

2. РСВ-редактор

Цель работы: дать пользователям системы проектирования P-CAD 2001 основные знания и навыки создания топологии печатного монтажа.

2.1. Введение

Для размещения и трассировки печатных плат (ПП) в EDA P-CAD 2001 используется графический редактор РСВ. Данная аббревиатура расшифровывается как **Programm Computer Aided Drafting and Design Printed Circuit Board** – Компьютерная программа автоматизации проектирования и черчения печатных плат. На рис. 1 представлена копия экрана с загруженной ПП (данный файл ПП идет в стандартной поставке P-CAD 2001). Пиктограммы меню инструментов следующие:

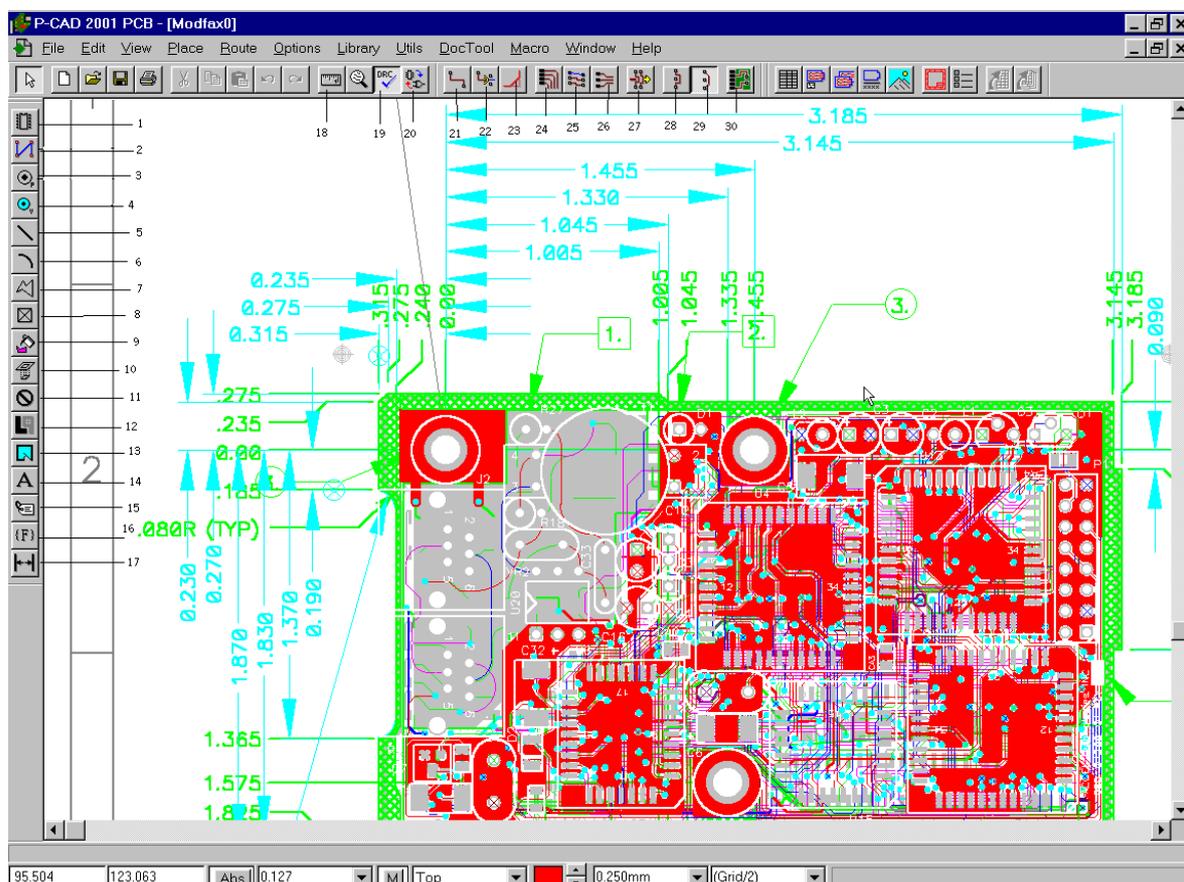


Рис. 1. Окно графического редактора РСВ.

1. **Place Component** – размещение корпуса элемента;
2. **Place Connaction** – ввод электрической связи;
3. **PlacePad** – размещение стека контактной площадки (КП);
4. **Place Via** – размещение переходного отверстия;
5. **Place Line** – рисование линии;

6. **Place Arc** – рисование дуги;
7. **Place Polygon** – рисование полигона;
8. **Place Point** – размещение точки привязки;
9. **Place Copper Pour** – размещение области металлизации;
10. **Place Cutout** – размещение выреза в области металлизации;
11. **Place Keepout** – создание барьера трассировки;
12. **Place Plane** – создание линии раздела слоя 11 металлизации;
13. **Place Room** – создание «комнаты»;
14. **Place Text** – размещение текста;
15. **Place Attribute** – размещение атрибута;
16. **Place Field** – размещение строки данных трасс;
17. **Place Dimension** – простановка размера;
18. **Measure** – измерение расстояния;
19. **Online DRC** – проверка соблюдения ограничений;
20. **Record ECOs** – начать/закончить запись файла изменений;
21. **Rout Manual** – прокладка проводников вручную;
22. **Route Interactive** – прокладка проводников в интерактивном режиме;
23. **Route Miter** – сглаживание изгиба проводников;
24. **Route Bus** – прокладка шин;
25. **Route Multi Trace** – прокладка нескольких проводников;
26. **Route Fanout** – создание стингеров;
27. **Push Traces** – отталкивание трасс;
28. **Maximize Hugging** – улучшение огибания препятствий;
29. **Minimize Length** – уменьшение длины;
30. **Visible Routing Area** – отображение области трассировки.

Как видно из рисунка, ряд обозначений и все размеры проставлены по американским стандартам, что не совпадает с российскими стандартами (с ЕСКД, в частности). Это говорит о том, что **полную** конструкторскую документацию следует выпускать в **CAD**-системах машиностроительного направления, поддерживающих ЕСКД. Более того, при выпуске сборочного чертежа требуется как минимум две проекции **ПП**, а **P-CAD 2001** позволяет создать только одну (вид сверху на **ПП**). К данному моменту в конце методического пособия еще вернёмся.

Как видно из рисунка, все размеры и ряд обозначений проставлены по американским стандартам, что не совпадает с российскими стандартами, т.е. ЕСКД. Это говорит о том, что **полную** конструкторскую документацию следует выпускать в **CAD**-системах, поддерживающих ЕСКД. Более того, при выпуске сборочного чертежа требуется как минимум две проекции **ПП**, а **P-CAD 2001** позволяет создать только одну

(вид сверху на **ПП**). К данному моменту в конце методического пособия еще вернёмся.

Наиболее подробные рекомендации по проектированию **ПП** даны в [3...6]. **Составитель** особенно *рекомендует обратить внимание* на гл. 4 «*Конструкторско-технологические параметры печатных плат*» [5]. При этом составитель отмечает, что в [5] сама работа в **PCB**-редакторе дана недостаточно подробно.

1. Настройка **PCB**-редактора

Так же как и при работе с редактором **Schematic**, начало работы с **PCB**-редактором заключается в настройке системы под Ваш проект **ПП**. В меню **Options** выбирают команды **Configure**, **Display**, **Layers**, **Grids** и др. *И, далее, в качестве напоминания (по предыдущей работе):*

Замечание: некоторые параметры настройки **PCB**-редактора заносятся в файл **PCB.INI**, к ним, в частности, относятся:

- список значений ширины линий;
- *имена загружаемых библиотек (!)*;
- размер рабочей области;
- соответствие слоев **ПП** в форматах **Master Design** и **P-CAD**;
- размеры отверстий в контактных площадках и переходных отверстиях, устанавливаемых по умолчанию (Default).

Другие параметры хранятся в файле **ПП**:

- системы единиц;
- набор шагов сетки;
- стили текста;
- имена и состояния слоев **ПП**.

Таким образом, каждый следующий пользователь в начале работы сталкивается с файлом настройки (.INI-файлом) чужого проекта (задания). При этом обратите на вторую строку перечня конфигурации – это означает, что при повторном запуске **PCB.EXE** пользователь, загрузив свой файл-схему, увидит некоторое несоответствие библиотек.*

Загружать файл с форматкой нет смысла: возможности **P-CAD** не позволяют создать сборочный или иной чертеж по всем требованиям ЕСКД, *это делается только в машиностроительном САПР.*

1.1. Задание глобальных параметров проекта

По команде **Options | Configure** на закладке **General** (Общие) в графе **Units** (Единицы измерения) выбирают английскую (**mils**) или метрическую (**mm**) систему единиц.

Замечание: На практике, как правило, работают в дюймовой сис-

теме единиц ($1\text{mils}=0.001$ дюйма). Однако, выбор системы измерения зависит от того, на каком оборудовании будут изготовлены фотомаски и каким является управляющий формат станка для сверления и фрезерования платы. Поэтому (для реальных проектов) перед началом работы над ПП следует определиться с производителем, чтобы в итоге не вносить в последний момент массу изменений (и ошибок, естественно, тоже).

Аналогично работе по созданию ЭЗ следует указать на автосохранение и уточнить его период. В закладке **Route** (рис. 2) отмечают опцию **T-Route by Default** для разрешения образования Т-образных соединений при трассировке. В графе **Orthogonal Modes** включают все режимы. После этого настройку можно завершить, оставив остальные параметры настройки в состоянии «По умолчанию», их можно настроить позже по мере надобности [2...5].

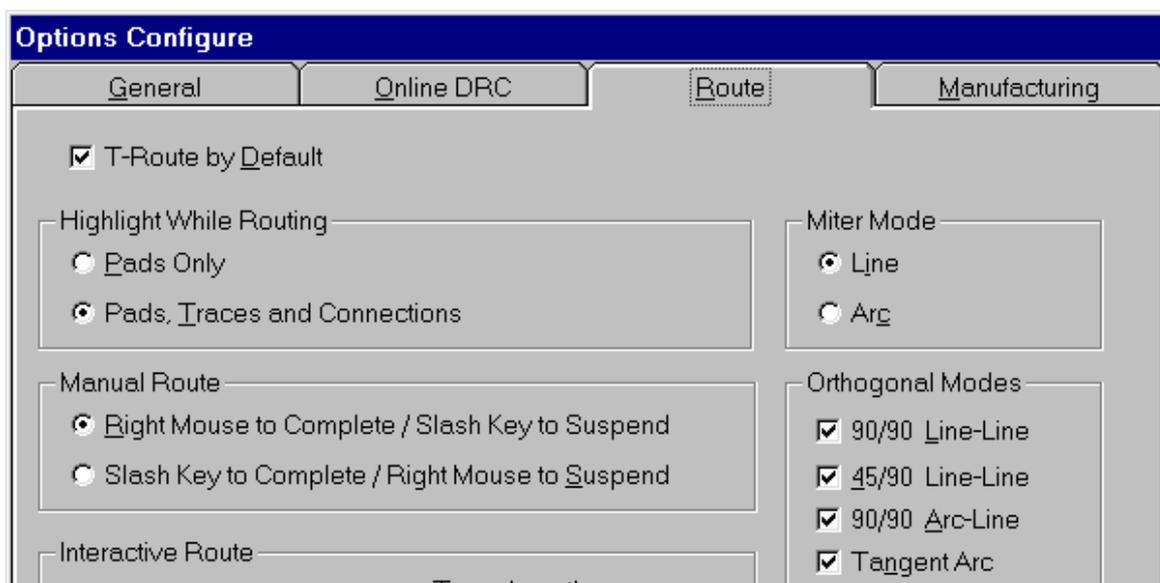


Рис. 2. Настройка конфигурации P-CAD PCB на закладке **Route**

Большую роль на данном этапе настройки играет выбор сетки расстановки элементов на ПП. Это связано с конструктивными размерами элементов и шагом технологического оборудования, применяемого для гибки выводов. Шаг координатной сетки гарантирует совместимость ПП, изделий электронной техники, квантовой электроники, электрорадиоэлементов, электротехнических изделий, т.е. всех электрорадиоизделий, которые монтируются на ПП.

Основным шагом координатной сетки до 1 января 1998г. был шаг 2,5 мм; дополнительными – 1,25; 0,625 мм. С 1 января 1998г. для размещения соединений на ПП основным шагом координатной сетки является [11] шаг 0,50 мм в обоих направлениях. Если координатная

сетка с номинальным шагом 0,50 мм не удовлетворяет требованиям конкретной конструкции, то должна применяться сетка с шагом 0,05 мм. Для конкретных конструкций, использующих элементную базу с шагом 0,625 мм, допускается применение шага координатной сетки 0,625 мм. Шаг координатной сетки выбирают в соответствии с шагом большинства элементов, устанавливаемых на **ПП**. Если есть необходимость применить шаг координатной сетки, который отличается от основных шагов, то он должен быть кратным основному шагу.

Предпочтительными являются следующие шаги координатной сетки:

- $n * 0,05$ мм, где $n = 5, 10, 15, 20, 25$;
- $n * 0,50$ мм, где $n = 1, 2, 5, 6, 10$.

Допустимые шаги координатной сетки – дюймовые шаги, которые применяют в конструкциях **ПП**, использующих импортные элементы монтажа с шагом, кратным 2,54 мм.

Еще раз имеет смысл сделать уточнение. Указанные выше шаги сетки предназначены в первую очередь для расстановки элементов на **ПП**, и только во вторую очередь для проведения в ручную наиболее ответственных трасс печатных проводников. **Если оставшуюся трассировку (или всю полностью) отдать «на откуп» штатному трассировщику P-CAD 2001/02 Shape-Based Router**, то он будет ее выполнять согласно введенным правилам трассировки: выдерживать указанные для определенных цепей ширины проводников, зазоры и т.п. При этом, являясь бессеточным трассировщиком, **Shape-Based Router** не использует координатную сетку. **И в конструкторской документации на печатную плату указывается шаг координатной сетки расстановки элементов, а не шаг трассировки** (как это указывалось ранее для очень популярного в нашей стране P-CAD 4.5 и других сеточных трассировщиков). Кроме того, уменьшение шага сетки с 2,5 до 1,25 мм увеличит плотность монтажа не более чем на 10% [10].

1.2 Настройка параметров дисплея

В данном разделе практически все настройки остаются в состоянии «По умолчанию». Однако именно здесь требуется ряд пояснений (по крайней мере, перевод на русский язык некоторых терминов). Цвета объектов на различных слоях и ряд других параметров экрана устанавливаются по команде **Options | Display** на закладке **Colors** (Цвета). В табличном окне **Layers/Item Colors** создаются цвета тех или иных объектов, принадлежащих различным слоям **ПП**. С использованием **Layers / Item Colors** можно задавать всем однородным объектам одинаковый цвет для всех слоев или же, наоборот, окрасить все объекты одного слоя

в один цвет. Возможно установка цветов для следующих объектов:

Line – Линии и проводники;

Pad – Контактные площадки (**КП**);

Via – Переходные отверстия (**ПО**);

Text – Текст;

Poly – Полигоны (площади произвольной формы).

Кроме того, возможно изменение цветов служебной информации (фона, сетки, барьеров) и объектов, подвергнувшихся тем или иным действиям (высвечивание, выделение).

Background – Цвет фона;

Connects – Соединение;

1xGrid – Сетка;

10xGrids – Крупная сетка;

Keepout – Барьеры (понятие смотри ниже);

Highlight – Выделение цветом (подсвечивание);

Selection – Выделенные объекты;

Fixed – Зафиксированные (в определенном месте элементы, например, разъемы, находящиеся в строго определенном месте) объекты.

Пояснение: Барьер – определяемая пользователем область на ПП, где запрещается размещать компоненты в процессе размещения и проводники или ПО в процессе автотрассировки (например, в области крепежных отверстий). Изображается в виде линии (окружности) или полигона.

Выбор параметров дисплея «По умолчанию» осуществляется с помощью кнопки **Default**.

На закладке **Miscellaneous** (рис. 3) настраивают дополнительные параметры.

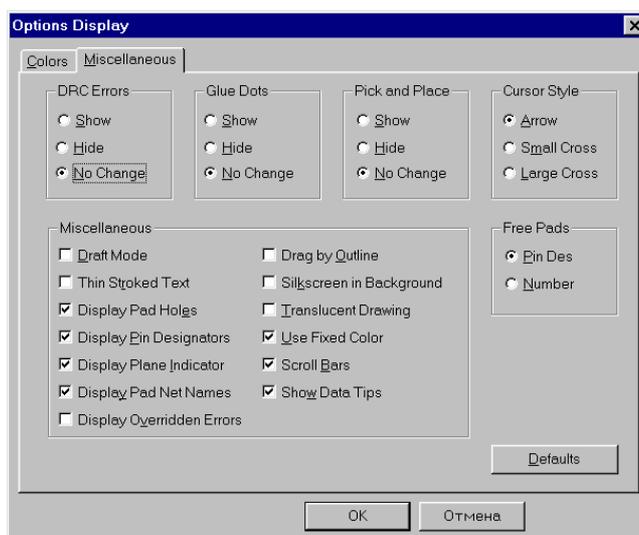


Рис. 3. Настройка параметров дисплея. Закладка **Miscellaneous**.

Группы **Glue Dots** и **Pick and Place** задают параметры вывода на дисплей точек приклеивания и привязок компонентов при автоматическом монтаже **ПП**.

Возможные варианты:

Show – Показывать;

Hide – Скрыть;

No Change – не изменять (по сравнению с библиотечным местом).

Аналогичным образом в поле **DRC Errors** (ошибок контроля соблюдения технологических норм) задаются *соответствующие параметры*.

Ввод вида курсора можно установить с помощью опции **Cursor Style**. Возможны три варианта:

Arow – Стандартный курсор Windows;

Small cross – Курсор в виде маленького перекрестия;

Large cross – Курсор в виде перекрестия размером во все рабочее поле.

Быстрое переключение между различными типами курсора осуществляется с помощью клавиши **<X>**.

В группе параметров **Miscellaneous** задаются различные особенности отображения на экране тех или иных элементов проекта:

Drag by Outline – Отображает только габариты объектов при их перемещении, тем самым, ускоряя перерисовку экрана;

Draft Mode – Отображает только контуры (толщиной в один пиксел) толстых линий, многоугольников и текста без заливки;

Thin Stroked Text – Отображение текста тонкими линиями;

Scroll Bars – отображение линеек прокрутки дисплея;

Display Pad Holes – Отображение отверстий в контурах площадок;

Display Pad Designators – Отображение номеров компонентов;

Display Pad Net Names – Отображение номеров цепей, присоединенных к компоненту;

Display Plane Indicator – Отображение переходного отверстия или контактной площадки, подключенного к сплошному слою металлизации в виде перекрестия, окрашенного в цвет этого слоя;

User Fixed Color – отображает зафиксированные пользователем компоненты специальным цветом;

Translucent Drawing – Полупрозрачное отображение объектов;

Silkscreen in Background – Отображение графики в слое шелкографии на заднем плане.

1.3. Структура слоёв **ПП**

Одной из важнейших операций при установке конфигурации данного графического редактора является установка структуры слоёв **ПП**.

Для установки структуры слоёв ПП предназначена команда **Options | Layers** (рис. 4).

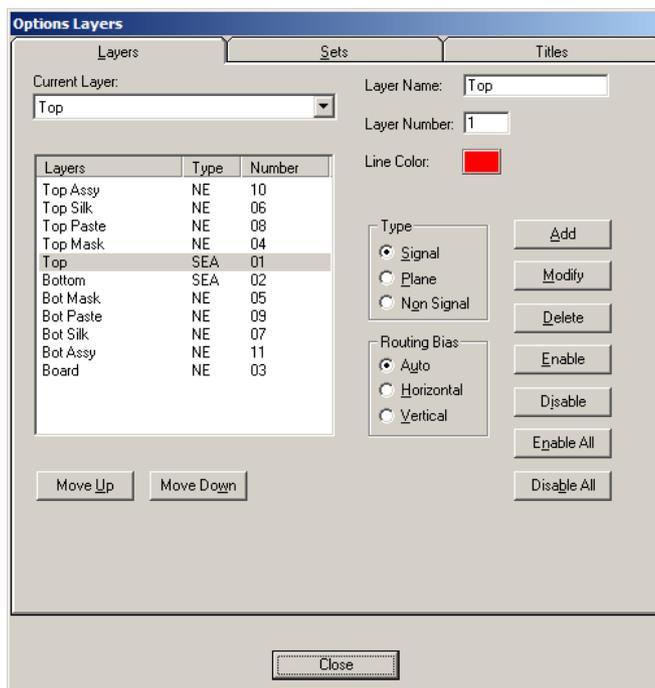


Рис. 4. Диалоговое окно **Layers** (Слой)

Следует заметить, что «По умолчанию» устанавливается структура слоев для ПП с *двумя* сигнальными уровнями (т.е. две поверхности – нижняя, и верхняя – печатного монтажа). Для проектирования ПП с *несколькими сигнальными слоями*, а также со *сплошными областями металлизации* необходимо выполнить задание новых слоёв.

Список слоёв (в качестве примера на рис. 5 приведено только для слоя масок приведено):

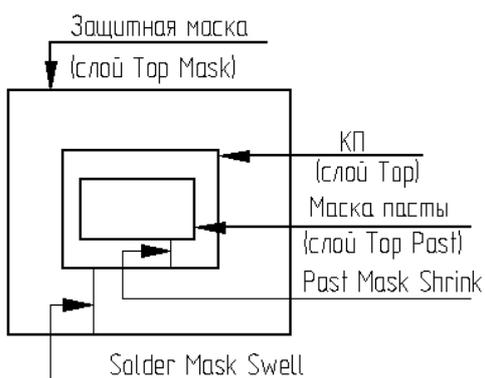


Рис. 5. Слой масок **КП**

Top – Проводники с верхней стороны ПП (стороны установки компонентов);

Bottom – Нижняя сторона ПП;

Board – Контур **ПП**;

Top Mask – маска пайки на верхней стороне **ПП**;

Bot Mask – маска пайки на нижней стороне **ПП**;

Top Silk – шелкография на верхней стороне **ПП** (контуры компонентов, *вид самих кропусов* [в ряде рекомендаций иначе] и т.д.);

Bot Silk – шелкография на нижней стороне **ПП** (контуры компонентов и т.д.);

Top Paste – паста пайки на верхней стороне **ПП**;

Bot Paste – паста пайки на нижней стороне **ПП**;

Top Assy – вспомогательные данные для верхней стороны **ПП**;

Bot Assy – вспомогательные данные для нижней стороны **ПП**.

Слои **Top** и **Bot**, **Top Silk** и **Bot Silk**, **Top Assy** и **Bot Assy** и т.п. являются *парными*.

Понятие парности слоев используются при переносе компонента на другую сторону **ПП** нажатием на клавишу **<F>** (сокращение от слова **Flip** – зеркальное отображение), при этом вся графическая и текстовая информация переносится на соответствующие парные слои (при зеркальном отображении простых графических объектов – линий, полигонов и т.п. – они остаются на первоначальном слое). **Всего может быть до 99 слоёв**. Слои создаются и удаляются по команде **Options | Layers**.

Слои подразделяются на следующие типы:

- **Signal** – слой разводки проводников сигналов, помечается символом **S**;

- **Plane** – *слой металлизации* для подключения цепей «Земля» и «Питание», помечается символом **P**;

- **Non Signal** – вспомогательные (несигнальные) слои, помечается символом **N**.

- Каждый слой может быть включен (**Enable**, символ **E**) или выключен (**Disable**, символ **D**).

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

- **Auto** – выбирается автоматически (символ **A**);

- **Horizontal** – горизонтальная, символ **H**;

- **Vertical** – вертикальная, символ **V**.

Все слои, *кроме текущего*, можно выключить нажатием **Disable All** или включить – нажатием **Enable All**. Отдельные группы слоёв (сигнальные, металлизации) включаются на закладке **Set**.

2. Разработка **ПП**

После загрузки шаблона с рамкой и основной надписью (штампом) (*если это требуется*), и настройки системы выполняются следующие

операции:

1. Упаковка схемы на ПП.
2. Размещение компонентов на плате.
3. Задание правил проектирования топологии.
4. Трассировка.

Далее эти операции будут описаны подробнее.

2.1 Упаковка схемы на ПП

Прежде всего, в слое **Board** по команде **Place | Line** наносится *контур ПП* в виде замкнутой линейно-ломаной линии (дуги не допускаются). Программы **Shape Based Router** и **SPACCTRA** (бессеточные трассировщики) трассируют только внутри этого контура, а программа **QuickRoute** на него не обращает внимания. Причем если контур не замкнут, имеет в своем составе неортогональные линии или вообще отсутствует, *то программа Shape Based Router нарисует его самостоятельно*, охватывая все размещенные на ПП компоненты.

Откройте необходимые библиотеки (аналогично открытию при проектировании ЭЗ), либо по команде **Library | Setup** и далее укажите имя сохраненной Вами библиотеки схемы ЭЗ.

При отсутствии ЭЗ проекта компоненты расставляются на ПП по команде **Place | Component** и по команде **Place | Connection** вводят электрические связи между их выводами.

Однако это очень неудобно. При наличии принципиальной схемы (ЭЗ) для переноса (*упаковки*) ее на ПП по команде **Utils | Load Netlist** (диалоговое окно загрузки показано на рис. 6) загружается файл списка соединений который был создан в программе **Schematic** (в формате **ASCII**). При этом сам вид загруженного выглядит довольно непривычно: видны линии электрических связей (*не путать с трассировкой!*) и контактные площадки элементов; сами же элементы могут быть не видны, если Вы некорректно изменили цвета **Display**. Увеличенная часть экрана показана на рис. 7.

Однако вернемся к окну загрузки файла соединений. Здесь будут описаны некоторые установки данного окна.

Optimize Nets – включение/выключение режима оптимизации списка соединений для минимизации длин соединений на ПП путем перестановки логических эквивалентных секций компонентов и их выводов. Если этот режим выключен, то соединения производятся в том порядке, в котором они указаны в списке соединений. Однако оптимизацию логических соединений имеет смысл выполнять не процессе упаковки схемы на ПП, когда компоненты размещены хаотически, а после упорядочения их размещения (более подробно об этом чуть позже).

Reconnect Copper – включение/выключение режима подключения к цепям имею щихся на III участке металлизации. Рекомендуется [3] **ЭТОТ РЕЖИМ ВЫКЛЮЧАТЬ.**

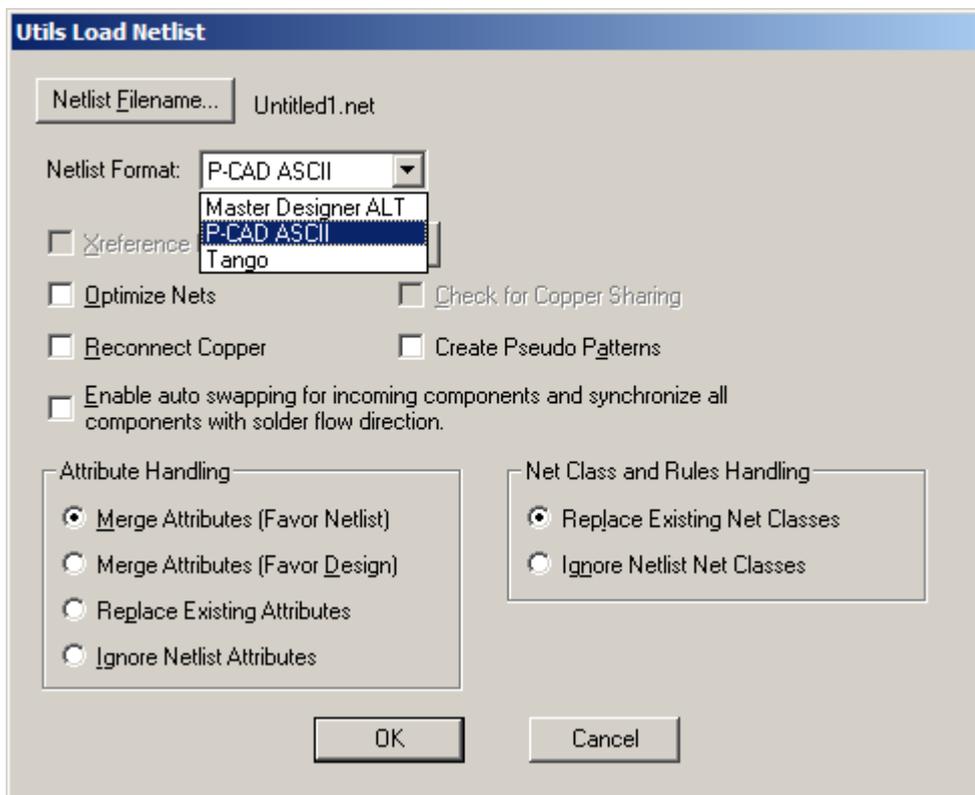


Рис. 6. Диалоговое окно загрузки файла связей

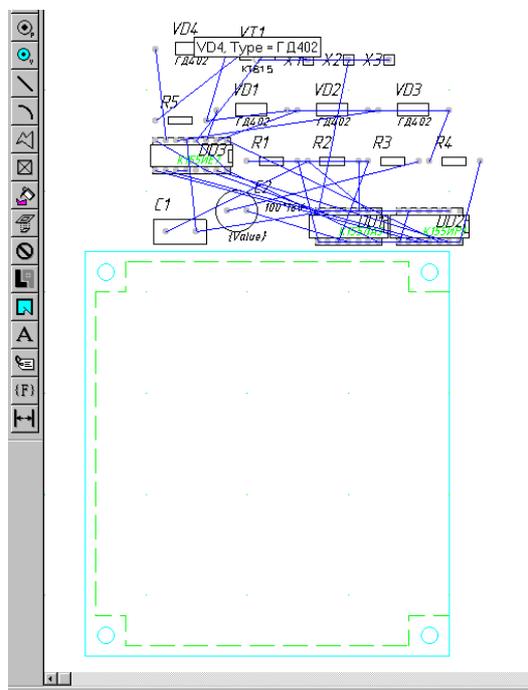


Рис. 7. Увеличенная часть экрана после загрузки файла

Check for CopperShiring – включение/выключение режима проверки наличия ошибок на **ПП** с *предварительно размещенными элементами*. При включении данного режима проверяется наличие пересечения проводников и пересечения проводниками центров **ПО** и **КП**.

Create Pseudo Pattern – обеспечение возможностей загрузки списка соединений, содержащего ссылки на компоненты, не имеющих присоединенных корпусов. При этом таким компонентам поставят в соответствие подходящие корпуса, имеющиеся в открытых библиотеках, и будут созданы так называемые псевдокорпуса, а их перечень будет помещен в отчет. **Остальные настройки подробно описаны в [2...6]**.

*Еще одно замечание по проектированию **ПП**: обычно схема упаковывается на **ПП**, на которой уже предварительно размещены разъемы, крепежные отверстия и другие компоненты, имеющие фиксированное положение (в диалоговом окне **Properties** эти компоненты необходимо отметить опцией **Fixed** – зафиксировано). Во времена **P-CAD 4.5** сложный контур **ПП**, как правило, создавался конструктором устройства (а не проектировщиком **ПП**) в **AutoCAD** или ему подобной САПР, после чего перетранслировался через **PDF**-файл (не путать с форматом фирмы **ADOBE!**) в формат системы **P-CAD**. Это не возбраняется делать и в **P-CAD 2001**, но его графические средства достаточны для проектирования контура **ПП**.*

2.2. Размещение компонентов на **ПП**

Итак, к данному моменту у Вас должно быть загружено: все необходимые библиотеки, и файл электрических связей, а также вычерчен контур разрабатываемой **ПП**. Здесь следует дать некоторое пояснение по загрузке файла электрических связей. В ряде случаев разработчики библиотек в атрибуты элементов помещают фразу «**Технические условия**».

Данная фраза в дальнейшем попадает в файл электрических связей (в файл с расширением **.net**) и при его загрузке в **PCB**-редакторе вызывает сообщение об ошибке – по-английски будет выдано сообщение о неожиданном окончании файла. Это связано с тем, что **P-CAD 2001** код русской строчной «я» воспринимает как признак окончания файла. Для выхода из данной ситуации следует вызвать любой текстовый редактор (например, встроенный в оболочку **FAR**) и с помощью команды «**Найти и заменить**» найти «я» и *заменить его хотя бы пробелом во всем файле*.

Теперь можно приступить к размещению элементов внутри контура **ПП**. Оптимальное размещение компонентов определяет успешную трассировку проводников и работоспособность реального устройства. Средства автоматизированного размещения компонентов на плате имеет только трассировщик **SPECCTRA** (и **P-CAD v.4.5**). В январе 1999 года вышла

утилита **ACCEL InterPlace** и **ACCEL Parametric Constrain Solver**, предназначенные, в том числе и для интерактивного размещения компонентов на **ПП**, но возможности их ограничены, особенно при проектировании аналоговых устройств. **Однако** [4]: «...применять авторазмещение при трассировке реальных плат практически невозможно. Размещение компонентов на печатной плате выполняется только *вручную*. Автоматизация этого процесса только вредит делу. Слава Богу, средствами авторазмещения компонентов **P-CAD 2001**, в отличие от **P-CAD v. 4.5**, не укомплектован». (Данная цитата *составителем отредактирована самую малость, при этом смысл сохранен полностью*).

Во-первых, все элементы, относящиеся по функциональному назначению: вход/выход, питание, общая «земля» (и им подобные), реализованные в виде контактов, должны находиться на одном краю платы (хотя при этом возможны исключения).

Во-вторых, различного рода разъёмы могут находиться как на краю платы, так и в центре её, это уже диктует конструктор, отвечающий за все устройство в целом. При расстановке элементов на **ПП** следует руководствоваться следующими приемами расстановки. Для захвата и переноса компонента следует в режиме **Select** щелкнуть мышкой по нему и, не отпуская кнопку, «перетащить» на новое место. Нажатие клавиши **<R>** поворачивает объект на 90 градусов **против часовой** стрелки, одновременное нажатие **<Shift-R>** поворачивает на угол, заданный в меню **Options | Configure** на закладке **General** (параметр **Rotation Increment**). Нажатие клавиши **<F>** зеркально отображает объекты относительно оси **Y** и переносит компоненты на противоположную сторону **ПП** (первоначально компоненты устанавливаются на верхнюю сторону **ПП – Top**), одновременно с этим переносится вся информация, содержащаяся на парных слоях **Top** и **Bottom** и т.п.

Линии электрических связей, перемещаемые вместе с компонентами, помогают правильно их разместить. С помощью команды **Edit | Nets** (рис. 8) можно сделать видимыми/невидимыми электрические связи одной или нескольких цепей. В меню этой команды в графе **Nets** приведен список всех цепей проекта, в графе **Nodes** – имена выводов компонентов, присоединенных к выбранным цепям. После выбора щелчками курсора одной или нескольких цепей их электрические связи можно сделать невидимыми нажатием на панель **Hide Conns** (Скрыть соединения); или видимыми – нажатием на панель **Show Conn** (Показать соединения). Для фокусирования внимания на определенных цепях (например, «земли», питания и т.п.) их по очереди делают видимыми.

При размещении однотипных компонентов удобно их автоматически выравнивать. Для этого выравниваемые компоненты по очереди

выбираются щелчком курсора (при выборе второго и последующих нажимают и удерживают клавишу **<Ctrl>**). После этого щелчком правой кнопки мыши открывают контекстное меню и выбирают пункт **Selection Point** (Выбор точки отсчета) и щелчком левой кнопки мыши на экране

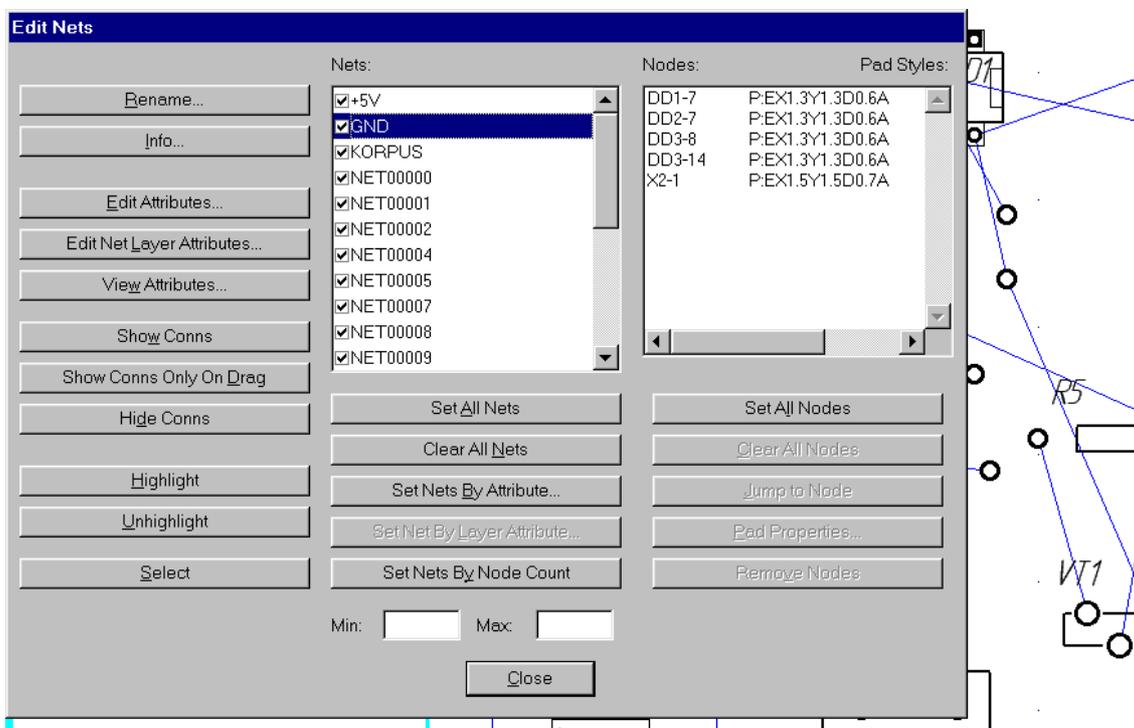


Рис. 8. Окно редактирование видимости цепей

указывается точка отсчета. Затем выбирают опцию **Align** (Выравнивание) и в открывшемся окне отмечают одну из опций:

Horisontal Absolute Selerction Point – выравнивание по горизонтали относительно точки отсчета;

Vertocal Absolute Selerction Point – выравнивание по вертикали относительно точки отсчета;

Onto Grid – выравнивание в ближайшие узловые точки сетки;

Space Equally – выравнивание на равном расстоянии, указываемом в графе **Spacing**.

После автоматического выравнивания компонентов их положение уточняется вручную. Таким образом, после этих манипуляций получаем расстановку компонентов, показанную на рис. 9.

После завершения размещения компонентов полезно выполнить минимизацию длин соединений путем перестановки логически эквивалентных секций компонентов и их выводов по команде **Utils | Optimize Nets** (перестановка осуществляется, если в ней не участвуют ранее проложенные на ПП проводники). В меню выбирается метод оптимизации:

– **Auto** – автоматическая оптимизация;

– **Manual Gate Swap** – перестановка эквивалентных выводов компонентов вручную.

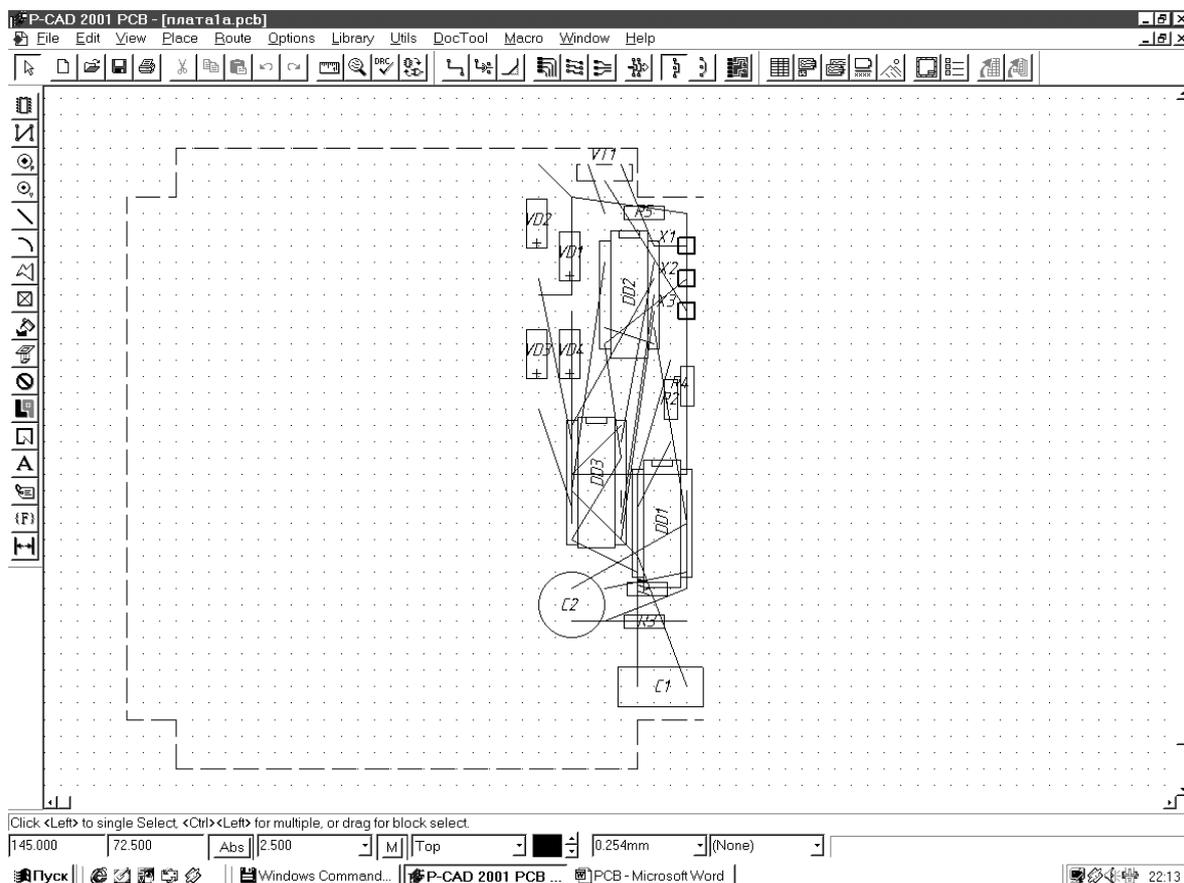


Рис. 9. Печатная плата с расставленными компонентами

При выборе автоматической оптимизации включаются следующие опции (рис. 10):

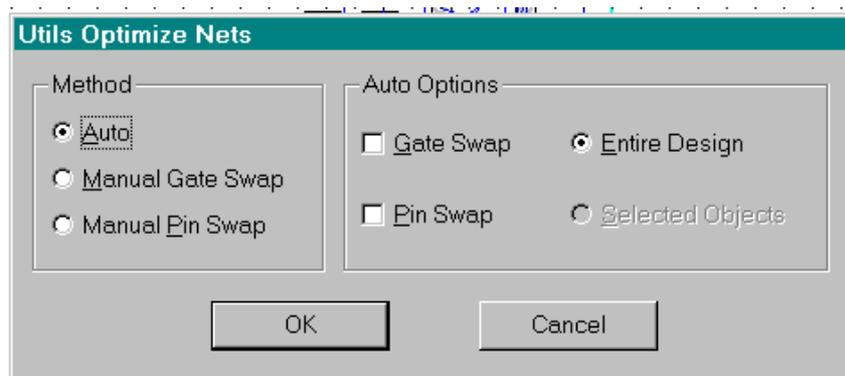


Рис. 10. Окно установок опций при автоматической оптимизации соединений

- **Gate Swap** – разрешение перестановки эквивалентных секций;
- **Pin Swap** – разрешение перестановки эквивалентных выводов

- компонентов;
- **Entire Design** – оптимизация всего проекта;
- **Select Objects** – оптимизация выбранных элементов.

Логически эквивалентные секции переставляются не только в пределах одного корпуса компонента, но и в разных корпусах компонентов (интегральные схемы, резисторы, конденсаторы), имеющие одинаковый корпус и одинаковое значение параметра Value (величина). Перестановка в отдельных компонентах запрещается с помощью атрибута **NoSwap (Yes)**. Возможность перестановок секций между компонентами запрещается с помощью атрибута **SwapEquivalence (No)**.

Результатом оптимизации является окно отчета данной процедуры (рис. 11).

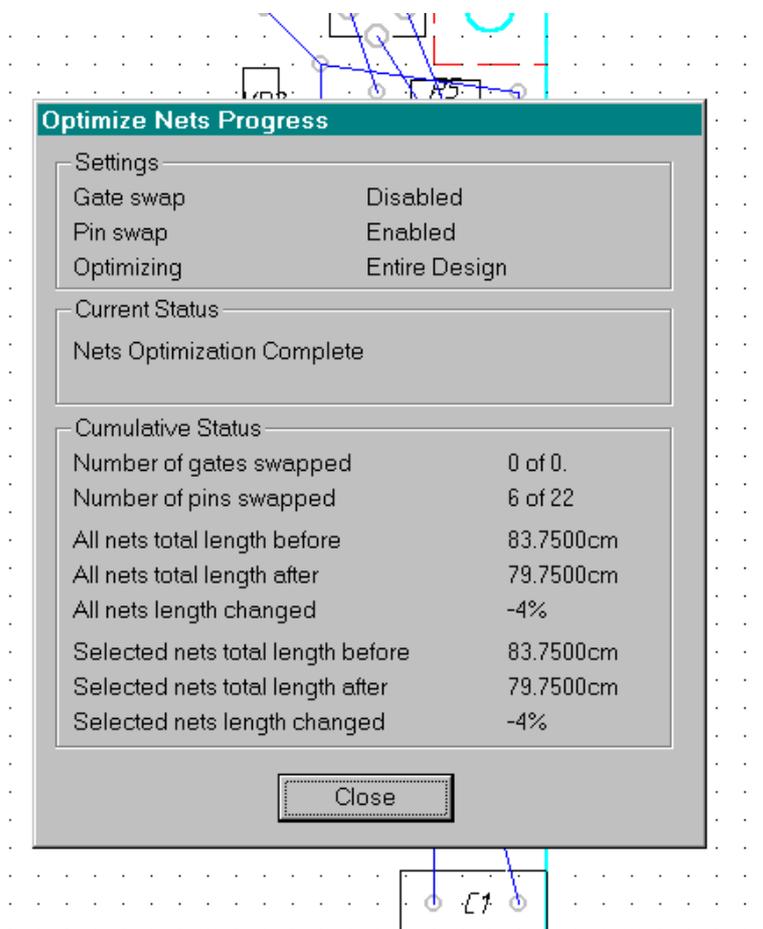


Рис. 11. Окно отчета после оптимизации

Как видно из отчета, за счет оптимизации соединений удалось сократить общую длину проводников. Не забудьте сохранить Ваш файл.

2.3. Задание правил проектирования ПП

Прежде всего, небольшое замечание. Трассировка в автоматическом режиме возможна только для не очень ответственных цифровых уст-

ройств, работающих на *невысоких частотах* (до 10 – 12 МГц). Во всех остальных случаях ручная трассировка приводит к гораздо более качественным и быстрым (для **профессионалов**) результатам. Тем не менее, иногда автоматическая трассировка полезна, особенно в учебно-методических целях (что и преследует составитель) для освоения возможностей современных пакетов **EDA**.

Более того, все индивидуальные задания подготовлены таким образом, что значительная их часть представляет собой не профессиональную аппаратуру, а любительские бытовые схемы, хотя, возможно, и представляющие определенный интерес для промышленности в качестве выпуска недорогого бытового прибора.

В [3, 4, 6] достаточно подробно даны *практические рекомендации* по разработке **ПП** (особенно для профессиональной аппаратуры).

Теперь Вы практически готовы получить в течение нескольких секунд оттрассированную **ПП**. Однако перед этим следует выполнить ряд некоторых манипуляций. Во-первых, дайте команду **Route | Autorouters...** (Трассировать | Автотрассировка). Во-вторых, после появления диалогового окна **Route Autorouters** (рис. 12) внимательно проверьте правильность записи выходных файлов (очень часто файлы записываются не в свои папки (каталоги) и со странными именами, что в дальнейшем затрудняет их поиск).

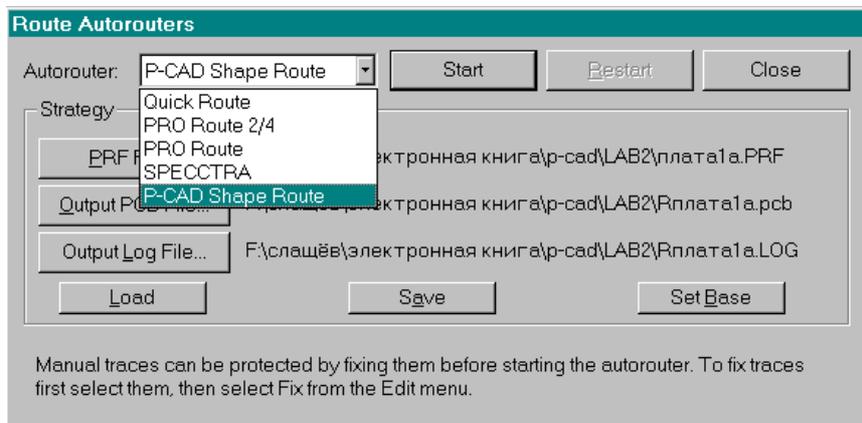


Рис. 12. Окно выбора трассировщика

Кроме этого, в строке **Autorouter** выберите **P-CAD Shape Router**. Далее нажмите на кнопку **Start**. При этом Вы автоматически попадаете в автотрассировщик **Shape Router**. Возможно, что Вам придется изменить масштаб изображения одной из кнопок «**Show the whole board**» или «**Choose an area and fit to the window**». В-третьих, используя команду **Options | Auto-Router...**, в закладке **Parameters** (рис. 13) в графе **Units** выберите миллиметры.

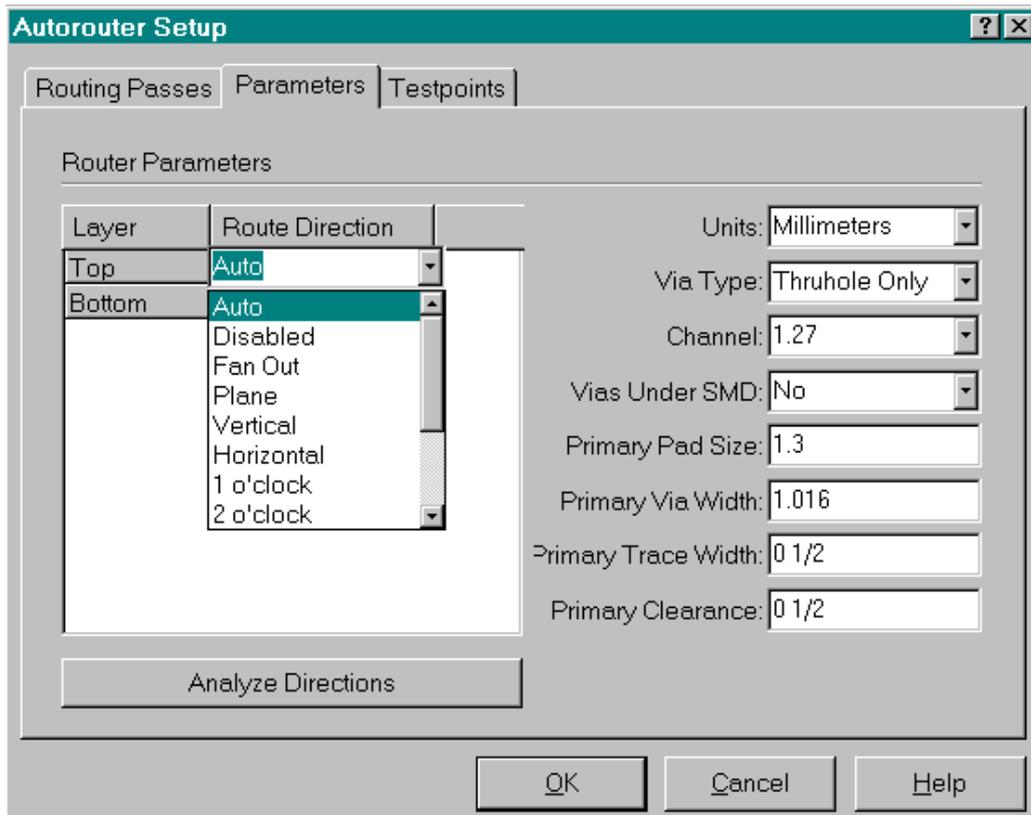


Рис. 13. Зкладка **Parameters** диалогового окна **Autorouter Setup**

Следующим этапом является редактирование ширин проводников. Делается это командой **Edit | Nets Attributes...** (Редактирование | Атрибуты цепей). При этом открывается соответствующее диалоговое окно, в котором можно отредактировать ширину проводников (рис. 14). Щелкнув левой кнопкой мыши по ячейке со значением ширины, появляется кнопка со стрелкой вниз, с помощью которой можно из стандартного ряда выбрать требуемое значение. Так в *рассматриваемом* примере используются пять микросхем K155, которые отличаются достаточной «прожорливостью». Поэтому цепи питания (+5V, GND) «получают» от разработчика максимальную ширину (1,27 мм). Остальные по 0,5мм.

Как видно из рис.14, неименованные пользователем цепи имеют имя NET с пятизначным числом. Поэтому определить, какой цепи дать какую ширину практически невозможно (особенно при насыщенной компонентами и связями схеме). Это говорит о том, что еще на этапе создания ЭЗ необходимо продумывать названия цепей и требования к ним на **III**.

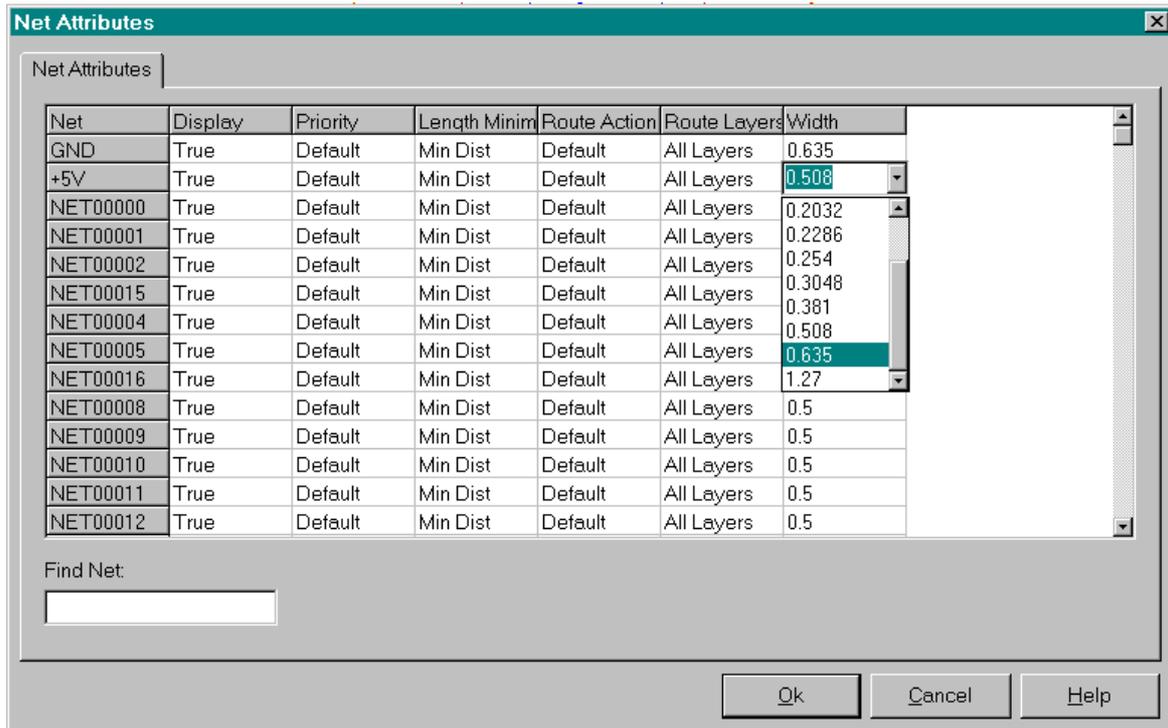


Рис. 14. Редактирование ширины проводников

И для получения трассировки следует нажать на кнопку с белой стрелкой на зеленом фоне («**Start**»). Через несколько мгновений Вы получите оттрассированную **ПП**. После этого дайте команду **File | Save and Return** (Файл | Сохранить и вернуться) и, вернувшись в **PCB**-редактор, Вы можете увидеть результат того, к чему так стремились (рис. 15). При этом имя самого файла с печатными проводниками изменится мало: к началу имени файла с «упакованной» схемой добавится буква **R**.

Красные линии означают печатные проводники (слой **Top**) на верхней стороне **ПП**, а зеленые (слой **Bottom**) – на нижней.

Так как ранее в слое **Board** был нанесен только контур, ограничивающий печатные проводники, можно теперь и нарисовать и контур самой **ПП** с крепежными отверстиями и т.п. еще на этапе создания **ЭЗ** необходимо продумывать названия цепей и требования к ним на **ПП**.



Рис. 15. Вид оттрассированной ПП

Контрольные вопросы.

1. Поясните назначение программы **P-CAD PCB**.
2. Поясните назначение кнопок на инструментальной панели.
3. Объясните назначение полей в нижней части экрана.
4. Каков порядок настройки конфигурации **PCB**-редактора.
5. Каким образом загружаются библиотеки ЭРЭ?
6. Как загружается список соединений электрической схемы?
7. Как и в каком слое создается контур печатной платы?
8. Каким образом производится расстановка элементов на плате?
9. Как удалить «лишние» надписи у элементов на плате?
10. Как средствами **PCB**-редактора можно выполнить оптимизацию длин соединений на печатной плате?

11. Какие программы автоматической трассировки входят в состав **P-CAD 2001**?
12. Как задается стратегия трассировки?
13. Как выполнить автоматическую трассировку печатных проводников?
14. Как получить отчет о проведенной трассировке и какая информация при этом выводится?

Список используемой литературы

1. Разевиг В.Д. Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000). - М.: «Солон – Р», 2000. - 416 с.
2. Разевиг В.Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 2001. - М.: «Солон – Р», 2001. - 558 с.
3. Стешенко В.Б. ACCEL EDA. Технология проектирования печатных плат. - М.: «Нолидж», 2000. - 508 с.
4. Уваров А. P-CAD 2000. ACCEL EDA. Конструирование печатных плат. Учебный курс. С.-Петербург.: Питер, 2001. - 320 с.
5. Саврушев Э.Ц. P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат. М.: «ЭКОМ», 2002. - 320 с.
6. Мактас М.Я. Восемь уроков по P-CAD 2001. - М.: «СОЛОН-Пресс», 2003. – 224 с.
7. Заведеев С.В. Создание библиотек компонентов для P-CAD 2000 (2001) //EDA Express - М.: Изд-во ОАО Родник Софт, 2002 - №5 - С. 21-23.
8. Уваров А.С. P-CAD 2002 и SPECSTRA. Разработка печатных плат. - М.: «Солон – Р», 2003. - 544 с.
9. Уваров А.С. Правила разработки интегральных библиотек в программе P-CAD 2002. //EDA Express - М.: Изд-во ОАО Родник Софт, 2003 -№8 - С. 24-26.
10. Уваров А.С. Проектирование и конструирование электронных устройств. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2004. – 760с.
11. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005.–560с.