

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**



ПОБЕДИТЕЛЬ КОНКУРСА ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗОВ

Н.Ю. Иванова, Е.Б. Романова

Проектирование печатных плат в САПР P-CAD-2002

Методическое пособие



Санкт-Петербург

2007

УДК 681.3

Иванова Н.Ю., Романова Е.Б. Проектирование печатных плат в САПР P-CAD-2002. Методическое пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. 118 с. Илл. – 53, список литературы – 9 наим.

В методическом пособии рассмотрены вопросы проектирования радиоэлектронных средств на базе новых информационных технологий. Даны основные сведения по структуре и эксплуатации промышленной системы автоматизированного проектирования (САПР) P-CAD-2002. В пособии изложены основные методики работы в САПР P-CAD-2002. Представлены методические рекомендации по выполнению цикла лабораторных работ и курсовому проектированию. Приведен пример выполнения курсового проекта.

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности: 210202.65 «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств», специализации: 210202.65.08 «Проектирование, программирование и эксплуатация информационно-вычислительных систем» (дисциплина «Информационные технологии проектирования электронно-вычислительных средств»).

Рекомендовано к печати Советом факультета КтиУ (протокол №5 от 23 января 2007года).



В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики 2007.

© Н.Ю. Иванова, Е.Б. Романова 2007.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
I.САПР P-CAD-2002	8
1. Технические параметры	8
2. Назначение САПР P-CAD. Этапы проектирования	8
3. Интерфейсы графических редакторов	13
4. Слои в системе P-CAD	15
5. Описание команд основных пакетов системы	16
5.1. Команды графического редактора Symbol Editor	16
5.2. Команды графического редактора Pattern Editor	27
5.3. Команды менеджера библиотек Library Executive	31
5.4. Команды графического редактора Schematic	34
5.5. Команды графического редактора PCB	41
5.6. Управляющие команды графических редакторов	47
6. Установка метрических параметров проекта	48
7. Вывод на печать	50
7.1. Печать принципиальной электрической схемы	50
7.2. Печать топологии печатной платы	52
8. Особенности проектирования ПП в P-CAD-2002	54
8.1. Создание библиотеки РЭК	54
8.2. Создание принципиальной электрической схемы	56
8.3. Формирование топологии ПП	62
II. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	63
1. Лабораторная работа №1.	63
СОЗДАНИЕ СИМВОЛЬНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ РЭК	63
2. Лабораторная работа №2.	71
СОЗДАНИЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗА РЭК	71
3. Лабораторная работа №3.	77
ФОРМИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПОНЕНТА	77
4. Лабораторная работа №4.	83
ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ	83
5. Лабораторная работа №5.	89
СОЗДАНИЕ КОНСТРУКТИВА ПП, УПАКОВКА ДАННЫХ И РАЗМЕЩЕНИЕ РЭК НА ПП	89
6. Лабораторная работа №6.	93
ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ	93

ГЛАВА III. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	101
Заключение	111
Список литературы.....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Буквенный код. ГОСТ 2.710-81.....	113
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Пример таблицы выводов (Pins View) для МС КР1533ЛЛ1.....	115
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Создание библиотечного компонента типа Power	116

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития общества одной из приоритетных задач является дальнейшее развитие методов автоматизированного проектирования на базе новых информационных технологий.

В центре внимания высшей школы постоянно находятся вопросы подготовки в области систем автоматизированного проектирования. Отдельной проблемой является анализ эффективности применения тех или иных информационных технологий в учебном процессе.

Использование промышленных САПР в учебном процессе позволяет работать с техническими средствами САПР, использовать САПР в практической работе, обучать приемам эксплуатации системы и методам автоматизированного проектирования, в котором обучающийся принимает активное участие.

Промышленные САПР позволяют проводить процесс обучения так, чтобы оно было эффективно как в смысле усвоения, так и в смысле развития и закрепления у студентов творческих навыков в решении задач проектирования электронно-вычислительных средств. Методика проведения лабораторного практикума изложенная в методическом пособии охватывает весь цикл проектирования печатных плат. Перечень лабораторных работ и их структура основана и апробирована при проведении занятий по проектированию РЭС с использованием системы P-CAD и методических указаний.

На сегодняшний день основной проблемой при проектировании печатных плат, является их повышенная сложность и резкое сокращение сроков проектирования при постоянно возрастающем требовании к их качеству [8]. Появление микросхем в корпусах с малым шагом, с шариковыми выводами (BGA), возрастание требований к быстродействию схем и электромагнитной совместимости, совершенствование технологии производства и изготовления печатных плат на импортном оборудовании, приводит к использованию САПР P-CAD-2002, обладающей целым рядом принципиально новых возможностей.

По оценке специалистов, в настоящее время, в промышленности России наиболее популярной среди систем автоматизированного проектирования является система P-CAD, функционирующая на персональных компьютерах класса IBM PC. Однако ощущается определенный дефицит информации по методике работы проектировщика с этой системой.

Чтобы повысить производительность труда проектировщика, в системе P-CAD- 2002 были переработаны многие интерфейсные элементы [9].

Основным нововведением стала функция Design Manager, упрощающая процесс управления данными проекта и являющаяся мощным средством контроля его основных элементов. Другим является интерактивный инструмент Visual Placement Area (VPA), анализирующий проект на предмет поиска областей, где может быть размещен тот или иной компонент. Эта функция ускоряет соответствующий этап процесса проектирования и расширяет возможности разработчика.

Система P-CAD-2002 имеет возможность отображения разных электрических цепей различными цветами, что позволяет пользователю лучше ориентироваться в контексте платы.

САПР P-CAD-2002 осуществляет поддержку шрифтов TTF в обоих редакторах (Schematic и PCB) с адаптацией к отечественному оборудованию.

Система обеспечивает полный цикл разработки печатных плат. От создания символов элементов до разработки печатных плат и выпуска документации, в том числе:

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

Система PCAD-2002 поддерживает следующие функции:

- перемещение компонента на указанные координаты;
- увеличение подсвеченных элементов до размеров экрана;
- увеличение выделенных элементов до размеров экрана;
- увеличение контура ПП до размеров экрана;
- отображение штриховкой зон запрета трассировки;
- некоторые особенные правила (например «зазоры компонентов») теперь доступны в системе верификации DRC;
- правила проектирования можно задавать с помощью математических выражений;
- введена поддержка скроллинового колеса мышки, что позволяет более удобно перемещать и масштабировать видимое изображение.

P-CAD-2002 предлагает улучшенную систему перенумерации компонентов: теперь возможно проводить перенумерацию с учетом стороны установки, а также при желании делать это в интерактивном режиме.

В САПР P-CAD-2002 имеется возможность конвертировать файлы в(из) формат(а) DXF доступный таким системам как OrCAD, КОМПАС, AutoCAD и PRO Engineer. Осуществляется поддержка форматов ODB++ и Gerber. При экспорте, возможно, передавать информацию об объектах, цепях и отверстиях. Пользователь может передавать всю информацию или только из выбранных слоев. При формировании Gerber-файла (и ODB++) P-CAD-2002 позволяет представлять надписи, выполненные с помощью шрифтов True Type в полигональном виде (кодировка G36/G37), что позволяет значительно расширить количество используемых шрифтов.

Итак, выбор САПР P-CAD-2002 для использования в учебном процессе обусловлен хорошей функциональностью системы, ее возможностями довольно просто и удобно просматривать и управлять данными проекта, формировать удобное представление данных в проекте, а так же её широкой популярностью в России и открытостью [2].

I.САПР P-CAD-2002

1. Технические параметры

Рекомендуемые минимальные параметры:

Компьютер – PC Pentium III

Оперативная память – 128Мб

Емкость жесткого диска – 400МВ

Разрешение экрана – 1024х768 точек

Качество цветопередачи – 32 бита

Операционная система – Windows NT 4/2000 Professional

Основные возможности P-CAD 2002:

- Удобный пользовательский интерфейс, похожий на большинство популярных программ для Windows.
- Хранение проектной информации в бинарных и текстовых файлах;
- Удобная справочная система.
- Проект схемы может содержать 999 листов проект платы - до 999 слоев (11 из них стандартных).
- Число цепей в проекте - до 64000.
- Число вентилях в компоненте - до 5000.
- Максимальное число выводов у компонента - 10000.
- Максимальные размеры листа схемы или чертежа печатной платы 60х60 дюймов.
- Поддержка дюймовой и метрической систем мер.
- Предельное разрешение 0.0001 дюйма (0.1 мила) или 0.01 мм (10 микрон).
- Минимальный угол поворота компонентов на плате - 0.1 град.
- Длина имен компонентов - до 30 символов, максимальный объем текстовых надписей и атрибутов - до 20000 символов.
- Механизм переноса изменений печатной платы на схему и наоборот (Engineering Change Order, ECO).
- Библиотеки компонентов, содержащие более 27000 элементов и сертифицированные по стандарту ISO 9001.

2. Назначение САПР P-CAD. Этапы проектирования

САПР P-CAD предназначена для сквозного проектирования ПП [6]. Она позволяет формировать принципиальные электрические схемы и топологию ПП, а также имеется возможность оформления конструкторской документации. Выходные данные используются для вывода информации на различные устройства: принтеры, плоттеры,

фотоплоттеры (для изготовления фотошаблонов), сверлильные станки и др.

Создание любого электронного устройства включает в себя следующие этапы [7]:

- Формирование технического задания (ТЗ) на разработку, определение структуры и алгоритмов функционирования системы.
- Разработка принципиальной электрической схемы, перечня элементов и выпуск соответствующей документации.
- Моделирование или макетирование отдельных узлов или всего устройства в целом.
- Разработка конструкции печатной платы и выпуск комплекта конструкторской и технологической документации.
- Подготовка к производству и изготовление печатных плат.
- Сборка, настройка и регулировка изделия.

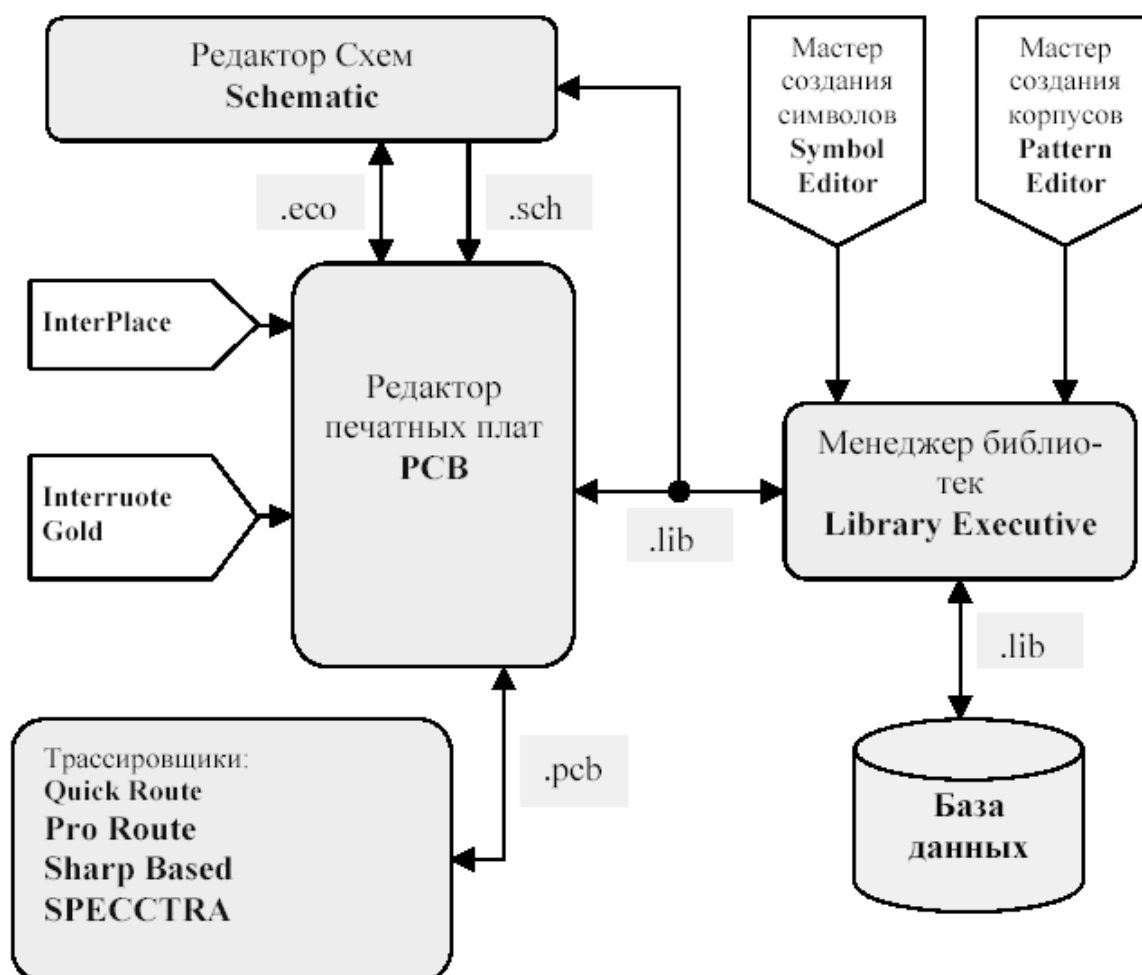


Рис. 2.1. Структурная схема САПР P-CAD-2002

Каждый тип файла содержит соответствующую информацию о проектируемом объекте:

.SYM - символьное изображение радиоэлектронного компонента (РЭК),

.PAT - конструкторско-технологический образ РЭК,

.LIB - библиотека РЭК,

.SCH - принципиальная электрическая схема,

.PCB - топология ПП.

.ECO - изменения принципиальной электрической схемы в редакторе P-CAD Schematic передающиеся в P-CAD PCB для внесения изменений в печатную плату, а также внесение изменений из PCB в Schematic.

Первым этапом проектирования любого устройства является формирование технического задания и разработка структуры объекта. На этом этапе основной является текстовая документация, которая сопровождается выпуском структурных или функциональных схем.

В системе P-CAD-2002 существует возможность создания такой документации с помощью редакторов P-CAD Schematic и P-CAD PCB. Это удобно, поскольку не приходится настраивать средства вывода конструкторской документации (струйный плоттер) на работу с другим пакетом, другими словами отпадает необходимость в адаптации периферии.

Вся конструкторская документация должна выполняться *строго в соответствии* со стандартами принятыми у заказчика. В России такими требованиями является Единая система конструкторской документации (ЕСКД).

При коллективном проектировании необходимо серьезно продумывать тактику и стратегию использования САПР для того, чтобы избежать нестыковок между разработчиком схемы, конструктором и технологом. Поэтому перед тем как приступить к проектированию платы необходимо согласовать все детали связанные с ее передачей в производство.

После выработки технического задания и выпуска функциональной и структурной схем начинается этап создания принципиальной электрической схемы. Которая должна быть пригодна, для последующей трассировки и передаваться в пакет моделирования.

После создания принципиальная электрическая схема проверяется на наличие грубых ошибок (замыкание на «землю» выхода логического элемента). Остальной тип ошибок при создании принципиальной электрической схемы является следствием невнимательности проектировщика (90%), поэтому процесс создания схемы требует тщательности и очень серьезного внимания от проектировщика.

При проектировании больших объектов разработка различных частей принципиальной электрической схемы ведется несколькими

проектировщиками. В P-CAD-2002 легко осуществляется объединение нескольких файлов проекта в один.

После создания принципиальной электрической схемы наступает этап непосредственного проектирования печатной платы и размещение РЭК. Для этого в P-CAD-2002 используются соответствующий графический редактор P-CAD-PCB. При коллективной работе над проектом используется упрощенный графический редактор P-CAD-RELAY, с помощью которого можно выполнить предварительное размещение радиоэлектронного компонента, задать необходимые зазоры между проводниками и выполнить трассировку наиболее ответственных цепей.

Основная работа по размещению РЭК проводится в графическом редакторе P-CAD-PCB.

Трассировка цепей осуществляется с помощью мощного трассировщика SPECCTRA.

Проектирование любого объекта в САПР сопровождается составлением различных отчетов, генерацией текстовых конструкторских документов (перечень, спецификации), коррекцией баз данных, автоматической генерации библиотечных компонентов, конвертирование в форматы других САПР, анализом электромагнитной совместимости и т.д.

В состав системы P-CAD-2002 входит программа Document Toolbox, которая расширила возможности выпуска технической документации. Кроме этого в системе имеется механизм, встроенный в графические редакторы, для корректировки проекта.

Возможности по оформлению конструкторской документации в P-CAD-2002 все еще недостаточны. Печатная плата является сборочной единицей сложного объекта и ее конструктив интегрируется в конструктив всего объекта, который возможно проектировался в другой САПР. При этом возникает необходимость в переносе файлов не только во внутреннем формате P-CAD-2002, но и в другом формате, который должен быть доступен для большинства систем (DXF и т.п.). Для этого в состав P-CAD-2002 входит большая группа служебных программ-утилит, которые образуют интерфейс DBX (Date Base Exchange). Эти программы позволяют извлечь данные из файлов схем и плат, провести их обработку, выдать статистику и перекодировать в формат третьих фирм.

В P-CAD-2002 существует опция, позволяющая перед выводом на печать просматривать конструкторские документы, а также архивировать файлы схем(*.sch) и файлы плат(*.pcb) при желании проектировщика. Кроме этого происходит безусловное архивирование Gerber-файлов и управляющих файлов для сверлильных станков обеспечивается их совместимость с PKZip.

Этап подготовки к производству состоит из двух частей:

- проверки соблюдения технологических норм при создании

конструкции печатных плат;

- сопряжения системы автоматизированного проектирования с программами автоматизированного производства.

В P-CAD-2002 существенно расширены возможности контроля технологических норм DRC (Design Rules Check). В системе осуществляется контроль зазоров между проводниками, зазора до края платы и подключение к металлизировемым полигонам нескольких цепей.

Что касается вопросов сопряжения с программно-аппаратными средствами автоматизированного производства, то графический редактор P-CAD-PCB имеет ряд функций, позволяющих создавать управляющие файлы для фотоплоттеров в формате Gerber, а также обеспечивать загрузку Gerber-файлов фотошаблона для проверки и редактирования.

Проектировщик обязательно сталкивается с необходимостью создания библиотечных компонентов. Для создания библиотечных компонентов используются графические редакторы Symbol Editor и Pattern Editor, а для управления библиотеками программа Library Executive.

На сайте фирмы разработчика P-CAD открыто опубликованы библиотеки, содержащие информацию от нескольких десятков производителей. Часто эта информация не соответствует ГОСТам, но их несложно доработать. В библиотеке каждому графическому изображению (Symbol) соответствует несколько возможных вариантов корпусов (Pattern). Вся информация об упаковке заносится в таблицы, которые удобно просматривать и корректировать.

Назначение основных пакетов системы [4]:

Symbol Editor – графический редактор для создания символьного изображения радиоэлектронного компонента.

Pattern Editor – графический редактор для создания конструкторско-технологического образа РЭК.

Library Executive – менеджер библиотек – программа для создания РЭК и ведения библиотек

Schematic – графический редактор для создания принципиальных электрических схем.

PCB – графический редактор для размещения РЭК и ручной и интерактивной трассировки ПП.

SPECCTRA – система автоматической трассировки ПП.

RELAY – графический редактор с сокращенным набором команд для размещения РЭК и интерактивной трассировки ПП. Используется при групповой организации проектных работ.

Запуск всех редакторов и программ производится с помощью меню «Пуск» – Программы – P-CAD 2002. Система SPECCTRA запускается из редактора PCB.

3. Интерфейсы графических редакторов

Виды интерфейсов всех редакторов идентичны (рис.3.1., рис.3.2.). Вертикальная панель слева от рабочего поля – это панель размещения. Наборы команд на панели инструментов размещения для различных редакторов отличны друг от друга.

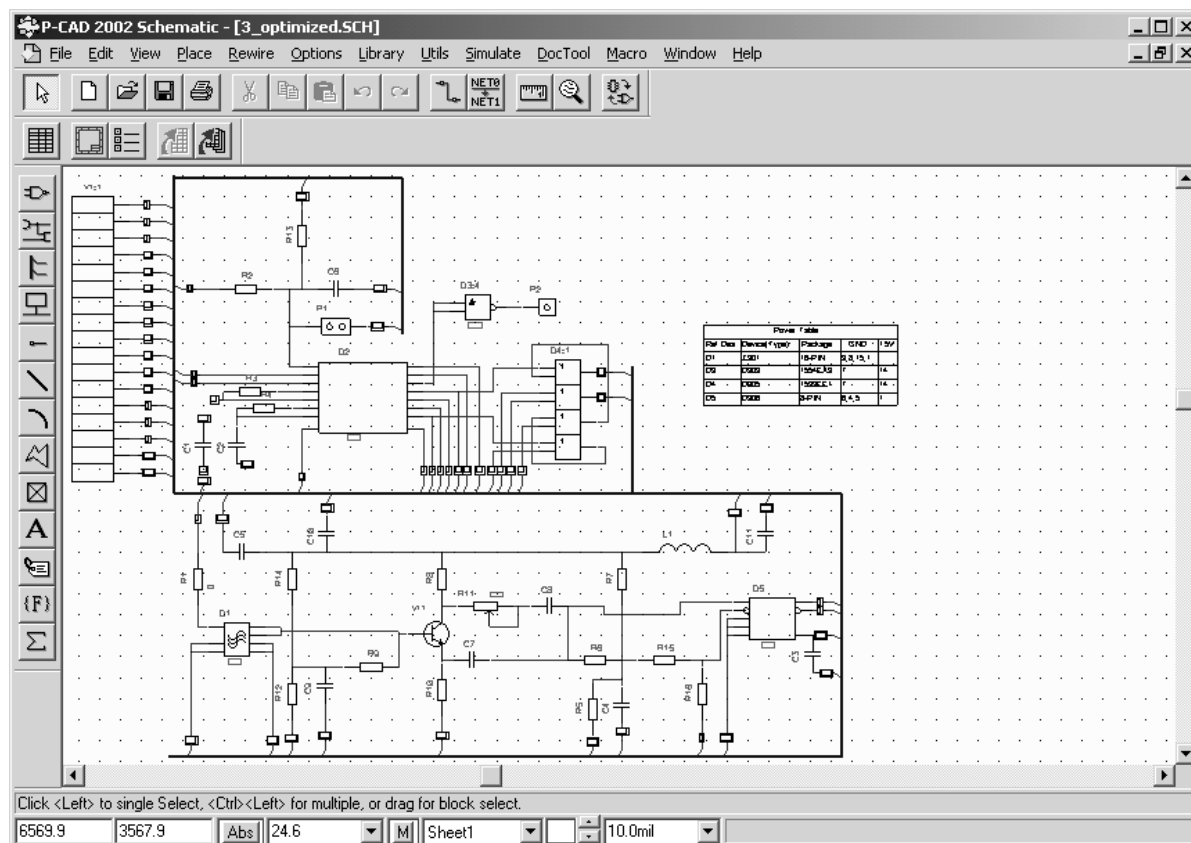


Рис.3.1. Интерфейс графического редактора P-CAD Schematic

Окно редактора включает (сверху вниз):

- заголовок окна с именем текущего файла,
- меню команд,
- панель системных команд (выбор объектов; создать файл, открыть файл, сохранить файл, печать документа; вырезать объекты, копировать объекты, вставить объекты; отмена действия, повтор действия и др.);
- рабочее поле;
- строку подсказки;
- строку состояний.

Видимость панелей и строк устанавливается с помощью флажков Command Toolbar, Placement Toolbar, Custom Toolbar, DocTool Toolbar, Design Manager, Prompt Line, Status Line в меню View.

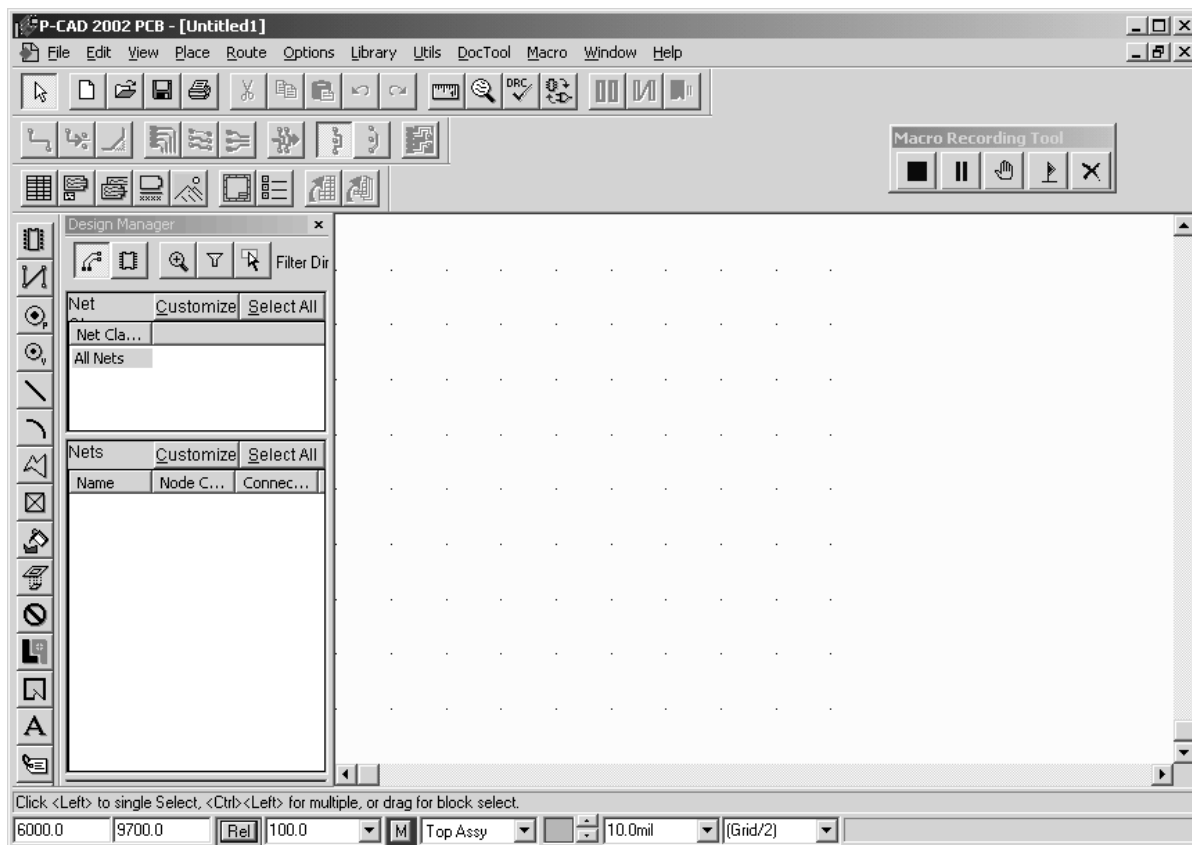


Рис. 3.2. Интерфейс графического редактора P-CAD PCB

Видимость панелей и строк устанавливается с помощью флажков Command Toolbar, Placement Toolbar, Custom Toolbar, DocTool Toolbar, Design Manager, Prompt Line, Status Line в меню View.

P-CAD-2002 оснащен новой панелью Design Manager. Эта система позволяет довольно просто и удобно просматривать и управлять данными проекта, а именно: комнаты, компоненты, контактные площадки, классы цепей, цепи, узлы. Таким образом, формируется иерархическое представление данных в проекте.

Design Manager объединяет следующие функции:

- иерархическое отображение данных в проекте (цепей и компонентов);
- создание кластеров на основе группы выбранных компонентов;
- выделение и подсветка компонентов и цепей;
- отображение или скрытие любого соединения цепи;
- быстрое выделение – новый способ выделения посредством Design Manager. Элементы можно выделять непосредственно в списке, представленном на панели Design Manager;
- Здесь же можно задавать индивидуальный цвет для каждой цепи. При этом такие элементы как контактные площадки, переходные отверстия и участки металлизации (медное литье),

подсоединенный к этой цепи, приобретут цвет, указанный для цепи. При необходимости, всегда можно перейти на «общий» цвет, указанный в настройках отображения;

- эффективное управление классами цепей;
- простое редактирование правил проектирования для цепей;
- новая панель инструментов позволяет легко просматривать и редактировать цепи и компоненты, управлять отображением, фильтровать элементы и выполнять быстрое выделение по списку;
- настройка фильтра позволяет определять уровень прозрачности отфильтрованных элементов;
- инструмент Zoom позволяет удобно просматривать проект;
- двойной щелчок по элементу из списка позволяет открыть стандартное диалоговое окно свойств.

Строка состояний включает (слева направо):

- координаты курсора X и Y, задав их вручную курсор можно установить в любую точку рабочего поля;
- кнопка выбора сетки: абсолютная (имеет начало координат в левом нижнем углу рабочего пространства) или относительная (заданная пользователем с помощью команды Options/Grids);
- выбор шага сетки (здесь можно задать новый шаг);
- кнопка, которая позволяет создавать макрокоманды;
- выбор активного слоя с указанием цвета;
- ширина линии;
- радиус скругления полигонов;
- параметры различных команд, например, при рисовании линий – угол наклона (изменить угол наклона можно с помощью клавиши «O») и приращения по X и Y.

4. Слои в системе P-CAD

Для удобства проектирования и возможности изготовления ПП информация о топологии ПП (печатные проводники, графика, текст) располагается на различных слоях.

Типы слоев:

- Сплошные (Plane) – содержат информацию о металлизации для цепей питания в МПП (в стандартном наборе не присутствует, создается вручную).
- Сигнальные (Signal) – содержат информацию о трассировке проводников (Top и Bottom).

- Несигнальные (Nonsignal) – содержат графическую и текстовую информацию (остальные слои).

Содержание слоев:

- Top проводники с верхней стороны ПП
- Bottom проводники с нижней стороны ПП
- Board границы ПП
- Top Silk, Bottom Silk графика конструктива РЭК
- Top Assy, Bottom Assy атрибуты
- Top Paste, Bottom Paste графика пайки
- Top Mask, Bottom Mask графика маски пайки (вскрытие в защитном слое)

Перенос объектов с одного слоя на другой осуществляется командой Edit/Move To Layer (выделить объект, выбрать слой, выбрать команду).

5. Описание команд основных пакетов системы

5.1. Команды графического редактора Symbol Editor

Команда	Назначение
Меню Symbol (системные команды)	
New	Открывает окно, содержащее новый файл символа. По умолчанию задаются следующие параметры: размер проекта - 10"×10". относительная сетка с шагом 100mil и началом координат в 5000, 5000 [5].
Open	Открывает существующий файл символа или библиотеку, чтобы выбрать символ
Close	Закрывает активное окно. Если файл символа был изменен, но еще не сохранен, предлагается сохранить изменения перед закрытием.
Close	Если Вы закрываете последний файл символа, автоматически открывается новое окно.
Save	Сохраняет символ в библиотеке. С помощью данной команды можно автоматически создавать компонент, соответствующий символу. Опция Create Component используется только для компонентов, имеющих численную нумерацию выводов, как в компонентах типа DIP. Компоненты с нумерацией выводов комбинацией буквы и цифры (например, компоненты типа «массив выводов») не могут быть созданы правильно с использованием этой

Save	опции. Если флажок Create Component не отмечен, то символ сохраняется в библиотеке без создания компонента, тогда для создания компонента, соответствующего этому символу используют менеджер библиотек Library Executive.
Save As	Сохраняет символ в библиотеке, диалог команды дает возможность сохранить предварительно сохраненный компонент под другим именем.
Symbol Wizard	Запускает мастер создания символа компонента Symbol wizard.
Attributes	Позволяет просматривать, добавлять, изменять, или удалять атрибуты, соответствующие символу.
Save To File	Сохраняет символ в активном окне как файл символа (.sym). При выборе команды Save из меню Symbol, текущий файл остается открытым, его редактирование может быть продолжено. Текущее имя файла и его местоположение нельзя изменить этой командой. Чтобы сохранять новый файл или текущий файл под другим именем или изменить его местоположение, используется команда Save To File As.
Save To File As	Сохраняет текущий символ в файле с новым именем и местоположением. Заданное по умолчанию расширение файла - .sym.
Print	Печатает активный символ в соответствии с установленными параметрами печати. При выполнении этой команды, появляется диалог File Print. Symbol Editor позволяет выводить на печать выбранную область символа.
Print Setup	Отображает список установленных принтеров и позволяет устанавливать текущий принтер.
Exit	Выход из Symbol Editor. При выполнении данной команды выдается запрос на сохранение всех изменений, внесенных с момента последнего сохранения. При выходе из Symbol Editor в файл SYMED.INI записывается информация о параметрах настройки, типе и размере рабочего пространства, системе единиц, выбранных опциях и т.д.

Меню Edit (Редактирование)	
Undo	Команда полностью отменяет последнее законченное действие. С помощью этой команды можно отменить команды Place, Delete, Copy, Cut, Copy Matrix, Renumber, а также перемещения, вращения и зеркальные отражения редактируемого объекта. Команды меню File, такие как New, Save, Print и т.д. не могут быть отменены. Если действие не может быть отменено, команда Undo является недоступной из меню Edit. При редактировании символа компонента возможна отмена законченной команды размещения (меню Place). Например, при создании объекта типа линии, многоугольников, дуги, необходимо закончить отрезок или дугу прежде, чем отменить действие. С помощью команды Undo можно отменить действия при размещении или изменении нумерации выводов.
Cut	С помощью команды Cut удаляется объект (объекты) из файла символа и сохраняет его в буфере обмена Windows. Содержимое буфера обмена Windows можно вставлять в другой файл или в любое место рабочего пространства текущего файла. Перед выполнением команды Cut необходимо выполнить выбор объектов, подлежащих удалению с помощью инструмента выбора (Edit/Select). Чтобы выполнить эту команду должен быть выбран хотя бы один объект, в противном случае пункт меню Cut недоступен. Содержимое буфера обмена, может быть сохранено в файле буфера обмена (.CLP). Содержимое файла буфера обмена может быть вставлено в файл символа. С помощью команды Cut возможно вырезать множественные объекты, используя множественный и блочный выбор.
Copy	Команда Copy позволяет копировать объекты в буфер обмена. Перед выполнением команды Copy необходимо выполнить выбор объектов, подлежащих удалению с помощью инструмента выбора (Edit/Select). Чтобы выполнить эту команду должен быть выбран хотя бы один объект, в противном случае пункт меню Copy недоступен. Для копирования в пределах одного и того же файла удобно использовать комбинацию Ctrl+левая кнопка мыши.

Copy To File	С помощью команды Copy To File производится копирование выбранных объектов в блочный файл; из блочного файла они могут быть вставлены в редактируемый символ с использованием команды Paste From File. Чтобы выполнить эту команду должен быть выбран хотя бы один объект, в противном случае пункт меню Copy To File недоступен. При выполнении команды Copy To File появляется диалоговое окно команды, в котором можно выбрать папку, в которой будет сохранен блок и имя файла. По умолчанию файл имеет расширение .BLK.
Paste	Команда Paste позволяет вставлять объект (объекты) из буфера обмена в текущий файл символа, если они были вырезаны или скопированы из рабочего пространства графического редактора с помощью команд Cut и Copy. При выполнении команды Paste курсор принимает форму перекрестия. При нажатии левой кнопки мыши происходит вставка объекта в выбранную позицию курсора. При вставке выводов компонента или текста из различных файлов содержащих стили, имеющие те же самые названия, но содержащие данные, отличающиеся от установленных для текущего файла, новые имена стилей заключаются в скобки и добавляются к списку стилей, доступных в текущем файле.
Paste From File	Команда Paste from File используется для вставки содержимого из блочного файла в текущий файл. Блочный файл, должен быть предварительно создан командой Copy to File. При выполнении команды Paste from File появляется окно диалога, в котором выбирается блочный файл для вставки.
Properties	Команда Properties вызывает диалоговое окно редактирования свойств выбранного объекта. Перед выполнением команды Properties должен быть выбран хотя бы один объект для редактирования. Если выбраны множественные объекты, то они должны иметь одинаковый тип (например, дуги, линии, контакты и т.п.), иначе команда недоступна. При редактировании свойств множественных объектов внесенные изменения относятся ко всем выбранным объектам. Команда Properties можете также быть выбрана из

Properties	всплывающего меню. Для этого необходимо выбрать объект и щелкнуть правую кнопку мыши, чтобы поднять всплывающее меню. Пункты меню, доступные во всплывающем меню изменяются в зависимости от объекта, который выбирается. Команда Properties может быть также выбрана двойным нажатием левой кнопки мыши на объекте.
Delete	Команда Delete удаляет все выбранные объекты. Для выполнения команды Delete удобно использовать клавишу Del. Эта команда не вырезает данные в буфер обмена (в отличие от команды Cut). Команда Delete может быть отменена с помощью команды Undo. Команда Delete может быть также вызвана из всплывающего меню по нажатию правой кнопки мыши при выделенном объекте.
Copy Matrix	Копирует все выбранные объекты, размножая их в виде матрицы с заданными параметрами. Перед выполнением команды Copy Matrix предварительно должны быть выбраны объекты для копирования. В диалоге команды Copy Matrix указывается число столбцов и строк, соответствующих числу копий объекта по горизонтали и вертикали, а также интервалы между объектами по горизонтали и вертикали. Положительное значение интервала между столбцами позволяет выполнить размещение объектов при копировании направо, отрицательное значение налево. Положительное значение интервала между строками позволяет выполнить размещение объектов при копировании вверх, отрицательное значение вниз. Значения параметров вводятся в системе единиц предусмотренной по умолчанию.
Select All	Выбирает все объекты на текущем листе.
Deselect All	Снимает выделение всех предварительно выбранных объектов.
Highlight	Высвечивает выбранный объект (объекты) в текущем цвете подсветки, выбранном с помощью команды Options/Display.
Unhighlight	Отмечает высвечивание выбранного объекта (объектов) и восстанавливает нормальные цвета объекта. К этой команде можно обратиться, щелкая правую кнопку мыши, чтобы поднять всплывающее меню, и выбирая Unhighlight.

Unhighlight All	Команда Unhighlight All отменяет подсветку всех объектов в файле и восстанавливает нормальные объектные цвета. Эта команда воздействует на все высвеченные объекты, независимо от того, выбраны ли они или нет.
Measure	Измеряет расстояние по X и по Y, а также полное расстояние между двумя точками, результаты отображаются в строке состояния. Размеры отображаются в зависимости от текущих параметров настройки с помощью команды Options Configure.
Select	Команда Edit/Select позволяет выделить объект (объекты) для их последующего редактирования с помощью команд меню Edit.
Меню View (Вид)	
Redraw	Очищает и затем перерисовывает активное окно без внесения изменений. Перерисовка используется для удаления следов от незаконченных проводников и перемещения или удаления объектов. Чтобы прерывать перерисовку в процессе ее выполнения, щелкните правую кнопку мыши, или нажмите Esc.
Extent	Отображает все объекты на текущем экране, изменяя рабочее пространство так, чтобы все объекты на текущем листе были видимы.
Last	Перерисовывает предыдущий вид текущего окна. Прокрутка не затрагивает предыдущий вид.
All	Перерисовывает активное окно с полностью показанным рабочим пространством. Отображенный размер рабочего пространства определен набором опций Workspace Size в меню команды Options/Configure. Вид All является заданным по умолчанию при запуске Symbol Editor с пустым рабочим пространством.
Center	Перерисовывает активное окно, используя курсор как относительную среднюю точку. Курсор приобретает форму лупы, показывая режим zoom и запрашивая выбрать в рабочем пространстве центр активного окна. Чтобы отменить выбор центральной точки, щелкните по правой кнопке мыши или нажмите Esc. View Center является непрерывной командой, после выбора центральной точки изображения продолжается выполнение предыдущей команды.

Center	Точка не может стать центром активного окна, в случае, если ее выбирают около границы рабочего пространства.
Zoom In	Команда View/Zoom In увеличивает масштаб видимого изображения в число раз, заданное в меню команды Options/Configure относительно выбранного центра. Команда является непрерывной. При выполнении команды View/Zoom In, курсор приобретает форму лупы, запрашивая выбор центра измененной в масштабе области. Позиция курсора становится центром раскрытой области. Чтобы отменить режим увеличения, когда курсор приобретает форму лупы, необходимо щелкнуть правую кнопку мыши или нажать Esc.
Zoom Out	Команда View/Zoom Out уменьшает масштаб видимого изображения в число раз, заданное в меню команды Options/Configure относительно выбранного центра. Команда является непрерывной.
Zoom Window	Изменяет размер окна в области рабочего пространства. Выбранная область – прямоугольник, который выбирается с помощью курсора в рабочем пространстве активного окна. Выбранная область заполняет активное окно. Является непрерывной командой.
Jump Location	Устанавливает курсор в указанное местоположение с координатами X и Y. Возможно использование клавиши J, чтобы ввести координаты в строку состояния.
Jump Text	Позволяет найти определенную комбинацию символов.
Command toolbar	С помощью этой команды устанавливается видимость панели системных команд.
Command toolbar	Отмеченный пункт меню Command toolbar указывает, что панель системных команд видима. Панель системных команд позволяет обеспечить быстрый доступ к наиболее часто используемым командам редактирования. Отключение команды увеличивает рабочее пространство в пределах соответствующего окна. Установка видимости панели системных команд. Сохраняется в файле инициализации при выходе из программы.
Placement toolbar	С помощью этой команды устанавливается видимость панели инструментов размещения.

Custom Toolbar	С помощью этой команды устанавливается видимость настраиваемой панели инструментов. Выбор команд, выполняемых в панели Custom Toolbar, осуществляется с помощью меню Utils/Customize.
Prompt Line	Позволяет показывать или скрывать строку подсказки. Текущие параметры настройки для видимости строки подсказки сохраняются в файле инициализации.
Status Line	Позволяет показывать или скрывать строку состояния.
Snap to Grid	Осуществляет привязку перемещений курсора к координатной сетке.
Меню Place (Команды размещения)	
Pin	Размещает вывод компонента.
Line	Команда Place/Line осуществляет рисование линий. В строке состояния отображаются приращения по X и Y.
Arc	Размещает дугу или круг на текущем листе. Чтобы изменять параметры существующей дуги, используется команда Edit/Properties. Чтобы изменять параметры рисования новой дуги используется команда Option/Current Line. Для перемещения, изменения размеров, вращения, зеркального отражения и т.д. используется режим Select.
Polygons	Данная команда размещает многоугольник в пространстве рабочего листа.
Ref Point	Размещает точку привязки символа библиотечного компонента.
Text	Позволяет вводить текст в символ. Стиль текста предварительно определяется командой Options/Text Style. Чтобы внести изменения в текст, выберите текст, нажмите правую кнопку, и нажмите Properties во всплывающем меню. Возможно изменить стиль текста, а также выравнивание. Для изменения стиля используется кнопка Edit Style, которая активизирует диалог команды Options/Text Style.
Attribute	Размещает атрибут в соответствии с параметрами, которые выбираются в диалоге команды. Поле Value определяет значение атрибута. Чтобы редактировать атрибут после его размещения выполняют команду File Design Info и нажимают кнопку Attribute.
IEEE Symbol	Размещает символ ИИЭР (IEEE) в проект. Будучи однажды введенным, символ ИИЭР не может быть отредактирован.

Меню <i>Options</i> (Команды настройки)	
Options Block Selection	Определяет фильтр для выбора блока. Настройка осуществляется с помощью соответствующего диалога.
Configure	Установка основных параметров проекта с помощью соответствующего диалога. Некоторые параметров диалога затрагивают все открытые проекты, некоторые затрагивают только активный проект.
Grids	Определяет текущую сетку. Диалог содержит многочисленные параметры сетки, которые сохраняются в файле символа. В абсолютном режиме начало координат сетки находится в левом нижнем углу рабочего пространства. В относительном режиме начало координат может быть установлено в любой точке рабочего пространства. Переключение между абсолютными и относительными режимами настройки сетки осуществляется кнопкой переключателя сетки или клавишей G.
Display	Определяет цвета, стиль курсора, и другие параметры отображения проекта на дисплее. Выбранные параметры сохраняются в файле SYMED.INI.
Preferences	Определяет настройки клавиатуры, мыши и панели инструментов.
Current Line	Устанавливает ширину и стиль рисования линий и дуг для команд Place/Line и Place/Arc.
Text Style	Устанавливает текущий стиль текста для команды Place/Text и позволяет добавлять, удалять, переименовывать, или редактировать стили текста, используя ряд доступных диалогов. Стили текста пользователя доступны по команде Place/Text, или при редактировании текста с помощью команды Edit/Properties. Заданный по умолчанию стиль Default не может быть удален, переименован или изменен. Другие три заданных по умолчанию стили могут быть отредактированы, но не могут быть удалены или переименованы.
Text Style	
Меню <i>Library</i> (команды работы с библиотеками)	
New	Позволяет создавать новую библиотеку. Новая библиотека пуста. В диалоге команды Library New определяется имя файла новой библиотеки.
Alias	Alias (псевдоним) - дополнительное имя компонента или символа. Один компонент может иметь множество эквивалентных

Alias	имен, задаваемых с помощью этой команды. Псевдонимы не являются копиями компонента. Для копирования или переименования используются соответствующие библиотечные команды. Псевдонимы позволяют использовать ряд соглашений об именах для компонентов или символов, без того, чтобы переименовать их.
Copy	Копирует один или большее количество элементов из одного файла в другой (или в тот же самый, но в различной библиотеке). Если Вы хотите копировать компонент со связанными символами, используйте команду Library/Copy в администраторе библиотек Library Executive.
Delete	Удаляет библиотечный элемент. Если Вы удаляете символ, то все компоненты в библиотеке, которые ссылаются на тот символ, будут незавершенными и поэтому непригодны для размещения.
Rename	Переименовывает символ или компонент.
Меню Utils (Утилиты)	
Renumber	Перенумеровывает номера выводов для последовательности выводов. Команда Undo полностью отменяет всю перенумеровку.
Validate	Проверяет правильность создания символа и сообщает о любых ошибках. Символ, содержащий ошибку, не может быть сохранен в библиотеке.
P-CAD PCB	Если P-CAD PCB установлен, эта команда запускает графический редактор печатных плат PCB. Если P-CAD PCB уже запущен, он становится активным приложением.
P-CAD Schematic	Если P-CAD Schematic установлен, эта команда запускает графический редактор принципиальных схем P-CAD Schematic. Если P-CAD Schematic уже запущен, он становится активным приложением.
P-CAD Library Executive	Если P-CAD Library Executive установлен, эта команда запускает менеджер библиотек Library Executive. Если P-CAD Library Executive уже запущен, он становится активным приложением.
P-CAD Pattern Editor	Если P-CAD Pattern Editor установлен, эта команда запускает графический редактор корпусов и посадочных мест P-CAD Pattern Editor. Если P-CAD Pattern Editor уже запущен, он становится

P-CAD Pattern Editor	активным приложением.
Customize	Команда Customize в меню Utils позволяет устанавливать быстрый и простой способ обратиться к другим приложениям от P-CAD, добавляя элементы на панель инструментов Custom Tools и меню Utils.
Меню Macro	
Record/Stop	Начинает и/или останавливает запись макрокоманды. После того, как запись макрокоманды завершена, ей может быть назначена горячая клавиша или пункт меню. Макрокоманда, которая перемещает или удаляет компонент, не имеет никакого влияния на фиксированный компонент. Кнопка M, расположенная на строке состояния позволяет создавать временные макрокоманды на лету.
Delete	Удаляет макрокоманду.
Rename	Позволяет переименовывать любые созданные макрокоманды, включая заданную по умолчанию (Default).
Run	Воспроизводит макрокоманду. Макрокоманда, которая перемещает или удаляет компонент, не влияет на фиксированный компонент.
Меню Window	
New Window	Позволяет открывать дополнительные окна для открытого файла. Возможно независимое перемещение в каждом окне чтобы сравнить различные части одного и того же файла. Номер, идентифицирующий окно добавлен к имени файла в области заголовка Title bar и в нижней части меню Window.
Cascade	Упорядочивает все открытые окна так, чтобы неперекрывающиеся заголовки окон были видимы, чтобы облегчить переключение между окнами.
Tile	Упорядочивает все открытые окна так, чтобы все окна были видимы.
Arrange Icons	Упорядочивает значки файла символа в основном окне.
Меню Help	
Help Topics	Отображает тематику интерактивной справочной подсистемы P-CAD
How to Use Help	Содержит информацию об использовании справочной подсистемы Windows
About P-CAD	Отображает диалог, который содержит информацию о

Symbol Editor	номере версии программы, дате выпуска, используемой и доступной памяти, номер лицензии.
---------------	---

5.2. Команды графического редактора Pattern Editor

Команда	Назначение
Меню Pattern – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
Pattern Wizard	Запускает мастер создания посадочного места компонента Pattern wizard.
Design Technology Parameters	Фиксирует технологические данные, содержащиеся в файле посадочного места, включая стили контактных площадок и переходных отверстий, и сохраняет их в файле технологических параметров проекта. Эти данные могут использоваться в любом проекте P-CAD. Файл технологических параметров проекта (.dtp) имеет иерархическую организацию. Технологические параметры разделены на группы. Эти группы могут содержать различные типы данных проектирования и могут быть помещены в файл посадочного места. Группа технологических параметров состоит из одной или более predetermined секций; каждая из них содержит наборы элементов одного типа. Каждый элемент обладает свойствами, которые соответствуют определенным данным проектирования. При выборе команды File/Design Technology Parameters появляется диалог файла технологических параметров проекта. Информация размещается в древовидной структуре, подобной расположению папок и файлов в дереве проводника Windows. В этом диалоге можно устанавливать параметр технологии проекта и журналы, копировать технологические параметры в проект или из проекта, рассматривать или изменять свойства данных, и просматривать или изменять иерархию файла. Файла технологических параметров проекта имеет иерархическую структуру. Ниже приводится краткое описание секций: Class-to-Class Rules: определяют правила между двумя сетевыми классами.

Design Technology Parameters	Global Rules: определяют зазоры для определенного слоя. Layer Sets: определяют названия слоев печатной платы, которые принадлежат данному набору. Net Class Definitions: определяют имя класса цепей и элементы класса цепей. Net Class Rules: определяют правила для определенного класса цепей. Net Rules: определяют правила для определенной цепи. Pad Definitions: определяют свойства для стилей контактных площадок печатной платы. Via Definitions: определяют свойства для стилей переходных отверстий печатной платы.
<i>Меню Edit – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд</i>	
Paste To Layer	Позволяет вставлять элементы на слои, отличные от того, с которого они были вырезаны или скопированы, в пределах одного или нескольких проектов. Эта особенность относится к одиночному или множественному копированию и операции вырезания блока. Команда Edit Paste To Layer может работать только с данными, содержащимися в буфере обмена и имеющими формат Pattern Editor или PCB. Данные, поступившие в буфер обмена из других приложений, не могут быть вставлены в рабочее пространство графического редактора посадочных мест P-CAD Pattern Editor. При выборе нескольких элементов находящихся на различных слоях все они будут вставлены на текущий уровень. Многослойные элементы типа контактных площадок останутся многослойными. Выбор слоя для размещения вставляемых элементов удобно производить путем нажатия клавиши L. Возможна вставка на выбранный слой содержимого файла буфера обмена (.CLP), также как и непосредственно из буфера обмена При вставке переходных отверстий, контактных площадок или текста из другого, которые имеют одинаковые имена стилей, но данные отличаются от стилей текущего проекта, вводимые имена стилей будут в скобках, чтобы указать на возможный конфликт стилей. Новые имена стилей (в скобках) будут добавлены к

Paste To Layer	списку доступных стилей в текущем проекте.
Move To Layer	Эта команда позволяет выбирать объекты и затем перемещать их на другой слой.
Меню View – такое же, как в Symbol Editor	
Меню Place – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
Pad	Размещает контактную площадку, имеющую текущий стиль. Контактные площадки не принадлежат конкретному специфическому слою. Чтобы размещать поверхностную контактную площадку текущий стиль должен быть установлен таким образом, чтобы контактная площадка была определена только на поверхностном слое печатной платы. Команда Options/Pad Style используется для определения новых стилей контактных площадок и устанавливает текущий стиль контактной площадки. Команда Edit/Properties в своем меню Pad Properties позволяет изменить стили контактной площадки или номера уже размещенных контактных площадок.
Via	Размещает переходное отверстие, имеющее текущий стиль. Переходные отверстия не принадлежат специфическому слою. Чтобы размещать межслойное переходное отверстие текущий стиль должен иметь форму, определенную только на внутреннем слое. Команда Options/Via Style используется, чтобы определить новые стили переходных отверстий. Команда Edit/Properties в своем меню Via Properties позволяет изменить стили уже размещенных переходных отверстий. Работа с переходными отверстиями аналогична работе с контактными площадками при их размещении, вращении, зеркальном отражении и редактировании.
Glue Point	Размещает точку приклеивания корпуса компонента к печатной плате в файл посадочного места компонента в образец перед, его сохранением в библиотеке.
Glue Point	Точки приклеивания используются, чтобы удерживать компоненты на месте, пока они не припаяны на плату в процессе монтажа.
Pick Point	Размещает точку привязки захвата для автоматического размещения компонентов на плате в образец прежде, чем

Pick Point	это сохранено к библиотеке. Точки привязки захвата обеспечивают контрольные точки для автоматического извлечения компонента из тары и его размещения на плате.
Keepout	Позволяет создавать барьер, для выполнения тех или иных действий при трассировке печатной платы (трассировка проводников в тех или иных слоях, размещение переходных отверстий и т.п.) Барьер может быть размещен в любой несигнальном слое, слоях проводников со стороны установки компонентов (Top) и со стороны монтажа (bottom), любом слое сплошной металлизации. Барьеры не могут быть размещены на других сигнальных слоях, кроме вышеперечисленных. Барьеры – неэлектрические элементы, которые учитываются программой автоматической трассировки печатных плат (autorouter); они игнорируются программой проверки правил проектирования (DRC).
Меню Options – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
Layers	Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта.
Current Keepout	Команда Options/Keepout позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Keepout.
Pad Style	Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad. Вы можете добавлять, удалять, производить чистку неиспользованных стилей контактной площадки, редактировать стили контактной площадки, устанавливать диаметры отверстий, используя ряд доступных диалогов. Стиль контактной площадки (стек контактной площадки) – совокупность информации относительно формы контактной площадки, слоев, диаметра отверстия, его смещения относительно центра контактной площадки Стиль контактной площадки может быть простым или сложным. Заданный по умолчанию стиль контактной площадки (Default) не может быть изменен или удален, он недоступен для редактирования. Для редактирования должен быть создан новый стиль

Pad Style	путем копирования стиля Default под другим именем.
Via Style	Рассматривает текущий стиль переходного отверстия для команды Place/Via. Команда практически аналогична команде Options/Pad Style.
Via Style	Единственное различие между контактными площадками и переходными отверстиями – стили переходных отверстий не поддерживают формы типа монтажного отверстия (Mounting Hole) и перекрестия для сверления (Target shapes).
Меню Library – такое же, как в Symbol Editor	
Меню Utils – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
P-CAD Symbol Editor	Если P-CAD Symbol Editor установлен, эта команда запускает графический редактор символов компонентов P-CAD Symbol Editor. Если P-CAD Symbol Editor уже запущен, он становится активным приложением.
Меню Macro – такое же, как в Symbol Editor	
Меню Window – такое же, как в Symbol Editor	
Меню Help – такое же, как в Symbol Editor	

5.3. Команды менеджера библиотек Library Executive

Команда	Назначение
Меню File (работа с файлами)	
Import	Импорт файла библиотеки в текстовом формате с разделителем.
Map Fields	Определяет расположение и назначение полей импортируемого файла библиотеки.
Cross Links	Создание связей между именами и компонентами в импортируемой библиотеке
Query	Просмотр и поиск необходимой информации в библиотеках в диалоговом режиме.
Save To Library	Сохраняет импортируемую библиотеку в формате P-CAD.
Verify	Сравнение импортированных библиотек с сохраненными библиотеками P-CAD.
Report	Составление отчета об импорте библиотек.
Exit	Выход из P-CAD Library Executive.

Меню <i>Library</i> (системные команды)	
New	Позволяет создавать новую библиотеку. Новая библиотека пуста. В диалоге команды Library New определяется имя файла новой библиотеки.
Setup	Позволяет управлять библиотеками и наборами библиотек.
Alias Alias	Alias (псевдоним) – дополнительное имя компонента или символа. Один компонент может иметь множество эквивалентных имен, задаваемых с помощью этой команды.
Copy	Копирует компонент, корпус, символ из одной библиотеки в другую.
Delete	Удаляет библиотечный элемент, корпус, символ.
Rename	Переименовывает библиотечный элемент корпус, символ.
Translate	Трансляция библиотек из(в) форматов P-CAD Binary, P-CAD ASCII, TangoPRO Binary, TangoPRO ASCII, Tango-Schematic (DOS), Tango-PCB (DOS), PDIF.
Merge Patterns	Связывание корпусов с библиотеками, не имеющими посадочных мест компонентов, а только ссылки на них.
Publisher	Утилита генерации полных, настраиваемых отчетов непосредственно в Microsoft Word. Эти отчеты могут включать изображения образцов и символов в библиотеке. Для просмотра результатов работы утилиты Library/Publisher требуется Microsoft Word 97.
Меню <i>Component</i> (работа с компонентами)	
New	Создание нового библиотечного компонента.
Open	Открытие существующего в выбранной библиотеке компонента.
Save	Сохранение компонента в соответствующей библиотеке. Перед сохранением выполняется автоматически команда Component/Validate. Сохранение компонента, имеющего ошибки невозможно.
Save As	Сохранение компонента под новым именем или в новой библиотеке.
Validate	Проверка правильности заполнения полей информации о компоненте.
Меню <i>Pattern</i> (работа с посадочным местом компонента)	
New New	Создание нового посадочного места компонента. Запуская мастер создания посадочного места компонента Pattern Wizard графического редактора посадочных мест P-CAD Pattern Editor.

Open	Открывает существующее посадочное место для редактирования в графическом редакторе посадочных мест P-CAD Pattern Editor.
Меню <i>Symbol</i> (работа с символом (УГО) компонента)	
New	Создание нового символа компонента. Запуская, мастер создания символа компонента Symbol Wizard графического редактора символов P-CAD Symbol Editor.
Open	Открывает существующий символ для редактирования в графическом редакторе символов P-CAD Symbol Editor.
Меню <i>Edit</i> (Редактирование)	
Undo Spreadsheet Change	Команда полностью отменяет последнее законченное действие.
Cut Spreadsheet Change	С помощью команды Edit/Cut Spreadsheet Change удаляют все данные из выбранных ячеек таблицы, и сохраняет его в буфере обмена Windows.
Copy Spreadsheet Change	Команда Edit/Copy Spreadsheet Change позволяет копировать объекты в буфер обмена.
Paste Spreadsheet Change	Команда Paste позволяет вставлять объект (объекты) из буфера обмена в выбранные ячейки, если они были вырезаны или скопированы с помощью команд Edit/Cut Spreadsheet Change и Edit/Copy Spreadsheet Change.
Slide Selection Up	Перенос выбранного объекта в таблице на одну строку вверх.
Slide Selection Down	Перенос выбранного объекта в таблице на одну строку вниз.
Select Symbols	Выбор символов в текущей библиотеке для присоединения к текущему компоненту.
Select Pattern	Выбор посадочных мест в текущей библиотеке для присоединения к текущему компоненту.
Component Attr	Редактирование, просмотр и введение атрибутов компонентов.
Меню <i>View</i> (Вид)	
Component Info	Просмотр информации о компоненте.
Pins View	Редактирование информации о назначении и упаковке выводов компонента.
Pattern View Pattern View	Редактирование параметров посадочного места компонента.
Symbol View	Редактирование параметров символа УГО компонента.

Toolbar	Включение строки инструментов.
Custom Toolbar	С помощью этой команды устанавливается видимость настраиваемой панели инструментов.
Prompt Line	Позволяет показывать или скрывать строку подсказки.
Меню Utils (Утилиты) аналогично Symbol и Pattern Editor, за исключением нижеописанной команды	
Query Query	Работа с информацией, содержащейся в библиотеках, в диалоговом режиме.
Меню Help	
Help Topics	Отображает тематику интерактивной справочной подсистемы P-CAD.
How to Use Help	Содержит информацию об использовании справочной подсистемы Windows
About	Отображает диалог, который содержит информацию о номере версии программы, дате выпуска, используемой и доступной памяти, номер лицензии.

5.4. Команды графического редактора Schematic

Команда	Назначение
Меню File – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
Reports	Позволяет генерировать отчеты с определенными опциями вывода. Эти опции сохраняются в файле конфигурации SCH.INI при выходе из программы.
Design Info	Команда File/Design Info используется для ввода информации о проекте, составляет отчет статистики проекта, а также запрашивает и изменяет атрибуты проекта. Все поля, размещаемые в проект с помощью команды Place/Field, за исключением полей текущего времени и заголовка, используют информацию, введенную в диалог команды File/Design Info. Информация, определяемая с помощью этой команды, сохраняется в файле проекта. Доступны следующие поля, содержащие информацию о проекте: Общая информация о проекте (General Tab). Информация о полях проекта (Fields Tab). Информация об атрибутах проекта (Attributes Tab). Информация о статистике проекта (Statistics Tab). Если установлена утилита P-CAD Document Toolbox,

Design Info	диалог команды File/Design Info содержит дополнительные пункты: Таблица примечаний проекта (Notes Tab). Информация об изменениях, внесенных в проект (Revisions Tab).
Design Technology Parameters	Фиксирует технологические данные, содержащиеся в файле принципиальной электрической схемы, включая стили контактных площадок и переходных отверстий, и сохраняет их в файле технологических параметров проекта. Эти данные могут использоваться в любом проекте P-CAD. Файл технологических параметров проекта (.dtp) имеет иерархическую организацию. Технологические параметры разделены на группы. Эти группы могут содержать различные типы данных проектирования и могут быть помещены в файл посадочного места. Группа технологических параметров состоит из одной или более предопределенных секций; каждая из них содержит наборы элементов одного типа. Каждый элемент обладает свойствами, которые соответствуют определенным данным проектирования. При выборе команды File/Design Technology Parameters появляется диалог файла технологических параметров проекта. Информация размещается в древовидной структуре, подобной расположению папок и файлов в дереве проводника Windows. В этом диалоге можно устанавливать параметр технологии проекта и журналы, копировать технологические параметры в проект или из проекта, рассматривать или изменять свойства данных, и просматривать или изменять иерархию файла. Диалог файла технологических параметров проекта имеет иерархическую структуру. Ниже приводится краткое описание секций: Class-to-Class Rules: определяют правила между двумя классами цепей. Net Class Definitions: определяют имя класса цепей и элементы класса цепей. Net Class Rules: определяют правила для определенного класса цепей.

Design Technology Parameters	Net Rules: определяют правила для определенной цепи. Секции определения зазоров Global Rules, определения слоев печатной платы Layer Sets, определения стилей контактных площадок Pad Definitions и переходных отверстий Via Definitions недоступны для редактирования в P-CAD Schematic
DXF In	Загружает в P-CAD Schematic файл в формате DXF (Drawing Interchange Format), являющимся стандартным форматом обмена для системы AutoCAD. При использовании этой команды можно наносить размеры, выполнять отрисовку сложных контуров печатной платы, требования по сборке платы, эмблемы и т.д. в САПР типа AutoCAD , и затем импортировать DXF файл в P-CAD Schematic.
DXF Out	Команда File/DXF Out сохраняет схему, выполненную в Schematic в формате DXF. Эти файлы могут тогда быть загружены AutoCAD или другие механические САПР. Вывод в формате DXF совместим с AutoCAD версии 9.0 и выше.
PDIF In	Позволяет загружать файлы проекта в формате PCAD PDIF.
PDIF Out	Сохраняет проект в формате PDIF.
<i>Меню Edit – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд</i>	
Move By RefDes	Эта команда позволяет выбирать и перемещать символ компонента, вводя его позиционное обозначение (RefDes). Перемещаемый компонент должен находиться на текущем листе.
Explode Part	Эта команда позволяет преобразовывать символ компонента в схеме к базовым примитивам (набору линий, дуг, контактов и т.д.), доступным для редактирования. После выполнения данной команды символ перестает быть неделимым объектом и каждая его составляющая доступна для редактирования. Эта команда удобна для изменения существующего символа компонента или создания нового символа на базе существующего. Возможно добавление большего количества выводов, изменение размеров или толщины линий, изменение нумерации выводов, и т.д.

Explode Part	Не рекомендуется выполнять эту команду над компонентом, зеркально отраженным относительно своего нормального положения
Align Parts	Выравнивание символов компонентов. Символы могут быть выровнены относительно опорной точки по горизонтали или вертикали, с равным расстоянием между символами. В случае если компоненты размещены вне сетки, выравнивание позволяет расположить их в привязке к сетке.
Parts	Позволяет редактировать символы компонентов в пределах проекта.
Nets	Позволяет выбирать цепи, редактировать атрибуты цепей, переименовывать и удалять цепи (Nets) и шины (Bus).
Меню View – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
Descend	Данная команда используется при работе с иерархическим проектом перемещения на уровень вниз.
Ascend	Данная команда используется при работе с иерархическим проектом перемещения на уровень вверх.
Меню Place – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
Part	Размещает символ компонента в указанную точку рабочего пространства.
Wire	Размещает электрическую цепь или ряд сегментов цепей на текущем листе. Чтобы изменить текущую ширину линии, изображающей цепь, используется команда Options/Current Wire. Размещаемая электрическая цепь может начинаться или заканчиваться на выводе, шине, в свободном месте рабочего пространства или на другой электрической цепи. Если размещаемая электрическая цепь заканчивается на другой электрической цепи или выводе, она становится автоматически связанной. Несвязанные цепи отображаются с выделением неподключенных (висячих) концов, если опция Open End отмечена в диалоге команды Options/Display

Bus	Размещает шину (или несколько сегментов шины) на текущем листе.
Port	Порты указывают связность между подцепями одной цепи. Подцепи могут быть расположены на одном или различных листах.
Field	Размещает поле, содержащее информацию о проекте типа даты и времени создания, автора. Эта информация обычно отображается в штампе листа принципиальной электрической схемы. Текущая дата и текущее время вводятся из системных часов компьютера. Вся информация кроме текущего времени, текущей даты, числа листов и номера листа должна быть определена в диалоге команды File/Design Info.
Меню Rewire	
Manual	Добавляет точку излома цепи.
Меню Options – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
Design Rules	Позволяет ввести сведения о правилах и параметрах для текущего проекта. Меню Net Class позволяет определять правила для контактных площадок, переходных отверстий, строк, и пар объектов типа: контактная площадка - проводник, проводник - переходное отверстие, и т.п. Меню Net предназначено для определения зазоров для определенной цепи в текущем проекте. Меню Class To Class позволяет определять зазор между классами цепей.
Net Classes	Команда позволяет определять группу (класс) цепей, которые совместно используют общие правила трассировки. Возможно добавление определяемых пользователем атрибутов к классам цепей. Для классов цепей можно определить параметры контактных площадок, ширину линий, величины зазоров для переходных отверстий и т.п. Классы цепей передаются из P-CAD Schematic в P-CAD PCB через формат P-CAD Netlist. При обмене данными с системой P-CAD информация о классах цепей теряется.

Sheets	Позволяет переключаться между листами многолистовой схемы текущего проекта. С помощью данной команды можно также добавлять или удалять листы из проекта и изменять имя листа.
Current Wire	Устанавливает текущую ширину цепи для команды Place/Wire. Чтобы изменять ширину существующих цепей используется команда Edit /Properties.
Меню Library – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд	
Setup	Команда Library Setup открывает библиотеки, компоненты которых могут быть размещены в рабочем пространстве проекта. Команда Place Part использует список открытых библиотек, чтобы ввести символы компонентов в схему. Команда Library/Symbol Save As также использует список открытых библиотек. При размещении символа компонента в схему, библиотечный файл, содержащий компонент должен быть открыт. Одновременно может быть открыто до 100 библиотек.
Symbol Save As	Сохраняет символ в библиотеке. Символ может быть сохранен только в открытой библиотеке. Символы могут содержать выводы, точки привязки, линии, дуги, многоугольники, текст, атрибуты, поля и символы ИИЭР. Они не могут содержать проводники, шины, или другие символы.
Archive Library	Команда Archive Library сохраняет информацию о компонентах из открытых библиотек, используемых в активном файле проекта. Удобно, особенно для больших проектов, сохранять информацию о компонентах проекта в одном месте. Эта особенность P-CAD избавляет от необходимости хранить полный набор библиотек используемых при создании проекта.
Query	В графическом редакторе принципиальных схем P-CAD Schematic, в случае установки менеджера библиотек P-CAD Library Executive, диалог команды Place/Part имеет кнопку Query, которая обращается к

Query	внедренному диалогу запроса. Также можно обращаться к внедренному запросу через команду Query из меню Library. С помощью диалога запроса удобно искать библиотеку для компонента, используя разнообразные атрибуты. В этом случае представляется возможным размещать компонент, удовлетворяющий заданным критериям поиска непосредственно в принципиальную электрическую схему.
Verify Design	Данная команда позволяет проверять различия между выбранными атрибутами и библиотеками P-CAD.
<i>Меню Utils – такое же, как в Symbol Editor, за исключением нижеописанных команд</i>	
Force Update	Эта команда заменяет все компоненты данного типа первым компонентом, того же типа из открытой библиотеки. Как правило, команду Force Update использует после исправления ошибки в уже введенном компоненте.
ERC	(Electrical Rules Check) Позволяет выполнить проверку на правильность электрических соединений принципиальной электрической схемы проекта на наличие ошибок типа висящих цепей, объединения выходов элементов и т.п.
Record ECOs	Запускает или останавливает запись файла изменений схемы Engineering Change Orders (ECO) для последующей ее корректировки.
Import ECOs	Импорт файла изменений схемы ECO для корректировки текущей принципиальной схемы.
Export ECOs	Сохранение файла изменений схемы.
Generate Netlist	Создает список электрических связей проекта. Возможно его сохранение в различных форматах для связи с другими САПР.
Rename Net	Команда Utils/Rename Net позволяет вводить начальное имя цепи и переименовывать одну или несколько цепей.
Module Wizard	Мастер создания иерархических схем.
Resolve Hierarchy	Преобразовывает сложную иерархию к простой, давая возможность генерировать список цепей. После раскрытия иерархии, становится возможным импортировать и экспортировать файлы изменений (ECO), генерировать списки цепей, и сохранять схемы в формате PDIF.

Меню Macro – такое же, как в Symbol Editor	
Меню Window – такое же, как в Symbol Editor	
Меню Help – такое же, как в Symbol Editor	
Команды DocTool (входят в ACCEL Document Toolbox)	
Place Table	С использованием этой команды, входящей в P-CAD Document Toolbox, Вы можете размещать разнообразные таблицы в проект. Эту команду удобно использовать для разработки перечней элементов.
Titles	Позволяет определить рамку (формат) проекта.
Notes	С помощью этой команды вводятся примечания к проекту (как правило, указания на питание микросхем, особенности монтажа и т.д.).
Update	Повторно вычисляет данные проектирования и модифицирует выбранные таблицы, внедренные в проект.
Update All	Повторно вычисляет данные проектирования и обновляет все таблицы, внедренные в проект.

5.5. Команды графического редактора PCB

Команда	Назначение
Меню File – такое же, как в Schematic, за исключением нижеописанных команд	
Clear	Очищает рабочее пространство и сбрасывает область заголовка. При выполнении команды File/Clear предлагается сохранить изменения в текущем файле. Команда File/Clear не сбрасывает стили, установку определений слоев, стили контактных площадок открытого файла. Команда также не сбрасывает список апертур, определенный командой File/Gerber Out, позволяя загрузить файл фотоплоттера без переопределения апертур.
Gerber In	Команда File/Gerber In позволяет загружать файлы в формате Gerber. Каждый файл загружается на отдельный слой. Gerber файл может быть загружен или в пустое рабочее пространство, или размещен на текущей печатной плате. Загрузка Gerber файла обычно используется для проверки размеров контактных площадок, ширины

Gerber In	линий или других возможных ошибок. Наложение Gerber файла на проект - хороший способ проверить соответствие Gerber файла плате проекта. Чтобы избежать риска порчи рабочего проекта из-за нежелательных элементов геометрии Gerber файла необходимо перед выполнением команды File/Gerber In сохранить текущий проект.
Gerber Out	Команда File/Gerber Out позволяет выводить Gerber файлы.
N/C Drill	Позволяет выводить файл управляющей программы станка ЧПУ для текущего проекта в формате Excellon.
<i>Меню Edit – такое же, как в Schematic, за исключением нижеописанных команд</i>	
Paste To Layer	Позволяет вставлять элементы на слои, отличные от того, с которого они были вырезаны или скопированы в пределах одного или нескольких проектов. Эта особенность относится к одиночному или множественному копированию и операции вырезания блока. Команда Edit/Paste To Layer может работать только с данными, содержащимися в буфере обмена и имеющими формат Pattern Editor или PCB. Данные, поступившие в буфер обмена из других приложений, не могут быть вставлены в рабочее пространство графического редактора печатных плат P-CAD PCB. При выборе нескольких элементов находящихся на различных слоях все они будут вставлены на текущий уровень. Многослойные элементы типа контактных площадок останутся многослойными. Выбор слоя для размещения вставляемых элементов удобно производить путем нажатия клавиши L. Возможна вставка на выбранный слой содержимого файла буфера обмена (.CLP). При вставке переходных отверстий, контактных площадок или текста из другого, которые имеют одинаковые имена стилей, но данные отличаются от стилей текущего проекта, вводимые имена стилей будут в скобках, чтобы указать на возможный конфликт стилей. Новые имена стилей (в скобках) будут добавлены к списку доступных стилей в текущем проекте.

Move To Layer	Эта команда позволяет выбирать объекты и затем перемещать их на другой слой.
Explode Component	Эта команда позволяет преобразовывать посадочное место компонента в схеме к базовым примитивам (набору линий, дуг, контактов и т.д.), доступным для редактирования.
Explode Component	После выполнения данной команды посадочное место перестает быть неделимым объектом и каждая его составляющая доступна для редактирования. Эта команда удобна для изменения существующего посадочного места компонента или создания нового посадочного места на базе существующего. Возможно добавление большего количества выводов, изменение размеров или толщины линий, изменение нумерации выводов, и т.д. Не рекомендуется выполнять эту команду над компонентом, зеркально отраженным относительно своего нормального положения
Alter Component	Позволяет выбирать некоторые составные части компонента для их последующего перемещения, вращения, зеркального отражения и удаления.
Align Components	Компоненты могут быть выровнены относительно опорной точки по горизонтали или вертикали, с равным расстоянием между ними. В случае если компоненты размещены вне сетки, выравнивание позволяет расположить их в привязке к сетке.
Rooms	Позволяет редактировать «комнаты» существующие в проекте. Можно находить и выбирать компоненты, включенные в выбранную «комнату».
Components	Позволяет редактировать компоненты в пределах текущего проекта и переходить к определенному компоненту. Также позволяет высвечивать компоненты и цепи, присоединенные к определенному компоненту.
Меню View – такое же, как в Schematic	
Меню Place – такое же, как в Schematic, за исключением нижеописанных команд	
Autoplacement	Запуск программы автоматического размещения, как правило, SPECCTRA.
View Log	Просмотр файла результатов автоматического размещения.

Component	Размещает компонент на плате.
Connection	Позволяет ввести электрическую связь (Ratsnet) между выводами компонентов.
Pad	Размещает контактную площадку, имеющую текущий стиль.
Via	Размещает переходное отверстие, имеющее текущий стиль.
Via	Работа с переходными отверстиями аналогична работе с контактными площадками при их размещении, вращении, зеркальном отражении и редактировании.
Point	С помощью команды Place/Point можно ввести в проект точку привязки (Ref Point), приклеивания компонента (Glue Dot), или привязки и ориентации механизма установки компонентов на плату (Pick and Place point).
Copper Pour	С помощью команды Place/Copper Pour размещаются области металлизации (wired polygons), имеющие различный тип штриховки.
Cutout	По команде Place/Cutout выполняются вырезы в области металлизации.
Keepout	Позволяет создавать барьер, для выполнения тех или иных действий при трассировке печатной платы (трассировка проводников в тех или иных слоях, размещение переходных отверстий и т.п.). Барьер может быть размещен в любой несигнальном слое, слоях проводников со стороны установки компонентов (Top) и со стороны монтажа (Bottom), любом слое сплошной металлизации. Барьеры – неэлектрические элементы, которые учитываются программой автоматической трассировки печатных плат (Autorouter); они игнорируются программой проверки правил проектирования (DRC).
Plane	Вводить в проект плоскость металлизации во внутренних слоях, задавая линии раздела.
Room	Размещает комнату с определенными для нее правилами трассировки.
Dimension	Команда Place/Dimension позволяет выполнить простановку размеров.
Меню Route (Команды трассировки)	
Autorouters	Запуск программ автоматической трассировки печатных плат, лицензии на которые установлены. В случае полной инсталляции доступны

Autorouters	автотрассировщики P-CAD Quick Route, P-CAD PRO Route, SPECCTRA, P-CAD PRO Route 2/4.
View Log	Просмотр файла отчета об автотрассировке.
Manual Route	Ручная трассировка проводников.
Interactive	Ручная интерактивная трассировка проводников, с использованием автоматического огибания препятствий и автоматическим завершением трассы оптимальным образом, с возможностью расталкивания проводников (Push Traces).
Miter	Сглаживание прямоугольных изгибов проводников под углом 45 градусов или дугами.
Bus	Если установлен набор утилит InterRoute Gold, то команда Route/Bus позволяет проводить трассировку одновременно нескольких проводников, объединенных в шину.
MultiTrace	Если установлен набор утилит Inter Route Gold, то он позволяет проводить автоматическую трассировку одновременно нескольких выбранных проводников. Данная команда автоматически разводит несколько выбранных цепей, придерживаясь правил трассировки, и либо используется режим максимального огибания проводников (Maximum Hugging), либо режим минимизации их длины (Minimum Length)
Fanout	Если установлен набор утилит InterRoute Gold, то с использованием этой команды возможна трассировка коротких отрезков проводников для выравнивания их стартовых точек, чтобы иметь возможность использовать команду Route/Bus. Как правило, эти команды используются совместно.
Меню Options – такое же, как в Schematic, за исключением нижеописанных команд	
Layers	Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта.
Current Keepout	Команда Options/Keepout позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Keepout.
Design Rules	Задаёт правила проектирования платы, позволяя определить величины зазоров.
Net Classes	Задание классов цепей.
Pad Style	Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad.

Via Style	Рассматривает текущий стиль переходного отверстия для команды Place/Via. Команда аналогична команде Options/Pad Style. Единственное различие между контактными площадками и переходными отверстиями – стили переходных отверстий не поддерживают формы типа монтажного отверстия (Mounting Hole) и перекрестия для сверления (Target shapes).
Меню Library	
Query	Запускает параметрический поиск компонента в библиотеках с использованием атрибутов.
Verify Design	Проверка соответствия компонентов проекта и компонентов в библиотеках, используемых в проекте на предмет обнаружения изменений.
Pattern Save As	Сохранение посадочного места компонента в библиотеке.
Меню Utils – такое же, как в Schematic, за исключением нижеописанных команд	
DRC	Запуск проверки выполнения технологических ограничений проекта Design Rules Check. Пиктограмма включает проверку в режиме он-лайн.
Load Netlist	Загрузка файла списка цепей для упаковки компонентов и связей на плату.
Compare Netlist	Сравнение списка соединений текущей платы со списком, хранящемся в виде файла. Эту команду удобно использовать для выявления изменений, внесенных в схему при проектировании платы.
Optimize Nets	Запуск утилиты перестановки логически эквивалентных вентилях и выводов с целью оптимизации длины цепей. Целесообразно производить оптимизацию цепей по окончании предварительного размещения компонентов.
Reconnect Nets	Запуск утилиты изменения топологии цепей с использованием областей металлизации.
Trace clean-up	Удаление избыточных точек излома (Vertex) и лишних сегментов проводников с целью уменьшения объема хранимой в PCB файле информации.
P-CAD Schematic P-CAD Schematic	Если P-CAD Schematic установлен, эта команда запускает графический редактор принципиальных схем P-CAD Schematic. Если P-CAD Schematic уже запущен, он становится активным приложением.

P-CAD Design Constraint Manager	Запуск утилиты P-CAD Design Constraint Manager для интерактивного размещения компонентов.
Меню DocTool – такое же, как в Schematic, за исключением нижеописанных команд	
Place Table	Размещения различных типов таблиц (отверстий, изменений и редакций проекта).
Place Detail	Размещение детали – изображения участка печатной платы, содержащее объекты, созданные в редакторе P-CAD PCB. Это изображение может быть увеличено, чтобы дать представление о сложных участках платы. Удобно использовать этот механизм для ввода в проект информации об установке компонентов на плату при наличии нескольких вариантов.
Place Diagram	Размещение диаграммы слоев проекта, указывающей последовательность расположения слоев в многослойной печатной плате.
Place Picture	Отличается от команды DocTool/Place Detail отсутствием полей для ввода текстовой информации.
Mirror on Copy	Включение режима зеркального отображения при выводе на твердый носитель, применяется при создании чертежей нижней стороны печатной платы.
Меню Macro – такое же, как в Schematic	
Меню Window – такое же, как в Schematic	
Меню Help – такое же, как в Schematic, за исключением нижеописанных команд	
Series II Comand	Соответствия между командами P-CAD PCB и Tango.
About P-CAD PCB	Отображает диалог, который содержит информацию о номере версии программы, дате выпуска, используемой и доступной памяти, номер лицензии.

5.6. Управляющие команды графических редакторов

Отмена любой команды производится с помощью выбора другой команды, лучше Select (на панели системных команд), иначе не все команды будут доступны.

Приближение изображения осуществляется нажатием клавиши «+», а удаление изображения – нажатием клавиши «-».

Пробел позволяет высвечивать контур объекта или группы объектов при размещении, вставке из буфера, копировании.

Перемещение выделенных объектов производится с помощью мыши – перетаскиванием.

Разворот выделенных объектов на 90° против часовой стрелки производится с помощью клавиши «R».

Перенос объектов с одного слоя на другой осуществляется командой Edit/Move To Layer (выделить объект, выбрать слой, выбрать команду).

Перенос РЭК и проводников на другую сторону платы производится с помощью клавиши «F». Эта команда активна и для других объектов, при ее использовании объект отображается зеркально.

Изменение шрифта: выделить текст, нажать правую кнопку мыши, выбрать Properties, нажать кнопку Text Styles (при необходимости разворачивания окна нажать кнопку «More>>»), добавить новый шрифт посредством кнопки Add, в окне параметров указать высоту и толщину шрифта. Рекомендуется использовать латиницу.

Выделение составляющей объекта производится посредством удерживания клавиши Shift и нажатием левой кнопки мыши при установленном курсоре на необходимой для выделения части объекта (например, надписи)

6. Установка метрических параметров проекта

Для установки метрических параметров проекта используется команда Place Dimension. В списке Styles выбирается тип размера:

Point to Point	Расстояние между двумя точками
Baseline	Расстояние между базовой линией и последующими точками
Leader	Создание выноски
Center	Расстояние между центрами дуг и окружностей
Radius	Радиус дуги или окружности
Diameter	Диаметр дуги или окружности
Angular	Угловой размер
Datum	Расстояние между отдельной опорной и последующими точками. Размер указывается на линии выноски.

Ориентация размерной линии выбирается в группе Orientation с помощью флажков Horizontal или Vertical.

Кнопка Text Style... позволяет определить стиль текста для нанесения размеров.

Ориентация текста определяется в группе Text Orientation с помощью флажков Horizontal или Vertical.

В поле Units задаются единицы измерения.

Группа параметров Symbol используется для выбора символа при использовании стиля Leader. Данный стиль удобен для задания выносных линий с указанием позиции детали в спецификации и т.п. При использовании этого стиля можно ввести произвольный текст на конце выносной линии, используя окно ввода. При этом позиция детали может быть в круглой или квадратной рамке.

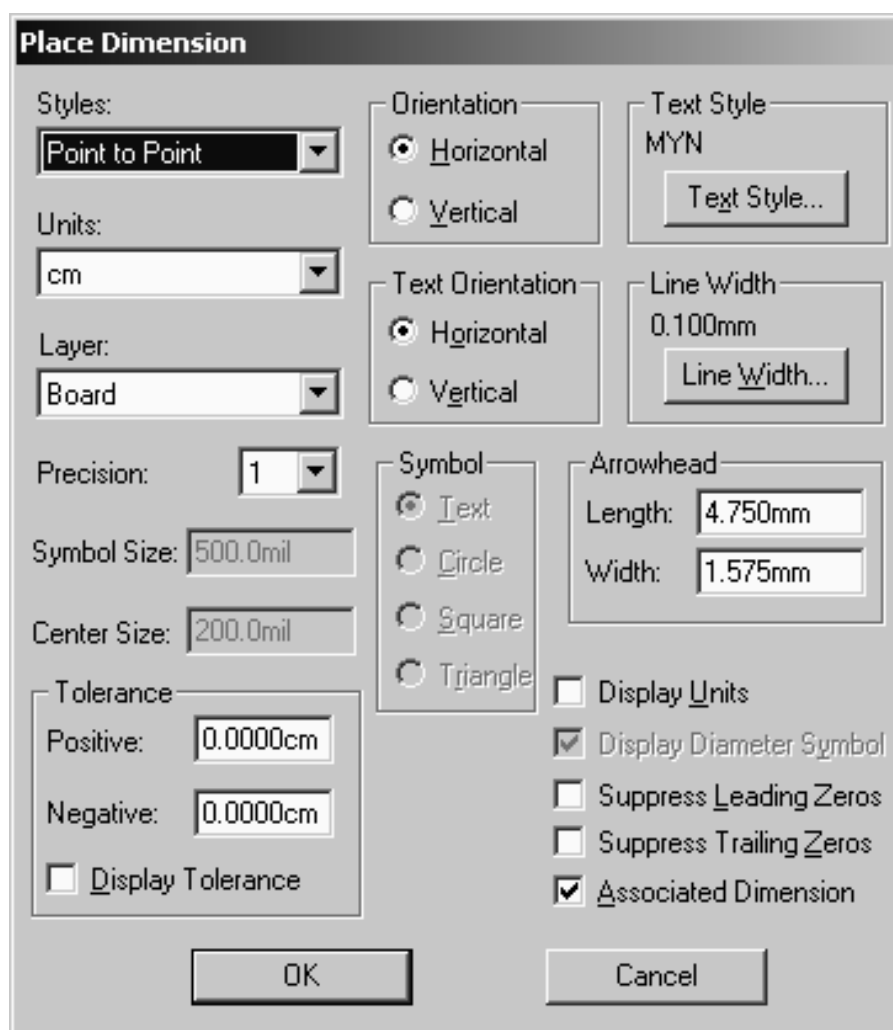


Рис. 6.1. Режим установки требуемых для проекта метрических параметров

Поле Line Width используется для задания толщины размерной линии. Слой, в котором проставляются размеры, выбирается в меню Layer. По умолчанию используется слой Board.

В полях Arrowhead указываются размеры стрелок.

В группе параметров Display задается отображение единиц измерения (Units) и символа диаметра (Diameter).

Если установлены утилиты Document Toolbox, то появляются дополнительные поля, позволяющие задать допуск на размеры. В группе параметров допуска на размер Tolerance задаются отклонения от номинала (Positive и Negative).

Флажок Associated Dimension дает возможность ассоциативного образмеривания, когда при перемещении объектов будут автоматически изменяться связанные с ними размеры.

7. Вывод на печать

7.1. Печать принципиальной электрической схемы

Для печати принципиальной электрической схемы (ПЭС) вначале необходимо настроить устройство вывода с помощью команды File/Print Setup. Данная команда запускает стандартное окно настройки принтера Windows.

Выполнить команду File/Print см. рис. 7.1.

В поле Override Setting можно задать либо печать текущего окна (Current Window), либо так масштабировать изображение, чтобы оно заполнило страницу принтера целиком (Scale to Fit Page). В поле Sheets указать имена листов схемы, которые требуется напечатать. Выполнить печать, нажав кнопку Generate Printouts.

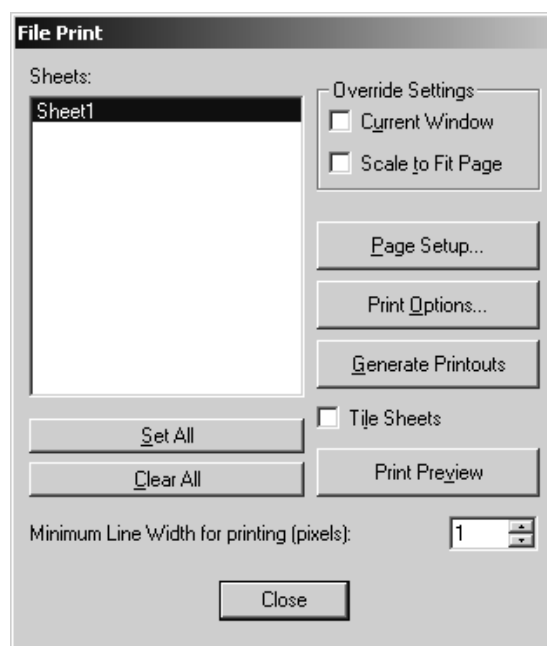


Рис.7.1. Настройка устройства вывода на печать ПЭС

Задать параметры страницы в окне Page Setup см. рис. 7.2.

В поле Sheets отображаются имена листов принципиальной схемы. В группе параметров Image Scale необходимо выбрать размер выводимого чертежа. Выбранный формат вывода листа может отличаться от формата, заданного в окне команды Options/Sheets. При необходимости можно ввести свой коэффициент масштабирования при выводе (User scale Factor).

Параметры Image Options разрешают поворот чертежа на 90° по часовой стрелке (Rotate) и печать «форматки» (Title). При этом имя форматки предварительно должно быть выбрано в окне команды Options/Sheets.

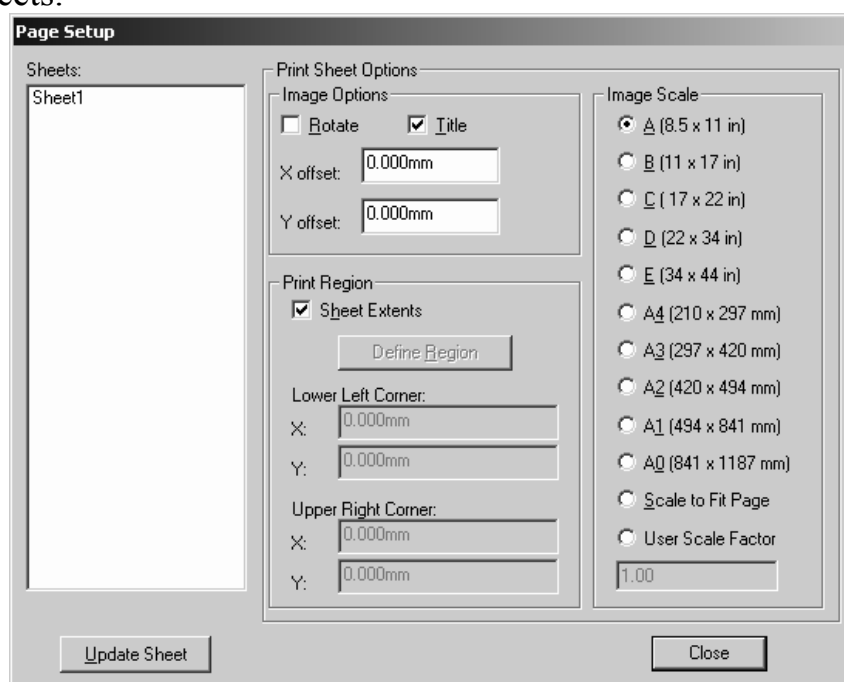


Рис. 7.2. Настройка параметров листов ПЭС

Расстояние до края бумаги задается в полях X offset и Y offset.

Область печати определяется в группе параметров Print Region. Можно заполнить весь лист, отметив флажок Sheets Extents. Если требуется вывод в заданную область, то в соответствующих графах задаются координаты нижнего левого угла (Lower Left Corner) и правого верхнего угла (Upper Right Corner) области вывода.

Установка параметров листа завершается нажатием кнопки Update Sheets.

Использование кнопки Print Options позволяет выбрать объекты схемы, выводимые на печать. Выбирая цвет объекта, можно сделать его видимым или невидимым см. рис.7.3.

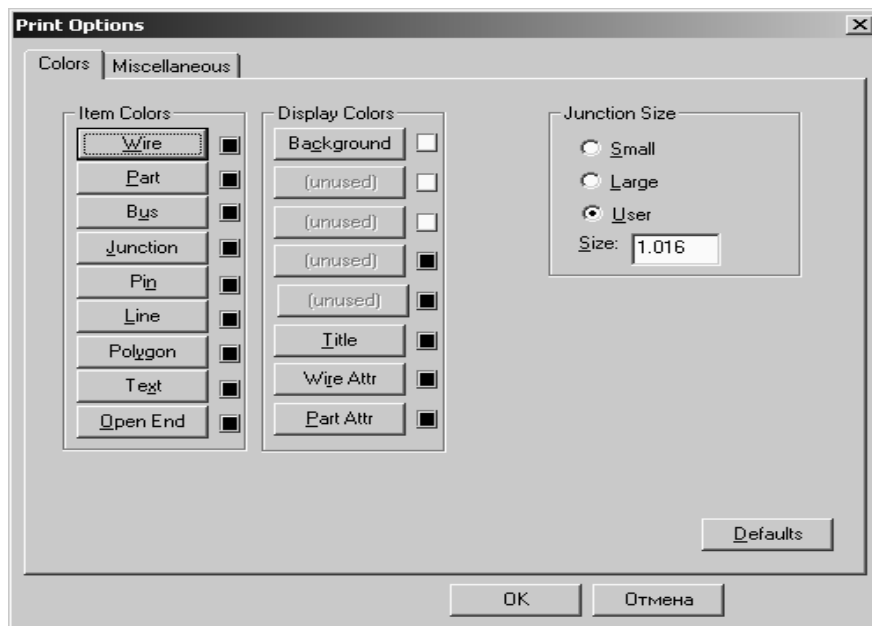


Рис. 7.3. Установка параметров для печати отдельных участков ПЭС

7.2. Печать топологии печатной платы

Для вывода на печать используется команда File Print см. рис. 7.4.

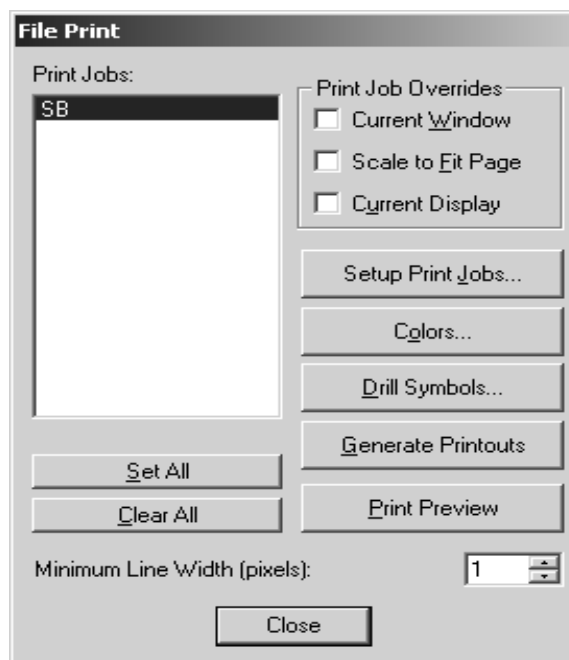


Рис.7.4. Настройка устройства вывода на печать топологии ПП

Поскольку для сборочного чертежа и послойных чертежей печатной платы требуется информация, заключенная в различных слоях, то для

формирования заданий на печать (Print Jobs) используется кнопка Setup Print Jobs.

При формировании заданий на печать в поле Print Job Name задается имя задания с последующим нажатием кнопки Add. В поле Print Jobs отображается список заданий.

В поле Layers выводится список слоев проекта. Щелчком по имени слоя при удерживаемой клавише Ctrl выбираются слои, которые будут выведены из данного чертежа.

Группа параметров Layers Sets содержит три кнопки, позволяющие выбирать все слои (Select All), сбросить все слои (Clear All) и выбрать определенный набор слоев (Apply Layer Set).

Масштабирование изображения задается в группе параметров Print Adjustments. Для того чтобы изображение полностью заполнило лист, отмечается флажок Scale to Fit Page. В противном случае задается в полях X offset и Y offset.

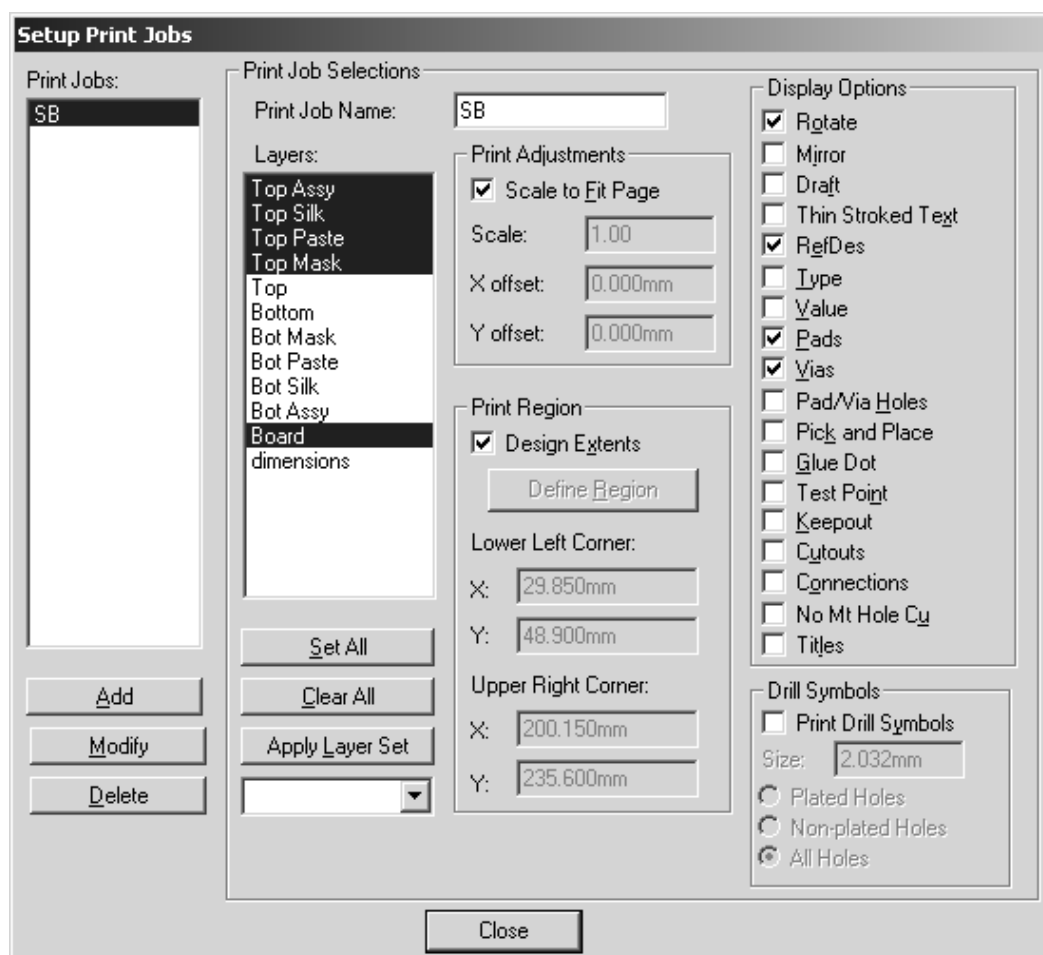


Рис.7.5. Формирование заданий на печать топологии ПП

Область печати задается в группе параметров Print Region. Можно заполнить весь лист, отметив флажок Design Extents. Если требуется вывод

в заданную область, то в соответствующих графах задаются координаты нижнего левого угла (Lower Left Corner) и правого верхнего угла (Upper Right Corner) области вывода.

В группе параметров Display Options определяются поворот изображения на 90° (Rotate), зеркальность (Mirror), черновая печать в виде контуров линий (Draft), а также перечень объектов, выводимых на печать.

Параметры вывода условных обозначений отверстий задаются в поле Drill Symbols. Установка флажка Print Drill Symbols разрешает печать символов отверстий см. рис. 7.6.

Флажки Plated, Non-Plated или All Holes определяют типы отверстий, включаемые в задание на печать.

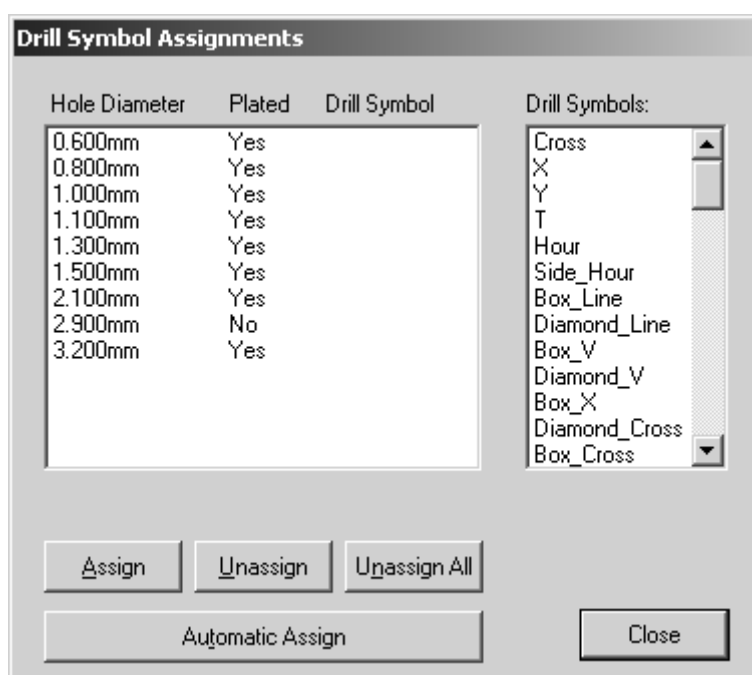


Рис.7.6. Настройка вывода на печать условных обозначений отверстий

8. Особенности проектирования ПП в P-CAD-2002

8.1. Создание библиотеки РЭК

P-CAD-2002 имеет интегрированные библиотеки, которые содержат графическую информацию о символах и типовых корпусах компонентов и текстовую упаковочную информацию. В интегрированной библиотеке каждому символу могут быть сопоставлены несколько вариантов корпусов. Библиотеки легко пополняются с помощью графических редакторов, а упаковочная информация о цоколевке компонентов, логической эквивалентности выводов и т.п. координируется администратором библиотек.

Вся текстовая информация об упаковке компонентов и их атрибутах заносится в две таблицы, удобные для просмотра и редактирования. Тем самым исключаются ошибки несогласованного ввода этой информации. Библиотеки всех предыдущих версий P-CAD через текстовый формат PDIF переносятся в P-CAD-2002 и затем объединяются в интегрированные библиотеки.

Расширенный менеджер (администратор) библиотек Library Executive кроме обычных функций, присущих Library Manager, обладает дополнительными. К их числу относятся средства поиска, импорта атрибутов компонентов, верификация библиотек и проектов. Library Executive позволяет составлять списки соответствий выводов символов и корпусов компонентов и имеет средства просмотра параметров компонентов. В электронных таблицах параметров обеспечена возможность одновременного изменения содержания нескольких выбранных ячеек. Во все электронные таблицы параметров (Pins, Pattern and Symbol) включены столбцы номеров выводов (Pad Number). Имеются средства просмотра всех библиотечных файлов и поиска компонентов с мастерами создания символов и корпусов компонентов по все возможным атрибутам.

Library Executive – менеджер библиотек с расширенными возможностями. В этом принципиальное отличие от P-CAD для DOS, имеющем отдельные библиотеки символов и корпусов, содержащих как графическую, так и повторяющуюся текстовую информацию.

В библиотеке РЭК представлены символьные изображения и конструкторско-технологические образы и проведена их взаимосвязь. Символьное изображение (файл .sym) представляет собой условное графическое изображение компонента и используется при создании принципиальной электрической схемы.

Конструкторско-технологический образ компонента (файл .pat) представляет собой сведения о типе выводов (штыревые или планарные) и конструктиве (форме) корпуса.

В библиотеке должен быть описан каждый тип РЭК, т.е. для каждого компонента необходимо создать два файла: файл .sym и файл .pat, а далее описать компонент с помощью Library Executive.

Конструкторско-технологические образы для отдельных типов компонентов могут совпадать (когда разные компоненты упаковываются в одинаковые корпуса), но символьные изображения все равно отличны друг от друга.

Информация об именах выводов, номерах выводов подключающихся к земле и питанию и о типе корпуса берется из соответствующих справочников.

Создание библиотеки РЭК включает три этапа:

1. создание условного графического изображения символа

- компонента в соответствии с ГОСТом;
- 2. создание посадочного места и корпуса РЭК;
- 3. упаковка РЭК в соответствии с ГОСТом и формирование библиотеки.

8.2. Создание принципиальной электрической схемы

Принципиальная электрическая схема определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы объекта проектирования. Принципиальная электрическая схема служит основанием для разработки других конструкторских документов: схемы соединений, чертежей печатных плат и перечня элементов.

Каждая схема должна быть оформлена как самостоятельный конструкторский документ, которому присваивается обозначение по ГОСТу 2.201-80 (АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ ЭЗ).

На каждом документе (внизу справа) помещают основную надпись по ГОСТ 2.104-68.

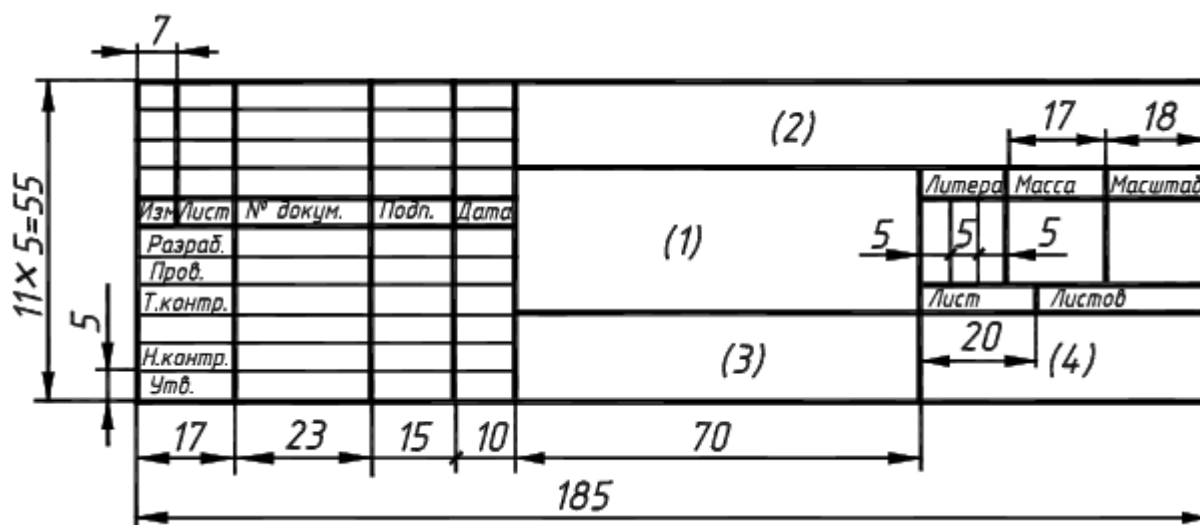


Рис.8.1. Основная надпись по ГОСТ 2.104-68

В графах основной надписи указывают:

(1) – наименование изделия и документа в именительном падеже единственного числа. Наименование, состоящее из нескольких слов, начинают с имени существительного. Например, «Блок комбинированный. Схема электрическая принципиальная».

(2) – обозначение документа, составленное в соответствии с ГОСТ 2.201—80; на всех листах одного документа указывают одно и тоже обозначение;

(3) – обозначение материала. Графу заполняют только на чертежах деталей.

(4) – наименование или различительный индекс предприятия-разработчика. Графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа.

В курсовом проекте в основной надписи документов необходимо заполнить: графы (1) и (2), фамилии разработчика и проверяющего, масштаб, номер листа и количество листов.

Код обозначения документа указываемого в графе (2) в соответствии с ГОСТ 2.201-80 представляет собой код классификационной характеристики XXXX.XXXXXX.XXX, который включает:

- код организации (четырехзначный, буквенный) – назначается по кодификатору организаций-разработчиков. Для курсового проекта в рамках учебного процесса вводят две буквы «КП»;
- код классификационной характеристики (шестизначный) – присваивают изделию и конструкторскому документу по классификатору документов машиностроения и приборостроения (классификатору ЕСКД). В учебном процессе вместо этого кода указывают номер группы;
- порядковый регистрационный номер (трехзначный) – присваивают по классификационной характеристике от 001 до 999. В курсовом проекте проставляется сквозная нумерация всех документов.
- для неосновного КД, например схемы, после него добавляется код (шифр) этого документа – не более четырех знаков, включая номер части документа, например АБВГ.051461.031 СБ; АБВГ.098765 ИЭ12.

Пример: обозначение принципиальной электрической схемы в курсовом проекте студента группы №5155 – **КП.5155.001 Э3**.

На схеме изображают все элементы, в виде условных графических обозначений в соответствии с ГОСТом.

Каждый элемент схемы должен иметь позиционно-буквенное обозначение в соответствии с ГОСТ 2.710-81. Порядковые номера присваиваются, начиная с 1-го для каждого типа РЭК (DD1, DD2 или С1,С2), в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме сверху вниз, в направлении слева направо.

Позиционное обозначение проставляется рядом с графическим изображением, с правой стороны или сверху. При изображении элемента разнесенным способом его позиционное обозначение проставляется около каждой части (DD1.1, ...DD1.4).

При выпуске документа принципиальной электрической схемы обязательно совместно с ней выпускается перечень элементов в соответствии с ГОСТами, регламентирующими правила их выполнения см. табл.8.1.

При выполнении принципиальной электрической схемы допускается на поле схемы размещать требования к электрическому монтажу и указания о назначении отдельных цепей.

При выполнении схемы на нескольких листах соблюдается сквозная нумерация и выполняется полный перечень элементов.

Каждой схеме соответствует перечень элементов, который помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. Перечень оформляют в виде таблицы заполняемой сверху вниз.

Табл.8.1. Перечень элементов

Зона	Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Резисторы		
	R1.....R7	МЛТ-0,25-100кОм $\pm 5\%$ ГОСТ.....	7	
		Фильтры		
	F1	Фильтр АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	1	

В графах таблицы указывают следующие данные:

- в графе «Поз. Обозначение» – позиционные обозначения элементов и функциональных групп;
- в графе «Наименование» – для элемента: наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, отраслевой стандарт, технические условия) – для функциональной группы «наименование»;
- в графе «Примечание» – рекомендуется указывать технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании. В последнее время, в связи с широким применением импортной элементной базы, в этой графе указывать аналоги или альтернативную фирму-производитель.

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают, как правило, над основной надписью. Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи,

повторяя шапку таблицы.

При выпуске перечня элементов в виде самостоятельного документа его код должен состоять из буквы «П» и кода схемы, к которой выпускают перечень, например, код перечня элементов к принципиальной электрической схеме – ПЭЗ. При этом в основной надписи указывают наименование изделия, а также наименование документа «Перечень элементов».

Перечень элементов записывают в спецификацию после схемы, к которой он выпущен. Перечень элементов в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4. Основную надпись и дополнительные графы выполняют по ГОСТ 2.104-68.

При разбивке поля схемы на зоны перечень элементов дополняют графой «Зона» указывая в ней обозначение зоны, в которой расположен данный элемент (табл.8.1).

В отдельных случаях сведения об элементах, помещаемые на схеме, могут быть неполными, если это установлено в государственных или отраслевых стандартах.

При необходимости допускается вводить в перечень элементов дополнительные графы. Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

При выполнении на схеме цифровых обозначений их записывают в перечень в порядке возрастания.

Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп и между элементами тоже. Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу «Поз. Обозначение» вписывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например: R3, R4, C3...C7, а в графу «Кол.» – общее количество таких элементов.

Записи элементов одинакового наименования, отличающихся техническими характеристиками и другими данными и имеющих одинаковое буквенное позиционное обозначение, допускается в графе «Наименование» записывать в виде общего наименования.

В общем наименовании указывается: наименование, тип и обозначение документа (государственный стандарт, технические условия или основной конструкторский документ), на основании которого эти элементы применены.

Схемы выполняются без соблюдения масштаба.

Форматы листов выбираются в соответствии с ГОСТ 2.301-68, ГОСТ 2.004-79, объемом и сложностью схемы.

ГОСТы, определяющие правила выполнения схем:

- ГОСТ 2.701 - Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
- ГОСТ 2.702 - Правила выполнения электрических схем.
- ГОСТ 2.705 - Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками.
- ГОСТ 2.708 - Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
- ГОСТ 2.709 - Система обозначения цепей в электрических схемах.
- ГОСТ 2.710 - Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

На принципиальной электрической схеме изображают РЭК либо в виде условных графических обозначений, либо в виде прямоугольников. Линии взаимосвязи, буквенно-цифровые обозначения, таблицы, текстовую информацию, например, о питании интегральных микросхем, и помещают в основную надпись. Линии на схемах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.303-68.

Условные графические обозначения элементов выполняются в соответствии с ЕСКД.

Номера соответствующих ГОСТов для условных графических обозначений элементов:

- ГОСТ 2.711 - Схема деления изделия на составные части
- ГОСТ 2.721 - Обозначения общего применения
- ГОСТ 2.722 - Машины электрические
- ГОСТ 2.723 - Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители
- ГОСТ 2.725 - Устройства коммутирующие
- ГОСТ 2.726 – Токосъемники
- ГОСТ 2.727 - Разрядники, предохранители
- ГОСТ 2.728 - Резисторы, конденсаторы
- ГОСТ 2.729 - Приборы измерительные
- ГОСТ 2.730 - Приборы полупроводниковые
- ГОСТ 2.731 - Приборы электровакуумные
- ГОСТ 2.732 - Источники света
- ГОСТ 2.733 - Обозначения условные детекторов ионизирующих излучений в схемах
- ГОСТ 2.734 - Линии сверхвысокой частоты и их элементы.

- ГОСТ 2.735 - Антенны.
- ГОСТ 2.736 - Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные.

Линии задержки.

Толщина линии выбирается в пределах $0,2 \div 1,0$ мм. Рекомендуемая ширина $0,3 \div 0,4$ мм. Условные графические обозначения и линии соединений выполняются одной толщины. Утолщенными линиями обычно выполняются общие шины.

Тип линии определяется изображаемым объектом:

- сплошной линией – обозначают электрические связи, условные графические обозначения элементов и т.п.;
- штриховой линией – электрические, магнитные экраны и механические связи;
- штрихпунктирной линией – функциональные группы компонентов.

При выполнении схемы устанавливается просвет между соседними линиями условных графических обозначений не менее 1 мм, между отдельными линиями условных графических обозначений – не менее 2 мм, между соседними линиями *связи (цепями)* – не менее 3 мм. Линии соединений должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков, для некоторых схем в виде исключения допускается выполнение линий связи под углом 45° . Линии связи должны иметь минимальное количество пересечений и изломов.

Для улучшения читаемости и наглядности схемы и для уменьшения количества связей используют слияние линий в групповые линии связи (шины, жгуты), которые выполняются утолщенными линиями. Каждая линия в шине (жгуте) должна быть помечена порядковым номером или специальным обозначением (D1, RESET) и изображаются либо под прямым углом, либо под углом 45° к шине (жгуту). В P-CAD-2002 линии связи проводят под углом 45° к шине (жгуту). Параметры сливаемых линий задаются командой Options/Display.

Создается принципиальная электрическая схема в графическом редакторе P-CAD Schematic.

В отчете схема должна быть представлена на листах формата A4. В графическом редакторе Schematic предоставляется возможность оформления схем на нескольких листах любого формата. Для создания многолистовой схемы используется команда Options/Sheets. В диалоговое окно Sheets в поле Sheet name необходимо внести имя нового листа и нажать кнопку Add. Нажатие кнопки Current делает лист текущим. Текущий лист в окне Sheets помечается «звездочкой». Все листы одного проекта находятся в одном файле! Нужный лист можно вывести на экран с помощью строки состояний рабочего окна системы. При переносе части схемы на другой лист необходимо к выводу компонента, от которого идет

связь на другой лист, подключить порт и присвоить ему имя цепи. Данный порт может быть одновыводным и повторяться на другом листе или двухвыводным, т.е. подключаться к шине (подключение к шине должно быть выполнено на обоих листах); в этом случае имена шин должны быть одинаковыми. Имена шин можно изменить в свойствах (Properties) объекта (шины).

8.3. Формирование топологии ПП

Топология ПП представляет собой наглядное изображение проектируемой платы. Топология ПП включает: границы ПП, корпуса РЭК с посадочными местами, электрические соединения, печатные проводники, переходные отверстия (ПО) и крепежные отверстия, маркировку элементов, а также другую информацию необходимую для удобства проектирования, изготовления и эксплуатации изделия.

Топологию ПП формируют в графическом редакторе РСВ. Для автоматической трассировки запускается отдельная программа SPECCTRA, вызов которой осуществляется из редактора РСВ. Ручную разводку и редактирование связей можно производить и в SPECCTRA и в редакторе РСВ, но наиболее удобно в SPECCTRA.

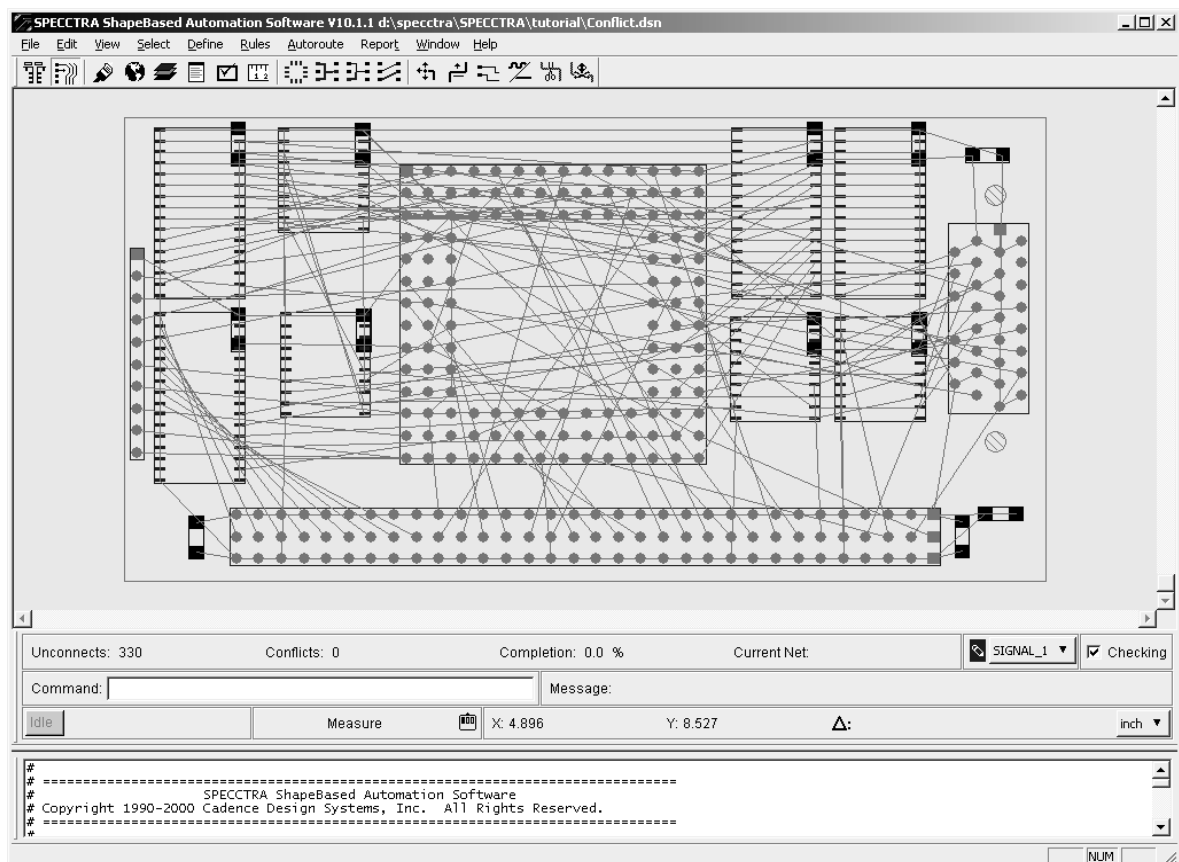


Рис.8.2. Интерфейс программы SPECCTRA.

II. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Выполнение лабораторных работ дает базовые знания по эксплуатации P-CAD-2002 при проектировании ПП. В ходе выполнения лабораторных работ студенты получают возможность практически освоить основные принципы и методы работы в системе P-CAD, ознакомиться с последовательностью этапов проектирования, приобрести навыки по созданию и ведению библиотек РЭК, а также по разработке схемной документации и ведению проекта в P-CAD-2002.

Этапы проектирования печатной платы в системе PCAD-2002:

1. Создание библиотеки РЭК.
2. Разработка принципиальной электрической схемы.
3. Разработка топологии ПП.

1. Лабораторная работа №1.

СОЗДАНИЕ СИМВОЛЬНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ РЭК

Цель работы: Создание символа (символьного изображения) радиоэлектронного компонента как библиотечного элемента принципиальной электрической схемы.

Задание на лабораторную работу:

1. Ознакомиться с назначением РЭК и его электрической (контактной) схемой.
2. Вычертить графический образ РЭК.
3. Ввести тип РЭК, атрибуты, точку привязки.
4. Сохранить РЭК как библиотечный элемент (файл .sym).
5. Подготовить отчет.

Наличие развитой библиотеки РЭК является необходимым условием для нормальной работы системы. Поскольку стандартные библиотеки P-CAD-2002 практически непригодны для работы российских проектировщиков. Они вынуждены создавать свои библиотеки, содержащие условные графические изображения и конструктивы, как компонентов российского производства, так и зарубежного в соответствии с действующими стандартами.

Символьное изображение компонента создается в графическом редакторе P-CAD Symbol Editor. Интерфейс этого редактора содержит пиктограммы, вызывающие такие инструменты, как мастер создания Symbol Wizard, средства создания атрибутов Symbol Attributes, средства изменения номеров выводов компонентов Renumbr Pins, средства проверки правильности создания символа Validate Symbol. На панели

инструментов находятся пиктограммы размещения вывода компонента, рисования линии, дуги, полигона, точки привязки, ввода текста, атрибутов компонентов и стандартного символа IEEE, характеризующего функциональное назначение компонента.

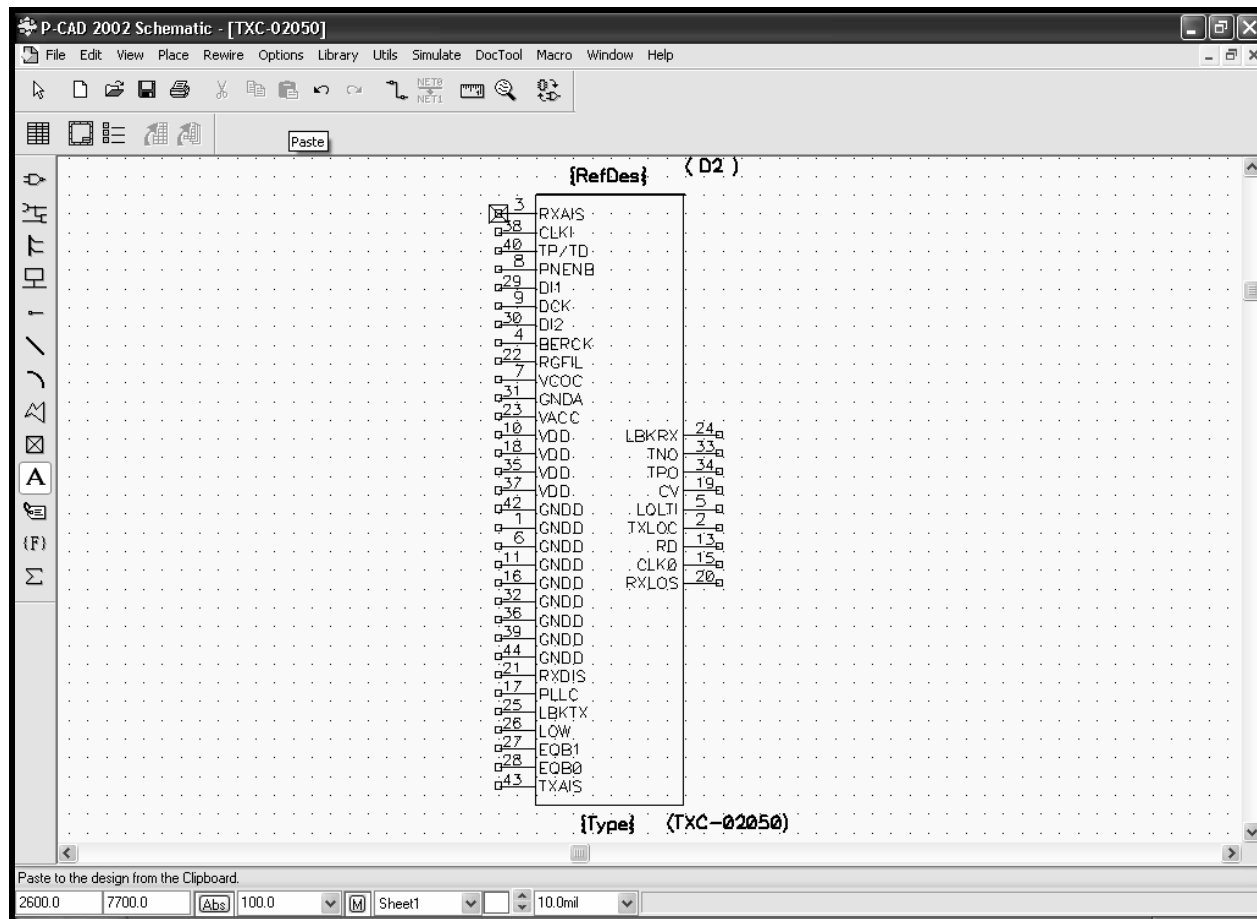


Рис.1.1. Интерфейс графического редактора P-CAD Symbol Editor с файлом символа РЭК - TXC-02050.sym на экране

Рассмотрим создание символа РЭК в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТы – см. выше).

Для компонентов включающих несколько различных логических секций (например: электромагнитные реле, диодные сборки) необходимо создать символ для каждой секции. Микросхема (МС) может состоять из нескольких вентилях, вентиль МС – это повторяющийся законченный логический блок. Для таких МС символьное изображение создается только для одного вентиля. Но секции МС могут быть различными, в этом случае символ создается для каждой секции отдельно (как и для электромагнитных реле).

Количество выводов символа должно соответствовать количеству ножек в корпусе (за исключением ножек, которые всегда подключены к питанию или земле), т.е. незадействованные выводы РЭК все равно

изображаются в символе (за исключением программируемых микросхем). Т.к. при повторном использовании РЭК могут быть задействованы все выводы (или иные чем при первичном использовании). Это необходимо для ведения библиотек – чтобы каждому РЭК соответствовал один элемент библиотеки созданный в полном соответствии с требованиями ГОСТов ЕСКД.

При установке используемой системы единиц измерения необходимо выбрать *метрическую*, поскольку в соответствии с ЕСКД (ГОСТ 2.747-68, 2.728-74, 2.730-73) размеры условного графического обозначения (УГО) элемента и шаг между выводами кратны 5 мм. При выборе шага координатной сетки рекомендуется выбрать шаг 2,5 мм и выбирается абсолютный тип сетки.

Размеры символа МС: длина вывода 5мм; расстояние между выводами 5мм; расстояние между выводами в ряду МС 5мм; ширина символа должна быть необходима и достаточна для ввода функционального значения РЭК и имен выводов; длина символа определяется количеством выводов, выступ за крайние выводы на 2,5мм; толщина линии контура символа 0,2 мм. Для создания символьного изображения МС удобно использовать мастер создания Symbol Wizard (см. описание ниже), а символ других РЭК создается вручную.

Для создания символа РЭК необходимо загрузить графический редактор Symbol Editor и выполнить следующие действия:

- 1) Установить метрическую систему единиц:
Options/Configure – Units: mm.
- 2) Установить шаг координатной сетки с помощью команды Options/Grids – Grid Spacing: 2.5, Add; или в строке состояний.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid. Приблизить изображение на столько, чтобы явно было видно перемещение курсора по сетке.
- 4) Создать изображение символа с помощью команд: Place Pin, Place Line, Place Arc, Place Text имеющихся на панели инструментов размещения. При этом **выводы размещать в шаге 2,5мм**. При создании графики символа, возможно, возникнет необходимость изменить шаг. При изменении шага необходимо соблюдать кратность шагов (если основной шаг 2,5мм, то вспомогательные шаги, как правило, выбирают: 1,25; 0,5; 0,25мм и т.д.).

Place Pin – размещает вывод компонента.

а) Выбрать команду.

б) Щелкнуть в рабочем поле и задать параметры объекта:

Длина вывода: Length – User: 5mm;

Выбрать вид изображения вывода с учетом функционального значения с помощью пунктов Inside, Outside, Inside Edge, Outside Edge. Обозначение инверсного входа или выхода: Outside Edge – Dot;

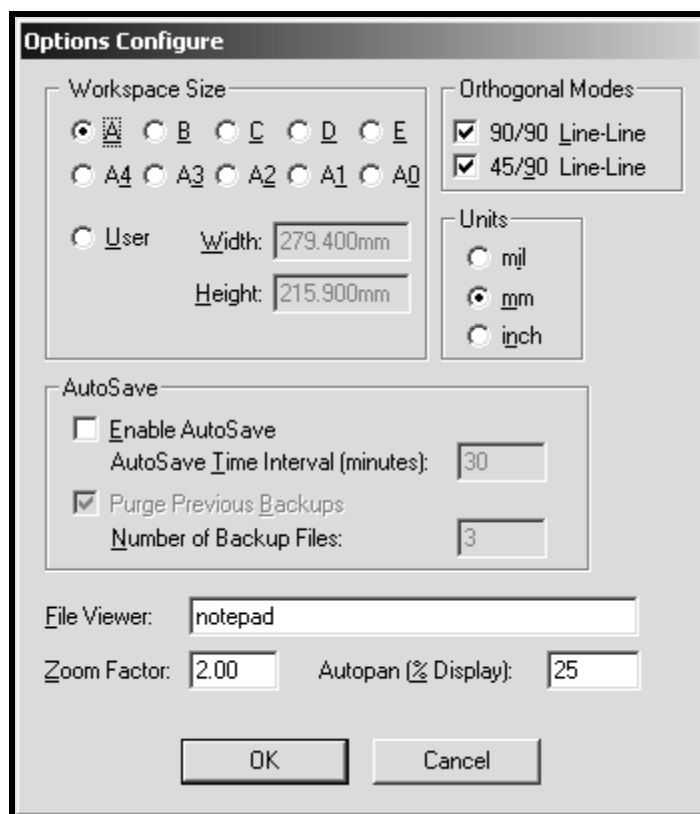


Рис.1.2. Установка метрической системы единиц

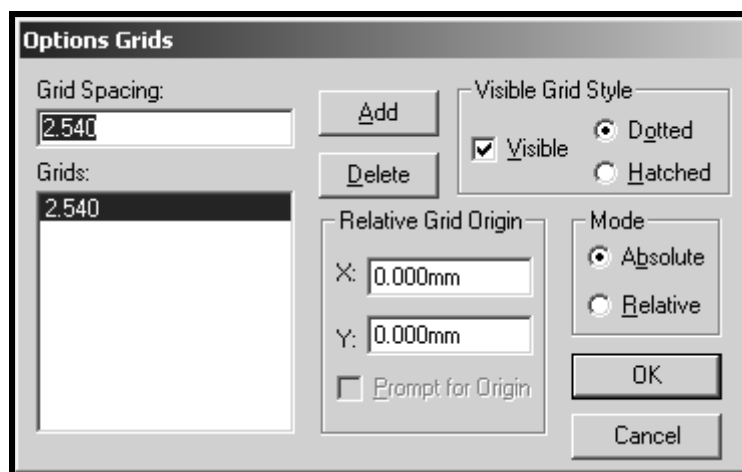


Рис.1.3. Параметры координатной сетки

С помощью опции Display задается видимость имени (Pin name) и номера вывода (Pin Des);

При необходимости надо задать имя вывода – Default Pin Name.

Перед именем инверсного вывода ввести «~», тогда имя в символе будет с надчеркиванием. Номер вывода – Default Pin Designator – рекомендуется задавать всегда.

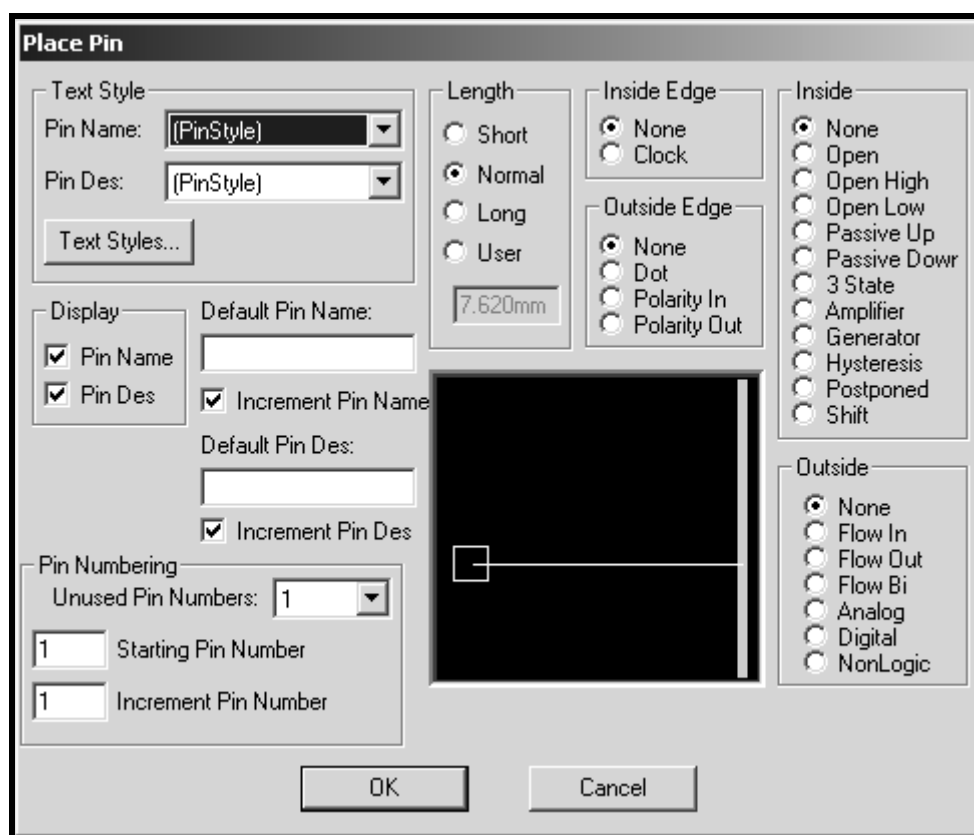


Рис.1.4. Параметры размещаемого вывода

в) Разместить объект, нажав левую кнопку мыши или пробел (тогда можно будет сразу развернуть объект). Если номера выводов идут по порядку, то расположить поочередно необходимое количество выводов. При этом каждый последующий номер вывода увеличивается на единицу, а в конец заданного имени добавляется цифра (начиная с нуля). Затем нажать правую кнопку мыши или Esc. Имена выводов редактируются посредством выбора вывода, нажатия правой кнопки мыши и выбора команды Properties.

Для последующего ввода выводов повторить действия, начиная с пункта б).

Place Line – ввод линии.

Выбрать команду, выбрать первую точку, затем вторую. Непрерывно можно ввести любое количество линий, для отмены нажать Esc. Ширина линии устанавливается в строке состояний перед вводом линии.

Place Arc – ввод окружностей и дуг.

Выбрать команду,

а) для построения окружности: выбрать первую точку на окружности, отпустить кнопку мыши и выбрать точку центра окружности;

б) для построения дуги: выбрать первую точку на окружности, удерживая кнопку мыши выбрать вторую точку на окружности, а затем

указать центр окружности (дуга прорисовывается против часовой стрелки).

Place Text – ввод текста. Выбрать команду, указать место расположения текста, ввести текст. Эта команда используется на данном этапе для ввода функционального значения символа микросхемы (1, &, RG и т.д.).

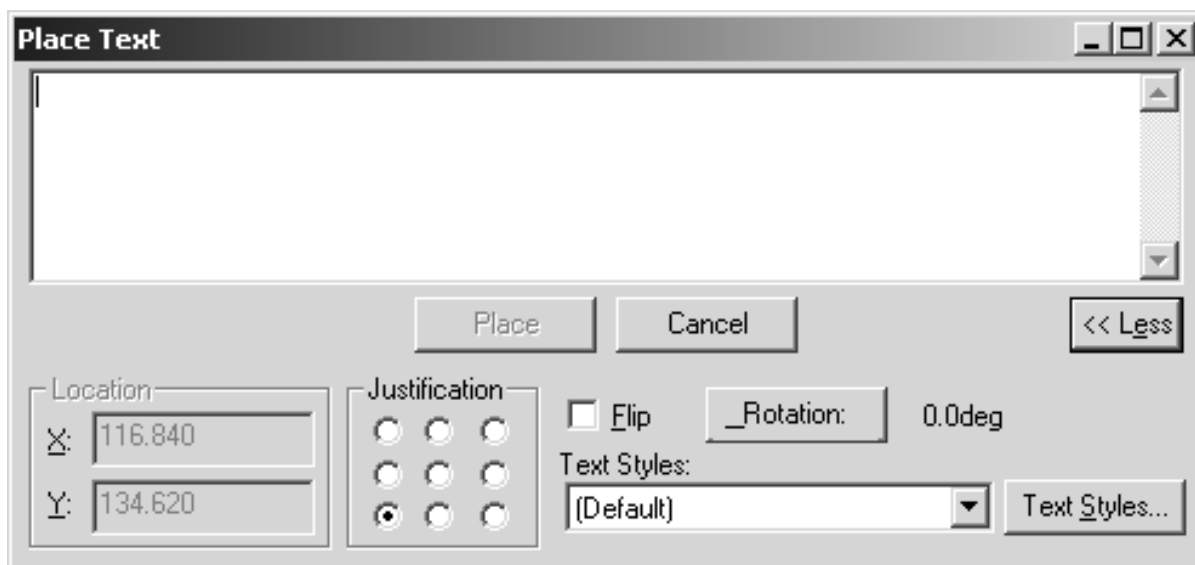


Рис.1.5. Редактирование текста

- 5) Ввести необходимые атрибуты командой Place Attribute:
 - а) выбрать категорию (Attribute Category) Component и наименование (Name) Type, ввести значение атрибута в окне Value, разместить в рабочем поле под символом;
 - б) выбрать категорию Component, наименование RefDes (позиционное обозначение) и нажать «ОК» без ввода значения атрибута, разместить в рабочем поле над символом.
 Значения позиционных обозначений будут проставляться при
- 6) формировании принципиальной электрической схемы.
- 7) Задать точку привязки командой Place Ref Point – **абсолютно точно** отметить левый верхний вывод (при необходимости изменяя шаг). Точка привязки необходима для формирования принципиальной электрической схемы.
- 8) Проверка: кнопка Validate Symbol на панели системных команд. При наличии ошибок необходимо их исправить. Если ошибок нет, то появится сообщение:
- 9) Сохранение файла: созданный символ РЭК сохраняется в виде файла.sym с помощью команды Symbol/Save To File.

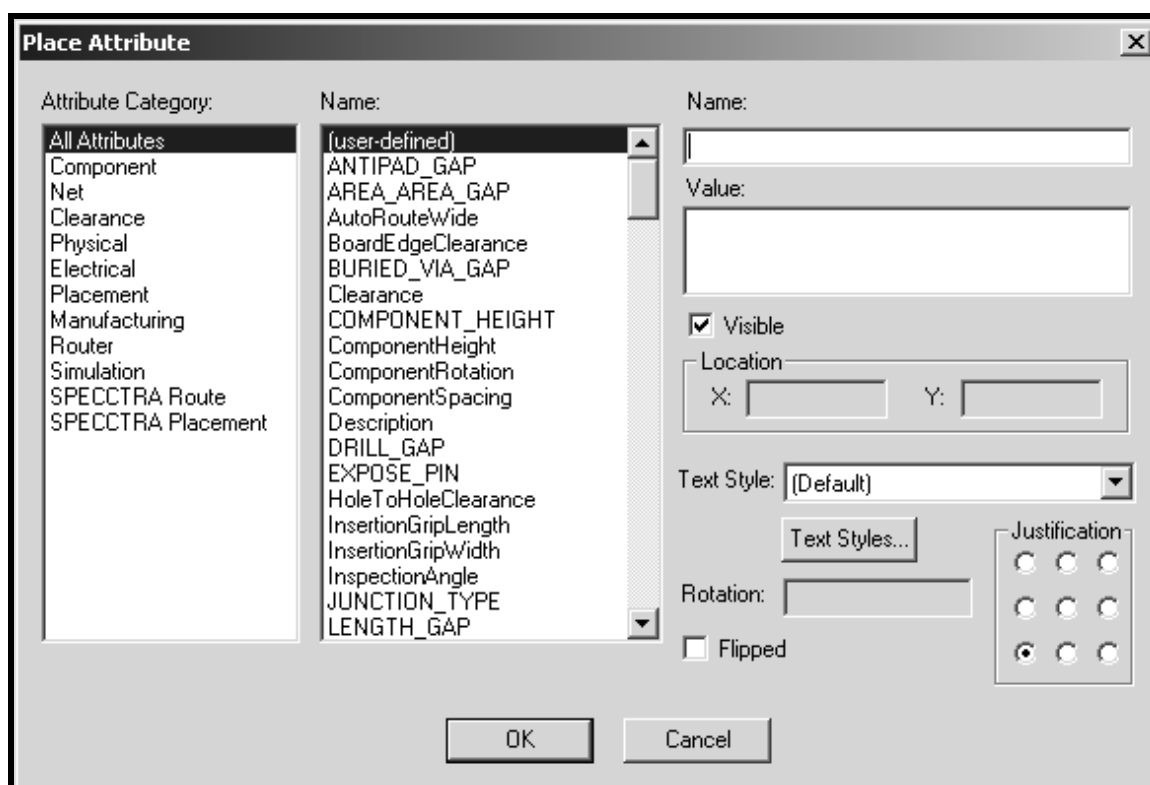


Рис.1.6. Параметры атрибутов в Symbol Editor



Рис.1.7. Интерфейс сообщения Information

Создание символа компонента с помощью мастера создания Symbol Wizard расположенного на панели системных команд (этот мастер автоматизирует процесс создания символьного изображения компонента и применяется при создании МС).

Создать новый файл. Выполнить пункты 1-3 (см. выше).

Нажать кнопку Symbol Wizard, задать свойства и параметры символа:

Ширина контура символа: Symbol Width;

Шаг между выводами: Pin Spacing;

Количество выводов слева: Number Pins Left;

Количество выводов справа: Number Pins Right;

Отображение графики символа: Symbol Outline;

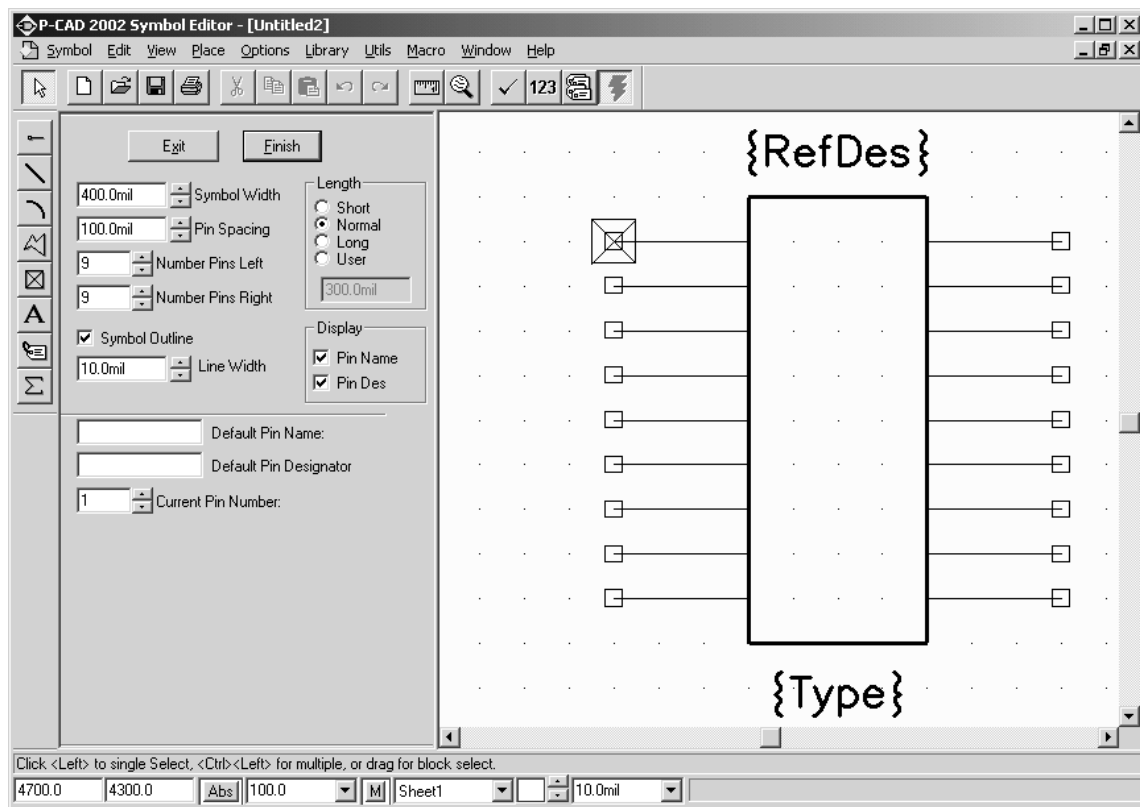


Рис.1.8. Интерфейс команды Symbol Wizard

Толщина линии контура символа: Line Width;

Длина вывода: Length – User (5mm);

С помощью опции Display задается видимость имени (Pin name) и номера вывода (Pin Des);

Перебирая выводы в пункте Current Pin Number (номера контактов по порядку) необходимо задать для каждого вывода имя (Default Pin Name) и номер (Default Pin Designator), после ввода имени или номера необходимо нажимать клавишу «Enter»;

Создать символ нажатием кнопки Finish.

При необходимости доработать изображение символа с помощью команд размещения.

Задать тип компонента: выделить надпись {Type} под символом элемента, нажать правую кнопку мыши, выбрать Properties и в поле Value ввести тип.

Выполнить пункты 7,8 (см. выше).

Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначена система P-CAD, какие основные подпрограммы она включает?
2. Для чего создается символ РЭК?

3. Что входит в состав символьного изображения РЭК, входящего в библиотеку P-CAD-2002?
4. Какие требования необходимо выполнять при создании символа РЭК?
5. Что такое вентиль МС?
6. Какой флажок нужно включить, чтобы на принципиальной электрической схеме отображались имена выводов РЭК?
7. В какой подпрограмме создается символьное изображение РЭК?
8. Какие команды используются при ручном создании символа?

2. Лабораторная работа №2.

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗА РЭК

Цель работы: Создание конструкторско-технологического образа радиоэлектронного компонента как библиотечного элемента принципиальной электрической схемы.

Задание на лабораторную работу:

1. Ознакомиться с чертежом РЭК.
2. Определить вариант установки РЭК на печатной плате.
3. Вычертить РЭК.
4. Ввести тип РЭК, атрибуты, точку привязки.
5. Сохранить РЭК как библиотечный элемент (файл .prt).
6. Подготовить отчет.

Конструкторско-технологический образ создается на основании чертежа РЭК. Конструкторско-технологический образ представляет собой посадочное место (набор контактных площадок) и корпус (вид сверху) компонента. Корпус изображается упрощенно по габаритным размерам. Диаметр отверстия и КП для штыревого вывода выбирается из таблицы 2.1. (все размеры в таблице приведены в миллиметрах).

Для возможности пайки РЭК поверхностного монтажа размеры планарной КП под компонент увеличивают относительно максимальных размеров металлизированной контактной поверхности по длине на 0,3 мм в обе стороны, по ширине – на 0,1 мм, тоже в обе стороны (если есть возможность, чтобы зазор между КП был не менее 0,2мм).

При создании конструкторско-технологического образа РЭК можно использовать библиотеки P-CAD-2002: Pcdmain.lib, Pcbconn.lib, Pcbstmt.lib. В одной из указанных библиотек надо выбрать подходящий корпус и доработать его в соответствии с принятым в России стандартом (например, ОСТ 4.ГО.010.030).

Таблица 2.1.

Диаметр вывода, не более	Номинальный диаметр металлизированного отверстия	Минимальный диаметр КП
0,4	0,6	1,1
0,5	0,8	1,3
0,7	1,0	1,5
0,8	1,3	1,8
1,0	1,5	2,0
1,2	1,8	2,3
1,5	2,0	2,5

Для создания конструкторско-технологического образа РЭК необходимо загрузить графический редактор Pattern Editor и выполнить следующие действия:

- 1) Установить метрическую систему единиц:
Options/Configure – Units: mm.

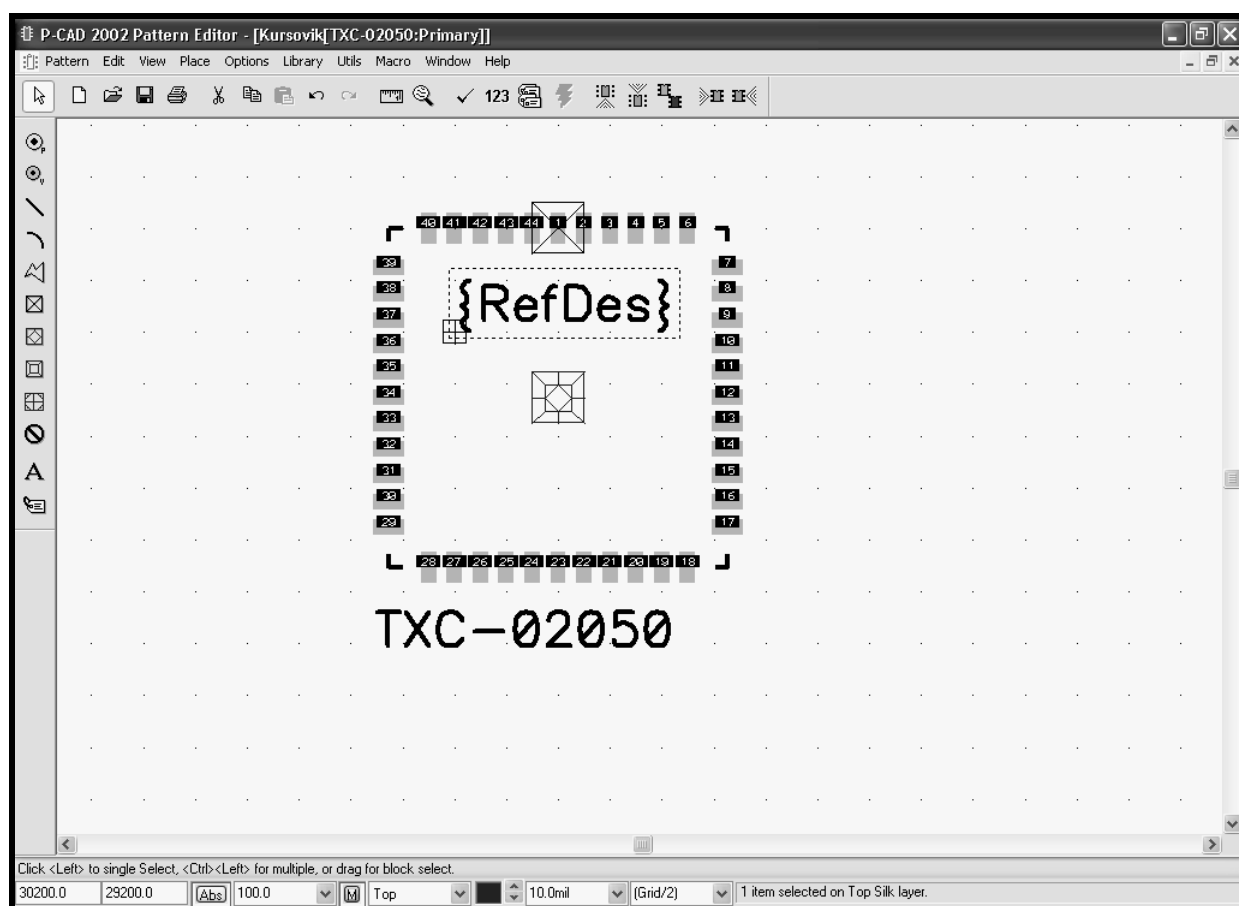


Рис.2.1. Интерфейс графического редактора Pattern Editor с файлом посадочного места РЭК - TXC-02050.pat на экране

- 2) Установить шаг координатной сетки – равный расстоянию между выводами.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid. Приблизить изображение на столько, чтобы было явно видно перемещение курсора по сетке.
- 4) Ввод типов КП.
Выбрать команду Options/Pad Styles.

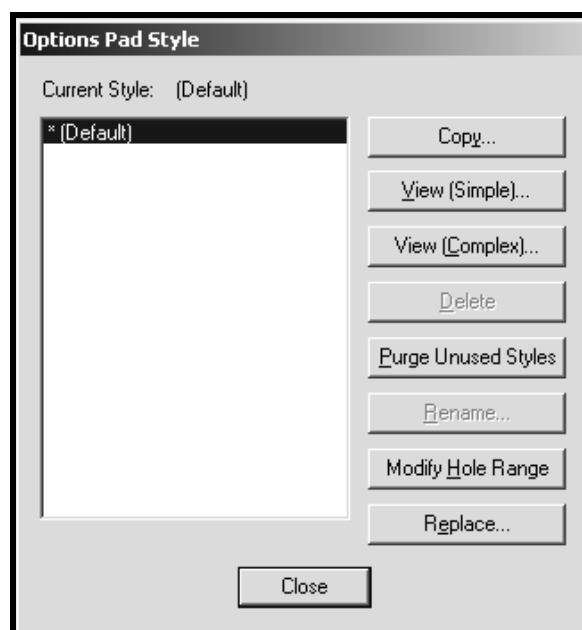


Рис.2.2. Создание типов контактных площадок

Нажать кнопку «Сору», ввести имя КП, установить курсор на новое имя КП, нажать кнопку «Modify (Simple)» и задать свойства КП:

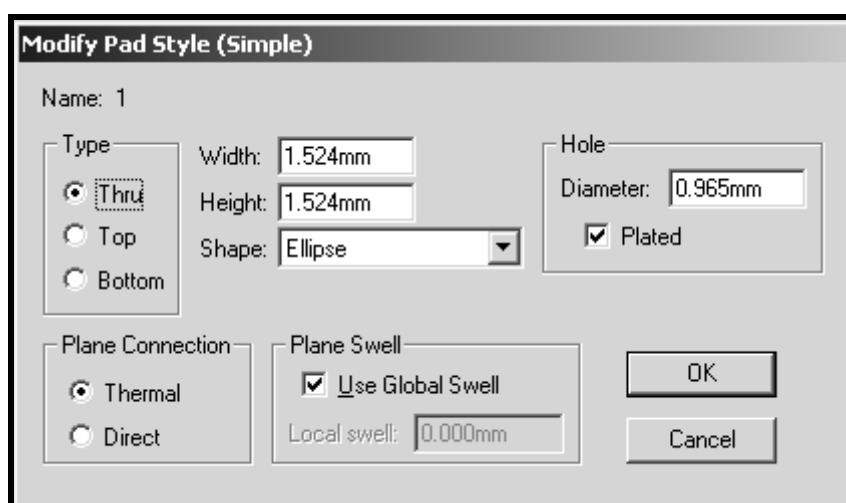


Рис.2.3. Редактирование параметров КП

Type:

- Thru - для штыревого вывода
- Top - для планарной КП с верхней стороны платы
- Bottom - для планарной КП с нижней стороны платы

Shape (форма КП):

- Ellipse - круглая или эллиптическая
- Rectangle - квадратная или прямоугольная
- Width - ширина (координата по X)
- Height - высота (координата по Y)
- Hole - диаметр отверстия для штыревого вывода
- Plated - металлизация отверстия

5) Создание посадочных мест и корпуса РЭК.

а) Сделать слой Top активным, выбрать команду Place Pad на панели инструментов размещения, задать стартовый номер Starting Pad Number и инкремент (шаг увеличения номеров) Increment Pad Number, ввести необходимое количество КП.

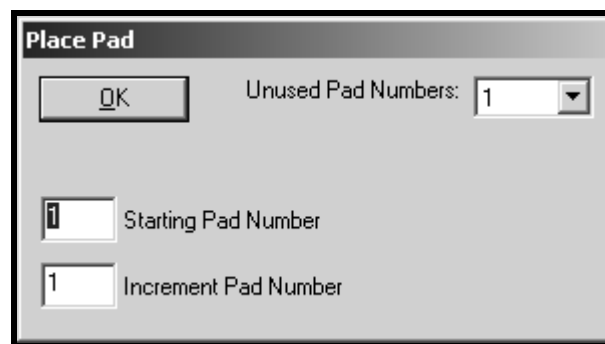


Рис.2.4. Параметры размещения КП

б) Выбрать слой Top Silk, командами Place Line и Place Arc чертить корпус РЭК, толщина линий 0,1 мм (установить в строке состояний перед вводом объектов). Для МС необходимо обозначить ключ около первой ножки (для оформления сборочного чертежа), ключ изображается в виде скоса, окружности и т.п. в слое Top Silk, размещается ключ внутри корпуса.

6) Выбрать слой Top Silk;

Ввести необходимые атрибуты командой Place Attribute:

- а) выбрать категорию Component и наименование Type, ввести значение атрибута в поле Value, разместить в рабочем поле под корпусом компонента;
- б) выбрать категорию Component, имя RefDes и нажать «OK» без ввода значения атрибута, разместить в рабочем поле над корпусом компонента, далее (в топологии ПП) в этом месте будет располагаться

позиционное обозначение компонента; рекомендуемый шрифт: Font – Quality, Height – 1мм, Thickness – 0,1мм (без галочки Allow True Type).

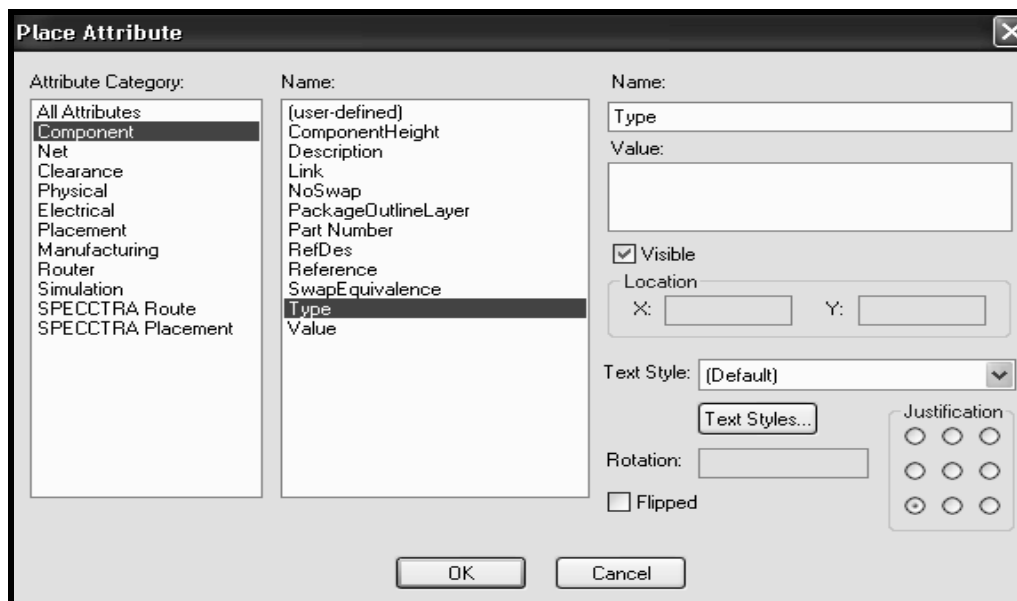


Рис.2.5. Параметры атрибутов в Pattern Editor

При плотной установке компонентов возможно неоднозначное чтение чертежа, если позиционное обозначение находится вне корпуса компонента. Поэтому рекомендуется атрибут RefDes располагать внутри изображения корпуса компонента, а атрибут Type там же или сразу под корпусом (см. рис.2.1)

- 7) Задать точку привязки командой Place Ref Point – отметить первый вывод. Точка привязки необходима для формирования топологии ПП.
- 8) Проверка: кнопка Validate Pattern на панели системных команд.
- 9) Сохранение файла: Pattern/Save To File.

Создание конструкторско-технологического образа компонента с помощью Pattern Wizard (используется при создании конструкторско-технологического образа МС).

Создать новый файл.

Выполнить пункты 1-4.

Нажать кнопку Pattern Wizard, задать свойства и параметры посадочных мест и корпуса:

Тип корпуса – Pattern Type:

DIP с двухрядным расположением выводов (в т.ч. и планарных)

QUAD прямоугольной формы с расположением выводов по периметру

ARRAY «массив выводов».

Число выводов по вертикали (для типа DIP полное количество выводов) – *Number Of Pads Down*;

Число выводов по горизонтали – *Number Of Pads Across* (для DIP не указывается);

Расстояние между центрами КП (для типа DIP количество выводов по вертикали) – *Pad To Pad Spacing (On Center)*;

Расстояние между рядами КП по горизонтали и вертикали – *Pattern Width* и *Pattern Height* (для типа DIP данный параметр не задается);

Положение первого (ключевого) вывода – *Pad 1 Position*;

Тип КП – *Pad Style*:

первого вывода	<i>Pin 1</i>
остальных выводов	<i>Over</i>
сверху вниз	<i>Top & Bottom</i>
слева направо	<i>Left & Right</i>

Rotate – разворот КП на 90°

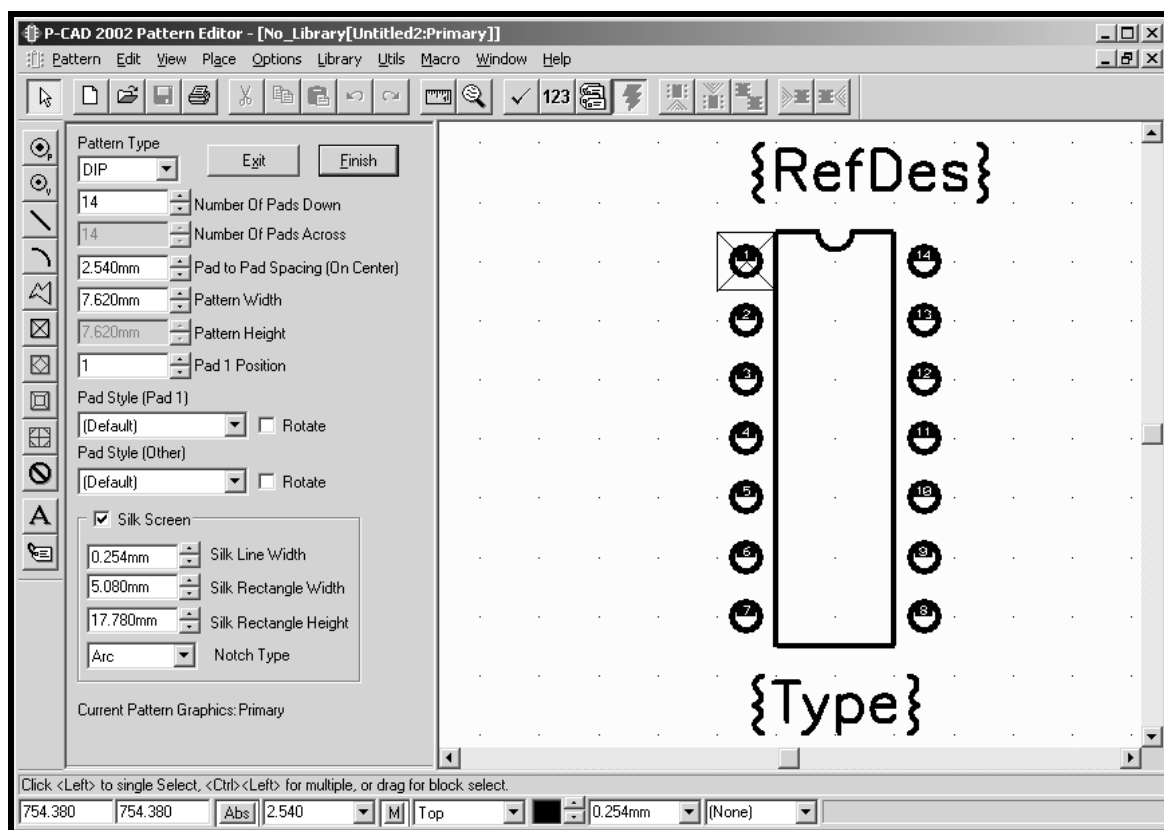


Рис.2.6. Интерфейс мастера создания посадочного места РЭК
Pattern Wizard

Графика корпуса задается группой параметров *Silk Screen* (можно отключить флажок и начертить корпус вручную);

Толщина линии – *Silk Line Width*;

*Параметры Silk Rectangle Width и Silk Rectangle Height определяют ширину и высоту прямоугольника, изображающего корпус;
В списке Notch Type выбирается тип изображения ключа;
Создать образ нажатием кнопки Finish.
Точка привязки автоматически устанавливается в центр первой КП;
При необходимости доработать изображение с помощью команд Place Line и Place Arc;
Ввести тип РЭК (в поле Value) в свойствах {Type};
Выполнить пункты 8,9 (см. выше).*

Контрольные вопросы.

1. Что представляет собой конструкторско-технологический образ?
2. С какой целью создается конструкторско-технологический образ РЭК?
3. Какие бывают контактные площадки, в чем их различия?
4. В какой подпрограмме создается конструкторско-технологический образ РЭК?
5. Что такое слои в P-CAD и для чего они предназначены?
6. В каких слоях создается конструкторско-технологический образ?

3. Лабораторная работа №3. ФОРМИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПОНЕНТА

Цель работы: Формирование библиотеки радиоэлектронного компонента (РЭК) как библиотечного элемента принципиальной электрической схемы.

Задание на лабораторную работу:

1. Для каждого РЭК выбрать соответствующую информацию о символе и типовом корпусе.
2. Ознакомиться с назначением РЭК.
3. Ввести упаковочную информацию (заполнить таблицы Component Informations и Pins View).
7. Сохранить описание РЭК как библиотечный элемент (в файл .lib).
8. Подготовить отчет.

Для создания компонентов и ведения библиотек предназначена программа Library Executive.

Для создания библиотеки необходимо загрузить программу Library Executive и выполнить следующие действия:

- 1) Создать новую библиотеку в своей папке с помощью команды Library/New.

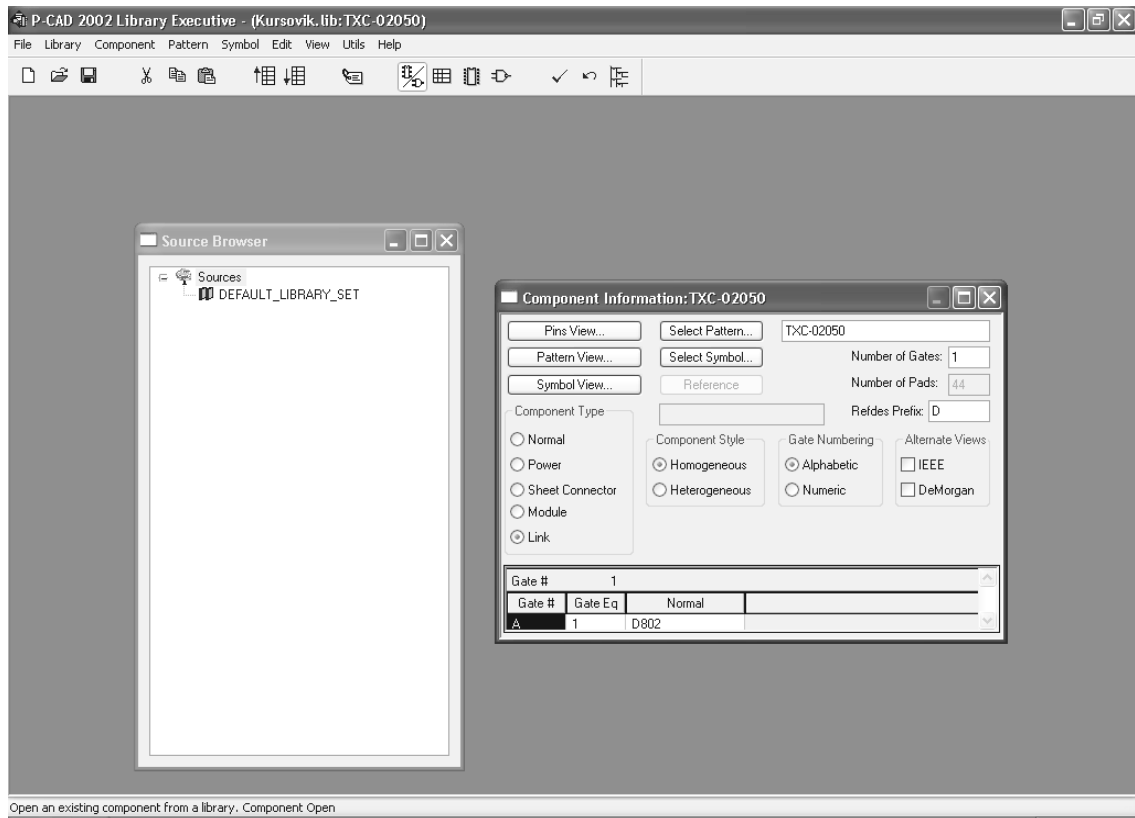


Рис.3.1. Интерфейс программы Library Executive



Рис.3.2. Создание новой библиотеки

2) Ввести все символы в библиотеку:

С помощью команды Symbol/Open открыть файл с расширением .sym.

Выбрав команду Symbol/Save сохранить символ в свою библиотеку, указав путь (при сохранении флажок Create Component должен быть отключен) и ввести наименование компонента в поле Symbol.

Открыть следующий файл .sym и тоже сохранить его в библиотеку и т.д.

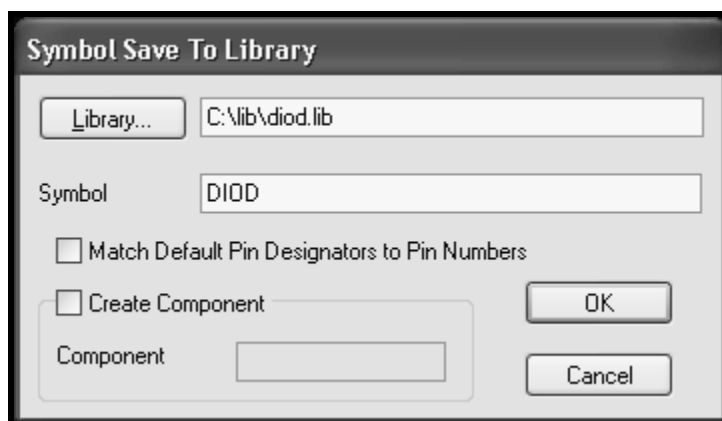


Рис.3.3. Сохранение символа в библиотеке

- 3) Ввести в библиотеку конструкторско-технологические образы (КТО) РЭК:

С помощью команды Pattern/Open открыть файл с расширением .pat. Выбрав команду Pattern/Save сохранить конструкторско-технологический образ в свою библиотеку (при сохранении флажок Create Component должен быть отключен) и ввести наименование компонента в поле Pattern.

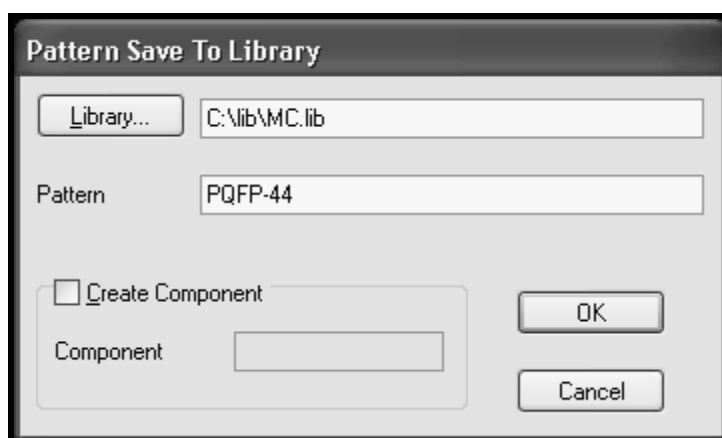


Рис.3.4. Сохранение КТО в библиотеке

- Открыть следующий файл .pat и тоже сохранить его в библиотеку и т.д.
4) Выбрать команду Component/New и открыть свою библиотеку.

***НИЖЕОПИСАННУЮ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ
(ПУНКТЫ 5,6) НАРУШАТЬ НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ!***

5) Установить параметры в окне Component Information в соответствии с типом РЭК:

Number of Gates – количество секций (вентилей)

Number of Pads – автоматическое отображение числа выводов РЭК при выбранном типе корпуса

В поле Refdes Prefix заносится информация о буквенном обозначении РЭК (см. приложение 1)

Component Type – тип компонента, для обычного РЭК – Normal, а для компонента питания (значок земли, корпуса) – Power

Component Style – стиль компонента

Homogeneous однородный

Heterogeneous неоднородный (включающий различные секции в один корпус)

Gate Numbering – способ именования логических секций или вентилях (не имеет принципиального значения)

Alphabetic буквенный

Numeric числовой (рекомендуется)

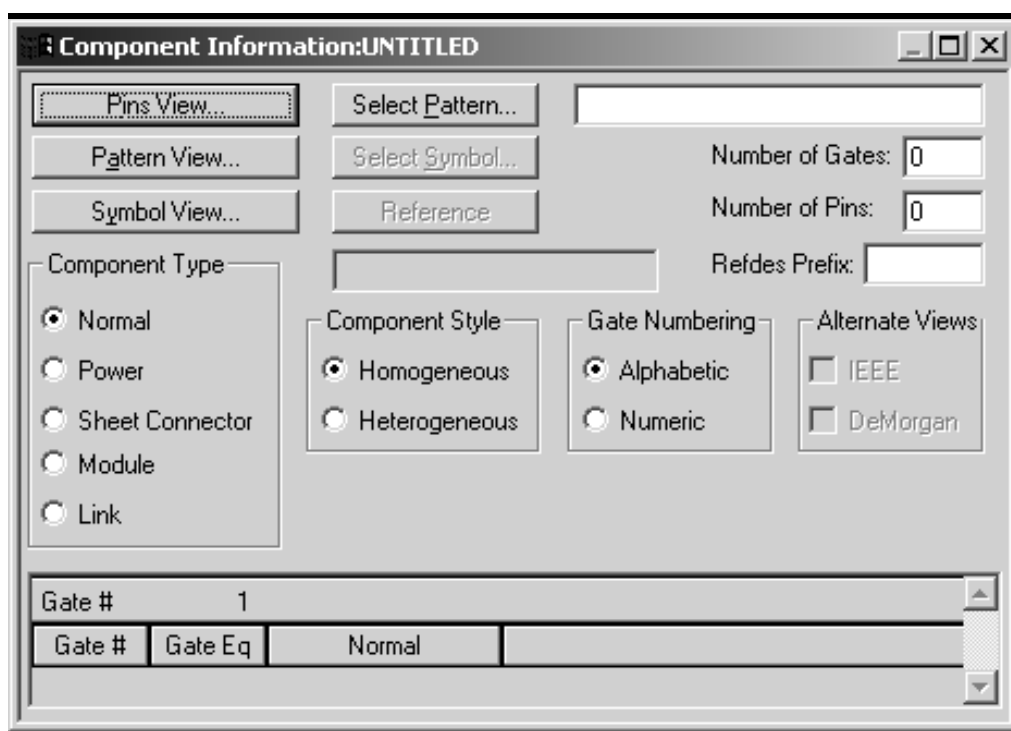


Рис.3.5. Основная информация о создаваемом компоненте

В нижней части окна Component Information отображается таблица с именами (в соответствии с установкой Gate Numbering) логических секций (Gate #), кодами логической эквивалентности секций (Gate Eq) и именами символов (Normal), соответствующими символьному изображению данной

секции. Сначала необходимо установить эквивалентность в поле редактирования посредством установки курсора в столбец Gate Eq.

Эквивалентность – это электрическая взаимозаменяемость. Эквивалентность является позицовой, т.е. если секции «А» и «В» с эквивалентностью «1» эквиваленты между собой, а секции «С» и «D» с эквивалентностью «2» – между собой, то секции «А» (или «В») и «С» (или «D») не эквивалентны между собой. Уникальной (невзаимозаменяемой) секции присваивается эквивалентность отличная от других. Однородные РЭК с несколькими логическими секциями имеют код логической эквивалентности всех секций «1» (например, вентили МС), РЭК с одной секцией имеет любую эквивалентность кроме «0».

Если стиль компонента – однородный, то эквивалентность автоматически будет одинаковой для всех секций компонента.

Затем надо нажать кнопку Select Pattern и выбрать конструкторско-технологический образ РЭК. В правом верхнем поле окна Component Information автоматически выводится наименование конструкторско-технологического образа.

После этого надо нажать кнопку Select Symbol и выбрать символ РЭК.

С помощью кнопок Pattern View и Symbol View можно отредактировать файлы .sym и .pat (при таком редактировании автоматически устанавливается дюймовый шаг координатной сетки, который необходимо изменить миллиметровый).

б) Посредством кнопки Pins View открыть таблицу выводов РЭК и заполнить ее (пример см. в приложении 2).

Содержимое выбранной ячейки отражается в служебной строке, в верхней части таблицы, где возможно редактирование (подобно электронной таблице Microsoft Excel).

В первую очередь надо заполнить последние три столбца: Gate #, Gate Eq., Pin Eq, Elec. Type. В случае если имена выводов не должны отображаться в принципиальной электрической схеме, то столбец Pin Name необходимо очистить. Если в МС имеются питающие выводы (земля, питание), то в столбце Pin Name необходимо ввести имена цепей (GND, +5V и т.д.). Данных операций достаточно для заполнения таблицы выводов несложных РЭК, поэтому можно перейти к п.7.

Описание таблицы выводов:

Pad #	номера КП (по порядку)
Pin Des	номера выводов корпуса (соответствуют номерам выводов: Default Pin Des в файле .sym и Default Pin Designator в файле .pat)
Gate #	номера секций (по порядку, в соответствии с Gate # в окне Component Information), соответствуют посекционно Gate # в окне Component Information, если способ именования логических секций – числовой.

Примечание: номер секции не указывается, если вывод никогда не будет задействован в принципиальной электрической схеме (такой вариант возможен в операционных усилителях, в ПЛИС)

Sym Pin #	номера выводов символа, которые соответствуют Pin Number в символе; (в случае ошибки при проверке Component Validate, связанной с номерами выводов символа, надо удалить в данном столбце все значения, при этом номера в символе будут истинными и обозначаться красным цветом, затем ввести номера в таблицу в соответствии с символьным изображением, при правильном вводе номера в символе обозначаться белым цветом)
Pin Name	имена выводов, а также имена питающих цепей (если в столбце Gate # присутствует запись PWR)
Gate Eq	логическая эквивалентность секций, должна совпадать (посекционно) с Gate Eq в окне Component Information
Pin Eq	логическая эквивалентность выводов (внутри секции)
Elec. Type	электрический тип выводов (Unknown: нетиповой, Passive: пассивный, Input: входной, Output: выходной, Bidirectional: двунаправленный, Power: питание).

Логическая эквивалентность выводов задается аналогично эквивалентности секций, т.е. взаимозаменяемые выводы являются эквивалентными (например, входные выводы в логических элементах И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, выводы программируемых МС и др.).

Для заполнения столбца Elec. Type необходимо:

- выделить одну из ячеек;
- нажать на кнопку в правой части служебной строки (с широкой стрелкой вниз);
- из выпавшего списка выбрать запись и щёлкнуть по ней мышкой, затем нажать Enter. Этот текст появится в ячейке столбца Elec. Type, а символьная запись (например, для Power – PWR) автоматически внесется в столбец Gate # (если ячейка не занята).

Обычно используют следующие типы выводов: входной, выходной, питающий, пассивный. Если выводы в символе расположены слева, они являются входными, если справа, то выходными.

Под питанием понимают все питающие цепи: «землю» (GND), +5В, -5В, +60В, -60В и т.д., включая и аналоговые, и цифровые.

7) После заполнения таблицы выводов выполняется команда проверки Component Validate, при наличии ошибок может возникнуть необходимость редактирования (таблицы выводов, символьного изображения, конструкторско-технологического образа, полей в окне Component Information).

8) Затем компонент необходимо сохранить в библиотеке: Component/Save. Аналогичным образом необходимо описать в библиотеке все РЭК (начиная с п.4).

Контрольные вопросы.

1. В какой подпрограмме создается библиотека?
2. Какие бывают стили РЭК, в чем их отличие?
3. Что такое эквивалентность?
4. Что входит в состав библиотечного компонента?
5. С каким расширением сохраняются файлы библиотек, символьных изображений и конструкторско-технологических образов?
6. После описания РЭК в библиотеке, нужны ли еще файлы .sym и .prt?

4. Лабораторная работа №4.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Цель работы: Оформить принципиальную электрическую схему в графическом редакторе Schematic и сформировать список компонентов цепей (связей), используемый в топологии печатной платы.

Задание на лабораторную работу:

1. разместить и проименовать символы РЭК на рабочем поле;
2. ввести электрические связи и именовать цепи и шины;
3. задать имена цепей входящих в жгуты (шины);
4. ввести цепи питания (+5V, gnd и т.д.);
5. сохранить принципиальную электрическую схему в виде файла с расширением .sch (проект.sch).

При оформлении принципиальной электрической схемы необходимо стремиться к минимальной длине соединений и к минимальному количеству изломов.

Рекомендуемые параметры шрифтов:

Позиционные обозначения: Font – Quality, Height – 2мм, Thickness – 0,2мм, без галочки Allow True Type.

Атрибуты объектов: Font – Quality, Height – 2,5мм, Thickness – 0,25мм, без галочки Allow True Type.

Наименование портов: Font – Quality, Height – 1,5мм, Thickness – 0,1мм, без галочки Allow True Type.

Для создания принципиальной электрической схемы необходимо загрузить графический редактор Schematic и выполнить следующие действия:

- 1) Установить метрическую систему единиц:

Options/Configure – Units: mm.

- 2) Установить шаг координатной сетки: 2,5.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid.
- 4) Подключить библиотеку с помощью команды Library/Setup. Нажать кнопку Add и открыть свою библиотеку, затем нажать кнопку OK.

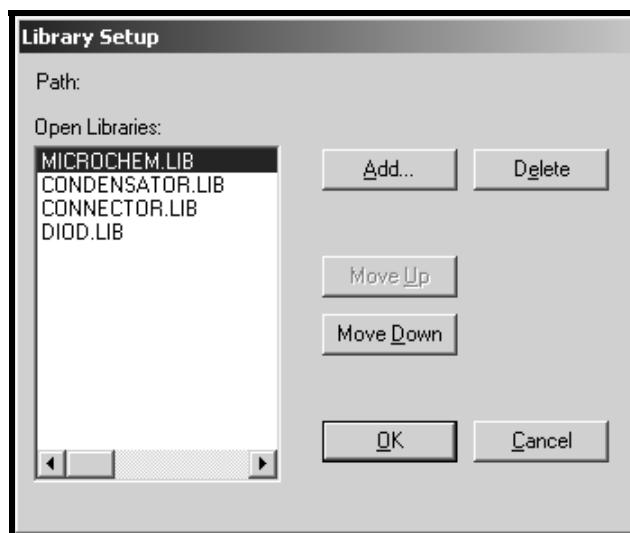


Рис.4.1. Подключение библиотек

- 5) Разместить символы с помощью команды Place Part, выбрав в своей библиотеке необходимый символ. При этом необходимо соблюдать нумерацию позиционных обозначений РЭК: сверху вниз и слева направо.

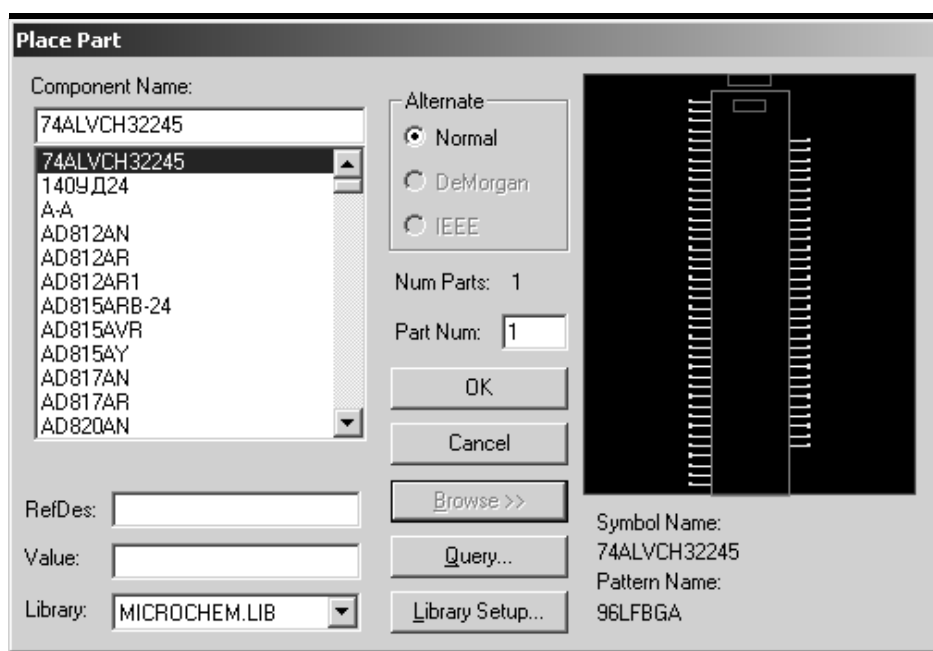


Рис.4.2. Размещение символов на ПЭС

- 6) Ввести электрические цепи. Командой Place Wire вводятся проводники, а командой Place Bus – жгуты, шины. Толщина соединений 0,2 мм, ее можно установить с помощью команды Options/Current Wire (User). Шины автоматически изображаются линией толщиной 0,76. При подсоединении проводника к шине происходит автоматическое подключение к шине, а при ведении шины вдоль проводников соединение произойдет только после именованя цепей. При подключении проводника к шине автоматически добавляется излом под углом в 45°, стиль которого определяется в окне конфигурации параметров дисплея Options/Display. Редактирование проводника – введение дополнительной точки излома осуществляется с помощью команды Rewire Manual на системной панели («взяв» мышью цепь разместить точку излома в нужном месте, можно ввести подряд несколько точек излома, для отмены нажать Esc); переместить или удалить точку изгиба можно следующим образом: выделить проводник, «взять» мышью точку излома и подвинуть ее на другое место, либо к другой точке излома. Незадействованные выводы РЭК и недоведенные связи обозначаются желтыми квадратиками. Необходимо проверить, чтобы в местах соединения (двух или более связей, проводника и контакта РЭК) не было желтых квадратиков. При необходимости изменить шаг (в случае непопадания в точку соединения).
- 7) Имена цепей входящих в жгут задаются командой Place Port.

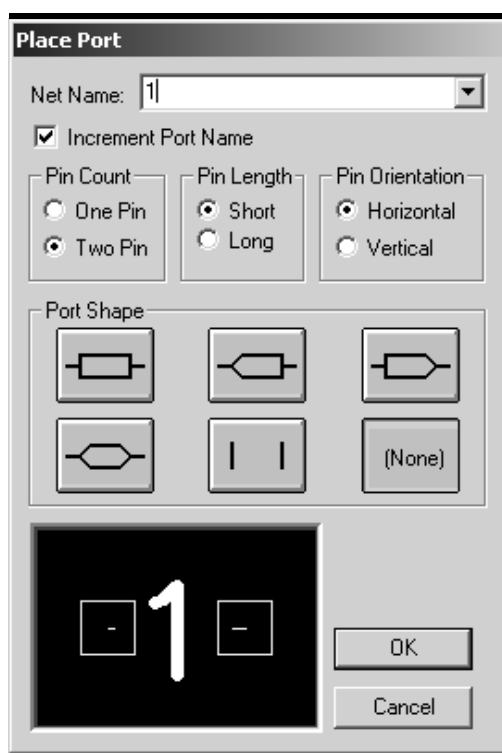


Рис.4.3. Параметры порта

Существует несколько вариантов выполнения именования порта, однако требованиям ГОСТ удовлетворяет только один: Pin Count – One Pin, Pin Length – Long, Pin Orientation – Vertical/Horizontal, Port Shape – (None), в графе Net Name задается имя цепи, флажком Increment Net Name включается автоматическое увеличение номера вводимой цепи на единицу.

- 8) Для обозначения цепей питания необходимо создать компонент библиотеки типа Power (см. приложение 3). Для обозначения цепей питания допускается также использование порта с параметрами: One Pin, Short, Horizontal, Port Shape – $\Rightarrow$ (данное обозначение распространено в зарубежных схемах, но не соответствует отечественным стандартам).

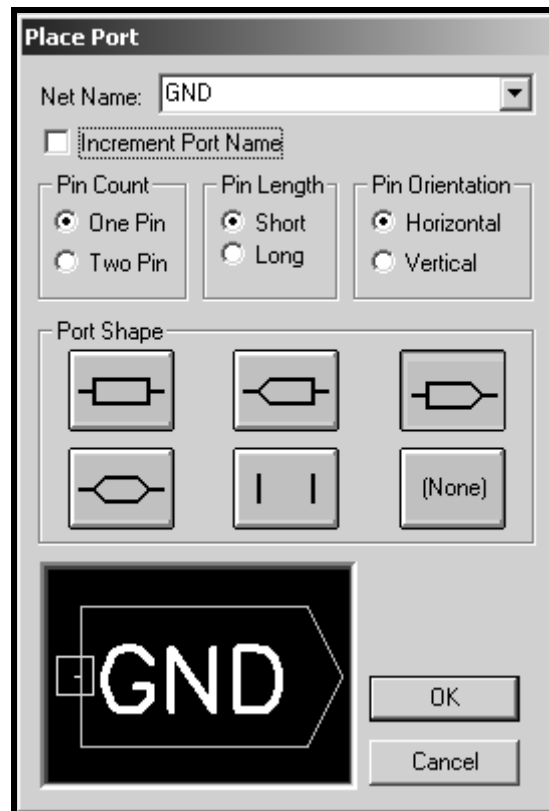


Рис.4.4. Установки порта для цепей питания

Последовательная нумерация позиционных обозначений выполняется с помощью команды Utils/Renumber, где необходимо установить следующие параметры: Type – RefDes, Direction – Top to Bottom, RefDes – Auto GroupParts, Starting Number – 1, Increment Value – 1. По ГОСТу нумерация должна быть сверху вниз и слева направо, поэтому необходимо еще раз выбрать команду Utils/Renumber и установить те же параметры, за исключением Direction – Left to Right. Далее нужно

разместить позиционные обозначения справа или над РЭК. Выделение позиционного обозначения возможно при нажатой клавише Shift.

9)

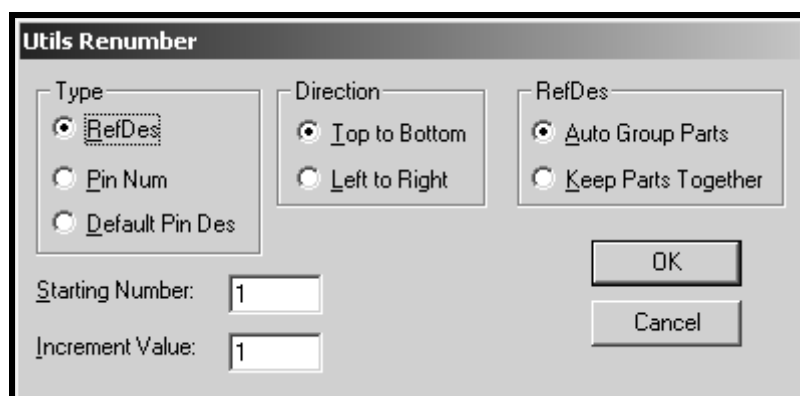


Рис.4.5. Переименование позиционных обозначений

10) Для всех МС надо вывести номера выводов подключенных к питанию (в виде таблицы), для этого используется команда Place Table на панели документов (при необходимости включить видимость панели документов – DocTool Toolbar). В окне Place Table указать: Table Type – Power Table, в зоне Pins to Include отметить Hidden pins only, в зоне Component to Include выбрать All Components, нажать ОК. Затем расположить таблицу на свободном месте (при этом может возникнуть необходимость отдалить изображение).

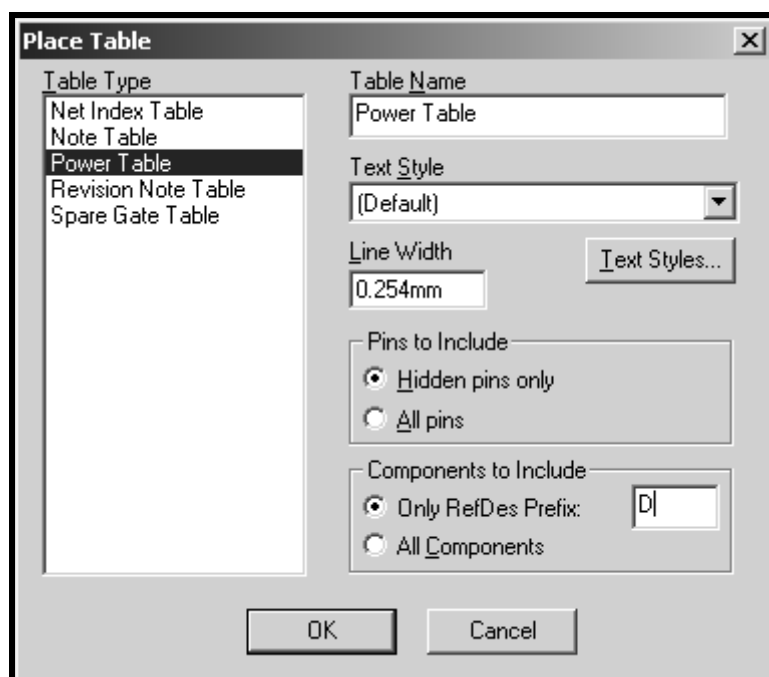


Рис.4.6. Размещение таблицы выводов питания

- 11) Проверка схемы выполняется с помощью команды Utils/Erc. Установить параметры в соответствии с приведенным ниже рисунком.

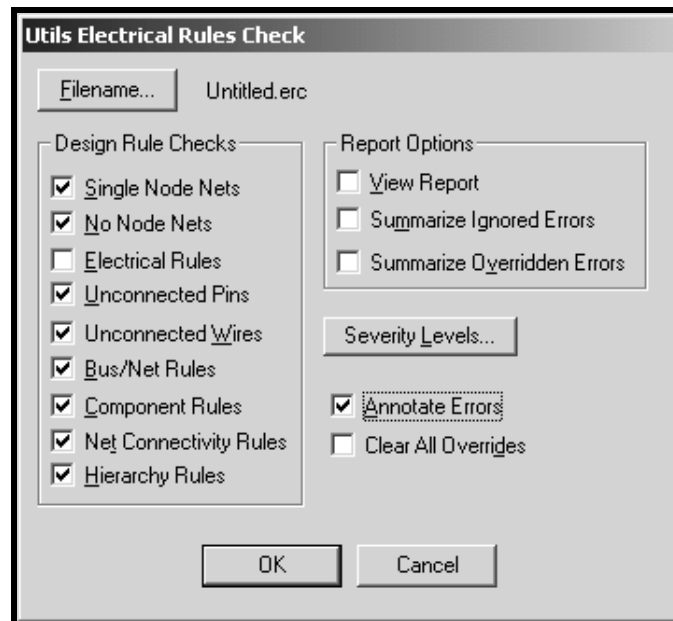


Рис.4.7. Проверка ERC

После проверки надо выбрать команду Utils/Find Errors, и, перебирая поочередно ошибки в поле Error Number и нажимая кнопку «Jump To» (при этом курсор перемещается на конкретное местоположение ошибки), исправить все ошибки. После исправлений проверку осуществить заново. Если установить галочку View Report, то после проверки появится отчет.

- 12) Генерация списка соединений для возможности дальнейшего проектирования осуществляется с помощью команды Utils/Generate Netlist. Кнопка Netlist Filename позволяет задать имя файла списка цепей. Формат списка цепей (Netlist Format) необходимо задать – P-CAD ASCII. Флажок Include Library Information рекомендуется установить, для того чтобы в файл была включена информация для менеджера библиотек.

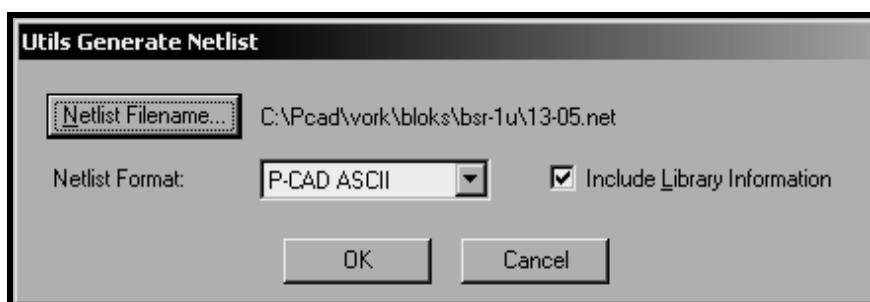


Рис.4.8. Генерация списка соединений

- 13) Сохранить файл. В формате данных Binary (в P-CAD-2001 – в формате ASCII).

Контрольные вопросы.

1. Какие данные необходимы для оформления схемы?
2. Для чего на схеме используются шины, могут ли они пересекаться?
3. В какой подпрограмме создается принципиальная электрическая схема?
4. Какие команды используются при оформлении схемы?
5. На чем основывается выбор шага координатной сетки при оформлении схемы?

5. Лабораторная работа №5.

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКТИВА ПП, УПАКОВКА ДАННЫХ И РАЗМЕЩЕНИЕ РЭК НА ПП

Цель работы: Разработать начальную топологию печатной платы.

Задание на лабораторную работу:

1. создать конструктив печатной платы;
2. упаковать РЭК на ПП с подключенными соединителями (связями);
3. разместить РЭК на печатной плате;
4. оптимизировать связи между РЭК;
5. сохранить начальную топологию ПП как файл с расширением .pcb (проект.pcb).

Для разработки топологии необходимо загрузить графический редактор РСВ и выполнить следующие действия:

- 1) Установить метрическую систему единиц:
Options/Configure – Units: mm.
- 2) Установить шаг координатной сетки: 10 (если размер ПП кратный 10).
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid.
- 4) Начертить контур ПП толщиной 0,2 мм в слое Board с помощью команды Place Line. Контур ПП должен представлять собой замкнутую линию. При отсутствии требований размер ПП выбирается необходимым и достаточным для размещения всех компонентов и проводников (с учетом зазоров). При размещении нужно располагать РЭК так, чтобы оставалось место для проводников, но не было впоследствии пустого места на ПП (т.е. необходимо экономить место на плате).
- 5) Подключить библиотеки с помощью команды Library/Setup.

- 6) При упаковке РЭК размещаются в шаге сетки, поэтому разумнее уменьшить шаг сетки (например: 2,5мм), чтобы корпуса занимали меньше места в рабочем пространстве. Упаковка РЭК в корпуса и подключение соединений производится командой Utils/Load Netlist, где необходимо выбрать свой файл списка соединений, установив формат P-CAD ASCII. Все флажки рекомендуется отключить.

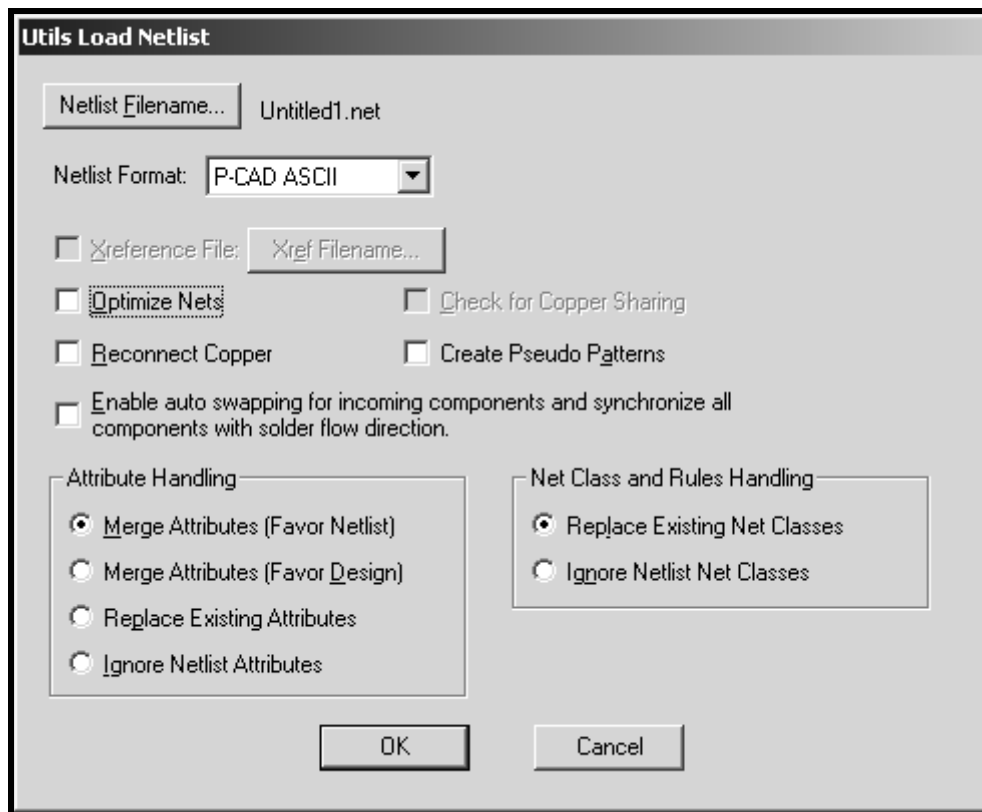


Рис.5.1. Загрузка списка соединений в топологию

Все РЭК размещаются над конструктивом ПП, и если конструктив находится вверху рабочего пространства, то появится сообщение об ошибке. В этом случае нужно либо сместить конструктив вниз, либо изменить размер рабочего пространства (Workspace Size) с помощью команды Options/Configure.

- 7) Размещение компонентов на плате. При выполнении лабораторных работ рекомендуется размещать компоненты в верхнем слое платы. Задача размещения РЭК на ПП заключается в том, чтобы будущие печатные проводники были наиболее короткими (для лучшего прохождения сигнала), и количество ПО было минимальным. Для этого компоненты с общими связями располагают рядом, с учетом количества общих связей. Сначала размещают крупные элементы (МС, трансформаторы, разъемы и др.), а затем мелкие (конденсаторы, резисторы и др.). Размещение РЭК определяет результаты трассировки,

поэтому рекомендуется тщательно изучить связи и в соответствии с этим сделать оптимальное размещение. Для удобства используется команда Edit/Nets, где сначала надо выделить связи, затем произвести какое-либо действие над ними.

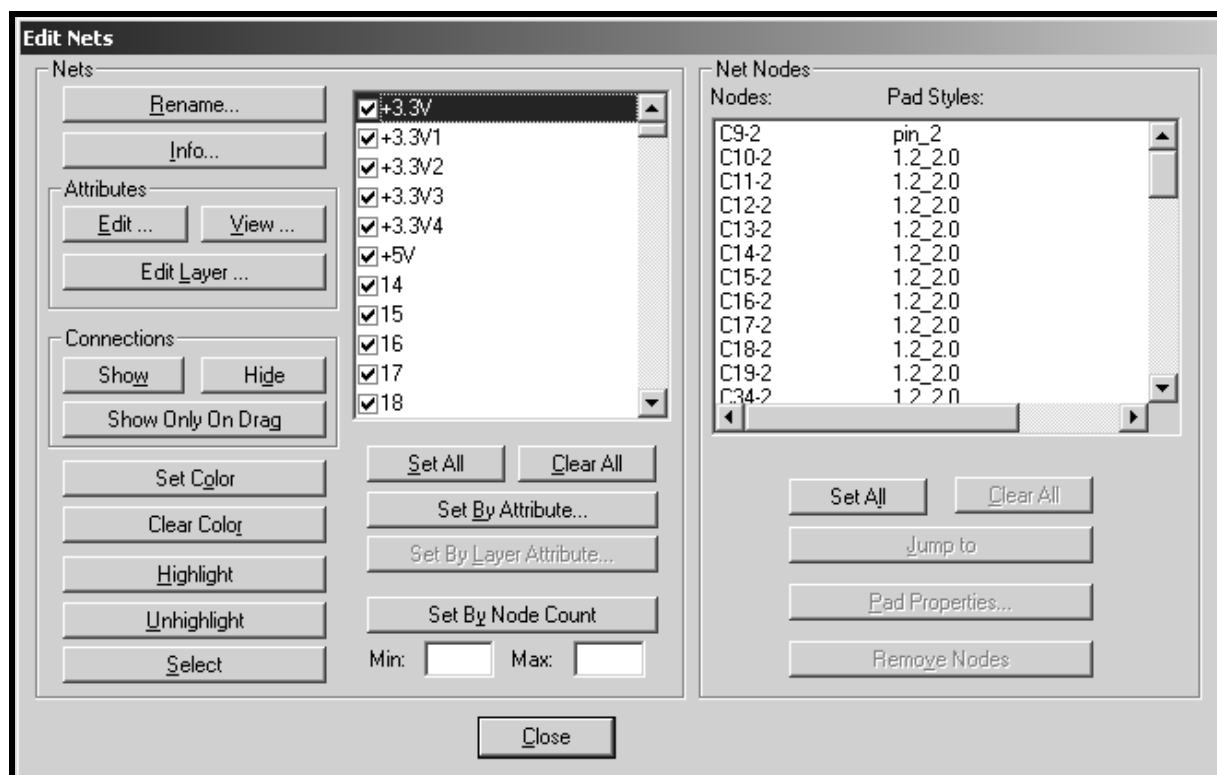


Рис.5.2. Параметры электрических связей

Описание кнопок в окне Edit/Nets: Show Conns - показать, Hide Conns - скрыть, Highlight - подсветка, Unhighlight - убрать подсветку, Select - выделить; Set All Nets - выбрать все (связи из списка), Clear All Nets - снять выделение (связей в списке), выбор отдельных связей производится непосредственно в списке (стандартно для Windows). P-CAD-2002 позволяет задавать индивидуальный цвет для каждой цепи. При этом такие элементы как контактные площадки, переходные отверстия и участки металлизации, подсоединенные к этой цепи, приобретут цвет, указанный для цепи. При необходимости, всегда можно перейти на «общий» цвет, указанный в настройках отображения. Существует возможность автоматического размещения (в SPECCTRA), но оно абсолютно непригодно. На практике всегда размещение производят вручную. Фильтрующие емкости (по питанию) необходимо устанавливать как можно ближе к микросхемам, при этом длины цепей идущие от выводов МС к конденсатору должны быть минимальны. Для размещения РЭК используют следующие действия: перетаскивание с помощью мыши, разворот объекта (клавиша «R»), перенос компонента

на другую сторону платы (клавиша «F»). Рекомендуемые зазоры: между элементами – 1,25 мм, от края платы – 5мм. В P-CAD-2002 существует возможность интерактивной расстановки компонентов посредством системы VPA. В версии 2002 система VPA (Visual Placement Area – визуализация расстановки компонентов) еще больше объединилась с оболочкой PCB и позволяет проводить интерактивную расстановку компонентов непосредственно на рабочем поле PCB. VPA отображает допустимую зону размещения компонента, которая определяется установленными взаимными зазорами, длинами цепей и высотой компонента. VPA отслеживает физические (Physical) и электрические (Electrical) значения атрибутов, а так же комнаты (Room). Для каждого типа правил возможно указать собственный цвет допустимой территории размещения. После предварительного размещения надо сохранить файл в формате данных ASCII (!).

- 8) Оптимизация электрических связей. Данная операция проводится перед началом трассировки соединений с целью минимизации общей длины физических связей между РЭК и минимизации плотности связей. Предварительно необходимо нажать кнопку Record ECOs на панели инструментов и включить видимость всех связей посредством команды Edit/Nets. Выбрать команду Utils/Optimize Nets и установить следующие параметры:

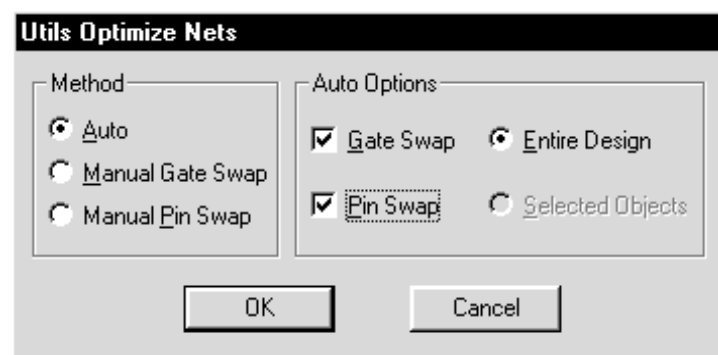


Рис.5.3. Параметры оптимизации электрических связей

После нажатия кнопки ОК появится сообщение о том, что данная операция необратима, и запрос о продолжении; после утвердительного ответа начнется процесс минимизации. Когда программа выполнит работу (появится надпись «Net Optimizate Complite») необходимо зафиксировать для отчета (курсового проекта) следующие данные расположенные в зоне Cumulative Status: число переставленных вентилях - Numbers of gates Swapped, число переставленных выводов - Numbers of pins Swapped, общая длина цепей до оптимизации - All net total length before, общая длина цепей после оптимизации - All net total length after, относительное изменение общей длины цепей после

оптимизации - All net total length changed. Затем закрыть окно с результатами. Далее сохранить файл под другим (!) именем; в конце сохранения откроется окно, в котором с помощью кнопки ECO Filename надо задать имя файла изменений (с расширением .eco) и нажать кнопку Append ECOs to File. Теперь необходимо внести изменения в схему. Для этого надо открыть схему. Выбрать команду Utils/Import ECOs, выбрать файл изменений с помощью кнопки ECO Filename и нажать кнопку ОК. Изменения вносятся в схему только при полном соответствии sch-файла pcb-файлу до изменений (по типам РЭК и связям). *При возникновении ошибок надо проверить pcb-файл (начальный файл, без оптимизации связей) на соответствие со схемой, используя команду Utils/Compare Netlist. В окне Netlist Compare посредством кнопки Netlist Filename указать путь к файлу списка цепей (с расширением .net), а в зоне Attributes выделить категории Component и Net и, нажав кнопку >> переместить их в окно Compare. При наличии ошибок, выводится сообщение об ошибке и предлагается их просмотр, нажатие кнопки «Да» выводит отчет об ошибках, которые необходимо исправить. После исправления ошибок надо сделать проверку снова. Сообщение «Nets are identical» говорит о соответствии списка в файлах .pcb и .sch. После этого надо провести оптимизацию заново. При корректном внесении изменений в схему появится сообщение: Importing ECO file completes successfully. После внесения изменений надо сохранить файл .sch (рекомендуется с новым именем). Как правило, на данном этапе файл .sch приходится редактировать, т.к. после внесения изменений на схеме появляется множество портов, которые затрудняют чтение схемы, а также надписи и порты могут быть наложены друг на друга.*

Контрольные вопросы.

1. Что включает топология ПП?
2. В какой подпрограмме разрабатывается топология?
3. Для чего необходим список соединений?
4. Какие команды используются для размещения РЭК?
5. Для чего нужна оптимизация электрических связей?

6. Лабораторная работа №6. ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы: Окончательно проработать топологию печатной платы – растрассировать проводники.

Задание на лабораторную работу:

1. вручную растрассировать проводники питания шириной 1 мм (с учетом ориентации проводников);
2. автоматически развести остальные проводники в системе SPECCTRA;
3. проверить топологию на DRC – ошибки.

Трассировка электрических связей подразумевает создание наглядного изображения будущих печатных проводников. При проведении связей нельзя пересекать проводники в одном слое и «чуждые» (не подключенные к данной цепи) ПО и КП. Задача трассировки: провести наиболее короткие проводники с минимальным количеством ПО. Трассировку цепей питания производят вручную, для разводки остальных проводников используют программу автотрассировки (после того, как проведены проводники питания). При трассировке необходимо соблюдать ориентацию проводников в различных слоях. Чтобы не корректировать параметры автотрассировщика следует использовать следующую ориентацию: проводники в верхнем слое (Top) платы направлены горизонтально, в нижнем (Bottom) – вертикально.

Рассмотрим на примере эффект соблюдения ориентации. В примерах сплошной линией обозначены проводники в нижнем слое, пунктирной – в верхнем, не закрашенные кружки – отверстия под ножки штыревого РЭК, закрашенные кружки – ПО. При трассировке проводников для соединения шести штыревых МС в три этапа (1 этап – попарное соединение D2 и D5, 2 этап – D3 и D4, 3 этап – D1 и D6) возможный результат выглядит следующим образом:

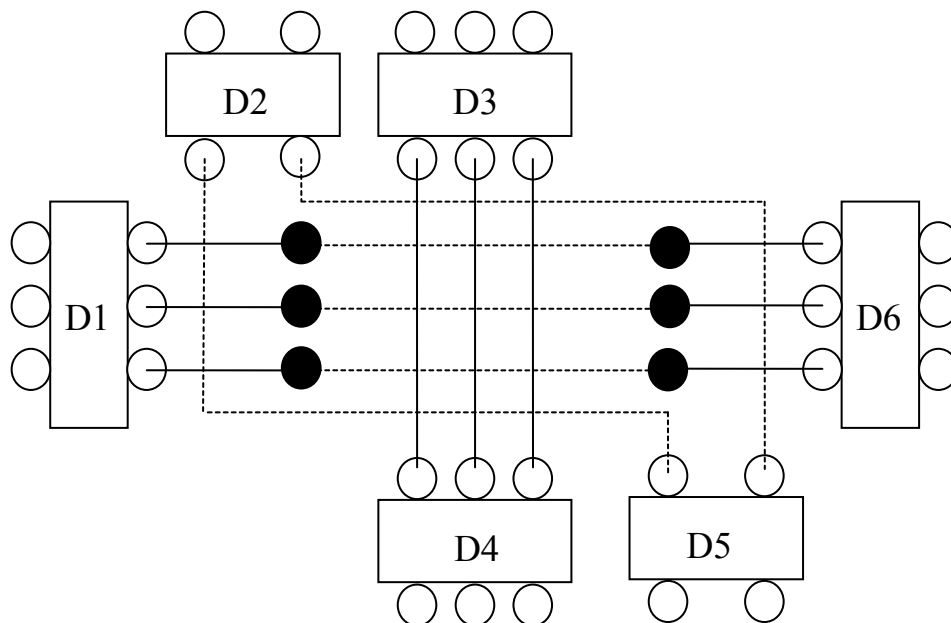


Рис.6.1. Пример трассировки без соблюдения ориентации проводников

В данном случае трассировка осуществлялась без соблюдения ориентации. В результате образовалось шесть ПО.

При соблюдении ориентации проводников вариант трассировки может быть следующим:

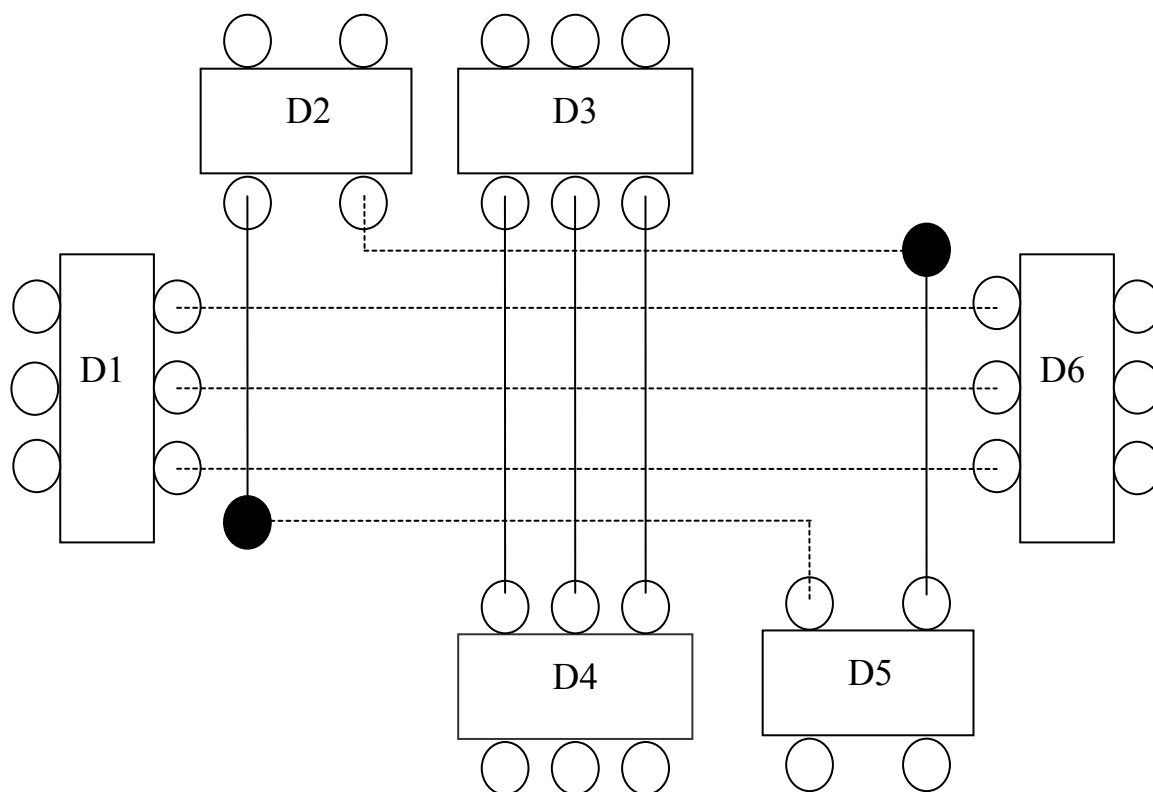


Рис.6.2. Пример трассировки с ориентацией проводников

В результате соблюдения ориентации количество ПО уменьшилось на 4. Это позволяет более свободно прокладывать другие проводники, уменьшать количество операций при изготовлении платы и экономить материалы на металлизацию отверстий.

Ориентация проводников при подходе к планарным КП иная: все проводники идущие параллельно ряду КП проводятся с противоположной стороны установки данного компонента, для того чтобы оставалось место для выхода проводников с КП.

Пример подхода к РЭК поверхностного монтажа представлен на рис.6.3.

Необходимо понимать, что из-за маленького кусочка проводника не стоит увеличивать количество ПО ради соблюдения строгой ориентации. Но на начальном этапе (при ручной разводке питания) лучше пусть будет больше ПО (которые можно будет убрать при заключительном редактировании), чем возникновение трудностей при автотрассировке,

которые могут привести к плохому результату работы автотрассировщика и трудоемкости ручной «доработки».

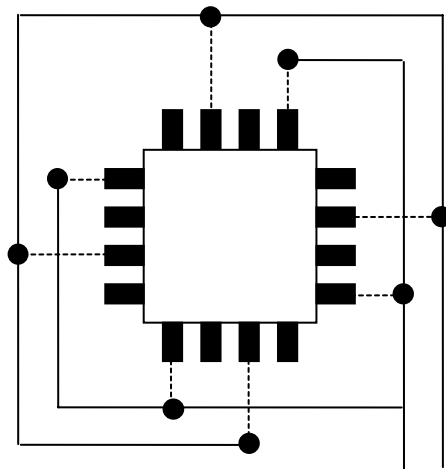


Рис.6.3. Пример трассировки проводников при подходе к планарным КП

Ширина проводников питания – 1мм, исключая подходы к КП РЭК, ширина которых менее 1мм (в этом случае ширина проводника определяется шириной КП). Минимальный зазор между объектами (КП, проводниками, ПО) – 0,2 мм, зазор между каким-либо из этих объектов и краем ПП – 3мм.

Перед трассировкой необходимо ввести классы цепей. Для этого в меню Options выбирается команда Net Classes, затем в поле Class Name надо ввести имя класса цепей (например, power) и нажать кнопку Add. Далее в зоне Unassigned Nets отмечаются все питающие цепи и посредством кнопки ←Add переносятся в зону Nets in this Class (тем самым формируя класс цепей «power»).

Для трассировки необходимо запустить систему SPECCTRA; при работе системы SPECCTRA работа в P-CAD невозможна; для запуска системы SPECCTRA в P-CAD должны быть закрыты все файлы, кроме рабочего. Запуск SPECCTRA производится командой Route/Autorouters. В открывшемся окне необходимо указать программу автотрассировки – Autorouter: SPECCTRA, после этого нажать кнопку «Start». Не обращая внимания на предупреждения продолжать работу – нажимать кнопку «Да». После запуска SPECCTRA закрыть окно с предупреждениями. Для трассировки слева на инструментальной панели должна быть нажата кнопка Route Mode.

Примечание. При первом запуске SPECCTRA в окне Route Autorouters надо нажать кнопку Command Line и в открывшемся окне снять флажок Quit when done.

1. Ручная трассировка цепей питания в системе SPECCTRA.

Сначала необходимо задать ширину проводников и минимальные зазоры для класса питающих цепей. Для этого в меню Rules надо выбрать команду Class, подкоманду Clearance. В поле Wire Width установить значение 1, а в поле All – 0.2, затем нажать кнопку Apply, а потом OK.

Далее необходимо развести (проложить) цепи питания. Для этого используют набор команд для интерактивной трассировки располагающийся на панели инструментов Tools: Edit Route – создание и редактирование проводников; Move – перемещение проводников; Delete Segment – удаление сегмента проводника и другие команды [1,3].

Приближение изображения в окне осуществляется выделением необходимой области: отметить нижний угол воображаемого прямоугольника и, удерживая среднюю кнопку мыши, переместить мышь в верхний противоположный угол прямоугольника; а отдаление изображения производится посредством перемещения мыши при нажатой средней кнопке в направлении сверху вниз. В меню View/Zoom команды In и Out также предназначены для приближения и отдаления изображения. Для этих (и других) команд можно назначить горячие клавиши в меню Define/Keys. Посредством нажатия на «+» (в левом столбце) добавляется новая строка. В поле Key необходимо ввести горячую клавишу. Для примера можно нажать клавишу «+», при этом в поле Key появится «+», а в поле Modifier появится надпись None. Затем ввести команду в поле This key's definitoin – zoom in. Таким образом назначается горячая клавиша «+» для приближения изображения. Аналогично назначается горячая клавиша «-» для команды zoom out.

Проводник начинают вести от любой КП (в данном случае с той, которая подключена к gnd или +5v), и заканчивают на другой КП, подключенной к этой же цепи. При этом можно выделить цепь с помощью команды Select/Nets/By list, где выбирается необходимая связь (например, gnd) и нажимается кнопка «OK». Выбрав команду Edit Route надо щелкнуть левой кнопкой мыши по КП и указывать с помощью мыши направление проводника, в точках излома тоже щелкать левой кнопкой мыши, а для завершения отметить щелчком конечную КП (подключенную к той же цепи, что и первая КП). Для перехода с одного слоя на другой необходимо дважды щелкнуть на проводнике в одной точке (либо нажать правую кнопку мыши и выбрав Add Via выбрать другой слой).

При создании проводников нажатие правой кнопки мыши позволяет: довести автоматически проводник (с помощью команды Finish Route), отменить действие (Undo), изменить ширину проводника (Use Width), отменить создание проводника (Cancel). По окончании разводки цепей питания необходимо проверить, все ли КП подключенные к цепям питания соединены между собой проводниками. Для этого надо выбрать команду Select Net расположенную на панели инструментов Tools, отметить цепь и

приближая отдельные фрагменты просмотреть всю плату на соединения (если таким образом не удастся найти разрыв проводников, то места разрыва определяют в системе P-CAD с помощью команды DRC – см. п.4). На данном этапе рекомендуется сохранить файл. Для этого необходимо выйти из системы SPECCTRA, сохраняя файл (Save and Quit), в результате файл откроется в P-CAD с новым именем (автоматически к начальному имени файла прибавляется буква R). Далее надо сохранить файл (в формате данных ASCII).

2. Автоматическая трассировка.

Запустить систему SPECCTRA. Для того чтобы программа автоматической трассировки не изменяла разводку цепей питания, их (цепи) необходимо зафиксировать. Выбрать команду Edit/[Un]Fix Nets By Class List. В поле Classes выделить класс power, в зоне Action отметить Fix. Нажать ОК. Далее надо задать параметры автотрассировки. В меню Rules выбрать команду PCB, подкоманду Clearance. В поле Wire Width установить значение 0.3, а в поле All – 0.2, затем нажать кнопку Apply, а потом ОК. Выбрать команду Autoroute/Route. В зоне Smart установить минимальный шаг сетки для проводников и ПО: Minimum Via Grid – 0.01, Minimum Wire Grid – 0.01. Все остальные флажки снять. В зоне Basic задать количество проходов трассировки: Passes – 10, затем нажать кнопку ОК. После окончания работы автотрассировщика (слева внизу загорится зеленая кнопка «Idle») справа внизу в строке параметров будут отражены результаты работы: количество неразведенных связей (Unconnects), количество конфликтов (Conflicts), процент автотрассировки (Completion). Эти данные зафиксируются в файле monitor.sts, который будет расположен в той же директории, что и проектный файл.

В заключении с помощью команд интерактивной трассировки, необходимо довести неразведенные связи, устранить конфликты (которые выделены желтым цветом) и подредактировать созданные в процессе трассировки проводники (убрать лишние ПО и, по возможности, уменьшить длины проводников). Затем выйти из системы, сохраняя файл (Save and Quit), и сохранить файл в P-CAD (в формате данных ASCII).

3. Расстановка позиционных обозначений.

Выделение позиционного обозначения производится при нажатой клавише Shift. Располагать обозначения внутри РЭК, либо справа (шрифт: Font – Quality, Height – 2мм, Thickness – 0,2мм, без галочки Allow True Type).

4. Проверка на DRC-ошибки.

Выбрать команду Utils/DRC, и задать следующие параметры:

Нажать кнопку Design Rules. Во вкладке Design с помощью кнопки Properties изменить свойства: Silkscreen Clearance – 1.25mm; Hole To Hole Clearance – 0.2mm; Board Edge Clearance – 3mm. Во вкладке Layer: во всех полях (Pad to Pad, Pad to Line, Line to Line, Pad to Via, Line to Via, Via to

Via) установить зазоры 0.2mm, затем нажать кнопку Update. Установить зазоры для обоих слоев (Top и Bottom). Во вкладке NetClass задать значения ширин проводников для цепей питания: в зоне Net Class Rules нажать кнопку Edit; в новом окне нажать кнопку Add; выделить Attribute Category – Net, Name – Width и ввести значения ширин проводников в поле Value через Enter (1mm; «Enter», 0.5mm; «Enter», 0.3mm и т.д.). Закрывая все окна, вернуться в исходное окно Utils Design Rule Check, где нажать кнопку OK. В окне Netlist Compare посредством кнопки Netlist Filename указать путь к файлу списка цепей (с расширением net), а в области Attributes выделить категории Component и Net и, нажав кнопку >>, переместить их в область Compare.

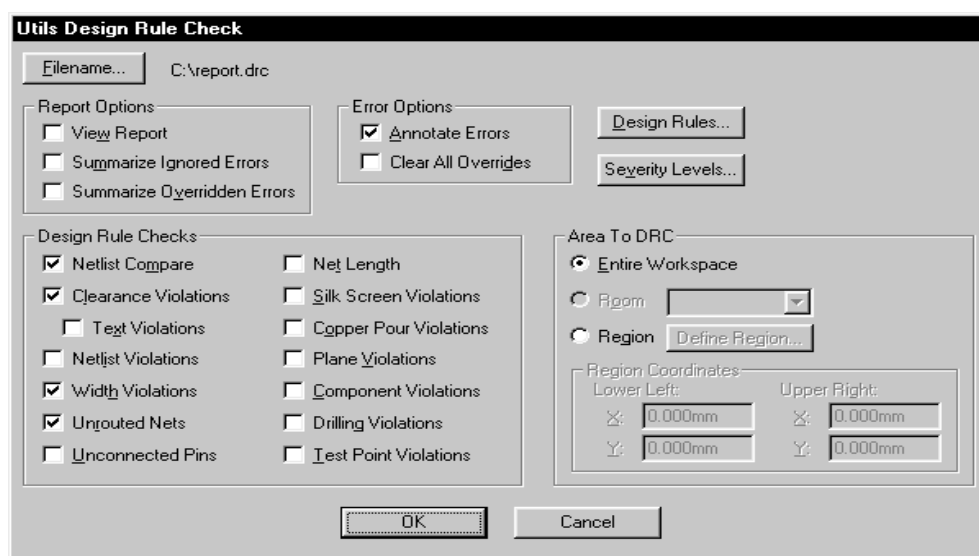


Рис.6.4. Проверка на DRC

После окончания проверки необходимо открыть окно ошибок посредством команды Utils/Find Errors. Посредством нажатия кнопки «Jump To» курсор перемещается на конкретное местоположение ошибки. Необходимо исправить все ошибки, выбирая их поочередно в поле Error Number. Ошибки могут быть следующего рода: несоответствие со схемой (электрические соединения), узкие места (зазоры меньше установленных), неразведенные связи. Все ошибки отмечены специальными маркерами, которые исчезнут только после повторной проверки. Для удобства исправления некоторых ошибок удобно открыть в текстовом редакторе файл отчета report.drc (который расположен в рабочей директории). Если имеется много ошибок, для исправления которых понадобится трудоемкое редактирование проводников, то удобнее будет загрузить систему SPECCTRA, и редактировать там. А если немного, то исправить их (ошибки) можно непосредственно в P-CAD используя набор команд для интерактивной трассировки. При редактировании в P-CAD рекомендуется включить проверку Online DRC посредством команды Options/Configure,

где необходимо задать параметры и свойства подобно обычной проверке DRC, описанной выше. Шаг координатной сетки рекомендуется выбрать 0,25мм. Для доведения связей необходимо включить панель Route Toolbar (если она не включена). Для обычной трассировки используются две команды: Route Manual – ручная трассировка и Route Interactive – интерактивная трассировка с использованием автоматического огибания препятствий и автоматическим завершением трассы. Добавление точек изгиба производится с помощью этих же команд. Проводить проводники можно только при активации какого-либо сигнального слоя (в строке состояний). При переходе на другую сторону платы необходимо при проведении связи переключить слой (Top или Bottom), ПО при этом появляются автоматически. Переместить или удалить точку изгиба можно следующим образом: выделить проводник, «взять» мышкой точку излома и подвинуть ее на определенное место, либо к другой точке излома. После исправления ошибок необходимо снова проверить ПП на DRC. По окончании работы сохранить файл.

Контрольные вопросы.

1. Что такое ориентация проводников?
2. Для чего предназначена система SPECCTRA?
3. Как запустить систему SPECCTRA?
4. Какие ошибки бывают при трассировке проводников?
5. Какая информация необходима для изготовления ПП?
6. С каким расширением сохраняется конечный файл топологии ПП?

ГЛАВА III. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Выполнение курсового проекта закрепляет знания современных методов проектирования ЭВС в САПР P-CAD, развивает умения самостоятельной работы и правильного выбора методики размещения и трассировки печатных плат. При выполнении курсового проекта студенты должны создать принципиальную электрическую схему и разработать топологию ПП, изучить систему SPECCTRA, а так же полностью понять и освоить весь процесс проектирования печатной платы.

Задачи курсового проекта:

- систематизировать, закрепить и расширить теоретические знания, полученные в области информационных технологий проектирования РЭС;
- закрепить знания, полученные при выполнении лабораторных работ;
- привить навыки самостоятельного решения задач автоматизированного проектирования ЭВС с помощью современной промышленной САПР P-CAD-2002.

Темой курсового проекта является разработка топологии ПП с использованием промышленной САПР P-CAD-2002.

Исходными данными к курсовому проекту являются:

- принципиальная электрическая схема;
- перечень элементов;
- технические требования (размер ПП, ширина проводников, и шин питания, зазоры).

Конкретный вариант выдается преподавателем вместе с техническим заданием на курсовой проект.

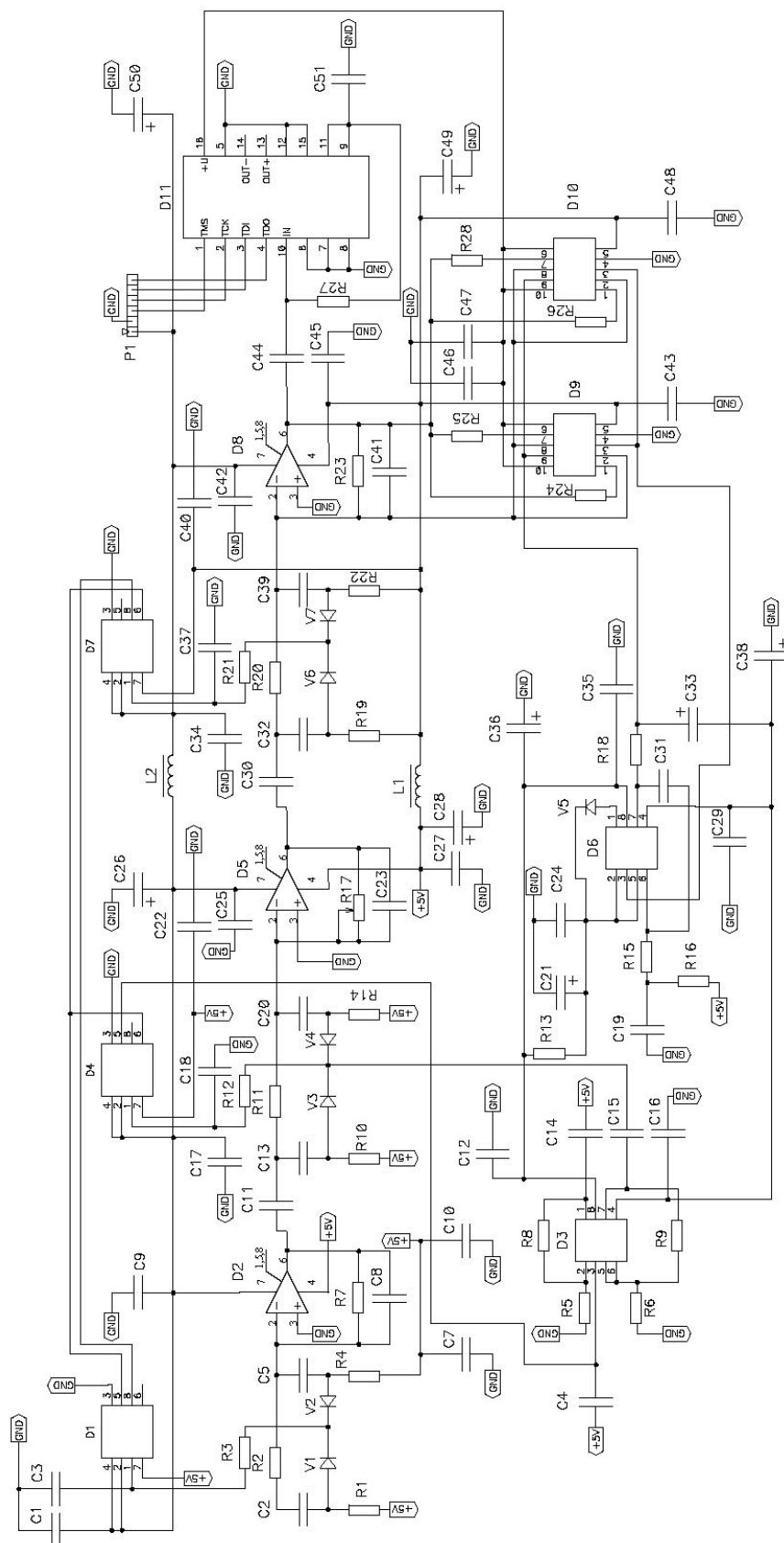
Содержание и объем курсового проекта:

- Курсовой проект состоит из графического материала и пояснительной записки.
- Графический материал содержит принципиальную электрическую схему и чертеж конструктива ПП.
- Пояснительная записка, объем которой должен составлять 20–25 страниц, должна включать:
 - 1) Титульный лист;
 - 2) Техническое задание;
 - 3) Оглавление;
 - 4) Анализ и содержательное описание этапов конструкторского проектирования с помощью САПР P-CAD-2002 (назначение P-CAD и используемых пакетов системы, таких как Symbol Editor, Pattern Editor, Library Executive, Schematic, PCB, а также системы SPECCTRA);
 - 5) Принципиальная электрическая схема (формат А4 – 1 или 2 листа);

- 6) Перечень элементов (для микросхем указать количество вентиляей);
- 7) Протокольные и диагностические сообщения о ходе проектирования:
 - Отчет об оптимизации связей и распечатка файла с расширением .есо.
 - Отчет о трассировке: ручной (имена проводников, их ширина) и автотрассировке (файл monitor.sts);
- 8) Размещение РЭК на плате с указанием размеров ПП, если РЭК располагаются на двух слоях ПП, то соответственно два вида (с указанием: где верхний, а где нижний слой);
- 9) Прототипы фотошаблонов слоев металлизации (с указанием: где верхний, а где нижний слой);
- 10) Анализ полученных результатов и выводы;
- 11) Список литературы.

На защиту курсового проекта необходимо представить пояснительную записку, графический материал и весь проект в электронном виде.

Принципиальная электрическая схема



Перечень элементов (2 листа)

Поз. обозно- чение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Конденсаторы</u>		
C1...C7	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	7	
C8	0805-NPO-18пФ	1	
C9...C20	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	12	
C21	CA45-686M-016DT	1	
C22	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	1	
C23	0805-NPO-18пФ	1	
C24,C25	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	2	
C26	CA45-686M-016DT	1	
C27	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	1	
C28	CA45-686M-016DT	1	
C29,C30	1206-Z5U/Y5V-2,2мкФ	2	
C31	EMN 47мкФ-16В	1	
C32	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	1	
C33	CA45-686M-016DT	1	
C34,C35	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	2	
C36	CA45-686M-016DT	1	
C37	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	1	
C38	CA45-686M-016DT	1	
C39,C40	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	2	
C41	0805-NPO-18пФ	1	
C42...C48	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	7	
C49,C50	CA45-686M-016DT	2	
C51	1206-Z5U/Y5V-0,47мкФ	1	
	<u>Микросхемы</u>		
D1	ADG 619	1	1 Вентиль
D2	AD 8031 AR	1	1 Вентиль
D3	AD 8032 AR	1	1 Вентиль

Поз. обозно- чение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Микросхемы</u>		
D4	Микросхема ADG 619	1	
D5	Микросхема AD 8031 AR	1	
D6	Микросхема AD 8032 AR	1	
D7	Микросхема ADG 619	1	
D8	Микросхема AD 8031 AR	1	
D9,D10	Микросхема ADG 621	2	
D11	Микросхема ispPAC80-01PI	1	1 вентиль
L1,L2	Дроссель CDRH64B-560K	2	
	<u>Резисторы</u>		
R1...R6	RC-0805-114-J (0,125-110кОм±5%)	6	
R7...R9	RC-0805-0,125-4,64кОм±1%	3	
R10	RC-0805-114-J (0,125-110кОм±5%)	1	
R11	RC-0805-0,125-3,57кОм±1%	1	
R12...R16	RC-0805-114-J (0,125-110кОм±5%)	5	
R17	3296W-1-102	1	
R18,R19	RC-0805-333-J (0,125-33кОм±5%)	2	
R20	RC-0805-0,125-2,67кОм±1%	1	
R21...R23	RC-0805-114-J (0,125-110кОм±5%)	3	
R24	RC-0805-0,125-9,31кОм±1%	1	
R25	RC-0805-203-J (0,125-20кОм±5%)	1	
R26	RC-0805-0,125-4,12кОм±1%	1	
R27	RC-0805-104-J (0,125-100кОм±5%)	1	
R28	RC-0805-0,125-5,9кОм±1%	1	
V1...V4	Варикап KB 131 AP	4	
V5	Диод DL 4148	1	
V6,V7	Варикап KB 131 AP	2	

Файл отчета monitor.sts

#SPECCTRA ShapeBased Automation Software V9.0.3 made 2000/03/24 at 16:48:18

#Host

#ROUTING STATUS <<< .\RRa.DSN >>>

Start Time: Tue Jul 22 15:39:57 2003

Report Time: Tue Jul 22 15:45:40 2003

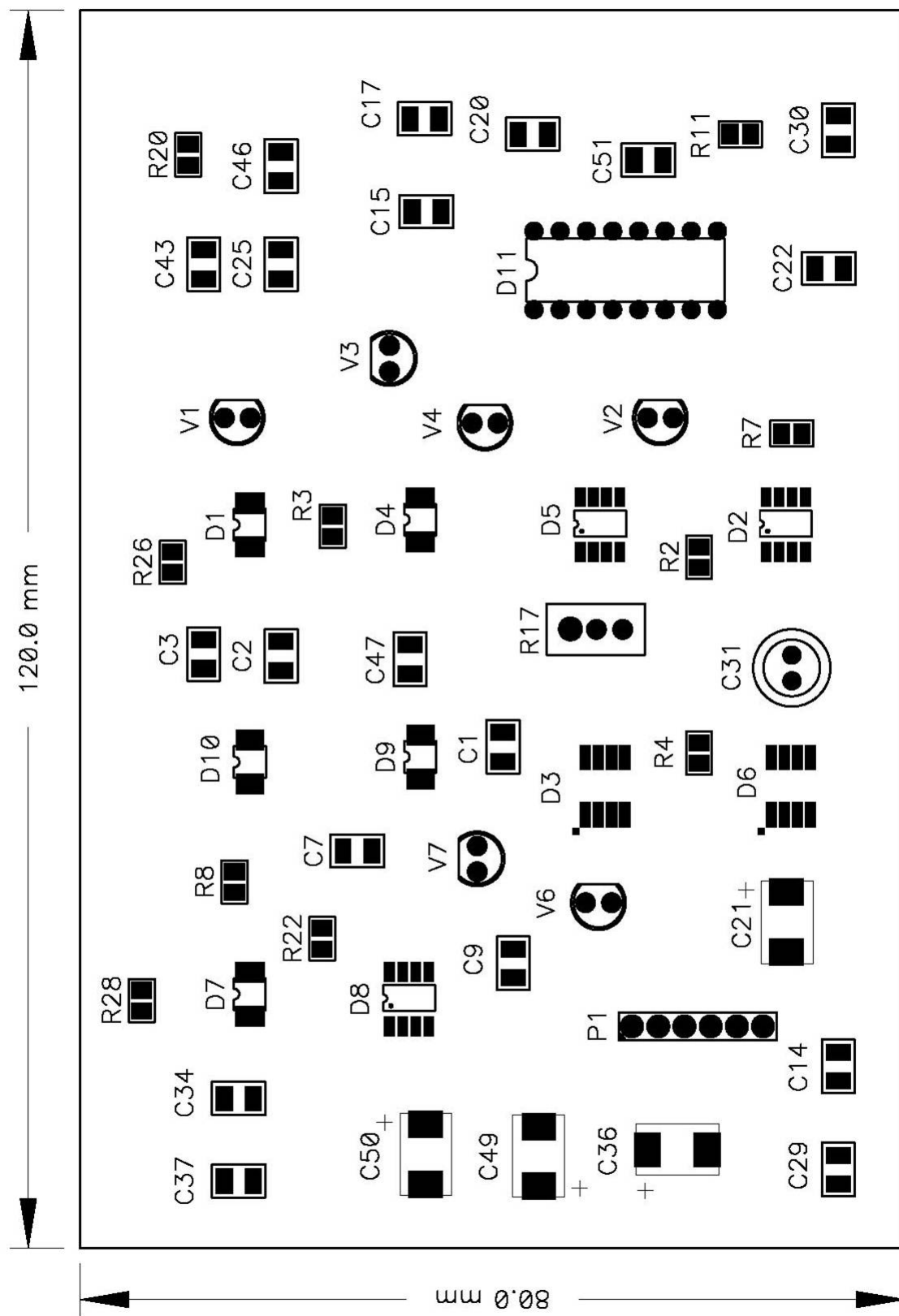
Nets = 53 Connections = 215
 Current Wire = 323 Reroute wires = 323
 Completion = 81.86% Unconnections = 0

| ROUTING HISTORY

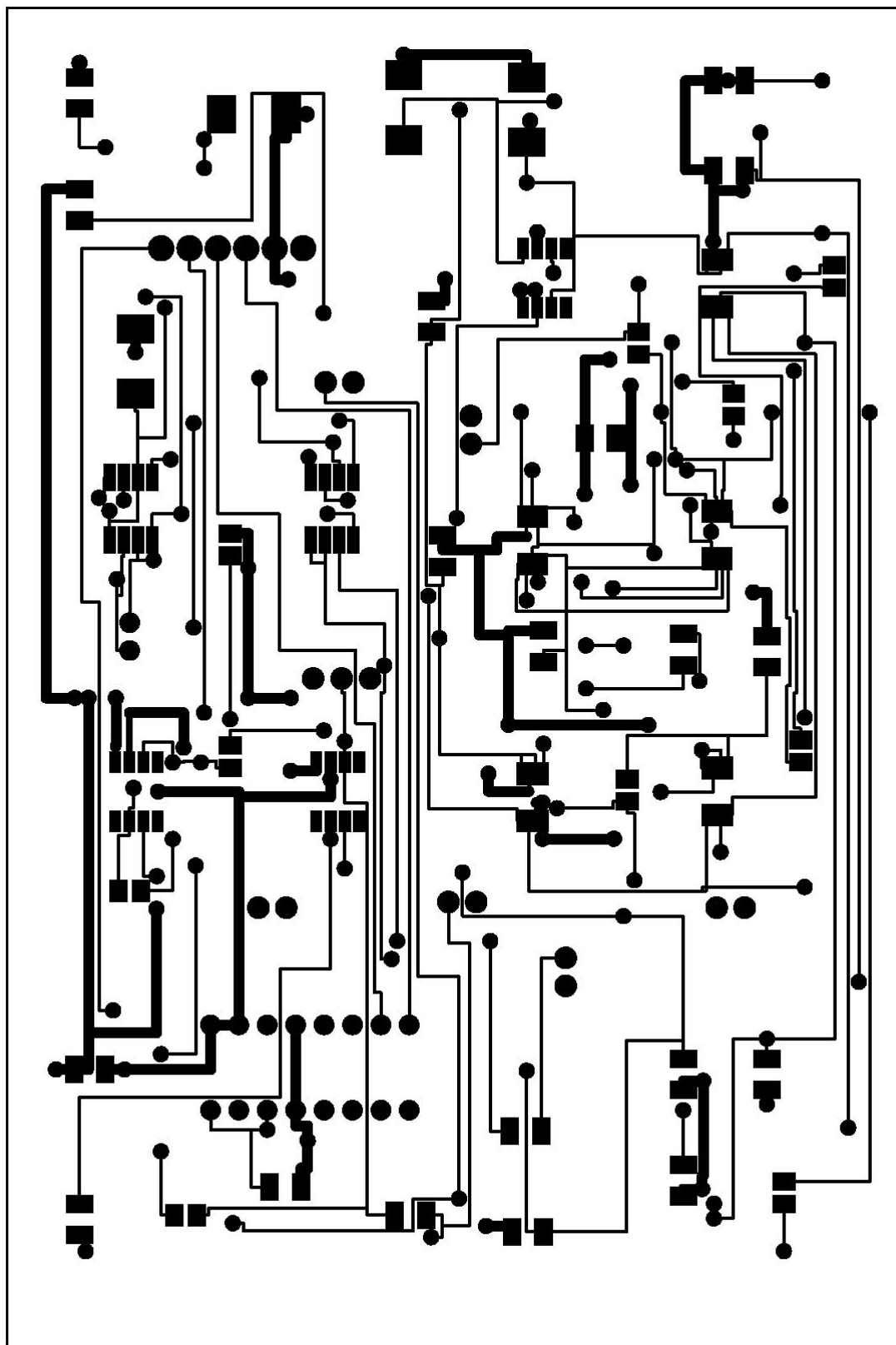
Pass	Conflicts								Red	CPU Time	
Name	No.	Cross	Clear	Fail	Unrte	Vias	XTalk	Len.	%	Pass	Total
Route	1	223	57	8	8	62	0	0	0	0:00:03	0:00:03
Route	2	130	75	7	0	90	0	0	26	0:00:05	0:00:08
Route	3	68	69	12	0	109	0	0	33	0:00:06	0:00:14
Route	4	26	60	7	0	121	0	0	37	0:00:05	0:00:19
Route	5	6	55	7	0	133	0	0	29	0:00:06	0:00:25

| Conflicts between polygon wires and fixed objects: 0

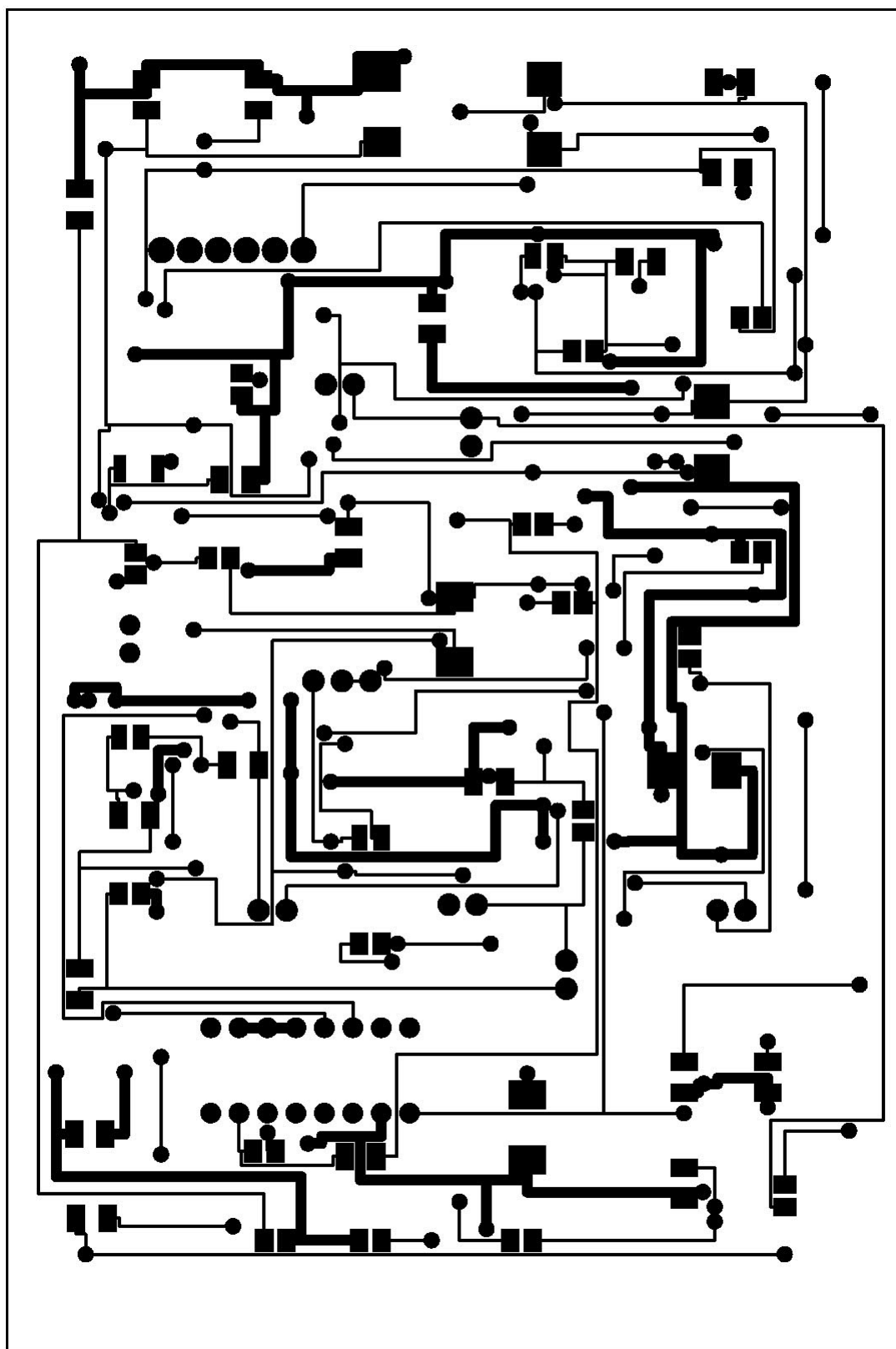
Размещение РЭК (верхний слой)



Проводники (верхний слой)



Проводники (нижний слой)



Заключение

В результате разработки печатной платы в САПР P-CAD-2002 студенты получают знания и умения современных информационных технологий в области проектирования радиоэлектронных средств, а также приобретают навыки использования новых компьютерных технологий при подготовке конструкторской документации. Знания, полученные при изучении САПР P-CAD-2002, помогут в дальнейшем освоить любые другие САПР. Выполнение курсового проекта формирует у студентов навыки самостоятельной работы и дает как теоретическую, так и профессиональную подготовку студентов в области САПР.

В результате изучения данной дисциплины студент должен:

понимать:

- о общую терминологию САПР;
- о междисциплинарный характер САПР, как систематическое использование компьютера в инженерной деятельности и рационального распределения функций между пользователем и компьютером;
- о значения самообразования как гаранта повышения своей квалификации;

владеть:

- о общими приемами работы за компьютером;
- о общими вопросами конструирования узлов прибора (в том числи и электронных);
- о справочной литературой;
- о способностью разбивать общую задачу на более простые, частные.

Список литературы

1. Елшин Ю.М. Справочное руководство по работе с подсистемой SPECSTRA в P-CAD 2000. – М.: СОЛОН-Р, 2002г. – 272с.
2. Обзор программных средств проектирования EDA. EDA Express. 2000. Апрель. №1. С. 2-17.
3. Поляков Ю.В. Новый бессеточный автотрассировщик для P-CAD 2000. EDA Express. 2000. Октябрь. №2. С. 2-7.
4. Разевиг В.Д. Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000). – М.: Солон-Р, 2000г. – 418с.
5. Разевиг В.Д. Система P-CAD 2000. Справочник команд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 256с.
6. Саврушев Э.Ц P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат. Практическое пособие – М.: Издательство ЭКОМ, 2002г. – 320с.
7. Стешенко В.Б. ACCEL EDA. Технология проектирования печатных плат. – М.: «Нолидж», 2000г. – 512с.
8. Уваров А. P-CAD 2000, ACCEL EDA. Конструирование печатных плат. Учебный курс. – СПб: Питер, 2001. – 320с.
9. www.altium.com.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Буквенный код. ГОСТ 2.710-81

A - Устройство (общее обозначение).

B - Преобразователи неэлектрических величин в электрические обратные преобразователи.

BA - Громкоговоритель;

BB - Магнитострикционный элемент;

BF - Телефон (капсюль);

BL - Фотоэлемент;

BM - Микрофон;

BQ - Пьезоэлемент;

BS - Звукосниматель;

C - Конденсаторы.

D - Схемы интегральные. Микросборки.

DA - Схема интегральная аналоговая;

DD - Схема интегральная цифровая. Логический элемент;

DS - Устройство хранения информации;

DT - Устройства задержки.

E - Элементы разные.

EK - Нагревательный элемент;

EL - Лампа осветительная.

F - Разрядники. Предохранители. Устройства защиты.

FA - Дискретный элемент защиты мгновенного действия;

FP - Дискретный элемент защиты по току инерционного действия;

FU - Предохранитель плавкий;

FV - Разрядник.

G - Генераторы. Источники питания.

GB - Батарея.

H - Устройства индикационные и сигнальные.

HA - Прибор звуковой сигнализации;

HG - Индикатор символьный;

HL - Прибор световой сигнализации.

K - Реле. Контактторы. Пускатели.

KA - Реле токовое;

KN - Реле указательное;

KK - Реле электротепловое;

KM - Контакттор, магнитный пускатель;

KT - Реле времени;

KV - Реле напряжения.

L - Катушки индуктивности, дроссели.

LL - Дроссель люминесцентного освещения.

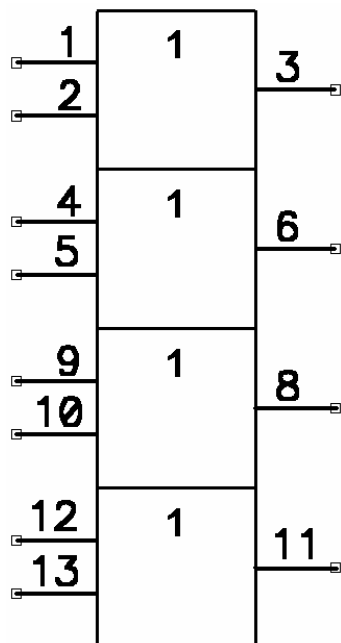
R - Резисторы.

RK - Терморезистор;

RP - Потенциометр;
RS - Шунт измерительный;
RU - Варистор.
S - Устройства коммутационные в измерительных цепях, цепях управления и сигнализации.
SB - Выключатель кнопочный;
SF - Выключатель автомат.
T - Трансформаторы, автотрансформаторы.
 ТА - Трансформатор тока;
TS - Электромагнитный стабилизатор.
U - Устройства связи.
 UB - Модулятор;
 UR - Демодулятор;
UI - Дискриминатор;
UZ - Выпрямитель;
V - Приборы электровакуумные и полупроводниковые.
VD - Диод, стабилитрон;
 VL - Прибор электровакуумный;
VT - Транзистор;
VS - Тиристор.
W - Линии и элементы СВЧ, антенны.
 WE - Ответвитель;
 WK - Короткозамыкатель;
 WS - Вентиль;
 WT - Трансформатор, фазовращатель;
 WU - Атенюатор;
 WA - Антенна.
X - Соединения контактные.
 XA - Токоъемник, контакт скользящий;
XP - Штырь;
XS - Гнездо;
XT - Соединения разборные;
XW - Соединитель высокочастотный.
Z - Устройства оконечные, фильтры, ограничители.
ZL - Ограничитель;
ZQ - Фильтр кварцевый.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Пример таблицы выводов (Pins View) для МС КР1533ЛЛ1

Вид МС КР1533ЛЛ1:



Выводы 7 и 14 подключаются к «земле» и «+5В» соответственно.

Таблица выводов:

Pins View								
Component Info... Pattern View... Symbol View...								
Elec. Type	15	Unknown						
	Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1	1		1	1	Input
2	2	2	1	2		1	1	Input
3	3	3	1	3		1		Output
4	4	4	2	1		1	1	Input
5	5	5	2	2		1	1	Input
6	6	6	2	3		1		Output
7	7	7	PWR		GND			Power
8	8	8	3	3		1		Output
9	9	9	3	1		1	1	Input
10	10	10	3	2		1	1	Input
11	11	11	4	3		1		Output
12	12	12	4	1		1	1	Input
13	13	13	4	2		1	1	Input
14	14	14	PWR		+5V			Power

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Создание библиотечного компонента типа Power

Цепь «земли» изображается на принципиальной электрической схеме посредством знаков «корпус» и «заземление». Такой знак является библиотечным компонентом и создается подобно другим библиотечным компонентам с рядом отличий. При создании библиотечного компонента «корпус» создается символьное изображение и описывается в библиотеке, а конструкторско-технологический образ отсутствует, т.к. «корпус» является составляющей принципиальной электрической схемы, но не является объектом топологии печатной платы. При создании символа «корпус» необходимо использовать команду Place Pin – этот вывод описывается в последствии в библиотеке. При вводе атрибутов данного символьного изображения в окне Attribute Properties необходимо снять флажок Visible, т.к. на схеме у «корпуса» не должны быть отражены тип компонента и его позиционное обозначение. При описании в библиотеке компонента «корпус» в поле Refdes Prefix принято указывать PWR, хотя это не принципиально, поскольку позиционное обозначение такого компонента не должно быть изображено на схеме. Тип компонента (Component Type) – Power. В таблице выводов указывается электрический тип вывода (Elec. Type) – Power, и задается имя питающей цепи в столбце Pin Name – например, gnd. В отличие от описания питающих выводов микросхем, при описании компонента «корпус» в библиотеке в столбце Gate # указывают номер секции – 1, а в столбце Gate Eq должна быть указана эквивалентность!

В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

ИСТОРИЯ КАФЕДРЫ

1945-1966 РЛПУ (кафедра радиолокационных приборов и устройств). Решением Советского правительства в августе 1945 г. в ЛИТМО был открыт факультет электроприборостроения. Приказом по институту от 17 сентября 1945 г. на этом факультете была организо

вана кафедра радиолокационных приборов и устройств, которая стала готовить инженеров, специализирующихся в новых направлениях радиоэлектронной техники, таких как радиолокация, радиоуправление, теленаведение и др. Организатором и первым заведующим кафедрой был д.т.н., профессор С. И. Зилитинкевич (до 1951 г.). Выпускникам кафедры присваивалась квалификация инженер-радиомеханик, а с 1956 г. – радиоинженер (специальность 0705).

В разные годы кафедрой заведовали доцент Б.С. Мишин, доцент И.П. Захаров, доцент А.Н. Иванов.

1966–1970 КиПРЭА (кафедра конструирования и производства радиоэлектронной аппаратуры). Каждый учебный план специальности 0705 коренным образом отличался от предыдущих планов радиотехнической специальности своей четко выраженной конструкторско-технологической направленностью. Оканчивающим институт по этой специальности присваивалась квалификация инженер-конструктор-технолог РЭА.

Заведовал кафедрой доцент А.Н. Иванов.

1970–1988 КиПЭВА (кафедра конструирования и производства электронной вычислительной аппаратуры). Бурное развитие электронной вычислительной техники и внедрение ее во все отрасли народного хозяйства потребовали от отечественной радиоэлектронной промышленности

решения новых ответственных задач. Кафедра стала готовить инженеров по специальности 0648. Подготовка проводилась по двум направлениям – автоматизация конструирования ЭВА и технология микроэлектронных устройств ЭВА.

Заведовали кафедрой: д.т.н., проф. В.В. Новиков (до 1976 г.), затем проф. Г.А. Петухов.

1988–1997 МАИ (кафедра микроэлектроники и автоматизации проектирования). Кафедра выпускала инженеров-конструкторов-технологов по микроэлектронике и автоматизации проектирования вычислительных средств (специальность 2205). Выпускники этой кафедры имеют хорошую технологическую подготовку и успешно работают как в производстве полупроводниковых интегральных микросхем, так и при их проектировании, используя современные методы автоматизации проектирования. Инженеры специальности 2205 требуются микроэлектронной промышленности и предприятиям-разработчикам вычислительных систем.

Кафедрой с 1988 г. по 1992 г. руководил проф. С.А. Арустамов, затем снова проф. Г.А. Петухов.

С **1997 ПКС** (кафедра проектирования компьютерных систем). Кафедра выпускает инженеров по специальности 210202 «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств». Область профессиональной деятельности выпускников включает в себя проектирование, конструирование и технологию электронных средств, отвечающих целям их функционирования, требованиям надежности, дизайна и условиям эксплуатации. Кроме того, кафедра готовит специалистов по защите информации, специальность 090104 «Комплексная защита объектов информатизации». Объектами профессиональной деятельности специалиста по защите информации являются методы, средства и системы обеспечения защиты информации на объектах информатизации.

С 1996 г. кафедрой заведует д.т.н., профессор Ю.А. Гатчин.

За время своего существования кафедра выпустила 4264 инженеров. На кафедре защищено 62 кандидатских и 7 докторских диссертаций.