несмежные элементы выделяются щелчками левой кнопки мыши при нажатой клавише **CTRL**.

### 9.3.2 Настройка фильтра выбора объектов

Очень часто требуется проводить работу не со всеми, а только с определенными элементами. Например, необходимо в слое Board у всех линий шириной 0.25 мм увеличить ширину до 0.75 мм. Настроить режим выбора можно, используя команду **Options/Selection Mask** (параметры/маска выделения). Панель, которая появляется после активизации данной команды, содержит две однотипные закладки (рис. 9-10). Одна из них позволяет настроить фильтр группового выбора (*Block Selection*), вторая – фильтр выбора одиночных объектов (*Single Selection*). В обоих случаях выбираемые элементы отмечаются флажками в рамке *Items* (см. рис. 9-10). Кнопки **Set All** и **Clear All** в этой группе позволяют установить или сбросить флажки для всех элементов, соответственно.

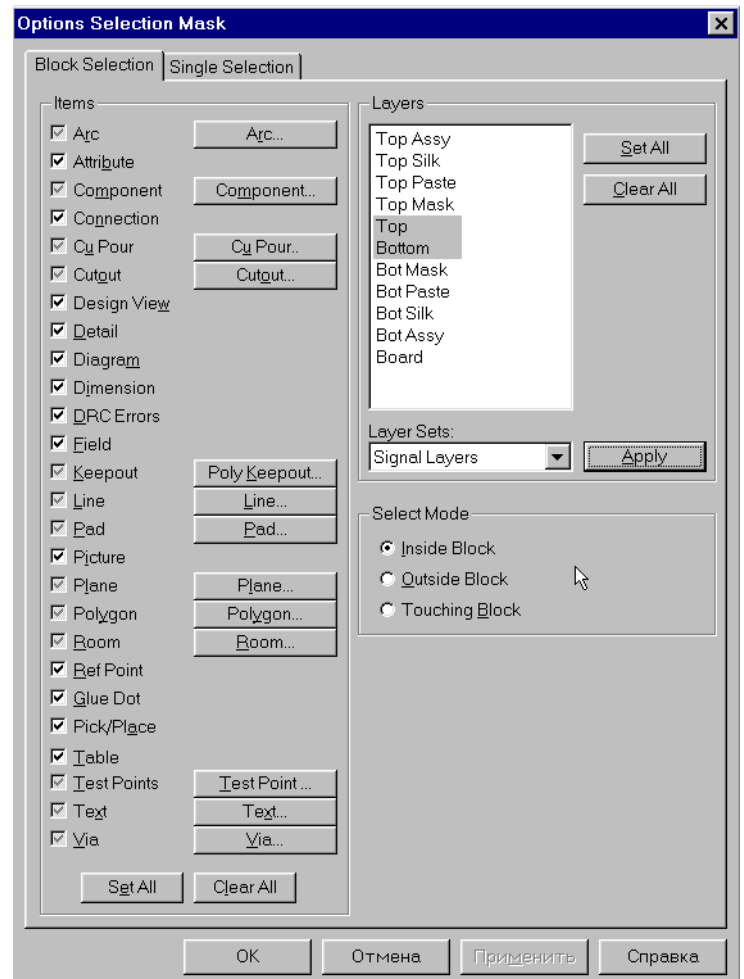


Рис. 9-10. Панель Options Selection Mask

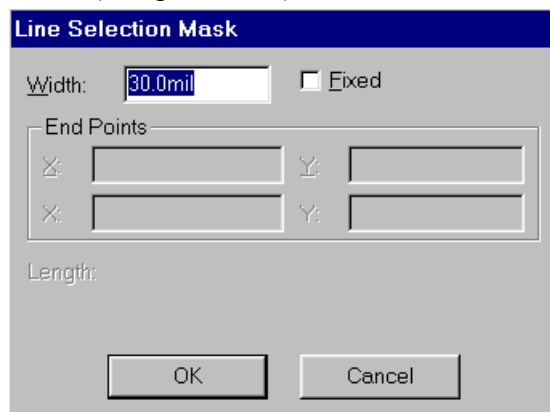


Рис. 9-11. Задание дополнительных параметров для выбора линии

Для некоторых объектов, например, дуг (Arc), линий (Line) и др. можно задать дополнительные параметры, при которых эти объекты будут выбираться. Так, например, можно указать толщину линий. У таких элементов флажок имеет не два (сброшен/установлен), а три состояния. В третьем состоянии (установленный флажок в затененной рамке) становятся доступными одноименные кнопки, расположенные рядом с флажками и открывающие панели со свойствами соответствующих объектов. При этом доступны не все свойства объектов, а лишь те, которые могут быть об-



щими для группы элементов. Например, для линий (рис. 9-11) можно задать только толщину и отметить признак фиксации (флажок *Fixed*).

В окне *Select Mode* выбирается режим выделения: **Inside Block** – внутри окна (выбираются элементы полностью лежащие внутри окна выделения); **Outside Block** – вне окна (выбираются элементы полностью лежащие вне окна выделения); **Touching Block** – касание блока (выбираются элементы лежащие внутри окна выделения и касающиеся или пересекаемые его границами).

В рамке *Layers* можно отметить те слои, на которых лежат интересующие вас объекты. Кнопку **Set All** (выбрать все) удобно использовать, когда необходимо выбрать большое количество слоев, а кнопку **Clear All** (очистить все) наоборот, когда необходимо выбрать малое количество слоев. Можно выделить заранее определенную группу слоев, выбрав ее имя в окне со списком *Layers Sets* и нажав кнопку **Apply**.

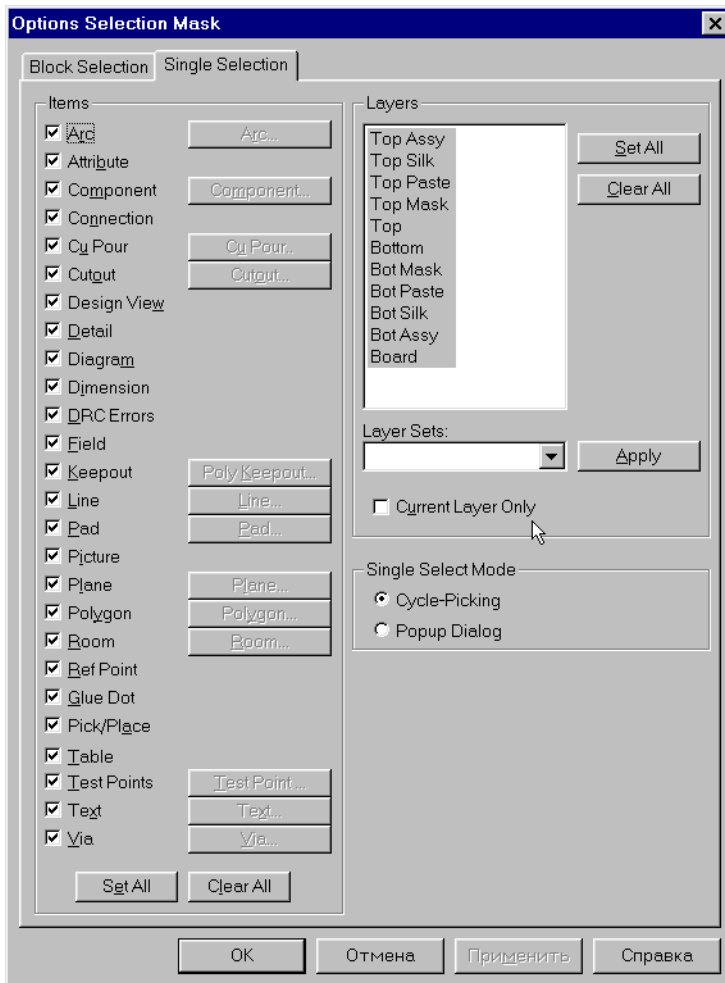


Рис. 9-12. Закладка *Single Selection* панели *Options Selection Mask*

объекта, в столбце *Layer* – о слое в котором он находится, в столбце *Net* – о цепи с которой он связан, а также другая полезная информация в столбце *Information* (ширина линий, типы компонентов и их позиционные обозначения и т.д.). При необходимости размеры дополнительной панели и ширина столбцов могут быть легко изменены перемещением их границ.

Щелчок левой кнопки мыши в месте перекрытия нескольких объектов при нажатой клавише **CTRL**, позво-

Закладка *Single Selection* (см. рис. 9-12) панели **Options Selection Mask** отличается от закладки *Block Selection* наличием флажка *Current Layer Only* в рамке *Layers*, установка которого позволяет выбирать только те объекты, которые лежат в текущем слое. Также на этой закладке вместо окна *Select Mode* расположено окно *Single Select Mode*, содержащее две взаимоисключающие кнопки:

**Cycle-Picking** – циклический перебор;

**Popup Dialog** – всплывающий диалог.

В режиме **Cycle-Picking** последовательные нажатия левой кнопки мыши (или двойные нажатия клавиши пробел) приводят к циклическому перебору перекрывающихся объектов в месте расположения курсора.

В режиме **Popup Dialog** нажатие левой кнопки мыши приводит к появлению дополнительной панели со списком перекрывающихся объектов (рис. 9-13). Перемещая указатель, щелчком левой кнопки мыши можно выбрать из списка нужный объект. На дополнительной панели в столбце *Type* приводится информация о типе



Type	Layer	Net	Information
Pattern	Top		U9, Type = 7400
Connection	Multi	GND	U12-42 to U9-7
Connection	Multi	M2	P1-4 to U9-4

Рис. 9-13. Список перекрывающихся объектов

Type	Layer	Net	Information
<input checked="" type="checkbox"/> Pattern	Top		U6, Type = 74LS244
<input checked="" type="checkbox"/> Connection	Multi	DA1	U6-7 to U12-44
<input type="checkbox"/> Connection	Multi	M3	P1-5 to U9-9
<input type="checkbox"/> PcbPolygon	Top		

Рис. 9-14. Выбор нескольких объектов из списка

ляет выбрать из списка и выделить несколько объектов. На появляющейся при этом дополнительной панели со списком, выбираемые объекты отмечаются флажками в столбце Type (рис. 9-14).

Нажатие кнопки  в левом верхнем углу панели со списком позволяет отказаться от выбора объектов, а кнопка  подтверждает выбор. В обоих случаях дополнительная панель закрывается.



При одиночном и групповом выборе учитывается состояние флажков в группе Items и выделение слоев в группе Layers!!

### • Настройте фильтр для выбора линий шириной 30 mil


- 1) Используя команду **Place/Line**, разместите на рабочем поле несколько линий различной ширины, в том числе линии шириной 30 mil.
- 2) Активизируйте команду **Options/Selection Mask** (Параметры/Маска выделения).
- 3) На панели **Options Selection Mask** в группе Items закладки Block Selection нажмите кнопку **Clear All** для сброса флажков у всех элементов.
- 4) Дважды щелкните левой кнопкой мыши по флажку элемента Line (линии). При этом флажок будет в затененной рамке и будет доступна кнопка **Line...**
- 5) Нажмите кнопку **Line...** и на появившейся панели **Line Selection Mask** (см. рис. 9-11) в окне Width наберите требуемое значение ширины линии – **30**. Единицы измерения можно не указывать.
- 6) Нажимая на кнопки ОК, последовательно закройте панели **Line Selection Mask** и **Options Selection Mask**.
- 7) Перейдите в режим выбора объектов (команда **Edit/Select** или клавиша  на инструментальной панели).
- 8) Активизируйте команду **View/Extent** для отображения на экране всех объектов проекта при максимально возможном приближении.
- 9) Нажмите левую кнопку мыши в левом верхнем углу экрана и, не отпуская ее, перетащите курсор в правый нижний угол экрана, охватывая пунктирной рамкой (окном) все элементы проекта.
- 10) Отпустите левую кнопку мыши. Несмотря на то, что в окно выделения попали все объекты, выделятся только линии шириной 30 mil. Выбранные элементы выделены цветом и окружены пунктирной рамкой.



Рис. 9-15. Выпадающее контекстное меню

### 9.3.3 Использование контекстного выпадающего меню.

При наличии выделенных объектов (одного или нескольких) щелчок правой кнопкой мыши в любом месте рабочего поля вызывает появление выпадающего контекстного меню (см. рис. 9-15). Состав команд этого меню существенно зависит от выбранных объектов. В частности, используя команды этого меню можно просмотреть и отредактировать свойства объекта (Properties...), скопировать объект в буфер (Copy), получить массив копий объекта (Copy Matrix...), вырезать объект (Cut), удалить (Delete), «рассыпать» его на составные элементы (Explode), отредактировать составные части компонента (Alter), подсветить объект (Highlight) или снять с него подсветку (Unhighlight), подсветить цепи, подключенные к объ-


екту (Highlight Attached Nets) или снять подсветку с этих цепей (Unhighlight Attached Nets), выровнять объекты по сетке, вертикали или горизонтали (Align), указать точку привязки для объекта или группы объектов, относительно которой они могут быть выровнены (Selection Point).

• **Используя контекстное меню, измените ширину линий с 30 mil на 60 mil.**

- 1) Выделите в проекте все линии шириной 30 mil, как указывалось в п. 9.3.2.
- 2) Щелкните правой кнопкой мыши и в появившемся контекстном меню выберите команду **Properties...** (свойства).
- 3) На панели **Line Properties** (Параметры линии) в окне *Width* измените значение ширины линии с 30 на 60 и нажмите кнопку ОК.  
Ширина выбранных линий увеличится.
- 4) В фильтре выбора вновь установите режим выбора всех объектов.

### 9.3.4 Перемещение и вращение компонентов.

Перемещение одиночного компонента производится следующим образом:

- 1) Перейдите в режим выбора объектов, нажав клавишу с буквой **S** или кнопку  на инструментальной панели.
- 2) Щелкните по компоненту левой кнопкой мыши для его выделения. При этом изменится его цвет и область выделения будет окружена пунктирным прямоугольником.
- 3) Разместив курсор внутри области выделения, нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, «перетащите» компонент на новое место.
- 4) Отпустите левую кнопку мыши. При этом компонент остается выделенным.
- 5) Для сброса выделения необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на свободном месте рабочей области.

Вращение выделенного компонента осуществляется при нажатии на клавишу с буквой **R**. При этом компонент поворачивается на угол 90 градусов против часовой стрелки.


Если нажимать на клавишу с буквой **R** при нажатой клавише **SHIFT**, компонент будет поворачиваться на угол, заданный в настройках системы при выполнении команды **Options/Configure** (графа **Rotation Increment** на закладке *General* панели **Options Configure**).

• **Исследуйте разные режимы вращения одиночных компонентов и групп компонентов в текущем проекте.**




Аналогичным образом можно перемещать и вращать выделенную группу компонентов!!

### 9.3.5 Указатель (точка) выделения


Обратите внимание, что при перетаскивании одиночного компонента курсор всегда располагается в одном и том же месте относительно графики корпуса компонента, а именно, там где расположена так называемая опорная точка (reference point). У выделенного компонента опорная точка изображается в виде небольшого квадрата с диагоналями .

Вращение компонента также производится относительно опорной точки. Положение опорной точки задается при создании компонента и не может быть изменено. Как правило, она располагается в одном из его выводов. Вместе с тем в некоторых случаях может потребоваться вращение компонента, например, относительно его центра или какой-либо другой точки на печатной плате. В этом случае следует воспользоваться так называемым указателем (или точкой) выделения (Selection Point). Задать положение указателя выделения можно по команде **Selection Point** контекстного меню (см. рис. 9-15).

• **Задайте для какого-либо компонента указатель выделения (Selection Point)**

- 1) Перейдите в режим выбора объектов, нажав клавишу с буквой **S** или кнопку  на инструментальной панели.
- 2) Щелкните по любому компоненту левой кнопкой мыши для его выделения.
- 3) Щелкните правой кнопкой мыши для открытия контекстного меню.
- 4) Выберите в контекстном меню команду **Selection Point**.
- 5) Поместите курсор в том месте на рабочем поле, где необходимо разместить указатель выделения (место может быть произвольным) и щелкните левой кнопкой мыши для его фиксации.
- 6) Попробуйте вращать или перетаскивать компонент.



При размещении указателя выделения в одном из выводов компонента, он изображается в виде ромба 

Для группы объектов при перемещении указатель выделения появляется автоматически в том месте, где расположен курсор в момент нажатия левой кнопки мыши. При этом курсор должен находиться внутри прямоугольника выделения или на его границе.

Вращение выделенной группы объектов будет проводиться относительно центра прямоугольника выделения. Именно там появится указатель выделения в момент нажатия клавиши **R**.




Для задания указателя выделения вне прямоугольника выделения используйте команду **Selection Point** контекстного меню!!!

**9.3.6 Выравнивание компонентов**

При размещении компонентов на поверхности платы довольно часто возникает необходимость их выравнивания по сетке или относительно какой-либо точки по вертикали или горизонтали.

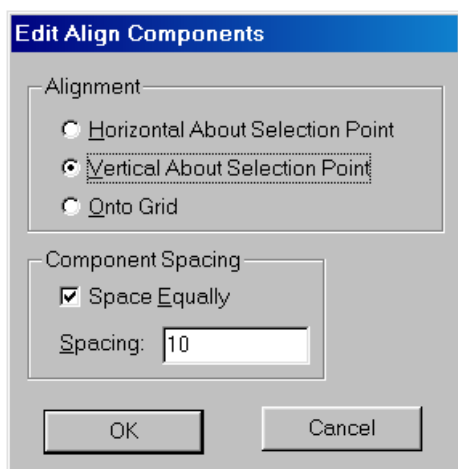
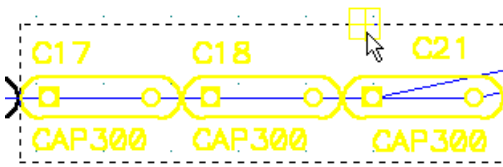
Для этого в редакторе печатных плат используется команда **Edit/Align Components** из основного меню или команда **Align** из выпадающего. Порядок использования этой команды следующий:

1) Перейдите в режим выбора объектов, нажав клавишу с буквой **S** или кнопку  на инструментальной панели.

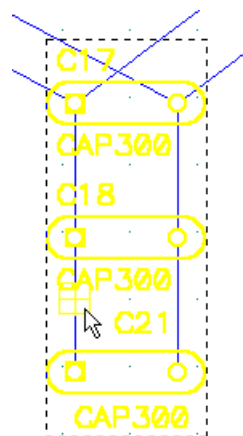
2) Выделите группу объектов, которые необходимо выровнять.

3) Щелкните правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите команду **Selection Point**.

4) Укажите курсором ме-



а)



б)

Рис. 9-16. Команда выравнивание компонентов а) и результат ее выполнения б)

стоположение точки выделения (Selection Point) и щелкните левой кнопкой мыши (на рис. 9-16 на точку выделения указывает курсор).

5) Щелкните правой кнопкой мыши и контекстном меню выберите команду **Align**.

6) На появившейся панели **Edit Align Components** в рамке *Alignment* выберите один из возможных режимов выравнивания:

<b>Horizontal About Selection Point</b>	Горизонтально относительно точки выбора
<b>Vertical About Selection Point</b>	Горизонтально относительно точки выбора
<b>Onto Grid</b>	По сетке

7) В первых двух режимах можно указать расстояние между компонентами в графе **Spacing** (расстояние) рамки *Component Spacing* (расстояние между компонентами), установив предварительно флажок *Space Equally* (одинаковое расстояние).

Для примера на рис. 9-16, а приведена группа объектов и панель параметров команды выравнивания, а на рис. 9-16, б – результат ее выполнения.



*Результат выполнения команды выравнивания зависит от порядка добавления компонентов в выделенную группу!*

### 9.3.7 Отображение электрических связей

Отображение линий электрических связей между компонентами позволяет более легко и качественно размещать компоненты на плате. Однако при большом числе связей работать становится затруднительно. В редакторе печатных плат системы P-CAD есть возможность регулировать режим отображения связей. Для этих целей используется команда

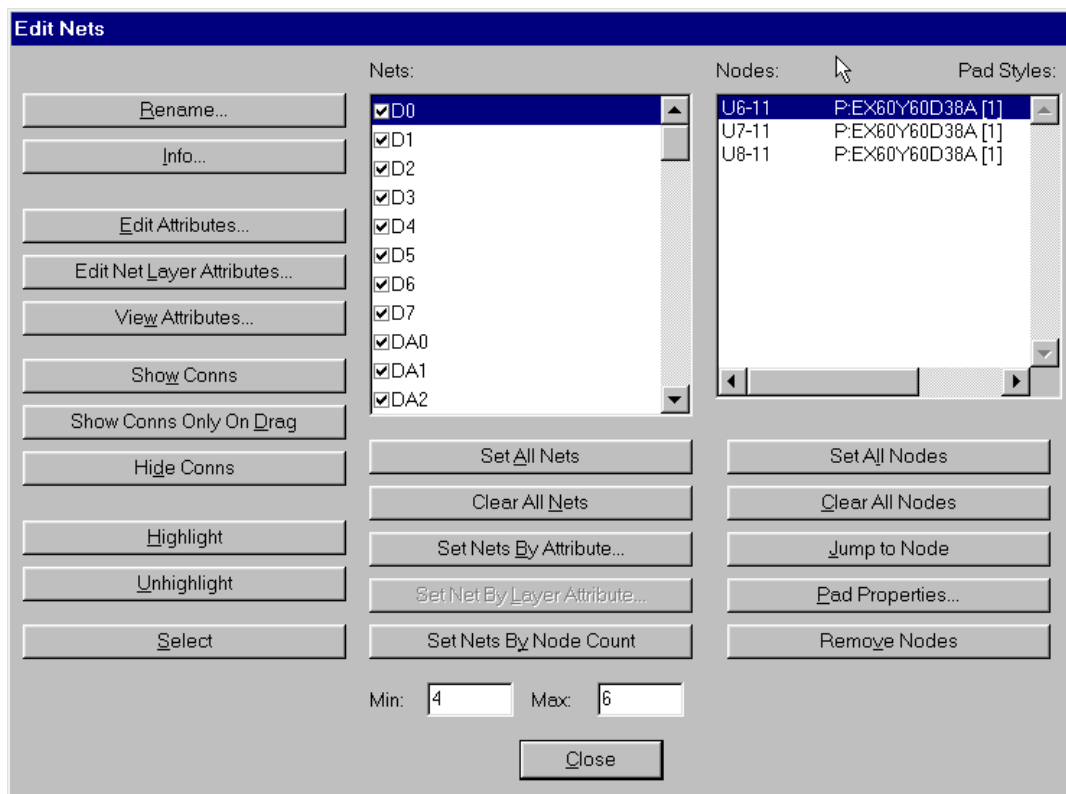


Рис. 9-17. Редактирование атрибутов цепей

**Edit/Nets** основного меню редактора печатных плат. На рис. 9-17 представлена панель, появ-

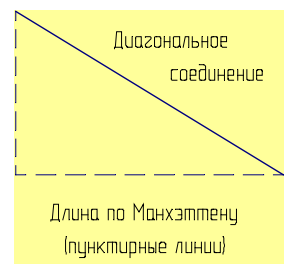


ляющаяся при активизации данной команды. Здесь в окне *Nets* перечисляются имена всех цепей в данном проекте. Квадратик рядом с именем цепи указывает на режим ее отображения в проекте. Если он пуст, линии электрической связи для данной цепи не отображаются. Если в нем стоит галочка на белом фоне, цепь отображается, а если галочка на сером фоне, то цепь отображается только при движении компонентов с ней связанных. Выбрать режим отображения цепи можно, щелкая левой кнопкой мыши по этому квадратику или нажимая кнопки **Show Conns** (показать связь), **Show Conns Only on Drag** (показать связь только при передвижении), **Hide Conns** (скрыть связь).

Выборную в окне *Nets* одиночную цепь при необходимости можно переименовать, используя кнопку **Rename** или просмотреть ее свойства (кнопка **Info**). Для примера на рис. 9-18 приведена панель со свойствами одной из цепей проекта. Здесь указывается имя цепи (Net name), количество контактных площадок (Pad count), переходных отверстий (Via count), линий (Line count), дуг (Arc count), полигонов (Polygon count) в цепи. Кроме того, указывается длина выбранных сегментов проводников трассы (Length of selected copper), общая длина проводников трассы (Total length of copper in net), общая длина соединений (Total connection length) и общая длина соединений по Манхэттену (Total connection length (Manhattan)). Понятие длины по Манхэттену иллюстрируется на врезке.

Net Information			
Net name:	D1		
Length of selected copper:	0.000mm	Pad count:	4
Total length of copper in net:	0.000mm	Via count:	0
Total connection length:	130.140mm	Line count:	0
Total connection length (Manhattan):	160.260mm	Arc count:	0
		Polygon count:	0

Рис. 9-18. Информация о цепи



При нажатии на кнопку **Edit Attrs** на панели **Edit Nets** открывается диалог редактирования атрибутов выбранных цепей. Атрибуты можно добавлять, удалять, изменять их значения. Просмотреть (и распечатать) значения атрибутов для выбранных цепей можно с помощью Блокнота Windows, нажав на кнопку **View Attrs**.

Кнопка **Highlight** позволяет выделить цветом выбранную цепь (цепи), а кнопка **Unhighlight** снимает цветовое выделение с выбранных цепей.

Кнопка **Select** позволяет выбирать цепи в проекте.

Выбирать цепи в списке помогают кнопки расположенные под окном с именами цепей. С помощью кнопки **Set All Nets** можно выбрать все цепи, а с помощью кнопки **Clear All Nets** отменить выбор для всех цепей. Кнопка **Select Nets By Node Count** позволяет выбрать цепи содержащие определенное число контактов, количество которых задается в окнах *Min* и *Max*. Кнопка **Set Nets By Attr** позволяет отбирать цепи с заданными значениями атрибутов.

В окне *Nodes* перечисляются все узлы, принадлежащие выбранным цепям. Здесь же отображаются стили контактных площадок. Кнопки под этим окном позволяют выбрать все узлы в списке, отменить выбор для всех узлов, перейти к выбранному контакту в проект (**Jump to Node**), просмотреть свойства контактных площадок (**Pad Properties**) или отключить узел от цепи (**Remove Nodes**).

• **Используя полученную информацию, разместите компоненты на печатной плате.**

На рис. 9-19 приведен пример размещения компонентов для данного проекта



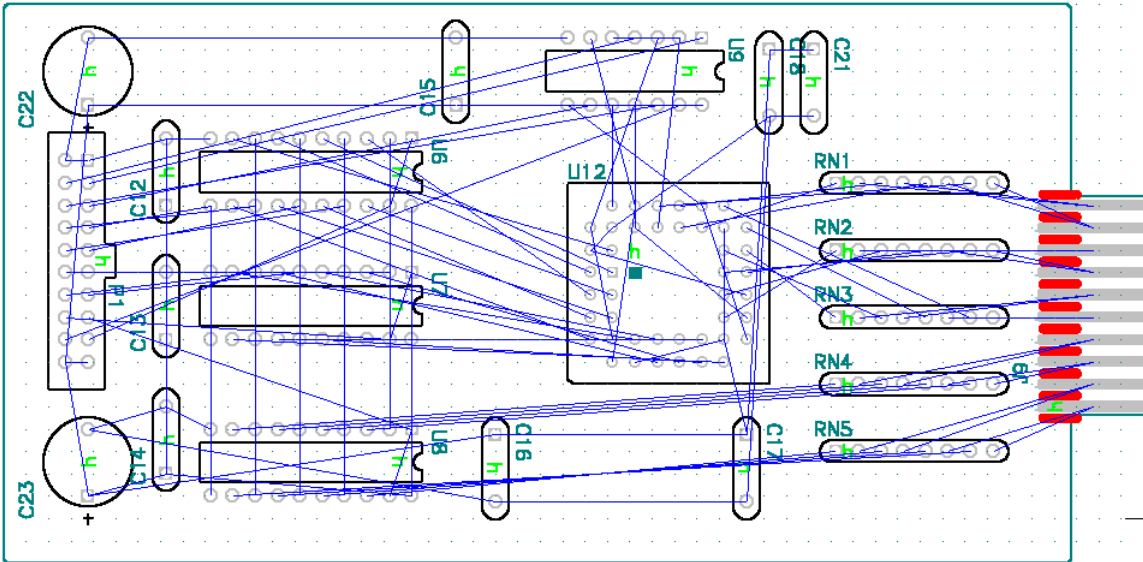


Рис. 9-19. Пример размещения компонентов на плате

## 9.4 Редактирование и просмотр атрибутов компонентов

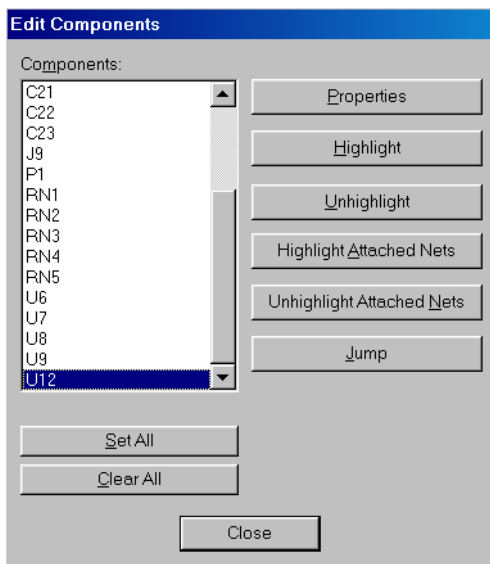


Рис. 9-20. Выбор компонента из списка

та и измените его позиционное обозначение

1) Войдите в команду **Edit/Components**.

2) На появившейся панели **Edit Components** (см. рис. 9-20) в окне со списком найдите и выберите компонент U12.

3) Нажмите на кнопку **Properties** (свойства).

4) На первой закладке панели **Component Properties** в

При компоновке печатной платы практически всегда возникает необходимость в редактировании атрибутов компонентов, например, таких как тип или позиционное обозначение. Часто требуется изменить их местоположение, ориентацию, скрыть или наоборот, визуализировать. Получить доступ к атрибутам выделенного компонента, можно используя команду **Properties** из выпадающего меню.

### 9.4.1 Основные свойства компонента

• Рассмотрите свойства компонента U12 проек-

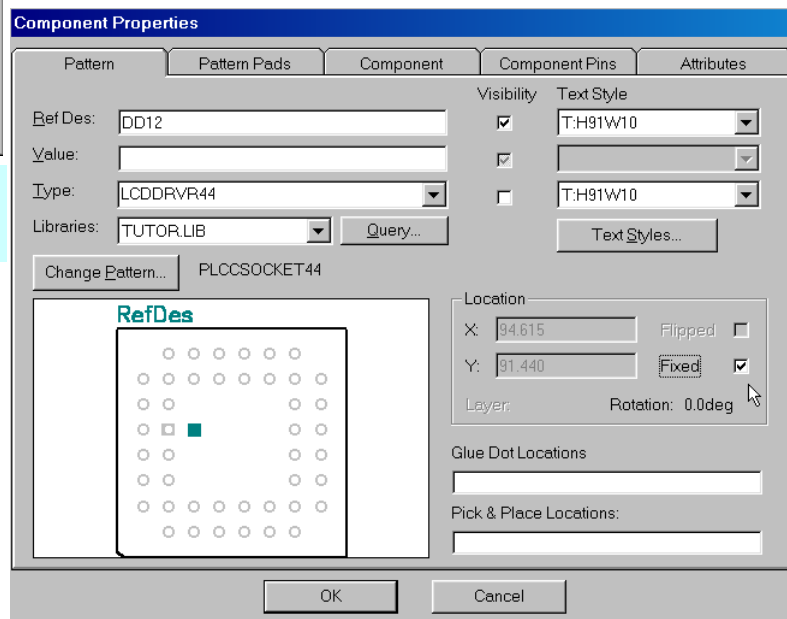


Рис. 9-21. Редактирование свойств компонента

графе Ref Des (см. рис. 9-21) измените позиционное обозначение компонента на **DD12**.

- 6) Видимость атрибута определяется наличием или отсутствием флажка *Visibility*.
- 7) В окне со списком *Text Style* выбирается стиль текста для атрибута.
- 8) Нажатие кнопки **Text Style** открывает панель **Options Text Style** для создания новых стилей текста или редактирования существующих (см. пп. 7.10).

9) В группе *Location* (местоположение) указываются координаты X и Y опорной точки компонента, угол его поворота (Rotation), признак установки компонента на нижней стороне печатной платы (флажок *Flipped*). Установив флажок *Fixed* (зафиксировать), можно зафиксировать компонент, чтобы предохранить его от случайного перемещения при групповых операциях.

Интересно, что при установке компонента на верхней стороне платы координаты его опорной точки на данной закладке недоступны, а при установке на нижней стороне их можно изменять.

10) В окнах *Glue Dot Locations* и *Pick & Place Locations* отображаются координаты точек приклейки и точек для автоматической установки компонента.

11) В графе *Value* указывается номинальное значение емкости, индуктивности или сопротивления.

12) В графе *Type* отображается тип компонента. Здесь можно оперативно изменить тип компонента, выбирая его из раскрывающегося списка. При этом объединение атрибутов библиотечного компонента и заменяемого компонента происходит по следующим правилам:

- если у библиотечного компонента есть атрибуты, отсутствующие у компонента в проекте, они переносятся в проект;
- если одинаковые атрибуты в проекте и библиотеке имеют разные значения, то приоритет отдается значениям библиотечных атрибутов;
- атрибут, имеющийся у компонента в проекте и отсутствующий у библиотечного компонента, остается в проекте.



*Если у библиотечного компонента и проектного компонента различаются значения атрибутов Value, пользователю представляется право выбрать сохраняемое значение.*

13) В окне со списком *Libraries* (библиотеки) выбирается название библиотеки при необходимости сменить тип компонента.

14) Нажатие кнопки **Change Pattern** (изменить корпус) позволяет создать в текущей библиотеке новый компонент, выбрав для него другой подходящий корпус (опять же из текущей библиотеки!).



- 1) Для замены системой предлагаются корпуса, согласованные по числу выводов.
- 2) Для зафиксированных компонентов (установлен флажок *Fixed*) и компонентов с неоднородными секциями эта кнопка недоступна.
- 3) Имя вновь создаваемого компонента при изменении корпуса может быть уникальным или совпадать с именем существующего в библиотеке компонента при условии, что этот компонент не используется в текущем проекте.

15) Нажатие кнопки **Query** (запрос) позволяет создать запрос для поиска подходящих компонентов в подключенных к проекту библиотеках по различным, задаваемым пользователями критериям. Более подробно эта возможность описана в разделе 8.

**• Просмотрите последовательно остальные закладки панели *Component Properties* в соответствии с приведенным ниже описанием, внося необходимые изменения там где это возможно.**

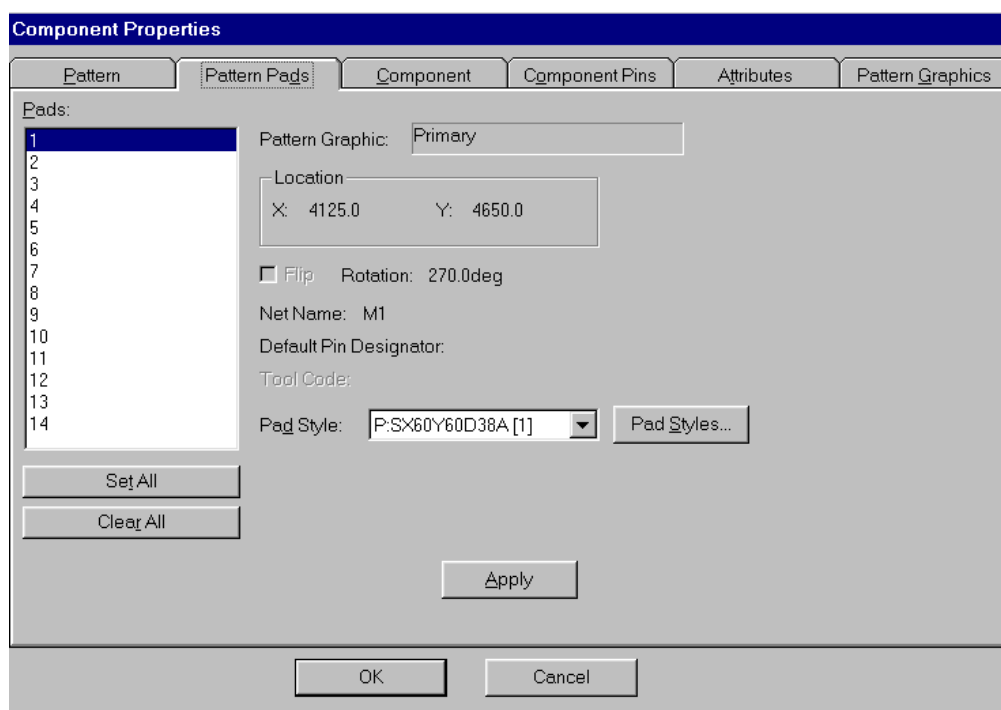


Рис. 9-22. Свойства контактных площадок компонента

#### 9.4.2 Изменение стилей контактных площадок

На закладке ***Pattern Pads*** (модели контактных площадок) панели **Component Properties** можно изменить стили выбранных контактных площадок корпуса компонента или создать новый стиль и включить его в список существующих стилей (см. рис. 9-22).

В окне со списком ***Pads*** отображаются номера контактных площадок для выбранного компонента. Информационные поля справа от этого окна содержат справочную (нередатируемую) и редактируемую информацию об отмеченных в списке контактных площадках. При этом кнопки **Set All** и **Clear All**, расположенные под окном со списком контактных площадок, позволяют выделить или снять выделение со всех контактных площадок в списке соответственно.

В окне ***Pattern Graphic*** (графика корпуса) отображается имя выбранного графического представления корпуса компонента.

В группе ***Location*** (размещение) указываются координаты выделенной в списке контактной площадки.

Флажок ***Flip*** показывает, была или нет зеркально отражена выбранная контактная площадка (этот флажок появляется при перестановке корпуса с верхней стороны ПП на нижнюю).

В графе ***Rotation*** указывается угол поворота контактной площадки (вместе с корпусом).

В графе ***Net Name*** указывается имя цепи, подключенной к выбранной контактной площадке.

В графе ***Default Pin Designator*** отображается позиционное обозначение вывода по умолчанию, а в графе ***Tool Code*** кодовое обозначение диаметра сверла для сверления отверстия.

В окне ***Pad Style*** можно изменить стиль выбранных контактных площадок, выбрав его из списка. Кнопка **Pad Styles** открывает диалоговую панель создания новых стилей контактных площадок и редактирования существующих.

Кнопка **Apply** фиксирует введенные изменения для выделенных контактных площадок.

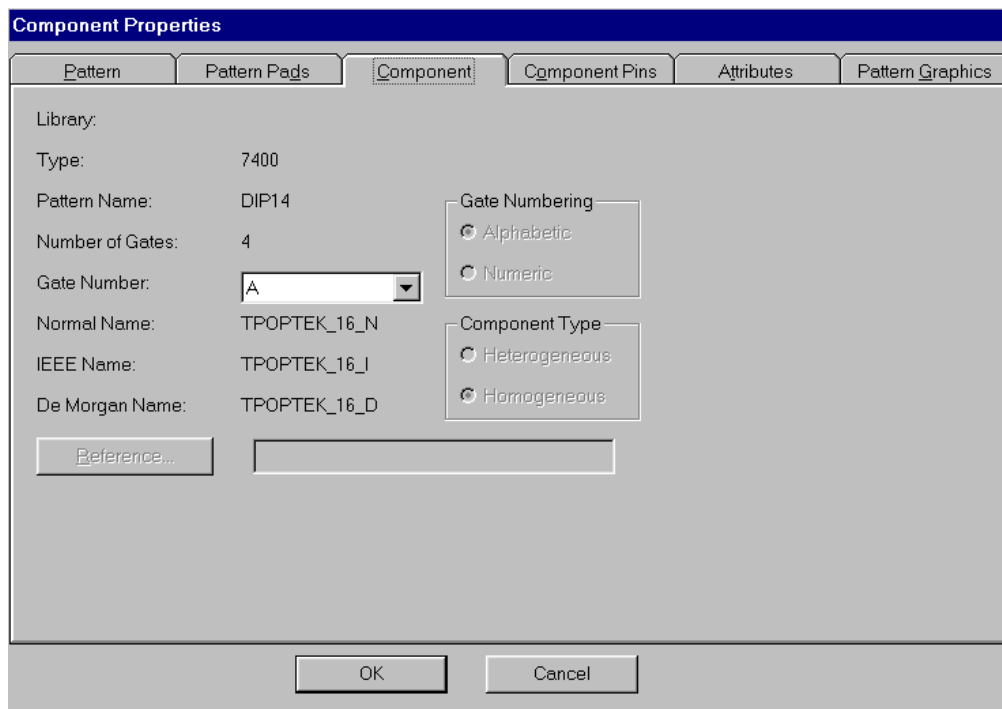


Рис. 9-23. Свойства компонента

### 9.4.3 Общая справочная информация о компоненте

На закладке **Component** (компонент) панели **Component Properties** (см. рис. 9-23) приводится общая справочная информация о компоненте. Часть информации, приводимой на этой закладке, повторяет данные с других закладок. Это касается типа компонента – графа Type, библиотеки, из которой он взят – графа Library и имени корпуса – графа Pattern Name. Указывается также количество секции в корпусе (Number of Gates), способ нумерации секций (Gate Numbering) – алфавитный (alphabetic) или цифровой (numeric) и тип компонента – однородный (homogeneous) или неоднородный (heterogeneous).

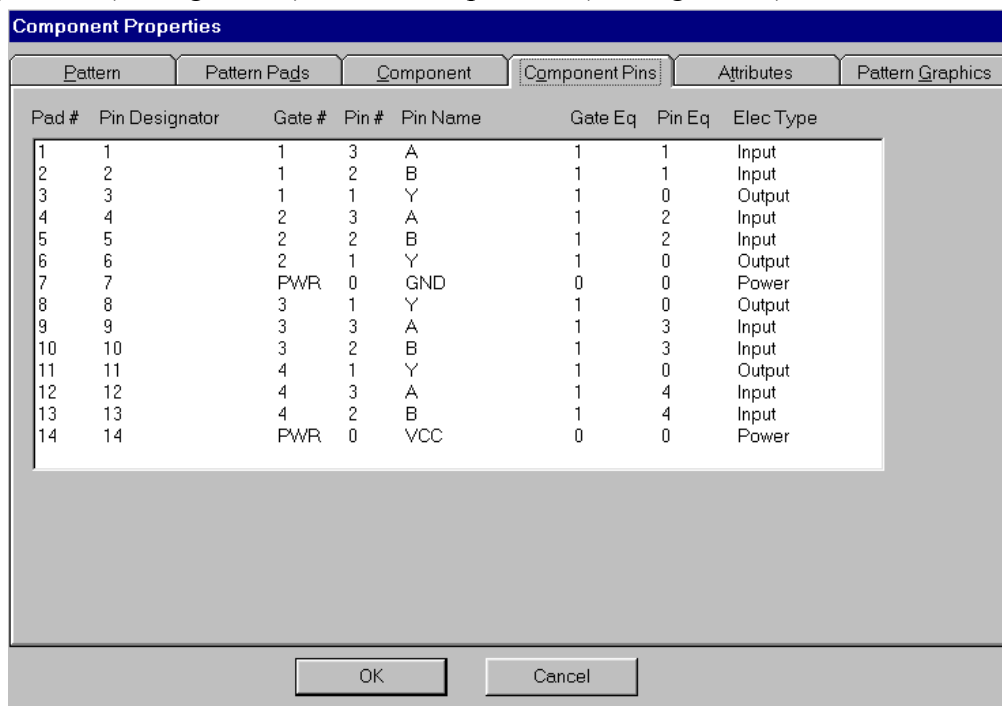


Рис. 9-24. Свойства выводов компонента

Кроме того, для каждой секции, выбранной в окне со списком Gate Number можно узнать имя нормального символьного представления (Normal Name), представления по стандарту IEEE (IEEE Name) и представления в виде логической функции (De Morgan Name).

### Интересно, зачем это все конструктору?

Кнопка **Reference** (ссылка), если она доступна, позволяет получить дополнительную информацию о компоненте из Интернет или какого-либо документа (например, справочника). Для того чтобы воспользоваться этим, безусловно, полезным свойством, необходимо при создании компонента добавить специальный атрибут, который так и называется – Reference и в качестве его значения указать адрес в Интернет или сделать ссылку на какой-либо электронный документ.

#### 9.4.4 Просмотр таблицы упаковки в корпус

На закладке **Component Pins** панели **Component Properties** (см. рис. 9-24) для справки приводится таблица со свойствами выводов компонента. Достаточно подробно ее структура рассматривалась в пп. 8.5.

#### 9.4.5 Просмотр и редактирование дополнительных атрибутов

На закладке **Attributes** панели **Component Properties** (рис. 9-25) можно просмотреть существующие атрибуты компонента, добавить новые (кнопка **Add**), удалить ненужные (кнопка **Delete**) или изменить их значения (кнопка **Properties**).

Нажатие на кнопку **Launch** (запуск), если она доступна, позволяет получить дополнительную информацию о компоненте из Интернет или какого-либо документа. Для этого в качестве значения атрибута должен быть указан адрес в Интернет или название документа, например, Технических Условий. В частности, на рис. 9-25 показаны два атрибута, позволяющие по нажатию этой кнопки запустить БЛОКНОТ Windows (Reference) и открыть Web-страницу (Reference\_2).

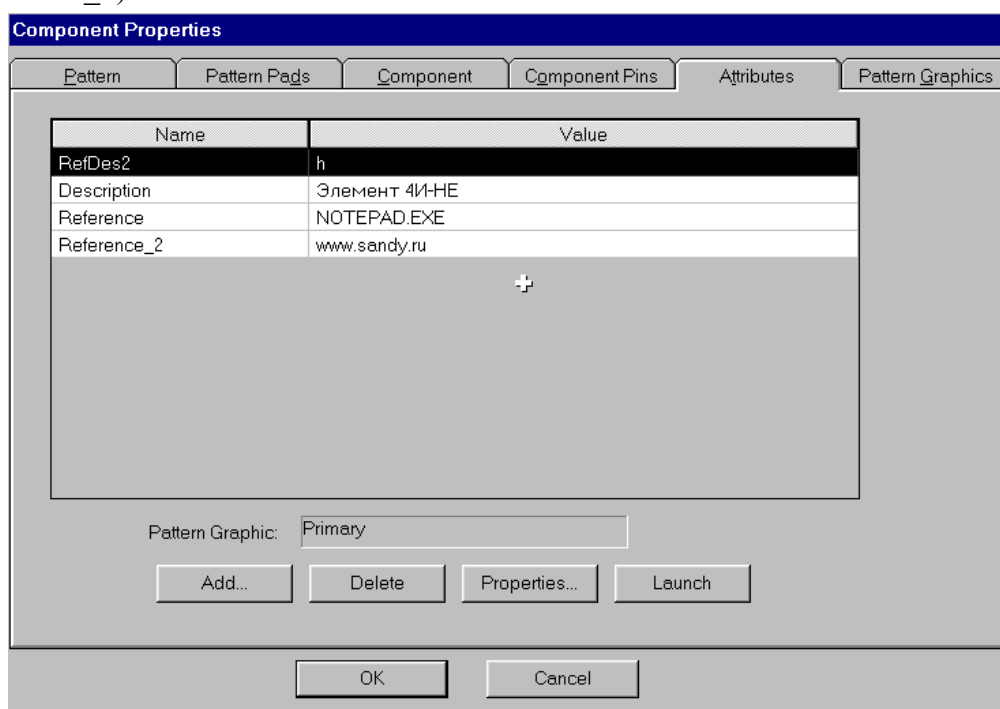


Рис. 9-25. Просмотр и редактирование атрибутов

#### 9.4.6 Просмотр списка возможных вариантов корпусов

На закладке **Pattern Graphics** панели **Component Properties** (рис. 9-26) приведена справочная (нередактируемая) информация о возможных вариантах корпусов, соединенных с компонентом. Возможные варианты перечислены в окне *Pattern Graphics*.



Любые изменения этого списка возможны только с помощью редактора корпусов - P-CAD Pattern Editor!!

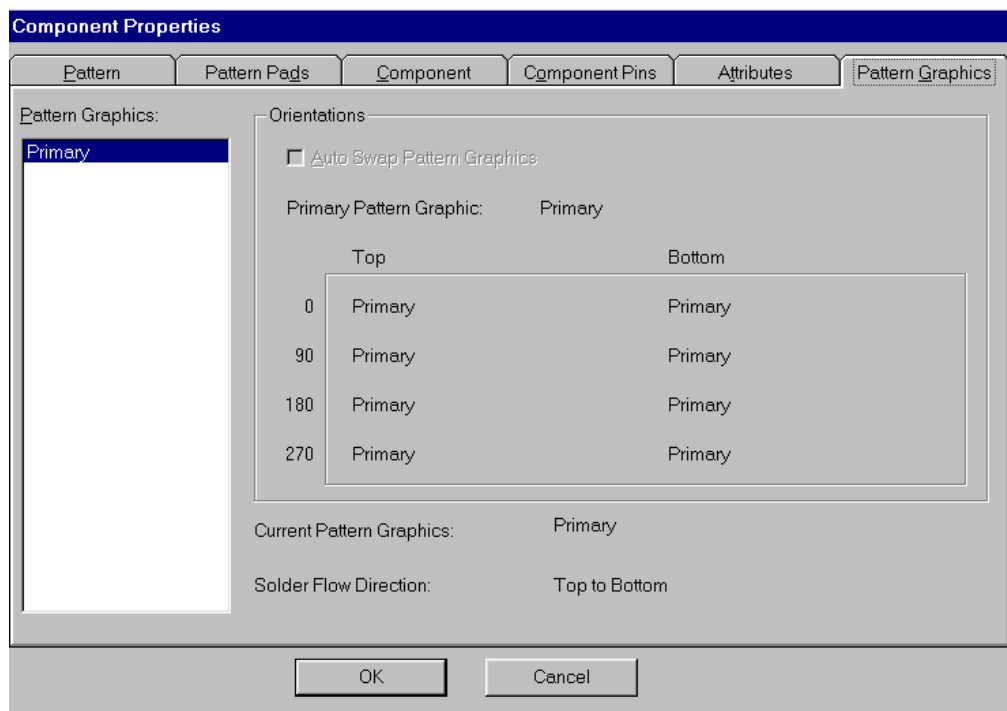


Рис. 9-26. Информация о графике корпуса

Установленный флажок *Auto Swap Pattern Graphics* (автоматическое переключение графики корпуса) говорит о том, что альтернативные варианты корпусов будут выбираться автоматически в зависимости от ориентации компонента.

В графе *Primary Pattern Graphic* указывается первичная (Primary) или используемая по умолчанию (default) графика корпуса.

Таблица с перечнем возможных вариантов при установке компонента на верхнюю (Top) или нижнюю (Bottom) сторону печатной платы и повороте его на 0, 90, 180 и 270 градусов приведена в рамке *Orientations* (ориентация).

В графе *Current Pattern Graphic* указывается, какой из возможных вариантов конструкции корпуса указанных в списке выбран для данного компонента в текущий момент.

Изменение перечисленных выше параметров возможно при активизации команды **Edit/Pattern Graphics** основного меню или аналогичной команды контекстного меню.

В графе *Solder Flow Direction* указывается текущее направление движения волны припоя (при автоматической пайке). Изменение этого параметра возможно на закладке **Manufacturing** панели **Options Configure** (см. пп. 7.2.4).

## 9.5 Ручная и интерактивная трассировка печатных плат в редакторе PCB

Существует мнение, что автоматическую трассировку печатных плат следует проводить только в случае низкочастотных и неответственных плат /. Во всех остальных случаях лучше проводить трассировку вручную всей платы или, по крайней мере, ее наиболее ответственных цепей. Очевидно, что в ряде случаев это мнение обосновано.

Для ручной трассировки в системе P-CAD предлагаются инструменты, которые условно можно разделить на три группы:

- инструменты для ручной трассировки;
- инструменты интерактивной трассировки;



- специальные инструменты.


К инструментам ручной трассировки можно отнести **Route Manual**, с помощью которого прокладка трасс производится полностью вручную в строгом соответствии с замыслом разработчика. Система в данном случае играет роль электронного кульмана, осуществляя, правда, пассивный контроль за соблюдением технологических норм и правил.

Инструменты интерактивной трассировки более интеллектуальны. Здесь разработчик лишь указывает направление фрагмента трассы, а система формирует ее сама с учетом принятых правил трассировки. При желании возможно автоматическое завершение начатой трассы и автоматическая корректировка фрагментов уже проложенных трасс (режим **Push Traces** – расталкивание трасс). К инструментам интерактивной трассировки можно отнести команду **Route Interactive**, осуществляющую трассировку и инструмент для сглаживания изгибов проводников **RouteMiter**.

К специальным инструментам интерактивной трассировки относятся:

- **Route Fanout** – для полуавтоматической генерации выравнивающих отрезков трасс для группы проводников;
- **Route Bus** - для одновременной трассировки в интерактивном режиме нескольких параллельных проводников, образующих шину или жгут;
- **Route MultiTrace** - для автоматической трассировки (в одном слое) несколько соединений, указанных пользователем.

### 9.5.1 Команда Route/Manual – ручная трассировка

Ручная трассировка печатных плат выполняется по команде **Route/Manual** (трассировка/ручная). Аналог этой команды - кнопка  на инструментальной панели. Эта команда является достаточно гибким инструментом, позволяющим проводить трассы точно по желанию пользователя. Перед началом трассировки необходимо разместить компоненты на печатной плате и задать электрические связи между их выводами.

#### • Проведите трассу в режиме ручной трассировки

1) Для проведения трассы необходимо предварительно выбрать сигнальный слой, в котором будет располагаться первый сегмент трассы и выбрать или задать ширину сегмента. Для выбора сигнального слоя и ширины проводника используйте соответствующие окна со списком в нижней инструментальной панели.

2) Также необходимо установить подходящий шаг координатной сетки и установить такой масштаб изображения, что бы были видны узлы сетки. Это значительно облегчит процесс трассировки.

3) Для начала трассировки щелкните левой кнопкой мыши по контактной площадке, с которой должна начинаться трасса, и затем отмечайте нажатиями левой кнопки мыши все места изломов проводника трассы.

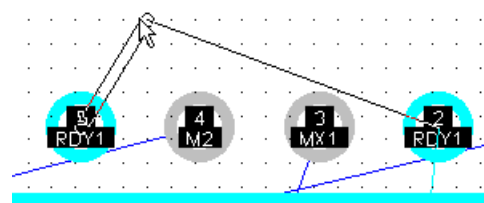


Рис. 9-27. Вид текущего сегмента проводника при нажатой левой кнопке мыши



Пока нажата левая кнопка мыши, на экране видно контурное изображение вводимого сегмента и его конец можно сдвигать (см. рис. 9-27)!!!

4) При необходимости в процессе трассировки перед началом размещения текущего сегмента можно изменить сигнальный слой или ширину сегмента. Для переключения сигнальных слоев используйте горячие клавиши **L** или **SHIFT/L**, а для переключения текущей ширины линии горячие клавиши **W** или **SHIFT/W**. Для примера на рис. 9-28 приведен фрагмент трассы, выполненный сегментами разной ширины и расположенными в разных слоях.

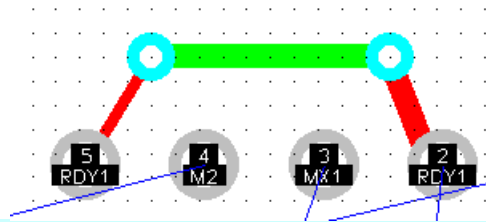



Рис. 9-28. Фрагмент трассы с проводниками разной ширины расположенными в разных слоях

5) По умолчанию при щелчке правой кнопкой мыши система пытается завершить недоразведенную связь сегментом по кратчайшему расстоянию от текущей до конечной точки. Как правило, такое соединение выполняется некорректно, поэтому лучше не пытаться заставлять систему самостоятельно завершать трассу. Прервать выполнение трассировки без ее завершения можно клавишами с косой чертой «/» или «\».

б) Удалить последний введенный сегмент можно, используя клавишу **BACKSPACE**. При ее нажатии последовательно будут удаляться введенные ранее сегменты.

7) Удалить весь введенный фрагмент трассы можно после завершения его трассировки командой **Edit/Undo** (аналог – кнопка  на инструментальной панели).

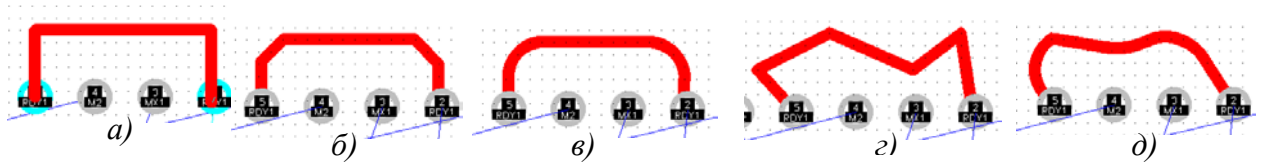


Рис. 9-29. Варианты выполнения изломов проводников

Очень часто варианты сопряжения отдельных сегментов трассы регламентируются назначением устройства или технологическими ограничениями. Система P-CAD обладает достаточно большими возможностями в этой области. Для примера на рис. 9-29 показаны допустимые варианты сопряжения отдельных сегментов трасс:

- проводники ортогональны (рис. 9-29,а);
- сглаживание отрезками прямых под углом 45 градусов (рис. 9-29,б);
- сопряжение по дуге (проводники ортогональны) (рис. 9-29,в);
- проводники под любым углом без сглаживания (рис. 9-29,г);
- сглаживание касательными дугами (проводники под любым углом) (рис. 9-29,д).

Переключение между различными режимами сглаживания в процессе ручной трассировки производится с помощью горячей клавиши «O». При этом горячая клавиша «E» позволяет изменить положение точки излома при сглаживании прямыми линиями и сопряжении по дуге.



В пределах трассы система допускает использование любых вариантов сглаживания или их комбинаций!!

Во многих случаях удобно трассировку выполнять с применением T-образного соединения проводников (рис. 9-30). Реализация такого соединения при выполнении команды **Route/Manual** имеет свои особенности.

Во-первых, поскольку трасса реализуется как полилиния, т.е. конец одного сегмента является началом другого, необходимо вначале полностью создать верхнюю часть соединения, завершив его создание нажатием клавиши «/» или правой кнопки мыши.

Затем на существующей трассе указать точку подключения нового фрагмента (в данном случае вертикального) щелчком левой кнопки мыши **при нажатой клавише SHIFT**. Дальнейшие построения выполняются как обычно.

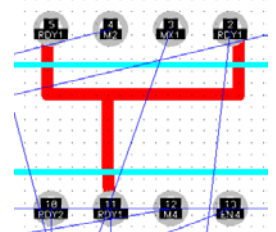




Рис. 9-30. T-образная трассировка



Поскольку трасса прокладывается вручную, возможны нарушения технологических ограничений. Система сообщает о выявленных нарушениях, если включен режим Online DRC (нажата кнопка ) , но сама их не исправляет!!!

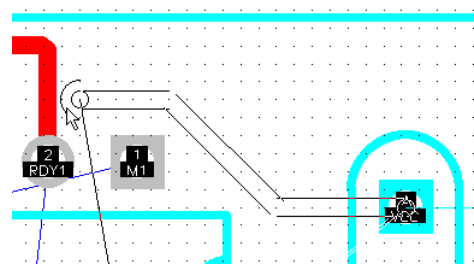
### 9.5.2 Команда Route/ Interactive – интерактивная трассировка

Команда **Route/Interactive** (аналог - кнопка ) является более интеллектуальной чем предыдущая команда ручной трассировки. Она позволяет быстро проводить трассы с учетом технологических норм и правил. Прокладка трасс может осуществляться как полностью автоматически, с огибанием препятствий, так и под управлением пользователя.

#### • Проведите трассу в режиме ручной трассировки

1) Для проведения трассы, также как и в предыдущем случае, необходимо предварительно выбрать сигнальный слой, в котором будет располагаться первый сегмент трассы, и выбрать или задать ширину сегмента. Также необходимо установить подходящий шаг координатной сетки и установить такой масштаб изображения, что бы были видны узлы сетки.

2) Для начала трассировки активизируйте команду **Route/Interactive**, нажмите левую



кнопку мыши на контактной площадке, с которой должна начинаться трасса, и, не отпуская кнопку мыши, перемещайте курсор в направлении следующей контактной площадки, входящей в трассируемую цепь. За курсором потянется контурное изображение участка трассы (уже не одиночного сегмента, как было в предыдущем случае), автоматически огибающее, если это возможно встречающиеся препятствия (см. рис. 9-31).



Рис. 9-32. Контекстное меню интерактивной трассировки

Рис. 9-31. Прокладка участка трассы в интерактивном режиме

3) Конфигурация трассируемого участка трассы будет динамически меняться в зависимости от положения курсора и наличия препятствий.

4) Для фиксации проложенного участка трассы отпустите левую кнопку мыши.

5) Для создания следующего участка вновь нажимайте левую кнопку мыши и перемещайте курсор в новое положение, следя за конфигурацией создаваемого проводника.

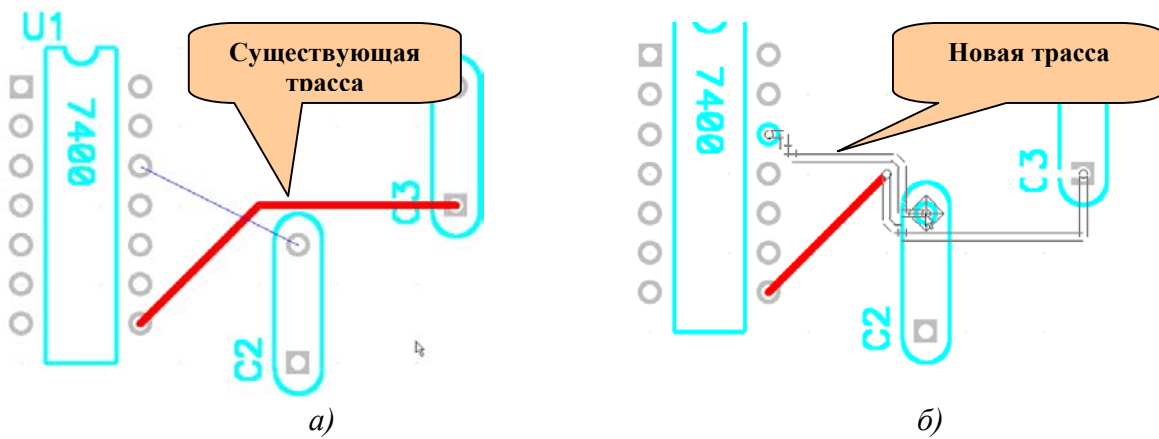


Рис. 9-33. Действие режима расталкивания трасс (Push Traces)

При нажатии в процессе трассировки на правую кнопку мыши открывается меню, показанное на рис. 9-32, содержащее следующие команды:

<b>Complete</b>	Завершение прокладки текущего фрагмента трассы по заданным правилам проектирования, если это возможно. В случае неудачи выдается звуковой сигнал.
<b>Push Traces</b>	Включение режима расталкивания существующих проводников.
<b>Suspend</b>	Приостанавливает прокладку трассы без ее завершения (аналогично нажатию «/», «\»)
<b>Cancel</b>	Отменяет прокладку фрагмента трассы
<b>Options</b>	Установка параметров конфигурации проекта по команде <b>Option/Configure</b>
<b>Layers</b>	Открытие окна команды <b>Option/Layers</b> для изменения структуры слоев платы
<b>Via Style</b>	Открытие окна команды <b>Option/ Via Style</b> для выбора стиля текущего переходного отверстия или его редактирования
<b>Unwind</b>	Отмена ввода последнего сегмента (аналогично нажатию клавиши <b>BACK-SPACE</b> )

Таким образом, для автоматического завершения начатого фрагмента трассы необходимо нажать правую кнопку мыши и в контекстном меню выбрать команду **Complete**. При этом система продолжит прокладку трассы автоматически.




*При автоматическом завершении трассы переключения со слоя на слой не происходит, т.е. система пытается реализовать весь фрагмент в текущем слое!!*

Для завершения прокладки фрагмента трассы с сохранением только текущих результатов работы в контекстном меню следует использовать команду **Suspend**.

Клавиши «**L**», «**W**», «**O**», «**F**», «/», «\» имеют такое же значение, как и при ручной прокладке трасс.




*При интерактивной трассировке невозможно сглаживание проводников по дуге и их прокладка под произвольными углами!!*

Интересные возможности представляет включение режима расталкивания трасс (**Push Traces**), который включается командой **Push Traces** контекстного меню или кнопкой  на инструментальной панели. На рис. 9-33 представлена иллюстрация работы с его использованием: 9-33,а – исходное состояние на фрагменте платы; 9-33,б – попытка реализовать соединение между микросхемой и конденсатором С2. На рис. 9-33,б видно, что система автоматически сместила часть существовавшей трассы (показана контуром) так, чтобы появилась возможность проложить новую трассу.



***Push Traces** – это не команда, это режим прокладки проводников в команде **Route/Interactive***

### 9.5.3 Команда **Route/Miter** - сглаживание проводников

При подготовке печатной платы к производству после ручной или автоматической трассировки довольно часто возникает задача сглаживания прямых углов. В системе P-CAD для этой цели может использоваться команда **Route/Miter**, вызываемая из основного меню или кнопкой  на инструментальной панели.

Работа с этой командой при сглаживании прямоугольных изгибов достаточно проста.

1) Режим сглаживания (дуга или линия) устанавливается на закладке **Route** команды **Options/Configure**.

2) Команда активизируется и курсором указывается угол трассы (см. рис. 9-34).

3) При нажатой левой кнопки мыши смещением курсора задается необходимая величина сглаживания.



Режим сглаживания в процессе выполнения команды можно оперативно менять с помощью горячей клавиши «**O**»!!

С помощью данной команды возможно также проводить сглаживание Т-образных соединений проводников, как показано на рис. 9-35.

#### 9.5.4 Команда **Route/Fanout** – выравнивание проводников

При наличии в пакете лицензии на утилиту **InterRouteGold** в редакторе печатных плат становятся доступными еще несколько команд, позволяющие в некоторых случаях ускорить и облегчить трассировку. Одной из таких команд является **Route/Fanout**, позволяющая организовать трассировку

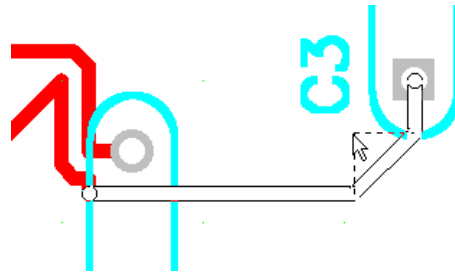


Рис. 9-34. Сглаживание проводника командой **Route/Miter**

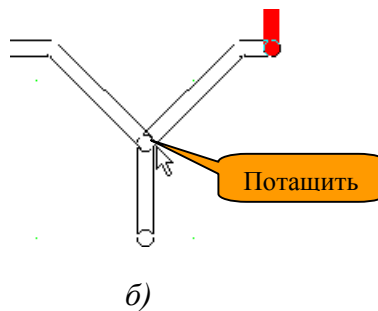
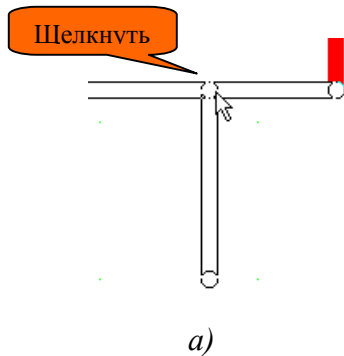

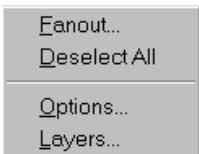


Рис. 9-35. Сглаживание Т-образных соединений проводников командой **Route/Miter**

группы линий (жгута) от нескольких контактных площадок. С помощью данной команды генерируются короткие выравнивающие отрезки проводников, чтобы начать трассировку жгута с одной прямой.



После запуска команды из основного меню или нажатия пиктограммы  на инструментальной панели при нажатой клавише **CTRL** щелчками левой кнопки мыши отмечают соединения, входящие в состав жгута.



Далее щелчком правой кнопки мыши вызывается контекстное меню, показанное на врезке, и в нем выбирается команда **Fanout**, позволяющая перейти к определению стиля и параметров выталкивания.

Команда **Deselect All** в контекстном меню позволяет отказаться от выбора соединений.

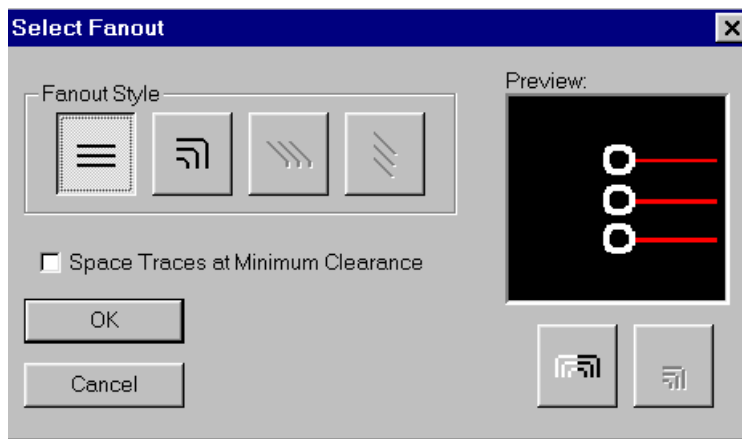


Рис. 9-36. Выбор вариантов расположения и параметров выравнивающих отрезков

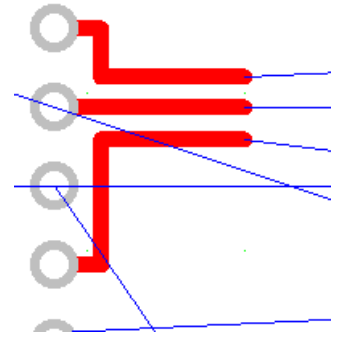



Рис. 9-37. Выравнивающие проводники с минимальным зазором

На панели **Select Fanout** (см. рис. 9-36) в группе *Fanout Style* необходимо нажать кнопку соответствующую одному из четырех стиле выравнивающих отрезков, отображающемуся в окне предварительного просмотра.



При установке режима ортогональности проводников в PCB доступны только стили №1 и №2

Кнопки **Flip/Flop** , расположенные под окном предварительного просмотра позволяют задать ориентацию выравнивающих отрезков.



При выборе стиля №1 кнопка **Flop** (правая) заблокирована


Установка флажка *Space Traces at Minimum Clearance* позволяет провести выравнивающие проводники в данной сетке трассировки с минимальным зазором между ними, как показано на рис. 9-37.



При выборе стиля №4 флажок *Space Traces at Minimum Clearance* заблокирован.

### 9.5.5 Команда **Route/Bus** – прокладка шин

Очень часто вместе с командой **Route/Fanout** используется команда **Route/Bus**, позволяющая одновременно трассировать несколько параллельных проводников, образующих шину. Эту команду удобно использовать для трассировки плат цифровых устройств имеющей выраженную шинную структуру.

Команда **Route/Bus** запускается из основного меню или нажатием кнопки  на инструментальной панели.

- 1) Перед трассировкой шины необходимо выбрать слой для трассировки и шаг сетки.
- 2) Для трассировки шины должны быть выбраны несколько соединений, начинающихся либо на контактных площадках, либо на концах выравнивающих отрезков, полученных при выполнении команды **Route/Fanout**. Выбор соединений производится щелчками левой кнопки мыши при нажатой клавише **CTRL**





Выбираемые соединения должны быть выровнены по горизонтали или вертикали, хотя бы с одной стороны!!!

3) Далее при нажатой левой клавише мыши движением курсора производится формирование требуемого сегмента шины, как показано на рис. 9-38. Использование движения курсора при нажатой клавише мыши удобно тем, что при этом за курсором тянется контур формируемого сегмента и можно визуально проконтролировать его положение и форму.

4) Во время формирования сегмента возможно оперативное переключение между двумя режимами проведения проводников – под углом 45 градусов и ортогональным. Для этого можно использовать горячую клавишу «**O**». Горячая клавиша «**F**», как и в других командах позволяет изменить положение точек излома

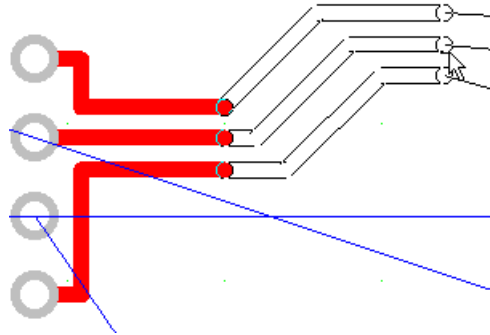


Рис. 9-38. Прокладка сегмента шины



Переключение между сигнальными слоями при выполнении данной команды невозможно!!!

5) Фиксация сегмента происходит в момент отпущения левой кнопки мыши.

6) Для создания следующего сегмента вновь нажимается левая кнопка мыши и повторяется п. 3.

7) Для завершения прокладки трассы с сохранением результатов необходимо нажать правую кнопку мыши и в контекстном меню выбрать команду **Suspend** (Приостановить). К аналогичному результату приводит нажатие клавиш «**/**» или «**\**».

8) Для отмены команды следует в контекстном меню выбрать команду **Cancel**.

9) Выбор команды **Unwind** (Вернуться) позволяет отменить ввод последнего сегмента (аналогично нажатию клавиши **BACKSPACE**).

### 9.5.6 Команда Route/MultiTrace – одновременная прокладка нескольких трасс

Команда **Route/MultiTrace** позволяет одновременно трассировать несколько соединений в автоматическом режиме. При этом в отличие от команды **Route/Bus** каждое соединение трассируется индивидуально, что позволяет найти оптимальный путь для каждой трассы. Этот инструмент позволяет значительно увеличить продуктивность работы конструктора, автоматизируя решение повторяющихся задач. Его использование целесообразно в областях платы с параллельными соединениями.

Как и другие инструменты интерактивной трассировки, **Route MultiTrace** учитывает при трассировке конструкторские правила и атрибуты цепей.

Для работы с этим инструментом необходимо выполнить следующие шаги:

1) Активизировать команду **Route/MultiTrace** в основном меню или нажать кнопку



на инструментальной панели.

2) Выбрать или задать текущую ширину проводников.

3) Выбрать сигнальный слой для трассировки.

4) Установить шаг сетки. Лучше мелкий.

5) При нажатой клавише **CTRL** щелчками левой кнопки мыши выбрать соединения, для которых необходимо проложить трассы.



6) Выбрать один из двух режимов трассировки проводников - **Maximum Hugging** (максимальное прижатие), когда проводники максимально плотно прижимаются к огибаемому препятствию (кнопка ) или **Minimize Length** (минимальная длина) для обеспечения



Рис. 9-39. Режимы прокладки проводников с максимальным прижатием а) и с минимальной длиной б)

минимальной длины проводников (кнопка ). Различие между этими режимами иллюстрирует рисунок 9-39. Эти режимы можно переключать также на закладке **Route** панели **Options Configure** (группа *Interactive Route*).

7) Нажать правую кнопку мыши и контекстном меню выбрать команду **Complete** для автоматической прокладки проводников.

8) Для отмены команды и сброса выбора соединений следует в контекстном меню выбрать команду **Deselect All**.

Следует учитывать, что при прокладке трасс в этом режиме не производится перетрассировка и разрезание ранее проложенных трасс, поэтому успех работы во многом будет определяться последовательностью прокладки трасс. Рекомендуется:

- ❖ в первую очередь проводить трассировку соединений, направления которых наиболее близки к горизонтальным и вертикальным;
- ❖ на панели **Options Configure** (закладка *Route*) установить флажок *Honor Layer Bias* (Придерживаться направлений слоев). Это позволит прокладывать трассы наиболее близко к 45 градусам;
- ❖ из трасс, которые лежат под одним и тем же углом первыми прокладываются самые короткие;
- ❖ при выборе трасс учитывайте, что последующие трассы будут стремиться следовать за начальными;
- ❖ учитывайте, что направление трассировки будет влиять на расположение трасс, в частности от этого будет зависеть с какой стороны будут огибаться препятствия. На рис. 9-40 приведены примеры огибания трассами препятствий при их трассировке слева-направо (верхняя трасса) и справа-налево (нижняя трасса). Правило выбора направлений следующее:
  - Если выбрано только соединение или соединение и обе ограничивающих контактных площадки, то трассировка по умолчанию проводится снизу-вверх или слева-направо.
  - Если выбрана только одна контактная площадка для соединения, то она будет служить началом трассы.

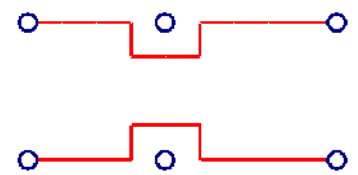


Рис. 9-40.

## 9.6 Создание областей металлизации

Для многих разрабатываемых многослойных плат характерно наличие внутренних полностью или частично металлизированных слоев, используемых, как правило, для подвод-

ки питания и отдельных областей металлизации на сигнальных слоях, используемых, как правило, для экранирования.

### 9.6.1 Создание внутренних областей металлизации

Внутренние области металлизации всегда реализуются на специальных слоях (несигнальных), имеющих специальный тип – **Plane**, поэтому их создание начинается с добавления к структуре слоев по умолчанию дополнительных слоев соответствующего типа.

#### • Добавьте в проект дополнительные слои

1) Добавление слоев производится по команде **Options/Layers**. После этого на панели **Options Layers** (см. рис. 9-41) в окне *Layer Name* (Имя слоя) вводится имя слоя, например, «Земля» или «VCC», а в окне *Layer Number* (Номер слоя) его уникальный номер. В рамке *Type* (Тип) устанавливается флажок *Plane* и нажимается кнопка **Add** (Добавить). Система запросит имя цепи, связанной с создаваемым слоем металлизации (рис. 9-42). Если список

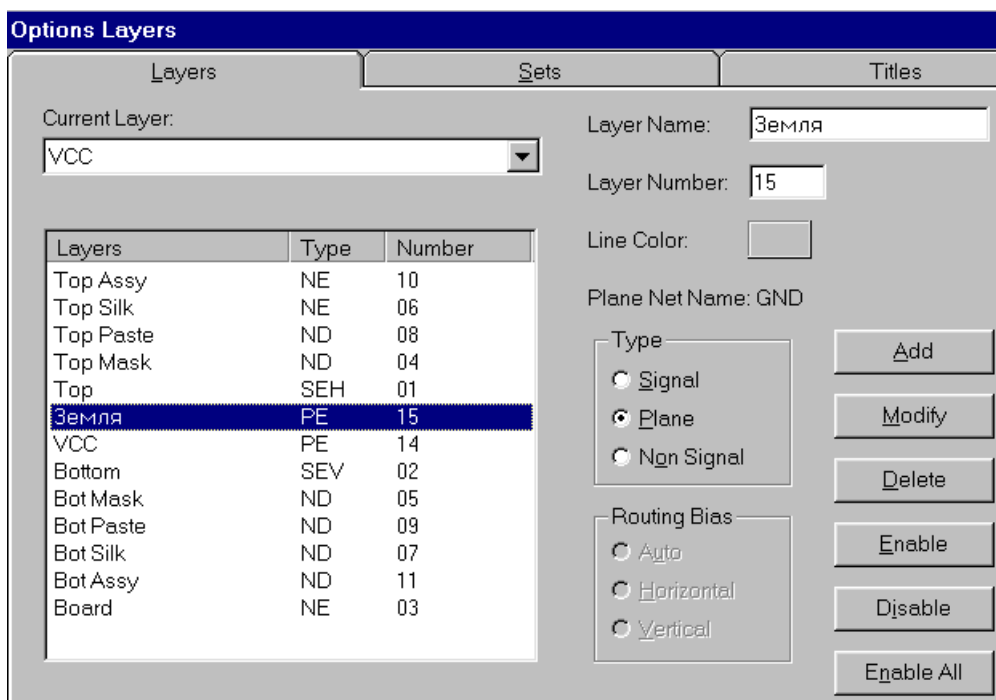


Рис. 9-41. Создание внутренних слоев металлизации

цепей уже загружен, имя цепи можно выбрать из раскрывающегося списка, в противном случае его необходимо набрать на клавиатуре. Это требование является формальным. Имя цепи можно и не указывать.

После нажатия кнопки ОК на панели **Plane Layer Net Name** система добавит новый слой металлизации к существующим слоям, расположив его между сигнальными слоями *Top* и *Bottom*. На рис. 9-41 к структуре слоев по умолчанию добавлены два слоя металлизации – «Земля» и «VCC», которые предполагается использовать для подвода питания к элементам.

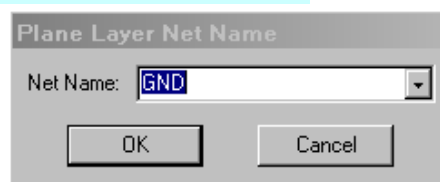



Рис. 9-42. Указание имени цепи, подключаемой к слою металлизации.

2) Следующим шагом на пути создания внутреннего металлизированного слоя является указание его границ с использованием команды **Place/Plane** (аналог – кнопка  на левой инструментальной панели).

Перед указанием границ области металлизации необходимо выбрать соответствующий слой в списке слоев. При попытке разместить область металлизации в слое для этого не предназначенном, появится сообщение об ошибке, показанное на рис. 9-43.

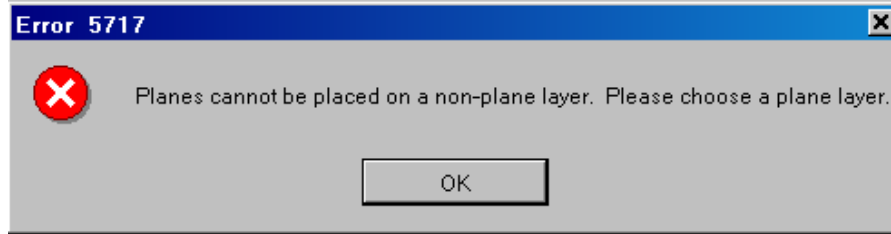


Рис. 9-43.

После выбора слоя курсором последовательно указываются вершины многоугольника, являющегося сплошной областью металлизации.

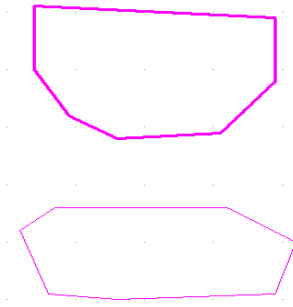



Рис. 9-44. Области металлизации

После окончания ввода всех вершин необходимо нажать правую кнопку мыши и на экране появится граница области металлизации (см. рис. 9-44). Области металлизации с непересекающимися границами в одном слое может быть несколько. Так на рис. 9-44 показаны две области.

3) Далее необходимо перейти в режим выбора объектов (кнопка ) и щелкнуть левой кнопкой мышки внутри области металлизации для ее выделения. Границы области подсветятся, и из контекстного меню можно будет перейти к ее свойствам (рис. 9-45).

В окне *Net* (Цепь) закладки *Plane* необходимо выбрать из списка или напечатать имя существующей цепи, которая будет соединяться с данной областью металлизации.



В окне *Boundary Width* указывается ширина линии разделяющей области металлизации, а нажатие на кнопку **Net Plane Color**, позволяет при желании изменить ее цвет.

В закладке *Polygon* панели **Plane Properties** представлена информация о координатах вершин многоугольника, образующего область металлизации (полигона) и параметрах скругления его углов (рис. 9-46). Для лучшего понимания смысла параметров представленных на данной закладке необходимо обратиться к рисунку 9-47, на котором иллюстрируется принцип скругления (filled) острых углов полигона. На этом рисунке отчетливо видно, что

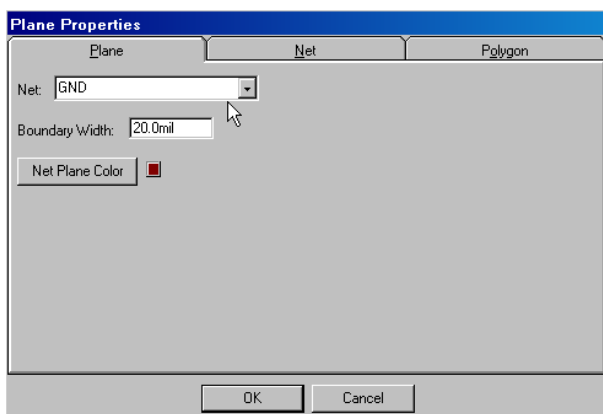


Рис. 9-45. Свойства области металлизации

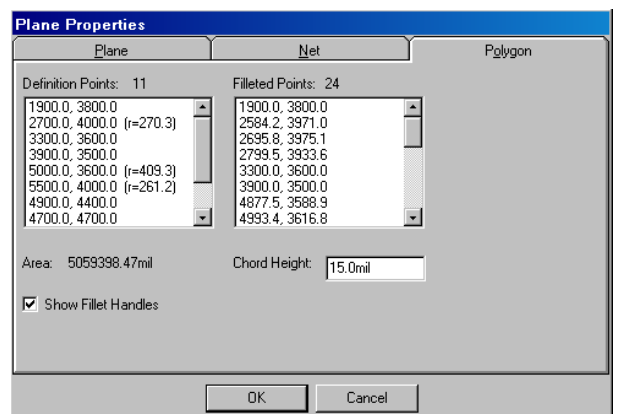


Рис. 9-46. Свойства полигона

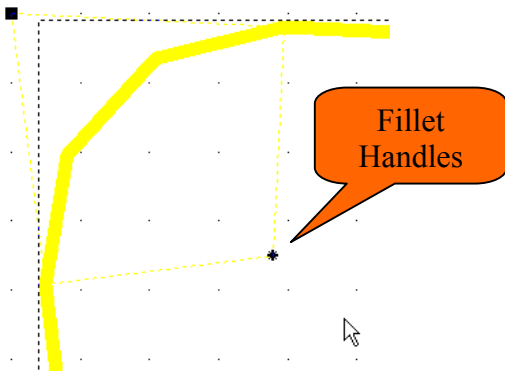


Рис. 9-47.Скругление угла полигона

скругление производится ломаными линиями (хордами окружности). Плавность скругления регулируется параметром *Chord Height* (высота хорды), задаваемом в одноименном окне закладки *Polygon* панели **Plane Properties**. Эта величина определяет удаление хорды от окружности и не может быть менее 0,1 mil.

Радиус скругления регулируется перетаскиванием специальных маркеров скругления (Fillet Handles), видимостью которых можно управлять с помощью специального флажка *Show Fillet Handles* (показать маркеры скругления) на закладке *Polygon* панели **Plane Properties**.

На закладке *Net* панели **Plane Properties** (рис. 9-48) отображаются имена узлов (*Nodes*) и слоев (*Layers*), подключенных к цепи, а также приводится информация о длине связей (*Connection Lengths*) и длине медных проводников (*Copper Lengths*) – выделенных (*Selected*) и общую (*Total*).

В группе *Counts* приводится количество дуг (*Arcs*), линий (*Lines*), монтажных площадок (*Pads*), полигонов (*Polygons*), заливок (*Copper Pours*) и переходных отверстий (*Vias*).

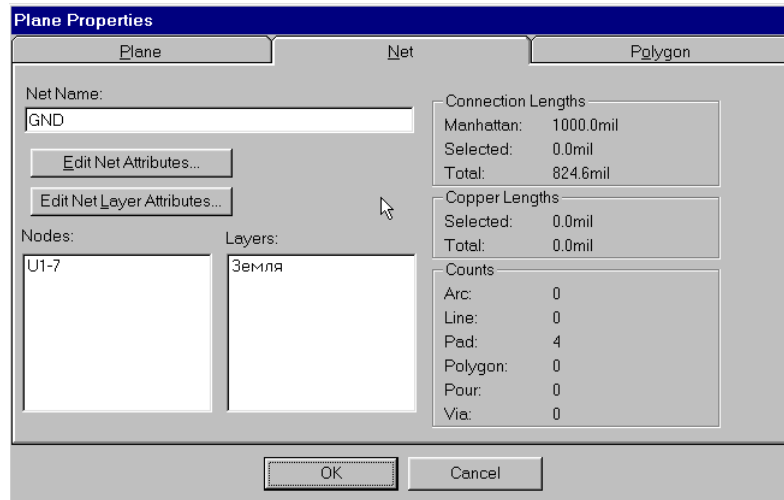


Рис. 9-48.Закладка *Net* панели **Plane Properties**

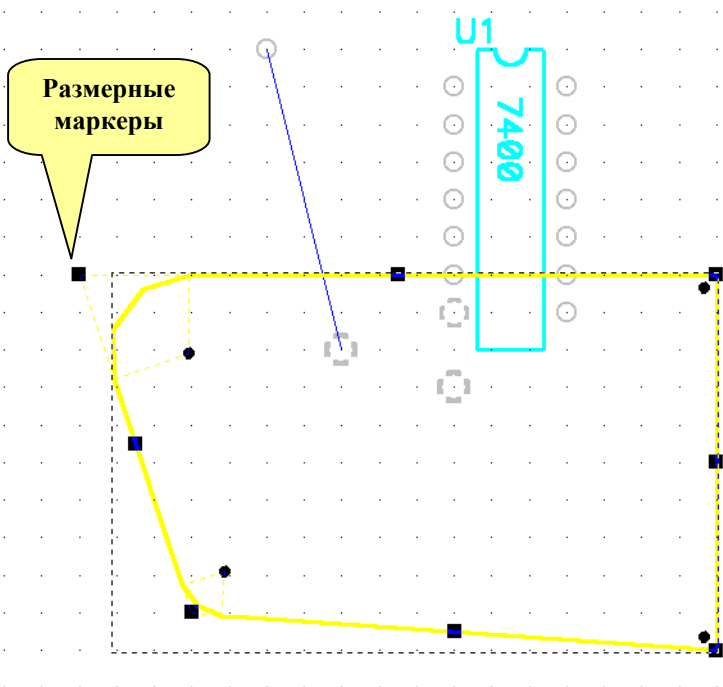


Рис. 9-49.Пример внутренней области металлизации

Нажатие на кнопку **Edit Net Attributes** вызывает появление стандартной панели редактирования атрибутов цепи.

Кнопка **Edit Net Layer Attributes** позволяет редактировать правила проектирования для отдельных слоев.


На рис. 9-49 приведен пример созданной области металлизации для цепи GND (она единственная в этом проекте). Заметим, что с этой цепью соединены четыре контактных площадки: вывод 7 микросхемы, две свободных в пределах области металлизации и одна свободная контактная площадка вне области металлизации. Обратите внимание, что электрические связи между тремя

связанными контактными площадками внутри области металлизации считаются реализованными и не отображаются на схеме. Сами эти контактные площадки выполнены с использованием термобарьеров, что хорошо видно на рисунке.



Размер и форма области металлизации меняется перетаскиванием размерных маркеров (см. рис. 9-49).


### 9.6.2 Металлизированные области в сигнальных слоях

Для целей экранирования достаточно часто используются металлизированные области в сигнальных слоях. Особенностью здесь является то, что эти области могут пересекаться сигнальными проводниками. Для создания таких областей используется специальная команда **Place/Copper Pour** (разместить/медная заливка) в основном меню или нажимается кнопка  на левой инструментальной панели.

1) После активизации этой команды выбирается один из сигнальных слоев (чаще всего верхний TOP или нижний BOTTOM), и последовательно отмечаются вершины многоугольника ограничивающего область заливки. Заканчивается ввод границ нажатием правой кнопки мыши.



Несмежные стороны вводимого многоугольника не должны пересекаться!!!

2) После указания границ области заливки необходимо перейти в режим выбора объектов (кнопка ) , выделить область заливки щелчком левой кнопки мыши и через контекстное меню перейти в окно ее свойств (рис. 9-50).

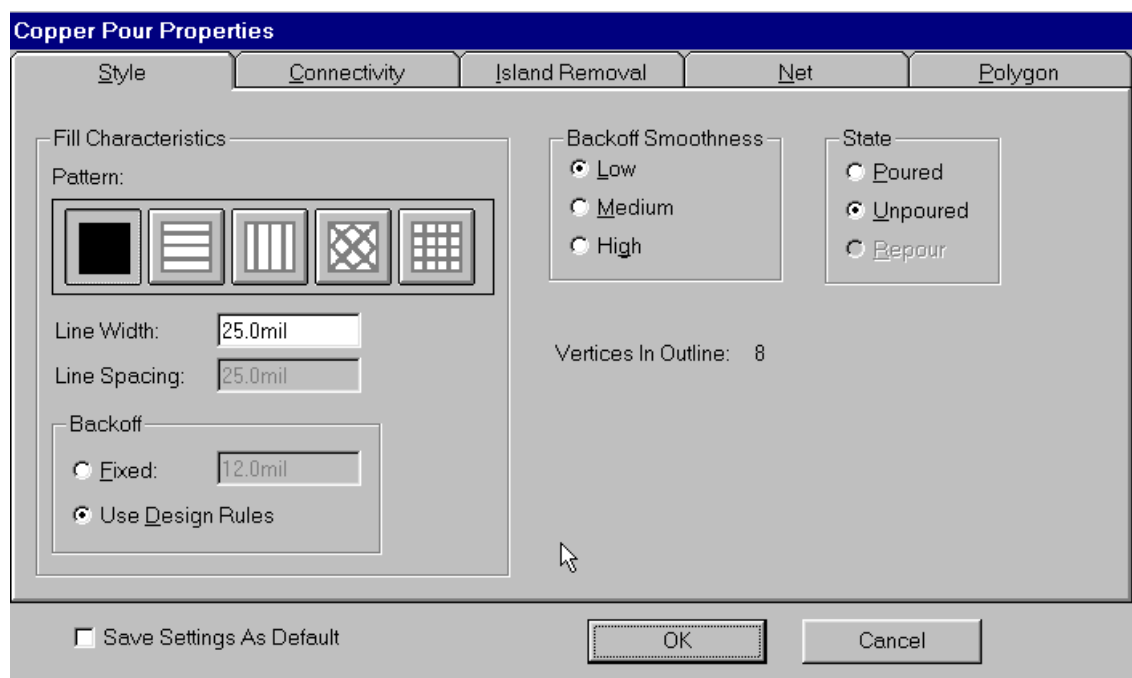


Рис. 9-50. Задание стиля области заливки

3) На закладке *Style* (Стиль) панели **Copper Pour Properties** задается стиль оформления области металлизации. В группе *Patterns* (Модели) нажатием соответствующей кнопки выбирается вид заливки. Возможны следующие варианты:



- сплошная заливка (линии без пробелов);





- заливка горизонтальными линиями;



- заливка вертикальными линиями;



- штриховка линиями под углом 45 градусов (как буква «X»);



- штриховка линиями под углом 90 градусов (как знак «+»).

В поле *Line Width* задается ширина линий, которыми выполняется заливка, а в поле *Line Spacing* определяется величина зазора между линиями (если выбрана сплошная заливка, это поле заблокировано).

В группе *Backoff* (Зазоры) определяется величина зазоров между заливкой и другими элементами печатной платы (контактными площадками и проводниками), попадающими в область металлизации. Если установлен флаг *Fixed* (фиксированный), то все зазоры будут равны величине заданной в поле напротив этого флага. При установке флага *Use Design Rules* величины зазоров определяются атрибутами соответствующих цепей, заданными в параметрах проекта.

В группе *Backoff Smoothness* задается способ аппроксимации полигонами вырезов для проводников пересекающих область металлизации. Возможны три варианта:

- **Low** – используются 8-10-сторонние полигоны;
- **Medium** – используются 12-14-сторонние полигоны;
- **High** – используются 16-18-сторонние полигоны.

В группе *State* (Состояние) задается состояние области заливки:

- **Poured** – область залита;
- **Unpoured** – область не заливается, а указывается лишь контур заливки;
- **Repour** – пересчет области заливки при изменении топологии.

Число вершин области заливки отображается системой в поле *Vertices In Outline*, доступном только для чтения.

Установка флажка *Save Settings As Default* позволяет сохранить введенные параметры как установки по умолчанию.

В закладке *Connectivity* (соединение), показанной на рис. 9-51, определяется имя цепи к которой подключается созданная область металлизации (список цепей должен быть предварительно загружен).

В списке *Net* из списка выбирается цепь, которая подключается к области заливки.

В группе параметров *Thermals* определяется тип тепловых барьеров, используемых в контактных площадках области заливки. Возможны три варианта контактных площадок: непосредственное подключение (*Direct Connect*) и термобарьер с четырьмя спицами, ориентированными под углом 90 градусов или под углом 45 градусов к горизонтали.

Величина зазора в термо-барьере (длина спицы) указывается в поле *Spoke Width*.

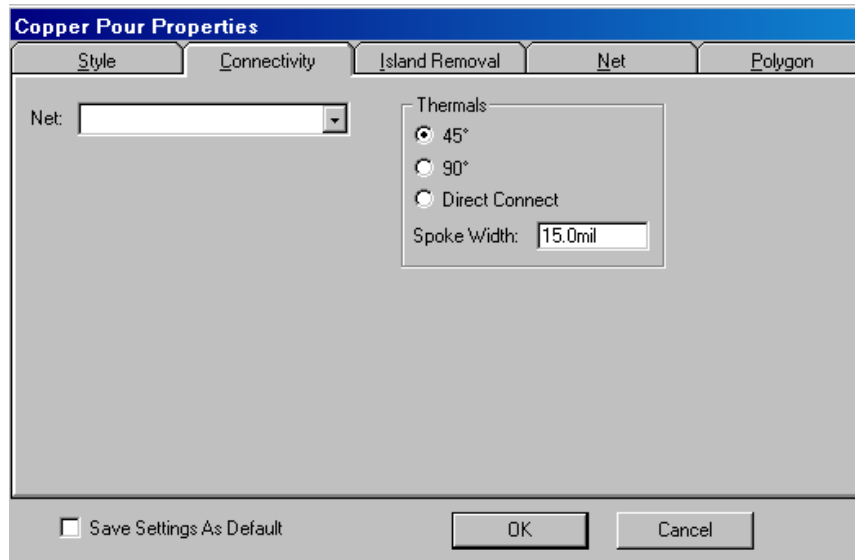


Рис. 9-51. Указание имени цепи для области заливки

Проведение сигнальных проводников в области металлизации часто сопровождается с появлением областей заливки, несвязанных с какой либо цепью. Для очистки области металлизации от таких образований служит закладка *Island Removal* (Удаление островов), показанной на рис. 9-52.

Здесь в единственной группе параметров *Automatic Island Removal* (Автоматическое удаление островов) задаются критерии для автоматического удаления

неподключенных областей металлизации:

**Minimum Area** – удаляются неподключенные островки меди с площадью равной или меньшей заданной;

**Interior** (внутренняя часть) – удаляются островки лежащие внутри области заливки и не имеющие общих точек с ее границей;

**Unconnected** (неподключенные) – удаляются все неподсоединенные островки меди;

**Do not repour** – лиш-

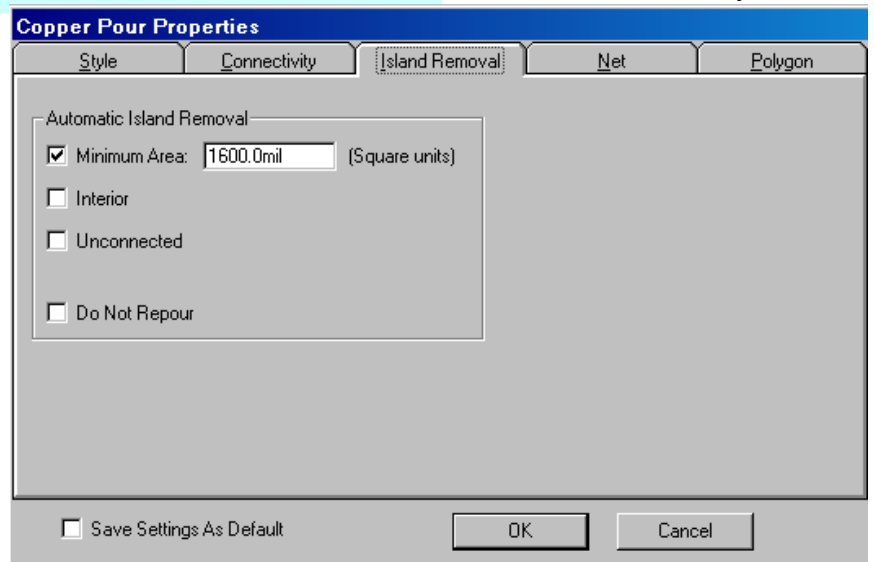


Рис. 9-52. Очистка области заливки

ние островки удаляются без регенерации области.

Закладки *Net* и *Polygon* подобны по свойствам и назначению аналогичным закладкам для внутренних металлизированных слоев (см. пп. 9.6.1).

### 9.6.3 Создание вырезов в областях заливки

При необходимости вырезы в областях заливки, металлизации или полигонов создаются по команде **Place/Cutout** (аналог – кнопка



на инструментальной панели).

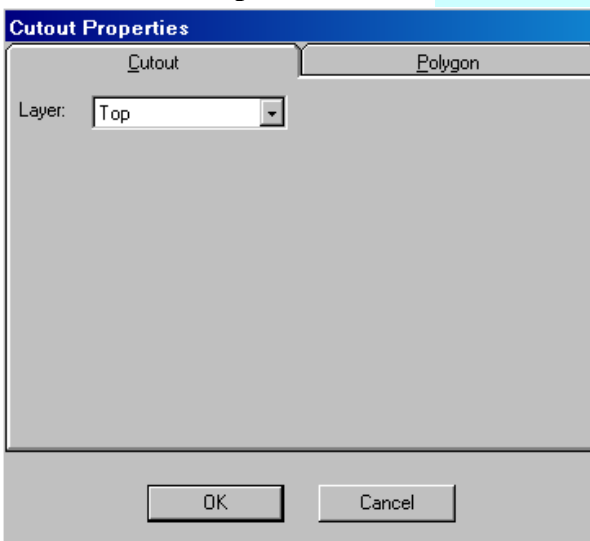


Рис. 9-53. Свойства выреза в области заливки

Границы выреза указываются точно также как и для обычного полигона. Ввод границ как обычно заканчивается нажатием правой кнопки мыши.

Панель свойств выреза имеет две закладки (см. рис. 9-53). На первой из них *Cutout* – указывается слой (сигнальный или несигнальный). Вторая *Polygon* аналогична по свойствам и назначению другим полигональным фигурам.

На рис. 9-54 приведен пример создания области металлизации в сигнальном слое TOP, связанной с цепью GND.

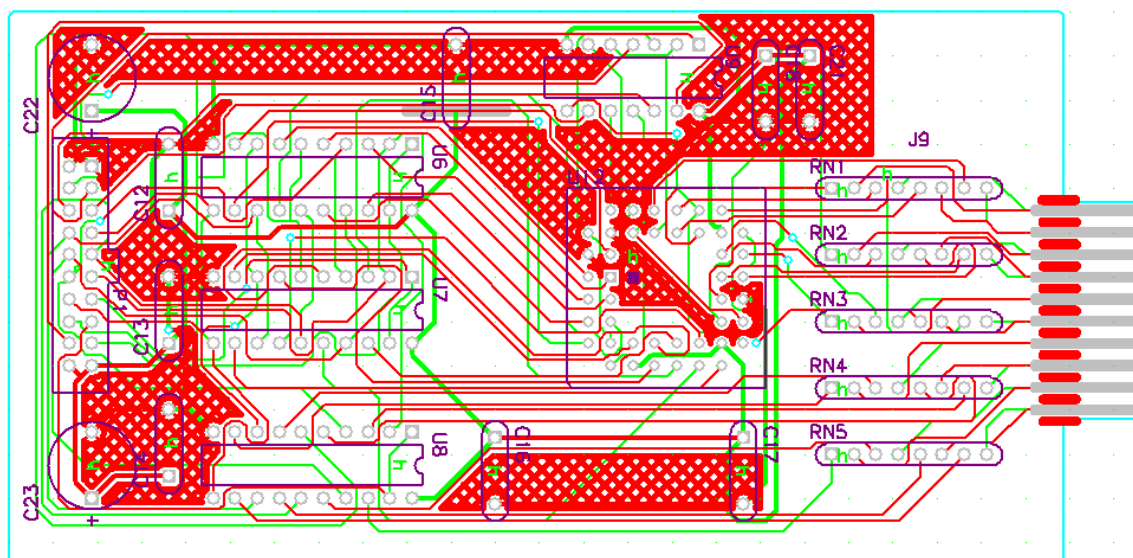


Рис. 9-54. Плата с металлизацией в слое TOP

#### 9.6.4 Полигоны

Для создания закрашенных (залитых) областей в любых (сигнальных и несигнальных) слоях печатной платы в системе P-CAD существует специальный инструмент – полигон (polygon). Полигоны размещаются в выбранном слое после активизации команды **Place/Polygon** (разместить/полигон) по тем же правилам, как и рассмотренные выше области металлизации.



Что касается создания полигонов в несигнальных слоях, то здесь нет никаких особенностей, кроме указания курсором координат вершин полигонов и задания при необходимости радиусов скругления.

При создании полигонов на сигнальных слоях, появляется интересная возможность электрической связи двух и более цепей с разными именами, которая другими способами в системе P-CAD не может быть реализована. Такая ситуация может возникнуть, к примеру, в аналого-цифровых схемах при наличии цифровой – DGND - и аналоговой - AGND- «земли». Полигон на сигнальном слое представляет собой металлизированную область, обладающую специальным свойством - Copper Tie (медная связь) и позволяет электрически соединить цепи, которых он касается или пересекает.

Размещается полигон после активизации команды **Place/Polygon**, как обычная область металлизации. Создание электрической связи между двумя и более цепями возможно двумя путями:

- размещением полигона поверх трассируемых цепей, которые необходимо соединить;
- трассировкой цепей с использованием существующей медной связи.

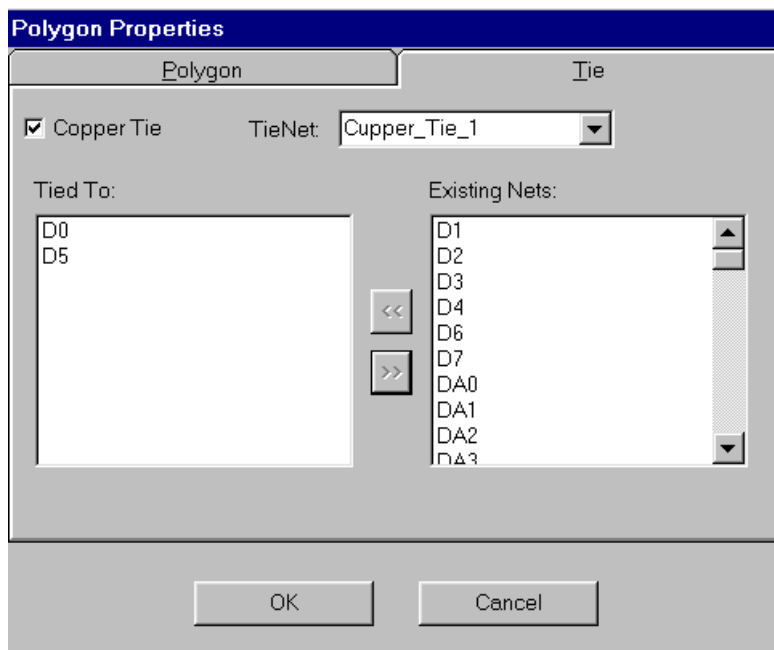


Рис. 9-55. Создание медной связи

Для создания такой связи необходимо:

1) Разместить полигон на одном из сигнальных слоев, придав ему уникальную форму для идентификации его как медной связи;

2) Выделить полигон и по щелчку правой кнопкой мыши войти в его свойства.

3) На панели **Polygon Properties** (рис. 9-55) выбрать закладку *Tie* (связь).

4) Установить флажок *Copper Tie* (медная связь).

5) В поле *TieNet* набрать имя для медной связи. Для примера на рис. 9-55 задано имя **Copper\_Tie\_1**.

6) Определить какие цепи будут связываться, выбирая их из списка в окне со списком *Existing Nets* (существующие цепи) и перенося с помощью кнопки со стрелкой << в окно *Tied To* (связанный с). При необходимости удаления какой-либо цепи из списка связанных цепей, ее необходимо выделить и нажать кнопку >>.

7) Нажать кнопку ОК для завершения диалога.

У каждой цепи, включенной в связь появится атрибут *TieNet*, значение которого бу-



дет определяться содержимым поля *TieNet* на этой закладке.

## 10 АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

*Рассматриваются основные приемы работы со штатными автотрассировщиками печатных плат, поставляемыми в составе системы P-CAD2001.*

В штатный комплект поставки P-CAD 2001 входят программы автотрассировки QuickRoute, ProRoute 2/4, ProRoute и P-CAD Shape Route, а также интерфейс к программе SPECCTRA фирмы CADENCE.

Программа QuickRoute использует простейшие алгоритмы трассировки и предназначена для разводки несложных плат с небольшим числом компонентов.

Автотрассировщик ProRoute 2/4 позволяет проводить трассировку односторонних и двухсторонних печатных плат без ограничения числа выводов, либо четырехслойных плат с числом выводов компонентов до 4000. Трассировщик ProRoute свободен от этих ограничений и позволяет проводить трассировку плат, имеющих до 32 слоев.

В отличие от перечисленных выше трассировщиков P-CAD Shape Route может не использовать для трассировки координатную сетку, что позволяет значительно улучшить качество трассировки.

### 10.1 Программа автоматической трассировки QuickRoute

Программы автоматической трассировки запускаются из основного меню редактора печатных плат PCB командой **Route/Autorouters...** На появляющейся при этом панели **Route Autorouters** в окне со списком Autorouter можно выбрать один из системных трассировщиков.

#### 10.1.1 Основные элементы управления автотрассировкой

В зависимости от выбора вид панели **Route Autorouters** несколько меняется. Для случая выбора трассировщика **QuickRoute**, панель имеет вид представленный на рис. 10-1.

В верхней части панели расположены кнопки, позволяющие выбрать или указать файл стратегии (**Strategy File**), файл для записи результатов трассировки (**Output PCB File**) и файл протокола трассировки (**Output Log File**).

Кнопка **Load** позволяет загрузить обновленный файл стратегии, а кнопка **Save** сохранить внесенные в стратегию трассировки изменения. Нажатие на кнопку **Set Base** восстанавливает параметры стратегии заданные в системе по умолчанию.

Кнопка **Start** запускает процесс автотрассировки.

Кнопка **Restart** используется для запуска прерванного по каким-либо причинам нам процесса трассировки.

Кнопка **Close** закрывает панель **Route Autorouters**.

В группе *Error Messages* указывается куда будет выводиться протокол трассировки:

**Output to Screen** – на экран;

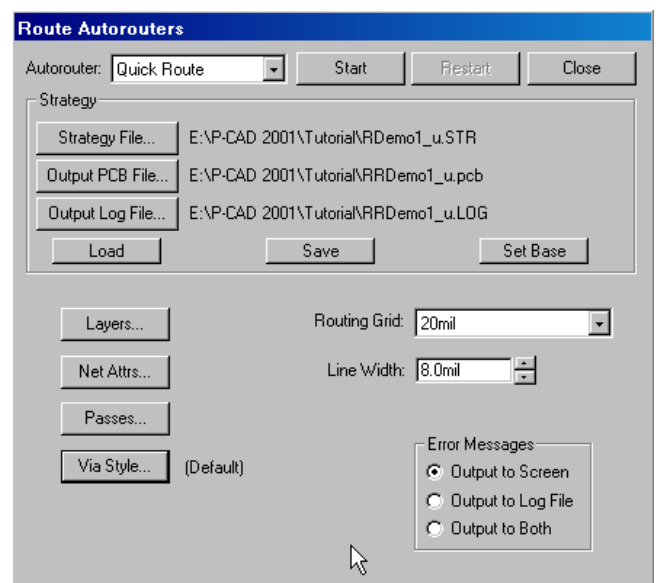


Рис. 10-1. Панель **Route Autorouters** для **QuickRoute**

**Output to Log File** – в файл протокола;  
**Output to Both** – на экран и в файл протокола.



Если выбран режим **Output to Log File** трассировка не может быть приостановлена, поскольку нет возможности реагировать на сообщения системы

Кнопки в нижней части панели **Layers** и **Via Style** вызывают стандартные панели редактора печатных плат для задания слоев и их свойств (пп. 9.3) и процедуру создания стеков переходных отверстий (пп. 9-4). Кнопка **Net Attributes** позволяет перейти к заданию и редактированию атрибутов цепей (пп. 2.3.4). Работа с этими разделами рассматривалась ранее.

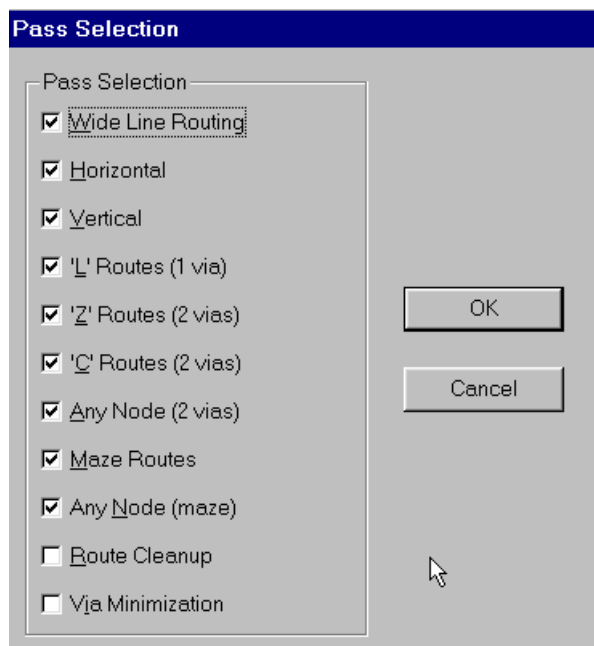
### 10.1.2 Задание стратегии трассировки

Собственно стратегия трассировки в данном случае включает в себя выбор шага координатной сетки, задание ширины проводников по умолчанию и выбор проходов трассировки

Шаг координатной сетки выбирается в окне со списком *Routing Grid* в нижней части панели из следующего набора значений: 25 mil; 20 mil; 16,7-16,6-16,7 mil (нерегулярная сетка); 12,5 mil; 10 mil. Другие шаги сетки (в том числе и метрические) недопустимы.

В окне *Line Width* задается ширина проводников, для которых не заданы атрибуты **AUTOROUTEWIDE** и **WIDTH** (ширина). Минимально возможная ширина проводника равна 0,1 mil (0,01 мм). Ширина проводника не может превышать половину шага координатной сетки, например, для шага 25 mil максимально возможная ширина проводника будет равна 12 mil (автоматически отслеживается системой).

Кнопка **Passes** открывает меню структуры трассировки **Pass Selection** (рис. 10-2).



Здесь выбираются типы проходов трассировки, выполняемые в следующем порядке:

**Wide Line Routing** – разводка всех широких цепей, имеющих атрибуты **AUTOROUTEWIDE** и **WIDTH** (ширина) перед выполнением других проходов. На этом этапе прокладываются только горизонтальные и вертикальные трассы. Наклонные широкие трассы необходимо предварительно проложить вручную. В литературе рекомендуется начинать трассировку с включения только этого режима. После его окончания неразведенные «широкие» цепи доразводятся вручную и процесс автоматической трассировки запускается снова.

**Horizontal** – выполнение простейших соединений по горизонтали на любом слое без использования переходных отверстий и с минимальными отклонениями от прямых линий.

**Vertical** – выполнение простейших соединений по вертикали на любом слое без использования переходных отверстий и с минимальными отклонениями от прямых линий.

малыми отклонениями от прямых линий.

**'L' Routes (1 via)** – формирование пересечения двух проводников и одного переходного отверстия, имеющего форму буквы L. Проводники располагаются на двух активных слоях и имеют ортогональную ориентацию (один горизонтальный – второй вертикальный). Проводники размещаются на расстоянии не более 100 mil вне прямоугольника, вершины



которого находятся в соединяемых выводах. Несмотря на то, что этот вид соединения задан по умолчанию, он не будет формироваться если на каких-либо двух слоях не установлен режим взаимно перпендикулярного расположения проводников (на одном вертикальное, на другом – горизонтальное).

**‘Z’ Routes (2 vias)** – формирование пересечения трех проводников с двумя переходными отверстиями, имеющего форму буквы Z. Проводники располагаются на двух активных слоях и имеют ортогональную ориентацию (горизонтальную и вертикальную). Буква Z может иметь любую ориентацию. Проводники размещаются на расстоянии не более 100 mil вне прямоугольника, вершины которого находятся в соединяемых выводах. Несмотря на то, что этот вид соединения задан по умолчанию, он не будет формироваться если на каких-либо двух слоях не установлен режим взаимно перпендикулярного расположения проводников (на одном вертикальное, на другом – горизонтальное).

**‘C’ Routes (2 vias)** - формирование пересечения трех проводников с двумя переходными отверстиями, имеющего форму буквы C. Проводники располагаются на двух активных слоях и имеют ортогональную ориентацию (горизонтальную и вертикальную). Буква C может иметь любую ориентацию. Трассировка типа C более гибкая, чем трассировки типа L и Z, так как проводники могут размещаться на расстоянии более 100 mil вне прямоугольника, вершины которого находятся в соединяемых выводах. Любые доступные слои могут использоваться в этом типе трассировки. Несмотря на то, что этот вид соединения задан по умолчанию, он не будет формироваться если на каких-либо двух слоях не установлен режим взаимно перпендикулярного расположения проводников (на одном вертикальное, на другом – горизонтальное).

**Any Node (2 vias)** – для достижения наибольшего числа соединений в данном проходе анализируется каждый узел цепи и делается попытка соединить любые узлы в цепи с использованием не более двух переходных отверстий. Предыдущие проходы использовали только оптимальные соединения по критерию минимальной длины.

**Maze** – трассировка типа «лабиринт», способная найти путь для оптимальной прокладки проводника, если это физически возможно. Основана на привязке проводников к узлам сетки. Максимальное число переходных отверстий в каждой цепи назначают с помощью атрибута MAXVIAS (по умолчанию - 10). Если лабиринтная трассировка заблокирует разводку ряда цепей, то поступают следующим образом: 1) выключают алгоритм Maze и с помощью QuickRoute разводят плату; 2) разводят часть проводников вручную в редакторе печатных плат; 3) завершают трассировку с помощью QuickRoute, включив алгоритм Maze.

**Any Node (Maze)** – этот проход также использует лабиринтную трассировку, но для достижения наибольшего числа соединений проводники могут прокладываться необязательно оптимальным образом.

**Route Cleanup** – этот проход включается для улучшения внешнего вида печатной платы и ее технологичности. При этом проходе часть цепей переразводится заново для спрямления проводников и уменьшения общей длины.

**Via Minimization** – минимизация количества переходных отверстий.



*Рекомендуется последние два прохода выполнять совместно и только после завершения трассировки всех соединений!!*

### 10.1.3 Управление трассировкой

После нажатия кнопки **Start** на панели **Route Autorouters** система выдает сообщение, что ряд файлов будут перезаписаны (рис. 10-3). В случае положительной реакции на это сообщение открывается окно трассировщика QuickRoute, показанное на рис. 10-4 и процесс трассировки немедленно запускается.

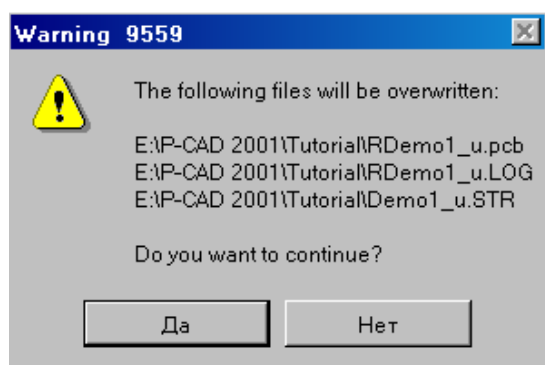


Рис. 10-3. Предупреждение о перезаписи файлов

Используя команды меню **View**, можно следить за процессом трассировки в различных частях платы. Команды расположенные в этом пункте меню подобны аналогичным командам в графических редакторах, поэтому здесь подробно не рассматриваются.

Группа **Route** (трассировка) содержит команды, предназначенные для управления процессом трассировки. Их назначение следующее:

**Info** (информация) – вывод информации о ходе трассировки. На специальной панели указыва-

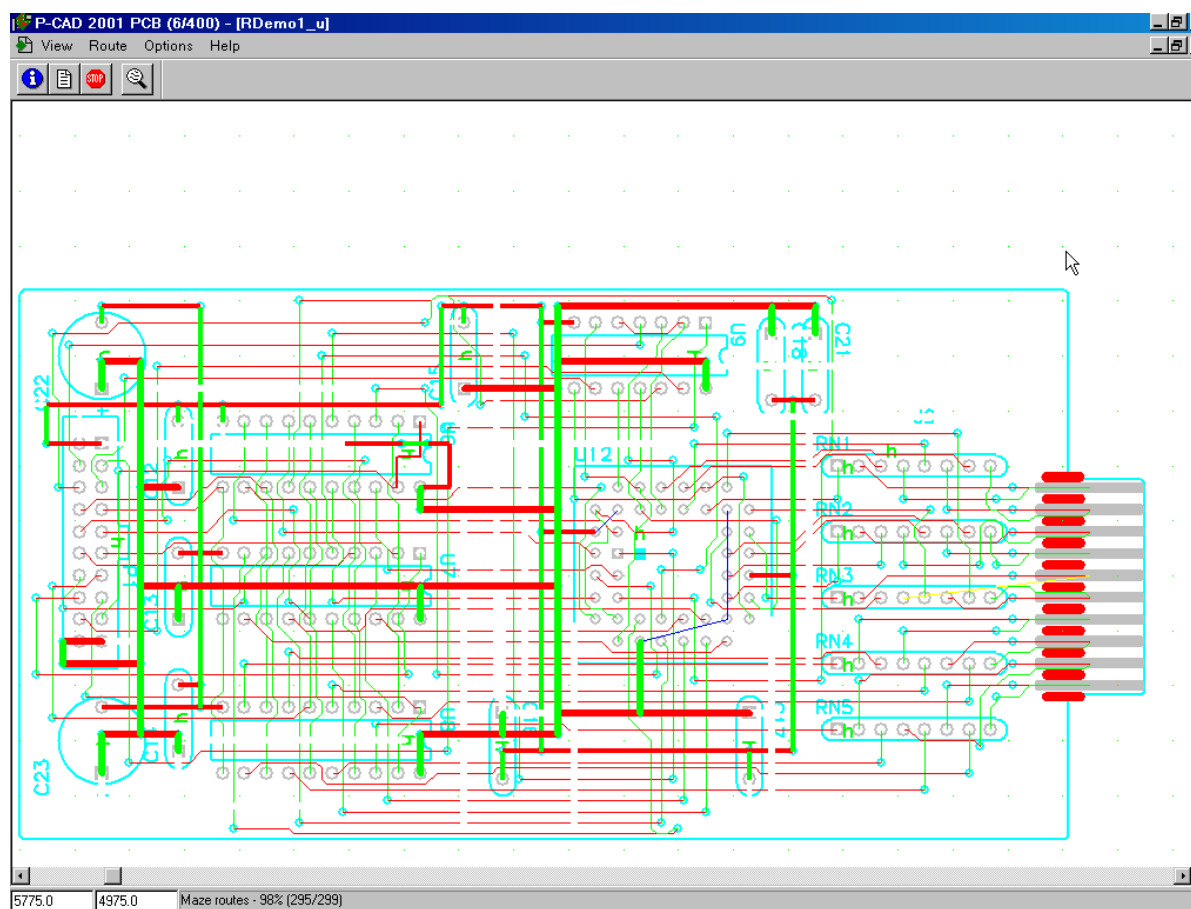


Рис. 10-4. Окно трассировщика QuickRoute

ется сколько соединений различных типов выполнено, сколько сделано переходных отверстий и т. д. (рис. 10-5);

**Pause** (пауза) – временная приостановка трассировки;

**Resume** (продолжить) – продолжение трассировки после временной приостановки;

**View Log** – просмотр протокола отчета о ходе трассировки;

**Cancel** – прекращение трассировки. При активизации этой команды появляется специальное окно (рис. 10-6), где можно выбрать один из вариантов прерывания трассировки:

**Stop routing and save** – выход с сохранением результатов трассировки, что бы можно было в дальнейшем продолжить трассировку;

**Stop routing and not save** – выход без сохранения результатов трассировки.

Route Information (Quick Route)						
Total Connections :	299	Free Memory:	251867136			
Start Time/Date:	Fri Jul 05 12:09:32	Disk Size:	1997336576			
Current Time/Date:	Fri Jul 05 12:27:33	Disk Space Free:	-1061740544			
Pass Name	Pass: #	Scheduled	Completed	Time	Via	
Wide line routing	1	0	0 100%	0:00:05	0	
Horizontal	2	0	295 98%	0:00:05	161	
Vertical	3	0	0 100%	0:00:00	0	
'L' routes	4	0	295 98%	0:00:05	161	
'Z' routes	5	0	0 100%	0:00:00	0	

Рис. 10-5. Информация о ходе трассировки

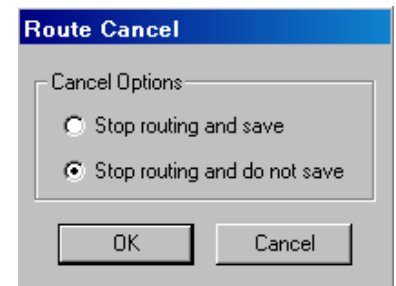


Рис. 10-6. Окно прерывания трассировки

В меню **Option** (Параметры) находится всего одна команда **Display**, активизация которой позволяет настроить цветовую палитру рабочего поля и стили

отрисовки отдельных элементов (см. пп. 8.5).

### 10.1.4 Практическое использование QuickRoute

Проведем изучение возможностей трассировщика QuickRoute на нескольких практических примерах

#### • Проведите трассировку платы на крупной сетке

1) Используя команду **File/Open** графического редактора печатных плат, загрузите из каталога **P-CAD2001/Tutorial** файл **Demo1\_u.pcb**

2) Поскольку этот проект выполнен в дюймовой системе единиц в меню **Options/Configure** перейдите от метрической системы единиц к дюймовой.



*При выполнении автотрассировок внимательно следите за соответствием текущей системы единиц измерения и единиц измерения загружаемого проекта!!*

3) Активизируйте команду **Route/Autorouters** и выберите в окне со списком *Auto-router* на панели **Route Autorouters** в качестве трассировщика QuickRoute (см. рис. 10-1).

4) Имена и расположение файлов стратегии, протокола и выходного файла не изменяйте.

5) В окне со списком *Routing Grid* выберите максимально возможный шаг сетки 25 mil.

6) В окне *Line Width* задайте ширину проводников равной 20 mil.



*Убедитесь, что ширина проводников не может быть больше половины шага сетки!!*

7) Нажмите на кнопку **Start** для запуска процесса автотрассировки.

8) После окончания трассировки с помощью команды **Route/View Log** просмотрите протокол трассировки. Его заключительная часть должна быть примерно следующей:

Final statistics:

Board:  
 Physical dimensions (inches): 5.135 by 2.510  
 Routing area (square inches): 12.889  
 Total pads in file: 218  
 Equivalent 16-pin ICs (EICs): 13.625

Density (square inches per EIC): 0.946  
 Routing performance:  
 Vias total: 140 ( 64% of total pads)  
 Vias added: 140 (100% of total vias)  
 Routed connections (this run): 132

Routed connections (total): 132 (95%)  
 Unrouted connections (total): 6 (5%)  
 Total routing time: 0:00:04

<u>Плата:</u>
Физические размеры (дюймы)
Площадь трассировки
Количество выводов
Количество эквивалентных корпусов с 16 выводами.
Плотность (площадь/кол. экв. кор)
<u>Показатели трассировки:</u>
Всего переходных отверстий
Добавлено переходных отверстий
Трассировано соединений (в этом сеансе)
Трассировано соединений (всего)
Не разведено связей (всего)
Общее время трассировки

Как видно из протокола трассировки часть соединений оказалась нереализованной. Довольно часто эффективность трассировки можно повысить, уменьшая ширину проводников или шаг сетки. При этом появляется возможность размещать проводники между выводами элементов.

• **Повторите трассировку, уменьшив ширину проводников**

1) Закройте текущее окно редактора печатных плат с результатами предыдущей трассировки и вновь загрузите файл файл **Demo1\_u.pcb**



*Перед запуском любого автотрассировщика в редакторе печатных плат должны быть закрыты все окна, кроме одного - с данными для трассировки!!!*

2) Запустите автотрассировщик QuickRoute, уменьшив ширину проводников в окне Line Width до 5 mil.

3) После окончания процесса трассировки просмотрите файл протокола и убедитесь, что количество неразведенных связей осталось прежним.

• **Повторите трассировку, уменьшив шаг сетки**

1) Закройте текущее окно редактора печатных плат с результатами предыдущей трассировки и вновь загрузите файл файл **Demo1\_u.pcb**

2) Запустите автотрассировщик QuickRoute, уменьшив шаг сетки в окне Routing Grid до 10 mil.



*Для выбора этого значения шага сетки используйте клавишу со стрелкой ▼*

После запуска автотрассировщика появится сообщение об ошибке, показанное на рис. 10-7 и процесс трассировки будет прерван. В этом сообщении говорится, что размеры площадок переходных отверстий для цепи D0 равные 40 mil, превышают допустимые значения равные 20 mil.



*Размеры площадок переходных отверстий в случае использования QuickRoute не должны превышать удвоенного шага сетки!!!*

Во многих случаях удается повысить эффективность трассировки, используя разную последовательность и различные сочетания проходов трассировки. Так, некоторые спе-

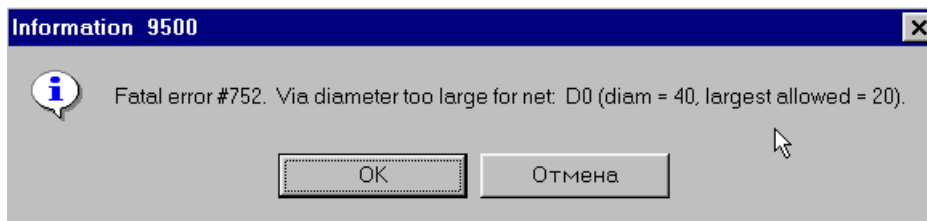


Рис. 10-7. Сообщение об ошибке

специалисты советуют на первой итерации отключить все проходы кроме **Wide Line Routing** (трассировка вертикальных и горизонтальных сегментов «широких» линий).

Напомним, что «широкими» в данном случае считаются все линии, у которых явно заданы атрибуты **AUTOROUTEWIDE** и **WIDTH** независимо от их значений.

### • Проведите трассировку на крупной сетке, используя только проход **Wide Line Routing**

- 1) В окне со списком *Routing Grid* выберите максимально возможный шаг сетки 25 mil.
- 2) Нажмите кнопку **Passes** (см. рис. 10-1) и на панели **Pass Selection** (рис. 10-2) сбросьте флажки у всех проходов кроме первого.
- 3) Запустите процесс автотрассировки и дождитесь его окончания.
- 4) В редакторе печатных плат активизируйте команду **Edit/Nets** (Редактирование/Цепи).
- 5) На панели **Edit Nets** нажмите кнопку **Set Nets By Attribute** (выбрать цепи по атрибутам).

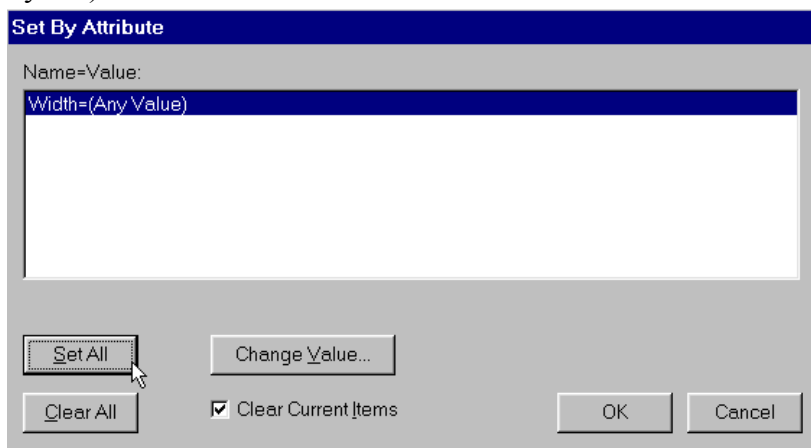


Рис. 10-8. Выбор цепей по атрибутам

6) На панели **Set By Attribute** (рис. 10-8) нажмите кнопку **Set All**, поскольку атрибут для цепей в данном проекте только один – **Width** (или щелкните левой кнопкой мыши по строке с названием атрибута для его выделения) и нажмите кнопку **OK** для закрытия этой панели.


7) В списке *Nets* панели **Edit Nets** будут выделены две цепи – **VCC** и **GND**, для которых явно задана ширина проводников. Нажмите кнопку

**Highlight** (Подсветка), чтобы подсветить эти цепи в проекте.

- 8) Закройте панель **Edit Nets**.

Выбранные цепи (и проводники и логические связи) в проекте выделяются цветом (в данном случае желтым), как показано на рис. 10-9. Из рисунка видно, что часть связей для данных цепей не была разведена, поскольку использовалась крупная сетка и сам проход **Wide Line Routing** не может проводить наклонных проводников.

### • Закончите трассировку «широких» цепей вручную.

- 1) Установите шаг сетки 5 mil, а ширину проводников 20 mil.
- 2) Выберите в качестве текущего слой **Top**.
- 3) Активизируйте команду **Route/Route Manual** или нажмите кнопку  на инструментальной панели.
- 4) Отметьте щелчками левой кнопки мыши начало и конец неразведенной связи, отмеченной выноской на рис. 10-9.

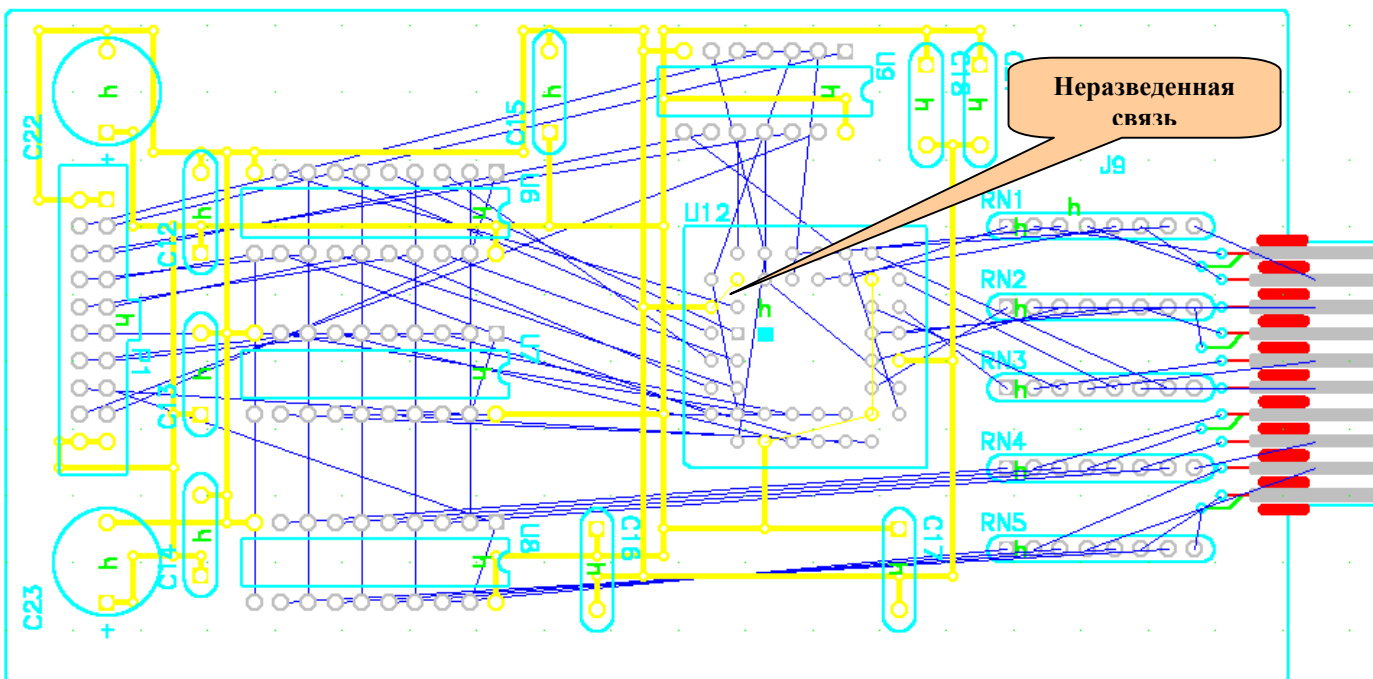


Рис. 10-9. Результат трассировки «широких» цепей

5) Нажмите правую кнопку мыши для обрыва проводника.

6) Активизируйте слой **Bottom** и реализуйте оставшуюся неразведенную связь, как показано на рис. 10-10. На этом рисунке проводники, проложенные вручную, для наглядности выполнены утолщенными (40 mil).

После окончательной разводки «широких» проводников процесс автотрассировки может быть продолжен.

• **Завершите процесс автотрассировки с использованием других проходов.**

1) Активизируйте команду **Route/Autorouters**, выберите в качестве трассировщика QuickRoute и установите шаг сетки 25 mil.

2) Нажмите кнопку **Passes** и на панели **Pass Selection** (рис. 10-2) установите флажки у всех проходов кроме первого и двух последних.

3) Запустите процесс автотрассировки, нажав кнопку **Start** и дождитесь ее окончания.

4) Просмотрите файл протокола, используя команду **Route/View Log**.

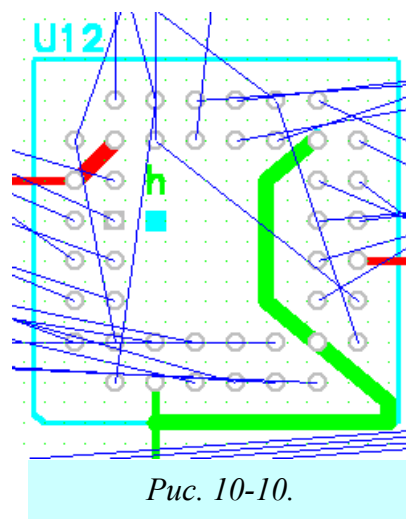


Рис. 10-10.



са трассировки!!!

Связи оставшиеся неразведенными после автотрассировки придется разводить вручную или выполнить объемными перемычками (проводами).

После окончания автотрассировки для улучшения внешнего вида печатной платы и повышения технологичности за счет удаления лишних изломов и изгибов проводников и уменьшения количества переходных отверстий необходимо выполнить последние два прохода из списка на панели **Pass Selection**:

- **Route Cleanup**;



## - Via Minimization.

## • Проведите улучшение внешнего вида платы

- 1) Активизируйте команду **Route/Autorouters**, выберите в качестве трассировщика QuickRoute и установите шаг сетки 25 mil.
- 2) Нажмите кнопку **Passes** и на панели **Pass Selection** (рис. 10-2) установите флажки только у двух последних проходов.
- 3) Запустите процесс автотрассировки, нажав кнопку **Start** и дождитесь ее окончания.
- 4) Просмотрите файл протокола, используя команду **Route/View Log**. Убедитесь, что количество переходных отверстий действительно уменьшилось. Об этом говорит запись в строке

---

*Vias added:* -45 (-47% of total vias)

---

где указано отрицательное число добавленных переходных отверстий.



Увеличить количество удаленных переходных отверстий можно путем многократного (2-3 раза) перезапуска автотрассировщика!!!

## 10.2 Программа автоматической трассировки Pro Route

### 10.2.1 Установка общих параметров трассировки

Запуск программы автоматической трассировки **Pro Route** осуществляется аналогично запуску трассировщика QuickRoute из графического редактора печатных плат **PCB**. Внешний вид панели **Route Autorouters** для случая выбора трассировщика **Pro Route** представлен на рис. 10-11.

Верхняя часть панели аналогична программе QuickRoute.

Кнопки **Design Rules**, **Layers**, **Net Attrs**, вызывают панели установки правил проектирования, слоев и атрибутов цепей, рассмотренные ранее.

Кнопки **Line Width**, **Via Style**, **Routing Grid** позволяют выбрать текущую ширину проводников, текущий стиль переходных отверстий и шаг координатной сетки. Работа с этими ко-

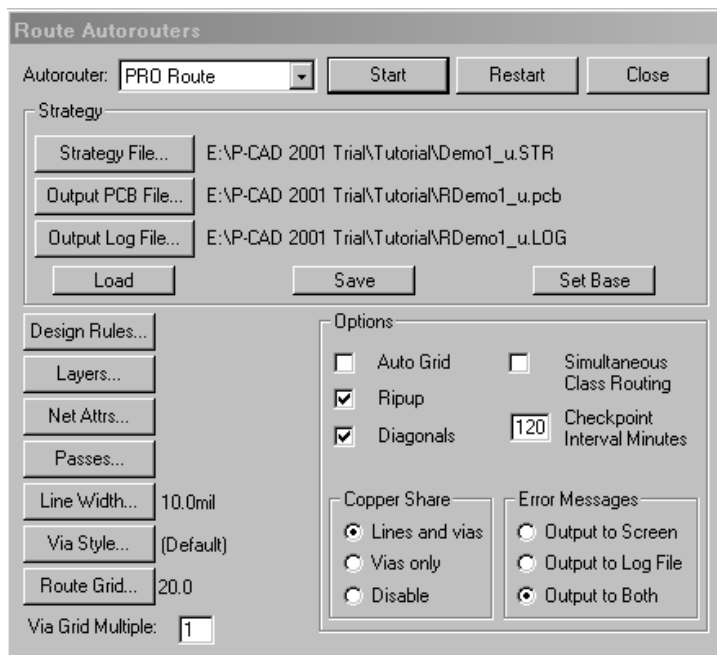


Рис. 10-11. Панель **Route Autorouters** для **Pro Route**

мандами рассматривалась в разделе 7.

Группа параметров **Options** включает флажки **Auto Grid** – для автоматического выбора наиболее подходящего шага сетки (при установке этого флажка кнопка **Routing Grid** будет недоступна); **Ripup** – разрешающий разрывать проложенные цепи в процессе интерактивной трассировки и оптимизации (для сохранения предварительно проложенных вручную проводников следует установить для них атрибут NoAutoRoute); **Diagonals** – разрешающий проводить трассировку под углом 45 градусов; **Simultaneous Class Routing** – позволяющий разрешить одновременную трассировку цепей, относящихся к разным классам (рекомендуется этот флажок установить для повышения эффективности трассировки).

В поле *Checkpoint Interval Minutes* устанавливается интервал времени в минутах между моментами времени сохранения файла с результатами трассировки.

Группа параметров *Copper Share* определяет стиль соединений проводников. Он определяет различные способы организации T-образной разводки к различным фрагментам трассы. Возможны следующие варианты:

**Lines and vias** - реализация T-образных соединений в произвольных местах трассы;

**Vias only** – разветвление проводников только в местах переходных отверстий;

**Disable** – запрет использования разветвления проводников вне контактных площадок.



*Использование T-образных соединений позволяет существенно повысить эффективность трассировки, улучшить надежность и технологические параметры платы.*

В группе *Error Messages* указывается куда будет выводиться протокол трассировки:

**Output to Screen** – на экран;

**Output to Log File** – в файл протокола;

**Output to Both** – на экран и в файл протокола.



*Если выбран режим **Output to Log File** трассировка не может быть приостановлена, поскольку нет возможности реагировать на сообщения системы*

## 10.2.2 Проходы трассировки

Нажатие кнопки **Passes** (проходы) приводит к выводу окна управления проходами трассировки **Pass Selection**, показанному на рис. 10-12.

Выбор требуемых проходов осуществляется установкой соответствующего флажка в группе *Manual Pass Selection* (ручной выбор проходов). Выбор доступен только, если сброшен флажок *Auto Pass Selection* (автоматический выбор проходов).

Проходы можно разделить на три группы:

**Constructive** (конструктивные) – которые включают все проходы начиная от Wide Via Fanout до Exhaustive. При выполнении этих проходов количество переходных отверстий и проводников увеличивается;

**Iterative** (интерактивные), включающие локальные и глобальные алгоритмы разрезания (Rip-up). Эти проходы разрезают и переразводят существующие соединения, что бы освободить место для других проводников.

**Manufacturing Improvement** (производственные улучшения), включающие проходы Manufacturing и Final Manufacturing. Эти проходы улучшают внешний вид платы и повышают ее надежность, за счет спрямления проводников, удаления петель, уменьшения количества переходных отверстий и т.д. и выполняются только для полностью разведенной платы, если не установлен флажок *Force Manufacturing passes*.

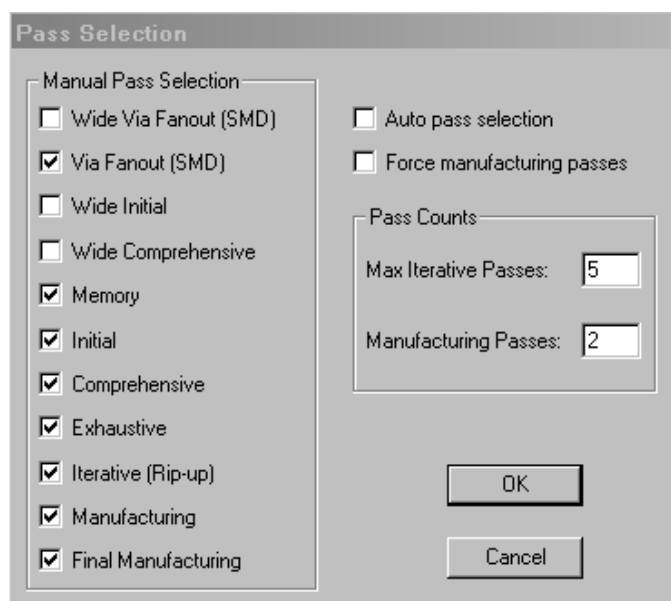


Рис. 10-12. Задание проходов трассировки *Pro Route*

Рассмотрим назначение отдельных проходов более подробно, что бы уметь управлять процессом трассировки вручную.

**Wide Via Fanout (SMD)** – обеспечивает прокладку коротких отрезков линий с переходным отверстием на конце для выводов планарных компонентов, подключенных к широким цепям (как правило, цепям питания). При этом цепь должна иметь атрибуты WIDTH (ширина) и AUTOROUTEWIDE (разрешение на авторазводку).

**Via Fanout (SMD)** – отличается от предыдущего прохода тем, что короткие отрезки линий с переходными отверстиями на конце (fanout), формируются для всех цепей относящимся к планарным компонентам.

**Wide Initial** – на этом проходе производится разводка широких проводников (как правило, цепей питания), не требующих для реализации более трех переходных отверстий. Направления для отдельных слоев при этом строго выдерживаются. Применение этого прохода позволяет улучшить «разводимость» сигнальных цепей. Разводимые цепи должны иметь атрибуты WIDTH (ширина) и AUTOROUTEWIDE (разрешение на авторазводку).

**Wide Comprehensive** – в этом проходе осуществляется окончательная разводка цепей, имеющих атрибуты WIDTH и AUTOROUTEWIDE без ограничений на количество переходных отверстий и направлений проводников в слоях.

**Memory** – выполняет трассировку сигнальных цепей типа шин памяти. Соединяемые контактные площадки должны допускать соединения практически прямыми горизонтальными или вертикальными линиями (допустимое отклонение не более 100 mil или один шаг сетки).

**Initial** (начальный) – реализуются несложные соединения (не более трех переходных отверстий) со строгим соблюдением направлений проводников, заданных для отдельных слоев. Не производится прокладка проводников по диагонали.

**Comprehensive** (комплексный) – прокладка более сложных соединений, чем в предыдущем случае (до шести переходных отверстий). Разрешается прокладывать сегменты в сторону от направления на конечную точку и не обязательно по предпочтительным направлениям в слоях.

**Exhaustive** (полный) – прокладка наиболее сложных соединений с соблюдением технологических норм и правил, без ограничений на число переходных отверстий и направлением сегментов в слоях.

**Iterative (rip-up)** (итерационный) – при выполнении этого прохода осуществляется разрыв существующих трасс и их модификация с целью увеличения числа свободных каналов. Для каждого класса цепей допускается до 10 итеративных проходов. Проходы разделяются на локальные и глобальные. При глобальных проходах используемых на начальных стадиях трассировки производится модификация трасс на всей плате. При достижении 98% разведенных цепей или завершении трех глобальных проходов включаются локальные проходы, обрабатывающие отдельные участки платы. При выполнении итеративных проходов допускается произвольное количество переходных отверстий и произвольная ориентация проводников на плате.

Число допустимых итераций проходов Iterative (rip-up) указывается в окне *Maximum Iterative Passes* в группе параметров *Pass Counts*. Допускается до 10 проходов, но рекомендуется использовать не более 3-5, поскольку алгоритм отличается сложностью и длительностью работы.

**Manufacturing** (производственный) – оптимизация проводников для обеспечения технологичности печатной платы. В этом проходе уменьшается общая длина проводников за счет их спрямления, уменьшается количество переходных отверстий, увеличиваются расстояния между соседними проводниками, удаляются острые углы и т.д.

Число итераций этого прохода (не более 10) задается в окне *Manufacturing Passes* в группе параметров *Pass Counts*.

**Final Manufacturing** (заключительный производственный) –здесь выполняются практически те же изменения, что и на предыдущем проходе, но более тщательно. Например, если разрешена диагональная трассировка, то изломы проводников под прямым углом могут быть скошены под углом 45 градусов).

Последние два прохода не увеличивают числа разведенных цепей и по умолчанию выполняются для полностью разведенной платы. Однако если установить флажок *Force Manufacturing passes*, то оптимизация включится независимо от степени завершенности трассировки.

### 10.2.3 Запуск трассировки в программе Pro Route

После установки необходимых параметров трассировки на панелях **Route Autoruters** и **Pass Selection**, запуск трассировки осуществляется нажатием кнопки **Start** на панели **Route Autoruters**, если необходимо осуществить новую трассировку, или кнопки **Restart** для повторного запуска.

При запуске появляется окно трассировщика **Pro Route**, аналогичное показанному на рис. 10-4.

Практически все команды **Pro Route** также аналогичны соответствующим командам трассировщика **QuickRoute**, рассмотренным в пп. 3.1.3

## 10.3 Программа автоматической трассировки Shape-Based Router

Бессеточный трассировщик **Shape-Based Router** стал поставляться с системой P-CAD с начала 2000 года. По сравнению с сеточными трассировщиками **Pro Route** и **QuickRoute** он обладает большими возможностями и позволяет проводить автоматическую и полуавтоматическую трассировку с большей эффективностью.

Оптимизированный для сегодняшних планарных (SMT) конструкций с большой плотностью компоновки и малым шагом выводов, автотрассировщик **Shape-Based Router** легко обрабатывает смешанные метрические и дюймовые шаги выводов компонентов с двусторонней установкой компонентов. Автоматический анализ печатной платы и гибкая настройка проходов трассировки гарантирует, что трассировка будет выполнена с высокой эффективностью для всех технологии монтажа кристалла в корпус.

### 10.3.1 Загрузка проекта и запуск автотрассировщика

Также как и других программ автоматической трассировки для запуска автотрассировщика **Shape-Based Router** необходимо активизировать команду **Route/Autorouters...** основного меню редактора печатных плат PCB, предварительно загрузив какой-либо проект.

• **Загрузите в редактор печатных плат один из демонстрационных примеров, поставляемых с системой P-CAD**

1) Используя команду **File/Open** графического редактора печатных плат, загрузите из каталога **P-CAD2001/Tutorial** файл **Demo1\_u.pcb**

2) Поскольку этот проект выполнен в дюймовой системе единиц в меню **Options/Configure** перейдите от метрической системы единиц к дюймовой.



1) Для сохранения предварительно разведенных вручную цепей зафиксируйте их командой *Edit/Fix*.

2) Поскольку автотрассировщик не проверяет предварительно разведенные цепи, выполните анализ технологических ограничений перед началом трассировки, используя команду *UTILS/DRC*.

3) Активизируйте команду **Route/Autorouters**.



Перед запуском любого автотрассировщика с помощью команды основного меню *Window* убедитесь, что в редакторе печатных плат открыт только один проект!!!

### 10.3.2 Назначение и выбор имен рабочих файлов

В случае выбора в окне *Autorouter* трассировщика *P-CAD Shape Route* на панели **Route Autorouters** будут доступны следующие кнопки (см. рис. 10-13):

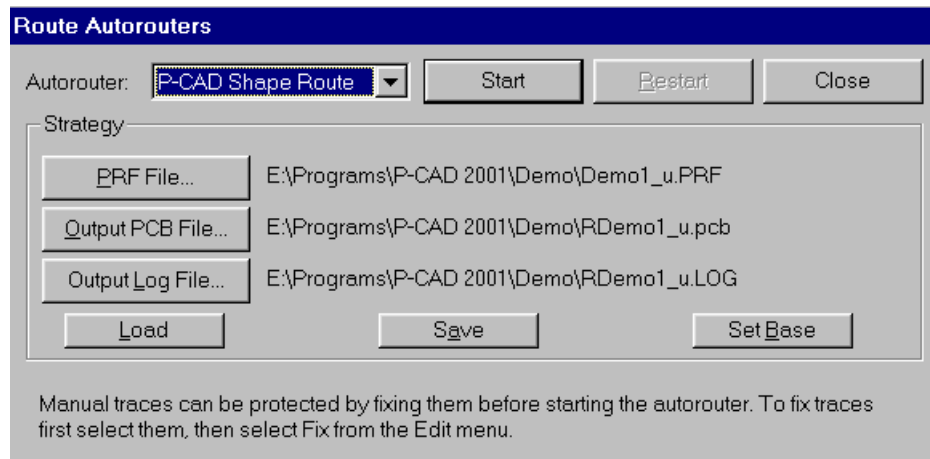


Рис. 10-13. Панель *Route Autorouters*

**Start** – для перехода в окно автотрассировщика;  
**Close** – для отмены автотрассировки и возвращения в редактор печатных плат;  
**PRF File...** - выбор файла для записи результатов трассировки. Трассировщик *P-*

*CAD Shape Route* записывает результаты трассировки в специальный файл, имеющий расширение PRF (*P-CAD Route File*);

**Output PCB File** – назначение имени файлу с результатами трассировки;

**Output Log File** – назначение имени файлу протокола трассировки, содержащему подробный отчет о ее результатах;

**Load** – обновление параметров трассировки из назначенного файла стратегии;

**Save** – сохранение параметров трассировки в файл;

**Set Base** – возвращение к именам файлов стратегии и результатов трассировки, заданным по умолчанию.

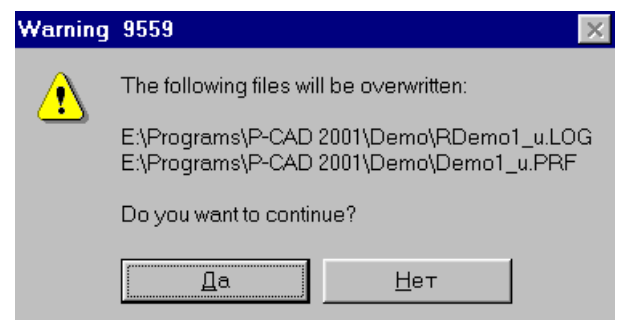


Рис. 10-14. Предупреждение о перезаписи файлов

### 10.3.3 Запуск автотрассировщика

#### • Запустите автотрассировщик *P-CAD Shape Router*

1) Не изменяя назначенных системой имен файлов, нажмите на кнопку **Start** на панели **Route Autorouters**

После запуска автотрассировщика система выдаст сообщение о том, что некоторые файлы на диске будут перезаписаны (если они уже существовали). Пример такого сообщения приведен на рис. 10-14. Нажимайте кнопку **Да**, если согласны с пере-

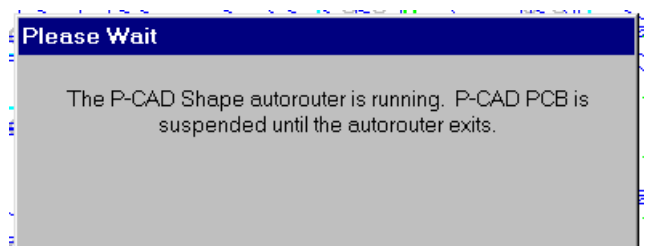


Рис. 10-15. Сообщение о блокировании редактора печатных плат

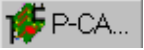


записью, или кнопку **Нет** для задания новых имен файлов.

Появится рабочее окно трассировщика **Shape-Based Router**, показанное на рис. 10-16 с загруженным проектом, на котором будет отображаться контур печатной платы, границы поля трассировки, контактные площадки компонентов, их позиционные обозначения и связи между выводами.

На время работы автотрассировщика редактор печатных плат системой блокируется, о чем сообщает надпись показанная на рис. 10-15.

• **Убедитесь, что РСВ заблокирован**

1) С помощью панели задач Windows, расположенной в нижней части экрана монитора активизируйте окно редактора печатных плат, используя кнопку 

2) Попробуйте нажать какую-либо кнопку на левой инструментальной панели. Все команды редактора заблокированы.

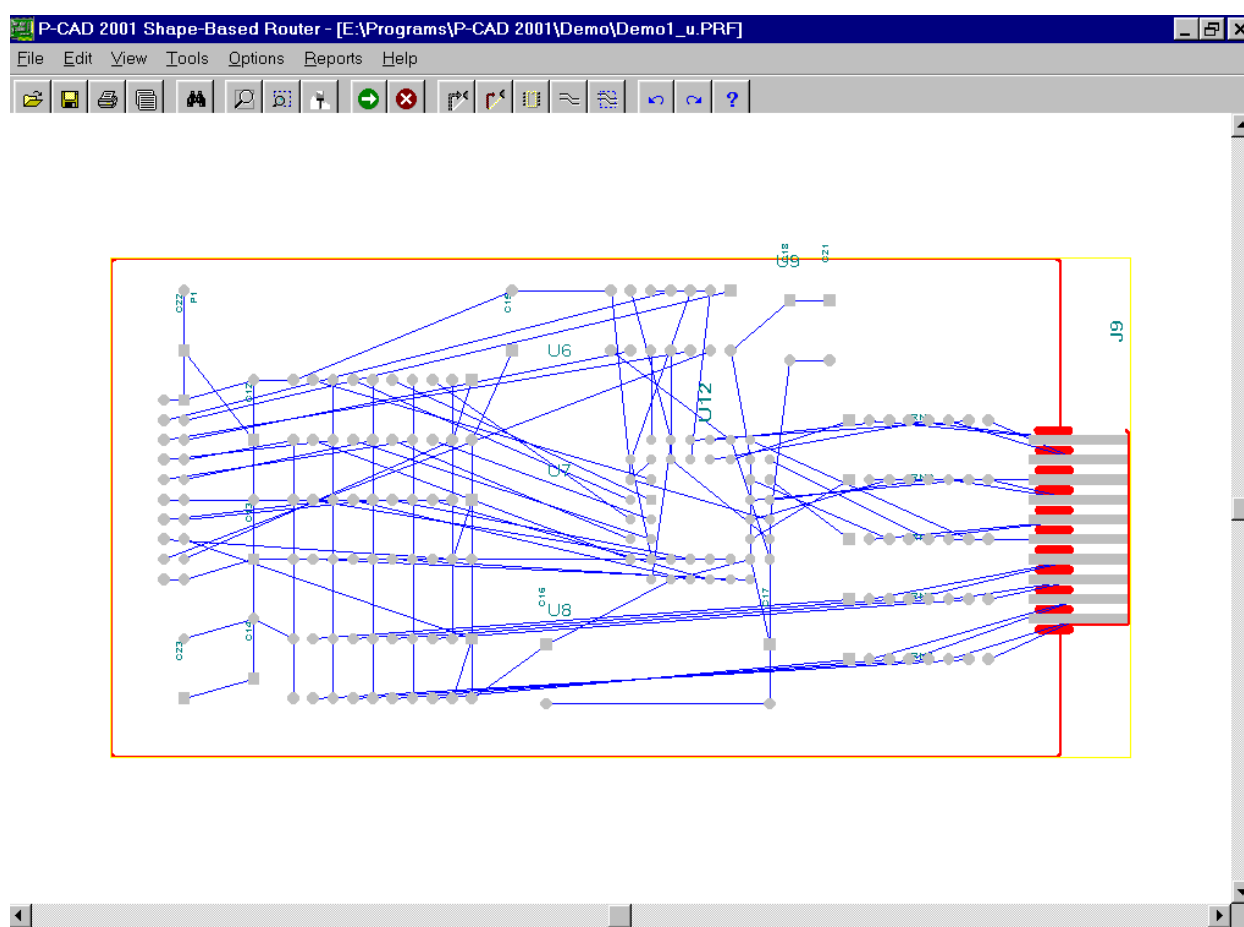



Рис. 10-16. Рабочее окно автотрассировщика *Shape-Based Router*

3) Вернитесь в окно автотрассировщика, нажав на кнопку  в панели задач Windows.

### 10.3.4 Настройка цветовой палитры экрана

Для настройки параметров автотрассировщика используется группа команд меню **Options** (параметры). Здесь всего две команды **Display** (отображение) и **Auto-Router** (автотрассировка). Первая из них активизирует панель **Display Options** (см. рис. 10-17). Здесь можно выбрать цвет для отдельных элементов рабочего поля в колонке *Color* (цвет фона может



быть только черным или белым) и установить их видимость в колонке *Visible* (возможные значения True и False выбираются из раскрывающегося списка).

- **Установите желаемые цвета элементов рабочего поля трассировщика**

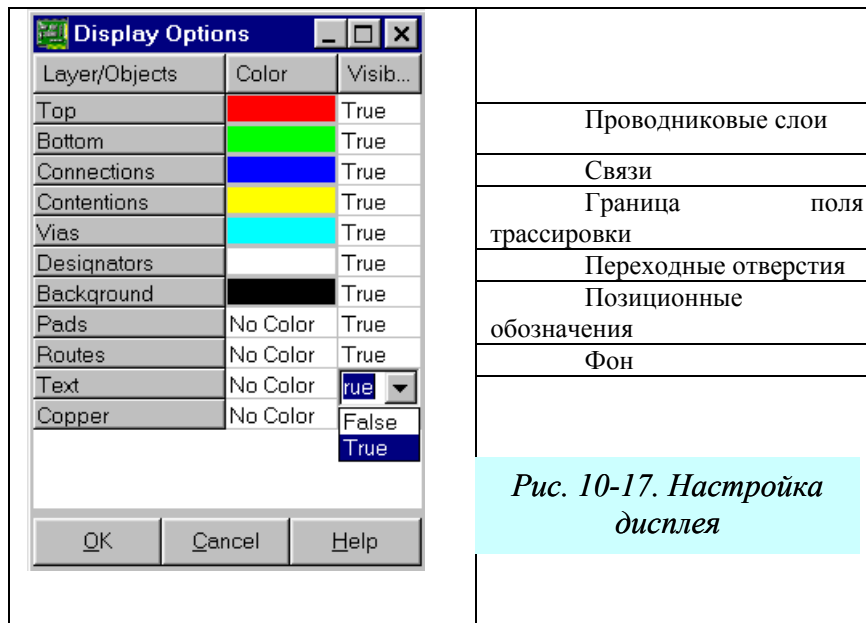


Рис. 10-17. Настройка дисплея

### 10.3.5 Выбор проходов трассировки

Команда **Options/Auto-Router** позволяет задавать параметры трассировки. При ее активизации появляется панель **Autorouter Setup**, показанная на рис. 10-18. Здесь на закладке *Routing Passes* (проходы трассировки) можно установкой соответствующих флажков выбрать необходимые проходы трассировки. Возможны следующие проходы:

**Memory** (память) – выделяет все соединения, типичные для плат памяти (полностью вертикальные или полностью горизонтальные). Проход является как эвристическим, так и поисковым. Разработчики советуют всегда использовать этот проход, даже если на плате нет компонентов типа запоминающих устройств;

**Fan Out Used**

**SMD Pins** (разделка планарных выводов) – проход позволяет подключить короткие отрезки линии с переходными отверстиями на конце (т.к. называемые стрингеры) к планарным контактным площадкам. При наличии на плате компонентов с планарными выводами этот проход всегда должен использоваться. Неудачные попытки создать подобного рода элементы отображаются маленькими желтыми окружностями с «X» в центре.

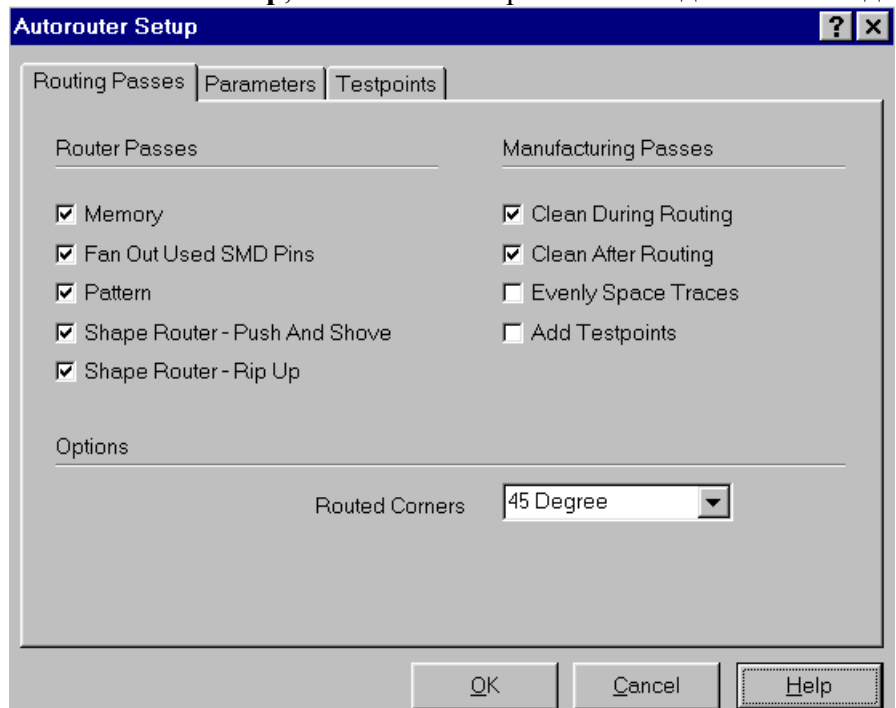


Рис. 10-18. Выбор проходов трассировки



Для плат с высокой плотностью, имеющих большое количество планарных компонентов, рекомендуется сделать пробную трассировку, включающую только этот проход. Если для более чем 10 % выводов стрингеры не смогут быть созданы, нужно перекомпоновать компоненты в области с наибольшим количеством слоев.

**Pattern** (по образцу) – фактически на каждой плате могут быть найдены образцы (шаблоны) соединений. Успех трассировки этих образцов во многом зависит от того, в какой последовательности выбираются соединения при трассировке шаблона. Этот проход относится к числу поисковых и имеет набор различных алгоритмов, адресованных к определенному типу шаблонов. Он должен всегда использоваться при автотрассировке.

**Push And Shove** (потесни и протолкни) – этот проход является основным в наборе проходов. Он значительно расширен по части условий смещения и проталкивания проводников, когда возможно смещение и проталкивание соседних трасс по диагонали без ограничения по дальности, можно перепрыгивать через переходные отверстия и контактные площадки.

**Rip Up** (разрезание) – этот проход является признанным трассировщиком очистки. После завершения прохода Push And Shove возможны нарушения технологических правил. Места этих нарушений на мониторе отмечаются маленькими желтыми окружностями. Как правило, очередные проходы различных алгоритмов трассировки позволяют убрать эти нарушения. В случае очень сложных плат часть этих нарушений остается после полного завершения других проходов. Проход **Rip Up** позволяет удалить эти нарушения за счет разрезания и переразводки трасс, связанных с технологическими нарушениями.

**Clean Passes** (проходы зачистки)– эти проходы уменьшают количество углов (спрямляют проводники) и улучшают подключения к контактными площадкам. Возможно выполнение зачистки во время трассировки (**Clean During Routing**) и после завершения основных проходов (**Clean After Routing**).

**Evenly Space Tracks** (равномерное распределение трасс) – специфический проход, позволяющий равномерно распределять дорожки. Например, если между соседними выводами микросхемы могут быть проведены две дорожки, но реально проходит одна, то в результате выполнения этого прохода она будет сдвинута в центр расстояния между выводами.

**Add Testpoints** (добавить контрольные точки) – когда этот проход включен, каждая цепь проверяется на необходимость добавления контрольной точки. Проход включается только при необходимости размещения контрольных точек на плате.

В окне **Routed Corners** (углы трассировки) выбирается вариант изгибов трасс – под углом 90 градусов или под углом 45 градусов.



Важно заметить, что в процессе загрузки платы она анализируется и параметры, в том числе, и необходимые проходы трассировки, устанавливаются автоматически. Изменяйте их только в случае крайней необходимости!!!

### 10.3.6 Установка параметров трассировки

На закладке *Parameters* панели **Autorouter Setup**, показанной на рис. 10-19, устанавливаются некоторые важные параметры трассировки. Рассмотрим их более подробно.

В столбце *Layer* отображаются имена проводниковых слоев, используемых для трассировки. Их имена передаются в трассировщик из редактора печатных плат РСВ и изменению не подлежат.

В столбце *Route Direction* задается предпочтительное направление проводников в соответствующем слое. Возможные варианты выбираются из раскрывающегося списка:

**Disable** – запрет проведения трасс в данном слое;

**Vertical** – предпочтительное направление вертикальное;

**Horizontal** – предпочтительное направление горизонтальное;

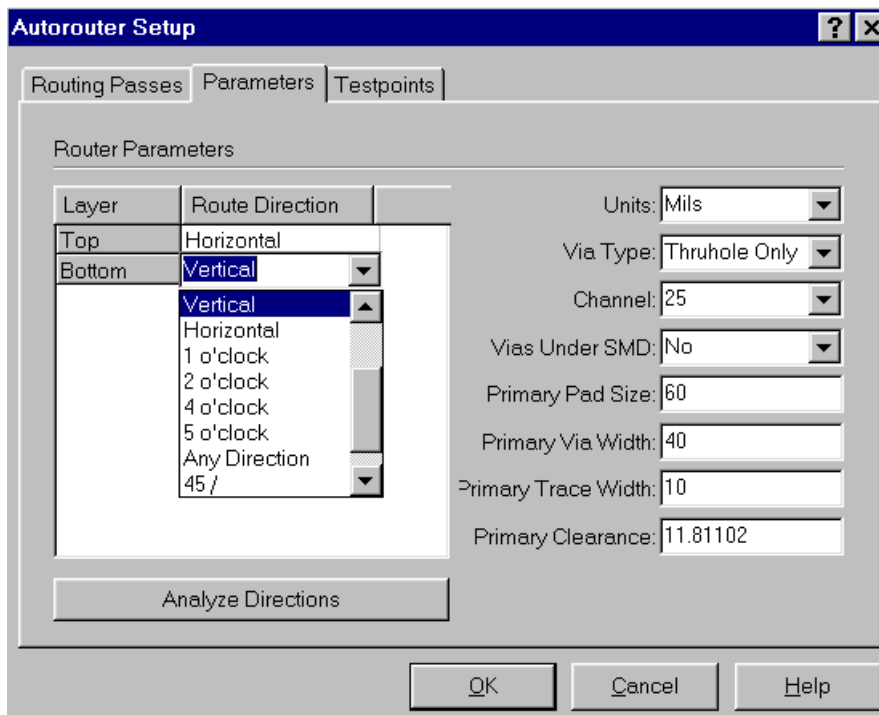


Рис. 10-19. Установка параметров трассировки

Возможны дополнительные направления, такие как 45 градусов вниз (45\), 45 градусов вверх (45/), 1 час, 2 часа, 4 часа, 5 часов (часовая стрелка на циферблате часов). Эти направления могут быть заданы для всех слоев многослойной печатной платы, хотя обычно для верхней и нижней стороны задают горизонтальное и вертикальное направления.

Нажатие на кнопку **Analyze Directions** (анализ направлений) позволяет трассировщику автоматически назначить приоритетное направление для всех слоев, у которых параметр *Route Direction* был определен как **Auto**.

В окне *Units* выбирается система единиц измерения – микроны, миллиметры, сантиметры, дюймы или милы.



*Следите за согласованностью единиц измерения редактора печатных плат и трассировщика!!!*

В окне *Via Type* можно запретить (No Vias) или разрешить (Thruhole Only) использование переходных отверстий при трассировке.

В окне *Via under SMD* можно разрешить или запретить создание переходных отверстий под планарными контактными площадками. Создание таких отверстий может значительно облегчить задачу трассировки печатных плат с высокой плотностью компоновки.

В окне *Channel Size* устанавливается размер канала для трассировки – пространства для прокладки трассы с необходимыми зазорами. Размер канала рассчитывается, исходя из первичной ширины трассы (primary track width) и величины необходимых зазоров. Как правило, размер канала предложенный системой автоматически дает хорошие результаты. Размер канала задается в mil (тысячная часть дюйма).



*Для проведения бессеточной трассировки задавайте величину канала равной 1 mil (для метрической системы единиц равной или менее 0,0254 мм)!!!*

В окне *Primary Pad Width* задается исходный диаметр большинства контактных площадок для штыревых выводов. Для планарного вывода этим параметром задается наибольший размер. Используется для расчета размера канала трассировки.

**Plane** – резервирует слой для металлизации;

**Auto** – позволяет выбирать направление трассировщику;

**Any Direction** – ни одно из направлений не является предпочтительным, например, на третьем слое трехслойной печатной платы. Не рекомендуется задавать это значение более чем одному слою;

**Fanout** – используется при необходимости создания стрингеров для планарных выводов и при желании ограничить количество проводниковых трасс в этом слое.

Кроме перечис-

В окне *Primary Via Width* задается исходный диаметр текущего переходного отверстия на плате.

В окне *Primary Track Width* устанавливается исходная ширина трассы, принимаемая для большинства трасс.

В окне *Primary Clearance* устанавливается исходная величина зазоров между краями проводниковых трасс, между проводником и контактной площадкой, между проводником и переходным отверстием и между переходным отверстием и контактной площадкой.

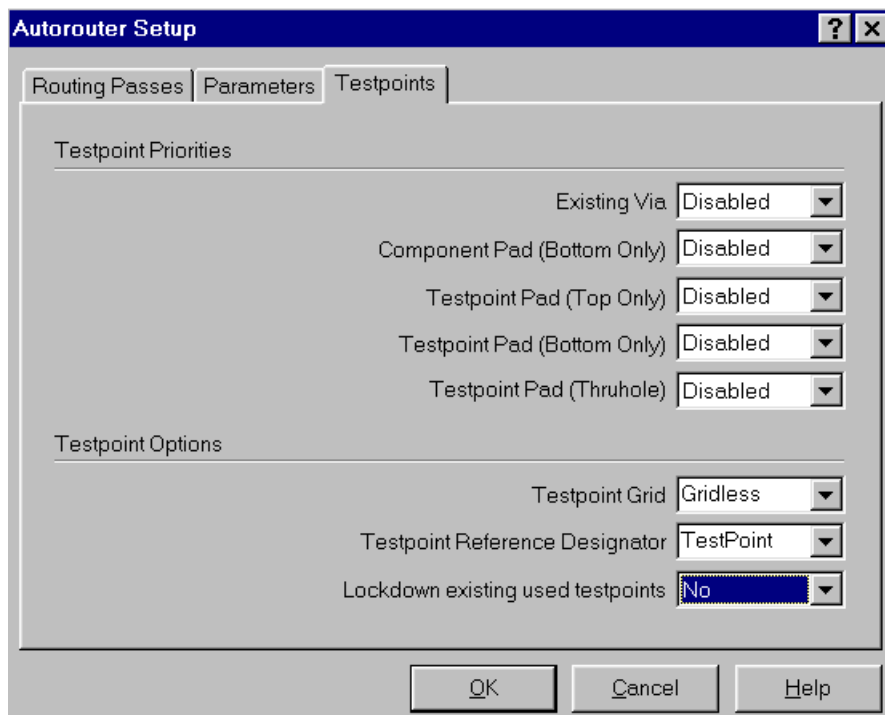


Рис. 10-20. Установка параметров контрольных точек

### 10.3.7 Задание параметров контрольных точек

На закладке *Testpoints* (контрольные точки) панели **Autorouter Setup**, показанной на рис. 10-20, устанавливаются параметры контрольных точек в случае необходимости их раз-



мещения на печатной плате. Контрольные точки могут быть пяти разновидностей:

- **Existing Via**, использующие существующие переходные отверстия;
- **Component Pad (Bottom Only)**, использующие контактные площадки монтажных отверстий на нижней стороне платы;
- **Testpoint Pad (Top Only)**, контактная площадка со стилем TestPoint1 на верхней стороне печатной платы, размещенная специально для создания контрольной точки;
- **Testpoint Pad (Bottom Only)**, контактная площадка со стилем TestPoint2 на нижней стороне печатной платы, размещенная специально для создания контрольной точки;
- **Testpoint Pad (Thruhole)**, контактные площадки со стилем TestPoint3 на нижней и верхней сторонах печатной платы со сквозным отверстием, размещенные специально для создания контрольной точки.

Стили специальных контактных площадок для контрольных точек TestPoint1, TestPoint2 и TestPoint3 создаются в редакторе печатных плат перед загрузкой проекта в авто-трассировщик.

Проход трассировщика **Add Testpoints** (добавить контрольные точки), размещающий контрольные точки на плате, базируется на приоритетах контрольных точек (*Testpoint Priorities*). Каждый используемый тип контрольных точек должен иметь уникальные числовые приоритеты в пределах от 1 до 5. Высшим является приоритет равный 1.

Выбор приоритета для каждого типа производится из раскрывающегося списка в группе *Testpoint Priorities* (см. рис. 10-20). Для запрета размещения какого-либо типа контрольных точек на плате в списке следует выбрать Disabled (заблокированный).

В группе *Testpoint Options* (см. рис. 10-20) устанавливаются некоторые параметры для контрольных точек, а именно:

- в окне *Testpoint Grid* определяется сетка, к которой будут привязываться контрольные точки. Значение *Gridless* – позволяет устанавливать их вне сетки;
- в окне *Testpoint Reference Designator* определяется стиль позиционных обозначений для добавляемых контрольных точек. Возможные варианты: TP1, TP2 или T1, T2, T3. В случае использования в качестве контрольных точек существующих площадок переходных или монтажных отверстий позиционные обозначения им не присваиваются;
- в окне *Lock Down Existing Used Testpoints* можно разрешить или запретить использование контрольных точек от предыдущих сеансов трассировки.

### 10.3.8 Назначение атрибутов цепям

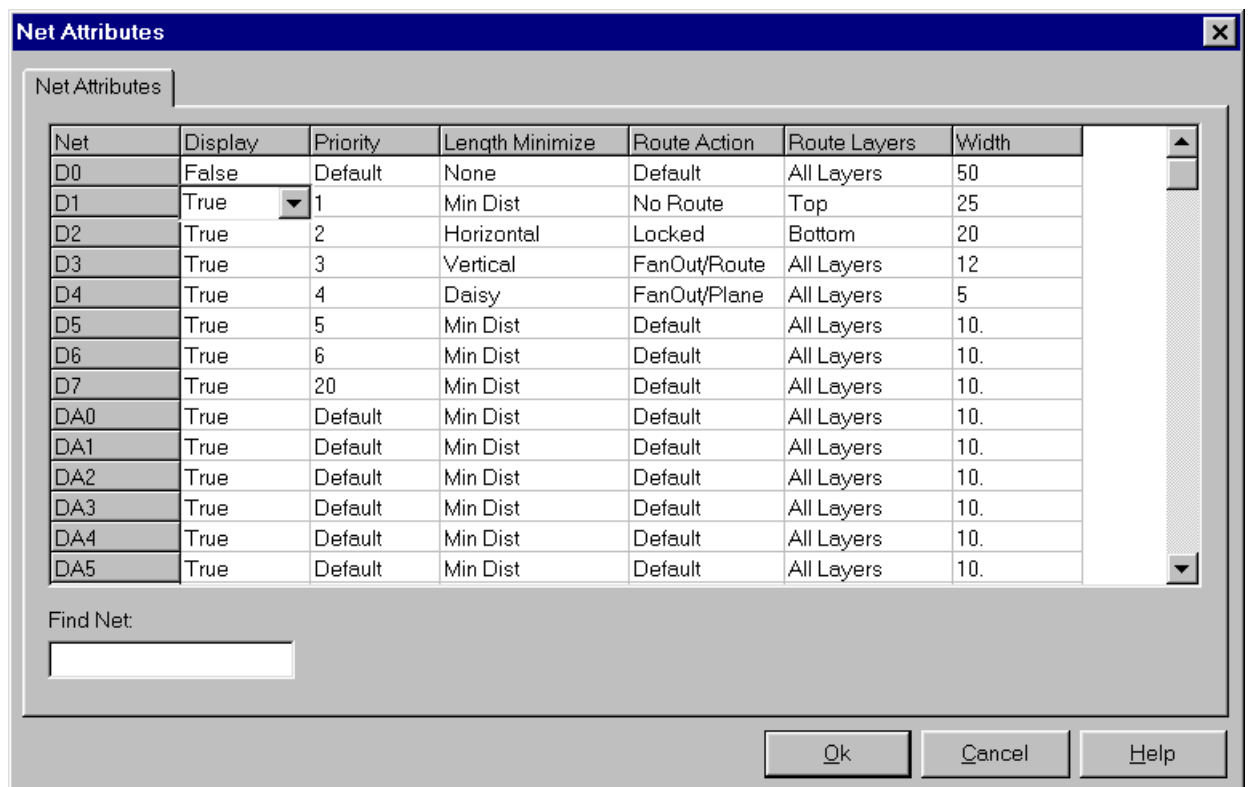


Рис. 10-21. Установка атрибутов цепей

Очень важно, что в автотрассировщике можно установить некоторые атрибуты цепей, такие как ширина, приоритет разводки, метод оптимизации и используемые слои. Для установки этих параметров используется команда **Edit/Net Attributes** (Редактирование/Атрибуты цепей). При активизации этой команды появляется окно, показанное на рис. 10-21.

Здесь несколько колонок, значения которых можно устанавливать для выбранной цепи, имена которых отображаются в крайнем левом столбце.

В первом столбце (*Display*) устанавливается видимость электрических соединений для каждой цепи. Возможны два значения – True (видимый) и False (невидимый).

Во втором столбце (*Routing Priority*) устанавливается очередность автоматической трассировки для 20 цепей. Если из раскрывающегося списка для какой-либо цепи выбирается 1, то она будет разводиться первой. В случае выбора значения Default (по умолчанию) выбор порядка трассировки будет производиться автоматически.



*Одинаковые приоритеты для разных цепей не допускаются!*

В столбце *Length Minimize* (минимизация длины) задается режим минимизации отдельной цепи. Здесь возможны следующие значения:

**None** – минимизация не производится;

**Min Dist** – минимизируется полная длина цепи;

**Daisy** – цепь сохраняет последовательность соединений между выводами, записанную в базе данных;

**Horizontal** – сегменты проводников цепи ориентируются преимущественно горизонтально. Чаще всего используется для цепей питания и «земли».

**Vertical** – сегменты проводников цепи ориентируются преимущественно вертикально. Чаще всего используется для цепей питания и «земли».

В столбце *Route Action* определяется стиль автотрассировки. Возможные значения:

**Default** – при установке этого значения стрингеры к контактным площадкам планарных компонентов будут создаваться только для многослойных печатных плат (с числом слоев более двух);



*Режим **Default** является основным и должен изменяться только в обоснованных случаях!!!*

**Route** – разводка цепи без генерации стрингеров;

**No Route** – игнорирование цепи при автотрассировке;

**Locked** – запрет трассировки ранее разведенной цепи;



*Значение **Locked** может быть установлено только для полностью разведенных цепей!!!*

**Fan Out/ Route** – при установке этого значения для имеющихся планарных выводов перед трассировкой будут сгенерированы стрингеры;

**Fan Out/ Plane** – при установке этого значения для имеющихся планарных выводов будут сгенерированы стрингеры, но сама цепь трассироваться не будет. Можно использовать для цепей питания и «земли» при наличии слоев металлизации.

В столбце *Routing Layer* (слои для трассировки) указываются сигнальные слои для трассировки отдельной цепи. Возможные значения:

**All Routing** – для трассировки могут использоваться все сигнальные слои;

**Top** – трассировка только на верхнем слое;

**Bottom** – трассировка только на нижнем слое.

В столбце *Track Width* устанавливается ширина проводников для отдельных трасс. По умолчанию здесь установлено значение определенное при задании параметров трассировки



или в атрибутах цепи. Новое значение можно установить, выбрав его из predeterminedного списка или набрав на клавиатуре.

Окно *Find Net* (поиск цепи) позволяет осуществлять навигацию по списку цепей. Для движения по списку достаточно набрать первые буквы имени цепи.

### 10.3.9 Запуск, прерывание и приостановка автотрассировки

Очень интересно, что система позволяет оценить ожидаемую плотность трассировки на отдельных участках платы до начала трассировки. Это необходимо сделать до начала

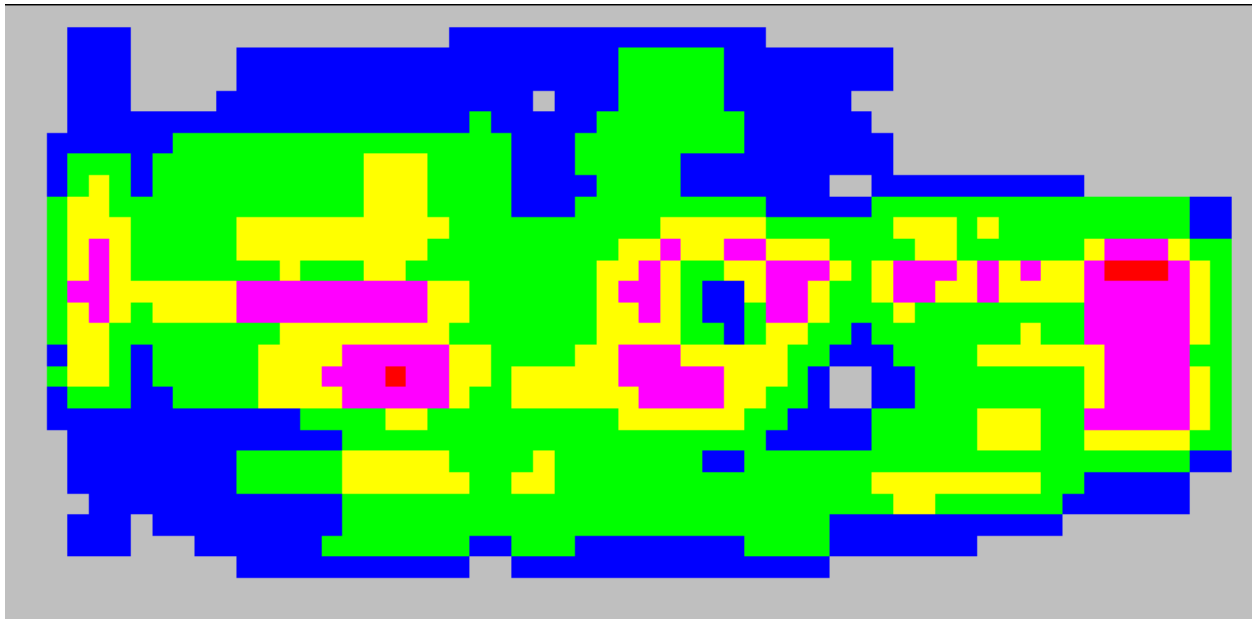



Рис. 10-22. Карта плотности трасс на плате

трассировки, что бы убедиться в правильности расстановки компонентов. Для оценки используется команда **View/Density** (Просмотр/Плотность) основного меню. На появляющейся после активизации этой команды цветовой диаграмме красным цветом отмечены места с наивысшей плотностью трасс, голубым – с наименьшей плотностью (см. рис. 10-22). Если участки помеченные красным цветом занимают более 10-20% площади платы, рекомендуется по другому разместить компоненты.

Еще одним средством позволяющим оценить результаты будущей работы является так называемое предтрассировочное резюме (Pre-Route Synopsis), получаемое по команде **Reports/Pre-Route Synopsis**. Здесь можно получить информацию о параметрах используемой стратегии трассировки, количестве разводимых цепей и компонентов в проекте, плотности размещения и т.д.



*Используйте средства предварительного контроля перед началом трассировки.*

Для запуска процесса автотрассировки необходимо активизировать команду **Tools/Start Autorouter** или нажать кнопку  на инструментальной панели. На первой стадии система анализирует плату и выбирает соответствующую стратегию трассировки, определяющую последовательность выполнения заданных проходов. Если на этом этапе обнаруживаются какие-либо проблемы, процесс останавливается и на экран выдается соответствующее сообщение, например,

```

ROUTING STATISTICS
Board File Name: Demo1_u
Date: 19 Jul 02
Time: 11:40:08

*****

Total Nets           80
Total Connections    138
Prerouted            138
Planes (to be fanned out)  0
To be routed         0

Current Status
Connections Routed    138
% Routed              100%
Connections Fanned Out  0
% Fanned Out          0%
Connections Partially Routed  0
% Partially Routed    0%

Total vias           12
Total routed track length 195.9 in.
Total unrouted conn length  0.0 in.
Elapsed Routing Time  00:00:23

Layer Utilization
Layer  Direction  Track Length
-----
Top    Horizontal  109.56
Bottom Vertical    86.32


***** END *****
    
```

Рис. 10-23. Пример отчета о ходе трассировки

**One or more connections cannot be routed**

(Одно или более соединений не могут быть выполнены). В этом случае необходимо просмотреть текстовый файл протокола трассировки, что бы разобраться в причине.

В случае отсутствия ошибок на экране будет отображаться процесс раскладки проводников на плате. В нижней части экрана будет выводиться информация о ходе трассировки (процент разведенных связей, имя текущего прохода, наличие конфликтов, общее время трассировки).

Для прерывания процесса трассировки необходимо в меню активизировать команду **Tools/Stop Autorouter** или нажать кнопку  на инструментальной панели.

Для временной приостановки процесса трассировки используется команда **Tools/Pause**

**Autorouter.**

Возобновить прерванную или приостановленную трассировку можно командой **Tools/Restart Autorouter**.



Рис. 10-24. Меню "Tools"

Информацию о выполнении трассировки после ее окончания или приостановке можно получить, используя команду **Reports/Routing Statistics** в основном меню. Информация выдается в форме отчета, представленного на рис. 10-23.

**10.3.10 Ручная и интерактивная трассировка**

Программа **Shape-Based Router** позволяет проводить трассировку отдельных проводников в ручном и интерактивном режиме, используя текущие настройки параметров трассировки. Для интерактивной трассировки в программе предусмотрено несколько команд, расположенных в меню **Tools**, показанном на рис. 10-24. Рассмотрим возможности этих команд более подробно.




Используя команду **Tools/Autoroute Connection**, можно создать проводник, соединяющий два вывода (аналог – кнопка  на инструментальной панели). При активизации этой команды курсор превращается в вертикальную стрелку (см. рис. 10-25, а), которой необходимо указать требуемое соединение и нажать левую кнопку мы-




Рис. 10-25. Интерактивная трассировка отдельных соединений

ши. Результат выполнения этой команды показан на рис. 10-25,б. Система сама выбирает слой для трассировки и ширину проводника в соответствии с заданными параметрами трассировки и проводит проводник, огибая все препятствия.

Команда **Tools/Autoroute Net** позволяет провести соединения для всей цепи (аналог – кнопка  на инструментальной панели).

Команда **Tools/Autoroute Component** позволяет провести соединения для всех цепей, подключенных к выбранному компоненту (аналог – кнопка  на инструментальной панели).

Команда **Tools/Autoroute Area** позволяет провести соединения для всех соединений, входящих в выбранную прямоугольную область или пересекающих ее границы (аналог – кнопка  на инструментальной панели). Для выбора области трассировки необходимо курсором указать ее центр, нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, движением мыши задать размеры области.

Очень интересной является команда **Tools/Sketch Route**. Ее особенностью является то, что пользователь вначале создает эскиз соединения, а затем система пытается автоматически его реализовать. Пример эскиза проводника показан на рис. 10-26,а (тонкая красная линия). Результат реализации данного соединения системой приведен на рис. 10-26,б.

Для работы с этой командой необходимо после ее активизации указать курсором цепь, с которой предполагается работать и отметить ее щелчком левой кнопки мыши. Выбранная цепь подсветится. Курсор изменит свою форму – превратиться в небольшую вертикальную стрелку. Далее необходимо курсором указать один из выводов входящих в цепь, нажать левую кнопку мыши, и, не отпуская ее, начать рисовать эскиз проводника, не особенно заботясь о точности рисунка.

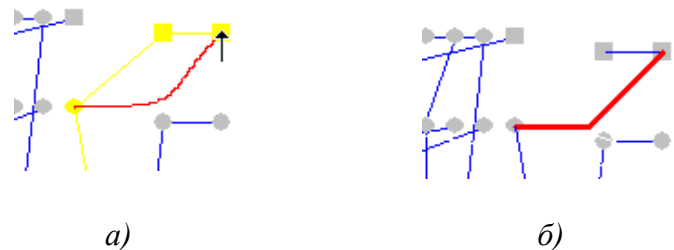



Рис. 10-26. Использование команды **Sketch Route**

Для переключения между слоями используются цифровые клавиши. Так цифре 1 соответствует слой Top, цифре 2 следующий по порядку сигнальный слой и т. д. После нажатия цифровой клавиши для выбора слоя необходимо чуть сдвинуть курсор, чтобы увидеть результат.

Для удаления части неправильно введенного эскиза просто вернитесь курсором к предыдущему выводу.

Особенностью всех перечисленных выше команд является то, что проводники создаются автоматически с использованием алгоритмов автотрассировки. Пользователь в данном случае только определяет последовательность трассировки отдельных цепей или их сегментов. При необходимости можно выполнять трассировку вручную, не используя автотрассировщик. Для ручной трассировки необходимо активизировать в меню команду **Tools/Manual**

**Route** (аналог – кнопка  на инструментальной панели). Далее необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по соединению, которое необходимо трассировать. При движении курсора от ближайшего вывода за курсором потянется штриховая линия (см. рис. 10-27,а). Цвет

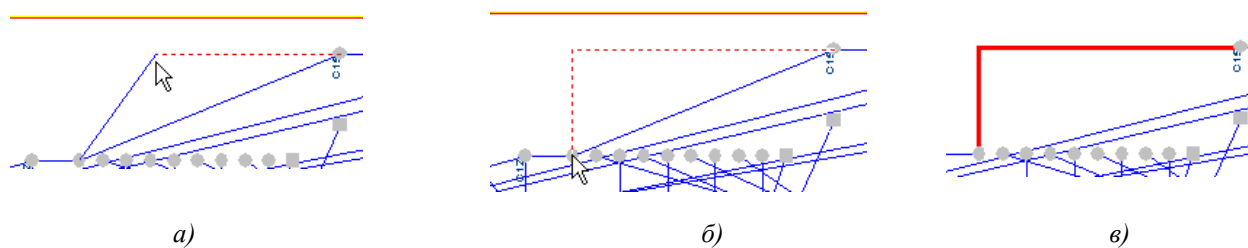


Рис. 10-27. Ручная трассировка проводников

этой линии будет определяться цветом слоя, в котором будет размещен сегмент проводника. Переключение между слоями производится с помощью цифровых клавиш (цифре 1 соответствует слой TOP, цифре 2 следующий сигнальный слой и т.д.). Фиксация положения сегментов производится щелчками левой кнопки мыши (см. рис. 10-27,б).

При смене слоя система автоматически устанавливает в нужном месте переходное отверстие.

В процессе трассировки система контролирует выполнение технологических ограничений. Места конфликтов отмечаются маленькими желтыми кружочками.

### 10.3.11 Редактирование проекта

В процессе интерактивной и ручной трассировки очень часто возникает потребность в редактировании уже проложенных трасс. Для этой цели в системе предусмотрено несколько команд позволяющих убрать неправильно проложенные проводники или их части. Эти команды сгруппированы в меню Tool и представлены в табл.

Таблица 10-1

Команды редактирования сегментов цепей

Unroute All Net	Удаление всех проложенных трасс
Unroute Conflicts	Удаление сегментов с технологическими ограничениями
Unroute Net	Удаление сегментов трассы принадлежащих выбранной цепи
Unroute Connection	Удаление сегментов трассы принадлежащих выбранному соединению
Unroute Segment	Удаление отдельных сегментов трассы

### 10.3.12 Отчеты о ходе трассировки

Группа команд меню Reports (отчеты) позволяет просмотреть на экране или напечатать на принтере 7 различных отчетов о работе над платой (рис. 10-28).

В отчете **Pre-Route Synopsis** (Предтрассировочное резюме) приводятся данные о заданных параметрах трассировки. Здесь можно получить информацию о параметрах используемой стратегии трассировки, количестве разводимых цепей и компонентов в проекте, плотности размещения и т.д.

В отчете **Routing Statistics** (статистика трассировки) приводятся детальные сведения о

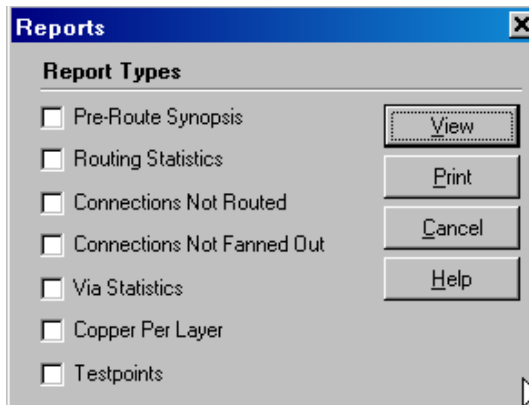


Рис. 10-28. Панель отчетов системы

ходе выполненной или приостановленной трассировки.

В отчете **Connections Not Routed** (неразведенные соединения) приводится список неразведенных или частично разведенных соединений.

В отчете **Connections Not Fanned Out** приводятся сведения о контактах для которых не были сделаны стрингеры.

В отчете **Via Statistics** приводятся сведения о всех переходных отверстиях на плате с указанием их координат, типа и цепи в которую они включены.

В отчете **Copper Per Layer** приводятся сведения об области металлизации с указанием длины трасс, как на всей плате, так и отдельно на каждом слое.

В отчете **Testpoints** содержится список всех добавленных контрольных точек с указанием их типа, координат и позиционного обозначения.

Все сгенерированные отчеты записываются в текстовый файл SR.RPT и могут быть просмотрены при нажатии на кнопку **View**.

### 10.3.13 Сохранение результатов трассировки

Сохранить результаты автоматической или ручной трассировки и вернуться в редактор печатных плат можно, используя команду **File/Save and Return**.

## 11 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

По материалам сайта фирмы «Электрон-Трэйд» <http://www.electrade.ru>

**Э. Ц. Саврушев**

### **P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат**

*Аннотация:* Изложена последовательность действий при автоматизированном проектировании электрических схем и печатных плат с использованием системы P-CAD 2001. Объясняется использование специализированных редакторов системы для создания библиотек символов и посадочных мест компонентов. Рассматриваются вопросы создания схем электрических принципиальных, задачи размещения корпусов компонентов на монтажно-коммутационном поле и трассировки электрических соединений. В Приложениях приведены материалы, позволяющие облегчить работу пользователя при проектировании печатных плат.

Для инженерно-технических работников, студентов технических университетов и других специалистов, применяющих в своей работе P-CAD для Windows для проектирования электронных устройств.

Практ. пособие – М.: Издательство ЭКОМ, 2002 г., 320 страниц, ISBN 5-94240-009-1

**Всеволод Разевиг**

### **Проектирование печатных плат в P-CAD 2001**

*Аннотация:* Изложена методика автоматизированного проектирования многослойных плат печатного монтажа с помощью системы P-CAD 2001 для Windows 95/98/2000/NT и сопутствующих программ: анализа паразитных эффектов печатных плат Signal Integrity, моделирования аналого-цифровых устройств средствами Protel, размещения компонентов и трассировки проводников SPECSTRA и программы подготовки к выпуску фотошаблонов SAMtastic. Подробно рассказывается о работе с графическими редакторами схем электрических принципиальных и печатных плат, приведено описание всех их команд. Даны рекомендации по составлению библиотек условных графических обозначений и корпусов электрорадиоэлементов с учетом требований отечественных стандартов. Большое внимание уделено работе с программой трассировки соединений Shape-Based Router.

Для инженерно-технических работников и студентов технических университетов, работающих в области автоматизации проектирования электронной аппаратуры.

Издательство "СОЛОН-Р", 2001 г., 560 страниц, ISBN 5-93455-116-7



**А. Уваров**

### **P-CAD 2000, ACCEL EDA. Конструирование печатных плат. Учебный курс.**

*Аннотация:* В настоящем издании приведены рекомендации и советы по созданию библиотек элементов, вычерчиванию электрических схем и проектированию печатных плат средствами программ P-CAD 2000 и ACCEL EDA. Особое внимание уделено системам обозначений металлизированных отверстий, контактных площадок и посадочных мест различных элементов, типовых компонентных модулей и стандартных форматов, отвечающих требованиям ГОСТа. Специальный раздел посвящен конструкторско-технологическим параметрам печатных плат и вопросам поверхностного монтажа.

Кроме того, издание содержит справочный материал по компонентам, необходимый профессионалам, работающим с любыми средствами проектирования РЭА. Книга ориентирована на



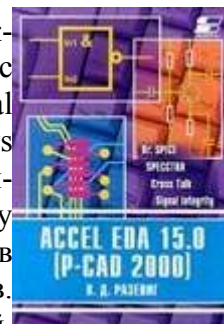


разработчиков радиоэлектронных устройств различной степени сложности, конструкторов печатных плат, студентов технических вузов и радиолюбителей.  
Издательство: ДМК Пресс; 2001 г. ; 320 стр., ISBN 5-318-00426-1,

**Всеволод Разевиг**

### **ACCEL EDA 15.0 (P-CAD 2000)**

Аннотация: Изложена методика автоматизированного проектирования электрических принципиальных схем и многослойных плат печатного монтажа с помощью системы ACCEL EDA 15.0 и сопутствующих программ Signal Integrity, Dr. Spice A/D 2000, SPECCTRA 8.0 и CAM350 5.0-6.0 для Windows 95/98/2000/NT. Рассказывается о работе с графическими редакторами принципиальных схем и печатных плат. Даны рекомендации по рациональному составлению библиотек условных графических обозначений и корпусов электрорадиоэлементов с учетом требований отечественных стандартов. Большое внимание уделено работе с программами трассировки соединений. Приведены наиболее важные сообщения об ошибках и рекомендации по их устранению. Все иллюстрации к книге сделаны с помощью версии ACCEL EDA 15.0, однако представленный материал полезен и при работе со следующей версией ACCEL EDA 15.1, получившей название P-CAD 2000. Для инженерно-технических работников и студентов технических университетов, работающих в области автоматизации проектирования электронной аппаратуры.  
Издательство: "Солон-Р"; 416 стр., 2000 г., ISBN 5-93455-004-7



**Всеволод Разевиг**

### **Система P-CAD 2000. Справочник команд.**

Аннотация: Представлено описание команд всех четырех графических редакторов системы разработки печатных плат P-CAD 2000 для Windows: Schematic Editor - редактора схем. Symbol Editor - редактора символов, PCB Editor - редактора печатных плат. Patten Editor - редактора корпусов компонентов. В приложении приведены сведения о новом трассировщике Shape-Based Router. Система P-CAD 2000 является преемницей системы ACCEL EDA. Поэтому справочник команд служит дополнением к имеющейся литературе по ACCELEDA 15 Для инженерно-технических работников, занимающихся схемотехническим проектированием и конструированием устройств электроники и электротехники, студентов технических университетов и радиолюбителей.



Издательство: "Горячая Линия - Телеком"; 2000 г., 256 стр., ISBN 5-93517-042-6

**Владимир Стешенко**

### **ACCEL EDA. Технология проектирования печатных плат.**

Аннотация: Конструктору ошибаться нельзя. В современных условиях, когда срок разработки изделия сокращен до минимума, а финансовых ресурсов порой достаточно только для одной итерации, ошибка конструктора может повлечь катастрофические последствия для самого многообещающего проекта. Учитывая это, в книге делается попытка принять соответствующие меры, то есть дать в руки конструктору инструкцию по работе с таким мощным инструментом, каким является система автоматизированного проектирования печатных плат ACCEL EDA 14.0. Данная книга отличается от большого количества удачных книг [1-6], вышедших на русском языке по данной тематике за последние годы, прежде всего тем, что изложение ведется не от системы САПР, а от процесса разработки платы. При этом особое внимание уделяется особенностям грамотной разработки схемной, конструкторской и техноло-



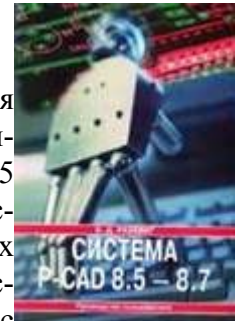
гической документации, вопросам передачи платы в производство. В книге приведен достаточно подробный справочный материал, который поможет пользователям ACCEL EDA в повседневной работе; Англо-русский словарь терминов в области САПР печатных плат, несомненно, будет полезен при освоении не только системы ACCEL EDA, но и при ее стыковке с другими системами САПР.

Издательство "Нолидж", 2000 г., 512 стр., ISBN 5-89251-082-4

**Всеволод Разевиг**

**Система P-CAD 8.5-8.7. Руководство пользователя.**

Аннотация: Изложена методика автоматизированного проектирования электронных принципиальных схем и многослойных плат печатного монтажа на персональных компьютерах с помощью системы P-CAD версий 8.5 - 8.7 в среде DOS. Рассказывается о работе с управляющей оболочкой системы и с графическими редакторами принципиальных схем и печатных плат. Даны рекомендации по рациональному составлению библиотек условных графических обозначений и корпусов электрорадиоэлементов с учетом требований отечественных стандартов. Приведены сведения о программе трассировки соединений и описанию практических приемов работы. Большое внимание уделяется взаимодействию P-CAD с популярной программой размещения компонентов и трассировки проводников SPECCTRA. Указывается взаимосвязь основных программ системы P-CAD со вспомогательными, в частности, с программой коррекции проекта и программой вывода данных на периферийное оборудование, в том числе средствами Windows; обсуждается проблема русификации. Рассказывается о методике обмена данными с ранними версиями системы P-CAD. Ко всем рассматриваемым программам системы приведены сообщения об ошибках и рекомендации по их устранению. Для инженерно-технических работников и студентов технических университетов, работающих в области автоматизации проектирования электронной аппаратуры.



Издательство "СОЛОН-Р", 1997г., 720 страниц, ISBN 5-93455-011-X

**Д. И. Сучков**

**Основы проектирования печатных плат в САПР P-CAD 4.5, P-CAD 8.5 - 8.7 и ACCEL EDA.**

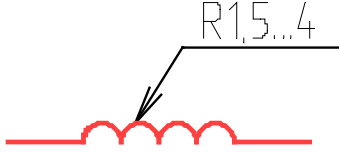
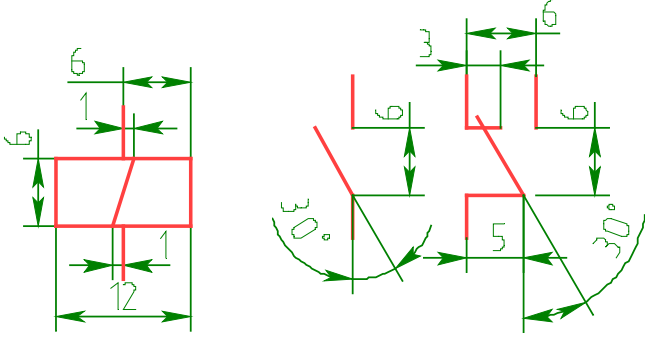
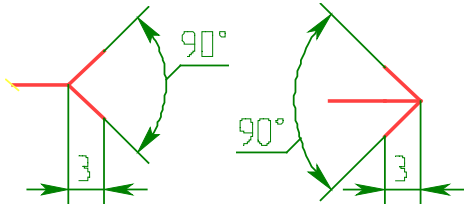
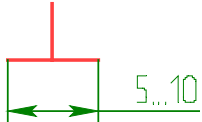
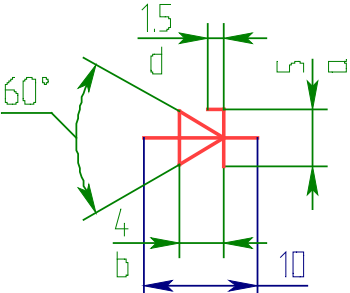
Аннотация: В книге рассматриваются основные этапы работы конструктора, технолога при создании (проектировании и подготовке производства) двухсторонних и многослойных печатных плат РЭА на персональном ЭВМ, с использованием САПР P-CAD.

Книга состоит из двух частей. Первая часть является учебником, здесь изложены в примерах основные этапы работы с используемыми в настоящее время САПР P-CAD (версия 4.5, версия 8.5 - 8.7 и версия P-CAD для Windows - ACCEL EDA 15.0). Работа с системой представлена в примерах по принципу `читай и повторяй`. Вторая часть книги содержит полное описание команд графических редакторов для всех основных версий САПР P-CAD. Предназначена для конструкторов, технологов, специалистов, занимающихся разработкой и подготовкой производства печатных плат.



Издательство: "Горячая Линия - Телеком"; 620 стр., 2000 г., ISBN 5-93517-027-2

**12 ПРИЛОЖЕНИЕ 1. НЕКОТОРЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В СХЕМАХ**

Обозначение	Наименование	ГОСТ									
	Обмотка трансформатора, авто-трансформатора, дросселя	2.722-68									
	Катушка индуктивности	2.723-68									
	Катушка реле и контактные группы	2.756-76 2.755-74									
	Контактные разъемные соединения	2.755-74									
	Корпус	2.747-68									
<table border="1" data-bbox="256 1473 496 1653"> <tr> <td><b>a</b></td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td><b>b</b></td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><b>d</b></td> <td>1.5</td> <td>2</td> </tr> </table> 	<b>a</b>	5	6	<b>b</b>	4	5	<b>d</b>	1.5	2	Стабилитрон (диод)	2.730-73
<b>a</b>	5	6									
<b>b</b>	4	5									
<b>d</b>	1.5	2									

**13 СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1</b>	<b>Введение</b> .....	<b>1-1</b>
<b>2</b>	<b>Структура системы P-CAD 2001 и ее возможности</b> .....	<b>2-1</b>
2.1	Структура системы P-CAD 2001 .....	2-1
2.2	Возможности системы P-CAD при проектировании печатных плат.....	2-3
2.3	Требования к аппаратному обеспечению .....	2-4
<b>3</b>	<b>Настройка схемного редактора</b> .....	<b>3-1</b>
3.1	Запуск редактора схем (Schematic) .....	3-1
3.2	Выбор и установка системы единиц измерения и размеров чертежа .....	3-2
3.3	Установка параметров сетки .....	3-3
3.4	Создание и редактирование стилей текста .....	3-5
3.4.1	Создание новых стилей текста .....	3-5
3.4.2	Редактирование существующих стилей текста.....	3-6
3.5	Задание ширины линий и проводников.....	3-7
3.5.1	Задание новой ширины линии.....	3-7
3.5.2	Задание ширины проводника .....	3-7
3.5.3	Редактирование списка размеров линий и проводников .....	3-7
3.6	Настройка параметров отображения.....	3-8
3.7	Настройка клавиатуры и мыши.....	3-10
3.8	Настройка фильтра выбора объектов.....	3-11
3.9	Сохранение шаблона проекта .....	3-12
<b>4</b>	<b>Создание углового штампа чертежа и форматов</b> .....	<b>4-1</b>
4.1	Создание графики углового штампа чертежа .....	4-1
4.2	Создание текстовых надписей .....	4-4
4.3	Поля и работа с ними .....	4-6
4.4	Редактирование чертежа.....	4-9
4.5	Создание форматки чертежа.....	4-10
4.6	Подключение форматки чертежа к проекту .....	4-13
<b>5</b>	<b>Создание и редактирование символов компонентов</b> .....	<b>5-1</b>
5.1	Общие сведения .....	5-1
5.2	Создание новой библиотеки .....	5-1
5.3	Создание символа резистора .....	5-2
5.4	Размещение атрибутов и точки привязки.....	5-4
5.4.1	Обязательные атрибуты компонента .....	5-4
5.4.2	Дополнительные атрибуты компонента .....	5-5
5.4.3	Точка привязки символа компонента .....	5-5
5.5	Помещение символа в библиотеку.....	5-6
5.6	Редактирование библиотечного символа .....	5-7

---

5.6.1	Выбор компонента из библиотеки.....	5-7
5.6.2	Преобразование УГО резистора в УГО конденсатора.....	5-8
5.7	Создание символа индуктивности.....	5-9
5.8	Создание символа транзистора.....	5-11
<b>6</b>	<b>Ввод схемы принципиальной электрической.....</b>	<b>6-1</b>
6.1	Создание многостраничного проекта.....	6-1
6.2	Подключение библиотек.....	6-3
6.3	Ввод и размещение символов библиотечных компонентов на схеме.....	6-3
6.4	Ввод линий групповой связи (шин).....	6-5
6.5	Соединение выводов компонентов проводниками.....	6-6
6.6	Назначение имен цепям.....	6-7
6.7	Нанесение на схему текстовых надписей.....	6-8
6.8	Оформление второго листа схемы.....	6-8
6.8.1	Копирование фрагментов схемы.....	6-9
6.8.2	Редактирование схемы.....	6-9
6.8.3	Расстановка позиционных обозначений.....	6-9
6.8.4	Расстановка соединителей страниц.....	6-11
6.9	Создание иерархического проекта.....	6-11
6.9.1	Создание нового модуля.....	6-11
6.9.2	Использование существующего модуля.....	6-13
6.9.3	Создание эквивалентной схемы модуля.....	6-14
6.9.4	Команда resolve hierarchy - разложение иерархии.....	6-15
6.10	Проверка схемы.....	6-16
6.11	Вывод схемы на принтер.....	6-18
6.12	Задание правил проектирования.....	6-20
6.13	Создание файла параметров проекта.....	6-22
6.14	Составление отчетов.....	6-24
6.15	Составление списка цепей.....	6-26
<b>7</b>	<b>Настройка редактора печатных плат.....</b>	<b>7-1</b>
7.1	Запуск редактора печатных плат (PCB).....	7-1
7.2	Настройка конфигурации редактора PCB.....	7-2
7.2.1	Установка общих параметров проекта.....	7-2
7.2.2	Установка параметров технологического контроля.....	7-2
7.2.3	Установка параметров ручной и интерактивной трассировки.....	7-4
7.2.4	Установка производственных параметров.....	7-5
7.3	Установка конфигурации слоев.....	7-6
7.4	Установка параметров сетки.....	7-8
7.5	Настройка параметров отображения.....	7-8
7.6	Настройка клавиатуры и мыши.....	7-9
7.7	Установка текущих параметров линий и проводников.....	7-11
7.8	Установка текущих параметров барьеров трассировки.....	7-11
7.9	Сглаживание углов полигонов.....	7-12
7.10	Установка параметров текста.....	7-13
7.11	Создание стеков контактных площадок и переходных отверстий.....	7-13

---

7.11.1	Задание имен стеков .....	7-13
7.11.2	Установка параметров простого стека.....	7-14
7.11.3	Установка параметров сложного стека.....	7-15
7.11.4	Удаление и переименование созданных стилей КП.....	7-18
7.11.5	Создание стилей переходных отверстий .....	7-18
7.11.6	Создание несквозных отверстий .....	7-18
7.12	Задание технологических норм и правил проектирования.....	7-19
7.13	Сохранение технологических настроек .....	7-20
<b>8</b>	<b>Создание компонентов .....</b>	<b>8-1</b>
8.1	Общие сведения .....	8-1
8.2	Запуск Библиотечной Операционной Системы .....	8-1
8.3	Создание символа компонента .....	8-9
8.3.1	Запуск Редактора символов .....	8-9
8.3.2	Настройка Редактора символов.....	8-10
8.3.3	Создание символа с помощью мастера.....	8-11
8.4	Создание корпуса компонента.....	8-12
8.4.1	Запуск и настройка Редактора корпусов .....	8-12
8.4.2	Создание корпуса типа DIP с помощью мастера.....	8-13
8.5	Создание компонента в Library Executive.....	8-15
8.6	Компоненты со скрытыми и общими выводами .....	8-18
8.7	Создание компонента с неоднородными секциями.....	8-20
<b>9</b>	<b>Работа с редактором печатных плат.....</b>	<b>9-1</b>
9.1	Задание контура печатной платы .....	9-1
9.1.1	Импорт через формат DXF .....	9-1
9.1.2	Создание контура ПП в редакторе РСВ .....	9-3
9.2	Упаковка соединений на печатную плату .....	9-4
9.3	Размещение компонентов на печатной плате.....	9-6
9.3.1	Выбор и выделение объектов .....	9-7
9.3.2	Настройка фильтра выбора объектов .....	9-7
9.3.3	Использование контекстного выпадающего меню.....	9-9
9.3.4	Перемещение и вращение компонентов.....	9-10
9.3.5	Указатель (точка) выделения.....	9-10
9.3.6	Выравнивание компонентов .....	9-11
9.3.7	Отображение электрических связей .....	9-12
9.4	Редактирование и просмотр атрибутов компонентов.....	9-14
9.4.1	Основные свойства компонента.....	9-14
9.4.2	Изменение стилей контактных площадок .....	9-16
9.4.3	Общая справочная информация о компоненте .....	9-17
9.4.4	Просмотр таблицы упаковки в корпус .....	9-18
9.4.5	Просмотр и редактирование дополнительных атрибутов.....	9-18
9.4.6	Просмотр списка возможных вариантов корпусов .....	9-18
9.5	Ручная и интерактивная трассировка печатных плат в редакторе РСВ.....	9-19
9.5.1	Команда Route/Manual – ручная трассировка .....	9-20
9.5.2	Команда Route/ Interactive – интерактивная трассировка .....	9-22
9.5.3	Команда Route/Miter - сглаживание проводников.....	9-23
9.5.4	Команда Route/Fanout – выравнивание проводников.....	9-24
9.5.5	Команда Route/Bus – прокладка шин.....	9-25
9.5.6	Команда Route/MultiTrace – одновременная прокладка нескольких трасс .....	9-26
9.6	Создание областей металлизации.....	9-27
9.6.1	Создание внутренних областей металлизации .....	9-28
9.6.2	Металлизированные области в сигнальных слоях .....	9-31



9.6.3	Создание вырезов в областях заливки .....	9-33
9.6.4	Полигоны .....	9-34
<b>10</b>	<b>Автоматическая трассировка печатных плат.....</b>	<b>10-1</b>
10.1	Программа автоматической трассировки <i>QuickRoute</i> .....	10-1
10.1.1	Основные элементы управления автотрассировкой .....	10-1
10.1.2	Задание стратегии трассировки .....	10-2
10.1.3	Управление трассировкой .....	10-3
10.1.4	Практическое использование <i>QuickRoute</i> .....	10-5
10.2	Программа автоматической трассировки <i>Pro Route</i> .....	10-9
10.2.1	Установка общих параметров трассировки .....	10-9
10.2.2	Проходы трассировки .....	10-10
10.2.3	Запуск трассировки в программе <i>Pro Route</i> .....	10-12
10.3	Программа автоматической трассировки <i>Shape-Based Router</i> .....	10-12
10.3.1	Загрузка проекта и запуск автотрассировщика .....	10-12
10.3.2	Назначение и выбор имен рабочих файлов .....	10-13
10.3.3	Запуск автотрассировщика.....	10-13
10.3.4	Настройка цветовой палитры экрана .....	10-14
10.3.5	Выбор проходов трассировки .....	10-15
10.3.6	Установка параметров трассировки .....	10-16
10.3.7	Задание параметров контрольных точек.....	10-18
10.3.8	Назначение атрибутов цепям .....	10-19
10.3.9	Запуск, прерывание и приостановка автотрассировки .....	10-21
10.3.10	Ручная и интерактивная трассировка .....	10-22
10.3.11	Редактирование проекта .....	10-24
10.3.12	Отчеты о ходе трассировки .....	10-24
10.3.13	Сохранение результатов трассировки .....	10-25
<b>11</b>	<b>Список литературы .....</b>	<b>11-1</b>
<b>12</b>	<b>Приложение 1. Некоторые обозначения в схемах.....</b>	<b>12-1</b>
<b>13</b>	<b>Содержание .....</b>	<b>13-1</b>