МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ



Н.Ю. Иванова, А.С. Петров, В.И. Поляков, Е.Б. Романова

«Технология проектирования печатных плат в САПР Р-САD-2006»

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2009

УДК 681.3

Иванова Н.Ю., Петров А.С., Поляков В.И., Романова Е.Б., «Технология проектирования печатных плат в САПР Р-САD-2006» Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 168 с. Илл. – 61, список литературы – 11 наим.

vчебном пособии B рассмотрены вопросы проектирования радиоэлектронных средств на базе новых информационных технологий. Даны основные сведения по структуре и эксплуатации промышленной системы автоматизированного проектирования (САПР) Р-САД-2006. В пособии изложены основные методики работы в САПР Р-САД-2006. Представлены методические рекомендации ПО выполнению цикла лабораторных работ и курсовому проектированию. Приведен пример выполнения курсового проекта.

Рекомендовано к печати учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию области радиотехники, В электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного учебных пособия для студентов высших заведений. обучающихся по специальности 210202 «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств» направления подготовки 210200 «Проектирование и технология электронных средств».



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 2009.
© Н.Ю. Иванова, А.С. Петров, В.И.Поляков, Е.Б. Романова 2009.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
І.САПР Р-САД-2006	
1. Общие сведения о системе автоматизированного	
проектирования Р-САО	
2. Технические параметры Р-САД-2006	
3. Методика проектирования печатных плат в системе	P-CAD . 14
4. Интерфейсы графических редакторов, настройка конф	игурации
интерфейсов	
4.1. Виды интерфейсов	
4.2. Рабочее поле в системе Р-САД	
4.3. Слои в системе Р-САД	
4.4. Создание и использование шаблонов *.sch, *.pcb	
5. Особенности проектирования ПП в Р-САД-2006	
5.1. Создание библиотеки РЭК	
5.1.1. Создание и ведение библиотек *.lib	
5.1.2. Команды менеджера библиотек Library Executive	e42
5.1.3. Обновление библиотек (операции с атрибутами)	в Р-САД
Library Executive	
5.2. Формирование рабочих форматов проектируемой ПП	
5.2.1. Использование форматов *.ttl, *.tbk, системные	
параметры для управления информацией проекта	
5.2.1.1. Создание форматов	
5.2.1.2. Использование форматов	
5.2.2. Создание проектов *.sch, *.pcb	
5.3. Разработка ПЭС	
5.3.1. Элементы рабочего поля в системе P-CAD	
5.3.2. Установка метрических параметров	
5.3.3. Работа с группами элементов проекта	
5.4. Формирование топологии ПП	
6. Создание конструкторско-технологической документа	ции 66
6.1. Единая система конструкторской документации (ЕСКД)	
6.2. Единая система технологической документации (ЕСТД).	
6.3. Создание принципиальной электрической схемы (исходн	ые
данные для форматов)	
6.4 Управление информацией ввода-вывода	
6.4.1. Команда File Design Info (ввод информации о про	эекте) 75
6.4.2. Команда File Reports (управление информацией	вывода)77
6.4.3. Меню DocTool (управление информацией вывод	a)81
6.4.4. Команда File/Publisher (публикация содержимого)
библиотек)	

7.1. Печать принципиальнои электрической схемы	82
7.2. Печать топологии печатной платы	85
II. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	87
1. Лабораторная работа №1. СОЗЛАНИЕ СИМВОЛЬНОГО	
ИЗОБРАЖЕНИЯ РЭК	87
 Лабораторная работа №2. СОЗЛАНИЕ КОНСТРУКТОРСКО- 	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗА РЭК	95
3. Лабораторная работа №3. ФОРМИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ	
РАЛИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ	01
 Лабораторная работа №4. ФОРМИРОВАНИЕ 	
ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ 1	07
5. Лабораторная работа №5. СОЗДАНИЕ КОНСТРУКТИВА ПП,	
УПАКОВКА ДАННЫХ И РАЗМЕЩЕНИЕ РЭК НА ПП	13
6. Лабораторная работа №6. ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ1	17
ГЛАВА III. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ1	24
	20
І ЛАВА IV. І ОСУДАРСІ ВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ І	36
1. Выдержка из ГОСТ 2.701-84 «СХЕМЫ. ВИДЫ И ТИПЫ.	
ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ »1	36
2. Выдержка из ГОСТ 2.702-75 «ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ	
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ»14	43
3. Выдержка из ГОСТ 2.710-81 «Обозначения условные буквенно-	•
цифровые, применяемые на электрических схемах»1	53
4. Выдержка из ГОСТ 2.728-74 «ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ	
ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. Резисторы, конденсаторы» 1	56
5. Выдержка из ГОСТ 2.730-73 «ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ	
ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. ПРИБОРЫ	
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ»	59
6. Выдержка из ГОСТ 2.743-91 «ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ	
ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. Элементы цифровой техники»1	61
	\sim
ЗАКЛЮЧЕНИЕ І	63
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 1	64
	υT
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕР ТАБЛИЦЫ ВЫВОДОВ (PINS VIEW)	
ДЛЯ МС КР1533ЛЛ11	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕЧНОГО КОМПОНЕНТ.	A
ТИПА «POWER»1	66

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 Р-САD.

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 печатных плат на импортном оборудовании, приводит к использованию САПР печатных плат, таких как, P-CAD-2006, обладающей целым рядом принципиально новых возможностей.

По оценке специалистов, в настоящее время, в промышленности России наиболее популярной среди систем автоматизированного проектирования печатных P-CAD. плат является система 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- 2006 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-2006 имеет возможность отображения разных электрических цепей различными цветами, что позволяет пользователю лучше ориентироваться в контексте платы.

САПР Р-САD-2006 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-2006 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 скролинового колеса мышки, что позволяет более удобно перемещать и масштабировать видимое изображение.

P-CAD-2006 предлагает улучшенную систему перенумерации компонентов: теперь возможно проводить перенумерацию с учетом стороны установки, а также при желании делать это в интерактивном режиме.

В САПР Р-САD-2006 имеется возможность конвертировать файлы в(из) формат(а) DXF доступный таким системам как OrCAD, KOMПAC, 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-2006 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-2006 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].

І.САПР Р-САD-2006

1. Общие сведения о системе автоматизированного проектирования P-CAD

САПР P-CAD предназначена для сквозного проектирования печатных плат (ПП). Она позволяет формировать принципиальные электрические схемы и топологию ПП, а также имеется возможность конструкторской оформления документации. Выходные ланные используются для вывода информации на различные устройства: принтеры, плоттеры, фотоплоттеры (для изготовления фотошаблонов), сверлильные станки и др. САПР Р-САД-2006 осуществляет поддержку шрифтов ТТГ в обоих редакторах (Schematic и PCB) с адаптацией к отечественному оборудованию.

Система P-CAD-2006 выполняет полный цикл проектирования ПП, включая:

- графический ввод электрических схем,
- моделирование смешанных аналого-цифровых устройств,
- упаковку схемы на печатную плату,
- интерактивное размещение компонентов,
- ручную, интерактивную и/или автоматическую трассировку проводников,
- контроль ошибок в схеме и печатной плате и выпуск документации,
- анализ целостности сигналов.

Функциональные возможности САПР Р-САД.

- Задание форматов перечней компонентов и других отчетов (PCB, Schematic). Пользователям предоставляется возможность по команде File>Reports задавать перечень полей отчета и порядок их следования.
- Измерительный инструмент Miter Tool распознает не только прямые, но и произвольные углы, принимая их в качестве точек «привязки» при выполнении измерений.
- Электронная документация имеет механизм простого доступа к информации о компонентах (PCB, Schematic). Введена папка со списками URL's (адресов в Internet) всех ведущих фирм, производителей полупроводниковых компонентов.
- Имеется механизм переноса изменений печатной платы на схему и наоборот (Engineering Change Order, ECO).
- Поддерживается как английская, так и метрическая система единиц.
- Применение 32-разрядной арифметики обеспечивает дискретность измерения линейных размеров 0,1 мил в английской системе

(1мил=0,001 дюйма) и 0,001 мм в метрической системе, угловых размеров 0,1 град. и возможность изменения системы единиц на любой стадии работы с проектом без потери точности.

- Поддержка текстовых форматов описания баз данных DXF и PDIF позволяет обмениваться информацией с такими распространенными пакетами, как AutoCAD, OrCAD, Viewlogic и др.
- Многошаговый откат вперед и назад (Undo и Redo).
- P-CAD-2006 поставляется с большой библиотекой современных • (электрорадиоэлементов), ЭРЭ которую импортных можно элементной библиотеками отечественной пополнить базы, В P-CAD DOS. частности, импортированными ИЗ для

Особенности программных модулей САПР Р-САD-2006.

Schematic и PCB – графические редакторы принципиальных схем и печатных плат. Копирование объектов в буфер обмена Windows позволяет не только переносить их из одной базы данных в другую, но и помещать в другие программы Windows, например в MS WinWord для выпуска технической документации.

Полезна возможность изменения движением курсора размеров выбранного объекта (к ним относятся линии, проводники, шины, дуги и полигоны). При размещении на схеме символа компонента в окне выводится его изображение. При этом для цифровых ИС имеются три варианта графики: Normal – нормальное (в стандарте США), DeMorgan – обозначение логических функций, IEEE – в стандарте института электротехнике и электронике (наиболее инженеров по близкое к отечественным стандартам). Средствами Windows реализован многооконный интерфейс, что позволяет на одном экране просмотреть чертежи схем и плат и провести идентификацию на плате цепей, выделенных на схеме. Применение шрифтов True Type позволяет наносить на схемах и печатных платах надписи по-русски.

В P-CAD-2006 используются принципы, отличающие ее от других пакетов для ПК. В частности, имеется возможность доступа ко всем элементам на более низких уровнях иерархии, например, при работе с печатной платой имеется возможность изменить расположение выводов и графику контактных площадок корпусов компонентов.

Р-САD-2006 имеет возможности, позволяющие улучшить качество разработки ПП. Пользователь имеет возможность задавать специфические данные, присваивать им имена, заносить численные или текстовые значения и размещать их в произвольных местах на чертеже схемы или печатной платы. На основную надпись чертежа заносится информация об имени разработчика и руководителя, наименовании компании, даты создания и внесения исправлений и т.п. Предусмотрена возможность

предварительного просмотра одной или нескольких страниц документов перед их выводом на печать.

Команды Paste Circuit и Paste Circuit From File, расширяют возможности копирования объектов (в частности, цепей и шин) с сохранением электрических связей между ними (при этом копируются и атрибуты цепей, а к именам цепей и компонентов добавляется специальная информация о копировании).

В P-CAD-2006 обеспечена возможность удаления пустых страниц схемы, за исключением текущей страницы. Дополнительно в списке страниц можно изменять их порядок следования.

В программном модуле Library Executive (менеджер библиотек) каждому символу могут быть сопоставлены несколько вариантов корпусов. Библиотеки легко пополняются с помощью графических редакторов, а упаковочная информация о цоколевке компонентов, логической эквивалентности выводов координируется И Т.П. администратором библиотек. Вся текстовая информация об упаковке компонентов и их атрибутах заносится в две таблицы, удобные для И редактирования. Тем самым исключаются ошибки просмотра несогласованного ввода этой информации. Существует возможность систематизации и унификации атрибутов элементов ранее созданных библиотек через определенные механизмы с последующим объединением в интегрированные библиотеки. К числу функций Library Executive 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. Особенностью является взаимодействие с мастерами создания символов и корпусов компонентов Symbol Editor и Pattern Editor.

В редакторе РСВ введен новый инструментарий по созданию контура платы. В версии P-CAD 2006 введены два новых инструмента в панель Placement Toolbar: Place Board Outline –создание контура платы и Place Board Cutout – проектирование крепежных и иных отверстий в контуре платы. Ранее данная процедура выполнялась рисованием контура в слое Board и имела многочисленные недостатки, которые были устранены добавлением описанных компонентов. Данные инструменты более просты в использовании, чем команда Place line.

В Р-САD-2006 существует возможность интерактивной расстановки компонентов посредством системы VPA. Система VPA (Visual Placement Area – визуализация расстановки компонентов) 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.

InterPlace DBX утилита InterPlace представляет собой интерактивное средство размещения компонентов. Размещение компонентов выполняется с учетом имеющихся технологических требований (или Constraints). Компоненты могут быть объединены в физические или логические группы и размещены на плате, выровнены, перемещены или повернуты.

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

Document Toolbox – дополнительная опция P-CAD PCB и Schematic для размещения на чертежах схем или печатных плат различных диаграмм и таблиц, составления различных списков и отчетов, которые динамически обновляются, таблиц сверловки, данных 0 структуре платы, технологической и учетной информации, размещения на чертежах схем списков соединений, выводов подключения питания и другой текстовой информации. Программа предназначена для расширения возможностей выпуска технической документации без использования чертежных программ типа AutoCAD. Document Toolbox позволяет автоматизировать создание конструкторской документации, необходимой для производства проектируемых печатных плат.

Система P-CAD-2006 поставляется совместно с большим набором утилит, написанных на Visual Basic, С или C++ и образующих интерфейс DBX (Data Base Exchange). Эти утилиты извлекают данные из открытых файлов схем и печатных плат, обрабатывают их, составляют отчеты, передают данные третьим программам и вносят коррективы в текущую базу данных. В частности, с их помощью перенумеровываются компоненты, создаются отчеты в заданном пользователем формате, автоматически создаются конструктивы компонентов, выводы которых расположены на окружности или образуют массив, рассчитываются паразитные параметры печатных плат для расчетов целостности сигналов с помощью системы моделирования DesignLab и т.п.

Другие новые возможности версии P-CAD-2006:

- Situs добавлен трассировщик из программы Altium Designer, имеющий некоторые преимущества по сравнению со старыми трассировщиками P-CAD.
- CAMtastic пакет для технологической подготовки к производству печатных плат.
- Полная поддержка Gerber, включая современный стандарт ODB++ (как экспорт, так и импорт). Теперь при создании выходных файлов для производства конструктор может самостоятельно проверить созданные выходные файлы и добавить некоторые замечания по технологии.
- nVisage пакет смешанного аналого-цифрового моделирования аналогичный Spice 3f5 и пакет цифрового моделирования Xspice. Имеется возможность самостоятельного написания Spice моделей для проведения анализа. Созданные модели подключаются к библиотекам компонентов, наподобие подключения символов УГО и посадочных мест компонентов.

2. Технические параметры Р-САД-2006

Рекомендуемая конфигурация.

- Операционная система Windows XP (поддерживаются модификации Professional и Home editions)
- Компьютер Pentium PC, 1.2 ГГц и выше
- Оперативная память 512Мб
- Емкость жесткого диска 620Мб
- Разрешение экрана 1280х1024 точек
- Качество цветопередачи 32 бита
- Видеопамять 32Мб

Минимальная конфигурация.

- Операционная система Windows 2000 Professional
- Компьютер Pentium PC, 500МГц
- Оперативная память 128Мб
- Емкость жесткого диска 620Мб
- Разрешение экрана 1024х768 точек
- Качество цветопередачи 16 бит
- Видеопамять 8Мб

Количественные параметры P-CAD-2006.

- Размер платы до 1625х1625 кв.мм.
- Проект схемы может содержать 999 листов проект платы до 999 слоев (11 из них стандартных).
- Число цепей в проекте до 64000.
- Число вентилей в компоненте до 5000.
- Число стилей КП в проекте 64000.
- Максимальное число выводов у компонента 10000.
- Максимальные размеры листа схемы или чертежа печатной платы 60х60 дюймов.
- 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.

3. Методика проектирования печатных плат в системе P-CAD

Проектирование любого устройства начинается с аналитического обзора известных аналогов, на основании которого формируется техническое задание (ТЗ) и разрабатывается структура объекта.

На этом этапе основной является текстовая документация, которая сопровождается выпуском структурных или функциональных схем.

В системе P-CAD-2006 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) – см. главу IV настоящего пособия.

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.

В результате можно выделить следующие этапы проектирования ПП:

- 1. Аналитическая работа и формулировка ТЗ.
- 2. Исполнение ТЗ
- 3. Выпуск конструкторско-технологической документации
- 4. Подготовка производства.

Рассмотрим подробнее содержание каждого из этапов:

- 1. Аналитическая работа и формулировка ТЗ:
- 1.1. Идея, аналитический обзор, проработка, формирование технического задания (ТЗ) на разработку, определение структуры и алгоритмов функционирования системы
- 1.2. Создание функциональной схемы (ΦС) узлы, связи и др. Моделирование или макетирование отдельных узлов или всего устройства в целом.
- 1.3. Создание принципиальной электрической схемы (ПЭС), выбор элементной базы. Результатами работы являются ПЭС, спецификация.

- 1.4. Проработка спецификации, поиск технической информации на элементы будущей системы, составление таблиц единых символов и корпусов.
 - 2. Исполнение ТЗ
- 2.1. Создание библиотек типовых символов sym.lib (*.sym) в пакете Symbol Editor и типовых корпусов pat.lib (*.pat) в пакете Pattern Editor. Для ускорения работы создаем шаблоны.
- 2.2. Формирование рабочей библиотеки компонентов Comp.lib с помощью менеджера библиотек Library Executive. В качестве исходных данных используем sym.lib и pat.lib.
- 2.3. Создание ФС в пакете Schematic. Описание узлов, состав блоков, функции.
- 2.4. Создание ПЭС в пакете Schematic. Шаблоны, верификация схемы, редактирование, создание новых компонентов в Library Executive.
- 2.5. Разработка конструкции печатной платы в пакете РСВ. Разработка шаблонов, верификация.
 - 3. Выпуск документации
- 3.1. Определение состава комплекта конструкторско-технологической документации.
- 3.2. Создание форматов *.ttl, *.tbk.: ввод полей, набора полей. Отчёты, группы отчётов. Настройка и применение в текущем проекте.
- 3.3. Выпуск документации по ЕСКД на всех стадиях проектирования:
 - функциональная схема (ФС) узлы, блоки, функции;
 - принципиальная электрическая схема (ПЭС) компоненты, атрибуты, принадлежность к узлам, блокам, каталогам, технической документации;
 - чертеж печатной платы;
 - сборочный чертеж конструктива, спецификация.
- 3.4. Печать документов на всех этапах проектирования.
 - 4. Подготовка производства ПП
- 4.1. Формирование gerber-слоев.
- 4.2. Выбор метода изготовления ПП.
- 4.3. Формирование технологических управляющих файлов.

Исполнители этапов I-III делятся на разработчиков и конструкторов, причём конструкторы должны понимать все физические процессы и принципы действия схемного решения, реализовывать и находить оптимальные решения задач выбора и размещения элементов, сопровождать техническую документацию. Иногда САПР PCAD используют не для проектирования печатных плат, а для проектирования автоматизированных систем технологического контроля и управления.

Многие инженерные системы можно спроектировать, используя функциональные возможности САПР РСАD.

Модули системы обеспечивают сквозной цикл проектирования: от ввода принципиальной схемы до получения технологических управляющих файлов. Схема сквозного проектирования печатной платы приведена на рис. 1.1.



Рис. 1.1 Схема сквозного цикла проектирования

Схема взаимодействия пакетов САПР PCAD при создании электронных устройств представлена на рис. 1.2.

Каждый тип файла содержит соответствующую информацию о проектируемом объекте:

.SYM - символьное изображение радиоэлектронного компонента (РЭК),

.РАТ - конструкторско-технологический образ РЭК,

.LIВ - библиотека РЭК,

.SCН - принципиальная электрическая схема,

.РСВ - топология ПП,

.TTL - лист формата в P-CAD Schematic,

.ТВК - лист формата в P-CAD PCB,

.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.



Рис.1.2 Схема взаимодействия пакетов САПР РСАD

Рассмотрим последовательность работ при разработке ПП:

- 1. Создание и ведение библиотек *.lib (см. раздел 5.1.1.).
- 2. Создание и использование форматов *.ttl, *.tbk (см. раздел 5.2.1.).
- 3. Создание и использование шаблонов *.sch, *.pcb (см. раздел 4.4.).
- 4. Создание проектов *.sch, *.pcb (см. раздел 5.2.2.).
- 5. Создание исполнительной конструкторской документации *.txt, *.pdf (см. раздел 6).

После составления технического задания и разработки функциональной и структурной схем начинается этап создания принципиальной электрической схемы.

Принципиальная электрическая схема проверяется на наличие грубых ошибок (замыкание на «землю» выхода логического элемента). Остальные ошибки, возникающие 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-2006 легко осуществляется объединение нескольких файлов проекта в один.

Далее следует этап непосредственного проектирования печатной платы: размещение РЭК и трассировка межсоединений. Для этого в P-CAD-2006 используются соответствующий графический редактор Р-CAD-PCB. При коллективной работе над проектом используется упрощенный графический редактор P-CAD-RELAY, с помощью которого предварительное размещение радиоэлектронных можно выполнить задать необходимые зазоры между проводниками компонентов, И выполнить трассировку наиболее ответственных цепей.

Основная работа по размещению РЭК и редактирования топологии ПП проводится в графическом редакторе P-CAD PCB.

Трассировка цепей осуществляется с помощью мощного трассировщика SPECCTRA или Situs.

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

В состав системы P-CAD-2006 входит программа Document Toolbox, которая расширила возможности выпуска технической документации. Кроме этого в системе имеется механизм для корректировки проекта, встроенный в графические редакторы.

Возможности по оформлению конструкторской документации в P-CAD-2006 все еще недостаточны. Печатный узел является сборочной единицей сложного объекта и его 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-2006, но и в других форматах, которые должны быть доступны для большинства систем (DXF и т.п.). Для этого в состав P-CAD-2006 входит большая группа служебных программ-утилит, образующих интерфейс DBX (Date Base Exchange). Эти программы позволяют извлечь данные из файлов схем и плат, провести их обработку, выдать статистику и перекодировать в форматы третьих фирм.

В P-CAD-2006 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-2006 существенно расширены возможности контроля технологических норм DRC (Design Rules Check). В системе осуществляется контроль зазоров между проводниками, зазора до края платы и подключение к металлизируемым полигонам нескольких цепей.

Что касается 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 Gerberфайлов фотошаблона для проверки и редактирования.

При проектировании возникает необходимость создания новых библиотечных компонентов. Для их создания используются графические редакторы Symbol Editor и Pattern Editor, а для управления библиотеками программа Library Executive.

На сайте фирмы разработчика P-CAD опубликованы библиотеки, содержащие информацию от нескольких десятков производителей. Часто эта информация не соответствует российским 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 конструкторскотехнологического образа РЭК.

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

Schematic – графический редактор для создания принципиальных электрических схем.

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

SPECCTRA – система автоматической трассировки ПП.

20

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 2006. Система SPECCTRA запускается из редактора PCB.

4. Интерфейсы графических редакторов, настройка конфигурации интерфейсов

4.1. Виды интерфейсов

Виды интерфейсов всех редакторов идентичны (рис.4.1., рис.4.2.). Вертикальная панель слева от рабочего поля – это панель размещения. Наборы команд на панели инструментов размещения для различных редакторов отличны друг от друга.

😂 Р-	CAD 2	006 Si	chema	tic - [U	ntitled1]										
🔁 б	le <u>E</u> dit	⊻iew	Place	<u>R</u> ewire	Options	Library	<u>U</u> tils <u>S</u>	jimulate	<u>T</u> ools	<u>D</u> ocTool	<u>M</u> acro	<u>W</u> indow	Help		_ @ ×
Þ	D	2	8	X	h R	10 CI	Ĩ,	NETO NETI	<u> </u>	0 • •‡>-			1	1	
₽															Schematic Design Manager ×
꼬도															- 🦨 🛄 🍳 🖬 🥆 Filter Dir
Þ															Sheets Customize Select All
모															All Sheets
															Sheet1
$\left \right\rangle$															
ר															
~~															Parts Customize Select All
															Ref / Type Value
Α															
6		•													
(F)															
<u>ک</u>															< · · · >
												•			Componen Customize Select All
															Name 🛆 Sheet Net
			·											•	~
	<													>	
Click <	Left> to	single S	ielect, <l< th=""><th>Ctrl><left< th=""><th>> for multip</th><th>le, or drag</th><th>for block</th><th>select.</th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th></left<></th></l<>	Ctrl> <left< th=""><th>> for multip</th><th>le, or drag</th><th>for block</th><th>select.</th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th></left<>	> for multip	le, or drag	for block	select.							
99.06	0	429.26	0	Abs 2	.540	✓ M	Sheet1	•	I	0.254	mm 🔹	~			

Рис.4.1. 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.

В рабочем поле могут располагаться различные панели. Видимость панелей устанавливается с помощью флажков Command Toolbar, Placement Toolbar, Custom Toolbar, DocTool Toolbar, Design Manager в меню View.

🚸 P	-CAD 2	2006 PC	B - TU	Jntitle	ed11																				
E	ile <u>E</u> di	t <u>V</u> iew	Place	<u>R</u> oute	e Opt	tions	Libra	ary j	<u>U</u> tils	<u>T</u> ools	Doc	Tool	<u>M</u> acro	<u>W</u> ine	dow <u>t</u>	<u>+</u> elp									- 8 ×
k	D	🖻 🔒	6	X	Ēð	ß	K)	CH.	لثملمنا	1 Q		0 • •⊅	00	И		Ľ	-	5	ন	2	٦٩. ۲	*	Ortho 45		V Hu
1010		<u> </u>																		~	Pcb I	Design I	Manager		×
																						m	• •	7 <u>-</u> N	Eller Di
И			• •	• •	· ·		· ·	• •	• •	• •	• •	· ·	• • •		• •	• •	• •	· ·	• •	• •		4	<u> </u>	4	Filter Dir
۲	E																				Roo	ms	Customi	ze Se	lect All
				· ·	· ·			· ·	· ·	· ·	· ·	· ·	• • •		• •	· ·	• •	· ·	· ·	· ·	Ro.	Δ	Placem	.	
•	****																				All o	Com			
\mathbf{N}	×*																								
5	m						• •	• •	· ·	• •	• •	• •	•••		• •	• •	• •	• •	• •	• •					
M	₩. ₽																				Con	nponer	Customi	zel Se	lect All
	8_		• •	• •			• •	• •	• •	• •	• •	• •	• • •		• •	• •	• •	• •	• •	• •	R		Type	Va	lue
	1																					-	1700	1.10	
٩											• •		•••		• •		• •	· ·	· ·						
47	["""																								
å					· ·				· ·						• •	· ·	· ·	· ·	· ·						
8			• •	• •	· ·			• •	• •	• •	•••	• •			• •	•••	• •	• •	•••	• •					
Ľ																									
			• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• • •		• •	• •	• •	• •	• •	• •					
Δ																									
~				• •				· ·		· ·		· ·	• • •		• •		• •	· ·	· ·						
۴E																									
{F}				• •	· ·		· ·	· ·	• •	· ·	• •	· ·	• • •		• •	• •	• •	· ·	· ·						
┝┥				• •	· ·										• •										
																				🗸	<				>
	1 (1)		1 1	CLL A	0. 1	Ir.	1	1	6 11	1 1		_	_	_	_	_	_	_	_		_				
Ulick <	(Left) to	single Se	elect, <		ett> for	multip	ole, or	drag	old rot	ck sele	ect.		A .	000		. 0.1									
398.7	50	1475.74	U	Abs	2.540	1	~	M	lop		~		v 1.	UUUMM	1		nej	1							

Рис. 4.2. Интерфейс графического редактора Р-САД РСВ

В P-CAD-2006 редакторы Schematic и PCB оснащены 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 Х и Ү, 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 «О») и приращения по X и Y.

Настройка конфигурации графического редактора P-CAD Schematic.

Настройка параметров конфигурации редактора Schematic производится после выполнения команды Options/Configure, диалоговое окно которого представлено на рис.4.3.

В области окна «Workspace Size» (размер формата) необходимо выбрать один из стандартных листов, на который будут выводиться сформированные данные: элементы библиотек, создаваемые электрические схемы и т.д. Габариты выбранного формата листа подсвечиваются в строках окна Width (ширина) и Height (высота). После нажатия в области окна «Title Sheets» на кнопку «Edit Title Sheets» в появляющейся вкладке Titles можно: включить/выключить разрешение вывода чертежа форматки на экран (при включенном флажке Display Border рисунок формата листа становится видимым на экране монитора); определить, цифровыми (Numeric) или буквенным (Alpha) будут обозначения горизонтальной и вертикальной зон форматки, а после нажатия на кнопку Fields заполнить текстом разделы форматки. Заметим, что в стандартных форматах длинная сторона листа располагается по горизонтали.

Options Configure
Workspace Size
OA OB OD OE
<u>U</u> ser Width: 558.800mm
Height: 431.800mm
Orthogonal Modes Net Increment ECOs ✓ 90/90 Line-Line Increment Value ● ECO Format ✓ 45/90 Line-Line Mas/Is Format
AutoSave
Enable AutoSave AutoSave Time Interval (minutes):
✓ Purge Previous Backups 00 mm ○ Compress AutoSave Files 3
☐ Compress Binary Designs ☑ DDE Hotlinks
File Viewer: notepad
Zoom Factor: 2.00 Autopan (% Display): 25
OK Cancel

Рис. 4.3. Настройка конфигурации P-CAD Schematic

В области «Orthogonal Modes» устанавливается режим ввода электрических цепей и линий: 90/90 Line-Line – ввод ортогональных линий, 45/90 Line-Line – ввод диагональных линий. При включенном первом режиме линии проводятся под прямым или под произвольным углом. Во втором случае – по диагоналям или под произвольным углом.

Число, проставленное в окне «Increment Value» области «Net Increment», указывает шаг, на который увеличивается номер электрической цепи, вводимой в схему.

В области окна «AutoSave» устанавливаются режимы автосохранения файла с заменой предыдущей резервной копии. Установленный флажок «Enable AutoSave» разрешает автоматическое сохранение проекта через количество минут, указанных в окне «AutoSave

Time Interval (minutes)». Флажок «Purge Previous Backups» разрешает при новом запуске P-CAD Schematic удалить все резервные копии, сохраненные в предыдущем сеансе работы.

В области «Units» диалогового окна Options/Configure устанавливается система единиц измерения: mil – милы (1мил = 0,001дюйма = 0,0254мм), mm – миллиметры (1мм = 40мил), inch – дюймы. Изменить систему единиц можно на любой фазе работы без потери точности.

Флажок «DDE Hotlinks» устанавливает режим взаимного выделения цепей между графическими редакторами P-CAD Schematic и P-CAD PCB.

Можно разрешить автоматически сжимать создаваемые файлы при автозапоминании, для этого необходимо установить флажок «Compress AutoSave Files».

В окне «Zoom Factor» указывается масштаб изменения изображения по командам меню View/Zoom или при однократном нажатии клавиш плюс или минус.

В окне «Autopan (%Display)» устанавливается смещение окна изображения (панорамирование) при нажатии на одну из клавиш стрелок в случае, когда курсор располагается на границе экрана (в процентах к размеру экрана).

Настройка конфигурации графического редактора Р-САД РСВ.

После запуска графического редактора необходимо настроить его конфигурацию, параметры которой устанавливаются в текущем файле и сохраняются для последующих сеансов проектирования ПП. Настройка параметров производится при вызове соответствующих опций меню Options в закладках General, Online DRC, Route и Manufacturing.

В области «Units» закладки General (рис.4.4.), выбирается система единиц измерения.

В области «Workspace Size» указывается размер рабочей области для размещения компонентов и трассировки электрических соединений.

В области параметров соединений «Connection Options» в окне «Optimize Partial Route» устанавливается оптимизация связей для минимальной достижения «манхэттенской длины» после ручной трассировки связи. Если включен указанный флажок, то при ручной ближайшему трассировке проводник подсоединяется к фрагменту проводимой цепи.

Прочие опции окна General аналогичны опциям, которые описаны в меню Options Configure для программы P-CAD Schematic.

Options Configure					
<u>G</u> eneral <u>O</u>	nline DRC 🍸 Manual I	<u>R</u> oute Advanced Route	Manufacturing		
Units O mils O <u>m</u> m	Workspace Size Width: 1524.000m Height: 1524.000m Save As Default S	m O Selected	Option to Largest <u>O</u> rder		
ECO Format	Connection Options Optimize Partial Ro Optimize Ma <u>x</u> Node Co Max Node for Show/h	oute Optimize Aft ount: 20 Hide: 20	ter <u>D</u> elete		
Default Net Name Parameters Net Name Prefix: Number of digits in net name: 5 Image: Display Net Name Dialog					
AutoSave	AutoSave AutoSave Time Interval (minutes): 30 ✓ Purge Previous Backups Number of Backup Files: 3				
Autopan (% Display): 25 Rotation Increment: 45.0deg Zoom Factor: 2.00					
Ine viewer. Inotepad Image: Show Selection Dialog for Place Connection Use Relative Origin Image: Show Selection Dialog for Place Connection Display Origin Marker Image: Show Selection Dialog for Place Connection Display Origin Marker					
	ОК	Cancel			

Рис. 4.4. Настройка конфигурации Р-САD РСВ в закладке General

В закладке Online DRC (рис.4.5.) при включении флажка «Enable Online DRC» производится проверка технологических параметров при вводе связей и размещении компонентов. Рекомендуется установить флажок перед трассировкой.

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

Кнопка «Design Rules» позволяет настроить различные зазоры в проекте. Кнопка «Severity Levels» позволяет установить значимость ошибок с точки зрения пользователя.

Закладка Route меню Options/Configure позволяет установить некоторые правила трассировки проводников печатной платы (рис.4.6).

При включении флажка «T-Route by Default» включается Т-образный режим разводки, т.е. трасса цепи подводится к ближайшему фрагменту этой же цепи.

Options Configure	
<u>G</u> eneral <u>O</u> nline	e DRC Manual <u>R</u> oute <u>A</u> dvanced Route <u>M</u> anufacturing
 □ Enable Online DRC ✓ View Report ① Design Rules Severity Levels 	Report Options Clearance Violations Text Violations Same-component Pads Netlist Violations
	OK Cancel

Рис. 4.5. Настройка контроля технологических параметров и содержания отчетов

Область «Highlight While Routing» при ручной трассировке задает режим подсвечивания только контактных площадок (Pads Only) или подсвечивания и контактных площадок, и проводников, и линий соединений, принадлежащих одной цепи (Pads, Traces and Connections).

Область «Miter Mode» выбирает способ сглаживания проводников в местах их излома – отрезком прямой (Line) или дугой (Arc).

Options Configure	
<u>G</u> eneral <u>O</u> nline DRC Manual Boute Advar	nced Route Manufacturing
Highlight While Routing Pads Only Pads, Iraces and Connections Manual Route Pight Mouse to Complete / Slash Key to Suspend Slash Key to Complete / Right Mouse to Suspend T-Route by Default	Miter Mode Line Arc Orthogonal Modes 90/90 Line-Line 45/90 Line-Line 90/90 Arc-Line 90/90 Arc-Line Tangent Arc
OK Cancel	

Рис. 4.6. Установка правил трассировки

Ручная трассировка определяется областью «Manual Route». Если установлен флажок «Right Mouse to Complete/Slash Key to Suspend», то для автоматического завершения трассы по кратчайшему пути используется правая кнопка мыши, а для остановки трассы в произвольном месте рабочего поля — клавиша «/». Если установлен флажок «Slash Key to Complete/Right Mouse Suspend», то для остановки трассировки цепи используется правая кнопка мыши, а для ее автоматического завершения — клавиша «/».

Параметры интерактивного размещения устанавливаются в области «Interactive Route». Флажок «Honor Layer Bias» означает разрешение на трассировку в слое в направлении, определенном в окне команды Options/Layers. Как правило, на слое Тор проводники трассируются

параллельно длинной стороне платы. Флажок «Show Routable Area2 определяет видимость области трассировки.

В окне «Stub Length» устанавливается минимальная длина в дискретах сетки (Grid Points) или в единицах длины (Length) для сегмента линии при соединении ее с контактной площадкой.

В области «Trace Length» задается контроль длины проводника трассы. Флажок «Maximize Hugging» разрешает проводимой цепи выдержать минимальное расстояние до уже проведенных трасс (однако длина трассы и ее конфигурация при этом может быть неоптимальной). Флажок «Minimize Length» разрешает прокладку трассы минимальной длины с минимумом переходных отверстий.

В закладке Manufacturing (рис.4.7.) устанавливаются технологические ограничения при металлизации контактных площадок.

Options Config	иге									
<u>G</u> eneral	<u>O</u> nline DRC	Manual <u>R</u> oute Advanced R	oute Manufacturing							
Solder Flow Direct I op to Bottom Left to Right Bight to Left Bottom to Top Synchronize C solder flow, or	ction D Components to n OK.	Solder Mask Swell:0.191mmPaste Mask Shrink:0.000mmPlane Swell:0.254mmDefault Board Outline Width:0.127mm								
Copper Pour Backoff From Cutout Option O Complete backoff from cutouts. O Regular backoff from cutouts. Use Old Copper Pour Backoff Algorithm (Pre-2004) NOTE: The 2004 pour algorithm gives precise backoff from lines. If you want										
Use Old Copp	er Pour <u>I</u> sland Ge	neration Algorithm (Pre-2006)								
	ОК	Cancel								

Рис. 4.7. Настройка металлизации контактных площадок

В окне «Solder Mask Swell» задается величина, на которую радиус выреза под контактную площадку в слое защитной паяльной маски больше диаметра собственно контактной площадки.

В окне «Paste Mask Shrink» указывается величина, на которую размер собственно вывода компонента меньше размера контактной площадки.

В окне «Plane Swell» устанавливается зазор между сплошным слоем металлизации и контактной площадкой или переходным отверстием, не принадлежащим данному слою.

Последние три опции устанавливаются для всего проекта. Если же указанные установки производятся в конкретных слоях, то глобальные установки системой игнорируются.

4.2. Рабочее поле в системе Р-САД

В САПР Р-САД под рабочим полем (РП) понимается все внутреннее «пространство» проекта, т.е. не только текущая страница и все последующие, но и содержимое страниц. На рабочем поле размещаются элементы рабочего поля. Таблица 4.1. включает группу команд по операциям с рабочим полем (общая настройка, отображение на дисплее, настройка горячих клавиш), а также группу команд по управлению просмотром PП. При выполнении данных команд создаются индивидуальные настройки разработчика и прививаются навыки работы в PΠ.

Таблица 4.1.

Meню Opti	ons (общая настройка)
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
«G»*	индмвидуальном файле разработчика.
	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
1 5	отображения рабочего пространства на дисплее.
	Выбранные параметры сохраняются в файле SYMED.INI.
	Присутствует кнопка Defaults, которая возвращает установки
	лисплея к настройкам по умолчанию
	В этом диалоге есть две вкладки: Colors and Miscellaneous
	Вклалка Colors содержит 4 области (фрейма).
	- Item Colors - назначение цвета для отображения элементов
	рабочего поля (РП).
	- Display Colors - назначение цвета для отображения лисплея и
	операций с элементами РП (при этом цвета лисплея не
	лопжны быть олинаковыми с пветами элемента).
	- Junction Size - размер точки соединения целей
	(рекомендуемый режим User - 1 016mm при ширине цепи
	0.3mm)
	Bus Connection Mode - варианты присоединения цепи к шине
	(при разработке шинные полключения формируются
	автоматически при полключении провола к шине)
	Вклалка Miscellaneous служит для отображения других
	вспомогательных опций лисплея.
Preferences	Позволяет осуществить персональные настройки клавиатуры.
	мыши и панели инструментов для оперативной работы.
	Рекоменлуемые «горячие» клавиши (по умолчанию для
	некоторых команл уже существуют):
	«F»- зеркальное отображение:
	$(R) = 000000$ Ha 90° .
	«S»- Edit Select - режим вылеления элементов РП
	«М»- Edit Measure - режим определения лины/расстояний
	«Р» - Edit Parts - операции с компонентами из списка
	(определение по RefDes) - выделение доступ к Part Properties
	(определение по тепрез) – выделение, доступ к т ист торогиез,
	«N» - Edit Nets - операции с целями из списка (определение по
	Net Names) релакция атрибутов ценей.
	«G»- Ontions Grids - определение текущей сетки:
	(V) Options Sheets - операции с пистами/страницами
	форматами настройка структуры разработки.
	«I»- Ontions Block Selections - выделение спуппы элементов
	РП;
	«L»- Sheet Next - листание страниц вперёд;
	«К»- Sheet Previous - листание страниц назад;
	«А»- File Reports - операции по формированию и настройке
	отчётов разработки - как стандартных, так и
	пользовательских;

«D»- File Design Info - индивидуальная информация разработчика, разработка структуры проекта, возможности редактирования и документирования; «T»- Fie DXF In - операции по внесению в проект графической информации из лругих САПР; «+» - Zoom In - увеличение масштаба относительно курсора; «-» - Zoom Out - уменьшение масштаба относительно курсора; «W» - Zoom Window - масштабирование в окне по запросу пользователя.

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР Р-САД.

При работе в системе P-CAD возможно эффективно пользоваться функциями просмотра элементов рабочего поля с помощью группы команд, представленной в табл.4.2.

Таблица 4.2.

Меню Vie	еw (средства управления просмотром рабочего поля)
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
	Еditor с пустым рабочим пространством.
Center	Перерисовывает активное окно, используя курсор как
	относительную среднюю точку.
«C»*	Курсор приобретает форму лупы, показывая режим zoom и
	запрашивая выбрать в рабочем пространстве центр активного
	OKHA.
	чтооы отменить выоор центральной точки, щелкните по правои
	кнопке мыши или нажмите Esc.
	view Center является непрерывнои командои, после выбора

	центральной точки изображения продолжается выполнение
	предыдущей команды.
	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	Изменяет размер окна в области рабочего пространства.
Window	Выбранная область – прямоугольник, который выбирается с
	помощью курсора в рабочем пространстве активного окна.
«W»*	Выбранная область заполняет активное окно.
	Является непрерывной командой.
Snap to	Осуществляет привязку перемещений курсора к координатной
Grid	сетке.

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР Р-САD.

4.3. Слои в системе Р-САD

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 (Тор и Bottom).

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

Содержание слоев:

•	Тор	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).

4.4. Создание и использование шаблонов *.sch, *.pcb

В ходе разработки проекта часто возникают вопросы по настройке инструментов проектирования как технологического характера (например, создание новых стилей переходных отверстий и контактных площадок), так и вопросов наглядности изображения (например, текущая толщина электрической цепи и стиль текста в графическом редакторе). Для того чтобы не создавать настройки каждый раз заново, предлагается использовать шаблоны. Шаблоном называется файл с максимально большим количеством индивидуальных настроек разработчика, который, как правило, получается путём сохранения готового проекта под другим именем и удалением содержимого. В таком случае внутренними настройками можно пользоваться и в текущем проекте. Таким образом, экономится время разработчика, которое можно потратить как на непосредственную разработку, так и на документирование проекта с помощью соответствующих функций САПР. Эффект от использования возможностей документирования приходит лишь при системном подходе, детальном изучении и совершенствовании навыков работы. Комплексный подход к изучению позволит найти применение САПР P-CAD не только по назначению

Для настройки текущих стилей элементов РП предназначены группы команд, описанные в табл.4.3.

Таблица 4.3.

Меню Options (выбор и настройка текущих стилей элементов РП,			
параметров проекта, стилей вывода) в Schematic				
Sheets	Вкладка Sheets позволяет добавлять и удалять листы из			
	проекта, изменять имя листа.			
«Y»*	Вкладка Titles позволяет изменять форматы листов			
	многолистовой схемы текущего проекта (см. также			
	форматы ttl).			
Current Wire	Устанавливает текущую ширину цепи для команды			

	Place/Wire. Текущие проводные параметры настройки
	сохранены к Sch.ini файл.
	Чтобы изменять ширину существующих цепей
	используется команда Edit /Properties.
Current Line	Устанавливает ширину и стиль рисования линий и дуг
	для команд Place/Line и Place/Arc (создание графики).
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 стиля могут быть
	отредактированы, но не могут быть удалены или
	переименованы.
Меню Options (в	выбор и настройка текущих стилей элементов РП,
Меню Options (параметров про	выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ
Меню Options (в параметров про Layers	выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев
Меню Options (в параметров про Layers	выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта.
Меню Options (н параметров про Layers Current Keepout	выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Keepout позволяет устанавливать тип
Меню Options (н параметров про Layers Current Keepout	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все)
Меню Options (н параметров про Layers Current Keepout	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размешаются с помощью команлы
Меню Options (н параметров про Layers Current Keepout	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероut.
Меню Options (н параметров про Layers Current Keepout Pad Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероиt. Устанавливает текущий стиль контактной площадки
Меню Options (н параметров про Layers Current Keepout Pad Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероиt. Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad.
Меню Options (впараметров проLayersCurrent KeepoutPad StyleVia Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероиt. Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad. Рассматривает текущий стиль переходного отверстия
Меню Options (впараметров проLayersCurrent KeepoutPad StyleVia Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероиt. Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad. Рассматривает текущий стиль переходного отверстия для команды Place/Via.
Меню Options (в параметров про Layers Current Keepout Pad Style Via Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероиt. Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad. Рассматривает текущий стиль переходного отверстия для команды Place/Via. Команда аналогична команде Options/Pad Style.
Меню Options (в параметров про Layers Current Keepout Pad Style Via Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероиt. Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad. Рассматривает текущий стиль переходного отверстия для команды Place/Via. Команда аналогична команде Options/Pad Style. Единственное различие между контактными
Меню Options (в параметров про Layers Current Keepout Pad Style Via Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, вкта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероиt. Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad. Рассматривает текущий стиль переходного отверстия для команды Place/Via. Команда аналогична команде Options/Pad Style. Единственное различие между контактными площадками и переходными отверстиями – стили
Меню Options (в параметров про Layers Current Keepout Pad Style Via Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероиt позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероиt. Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad. Рассматривает текущий стиль переходного отверстия для команды Place/Via. Команда аналогична команде Options/Pad Style. Единственное различие между контактными площадками и переходных отверстий не поддерживают формы типа
Меню Options (в параметров про Layers Current Keepout Pad Style Via Style	 выбор и настройка текущих стилей элементов РП, екта, стилей вывода) в РСВ Позволяет просматривать и изменять свойства слоев проекта. Команда Options/Кеероut позволяет устанавливать тип (линия или многоугольник) и слой (текущий или все) барьеров, которые размещаются с помощью команды Place/Кеероut. Устанавливает текущий стиль контактной площадки (стек контактной площадки) для команды Place/Pad. Рассматривает текущий стиль переходного отверстия для команды Place/Via. Команда аналогична команде Options/Pad Style. Единственное различие между контактными площадками и переходных отверстия и переходных отверстия (Mounting Hole) и перекрестия

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР.

5. Особенности проектирования ПП в Р-САД-2006

5.1. Создание библиотеки РЭК

P-CAD-2006 имеет интегрированные библиотеки, которые содержат графическую информацию о символах, 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-2006 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 средства просмотра параметров корпусов компонентов И имеет параметров В обеспечена компонентов. электронных таблицах одновременного изменения содержания нескольких возможность 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 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.

5.1.1. Создание и ведение библиотек *.lib

Обозначим основной подход к ведению библиотек - создание унифицированных (типовых) УГО символов, корпусов с последующим присвоением требуемому компоненту см. рис.5.1.

Таким образом, типовой символ, созданный один раз, может быть присвоен нескольким разным компонентам, имеющим одно и то же УГО (с типовыми корпусами то же самое).



Рис. 5.1. Схема взаимодействия программных модулей P-CAD при создании и ведении библиотек.

Библиотеки разумнее создавать, используя комплексный подход. Если откроем диалог Library Executive, то увидим, что рабочая библиотека делится на несколько составляющих:

sym + pat + lib* = CompName (компонент)

lib* – описание компонента в пакете Library Executive.

<u>Пояснение</u>: Компонент может создаваться и без участия менеджера библиотек – пакета Library Executive (Lib.Exe). В таком случае некоторая информация будет теряться, функциональность падает, времени на разработку тратим больше. Например, идентификационный номер в системе (позиционное обозначение RefDes) задаётся в Lib.Exe и становится уникальным, а по умолчанию ставится U - unknown. Этот факт очень важен при полном использовании документальных возможностей PCAD.

При разработке возникает необходимость создания крупной базы независимых символов и корпусов, которые могут использоваться в других проектах для создания компонентов. При первичной проработке их придётся создавать все, а при дальнейшей работе такой подход заметно облегчит работу. В дальнейшем в связи с расширением библиотеки возможна классификация этой информации по типам компонентов (микросхемы, резисторы и т.п.)

Пример библиотечного компонента AD736, созданного с использованием типового корпуса DIP8 и уникального УГО без использования дополнительных атрибутов (из отчёта, сформированного Library Executive/ File/ Publisher) представлен на рис 5.2. и рис. 5.3.

Component Name: AD736
RefDes Prefix: DA
Number of Pins: 8
Homogeneous: True
Gate Numbering: Alphabetic
Number of Gates: 1
Attached Pattern: DIP8
Aliases: Component has no
aliases.

Gate #	Gate	Norma	DeMorga
	Eq]	n
А	1	AD736	

	Pin	Gate #	Sym Pin	Pin	Gate	Pin Eq	Elec.
	Des		#	Name	Eq		Туре
1	1	1	1	IN-	1	1	Passive
2	2	1	2	IN+	1	2	Passive
3	3	1	6	Cf	1	3	Passive
4	4	1	5	-Vs	1	4	Passive
5	5	1	8	CAv	1	5	Passive
6	6	1	7	Out	1	6	Passive
7	7	1	4	$+V_{S}$	1	7	Passive
8	8	1	3	GND	1	8	Unknown

Рис.5.2. Вариант описания компонента AD736

Component has no attributes. Attached Pattern: DIP8 Number of Pads: 8 Bounding Rectangle: . Width = 483.1mil, Height = 627.1mil (12.271mm x 15.929mm) Pad Style List: (Default), rec1515

Referenced by:AD736Pattern Aliases:Pattern has no aliases.Pattern has no attributes other than RefDes and Type.



Attached Symbol: AD736 Number of Pins: 8 Bounding Rectangle: Width = 1078.2mil, Height = 1670.3mil (27.387mm x 42.427mm) Referenced by: AD736 Symbol Aliases: Symbol has no aliases.

Symbol has no attributes other than RefDes and Type.

{RefDes}



ComponentName AD736

Рис.5.3. Вариант описания компонента AD736

В редакторах Schematic и РСВ для работы с библиотеками и отдельными библиотечными элементами предназначена группа команд, представленная в табл.5.1.

Таблица	5	1
гаолица	\mathcal{I}	ь.

Меню Library (рункциональные возможности)					
New	Позволяет создавать новую библиотеку. Новая					
	библиотека пуста. В диалоге команды Library New					
	определяется имя файла новой библиотеки.					
Alias	Alias (псевдоним) - дополнительное имя компонен					
	или символа.					
	Один компонент может иметь множество					
	эквивалентных 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.					
Сору	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.					
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
	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.

5.1.2. Команды менеджера библиотек Library Executive

Таблица 5.2.

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	Сохраняет импортируемую библиотеку в формате P-CAD.					
Library						
Verify	Сравнение импортированных библиотек с сохраненными					
	библиотеками P-CAD.					
Report	Составление отчета об импорте библиотек.					
Exit	Выход из P-CAD Library Executive.					
Меню Library	/ (системные команлы)					
New	Позволяет создавать новую библиотеку. Новая библиотека					
	$\Pi V CT2$ B $\Pi V 2 \Pi O C C C C C C C C C C C C C C C C C C$					
	файла новой библиотеки					
Setun	Пограняет управлять библиотеками и наборами					
Setup	позволяет управлять ополнотеками и наобрами					
Alias	Δ lias (псердоним) – дополнительное имя компонента или					
1 mas	символа Олин компонент может иметь множество					
	символа. Один компонент может иметь множество					
	уманици					
Conv	Коминды. Колируат компонент корпус симрол из одной					
Сору	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	Связывание корпусов с библиотеками, не имеющими					
Patterns	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 Сотро	Меню Component (работа с компонентами)					
New	nent (работа с компонентами)					
	nent (работа с компонентами) Создание нового библиотечного компонента.					
Open	nent (работа с компонентами) Создание нового библиотечного компонента. Открытие существующего в выбранной библиотеке					
Open	nent (работа с компонентами) Создание нового библиотечного компонента. Открытие существующего в выбранной библиотеке компонента.					
Open Save	nent (работа с компонентами) Создание нового библиотечного компонента. Открытие существующего в выбранной библиотеке компонента. Сохранение компонента в соответствующей библиотеке.					
Open Save	nent (работа с компонентами) Создание нового библиотечного компонента. Открытие существующего в выбранной библиотеке компонента. Сохранение компонента в соответствующей библиотеке. Перед сохранением выполняется автоматически команда					
Open Save	nent (работа с компонентами) Создание нового библиотечного компонента. Открытие существующего в выбранной библиотеке компонента. Сохранение компонента в соответствующей библиотеке. Перед сохранением выполняется автоматически команда Component/Validate.					

Save As	Сохранение компонента под новым именем или в новой
	библиотеке.
Validate	Проверка правильности заполнения полей информации о
	компоненте.
Меню Pattern	(работа с посадочным местом компонента)
New	Создание нового посадочного места компонента.
Open	Открывает существующее посадочное место для
	редактирования в графическом редакторе посадочных
	мест P-CAD Pattern Editor.
Meню Symbol	(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 Edit (ре	дактирование)
Undo	Команда полностью отменяет последнее законченное
Spreadsheet	действие.
Change	
Cut	С помощью команды Edit/Cut Spreadsheet Change удаляют
Spreadsheet	все данные из выбранных ячеек таблицы, и сохраняет его
Change	в буфере обмена Windows.
Сору	Команда Edit/Copy Spreadsheet Change позволяет
Spreadsheet	копировать объекты в буфер обмена.
Change	
Paste	Команда Paste позволяет вставлять объект (объекты) из
Spreadsheet	буфера обмена в выбранные ячейки, если они были
Change	вырезаны или скопированы с помощью команд Edit/Cut
<u></u>	Spreadsheet Change и Edit/Copy Spreadsheet Change.
Slide	Перенос выбранного объекта в таблице на одну строку
Selection Up	вверх.
Slide	Перенос выбранного объекта в таблице на одну строку
Selection	ВНИЗ.
Down	
Select	Выбор символов в текущей библиотеке для
Symbols	присоединения к текущему компоненту.
Select Pattern	Выбор посадочных мест в текущей библиотеке для
	присоединения к текущему компоненту.
Component	Редактирование, просмотр и введение атрибутов
Attr	компонентов.
іміеню view (п	DOCMOTDI

Component	Просмотр информации о компоненте.		
Info			
Pins View	Редактирование информации о назначении и упаковке		
	выводов компонента.		
Pattern View	Редактирование параметров посадочного места		
	компонента.		
Symbol View	Редактирование параметров символа УГО компонента.		
Toolbar	Включение строки инструментов.		
Custom	С помощью этой команды устанавливается видимость		
Toolbar	настраиваемой панели инструментов.		
Prompt Line	Позволяет показывать или скрывать строку подсказки.		
Меню Utils (утилиты, электронная конференц-связь)			
Query	Работа с информацией, содержащейся в библиотеках, в		
	диалоговом режиме.		

5.1.3. Обновление библиотек (операции с атрибутами) в P-CAD Library Executive

Отдельно отметим, что Library Executive располагает расширенными возможностями работы с готовыми библиотеками компонентов импортирование и обновление данных почти из всех источников, включая существующие базы элементов. Данный подход к ведению библиотек предполагает упорядоченное создание и ведение библиотек, получение схемотехнической документации для схем, разработанных в системе P-CAD.

Практика показала, что именно информация в виде текстовых атрибутов компонентов библиотек обновляется наиболее часто, поэтому разработчики P-CAD вводят в систему специальный механизм горячей связи с внешними базами данных компонентов.

Этот подход, возможно, будет интересен для предприятий, которые централизованному библиотек выпуску стремятся ведению И К документации. Он основывается на том, что существует единая база электрорадиоэлементов, которая содержит все необходимые характеристики элементов, а также может содержать ссылки на условные графические обозначения (УГО) и топологические посадочные места. Такая база должна вестись определенной службой предприятия, например, отделом стандартизации.

Сведения об элементе заносятся сначала в текстовую базу, где обязательно определяется полное наименование элемента, тип элемента в соответствии с ГОСТ 2.710-81, его буквенное обозначение на электрической схеме, технические условия, код ОКП (если это принято на предприятии), а для импортных элементов – место в каталоге, название фирмы-производителя, ссылку на справочный листок, функциональное

назначение и основные электрические характеристики. Жестких ограничений на формат такой базы данных не накладывается, поэтому на разных предприятиях её вид может несколько отличаться.

После того как текстовые характеристики занесены в базу данных, можно приступать к созданию библиотечных элементов. Они создаются обычным образом средствами программы Library Executive, единственное требование – имя УГО в библиотеке должно совпадать с именем этого элемента в базе данных.

Далее, средствами СУБД создается запрос на созданные элементы, который включает в себя имена элементов и те поля, информацию из которых планируется включить в атрибуты элемента (данную информацию также можно внести вручную в отдельный файл формата *.txt). Обычно это тип элемента, ТУ, код ОКП, то есть всё то, что включается в документацию перечень элементов и ведомость покупных. Результаты запроса следует сохранить в виде таблицы и выполнить экспорт в текстовый файл формата CSV (Comma Separated Values) или формат *.txt (см. рис.5.4.).

```
"MICROCHIP";"Микросхемы цифровые";"MAX232 SMD"
"MICROCHIP";"Микросхемы цифровые";"STS3DNE60L"
"MICROCHIP";"Микросхемы цифровые";"78L05"
"GRAYHILL (Engineering Catalog)";"Микросхемы цифровые";"TL431"
"AVNET Setron 95/96 15014";"Микросхемы цифровые";"74HC04(SO14)"
"AVNET Setron 95/96 15513";"Микросхемы цифровые";"74HC374AD SMD"
"AVNET Setron 98/99 019094";"Микросхемы цифровые";"LP 2905Z5"
"AVNET Setron 98/99 015016";"Микросхемы цифровые";"LM 2902D SMD"
"AVNET Setron 98/99 010557";"Микросхемы цифровые";"LM 4861M SMD"
"AVNET Setron 96/97 41774";"Микросхемы цифровые";"KP142KH5"
```

Рис. 5.4. Пример запроса из базы данных на ряд компонентов в формате .TXT

Данные из текстового файла необходимо наложить на имеющиеся библиотечные элементы. Для этого следует запустить программу P-CAD Library Executive, в списке указать библиотеку, в которую будут вноситься данные, и выполнить команду меню File/Import. Появится диалоговое окно Import Separated List File (рис.5.5). Здесь через кнопку Browse подключим текстовый файл с результатами запроса. Далее, если файл не содержит имен столбцов, активизируем опцию Generate Default Field Name (сгенерировать имена полей по умолчанию), в противном случае, следует выбрать опцию First Line Contains Field Names.

Import Separated List File
<u>Browse</u> C:\Program Files\\Обновление Lib.txt
 First line contains rield names. Generate default field names.
List Separator: 刘 💌
Comment Character: !
OK Cancel

Рис.5.5. Настройка импорта txt-файла

Укажем, какой символ является разделителем полей, в нашем случае это «;» и если в файле присутствуют комментарии – префикс комментариев. После нажатия кнопки ОК появится окно, показывающее содержимое нашего файла, где все данные будут представлены в виде таблицы из трех столбцов, имена которых будут присвоены автоматически: Field 0, Field 1, Field2.

Чтобы привести этот файл в соответствие с библиотекой, необходимо настроить соответствие полей, для чего выполним команду Table/Map Fields данного окна. Откроется окно, показанное на рис.5.6, где следует присвоить имена полей импортируемым данным. Для этого в столбце New Field Name для столбца с именем Field 0 запишем слово «Каталог», для столбца с именем Field 1 – слово «Тип». Для столбца с именем Field2, который содержит имена компонентов и является ключевым, нужно выбрать из выпадающего списка стандартных атрибутов имя ComponentName. Именно по этому столбцу будет выполняться связь с библиотекой. Нажмем кнопку Мар и закроем окно настройки. Содержимое окна просмотра импортируемых данных изменится (рис.5.7.).

Map Fields: C:\Program Files\P-CAD 2006\Обновление Lib.txt 🛛 🔀								
[Original Field Name	New Field Name	Data Type	Mapping	-		
[1	Field0	Каталог	String	User-defined			
- [2	Field1	Тип	String	User-defined			
- [3	Field2	ComponentName	String	Predefined			
	•	<u>A</u> dd Row	Delete Row	ap	<u>)</u>	V		

Рис.5.6. Настройка соответствия полей данных

	Viewer: C:\Program Files\P-CAD 2006\Обновление Lib.txt (mapped)							
Table Column Row								
L		Каталог	Тип	Lomponentivame	<u></u>			
L	1	MICROCHIP	Микросхемы цифровые	MAX232 SMD				
	2	MICROCHIP	Микросхемы цифровые	STS3DNE60L				
[3	MICROCHIP	Микросхемы цифровые	78L05				
[4	GRAYHILL (Engineering Catalog)	Микросхемы цифровые	TL431				
[5	AVNET Setron 95/96 15014	Микросхемы цифровые	74HC04(S014)				
[6	AVNET Setron 95/96 15513	Микросхемы цифровые	74HC374AD SMD				
[7	AVNET Setron 98/99 019094	Микросхемы цифровые	LP 2905Z5				
[8	AVNET Setron 98/99 015016	Микросхемы цифровые	LM 2902D SMD				
[9	AVNET Setron 98/99 010557	Микросхемы цифровые	LM 4861M SMD				
[10	AVNET Setron 96/97 41774	Микросхемы цифровые	KP142KH5				
ľ					-			
1								

Рис.5.7. Просмотр импортируемых данных

Далее следует сохранить наши данные в библиотеке. Для этого выполним команду меню Table/Save To Library. Появляется окно: Save Source, показанное на рис. 5.8.

Save Source 🔀					
Sourc	Source: - C:\\Обновление Lib.txt (mapped)				
Sav C	Ve Mode Create New Update Update Library C:\Program Files\P-CAD 2006\Lib\				
	Create new components				
▼ L	Jpdate only components with matching library name				
	Create component time stamps if not present				
Attrib	oute Conflict Resolution Favor				
-	Attribute Name Ignore Source Library				
2					
OK Cancel					

Рис.5.8. Сохранение данных в библиотеке

Так как мы добавляем данные к ранее созданной библиотеке, то в поле Save Mode выберем опцию Update. Затем указываем имя целевой

библиотеки и включаем опцию Update Only Components With Matching Library Name (обновлять только те элементы, имена которых совпадают с библиотечными) и нажмем кнопку ОК.

Теперь, если выбрать один из компонентов указанной библиотеки и выполнить команду меню Edit/Component Attr, то легко видеть, что у данного компонента появились атрибуты с именами «Каталог» и «Тип», содержащие текст из базы данных.

Импортированные значения стали неотъемлемой частью элемента, а значит, они будут сохраняться в проекте при размещении элемента в электрической схеме. С помощью команды Library/Verify Design редактора схем пользователь всегда сможет проверить содержащиеся в проекте данные на соответствие их библиотекам.

Следующим этапом оформления документации является формирование списка используемых материалов (BOM, Bill of Materials) – см. Создание отчётов в sch.

Если на схеме использовались только элементы из библиотек, подготовленных описанным выше способом, то все данные, необходимые для формирования перечня элементов, уже присутствуют в соответствующих атрибутах компонентов. Выполним команду меню File/Reports. В появившемся окне File Reports следует включить вывод файла Bill of Materials и активизировать опцию Separate List.

Далее следует настроить выводимые в отчет данные. Нажмем кнопку Customize, и в появившемся окне перейдем на вкладку Selection. Здесь приводится список всех имеющихся атрибутов элементов. В колонке Show указывается, выводить или нет в отчет содержимое данного атрибута. При необходимости можно изменить порядок следования атрибутов. После того как все условия заданы (критерии выбора), нажмем кнопку Generate. Сформированный таким образом текстовый ВОМ-файл является основой для последующего выпуска документации.

Полученный файл может быть загружен в какую-либо специализированную программу для оформления текстовой документации.

Данные из ВОМ-файла передаются в форму, созданную в команде Reports и имеющую вид стандартного перечня элементов. При любом изменении схемы следует получить новый ВОМ-файл и автоматически обновить перечень элементов.

Это избавляет от необходимости хранить текстовые документы в распечатанном виде или в виде файлов. Достаточно хранить в электронном архиве только файл электрической схемы и генерировать по запросу текстовую документацию для него.

Данный подход также облегчает проверку документа. Если базу данных ведет отдел стандартизации и нормоконтроля, то в библиотеках будут содержаться только проверенные и разрешенные к применению компоненты. Описанный механизм хорошо зарекомендовал себя при комплексном подходе с системой проектирования, при котором значительно упрощается процесс создания конструкторской документации. Описание основных операций с библиотеками приведено ниже.

Импортирование внешнего исходного файла с признаком ComponentName (Importing a Source File).

импортируемый исходный Если файл содержит признак (атрибуты ComponentName, все дополнительные признаки то компонентов) будут автоматически связаны с их соответствующим компонентом библиотеки P-CAD именно по признаку ComponentName. Materials Для генерации отчёта Bill of с импортированными составляющими атрибутами необходимо выполнить следующее:

- 1. В диалоге Selection щелкните External File и выберите внешний исходный файл (для предварительного просмотра нажмите View).
- 2. Для импортирования файла нажмите Import. Признаки (атрибуты компонентов), описанные в файле, отображаются в поле Selected.
- 3. Настраиваем отчёт с помощью соответствующего диалога, генерируем его.

Назначение имени полям внешнего файла и привязка к существующей библиотеке по признаку ComponentName (Linking with a Map File).

Фактически, эта операция присвоения имени (по назначению) новому полю признаков. Если исходный файл не содержит признак ComponentName, то файл карты (Map file) также может быть импортирован.

Этот файл - простой текстовой файл с разделительными запятыми, который содержит в одном столбце признак ComponentName, а в остающихся столбцах - признаки идентификации, используемые во внешнем источнике, например Part Number. В этом случае, Вы должны сделать дополнительный шаг загрузки файла карты, тогда признаки будут автоматически связаны с их соответствующим компонентом в вашей библиотеке P-CAD.

После импортирования используется файл карты для отображения имён соответствующих индексных идентификаторов компонента библиотеки. Теперь распознанный индексный идентификатор во внешнем файле автоматически прикрепляет импортированные признаки с их соответствующими компонентами P-CAD.

5.2. Формирование рабочих форматов проектируемой ПП

Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301-68 и ГОСТ 2.004-79, при этом основные форматы являются предпочтительными.

При выборе форматов следует учитывать:

1. объем и сложность проектируемого изделия (установки);

2. необходимую степень детализации данных, обусловленную назначением схемы;

3. условия хранения и обращения схем.

Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею.

5.2.1. Использование форматов *.ttl, *.tbk, системные параметры для управления информацией проекта

САПР P-CAD предоставляет возможность создавать графические изображения как внутренними инструментами (внутренняя графика), так и внешними средствами (внешняя графика).

К внутренней графике отнесём размещение на рабочем поле линий, окружностей, закрашенных областей (полигонов), текста, полей. С помощью внутренней графики создаются наборы необходимых форматов (см. табл.5.4).

К внешней графике отнесём изображения, созданные в других САПР, интегрированные в P-CAD (см. табл.5.3). Несомненным преимуществом внешней графики является то, что такие пакеты, как AutoCAD, обладают большими возможностями по редактированию изображений и наиболее распространены, т.е. к разработке на определённом этапе можно привлекать не специалиста по САПР P-CAD.

Например, можно взять готовые форматы, созданные в AutoCAD, механизмом обмена интегрировать в P-CAD, привести в соответствие с требованиями разработки и благополучно пользоваться. Иногда требуется отмасштабировать изображение в проекте, чего P-CAD сделать не позволяет, но помогает другой пакет. Свойствам внешней графики обычно уделяют недостаточно внимания, хотя это очень важная функция.

Меню File (внеш	Меню File (внешняя графика)			
DXF In	Загружает в P-CAD Schematic файл в формате DXF			
	(Drawing Interchange Format), являющимся стандартным			
«T»*	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.			
(*)	Эти файлы могут тогда быть загружены AutoCAD или другие механические САПР. Вывод в формате DXF совместим с AutoCAD версии 9.0 и выше.			

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР.

Таблица 5.4.

Меню Place (внутренняя графика sch, pcb)			
Line	Команда Place/Line осуществляет рисование линий. В строке		
	состояния отображаются приращения по Х и Ү.		
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 Options/Current Line.		
	Для перемещения, изменения размеров, вращения, зеркального		
	отражения и т.д. используется режим Select.		
Polygons	Данная команда размещает многоугольник в пространстве		
	рабочего листа.		
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.		
	Можно 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.		

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,
	количества листов и номера листа должна быть определена в
	диалоге команды File/Design Info.

<u>Форматы ttl, tbk</u>

Одними из ключевых понятий функций документирования P-CAD являются форматы. Форматы, или заголовки Title Sheets, являются графическими изображениями рамок определённого формата, согласно ГОСТ.

Стандартизированная информация (заполнение штампов) заносится в форматы с помощью текста, полей Field и наборов полей Field Set. Тип и величина шрифта настраивается пользователем (Text Style).

Каждому листу разработки ставим в соответствие свой формат с необходимой информацией, т.е. все поля всех форматов находятся в разработке одним списком (Options Sheets/Sheets, Options Sheets/Titles). Управление содержимым форматов происходит с помощью команды File/Design Info/Fields.

Для системного использования форматов в разработках P-CAD необходимо продумать названия полей и их содержимое.

Например, у каждого листа индивидуальное название (принципиальная или структурная схемы, блоки разного назначения, различные таблицы), индивидуальный номер страницы, различные исполнители и проверяющие. Если заранее не ставить в соответствие имя поля номера страницы формата и имени самого формата, то потом на исправление придётся тратить время.

5.2.1.1. Создание форматов

Для создания формата, который можно позже использовать в проектах P-CAD Schematic, необходимо сделать следующее:

1. Создать проект с одним листом в P-CAD Schematic (А3, А4 согласно ГОСТ и ЕСКД) с использованием:

- Lines линии;
- Arcs окружности;
- Polygons многоугольники;
- Text текст;
- Attributes атрибуты, или признаки;

• Fields – поля.

2. Сохранить файл посредством File/Save As в папке форматов в вашем инсталляционном каталоге с именем файла и расширением, как показано в следующем примере (в кавычках):

«title.ttl» или «TitleA.ttl»

Такой формат готов к использованию в разработках.

Преимущества:

- существует возможность оперативно изменять информацию на всех штампах проекта из одного места (File/Design Info/Fields или «D»);

- при наличии базы правильно оформленных форматов осуществляется системный подход к созданию комплекта конструкторской документации.

Примеры создания "title.ttl" в sch, "title.tbk" в pcb (образцы штампов см. п.6.3):

1. Произвести или проверить общие параметры проекта (п.4.1).

2. Настроить рабочие инструменты (п.п. 4.1, 4.2).

3. Создать графическое изображение формата согласно ГОСТ.

4. Разместить поля (Fields) с помощью команды Place/Fields (см. образец штампа п.6.3), настроить шрифты с помощью команды Text Style. Поле, отсутствующее в стандартном наборе PCAD, возможно добавить с помощью File/Design Info/Fields/Add. Значения полей можно проставить с помощью File/Design Info/Fields.

5. Сохранить формат под определённым именем, например "A3_ПЭС1.ttl".

					h a rì
				rawing Numi روز المنظرة	
Изм. Лист	N докум.	Подп.	Дата		Лит. Macca Macшт.
Разраб. Провер	{Author} {Checked By}		{Date}	{Title}	
Т.контр.	{Engineer}				Лист 1 Листов
Н.контр.	{Н.контр.}				
Утв.	{Approved By}				

Рис. 5.9. Образец формата А4. Лист 1

			{Drawing Number}	Jlucm
Изм. Лист	N докум.	Дата		1

Рис. 5.10. Образец формата А4. Последующие листы

5.2.1.2. Использование форматов

Чтобы использовать формат в проекте, необходимо совершить следующее:

1. Открыть диалог Options Sheets, используя один из следующих способов:

- Выбрать Options/Sheets/ Titles;

- Выбрать DocTool/Titles;

- Выбрать Options/Configure/ Edit Title Sheets.

2. В списке Sheets, выберите лист, в который Вы хотите поместить компоненты листа формата.

3. Выбрать Custom, вкладка Titles становится доступной.

<u>Важно:</u> Если Вы выбираете Global, P-CAD Schematic использует Global title sheet. Global title sheet содержит границу проекта, зоны и блок формата по умолчанию.

Для добавления форматов необходимо сделать следующее:

1. Выбрать Select. В диалоге Title Block выбрать *.ttl файл из папки форматов вашего инсталляционного каталога.

2. Выбрать Field Set (набор полей), который включает поля для размещения в формат.

Для сохранения изменений формата, сделать следующее:

1. Выбрать Modify (назначение выбранных форматов на отобранные листы).

2. При закрытии Close, измененные листы соответствуют определенным форматам. Формат появляется в вашей разработке.

Описание Options Sheets/Titles.

В P-CAD Schematic возможно создать лист формата для всех листов в проекте одновременно или для каждого листа в отдельности.

Основные компоненты листа формата:

- Design Border: (границы проекта): в зависимости от вашего размера рабочего пространства (рабочей области), все поля листа формата имеют значение по умолчанию 1/2 дюйма (500mils или 12.7мм).

- Zones (зоны): граница проекта и ее зоны – первичные компоненты в листе формата. Зоны делят область проекта на горизонтальные и вертикальные части.

- Title Blocks (листы форматов): Вы можете поместить формат в любой лист проекта. Структура формата может быть уникальной для каждого листа. Кроме того, вы помещаете поля Field в пределах проекта. Эти поля могут также быть уникальными для каждого листа.

<u>Важно:</u> В P-CAD Schematic файлы листа формата имеют расширение *.ttl.

В Р-САD РСВ файлы листа формата имеют расширение *.tbk.

5.2.2. Создание проектов *.sch, *.pcb

Под проектом будем понимать не только непосредственную разработку устройства, заключающуюся в создании принципиальной электрической схемы и топологии печатной платы, но также создание и настройку функций документирования системы САПР в комплексе. Вся идея возможности документирования заключается в том, что каждый библиотечный компонент, каждая электрическая цепь, могут быть атрибутов (дополнительных с помощью признаков) описаны ПО функциональному назначению. Из всего множества атрибутов для составления требуемого отчёта выбираются только те, которые подходят для вывода. Отчётная документация разработки является конечной целью возможностей документирования.

Для упорядоченного ведения проекта используются возможности создания многолистовых схем, возможности ввода полей, создания наборов полей, создания групп отчётов (см. табл.5.5).

Таблица 5.5.

Меню Options (организация внутренней структуры проекта)			
Sheets	Позволяет переключаться между листами		
(многостраничный	многолистовой схемы текущего проекта.		
проект, наборы ttl,	С помощью данной команды можно также добавлять		
tbk)	или удалять листы из проекта и изменять имя листа.		
«Y»*			
Preferences	Определяет настройки клавиатуры («горячие»		
(применение)	клавиши), мыши и панели инструментов - см. ранее		
	Options (общая настройка).		
	Например:		
	Edit Measure - «М». 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.		
	Edit Select - «S». Команда Edit/Select позволяет		
	выделить объект (объекты) для их последующего		
	редактирования с помощью команд меню Edit.		

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР.

При работе с разработанной электрической схемой возникает необходимость редакции имён и атрибутов, как компонентов, так и электрических цепей. При упорядоченном подходе очень удобно использовать группу команд, описанную в табл.5.6.

Таблица 5.6.

Меню Edit (работа с готовым проектом, настройка атрибутов)				
Parts	Позволяет редактировать символы компонентов в			
	пределах проекта посредством команды Properties.			
«P»*				
Nets	Позволяет выбирать цепи, редактировать атрибуты			
	цепей, переименовывать и удалять цепи (Nets) и шины			
«N»*	(Bus).			

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР.

Для этих же целей также используются команды Options Block Selection в sch, Options Selection Mask в pcb. В соответствующем диалоге задаётся к выделению элемент рабочего поля (объект или группа объектов), окном поиска выделяется РП, искомые элементы подсвечиваются, и щелчком правой копки мыши выпадает меню, из которого мы выбираем операцию к исполнению. Часть из них приведена в табл.5.7.

Tagmuna	5	7
гаолина	.)	. / .

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
	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.

Explode Part	Эта команда позволяет преобразовывать символ
Explode I dit	Ута команда позволяет преобразовывать символ
	компонента в схеме к оазовым примитивам (наоору
	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.
	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.

5.3. Разработка ПЭС

Построение принципиальной электрической схемы осуществляется на основании государственных стандартов (ГОСТ) выдержки из которых изложены в главе 4 настоящего пособия.

5.3.1. Элементы рабочего поля в системе Р-САD

На рабочем поле размещаются элементы рабочего поля, часть из которых принадлежит к средствам отображения графической информации (линии, окружности, полигоны), а другая часть выполняет определённые функции разработке (библиотечные системные В компоненты, электрические цепи, шины, порты). Результатом ввода системных элементов РП является принципиальная электрическая схема. Элементы РП возможно корректировать при разработке, а также присваивать ИМ дополнительные свойства или атрибуты, которые можно систематизировать и использовать при выводе отчётной информации. Таблица 5.8. включает группы команд по операциям с элементами РП (ввод и размещение элементов, назначение) в пакетах Schematic и PCB, а также описание команд по операциям выделения групп элементов РП с заданными параметрами.

Таблица	5	8
таолица	\mathcal{I}	

Меню Place (ввод элементов рабочего поля) в Schematic	
Part	Размещает символ компонента в указанную точку рабочего
	пространства.
Wire	Размещает электрическую цепь или ряд сегментов цепей на
	текущем листе.
	Для изменения текущей ширины 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.
Pin	Размещает вывод компонента.
Меню Place	е (ввод элементов рабочего поля) в РСВ
Component	Размещает компонент на плате.
Connection	Позволяет ввести электрическую связь между выводами
	компонентов.
Pad	Размещает контактную площадку, имеющую текущий стиль.
Via	Размещает переходное отверстие, имеющее текущий стиль.
	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	С помощью команды Place/Copper Pour размещаются области
Pour	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 любом несигнальном слое, в
	слоях проводников со стороны установки компонентов (Тор)
	и со стороны монтажа (Bottom), в любом слое сплошной
	металлизации.
	Барьеры – неэлектрические элементы, которые учитываются
	программой автоматической трассировки печатных плат
	(Autorouter); они игнорируются программой проверки правил
	проектирования (DRC).
Plane	Вводит в проект плоскость металлизации во внутренних
	слоях, задавая линии раздела.
Room	Размещает комнату с определенными для нее правилами
	трассировки.
Dimension	Установка метрических параметров проекта

5.3.2. Установка метрических параметров

Для установки метрических параметров проекта используется команда Place Dimension (см. рис.5.11). Перед выполнением команды Place Dimension необходимо сделать активным тот слой, в котором расположены объекты, которые подлежат образмериванию. В списке Styles выбирается тип размера (см. табл.5.9).

Таблица 5.9.

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.

Place Dimension		
Styles: Point to Point	Orientation Text Style ⊙ Horizontal (Default) ○ Vertical Text Style	
cm 💌	Text Orientation	
Layer:	Horizontal 1.000mm	
Board 💌	O Vertical Line Width	
Precision: 1	Symbol Arrowhead I ext Length: 4.750mm	
Center Size: 200.0mil	O Square	
Tolerance	Display Units	
Positive: 0.0000cm	✓ Display Diameter Symbol	
Negative: 0.0000cm	Suppress <u>L</u> eading Zeros	
□ <u>D</u> isplay Tolerance ☑ <u>A</u> ssociated Dimension		
OK Cancel		

Рис. 5.11. 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.

После установки параметров в окне Place Dimension и нажатия кнопки «ОК» необходимо указать объект образмеривания и месторасположение текста и размерной линии. Например, для указания размера стиля «Point to Point» сначала выбирают первую точку, затем вторую, а потом указывают месторасположение текста и размерной линии.

5.3.3. Работа с группами элементов проекта

Для работы с группами элементов проекта используется команды Block Selection и Selection Mask, описанные в табл.5.10.

Таблица 5.10.

Меню Options (выделение групп с заданными параметрами) в Schematic,	
Symbol Editor	
Block	Данная команда определяет фильтры выбора групп элементов
Selection	рабочего поля для выделения в режиме Select. Настройка
	осуществляется с помощью соответствующего диалога.
«I»*	Возможно выбрать как все элементы, так и с определенными
	параметрами. Данная операция удобна при насыщенности схемы
	и необходимости редактировать атрибуты элементов рабочего
	поля.
	Диалог Options Block Selection содержит следующие опции:
	Items frame - непосредственный выбор списка элементов, задание
	критериев выбора
	В диалоге щелкните одним из флажков с соответствующей
	кнопкой Property (например, Port). Обратите внимание, что
	флажок имеет состояния:
	- включенный (отобранный);
	- исключенный (очищенный);
	- замаскированный (оттененный).
	Эта особенность позволяет сужать выбор, устанавливая
	определенные свойства как критерии выбора к элементам с

	соответствующей кнопкой Properties. Для обращения к этому
	свойству 'маски', необходимо установить элемент в «оттененное»
	состояние.
	Select Mode frame - способ выбора элементов относительно
	выделенного «окна»
	- Inside Block - настройка по умолчанию, которая означает, что
	все элементы выбора в «окне»
	- Outside Block - настройка, подразумевающая элементы выбора
	вне «окна»
	- Touching Block - настройка, подразумевающая элементы
	выбора в «окне» и «касание окна».
Меню Ор	tions (выделение слоёв с заданными параметрами) в РСВ,
Pattern Ed	itor
Selection	Определяет фильтр для выбора элементов рабочего поля в
Mask	слое/слоях. Настройка осуществляется с помощью
	соответствующего диалога. Команда идентична Options Block
	Selection B sch.

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР.

5.4. Формирование топологии ПП

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 (см. рис.5.12), 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.5.12. Интерфейс программы SPECCTRA

6. Создание конструкторско-технологической документации

На всех этапах жизненного цикла изделие сопровождается конструкторско-технологической документацией. Состав этой документации и ее содержание регламентируются ГОСТами.

В настоящее время в стране действует большое количество стандартов, которые сгруппированы в следующие комплексы:

- единая система конструкторской документации (ЕСКД);
- единая система технологической документации (ЕСТД);
- единая система программной документации (ЕСПД);
- единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) и др.

Основная задача стандартизации – обеспечить единую нормативнотехническую, информационную, методическую и организационную основу проектирования, производства и эксплуатации изделий [100].

При этом обеспечивается использование единого технического языка и терминологии, взаимообмен документацией между предприятиями без ее переоформления, совершенствование организации проектных работ, возможность автоматизации разработки технической документации с унификацией машинно-ориентированных форм документов, совершенствование способов учета, хранения и изменения документации и др.

6.1. Единая система конструкторской документации (ЕСКД)

Государственные стандарты, входящие в ЕСКД, устанавливают взаимосвязанные единые правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации на изделия, разрабатываемые и выпускаемые предприятиями всех отраслей промышленности.

Конструкторские документы (КД) – графические и текстовые документы, в отдельности или в совокупности определяющие состав и устройство изделия, и содержащие необходимые данные для его изготовления, контроля, приемки, эксплуатации, ремонта, утилизации.

Стандартам ЕСКД присваивают обозначения по классификационному принципу. Номер стандарта составляется из цифры, присвоенной классу стандартов ЕСКД, одной цифры после точки, обозначающей классификационную группу стандартов в соответствии с табл.6.1, числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе, и двузначной цифры (после тире), указывающей год регистрации стандарта. Например, обозначение стандарта ЕСКД «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» имеет вид: ГОСТ 2.701-84, то ГОСТ нормативно-технического есть категория документа (государственный стандарт), 2 – класс (стандарты ЕСКД), 7 классификационная группа стандартов, 01 – порядковый номер стандарта в группе, 84 – год регистрации стандарта.

К графическим конструкторским документам относятся:

• чертеж детали – изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;

• сборочный чертеж – изображение сборочных единиц и другие детали, необходимые для сборки и контроля;

• электромонтажный чертеж – данные для электрического монтажа изделия;

• схема – составные части изделия в виде условных изображений или обозначений и связи между ними.

К текстовым конструкторским документам относятся:

• спецификация – определяет состав сборочной единицы;

• ведомость покупных изделий – перечень покупных изделий, примененных в разрабатываемом изделии;

• ведомость держателей подлинников – перечень организацийхранителей подлинников примененных в изделии документов;

Таблица 6.1.

Шифр	Содержание стандартов в группе
группы	
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий в КД
3	Общие правила выполнения чертежей
4	Правила выполнения чертежей изделий
	машиностроения и приборостроения
5	Правила обращения КД (учет, хранение, дублирование,
	внесение изменений)
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной
	документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов строительных,
	судостроительных и горных дел
9	Прочие стандарты

Классификационные группы стандартов в ЕСКД

• пояснительная записка – описание устройства и принципа действия разработанного изделия, а также обоснование разработки;

• технические условия – требования к изделию, его изготовлению, контролю качества, приемке и поставке;

• эксплуатационные документы – документы для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации;

• инструкция – указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле и т. п.);

• патентный формуляр – документ, содержащий результаты патентного поиска, осуществленного при разработке изделия. В нем содержится оценка патентоспособности, патентная чистота и технический уровень разработанного изделия, материала, процесса, метода.

В общем объеме КД, выпускаемой в процессе разработки изделий, в том числе РЭА, существенное место занимает схемная документация.

Схемы применяют при изучении принципа действия механизма, прибора, аппарата при их изготовлении, наладке и ремонте, для понимания связи между составными частями изделия без уточнения особенностей их конструкции. Схемы являются исходным базисом для последующего конструирования отдельных частей и всего изделия в целом.

При проектировании РЭА используются различные виды схем, которые классифицированы в ГОСТ 2.701-84 (см. гл.IV, п.1).

6.2. Единая система технологической документации (ЕСТД)

Государственные стандарты, входящие В ЕСТД. устанавливают взаимосвязанные единые правила и положения по порядку разработки, обращения документации, оформления технологической И разрабатываемой отраслей И применяемой предприятиях всех на промышленности страны.

(ТД**)** Технологические документы текстовые графические — И документы, в отдельности или в совокупности определяющие порядок изготовления изделия, проведения процессов и содержащие необходимые данные для контроля и приемки изделий.

Так же как в ЕСКД стандартам ЕСТД присваиваются обозначения на основе классификационного принципа. Номер стандарта составляется из цифры 3, присвоенной классу стандартов ЕСТД, одной цифры после точки, обозначающей подкласс (цифра изделий 1 для машино-И приборостроения), одной цифры, соответствующей классификационной группе стандартов в соответствии с табл. 6.2, числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе, и двузначной цифры (после тире), указывающей год регистрации стандарта. Например, обозначение стандарта «ЕСТД. Правила оформления документов контроля. Журнал контроля технологического процесса» имеет вид: ГОСТ 3.1505-75, то есть ГОСТ – категория нормативно-технического документа (государственный стандарт), 3 – класс (стандарты ЕСТД), 1 – изделие машино- или приборостроения, 5 – классификационная группа стандартов, 05 – порядковый номер стандарта в группе, 75 – год регистрации стандарта.

Таблица 6.2.

Шифр	Содержание стандартов в группе
группы	
0	Общие положения
1	Основополагающие стандарты
2	Классификация и обозначение технологических
	документов
3	Учет применяемости деталей и сборочных единиц в
	изделиях и средств технологического оснащения
4	Основное производство. Формы технологических
	документов и правила их оформления на процессы,
	специализированные по видам работ
5	Основное производство. Формы документов и правила их
	оформления на испытания и контроль

6	Вспомогательное производство. Формы технологических
	документов и правила их оформления
7	Правила заполнения технологических документов
8	Резервная
9	Информационная база

Стадии разработки ТД определяются этапами разработки КД на изделие. На конструкторском этапе «Техническое предложение» ТД не разрабатывается, на конструкторских этапах «Эскизный проект» и ТД разрабатывается «Предварительный «Технический проект» как В промышленности проект». отдельных отраслях существует «Директивная технологическая документация», предназначенная не для изготовления, а для выполнения предварительных расчетов различного (инженерно-технических, планово-экономических, рода задач размещения организационных) в целях определения возможности соответствующего заказа на том или ином предприятии.

Основные технологические документы содержат различную информацию:

• о комплектующих составных частях изделия и применяемых материалах;

• о действиях, выполняемых исполнителями при проведении технологических процессов и операций;

• о средствах технологического оснащения производства;

• о наладке средств технологического оснащения и применяемых данных по технологическим режимам;

• о расчете трудозатрат, материалов и средств технологического оснащения;

• о технологическом маршруте изготовления и ремонте;

• о требованиях к рабочим местам, экологии окружающей среды.

Основные технологические документы используют, как правило, на местах. Вспомогательные технологические рабочих документы разрабатывают с целью улучшения и оптимизации организации работ по технологической подготовке производства. Производные технологические документы применяют для решения задач, связанных с нормированием материалов, полуфабрикатов трудозатрат, выдачей сдачей И И комплектующих изделий.

Выделим основные виды технологических документов и укажем их назначение:

• маршрутная карта – описание ТП изготовления изделия по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах;

• операционная карта – описание отдельной технологической операции с указанием переходов, данных о технологическом оборудовании, оснастке, инструментах и режимах обработки;

• технологическая инструкция – описание приемов работы, правил эксплуатации (наладки и настройки) средств технологического оснащения, приготовлению растворов, электролитов, смесей и др.;

• ведомость технологических маршрутов – сводная информация по технологическому маршруту изготовления изделия и его составных частей;

• ведомость материалов – данные о заготовках, нормах расхода материалов на изделие;

• комплектовочная карта – данные о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия;

• ведомость технологических документов – полный состав технологических документов, применяемых при изготовлении изделия;

• ведомость оснастки – полный состав технологической оснастки, применяемой при изготовлении (ремонте) изделия;

• ведомость оборудования – полный состав оборудования, применяемого при изготовлении (ремонте) изделия;

• паспорт технологический – комплекс процедур по выполнению технологических операций исполнителями, технологическому контролю, контролю представителями заказчика или госприемки;

• журнал контроля технологического процесса – предназначен для контроля параметров технологических режимов, применяемых при выполнении операций на соответствующем оборудовании, и др.

Маршрутная карта (MK) является ОДНИМ ИЗ важнейших технологических документов комплекта. Формы и правила оформления МК устанавливаются соответствующим ГОСТом (ГОСТ 3.1118-82). В МК указывается адресная информация (номер участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование, инструменты и приспособления, применяемые материалы и нормы их расхода, нормы расхода рабочего времени на выполнение операции, требования по качеству результата операции. При составлении МК операции необходимо именовать кратко, без возможности других толкований, начиная с отглагольного существительного, например: «Установка микросхем на печатные платы», «Пайка бескорпусных микросборок на печатные платы», «Контроль качества нанесения припойной пасты». Переходы необходимо формулировать глаголами в повелительном наклонении, например: «Извлечь деталь из тары», «Закрепить разъем на плате согласно чертежу», «Проверить внешним осмотром правильность установки элементов на плате согласно чертежу», т.е. сначала обращается внимание исполнителя на главное действие, а затем на предметы, посредством которых достигается цель.

6.3. Создание принципиальной электрической схемы (исходные данные для форматов)

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.ХХХХХХХХХЭЗ).

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

В графах основной надписи указывают следующие поля (см. рис. 6.1 и рис. 6.2):

(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 предприятияразработчика. Графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа.

Поля рис.6.1. должны соответствовать полям на рис.6.2 (см. п.5.2.1.1.). Заполнение полей осуществляется с помощью команды File/Design Info/Fields (см. п.6.4. «Управление информацией ввода-вывода»).

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.XXXXXXX, который включает:
• код организации (четырехзначный, буквенный) – назначается по кодификатору организаций-разработчиков. Для курсового проекта в рамках учебного процесса вводят две буквы «КП»;



Рис.6.1. Основная надпись по ГОСТ 2.104-68

					{Drawing Number}				
						Лит.	1	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата					
Pas	раб.	{Author}		{Date}	{Title}				
Про	вер.	{Checked By}			. ,				
Т.к	онтр.	{Engineer}				Лист	1	Лист	06
Н.контр.		{Н.контр.}							
Ут	в.	{Approved By}							

Рис. 6.2. Основная надпись с размещёнными полями (в системе P-CAD)

• 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 ЭЗ.

При выпуске документа принципиальной электрической схемы необходимо руководствоваться нормативно-технической документацией изложенной в главе 4.

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. Правила выполнения схем.

• 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 - Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.

• ГОСТ 2.710 - Обозначения условные буквенно-цифровые, применяемые на 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 2.743 - Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники

• 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.

6.4 Управление информацией ввода-вывода

6.4.1. Команда File Design Info (ввод информации о проекте)

Для управления внутренней информацией проекта, к которой можно отнести не только данные разработчика и названия устройства, но и задание внутренних значений полей, количества наборов полей, ввод в проект замечаний, таблиц и др. информации, служит команда File/Design Info (в графических редакторах Schematic и PCB). В таблице 6.3. рассмотрено функциональное назначение команды File/Design Info и доступные для этой команды опции.

Диалог команды File Design Info включает все предопределенные и определяемые пользователем поля Fields (или области), содержащиеся в пределах проекта. Для размещения в проекте полей, перечисленных в этом диалоге, используется команда Place/Field.

Если значение поля изменяется посредством этого диалога, то оно автоматически обновляется (отражается новое значение).

Предопределенные типы полей: Title, Author, Date, Time, Revision, Drawing Number, Approved By, Checked By, Company Name, Drawn By, and Engineer.

Возможно создавать поля, определяемые пользователем, что является очень удобным и практичным инструментом File/Design Info/Fields/Add.

Вкладка Fields Properties содержит описание поля (Name, Value), присутствует возможность задавать стиль вывода поля (Text Stile).

File Design Info/General Tab (общая информация о проекте).

Общая вкладка, которая содержит общую информацию о файле проекта, включая его имя, местоположение, размер, и дату создания (последнего изменения).

<u>File Design Info/Notes and Revisions Tabs (таблицы примечаний проекта).</u> Notes Tab - вкладка примечаний. Во вкладке Notes диалога File Design Info возможно вносить примечания, которые могут быть размещены на рабочем поле посредством команды (Place Field) или Note Table. Эти примечания могут аннотироваться, используя символы промышленного Таблица 6.3.

Меню File (упра	вление информацией ввода)
Design Info	Команда File/Design Info используется для ввода
C	информации о проекте, составляет отчет статистики
«D»*	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 опции, 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,
	диалог команды File/Design Info содержит
	дополнительные пункты:
	Таблица примечаний проекта (Notes Tab).
	Информация об изменениях, внесенных в проект
	(Revisions Tab).

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР.

стандарта: поле, круг, или треугольник.

Вкладка Notes Tab содержит следующие назначаемые пользователем опции:

• Field Set (набор полей): для сохранения или изменения содержания «полей» из определённого набора, присвойте имя набору или выберите существующее во вкладке Field Set. Примечания Notes для этого набора полей могут быть изменены, редактируя строки в диалоге. Наборы полей могут быть добавлены или удалены, щелкая Field Sets. (см. Field Set).

- Number of Notes: общее количество примечаний.
- Note Text: Введите примечание в поле примечания.

• Annotation: Выберите тип оформления аннотации для номера примечания (квадрат, круг, треугольник, отсутствует).

• Add: добавить примечание.

• Delete: Чтобы удалить примечание, поместите курсор в поле Note и щелкните Delete.

• Import/Export: импортировать/экспортировать значения примечаний в текстовой файл. С помощью этого механизма осуществляется обратная связь с проектом. Пример: в разработке создаём какой-либо отчёт, получаем текстовой файл, затем его импортируем с помощью этой команды и вносим на рабочее поле проекта командой Place/Field/Note#. Получаем достоверную информацию в одном месте.

Revisions Tab – вкладка проверок. Вкладка Revisions идентична вкладке Notes за исключением возможности импорта, экспорта и аннотации. Примечания проверки Revision notes используются для документирования изменений проекта.

Statistics Tab – вкладка статистики: отображение информации об открытой в настоящее время разработке.

Поля и наборы полей (Fields and Field Sets).

Field (поле) - специальный тип текста, играющий роль заполняемой метки для определенной информации проекта. Поле возможно вставить в формат (title block).

Например, если вы вставляете поле {Title} – имя разработки в проект, P-CAD Schematic автоматически отображает его везде, где поле размещено. После заполнения значение поля {Title} через команду File Design Info/ Fields, отображается его истинное значение.

P-CAD Schematic включает следующие поля по умолчанию: Approved By, Author, Checked By, Company Name, Date, Drawing Number, Drawn By, Engineer, Revision, Time and Title.

При группировании значений полей получаем набор полей (Field set), затем назначаем определённый набор на рабочее поле проекта, возможно, отдельную страницу. P-CAD Schematic автоматически обновляет информацию о полях как замена значений, основанную на понятии набора полей листа, на котором они расположены.

6.4.2. Команда File Reports (управление информацией вывода)

В таблице 6.4. рассмотрено функциональное назначение команды File Reports (в графических редакторах Schematic и PCB) с помощью которой можно настраивать и создавать отчёты проекта.

Создание отчётов (в редакторе Schematic).

При системном подходе к созданию проекта, отчёты с информацией настраивают в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСТД (спецификации, карты и др.). Для этого необходимо создать или наложить на существующие библиотеки требуемую информацию в виде атрибутов компонентов, затем настроить отчёт с соответствующим названием.

P-CAD позволяет в одном файле содержать всю сопроводительную информацию, вплоть до цены компонента.

Таблица 6.4.

Меню File (управление информацией вывода)					
Reports	Позволяет генерировать текстовые отчеты проекта				
	(схемы sch, топологии pcb) с определенными опциями				
«A»*	вывода. Эти опции сохраняются в файле конфигурации				
	SCH.INI при выходе из программы.				
	Если в отчете необходимо корректировать				
	информацию вывода, то используют клавишу				
	настройки Customized. Кнопка Add позволяет создать и				
	настроить новый пользовательский отчёт в одном из				
	форматов (*.bom,*.atr,*.gnr, и т.д.).				

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР.

Команда File Reports позволяет настраивать стандартные и создавать новые отчёты проекта для многократного использования.

Пользовательские настройки позволяют: осуществлять выбор атрибутов отчёт; компонентов для вывода В задавать ИХ последовательность по списку; порядок сортировки; выбирать количество линий в страницу и ширину столбца; включать в отчёт заголовки и нижние колонтитулы. Эти опции сохраняются в Sch.ini файл.

Диалог команды подразумевает управление следующими областями: Filename: выходной файл отчёта с расширениями по умолчанию (см. ниже, формат *.txt).

Reports to Generate (полный список отчётов к выводу): список системных отчётов (по умолчанию) и пользовательских отчётов (настройка отдельно, см. ниже). Каждый тип сообщения имеет собственное уникальное расширение, которые не могут быть заменены.

Системные отчёты:

• Attributes – отчёт атрибутов с расширением *.ATR (атрибуты (atr) перечисляют признаки, присвоенные каждому компоненту и каждой цепи проекта с учётом систематизации и унификации).

• Bill of Materials – отчёт компонентов и атрибутов с расширением *. BOM.

• Global Nets – отчёт о глобальных цепях с указанием номера листа схемы с расширением *.GNR.

• Last Used RefDes – отчёт последних значений позиционных обозначений компонентов всех типов с расширением *.LUD.

• Library Contents – отчёт всех компонентов, содержащихся во всех открытых библиотеках с расширением *.LCT.

• Parts Location – отчёт позиционных обозначений всех компонентов схемы и координат их расположения с указанием номера листа с расширением *.PLC.

• Parts Usage – отчёт неиспользуемых вентилей (секций) многосекционных компонентов с расширением *. PTU.

• Report Destination (направление вывода данных отчета):

• Screen – экран дисплея.

- File файл.
- Printer принтер или плоттер.

• Style Format (форма представления отчетов)

• PCAD Report – форма отчёта с настраиваемыми шириной столбца, количеством линий на странице и т.д.

• Separated List – форма отчёта с разделителями, задаваемыми в строке List Separator, подготовленный для передачи в электронные таблицы типа Word, Excel и др.

Нижеследующие кнопки позволяют управлять содержимым списка отчётов:

• Delete: удаление настроенного отчёта из проекта (кроме системных отчётов).

• Customize: диалог настройки отчёта, в котором возможно создавать и сохранять настройки для дальнейшего использования;

- Set Defaults: значения по умолчанию.
- Set All: выбор отчетов для вывода в единый файл с именем проекта.
- Clear All: Очистить Все: отмена выбора отчётов.
- Generate: непосредственная генерация выделенных отчётов.

Настройка отчётов Customize Reports (в редакторе Schematic).

Перед непосредственной настройкой отчёта необходимо сделать следующие шаги:

• Выбрать команду File Reports.

• Выбрать один из системных отчётов из списка Reports to Generate, при этом становится доступен режим Customize (флажок подсвечивается синим).

• Выбрать Screen, File или Printer в рамке адресата Report Destination.

• Выбрать форму отчёта PCAD Report или List Separator в рамке Style Format.

• Выбрать подсвеченный флажок Customize для открытия диалога настройки выбранного отчёта.

• Выбрать кнопку Add для сохранения настроенного отчёта под своим именем в поле Enter Report Name.

• Выбрать Generate.

При установке флажка Customize становится доступным режим Customize Reports, который содержит три области:

• Format (настройка вывода с добавлением системной информации).

• Sort (правила сортировки атрибутов проекта).

• Selection (выбор атрибутов проекта для отображения в отчёте, их взаимное расположение, задание критериев для выбора).

Customize Reports/Format позволяет включать в отчёт следующую информацию:

• Use Header, Use Footer – из строк колонтитулов Header и Footer.

• Design Info – введение системной информации (содержание см. по команде File/Design Info).

• Date/Page – о текущей дате и номере страницы.

• Pagination – о разбиении на страницы, число строк в которой определяется в подкоманде Lines per page.

Customize Reports/Sort позволяет сортировать данные сообщения из списка Available Fields. Для установки желательного порядка сортировки предназначены кнопки Ascending или Descending. Для перемещения отобранного поля в список Selected Fields, щелкните Insert или Append. Кнопка Insert помещает поле непосредственно выше отобранного поля в списке Selected Fields. Кнопка Append помещает поле в конце списка Selected Fields. Порядок сортировки для каждого поля в списке Selected Fields. Порядок сортировки для каждого поля в списке Selected Fields. Кнопка Insert или Append помещает поле в конце списка Selected Fields. Порядок сортировки для каждого поля в списке Selected Fields. Кнопка Append помещает каждого поля в списке Selected Fields. Кнопка Selected Fields обозначен с (А) для Возрастания и (D) для Убывания. Кнопка Remove перемещает поле из списка Selected Fields назад к списку Available Fields.

Customize Reports/Selection позволяет выбирать атрибуты компонентов в области Field (понятие поле «Field» в PCAD имеет другой смысл) для отображения при выводе. При задании критериев выбора необходимо ввести требования отбора в соответствующие ячейки, т. к. они являются логическими функциями («И», «ИЛИ»). Возможно добавлять области признаков (Add Row, Add Column).

Критерии выбора атрибутов отчёта.

В случае необходимости выделения для отчёта компонентов с определёнными признаками, помогают критерии выбора, которые позволяют уменьшить количество выводимой информации. Так, группе компонентов с одинаковыми атрибутами (признаками), в ходе разработки присваиваются различные значения. Система приводит в соответствие проекту всё множество атрибутов, а в отчёте выводится только та информация, которая определена к выводу с помощью критериев.

В столбцах функций «И», «ИЛИ» задаём в соответствие с именем атрибута логическую операцию сравнения с определённым значением (отбор значений).

Критерии выбора атрибутов появляются во вкладке Customize Reports/Selection в поле Field при выборе соответствующей строчки и состоят из опций описанных в таблице 6.5.

Таблица	6.5.	•
---------	------	---

Оператор	Функция
=	Полное соответствие. При использовании с оператором
	подстановочного знака: * или ?, этот оператор становится
	буквальным.
<	Меньше чем
>	Больше чем
<=	Меньше или равно
>=	Больше или равно
\diamond	Не равно
IsLike	Если используется с подстановочными знаками * или ?,
	является признаком подобия. Например, условию IsLike 2*
	удовлетворяет любой набор символов, начинающийся с
	двойки, а условию IsLike v?l— любой набор из трех символов,
	начинающийся с буквы V и заканчивающийся единицей. Без
	подстановочных знаков эквивалентен равенству (=)
IsNotLike	С подстановочными знаками является признаком отсутствия
	подобия. Например, IsNotLike 5* исключает из запроса все
	наборы символов, начинающиеся с пятерки. Без
	подстановочных знаков эквивалентен неравенству (<>)
Exist	Признак существует.
NotExist	Признак не существует.
AnyValue	Признак существует, и имеет определенное значение.
NoValue	Признак существует, но не имеет значения.

6.4.3. Меню DocTool (управление информацией вывода)

Меню DocTool (в графических редакторах Schematic и PCB) содержит набор команд с функциями документирования (см. таблицу 6.6.).

Таблица 6.6.

Меню DocTool (ссылки на команды других меню, таблицы)					
Place Table	С использованием этой команды, входящей в Р-САД				
	Document Toolbox, можно размещать разнообразные				
	таблицы в проекте.				
	Эту команду удобно использовать для разработки				
	перечней элементов.				
Titles	Позволяет определить структуру проекта (форматы).				
(Options/Sheets/					
Titles)					
«Y»*					
Notes	С помощью этой команды вводятся примечания к				
(File/Design	проекту (как правило, указания на питание микросхем,				
Info/Notes)	особенности монтажа и т.д.), существует возможность				
	ввода сгенерированных отчётов в проект.				
«D»*					
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.				

(*) – рекомендуемые «горячие» клавиши для работы в САПР.

6.4.4. Команда File/Publisher (публикация содержимого библиотек)

В программе Library executive существует возможность создания печатной версии описания библиотечных компонентов проекта (см. таблицу 6.7.).

Таблица 6.7.

Меню File (публикация содержимого библиотек)						
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.					

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.

После настройки принтера выбрать 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.

File Print	
Sheets: Sheet1	Override Settings Current Window Scale <u>t</u> o Fit Page
	Page Setup
	Print Options
	<u>G</u> enerate Printouts
<u>S</u> et All	Tile Sheets
<u>C</u> lear All	Print Pre <u>v</u> iew
Minimum Line Width for printing (p	oixels): 1 😴
Printer Setup Samsung SCX-	4300 Series
Close	,

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 «формата» (Title).

Page Setup		
Sheets:	Print Sheet Options Image Options ■ Botate Initle × offset: 0.000mm Y offset: 0.000mm Print Region Initle Image Options Initle Y offset: 0.000mm Define Region Initle Lower Left Corner: X: Y: 0.000mm Upper Right Corner: X: Y: 0.000mm Y: 0.000mm	Image Scale
Update Sheet		Close

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).

		tem Colors
C <u>S</u> mall	a <u>c</u> kground	<u>_</u> ire]
C Large	(unused)	<u>P</u> art
⊙ <u>U</u> ser	(unused)	B <u>u</u> s
<u>S</u> ize: 1.016	(unused)	<u>J</u> unction
	(unused)	Pi <u>n</u>
		Line
		Polygon
	Wire Attr	Te <u>x</u> t
	Part Attr	<u>O</u> pen End
	Part Attr	<u>O</u> pen End

Рис.7.3. Установка параметров для печати отдельных участков ПЭС

7.2. Печать топологии печатной платы

Для вывода на печать используется команда File Print	CM.	рис.7.4.)).
--	-----	-----------	----

File Print	
Add <u>M</u> odify	Delete Print Job Name: SB
Print Jobs: SB	General Options Colors Print Job Options Print Job Drawing Order
	Region Adjustments Scale Adjustments Image: Scale Print Job Regions Image: Scale Print Job Scaling Image: Current Window (Override Print Jobs) Image: Scale To Fit Page (Override Print Jobs)
	Minimum Line Width (pixels):
	P <u>r</u> inter Setup Samsung SCX-4300 Series
Move Up Move Down	Drill Symbols
Print Preview	
<u>G</u> enerate Printouts	
Quick Print Current Display Print Preview	
Print Current Display	
J Scale To Fit Page	
Close	

Рис.7.4. Настройка устройства вывода на печать топологии ПП

При формировании заданий на печать в поле Print Job Name (см. рис.7.5.) задается имя задания с последующим нажатием кнопки Add. В поле Print Jobs отображается список заданий.

Во вкладке Print Job Options выводится список слоев проекта. Щелчком по имени слоя при удерживаемой клавише Ctrl выбираются слои, которые будут выведены из данного чертежа.

Вкладка Print Job Options содержит три кнопки, позволяющие выбирать все слои (Set All), сбросить все слои (Clear All) и выбрать определенный набор слоев (Apply Layer Set).

Масштабирование изображения задается в группе параметров Scale And Origin. Для того чтобы изображение полностью заполнило лист, отмечается флажок Scale to Fit Page. В поле Scale можно задать любой масштаб.

File Print			
<u>A</u> dd <u>M</u> odify	Delete Print Job Name: SB		
Print Jobs:			
SB	General Options Colors Print Job	b Options Print Job Drawing Orc	ler
	Included Layers: Top Assy Top Silk Top Backs	Scale And Origin	Display Options
	Top Faste Top Mask Top Bottom	X offset: 0.0mil	☐ Dra <u>f</u> t ☐ Thin Stroked Te <u>x</u> t ☑ R <u>e</u> fDes
	Bot Mask Bot Paste Bot Silk	Y offset: U.Umil	I _ype □ _Value ▼ Pads
	Bot Assy Board	Region ✓ Design E <u>x</u> tents	✓ <u>V</u> ias Pad/Via <u>H</u> oles
Move Up Move Down		Define <u>R</u> egion	<u>G</u> lue Dot <u>Test Point</u>
Set Ali Clear Ali		X: 0.0mil	Cutouts
Print Preview		Y: 0.0mil	No Mt Hole Cu
<u>G</u> enerate Printouts	<u>S</u> et All <u>C</u> lear All	Upper Right Corner:	
Quick Print Current Display	Apply Layer Set	X: 4568.0mil	Drill Symbols
Print Preview	V	Y: 3651.5mil	Size: 80.0mil
Scale To Fit Page	Variant		C Plated Holes C Non-plated Holes C All Holes
Close			

Рис.7.5. Формирование заданий на печать топологии ПП

Область печати задается в группе параметров 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.

II. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Выполнение лабораторных работ дает базовые знания по эксплуатации P-CAD-2006 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-2006.

Этапы проектирования печатной платы в системе PCAD-2006:

- 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 (РЭК) 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 (в файл .sym).
- 5. Подготовить отчет.

Наличие развитой библиотеки РЭК является необходимым условием для нормальной работы системы. Поскольку стандартные библиотеки P-CAD-2006 практически российских непригодны работы для проектировщиков. библиотеки. Они вынуждены создавать свои содержащие условные графические изображения и конструктивы, как компонентов российского производства, так И зарубежного действующими стандартами. Размеры соответствии С условнографических обозначений приведены в ГОСТ 2.728, 2.730, 2.743 (см. главу IV).

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 Renumber Pins, средства проверки правильности создания символа Validate Symbol (рис.1.1.). 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.

ФР-	-CAD 2006 Symbol Editor - [AT89C52]																															
2 2	/mbol	Edit	<u>V</u> iew <u>P</u> la	ce <u>O</u> ptions	Library !	Utils	Macro	Wi	ndow	He	lp																			-	5	×
₽	D	à	84	X 🖻	B 0	CH.	للسيسا	Q	v	12	23 (3	Ŧ																			
•	18 12		0.00 9	RefDes	1 }	10	e 12	se.	e v	- 13	-	25	8 s	÷	90 - 81	1	22	:2	e.	18 - 1			25	sg.	żž	2	22	-	88 B	. 23		^
	3.00	30	(· · · ·			30		<u>:</u>	51 B	18	:22		3 1	:	12 14		13	51		18 B	: :			99	•	33	13	:2	18 8	8 18	:2	
	×		-P1.0	MC	P0.0			1	13 B	6	•	23	30 B		•		<u>.</u>	•		8 1		•		3	•		÷.	•33	•	6 8	-82	
	-		-P1.1		P0.1			96	38 N	8 32	33		<u>.</u>		30 R				4	92 - 93 9		÷ .	22	26			1	33	93 B		30	
M	G		-P1.2	5 2 2	P0.2			1	2 2	1.14	-33		12 1	1		1.5		2	22	11 B	: :	: 2		127	•	525	12	133	¥ 1	8.12	13	
2	G		-P1.3	8 X X	P0.3				6 9	8	<u>1</u>		96 Q	·	· •		1	•	•	8 J	• •	•		32	•		•	•27	•	6.97	- 63	
\square	G		-P1.4	8 3 3	P0.4			35	10.0	14	•33		30-1		.ss					84 B		•		35				-35	•	8 15	-85	
Δ	G		-P1.5		P0.5			96.	10	1	10	22	<u>.</u>		30 S				4	92 - 93		÷.	22	26.			3	1			.30	
	G		-P1.6	8 8 8	P0.6			1	28.7	12	-		18 8	2			12	24		11 B	1	0.0		137	•	12	12	-	8 B	12	- 13	
6	G		-P1.7	K H H	P0.7			3	9.3	8	•		1				22	•2		18 J	•	2		32	•			-20		6 19	12	
2	12, 33		· · ·		· · · ·	20	• •	35		8	-33		30 A				12		•	3 . 8		•		36			12	-35	. 3	8 15	-35	
	-		Reset		PSEN			2	8. 8	13	13	23	8.2	i.	10 8		23	80		13 13	e 1	1	23	22	1		23	33	81.3	1.23	- 23	
	-		-Xtal I	e a a	ALE			1	: - e	5 15	:2		3 1	1	1		12	:1		85 9	: ;			92		33	13	:2	8.3	8 B	- 12	
	G		-Xtal2			- 83	•		-3 B	6 83	-82	•	X 3		•		32	•	•	88-12		•	1	134	•	100	÷.	•22	•	6 33	-82	
	G		-EA	3 2 2	P2.0			З.	.s 5	1	.23		12 2			12	1			÷. 3		· .		33.		12	1	123	÷. 1	2. 24	•23	
	13.18	- 52		1.0.2	P2.1			1.A	8. 8	1	93	63	5 2	i i	10 8		33	52	12	18 1	ŧ - 6	0.0		22	23	10	22	93	84 B	1.23	23	
	G		-P3.0	e a a	P2.2			93	:1 3	18	:0		3 1	5	12 14		12			18 B	: :		13	92		33		:22	32 3	8 IR	- 22	
	G		-P3.1	68.5	P2.3			3	3.5	6.18	-0.1	23	R 3		-81 -83	•	5.	•		8 1				3	•		÷.	-83	-3	1.5	12	
	G		-P3.2	10 12 12	P2.4			÷.		1	120		12 2				1							1		1.		123		6.75	-23	
	-		-P3.3	5 3 8	P2.5			1	2 2	14	-		12 1		1	13		2		13 B	: :			137	•	15		•33	<u>e</u> 1	10	13	
	G		-P3.4	8 H H	P2.6				6.3		-25	•	8				22	•	$\mathbf{F}_{\mathbf{r}}$	8.5				32	•			-22	•	0.02	-82	
			-P3.5		P2.7			3.	10.0	19	-33	1	3				1		•	84 8			12	35		33	12	-35		8 15	-35	
	G		-P3.6					96 .		2.22	.00		<u>.</u>				2			82 B		÷.		26.				30		1	.80	
	G		-P3.7	8 8 8	$\sim \sim \sim \sim$	- 54	:	1	14 Z	14	-		15 5	1		15			22	14 B	; ;	8		237	•	15	12	133	<u>e</u> 1	8.12	- 23	
		- 82				10	• •	3	()		- 50		× 3	•	•		2	1				•		39	•			•C)	•	<	-	~
	<								_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_		_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	>	
Click <	Left> to	o single	e Select, <0	Ctrl> <left> for</left>	r multiple, or	drag f	or block	< sele	ect.	_	1	_	_		-	1	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	
193.04	10	78.7	40 (Abs 2.540	*	M	Sheet1		~		v	0.2	54mr	n	~																	

Рис.1.1. Интерфейс графического редактора P-CAD Symbol Editor с файлом символа РЭК - АТ89С52.sym на экране

Рассмотрим создание символа РЭК в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТы см. в главе IV).

Для компонентов включающих несколько различных логических секций (например: электромагнитные реле, диодные сборки) необходимо создать символ для каждой секции. Микросхема (МС) может состоять из нескольких вентилей, вентиль МС – это повторяющийся законченный логический блок. Для таких МС символьное изображение создается только для одного вентиля. Но секции МС могут быть и 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* (рис.1.2.), поскольку в соответствии с ЕСКД (ГОСТ 2.747, 2.728, 2.730) 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 символа МС 2,5мм; 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 ручного 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 (рис.1.3.); или в строке состояний.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid. Приблизить изображение настолько, 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 (рис.1.4.).

а) Выбрать команду.

б) Щелкнуть левой кнопкой мыши в рабочем поле и задать параметры объекта:

Длина вывода: Length – User: 5mm;

Options Configure
Workspace Size
○A ○B ○C ○D ○E ○A4 ○A3 ○A2 ○A1 ○A0 Edit <u>I</u> itle Sheets
O ∐ser Wjdth: 558.800mm Height: 431.800mm
Orthogonal Modes Net Increment ECOs ♥ 90/90 Line-Line Increment Value ● ECO Format ♥ 45/90 Line-Line ● Was/Is Format
AutoSave AutoSave Time Interval (minutes): Units □ Enable AutoSave 30 0 mil □ Purge Previous Backups 30 0 mm □ Compress AutoSave Files 3 0 inch
Compress Binary Designs DDE Hotlinks Add junction to a port placed in the middle of wire
File Viewer: notepad
Zoom Factor: 2.00 Autopan (½ Display): 25
OK Cancel

Рис.1.2. Установка метрической системы единиц

Options Grids			
Grid Spacing: [<mark>2.540]</mark> Grids:	<u>A</u> dd Delete	Visible G	rid Style e
2.540	Relative Gr X: 0.000m Y: 0.000m	m m for Origin	Mode A <u>b</u> solute <u>R</u> elative OK
			Cancel

Рис.1.3. Параметры координатной сетки

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;

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 значок «тильда»: «~», тогда имя в символе будет с надчеркиванием. Номер вывода – Default Pin Designator – рекомендуется задавать всегда.

Place Pin	
Text Style Length Pin Name: (PinStyle) Pin Des: (PinStyle) Text Styles Use Display Default Pin Name: ✓ Pin Des ✓ Increment Pin Name ✓ Increment Pin Des ✓ Increment Pin Des ✓ Increment Pin Des ✓ Increment Pin Des ✓ Increment Pin Name ✓ Increment Pin Name ✓ Increment Pin Name ✓ Increment Pin Des ✓ Increment Pin Des ✓ Increment Pin Number 1 Increment Pin Number 0K OK	Inside Edge Inside Edge None Clock Dutside Edge None Dutside Edge None Dot Polarity In Polarity Out Outside Concel Inside None Dopen Dopen High Dopen Low Passive Up Passive Dowr Shift Outside None Postponed Shift Outside None Postponed Shift Outside None None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside None Shift Outside Cancel

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 линии, 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,

a) 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 (рис.1.5.). Эта команда используется на данном этапе для ввода функционального значения символа микросхемы (1, &, RG и т.д.).

Place Text				
	Place	Can	cel	<< L <u>e</u> ss
Location <u>X</u> : 40.640 <u>Y</u> : 119.380	Justification O O O O O O O O O	Elip Text Styles: (Default)	<u>R</u> otate 90.0	0.0deg Text <u>S</u> tyles

Рис.1.5. Редактирование текста

5) Ввести необходимые атрибуты командой Place Attribute (рис.1.6.):

a) выбрать категорию (Attribute Category) Component и наименование (Name) Туре, 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 формировании принципиальной электрической схемы.

- 6) 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.
- 7) Проверка: кнопка Validate Symbol на панели системных команд. При наличии ошибок необходимо их исправить. Если ошибок нет, то появится сообщение, показанное на рис.1.7.
- 8) Сохранение файла: созданный символ РЭК сохраняется в виде файла.sym с помощью команды Symbol/Save To File.

Place Attribute		x
Place Attribute Attribute Category: All Attributes Component Net Clearance Physical Electrical Placement Manufacturing Router Simulation SPECCTRA Route SPECCTRA Placement	Name: (user-defined) ANTIPAD_GAP AREA_AREA_GAP AutoRouteWide BoardEdgeClearance BURIED_VIA_GAP Clearance COMPONENT_HEIGHT ComponentHeight ComponentSpacing Description DRILL_GAP EXPOSE_PIN HoleToHoleClearance InsertionGripLength InsectionAngle JUNCTION_TYPE LENGTH_GAP	Name: Value: Value: Visible Location X: Y: Text Style: [Default] Text Style: Justification C C Flipped
	ОК	Cancel

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 MC).

- Создать новый файл. Выполнить пункты 1-3 (см. выше).
- Нажать кнопку Symbol Wizard откроется окно, показанное на рис.1.8., 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;
 - Толщина линии контура символа: Line Width;

ФР.	CAD 2006 Symbol Editor - [Untitle	ed3]								[X
212	vmbol Edit View Place Options Libra	ary <u>U</u> tils <u>M</u> acro	<u>W</u> indow	Help	_						- 6	F ×
k			Q ~	123 🚝	17							
-	Exit Finish		8 8	3	{Ret	fDes}	з I	8 8		×	83	^
1	10.160mm 🗘 Symbol Width	Short	a a	18.	<u> </u>		88 I	8 28	21 N2	12	15	
2	2.540mm Pin Spacing	Normal Long User			<u>.</u>	4 9 °C			v v	12	10	
	9 🗘 Number Pins Right 7	.620mm	3		- 10 I	.			8 B	13	2	
A	Symbol Outline	splay	G					<u> </u>	s:	•		
Σ	0.254mm 💭 Line Width 🗹	Pin Name Pin Des	G		- e - e	ж ж н-		— <u>E</u>]			22	
	Default Pin Name:							—E	8 R			٠
	Default Pin Designa	ator			- · ·	* * *		-E	н н		11	
	1 🗘 Current Pin Number:		G			4 9 <u>-</u>			9 - 9	12	32	
			-			a a a			80 - 19	25	12	
					-	a a a .		— <u>E</u>]	12 I.S		82	
			2 2	12			s: ;	e 3	n 3			
			8 5	3	{Ty	/pe}	з i	U - 21		8	53	~
]	<								3	8
Click <	Left> to single Select, <ctrl><left> for multip</left></ctrl>	le, or drag for bloc	ck select.	^	254mm					_		
152.40	0 91.440 Abs 2.540	V M Sheet1	~	\$ 0.	254mm 💊	•						

Рис.1.8. Интерфейс команды Symbol Wizard

- ▶ 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-2006?
- 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 .pat).
- 6. Подготовить отчет.

Конструкторско-технологический образ создается на основании чертежа РЭК. Конструкторско-технологический образ представляет собой посадочное место (набор контактных площадок) и конструктив корпуса (вид сверху) компонента. Конструктив корпуса изображается упрощенно по габаритным размерам. Диаметр отверстия и контактной площадки (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-2006: Pcdmain.lib, Pcbconn.lib, Pcbsmt.lib. В одной из указанных библиотек надо выбрать подходящий корпус и доработать его в соответствии с принятым в России стандартом (например, OCT 4.ГО.010.030).

Таблица 2.1.

Диаметр	Номинальный диаметр	Минимальный
вывода,	металлизированного	диаметр КП
не более	отверстия	
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

Диаметры отверстий и КП для штыревых выводов

Для создания конструкторско-технологического образа РЭК необходимо загрузить графический редактор Pattern Editor (рис.2.1.) и выполнить следующие действия:

1) Установить метрическую систему единиц:

Options/Configure – Units: mm.

₿P	CAD	20	006	Pat	ter	n E	dito)r -	[DI	P4()]									_											_							[×
:Ľ: E	attern	n ļ	<u>E</u> dit	⊻ie	W	Plac	:e 🤇	Optic	ons	Lib	rary	Ū	tils	Mac	ro	<u>W</u> ir	ndov	v E	lelp																				-	٦	×
	D		Ê		∉	3	¥	ß	è I	ß	K)	¢	ы.	լուլո	ŋ (2	~	1	23			F	:0		Ď:	II.		E	Ħ												
•,	*	1	ĮRε	fD	es	ş.	÷	•		•	÷	ं	÷.	:	÷	ं	•	÷	÷	÷	-	•	•			•	10	•	•	•	s:	÷	s:	÷		2	÷	:	·	:	~
0,		ſ		Ù		- 04	1.	•	·	- 0	÷		÷	10 	÷		·	•	·	2	- 10	2	8			•	•	•	•2			÷		÷		·		•			
1	M					Ľ.	0	Ċ			÷						Ċ									÷				ċ		÷.						÷	·		
				1		- 2	0							3		23 23	÷					3 22	- 14	ः ः	- 23	÷	- 20					÷	ः ः	-				÷			
1)	ő			10		2	õ		1.2			25		25		29.		з.		з.	10		12		10		-3				19 .									10	
A	ō			2	2	2	õ					8		2	4	8				÷.		<u>.</u>	23	2	2					2			8	4	8		2				
	0		: .x		×		0					ः			·	ः		÷		÷		×	÷	×	÷						÷					\cdot	÷	÷			
	0	1	10		1	2	o			2	\sim	8	V.	3	¥.	۰.		3		3			2	1	2		2			2	÷.		Ξ.	V.	53		5	9	3		
	0		: X		×		o		·	10	•	े	÷	8	÷	े	\cdot	×	$\dot{\gamma}$	÷		×		×		·	:	·	·	÷	े	·	8	÷		\cdot	÷	\mathbf{x}		5	
	0		1	2	1	e.	O	•2		12		۰.	5	85	5	8.		8		1	.1	Ū,	2	1	2		13	ų,	12	2	з.		×4.	53	15		5		12		
	0	÷	10	16	60	5	O	•	÷	:2		ं	1	87		1	÷	63	1		1	0		1			53		52	8	1	\sim	87	\sim		÷	i.	÷.		1	
0	0	Ŀ	2.54	×.	1	×	0	•	•	•				ं.		े.			•		•	94	2	2	•	•	•		•		•	•	3.		•					•	
	0	l ·		5	Ċ	2	0	•	÷	•		27	<u>.</u>	2	•	8	÷		÷	÷	1	8		8			•	•	•	8		*	1			·	1	•	ं		
A	0	Ľ					0	·		•		•		ः		•	•	•	•		•			2		•	•	·	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	
8		Ľ		10	- 60	1	0		÷	1		27 	1	2	1	8	Ċ		Ċ	12	1	ć	1	1	1	÷	- 53	10	•	8	32 202		1			÷	1	Ċ		<u>.</u>	
-	0	Ľ					0																																		
	ō			- 20			õ			- 2										÷.		à																			
	ō						0			•		25		3.5			•				1.5						20	e.	•3	÷			1.5			•		•		13	
	0			1			0			-0				10		1		÷.		3		a.							•2		÷.		13				3				
	0		1	2	਼	2	o			2		ે.	4	8	4	ે.	਼	۰.		S.	23	2	2	਼		÷	20	7	.0	7	્ર	÷	8	4	8		÷.	2	S.	24	
		L		_			I .	•		•			÷	3	÷			×		з	•		×.		÷		•		•3						a.		÷			•	~
CELL	< 	1		- C. I	la at	10	اد داد	- 61-	6		-1-		(l.	l.		_	_	_			_	_	_	_	_	_	_	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	>	
UICK	Left>	to :	singli 724	e Sel nen	iect,		n> <l< th=""><th>cit></th><th>101</th><th>multi</th><th>ple, c</th><th>or dr</th><th>ag h</th><th>or blo</th><th>DCK :</th><th>sele</th><th>ot.</th><th>1</th><th></th><th>• IC</th><th>254</th><th>TO DO</th><th>-</th><th></th><th>(Grie</th><th>-n</th><th>_</th><th></th><th></th><th>_</th><th></th><th></th><th>-</th><th>-</th><th>_</th><th></th><th>-</th><th>-</th><th>_</th><th>-</th><th></th></l<>	cit>	101	multi	ple, c	or dr	ag h	or blo	DCK :	sele	ot.	1		• IC	254	TO DO	-		(Grie	-n	_			_			-	-	_		-	-	_	-	
015.3	+U		7.54.	UBU.		10	Abs	Z.3	J4U				M	rop			~			e 0.	294	10M	1	V	lauc	1)		~													

Рис.2.1. Интерфейс графического редактора Pattern Editor с файлом посадочного места РЭК – DIP40.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.).

Options Pad Style	
Current Style: (Default)	
× (Default)	Сору
	⊻iew (Simple)
	View (<u>C</u> omplex)
	<u>D</u> elete
	Purge Unused Styles
	<u>R</u> ename
	Modify <u>H</u> ole Range
	R <u>e</u> place
Close]

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.):

Modify Pad St	yle (Simple)	
Name: 1		
Type Thru Top Bottom	Width: 1.524mm Height: 1.524mm Shape: Ellipse	Hole Diameter: 0.965mm I Plated
Plane Conn Therma Direct	ection Plane Swell I Use Global Swell Local swell: 0.000mm	OK Cancel

Рис.2.3. Редактирование параметров КП

Type:	
Thru	- для штыревого вывода
Тор	- для планарной КП с верхней стороны платы
Bottom	 для планарной КП с нижней стороны платы
Shape (форма К	ΔΠ):
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.

a) Сделать слой Тор активным, выбрать команду Place Pad (рис.2.4.) 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 Тор 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 (рис.2.5.):

a) выбрать категорию Component и наименование Туре, 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).

Attribute Category: Name: Name: All Attributes (user-defined) Omponent ANTIPAD_GAP Net ANTIPAD_GAP AntoFouteWide BoardEdgeClearance BURIED_VIA_GAP Placement BURIED_VIA_GAP Manufacturing COMPONENT_HEIGHT Router COMPONENT_HEIGHT Simulation ComponentRotation SPECCTRA Placement DiffPairGap DRILL_GAP EXPOSE_PIN HoleTOHoleClearance InsertionGripLength InsertionGripWidth InsertionGripWidth InsertionGripWidth InsertionGripWidth InsertionGripLength InsertionGripWidth InsertionGripWidth InsertionGripWidth InsertionGripWidth InsertionGripWidth InsertionGripWidth InsertionGripWidth	Place Attribute		
Hole ToholeClearance Text Styles Justification InsertionGripWidth Rotation: 0 0 0 JUNCTION_TYPE InspectionAngle 0 0 0 InspectionAngle InspectionAngle 0 0	Place Attribute Attribute Category: All Attributes Component Net Clearance Physical Electrical Placement Manufacturing Router Simulation SPECCTRA Route SPECCTRA Placement	Name: (user-defined) ANTIPAD_GAP AREA_AREA_GAP AutoRouteWide BoardEdgeClearance BURIED_VIA_GAP Clearance COMPONENT_HEIGHT ComponentHeight ComponentRotation ComponentSpacing Description DiffPairGap DRILL_GAP EXPOSE_PIN User Clearance	Name: Value: Volue: Visible Location X: Y: Text Style: (Default)
Right Reading OK Cancel		HoleToHoleClearance InsertionGripLength InsertionGripWidth InspectionAngle JUNCTION_TYPE	Text Styles Justification Rotation: 0 Image: Styles of the style s
		ОК	Flipped Flipped Right Reading Cancel

Рис.2.5. Параметры атрибутов в Pattern Editor

- 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.

<u>Создание конструкторско-технологического образа компонента</u> <u>с помощью Pattern Wizard (используется при создании</u> <u>конструкторско-технологического образа MC).</u>

- Создать новый файл.
- Выполнить пункты 1-4.
- Нажать кнопку Pattern Wizard откроется окно, показанное на рис.2.6., 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 здесь указывается полное количество выводов) – Number Of Pads Down;

- Число выводов по горизонтали Number Of Pads Across (для DIP не указывается);
- Расстояние между центрами КП Pad To Pad Spacing (On Center);
- Габаритные размеры посадочного места по горизонтали и вертикали – Pattern Width и Pattern Height (для типа DIP Pattern Height не задается, а в Pattern Width указывается расстояние между центрами рядов КП);
- Положение первого (ключевого) вывода Pad 1 Position; обычно ключевой вывод – первый;

\triangleright	Тип КП – Pad Style:	
	первого вывода	Pin 1
	остальных выводов	Over
	сверху вниз	Top & Bottom
	слева направо	Left & Right
	Rotate – разворот КП н	a 90°
	Rotate passopor Rith	u 70

ÛP- :fi⊧ P	P-CAD 2006 Pattern Editor - [DIG_IC[Untitled3:Primary]]										
		 Q	→ √ 12:	3 (F 🖹 🕯	¥ ₂ ≽∎	: # «				
⊙, ⊙,	Pattern Type DIP V Exit Einish 14 Number Of Pads Down			е	۶F	Ref	Des	} [•2 24	
	11 Image: Number Of Pads Across 2.500mm Pad to Pad Spacing (On Center)	*		÷		$\neg \gamma$	•		÷	e.	×
	7.500mm Pattern Width		2		•		•		а;	20	ii.
	Pad 1 Position Pad Style (Pad 1) Default Pad Style (Pad 1)			•		·	0	·		•	
0	Pad Style (Other) (Default)			:1							
A €≣	✓ Silk Screen 0.200mm ♦ Silk Line Width		2		. 🖲		0			.27	÷
	5.000mm \$ Silk Rectangle Width 17.500mm \$ Silk Rectangle Height	-		÷	۲	•	•	·	·		
	Arc Notch Type			·	۲ ک		e}			.8	÷
Click <	Left> to single Select <chtb<left> for multiple, or drag f</chtb<left>	or block select	F	•			-,,	•		•	>
762.00	00 774.700 (Abs) 2.540 V (M)	Тор	~	\$ 0.254	4mm 🗸 (Gr	rid)	•				

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 Туре выбрать 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 {Туре};
- ▶ 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 каком программном модуле создается конструкторскотехнологический 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 РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Цель работы: Формирование библиотеки радиоэлектронных компонентов в системе P-CAD.

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).
- 4. Сохранить описание РЭК как библиотечный компонент (в файл .lib).
- 5. Подготовить отчет.

Для создания компонентов и ведения библиотек предназначена программа Library Executive, интерфейс которой представлен на рис.3.1.

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

1) Создать новую библиотеку (новый файл с расширением .lib) в своей папке с помощью команды Library/New (рис.3.2). В открывшемся окне надо указать путь к новой библиотеке и ввести имя.



Рис.3.1. Интерфейс программы Library Executive с микросхемой AT89C52

Library New	? 🔀
<u>П</u> апка: 🛅 Р-САД 2006 🛛 💙 🔇 🤌	; 📂 🎹 -
Dbx Image: System Demo Image: Titles Lib Image: Tutorial Macro Image: Utils Manuals Shortcut	
<u>И</u> мя файла:	Со <u>х</u> ранить
<u>I</u> ип файла: Library File (*.lib)	Отмена

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 (рис.3.3.) 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.

Symbol Save 1	Fo Library			
Library	C:\lib\diod.lib			
Symbol	DIOD			
Match Default Pin Designators to Pin Numbers				
Create Corr	ponent	OK		
Component		Cancel		

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 (рис.3.4.) сохранить конструкторскотехнологический образ в свою библиотеку (при сохранении флажок Create Component должен быть отключен) и ввести наименование компонента в поле Pattern.

Pattern Save To Library					
Library	C:\lib\MC.lib				
Pattern	PQFP-44				
Component		OK Cancel			

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 (рис.3.5.) 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 в соответствии с ГОСТ 2.710 (см. главу IV)
 - Component Туре 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 вентилей (не имеет принципиального значения)

Alphabetic	буквенный
Numeric	числовой (1

числовой (рекомендуется)

Component Inform	mation:UNTITLED		
Pins View	Select <u>P</u> attern		
P <u>a</u> ttern View	Select Symbol	Numb	er of Gates: 0
Symbol View	Reference	Numb	erofPins: 0
Component Type	1	Refde	s Prefix:
Normal	Component Style-	Gate Numbering	- Alternate Views
C Power	 Homogeneous 	 Alphabetic 	🗖 IEEE
C Sheet Connector	C Heterogeneous	C Numeric	🗖 DeMorgan
C Module			
C Link			
Gate # 1			A
Gate # Gate Eq	Normal		
			v

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 (Gate Eq) И именами символов (Normal). секций соответствующими символьному изображению данной секции. необходимо установить Злесь эквивалентность в поле редактирования посредством установки курсора в столбец Gate Eq.

Эквивалентность – это электрическая взаимозаменяемость. Эквивалентность является поцифровой, 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.

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

6) Посредством кнопки Pins View открыть таблицу выводов РЭК и заполнить ее (пример см. в приложении 1).

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. Туре. 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)

- PinDes 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 обозначатся красным цветом, затем ввести номера в таблицу в соответствии с символьным изображением, при правильном вводе номера в символе обозначатся 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. Туре 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, входы в логических элементах И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, выводы программируемых МС и др.).

Для заполнения столбца Elec. Туре 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. Туре, 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), +5B, -5B, +60B, -60B и т.д.

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 .pat?

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.

При оформлении принципиальной электрической схемы необходимо стремиться к минимальной длине соединений и к минимальному количеству изломов. Принципиальная электрическая схема оформляется в соответствии с ГОСТ 2.701 и ГОСТ 2.702 (см. раздел IV).

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 (рис.1.4.). Нажать кнопку Add и открыть свою библиотеку, затем нажать кнопку OK.

Library Setup	
Path:	
Open Libraries:	
MICROCHEM.LIB CONDENSATOR.LIB CONNECTOR.LIB DIOD.LIB	<u>A</u> dd D <u>e</u> lete
	Move <u>U</u> p
	Move <u>D</u> own
	<u>O</u> K <u>C</u> ancel

Рис.4.1. Подключение библиотек

5) Разместить символы с помощью команды Place Part (рис.4.2.), выбрав в своей библиотеке необходимый символ. При этом необходимо соблюдать нумерацию позиционных обозначений РЭК: сверху вниз и слева направо.
| Place Part | | |
|--|--|-------------------------------|
| Component Name:
74ALVCH32245
74ALVCH32245
1409Д24
A-A
AD812AN
AD812AR
AD812AR
AD812AR
AD815ARB-24
AD815AVR
AD815AVR
AD815AV
AD817AN
AD817AR
AD820AN | Alternate
Normal
DeMorgan
C IEEE
Num Parts: 1
Part Num: 1
OK
Cancel | |
| RefDes: | Browse >> | Symbol Name: |
| Value: | <u>Q</u> uery | 74ALVCH32245
Pattern Name: |
| Library: MICROCHEM.LIB | Library Setup | 96LFBGA |

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 проводника к шине происходит автоматическое подсоединении подключение к шине, а при ведении шины вдоль проводников соединение произойдет только после именования 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).

Place Port						
Net Name: 1	Net Name: 1					
🔽 Increment P	ort Name					
Pin Count O One Pin O Two Pin	Pin Length- Short Long	Pin Orientation • Horizontal • Vertical				
Port Shape	-	(None)				
	-	OK Cancel				

Рис.4.3. Параметры порта

Существует несколько вариантов выполнения именования порта, однако требованиям ГОСТ удовлетворяет только один: Pin Count – Two Pin, Pin Length – Short, Pin Orientation – Vertical или Horizontal (в зависимости от расположения на схеме), 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 цепи питания «GND» необходимо создать компонент библиотеки типа Power (см. приложение 2). Для обозначения других цепей питания используется порт с параметрами: One Pin, Short, Horizontal (или Vertical), Port Shape – (None).
- 9) Последовательная нумерация позиционных обозначений выполняется с помощью команды Utils/Renumber (рис.4.4.), где необходимо установить следующие параметры: Type – RefDes, Direction – Left to Right, RefDes – Auto Group Parts, Starting Number – 1, Increment Value – 1. Далее нужно разместить позиционные обозначения справа или над РЭК. Выделение позиционного обозначения возможно при нажатой клавише Shift.
- 10) Для всех РЭК 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 (рис.4.5.) 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).

Utils Renumber					
Type ③ <u>R</u> efDes 〇 <u>P</u> in Num	Direction 	RefDes <u>Auto</u> Group Parts <u>Keep</u> Parts Together			
<u>D</u> efault Pin Des <u>S</u> tarting Number: 1 <u>I</u> ncrement Value: 1		OK Cancel			

Рис.4.4. Переименование позиционных обозначений

Place Table 🛛 🗙				
<u>Table Type</u> Net Index Table Note Table	Table <u>N</u> ame Power Table			
Power Table Revision Note Table Spare Gate Table	Text <u>S</u> tyle (Default)			
	Line Width I ext Styles 0.254mm			
	Pins to Include <u>H</u> idden pins only <u>A</u> ll pins			
	Components to Include O Only RefDes Prefix: O All Components			
	OK Cancel			

Рис.4.5. Размещение таблицы выводов питания

11) Проверка схемы выполняется с помощью команды Utils/Erc. Необходимо установить параметры в соответствии с рис.4.6. 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.

Utils Electrical Rules Check				
Filename C:\Program Files\P-CAD 2006\\Digdemo.erc Design Rule Checks Report Options Single Node Nets View Report No Node Nets Summarize Ignored Errors Electrical Bules Summarize Ouccriden Errors				
 □ <u>u</u>nconnected Pins □ Unconnected <u>W</u>ires ▼ Bus/Net Rules 	Severity Levels			
 ✓ Component Rules ✓ Net Connectivity Rules ✓ Hierarchy Rules 	☐ Annotate Errors ☐ Clear All Overrides			
OK Cancel				

Рис.4.6. Проверка ERC

12) Генерация списка соединений для возможности дальнейшего проектирования осуществляется с помощью команды Utils/Generate Netlist (рис.4.7.). 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.

Utils Generate Netlist				
Netlist Filename	C:\Program Files\P-CAD 2006\Demo\Digdemo.net			
Netlist Format:	P-CAD ASCII V Include Library Information			
	OK Cancel			

Рис.4.7. Генерация списка соединений

13) Сохранить файл.

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: 2,5.
- 3) Установить привязку к сетке View/Snap to Grid.
- 4) Подключить библиотеки с помощью команды Library/Setup.
- 5) Загрузить список РЭК и электрических связей в топологию командой Utils/Load Netlist (рис.5.1.). В окне команды Load Netlist необходимо выбрать свой файл списка соединений, установив формат P-CAD ASCII. Все флажки рекомендуется отключить. 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 увеличить размер рабочего пространства (Workspace Size) с помощью команды Options/Configure.
- 6) Установить шаг координатной сетки: 10 (если размер ПП кратный 10).
- 7) Начертить контур ПП толщиной 0,2 мм в слое Board с помощью команды Place Board Outline. При отсутствии требований размер ПП выбирается необходимым и достаточным для размещения всех компонентов и проводников (с учетом зазоров). Размер ПП можно рассчитать, используя стандартные методики расчета.
- 8) Размещение Существует компонентов на плате. возможность (например, автоматического размещения РЭК В программе SPECCTRA), но оно абсолютно непригодно для оптимального проектирования ПП. Автоматическое размещение на практике может использоваться для анализа возможности трассировки РЭК на ПП определенного размера. Для изготовления ПП (особенно при серийном

Utils Load Netlist	
Netlist <u>Filename</u> Untitled.net	
Netlist Format: P-CAD ASCII 💙	
Xreference File:	
Optimize Nets Detection	k for Copper Sharing
✓ <u>R</u> econnect Copper	e Pseudo P <u>a</u> tterns
Enable auto swapping for incoming compo components with solder flow direction.	nents and synchronize all
✓ Unpour Copper Pours	
Attribute Handling	Net Class and Rules Handling
 Merge Attributes (Favor Netlist) 	 Replace Existing Net Classes
O Merge Attributes (Favor <u>D</u> esign)	O Ignore Netlist Net Classes
Replace Existing Attributes	Variants Handling
O Ignore Netlist Attributes	Replace Existing Variants
	O Ignore Netlist Variants
OK	Cancel

Рис.5.1. Загрузка списка соединений в топологию

производстве) размещение РЭК производят вручную. При выполнении лабораторных работ рекомендуется размещать компоненты в верхнем слое платы. Задача размещения РЭК на ПП заключается в том, чтобы будущие проводники были наиболее короткими (для печатные лучшего прохождения сигнала), и количество ПО было минимальным. Для этого компоненты с общими связями располагают рядом, с учетом количества общих связей. 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). 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. При размещении удобно выделять, подсвечивать, раскрашивать связи, это возможно посредством команды Edit/Nets (рис.5.2.), где сначала надо выделить связи, затем произвести какое-либо действие над ними. 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-2006 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.

Edit Nets				
_ Nets		Net Nodes	s	
<u> </u>	⊻ +3.3V ▲	Nodes:	Pad Styles:	
<u>I</u> nfo	✓+3.3V1	C9-2 C10-2	pin_2 1.2_2.0	-
Attributes	▼+3.3V3	C11-2	1.2_2.0	
<u>E</u> dit <u>V</u> iew	✓+3.3V4	C13-2	1.2_2.0	
Edit Laver	⊻ +5V	C14-2	1.2_2.0	
		C16-2	1.2_2.0	
Connections		C17-2	1.2_2.0	
Sho <u>w</u> Hi <u>d</u> e	₩17	C19-2	1.2_2.0	
Show Only On Drag	⊻ 18 ▼	_C34-2	12.20	
Set C <u>o</u> lor	Set All Llear All		C-MIL Close All	
Clear Color	Set <u>B</u> y Attribute			
	Set By Layer Attribute		Jump to	
Highlight		Г	Pad Properties	
<u>U</u> nhighlight	Set By Node Count	-		
Select	Min: Max:		Remo <u>v</u> e Nodes	
	Close			

Рис.5.2. Параметры электрических связей

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.

- 9) После предварительного размещения надо сохранить файл в формате данных ASCII.
- 10) 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 параметры как показано на рис.5.3.



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 вентилей - 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 «ЕСО 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).

<u>При возникновении ошибок</u> 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 0 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. Необходимо придать схеме удобочитаемый вид.

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.

подразумевает Трассировка электрических связей создание наглядного изображения будущих печатных проводников. При проведении связей нельзя пересекать проводники в одном слое и «чужые» (не подключенные к данной цепи) переходные отверстия (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 рекомендуется использовать следующую ориентацию: проводники в верхнем слое (Тор) 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 представлен на рис.6.1. В данном случае трассировка осуществлялась без соблюдения ориентации. В результате образовалось шесть ПО.



Рис.6.1. Пример трассировки без соблюдения ориентации проводников

При соблюдении ориентации проводников вариант трассировки может выглядеть так, как показано на рис.6.2.



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 «доразводки».



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

<u>Технологические параметры ПП:</u> Ширина всех проводников, за исключением проводников питания – 0,3мм. 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 в программе SPECCTRA должна быть нажата кнопка «Route Mode», которая находится слева на инструментальной панели.

<u>Примечание.</u> При первом запуске SPECCTRA в окне Route Autorouters надо нажать кнопку «Command Line» и в открывшемся окне снять флажок «Quit when done».

<u>1. Ручная трассировка цепей питания в системе SPECCTRA.</u>

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: нижний воображаемого отметить угол прямоугольника и, удерживая среднюю кнопку мыши, переместить мышь противоположный угол прямоугольника; верхний a 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 Кеу 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 definition» – 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 «ОК». Выбрав команду «Edit Route» надо целкнуть 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 удается 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 системе P-CAD (в формате данных ASCII).

2. Автоматическая трассировка.

SPECCTRA. Для Запустить систему 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. Дальше 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. Располагают обозначения внутри РЭК, либо справа (шрифт: Font – Quality, Height – 2мм, Thickness – 0,2мм, без галочки Allow True Type).

4. Проверка на DRC-ошибки.

Для проверки технологических параметров необходимо выбрать команду Utils/DRC, и задать DRC-параметры, как показано на рис.6.4. А также задать правила проверки посредством нажатия кнопки «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). Закрыть окно «Options Design Rules» и в исходном окне «Utils Design Rule Check» 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.

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 исправления и 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

123

Utils Design Rule Check					
Eilename C:\Program Files\P-CAD 2006\Demo\Digdemo.drc					
Vie <u>w</u> Report	Annotate Errors	Design Rules			
Summarize Ignored Errors	Clear All Overrides Severity Levels				
Summarize Overridden Errors					
Use 2002 Connectivity Checking					
Design Rule Checks	Area To	DRC			
✓ Netlist Compare	⊙ <u>E</u> ntire	Workspace			
Clearance Violations	Violations O Room	n 💌			
Te <u>x</u> t Violations Copper Pou	r Violations 💦 🔿 Regio	n Define Region			
Same-component <u>P</u> ads 🔲 Plane <u>V</u> iolat	ions CRegior	n Coordinates			
Netlist Violations	Violations Lowe	r Left: Upper Right:			
Vidth Violations Drilling Viola	ations 👘 🖄	0.000mm X: 0.000mm			
Unrouted NetsIest Point V	/iolations	0.000mm <u>Y</u> : 0.000mm			
Unconnected Pins					
	OK Cancel				

Рис.6.4. Проверка на DRC

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 (Тор 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 Р-САD, 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 Р-САD-2006.

Темой курсового проекта является разработка топологии ПП с использованием промышленной САПР Р-САD-2006.

Исходными данными к курсовому проекту являются:

- принципиальная электрическая схема;
- перечень элементов;
- технические требования (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, чертеж печатной платы и сборочный чертеж конструктива.
- Пояснительная записка должна включать:
- 1) Титульный лист;
- 2) Техническое задание;
- 3) Оглавление;
- 4) Анализ и содержательное описание этапов конструкторского проектирования с помощью САПР P-CAD-2006 (назначение P-CAD и используемых пакетов системы: 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 в примечании указать количество вентилей);
- 7) Обоснование выбора размеров ПП;
- 8) Протокольные и диагностические сообщения о ходе проектирования:
- Отчет об оптимизации связей и распечатка файла с расширением .eco;
- Отчет о трассировке: ручной (имена проводников, их ширина) и автотрассировке (файл monitor.sts);
- Отчет о проверке технологических параметров файл с расширением .drc.
- 9) 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);
- 10) Прототипы фотошаблонов слоев металлизации (с указанием: где верхний, а где нижний слой);
- 11) Анализ полученных результатов и выводы (заключение);
- 12) Перечень источников.

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

Примеры отчетов о ходе проектирования и графического материала для курсового проекта представлены на 126...135 страницах.



зона	Поз. обозна- чение	НАИМЕНОВАНИЕ		Кол.	Примечание		
	B1	Резон	натор ква	арцевн	ый РК-379М	1	
					<u>Конденсаторы</u>		
	C1C3	C-080	05 0,1мж	Φ		3	
	C4,C5	C-080	05 33пФ			2	
	C6,C7	C-080	05 1мкФ			2	
					Микросхемы		
	DA1	TME	0505S			1	1 вентиль
	DD1	ЭКФ	1533ЛП	16		1	б вентилей
	DD2	ЭКФ	1533ЛН1	1		1	б вентилей
	DD3	ADM	[2483BR	W		1	1 вентиль
	DD4	AT89	S52			1	1 вентиль
	DD5	ЭКФ	1533ЛАЗ	3		1	4 вентиля
	DD6,DD7	ЭКФ	1533ИР2	22		2	1 вентиль
	R1	Резистор RC-0805 750 Ом		1			
	VD1	Свето	одиод L9	34GT	۲ 	1	
	X1 X6	Вилка PLS5		6			
					КП.<№группы>.	001	пэз
Изм Л Вала	Изм Лист № дол		Подпись	Дата		-	
Газра Пров.	газрао. Рома Пров. Иван				Enon webser of	JIHT.	JIHCT JIHCTOB
Согл.					ьлок цифровои		
н. кол Утвер	атр.				Перечень элементов		

Отчет об оптимизации связей

Optimize Nets Progres	SS
Settings Gate swap Pin swap Optimizing	Enabled Enabled Entire Design
Current Status	
Nets Optimization Complet	te
Cumulative Status	
Number of gates swapped	d 94 of 309
Number of pins swapped	12 of 314
All nets total length before	e 2143.9937cm
All nets total length after	1970.2424cm
All nets length changed	-8%
Selected nets total length	before 2143.9937cm
Selected nets total length	after 1970.2424cm
Selected nets length char	nged -8%
Ci	ose

; P-CAD 2006 PCB Version 19.02.9589 [C:\PCAD2006\Project.pcb]--Wed Oct 29 17:27:29 2008

;GateSwap "R3" "R6"
;GateSwap "R4" "R3"
;GateSwap "R12" "R7"
;GateSwap "R11" "R8"
;GateSwap "R9" "R10"
;GateSwap "R5" "R4"
;GateSwap "R10" "R9"
;GateSwap "R9" "R11"
;GateSwap "C3" "C5"
;GateSwap "C5" "C3"
;GateSwap "C1" "C2"
;GateSwap "X7:R" "X5:G"
;GateSwap "X6:K" "X5:I"
;GateSwap "X6:N" "X5:J"
;GateSwap "X7:T" "X5:K"
;GateSwap "X6:Q" "X5:L"
;GateSwap "X6:T" "X5:M"
;GateSwap "X7:S" "X5:N"
;GateSwap "X6:K" "X5:P"
;GateSwap "X6:Q" "X5:S"
;GateSwap "X7:R" "X7:A"
;GateSwap "X7:R" "X7:I"
;GateSwap "X1:J" "X7:J"
;GateSwap "X1:J" "X7:M"
;GateSwap "X6:I" "X6:A"
;GateSwap "X6:L" "X6:J"
;GateSwap "X3:Y" "X3:A"
;GateSwap "X3:Y" "X3:B"
;GateSwap "X10:Y" "X3:C"
;GateSwap "X3:Z" "X3:D"
;GateSwap "X10:A" "X3:E"
;GateSwap "X3:O" "X3:F"
;GateSwap "X3:C" "X3:G"
;GateSwap "X3:M" "X3:H"
;GateSwap "X3:G" "X3:I"
;GateSwap "X3:K" "X3:J"
;GateSwap "X10:Z" "X10:C"
;GateSwap "X10:X" "X10:D"

;GateSwap "X2:W" "X2:A"
;GateSwap "X2:X" "X2:B"
;GateSwap "X2:Y" "X2:C"
;GateSwap "X2:Z" "X2:D"
;GateSwap "X2:W" "X2:E"
;GateSwap "X2:X" "X2:F"
;GateSwap "X2:Y" "X2:G"
;GateSwap "X2:Z" "X2:H"
;GateSwap "D2" "D3"
;GateSwap "D12:C" "D12:A"
;GateSwap "D5:B" "D10:D"
;GateSwap "D15:C" "D15:A"
;GateSwap "D5:B" "D15:D"
;GateSwap "D11:F" "D11:A"
;GateSwap "D11:E" "D11:B"
;GateSwap "D11:D" "D11:C"
;GateSwap "X11:S" "X11:A"
;GateSwap "X11:T" "X11:B"
;GateSwap "X11:U" "X11:C"
;GateSwap "X11:Y" "X11:D"
;GateSwap "X11:R" "X11:E"
;GateSwap "X11:V" "X11:F"
;GateSwap "X11:W" "X11:G"
;GateSwap "X11:X" "X11:H"
;GateSwap "X11:Y" "X11:I"
;GateSwap "X11:U" "X11:J"
;GateSwap "X11:S" "X11:K"
;GateSwap "X11:Q" "X11:L"
;GateSwap "X11:B" "X11:M"
;GateSwap "X11:T" "X11:N"
;GateSwap "X11:P" "X11:O"
;GateSwap "X12:1" "X12:E"
;GateSwap "X12:J" "X12:F"
;GateSwap "X12:B" "X12:J"
;GateSwap "X9:C" "X9:A"
;GateSwap "X8:F" "X9:B"
;GateSwap "X8:E" "X9:D"
;GateSwap "X9:A" "X8:A"
;GateSwap "X8:G" "X8:B"

;GateSwap "X8:B" "X8:C" ;GateSwap "R9" "R7" ;GateSwap "R7" "R12" ;GateSwap "C3" "C5" ;GateSwap "X7:J" "X5:A" ;GateSwap "X5:A" "X5:C" ;GateSwap "X5:C" "X5:E" ;GateSwap "X5:N" "X5:I" ;GateSwap "X7:J" "X7:B" ;GateSwap "X6:J" "X6:B" ;GateSwap "X3:C" "X3:A" ;GateSwap "X11:K" "X11:A" ;GateSwap "X11:N" "X11:C" ;GateSwap "X11:I" "X11:D" ;GateSwap "X11:L" "X11:E" ;GateSwap "X11:J" "X11:F" ;PinSwap "R7-A" "R7-B" ;PinSwap "R8-A" "R8-B" ;PinSwap "R10-A" "R10-B" ;PinSwap "R1-A" "R1-B" ;PinSwap "C7-1" "C7-2" ;PinSwap "R9-A" "R9-B" ;PinSwap "D10-2" "D10-1" ;PinSwap "D10-5" "D10-4" ;PinSwap "D5-12" "D5-13" ;PinSwap "D5-13" "D5-12" ;PinSwap "X4-10" "X4-6" ;PinSwap "C5-1" "C5-2"

Файл отчета monitor.sts

#SPECCTRA ShapeBased Automation Software V15.1 made 2003/11/17 at 23:03:32 #Host #ROUTING STATUS <<< .\primer.DSN >>> Start Time: Report Time: Thu Oct 16 11:52:19 2008 Nets = 185 Connections Current Wire = 229 Reroute wires Completion = 87.42% Unconnections = 493 = 229 = - 1 ROUTING HISTORY ------Pass | Conflicts | | | | | | Red| CPU Time 1 Name |No.| Cross| Clear|Fail|Unrte| Vias|XTalk|Len.| % | Pass | Total Route | 1| 859| 110| 35| 35| 131| 0| 0| 0| 0:00:02| 0:00:02| 2 514 159 28 4 177 0 0 30 0:00:03 Route 0:00:05 | 3| 356| 75| 32| 3| 217| 0| 0| 35| 0:00:03| Route 0:00:08| Route | 4| 232| 103| 28| 2| 250| 0| 0| 22| 0:00:03| 0:00:11| Route | 5| 145| 64| 26| 2| 297| 0| 0| 37| 0:00:03| 0:00:14| | 6| 1| 349| 88| 68| 33| 0| 0| 25| 0:00:04| Route 0:00:18| | 7| 54| 49| 22| 1| 363| 0| 0| 33| 0:00:03| Route 0:00:21| | 8| 43| 40| 32| 1| 375| 0| 0| 19| 0:00:04| Route 0:00:25| | 9| 31| 50| 30| 1| 390| 0| 0| 2| 0:00:03| Route 0:00:28| | 10| 32| 23| 34| 1| 387| 0| 0| 32| 0:00:02| Route 0:00:301

| Conflicts between polygon wires and fixed objects: 0

Файл project.DRC

P-CAD Design Rule Check Report

D:\project\project.drc: Design Clearances (in mm): _____ Silk Screen Clearance: 1.25mm Hole-Hole Clearance: 0.2mm Board Edge Clearance: 3mm Layer Clearances (in mm): _____ Layer Name Pad-Pad Pad-Line Line-Line Pad-Via Via-Line Via-Via 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 Top Bottom 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 Net Class Clearances (in mm): _____ Pad-Pad Pad-Line Line-Line Pad-Via Via-Line Via-Via Net Class Name Net Clearances (In mm): _____ Pad-Pad Pad-Line Line-Line Pad-Via Via-Line Via-Via Net Name Net Class To Net Class Clearances (in mm): _____ Pad-Pad Pad-Line Line-Line Pad-Via Via-Line Via-Via Net Class Names Area Checked: -----Entire Workspace DRC Extents: DRC Report Options: -----Net List Compare: On Clearance Violations: On Text Violations: Off Same-Parent-Component Pad Violations: Off Net List Violations: Off Unrouted Nets: On Unconnected Pins: Off Net Length Violations: Off Silk Violations: Off **Copper Pour Violations:** Off Plane Violations: Off **Component Violations:** Off Drill Violations: Off _____

31-Oct-08 17:46

Page 1

P-CAD Design Rule Check Report

Test Point Violations: Off DRC Errors: _____ NETLIST COMPARE: Netlist filename: D:\project.net 0 warning(s) detected. 0 error(s) detected. **CLEARANCE VIOLATIONS:** 0 warning(s) detected. 0 error(s) detected. **UNROUTED NETS:** 0 warning(s) detected. 0 error(s) detected. WIDTH VIOLATIONS: Warning: Width violation tests were not performed because of missing Width rule. 0 warning(s) detected. 0 error(s) detected. DRC Summary: _____ Netlist Compare: Errors: 0 Warnings: 0 Clearance: Errors: 0 Warnings: 0 Unrouted Nets: Errors: 0 Warnings: 0 Width: Errors: 0 Warnings: 0

31-Oct-08 17:46

Page 2







ГЛАВА IV. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

1. Выдержка из ГОСТ 2.701-84 «СХЕМЫ. ВИДЫ И ТИПЫ. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ»

1. ВИДЫ И ТИПЫ СХЕМ

1.1. Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия (установки), подразделяют на следующие виды:

электрические;

гидравлические;

пневматические;

газовые (кроме пневматических);

кинематические;

вакуумные;

оптические;

энергетические;

деления;

комбинированные,

1.2. Схемы в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие типы:

структурные; функциональные;

принципиальные (полные);

соединений (монтажные);

подключения;

общие;

расположения;

объединенные.

1.3. Наименование и код схем определяют их видом и типом.

Наименование схемы комбинированной определяют комбинированными видами схем и типов схемы.

Наименование схемы объединенной определяют видом схемы и объединенными типами схемы.

Код схемы должен состоять из буквенной части, определяющей вид схемы, и цифровой части, определяющей тип схемы.

Виды схем обозначают буквами:

электрические — Э; гидравлические — Г; пневматические — П; газовые (кроме пневматических) — Х; кинематические — К; вакуумные — В; оптические — Л; энергетические — Р; деления — Е; комбинированные -С. Типы схем обозначают цифрами: структурные — 1; функциональные — 2; принципиальные (полные) — 3; соединений (монтажные) — 4; подключения — 5; общие — 6; расположения — 7; объединенные — 0;

Например, схема электрическая принципиальная — ЭЗ; схема гидравлическая соединений — Г4; схема деления структурная — Е1; схема электрогидравлическая принципиальная — СЗ; схема электрогидропневмокинематическая принципиальная — СЗ; схема электрическая соединений и подключения — ЭО; схема гидравлическая структурная, принципиальная и соединений — ГО.

К схемам или взамен схем в случаях, установленных правилами выполнения конкретных видов схем, выпускают в виде самостоятельных документов таблицы, содержащие сведения о расположении устройств, местах подключения и другую информацию. Таким соединениях, состоящий буквы документам присваивают код, ИЗ Т И кода соответствующей схемы. Например, таблицы код соединений к электрической схеме соединений — ТЭ4.

В основной надписи (графа 1) документа указывают наименование изделия, а также наименование документа "Таблица соединений".

Таблицы соединений записывают в спецификацию после схем, к которым они выпущены, или вместо них.

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ

2.1. Комплект (номенклатура) схем

2.1.1. Номенклатура схем на изделие должна определяться в зависимости от особенностей изделия (установки).

Количество типов схем на изделие (установку) должно быть минимальным, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия (установки). 2.1.2. Между схемами одного комплекта конструкторских документов на изделие (установку) должна быть установлена однозначная связь, которая обеспечила бы возможность быстрого отыскания одних и тех же элементов (устройств, функциональных групп), связей или соединений на всех схемах данного комплекта.

2.2. Форматы

2.2.1. Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301-68 и ГОСТ 2.004-79, при этом основные форматы являются предпочтительными.

При выборе форматов следует учитывать:

1) объем и сложность проектируемого изделия (установки);

2) необходимую степень детализации данных, обусловленную назначением схемы;

3) условия хранения и обращения схем;

4) особенности и возможности техники выполнения, репродуцирования и (или) микрофильмирования схем;

5) возможность обработки схем средствами вычислительной техники.

Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею.

2.3. Построение схемы

2.3.1. Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия (установки) не учитывают или учитывают приближенно.

2.3.2. Графические обозначения элементов (устройств, функциональных групп) и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

2.3.3. При выполнении схемы на нескольких листах или в виде совокупности схем одного типа рекомендуется:

1) для схем, предназначенных для пояснения принципов работы изделия (функциональная, принципиальная), изображать на каждом листе или на каждой схеме определенную функциональную группу, функциональную цепь (линию, тракт и т.п.);

2) для схем, предназначенных для определения соединений (схема соединений), изображать на каждом листе или на каждой схеме часть изделия (установки), расположенную в определенном месте пространства или определенной функциональной цепи.

2.3.4. Расстояние (просвет) между двумя соседними линиями графического обозначения должно быть не менее 1,0 мм.

Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3,0 мм. Расстояние между отдельными условными графическими обозначениями должно быть не менее 2,0 мм.

2.3.5. Устройства, имеющие самостоятельную принципиальную схему, выполняют на схемах в виде фигуры сплошной линией, равной по толщине линиям связи.

2.3.6. Функциональную группу или устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, выполняют на схемах в виде фигуры из контурных штрих-пунктирных линий, равных по толщине линиям связи.

2.3.7. При проектировании изделия, в которое входят несколько разных устройств, на каждое устройство рекомендуется выполнять самостоятельную принципиальную схему.

На устройствах, которые могут быть применены в других изделиях (установках) или самостоятельно, следует выполнять самостоятельные принципиальные схемы.

2.3.8. При оформлении схем изделия (установки), в состав которых входят одинаковые устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, каждое такое устройство рассматривают как элемент схемы изделия и изображают его в виде прямоугольника или условного графического обозначения, ему присваивают позиционное обозначение и записывают в перечень элементов одной позицией.

2.4. Графические обозначения

2.4.1. При выполнении схем применяют следующие графические обозначения:

1) условные графические обозначения, установленные в стандартах Единой системы конструкторской документации, а также построенные на их основе;

2) прямоугольники;

3) упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические).

При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения.

При применении нестандартизованных условных графических обозначений и упрощенных внешних очертаний на схеме приводят соответствующие пояснения.

Условные графические обозначения, для которых установлено несколько допустимых (альтернативных) вариантов выполнения, различающихся геометрической формой или степенью детализации, следует применять, исходя из вида и типа разрабатываемой схемы в зависимости от информации, которую необходимо передать на схеме графическими средствами. При этом на всех схемах одного типа, входящих в комплект документации, должен быть применен один выбранный вариант обозначения.

Применение на схемах тех или иных графических обозначений определяют правилами выполнения схем определенного вида и типа.

2.4.2. Условные графические обозначения элементов изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения.

Условные графические обозначения элементов, размеры которых в указанных стандартах не установлены, должны изображать на схеме в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах на условные графические обозначения.

Размеры условных графических обозначений, а также толщины их линий должны быть одинаковыми на всех схемах для данного изделия (установки).

2.4.3. Графические обозначения на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

2.4.4. Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих повернутыми кратный 90°, стандартах, или на угол, если соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается условные графические обозначения поворачивать на угол, кратный 45, или изображать зеркально повернутыми.

Если при повороте или зеркальном изображении условных графических обозначений может нарушиться смысл или удобочитаемость обозначения, то такие обозначения должны быть изображены в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах.

Условные графические обозначения, содержащие цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол 90 или 45.

2.5. Линии связи

2.5.1. Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий от 0,3 до 0,4 мм.

2.5.2. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений.

2.5.3. Линии связи, переходящие с одного листа или одного документа на другой, следует обрывать за пределами изображения схемы без стрелок.

Рядом с обрывом линии связи должно быть указано, обозначение или наименование, присвоенное этой линии (например, номер провода, номер трубопровода, наименование сигнала или его сокращенное обозначение и т.п.), и в круглых скобках номер листа схемы и зоны при ее наличии при выполнении схемы на нескольких листах, например, лист 5 зона A6 (5, A6), или обозначение документа, при выполнении схем самостоятельными документами, на который переходит линия связи.

2.5.4. Линии связи должны быть показаны, как правило, полностью.

2.5.5. Элементы (устройства, функциональные группы), входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь обозначения в соответствии со стандартами на правила выполнения конкретных видов схем.

Обозначения могут быть буквенные, буквенно-цифровые и цифровые.

2.6. Перечень элементов

2.6.1. Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

2.6.2. Перечень элементов оформляют в виде таблицы (черт.3), заполняемой сверху вниз.



Черт. 3

В графах таблицы указывают следующие данные:

в графе «Поз. обозначение» – позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;

графе «Наименование» для элемента (устройства) В наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, отраслевой условия); стандарт, технические _ для функциональной группы наименование;

в графе «Примечание» — рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

2.6.3. 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 головку таблицы.

2.6.4. 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 гидравлической принципиальной схеме – ПГЗ. При этом в основной надписи (графа 1) 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 A4. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104-68 (форма 2 и 2а).

2.6.5. При разбивке поля схемы на зоны перечень элементов дополняют графой «Зона» (черт. 4), указывая в ней обозначение зоны, в которой расположен данный элемент (устройство).



Черт. 4

2.6.6. Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений.

В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

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

2.6.7. При присвоении позиционных обозначений элементам в пределах групп устройств или при вхождении в изделие одинаковых функциональных групп в перечень элементов, элементы, относящиеся к устройствам и функциональным группам, записывают отдельно.

Запись элементов, входящих в каждое устройство (функциональную группу), начинают с наименования устройства или функциональной группы, которое записывают в графе «Наименование» и подчеркивают. При автоматизированном проектировании наименование устройства (функциональной группы) допускается не подчеркивать.

Ниже наименования устройства (функциональной группы) должна быть оставлена одна свободная строка, выше – не менее одной свободной строки.

2. Выдержка из ГОСТ 2.702-75 «ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ»

3. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

3.1. На принципиальной схеме изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

3.2. На схеме допускается изображать соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

3.3. Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положении.

В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого изображены эти элементы.

3.4. Элементы и устройства, условные графические обозначения которых установлены в стандартах Единой системы конструкторской документации, изображают на схеме в виде этих условных графических обозначений.

3.5. Элементы или устройства, используемые в изделии частично, допускается изображать на схеме неполностью, ограничиваясь изображением только используемых частей или элементов.

3.6. Элементы и устройства изображают на схемах совмещенным или разнесенным способом.

3.7. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу.

3.8. При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно.

Разнесенным способом допускается изображать все и отдельные элементы или устройства.

При выполнении схем рекомендуется пользоваться строчным способом. При этом условные графические обозначения элементов или их составных частей, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи – рядом, образуя параллельные (горизонтальные или вертикальные) строки.

При выполнении схемы строчным способом допускается нумеровать строки арабскими цифрами (черт.1).



Черт. 1

При изображении элементов или устройств разнесенным 3.9. способом допускается на свободном поле схемы помещать условные графические обозначения элементов устройств, ИЛИ выполненные совмещенным способом. При ЭТОМ элементы ИЛИ устройства, используемые в изделии частично, изображают полностью с указанием использованных и неиспользованных частей или элементов (например, все контакты многоконтактного реле).

Выводы (контакты) неиспользованных элементов (частей) изображают короче, чем выводы (контакты) использованных элементов (частей) (черт. 2).



3.10. Схемы выполняют в многолинейном или однолинейном изображении.

3.11. При многолинейном изображении каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в этих цепях, – отдельными условными графическими обозначениями (черт.3а).

3.12. При однолинейном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей – одним условным графическим обозначением (черт.36).

3.13. При необходимости на схеме обозначают электрические цепи. Эти обозначения должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.709 или другим нормативно-техническим документам, действующим в отраслях.

3.14. При изображении на одной схеме различных функциональных цепей допускается различать их толщиной линии. На одной схеме рекомендуется применять не более трех размеров линий по толщине. При необходимости на поле схемы помещают соответствующие пояснения.




а – многолинейное изображение

б – однолинейное изображение

Черт. 3

3.15. Для упрощения схемы допускается несколько электрически не связанных линий связи сливать в линию групповой связи, но при подходе к контактам (элементам) каждую линию связи изображают отдельной линией.

При слиянии линий связи каждую линию помечают в месте слияния, а при необходимости, и на обоих концах условными обозначениями (цифрами, буквами или сочетанием букв и цифр) или обозначениями, принятыми для электрических цепей (см. п.3.13).

Обозначения линий проставляют в соответствии с требованиями, приведенными в ГОСТ 2.721.



Черт. Зв

Линии электрической связи, сливаемые в линию групповой связи, как правило, не должны иметь разветвлений, т.е. всякий условный номер должен встречаться на линии групповой связи два раза. При необходимости разветвлений их количество указывают после порядкового номера линии через дробную черту (черт.3в).

3.16. Каждый элемент и (или) устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему и рассматриваемое как элемент,

входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь обозначение (позиционное обозначение) в соответствии с ГОСТ 2.721.

Устройствам, не имеющим самостоятельных принципиальных схем, и функциональным группам рекомендуется присваивать обозначения в соответствии с ГОСТ 2.710.

3.17. Позиционные обозначения элементам (устройствам) следует присваивать в пределах изделия (установки).

3.18. Порядковые номера элементам (устройствам) следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов схеме присвоено одинаковое (устройств), которым на буквенное позиционное обозначение, например, Rl, R2, R3 и т.д., Cl, C2, C3 и т.д.

3.19. Порядковые номера должны быть присвоены в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо.

При необходимости допускается изменять последовательность присвоения порядковых номеров в зависимости от размещения элементов в изделии, направления прохождения сигналов или функциональной последовательности процесса.

При внесении изменений в схему последовательность присвоения порядковых номеров может быть нарушена.

3.20. Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов и (или) устройств с правой стороны или над ними.

3.21. На схеме изделия, в состав которого входят устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, допускается позиционные обозначения элементам присваивать в пределах каждого устройства.

Если в состав изделия входит несколько одинаковых устройств, то позиционные обозначения элементам следует присваивать в пределах этих устройств.

Порядковые номера элементам следует присваивать по правилам, установленным в п.3.18.

Элементам, не входящим в устройства, позиционные обозначения присваивают, начиная с единицы, по правилам, установленным в пп.3.17-3.19.

3.22. На схеме изделия, в состав которого входят функциональные группы, позиционные обозначения элементам присваивают по правилам, установленным в пп.3.17-3.19, при этом вначале присваивают позиционные обозначения элементам, не входящим в функциональные группы, и затем элементам, входящим в функциональные группы.

При наличии в изделии нескольких одинаковых функциональных групп позиционные обозначения элементов, присвоенные в одной из этих групп, следует повторять во всех последующих группах.

Обозначение функциональной группы, присвоенное в соответствии с ГОСТ 2.710, указывают около изображения функциональной группы (сверху или справа).

3.23. При изображении на схеме элемента или устройства разнесенным способом позиционное обозначение элемента или устройства проставляют около каждой составной части (черт. 4).

Совмещенный способ изображения устройства

Разнесенный способ изображения устройства





Черт. 4

Если поле схемы разбито на зоны или схема выполнена строчным способом, то справа от позиционного обозначения или под позиционным обозначением каждой составной части элемента или устройства допускается указывать в скобках обозначения зон или номера строк, в которых изображены все остальные составные части этого элемента или устройства (черт.5).

3.24. Допускается, если это не усложняет схему, раздельно изображенные части элементов соединять линией механической связи, указывающей на принадлежность их к одному элементу.

В этом случае позиционные обозначения элементов проставляют у одного или у обоих концов линии механической связи.



3.25. При изображении отдельных элементов устройств в разных местах в состав позиционных обозначений этих элементов должно быть

включено позиционное обозначение устройства, в которое они входят, например, =A3-C5 – конденсатор C5, входящий в устройство A3.

3.26. При разнесенном способе изображения функциональной группы (при необходимости и при совмещенном способе) в состав позиционных обозначений элементов, входящих в эту группу, должно быть включено обозначение функциональной группы, например, ≠T1-C5 – конденсатор C5, входящий в функциональную группу T1.

3.27. При однолинейном изображении около одного условного графического обозначения, заменяющего несколько условных графических обозначений одинаковых элементов или устройств, указывают позиционные обозначения всех этих элементов или устройств.

Если одинаковые элементы или устройства находятся не во всех цепях, изображенных однолинейно, то справа от позиционного обозначения или под ним в квадратных скобках указывают обозначения цепей, в которых находятся эти элементы или устройства (см. черт.3).

3.28. На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы и устройства, входящие в состав изделия и изображенные на схеме.

Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

Допускается в отдельных случаях, установленных в государственных или отраслевых стандартах, все сведения об элементах помещать около условных графических обозначений.

3.34. При сложном вхождении, например, когда в устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, входит одно или несколько устройств, имеющих самостоятельные принципиальные схемы, и (или) функциональных групп, или если в функциональную группу входит одно или несколько устройств и т.д., то в перечне элементов в графе «Наименование» перед наименованием устройств, не имеющих самостоятельных принципиальных схем, и функциональных групп допускается проставлять порядковые номера (т.е. подобно обозначению разделов, подразделов и т.д.) в пределах всей схемы изделия. Если на схеме в позиционное обозначение элемента включено позиционное обозначение устройства, или обозначение функциональной группы, то в перечне элементов в графе «Поз. обозначение» указывают позиционное обозначение элемента без позиционного обозначения устройства или обозначения функциональной группы.

3.36. При указании около условных графических обозначений номиналов резисторов и конденсаторов допускается применять упрощенный способ обозначения единиц измерений:

для резисторов

от 0 до 999 Ом – без указания единиц измерения,

от 1·10³ до 999·10³ Ом – в килоомах с обозначением единицы измерения строчной буквой к,

от 1·10⁶ до 999·10⁶ Ом — в мегаомах с обозначением единицы измерения прописной буквой М,

свыше 1·10⁹ Ом — в гигаомах с обозначением единицы измерения прописной буквой Г;

для конденсаторов

от 0 до 9999·10⁻¹² Ф – в пикофарадах без указания единицы измерения,

от 1·10⁻⁶ до 9999·10⁻⁶ Ф – в микрофарадах с обозначением единицы измерения строчными буквами мк.

3.37. На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации.

Если в конструкции элемента (устройства) и в его документации обозначения выводов (контактов) не указаны, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме, повторяя их в дальнейшем в соответствующих конструкторских документах.

При условном присвоении обозначений выводам (контактам) на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

При изображении на схеме нескольких одинаковых элементов (устройств) обозначения выводов (контактов) допускается указывать на одном из них.

При разнесенном способе изображения одинаковых элементов (устройств) обозначения выводов (контактов) указывают на каждой составной части элемента (устройства).

Для отличия на схеме обозначений выводов (контактов) от других обозначений (обозначений цепей и т.п.) допускается записывать обозначения выводов (контактов) с квалифицирующим символом в соответствии с требованиями ГОСТ 2.710.

3.38. При изображении элемента или устройства разнесенным способом поясняющую надпись помещают около одной составной части изделия или на поле схемы около изображения элемента или устройства, выполненного совмещенным способом.

3.39. На схеме рекомендуется указывать характеристики входных и выходных цепей изделия (частоту, напряжение, силу тока, сопротивление, индуктивность и т. п.), а также параметры, подлежащие измерению на контрольных контактах, гнездах и т. п.

Если невозможно указать характеристики или параметры входных и выходных цепей изделия, то рекомендуется указывать наименование цепей или контролируемых величин.

3.40. Если изделие заведомо предназначено для работы только в определенном изделии (установке), то на схеме допускается указывать

адреса внешних соединений входных и выходных цепей данного изделия. Адрес должен обеспечивать однозначность присоединения, например, если выходной контакт изделия должен быть соединен с пятым контактом третьего соединителя устройства A, то адрес должен быть записан следующим образом: =A-X3:5.

	X1					
Конт.	Цепь	Адрес	X1 .	Конт.	Цепь	Adpec
 1	∆f =0,33 кГц; Rн=600Ом	= A1-X1:1		1	∆f =0,33 кГц; Rн=600Ом	= A1-X1:1
 2	Uвыx=0,5В; Rн=600 Ом	= A1-X1:2	$ \rightarrow \rangle$	2	Uвых=0,5В; Rн=600 Ом	= A1-X1:2
 3	Uвых=+60В; Rн=500 Ом	= A1-X1:3		3	Uвых=+60В; Rн=500 Ом	= A1-X1:3
 4	Uвых=+20В; Rн=1кОм	= A1-X1:4	$ \longrightarrow$	4	Uвых=+20В; Rн=1кОм	= A1-X1:4

TT	1	0
Uent	- 1	
$\mathbf{I} \subset \mathcal{D} \mathbf{I}$.	1	

Черт. 13

Допускается указывать адрес в общем виде, если будет обеспечена однозначность присоединения, например, «Прибор А».

3.41. Характеристики входных и выходных цепей изделия, а также адреса их внешних подключений рекомендуется записывать в таблицы, помещаемые взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов – соединителей, плат и т.д. (черт.12).

Каждой таблице присваивают позиционное обозначение элемента, взамен условного графического обозначения которого она помещена.

Над таблицей допускается указывать условное графическое обозначение контакта – гнезда или штыря.

Таблицы допускается выполнять разнесенным способом.

Порядок расположения контактов в таблице определяется удобством построения схемы.

Допускается помещать таблицы с характеристиками цепей при наличии на схеме условных графических обозначений входных и выходных элементов – соединителей, плат и т.д. (черт.13).

Аналогичные таблицы рекомендуется помещать на линиях, изображающих входные и выходные цепи и не заканчивающихся на схеме соединителями, платами и т.д. В этом случае позиционные обозначения таблицам не присваивают.

3.42. При изображении на схеме многоконтактных соединителей допускается применять условные графические обозначения, не показывающие отдельные контакты (ГОСТ 2.755).

Сведения о соединении контактов соединителей указывают одним из следующих способов:

– около изображения соединителей, на свободном поле схемы или на последующих листах схемы помещают таблицы, в которых указывают адрес соединения [обозначение цепи (черт.14а) и (или) позиционное обозначение элементов, присоединяемых к данному контакту (черт.14б)]. При необходимости в таблице указывают характеристики цепей и адреса внешних соединений (черт.14а).

Если таблицы помещены на поле схемы или на последующих листах, то им присваивают позиционные обозначения соединителей, к которым они составлены.

X2								
Конт.	Адрес	Цепь	Адрес Внешний					
1	5	+ 278	=A1-X1:1					
2	20	- 278	=A1-X1:2					

а – таблица, помещаемая на
 свободном поле схемы или на
 последующих листах схемы



б – таблица, помещаемая около изображения соединителя

Черт. 14

В графах таблиц указывают следующие данные:

в графе «Конт.» – номер контакта соединителя. Номера контактов записывают в порядке возрастания;

в графе «Адрес» – обозначение цепи и (или) позиционное обозначение элементов, соединенных с контактами;

в графе «Цепь» – характеристику цепи;

в графе «Адрес внешний» – адрес внешнего соединения;

– соединения с контактами соединителя изображают разнесенным способом (черт.15).



Черт. 15

3.43. При изображении на схеме элементов, параметры которых подбирают при регулировании, около позиционных обозначений этих элементов на схеме и в перечне элементов проставляют звездочки (например R1*), а на поле схемы помещают сноску: «* Подбирают при регулировании».

В перечень должны быть записаны элементы, параметры которых наиболее близки к расчетным.

Допускаемые при подборе предельные значения параметров элементов указывают в перечне в графе «Примечание».

Если подбираемый при регулировании параметр обеспечивается элементами различных типов, то эти элементы перечисляют в технических требованиях на поле схемы, а в графах перечня элементов указывают следующие данные:

в графе «Наименование» — наименование элемента и параметр наиболее близкий к расчетному;

в графе «Примечание» — ссылку на соответствующий пункт технических требований и допускаемые при подборе предельные значения параметров.

3.46. Если параллельное или последовательное соединение осуществлено для получения определенного значения параметра (емкости или сопротивления определенной величины), то в перечне элементов в графе «Примечания» указывают общий (суммарный) параметр элементов (например R=151кOм).

3.48. При изображении устройства (или устройств) В виде допускается прямоугольнике прямоугольника В взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов помещать таблицы с характеристиками входных и выходных цепей (черт.18), а вне прямоугольника допускается помещать таблицы с указанием адресов внешних присоединений (черт. 19).

При необходимости допускается вводить в таблицы дополнительные графы.





A2			_	A1 .		
	X1 X4				XT1	
Цель	→>	Adper		Цепь	Конт	Адрес
Сигнал Б	1	= A4-X3:1	_	0-50B	1	A3-XT2:1
Сигнал В	2	=A3-X3:2]	Корпус	2	A3-XT2:5
+ 12 R	7	- 12:1		-128	3	X32:6
. 12.0		×2.1		Сценал	4	X38:7
- 128	4	-XZ:Z	··	+128	5	X32:3
Карпус	5	- X2:4			6	
					7	1

Черт. 19

Каждой таблице присваивают позиционное обозначение элемента, взамен условного графического обозначения которого она помещена.

В таблице взамен слова «Конт.» допускается помещать условное графическое обозначение контакта соединителя (см. черт. 19);

На схеме изделия в прямоугольники, изображающие устройства, допускается помещать структурные или функциональные схемы устройств, либо полностью или частично повторять их принципиальные схемы.

Элементы этих устройств в перечень элементов не записывают.

Если в изделие входит несколько одинаковых устройств, то схему устройства рекомендуется помещать на свободном поле схемы изделия (а не в прямоугольнике) с соответствующей надписью, например: «Схема блоков A1-A4».

3.52. На поле схемы допускается помещать указания о марках, сечениях и расцветках проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), которыми должны быть выполнены соединения элементов, а также указания о специфических требованиях к электрическому монтажу данного изделия.

3. Выдержка из ГОСТ 2.710-81 «Обозначения условные буквенно-цифровые, применяемые на электрических схемах»

А - Устройство (общее обозначение).

В - Преобразователи неэлектрических величин в электрические обратные преобразователи.

- ВА Громкоговоритель;
- ВВ Магнитострикционный элемент;
- BF Телефон (капсюль);
- BL Фотоэлемент;
- ВМ Микрофон;
- BQ Пьезоэлемент;
- BS Звукосниматель;
- С Конденсаторы.
- D Схемы интегральные. Микросборки.
 - DA Схема интегральная аналоговая;
 - DD Схема интегральная цифровая. Логический элемент;
 - DS Устройство хранения информации;
 - DT Устройства задержки.
- Е Элементы разные.

ЕК - 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.
- Н Устройства индикационные и сигнальные.
 - НА Прибор звуковой сигнализации;
 - НG Индикатор символьный;
 - HL Прибор световой сигнализации.
- К Реле. Контакторы. Пускатели.
 - КА Реле токовое;
 - КН Реле указательное;
 - КК Реле электротепловое;
 - КМ Контактор, магнитный пускатель;
 - КТ Реле времени;
 - KV Реле напряжения.
- L Катушки индуктивности, дроссели.
 - LL Дроссель люминесцентного освещения.
- R Резисторы.
 - RK Терморезистор;
 - RР Потенциометр;
 - RS Шунт измерительный;
 - RU Варистор.

S - Устройства коммутационные в измерительных цепях, цепях управления и сигнализации.

- SB Выключатель кнопочный;
- SF Выключатель автомат.
- Т 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 - Аттенюатор;

WA - Антенна.

Х - Соединения контактные.

ХА - Токосъемник, контакт скользящий;

ХР - Штырь;

XS - Гнездо;

ХТ - Соединения разборные;

XW - Соединитель высокочастотный.

Z - Устройства оконечные, фильтры, ограничители.

ZL - Ограничитель;

ZQ - Фильтр кварцевый.

4. Выдержка из ГОСТ 2.728-74 «ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. Резисторы, конденсаторы»

7. Размеры условных графических обозначений приведены в табл.6.

Все геометрические элементы условных графических обозначений следует выполнять линиями той же толщины, что и линии электрической связи.

Таблица 6

Наименование	Обозначение
1. Резистор постоянный	
2. Резистор постоянный с дополнительными	
отводами:	
а) одним	2 min
б) с двумя	->
3. Резистор переменный	45°
4. Резистор переменный с двумя подвижными контактами	36
5. Резистор подстроечный	

6. Потенциометр функциональный	
7. Потенциометр функциональный кольцевой	
замкнутый:	
а) однообмоточный	
	<u>\$10</u>
б) многообмоточный, например,	
двухобмоточный	\$18 \$10 \$\$10 \$\$25
8. Потенциометр функциональный кольцевой	Ø14
замкнутый с изолированным участком	
9. Конденсатор постоянной емкости	8 - 1,5 - 1,5
10. Конденсатор электролитический	1,5
11. Конденсатор опорный	4

Продолжение таблицы 6

12. Конденсатор переменной емкости	450 F10.12
13. Конденсатор проходной	8 53 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

5. Выдержка из ГОСТ 2.730-73 «ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. ПРИБОРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ»

ПРИЛОЖЕНИЕ Обязательное

РАЗМЕРЫ УСЛОВНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

1. Все геометрические элементы условных графических обозначений выполняют линиями той же толщины, что и линии электрической связи.

2. Размеры условных графических обозначений полупроводниковых приборов приведены в таблице.

Наименование	Обозначение	Размеры, mm		
1. Диод	50°	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		
2. Тиристор диодный	<i>q5b</i>			
3. Тиристоры триодный и тетродный				
9. Транзистор: а) типа <i>PNP</i>	60°	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		

б) типа <i>NPN</i>		*A=3/4D		
10. Транзистор с двумя базами				
 Обозначение затвора (для полевых транзисторов) 	30°			
14. Полевой транзистор		D 10 12 14 a 5 6 7 b 7 8 9		

6. Выдержка из ГОСТ 2.743-91 «ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. Элементы цифровой техники»

Настоящий стандарт устанавливает общие правила построения условных графических обозначений (УГО) элементов цифровой техники в схемах, выполняемых вручную или с помощью печатающих и графических устройств вывода ЭВМ во всех отраслях промышленности.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Элемент цифровой техники (далее - элемент) – цифровая или микропроцессорная микросхема, ее элемент или компонент; цифровая микросборка, ее элемент или компонент. Определения цифровой и микропроцессорной микросхем, их элементов и компонентов - по ГОСТ 17021, определения цифровой микросборки, ее элемента или компонента - по ГОСТ 26975.

Примечание. К элементам цифровой техники условно относят элементы, не предназначенные для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции, но применяемые в логических цепях, например конденсатор, генератор и т. п.

1.2. При построении УГО используют символы «0» и «1» для идентификации двух логических состояний «логический 0» и «логическая 1» (приложение 1).

2. ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ УГО ЭЛЕМЕНТОВ

2.1. Общие правила построения УГО

2.1.1. УГО элемента имеет форму прямоугольника, к которому подводят линии выводов. УГО элемента может содержать три поля: основное и два дополнительных, которые располагают слева и справа от основного (черт. 1).



Черт. 1

2.1.2. В первой строке основного поля УГО помещают обозначение функции, выполняемой элементом. В последующих строках основного поля располагают информацию по ГОСТ 2.708.

Примечание. Допускается помещать информацию в основном поле с первой позиции строки, если это не приведет к неоднозначности понимания.

В дополнительных полях помещают информацию о назначениях выводов (метки выводов, указатели).

Допускается проставлять указатели на линиях выводов на контуре УГО, а также между линией вывода и контуром УГО.

2.1.4. Выводы элементов делят на входы, выходы, двунаправленные выводы и выводы, не несущие логической информации.

Входы элемента изображают с левой стороны УГО, выходы – с правой стороны УГО. Двунаправленные выводы и выводы, не несущие логической информации, изображают с правой или с левой стороны УГО.

2.1.5. При подведении линий выводов к контуру УГО не допускается:

проводить их на уровне сторон прямоугольника;

проставлять на них у контура УГО стрелки, указывающие направление информации.

2.1.7. Размеры УГО определяют:

по высоте:

число линий выводов,

число интервалов,

число строк информации в основном и дополнительных полях, размером шрифта;

по ширине:

наличием дополнительных полей,

число знаков, помещаемых в одной строке внутри УГО (с учетом пробелов), размером шрифта.

2.1.8. Соотношения размеров обозначений функций, меток и указателей выводов в УГО, а также расстояний между линиями выводов должны соответствовать приведенным в приложении 5 (расстояние между линиями выводов не менее 2мм).

Минимальная величина шага модульной сетки М выбирается исходя из требования микрофильмирования (ГОСТ 13.1.002).

2.1.9. Надписи внутри УГО выполняют основным шрифтом по ГОСТ 2.304.

При выполнении УГО с помощью устройств выводов ЭВМ применяют шрифты, имеющиеся в них.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате разработки печатной платы в САПР Р-САD-2006 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 Р-САD-2006, 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:

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

владеть:

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Елшин Ю.М. Справочное руководство по работе с подсистемой SPECCTRA 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 Р-САД 2000. Справочник команд. М.: Горячая линия Телеком, 2001. 256с.
- 6. Саврушев Э.Ц Р-САД 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. Р-САD 2000, ACCEL EDA. Конструирование печатных плат. Учебный курс. СПб: Питер, 2001. 320с.
- 9. www.altium.com.
- 10.http://www.eurointech.ru/EDA_Expert/EDA_Expert_6_61_63.pdf.
- 11.Тупик В.А. Технология и организация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004. – 144 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕР ТАБЛИЦЫ ВЫВОДОВ (PINS VIEW) ДЛЯ МС КР1533ЛЛ1

Вид МС КР1533ЛЛ1:



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

Таблица выводов:

l Pins	l Pins View							
	Component Info			Pattern View Symbol View		ol View		
Elec. T	уре	15	Unknown					<u>±</u> 1
	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 🚽
								<u>ک</u>

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕЧНОГО КОМПОНЕНТА ТИПА «POWER»

Цепь «земли» изображается на принципиальной электрической схеме посредством знака «заземление».

УГО заземления (корпуса) по ГОСТ 2.721-74:



Знак «корпус» 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 конструкторскотехнологический 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 организована 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 хозяй-

ства 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, проекта 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 65 кандидатских и 7 докторских диссертаций.