

Министерство образования Российской Федерации  
Владимирский государственный университет

В.П. Галас, А.Б. Градусов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР P-CAD**  
Практикум для студентов специальности 210100

Владимир 2003

УДК 621.313  
Г15

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
вычислительной техники Владимирского государственного университета

*В.Н. Ланцов*

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой  
информатики

и информационных технологий

Владимирского государственного педагогического университета

*Ю.А. Медведев*

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Владимирского государственного университета

**Галас В.П., Градусов А.Б.**

Г15 Проектирование печатных плат с использованием САПР P-CAD:  
Практикум для студентов специальности 210100/ Владим. гос. ун-т.  
Владимир, 2003. 55 с.  
ISBN 5-89368-421-4

Изложена последовательность действий при автоматизированном проектировании электрических схем и печатных плат с использованием системы P-CAD. 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. Разработан в соответствии с Государственным общеобразовательным стандартом высшего профессионального образования.

Предназначен для студентов дневной формы обучения специальности 210100 – управление и информатика в технических системах.

Ил. 45. Библиогр.: 3 назв.

ISBN 5-89368-421-4

УДК 621.313

© Владимирский государственный  
университет, 2003

## ВВЕДЕНИЕ

Система **P-CAD** предназначена для проектирования многослойных печатных плат вычислительных и радиоэлектронных устройств. Проект в САПР **P-CAD** представляется в двух видах: в виде системы электрической принципиальной и в виде печатной платы. В соответствии с этим в САПР **P-CAD** имеются два **графических редактора**:

- *схемный редактор*, обеспечивающий создание схемных образов элементов и принципиальной схемы;
- *технологический редактор*, предназначенный для создания технологических элементов и редактирования топологий печатной платы.

Основой проекта является **библиотека радиоэлементов**, которая также представляется в двух видах:

- *схемной (символьной) библиотеки*, используемой схемным редактором и состоящей из условных обозначений (символов) для схемы принципиальной электрической;
- *технологической библиотеки*, используемой технологическим редактором и определяющей так называемые "посадочные места" радиоэлементов для их установки на печатную плату.

Библиотечные элементы содержат как графическое описание, так и упаковочную информацию. Упаковочная информация представляет собой текстовое описание контактов и взаимные ссылки на нумерацию контактов в символах схемной библиотеки и посадочных местах технологической библиотеки.

Важным этапом выполнения проекта является **переход к технологическому образу проекта**. Здесь происходит замена базиса (библиотечных элементов). Схемные библиотечные элементы заменяются технологическими библиотечными элементами. В общем случае в один технологический библиотечный элемент входит несколько символьных элементов. Причем иногда в технологический элемент входят символьные элементы различного типа (неоднородный библиотечный элемент). Поэтому при переходе к технологическому образу проекта происходит упаковка (группи-

рование) эквивалентных символьных элементов. От оптимальности выполнения данного этапа существенно зависит эффективность выполнения всего проекта.

## 1. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ, ВЫЗОВ И НАСТРОЙКА ПРОГРАММ В САПР P-CAD

САПР P-CAD содержит в своем составе три программы: схемный графический редактор **P-CAD Schematic**, технологический графический редактор **P-CAD PCB** и администратор библиотек **P-CAD Library Manager**. Программы работают под управлением Windows и вызываются в диалоговом окне P-CAD посредством активации (щелчка клавишей мыши по “иконке” выбранной программы).

*Графические редакторы в САПР P-CAD* — это основные программы системы, которые предназначены:

- для создания и редактирования схемных символов (библиотечных элементов схемной библиотеки);
- для графического ввода и редактирования принципиальных схем;
- для создания и редактирования посадочных мест (библиотечных элементов технологической библиотеки);
- для графического ввода и редактирования топологии печатной платы.

Информация в графическом редакторе **P-CAD Schematic** хранится на *листах (sheet)*, а в **P-CAD PCB** - в так называемых *слоях* графического редактора (*layer*).

*Слой* — это выделенная часть информации графического редактора, отображаемая одним цветом и характеризующаяся состоянием – выключенным или включенным (видимым и активным).

Слои характеризуются номером, цветом и состоянием и группируются по виду слоя. Различают три основных вида слоев редактора **P-CAD PCB**: сигнальные – **Signal** (или физические) слои, слои внутренней проводимости и информационные (или несигнальные – **Non Signal**) слои.

*Сигнальный слой графического редактора* (**Top** – верхний слой и **Bottom** – нижний слой) представляет собой токопроводящий слой, отделенный от других слоев диэлектрическим материалом. Токопроводящий слой содержит печатные проводники, экраны и другие графические объек-

ты, формирующие электрические соединения в данном слое. Электрические соединения между сигнальными слоями формируются при помощи переходных отверстий. Физическому слою печатной платы кроме топологии сигнального слоя принадлежит графическая информация контактных площадок и переходных отверстий, находящаяся на данном уровне печатной платы. Другими словами, к физическому слою печатной платы относится вся графическая информация, помещаемая на фотошаблон для изготовления данного слоя печатной платы.

**Слой внутренней проводимости** – это внутренний слой печатной платы, в котором формируются зоны проводимости, представляющие собой полигональную токопроводящую область. Контактные площадки или переходные отверстия могут "выходить" на эту область (т.е. электрически соединяться в одну цепь) или иметь диэлектрический зазор вокруг металлизации отверстия контактной площадки или переходного отверстия.

Слоев внутренней проводимости в графическом редакторе **P-CAD PCB** "по умолчанию" нет. Поэтому, если необходимо иметь такой слой (или такие слои), их нужно создать командой **Options Layer**.

**Информационные (или несигнальные) слои** печатной платы используются для нанесения пояснительных надписей и графической информации, которая выводится либо на графопостроитель, либо на фотокоординатограф для последующего нанесения на печатную плату способом шелкографии.

Несигнальные слои определяют графическую информацию для утилит графического редактора (например, области запрета, сетки трассировки или размещения, технологического контроля).

Для каждой из групп слоев (**Top** или **Bottom**) имеется слой нанесения надписей и вспомогательных данных – атрибутов (**Assy**), слой контуров компонентов – шелкографии (**Silk**), слой маскирования пайки (**Mask**) и слой нанесения припоя (**Paste**). Отдельно отстоит слой **Board**, в котором рисуется контур печатной платы.

Графические редакторы имеют интерфейс Windows, что позволяет использовать стандартные системы выпадающих меню команд, типовые пиктограммы для ускорения вызова команд и все средства Windows для обеспечения настроек периферийного оборудования.

*Настройка среды графических редакторов* производится командами графических редакторов группы команд **Options**, которые приведены в приложениях Б и В.

Меню "быстрых кнопок" (пиктограмм) позволяет вызывать команды графического редактора без использования основного меню и открывающегося после этого вспомогательного меню.

*Управление мышью и при помощи клавиатуры* графическими редакторами **САПР ACCEL EDA** является типовым для Windows-приложений. Так, например, для копирования во внутренний буфер Windows используется сочетание клавиш **Ctrl + C**, а для вставки скопированной графической информации можно воспользоваться сочетанием клавиш **Ctrl + V**. Доступной является технология "**drag and drop**" ("взять, протащить и бросить"), которая реализуется посредством "захвата" графического объекта указателем мыши при нажатой клавише **But#1**. Далее, удерживая клавишу **But#1**, можно перемещать объект (как внутри, так и вне окна редактора), поворачивать его, зеркализировать и устанавливать на нужное место.

Полный перечень команд управления мышью и клавиатурных команд приведен в приложении А. Там же приведены полный список и содержание команд меню File, Edit, View, Options графических редакторов P-CAD Schematic и P-CAD PCB.

## 2. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Создание библиотеки радиоэлементов является первым и практически всегда необходимым шагом работы над новым проектом. При создании библиотечных элементов приходится пройти следующие этапы:

- создание схемного (символьного) образа элемента;
- создание посадочного места для радиоэлемента на печатной плате (причем правила создания посадочных мест для элементов со штыревыми и планарными контактами отличаются друг от друга);
- создание взаимосвязи между схемными и технологическими библиотечными элементами;
- внесение библиотечных элементов в библиотеки.


## 2.1. Создание и редактирование схемных образов элементов

Схемный (**Symbol** - символьный) образ элемента в графическом редакторе **P-CAD Schematic** создается либо непосредственно рисованием образа элемента, либо с помощью редактора **Symbol Editor**. Для создания символьного образа элемента, например диодного моста (блока кремниевых диффузионных диодов КЦ402А-И), методом непосредственного рисования образа элемента необходимо:

1. Загрузить программу **P-CAD Schematic**.

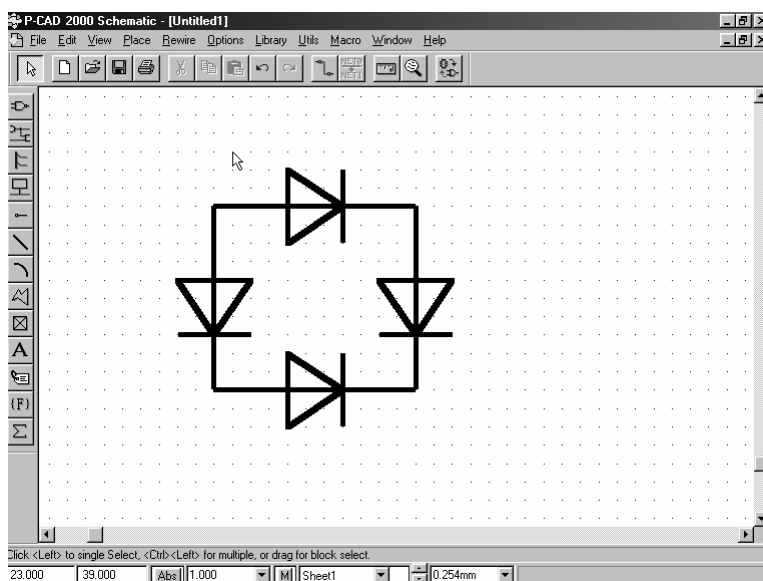
2. Настроить конфигурацию графического редактора (в соответствии с инструкциями, приведенными в приложении Б), установив формат А4, метрическую систему единиц и сетку графического редактора с шагом, равным, например, 1,0 мм. “Прикрепить” курсор к узлам сетки графического редактора. Установить курсор мыши в выбранную точку в левой нижней части рабочего поля экрана и приблизить область рисования, нажав необходимое число раз на клавишу «серый плюс» клавиатуры.

3. Установить текущую линию рисования, выбрав в диалоговом окне **Options Current Line** в поле **Width** тонкую (**Thin**) линию, а в поле **Style** (стиль) - **Solid** (сплошную линию).

4. Выбрать команду рисования линий **Place Line**. Для ускорения вызова команды можно воспользоваться "быстрой кнопкой"  .


5. Изобразить требуемый символьный элемент заданных размеров.

Для этого при изображении контура элемента последовательно устанавливать курсор в заданные точки рабочего поля с фиксацией каждой из них с помощью клавиши мыши **But#1**. Затем нажать клавишу **But#2**. Результат представлен на рис. 1.



6. Выбрать команду **Place Pin** (поместить контакт). Для ускорения

Рис. 1. Результат изображения контура символьного элемента

вызова команды можно воспользоваться «быстрой кнопкой»  . Нажать клавишу **But#1**. Откроется диалоговое окно **Place Pin**. В диалоговом окне установить необходимую длину контакта (например, 8 мм при выборе в поле **Length** опции **User**).

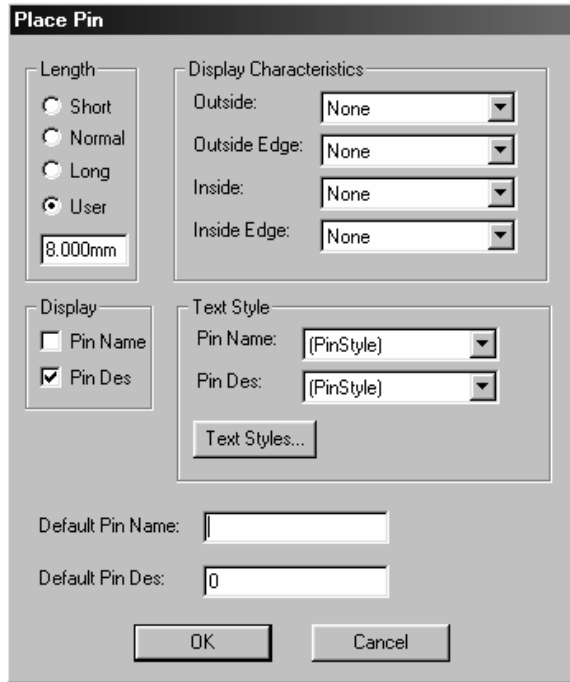


Рис. 2. Настройка отображения имен контактов

7. Настроить отображение имен контактов: в поле **Display** включить метку **Pin Des** (позиция контакта) и выключить метку **Pin Name** (имя контакта). В поле **Default Pin Des** (отсутствующая позиция контакта) вставить 0. Нажать на кнопку **OK**. Результат представлен на рис. 2.

8. Установить контакты в необходимых точках образа элемента путем помещения курсора в заданную точку и нажатия клавиши **But#1**. При этом поворот контакта на 90° осуществляется нажатием клавиши **R** при нажатой и удерживаемой клавише **But#1**, а поворот на 180° производится

аналогичным образом путем нажатия клавиши **F**. По окончании размещения контактов нажать клавишу **But#2**.

9. Все введенные контакты имеют один и тот же номер. Для перенумеровывания контактов вызвать команду **Utils Renumber**. В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В диалоговом окне включить режим перенумерации контактов (в поле **Type** установить **Default Pin Des**).

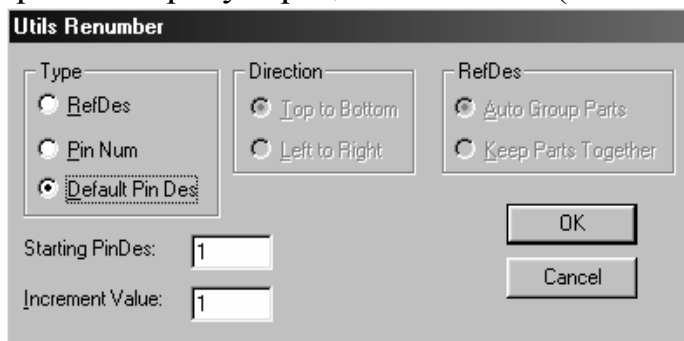


Рис. 3. Результат перенумерации контактов

Выбрать начальный номер контакта (**Starting Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**). В нашем примере они равны единице. Результат представлен на рис. 3. Нажать кнопку **OK**.



Появится предупреждение о необратимости действия команды: **This operation is not undoable. Continue?** (Эта операция не может быть отменена, продолжить?). Выбрать кнопку **OK**. Курсор приобретает крестообразный вид. Далее необходимо указывать курсором на контакты в порядке их нумерации. Перенумерованный контакт помечается цветом, а в строке состояния (внизу справа) отражается следующий номер контакта. Операция завершается нажатием клавиши **But#2**.

10. Ввести точку привязки элемента. Выбрать команду **Place Ref Point**. Для ускорения вызова команды можно воспользоваться быстрой кнопкой .

Переместить курсор в заданную точку привязки и нажать клавишу **But#1**. Результат показан на рис. 4.

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

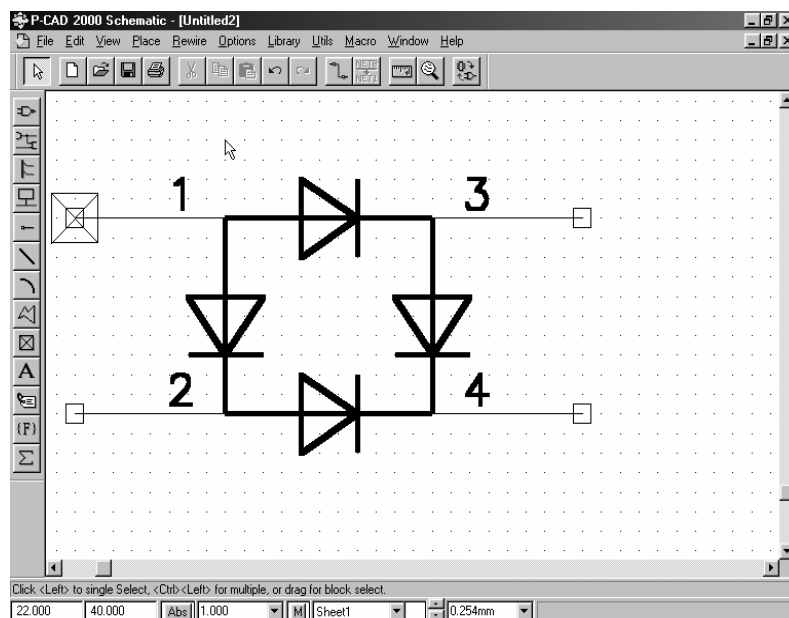
Выбрать команду **Place Attribute**. Для ускорения вызова команды можно воспользоваться пиктограммой .

Щелкнуть клавишей **But#1**, в результате появится

Рис. 4. Результат выполнения привязки элемента

диалоговое окно **Place Attribute**. Выбрать в диалоговом окне в области категорий атрибута (**Attribute Category**) назначение атрибута для элемента (**Component**). В области имен атрибутов (**Name**) выбрать имя атрибута позиционного обозначения (**RefDes**).

12. Установить стиль текста в открываемся списке **Text Style** и открываемся, после нажатия кнопки **Text Style**, окне **Options Text Style**, равный стилю **Part Style** (см. прил. Б). Нажать кнопку **Properties**. В диалого-



вом окне **Text Style Properties** включить переключатель **Allow True Type**, далее **True Type Font** и нажать кнопку **Fonts**. В результате появится стандартное диалоговое окно **Windows** для настройки шрифтов. Выбрать

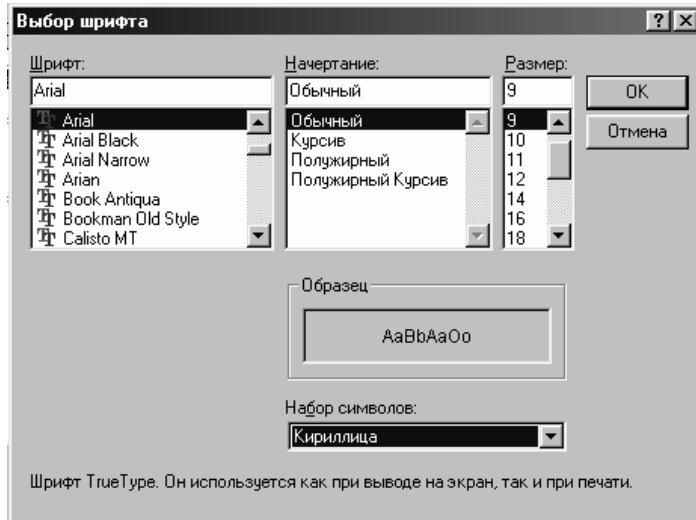


Рис. 5. Настройка шрифтов

шрифт с кириллицей. В данном примере выбран шрифт Arial, обычный, размером 9 пунктов. Результат показан на рис. 5.

Нажать кнопку **OK**. В диалоговом окне **Options Text Style** щелкнуть дважды клавишей **But#1** по строке с именем стиля **Part Style**. В результате диалоговое окно закроется, а стиль станет активным.

Установить выравнивание текста (**Justification**) по вертикали — низ, а по горизонтали — центр. Результат показан на рис. 6. Нажать кнопку

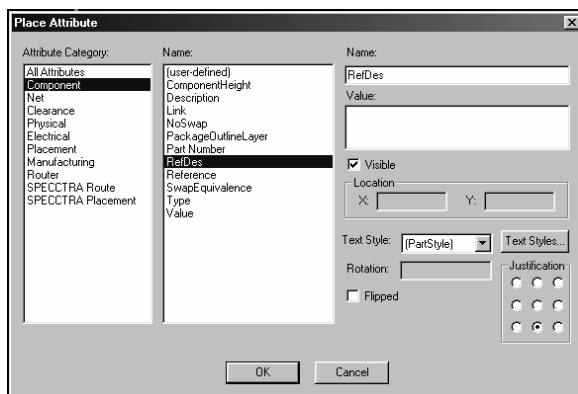


Рис. 6. Установление стиля и выравнивание текста

**OK**.

Установить курсор в центральную точку отрезка верхней стороны линии изображения контура символического элемента и нажать клавишу **But#1**. Нажать клавишу **But#2** и затем - клавишу **But#1**. В результате вновь появится диалоговое окно **Place Attribute**. Выбрать в диалоговом окне в области категорий атрибута

(**Attribute Category**) назначение атрибута для элемента (**Component**). В области имен атрибутов (**Name**) выбрать имя атрибута типа элемента (**Type**). Установить стиль текста в открывающемся списке **Text Style**, равный стилю **PartStyle**. Установить выравнивание текста (**Justification**) по вертикали — верх, а по горизонтали — центр. Нажать кнопку **OK**.

Установить курсор в центральную точку отрезка нижней стороны линии изображения контура символического элемента и нажать клавишу

**But#1.** Результат показан на рис. 7.

13. Записать созданный элемент в библиотеку элементов. Будем считать, что у нас еще нет библиотеки. Создадим новую библиотеку с именем **test.lib**.

Для создания новой библиотеки выбрать команду **Library New** и в открывшемся диалоговом окне задать имя **test.lib**. Нажать кнопку **ОК**. Далее нужно присоединить созданную библиотеку. Выбрать команду **Library Setup** и в диалоговом окне **Library Setup** нажать кнопку **Add**.

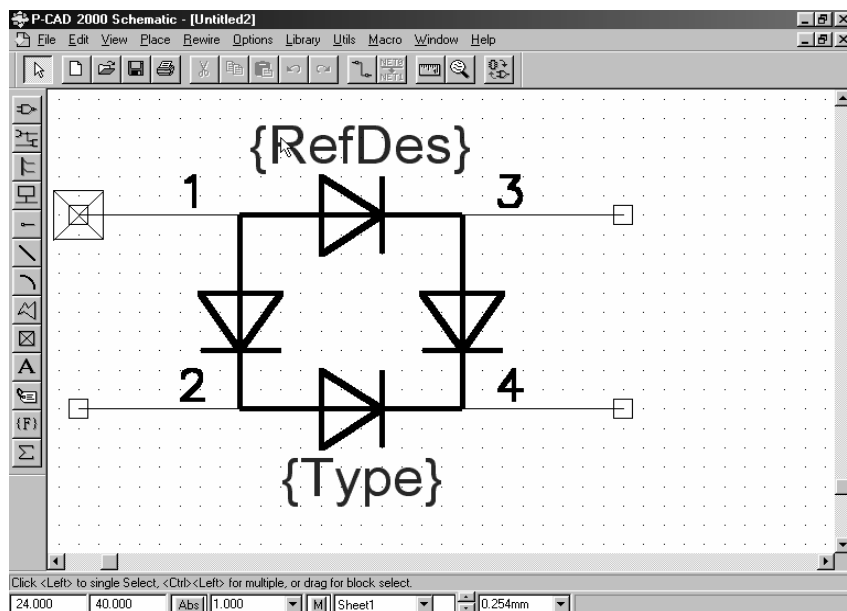



Рис. 7. Результат установления атрибутов элемента

В открывшемся диалоговом окне **Library File Listing** найти и активизировать созданную нами библиотеку **test.lib**. Нажать кнопку **ОК**.

Теперь в диалоговом окне **Library Setup** появится подключенная к графическому редактору пока еще пустая библиотека **test.lib** (рис. 8).

Вызвать команду **Edit Select**. Для ускорения вызова команды можно воспользоваться "быстрой кнопкой" .

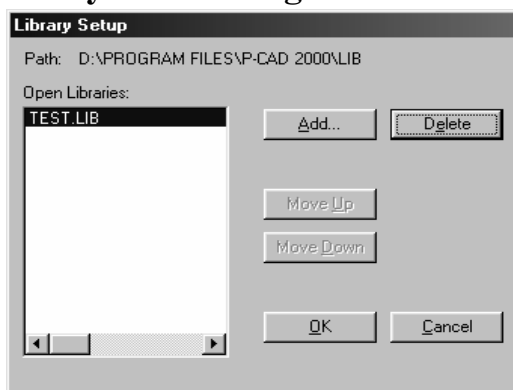


Рис. 8. Создание новой библиотеки

Выделить весь введенный элемент. Для этого нужно установить курсор в левый верхний угол (в точку, находящуюся левее и выше всех точек рисунка элемента), нажать и удерживать клавишу **But#1**. Удерживая клавишу **But#1**, "протянуть" курсор в противоположный угол окна выделения (правый нижний угол окна) и отпустить клавишу **But#1**. В результате все графические примитивы введенного элемента будут выделены цветом. Вызвать команду **Library Symbol Save As**, в результате откроется диалоговое

окно **Symbol Save As** (рис. 9).

Здесь в поле **Library** выбрать библиотеку **test.lib**. В области **Display** включить метки **RefDes** и **Type**, а остальные метки выключить.

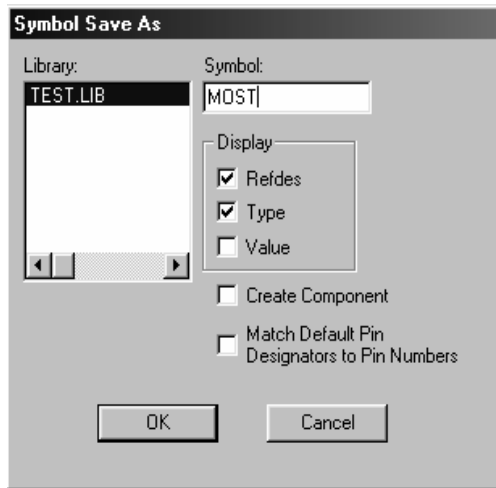


Рис. 9. Присвоение имени символному элементу

нью **File** или нажатием на кнопку  вызвать мастер создания символов компонентов.

4. В диалоговом окне мастера (рис. 10) указать ширину символа

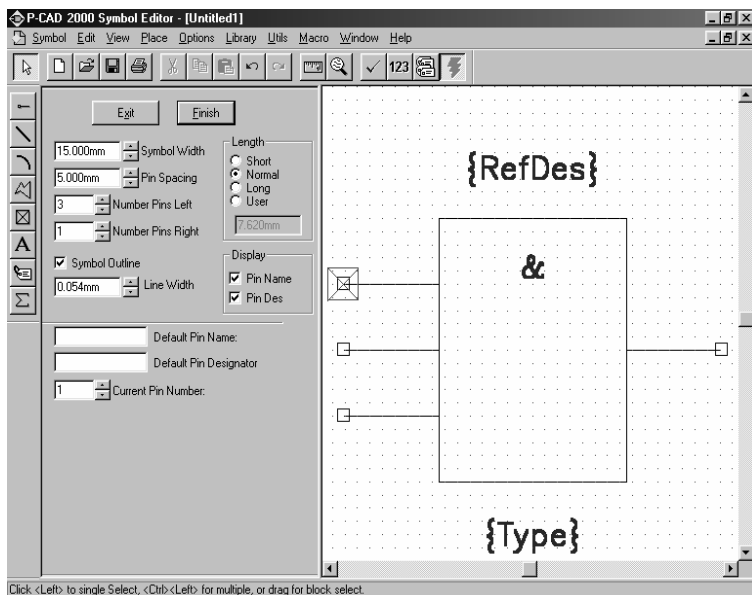


Рис. 10. Мастер создания символа компонентов

на основном экране программы **Symbol Editor**. Для этого настроить отображение вида и имен контактов аналогично пунктам 4-6 предыдущего примера, используя диалоговое окно **Place Pin** мастера создания символов,

В поле **Symbol** набрать имя элемента, например, **MOST**. Нажать кнопку **OK**.

Для создания символьного образа элемента с помощью редактора **Symbol Editor**, например, логического элемента 3И-НЕ (К561ЛА9), необходимо:

1. Загрузить редактор **P-CAD Symbol Editor**.

2. Настроить конфигурацию редактора аналогично выше рассмотренному примеру для редактора **P-CAD Schematic**.

3. По команде **Symbol Wizard** ме-

(**Symbol Width**), расстояние между смежными выводами (**Pin Spacing**) – длину выводов (**Length**), количество выводов на левой (правой) стороне символа (**Number Pin**) и ввести условное обозначение элемента И. Результат показан на рис. 10.

5. Завершить создание контура символа нажатием на клавишу **Finish** и отредактировать его

изображенное на рис. 11. Результат редактирования показан на рис. 12.

6. Занести символ компонента в библиотеку **test.lib** по команде **File/Save** или **File/Save As** под именем **ЗИ-НЕ**. Редактирование элементов осуществляется также с помощью редактора **Symbol Editor**, для чего в меню **Symbol/Open** редактора выбирается и открывается подлежащий редактированию элемент, с помощью курсора отмечается и выделяется требуемый фрагмент элемента. После нажатия **But#2** выбирается опция **Properties** и далее в открывающихся окнах выполняется требуемая корректировка. Удаление или добавление новых компонентов элемента осуществляется как обычно с использованием необходимых клавиш и опций меню редактора. Отредактированный схемный образ элемента необходимо занести в библиотеку под старым или новым именем.

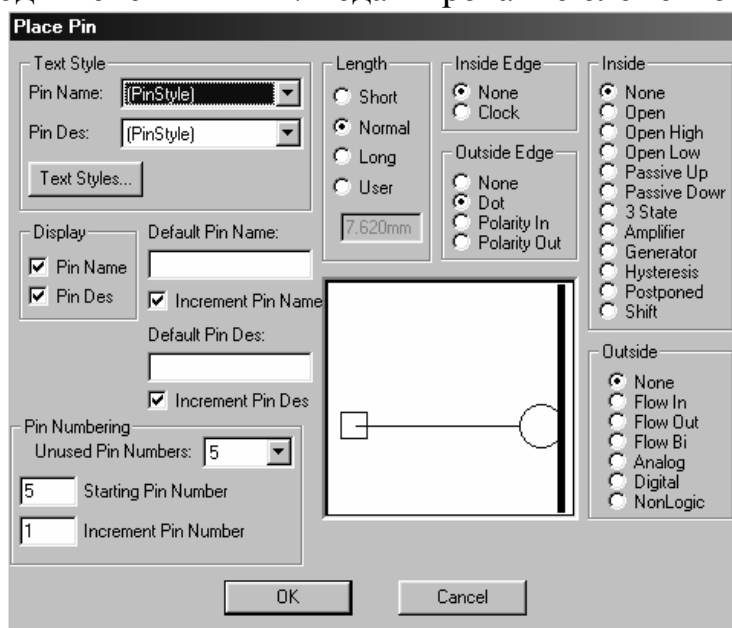


Рис. 11. Настройка видов и имен контактов

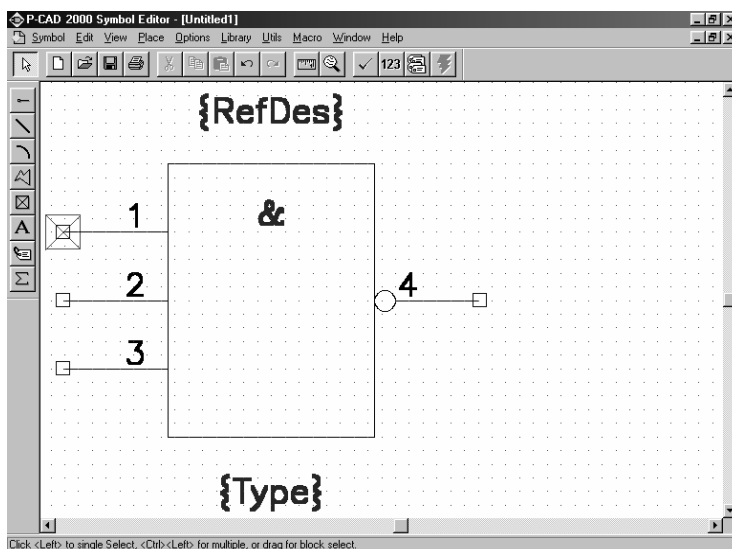


Рис. 12. Результат редактирования символического компонента

## 2.2. Создание и редактирование технологических элементов

Технологический образ элемента, как и образ схемного элемента, может быть создан либо непосредственно рисованием образа элемента, либо с помощью редактора **Pattern Editor**, вызываемого из меню **Utils P-CAD Library Manager**.

Рассмотрим пример создания непосредственно рисованием *посадочного места с планарными контактами* для ранее созданного схемного элемента (блока кремниевых диффузионных диодов КЦ402А-И). Процесс создания элемента библиотеки разбивается на шесть этапов:

- настройка среды графического редактора и установка парности слоев;
- ввод контактов;
- назначение привязочной точки;
- ввод площадок;
- задание информации для сборочного чертежа;
- ввод упаковочной информации.

Перед тем, как создавать планарный элемент, необходимо определить размеры посадочного места. В предлагаемом примере используются размеры посадочного места модуля КЦ402А-И, взятые из справочника и приведенные на рис. 13.

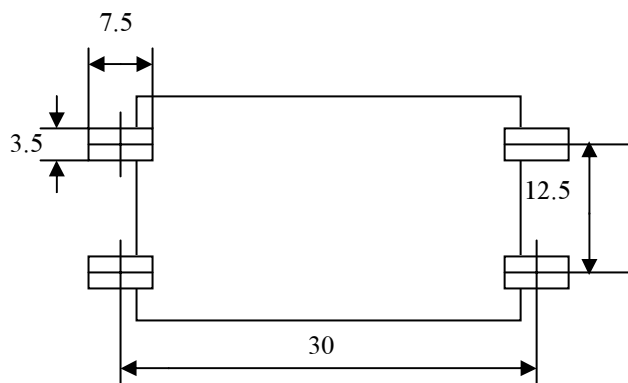


Рис. 13. Размеры посадочного места модуля КЦ402А-И

Все размеры на рисунке заданы в миллиметрах. Горизонтальное расстояние между контактными площадками выбрано для внутреннего размера – 17,5 мм и для внешнего – 32,5 мм.

Для создания посадочного места с планарными контактами необходимо:

1. Загрузить программу **P-CAD PCB**.

2. Настроить конфигурацию графического редактора, установив в диалоговом окне **Options Configure** размер рабочего поля, например по умолчанию, формата 254x254 мм. В диалоговом окне **Options Grids** установить новую сетку графического редактора с шагом, например, равным 1,25 мм. Приблизить область рисования, нажимая на клавишу "серый плюс" клавиатуры. Установить текущую линию рисования, выбрав в диалоговом окне **Options Current Line** в поле **Line Width** (ширина линии) необходимую величину.

3. Выбрать команду **Options Pad Style**. В открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** обычно имеется лишь один

стиль **Default** (по умолчанию).

Для формирования своих собственных стилей нажать кнопку **Copy**. В открывшемся диалоговом окне **Copy Pad Style** в поле **Pad Name** набрать имя нового стиля **Planar** и нажать кнопку **OK**.

В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся стиль **Planar** и нажать кнопку **Modify (Complex)**. В открывшемся диалоговом окне **Modify Pad Style (Complex)** в списке **Layers** (слои) выбрать верхний слой (**Top**) и установить для него прямоугольную форму контактной площадки. Для этого в поле **Pad Definition** (описание контактной площадки) в открывающемся списке **Shape** (форма) выбрать значение **Rectangle** (прямоугольник), установить размеры прямоугольника, равные по высоте (**Height**) 3,5 мм и по ширине (**Width**) 7,5 мм и нажать кнопку **Modify (модифицировать)**.

Убрать параметры сверления контакта. В области **Hole** установить диаметр сверления (**Diameter**), равный нулю. Результат представлен на рис. 14.

В списке **Layers** выбрать нижний слой (**Bottom**) и установить для него нулевые размеры по высоте (**Height**) и по ширине (**Width**) и нажать кнопку **Modify**. Аналогично выполнить настройку нулевых размеров контактной площад-

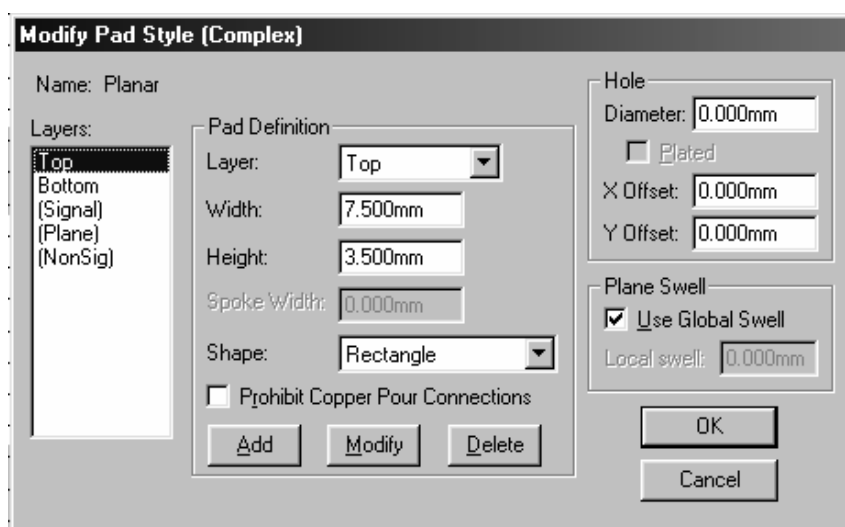


Рис. 14. Формирование контактной площадки

ки для сигнального слоя (**Signal**) и для слоя внутренней проводимости (**Plane**). В последнем случае в области **Shape** выбрать **No Connect** и **Modify**. Нажать кнопку **OK**.

В диалоговом окне **Options Pad Style** настроить стиль **Planar** по умолчанию (рабочим стилем). Для этого нужно дважды щелкнуть клавишей **But#1** по имени стиля в списке **Layers**.

4. Выбрать команду **Place Pad**, например, воспользовавшись пикто-

граммой . Далее разместить контактные площадки согласно рис. 13. Нажать клавишу **But#2**.

Результат представлен на рис.15.

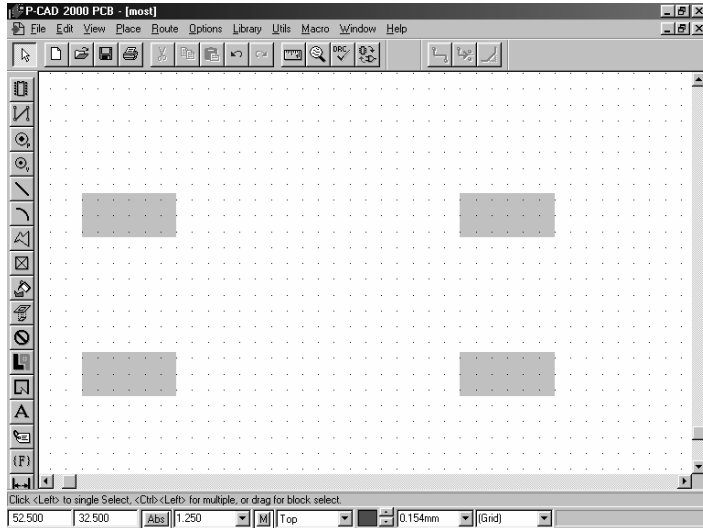



Рис. 15. Размещение контактных площадок

составляющих рисунок контура микросхемы. Нажать клавишу **But#2**.

7. В строке параметров открыть список слоев и выбрать текущим слой **Top**.

8. Вызвать команду **Edit Select**. Для ускорения вызова команды можно воспользоваться "быстрой кнопкой" .

9. Выполнить перенумерацию контактов с помощью команды **Utils Renumber** (см. п. 9 раздела 2.1.).

10. Ввести точку привязки элемента командой **Place Point**.

11. Выбрать команду **Options Text Style**. В диалоговом окне нажать

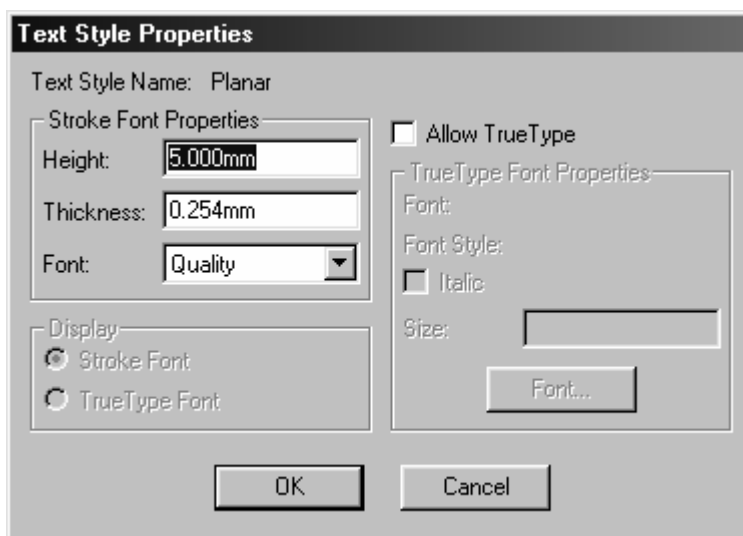



Рис. 16. Установление стиля текстовой надписи

5. В строке параметров (внизу) открыть список слоев и выбрать текущим слой **Top Silk**.

6. Изобразить контур микросхемы, для чего выбрать команду **Place Line**, например с помощью "быстрой кнопки" .

С помощью курсора выбрать и фиксировать гра-  
граничные точки отрезков,

кнопку **Add** (добавить) и ввести новый стиль **Planar**. Для нового стиля изменить настройки (выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**).

В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** (рис. 16) установить высоту текста (**Height**), например, равную



5 мм и ширину линий (**Thickness**), равную, например по умолчанию, 0,254 мм. Нажать клавишу **OK** для закрытия окна **Text Style Properties**. Нажать клавишу **Close** для закрытия окна **Options Text Style**.

12. Ввести атрибуты элемента. В качестве атрибутов введем место для размещения позиционного обозначения(**RefDes**) и надпись типа элемента (**Type**).

Установить стиль текста в открывающемся списке **Text Style**, равный созданному нами стилю **Planar**. Результат показан на рис. 17.

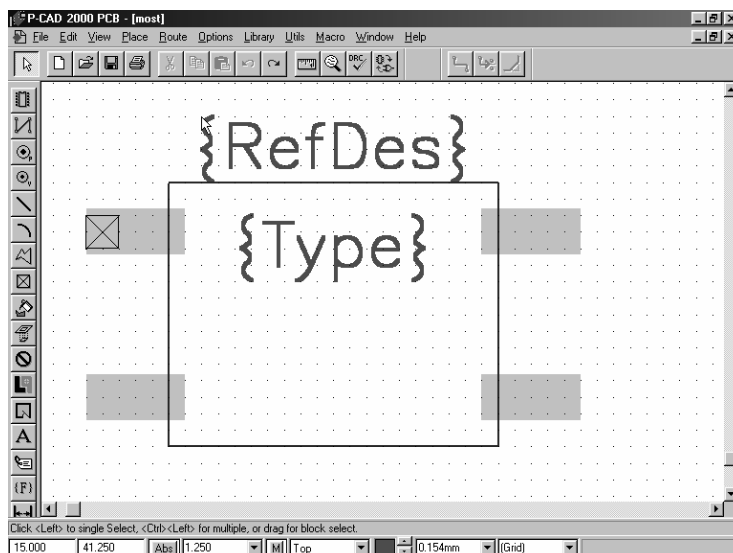


Рис. 17. Результат создания технологического элемента с планарными контактами


13. Записать созданный технологический элемент с планарными контактами в библиотеку. Для этого выделить весь элемент. Вызвать команду **Library/Pattern Save As**, в результате откроется диалоговое окно **Pattern Save As**. Здесь в поле **Library** выбрать библиотеку **test.lib**.

Выключить метку занесения информации в библиотеку как отдельного элемента (**Create Component**), в поле **Pattern** набрать имя элемента (например, **Most**) и нажать кнопку **OK**.

Процесс создания элемента библиотеки для микросхемы со штыревыми контактами с помощью *мастера создания корпусов элементов* разбивается на 4 этапа:

- установка исходных параметров (настройка среды графического редактора **P-CAD Pattern Editor**);
- создание посадочного места и корпуса компонента;
- редактирование корпуса;
- запись элемента в файл на диске.

Для создания посадочного места ранее созданного образа логического элемента K561ЛА9 с помощью редактора **P-CAD Pattern Editor** необходимо:

1. Загрузить программу **P-CAD Pattern Editor**.
2. Настроить конфигурацию графического редактора (см. прил. В), установив шаг сетки 1,25 мм.
3. По команде **File / Symbol Wizard** или нажатием на кнопку  вызвать мастер создания корпусов компонентов.

В диалоговом окне (рис. 18) указать тип корпуса компонента

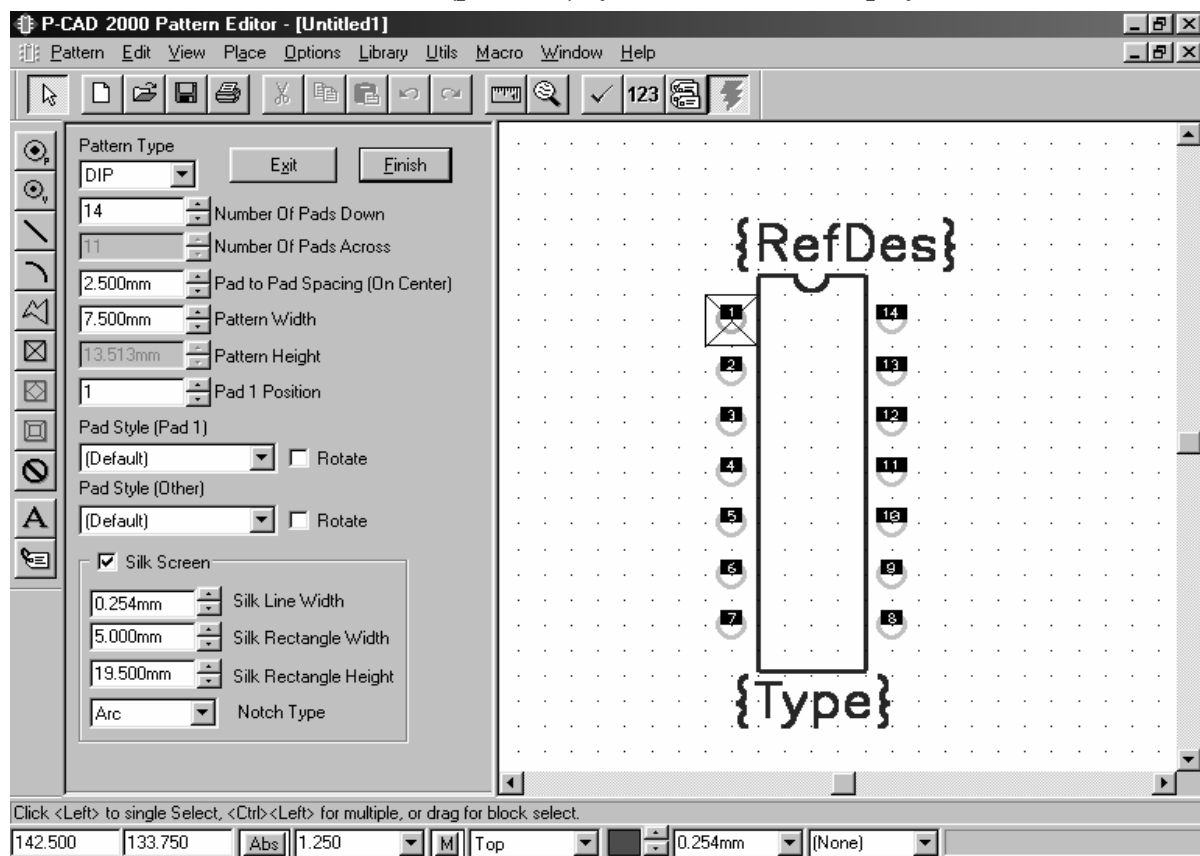


Рис. 18. Диалоговое окно мастера создания корпусов компонентов

**(Pattern Type)** – корпус типа DIP; число выводов (**Number of Pads Down**) – 14; расстояние между центрами выводов (**Pad to Pad Spacing**) – 2,5; место расположения первого вывода компонента (**Pad 1 Position**) – 1; ширину корпуса компонента (**Pattern Width**) – 7,5; ширину линий габаритов корпуса компонента (**Silk Line Width**) – 0,254 мм; высоту (ширину) прямоугольника, ограничивающего габариты корпуса компонента (**Silk Rectangle Width (Height)**) – 5 (19,5) мм и другие необходимые параметры. На этом же рисунке показан результат создания корпуса.

4. Завершить создание корпуса нажатием на клавишу **Finish**, после чего его изображение переносится на основной экран программы **Pattern**

**Editor** (рис. 19). Здесь его графику можно обычным способом отредактировать и скорректировать атрибуты элемента. В частности, необходимо установить в соответствии с инструкцией, приведенной в прил. Б, стиль текста, равный, например, стилю Part Style, выбрав из набора символов кириллицу. Затем занести элемент в библиотеку по команде **File/Save As**, например, под именем **DIP14**.

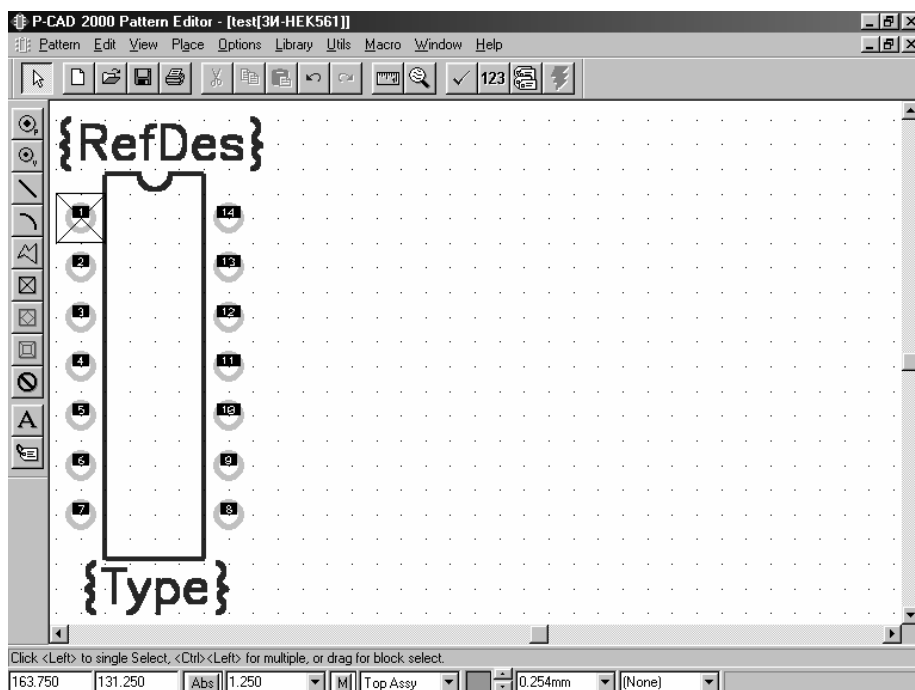


Рис. 19. Окно редактирования корпуса технологического элемента

Редактирование технологического

образа элемента, аналогично схемному образу, осуществляется с помощью технологического редактора **Pattern Editor**, для чего в меню **Pattern/Open** редактора выбирается и открывается подлежащий редактированию элемент, и далее, как и в схемном редакторе, с помощью курсора отмечается и выделяется требуемый фрагмент элемента. После нажатия **But#2** выбирается опция **Properties** и далее в открывающихся окнах выполняется требуемая корректировка. Удаление или добавление новых компонентов элемента осуществляется как обычно с использованием необходимых клавиш и опций меню редактора. Отредактированный технологический образ элемента необходимо занести в библиотеку под старым или новым именем.

### 2.3. Создание взаимосвязи между схемными и технологическими библиотечными элементами

В САПР P-CAD организация взаимосвязи упаковочной информации схемных и технологических библиотечных элементов реализована в единой программной оболочке *менеджера (администратора) библиотек*.

Эта программа не является графическим редактором. Она связывает введенную ранее графическую информацию в единую систему — библиотечный элемент, в котором сочетаются несколько образов представления элемента на схеме электрической принципиальной, образ посадочного места и упаковочная информация.

Рассмотрим пример создания библиотечного элемента, например **МОСТ**, на основе выше созданных схемного образа **MOST** и посадочного места **DIP4**. Для этого необходимо:

1. Вызвать программу администратора библиотек (**Library Executive**).

2. Выбрать команду **Component New** (создать новый библиотечный элемент). В открывшемся диалоговом окне выбрать созданную библиотеку **test.lib**. В результате появится диалоговое окно **Component Information**.

3. В диалоговом окне нажать кнопку **Select Pattern** и выбрать посадочное место (**Pattern**) библиотечного элемента. В списке имеющихся посадочных мест выбрать **DIP4** и нажать кнопку **OK**.

4. В диалоговом окне **Component Information** выбрать:

- в переключателе **Component Type** (тип элемента) выбрать **Normal**;
- в поле **Gate Numbering** (способ нумерации вентиляей) выбрать **Alphabetic**;
- в поле **Number of Gates** (количество вентиляей) ввести 1;
- в поле **RefDes Prefix** (префикс позиционного обозначения) ввести **DD**.

В результате получим настройки, представленные на рис.20.

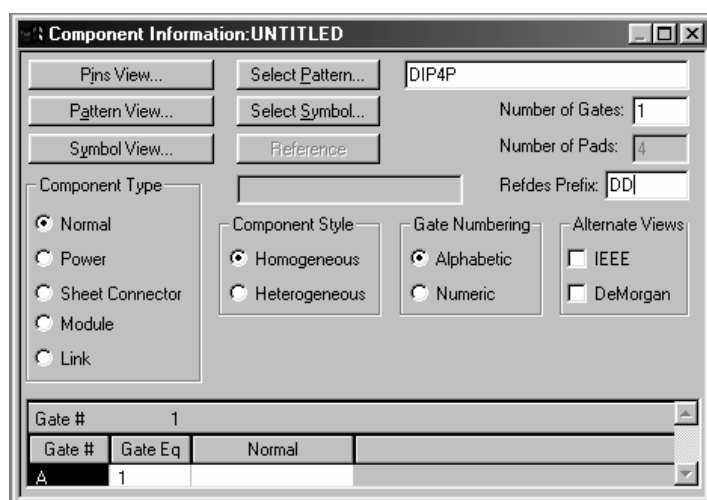


Рис. 20. Окно настроек библиотечного элемента

5. Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку **Symbol View**. В открывшемся окне **Symbol View** выбрать команду **Select Symbol**. В открывшемся окне **Library Browse** в списке символов найти **MOST**, выбрать его и нажать кнопку **OK**.

6. Нажать кнопку **Pin View**. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации. Таблица имеет восемь колонок и четырнадцать строк (по количеству контактов посадочного места).

Колонка **PinDes** содержит порядковую нумерацию контактов посадочного места. Колонка **Gate#** содержит номера вентилях. Колонка **Sym Pin** содержит номера контактов символа (схемного образа элемента). Колонка **Pin Name** содержит имена контактов символа.

Колонки **Gate Eq** и **Pin Eq** содержат группы эквивалентности соответственно для вентилях и контактов. Значение 0 (уникальный вентиль или контакт) не высвечивается. Эквивалентные контакты группируются здесь в пределах вентиля.

Для различных вентилях должны присваиваться одни и те же номера эквивалентности. Колонка **EtecType** определяет электрический тип контакта.

Таблица редактируется при помощи трех основных способов редактирования:

- *способ прямого ввода*, который осуществляется переходом ("стрелками" клавиатуры или курсором мыши) в нужную ячейку таблицы и набором на клавиатуре соответствующего значения;
- *способ копирования* и вставки, который использует средства Windows для выделения (клавиша **Shift**), копирования (**Ctrl+C**) и вставки информации (**Ctrl+V**);
- *способ сдвига* (или перемещения) информации, который заключается в выделении перемещаемой области (клавиша **Shift** для выделения области копирования) и сдвиге ее (**Ctrl+Стрелка вверх/вниз**).

На рис. 21 приведена таблица с настроенной информацией. Здесь важно обратить внимание на настройку контактов питания. Для них должен быть задан тип **Power** и имя кон-

Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	
1	4	1	1	+	1	1	Output
2	3	1	2	~	1		Power
3	1	1	3	-	1	1	Output
4	2	1	4	~	1		Power

Рис. 21. Таблица с настроенной информацией

такта (+,-,GND, +VCC и пр.), которые мы хотим задать электрической цепи. На рис. 22 и 23 приведены изображения графических частей создаваем-

мого библиотечного элемента (символа для схемы и посадочного места для печатной платы).

## 2.4 Внесение библиотечных элементов в библиотеки

Администратор библиотек позволяет выполнить проверку правильности настройки таблицы перед записью элемента в библиотеку. Для проверки необходимо выбрать команду **Component Validate**.

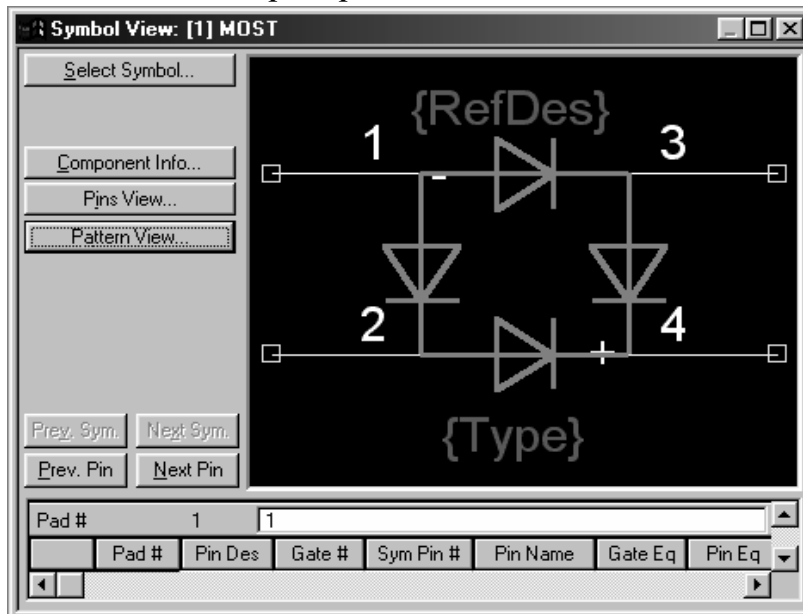


Рис. 22. Изображение символа схемы

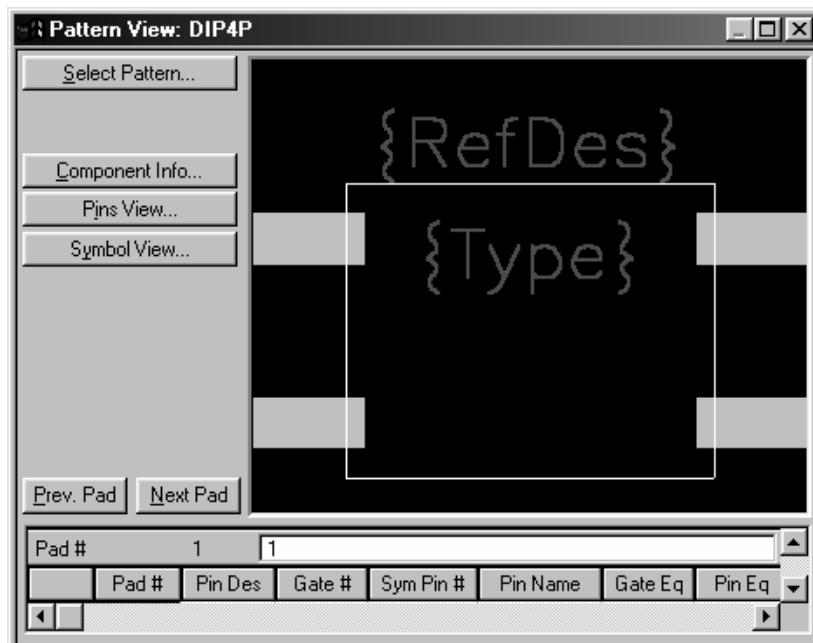


Рис. 23. Изображение посадочного места печатной платы

ности настройки таблицы перед записью элемента в библиотеку. Для проверки необходимо выбрать команду **Component Validate**.

Выбрать команду **Component Save** и записать созданный библиотечный элемент под именем **МОСТ**.

Аналогично можно создать библиотечный элемент **К561ЛА9**. На рис. 24 приведена общая информация об этом элементе, на рис. 25 – изображение символа и на рис. 26 – содержание таблицы упаковочной информации. Здесь символ ~ (тильда) перед значением символа задает символ логической инверсии.

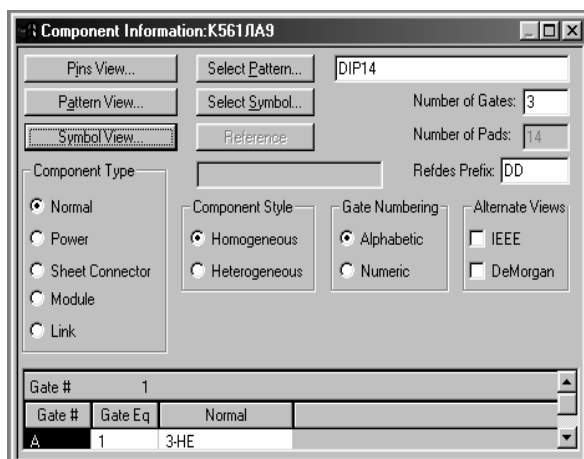


Рис. 24. Общая информация об элементе

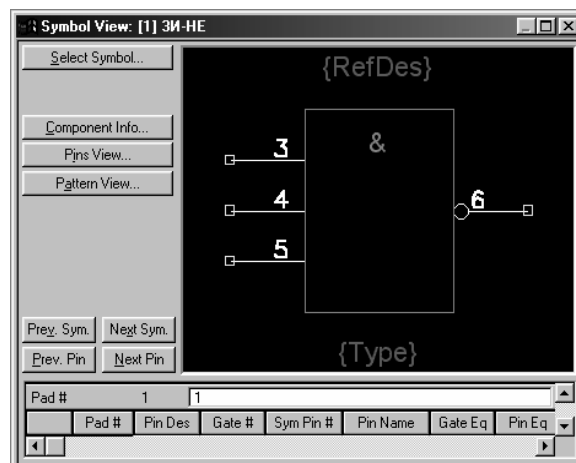


Рис. 25. Изображение символа элемента

Pins View

Component Info... Pattern View... Symbol View...

Pin Name: 7 GND

	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	
1	1	1	2	1		1	1	Input
2	2	2	2	2		1	1	Input
3	3	3	1	1		1	1	Input
4	4	4	1	2		1	1	Input
5	5	5	1	3		1	1	Input
6	6	6	1	4		1		Output
7	7	7	PWR		GND			Power
8	8	8	2	3		1	1	Input
9	9	9	2	4		1		Output
10	10	10	3	4		1		Output
11	11	11	3	1		1	1	Input
12	12	12	3	2		1	1	Input
13	13	13	3	3		1	1	Input
14	14	14	PWR		+VCC			Power

Рис. 26. Содержание таблицы упаковочной информации

### 3. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Для создания принципиальной схемы, например схемы генератора, изображенной на рис. 27, необходимо:

1. Загрузить графический редактор P-CAD Schematic.

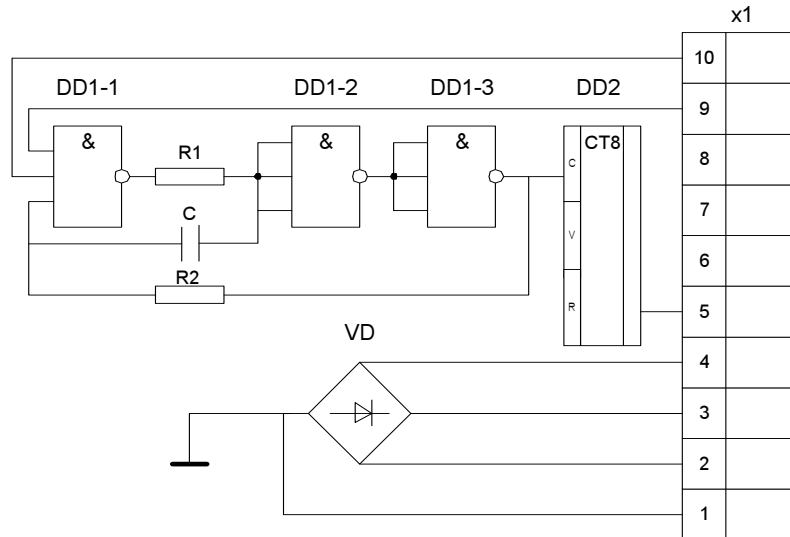


Рис. 27. Принципиальная схема генератора

2. Настроить конфигурацию графического редактора (см. прил. Б), установив размер рабочего поля формата А3, сетку графического редактора с шагом, например, равным 1 миллиметру, и "прикрепить" курсор к узлам сетки.

3. Выбрать команду **File Design Info** и заполнить информационные

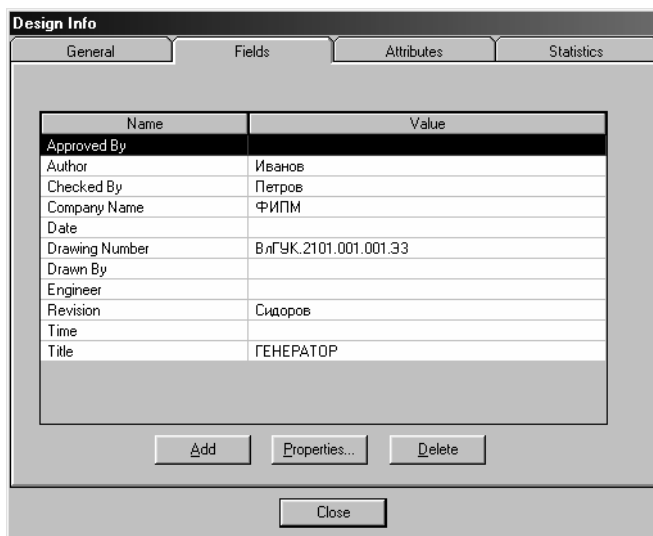


Рис. 28. Пример заполнения информационных полей

поля диалогового окна. Для этого в поле **Fields** выбрать необходимую строку и нажать клавишу **Properties**. Откроется окно **Field Properties**. Здесь в поле **Value** ввести необходимую информацию и нажать клавишу **OK**. В окне **Design Info** нажать клавишу **Close**. Пример заполнения информационных полей приведен на рис. 28.

4. Произвести настройку стиля текста для заполнения по-



лей основной надписи рабочего поля формата А3, создав собственный новый стиль текста с шрифтом, близким к чертежному.

5. Выбрать команду **Place Field**, например, с помощью "быстрой кнопки" **(F)**. Щелкнуть клавишей **But#1** в любом месте рабочего поля графического редактора. В результате откроется диалоговое окно **Place Field**. В диалоговом окне выбрать имя информационного поля, например **Author** (автор), и нажать кнопку **OK**.

Переместить курсор в точку размещения информации об авторе проекта в основной надписи чертежа и нажать **But#1**.

Щелкнуть клавишей **But#1** в любом месте рабочего поля графического редактора. В результате вновь откроется диалоговое окно **Place Field**. В диалоговом окне выбрать имя следующего информационного поля, например, **Title** (заглавие) и нажать кнопку **OK**. Поместить заглавие в требуемую точку. Для заполнения согласно ЕСКД остальных граф, которые не предусмотрены в меню команды **File/Design Info**, используют команду ввода текста **Place/Text** (пиктограмма **A**). Фрагмент экрана с надписями представлен на рис. 29.

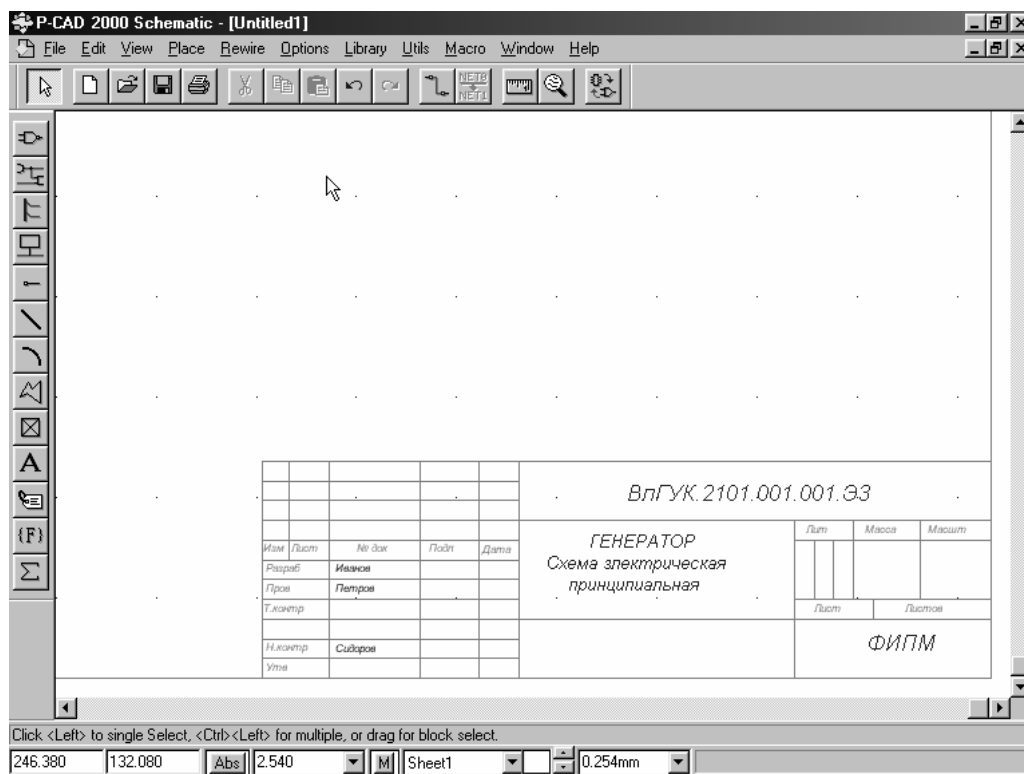



Рис. 29. Пример заполнения основной надписи

6. Настроить рабочее поле так, чтобы видна была вся "форматка". Разместить элементы принципиальной схемы таким образом, чтобы можно было легко провести все необходимые соединительные линии.

7. Используя команду **Place Port** (кнопка ) вставить в схему порты, используемые для объединения элементов шины в одну компоненту связности. Откроется окно **Place Port**.

В настоящем примере имя цепи **Net Name** задано как **A0**. Установлен флажок **Increment Port Name**. Переключатель **Pin Count** (количество контактов) установлен на два контакта (**Two Pin**). Длина контактов (**Pin Length**) сделана большой (**Long**). Установлена ориентация (**Pin Orientation**) по горизонтали (**Horizontal**). Выбрана первая форма порта (**Port Shape**), как это показано на рис. 30.

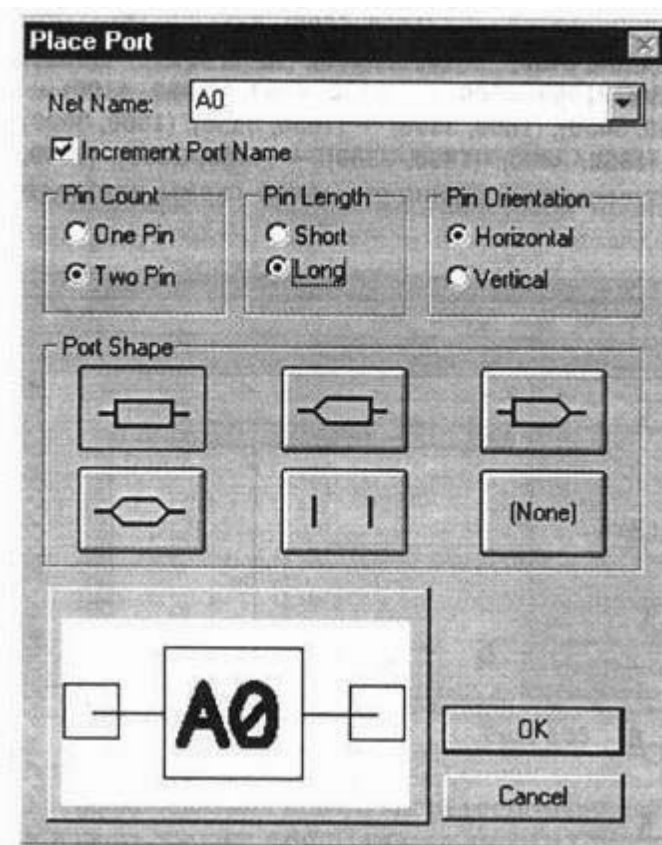





Рис. 30. Выбор формы порта

После нажатия кнопки **OK** расставить порты в необходимых точках принципиальной схемы, присваивая каждой цепи соответствующие имена.

8. Выбрать команду **Place Bus** (кнопка ) , позволяющую ввести шину в принципиальную схему. С учетом размещения элементов на принципиальной схеме проложить шину, нажимая клавишу **But#1** в точках излома. Завершить нажатием клавиши **But#2**..

9. Выполнить подключение элементов схемы к созданной шине с использованием команды **Place Wire** (кнопка ) . Рисунок подключения можно вы-

брать с помощью команды **Options Display**.

10. Выполнить необходимые надписи на схеме, используя команду ввода текста **Place/Text** (пиктограмма ) .

Результат выполнения схемы приведен на рис. 31.

11. Записать созданную принципиальную схему на диск при помощи команды **File Save**.

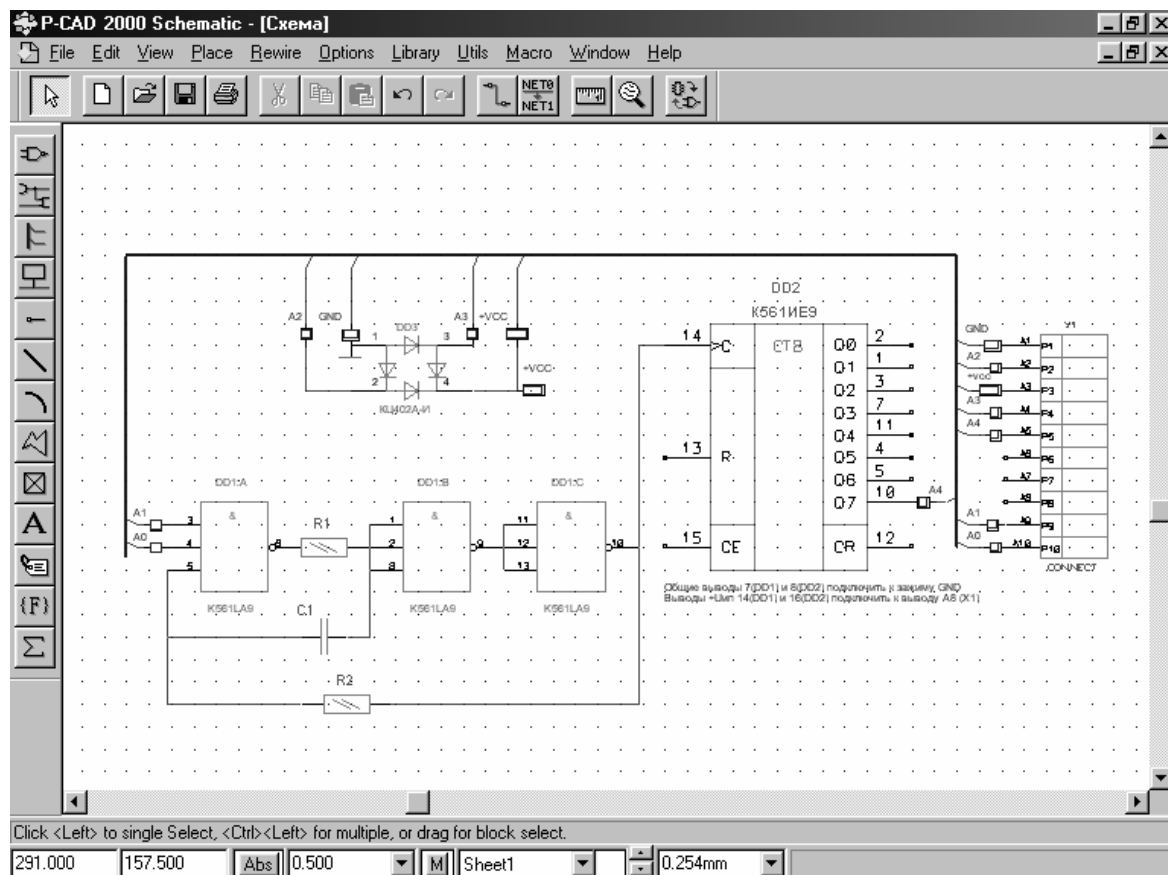


Рис. 31. Результат выполнения принципиальной схемы в САПР P-CAD

## 4. ПЕРЕХОД К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБРАЗУ ПРОЕКТА

### 4.1. Настройка параметров

Вся процедура перехода от схемы к технологическому образу проекта заключается в записи схемы в виде списке цепей. Для этого в схемном редакторе **P-CAD Schematic** необходимо выбрать утилиту **Utils (Generate NetList)**. Диалоговое окно настройки параметров записи представлено на рис. 32.

Здесь кнопка **Netlist Filename** позволяет назначить имя выходного файла. Открывающийся список **Netlist Format** позволяет выбрать формат записи выходного файла. Для передачи информации между схемным и

технологическим редакторами P-CAD желательно использовать формат **Tango**.

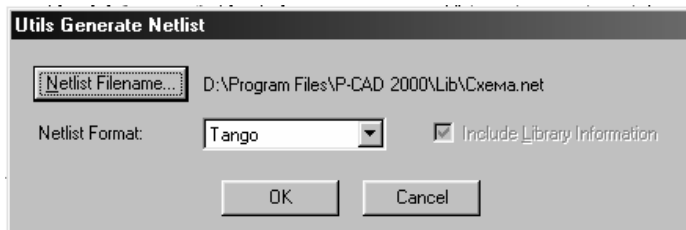



Рис. 32. Диалоговое окно настройки параметров записи

Для создания заготовки печатной платы в строке параметров открыть список слоев и выбрать текущим слой **Board**. Двойным нажатием на клавишу “серый плюс” приблизить область рисования. Выбрать команду **Place Line**, например, с помощью “быстрой кнопки” . Изобразить контур печатной платы и нажать клавишу **But#2**. Выбрать текущим слой **Top**.

## 4.2 Загрузка и размещение элементов

Загрузка файла электрических соединений осуществляется с помощью команды **Utils Load Netlist**.

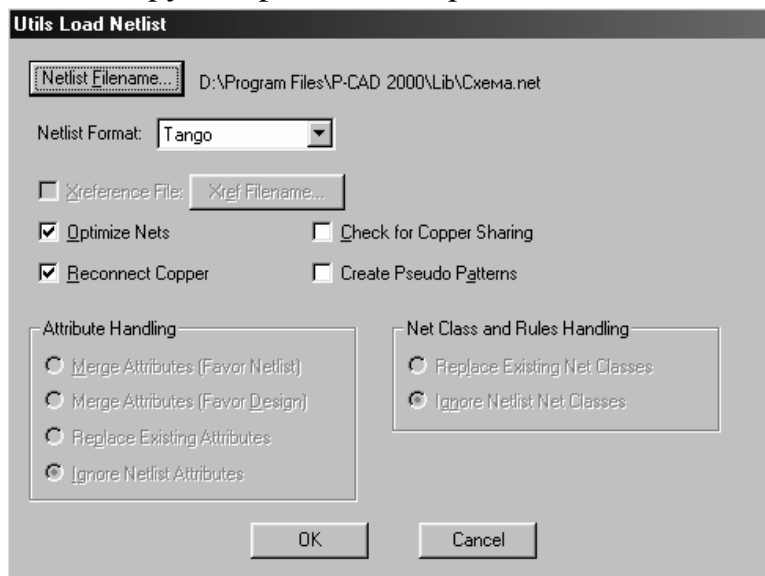


Рис. 33. Диалоговое окно конфигурации файла электрических соединений

**Tango**). Нажать кнопку **OK** для загрузки файла списка цепей.

В процессе загрузки файла списка цепей на существующую печатную плату могут возникнуть следующие варианты:

- если обнаруживаются радиоэлементы, имеющие одинаковое пози-

Далее следует перейти в технологический редактор **P-CAD PCB**. С помощью команды **Library Setup** подключить библиотеки, содержащие используемые в схеме компоненты.

с помощью команды **Utils Load Netlist**. В открывшемся диалоговом окне **Utils Load Netlist** (рис. 33) кнопка **Netlist Filename** вызывает стандартное окно Windows для определения имени входного файла, содержащего список цепей. Открывающийся список **Netlist Format** определяет входной формат списка цепей (в данном примере

ционное обозначение, но принадлежащие различным типам элементов, то программа сигнализирует об ошибке и прекращает загрузку файла списка цепей;

- если на печатной плате находятся радиоэлементы, которые не описаны в файле списка цепей, то они останутся на плате;
- если в списке цепей обнаружены элементы, не находящиеся на печатной плате, то они добавятся в проект;
- если для совпадающих элементов, которые имеются на плате и описаны в файле списка цепей, возникают несоответствия в стилях (текста, контактных площадок и т.п.), то операция загрузки файла списка цепей будет выполнена, но появится предупреждающая информация о несоответствии стилей, которые могут быть скорректированы командами: **Edit Modify, Options Pad Style** и **Options Text Style**.

В результате загрузки файла электрических соединений над верхним

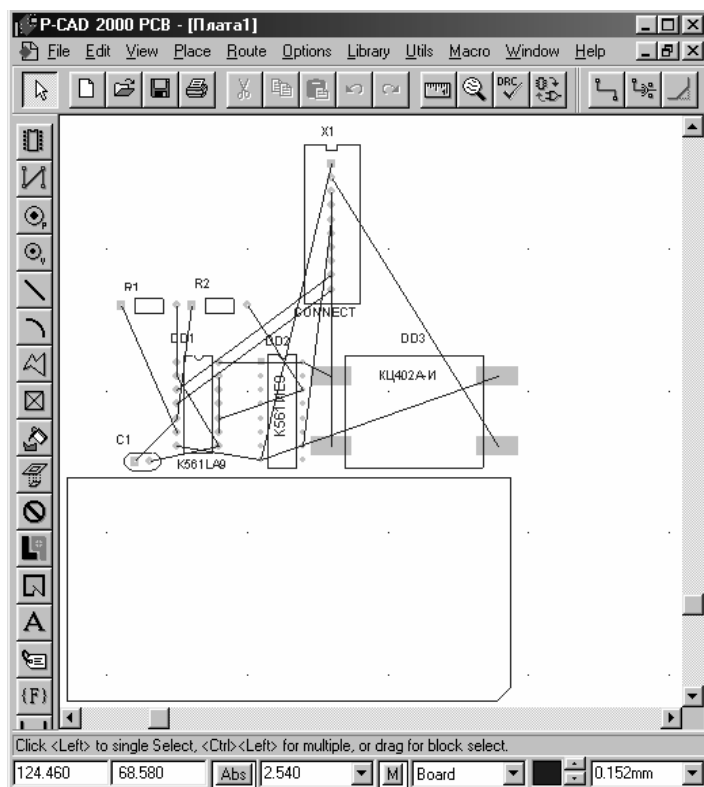


Рис. 34. Результат загрузки файла электрических соединений

краем печатной платы появится изображение радиоэлементов с соответствующими электрическими связями (рис. 34).

Для размещения элементов в поле печатной платы необходимо выделить перемещаемые элементы с помощью маркера, поместить маркер на выделенную область, нажать клавишу **But#1** и перемещением мыши установить выделенные элементы в требуемую позицию. При необходимости разворота элементов на угол, кратный  $90^{\circ}$ , использовать при

нажатой клавише **But#1** клавишу **R**. Результат выполнения размещения радиоэлементов для рассматриваемого примера приведен на рис. 35.

### 4.3 Трассировка соединений

Для трассировки соединений печатной платы используется группа команд **Route**. Она включает три встроенных автотрассировщика: Quick

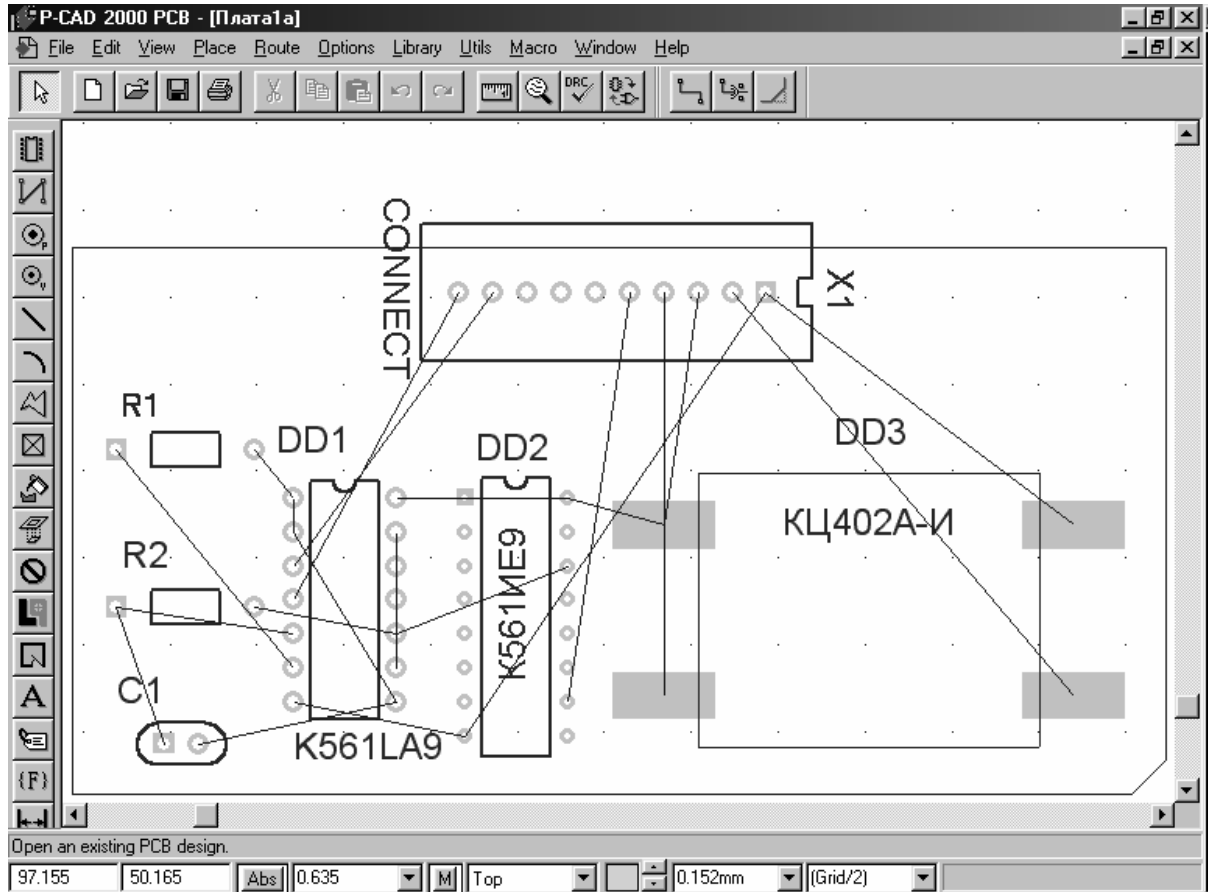


Рис. 35. Результат размещения радиоэлементов для рассматриваемого примера

**Route** – быстрый трассировщик; **PRO Route 2/4** – профессиональный трассировщик для 2- и 4-х слойных печатных плат и **P-CAD PRO Route** – профессиональный трассировщик для многослойных печатных плат и один внешний трассировщик **SPECCTRA**.

После вызова команды **Autorouters** появится диалоговое окно **Route Autorouters**, которое позволяет выбрать в открывающемся списке требуемый тип автотрассировщика. Если выбрать быстрый автотрассировщик **Quick Route**, то появится диалоговое окно **Route Autorouters** (см. рис. 36).

Здесь кнопка **Layers** вводит команду **Options Layers**, при помощи которой в диалоговом окне **Options Layers** можно произвести дополнительную настройку проекта перед автотрассировкой.

Кнопка **Net Attrs** является быстрым вызовом команды **Edit Nets**, позволяющей произвести дополнительную настройку атрибутов цепей (про-

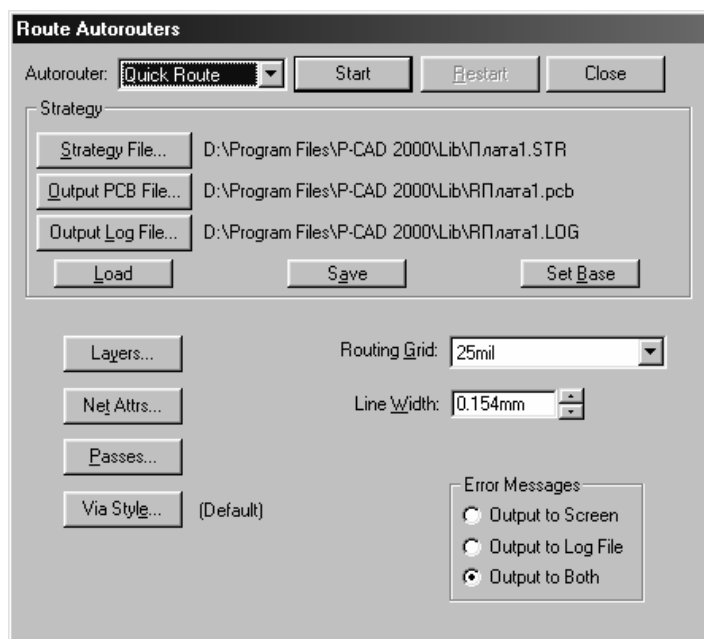


Рис. 36. Выбор типа автотрассировщика

смотреть, отредактировать, переименовать и т.д.).

Кнопка **Passes** позволяет определить перечень этапов (процедур) трассировки, а кнопка **Via Style** вызывает режим редактирования стилей переходных отверстий.

В поле **Routing Grid** выбирается шаг сетки трассировки. Чем меньше шаг сетки, тем больше проводников можно проложить между выводами компонен-

тов и тем меньше слоев требуется для обеспечения полной разводки платы.

В поле **Line Width** выбирают ширину проводника от 0,1 мил (0,01 мм) до некоторого значения, зависящего от выбранного шага сетки. Например, для шага сетки 25 мил оно составляет 12 мил в английской системе и 0,3 мм в метрической системе, не более. Ширину индивидуального проводника назначают с помощью атрибута **WIDTH**, который может принимать любое значение.

Переключатель **Error Messages** позволяет настроить вывод сообщений об ошибках на экран, в файл диагностики либо по обоим направлениям.

Нажатие кнопки **Start** включает процесс автотрассировки. При этом экран графического редактора изменяется: команды меню и меню инструментов видоизменяются под команды автотрассировщика, а строка состояния отображает этапы процесса автотрассировки. Результат быстрой автотрассировки схемы из рассматриваемого примера приведен на рис. 37.

При необходимости трассировка соединений может быть проведена в ручном или полуавтоматическом режимах.

Ручная трассировка запускается командой **Route Manual** и разрешается только для сигнальных слоев графического редактора.

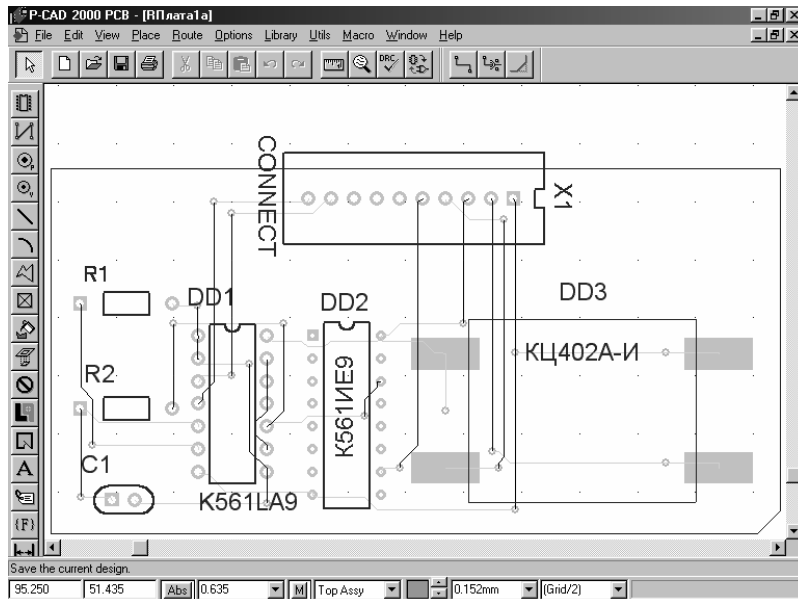


Рис. 37. Результат быстрой автотрассировки схемы

Результат коррекции быстрой автотрассировки платы, в результате

которой уменьшено количество переходных отверстий, произведенной

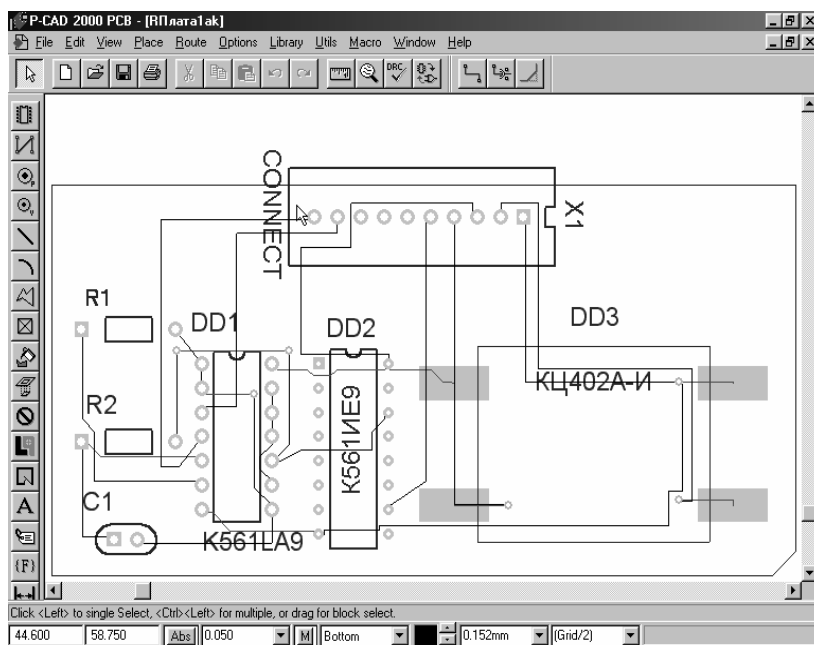


Рис. 38. Результат коррекции быстрой автотрассировки схемы

внутренней проводимости, производить настройку ширины дорожек, параметров зазоров для сигнальных слоев и пр.

Полуавтоматическая трассировка запускается командой **Route Interactive** и позволяет обходить препятствия, вырезать каналы в экранах печатной платы и др. В отличие от ручной трассировки, при поточечном протягивании “резиновой нити” будут возникать сигналы, информирующие о за-

претах приближения к другим цепям, контактам и переходным отверстиям. Результат коррекции быстрой автотрассировки платы, в результате которой уменьшено количество переходных отверстий, произведенной ручным и полуавтоматическим способами приведен на рис. 38.

Профессиональные типы автотрассировщиков **PRO Route**, помимо перечисленных возможностей, позволяют трассировать до 30 сигнальных слоев и до 99 слоев



Результат автотрассировки схемы из рассматриваемого примера с помощью профессионального трассировщика для 2- и 4-слойных печатных плат P-CAD PRO Route 2/4 приведен на рис. 39.

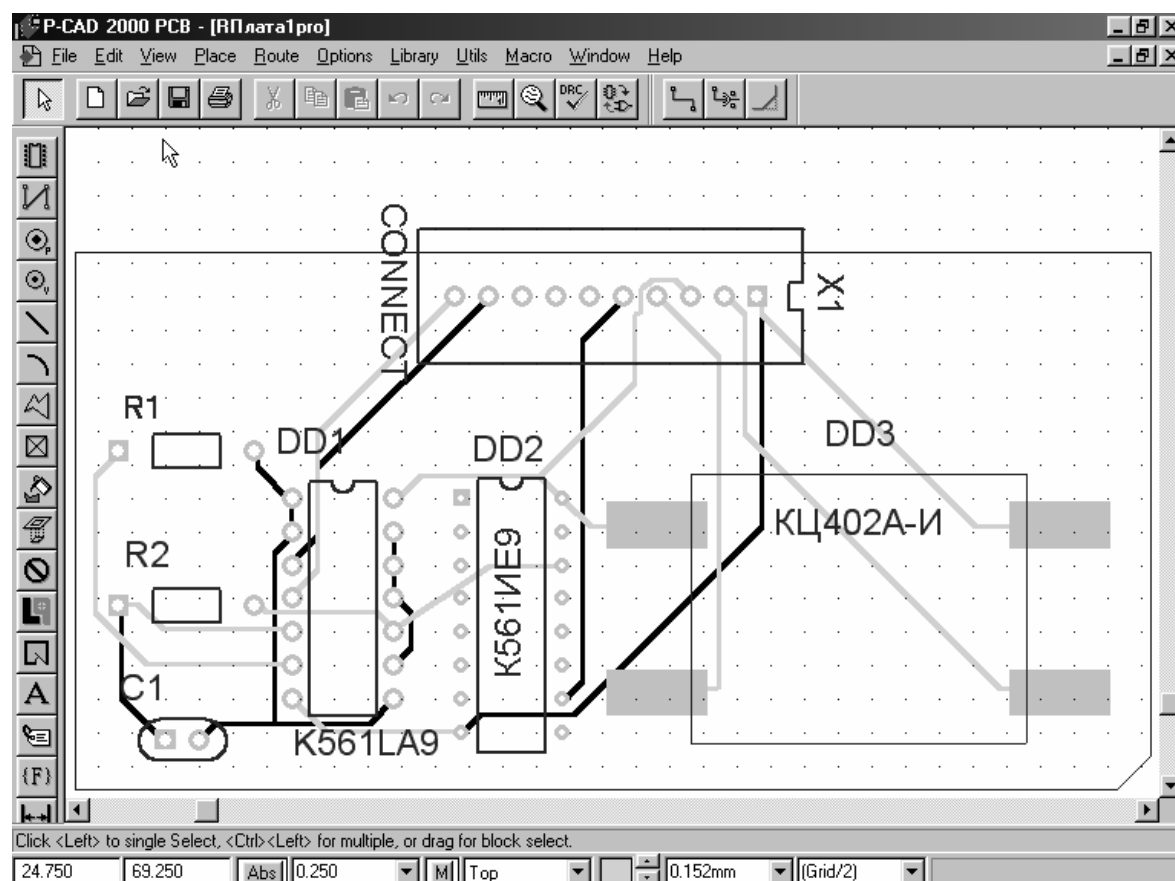


Рис. 39. Результат автотрассировки схемы с помощью профессионального трассировщика

Изменить прокладку электрического соединения на схеме электрической принципиальной можно с помощью команды **Rewire Manual** (команды редактора электрических соединений).

## 5. ПЕЧАТЬ ПРОЕКТА

Вывод текущего проекта на печатающее устройство выполняется в соответствии со сделанными установками печати для Windows. После выбора команды **File Print** появится диалоговое окно **File Print**, показанное на рис. 40.

Для формирования общих установок печати необходимо нажать клавишу **Setup Print Jobs**, после чего откроется диалоговое окно **Setup Print Jobs** (рис. 41). Здесь в области **Layers** требуется выбрать слой, изображе-

ние с которого должно быть выведено на печать. В окне **Print Jobs Name** вводится имя текущей установки. Клавиша **Add** присоединяет новую уста-

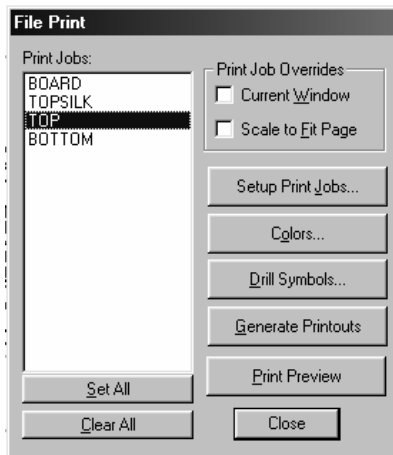


Рис. 40. Диалоговое окно установки параметров печати проекта

новку в список заданий на печать **Print Jobs**.

В области **Display Options** выбираются необходимые действия (поворот, отражение, черновик и пр.), которые необходимо выполнить до вывода на печать. Кроме того, здесь же можно выбрать графические объекты (контактные площадки, переходные отверстия), соединения, надписи и т.д., изображения которых должны войти в печатаемый документ.

В области **Print Adjustments** дополнительно настраиваются параметры: **Scale** (масштаб), **X&Y offset** (смещение по осям координат),

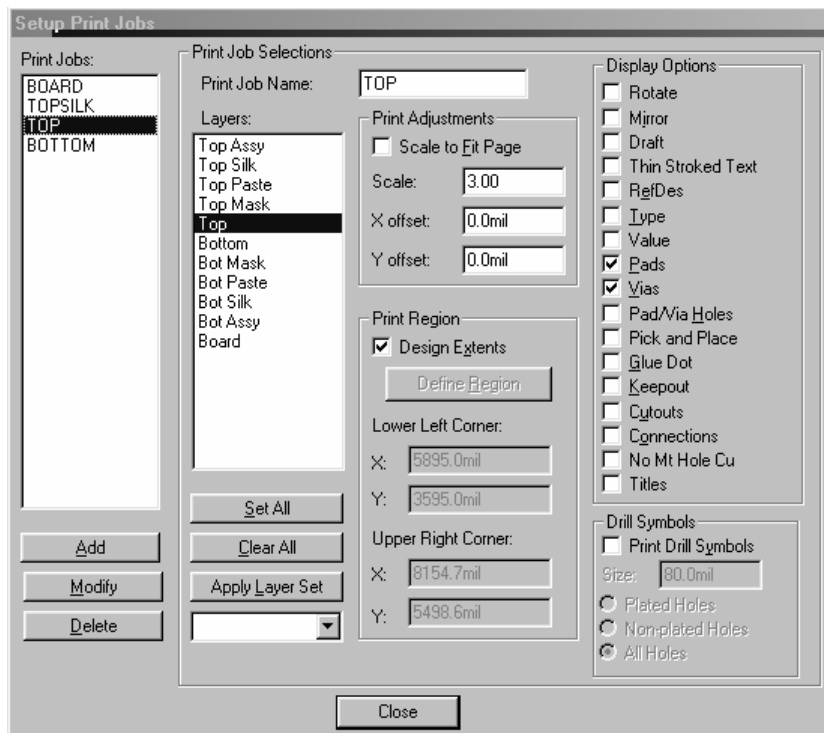


Рис. 41. Формирование общих установок печати

причем в окне **Scale** вводится кратность увеличения, а в окнах **X&Y offset** величину смещения можно вводить как в миллидюймах, так и в миллиметрах.

Размеры условных обозначений центров сверления настраиваются в области **Drill Symbols**. Окно **Print Region** позволяет произвести

настройку вывода на печать части изображения данного слоя, обозначенного координатами двух его угловых точек.

После установки требуемых настроек необходимо нажать клавишу **Modify** (модифицировать).

Нажатие клавиши **Drill Symbols** в диалоговом окне **File Print** приво-

дит к появлению окна с диалогом (см. диалоговое окно **Drill Symbols Assignments**). Данный диалог позволяет назначить (**Assign**), снять сделанное назначение (**Unassign**), убрать все сделанные до этого назначения (**Unassign All**) или включить режим автоматического назначения символов сверления (**Automatic Assign**).

Кнопка **Colors** включает диалог назначения цвета для печати проекта в различных слоях.

Вывод на печать проекта в соответствии со всеми сделанными установками осуществляется после нажатия кнопки **Generate Printouts**. Перед этим необходимо настроить устройство печати под управлением Windows (тип принтера или плоттера).

Предварительно файл печати можно просмотреть на экране после нажатия кнопки **Print Preview**.

В рассматриваемом примере на печать выводились два сигнальных слоя (**Top** - верхний слой и **Bottom** - нижний слой), информационный слой **Top Silk** и чертеж платы **Board**. С этой целью в диалоговом окне **Setup Print Jobs** в области **Layers** выбраны соответствующие слои и установки, которым присвоены имена TOP, BOTTOM, TOPSILK и BOARD. Для сигнальных слоев в области **Display Options** подключены переходные отверстия (**Vias**) и контактные площадки (**Pads**) (см. рис. 40), в информационный слой включена информация об обозначении (**RefDes**) и типе элемента (**Type**). Все слои выводились с трехкратным увеличением.

Результат формирования предварительных файлов печати для слоев Top, Bottom, Top Silk и Board соответственно представлен на рис. 42 – 45.

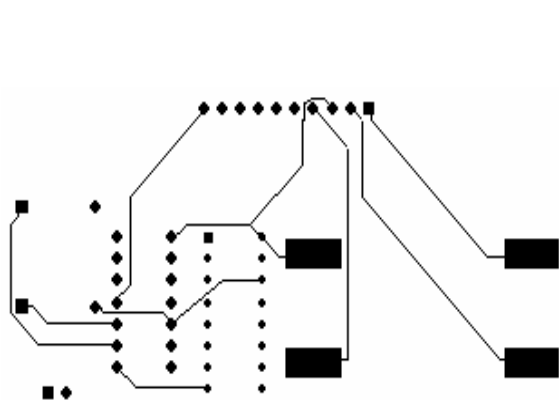


Рис. 42. Слой Top

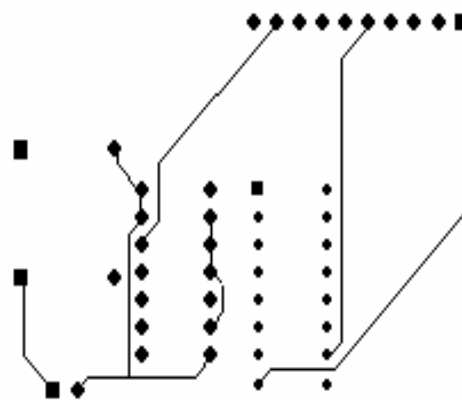


Рис. 43. Слой Bottom

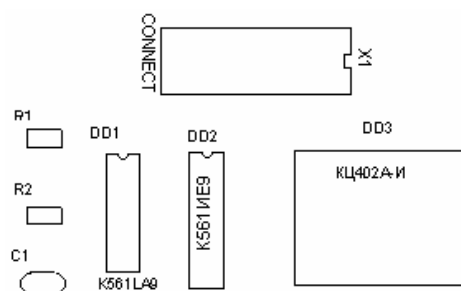


Рис. 44. Слой Top Silk



Рис. 45. Слой Board

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Занятие 1. Создание и редактирование библиотечных элементов

#### *Задание*

1. Создать и отредактировать схемный образ элемента электрической схемы в соответствии с вариантом задания.
2. Создать и отредактировать технологический образ созданного схемного элемента.
3. Создать взаимосвязь между схемными и технологическими библиотечными элементами.
4. Внести созданные библиотечные элементов в библиотеку P-CAD.

#### *Порядок выполнения работы*

При создании и редактировании библиотечных элементов использовать инструкции по работе с программой, изложенной в пп. 2.1 – 2.4 настоящего пособия.

#### *Содержание отчета*

1. Краткое описание возможностей программы P-CAD .
2. Краткое описание методики создания библиотечных элементов в среде P-CAD.
3. Электрическая схема и таблица справочных данных создаваемого элемента.
4. Твердые копии (на принтере) изображения созданных схемного и технологического образов элемента электрической схемы.
5. Выводы по работе.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какова структура экрана графических редакторов системы P-CAD?
2. Из каких полей состоит строка состояний (статус-строка)?
3. Какие клавиши клавиатуры используются для управления графическими редакторами системы P-CAD?
4. Каким образом можно изменить масштаб изображения?
5. С какой целью производится выделение объектов?
6. Каким образом выделяется единичный объект?
7. Как осуществляется выделение группы объектов?
8. Каким образом возможен выбор одного элемента сложного объекта?
9. Как осуществляется вращение и зеркальное отображение объекта относительно точки привязки?
10. Какой командой перечерчивается экран с исправлением деталей, испорченных при редактировании?
11. Какие единицы измерения используются в системе P-CAD?
12. В чем заключается настройка графического редактора P-CAD Schematic?
13. Каким образом задается формат листа схемы?
14. С помощью какой команды и как задается режим ввода цепей и линий?
15. Что означает панорамирование изображения и как задаются его параметры?
16. Каким образом задается шаг сетки листа схемы?
17. Можно ли изменять ширину линий, цепей и шин?
18. Каково назначение команды **Options/Display**?
19. Какая команда используется для размещения символьного элемента на схеме?
20. Для чего служит кнопка **Library Setup** диалогового окна **Place Part**?

## **6.2. Занятие 2. Создание проекта в P-CAD**

### ***Задание***

1. Создать и отредактировать принципиальную электрическую схему устройства в соответствии с вариантом задания.

2. Перейти к технологическому образу проекта, для чего произвести соответствующую настройку параметров, загрузку и размещение элементов и трассировку соединений.
3. Внести созданный проект в учебный каталог библиотеки P-CAD.
4. Выполнить печать проекта.

### ***Порядок выполнения работы***

При настройке параметров, загрузке и размещении элементов, трассировки соединений и печати проекта использовать инструкции по работе с программой, изложенной в пп. 3, 4.1 – 4.3 и 5 настоящего пособия.

### ***Содержание отчета***

1. Краткое описание методики создания принципиальных схем и технологического образа проекта среде P-CAD.
2. Краткие сведения о проектируемом устройстве и его электрическая принципиальная схема.
3. Твердые (на принтере) копии изображения созданных принципиальной схемы, чертежа платы, верхнего, нижнего и информационного слоев печатной платы.
4. Выводы по работе.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Каким образом происходит размещение электрических цепей?
2. Как можно изменить имя электрической цепи?
3. Каким образом на схемах создаются шины?
4. Как осуществляется поиск элементов схемы?
5. Какие операции редактирования схем Вы знаете, и как они выполняются?
6. Каким образом выполняется проверка электрической схемы?
7. Для чего и как создается в графическом редакторе P-CAD Schematic список цепей?
8. Какой командой в редакторах P-CAD Schematic и P-CAD PCB осуществляется изменение масштаба изображения так, чтобы все объекты активного окна полностью разместились на экране?
9. Какое количество слоев устанавливается в редакторе P-CAD PCB по умолчанию?

10. Какая группа команд применяется для трассировки соединений печатной платы?
11. Информация в редакторе P-CAD PCB хранится в так называемых слоях графического редактора. Что означает понятие «сигнальный слой графического редактора»?
12. Сколько основных слоёв в P-CAD?
13. Какое максимальное количество слоёв в графическом редакторе P-CAD PCB?
14. Какой командой запускается ручная трассировка?
15. Какую клавишу необходимо нажать в диалоговом окне File Print для формирования общих установок печати?
16. В каком диалоговом окне осуществляется настройка сетки в P-CAD PCB?
17. Как в P-CAD называется слой внутренней проводимости?
18. С помощью какой команды в администраторе библиотек можно выполнить проверку правильности настройки таблицы перед записью элемента в библиотеку?
19. В каком слое печатной платы графического редактора формируются зоны проводимости, представляющие собой полигональную токопроводящую область?
20. Что означает термин «упаковочная информация»?

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Разевиг В.Д. Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000). – М.: Солон-Р, 2000. – 418 с.
2. Сучков Д.И. Проектирование печатных плат в САПР P-CAD 4.5, P-CAD 8.5 и ACCEL EDA. – М.: Малип, 1997. – 577 с.
3. Саврушев Э.Ц. P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат: Практ. пособие – М.: ЭКОМ, 2002. – 320 с.: ил.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Перечень основных команд

Таблица П.1

#### Перечень команд управления мышью и клавиатурных команд

Команда	Значение
<b>F1</b>	Вызвать помощь (подсказку)
Стрелки	Переместить курсор по рабочему полю
<b>Shft</b> +Стрелки	Ускорить в 10 раз перемещение курсора
<b>Backspace</b>	Удалить последний сегмент линии (см. команду <b>Place/Wire, Place/Line</b> )
<b>Ctrl</b> +левая кнопка мыши	Выделить группу объектов
<b>Del</b>	Удалить выделенный объект или выделенные объекты
\ или /	Приостановить трассировку цепи в командах <b>Route/Manual</b> и <b>Route/Interactive</b>
Левая кнопка мыши или <b>Esc</b>	Отказаться от выполнения команды
<b>Shft</b> + левая кнопка мыши	Выделить части объекта (см. команду <b>Edit/Select</b> и <b>Options/Preferences</b> )
<b>Spacebar</b>	Эквивалентно левой клавише мыши
Серый +	Увеличить масштаб изображения проекта (см. команду <b>View/Zoom In</b> )
Серый –	Уменьшить масштаб изображения проекта (см. команду <b>View/Zoom Out</b> )
<b>A</b>	Переключиться между абсолютной и относительной системой координат
<b>B</b>	Переключиться между типами подводки соединения к шине (см. команду <b>Options/Display</b> )
<b>C</b>	Установить центр экрана в точку курсора (см команду <b>View Center</b> )
<b>Ctrl+C</b>	Копировать выделенные объекты в буфер обмена (см. команду <b>Edit/Copy</b> )



## Продолжение табл. П.1




Команда	Значение
<b>D</b>	Увеличить ( <b>Shft+D</b> – уменьшить) номер позиционного обозначения элемента при выполнении команды <b>Place/Component</b>
<b>E</b>	Выполнить макрос (см. команду <b>Macro/Run</b> )
<b>F</b>	Зеркализовать объект
<b>G</b>	Переключить в сторону увеличения ( <b>Shft+C</b> – в сторону уменьшения) сетку проекта в списке сеток (см. команду <b>Options/Grids</b> )
<b>J</b>	Ввести координаты
<b>L</b>	Переключиться на следующий по возрастанию ( <b>Shft+L</b> – по убыванию) лист принципиальной схемы (для схемного редактора) или слой печатной платы (для технологического редактора)
<b>M</b>	Включить/выключить запись макроса (см. команду <b>Macro/Record</b> )
<b>Ctrl+N</b>	Начать новый проект (см. команду <b>File/New</b> )
<b>O</b>	Переключиться на следующий по возрастанию ( <b>Shft+O</b> – по убыванию) режим ортогональности
<b>Ctrl+O</b>	Загрузить файл проекта (см. команду <b>File/Open</b> )
<b>P</b>	См. команды <b>Place/Part</b> и <b>Place/Port</b>
<b>Ctrl+P</b>	Печатать проект (см. команду <b>File/Print</b> )
<b>Q</b>	Переключить режим «черновик/чистовик» (см. команду <b>Options/Display</b> )
<b>R</b>	Увеличить ( <b>Shft+R</b> – уменьшить) угол поворота объекта
<b>S</b>	Включить команду <b>Edit/Select</b>
<b>Ctrl+S</b>	Сохранить файл проекта (см. команду <b>File/Save</b> )
<b>U</b>	Отменить последнюю операцию, т.е. выполнить команду <b>Edit/Undo</b>
<b>Ctrl+V</b>	Вставить скопированные объекты из буфера обмена (см. команду <b>Edit/Paste</b> )

## Окончание табл. П.1


Команда	Значение
<b>W</b>	Выбрать следующую по возрастанию ( <b>Shft+W</b> –по убыванию) ширину линии из списка (см. команду <b>Options/Current Line</b> )
<b>X</b>	Переключить вид курсора (см. команду <b>Options/Display</b> )
<b>Ctrl+X</b>	Вырезать выделенные объекты с сохранением в буфере обмена (см. команду <b>Edit/Cut</b> )
<b>Y</b>	Вызвать команду <b>Options/Sheets</b> (для схемного редактора) или <b>Options/Layers</b> (для технологического редактора)
<b>Z</b>	Вызвать команду <b>View/Zoom Window</b>
<b>Ctrl+Z</b>	Отменить последнюю операцию (команда <b>Edit/Undo</b> )

Таблица П.2

Полный список команд меню File графических редакторов  
P-CAD Schematic и P-CAD PCB

Команда	Назначение
<b>New</b> (Ctrl+N) 	Очистка окна для создания нового проекта. Значения всех параметров (стили, размеры листов и т. п.) устанавливаются по умолчанию
<b>Open...</b> (Ctrl+O) 	Открытие (загрузка) существующего файла проекта (расширение .SCH для Schematic и расширение .PCB для PCB)
<b>Close</b>	Заккрытие текущего окна
<b>Save</b> (Ctrl+S) 	Сохранение внесенных изменений в текущем файле
<b>Save As...</b>	Сохранение внесенных изменений в новом файле, имя которого указывают по дополнительному запросу
<b>Clear*</b>	Очистка рабочего окна и названия файла с сохранением параметров проекта, внесенных ранее (спецификации слоев, стиль контактных площадок и др.)



## Окончание табл. П.2



Команда	Назначение
<b>Print</b> (Ctrl+P) 	Вывод проекта на печатающее устройство
<b>Print Setup...</b>	Конфигурация вывода на периферийные устройства
<b>Reports</b>	Составление текстовых файлов отчетов о проекте
<b>Design Info...</b>	Заполнение учетной информации о проекте и вывод статистических данных
<b>DXF In...</b>	Загрузка файла проекта в формате DXF (совместим с AutoCAD начиная с версии 9.0)
<b>DXF Out...</b>	Создание файла проекта в формате DXF (совместим с AutoCAD начиная с версии 9.0)
<b>Gerber In...*</b>	Загрузка управляющего файла фотонаборного устройства Gerber для наложения изображения фотошаблона на чертеж текущей платы в целях проверки точности его выполнения
<b>Gerber Out...*</b>	Создание управляющего файла в формате фотонаборного устройства Gerber
<b>N/C Drill*</b>	Создание управляющего файла для сверлильных станков с ЧПУ (Numerical Control) в формате Excellon
<b>PDIF In...</b>	Загрузка файла проекта в формате PDIF
<b>PDIF Out</b>	Создание файла проекта в формате PDIF версий P-CAD 6.0/7.0, 8.0
<b>Exit</b> (Alt+F4)	Завершение работы

Примечание. Команды, помеченные звездочками, используются только в редакторе P-CAD PCB.


Таблица П.3

## Полный перечень команд меню Edit

Команда	Назначение
<b>Undo</b> (Ctrl+Z или U) 	Отмена последней законченной команды изменения проекта (включая команду Undo)
<b>Cut</b> (Ctrl+X) 	Удаление выбранных объектов и помещение их в буфер обмена Windows

Команда	Назначение
<b>C</b> opy (Ctrl+C) 	Копирование выбранных объектов в буфер обмена Windows для последующего размещения в проекте и в других программах по команде <b>Past</b>
<b>C</b> opy to <b>F</b> ile...	Копирование выбранного фрагмента проекта в файл
<b>P</b> ast (Ctrl+V) 	Размещение содержимого буфера обмена Windows, которое занесено по командам <b>Cut</b> или <b>Copy</b> программ P-CAD
<b>P</b> ast from <b>F</b> ile...	Размещение фрагмента проекта из файла
<b>M</b> ove <b>B</b> y Ref <b>D</b> es	Поиск и выбор элемента проекта, находящегося на текущем листе, по заданному позиционному обозначению
<b>M</b> ove <b>T</b> o <b>L</b> ayer (Shift+T)*	Перенос на текущий слой выбранных объектов, расположенных на одном слое (дуги, линии, области металлизации, полигоны, области запрета трассировки, атрибуты, текст, строки данных)
<b>P</b> roperties...	Просмотр и редактирование характеристик выбранных объектов
<b>D</b> elete (Del)	Удаление выбранных объектов
<b>C</b> opy <b>M</b> atrix...	Копирование выбранного объекта по горизонтали и/или по вертикали
<b>E</b> xplode <b>P</b> art*	Превращение выбранного элемента в набор графических символов для последующего редактирования. Обратное превращение выполняется по команде <b>Library/Symbol Save As</b>
<b>E</b> xplode <b>C</b> omponent*	Превращение выбранного компонента в набор графических символов для последующего редактирования. Обратное превращение выполняется по команде <b>Library/Pattern Save As</b>
<b>A</b> lign <b>P</b> arts	Выравнивание компонентов
<b>A</b> lign <b>C</b> omponents*	Выравнивание компонентов
<b>S</b> elect <b>A</b> ll	Выбор всех объектов текущего листа схемы
<b>D</b> eselect <b>A</b> ll	Отмена выбора всех выбранных ранее объектов

## Окончание табл. П.3


Команда	Назначение
<b>H</b> ighlight	Окрашивание выбранного объекта в один из двух цветов, устанавливаемых по команде <b>Options / Display / Display Colors</b> . Цвет изменяется после повторного выполнения этой команды и проявляется после отмены выбора объекта
<b>U</b> nhighlight	Отмена окраски выбранных ранее окрашенных объектов, возвращение им прежнего цвета
<b>U</b> nhighlight All	Отмена окраски всех ранее окрашенных объектов
<b>P</b> arts...	Редактирование выбранного компонента. Возможен поиск компонента на схеме по его позиционному обозначению, выбирая его из списка
<b>C</b> omponents...*	Редактирование выбранного компонента. Возможен поиск компонента на плате после указания в списке его позиционного обозначения
<b>N</b> ets...	Редактирование атрибутов выбранной цепи, изменение имени и удаление цепи или шины. Возможен выбор цепи из списка и переход на схеме к указанному узлу
<b>M</b> easure 	Измерение расстояния между двумя любыми указанными на схеме точками
<b>S</b> elect (S) 	Включение режима выбора объектов

Примечание. Команды, помеченные звездочками, используются только в редакторе P-CAD PCB.

Таблица П.4

## Полный перечень команд меню View

Команда	Назначение
<b>R</b> edraw	Перерисовывание активного окна (прерывание нажатием правой клавиши мыши или <b>Esc</b> )
<b>E</b> xtent	Изменение масштаба изображения так, чтобы все объекты активного окна полностью разместились на экране

Команда	Назначение
<b><u>L</u>ast</b>	Вывод предыдущего изображения экрана
<b><u>A</u>ll</b>	Изменение масштаба изображения так, чтобы все активное окно полностью разместилось на экране
<b><u>C</u>enter (C)</b>	Перечерчивание экрана с центрированием его изображения относительно расположения курсора. Нажатие клавиши C позволяет переместить экран, не прерывая текущую команду
<b>Zoom <u>I</u>n (серый +)</b>	Увеличение масштаба изображения (центр поля зрения указывают курсором, коэффициент масштабирования Zoom Factor устанавливают в меню <b>Options/Configure</b> )
<b>Zoom <u>O</u>ut (серый -)</b>	Уменьшение масштаба изображения (центр поля зрения указывают курсором, коэффициент масштабирования Zoom Factor устанавливают в меню <b>Options/Configure</b> )
<b>Zoom <u>W</u>indow (Z)</b> 	Вывод на весь экран окаймленной части изображения
<b><u>J</u>ump Location...</b>	Позиционирование курсора в точке с заданными координатами X, Y
<b><u>J</u>ump Text...</b>	Позиционирование курсора в текстовой строке, имеющей указанную комбинацию символов
<b><u>D</u>escend</b>	Переход на более низкий уровень иерархии
<b><u>A</u>scend</b>	Переход на более высокий уровень иерархии
<b>Command <u>T</u>oolbar</b>	Включение/выключение строки инструментов системных команд
<b><u>P</u>lacement Toolbar</b>	Включение/выключение строки команд размещения
<b><u>P</u>rompt Line</b>	Включение/выключение строки сообщений
<b><u>S</u>tatus Line</b>	Включение/выключение строки состояний
<b>Snap to <u>G</u>rid</b>	Включение/выключение дискретности перемещения курсора

## Полный перечень команд меню Options

Команда	Назначение
<b>B</b> lock <u>S</u> election...	Настройка фильтров для выделения объектов внутри или вне выбранной области
<u>C</u> onfigure...	Настройка конфигурации (размер листа схемы А-Е, А0-А4, системы единиц, допустимые углы ориентации линий и цепей, создание файла коррекции ESO, режим автосохранения и др.)
<u>G</u> rids...	Определение наборов сеток, установка абсолютной или относительной сетки, ввод начала координат относительной сетки, видимость сетки, характер линий сетки
<u>D</u> isplay...	Установка цветов окраски различных объектов, типа курсора, графики подсоединения проводников к шине и др.
<u>P</u> references...	Задание клавиатурных команд, “горячих” клавиш и макросов, параметров мыши, расположение меню инструментов
<u>D</u> esign <u>R</u> ules...	Задание правил автоматической трассировки: зазоров для контактных площадок, переходных отверстий, трасс и комбинаций этих объектов, принадлежащих цепям и классам цепей
<u>N</u> et <u>C</u> lasses...	Определение классов цепей
<u>S</u> heets...	Выбор листа схемы, добавление/модификация имени, удаление листов схемы
<u>C</u> urrent <u>W</u> ire...	Задание ширины шины, размещаемой по команде <b>Place/Wire</b>
<u>C</u> urrent <u>L</u> ine...	Задание ширины и стиля текущей линии и дуги, размещаемых по командам <b>Place/Line, Place/Arc</b>
<u>T</u> ext <u>S</u> tyl <u>e</u> ...	Задание стиля текста (имя стиля, высота, толщина линий и имя шрифта)

## Настройка среды графического редактора P-CAD Schematic

### Настройка конфигурации

Команда **Options/Configure** вызывает диалоговое окно **Options Configure** (рис. П.Б.1), которое позволяет определить основные параметры графического редактора.

Сначала с помощью переключателя **Units** определяют действующую систему единиц. В редакторе могут использоваться следующие единицы измерения: дюймы (1 inch = 25,4 мм), миллidyмы (1 mil = 0,0254 мм) и миллиметры (mm).

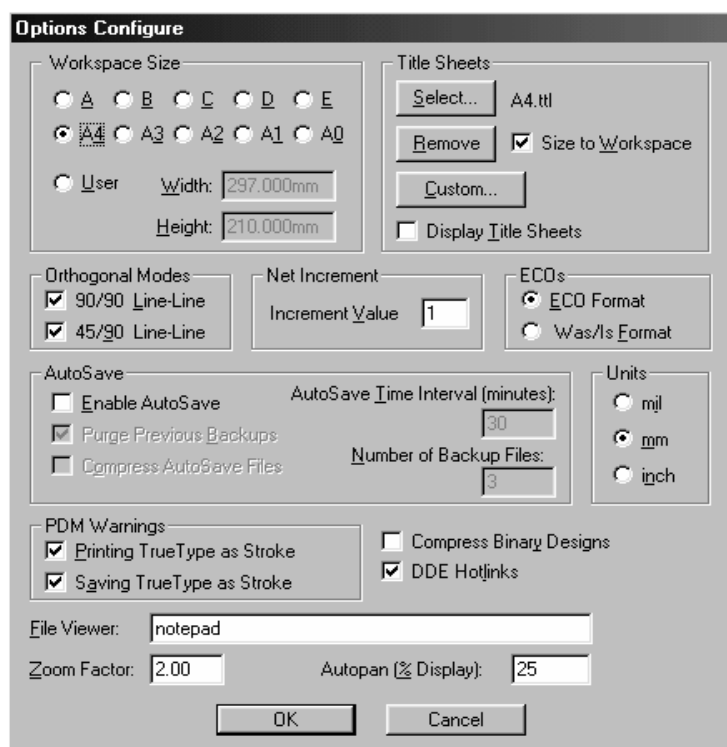


Рис. П.Б.1. Диалоговое окно **Options Configure**  
миров рабочего поля: **Width** (ширина) и **Height** (высота).

В области **Workspace Size** выбирают один из стандартных форматов листа схемы в американской (A, B ... E) или европейской (A4, A3 ... A0) системах. Габаритные размеры выбранного листа отображаются в строках **Width** (ширина) и **Height** (высота). В стандартных форматах длинная сторона листа располагается по горизонтали. Нестандартные размеры листа схемы устанавливают нажатием кнопки **User** и определением раз-

В области **Title Sheet** определяют форматку листа – файл формата с рамкой, основной и дополнительной надписями для нового проекта. Кнопка **Select** включает стандартное диалоговое окно **Windows** для задания директории и имени файла форматки. Чертежи форматок создают заранее с помощью **P-CAD Schematic** и заносят в файлы с расширениями имени .TTL. По умолчанию к формату A4 подключается файл A4.TTL и т. п.



Форматка листа становится видимой после выбора режима **Display Title Sheet**. Отсоединение форматки производится нажатием кнопки **Remove**.

Режим ввода цепей и линий устанавливаются в графе **Orthogonal Modes**:

- **90/90 Line-Line** – ввод ортогональных линий;
- **45/90 Line-Line** – ввод линий под углом, кратным 45°.

Рекомендуется включить оба режима, тогда линии проводятся по осям координат, по диагоналям или под произвольным углом, что определяется дополнительным нажатием клавиши **O**.

Область **Net Increments** определяет значение (**Increment Value**) приращения при автоматической нумерации цепей. Допускаются положительные или отрицательные значения.

Переключатель **ECOs** включает автоматическую запись всех изменений проекта для корректировки схемы электрической принципиальной (при внесении изменений в печатной плате) или печатной платы (при внесении изменений в схеме электрической принципиальной).

Область **AutoSave** управляет режимом автосохранения проекта на диске. Метка **Enable AutoSave** включает режим автосохранения, а поле **AutoSave Time Interval (minutes)** задает период автосохранения в минутах. Режим **Purge Previous Backups** сбрасывает все сделанные копии (автосохранения) перед началом нового сеанса работы, а поле **Number of Backup Files** определяет количество рабочих копий от 1 до 99.

Выключатель **DDE Hotlinks** устанавливает режим взаимного выделения цепей между двумя одновременно работающими графическими редакторами **P-CAD Schematic** и **P-CAD PCB**.

В поле **File Viewer** определяют программу (текстовый редактор), которая будет автоматически вызываться для показа текстовых файлов диагностики. По умолчанию установлена программа **Windows Notepad** (блокнот).

В поле **Zoom Factor** задают коэффициент увеличения или уменьшения экрана при использовании команд **View/Zoom In** или **View/Zoom Out**. Значение поля должно быть больше единицы.

В поле **Autopan (%Display)** задают смещение окна изображения (панорамирование) при нажатии на одну из клавиш стрелок (**←**, **↑**, **→**, **↓**), когда курсор располагается на границе экрана (в процентах к размеру экрана,

так, при **Autopan** = 50 % экран смещается в указанном стрелкой направлении на половину своего размера).

### *Настройка сетки*

Команда **Options/Grids** предназначена для определения текущей сетки графического редактора и вызывает диалоговое окно **Options Grids** (рис. П.Б.2).

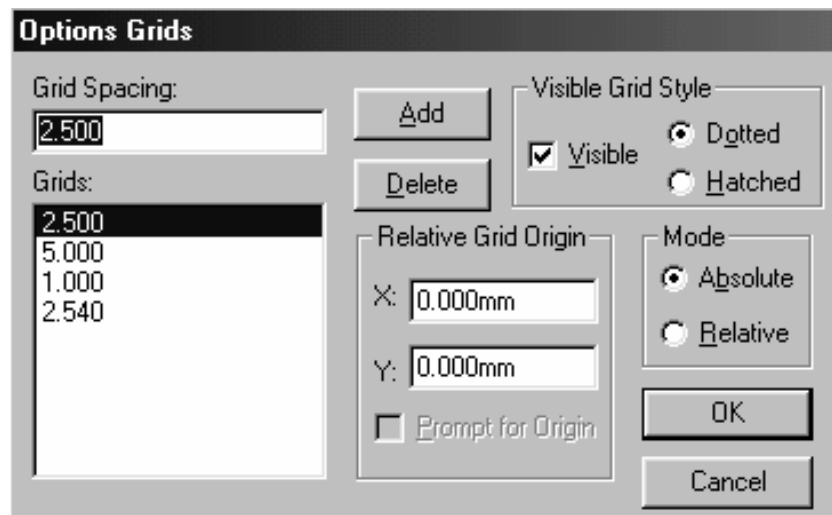


Рис. П.Б.2. Диалоговое окно **Options Grids**

В диалоговом окне можно выбрать в списке **Grids** уже имеющиеся сетки либо задать в поле **Grid Spacing** новую сетку и при помощи кнопки **Add** добавить новую сетку в список сеток.

Кнопка **Delete** убирает из списка се-

ток выбранную сетку.

Для каждой сетки кроме ее шага (**Grid Spacing**) задаются параметры ее отображения на экране (**Visible Grid Style**), координаты X и Y сдвига начала сетки (**Relative Grid Origin**) и режим координат (**Mode**), который принимает два значения: абсолютная система координат (**Absolute**) и относительная система координат (**Relative**).

Параметры отображения сетки на экране задаются меткой **Visible**, которая определяет, будет ли видимой сетка. Если сетка видима, то она может отображаться в виде точек (**Dotted**) или в виде пунктира (**Hatched**).

### *Настройка текущей линии*

Команда **Options/Current Line** определяет ширину текущей линии для команд **Place/Line**, **Place/Arc**, **Route/Manual** и **Route/Interactive**. После вызова команды появляется диалоговое окно **Options Current Line** (рис. П.Б.3).

После задания ширины линии нужно нажать клавишу **OK** для запоминания сделанного назначения. Выбранная ширина линии станет текущей.

### *Настройка листов проекта*

Команда **Options Sheets** определяет настройки листов схемного редактора для многолиствого проекта. После вызова команды появляется диалоговое окно **Options Sheets** (рис. П.Б.4).

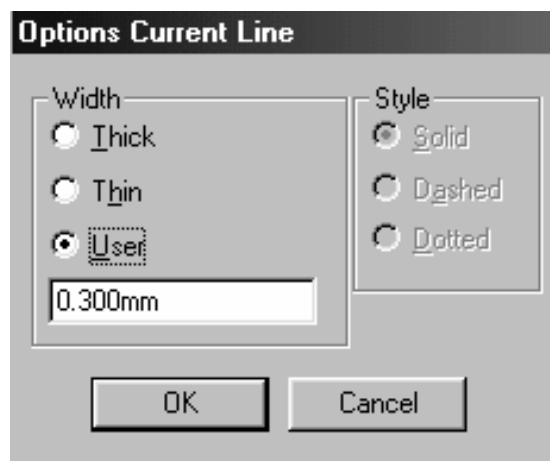


Рис. П.Б.3. Диалоговое окно Options Current Line



Рис. П.Б.4. Диалоговое окно настройки листов многолиствого проекта

Здесь в списке **Sheets** приводится список листов проекта: имена листов и порядковые номера листов. Область **Sheet Name** либо выводит имя листа, выделенного в списке листов, либо позволяет задать новое имя листа для его добавления (при помощи кнопки **Add**) или переименования (при помощи кнопки **Modify**).

Кнопка **Delete** позволяет удалить выбранный в списке лист.

Кнопка **Current** назначает выделенный лист текущим. Текущий лист в списке помечен “звездочкой”.

Кнопка **Close** закрывает диалоговое окно **Options Sheets** с запоминанием сделанных настроек.

### *Настройка параметров дисплея*

Команда **Options/Display** задает цвета различных объектов, стиль изображения шин и ряд других параметров. После вызова команды открывается диалоговое окно **Options Display** (рис. П.Б.5).

В области **Item Colors** устанавливаются цвета следующих элементов схемы:

- **Wire** – цепь;
- **Part** – символ компонента;

- **Bus** – шина (линия групповой связи);
- **Junction** – точка соединения цепей;
- **Pin** – вывод компонента;
- **Line** – линия;
- **Poligon** – полигон;
- **Text** – текст;
- **Open End** – неподсоединенный (открытый) вывод компонента или цепи.

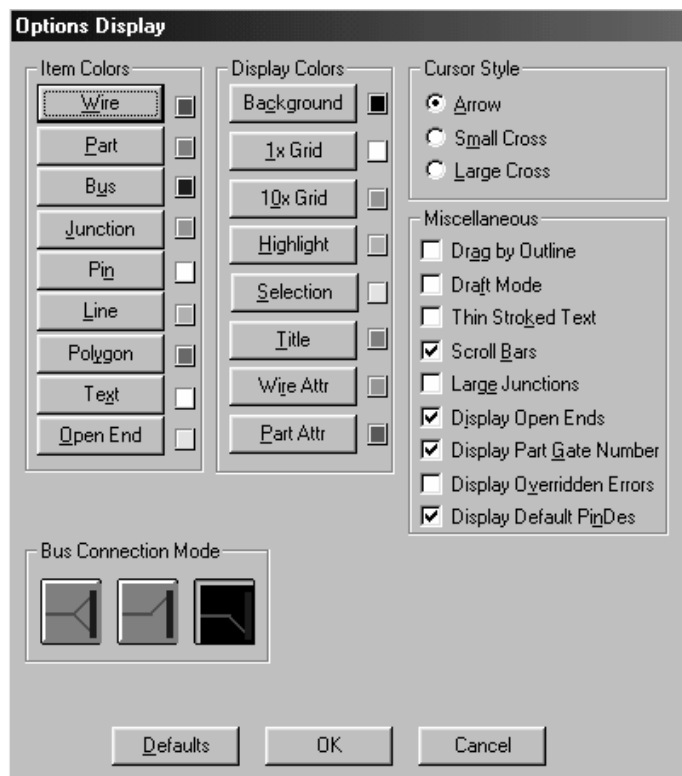


Рис. П.Б.5. Диалоговое окно **Options Display**

Для изменения цвета какого-либо объекта следует нажать соответствующую клавишу и в открывшейся палитре выбрать нужный цвет.

В окне **Bus Connection Mode** указывают один из трех стилей изображения подсоединения цепей к шине.

В области **Cursor Style** выбирают тип курсора:

- **Arrow** – стрелка;
- **Small Cross** – маленькое перекрестье;
- **Large Cross** – большое перекрестье.

В области **Miscellaneous** задают разнообразные параметры, например:

- **Drag by Outline** – перемещение вершин полигонов без показа их

В области **Display Colors** указывают цвета вспомогательных элементов:

- **Background** – фон;
- **1xGrid** – нормальная сетка;
- **10xGrid** – сетка с крупным шагом, в 10 раз большим нормального;
- **Highlight** – выделенный объект;
- **Selection** – выбранный объект;
- **Title** – форматка схемы;
- **Wire Attr** – атрибуты цепей;
- **Part Attr** – атрибуты компонентов.

промежуточных положений (в целях наглядности построений эту опцию включать не рекомендуется);

- **Draft Mode** – изображение контуров линий и полигонов без заливки их краской;
- **Scroll Bars** – размещение на экране линий прокрутки;
- **Large Junctions** – изображение больших точек соединения цепей;
- **Display Open Ends** – отображение не подсоединенных выводов или цепей.

Нажатие клавиши **Defaults** назначает всем параметрам значения по умолчанию, **OK** – внесение изменений, **Cancel** – отмена изменений.

Обратим внимание, что в **P-CAD Schematic** вся информация располагается на одном слое, и с помощью команды **Options/Display** можно любую информацию сделать невидимой. Для этого ее нужно окрасить в цвет фона (**Background**).

#### *Настройка стилей текста*

Команда **Options Text Style** осуществляет настройку стилей текста. После вызова команды появляется диалоговое окно **Options Text Style** (рис. П.Б.6).

Диалоговое окно содержит список стилей текста **Current Text Style** и четыре кнопки редактирования стилей: **Add** – добавить, **Properties** свойства, **Delete** – удалить и **Rename** – переименовать.

Нажатие кнопки **Add**

вызывает появление диалогового окна **Add Text Style** (рис.ПБ7), в котором в поле **Style Name** необходимо задать имя нового стиля текста, а в списке **Based On** можно выбрать базовый стиль.

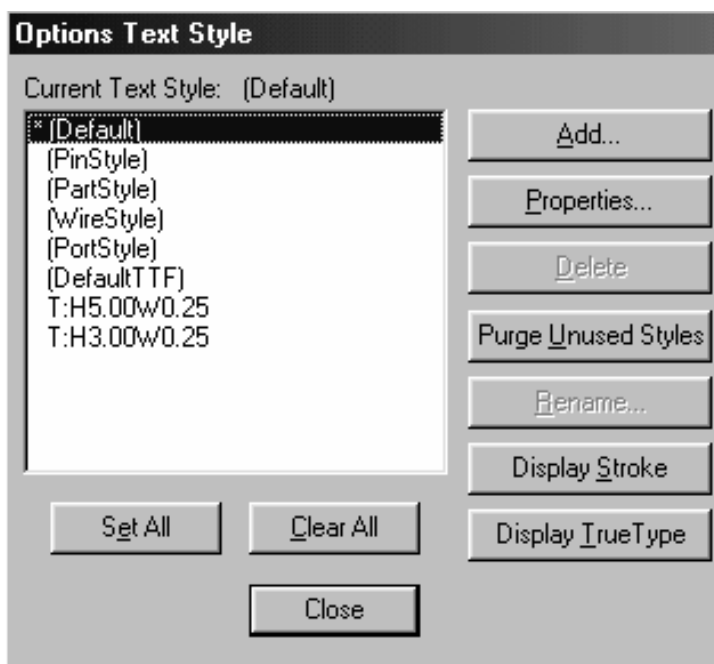


Рис. П.Б.6. Диалоговое окно **Options Current Line**

Нажатие кнопки **OK** выполняет добавление нового стиля текста, а кнопка **Cancel** позволяет выйти из режима добавления нового стиля и вернуться к диалоговому окну **Options Text Style**.

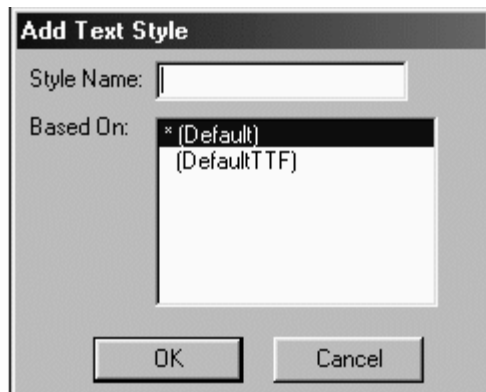


Рис. П.Б.7. Диалоговое окно **Add Text Style**

Нажатие кнопки **Properties** в диалоговом окне **Option Text Style** (рис. П.Б.6) вызывает появление диалогового окна **Text Style Properties** (рис. П.Б.8).

Здесь в поле **Text Style Name** выводится имя стиля текста, свойства которого рассматриваются. Поле **Height** определяет высоту текста, поле **Thickness** – широту

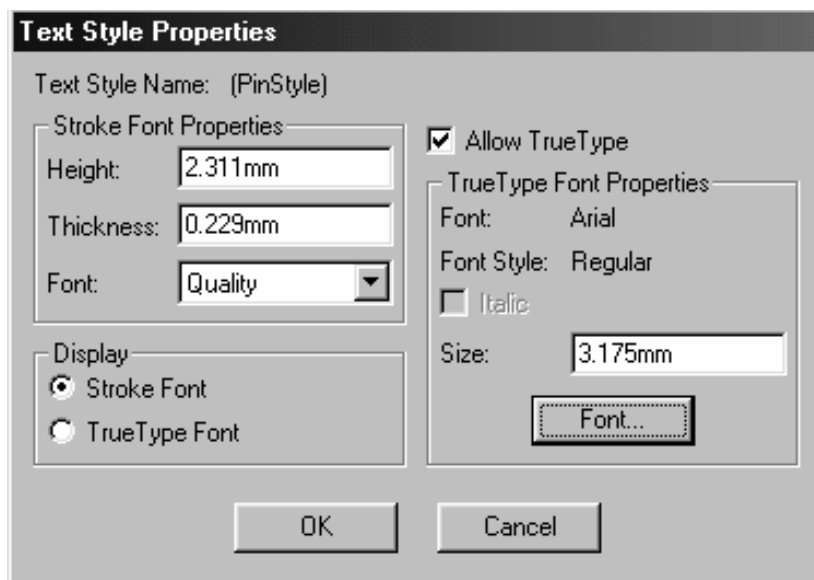


Рис. П.Б.8. Диалоговое окно **Text Style Properties**

линии, а в открывающемся меню **Font** можно выбрать требуемый шрифт текста. Метка **Allow True Type** разрешает отображение на экране (и при печати) векторных масштабируемых шрифтов (русифицированы средствами **Windows**). В области **Display** с помощью переключателя **Stroke**

**Font** указывается необходимость преобразования масштабируемых шрифтов **True Type** в растровые шрифты, а с помощью переключателя **True Type Font** – необходимость обратного преобразования.

Нажатие кнопки **OK** завершает редактирование свойства стиля текста, а кнопка **Cancel** позволяет выйти из режима добавленного нового стиля и вернуться к диалоговому окну **Options Text Style**.

Кнопка **Delete** в диалоговом окне **Options Text Style** служит для удаления выбранного в списке стиля текста.

Нажатие кнопки **Rename** в диалоговом окне **Options Text Style** вызывает появление диалогового окна **Rename Style**, в котором в поле **New Style Name** необходимо определить новое имя стиля текста.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Настройка среды графического редактора P-CAD PCB

После запуска редактора печатных плат (ПП) P-CAD PCB следует настроить его среду, выбрав в меню **Options** команды **Configure, Display, Layers, Grids** и др.

#### *Настройка конфигурации*

По команде **Options/Configure** открывается диалоговое окно **Options Configure** (рис. П.В.1).

Многие области и поля этого окна совпадают с областями и полями аналогичного диалогового окна графического редактора **Schematic**. Поэтому рассмотрим только те параметры, которые присутствуют редактору **PCB**.

Область **Connection Options** управляет режимами оптимизации в процессе ручной или интерактивной трассировки ПП.

Поле **Solder Mask Swell** представляет собой область маскирования для пайки контактных площадок, задаваемую в слое **Mask** графического

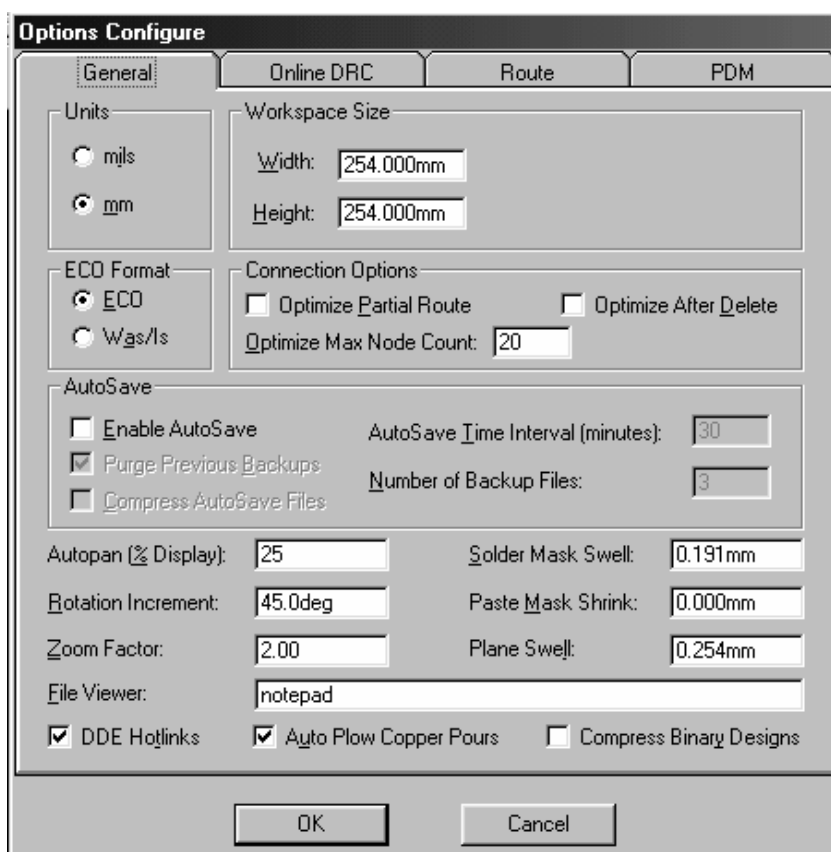


Рис. П.В.1. Диалоговое окно **Options Configure**

редактора. Эта область защищает как верхнюю (**Top**), так и нижнюю (**Bottom**) стороны печатной платы.

Поле **Solder Mask Swell** определяет глобальную область маскирования для всех контактных площадок проекта. Область маскирования по форме совпадает с формой контактной площадки, а ее размеры равны размерам контактной площадки плюс величина зазора, определенная в поле **Solder Mask Swell**.

Локальные значения зазоров маскирования могут быть заданы либо непосредственно в слое **Mask** графического редактора, либо в стилях контактных площадок или переходных отверстий (см. команды **Options/Pad Style** или **Options/Via Style**).

Поле **Paste Mask Shrink** представляет собой область нанесения припоя для пайки контактных площадок, задаваемую в слое **Paste** графического редактора. Эта область защищает как верхнюю (**Top**), так и нижнюю (**Bottom**) стороны печатной платы.

Поле диалогового окна **Paste Mask Shrink** определяет глобальную область нанесения припоя для всех контактных площадок проекта. Область нанесения припоя по форме совпадает с формой контактной площадки, а ее размеры равны размерам контактной площадки минус величина зазора, определенная в поле **Paste Mask Shrink**.

Локальные значения зазоров маскирования могут быть заданы либо непосредственно в слое **Paste** графического редактора, либо в стилях контактных площадок или переходных отверстий (см. команды **Options Pad Style** или **Options Via Style**).

Область **Plane Swell** определяет глобальную величину зазора для внутренних слоев проводимости между контактом и слоем. Локальные значения зазоров (**Local Swell**) могут быть заданы в стилях контактных площадок или переходных отверстий (см. команды **Options Pad Style**).

Область **Auto Plow Copper Pours** включает режим автоматического формирования каналов для трасс в экранах при ручной (**Manual Route**) или полуавтоматической (**Interactive Route**) трассировке соединений. При формировании каналов для трасс соблюдаются технологические установки по зазорам.

### *Настройка сетки*

Настройка сетки осуществляется в диалоговом окне **Options/Grids**, как и в редакторе P-CAD Schematic.



### Настройка параметров дисплея

Цвета объектов на различных слоях и ряд других параметров экрана устанавливаются по команде **Options/Display** (рис. П.В.2).

Для каждого объекта можно назначить одинаковый цвет на всех слоях, или все объекты, принадлежащие одному слою, окрасить в одинаковый цвет, или отдельным объектам на различных слоях задать индивидуальные цвета. Здесь устанавливаются цвета следующим объектам:

**Via** – переходные отверстия (ПО);

**Pad** – выводы компонентов;

**Line** – проводники и линии;

**Poly** – полигоны;

**Text** – текст.

Нажатие на панель **Misc** настраивает дополнительные параметры (рис. П.В.3).

### Настройка структуры слоев печатной платы

Для настройки слоев графического редактора предназначена команда **Options/Layer**. После вызова команды открывается диалоговое окно **Options Layers** (рис. П.В.4), которое имеет две закладки: **Layers** – настройка и **Sets** – группировка слоев.

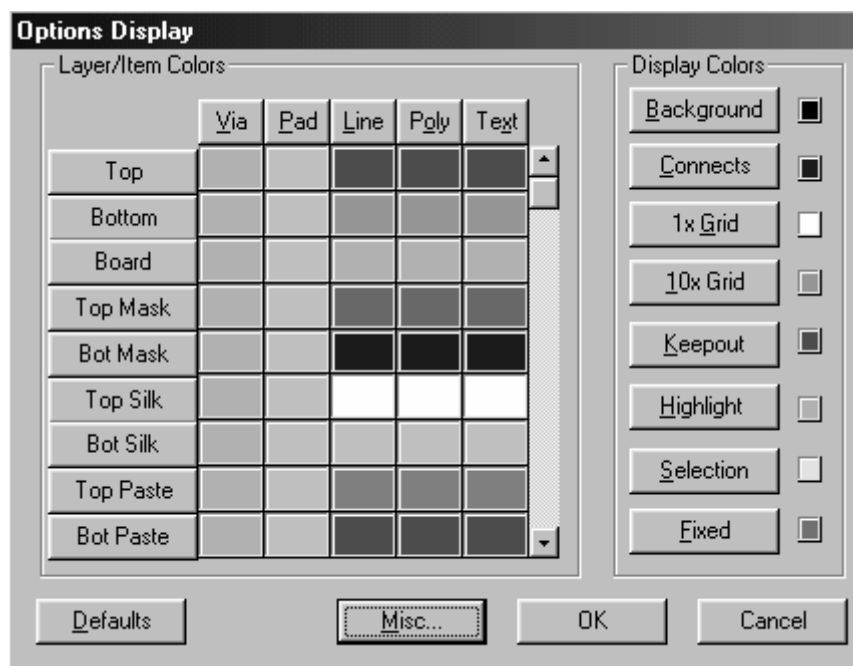


Рис. П.В.2. Настройка параметров дисплея

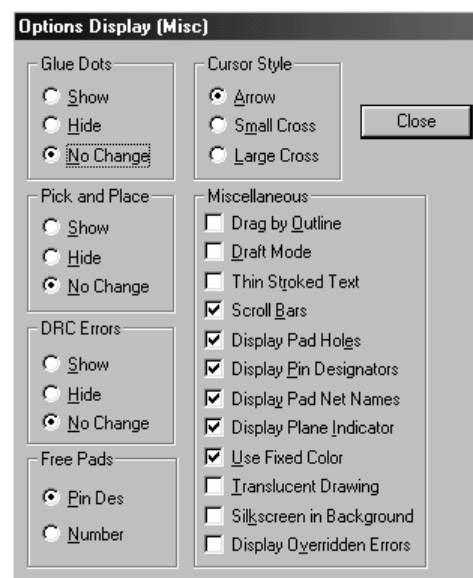


Рис. П.В.3. Дополнительное окно настройки параметров дисплея

В закладке **Layers** содержится список всех слоев графического редактора. Графический редактор **P-CAD PCB** по умолчанию устанавливает

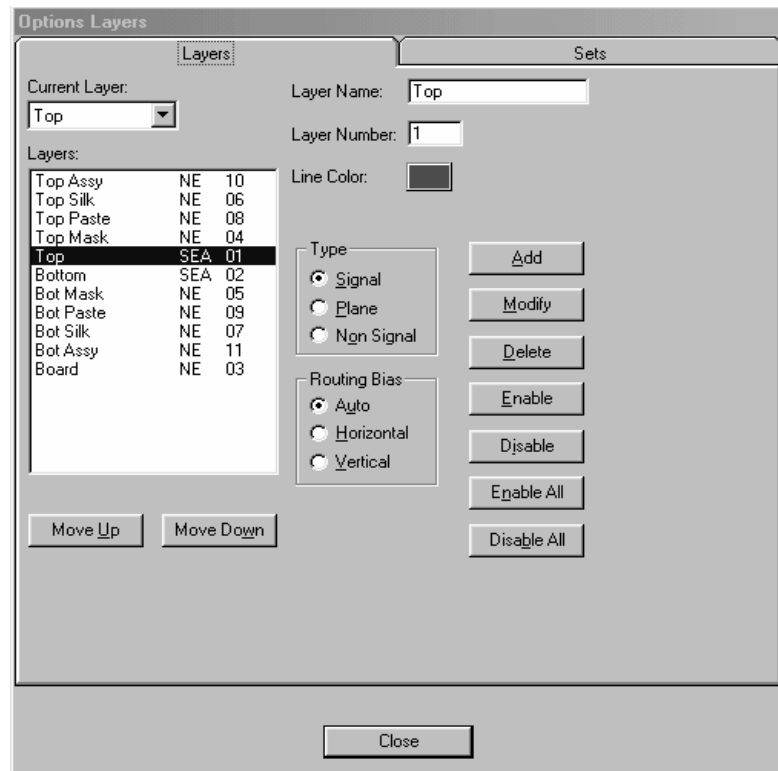


Рис. П.В.4. Диалоговое окно **Options Layers**

одиннадцать слоев (всего может быть до 99 слоев):

- **Top** – верхняя сторона платы;
- **Bottom** – нижняя сторона платы;
- **Top Mask** – маска пайки на верхней стороне платы;
- **Bot Mask** – маска пайки на нижней стороне платы;
- **Top Silk** – шелкография на верхней стороне платы;
- **Bot Silk** – шелкография на нижней стороне платы;
- **Top Paste** – вставка пайки на верхней стороне платы;
- **Bot Paste** – вставка пайки на нижней стороне платы;
- **Top Assy** – вспомогательные данные (атрибуты) на верхней стороне платы;
- **Bot Assy** – вспомогательные данные (атрибуты) на нижней стороне платы;
- **Board** – контур платы.

В списке слоев кроме имени слоя приводятся его основные характеристики в виде соответствующих аббревиатур и порядковый номер.

К основным характеристикам слоя относятся: тип слоя, состояние слоя и направление трассировки.

Тип слоя задается переключателем **Type**. Слои подразделяются на следующие типы:

- **Signal** – сигнальный слой (слой разводки проводников сигналов), помечают символом **S**;
- **Plane** – слой внутренней проводимости, помечают символом **P**;
- **Non Signal** – несигнальный слой, помечают символом **N**.

Каждый слой может быть доступным (символ **E**) или недоступным (символ **D**). Индивидуальные слои включают и выключают нажатием на кнопки **Enable**, **Disable**. Все слои (кроме текущего) можно выключить нажатием кнопки **Disable All**, включить – нажатием кнопки **Enable All**.

Переключателем **Routing Bias** назначается только для сигнальных слоев приоритетное направление проводников при автоматической трассировки:

- **Auto** – автоматический выбор направления трассировки, символ **A**;
- **Horizontal** – горизонтальное направление трассировки, символ **H**;
- **Vertical** – вертикальное направление трассировки, символ **V**.

Перемещать слои в списке слоев можно при помощи кнопок **Move Up** (шаг вверх) и **Move Down** (шаг вниз).

Поле **Layer Name** показывает имя выбранного слоя, а поле **Layer Number** определяет номер текущего слоя.

Кнопки **Add**, **Modify**, **Delete** позволяют соответственно добавить, модифицировать или удалить слой при сделанных в диалоговом окне настроек.

Кнопка **Close** позволяет запомнить сделанные настройки параметров и закрыть диалоговое окно **Options Layers**.

Закладка **Sets** предназначена для группировки слоев при управлении выбором, настройки печати проекта, а также настройки вывода управляющих программ.

#### *Настройка ширины проводников*

Список значений ширины проводников и геометрических линий составляется по команде **Options/Current Line**. Ширину текущего проводника удобно выбирать из этого списка с помощью строки состояний.

### Настройка стеков контактных площадок и переходных отверстий

По команде **Options/Pad Style** открывают диалоговое окно **Options**

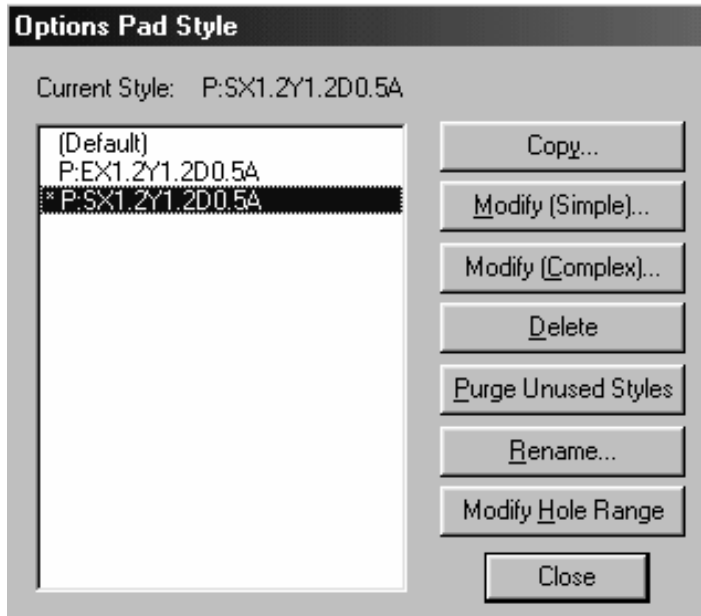


Рис. П.В.5. Диалоговое окно **Options Pad Style**

**Pad Style** (рис. П.В.5), в котором содержится список стилей контактных площадок. Выбранный курсором в этом списке стиль контактных площадок является текущим и помещается на печатную плату при выполнении команды **Place/Pad**. Кроме списка стилей, диалоговое окно **Options Pad Style** содержит семь кнопок редактирования: **Copy** (копировать); **Modify (Simple)** (простая модификация); **Modify (Complex)** (сложная модификация); **Delete** (стереть); **Purge Unused Styles** (очистка информации о неиспользуемых стилях); **Rename** (переименовать); **Modify Hole Range** (модификация списка отверстий).

После нажатия кнопки **Modify (Complex)** появится диалоговое окно

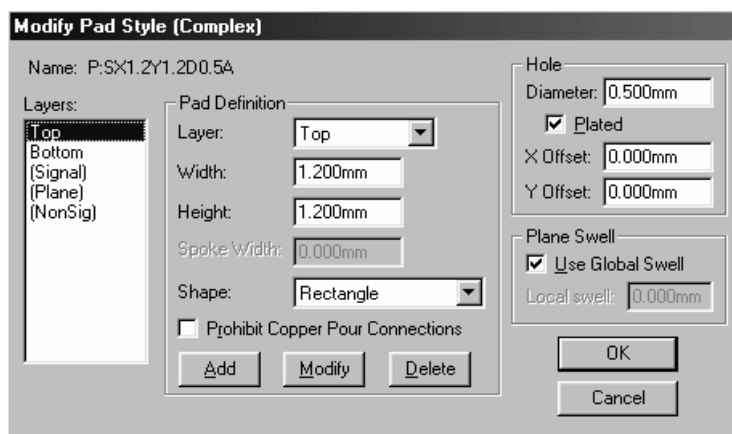


Рис. П.В.6. Диалоговое окно сложного редактирования стиля контактной площадки

для сложного редактирования стиля контактной площадки (рис. П.В.6).

Это диалоговое окно содержит более полную информацию о контактной площадке по сравнению с окном, которое открывается при нажатии кнопки **Modify (Simple)**.

В окне **Layers** приводится список слоев, на которые выходит данная контактная площадка. Для каждой из строк списка в области **Pad Definition** выводится форма

(**Shape**) и размеры (**Width** – ширина, **Height** – высота) контактной площадки. Форму контактных площадок выбирают из следующего списка:

- **Ellipse** – эллипс;
- **Oval** – овал;
- **Rectangle** – прямоугольник;
- **Rounded Rectangle** – скругленный прямоугольник;
- **Thermal 2 Spoke** – 2 тепловых барьера, расположенных по горизонтали;
- **Thermal 2 Spoke/90** – 2 тепловых барьера, повернутых на угол 90°;
- **Thermal 4 Spoke** – 4 тепловых барьера;
- **Thermal 4 Spoke/45** – 4 тепловых барьера, повернутых на угол 45°;
- **Direct Connect** – сплошной контакт;
- **Target** – перекрестье для сверления;
- **Mounting Hole** – крепежное отверстие.

Если контактная площадка выходит на слой внутренней проводимости, то для этого слоя вместо ширины и высоты будут выведены поля: **Outer Dia** (внешний диаметр), **Inner Dia** (внутренний диаметр) и **Spoke Width** (ширина теплового барьера для контактных площадок с тепловыми барьерами).

В области **Hole** задают диаметр отверстия **Diameter** и смещение центра отверстия относительно центра по горизонтали **X Offset** и по вертикали **Y Offset**.

После назначения полей можно добавить информацию (кнопка **Add**) или модифицировать информацию (кнопка **Modify**). Кнопка **Delete** удаляет информацию для выделенного в окне слоя.

Нажатие на кнопку **Modify Hole Range** диалогового окна **Options Pad Style** открывает экран просмотра сечения контактных площадок. В списке **Styles** выбирают имя стиля контактных площадок, изображение которого выводится в правой части экрана. После этого щелчком курсора в графе **Hole Range Layers** выделяют имена смежных слоев, которые должны быть объединены. Таким образом, в частности, создают *межслойные* или глухие переходные отверстия.

Нажатие кнопки **Close** закрывает диалоговое окно **Options Pad Style** и сохраняет сделанные настройки.

Настройку стилей переходного отверстия осуществляет команда **Options/Via Style**. После вызова этой команды появляется диалоговое окно **Options Via Style**, которое полностью совпадает с диалоговым окном команды **Options/Pad Style**, а режимы настройки переходных отверстий точно такие же, что и при настройке стилей контактных площадок.

#### *Выбор стиля текста*

Стиль текста, устанавливаемый по умолчанию, и стили выполнения отдельных надписей редактируются по команде **Options/Text Style** так же, как и в редакторе P-CAD Schematic.

Параметры среды сохраняются вместе с файлом текущего проекта и устанавливаются по умолчанию для последующих сеансов проектирования.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ, ВЫЗОВ И НАСТРОЙКА ПРОГРАММ В САПР P-CAD.....	4
2. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	6
2.1. Создание и редактирование схемных образов элементов .....	6
2.2. Создание и редактирование технологических элементов .....	13
2.3. Создание взаимосвязи между схемными и технологическими библиотечными элементами .....	19
2.4. Внесение библиотечных элементов в библиотеки .....	22
3. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ.....	4
4. ПЕРЕХОД К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБРАЗУ ПРОЕКТА.....	27
4.1 Настройка параметров .....	27
4.2 Загрузка и размещение элементов. ....	28
4.3 Трассировка соединений .....	30
5. ПЕЧАТЬ ПРОЕКТА .....	33
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	36
6.1. Занятие 1. Создание и редактирование библиотечных элементов.....	36
6.2. Занятие 2. Создание проекта в P-CAD.....	37
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Перечень основных команд .....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Настройка среды графического редактора P-CAD Schematic .....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Настройка среды графического редактора P-CAD PCB .....	55

Учебное издание  
ГАЛАС Валерий Петрович  
ГРАДУСОВ Александр Борисович  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР P-CAD  
Практикум для студентов специальности 210100

Редактор И.В. Усачева  
Компьютерная верстка В.П. Галас

ЛР № 020275. Подписано в печать  
Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,95. Тираж 75 экз.  
Заказ

Редакционно-издательский комплекс  
Владимирского государственного университета.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.