

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**

В.П. Галас

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

ПРАКТИКУМ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ

220400 – Управление в технических системах

(ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС)

ВЛАДИМИР 2011

1. СОЗДАНИЕ ОБРАЗОВ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТА

В процессе проектирования сложных радиоэлектронных устройств неизбежно возникает задача или создания новых, или редактирования ранее созданных радиоэлементов (компонентов) для привязки их к требованиям (в том числе и технологическим) конкретного проекта. При этом приходится пройти следующие этапы:

- создание библиотечного элемента, содержащего схемный (символьный) образ компонента;
- создание библиотечного элемента, содержащего технологический образ компонента (посадочное место на печатной плате);
- создание библиотечного элемента, содержащего непосредственно образ компонента путем обеспечения взаимосвязи между схемными и технологическими библиотечными элементами;
- внесение библиотечных элементов в библиотеки.

1.1. Создание и редактирование библиотечных элементов схемных образов компонентов

Схемный (**Symbol** - символьный) образ элемента в графическом редакторе **P-CAD Schematic** создается либо непосредственно рисованием образа элемента, либо с помощью редактора **Symbol Editor** для типовых символьных элементов.

Для создания символьного образа элемента 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, например МОП-транзистора, последовательно

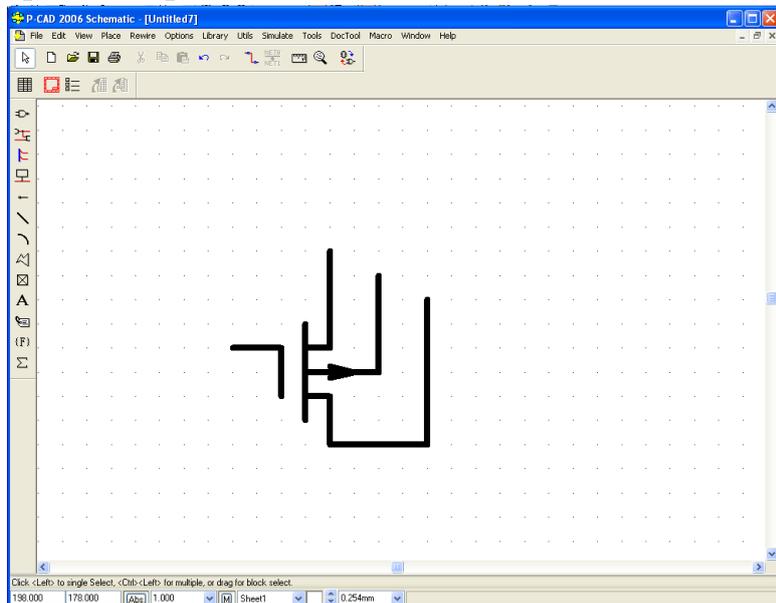


Рис. 1.1. Результат изображения контура символьного элемента

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.1.1.

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

ускорения вызова команды можно воспользоваться «быстрой кнопкой» . Нажать клавишу **But#1**. Откроется диалоговое окно **Place Pin**. В

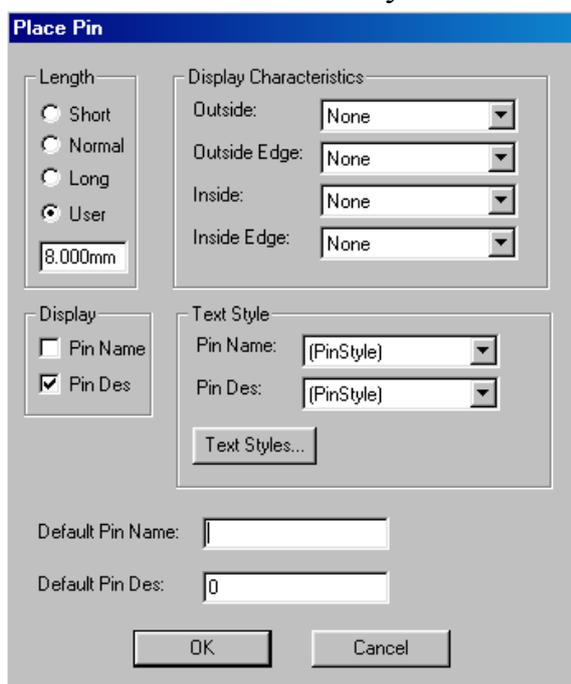


Рис. 1.2. Настройка отображения имен контактов

диалоговом окне установить необходимую длину контакта (например, 1 мм при выборе в поле **Length** опции **User**).

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. 1.2.

8. Установить контакты в необходимых точках образа элемента пу-

тем 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 перенумерации контактов вызвать команду **Utils Renumber**. В результате откроется диалоговое окно **Utils Renumber**. В диалоговом окне включить режим

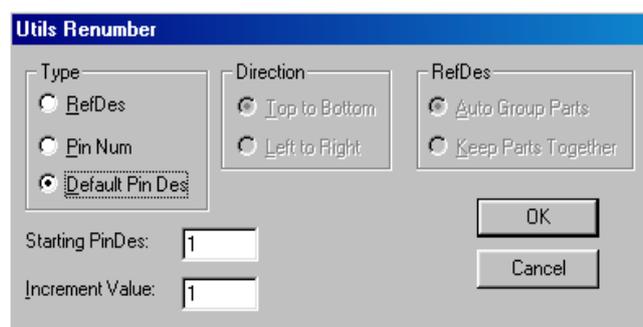
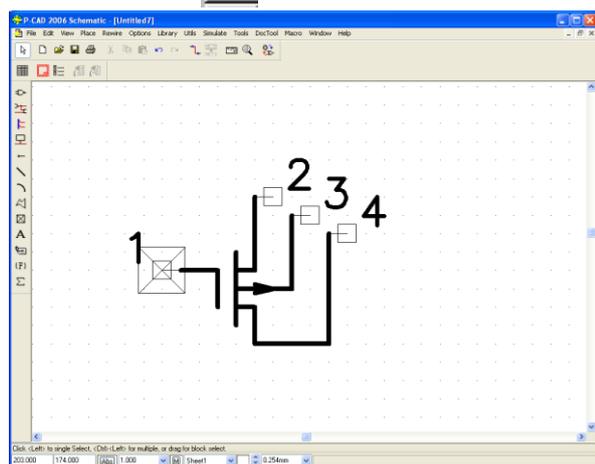


Рис. 1.3. Настройка перенумерации контактов

перенумерации контактов (в поле **Type** установить **Default Pin Des**). Выбрать начальный номер контакта (**Starting Number**) и приращение нумерации (**Increment Value**). В нашем примере они равны единице. Результат представлен на рис. 1.3. 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. 1.4.

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

Выбрать команду **Place Attribute**. Для ускорения вызова ко-

манды можно воспользоваться пиктограммой .



Щелкнуть клавишей **But#1**, в результате 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 позиционного обозначения (**RefDes**).

12. Установить стиль текста в открывающемся списке **Text Style** и открывающемся, после нажатия кнопки **Text Style**, окне **Options Text Style**, равный стилю **Part Style** (см. прил. Б). Нажать кнопку **Properties**. В диалоговом окне **Text Style Properties** включить переключатель **Allow**

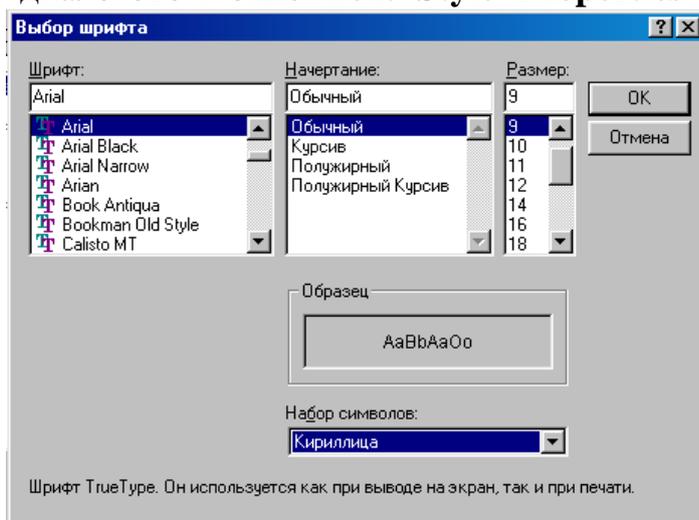


Рис. 1.5. Настройка шрифтов

True Type, далее **True Type Font** и нажать кнопку **Fonts**. В результате появится стандартное диалоговое окно **Windows** для настройки шрифтов. Выбрать шрифт с кириллицей. В данном примере выбран шрифт Arial, обычный, размером 9 пунктов. Результат показан на рис.1.5.

Нажать кнопку **ОК**. 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,

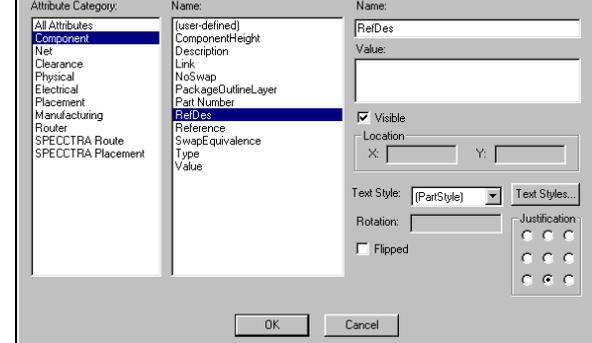


Рис. 1.6. Установление стиля и выравнивание текста

а по горизонтали — центр. Результат показан на рис. 1.6. Нажать кнопку **ОК**.

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 диалого-

ОК.

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 диалого-

вом 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

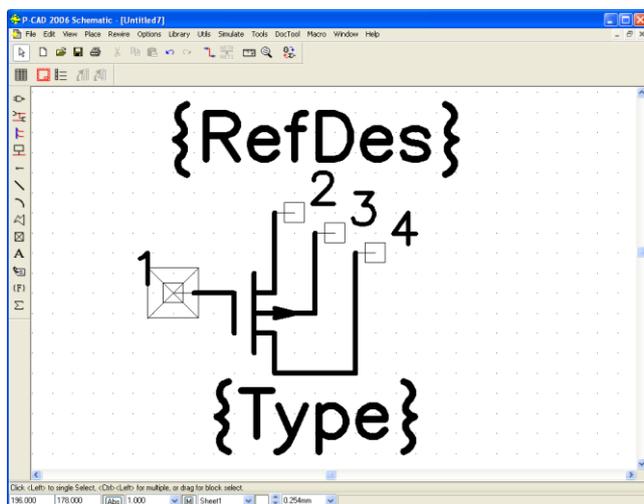


Рис. 1.7. Результат установления атрибутов элемента

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. 1.7.

Для создания символического образа элемента с помощью редактора **Symbol Editor** 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** меню **File** или нажатием на кнопку  вызвать мастер создания символов компонентов.
4. В диалоговом окне мастера (рис.1. 8) указать ширину символа (**Symbol**

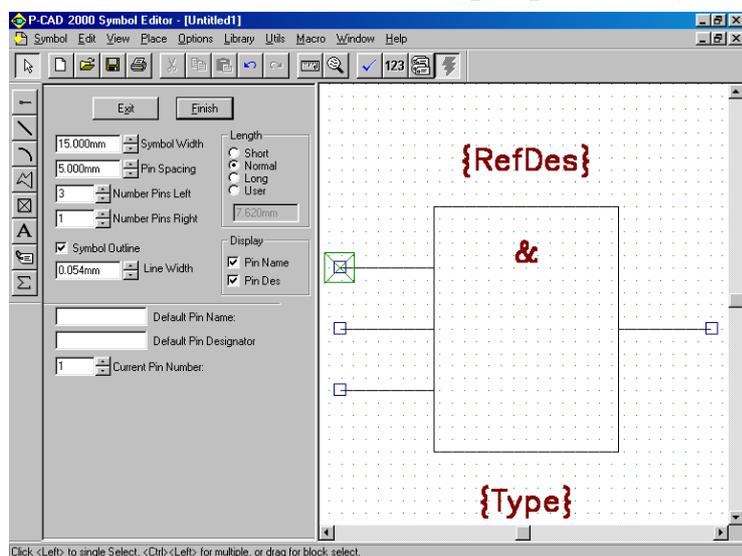


Рис. 1.8. Мастер создания символа компонентов

Width), расстояние между смежными выводами (**Pin Spacing**) — длину выводов (**Lenght**), количество выводов на левой (правой) стороне символа (**Number Pin**) и ввести условное обозначение элемента. Результат показан на рис. 1.8.

5. Завершить создание контура символа нажатием на клавишу **Finish** и отредактировать его 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, изображенное на рис. 1.9. Результат редактирования показан на рис. 1.10.

Редактирование ранее созданных элементов может также осуществляться 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.

Запись созданных элементов производится в библиотеку элементов. Для создания новой библиотеки необходимо выбрать команду **Library New** и в открывшемся диалоговом окне задать имя (например, **test.lib**). Нажать кнопку **OK**. Далее нужно присоединить созданную библиотеку.

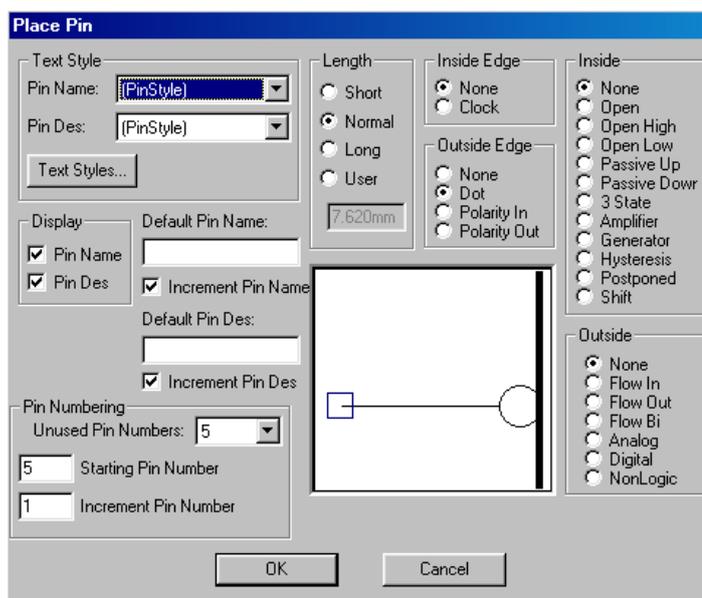


Рис. 1.9. Настройка видов и имен контактов

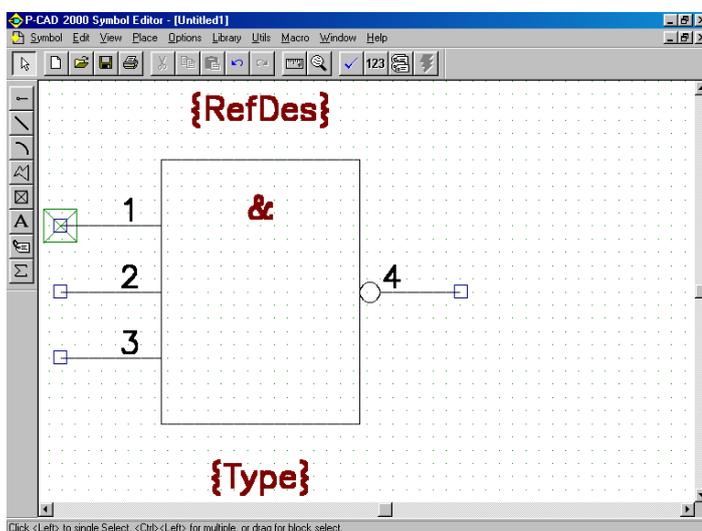


Рис. 1.10. Результат редактирования символического компонента

Выбрать команду **Library Setup** и в диалоговом окне **Library Setup** нажать кнопку **Add**.

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

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

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

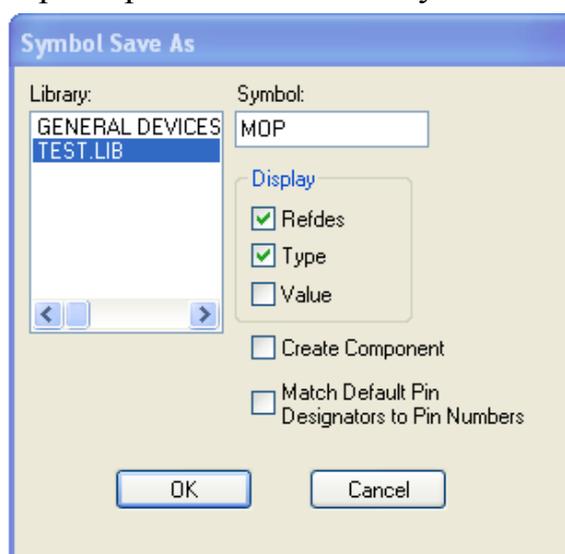
Выделить весь введенный элемент. Для этого нужно установить курсор в левый верхний угол (в точку, находящуюся левее и выше всех точек рисунка элемента), нажать и удерживать клавишу **But#1**. Удерживая клавишу **But#1**, "протянуть" курсор в противоположный угол окна выделения (правый нижний угол окна)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

Далее в программе **P-CAD Schematic** вызвать команду **Library Symbol Save As**, в результате откроется диалоговое окно **Symbol Save As** (рис. 1.11а).

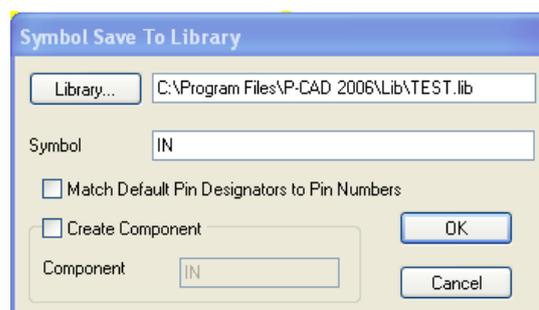
Здесь в поле **Library** выбрать библиотеку **test.lib**. В области **Display** включить метки **RefDes** и **Type**, а остальные метки выключить.

В поле **Symbol** набрать имя элемента (например **MOP**) и нажать кнопку **OK**.

Если схемный образ создавался в редакторе **Symbol Editor**, то для внесения его в библиотеку выполнить команду **Symbol /Save As**, в поле **Symbol** набрать имя элемента (например **IN**) и нажать кнопку **OK** (рис. 1.11в).



а)



в)

Рис. 1.11. Присвоение имени символному элементу

1.2. Создание и редактирование библиотечных элементов технологических образов компонентов

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

После запуска любой из программ необходимо сформировать для последующего «обування» выводов компонентов стеки контактных площадок (**Pad Stacks**) и переходных отверстий (**Via Stacks**) и сохранить их в файле технологических параметров проекта (с расширением **.dtp**). Файл поместить в созданную собственную библиотеку стеков контактных площадок и переходных отверстий.

Этот файл содержит сведения и о других параметрах проекта - величинах допустимых зазоров, структуре слоев, свойствах и классах отдельных цепей и т. д.

Для создания файла технологических параметров в редакторах **P-CAD PCB** или **P-CAD Pattern Editor** прodelывают следующие операции:

- выполняют команду: в редакторе **P-CAD PCB** - File/Design Technology Parameters, в редакторе **P-CAD Pattern Editor** - Pattern/Design Technology Parameters. В окне *Имя файла* вводят имя файла (например **Mypro**), нажимают кнопку Открыть, а затем подтверждают открытие нового (пока пустого) файла технологических параметров;
- убирают флажок **Read-only file**, щелкают кнопкой **New Group**, вводят имя проекта и нажимают **OK**;

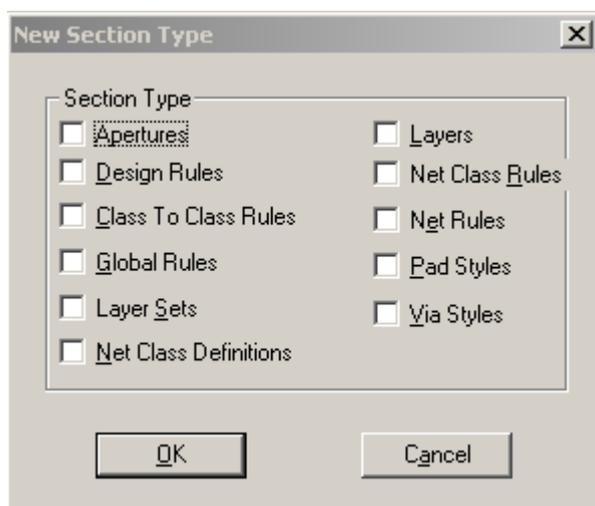


Рис. 1.12. Окно редактирования группы параметров

- выделяют имя проекта и для создания секций файла технологических параметров нажимают кнопку **New Section** (тип редактируемой группы параметров). Появится окно, изображенное на рис. 1.12. Устанавливают флажки **Pad Styles** и **Via Styles** и нажимают **OK**;

- выделяют строчку **Pad**

Styles, нажимают кнопку **New Item** (новый тип контактной площадки), вводят имя создаваемой контактной площадки (вводимое имя должно отражать некоторые параметры создаваемого стека, например имя smd2108 показывает, что площадка планарная размером 2,1 мм X 0,8 мм, а имя dip17 означает, что площадка сквозная и ее внешний диаметр равен 1,7 мм) и нажимают ОК;

- повторяют операцию задания имени контактным площадкам столько раз, сколько разновидностей площадок имеется в проекте (при необходимости площадки можно удалить или переименовать).

Вид окна после проведения указанных операций представлен на рис. 1.13.

При включенном флажке **Read-only file** окна **Design Technology Parameters** редактировать данные нельзя.

На печатных платах размещаются *простые (Simple)* и *сложные (Complex)* стеки контактных площадок и *переходных отверстий (Via Stacks)*. Стек контактной *площадки* - это файл, который содержит описание графики контактной площадки в различных слоях ПП и номер апертуры фотоплоттера.

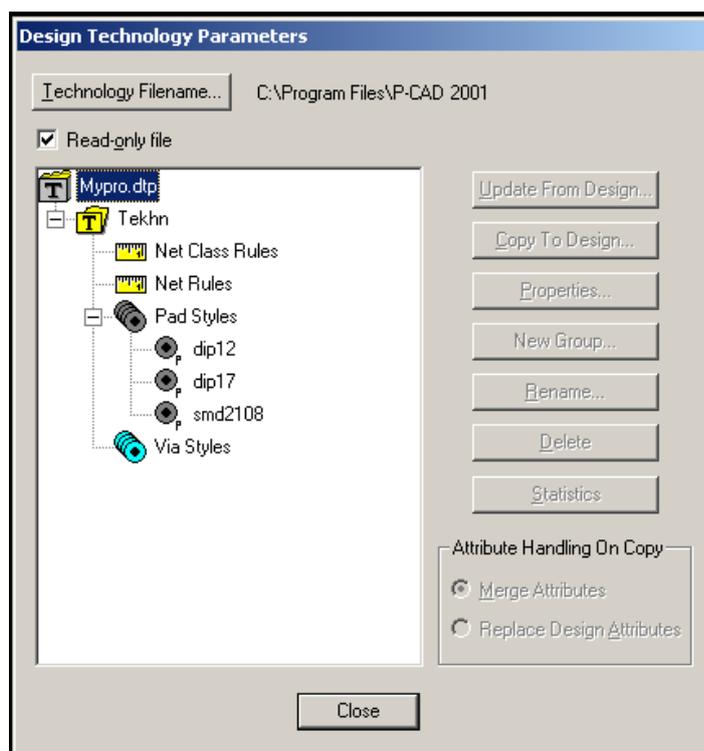


Рис. 1.13. Окно технологических параметров проекта

Стеки для *штыревых выводов (DIP-корпусы)* компонентов, которые имеют одинаковую форму контактных площадок на всех слоях ПП, и стеки для компонентов с *планарными выводами (SMD-корпусы)*, имеющие контактные площадки на одном слое ПП, образуют *простые стеки*. Компоненты с планарными выводами размещаются на слоях **Top** или **Bottom** (на этих же слоях задается и графика корпусов этих компонентов). *Сложные стеки* на различ-

ных слоях ПП могут иметь различную геометрическую форму. Стек *первого* контакта компонента должен отличаться (например, квадрат) от

других стеков этого же компонента.

При выключенном флажке **Read-only file** окна **Design Technology Parameters** появляется возможность редактирования данных. С этой целью нажимают кнопку **Properties**, в результате чего открывается меню редактирования простых стеков контактных площадок **Modify Pad Style (Simple)** (рис. 1.14).

В области **Type** выбирается тип контактной площадки:

- **Thru** - контактная площадка для штыревого вывода;
- **Top** - контактная площадка для планарного вывода со стороны установки компонента на ПП;
- **Bottom** - контактная площадка для планарного вывода со стороны монтажа компонента.

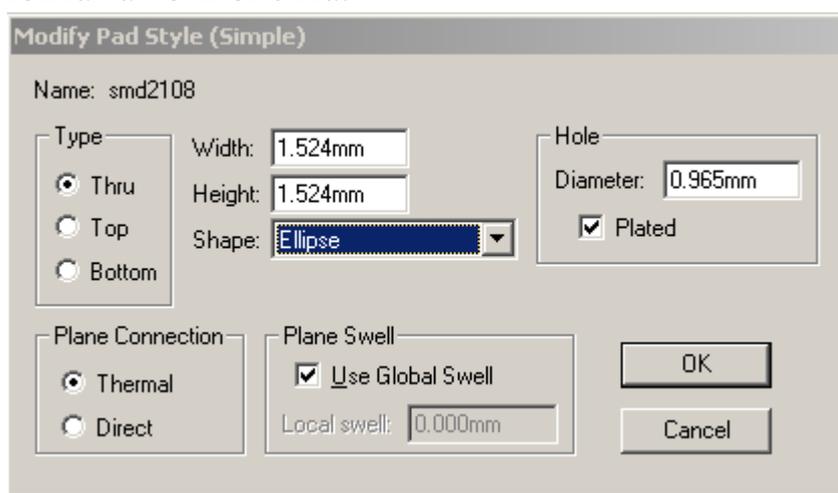


Рис. 1.14. Окно редактирования простых стеков

В области **Plane Connection** указывается тип контактных площадках при подключении их к сплошным слоям металлизации:

- **Thermal** - контактная площадка с тепловым барьером;

- **Direct** - сплошная контактная площадка, напрямую подключена к слою металлизации.

В списке окна **Shape** устанавливается форма контактной площадки:

- **Ellipse** — эллиптическая (круг);
- **Oval** — овальная;
- **Rectangle** — прямоугольная;
- **Rounded Rectangle** -прямоугольная со скругленными углами;
- **Target** - перекрестье для сверления;
- **Mounting Hole** - крепежное (монтажное) отверстие.

Геометрические размеры контактных площадок устанавливаются в окнах **Width** (ширина), **Height** (высота) и **Diameter** (диаметр отверстия для сверления). Если отверстие металлизированное, то в области **Hole** устанавливается флажок **Plated**.

В области **Plane Swell** устанавливается значение зазора между

слоем металлизации и неподсоединенными к нему контактными площадками и переходными отверстиями. Этот зазор выдерживается при автоматической трассировке связей на печатной плате. После всех установок нажимают **ОК**.

*Сохранение файлов технических параметров и присоединение их к проекту осуществляется при нажатии кнопки **Copy To Design**.*

Для редактирования (формирования) стеков выполняется команда **Options/Pad Style**. В области **Current Style** (рис. 1.15) в начале работы обычно имеется только один стек контактной площадки — **Default**. Выделяют строчку **Default**, нажимают кнопку **Copy** и в окне **Pad Name** вводят имя нового стека контактной площадки (например, dip17) и нажимают **ОК**. В области **Current Style** появится имя новой контактной площадки. Аналогично можно последовательно ввести имена (пока имена!) всех необходимых стеков.

На рис. 1.15 представлены примеры стеков, имена которых отра-

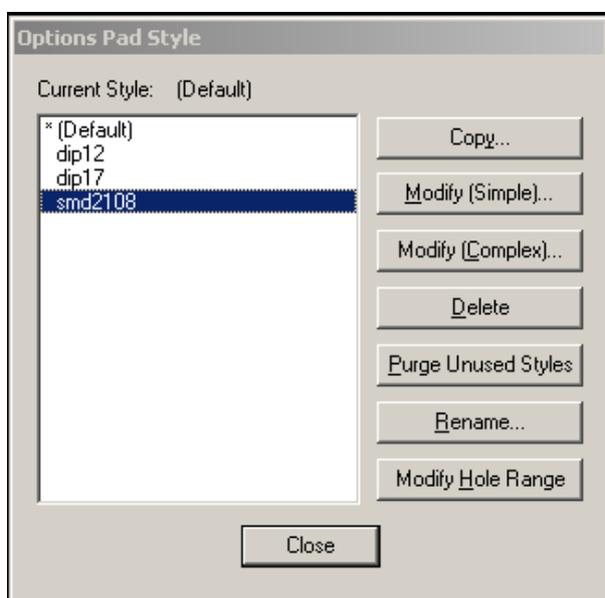


Рис. 1.15. Окно стеки контактных площадок

жают форму и размеры контактных площадок:

dip17 - круглая площадка диаметром 1,7 мм;

DIP12 - круглая площадка диаметром 1,2 мм;

smd2108 - планарная площадка размером 2,1 x 0,8 мм;

После выделения имени стека и нажатии на кнопку **Modify (Simple)** открывают меню редактирования простых стеков контактных площадок **Modify Pad Style (Simple)** (рис. 1.14).

Содержание областей открываемого окна описано выше.

При выделении нужного имени стека и нажатии кнопки **Modify (Complex)** в диалоговом окне **Options Pad Style (Complex)** производится редактирование *сложных стеков контактных площадок* (рис. 1.16).

В окне Layers последовательно указывают имена слоев, на которых будут размещаться контактные площадки стека. Имена слоев появ-

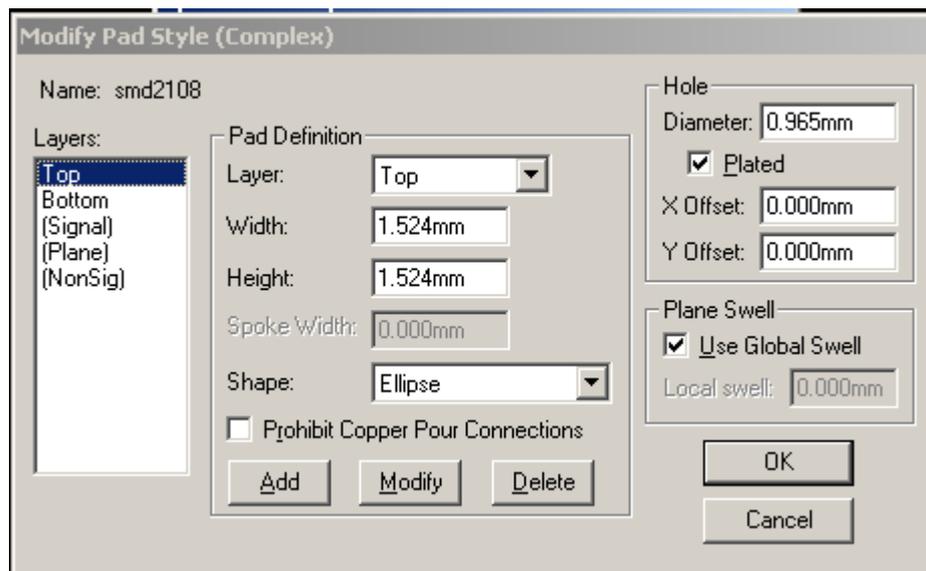


Рис. 1.16. Окно редактирования сложных стеков

ляются при раскрытии списка слоев в окне Layer области Pad Definition, нужный слой выбирается из списка и добавляется в поле Layers при нажатии на кнопку **Add**. В окнах **Shape**, **Width** и **Height** области **Pad Definition** указывают форму контактной площадки на выбранном слое, ее ширину и высоту соответственно.

В списке **Shape** указаны тринадцать вариантов форм контактных площадок:

- **Poligon** - контактная площадка, определяемая полигоном;
- **Thermal 2 Spoke** — контактная площадка с двумя тепловыми барьерами;
- **Thermal 2 Spoke/90** - контактная площадка с двумя тепловыми барьерами, развернутыми на 90°;
- **Thermal 4 Spoke** — контактная площадка с четырьмя тепловыми барьерами;
- **Thermal 4 Spoke/45** - контактная площадка с четырьмя тепловыми барьерами, развернутыми на 45°;
- **Direct Connect** - контактная площадка с прямым соединением со сплошным слоем металлизации.
- Другие варианты - как для контактных площадок с простыми формами.

При выборе контактной площадки в виде теплового барьера в появляющиеся окна **Outer Dia/Inner Dia** вводятся значения внешнего и внутреннего диаметров площадки. В окне **Spoke Width** задается ширина теплового барьера.

В области **Hole** в окне **Diameter** устанавливается диаметр метал-

при раскрытии списка слоев в окне Layer области Pad Definition, нужный слой выбирается из списка и добавляется в поле **Layers**

при нажатии на кнопку **Add**. В

лизированного/неметаллизированного (включен/выключен флажок **Plated**) отверстия, соединяющего слои ПП. Смещение центра отверстия относительно центра апертуры фотокоординатографа (по горизонтали - **X Offset** и по вертикали — **Y Offset**) определяется оборудованием, применяемым для изготовления фотошаблонов.

После окончания установки параметров для каждой контактной площадки нажимается кнопка **Modify**.

После окончания установок данных для стека по всем слоям нажать кнопку **ОК**, и в появившемся окне **Options Pad Style** (рис. 1.14) для просмотра сечений стеков (только для *сквозных отверстий!*) контактных площадок во всех слоях печатной платы нажимается кнопка **Modify Hole Range** (рис. 1.17).

Затем в области **Styles** выбирают имя стека и просматривают изображения его сечений по всем установленным для него ранее слоям печатной платы.

Стеки переходных отверстий формируются после выполнения команды **Options/Via Style** аналогично формированию стеков контактных площадок.

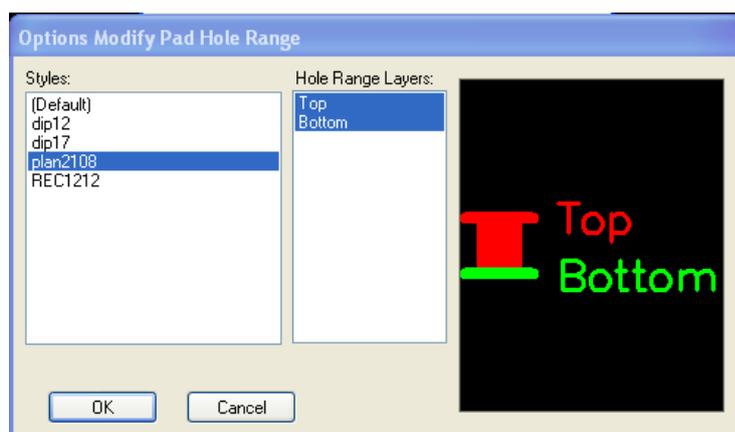


Рис. 1.17. Сечение стеков контактных площадок

Имена стеков переходных отверстий проекта задаются по команде **Pattern/Design Technology Parameters**.

Все сформированные (отредактированные) стеки контактных площадок мо-

гут быть размещены на рабочем поле ПП после

выполнения команды **Place/Pad** программы **P-CAD Pattern Editor**. Такое размещение контактных площадок стеков производится для формирования установочного места компонента с целью последующей записи его в библиотеку или в отдельный файл (расширение **PAT**).

Запись сформированных (отредактированных) стеков контактных площадок и переходных отверстий в одноименную библиотеку осуществляется после нажатия на кнопку **Update From Design** окна **Design Technology Parameters** (рис. 1.13).

Для создания технологического образа компонента (посадочного места) непосредственно рисованием образа элемента (например, ранее созданного схемного элемента (МОП - транзистора) с планарными контактами и размерами посадочного места модуля, приведенными на рис. 1.18) необходимо:

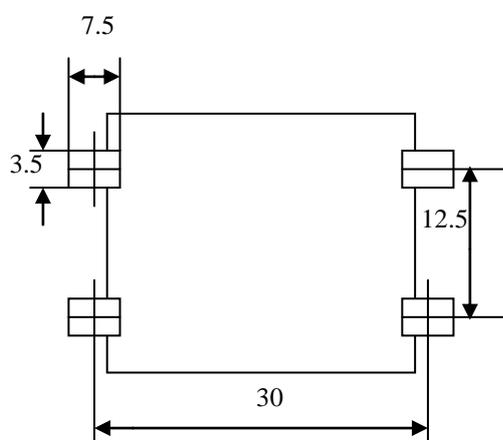


Рис. 1.18. Размеры посадочного места модуля

1. Загрузить программу **P-CAD PCB**.

2. Настроить конфигурацию графического редактора (в соответствии с инструкциями, приведенными в приложении В), 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**. Если в открывшемся диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** имеется лишь один стиль **Default** (по умолчанию), то выполнить операции для присоединения своих созданных стилей. Для этого выполнить команду **File/Design Technology Parameters** и в открывшемся окне **Design Technology Parameters** присоединить к проекту свой выбранный стиль путем нажатия кнопки **Copy To Design**.

В диалоговом окне **Options Pad Style** в списке **Current Style** выбрать появившийся свой стиль (например, **Planar**). Его, при необходимости, можно отредактировать, нажав кнопки **Modify (Simple)** или **Modify (Complex)**. Для рассматриваемого примера 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.1.19.

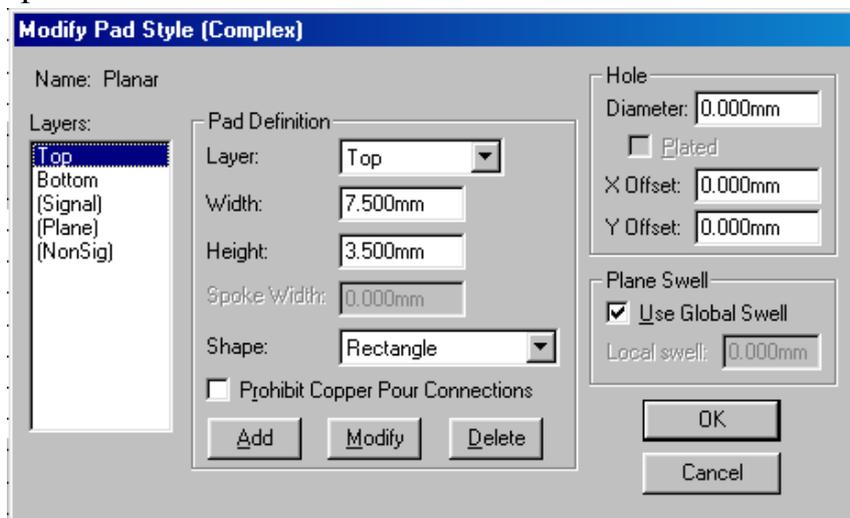


Рис. 1.19. Формирование контактной площадки

нулевых размеров контактной площадки 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 пиктограммой . Далее разместить контактные площадки согласно рис.1.18. Нажать клавишу **But#2**.

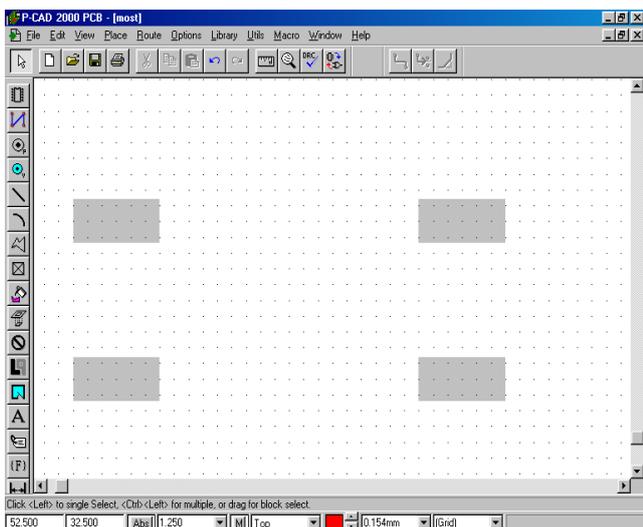


Рис. 1.20. Размещение контактных площадок

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

нулевых размеров контактной площадки для

сигнального слоя (**Signal**) и для 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 пиктограммой . Далее разместить контактные площадки согласно рис.1.18. Нажать клавишу **But#2**.

Результат представлен на рис.1.20.

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 граничные точки отрезков, составляющих рисунок контура микросхемы. Нажать клавишу **But#2**.

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

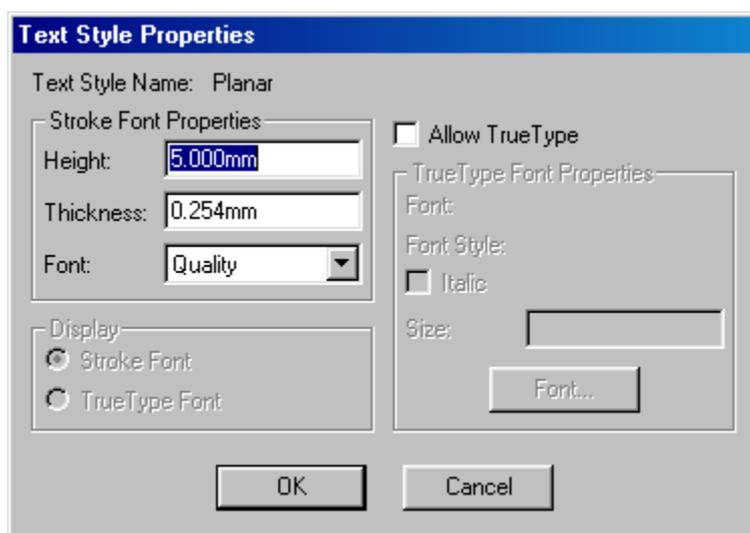
8. Вызвать команду **Edit Select**. Для ускорения вызова команды можно воспользоваться "быстрой кнопкой"  .

9. Выполнить перенумерацию контактов с помощью команды **Utils Renumber** (см. п. 9 раздела 1.1.).

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

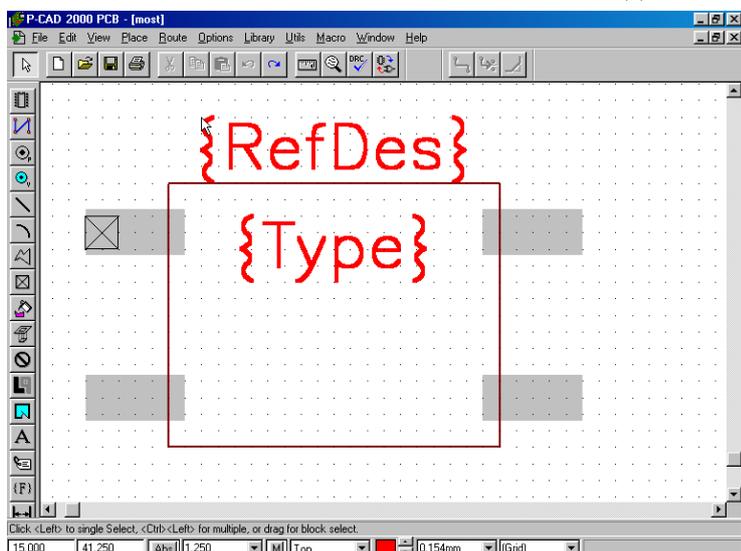
11. Выбрать команду **Options Text Style**. В диалоговом окне нажать кнопку **Add** (добавить) и ввести новый стиль **Planar**. Для нового стиля изменить настройки (выделить имя в списке и нажать клавишу **Properties**).

В открывшемся диалоговом окне **Text Style Properties** (рис. 1.21)



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**.

Рис. 1.21. Установление стиля текстовой надписи



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

Рис1.22. Результат создания технологического элемента с планарными контактами

на рис.1.22.

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, **DIP4**) 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 схемного образа элемента с помощью редактора **P-CAD Pattern Editor** необходимо:

1. Загрузить программу **P-CAD Pattern Editor**.
2. Настроить конфигурацию графического редактора (см. приложение В), установив шаг сетки 1.25 мм.
3. По команде **Symbol Wizard** меню **File** или нажатием на кнопку  вызвать мастер создания корпусов компонентов.

В диалоговом окне (рис. 1.23) указать тип корпуса компонента (**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.

4. Выполнить операции для присоединения своих созданных стилей. Для этого выполнить команду **Pattern/Design Technology Parameters** и в открывшемся окне **Design Technology Parameters** присоединить к проекту свой выбранный стиль путем нажатия кнопки **Copy To Design**.

В области **Pad Style (Pad1)** и **Pad Style (Other)** диалогового окна мастера создания корпусов компонентов выбрать стиль первой и остальных (соответственно) контактных площадок посадочного места. Ре-

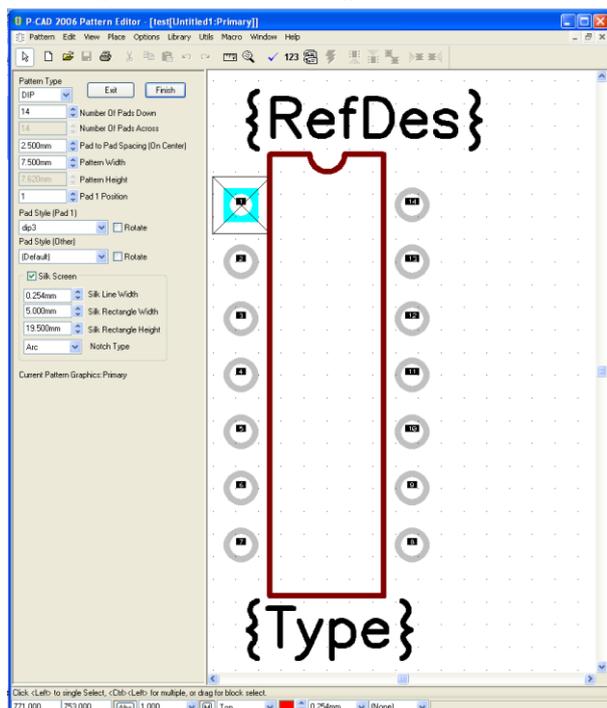


Рис.1.23. Диалоговое окно мастера создания корпусов компонентов

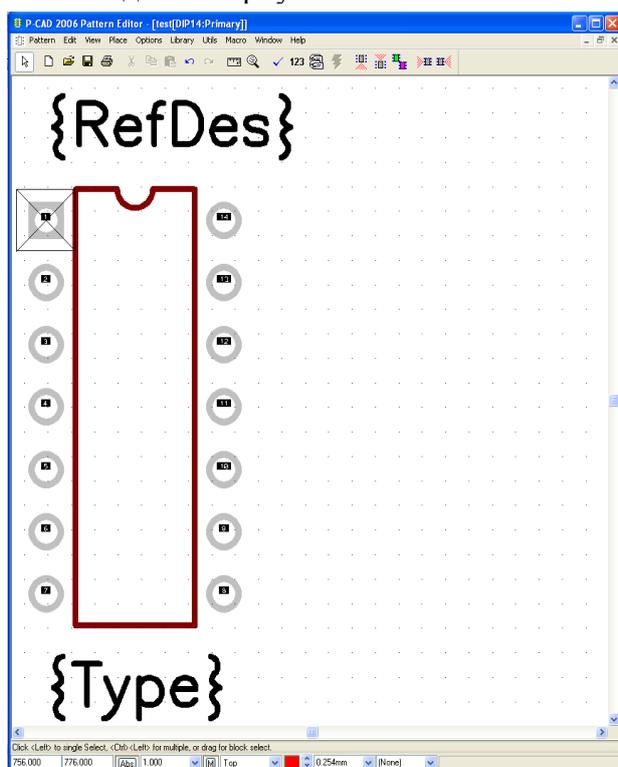


Рис. 1.24. Окно редактирования корпуса технологического элемента

But#2 выбирается опция **Properties**

ных (соответственно) контактных площадок посадочного места. Результат создания корпуса показан на этом же рисунке.

5. Завершить создание корпуса нажатием на клавишу **Finish**, после чего его изображение переносится на основной экран программы **Pattern Editor** (рис.1.24). 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** или **File/Save As** например под именем **DIP14**.

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 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.

1.3. Создание библиотечного элемента, содержащего образ компонента

Библиотечный элемент образа компонента создается путем обеспечения 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 (компонент), в котором сочетаются несколько образов представления элемента на схеме электрической принципиальной, образ посадочного места и упаковочная информация.

В первую очередь рассмотрим пример создания простого библиотечного элемента на основе выше созданных схемного образа **MOP** и посадочного места планарного типа **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 поле **Component Type** (тип элемента) выбрать **Normal**;
- в поле **Component Style** (стиль) выбрать **Homogeneous**;
- в поле **Gate Numbering** (способ нумерации логических секций) выбрать **Alphabetic** (буквенный);
- в поле **Number of Gates** (количество логических секций) ввести 1;

- в поле **RefDes Prefix** (префикс позиционного обозначения) ввести **DD**.
В результате получим настройки, представленные на рис.1.25.

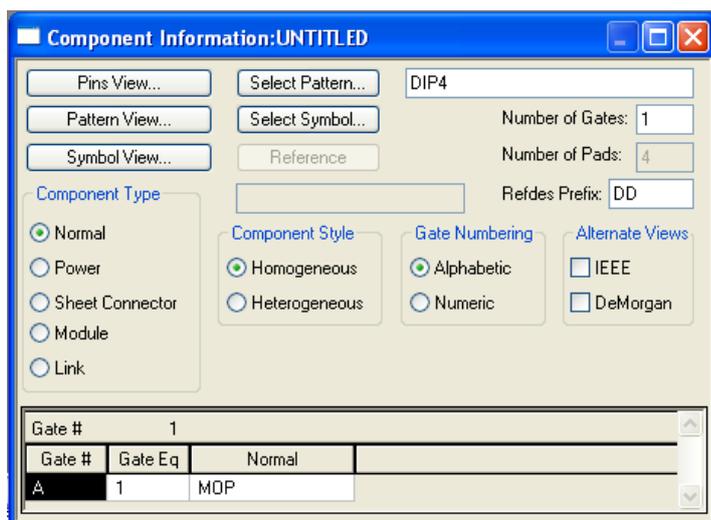


Рис. 1. 25. Окно настроек библиотечного элемента

вочной информации. Таблица имеет восемь колонок и четыре строки (по количеству контактов посадочного места).

Колонка **PinDes** содержит порядковую нумерацию контактов посадочного места. Колонка **Gate#** содержит номера логических секций. 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 логических секций и контактов символов. Значение 0 (уникальная логическая секция или контакт) не высвечивается. Эквивалентные контакты группируются здесь в пределах логической секции. Для различных логических секций должны присваиваться одни и те же номера эквивалентности.

Колонка **EtecType** определяет электрический тип контакта для выделенной строки, который выбирается из списка, открывающегося при выборе и нажатии кнопки .

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 ин-

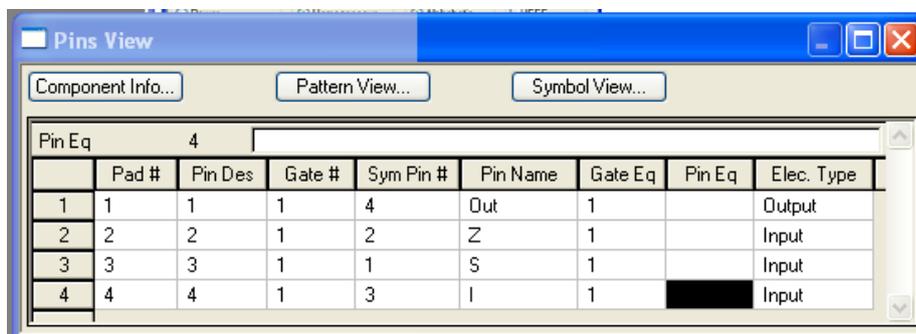
5. Присоединить символ. Для этого следует нажать кнопку **Symbol View**. В открывшемся окне **Symbol View** выбрать команду **Select Symbol**. В открывшемся окне **Library Browse** в списке символов найти **MOP**, выбрать его и нажать кнопку **OK**.

6. Нажать кнопку **Pin View**. В результате появится заготовка таблицы упаковочной информации.

формации (**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. 1.26 приведена таблица с настроенной информацией.



	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	4	Out	1		Output
2	2	2	1	2	Z	1		Input
3	3	3	1	1	S	1		Input
4	4	4	1	3	I	1		Input

Рис. 1.26. Таблица с настроенной информацией

Аналогично рассмотрим более сложный вариант создания библиотечного элемента, когда компонент содержит разнотип-

ные логические секции с общими выводами. Пример такого компонента приведен на рис. 1.27.

Компонент составлен из ранее созданных схемных элементов MOP и IN, объединенных в одном корпусе (посадочное место DIP14). Элементы имеют общие выводы 2 и 3 по входам (IN), а также 10 и 11 по выходам (MOP).

Для создания библиотечного элемента на основе упомянутых элементов необходимо:

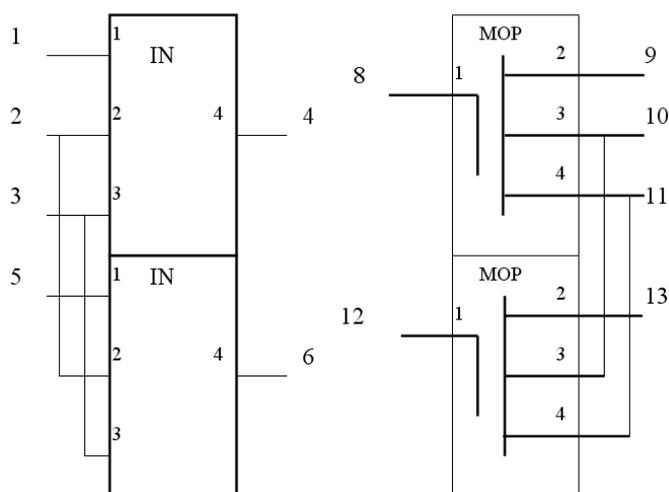


Рис. 1.27. Компонент с разнотипными логическими секциями и общими выводами

1. В программе администратора библиотек (**Library Executive**) создать новый библиотечный элемент.

2. В диалоговом окне **Component Information**, выполнив команду **Select Pattern**, выбрать посадочное место **DIP14**.

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

- в поле **Component Type** (тип элемента) выбрать **Normal**;
- в поле **Component Style**

(стиль) выбрать **Heterogeneous**;

- в поле **Gate Numbering** (способ нумерации логических секций) выбрать **Alphabetic** (буквенный);

- в поле **Number of Gates** (количество логических секций) ввести 4;
- в поле **RefDes Prefix** (префикс позиционного обозначения) ввести **DD**.

4. Присоединить символы. Для этого в диалоговом окне подсекции **Gate** окна **Component Information**:

- в поле **Normal** последовательно в 4-х строках выполнить двойные клики клавишей **But#1**, при этом в открывшемся окне **Library Browse** выбирать, и открывать имена схемных элементов **IN**, **IN** и далее **MOP**, **MOP**.

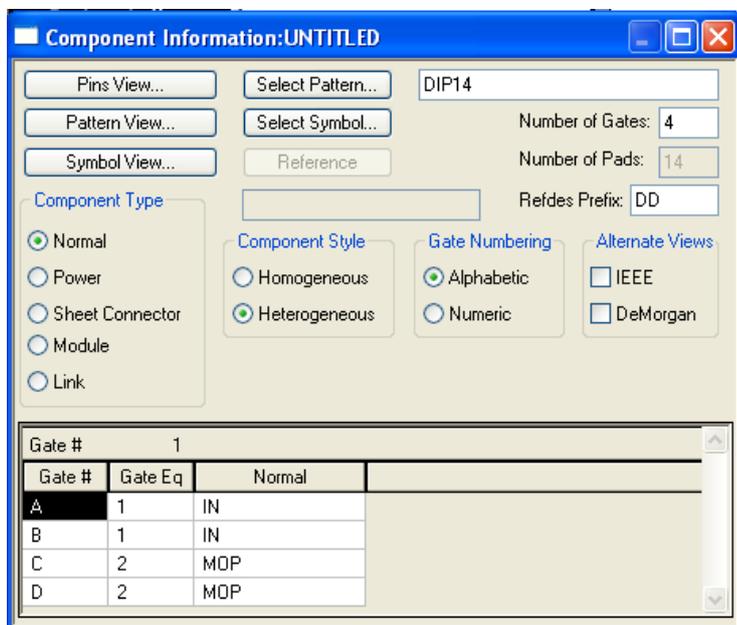


Рис. 1.28. Общая информация о компоненте

ной информации. Таблица имеет восемь колонок и четырнадцать строк (по количеству контактов посадочного места).

Выводы общих сигналов 2, 3 у элементов **IN** и 3, 4 у элемента **MOP** (см. рис.1.27) изображаются в символах обеих логических секций, но в корпусе компонента эти выводы имеют свои индивидуальные номера 2, 3 и 10, 11 соответственно. В окне **Pins View** в столбце **Gate #** для общих выводов проставляется **CMN** (от слова **Common** - общий). Каждый общий вывод в таблице выводов описывается только один раз. Если код эквивалентности **Pin Eq** общего вывода принять равным 0, то общий вывод относится ко всем секциям компонента. Если же он равен другому числу, то общий вывод относится только к тем секциям, которые имеют тот же код эквивалентности.

Здесь важно обратить внимание на настройку контактов питания. Для них должен быть задан тип **Power** и имя контакта (+, -, GND, +VCC и пр.), которые мы хотим задать электрической цепи.

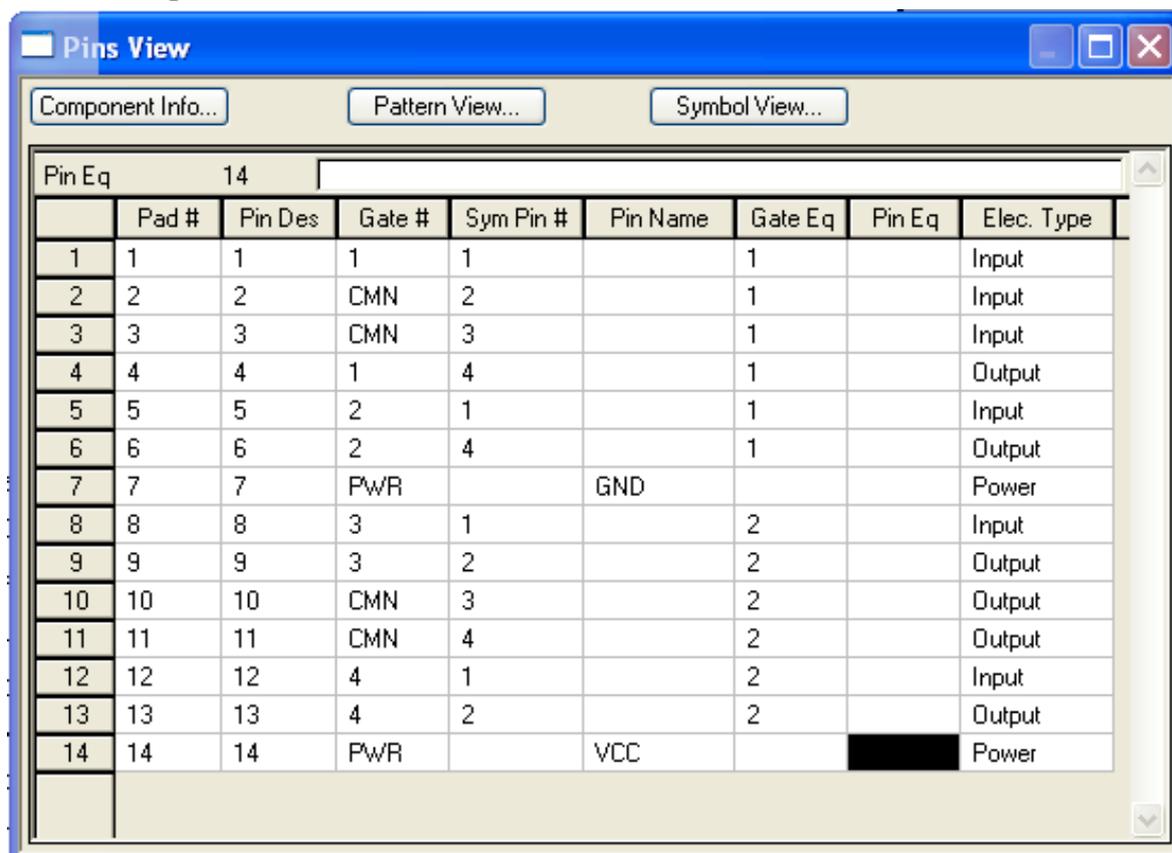
рывать, и открывать имена схемных элементов **IN**, **IN** и далее **MOP**, **MOP**.

- в поле **Gate Eq** (эквивалентность логических секций) установить значения эквивалентности: для схемных элементов **IN** - 1, для схемных элементов **MOP** - 2.

В результате получим настройки, представленные на рис.1.28.

5. Нажать кнопку **Pin View**. В результате появится заготовка таблицы упаковоч-

Таблица упаковочной информации для рассматриваемого компонента, заполненная в соответствии с перечисленными требованиями, приведена на рис. 1.29.



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

Рис. 1.29. Содержание таблицы упаковочной информации

1.4 Внесение библиотечных элементов в библиотеки

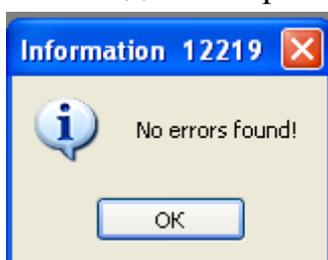


Рис. 1.30. Сообщение о правильности настроек

Администратор библиотек позволяет выполнить проверку согласованности всех данных компонента и правильности настройки таблицы перед записью элемента в библиотеку. Для проверки необходимо выбрать команду **Component Validate**. При отсутствии ошибок выдается сообщение, как на рис. 1.30

Для внесения библиотечных элементов в библиотеки необходимо выбрать команду **Component Save** и записать созданные библиотечные элементы например под именами **PLAN** и **Logic**.

2. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

На электрических принципиальных схемах изображаются символы компонентов, электрические связи между ними, текстовая информация, буквенно-цифровые обозначения и основные надписи на форматке схемы.

Электрические схемы выполняются без соблюдения масштаба. Реальное расположение компонентов на монтажно-коммуникационном поле не учитывается при рисовании электрических схем. Выбранный размер форматки листа, на котором выводится рисунок схемы, должен обеспечивать компактность и ясность при чтении деталей схемы.

После настройки конфигурации графического редактора **P-CAD Schematic** и при наличии в библиотеке всех символов компонентов, содержащихся в заданной электрической схеме (например схеме текущего проекта, приведенной на рис. 2.1), можно приступать к созданию последней. Последовательность действий при этом такова:

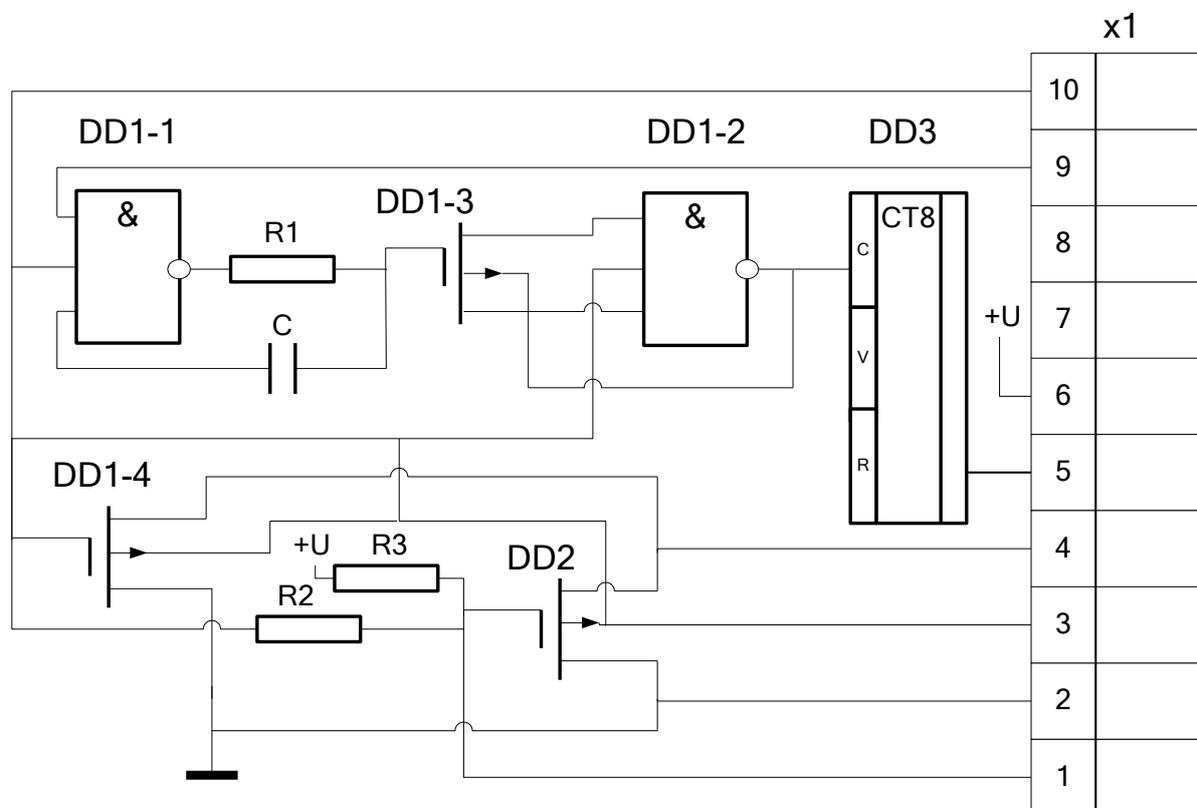


Рис. 2.1. Схема текущего проекта

1. Загрузить графический редактор **P-CAD Schematic**.
2. Настроить конфигурацию графического редактора (см. прил. Б),

установив размер рабочего поля формата А3, форматку А3r, сетку графического редактора с шагом, например, равным 1 миллиметру, и "прикрепить" курсор к узлам сетки.

3. Выбрать команду **File Design Info** и заполнить информационные 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. 2.2.

4. После выполнения команды **Options Text Stile** произвести

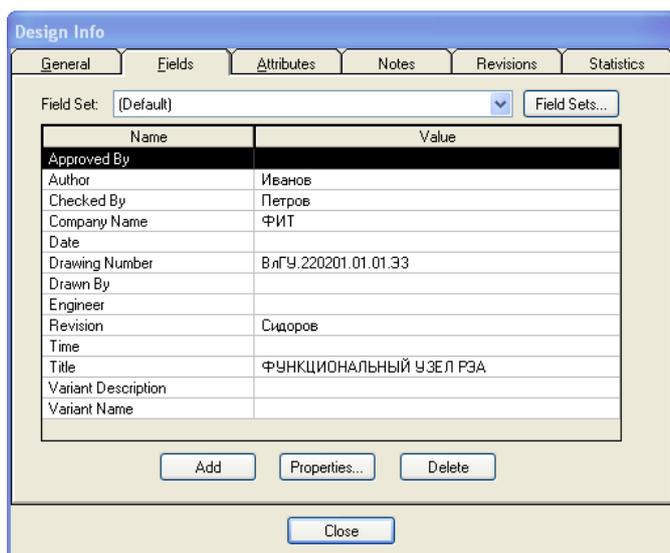


Рис. 2.2. Пример заполнения информационных полей

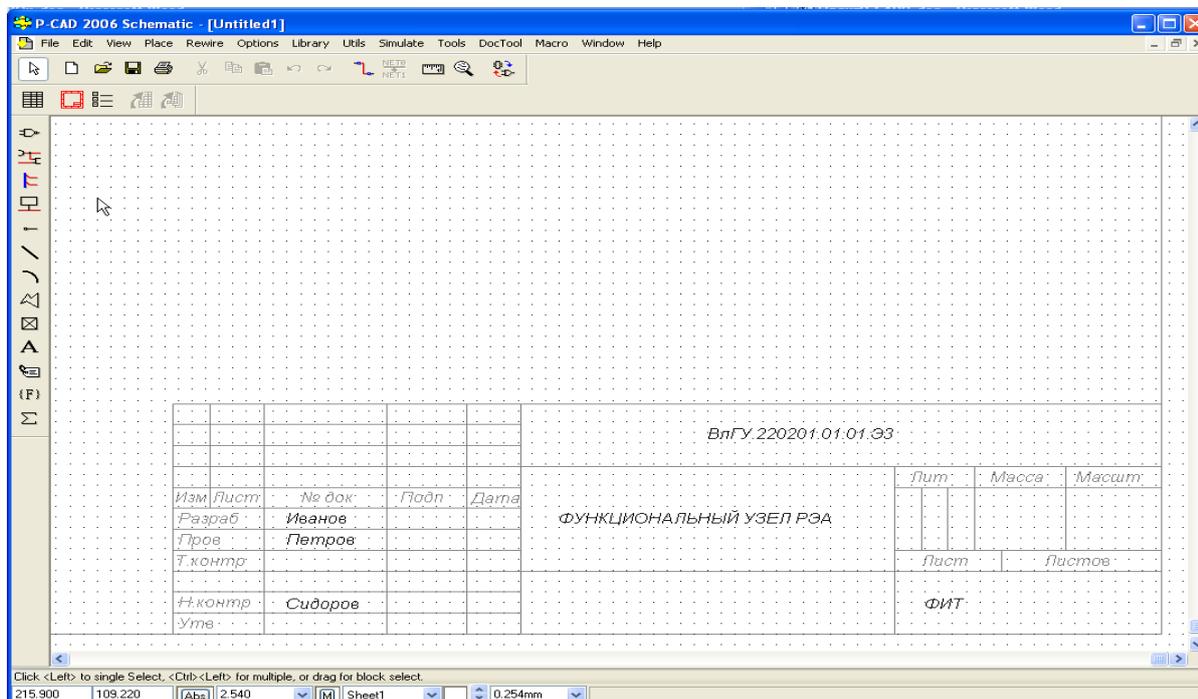
настройку стиля текста для заполнения полей основной надписи рабочего поля формата А3, создав собственный новый стиль текста с шрифтом, близким к чертежному. Для этого для выбранного стиля в окне **Text Style Properties** установить метки **Allow True Type** и **True Type Font** и нажать кнопку **Font**. В открывшемся окне выбрать необходимый шрифт, начертание и размер шрифта, а в списке набора символов отметить «кириллический» и нажать клавишу **OK**. Закрывать

окно **Options Text Stile**.

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 ) . Фрагмент экрана с надписями представлен на рис. 2.3.



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.

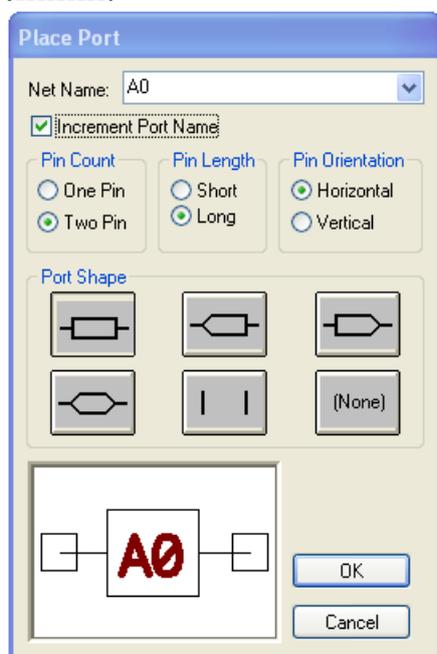


Рис. 2.4. Выбор формы порта

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. 2.4.

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 выбрать с помощью команды **Options Display**.

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

Результат выполнения схемы приведен на рис. 2.5.

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

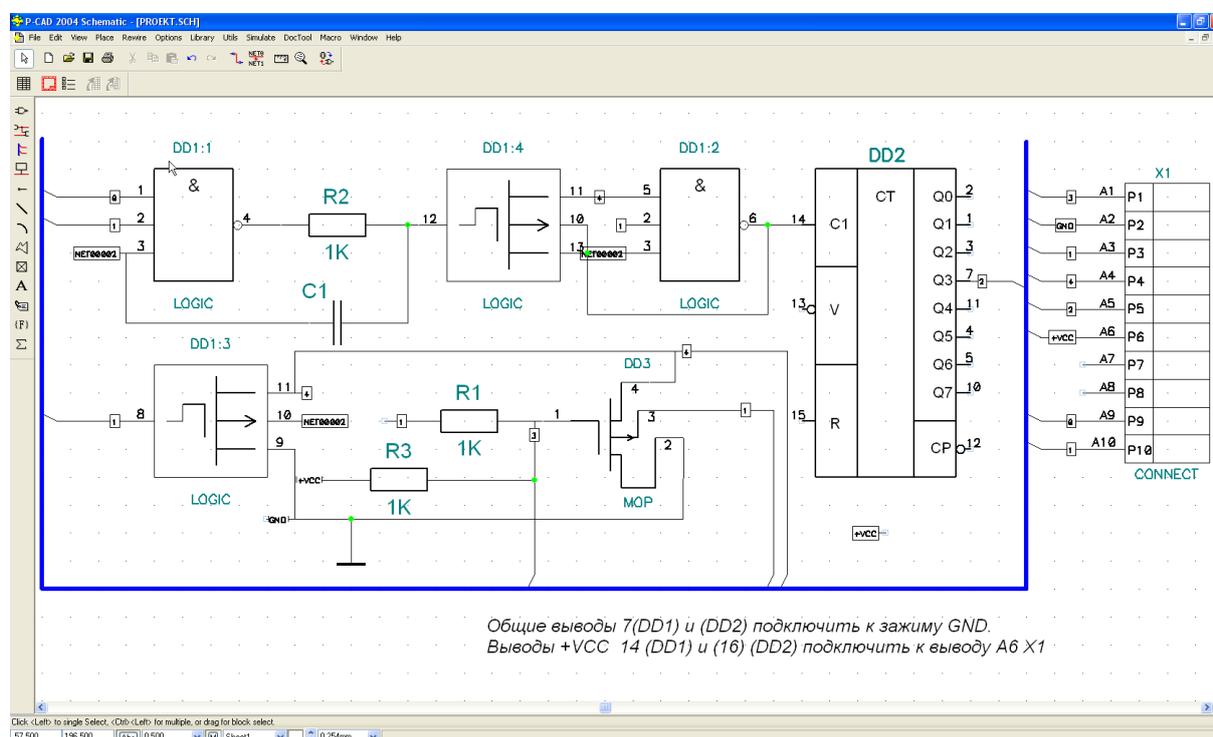
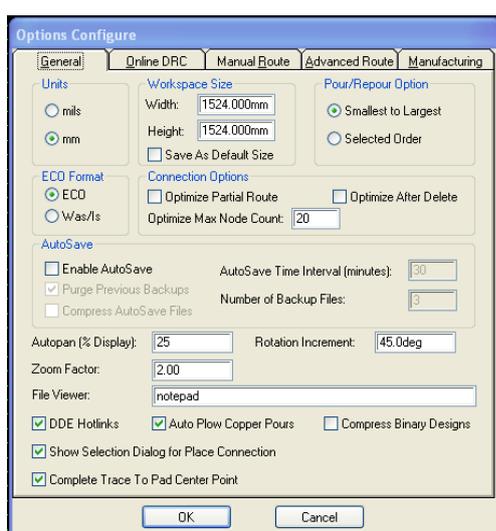


Рис. 2.5. Результат выполнения принципиальной схемы в САПР P-CAD

3 РАЗМЕЩЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

3.1 Настройка конфигурации

Для размещения компонентов электрической схемы на монтажно-коммутационном поле печатной платы (ПП), ручной, интерактивной и автоматической трассировки проводников используется технологический редактор печатных плат **P-CAD PCB**. После запуска редактора необходимо настроить его конфигурацию, параметры которой устанавливаются в текущем файле и сохраняются для последующих сеансов проектирования ПП. Настройка параметров производится при вызове соответствующих опций меню **Options** в закладках **General**, **Online DRC**, **Route** и **Manufacturing**



(рис.3.1).

Опции окна **General** устанавливаются в соответствии с инструкциями, приведенными в приложении Б.

В закладке **Online DRC** меню **Options/Configure** при включении флажка **Enable Online DRC** производится проверка технологических параметров при вводе связей и размещении компонентов.

Установленный флажок **View Report** позволяет просмотреть текстовый файл с отчетом о проверке наличия ошибок. Область опций **Report Options** позволяет включить в отчет выборочные параметры проверок зазоров, текста, соединений и т. д.

Закладки **Manual Route** и **Advanced Route** позволяют установить некоторые правила, соответственно, при ручной и интерактивной трассировках проводников печатной платы.

В закладке **Manufacturing** устанавливаются технологические ограничения при металлизации контактных площадок.

3.2 Управление слоями

Слои можно использовать по умолчанию, а также создавать и удалять после выполнения команды **Options/Layers** (рис. 4.6).

В закладке **Layers** в области **Type** слои платы подразделяются на три типа и помечаются:

- **Signal** - слой разводки проводников, помечается первым символом S.

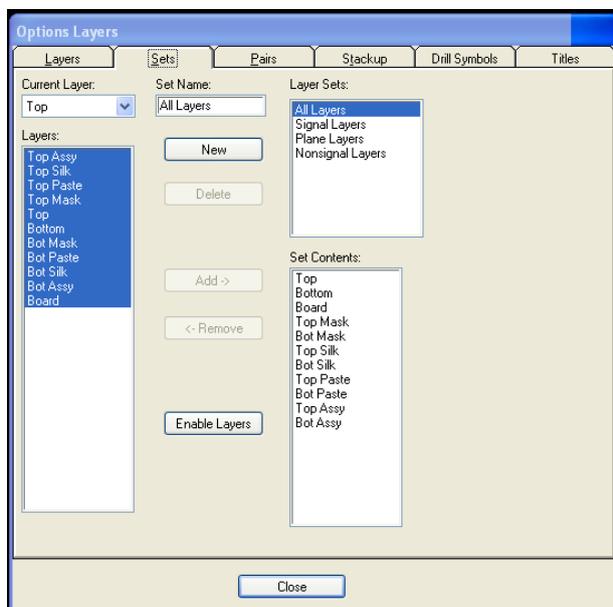


Рис.3.2 Структура слоев печатной пла-

- **Plane** - слой металлизации, помечается первым символом P.

- **Non Signal** - вспомогательные слои, помечаются первым символом N.

Список слоев проекта указывается в столбце **Layers**:

- **Top** — проводники на верхней стороне платы (сторона установки компонентов);

- **Top Assy** — атрибуты на верхней стороне платы (текстовые

обозначения компонентов);

- **Top Silk** — шелкография на верхней стороне платы (позиционные обозначения компонентов);

- **Top Paste** - графика пайки на верхней стороне платы;

- **Top Mask** — графика маски пайки на верхней стороне платы;

- **Bottom** — проводники на нижней стороне платы;

- **Bot Mask** — графика маски пайки на нижней стороне платы;

- **Bot Paste** — графика пайки на нижней стороне платы;

- **Bot Silk** — шелкография на нижней стороне платы;

- **Bot Assy** - атрибуты на нижней стороне платы;

- **Board** — границы платы.

Каждый слой может быть включен (**Enable**, символ **E**) или выключен (**Disable**, символ **D**). Указанные установки производятся после выделения имени слоя и нажатии соответствующих кнопок, которые находятся в правой части панели.

Все слои (кроме текущего) можно выключить кнопкой **Disable All**,

а включить - кнопкой **Enable All**.

По умолчанию структура слоев для печатной платы устанавливается с двумя сигнальными слоями. Для печатных плат с несколькими сигнальными слоями и со слоями сплошной металлизации, естественно, следует добавить дополнительные слои. Для создания нового слоя в окне **Layer Name** закладки **Layers** вводится имя нового слоя, в окне **Layer Number** определяется номер слоя и нажимается кнопка **Add**. Цвет создаваемых слоев устанавливается системой по умолчанию. При необходимости цвет слоя можно поменять после выполнения команды **Options/Display**, щелчка правой кнопкой мыши по прямоугольнику в строке имени слоя и выборе нужного цвета в появившейся палитре цветов.

В области **Routing Bias** указывается приоритетное направление трассировки проводников на тех или иных слоях печатной платы:

Auto — выбирается автоматически, во втором столбце окна **Layers** к имени слоя присоединяется символ **A**;

Horizontal - горизонтальное - присоединяется символ **H**;

Vertical - вертикальное - присоединяется символ **V**.

Создание новой группы слоев выполняется в закладке **Sets**.

В закладке **Titles** меню **Options/Layers** можно редактировать оформление послойных чертежей печатной платы и ее сборочного чертежа.

3.3 Определение основных технологических параметров проекта

Технологические параметры проекта устанавливаются командой **Options/Design Rules**.

Установка глобальных зазоров проекта осуществляется в окне закладки **Design** (рис. 3.3).

Здесь в колонке **Name** указывается имя глобального параметра (атрибута), а в колонке **Value** - его значение. Для ввода в список нового атрибута нажимается кнопка **Add**, в появившейся заставке **Place Attribute** в окне **Attribute Category** выбирается нужная строка, в колонке **Name** выбирается имя нового атрибута, в окне **Value** устанавливается его значение и нажимается кнопка **OK**. Для изменения значения атрибута вначале выделяется его имя, нажимается кнопка **Properties**, в окно

Value вводится новое значение атрибута и нажимается кнопка ОК. В

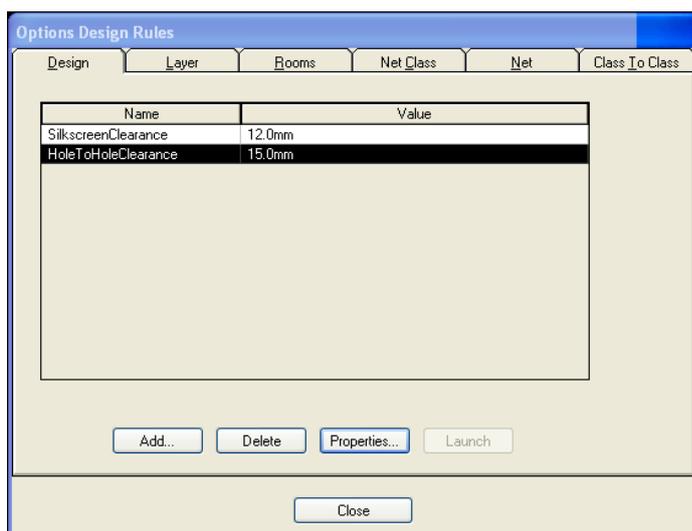


Рис.3.3 Установка глобальных зазоров проекта

частности, в приведенном примере указаны допустимые зазоры между компонентами **Silkscreen Clearance** (12 mm), между переходными отверстиями **Hole To Hole Clearance** (15 mm) и т. д.

Для определения зазоров между различными объектами в конкретных слоях печатной платы используется

закладка **Layer** команды **Options/Design Rules** (рис. 3.4). Объекта-

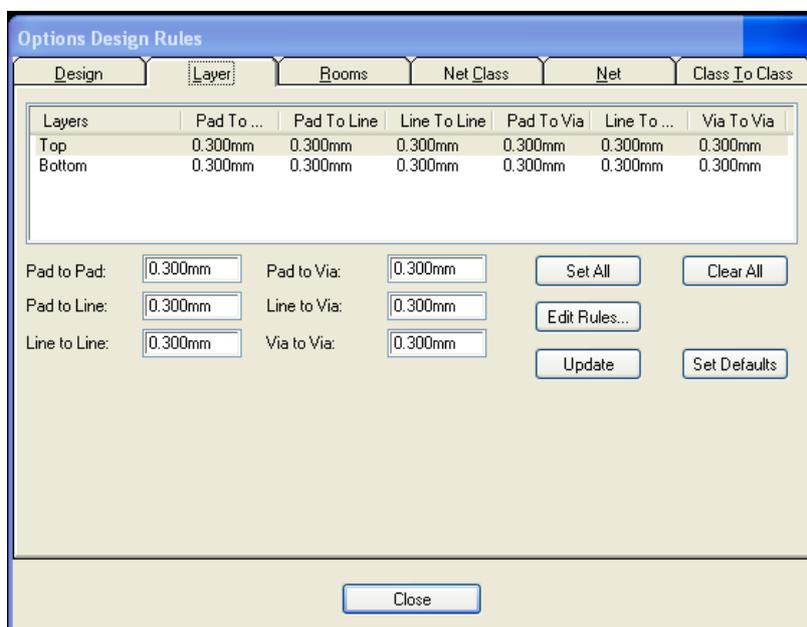


Рис.3.4 Установка зазоров в сигнальных и других слоях платы

ми здесь являются **PAD** (контактная площадка), **Line** (проводник), **Via** (переходное отверстие).

Для установки зазора на соответствующем слое платы вначале выделяется строка с именем слоя, а затем в соответствующих столбцах вписываются нужные числа. После задания чисел

нажимается кнопка **Update**.

Если необходимо ввести дополнительные зазоры для других атрибутов (например, для отступа проводников от края платы – **Board Edge Clearance**), то после нажатия кнопки **Edit Rules** в появившемся окне нажимается кнопка **Add**, в окне **Place Attribute** в окне **Name** выделяется

имя нужного атрибута и в окно **Value** вписывается значение атрибута. Все указанные размеры являются минимально допустимыми.

Правила размещения компонентов (например, высота компонентов на выбранном участке, очерчиваемом по команде **Place/Room**) определяются в диалоговом окне команды **Options/Design Rules** в закладке **Rooms**.

Назначение других закладок команды **Options/Design Rules** таких, как **Net Class** (определение классов цепей), **Net** (имена цепей), **Class to Class** (параметры трассировки между классами цепей) аналогично графическому редактору **P-CAD Schematic**.

Настройка других технологических параметров проекта производится после выполнения команды **File/Design Technology Parameters**.

3.4 Упаковка схемы на печатную плату

После настройки конфигурации и определения всех параметров проекта можно приступить непосредственно к разработке печатных плат. Задача разработки печатных плат сводится к размещению компонентов проекта по отношению друг к другу на поле печатной платы и созданию правил ручной и автоматической трассировки соединений на плате.

Перед размещением компонентов на плату определяется шаг сетки рабочего поля. Например, для компонентов с планарными выводами этот шаг устанавливается равным 1,25 мм, а для компонентов со штыревыми выводами - 2,5 мм.

Затем необходимо в слое **Board** нарисовать на рабочем поле монитора замкнутый контур печатной платы. Прорисовка производится с помощью команд **Place/Line** и **Place/Arc**.

Если отсутствует принципиальная схема, выполненная в **P-CAD Schematic**, то компоненты на плату устанавливают по команде **Place/Component**. Связи между компонентами проводят по команде **Place/Connection**.

Если же принципиальная схема имеется, то производится так называемая *упаковка схемы на печатную плату*.

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. 3.5.

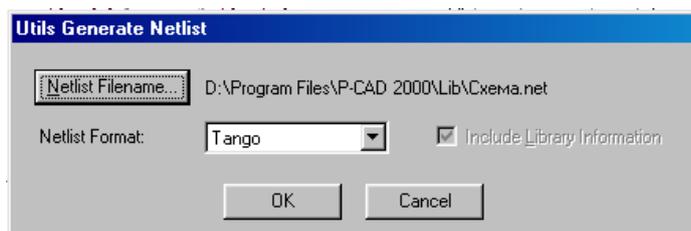


Рис. 3.5. Диалоговое окно настройки параметров записи

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**.

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

После загрузки команды **Utils/Load Netlist** выводится сообщение о необходимости соблюдать следующие ограничения:

- компоненты с совпадающими на плате и схеме позиционными обозначениями (**RefDes**) должны иметь одинаковый тип корпуса (**Type**). В противном случае упаковка схемы не производится;
- все компоненты, установленные на плату перед упаковкой, но не входящие в список соединений, будут сохранены;
- на печатную плату переносятся все компоненты из списка соединений, которые предварительно не были установлены на плату;
- предварительно проложенные электрические связи, отсутствующие в списке соединений, будут удалены;
- после выполнения команды нельзя восстановить первоначальный вид печатной платы с предварительно размещенными компонентами, поэтому ее рекомендуется сохранить в отдельном файле.

После нажатия на кнопку **Yes** загружаемые компоненты проекта размещаются над верхней границей ранее помещенной заготовки печатной платы.

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

- если обнаруживаются радиоэлементы, имеющие одинаковое позиционное 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,

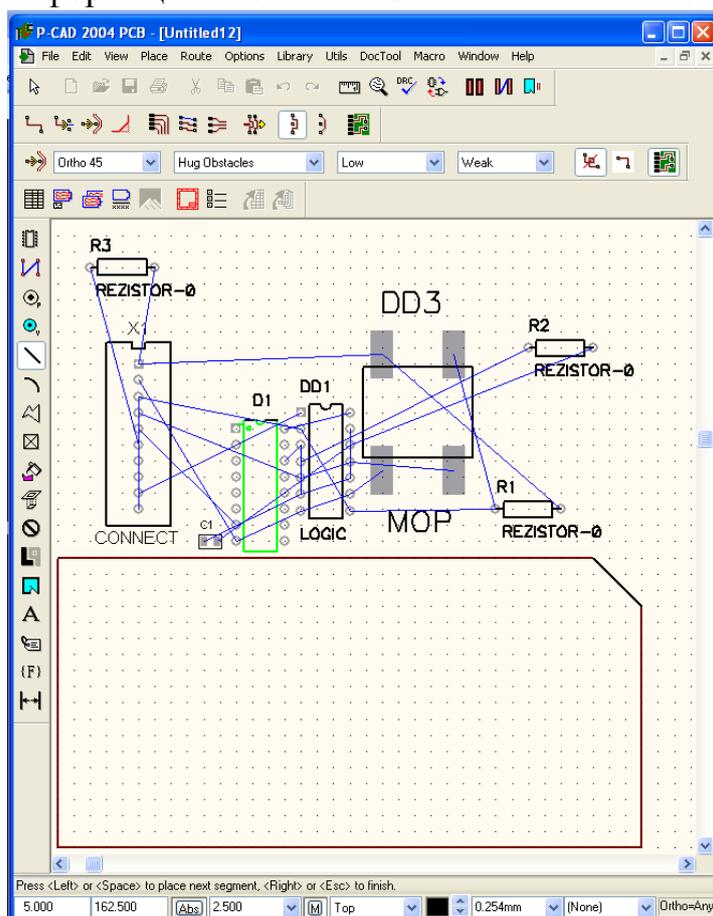


Рис.3.6 Результат загрузки файла электрических соединений

пе и значении атрибута компонента, а для электрической цепи — ее номер (имя) и имена компонентов и их контактов, которые цепь соединяет.

Теперь можно размещать компоненты схемы в контуре печатной

скорректированы командами: **Edit Modify**, **Options Pad Style** и **Options Text Style**.

В результате загрузки файла электрических соединений над верхним краем печатной платы появится изображение радиоэлементов с соответствующими электрическими связями (рис. 34).

При установке курсора (не нажимая левую кнопку мыши) на объект размещения появляется информация о позиционном обозначении компонента, его ти-

платы.

3.5 Размещение компонентов на плате

Ввиду большой сложности алгоритмов для автоматического размещения компонентов на плату утвердилась практика размещать компоненты на плату вручную.

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. «Паутина» линий связей, появляющаяся между компонентами, позволяет разработчику ориентироваться при размещении компонентов. При перемещении компонентов указанная «паутина» перемещается вместе с компонентом. Компоненты при установке можно разворачивать (клавиша **R**) или переносить на противоположную сторону платы (клавиша **F**).

При размещении компонентов можно скрыть или сделать видимыми электрические связи для одной или нескольких цепей, можно переименовать одну цепь или группу цепей, можно отредактировать значения атрибутов. Для этих и других целей служит диалоговое окно команды **Edit/Nets**.



Рис.3.7 Окно выравнивания компонентов на плате

Для автоматического выравнивания компонентов после размещения на печатной плате вначале их надо выделить (при выборе второго и последующего компонентов удерживать клавишу **Ctrl**). Затем нажать правую кнопку мыши, выбрать точку привязки **Selection Point** и установить ее в точку печатной платы, относительно которой будет про-

изводиться выравнивание. Вновь нажать правую кнопку мыши и выбрать строчку **Align**. В области **Alignment** диалогового окна (рис. 3.7) выбрать одно из трех возможных направлений выравнивания:

- **Horizontal About Selection Point** — выравнивание по горизон-

тали относительно указанной на плате точки привязки;

- **Vertical Aboute Selection Point** — выравнивание по вертикали относительно точки привязки;
- **Onto Grid** - выравнивание в узловые точки сетки.
- В области Component Spasing, если установлен флажок **Space Equally**, то в окне **Spacing** можно точно установить расстояние между выравниваемыми компонентами в выбранной системе единиц.

Результат выполнения размещения радиоэлементов для рассматриваемого примера приведен на рис. 3.8

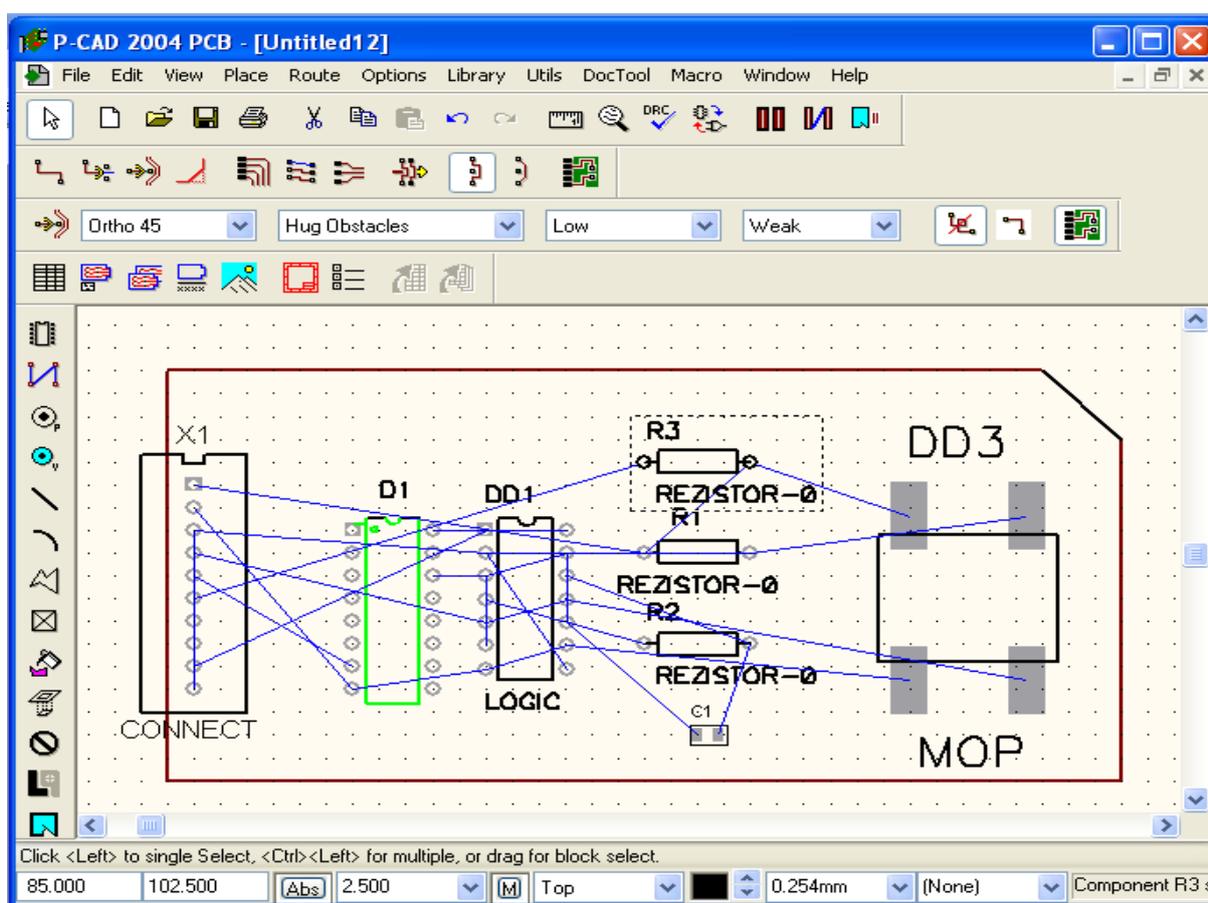


Рис. 3.8. Результат размещения радиоэлементов для рассматриваемого примера

3.6 Редактирование компонентов

При размещении компонентов на печатной плате зачастую требуется скорректировать свойства компонента: изменить тип посадочного места, переместить или изменить имя компонента, зафиксировать компонент и т. п. Для этих целей служит команда **Edit/Properties**, ко-

торая становится доступной после выделения компонента. Окно этой команды содержит пять закладок, которые в полной мере решают задачи редактирования компонента.

Для поиска компонента по его схемному имени, для проверки его расположения на печатной плате, проверки цепей, подсоединенных к компоненту, используется команда **Edit/Components**, диалоговое окно которой изображено на рис. 3.9.

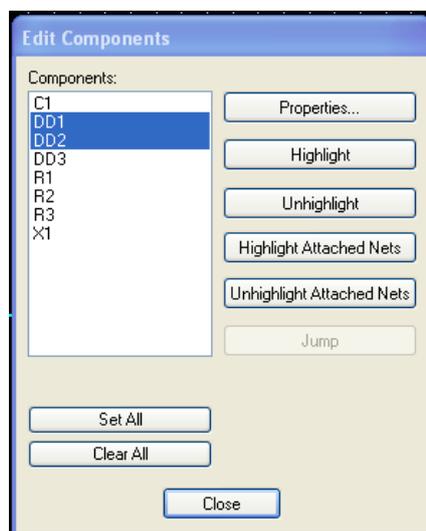


Рис.3.9 Меню для редактирования компонента

В окне **Components** представлен весь список компонентов проекта. Можно выделить на экране цветом собственно компонент (кнопка **Highlight**), а также все цепи, подходящие к нему (кнопка **Highlight Attached Nets**). Можно отменить выделение цветом компонента (кнопка **Unhighlight**) и цепей, подходящих к компоненту (кнопка **Unhighlight Attached Nets**). Нажатие на кнопку **Jump** позволяет перейти на схеме к выделенному компоненту. Кнопка **Properties** открывает доступ к редактированию компо-

нента. Команда **Utils/Force Update** позволяет заменить в проекте указанные пользователем компоненты на однотипные другие библиотечные компоненты.

3.7 Оптимизация электрических связей



Рис.3.10 Окно команды
Utils/Optimize Nets

Данная операция проводится перед началом трассировки соединений на печатной плате с целью минимизации общей длины физических связей между компо-

нентами и оптимизации гистограммы плотности соединений.

Для этой цели применяется команда **Utils/Optimize Nets**, окно которой представлено на рис. 3.10.

В области **Method** можно выбрать режим оптимизации:

- **Auto** - автоматическая оптимизация;
- **Manuel Gate Swap** - ручная парная перестановка эквивалентных вентиляей;
- **Manuel Pin Swap** — ручная парная перестановка эквивалентных выводов.

При выборе автоматического метода размещения в области **Auto Options** доступны следующие опции:

- **Gate Swap** - перестановка эквивалентных вентиляей;
- **Pin Swap** — перестановка эквивалентных выводов;
- **Entire Design** — оптимизация связей в пределах всего проекта (после выделения всех компонентов).
- Опция **Selected Objects** оптимизирует связи между предварительно выбранными объектами.

При перестановке выводов должны соблюдаться определенные условия:

- величина логической эквивалентности вывода **Pin Eg** (см. рис.) не должна быть равно нулю. И это значение должно быть одинаковым для двух переставляемых выводов. Перестановка неэквивалентных выводов производится только вручную;
- при подсоединенном к выводу цепи проводнике или области металлизации перестановка выводов не производится;

При перестановке вентиляей должны соблюдаться определенные условия:

- вентиля должны быть логически эквивалентными и принадлежать к компонентам одного и того же типа (**Type**) и номинала (**Value**). Это условие позволяет переставлять дискретные компоненты - резисторы, конденсаторы и т. п.;
- при подсоединенном к выводу вентиля проводнике или области металлизации перестановка вентиляей не производится.

После нажатия кнопки **OK** происходит оптимизация электрических соединений и появляется сообщение, в котором указываются параметры оптимизации цепей (**Setting**), текущее состояние процесса оптимиза-

ции (**Current Status**) и отчет о результатах оптимизации (**Cumulative Status**).

4 ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ

Трассировка соединений в системе **P-CAD** может выполняться ручным (**Manuel Route**), интерактивным (**Interactive Route**) способами, а также с использованием автотрассировщиков.

4.1 Задание правил трассировки соединений

Перед началом трассировки формулируется ряд правил и ограничений, которые должны выполняться при ручной и автоматической трассировке, а также при формировании областей металлизации.

Установка зазоров между проводниками

Глобальные установки зазоров устанавливаются в меню **Options/ Design Rules** в закладке **Design** (см. рис. 3.3).

Зазоры между различными объектами в различных слоях ПП устанавливаются в закладке **Layer** (см. рис. 3.4).

Зазоры для конкретных цепей устанавливаются в закладке **Net** команды **Options/Design Rules** (рис. 4.1). Для этого предварительно выбирают курсором имя цепи,

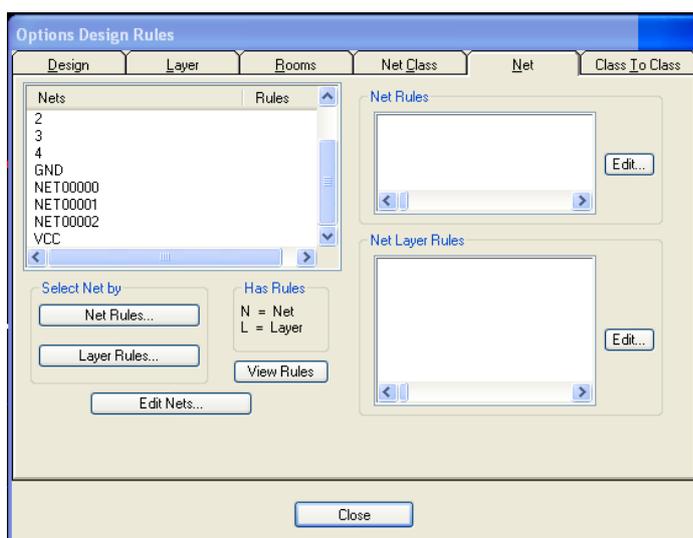


Рис.4.1 Окно закладки Net команды Options/Design Rules

нажимают кнопку **Edit**, затем на кнопку **Add**, в графе **Name** выделяют имя нужного атрибута и в области **Value** появившегося окна **Place Attribute** вводят требуемое значение зазора.

Редактирование цепи производится после выделения ее имени в столбце **Nets**, нажатии на кнопку **Edit Nets**.

Задание атрибутов цепям и компонентам

Атрибуты выбранной цепи устанавливаются после выполнения команды

Edit/Nets (рис. 4.2).

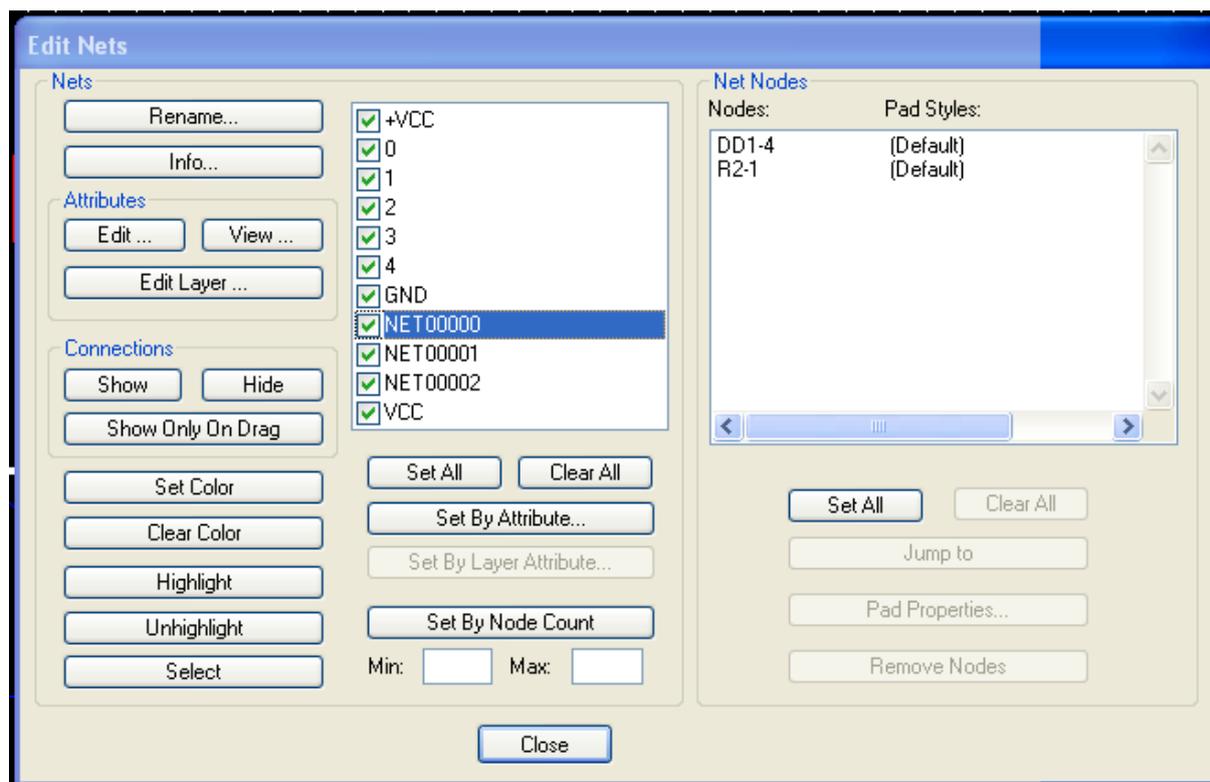


Рис.4.2 Диалоговое окно команды Edit/Nets

В диалоговом окне меню можно просмотреть список атрибутов цепи после нажатия на кнопку **View Attributes** или приступить к редактированию атрибутов после нажатия на кнопку **Edit Attributes**. Для добавления или изменения атрибута далее нажимают кнопку **Add** и в открывшемся меню со списком всех стандартных атрибутов (рис. 4.3) в левой области **Attribute Category** выбирают категорию атрибута **Net**, а в правой области **Name** выбирают имя атрибута. Затем в области **Value** вводится значение атрибута.

В окне **Attribute Category** выводятся списки типов атрибутов для различных объектов проекта:

- **Net** — атрибуты цепей;
- **Clearence** — атрибуты допустимых зазоров;
- **Placement** - атрибуты авторазмещения;
- **Manufacturing** - атрибуты улучшения технологичности проекта;

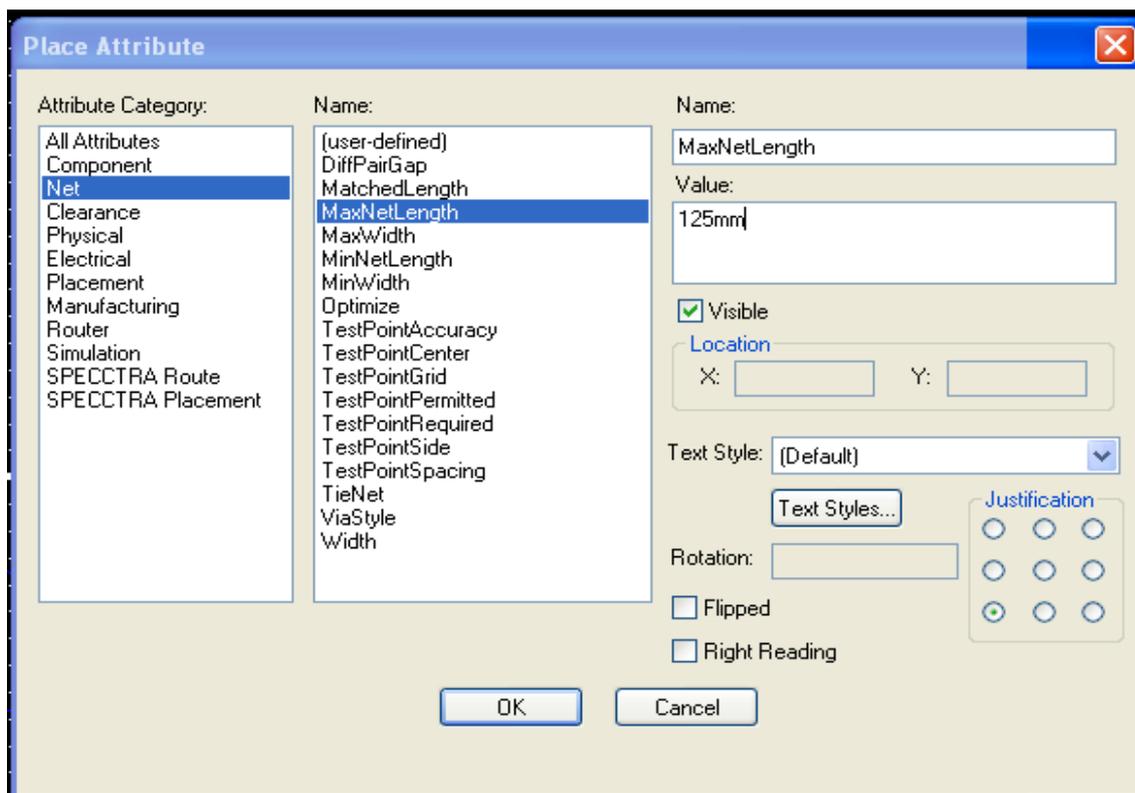


Рис.4.3 Меню редактирования атрибутов

- **Router** - атрибуты автотрассировщика **PRO Route**;
- **SPECCTRA Route** — атрибуты автотрассировщика программы **SPECCTRA**;
- **SPECCTRA Placement** — атрибуты авторазмещения программы **SPECCTRA**.

4.2 Ручная трассировка соединений

Ручная трассировка осуществляется в сигнальных слоях ПП с установленными компонентами, между контактами которых имеются условные линии связи. Трассировка выполняется после команды **Route/Manuel** или нажатия на соответствующую пиктограмму. Если необходима перетрассировка уже проведенной связи, то эта связь предварительно удаляется.

Для проведения связи щелчком мыши указывается первый контакт и, не отпуская кнопку мыши, рисуют первый сегмент трассы. Отпускание мыши фиксирует излом трассы. Для перемещения трассы на один дискрет сетки используются кнопки - стрелки (при нажатой кнопке мыши). Нажатие клавиши **O** (не отпуская клавишу мыши) дает воз-

возможность менять характер излома (ортогонально, по диагонали, скругление), а клавиши **F** - менять расположение точки излома. Для создания Т-образных соединений применяется опция **T-Route by Default** закладки **Route** команды **Options/Configure**.

При нажатии правой кнопки мыши трасса автоматически завершается по кратчайшему пути (эта операция завершается конфликтом, если ранее были уже проведены связи). Клавиши косой черты «\» и «/» прерывают разводку, не завершая ее.

При смене текущего слоя при прокладке трассы нажимают клавишу **L**, или **Shift+L**, или кнопку строки состояний, при этом переходное отверстие вставляется автоматически. Тип переходного отверстия задается командой **Options/Via Style**.

При прокладке трассы ширина проводника может быть изменена (в строке состояний или по команде **Options/Current Line**).

Проведение трассы завершается нажатием на правую кнопку мыши.

4.3 Интерактивная трассировка соединений

При интерактивной трассировке автоматически выдерживаются установленные зазоры и автоматически огибаются препятствия. Интерактивная трассировка выполняется по команде **Route/Interactive** (PCAD 2004 и более ранние версии) или после нажатия на соответствующую пиктограмму. Трассировка начинается щелчком курсора на выводе компонента и дальнейшем поточечном проведении сегментов трасс, или вторым щелчком указывается второй вывод компонента, подлежащий соединению с первым указанным выводом. При поточечной прокладке трассы будут звучать сигналы, информирующие о недопустимости нарушения зазоров при приближении трассы к другим цепям, контактам компонента или к переходным отверстиям. После нажатия правой кнопки мыши появляется меню для трассировки в интерактивном режиме:

- **Complete** — завершение прокладки трассы с соблюдением установленных ранее правил трассировки и соблюдением установленных зазоров;

- **Suspend** - прекращение прокладки трассы (трасса остается незавершенной);
- **Cancel** — прекращает трассировку и отменяет ввод последнего сегмента трассы;
- **Options** - активизирует закладку **Route** меню **Options/Configure** для возможных изменений опций трассировки;
- **Layers** - запускает команду Options/Layers для изменения структуры слоев платы;
- **Via Style** - запускает команду **Via Style** для выбора стиля переходного отверстия или его редактирования;
- **Unwind** — отменяет прокладку последнего сегмента проводника (то же самое, что и использование клавиши **Backspace**).

Клавиши **O**, **F**, **"\"**, **"/"**, а также клавиши-стрелки имеют те же назначения, что и при ручной трассировке, однако при интерактивной трассировке не производится скругление трассы по дуге.

4.4 Автоматическая трассировка соединений

Для трассировки соединений печатной платы используется группа команд **Route/Autorouters**. Она включает, в зависимости от версии системы P-CAD, встроенные автотрассировщики: Quick Route – быстрый трассировщик; PRO Route 2/4 – профессиональный трассировщик для 1,2- и 4-х слойных печатных плат, P-CAD PRO Route – профессиональный трассировщик для многослойных печатных плат и бессеточный трассировщик Shape-Based Router. Автотрассировщик SPECCTRA поставляется дополнительно к P-CAD и используется не только для трассировки соединений, но и для ручного или автоматического размещения компонентов на печатной плате.

Диалоговое окно автотрассировщика Quick Route показано на

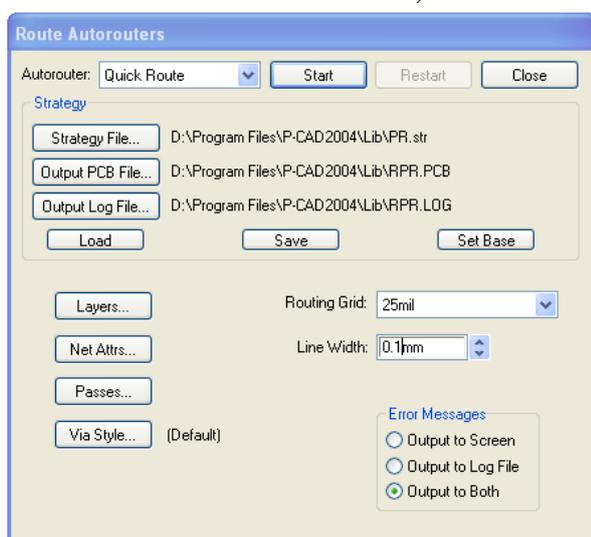


Рис.4.4 Окно автотрассировщика Quick Route

рис. 4.4.

Автотрассировщик не требует указания границы печатной платы в слое Board и не изменяет топологию предварительно проложенных пользователем проводников. Предварительно на плате должны быть размещены все компоненты, определены все электрические связи. Некоторые связи могут быть уже проведены. Можно задать области запрета для трассировки по команде **Place/KeepOut**.

В области **Strategy** диалогового окна находятся следующие кнопки:

- **Strategy File** - файл стратегии трассировки, т. е. совокупность параметров для трассировки (расширение файла - .STR). По умолчанию имеет имя входного файла;
- **Output PCB File** - файл с записью результатов трассировки (расширение файла - .PCB). По умолчанию имеет имя входного файла, но перед именем файла добавляется буква **R**;
- **Output Log File** - текстовый отчет о результатах трассировки (расширение файла - .LOG). По умолчанию имеет имя входного файла, но перед именем файла добавляется буква **R**.

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**,

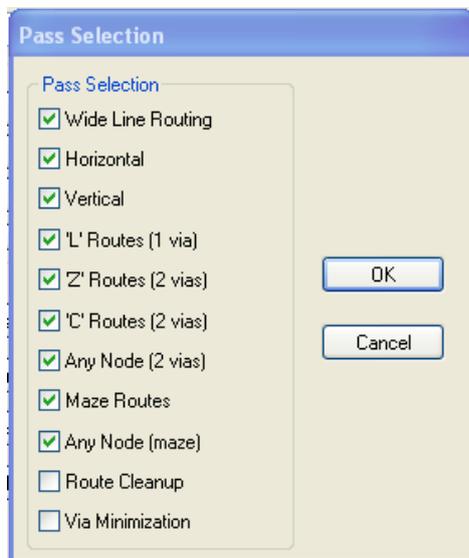


Рис. 4.5. Выбор шагов автотрассировки

позволяющей произвести дополнительную настройку атрибутов цепей (просмотреть, отредактировать, переименовать и т.д.).

Кнопка **Passes** позволяет определить перечень этапов (процедур) трассировки, где в диалоговом окне **Pass Selection** (рис. 4.5) простановкой соответствующих флажков выбираются *типы проходов трассировки*:

- **Wide Line Routing** – начальная автотрассировка «широких» цепей (питание, общая шина), имеющих атрибуты **AUTOROUTEWIDE**

и WIDTH.

- **Horizontal** - трассировка простых трасс только горизонтальными линиями без переходных отверстий с минимальными отклонениями от горизонтальной линии.
- **Vertical** - трассировка простых трасс только вертикальными линиями без переходных отверстий с минимальными отклонениями от вертикальной линии.
- **"L" Routes (1 via)** - формирование фрагментов цепи, имеющих два проводника (вертикальный и горизонтальный), расположенных в двух разных слоях и соединяемых переходным отверстием. Такая конфигурация имеет вид буквы L с различной ее ориентацией.
- **"Z" Routes (2 vias)** - формирование фрагментов цепи, имеющих три проводника (вертикальные и горизонтальные), расположенных в двух разных слоях и соединяемых двумя переходными отверстиями. Такая конфигурация имеет вид буквы Z с различной ее ориентацией.
- **"C" Routes (2 vias)** - формирование фрагментов цепи, имеющих три проводника (вертикальные и горизонтальные), расположенных в двух разных слоях и соединяемых двумя переходными отверстиями. Такая конфигурация имеет вид буквы C с различной ее ориентацией.
- **Any Node (2 vias)** - попытка трассировки связи между двумя контактными площадками с введением не более чем двух переходных отверстий с целью выполнения наиболее полной трассировки схемы. При этом оптимизация (минимизация) длины трассы, в отличие от предыдущих проходов, не производится.
- **Maze Routes** - оптимизирующая «лабиринтная» трассировка, не имеющая ограничений на ориентацию проводников на слое. Нет ограничений и на число переходных отверстий. Кнопка **Via Style** вызывает режим редактирования стилей переходных отверстий.
- **Any Node (maze)** - «лабиринтная» трассировка без оптимизации длины трассы, с целью попытки проведения трассы «любой ценой».
- **Route Cleanup** - используется для улучшения «внешнего вида» печатной платы путем спрямления уже проведенных трасс. Проход

используется после завершения разводки всех электрических цепей.

- **Via Minimization** - уменьшает число переходных отверстий на разводной плате.

Последние два прохода рекомендуется использовать совместно после полного завершения трассировки.

В поле **Routing Grid** окна **Route Autorouters** выбирается шаг сетки трассировки. Чем меньше шаг сетки, тем больше проводников можно проложить между выводами компонентов 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.

Команда **Route/Info** выводит текущую информацию о ходе трассировки.

Команда **Route/Cancel** прекращает процесс трассировки, а пользователь должен сделать выбор - временно прекратить трассировку и запомнить промежуточные результаты (**Stop Routing and Save**), или прекратить трассировку без сохранения результатов (**Cancel Routing and do not save**).

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. После окончания трассировки в файле-протоколе .LOG формируется информация о результатах выполнения отдельных шагов трассировки и итоговые данные, которые можно просмотреть после выполнения команды **Route/View Log**.

Результат быстрой автотрассировки схемы из рассматриваемого

примера приведен на рис. 4.6.

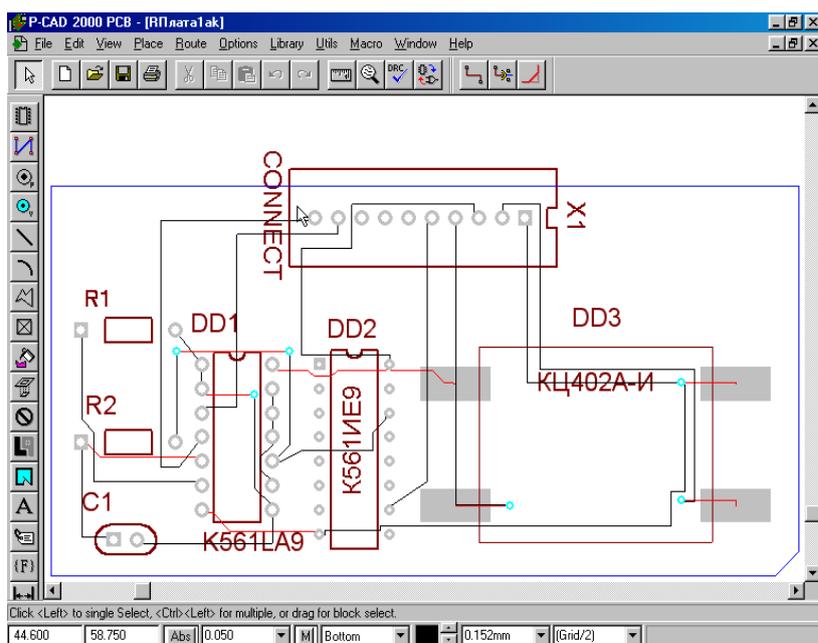


Рис. 4.6. Результат быстрой автотрассировки схемы

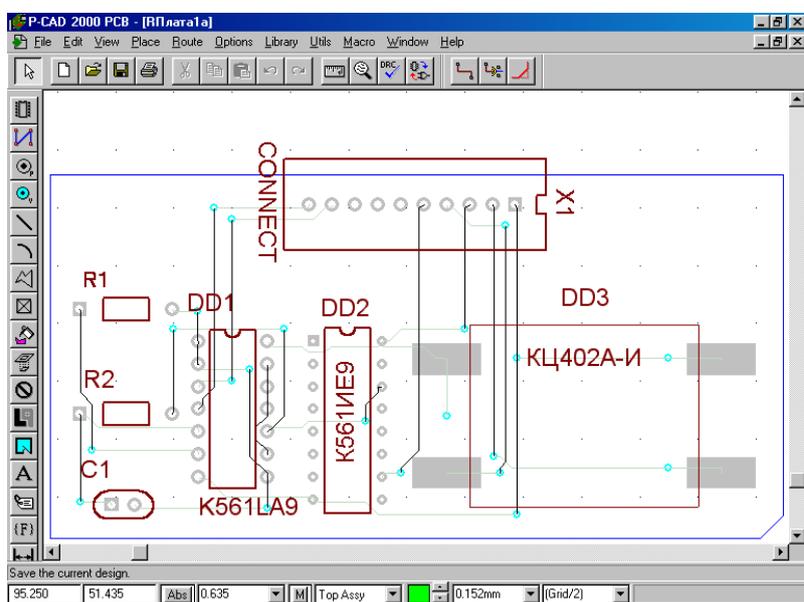


Рис. 4.7. Результат коррекции быстрой автотрассировки схемы

Результат коррекции быстрой автотрассировки платы, в результате которой уменьшено количество переходных отверстий, произведенной ручным и полуавтоматическим способами приведен на рис. 4.7.

Профессиональные типы автотрассировщиков **PRO Route**, помимо перечисленных возможностей, позволяют трассировать до 30 сигнальных слоев и до 99 слоев внутренней проводимости, производить настройку ширины дорожек, прокладку их под углом 45° параметров зазоров для сигнальных слоев и пр.

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. 4.8.

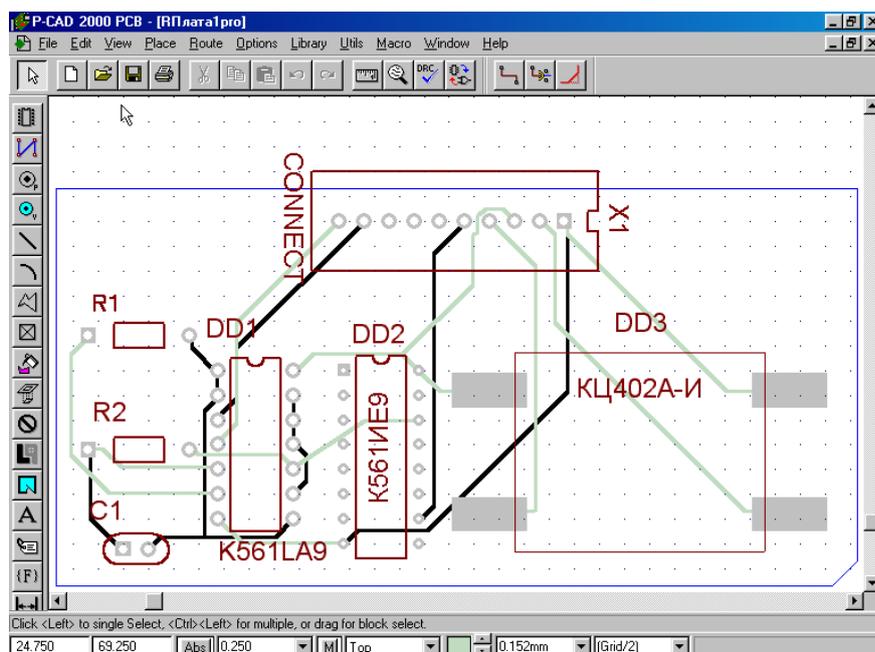


Рис. 4.9. Результат автотрассировки схемы с помощью профессионального трассировщика

Бессеточный трассировщик **P-CAD Shape Based Router** предназначен для интерактивной и автоматической трассировки многослойных печатных плат с высокой плотностью размещения компонентов. Особенно эффективен для компонентов с планарными контактами, выполненных в разных системах единиц измерения. Автотрассировщик обрабатывает печатные платы, имеющих до 30 слоев, до 4000 компонентов, до 5000 контактов в одном компоненте, до 1000 цепей и до 16 000 электрических соединений в проекте.

Программа трассировки печатных плат **Allegro PCB Router (SPECSTRA)** является одним из наиболее мощных и дорогих решений в области автоматической и интерактивной трассировки проводников, а также размещения компонентов. Программа использует бессеточный (Shape-Based) алгоритм и использует сложные наборы правил проектирования, ориентированные на разработку высокоплотных и высокоскоростных плат.

4.5 Создание и подключение областей металлизации

В сигнальных слоях можно расположить области металлизации, которые электрически подсоединяются к одной из цепей и автоматически отделяются зазорами от других цепей и контактных площадок.

Контур области металлизации рисуется после выполнения коман-

ды **Place/Cooper Pour** или после нажатия на одноименную пиктограмму. Сама область должна быть вычерчена в виде полигона, стороны которого не пересекаются. Построенную область выделяют, нажимают правую кнопку мыши, выделяют строчку **Properties** и в появившемся меню (рис. 4.10) устанавливают требуемые параметры.

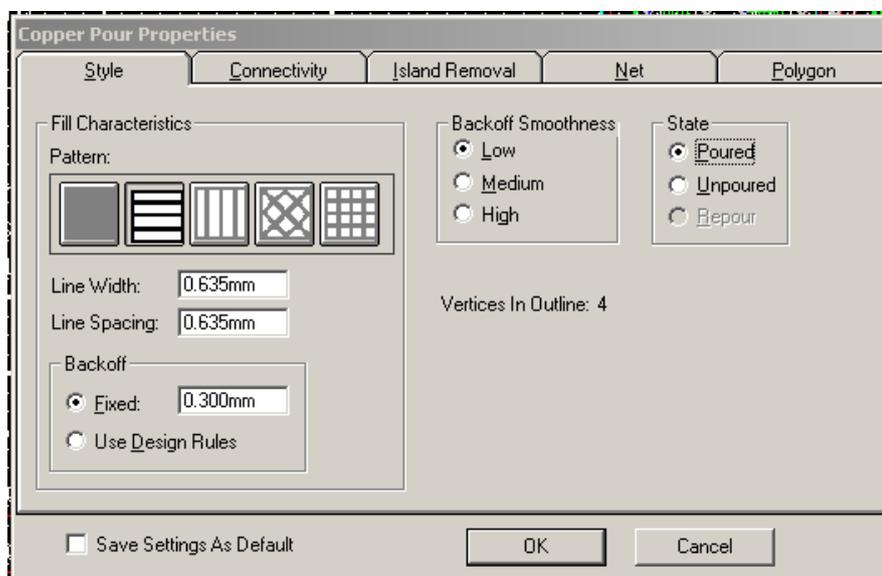


Рис.4.10 Выбор стиля полигона

В закладке **Style** в области **Fill Characteristics** определяются:

- **Pattern** - способ металлизации области (сплошная заливка или различного вида «штриховка» металлическими линиями);
- **Line Width** — ширина линий штриховки;
- **Line Spacing** — расстояние между линиями штриховки;
- В области **Backoff Smoothness** указываются виды полигонов для обеспечения зазоров:
 - **Low** - полигоны с 8-10 сторонами;
 - **Medium** — полигоны с 12-14 сторонами;
 - **High** — полигоны с 16-18 сторонами.

В области **Backoff** (зазор до других объектов, которые могут быть внутри полигона металлизации, близко от него расположены и принадлежат другим цепям) определяются: фиксированный зазор (**Fixed**) — устанавливается вручную, и **Use Design Rules** — использование зазоров, заданных в конфигурации.

В области **State** указывается состояние металлизации:

- **Poured** - металлизация области;
- **Unpoured** — отсутствие металлизации;
- **Repour** — металлизация области с повторным автоматическим расчетом зазоров при изменении топологии проводников.

В закладке **Connectivity** указывается имя цепи, к которой подключается область металлизации. Там же указывается необходимость использования тепловых барьеров контактных площадок (**Thermals**) или непосредственное соединение (**Direct Connections**) области металлизации к контактам.

Вырезы в области металлизации производятся по команде **Place/ Cutout**. При прокладке проводников через область металлизации зазоры образуются автоматически, если в закладке **General** меню **Options/Configure** включен флажок **Auto Plow Copper Pours**. Если же флажок не включен, то для образования новых зазоров после прокладки новой цепи через область металлизации в закладке **Style** меню **Properties** необходимо включить режим **Repour**.

На рис. 4.11 приведен пример области металлизации со штриховкой, вырезом, тепловыми барьерами контактов и округлениями углов полигона.

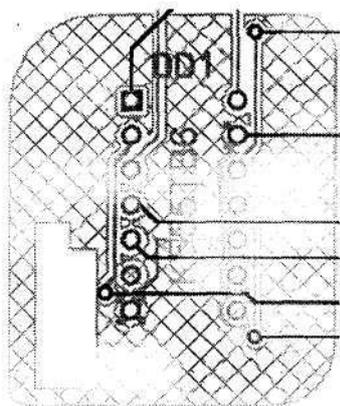


Рис.4.11 Пример полигона металлизации

После обработки вырезов в сигнальных цепях зачастую остаются «островки» с малыми размерами и не присоединенные ни к одной цепи. Для очистки области металлизации от таких «островков» используются опции закладки **Island Removal**, где командами:

- **Minimum Area** - удаляются «островки», имеющие площадь, меньшую, чем заданная в окне;
- **Interior** — удаляются «островки», лежащие **внутри** полигона;
- **Unconnected** - удаляются «островки», не имеющие связи с какой-либо цепью;
- **Do not repour** — не удаляются никакие «островки».

Закладка **Net** отражает имя цепи, имена компонентов и их контак-

тов и слоев ПП, к которым подсоединяется полигон.

В закладке **Polygon** при включенной опции **Show Fillet Handles** при выделении полигона на нем отображаются точки, перемещение курсором которых приводит к округлению углов полигона. Размер хорд округления задается в окне **Chord Hight**. Флажок **Fixed** фиксирует полигон на ПП. В этом случае полигон не может быть подвержен каким-либо преобразованиям

4.6 Верификация печатной платы

После завершения разработки топологии печатной платы и перед формированием данных для выпуска фотошаблонов необходимо проверить плату на соответствие принципиальной схеме, правилам проектирования и технологическим ограничениям, т. е. тем правилам, которые установлены командой **Options/Design Rules**. Проверка производится с использованием утилиты **DRC (Design Rule Check)**. Запускается утилита командой **Utils/DRC**.

На рис. 4.12 показано окно указанной команды, где:

- в области **Report Options** указывается количество игнорированных и перекрывающихся ошибок;
- в области **Design Rule Check** приводятся опции правил проверки печатной платы;
- в области **Error Options** определяются операции с маркерами.

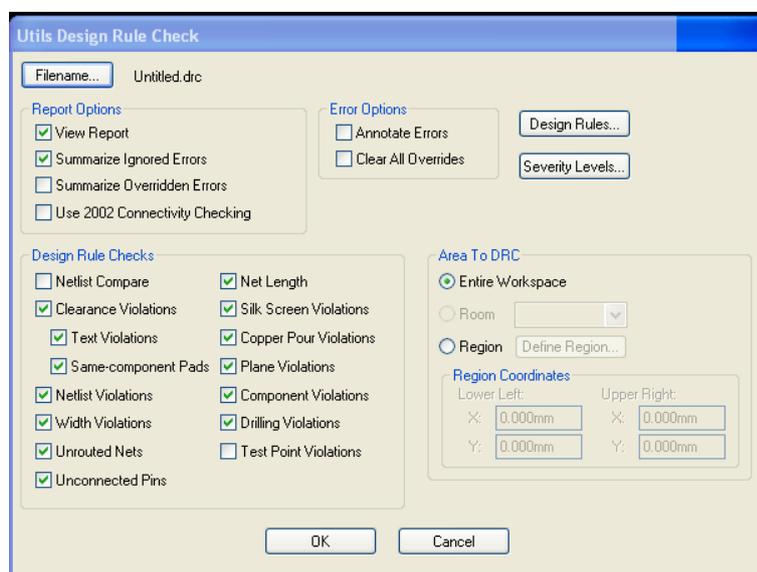


Рис.4.12 Окно команды Utils/DRC

Нажатие на кнопку **Design Rules** открывает диалоговое окно для задания технологических параметров проекта **Options/Design Rules** (см. выше). Нажатие на кнопку **Severity Levels** открывает диалоговое окно **Rules Severity Level** (см.

выше) для присвоения ошибкам их приоритетности (ранга).

После нажатия на кнопку **Filename** можно изменить имя файла (расширение *.drc), в который записываются найденные ошибки.

Поиск и анализ всех выявленных ошибок производится по команде **Utils/Find Errors**.

В поле окна выводятся номер ошибки (**Error Number**) и текстовое сообщение об ошибке. В окне **Error Number** можно перейти к очередной ошибке, а после нажатия на кнопку **Jump To** на экране монитора подсвечивается соответствующая ошибка.

После исправления ошибки ее индикатор на экране автоматически удаляется.

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. 5.1.

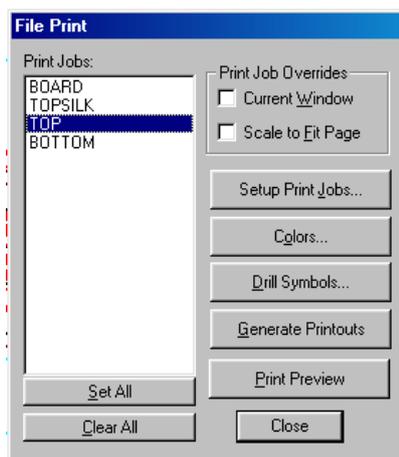


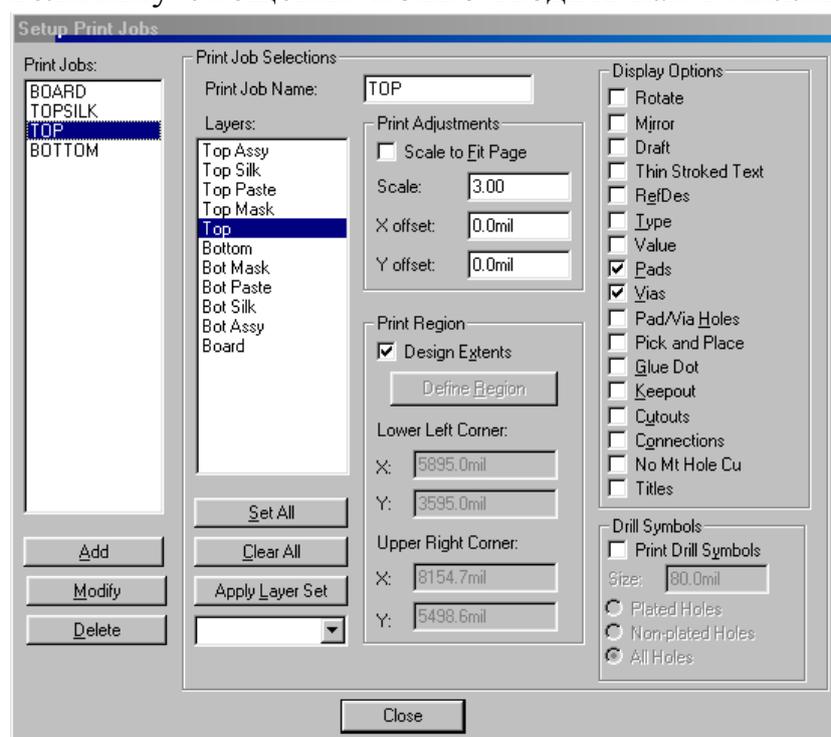
Рис.5.1. Диалоговое окно установки параметров печати проекта

Для формирования общих установок печати необходимо нажать клавишу **Setup Print Jobs**, после чего откроется диалоговое окно **Setup Print Jobs** (рис. 5.2). Здесь в области **Layers** требуется выбрать слой, изображение с которого должно быть выведено на печать. В окне **Print Jobs Name** вводится имя текущей установки. Клавиша **Add** присоединяет новую установку 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), причем в окне **Scale** вводится кратность увеличения, а в окнах **X&Y offset**

величину смещения можно вводить как в миллидюймах, так и в милли-



метрах.

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** приводит 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**.

Для печати различных текстовых отчетов используется команда **File/ Reports**. В окне команды (рис. 5.3) выбираются различные виды текстовых отчетов:

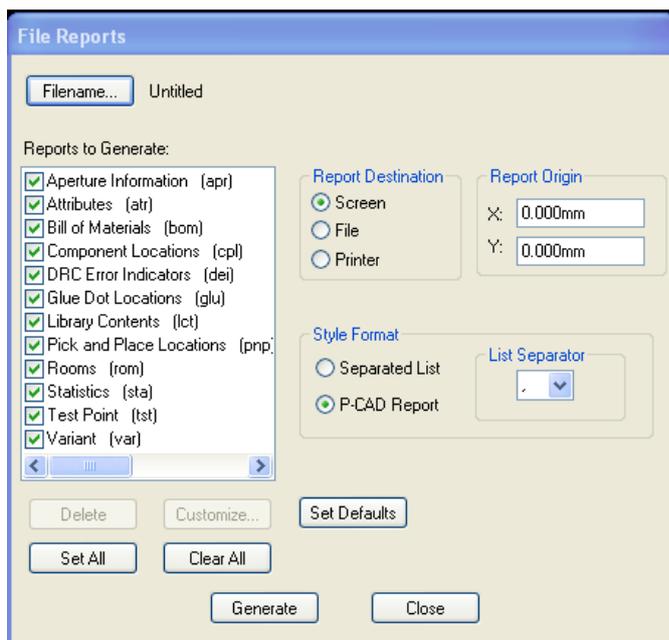


Рис. 5.2. Окно выбора текстовых отчетов

- **Aperture Information** - список апертур фото-плоттера;
- **Attributes** - список атрибутов объектов;
- **Bill of Materials** - список компонентов проекта;
- **Component Location** - расположение компонентов на плате;
- **DRC Error Indicators** - список индикаторов ошибок технологических норм печатной платы;
- **Glue Dot Location** - список слоев и координат точек фиксации корпусов **Glue Dot** для оборудования автоматического монтажа компонентов на плату;
- **Library Contents** - каталог всех открытых библиотек проекта;
- **Pick and Place Location** - список слоев и координат точек позиционирования выводов **Pick and Place** всех корпусов проекта для оборудования автоматического монтажа;
- **Rooms** - список выделенных на плате «комнат», их расположение на соответствующем слое, имена компонентов, расположенных в соответствующей «комнате» и т. п.;
- **Statistics** - статистическая информация о печатной плате текущего проекта.

Расширения формируемых текстовых отчетов указаны после имени отчета в скобках. После выделения имени отчета и нажатии на кнопку **Customize** можно настроить содержание выделенного отчета.

Создание отчетов начинается после выбора списка нужных отчетов и нажатия на кнопку **Generate**. Отчеты можно вывести на экран

(Screen), в файл (File) или на печать (Printer).

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. 5.3а – 5.3г.

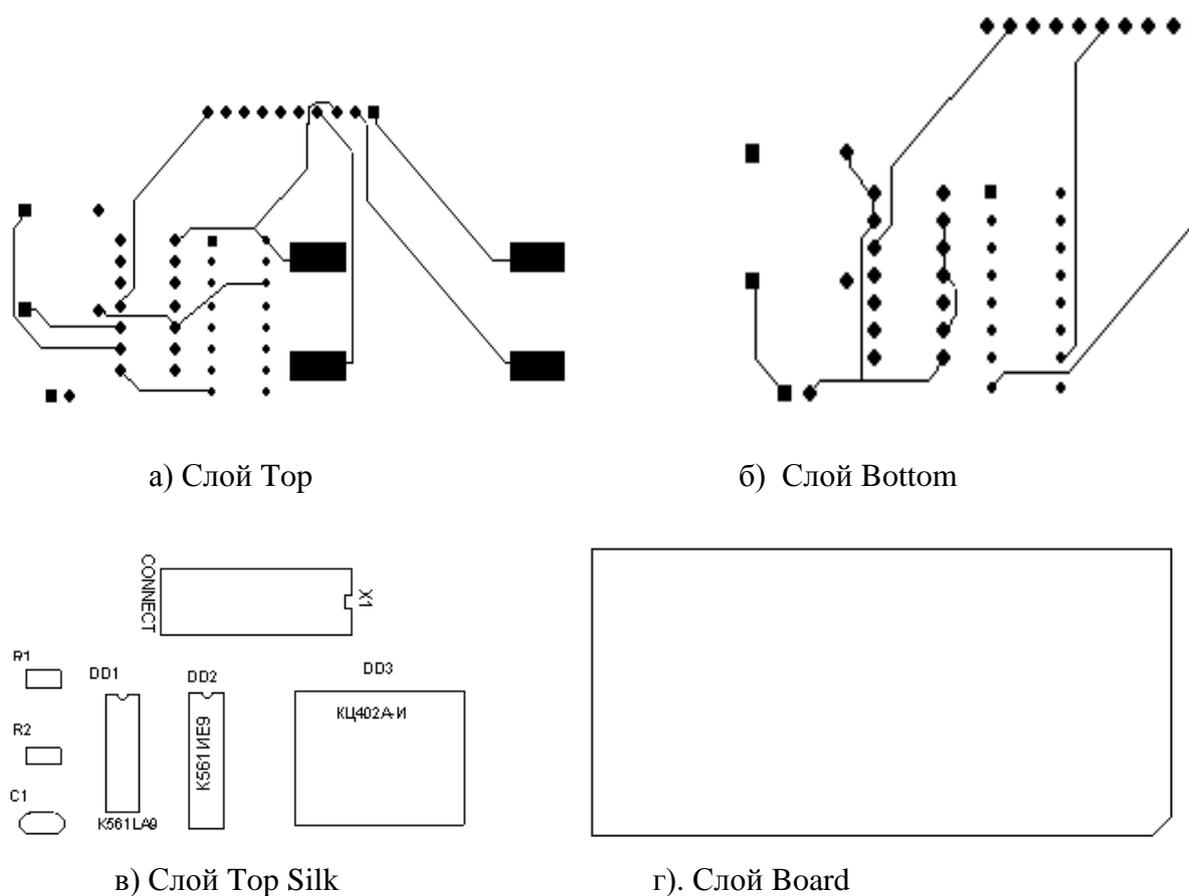
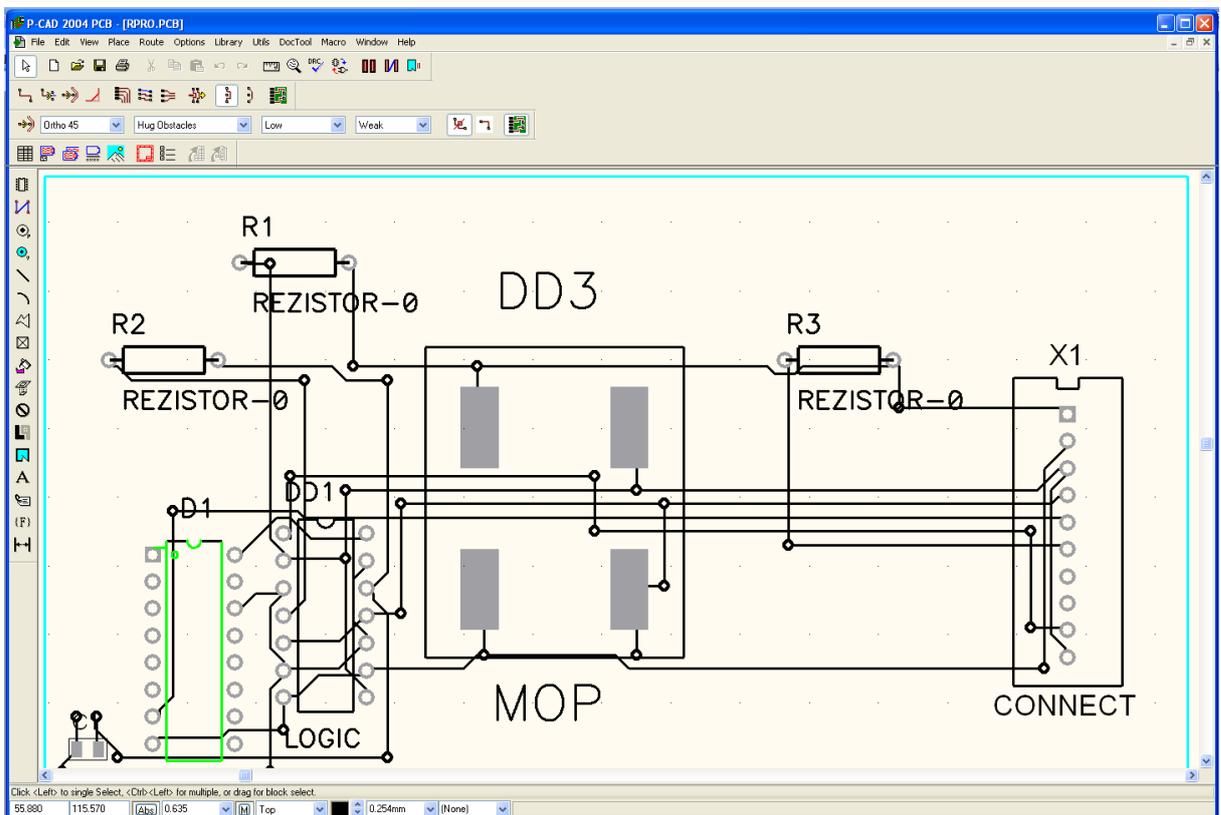
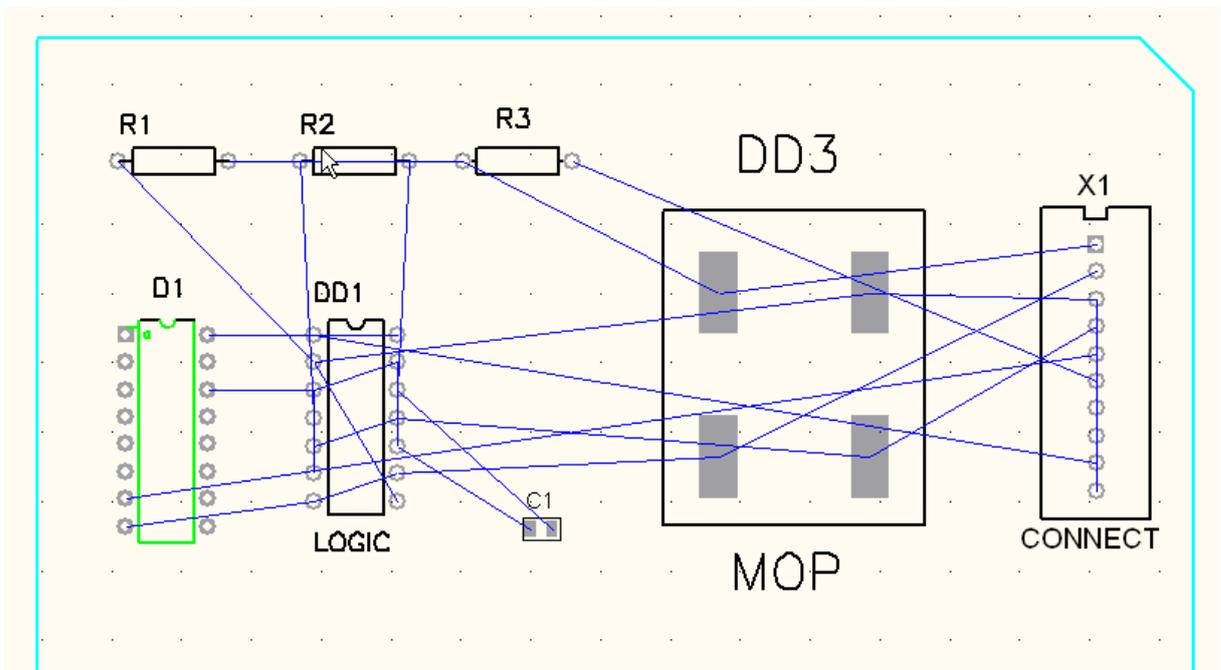


Рис. 5.2. Файлы печати для слоев Top - а, Bottom-б , Top Silk - в и Board - г



6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Занятие 1. Создание и редактирование символов сложных компонентов электрической схемы с помощью программы P-CAD Schematic и P-CAD Symbol Editor

Задание

1. Настроить конфигурацию графических редакторов P-CAD Schematic и P-CAD Symbol Editor.
2. Создать графические изображения двух типов символов компонентов (в соответствии с вариантом задания) в программе P-CAD Schematic и P-CAD Symbol Editor.
3. Отредактировать созданные графические изображения символов компонентов.
4. Создать собственную новую библиотеку элементов и записать туда созданные графические изображения символов компонентов.

Порядок выполнения работы

1. Настройка конфигурации редактора P-CAD Schematic и P-CAD Symbol Editor выполняется в соответствии с п.1 раздела 1.1 настоящего пособия и инструкциями, приведенными в приложении Б.
2. Для создания графического изображения символа компонента методом непосредственного рисования образа элемента необходимо:
 - 2.1. В программе P-CAD Schematic установить текущую линию рисования, выбрать команду рисования линий и изобразить требуемый символьный элемент заданных размеров.
 - 2.2. Выполнить команду Place Pin, выбрать необходимые контакты, задать их длину, настроить отображение имен контактов и установить контакты в необходимых точках образа элемента.
 - 2.3. Выполнить перенумерацию контактов командой Utils Renumber.
 - 2.4. Ввести точку привязки элемента командой Place Ref Point и атрибуты - командой Place Attribute.
 - 2.5. Установить необходимый стиль и выравнивание текста в открывающемся списке Text Style и окна Options Text Style.
 - 2.6. Создать собственную новую библиотеку элементов, присоединить ее к проекту и записать туда созданный элемент.

Для создания графического изображения символа компонента с помощью мастера создания символов компонентов необходимо:

- 2.7. В программе P-CAD Symbol Editor выполнить команду Symbol/Symbol Wizard или нажать кнопку .
- 2.8. В диалоговом окне мастера указать необходимые параметры символа и ввести условное обозначение элемента. Завершить создание контура символа нажатием на клавишу Finish и отредактировать его на основном экране программы Symbol Editor.
3. При редактировании графических изображений символов в меню редакторов P-CAD Schematic и P-CAD Symbol Editor:
 - 3.1. Выбирается и открывается подлежащий редактированию элемент.
 - 3.2. С помощью курсора отмечается и выделяется требуемый фрагмент, выбирается опция Properties и далее в открывающихся окнах выполняется требуемая корректировка.
 - 3.3. Удаление или добавление новых компонентов элемента осуществляется как обычно с использованием необходимых клавиш и опций меню редактора.
 - 3.4. При редактировании в диалоговом окне Place Pin мастера создания символов необходимо настроить отображение вида и имен контактов.
4. Для создания новой библиотеки в программах P-CAD Schematic и P-CAD Symbol Editor и записи туда созданных элементов необходимо:
 - 4.1. Выбрать команду Library New и в открывшемся диалоговом окне задать имя библиотеки.
 - 4.2. Далее нужно присоединить созданную библиотеку в диалоговом окне Library Setup кнопкой Add и активизировать ее.
 - 4.3. Занести каждый из созданных символов компонентов под своим именем в библиотеку по команде File/Save или File/Save As.

Оформление результатов работы и содержание отчета

Вопросы для самопроверки

Занятие 2. Создание и редактирование технологических образов сложных компонентов с учетом технологических параметров проекта

Задание

1. Настроить конфигурацию графических редакторов P-CAD PCB и P-CAD Pattern Editor.
2. Создать новую библиотеку стеков контактных площадок и переходных отверстий для проектируемых компонентов.
3. Сформировать и отредактировать стеки контактных площадок и переходных отверстий.
4. Создать и отредактировать графические изображения двух типов посадочных мест компонентов (в соответствии с вариантом задания) в программе P-CAD PCB и Pattern Editor.
5. Записать созданные графические изображения в собственную библиотеку элементов.

Порядок выполнения работы

1. Настройка конфигурации редактора P-CAD PCB и P-CAD Pattern Editor выполняется в соответствии с п.1 раздела 1.2 настоящего пособия и инструкциями, приведенными в приложении В.
2. Для создания новой библиотеки стеков контактных площадок и переходных отверстий для проектируемых компонентов необходимо:
 - 2.1. Выполнить в редакторах P-CAD PCB или P-CAD Pattern Editor команду Design Technology Parameters, открыть новый (пока пустой) файл технологических параметров и задать его имя.
 - 2.2. Создать две новые группы для планарных и штыревых выводов компонентов и в каждой из них – секции, определяющие тип контактных площадок.
3. Для формирования, редактирования и сохранения стеков контактных площадок и переходных отверстий необходимо:
 - 3.1. Для простых (Simple) стеков при выключенном флажке Read-only file кнопкой Properties открыть меню редактирования, где сформировать и отредактировать тип, форму, геометрические размеры и зазоры контактных площадок согласно варианту задания.
 - 3.2. Сохранить файлы технических параметров и присоединить их к проекту путем нажатия кнопки Copy To Design.

- 3.3. Для сложных (Complex) стеков контактных площадок выполнить команду Options/Pad Style. В область Current Style ввести новые имена стеков, и далее после нажатия кнопки Modify (Complex) в диалоговом окне Options Pad Style (Complex) произвести редактирование сложных стеков контактных площадок.
 - 3.4. Стеки переходных отверстий сформировать после выполнения команды Options/Via Style аналогично формированию стеков контактных площадок.
 - 3.5. Осуществить запись сформированных (отредактированных) стеков контактных площадок и переходных отверстий в одноименную библиотеку путем нажатия на кнопку Update From Design окна Design Technology Parameters
4. Для создания графических изображений посадочных мест компонентов в соответствии с вариантом задания необходимо:
- *В случае непосредственного рисования образа элемента с планарными контактами:*
 - 4.1. Загрузить программу P-CAD PCB с уже настроенной конфигурацией редактора.
 - 4.2. В диалоговом окне Options Pad Style выбрать необходимый стиль контактной площадки, предварительно присоединив к проекту свой выбранный библиотечный стиль в окне Design Technology Parameters после выполнения команды File/Design Technology Parameters.
 - 4.3. Отредактировать, при необходимости, выбранный стиль, установив необходимый слой, форму контактной площадки, размеры и параметры сверления.
 - 4.4. Разместить контактные площадки согласно выбранному рисунку посадочного места, определяемого вариантом задания.
 - 4.5. Выбрав текущим слой Top Silk изобразить контур посадочного места, а возвратясь в слой Top выполнить перенумерацию контактов и ввести точку привязки элемента.
 - 4.6. Ввести атрибуты элемента.
 - *В случае создания элемента библиотеки для микросхемы со штыревыми контактами с помощью мастера создания корпусов элементов:*

- 4.7. Загрузить редактор P-CAD Pattern Editor с уже настроенной конфигурацией.
 - 4.8. По команде Symbol Wizard меню File вызвать мастер создания корпусов компонентов.
 - 4.9. В открывшемся диалоговом окне указать тип корпуса, число выводов, расстояние между центрами выводов, место расположения первого вывода компонента, ширину корпуса компонента и другие необходимые параметры.
 - 4.10. В области Pad Style (Pad1) и Pad Style (Other) выбрать стиль первой и остальных (соответственно) контактных площадок посадочного места, предварительно присоединив к проекту свой выбранный стиль путем нажатия кнопки Copy To Design в открывшемся окне Design Technology Parameters, после выполнения команды Pattern/Design Technology Parameters.
 - 4.11. Завершить создание корпуса нажатием на клавишу Finish, и в основном экране программы Pattern Editor при необходимости отредактировать и скорректировать атрибуты элемента.
5. Для записи созданных технологических элементов с планарными и штыревыми контактами в библиотеку необходимо:
- 5.1. Выделить весь элемент.
 - 5.2. Вызвать команду Library/Pattern Save As и в открывшемся диалоговом окне Pattern Save As в поле Library выбрать свою библиотеку.
 - 5.3. Выключить метку занесения информации в библиотеку как отдельного элемента (Create Component), в поле Pattern набрать имя элемента и нажать кнопку ОК.

Занятие 3. Определение взаимосвязи между схемными и технологическими библиотечными элементами с помощью менеджера библиотек проекта и внесение созданных компонентов в библиотеку

Задание

1. Создать (в соответствии с вариантом задания) простой библиотечный элемент с однотипными логическими секциями;
2. Создать (в соответствии с вариантом задания) библиотечный элемент с разнотипными логическими секциями и общими выводами.
3. Внести созданные библиотечные элементы в собственную библиотеку элементов

Порядок выполнения работы

1. При создании простого библиотечного элемента с однотипными логическими секциями:
 - 1.1. В программе администратора библиотек (Library Executive) выполнить команду Component New и в открывшемся диалоговом окне выбрать созданную собственную библиотеку.
 - 1.2. В диалоговом окне Component Information нажать кнопку Select Pattern и выбрать посадочное место (Pattern) создаваемого библиотечного элемента.
 - 1.3. В том же диалоговом окне:
 - в поле Component Type выбрать Normal;
 - в поле Component Style выбрать Homogeneous;
 - в поле Gate Numbering выбрать Alphabetic (буквенный);
 - в поле Number of Gates ввести число, соответствующее количеству логических секций;
 - в поле RefDes Prefix ввести DD.
 - 1.4. Присоединить символ, для чего после нажатия кнопки Symbol View, в открывшемся одноименном окне выполнить команду Select Symbol. В списке символов открывшегося окна Library Browse выбрать необходимый схемный образ создаваемого компонента.
 - 1.5. Нажать кнопку Pin View и заполнить появившуюся заготовку таблицы упаковочной информации согласно заданной схеме создаваемого библиотечного элемента и в соответствии с требованиями перечисленными в разделе 1.3.
2. При создании библиотечного элемента с разнотипными логическими секциями и общими выводами:
 - 2.1. В программе администратора библиотек (Library Executive) создать новый библиотечный элемент.
 - 2.2. В диалоговом окне Component Information, выполнив команду Select Pattern, выбрать посадочное место создаваемого библиотечного элемента.
 - 2.3. В диалоговом окне Component Information выбрать:
 - в поле Component Type выбрать Normal;
 - в поле Component Style выбрать Heterogeneous;
 - в поле Gate Numbering выбрать Alphabetic;
 - в поле Number of Gates ввести число, соответствующее количеству

логических секций;

- в поле RefDes Prefix ввести DD.

2.4. Присоединить символы. Для этого в диалоговом окне подсекции Gate окна Component Information:

- в строках поля Normal последовательно выполнить двойные клики клавишей But#1, при этом в открывшемся окне Library Browse выбирать, и открывать имена схемных символов создаваемого библиотечного элемента;

- в поле Gate Eq установить значения эквивалентности разнотипных логических секций – 1, 2 и т.д.;

2.5. Нажать кнопку Pin View и заполнить появившуюся заготовку таблицы упаковочной информации согласно заданной схеме компонента с разнотипными логическими секциями и общими выводами. При этом использовать рекомендации по заданию эквивалентности логических секций и обозначению общих выводов приведенные в разделе 1.3.

3. Для внесения созданных библиотечных элементов в библиотеку:

3.1. выполнить проверку согласованности всех данных компонента и правильности настройки таблицы командой Component Validate;

3.2. выполнить команду Component Save и записать созданные библиотечные элементы под своими именами.

Занятие 4. Создание и редактирование электрических принципиальных схем

Задание

1. Подготовить рабочее поле электрической принципиальной схемы, выбрать и установить необходимую форматку, заполнить ее информационные поля.
2. Разработать пример электрической схемы функционального узла РЭА с использованием созданных библиотечных элементов и дополнительных типовых компонентов, разместить компоненты в рабочем поле и выполнить соответствующие действия по созданию принципиальной схемы.
3. Записать схему в виде списка цепей и сохранить результаты на диске.

Порядок выполнения работы

1. При подготовке рабочего поля электрической принципиальной схемы необходимо:
 - 1.1. Настроить конфигурацию графического редактора **P-CAD Schematic**.
 - 1.2. Установить размер рабочего поля формата А3, форматку А3r, сетку графического редактора с шагом 1 мм, и "прикрепить" курсор к узлам сетки.
 - 1.3. Заполнить информационные поля диалогового окна **Design Info** после выполнения соответствующей команды.
2. При создании электрической принципиальной схемы в рабочем поле:
 - 2.1. Разместить компоненты таким образом, чтобы можно было легко провести все необходимые соединительные линии.
 - 2.2. Выполнив команду **Place Port**, вставить в схему порты.
 - 2.3. Проложить по необходимому маршруту шину и выполнить подключение элементов схемы к созданной шине.
 - 2.4. Выполнить необходимые надписи на схеме.
3. Для записи схемы в виде списка цепей и сохранения результатов:
 - 3.1. Выбрать утилиту **Utils (Generate NetList)**.
 - 3.2. Для передачи информации между схемным и технологическим редакторами P-CAD использовать формат **Tango**.
 - 3.3. Записать созданную принципиальную схему на диск с помощью команды **File Name**.

Занятие 5. Размещение компонентов на печатной плате

Задание

1. Настроить конфигурацию технологического редактора печатных плат **P-CAD PCB**.
2. Установить основные технологические параметры проекта.
3. Упаковать схему на печатную плату.
4. Разместить компоненты на плате.
5. Выполнить редактирование компонентов.
6. Выполнить оптимизацию электрических связей.

Порядок выполнения работы

1. Настройку конфигурации производить в соответствии с инструкциями, приведенными в приложении Б.
2. Для определения основных технологических параметров проекта:
 - 2.1. Установить глобальные зазоры проекта.
 - 2.2. Установить зазоры между различными объектами.
 - 2.3. Установить правила размещения компонентов.
3. Для упаковки схемы на печатную плату:
 - 3.1. С помощью команды **Library Setup** подключить библиотеки, содержащие используемые в схеме компоненты.
 - 3.2. Установить необходимый шаг сетки рабочего поля.
 - 3.3. В слое **Board** нарисовать на рабочем поле замкнутый контур печатной платы.
 - 3.4. Загрузить файл электрических соединений с помощью команды **Utils Load Netlist**, определив его имя и выбрав входной формат списка цепей **Tango**. (В результате загрузки файла электрических соединений над верхним краем печатной платы появится изображение радиоэлементов с соответствующими электрическими связями).
4. Для размещения компонентов на плате:
 - 4.1. Выделять перемещаемые элементы с помощью маркера, и перемещением мыши устанавливать выделенные элементы в требуемую позицию.
 - 4.2. Произвести автоматическое выравнивание компонентов.
5. При редактировании компонентов:
 - 5.1. В случае необходимости скорректировать свойства компонента, выполнив команду **Edit/Properties**.
 - 5.2. Для проверки расположения компонента на печатной плате, проверки цепей, подсоединенных к компоненту, используется команда **Edit/Components**.
6. При оптимизации электрических связей:
 - 6.1. С помощью команды **Utils/Optimize Nets** минимизировать общую длину физических связей между компонентами, используя метод ручной парной перестановки эквивалентных вентилей и выводов.
 - 6.2. Оптимизировать гистограмму плотности соединений, используя метод автоматической оптимизации.

Занятие 6. Трассировка соединений

Задание

1. Задать правила трассировки соединений.
2. Выполнить автоматическую трассировку соединений.
3. Создать и подключить области металлизации.
4. Произвести верификацию печатной платы.
5. Выполнить печать проекта.

Порядок выполнения работы

1. При задании правил трассировки соединений:
 - 1.1. Используя меню **Options/ Design Rules** в закладках **Design** и **Layer** установить необходимые зазоры между различными объектами и цепями.
 - 1.2. В диалоговом окне **Edit/Nets** после выполнения одноименной команды установить атрибуты выбранной цепи.
2. При выполнении автоматической трассировки соединений:
 - 2.1. Выполнить команду **Route/Autorouters** и выбрать встроенный авто-трассировщик Quick Route.
 - 2.2. В диалоговом окне **Options Layers** произвести дополнительную настройку проекта перед автотрассировкой.
 - 2.3. В поле **Routing Grid** окна **Route Autorouters** выбрать шаг сетки трассировки, исходя из максимального количества проводников, которые необходимо проложить между выводами компонентов.
 - 2.4. Кнопкой **Start** включить процесс автотрассировки, осуществляя контроль за ее ходом после выполнения команды **Route/Info**.
 - 2.5. При необходимости скорректировать результат, используя приемы ручной или интерактивной трассировки.
3. При создании и подключении области металлизации:
 - 3.1. Вычертить необходимый контур области металлизации в виде полигона после выполнения команды **Place/Cooper Pour**.
 - 3.2. В закладке *Style* области **Fill Characteristics** окна **Cooper Pour Properties** определить способ металлизации, ширину линий штриховки, расстояние между линиями штриховки
 - 3.3. По команде **Place/ Cutout** производятся необходимые вырезы в области металлизации.

- 3.4. Используются опции закладки ***Island Removal*** выполнить очистку области металлизации от не присоединенных ни к одной цепи «островков» с малыми размерами.
4. В процессе верификации печатной платы:
 - 4.1. Выставить необходимые параметры проверки в окне **Utils Design Rule Check** после выполнения команды **Utils/DRC**.
 - 4.2. Выполнить поиск и анализ всех выявленных ошибок по команде **Utils/Find Errors**.
 - 4.3. Провести соответствующие действия для исправления всех выявленных ошибок.
5. При выполнении установок и печати проекта:
 - 5.1. В диалоговом окне **Setup Print Jobs** в области **Display Options** выбрать необходимые действия, которые необходимо выполнить до вывода на печать.
 - 5.2. В области **Print Adjustments** настроить масштаб и смещение по осям координат.
 - 5.3. В области **Drill Symbols** настроить размеры условных обозначений центров сверления.
 - 5.4. Предварительно просмотреть файл печати на экране после нажатия кнопки **Print Preview**.
 - 5.5. Вывести на печать проект и файл отчетов нажатием кнопок **Generate Printouts** в окне **File Print** и **Generate** из окна **File Reports**.

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.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Настройка среды графического редактора P-CAD Schematic

Настройка конфигурации

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

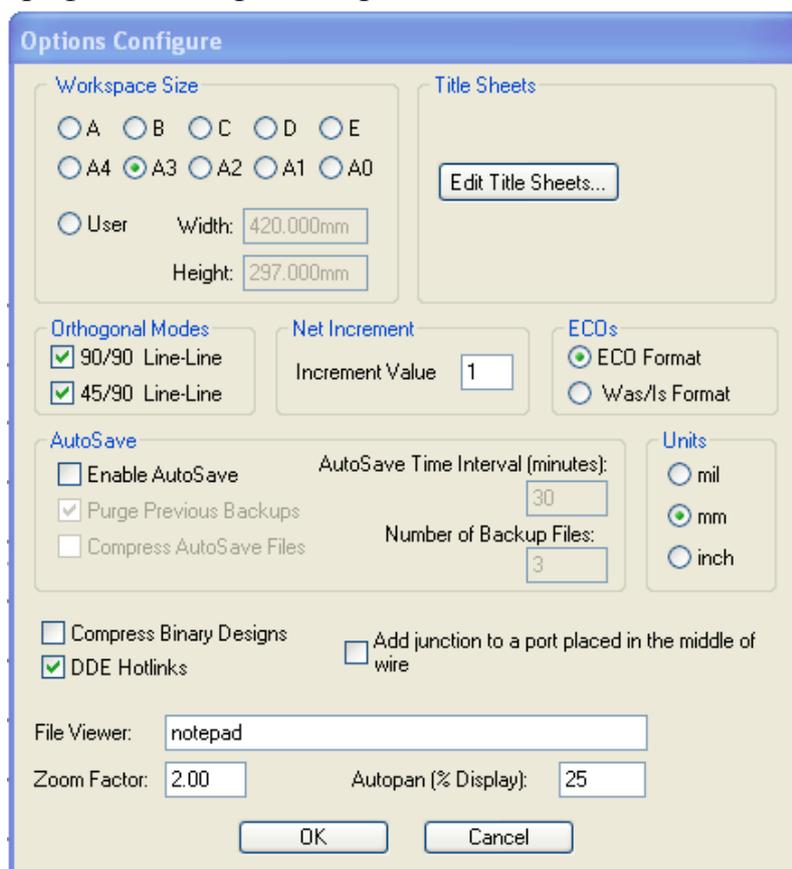


Рис. П.А.1. Диалоговое окно **Options Configure**

баритные размеры выбранного листа отображаются в строках **Width** (ширина) и **Height** (высота). В стандартных форматах длинная сторона листа располагается по горизонтали. Нестандартные размеры листа схемы устанавливаются нажатием кнопки **User** и определением размеров рабочего поля: **Width** (ширина) и **Height** (высота).

В области **Title Sheet** определяют форматку листа – файл формата с рамкой, основной и дополнительной надписями для нового проекта. Кнопка **Edit Title Sheets** включает стандартное диалоговое окно **Options Sheets** для задания директории и имени файла форматки. Чертежи форматок создаются заранее с помощью **P-CAD Schematic** и заносятся в файлы с расшире-

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).

В области **Work-space Size** выбирают один из стандартных форматов листа схемы в американской (A, B ... E) или европейской (A4, A3 ... A0) системах. Га-

ниями имени .TTL. Кнопкой **Select** включается стандартное диалоговое окно **Windows** для выбора директории и имени файла форматки и после нажатия кнопки **Modify** выбранный файл по умолчанию подключается к ранее выбранному стандартному формату.

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 (\leftarrow , \uparrow , \rightarrow , \downarrow), ко-

гда 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.А.2).

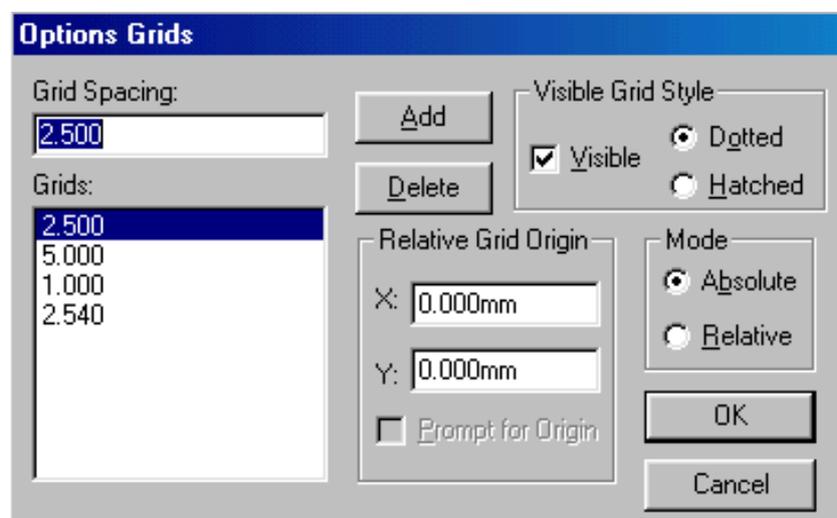


Рис. П.А.2. Диалоговое окно **Options Grids**

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.А.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 многолистового проекта. После вызова команды появляется диалоговое окно **Options Sheets** (рис. П.А.4).

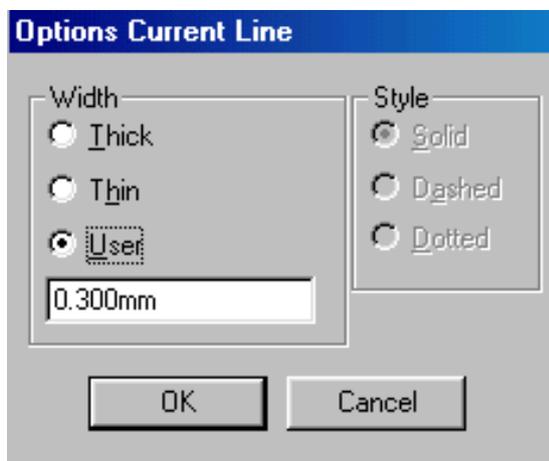


Рис. П.А.3. Диалоговое окно Options **Current Line**

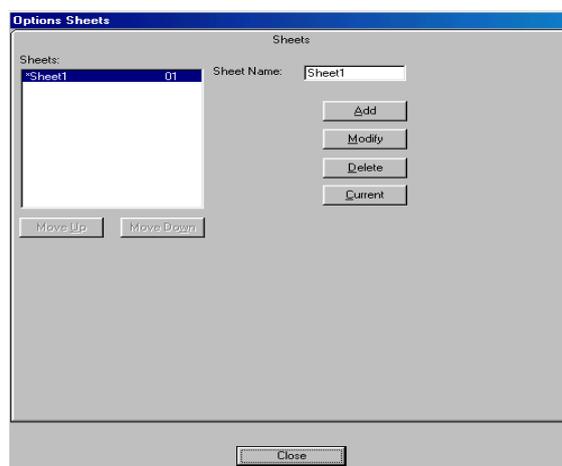


Рис. П.А.4. Диалоговое окно настройки листов многолистового проекта

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

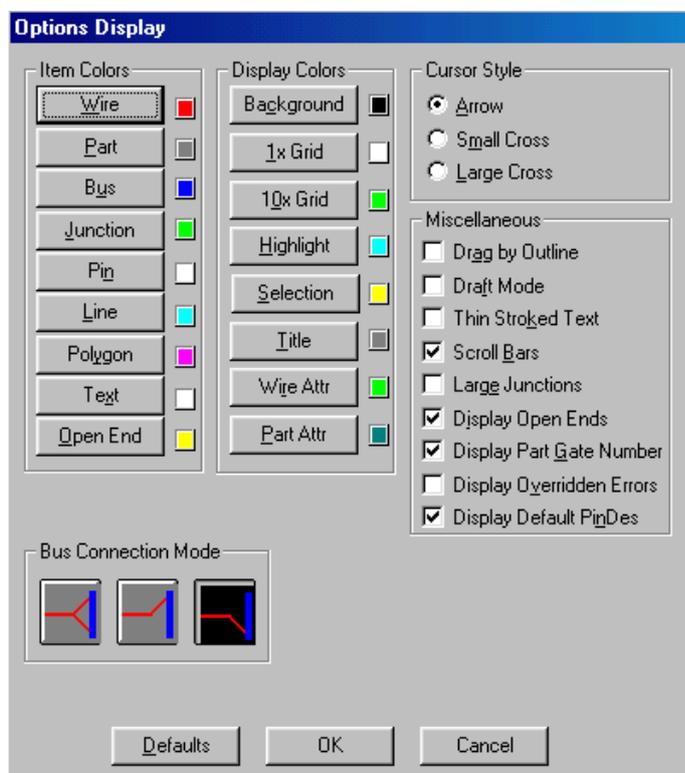
Команда **Options/Display** задает цвета различных объектов, стиль изображения шин и ряд других параметров. После вызова команды открывается диалоговое окно **Options Display** (рис. П.А5).

В области **Item Colors** устанавливают 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.

или цепи.



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.

Рис. П.А.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

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.А.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. П.Б7), в котором в поле **Style Name** необходимо задать имя нового стиля текста, а в списке **Based On** можно выбрать базовый стиль.

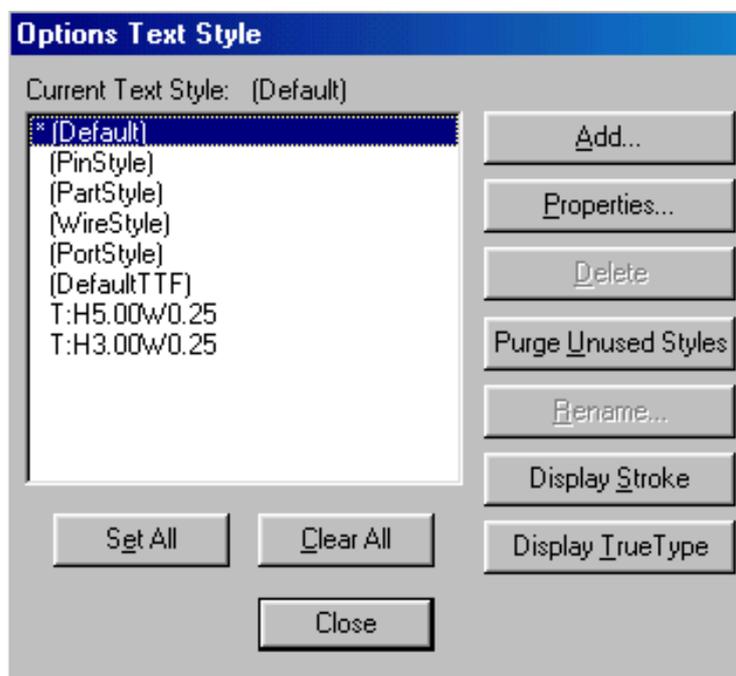


Рис. П.БА.6. Диалоговое окно Options Current Line

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**.

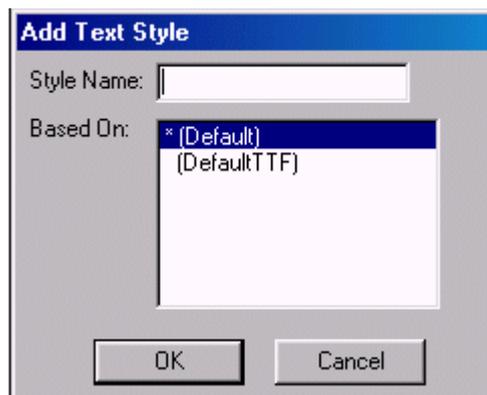


Рис. П.А.7. Диалоговое окно **Add Text Style**

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

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

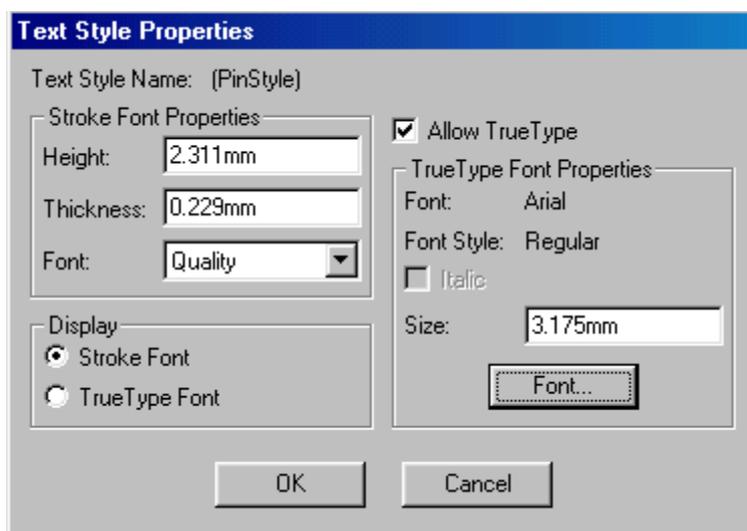


Рис. П.А.8. Диалоговое окно **Text Style Properties**

широту линии, а в открываемся 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 необходи-

мость 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 Б

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.Б.1).

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

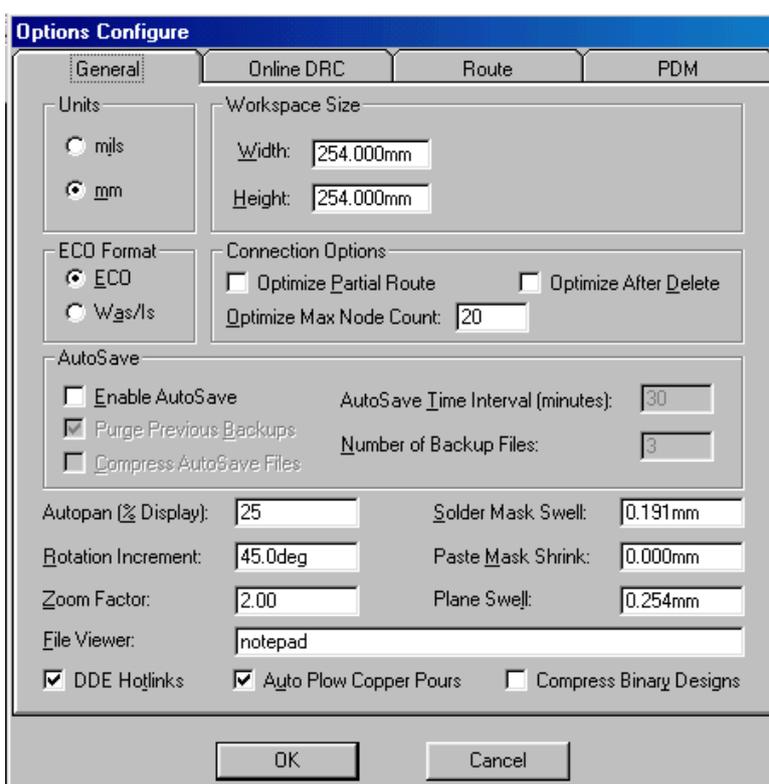


Рис. П.Б.1. Диалоговое окно **Options Configure**

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.Б.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.Б.4), которое имеет две закладки: **Layers** – настройка и **Sets** – группировка слоев.

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

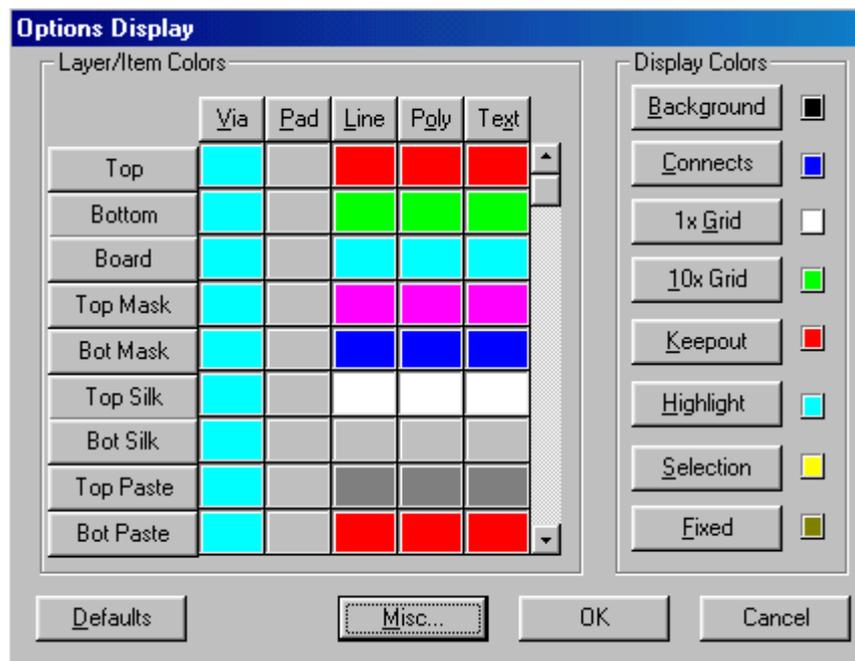


Рис. П.Б.2. Настройка параметров дисплея

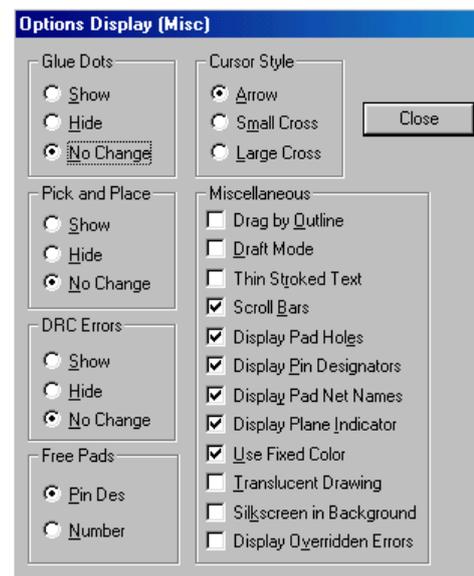


Рис. П.Б.3. Дополнительное окно настройки параметров дисплея

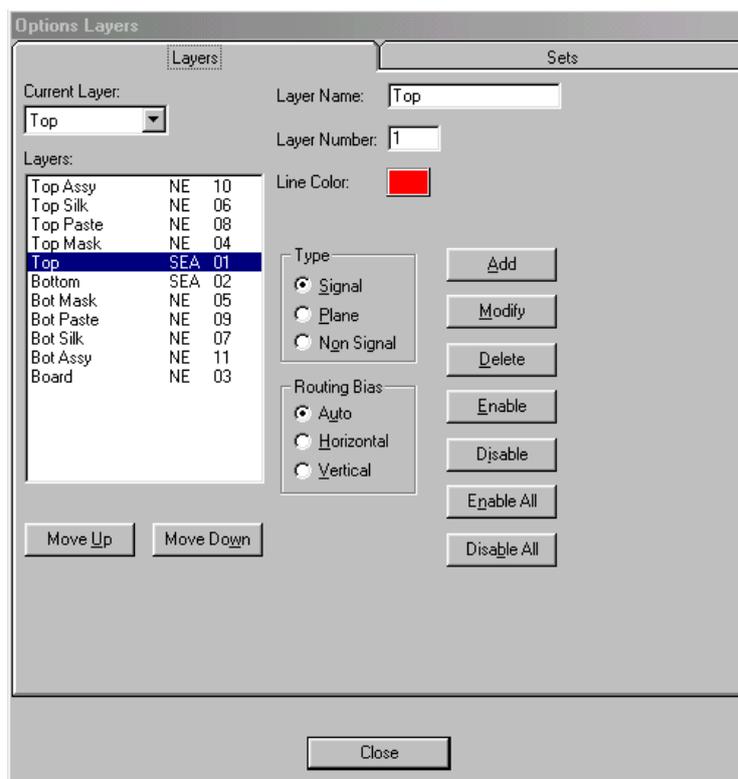


Рис. П.Б.4. Диалоговое окно **Options Layers**

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**

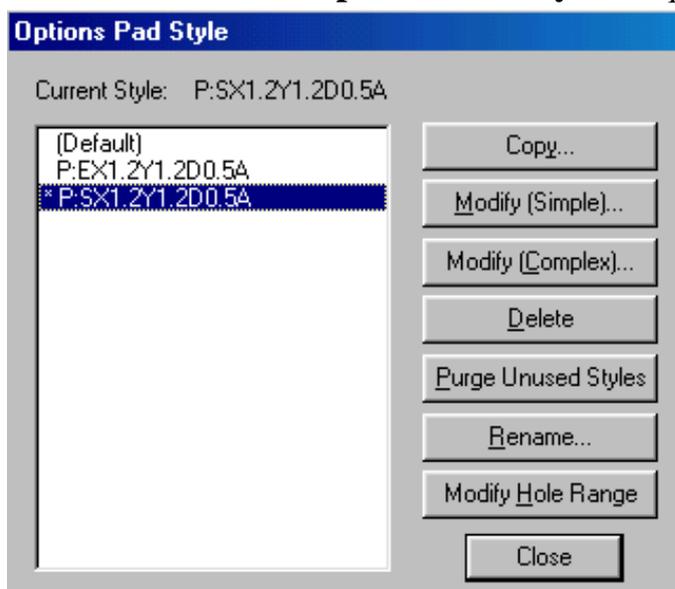


Рис. П.Б.5. Диалоговое окно **Options Pad Style**

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

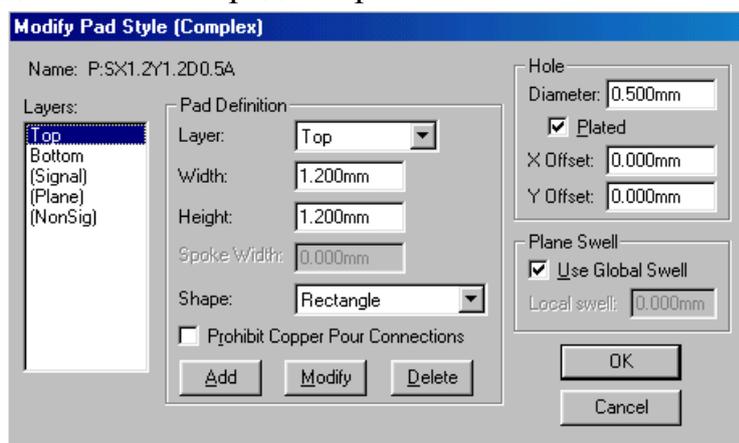


Рис. П.Б.6. Диалоговое окно сложного редактирования стиля контактной площадки

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:

Pad Style (рис. П.Б.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 мо-

дификация); **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 для сложного редактирования стиля контактной площадки (рис. П.Б.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**

- **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 точ-

но 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКАХ ПРОГРАММЫ P-CAD

П.А.1 Программа P-CAD Schematic

SCHNETPG.CPP (411) V12.00 SCH

Причина: если при выборе в блоке добавить порт, выбрать его стиль, и после этого щелкнуть по клавише Nets Tab, то будут получены неожиданные условия в модуле SCHNETPG.

Действия: это предупреждение несущественно, можно продолжать работу.

VIEWPART.CPP (465) V12.00 SCH

Причина: при выполнении команды Edit/Parts изменено позиционное обозначение символа Reference Designator.

Действия: это предупреждение несущественно, можно продолжать работу.

ASCIIFNC.CPP (1752) V12.00 SCH

Причина: в определении компонента указан корпус с ненулевым числом выводов, но в определении корпуса выводы отсутствуют.

Действия: любые определения выводов игнорируются, если указано, что число выводов равно -1.

WINUTIL.CPP (1511) V12.00 SCH

Причина: при работе под управлением Windows NT сделана попытка вызвать P-CAD PCB из меню Utils, в то время как для запуска P-CAD PCB имеется отдельная иконка.

Действия: это предупреждение несущественно, можно продолжать работу.

PINTOOL.CPP (305) V12.00 SCH

Причина: после создания графики символа компонента выбрана точка расположения вывода. При этом система обнаружила, что команда Place/Port уже запущена. Очевидно, при предыдущем обращении к этой команде произошло ее аварийное завершение.

Действия: сохраните проект под другим именем. Затем завершите работу с программой и загрузите ее вновь.

EDITNET.CPP (233) V12.00 SCH

Причина: при выборе шины перед выполнением команды Edit/Nets автоматически выбирается тип шины и окно Net Filter Box становится, недоступным (оно станет доступным, если сначала выполнить команду Edit/Nets и затем выбрать шину).

Действия: не выбирайте шину перед выполнением команды Edit/Nets.

PIN2.CPP (102) V12 SCH

Причина: после выполнения операции с портом он остался открытым в то время как для следующей операции порт должен быть закрыт.

Действия: это предупреждение несущественно.

TANGODLG.CPP (2897) V12.00 SCH

Причина: система не может открыть диалоговое окно. Имеются две возможные причины:

1)недостаточны ресурсы системы для открытия диалогового окна свойств компонентов, имеющих большие размеры;

2)файл schrsc.dll от старой версии программы или испорчен.

SCHPORT.CPP (1964) V12.00 SCH

Причина: сделана попытка сохранить проект, в котором имеются нераспознаваемые объекты, в частности, не распознаются стили портоЕ (нет совместимости назад, имеется только совместимость вперед).

SCH.CPP (377) V12.00 SCH

Причина: при установке системы на платформе Windows NT ука-

заны неверные пароли.

Действия: установить систему заново, проверяя правильность заполнения всех полей номеров лицензий и паролей.

П.А.2 Программа P-CAD PCB

ENV.CPP (626) V12.00 PCB

Причина: после ввода ширины линии 0.01 на строке состояний появляется значение 0.0. При переключении значений ширины линии нажатием клавиши **W** каждый раз после появления значения 0.0 появляется это сообщение об ошибке.

Действия: это предупреждение несущественно, можно продолжать работу. Выполните команду **Options>Current Line** и удалите эту ширину линии.

NETCLASS.CPP (134), или (261), или (262), или (606) V12.00 PCB

Причина: при работе с проектом, имеющим информацию в окне **Net Classes**, выполнены команды **File>Clear**, **File>Gerber In** и затем попытались выполнить одно из следующих действий:

- сохранение загруженного Gerber-файла как PCB-файла;
- переход в диалог **Net Classes** в очищенном файле;
- выполнение команды загрузки файла электрических связей **Utils/Load/Netlist** в очищенном файле.

Действия: если вы открыли диалог **Net Classes** и собираетесь с помощью команды **File/Clear** не только просмотреть Gerber-файл, но и выполнить другие действия, необходимо предварительно удалить информацию из окна **Net Class**.

GLOBALPG.CPP (440) V12 00 PCB

Причина: нажата клавиша **Update** в окне команды **Options/Design Rules**, когда выбрано несколько слоев, которые имеют разные значения зазоров (например, в поле значений появился «пробел»).

Действия: при обновлении значений нескольких выбранных зазоров (например, обновлении зазоров на всех сигнальных слоях и затем на

слоях металлизации) следите за корректностью данных.

DRCMGR2.CPP (2082) V12.00 PCB

Причина: переполнение буфера, используемого для записи сообщений о нарушениях зазоров в файле протокола DRC. Слишком большая длина строки (вероятно, более 200 символов) явилась причиной нарушения зазоров.

Действия: разделите текст большого объема на два или три разных текста.

PCB.CPP (391) V12.00 PCB

Причина: при установке системы на платформе **Windows NT** указаны неверные пароли.

Действия: установить систему заново, проверяя правильность заполнения всех полей номеров лицензий и паролей.

PCBRLMGR.CPP (866) V12.00 PCB

Причина: установлен зазор, равный 0.

Действия: проверьте, чтобы все зазоры были больше 0. Также проверьте, чтобы на полях **Via to Via** не было неожиданных данных.

TANGOARC.CPP (724) V12.00 PCB

Причина: выбрано две или более дуги и сделана попытка изменить значения ширины линии или радиуса.

Действия: это предупреждение несущественно, можно продолжать работу.

CLSCLSSPG.CPP (216) V12.00 PCB

Причина: при указании имени класса цепей **Net Class** использован пробел, после чего перешли к определению правил зазоров между классами **Class to Class**, содержащими эти имена с пробелами.

Действия: переименуйте класс и не включайте в его имя пробел.

VIEWCOMP.CPP (458) V12.00 PCB

Причина: при выполнении команды **Edit/Component** изменено позиционное обозначение **Reference Designator**.

Действия: это предупреждение несущественно, можно продолжать работу.

LAYERSET.CPP (311) V12.00 PCB

Причина: в перечне слоев имеется имя слоя, которое больше не

существует в проекте.

Действия: удалите заданный пользователем перечень слоев и создайте его вновь.

PLCDIMTL.CPP (395) V12.00 PCB

Причина: при выполнении команды **Place>Dimension** и переходе от одной точки к другой используется комбинация нажатия клавиши «Пробел» и щелчок левой кнопкой мыши в ответ на приглашение «Press left and hold or space to begin selection of text location».

Действия: продолжайте работать при появлении одного или нескольких подобных сообщений и, как только они закончатся, нажмите правую клавишу мыши или **Esc** для отмены размещения размерностей. Кроме того, сохраните проект в файле ASCII под другим именем, завершите работу с программой и загрузите проект вновь.

PCBNET.CPP (1616) V12.00 PCB

Причина: при попытке сохранить файл проекта обнаружены свободные контактные площадки, наложенные на контактные площадки компонента. При этом свободные контактные площадки имеют номера выводов, отличные от 0.

Действия: удалите свободные контактные площадки.

TEXTTOOL.CPP (273) V12.00 PCB

Причина: после создания корпуса компонента и размещения атрибутов сделана попытка повернуть атрибут.

Действия: это предупреждение несущественно, можно продолжать работу.

PCBDIMTL.CPP (124) V12.00 PCB

Причина: перед просмотром Gerber-файлов выполнена команда очистки File/Clear, после завершения просмотра Gerber-файлов выполнена команда очистки. Проект загружен на пустое рабочее пространство и затем сохранен.

Действия: в конфигурации слоев сохраненного проекта имеются дополнительные слои, которые больше не существуют. Они существовали только при просмотре Gerber-файлов. Удалите эти слои в меню команды, если они не нужны в проекте.

BSTLIN.CPP (687) V12.00 PCB

Причина: при загрузке в P-CAD PCB бинарного файла не определен текущий слой.

Действия: перед загрузкой проекта установите в диалоге Layer Map слой TOP текущим.

UNDOMGR.CPP (974) V12.00 PCB

Причина: перед записью сообщений ECO не были стерты предыдущие записи.

Действия: это предупреждение несущественно.

DRCMGR.CPP (974) V12.00 PCB

Причина: нарушены зазоры между текстом большого размера. Например, на слое шелкографии имеется текст, содержащий более 150—200 символов.

Действия: найдите на слое шелкографии текст, вызывающий эти затруднения и разделите его на два или более коротких текста.

PADVIA.CPP (829) V12.00 PCB

Причина: имеется стек переходных отверстий, который считается принадлежащим какому-то компоненту, но на самом деле является свободным.

Действия: сохраните файл в формате ASCII, закройте его и загрузите снова.

ANGOPOLY.CPP (396) V12.00 PCB

Причина: обнаружен полигон, имеющий менее 3 вершин.

Действия: найдите и удалите этот полигон.

TANGOPOLY.CPP (1109) V12.00 PCB

Причина: на полигоне обнаружены запрещенные в P-CAD PCB точки.

Действия: удалите слой металлизации и создайте его заново.

PRINTDLG.CPP (124) V12.00 PCB

Причина: Испорчена установка слоев проекта.

Действия: Удалите параметры установки слоев в диалоговом окне **Options/Layers**.

TANGTEXTCPP (991) OR (2107) V 12.00 PCB

Причина:

- 1) выбрано несколько компонентов одного уровня;
- 2) изменен тип компонента во время редактирования параметров корпуса;
- 3) атрибуты заменяемых компонентов имеют разную ориентацию или стили (например, компонент C1 имеет атрибут А стиля S1, а компонент C2 имеет атрибут А стиля S2, и оба компонента заменяются другим).

Действия: можно заменить эти компоненты одновременно или заменить только компоненты, ориентация или стиль атрибутов которых совпадают. См. также комментарий к ошибке **TANGTEXT.CPP (2107)** и, если файл проекта имеет формат **ASCII**, попробуйте найти отрицательные углы ориентации, хотя их наиболее вероятное значение равно -1. Если найдете отрицательный угол ориентации, замените его положительным значением или нулем.

CUPOUR.CPP (535) V12.00 PCB

Причина: имеется дуга с нулевым радиусом. *Действия:* удалите эту дугу. **COMPONENT.CPP (1562) V12.00 PCB**

Причина: в процессе сравнения списков цепей при выполнении команды DRC обнаружен вывод, имеющий положительное значение кода эквивалентности **Gate Equivalence**, но число секций (или номер символа #) для компонента, которому принадлежит этот вывод, равно 0.

Действия: найдите этот компонент и замените его правильным.

CPP (4723) V12.00 PCB

Причина: при выполнении команды **Options>Pad Style** выбран диалог! **Modify Simple**. Модифицируемый стиль стека контактных площадок имеет отверстие нулевого диаметра, а смещение его центра не равно нулю.

Действия: смещение центра отверстия можно изменить только в диалоге **Modify Complex**, в диалоге **Modify Simple** оно считается равным нулю.

П.А.3 Программа PRO ROUTE

9500. <текст сообщения об ошибке>

Причина: приводится сообщение об ошибке, содержащее исчерпывающую информацию.

9501. Checkpoint file is incomplete.

(Файл текущих результатов трассировки не полон.)

Причина: в файле текущих результатов пропущены существенные данные.

Действия: необходимо вернуться к предыдущей версии этого файла или выполнить трассировку повторно.

9502. Conflicting width detected.Net class will not be routed.

Net class: <имя класса цепей>

Pass: <имя прохода>

(Обнаружены конфликты в данных о ширине проводников. Класс цепей не будет разведен. Класс цепей: <имя класса цепей>. Проход трассировки: <имя прохода>.)

Причина: PRO Route может развести на одном проходе цепи, имеющие одинаковую ширину. Однако в полученной инструкции указаны цепи с разной шириной трасс.

Действия: проблемы уменьшаются, если выбрать режим Auto pass selection в диалоге выбора проходов трассировки.

9503. The router's working storage limit has been exceeded. Failed from-tos: <значение>.

(Превышен лимит памяти, отводимый авторазводчику.)

Причина: авторазводчик требует дополнительной памяти для хранения данных о соединениях. Некоторые соединения не будут разведены. Это сообщение обычно сопровождается сообщением об ошибке 9504.

Действия: для завершения трассировки платы необходимо увеличить объем ОЗУ или изменить стратегию трассировки так, чтобы уменьшить необходимый объем памяти.

9504. Storage required for from-tos can be decreased by routing on a

coarser grid, on fewer layers, or without diagonals.

(Объем необходимой памяти может быть уменьшен применением более грубой сетки, уменьшением числа слоев или запретом трассировки по диагонали.)

Причина: это сообщение обычно сопровождает сообщение об ошибке 9503. Предлагается предпринять меры для уменьшения требуемого объема памяти, чтобы закончить трассировку.

9505. Error opening router file. File: <имя файла>.

(Ошибка открытия файла.)

Причина: возникла ошибка при открытии указанного файла.

Действия: убедитесь, что указано правильное имя каталога, что файл не имеет атрибута **Read-only** (открыт только для чтения), при чтении с дискеты она не защищена от записи.

9506. Single from-to detected. Connection will be skipped.

(Обнаружена ссылка только на один узел цепи. Соединение будет опущено.)

Причина: список соединений содержит неполные данные о соединениях и не может быть выполнен.

Действия: просмотрите цепи для обнаружения ошибки, исправьте ее и загрузите список соединений заново.

9507. Grid table overflow. Some data will be skipped.

(Таблица сетки переполнена. Некоторые данные будут опущены.)

Причина: трассировщику необходима дополнительная память для сохранения данных.

Действия: для завершения трассировки необходимо увеличить память или изменить стратегию трассировки так, чтобы дополнительная память не требовалась. **9508. Unable to allocate memory for cost tables.**

(Не хватает памяти для размещения таблиц весовых коэффициентов.).

Причина: трассировщику необходима дополнительная память для сохранения таблиц весовых коэффициентов.

Действия: для завершения трассировки необходимо увеличить

память или изменить стратегию трассировки так, чтобы дополнительная память не требовалась.

9509. Unable to allocate memory for wave front data.

(Не хватает памяти для размещения данных волнового алгоритма.)

Причина: трассировщику необходима дополнительная память для сохранения текущих данных трассировки.

Действия: для завершения трассировки необходимо увеличить память или изменить стратегию трассировки так, чтобы дополнительная память не требовалась.

9510. Unable to allocate memory for from-to data.

(Не хватает памяти для размещения данных о соединениях.)

Причина: трассировщику необходима дополнительная память для сохранения данных о соединениях.

Действия: для завершения трассировки необходимо увеличить память или изменить стратегию трассировки так, чтобы дополнительная память не требовалась.

9511. Unable to allocate memory for padstack data.

(Не хватает памяти для размещения данных о стеках контактных площадок.)

Причина: трассировщику необходима дополнительная память для сохранения данных о стеках контактных площадок.

Действия: для завершения трассировки необходимо увеличить память или изменить стратегию трассировки так, чтобы дополнительная память не требовалась.

9512. Error opening checkpoint file.

(Ошибка открытия файла текущих результатов трассировки.)

Причина: невозможно открыть файл текущих результатов трассировки.

Действия: убедитесь, что правильно указано имя каталога, что файл не имеет атрибута «только для чтения» и, если файл считывается с дискеты, не включена защита записи.

9513. Error writing to the checkpoint file.

(Ошибка записи файла текущих результатов трассировки.)

Причина: невозможно записать данные в файл текущих результатов трассировки. На диске нет свободного места, или дискета защищена от записи.

Действия: убедитесь, что на жестком диске достаточно свободного места для записи файла, а если вы хотите записать его на дискету, то не включена защита от записи.

9514. FORTRAN 77 input/output error. Status: *<статус ошибки>*.

(Ошибка ввода/вывода **FORTRAN 77**. Указан статус ошибки.)

Причина: возникла ошибка при вводе или выводе данных программы трассировки.

Действия: запишите статус ошибки и свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9515. Too many grid points in the X or Y directions. **Required:** *<необходимое число точек сетки>*

Limit' *<разрешенное максимальное число точек сетки>*

(Слишком много точек сетки по осям X, Y. Указаны необходимое и возможное количество точек сетки.)

Причина: трассировщик имеет ограничение на общее количество точек сетки. При запуске трассировщика это ограничение превышено.

Действия: убедитесь в том, что контур ПП нанесен на слое **Board** и что этот слой включен (**Enable**). Попробуйте переместить в узлы сетки трассировки компоненты, расположенные вне сетки, или выбрать более грубую сетку трассировки.

9516. Reduce required grid points by using a coarser grid.

(Необходимо выбрать более грубую сетку для уменьшения числа узлов сетки.)

Причина: это сообщение обычно следует за сообщением об ошибке 9515. *Действия:* необходимо уменьшить общее число точек сетки.

9517. Unable to allocate memory for grid. Required: <#байт> bytes.

(Не хватает памяти для размещения сетки трассировки. Требуется <#

байт>.)

Причина: трассировщику требуется дополнительная память для сохранения данных о каждой точке сетки. Указан минимальный объем памяти для размещения этих данных. Для размещения остальных данных требуется дополнительная память.

Действия: для завершения трассировки необходимо увеличить память или изменить стратегию трассировки так, чтобы дополнительная память не требовалась.

9518. Inconsistent nested via ranges.

(Несовместимые данные о переходных отверстиях.) *Причина:* трассировщик получил некорректные данные о ПО.

Действия: свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9519. Track outside circuit edge will be ignored. Start: (*<координата x>, <координата y>.*) **End:** (*<координата x>, <координата y>.*)

(Трасса вне контура ПП игнорируется. Указаны координаты начала и конца трассы.)

Причина: предварительно проложенная трасса находится вне контура ПП и будет игнорирована.

Действия: если сочтете необходимым, продолжайте трассировку. В противном случае прервите трассировку и удалите или передвиньте трассу внутрь контура ПП.

9520. Pin outside circuit edge will be ignored. Center: (*<координата x>, <координата*

>.) (Вывод вне контура ПП игнорируется. Указаны координаты его центра.) *Причина:* вывод расположен вне контура ПП и будет игнорирован.

Действия: если сочтете необходимым, продолжайте трассировку. В противном случае прервите трассировку и удалите или передвиньте объект внутрь контура ПП.

9521. Via outside circuit edge will be ignored. Center: (*<координата x>, <координата*

>.) (ПО вне контура ПП игнорируется. Указаны координаты его цен-

тра.)

Причина: предварительно размещенное ПО расположено вне контура ПП и будет игнорировано.

Действия: если сочтете необходимым, продолжайте трассировку. В противном случае прервите трассировку и удалите или передвиньте ПО внутрь контура ПП.

9522. Unable to allocate segment data space.

(Невозможно разместить данные о расположении сегментов трасс.)

Причина: трассировщику требуется дополнительная память.

Действия: для завершения трассировки необходимо увеличить память или изменить стратегию трассировки так, чтобы дополнительная память не требовалась.

9523. Unable to allocate memory for segment data.

(Невозможно разместить данные о сегментах трасс.) *Причина:* трассировщику требуется дополнительная память.

Действия: для завершения трассировки необходимо увеличить память или изменить стратегию трассировки так, чтобы дополнительная память не требовалась.

9524. A pad references an undefined padstack. Pad ignored.
Location: (<координата x>, <координата y>.) **Padstack:** <имя стека контактных площадок>.

(Вывод содержит ссылку на неопределенный стек контактных площадок. Вывод игнорируется. Указаны координаты вывода и имя стека)

Причина: трассировщик получил некорректные данные о стеках контактных площадок.

Действия: свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9525. A via references an undefined padstack. Via ignored.
Location: (<координата x>, <координата y>)

Padstack: <имя стека контактных площадок>.

(ПО содержит ссылку на неопределенный стек контактных площадок. ПО игнорируется. Указаны координаты вывода и имя стека.)

Причина: трассировщик получил некорректные данные о ПО.

Действия: свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9526. Error reading router input data.

Too many passes may be scheduled (the maximum is 100).

(Ошибка чтения входных данных трассировщика. Задано слишком большое число проходов трассировки; максимально разрешено 100 проходов.)

Причина: передаваемые трассировщику данные некорректны или неполны.

Действия: если назначено очень много классов цепей, попробуйте уменьшить их количество или уменьшить количество проходов улучшения технологичности платы.

9527. Less than <значевие> working storage entries available.

Additional memory is required to complete the circuit.

(Доступны не все данные. Для завершения трассировки требуется дополнительная память.)

Причина: требуется дополнительная память для завершения трассировки. Текущие результаты сохранены и трассировка прекращена.

Действия: необходимо увеличить объем памяти или изменить стратегию трассировки.

9528. Via ranges will not permit interconnection of all layers.

(Данные о ПО не позволяют выполнить соединения всех слоев.)

Причина: трассировщик получил некорректные данные о ПО.

Действия: свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9529. Too many design rule classes for this pass.

(Для данного прохода назначено слишком много правил трассировки.)

Причина: в правила трассировки классов цепей включаются ширина трасс, тип ПО и максимальное количество ПО. Разрешается определять не более 16 классов, включая класс по умолчанию.

Действия: можно завершить трассировку платы интерактивно,

временно объединяя классы и проводя трассировку с меньшим количеством классов. После сохранения результатов трассировки можно определить дополнительные классы и продолжить трассировку частично завершенного проекта.

9530. Vias are allowed to be closer to tracks, pads, or other vias than tracks are allowed to be.

(ПО разрешено размещать ближе к трассам, контактными площадками и другим ПО.)

Причина: информационное сообщение. *Действия:* никаких действий.

9531. No passes were scheduled.

(Не задано ни одного прохода трассировки.) *Причина:* не составлено задание на трассировку.

Действия: заполните окно Pass Selection для задания проходов трассировки.

9532. A short was detected.

Nets: <имя цепи> and <имя цепи>.

Type: <объект> -to- <объект>.

(Обнаружено замыкание цепей. Указаны имена цепей и объектов.)

Причина: на ПП обнаружено замыкание цепей.

Действия: если замыкание преднамеренное, продолжайте трассировку и трассировщик будет воспринимать замкнутые цепи как единую цепь. В меню трассировщика включите опцию Error Messages/Output to Log File, чтобы сообщение о преднамеренном коротком замыкании не выводилось на экран. В противном случае прекратите трассировку и удалите замыкающиеся трассы.

9533. A(п) <объект> on net <имя цепи> was detected to prevent a short with net <имя цепи>.

(Указанный объект удален для предотвращения короткого замыкания. Указаны имя объекта и имена замыкаемых цепей.)

Причина: с ПП удален объект, приводящий к короткому замыканию

цепей.

Действия: свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9540. Invalid number of manufacturing passes.

Must be in the range {<минимум>-<максимум>").

(Неверное количество проходов улучшения технологичности ЦП. Оно должно находиться в указанных пределах.)

Причина: количество проходов улучшения технологичности ПП или слишком большое, или слишком малое.

Действия: введите значение, находящееся в указанных пределах.

9541. Invalid number of iterative passes.

Must be in the range (<минимум>-<максимум>).

(Неверно задано число итеративных проходов. Оно должно находиться в указанных пределах.)

Причина: число итеративных проходов или слишком большое, или слишком малое.

Действия: введите значение, находящееся в указанных **пределах**.

9542. Invalid check point interval.

Must be in the range (<минимум>-<максимум>).

(Неверно задан интервал времени автосохранения файла текущих результатов трассировки. Он должен находиться в указанных пределах.)

Причина: интервал времени автосохранения или слишком большой, или слишком малый.

Действия: введите значение, находящееся в указанных пределах.

9543. Invalid multiplier.

Must be in the range (<минимум>-<максимум>).

(Неверно задан множитель кратности шага сетки ПО. Он должен находиться в указанных пределах.)

Причина: множитель кратности шага сетки ПО или слишком большой, или слишком малый.

Действия: введите значение, находящееся в указанных пределах.

9550. Error detected by router. Routing terminated.

(Трассировщик обнаружил ошибку. Трассировка прекращена.)

Причина: трассировка прекращена не нормально. *Действия:* это сообщение обычно сопровождается другим, содержащим объяснение причины проблемы. Если никаких объяснений не последует, свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9551. Router did not start or exited unexpectedly.

(Трассировщик не стартует или неожиданно завершает работу.)

Причина: если это сообщение выводится в процессе инициализации трассировщика, то не хватает оперативной памяти для его запуска. В противном случае трассировка прекращена ненормально.

Действия: если не дано никаких объяснений, свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9552. Unable to open log file for writing. File: <имя файла>

(Невозможно открыть для записи файл протокола с указанным именем.)

Причина: указанный файл протокола трассировки не может быть открыт.

Действия: убедитесь, что на жестком диске достаточно свободного места для записи файла, а если вы хотите записать его на дискету, то не включена защита от записи.

9553. Log file name is not assigned.

(Не назначено имя файла протокола.)

Причина: имя файла протокола трассировки не указано.

Действия: в диалоговом окне команды **Route/Autorouters** введите имя файла протокола.

9554. Log file does not exist.

(Файл протокола не существует.)

Причина: трассировщик не может найти файл протокола, когда возникла необходимость дописать в него данные.

Действия: не удаляйте активный файл протокола во время трассировки.

9555. The maximum of <значение> passes has been reached. Routing will continue.

(Достигнуто максимально возможное значение проходов трасси-

ровки. Трассировка будет продолжена.)

Причина: задано слишком много проходов трассировки.

Действия: выберите меньшее значение итеративных проходов трассировки или проходов для улучшения технологичности платы или уменьшите число классов цепей.

9556. Error cleaning up design file.

(Ошибка стирания файла проекта.)

Причина: ошибка возникла при восстановлении первоначального вида файла ПП.

Действия: нельзя сохранять этот восстановленный файл, так как в нем может быть потерян ряд объектов. Вместо этого загрузите вновь исходный файл по команде **File/Open**.

9557. Unknown command received from the router: <значение>.

(Получена неизвестная команда от трассировщика.)

Причина: обнаружена внутренняя ошибка, но трассировка может быть с успехом продолжена.

Действия: если трассировка прекратилась, свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9558. Unknown error message from the router.

(Получено неизвестное сообщение от трассировщика.)

Причина: обнаружена внутренняя ошибка, но трассировка может быть с успехом продолжена.

Действия: если трассировка прекратилась, свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9559. The following files will be overwritten: <имя файла(ов)>.

Do you want to continue?

(Указанные файлы будут переписаны. Продолжать?)

Причина: предупреждающее сообщение о том, что перечисленные файлы будут переписаны.

Действия: если эти файлы содержат данные, которые должны быть сохранены, ответьте No. В противном случае в них будут записаны новые данные.

9560. The maximum of 15 net classes has been exceeded. (Разреше-

но не более 15 классов цепей.)

Причина: все цепи, имеющие одинаковую ширину трасс, тип ПО и максимальное число ПО, образуют класс цепей. Разрешено иметь до 15 различных классов цепей.

Действия: уменьшите количество значений ширины трасс, типов ПО и максимальное количество ПО в одной цепи для данного проекта.

9561. At least one layer must be enable for routing.

(Для разводки должен быть доступен, по крайней мере, один слой.)

Причина: трассировщику нужен хотя бы один сигнальный слой для трассировки.

Действия: сделайте доступным хотя бы один сигнальный слой.

9562. File name too long for router: <имя файла>

(Указанное имя файла слишком длинное.) *Причина:* имя файла слишком длинное

Действия: введите более короткое имя файла.

9563. File not found: <имя файла>.

(Указанный файл не найден.)

Причина: указанный файл недоступен.

Действия: проверьте имя диска, каталога и файла. Измените имя так, чтобы оно соответствовало существующему файлу.

9564. Strategy file name missing.

(Пропущено имя файла стратегии.)

Причина: в окне диалога команды Route/Autorouters не введено имя файла стратегии трассировки.

Действия: введите имя файла стратегии до начала трассировки.

9565. Error reading <тип> data.

(Ошибка чтения данных указанного типа.)

Причина: ошибка возникла при чтении указанных данных. На жестком диске может не хватать свободного места или может возникнуть проблема с файлом проекта. *Действия:* проверьте наличие достаточного свободного места на жестком диске. Если дело не в этом, свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.

9566. Error creating PCB object.

(Ошибка создания объекта ПП.)

Причина: ошибка возникла при создании объекта ПП.*Действия:* проверьте наличие достаточного свободного места на жестком диске. Если дело не в этом, свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.**9567. Error displaying RGB object.**

(Ошибка отображения объекта ПП.)

Причина: ошибка возникла при отображении объекта ПП. Может быть прервана связь с трассировщиком или на жестком диске может не хватать свободного места.*Действия:* проверьте наличие достаточного свободного места на жестком диске. Если дело не в этом, свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.**9568. Router file name is missing from PCB.INI.**(В файле **PCB.INI** пропущено имя программы автотрассировки.)*Причина:* в файле **PCB.INI** пропущено имя программы автотрассировки.*Действия:* повторите установку системы для автоматического обновления файла конфигурации **PCB.INI** или вручную добавьте следующие строки в конце этого файла:

```
[PRORoute] RouterExe^ <имя каталога> \proroute.exe.
```

где <имя каталога> — имя каталога, в котором установлена программа **P-CAD PRO Route**, например **RouterExe=C:\ACCEL\proroute.exe**.**9570. Error preparing file for routing.**

(Ошибка при подготовке файла для трассировки.)

Причина: ошибка произошла при инициализации объектов для трассировки. Возможно, не хватает дискового пространства или ОЗУ или имеются проблемы с проектом.*Действия:* проверьте наличие достаточного свободного места на жестком диске. Если дело не в этом, свяжитесь с ACCEL Technologies для получения дополнительной помощи.**9571. Loading the strategy file will update your current PCB design settings. Do you wish to continue?**

(Загрузка файла стратегии изменит установки текущего проекта. Продолжать?)

Причина: при загрузке файла стратегии изменяются значения параметров конфигурации, сохраняемые вместе с файлом ПП, например ширина текущей линии и стиль ПО, параметры трассировки, шаги сетки.

Действия: если текущие параметры должны быть сохранены, выберите ответ No, сохраните текущие параметры в файле стратегии с другим именем и затем снова загрузите нужный файл стратегии.

9575. Strategy file exists! "<имя файла>". Do you want to overwrite it?

(Указанный файл стратегии существует. Переписать его?)

Причина: это предупреждение о том, что файл стратегии с указанным именем существует и будет переписан.

Действия: если текущие параметры должны быть сохранены, выберите ответ No и в меню команды **Route/Autorouters** выберите другое имя файла стратегии. В противном случае в файл стратегии будут записаны новые данные.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СОЗДАНИЕ ОБРАЗОВ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТА.....	2
1.1. Создание и редактирование библиотечных элементов схемных образов компонентов	2
1.2. Создание и редактирование библиотечных элементов технологических образов компонентов	9
1.3. Создание библиотечного элемента, содержащего образ компонента.....	20
1.4. Внесение библиотечных элементов в библиотеки.....	24
2. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ.....	25
3. РАЗМЕЩЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ	
3.5 Настройка конфигурации.....	29

3.5	Управление слоями.....	29
3.5	Определение основных технологических параметров проекта.....	31
3.5	Упаковка схемы на печатную плату.....	33
3.5	Размещение компонентов на плате.....	36
3.5	Редактирование компонентов.....	37
3.5	Оптимизация электрических связей.....	38
4.	ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ.....	40
4.1	Задание правил трассировки соединений.....	40
4.2	Ручная трассировка соединений.....	42
4.3	Интерактивная трассировка соединений.....	43
4.4	Автоматическая трассировка соединений.....	44
4.5	Создание и подключение областей металлизации.....	49
4.6	Верификация печатной платы.....	52
5.	ПЕЧАТЬ ПРОЕКТА.....	53
6.	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	58
	Занятие 1. Создание и редактирование символов сложных компонентов электрической схемы с помощью программы P-CAD Schematic и P-CAD Symbol Editor.....	58
	Занятие 2. Создание и редактирование технологических образов сложных компонентов с учетом технологических параметров проекта.....	59
	Занятие 3. Определение взаимосвязи между схемными и технологическими библиотечными элементами с помощью менеджера библиотек проекта и внесение созданных компонентов в библиотеку.....	63
	Занятие 4. Создание и редактирование электрических принципиальных схем.....	64
	Занятие 5. Размещение компонентов на печатной плате.....	65
	Занятие 6. Трассировка соединений.....	67
6.	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	68
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Настройка среды графического редактора P-CAD Schematic.....	69
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Настройка среды графического редактора P-CAD PCB.....	76
	ПРИЛОЖЕНИЕ В. Сообщения об ошибках программы P-CAD.....	83