ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ Р-САD

Современные технологии разработки и создания радиоэлектронных устройств и схем используют специальные программные средства, позволяющие разрабатывать микросхемы, радиочастотные устройства (волноводы и антенны) и принципиальные схемы электронных устройств.

Интегрированная САПР РСАD - это наиболее популярная в мире система автоматизации проектирования и подготовки производства печатных плат.

В данном методическом пособии рассмотрено поэтапное автоматизированное проектирование электронных приборов (от разработки принципиальной схемы до трассировки печатной платы (ПП) и подготовки технической документации) в пакете Р-САD.

Система P-CAD предназначена для проектирования многослойных ПП электронных устройств, что включает в себя:

- создание (рисование, ввод) принципиальной электрической схемы;

- перенос схемы на ПП (упаковку), получение для этой схемы чертежа печатной платы с размещенными на ней компонентами;

- ручное размещение компонентов на ПП;

- ручную, интерактивную или автоматическую трассировку проводников;

- контроль ошибок в схеме и ПП;

- выпуск конструкторской и технологической документации.

Она состоит из четырех основных модулей: P-CAD Library Manager, P-CAD Schematic, P-CAD PCB, P-CAD Autorouters и ряда вспомогательных программ (рисунок 1).

P-CAD Schematic – графический редактор схем (используется для рисования принципиальной электрической схемы ЭЗ).

P-CAD PCB -графический редактор печатных плат ПП (используется для размещения элементов на ПП и редактирования печатных плат с размещенными на них элементами).

Данные редакторы позволяют перемещать информацию в другие программы Windows, например в Word для выпуска документации.

P-CAD Autorouters - производит автоматическую трассировку (разводку) дорожек в соответствии со стратегией, задаваемой пользователем в графическом редакторе P-CAD PCB. В состав **P-CAD** входят два автотрассировщика: простейшая программа QuickRoute и заимствованная из системы Protel программа Shape-Based Router.

P-CAD Library Manager – Менеджер библиотек (осуществляет создание и ведение библиотек элементов, используемых при работе).



Рисунок 1 - Обобщенная структура системы P-CAD

Процесс проектирования печатной платы устройства в P-CAD выглядит следующим образом (рисунок 2):

1 сначала *создают принципиальную электрическую схему* устройства в **P-CAD** Schematic. Условные обозначения элементов на схеме не формируют каждый раз заново, а берут из интегрированных библиотек .lib, которые включают в себя графические изображения символов и корпусов компонент, а так же необходимую текстовую информацию. Результатом работы на этом этапе является графический файл .sch;

2 сама принципиальная электрическая схема не используется для трассировки печатной платы. Система использует лишь информацию о соединениях внутри схемы и типах используемых компонентов. Поэтому вторым этапом создания ПЭС является – *создание файла связей* с описанием электрических соединений элементов и их типов. По завершении этого этапа появляется отдельный файл **.net** списка соединений;

3 далее в **P-CAD PCB** на основе файла .net получают чертеж ПП с размещенными компонентами, на котором указаны линии электрических соединений между их выводами (чертежи корпусов компонентов автоматически загружаются из интегрированной библиотеки .lib). Эта операция называется упаковкой схемы на ПП, в результате образуется файл .pcb;

4 Следующий этап – задание контура печатной платы и размещение компонентов на печатной плате. Действия производят вручную;

5 *Автоматическая трассировка дорожек* платы производится с использованием автотрассировщика **P-CAD Autorouters**, стратегию разводки (правила) необходимо задать предварительно в **P-CAD PCB**;

6 Система P-CAD использует интегрированные библиотеки, содержащие графическую и текстовую информацию о компонентах. В графическом виде представлены символы и корпуса компонентов, а в текстовом – число секций в корпусе, номера и имена выводов. Если при создании принципиальной схемы в библиотеке отсутствует необходимый элемент, его можно создать, используя P-CAD Library Manager (Library Executive, Symbol Editor-редактор символов компонент, Pattern Editor-редактор корпусов) - менеджер библиотек.

Графический редактор принципиальных электрических схем P-CAD Schematic

Интерфейс программы

P-CAD Schematic предназначен для построения электрических принципиальных схем радиоэлектронных устройств. Запуск графического редактора производится из меню (Пуск/Программы/P-CAD2001/Schematic). Интерфейс программы представлен на рисунке 2.

Основное меню содержит команды редактора. Оно активизируется щелчком мыши на имени меню. Помимо меню системные команды дублируются в горизонтальной панели инструменов, содержащей их графическое представление в виде пиктограмм

Команды размещения объектов так же дублируются в вертикальной панели инструментов.

🛟 P-C	AD 20	001 Sch	ematic	- [Unti	tled1]									_ 🗆 ×
🔁 File	e Edi	t View	Place	Rewire	Options	Library	Utils	Simulate	DocTool	Macro	Window	Help		_ 8 ×
₽	D	6	8	¥	te C	10 Ci	1	NET8 NET1		0) tD				
				Г	анель	инстр	умен	чтов с	истем	ных к	оманд			
× 1 1 H m H 4														•
	K					Ρ	абс	чее і	поле					
	./	\langle												
9 (F)		Пане) коман объех	ть ині ід раз ттов	тсруі змещі	ментое эния	} .								
Σ														-
	•													Þ
Click <l< th=""><th>.eft> to</th><th>single S</th><th>elect, <l< th=""><th>Ctrl><lef< th=""><th>t> for multip</th><th>le, or drag</th><th>for blo</th><th>ick select.</th><th>Cm,</th><th>рока с</th><th>сообще</th><th>ний</th><th></th><th></th></lef<></th></l<></th></l<>	.eft> to	single S	elect, <l< th=""><th>Ctrl><lef< th=""><th>t> for multip</th><th>le, or drag</th><th>for blo</th><th>ick select.</th><th>Cm,</th><th>рока с</th><th>сообще</th><th>ний</th><th></th><th></th></lef<></th></l<>	Ctrl> <lef< th=""><th>t> for multip</th><th>le, or drag</th><th>for blo</th><th>ick select.</th><th>Cm,</th><th>рока с</th><th>сообще</th><th>ний</th><th></th><th></th></lef<>	t> for multip	le, or drag	for blo	ick select.	Cm,	рока с	сообще	ний		
114.30)	294.64	0	Abs	2.540	▼ M	Shee	et1	₹∏÷	0.254m	m 🔻	Cmp	ока сос	стояния

Рисунок 2 - Рабочий экран P-CAD Schematic

В поле рабочего окна создается принципиальная электрическая схема, содержащая графические изображения символов, электрические соединения, шины и т.п.

Вторая строка снизу – строка сообщений, в ней отображается полезная информация, которая зависит от выполняемых действий в данный момент времени.

Самая нижняя строка – строка состояний служит для выбора некоторых параметров рисования (рисунок 3).

Текущие координат курсора	гы Х,Ү	Выбор шага сетки	Переклк и листов	очение	Выбор линии	ширины
1500.0	5900.0	Abs 100.0	▼ M Sheet1		10.0mil	•

Рисунок 3 - Назначение полей строки состояний

Координаты X,Y - числа в полях указывают текущие координаты курсора. Для перемещения курсора в заданную пользователем точку переместить курсор в поле X, на клавиатуре набирать значение координаты X, затем нажать клавишу **Tab**, набрать значение координаты **Y** и нажать клавишу **Enter**.

Abs и Rel - кнопки переключения типа сетки.

Абсолютная сетка Abs имеет начало координат в левом нижнем углу рабочей области экрана. Относительная сетка **Rel** имеет начало координат в точке, указанной пользователем.

Шаг сетки - устанавливается при нажатии на кнопку выбора (стрелка).

Набор шагов сеток устанавливается в поле Grid Spacing после выполнения команды Options/Grids.

Текущий лист схемы и кнопка выбора листа отражают установки, проведенные по команде **Options/Sheets** в закладке **Sheets**.

Ширина линии и выбор ширины линии (дублирует команду Options/Current Line).

Для добавления в список новой толщины линии необходимо щелкнуть по кнопке **ширина линии** (Line Width) и ввести новое значение толщины линии. Тип линии устанавливается командой Options/Current Line в области Style диалогового окна.

Основные этапы создания принципиальной схемы

Основные команды, которые необходимо использовать в P-CAD Schematic для создания принципиальной электрической схемы, можно объединить в 4 группы (см. рисунок 4)



Рисунок 4 - Основные действия, производимые в P-CAD Schematic, необходимые для создания изображения электрической принципиальной схемы

1. Настройка конфигурации программы. После запуска редактора (Пуск/Программы/Р-САD_2001/Schematic) необходимо установить удобную для использования среду – настроить конфигурацию (меню Options).

Options/Configure. Диалоговое окно представлено на рисунке 5. В нем необходимо:

Options Configure
Workspace Size
CACBOCODOE
C User Width: 297.000mm
Height: 210.000mm
Orthogonal Modes Net Increment ECOs
✓ 90/90 Line-Line Increment ⊻alue 1
V 45/ <u>3</u> 0 Line-Line
AutoSave Units
Purge Previous Backups 30
Compress AutoSave Files Number of Backup Files:
🦳 Compress Binary Designs
🔽 DDE Hotlinks
File Viewer Instended
Zeen Feehen 200
Zoom Factor: 12.00 Autopan (& Display): 125
OK Cancel

Рисунок 5 - Настройка конфигурации P-CAD Schematic

Задать стандартный формат листа в области Workspace Size (нестандартные размеры задаются в области Use).

Выбрать систему единиц Units:

- mil милы (1 мил = 0,001 дюйма = 0.0254 мм);
- inch- дюймы;
- mm миллиметры;

- (для изображения схем в ЕСКД выбираем mm).

- Установить режим ввода линий и цепей Orthogonal Models:
- 90/90 Line-Line ортогональные;
- 45/90 Line-Line диагональные.

Указывать масштаб изменения изображения по командам Zoom в графе Zoom Factor.

Подключить готовую форматку, нажав на кнопку **Edit Title Sheets**, в появившемся диалоговом окне (рисунок 6) нажать Select и выбрать нужный файл .ttl (файл форматки). Принять изменения, нажав кнопку **Modify.**

Options Sheets		
SI	neets	Titles
Sheets: Global Sheet1	Global Qu Border	Image: Store workspace Relative Origin Yertical Yertical Alpha Ascending Alpha Ascending Image: Style Descending Image: Image
	Close	

Рисунок 6 - Вкладка Options Sheets

Команда Options/Grids служит для установки шага сетки (Рисунок 7).

Размещение элементов схемы удобно производить в узлах решетки – это снимает в дальнейшем проблему стыковки проводников и элементов.

Add –добавить новое значение;

Delete –удалить выделенное значение.

Далее текущее значение шага сетки выбирают непосредственно в строке состояния.

Options Grids		
Grid Spacing: 1.000	Add Visible G	irid Style © D <u>o</u> tted
Grids:	Delete	○ <u>H</u> atched
1.000 5.000 2.500 2.540	Relative Grid Origin X: 0.000mm Y: 0.000mm	Mode A <u>b</u> solute <u> R</u> elative
	Erompt for Origin	ОК
1		Cancel

Рисунок 7 - Диалоговое окно Options/Grids

(Для создания схем в ЕСКД добавьте шаг 2,5 и 5,00).

Options/Display Устанавливают цвет различных объектов. На закладке **Colors** (Рисунок 8) задаются:

- цвет различных компонентов схемы:
 - Wire цепь;
 - Part символ компонента;
 - **Bus** шина;

Junction - точка соединения цепей; Pin – вывод компонента; Line – линия; Text – текст; Open End – не подсоединенный (открытый) вывод компонента или цепи; Background – фон; 1*Grid – обычная сетка; 10*Grid – сетка с шагом в 10 раз больше обычного; Selection – выбранный объект; Title – форматка схем.

Установленные по умолчанию цвета объектов можно изменить, нажимая соответствующую клавишу с именем объекта и выбирая в появившейся палитре нужный цвет.

- стиль подсоединения цепей к шине Bus Connection Mode;
- размер точки электрического соединения цепей (точки «пайки») Junction Size:
 - **Small** малый (диаметр 20мил);
 - Large большой (диаметр 30мил);
 - User задается пользователем (от 1 до 394 mil).

Options Display		
Colors Miscellaneous		
Item Colors	Display Colors Background 1× Grid 10x Grid Highlight Selection Iitle Wige Attr Part Attr	Junction Size Small Large Jser Size: 1.016 Bus Connection Mode Mode Defaults
		ОК Отмена

Рисунок 8 - Диалоговое окно Options/Display/Color настройка элементов цепи и дисплея

- в закладке Miscellaneous (рисунок 8) окна Options Display в области Cursor Style выбирается стиль курсора:

Arrow — в виде стрелки;

Small Cross — в виде маленького перекрестия;

Large Cross — в виде большого перекрестия;

- команда Options/Text Style служит для определения стиля текста, устанавливаемого по умолчанию, а при необходимости позволяет создать свой стиль текста в добавление к уже существующим. (Например, если необходимо ввести текст на русском языке, надо создать соответствующий стиль). В появившемся диалоговом окне нажать Add (рисунок 9).

Add Text Style							
Style Name: 12							
Based On: <u>* (Default)</u> (DefaultTTF (PartStyle) (PinStyle) (PortStyle) (WireStyle)	-)						
ОК	Cancel						

Рисунок 9 - Диалоговое окно Text Style

- во вкладке Add Text Style ввести имя нового шрифта (например «12»);
- нажать ОК;

Text Style Properties	
Text Style Name: 12 Stroke Font Properties Height: 100.0mil Thickness: 10.0mil Font: Quality	 Allow TrueType TrueType Font Properties Font: Arial Font Style: Regular Italic
Display C Stroke Font TrueType Font OK	Size: 125.0mil Font

Рисунок 10 - Диалоговое окно Text Style Properties

- в появившемся окне Text Style Properties (рисунок 10) установить значения Allow True Type, True Type Font;

- активизировать окно Шрифт, нажав кнопку Font.

- В следующем окне Шрифт (рисунок 11) выбрать:
- шрифт Arial;
- начертание курсив;
- размер 12;
- набор символов кириллически;
- нажать ОК.

Шрифт			? 🔀
Щрифт: Times New Roman Ø Sylfaen Ø Sylfaen Ø Tahoma Ø Times New Roman Ø Tirebuchet MS Ø Tunga Ø Verdana ₩	<u>Н</u> ачертание: курсив обычный курсив жирный жирный курсив	Размер: 12 12 14 16 18 20 22 24 •	ОК Отмена
	Образец АаВЪББФ	5∉	
	На <u>б</u> ор символов: Кириллический	•	
Шрифт OpenType. Он исполь так и на принтер.	уется для вывода как	на экран,	

Рисунок 11 - Диалоговое окно Шрифт

Команда **Options/Current Line...** служит для установки ширины линии. В появившемся диалоговом окне можно выбрать линии стандартной ширины (**Thick, Thin**), а также в поле **Use** задать ширину линии по своему усмотрению:

- Thick толстые 0,762mm;
- Thin тонкие 0, 254mm;
- Use ширина линии устанавливается пользователем.

В дальнейшем при создании изображений необходимую ширину линии можно выбрать из набора непосредственно в строке состояний.

Команда **Options/Current Wire...** служит для установки ширины проводников, выполняется аналогично предыдущему пункту.

Все настройки (стили линий, стили шрифтов т. п.) запоминаются в файле схем *.sch, поэтому становится целесообразным создать шаблоны «пустых» схем (например, templatel.sch, template2.sch) и заносить в них только параметры конфигурации (списки шагов сетки, списки стилей и т. п.). При необходимости шаблоны дополняются новыми данными.

Практическая работа №1

НАСТРОЙКА КОНФИГУРАЦИИ РСАД SCHEMATIC. СОЗДАНИЕ ШАБЛОНОВ ФОРМАТОК.

Цель: Знакомство с пакетом, получение основных навыков работы графическом редакторе схем P-CAD 2001 Shematic, освоение основных инструментов оформления чертежей.

Задание на практическую работу:

Создать шаблон форматки А4 и А1 с основным штампом.

Ход работы

Сначала задайте формат листа. В соответствии с требованиями ЕСКД разработка технической документации устройства проводится на стандартных листах (таблица 1). Таблица 1

таолица т			
A0	1188x841	A3	297x420
A1	594x841	A4	297x210
A2	594x420	A5	148x210

При выборе формата листа в P-CAD командой **Options/Configure** размер листа необходимо задать в области User.

Нарисуйте рамку, (рабочее поле чертежа обводится сплошной толстой линией, расположенной от края листа на расстоянии 20мм слева и по 5мм сверху, справа, снизу):

- чтобы нарисовать линию необходимо выбрать команду Edit/Place Line либо найти соответствующую команду в панели инструментов (начальная и конечная точка устанавливается щелчком левой кнопки мыши);

- в строке состояния выберите толщину линии Thick;

- при создании изображения удобно использовать указатель координат в строке состояния;

- целесообразно ввести шаг сетки (команда Options/Grid) 5мм и 1мм (далее в процессе рисования нужный шаг выбирать в строке состояния).

На каждом листе схем и пояснительной записки внесите основную надпись (угловой штамп):

- изображение углового штампа создается аналогично описанному выше;

- для рисования тонкой линии в строке состояния выберите Thin, для рисования толстой – Thick.

					<	70	код {46.XX.XXX.X	X.??} <		50	~~~>
7мм	10	23	15	10				Лum		Иасса	Масшт.
Изл	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							
Pa	враб.	{Author}		{Date}	\checkmark	{Title}		55	5	17	18
П	006.	{Checked By}			5мм				Ĺ		
Т. К	онтр.				个			Лист	1	Лист	пов
								Кафе	дра Р	адиоэлен	ктроники
Н. контр.						титл1.ttl.sc	h	Групп	а ЭМ		
У	пв.							< 20		1	

Рисунок 12 - Пример заполнения углового штампа на титульном листе

Заполните угловой штамп текстом.

Place Text	
	<u>^</u>
	~
Place Cancel	<< L <u>e</u> ss
Location Justification □ Elip Rotation: X: 96.520 □ C C Text Styles:	0.0deg
Y: 152.400 © C C Default)	▼ Text Styles

Рисунок 13 - Вкладка Place Text

Для создания текста выберите команду **Place/Text A**, далее левой кнопкой мыши определите место на рабочем поле, где будет располагаться текст. Появится диалоговое окно **Place Text**, в котором:

- набирается текст;

- выбирается стиль текста в области Text Style (в этой облатси появился и тот стиль, который вы создаете сомандой Options/Text Style). На данном этапе так же можете создать свой стиль, активизировав кнопку Text Style;

- устанавливается положение текста относительно курсора (область Justification).

При заполнении штампа использовать шрифт Times New Roman (курсив) следующих размеров:

- основной шрифт в рамке размер 11;
- надпись Title размер 14;
- надпись Date, Curent Date, Curent Time размер 8;
- надпись КОД размер 28 (жирный курсив).

Обратите внимания, что часть текста в штампе изображена в фигурных скобках (Author, Date, Time и т.д.). Фрагменты текста, повторяющиеся во многих схемах, удобно сохранить в полях Fields, это дает возможность вставлять значение полей, не набирая один и тот же текст много раз. При заполнении штампов это является актуальным:

- разместите поля в области штампа, для этого выберите команду Place/Field, (F) выберите из списка нужное поле (например, Author) и щелкните левой кнопки мыши в нужном месте штампа;

- заполните поля их значениями, для этого выберите команду File/Design Info... вкладка Fields, в появившемся окне Design Info введите значение полей, необходимых для создаваемой вами форматки.

Design Info				
<u>G</u> eneral <u>F</u> ields	Attributes	Notes	Revisions	Statistics
Field Set: (Default)			▼ <u>F</u> ield	l Sets
Name		Value		
Approved By				
Author				
Checked By				
Company Name				
Date				
Drawing Number				
Drawn By				
Engineer				
Time				
Title				
The				
	4			
Add	Properties	s <u>D</u> ele	te	
	Clos	e		

Рисунок 14 - Вкладка Design Info

Например, чтобы ввести вашу фамилию в поле **Author** нажмите **Properties** и заполните соответствующую область.

Чтобы добавить поле (например поле КОД) используйте кнопку Add и введите слово КОД, затем, как и в предыдущем случае, заполните значение кода:

46.НР.НВ.НЛ.ВД

где: 46 – код кафедры;

- НР номер работы (например, 01);
- НВ номер варианта (например, 16);
- НЛ номер листа (например, 02);
- ВД вид документа:
 - ПЗ пояснительная записка;
 - ПЭ перечень элементов;
 - Э1 структурная схема;
 - Э2 функциональная схема;
 - Э3 принципиальная эл. схема;
 - Э4 монтажная схема.

Создать шаблон форматки А4 с дополнительным штампом (если документ содержит более одного листа, на всех листах кроме первого ставится малый штамп).

_ 					185мм		
7мм	10	23	15	10			10мм
					5	7	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	{Kod}	8	

Рисунок 15 - Образец заполнения малого штампа

Создать на первом листе формата А4 титульный лист для будущего отчета.

Создать на листе формата А4 шаблон для перечня элементов. Основная надпись по форме 2 ГОСТ 2.104-68.

		{Curent Date}	{Curent Time}		(VOD)			
					{ ^N OH}			
<u>Kan</u>	Лист	Ν≌ <u>ζοκγ</u> Μ.	<u>Подп</u> .	Дата				
Pas	<u>a</u> 6.	Фамилия		(Date)		Пит.	Пист	Пистов
Про	<u>3</u> .	Фамилия			{Title}			
Т. кс	нтр.							
						Кафедра	Радиоэлект	проники
Н. ко	энтр.					Гоуппа:	3M-222	
<u>Xm</u> e								

Рисунок 16- Образец штампа для перечня элементов

Расстояние между таблицей и основной надписью не менее 12мм.

Поз. Обозң.,	Наименование	Кол.	Примечание	15
				8
20	185	10		

Рисунок 17 - Образец таблицы для перечня элементов

Контрольные вопросы

- 1 Назначение пакета Р-САД, его состав.
- 2 Области и элементы окна пакета P-CAD Schematic.
- 3 Настройка конфигурации пакета P-CAD.
- 4 Задания формата листа и выбор единиц размерности.
- 5 Работа с форматкой (назначение, загрузка).
- 6 Задание шага сетки, способы переключения.
- 7 Настройки дисплея (задание цвета объектов, точек пересечения проводников и соединения шин).
 - 8 Задание шрифта сообщений.
 - 9 Работа с графическими примитивами (линия, дуга, замкнутая линия).
 - 10 Работа с текстом.
 - 11 Работа с полями.

Практическая работа №2

СОЗДАНИЕ СИМВОЛЬНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ РЭК

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

Задание на практическую работу:

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

Ход работы

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

Символьное изображение компонента создается в графическом редакторе P-CAD Symbol Editor. Интерфейс этого редактора содержит пиктограммы, вызывающие такие инструменты, как мастер создания Symbol Wizard, средства создания атрибутов Symbol Attributes, средства изменения номеров выводов компонентов Renumber Pins, средства проверки правильности создания символа Validate Symbol. На панели инструментов находятся пиктограммы размещения вывода компонента, рисования линии, дуги, полигона, точки привязки, ввода текста, атрибутов компонентов и стандартного символа IEEE, характеризующего функциональное назначение компонента.



Рисунок 18 - Интерфейс графического редактора P-CAD Symbol Editor с файлом символа РЭК - TXC-02050.sym на экране

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

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

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

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

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

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

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

- установить метрическую систему единиц: Options/Configure – Units: mm;

- установить шаг координатной сетки с помощью команды Options/Grids – Grid Spacing: 2.5, Add; или в строке состояний;

- установить привязку к сетке View/Snap to Grid. Приблизить изображение на столько, чтобы явно было видно перемещение курсора по сетке;

- 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.);

- выбрать команду Place Pin;

- щелкнуть в рабочем поле и задать параметры объекта: Длина вывода: Length – User: 5mm;

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

Options Configure							
┌─ Workspace Size ───── ┌─ Orth	ogonal Modes						
OBOCODOE 🗹 9	0/90 <u>L</u> ine-Line						
C A4 C A3 C A2 C A1 C A0							
C User Width: 279.400mm	;						
	mjl						
Height: 215.900mm	mm						
0	i <u>n</u> ch						
AutoSave							
Enable AutoSave							
AutoSave <u>T</u> ime Interval (minutes): 30							
Purge Previous <u>B</u> ackups							
Number of Backup Files:							
<u>File Viewer:</u> notepad							
Zoom Factor: 2.00 Autopan (% Display): 25							
OK Cancel							

Рисунок 19 - Установка метрической системы единиц

Options Grids		
Grid Spacing: 2.540		le D <u>o</u> tted
Grids:	Delete O	<u>H</u> atched
2.540	Relative Grid Origin Mo X: 0.000mm Y: 0.000mm	de A <u>b</u> solute <u>R</u> elative
	Prompt for Origin	OK
1		Cancel

Рисунок 20 - Параметры координатной сетки

С помощью опции Display задается видимость имени (Pin name) и номера вывода (Pin Des). При необходимости надо задать имя вывода – Default Pin Name. Перед именем инверсного вывода ввести «~», тогда имя в символе будет с надчеркиванием. Номер вывода – Default Pin Designator – рекомендуется задавать всегда.

Place Pin			
Text Style	_ Length ——	Inside Edge	Inside
Pin Name: (PinStyle)	C Short	None Shark	None None
Pin Des: (PinStyle)	Normal	CIOCK	C Open High
Test Chiles	C Long	Outside Edge	O Open Low
Text Styles	C User	C Dot	C Passive Dowr
Display Default Pin Name:	7.620mm	C Polarity In	C Amplifier
Pin Name		re i olany out	C Generator C Hysteresis
Pin Des 🔽 Increment Pin Name			C Postponed
Default Pin Des:			Outvide
🔽 Increment Pin Des			C Flow In
Pin Numbering			C Flow Uut
			C Analog C Digital
1 Starting Pin Number			C NonLogic
1 Increment Pin Number			
OK		Cancel	

Рисунок 21 - Параметры размещаемого вывода

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 ранее описанные действия.

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

Place Arc – ввод окружностей и дуг. Выбрать команду, для построения окружности: выбрать первую точку на окружности, отпустить кнопку мыши и выбрать точку центра окружности; для построения дуги: выбрать первую точку на окружности, удерживая кнопку мыши выбрать вторую точку на окружности, а затем указать центр окружности (дуга прорисовывается против часовой стрелки).

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

Place Text		_ 🗆 🗵
1		
I		V
	Place Cancel	<< L <u>e</u> ss
Location	Justification	0.0dea
<u>×</u> : 116.840		0.00eg
<u>Y</u> : 134.620	• C C (Default)	▼ Text <u>S</u> tyles

Рисунок 22 - Редактирование текста

Ввести необходимые атрибуты командой Place Attribute:

- выбрать категорию (Attribute Category) Component и наименование (Name) Туре, ввести значение атрибута в окне Value, разместить в рабочем поле под символом;

- выбрать категорию Component, наименование RefDes (позиционное обозначение) и нажать «ОК» без ввода значения атрибута, разместить в рабочем поле над символом.

Name.
✓ Value: ✓ Visible Location X: X: Y: Text Style: (Default) Text Styles Justification Rotation: C C Flipped C C

Рисунок 23

Значения позиционных обозначений будут проставляться при формировании принципиальной электрической схемы.

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.

Проверка: кнопка Validate Symbol на панели системных команд. При наличии ошибок необходимо их исправить. Если ошибок нет, то появится сообщение:



Рисунок 24

Сохранение файла: созданный символ РЭК сохраняется в виде файла.sym с помощью команды Symbol/Save To File.

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;
- нажать кнопку Symbol Wizard, задать свойства и параметры символа:
- ширина контура символа: Symbol Width;
- шаг между выводами: Pin Spacing;
- количество выводов слева: Number Pins Left;
- количество выводов справа: Number Pins Right;
- отображение графики символа: Symbol Outline.
- толщина линии контура символа: Line Width;
- длина вывода: Length User (5mm);

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

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

- создать символ нажатием кнопки Finish;

- при необходимости доработать изображение символа с помощью команд размещения;

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

া জিল- চ জিল্প		2] brary <u>U</u> tils <u>M</u> acro <u>W</u>	/indow	<u>H</u> elp				
		.	. 🗸	123	3 7			
- 	Egit Einish	Length					{RefDes}	
<u> </u>	100.0mil → Pin Spacing 9 → Number Pins Left	Short Normal Long User			X			E ·
A	9 🕂 Number Pins Right	300.0mil Display					- · · · ·	
Σ	10.0mi Line Width	 ✓ Pin Name ✓ Pin Des 			G			
	Default Pin Name	e:			-		- · · ·	E · 🔟
	Default Pin Desig	inator			-			Ð ·
	1 Current Pin Number:				-			E ·
					-			——————————————————————————————————————
					9-			E ·
							{Type}	· · · · ·
	Left) to single Select, (Chil) (Left) for mult		laat					F
4700.0) 4300.0 Abs 100.0	M Sheet1			10.0mil	•		

Рисунок 25 - Интерфейс команды Symbol Wizard

Резистор постоянный	Резистор постоянный 	Резистор переменный	Резистор переменный сдвоенный R9.110 к	Резистор переменный с замыкающим контактом SA1 SA1 	Резистор подстроечный R14 470 ; R17 3,3 к R15 100 к
R2 220 R4 3,3 M	-CD-1BT - -CD-2BT - -CD-5BT -	С 220 к RB 470 к К RB 470 к	R9.2 10 x R10.2 1 M		R16 2,2 M47 k
Резисторы нелинейные: терморезистор и варистор	Конденсатор постоянной емхости	Конденсаторы оксидные полярный и неполярный	Конденсатор подстроечный	Конденсатор переменной емкости (КПЕ)	Сдвоенный блок КПЕ
	С1 120	<u>+</u> С4 100 мк × 6,3 В С5 4,7 мк × 30 В <u>+</u>	45°	45°	₹C12.1
	С2 1 мк × 600 В		C8 830	С10'9270 4450	C12.2 C12.1, C12.2 12495
Конденсаторы проходной и опорный	Катушка индуктивности, дроссаль (L3 – с отводами)	Катушка, дроссель с магнитопроводом	Трансформатор с тремя обмотхами и электроста-	. Диод, диодный мост	Стабилитрон (VD8 – двуханодный)
С13 6800 ИЛИ В10_1014 6800					
45° C15 4700		31,31,3,3,3,			
Диод Шоттки (VD9), ограничительный (VD10)	Варикалная матрица	Динистор (VS1), тринистор (VS2, VS3),	Транзистор р-п-р 4,5	Транзистор п-р-п	Транзистор однопереходный
		VS1	NT THE DI		30° VT6
VD10 4 VD12	VD15	11-2 _X VS3	23 9 VII	1 VT3 VT5	
VD11 4 VD13	<u>* * *</u>	30°7 4VS4	300	$- \Theta - \Theta$	61 6 62 4
	1960000		1		And the second of the second second
Транзистор полевой с р-каналом	Транзистор полевой с изолированным затвором	Транзистор полевой с двумя изолированными	Фоторезистор	Фото- и светоднод VD13 HL1 7	Фототранзистор
Транзистор полевой с р.каналом VT7	Транзистор полевой с изапированным затвором и р-каналом УТ9 Вывод подложки	Транзистор полевой с двумя изолированными затворами и п-каналом	Фоторезистор	Фото- и светодиод VD13 HL1 / 010	Фототранзистор
	Транзистор полевой сизопированным затвором и р-какалом УТР Вывод подложки что что тодложки	Транзистор полевой с деумя изолированными затворами и п-каналом		Фото- и светодиод VD13 HL17 D10 VD14 ФНL2	Фототранзистор VT12 VT13
Тракаистор полевой с р-каналом С р-канало	Транзистор полевой сихатированным затвором и р кнаятоом УТР Вывод подпожки 1.5 УТ10 Оптрон диодный	Транзистор полевой с двумя изопированным затворами и п-каналом VTI Оптрон тиристорный	Фоторезистор R20 R19 212 Оптрон транзисторный	Фото- и светодиод VD13 HL1 (210) VD14 VD14 HL2 Триод Триод 4	Фототранзистор VT12 VT13 Даойной триод
Тракаистор полевой с р-каналом утт с р-каналом утт утт с р-каналом утт утт утт утт утт утт утт утт утт ут	Транзистор полевой сизапированным затвором и рекналом УТР Вывод подложки УТ10 Оптрон диодный U122	Транзистор полевой с двумя изслированным затворами и - каналом	Фоторезистор Фоторезистор R20 Р Р Р Р Р Р Р Р Р Р Р Р Р	Фото- и светодиод VD13 HL1 210 VD14 HL2 Триод 4 VD14 VL1	Фототранзистор VT12 VT13 Двойной триод VL3 2 VL3 2
Транаистор полевой с р-каналом С р-каналом Оптрок резисторный R6 R6 R6 U1	Транзистор полевой сизатированным затвором и р-каналом УТВ Вывод подложки УТ10 Оптрон диодный U2 U2 2	Транзистор полевой с двумя изопированным затвореми и п-каналом	Фоторезистор	Фото- и светодиод VD13 Н11 ВТ0 VD14 VD14 Н2 VD14 VL1 ВТ6 УU14	Фототранзистор VT12 VT13 Двойной триод VL3 2 VL3 2 VL3 2
Траканстор полевой с р-каналом уто с р-канало	Транзистор полевой сихатированным затвором и р какалом УТР Вывод подложки УТР Вывод подложки УТР Оптрон диадный U22 U21	Транзистор полевой с двумя изопированным затворами и - каналом	Фоторезистор Соторезистор Разон Соптрон транзисторный Соптрон транзисторный Соптрон транзисторный Соптрон транзисторный	Фото- и светодиод VD13 НL1 VD14 НL2 VD14 НL2 VD14 ЧL1 R3.5 R2	Фототранзистор VT12 VT13 Двойной триод VL3 2 VL3 2 VL3 1
Траканстор полевой с р-каналом УТ7 С С р-каналом УТ7 С С С С С С С С С С С С С С С С С С С	Транзистор полевой сихатированным автвором и р кнаялом УТР Вывод подложки 15 4 УТ10 Оптрон диодный U2 U2 U2 U2 U2 Контакт замыкающий Контакт замыкающий	Транзистор полевой с двумя изопированным затворами и п-каналом	Фоторезистор Фоторезистор Разона Соптрои Транзисторный Оптрои Транзисторный U5 Контакт переключающий 5 	Фото- и светодиод VD13 HL1 VD14 HL2 VD14 VL1 R3.5 R22 Геркон SF1	Фототранзистор VT12 VT13 Двойной триод ЦVL2 VL32 VL31 Переключатель 2ПЗН
Траканстор полевой с р-каналом С р-каналом Отрон разисторный R6 R6 R6 R6 R6 R6 R6 R7 R6 R6 R7 R6 R7	Транзистор полевой сихатированным затвором и р накатом тор Вывод подпоки чтр Вывод подпоки чтр Вывод подпоки чтр Вывод подпоки чтр Сихатрориски подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки чтр Сихатрориска подпоки сихатрориска подпоки сихатрориска сихатрориска подпоки сихатрориска сихат	Транзистор полевой с двумя изопированным затворами и п-каналом VTI Оптрон тиристорный U3 U3 U3 Kontact размыкающий 5 5 Sa5 или Sa5	Фоторезистор	Фото- и светодиод VD13 HL1 В10 VD14 HL2 Триба 4 VD14 HL2 Геркон SF1 Б1 Б1 Б1 Б1 Б1 Б1 Б1 Б1 Б1 Б	Фототранзистор VT12 VT13 Даойной триод VL3 2 VL3 2
Траканстор полевой с р-каналом С р-каналом УТ С С С С С С С С С С С С С С С С С С С	Транзистор полевой сизапированным этвором и р накатоом тодложки на 15 ут 10 Оптрон диодный ут 10 Оптрон диодный ут 22 ут 23 ут 23 у	Транзистор полевой с двумя изопированным затворами и п-каналом УТП Оптрон тиристорный Оптрон тиристорный Сонтакт размыкающий 545 545 или 545 545 ст-	Фоторезистор	Сото- и светодиод VD13 HL1 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2	Фототранзистор VT12 VT13 Даойной триод VL3 2 VL3 1 Переключатель 2ПЗН SA13
Траканстор полевой с р-каналом УТ Оптром разисторный В В В В В В В В В В В В В В В В В В В	Транзистор полевой сихатированным этвором и р накатоом Оптрон диадный УТ10 Оптрон диадный УТ10 Оптрон диадный U22 U21 Контакт замыкающий (виключатель) SA1 30° SA2 SA2 SA4	Транзистор полевой с двумя изопированным затворами и - каналом Оптрон тиристорный Оптрон тиристорный Контакт размыкающий 5 5 4 млж 5 5 5 млж 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	Фоторезистор Фоторезистор R20 Р12 Соптрон транзисторный Соптрон транзити трание Соптрон транзити транзити Соптрон транзити Соптрон транзити Соптрон транзити Соптрон транзити Соптрон транзити Соптрон транзити Соптрон транзити Соптрон тран тран тран трание Соптрон тран трание Соптрон тран тран трание Соп	Фото- и светодиод VD13 HL1 210 VD14 HL2 Триод 4 VD14 HL2 Геркон SF1 SF2 SF2 SF3	Фототранзистор VT12 VT13 Двойной триод VL3 2 VL3 1 Переключатель 2ПЗН SA13
Транзистор полевой с р-каналом уто обще уто обще уто уто уто уто уто уто уто уто уто уто	Транзистор полевой сихатированным автвором и р кнаялом УТР Вывод подложки 15 УТ10 Оптрон диодный U2 U2 U2 U2 Контакт замыкающий (виключетель) SA3 SA2 SA4 Перехлючатель 3П2H (сроднее положение	Транзистор полевой с двумя изопированным затворами и п-каналом	Фоторезистор Фоторезистор R19 212 Оптрон транзисторный U5 Контакт переключающий 5 Контакт переключающий Сопонные с короносторных Сопонные с короносторных Сопонных	Фото- и светодиод VD13 HL1 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 VL1 R35	Фототранзистор VT12 VT13 Двойной триод VI.3
Траканстор полевой с р-каналом УТ об об об Оптрок разисторный R6 01 01 Пентод R7 14 Переключаталь 6П1H	Транзистор полевой сихагированным этвором и р накагоом УТР Вывод подполки чтр Вывод подполки чтр Вывод подполки чтр Оптрон диодный чтр чтр чтр чтр чтр чтр чтр чтр чтр чтр	Транзистор полевой с двужя изолированным затворами и п-каналом утрон тиристорный Оптрон тиристорный Солтакт размыкающий 53 или 54 545 545 545 547 548 Выхлючатель и переклю- чатель кнолочные (с самовозратом)	Фоторезистор Фоторезистор R19 212 Оптрон транзисторный Соптрон тран тран тран тран тран тран тран тра	Сото- и саетодиод VD13 HL1 P10 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VL1 R3.5 R2 F6ркон SF1 SF2 SF3 SF3 UTupbe и free3do pableet HOTO cocquiriteren RXW1- XW4 = Kockreanshoro(0) XV4 = X51 ZZ XS1 ZZ XS1	Фототранзистор VT12 VT13 Дзойной триод Ц2 VL3 2 VL3 2 VL3 2 VL3 2 VL3 1 Переключатель 2П3Н ЗА13 Переключатель 2П3Н Виляз и розетка разывыюто соединителя ХР1 иод XS1 122 211
Траканстор полевой с р-каналом УТ в Оптрои разисторный В в з из Оптрои разисторный Пентод Я Пероключатель 6П1H	Транзистор полевой сизагированным этвором и р накатоом утр Вывол подложки и с накатоом утр Вывол подложки и с накатоом утр Оптрон диодный уто и с с с с с с с с с с с с с с с с с с с	Транзистор полевой с двужя изопированным затворами и п-каналом уттр Оптрон тиристорный изатворами и п-каналом изатворами и п-каналом и	Фоторезистор Соторезистор Разона Соптрон транзисторный Соптрон тран тран тран тран тран тран тран Соптрон тран тран тран тран тран	Сото- и светодиод VD13 HL1 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2 VD14 HL2	Фототранзистор VT12 VT13 Деойной триод ЦЦ 2 VL3 1 Переключатель 2ПЗН Вилка и розетка разьемного соединителя ХР1 од Х51 ЦД 2 Деойной триод Соединого соединителя ХР1 од Х51 Деойной триод ХР1 од Х51 Деойной триод ХР1 од Х51 Деойной триод ХР1 од Х51 Соединого соединителя ХР1 од Х51 Соединого соединителя
Траканстор полевой с р-каналом Оптрок разисторный В В З из Оптрок разисторный В В З из Пентод В С С С С С С С С С С С С С С С С С С С	Транзистор полевой сизатированным этвором и рекатором подпожки что подпо и со подпожки что подпожки что подпожки что подпожки что подпожки что подпожа что подпожа что подпожа что подпожа что подпожа что подпожа что подпожа что подпо и со подпо и со подпо и со подпо и со подпо и со подпо и со подпо и со подпо и со подпо и со подпо и со и со подпо и со и со под и со и со по со со со со со со со со со со со со со	Транзистор полевой с двумя изопированными затворами и - каналом Оптрон тиристорный Оптрон тиристорный Контакт размыкающий 53 клб или 548 645 хлб	Фоторезистор Фоторезистор R20 R19 912 Оптрон транзисторный Контакт переключающий Контакт переключающий Бало БА12 Выключатель и переключающий Выключатель и переключающий в исс. положение поеторныи вижатием SB5 92 SB5	Сото- и светодиод VD13 HL1 VD13 HL1	Фототранзистор VT12 VT13 Даойной триод VU3 2 VU3 2

Рисунок 26 - Условные обозначения элементов

Штепсель и гнездо теле-	Контакты разборного и	Перемычка контактная	Реле электромагнитное	Реле поляризованное	Микрофон
фонные XS1 60°	неразборного соединений Ø1,52	the second	K1.1	K2 L K2.1	BM3
	XT1 XT3	S1	∞		
XP2	XT2 XT4		1 K1.2		BM2 BM4
Телефон (BF5 – головной)	Головка громкоговорителя		Головки стереофоничес- ких электромагнитного и възрадентаниеского	Гидрофон (ультразвухой передатчик-приемник)	Резонатор кварцевый, пьезокерамический
10 BF1 или 10 BF4			звукоснимателей	<u><u><u></u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u></u>	
		BS2		8,55	
ĴĴBF2 ĴĴBF3 ⊐Ċ BF5	BA2		ASS ACT	1 4	
Приборы электро- измерительные	Коллекторный электро- двигатель постоянного тока	Электродвигатель асинхронный	Элемент гальванический, аккумуляторный, батарея элементов	Лампы накаливания осветительная (EL1) и сигнальная (HL1, HL2)	Лампы тлеющего разряда и газоразрядная осветительная
PA1 = PA3 $-(\mu A) + -(A) +$	1.5	R1,54	в.		
PA2 PV1			GB198		(¢) HL1 ∑ ₹
-(mA)+ -(v)+	<u>}</u>	29 C 1	*## 〒	-8-	@12 R4
Датчик Холла	Антенны электрическая и магнитные	Соединение с общим проводом (корпусом),	Ответвления линий электрической связи	Экранированные линии связи	Экран группы элементов
B1	60° WA3	Т	→ +	HAT - F	
	Y INVAT Y		45°	<u>_</u>	1 + 30
Токовые выводы	$\frac{1}{1}$		$\hookrightarrow X$	T	
Кабель коаксиальный Ø6	Линии электрической связи, выполненной	Линия электрической связи, выполненная	Линия групповой связи	Усилитель операционный	Компаратор КР554САЗ DA3
-6-	скрученными проводами	гибхим проводом	5 <u>3</u> 1	02 P 50	3== 97
<u>-</u> <u>-</u> <u>-</u>	× A	R2.5.4	1 26		
<u> </u>		$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$	32		+1/ 8
Таймер КР1006ВИ1	Элементы логические	Элементы логические	6 [4 D-тригер	Индикатор цифровой	Набор резисторов
0A4 4 EG1/GN 3 7				5 B 12 HG1	
	DD2.1 DD4.1				
			5 10		<u> </u>
Величии Величии ВК1 , BR1	микросхемный стабилизатор напряжения	коммутатор электронный		Аттенюаторы с постоянным и регули- русмым затуханием	Генератор G1 д G3
		S1 или S2		A5	l≈+ 1~+
BP1 BR2	Т-Общий	-# _#			G2 G4
		управления	- 5-число каскадов		r è
Преобразователь U1 U3	ФНЧ (Z1), ФВЧ (Z2), полосовой (Z3) и режек- торный (Z4) фильтом	Линии задержки: общее обозначение (DT1), с со- средоточенными (DT2) и	Направление передачи сигнала	Поток цифровых данных	Линии механической связи элементов
12-12-	Z1 Z3	распределенными (DT3) параметрами	вправо ——		<u></u>
			влево		
	and the second se		nanjadonenna.		« лурнал «гадио»

Рисунок 27 - Условные обозначения элементов

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 Р-

CAD?

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?

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗА РЭК

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

Задание на практическую работу:

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

Ход работы

Конструкторско-технологический образ создается на основании чертежа РЭК. Конструкторско-технологический образ представляет собой посадочное место (набор контактных площадок) и корпус (вид сверху) компонента. Корпус изображается упрощенно по габаритным размерам. Диаметр отверстия и КП для штыревого вывода выбирается из таблицы 2 (все размеры в таблице приведены в миллиметрах). Для возможности пайки РЭК поверхностного монтажа размеры планарной КП под компонент увеличивают относительно максимальных размеров металлизированной контактной поверхности по длине на 0,3 мм в обе стороны, по ширине – на 0,1 мм, тоже в обе стороны (если есть возможность, чтобы зазор между КП был не менее 0,2мм).

При создании конструкторско-технологического образа РЭК можно использовать библиотеки P-CAD-2002: Pcdmain.lib, Pcbconn.lib, Pcbsmt.lib.

В одной из указанных библиотек надо выбрать подходящий корпус и доработать его в соответствии с принятым в России стандартом (например, ОСТ 4.ГО.010.030).

Таблица 2		
Диаметр вывода,	Номинальный диаметр	Минимальный
не более	металлизированного	диаметр КП
	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

Таблица 2

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

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

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.

₿ P-	CAD	2002	Patte	rn Edi	itor - [K	lursovik	[TXC-	02050):Prim	nary]]								_						7×
E Pa	attern	Edit	View	Place	Options	; Library	Utils	Macro	Wind	dow ⊢	ielp												-	a ×
R	Ľ	Ê		-	X B	n 🖥	C×	unut .	Q	√ 1	23 🚝	3 🐔		:): 1	E >3	e es								
⊙,				•		•		•		•	•	•		•				•			•			^
⊙,				•																				
\geq								-	40 4	1 42	43 44			4 5	6	-								
								39			4					2								
				•				38		ξF	م ج	fΓ	م۱	63	I	8		·						
								37 36	Ę	Ľ .				35		9 18								
								35			. Г		1.		ļ	11								
⊞								34 33				炓	1			12 13								
0				•				32						•	i	14	•					•	•	
A				•				31 33								15 16								
¥=								29							i	17								
						·		L	28 2	27 26	25 24	1 1231 B	22 21	29 19	18	L								
											-	-						·						
									X()-	-0	2	0:	20										
				•		•		•				•		•				·						
	<																							~
Click <	Left> I	:o single	e Selec	:t, <ctrl></ctrl>	<left> fo</left>	r multiple, a	or drag I	for block	< select			_			_	_							_	
30200	.0	2920	0.0	Ab	s 100.0		/ []	Тор		~	1	0.0mil	~	Grid/2)	✓ 1 ite	em sele	cted on	Top Silk	layer.				

Рисунок 28 - Интерфейс графического редактора Pattern Editor с файлом посадочного места РЭК - TXC-02050.pat на экране

Выбрать команду Options/Pad Styles.

Options Pad Style					
Current Style: (Default)					
* (Default)	Сору				
	⊻iew (Simple)				
	View (Complex)				
	Delete				
	Purge Unused Styles				
	<u>R</u> ename				
	Modify <u>H</u> ole Range				
1	R <u>e</u> place				
Close					

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

Modify Pad St	yle (Simple)
Name: 1	
Type Thru Top Bottom	Width: 1.524mm Height: 1.524mm Shape: Ellipse ✓ Plated
Plane Conne Therma Direct	ection Plane Swell OK OK Local swell: 0.000mm Cancel

Рисунок 30 - Редактирование параметров КП

Type:

Thru - для штыревого вывода Top - для планарной КП с верхней стороны платы Bottom - для планарной КП с нижней стороны платы Snape (форма КП): Ellipse - круглая или эллиптическая Rectangle - квадратная или прямоугольная Width - ширина (координата по X) Height - высота (координата по Y) Hole - диаметр отверстия для штыревого вывода Plated - металлизация отверстия

Создание посадочных мест и корпуса РЭК.

a) выбрать слой Тор активным, выбрать команду Place Pad на панели инструментов размещения, задать стартовый номер Starting Pad Number и инкремент (шаг увеличения номеров) Increment Pad Number, ввести необходимое количество КП (рисунок 29);

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

Place Pad
<u>□</u> K Unused Pad Numbers: 1
Starting Pad Number
1 Increment Pad Number

Рисунок 31 - Параметры размещения КП

Ввести необходимые атрибуты командой Place Attribute:

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).

Place Attribute			×		
Attribute Category:	Name:	Name:			
All Attributes Component Net Clearance Physical Electrical Placement Manufacturing Router Simulation SPECCTRA Route SPECCTRA Placement	(user-defined) ComponentHeight Description Link NoSwap PackageDutlineLayer Part Number RefDes Reference SwapEquivalence Type Value	Type Value: ✓ Visible Location X: Y:			
		Text Style: (Default) Text Styles	Justification		
			000		
OK Cancel					

Рисунок 32 - Параметры атрибутов в Pattern Editor

При плотной установке компонентов возможно неоднозначное чтение чертежа, если позиционное обозначение находится вне корпуса компонента. Поэтому рекомендуется атрибут RefDes располагать внутри изображения корпуса компонента, а атрибут Туре там же или сразу под корпусом (см. рисунок 26);

в) задать точку привязки командой Place Ref Point – отметить первый вывод. Точка привязки необходима для формирования топологии ПП;

г) проверка: кнопка Validate Pattern на панели системных команд;

д) сохранение файла: Pattern/Save To File.

Создание конструкторско-технологического образа компонента с помощью Pattern Wizard (используется при созданииконструкторско-технологического образа MC):

- создать новый файл;

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

- тип корпуса – Pattern Type:

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

- QUAD прямоугольной формы с расположением выводов по периметру ARRAY «массив выводов».

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

- число выводов по горизонтали – Number Of Pads Across (для DIP не указывается);

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

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

- положение первого (ключевого) вывода – Pad 1 Position;

- тип КП Pad Style:
- первого вывода Pin 1;
- остальных выводов Over;
- сверху вниз Тор & Bottom;
- слева направо Left & Right;
- Rotate разворот КП на 90°.

(‡) Р- 1)11 Р	CAD 2002 Pattern Editor - [No_Library[Untitled/ attern Edit View Place Options Library Utils	2:Primary] <u>M</u> acro <u>W</u> ir] ndow <u>H</u> elp							_ D ×
ß			 ✓ 123 	87			**			
 . . 	Pattern Type DIP 14 Number Of Pads Down	· ·		•	•	}{	Ref[)es}		
	14					Ø	~~-	9		
	7.620mm Pattern Width 7.620mm Pattern Height					Ø		Ð		•••
	Pad Style (Pad 1)					Ð		0		
	Pad Style (Other)					ି		⊕		· · 🗖
A	CDefault)					∙❷		•		
و	0.254mm ÷ Silk Line Width 5.080mm ÷ Silk Rectangle Width					ିତ		0		•••
	17.780mm ÷ Silk Rectangle Height					ିତ୍ର		ୢଡ଼ୄ		
	Current Pattern Graphics: Primary					{ }	Гуре	e}	· ·	· · ·
Click <	Click <left> to single Select, <ctrl> <left> for multiple, or drag for block select. 754.380 Abs. 2.540 M Top Top Image: 0.254mm (None)</left></ctrl></left>									

Рисунок 33 - Интерфейс мастера создания посадочного места РЭК

- 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 выбирается тип изображения ключа;
- создать образ нажатием кнопки Finish;
- точка привязки автоматически устанавливается в центр первой КП;

- при необходимости доработать изображение с помощью команд Place Line и Place Arc;

- ввести тип РЭК (в поле Value) в свойствах {Туре}.

Контрольные вопросы

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

ФОРМИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПОНЕНТА

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

Задание на практическую работу:

1 Для каждого РЭК выбрать соответствующую информацию о символе и типовом корпусе.

2 Ознакомиться с назначением РЭК.

3 Ввести упаковочную информацию (заполнить таблицы Compjnent Informations и Pins View).

4 Сохранить описание РЭК как библиотечный элемент (в файл .lib).

5 Подготовить отчет.

Ход работы

Для создания компонентов и ведения библиотек предназначена программа Library Executive. Для создания библиотеки необходимо загрузить программу Library Executive и выполнить следующие действия:

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

🕲 P-CAD 2002 Library Executive - (Kursovik.lib:TXC-02050)	_ @ ×
File Library Component Pattern Symbol Edit View Utils Help	
口恥記 ※ 夢感 正面 値 「「※」田島や くち将	
Source Browser Source Source DEFAULT_LIBRARY_SET Pins View Select Patern Number of Gales: Number of Gales: Number of Gales: Prover Ormponent Style Of Homogeneous Alphabeic EEEE Order Otak I DB02	

Рисунок 34 - Интерфейс программы Library Executive

Library New	?×
Папка: 🗀	автоматиз 💽 🎯 🏚 🖾 🕶
Имя файла:	Сохранить
Тип файла:	Library File (*.lib) Отмена

Рисунок 35 - Создание новой библиотеки

2 Ввести все символы в библиотеку:

С помощью команды Symbol/Open открыть файл с расширением .sym. Выбрав команду Symbol/Save сохранить символ в свою библиотеку, указав путь (при сохранении флажок Create Component должен быть отключен) и ввести наименование компонента в поле Symbol. Открыть следующий файл .sym и тоже сохранить его в библиотеку и т.д.

Symbol Save To Library							
Library	C:\lib\diod.lib						
Symbol	DIOD						
🗌 Match Defa	ault Pin Designators to Pin Numbers						
Create Con	iponent OK						
Component	Cancel						

Рисунок 36 - Сохранение символа в библиотеке

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

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

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

Рисунок 37 - Сохранение КТО в библиотеке

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

4 Выбрать команду Component/New и открыть свою библиотеку.

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

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

Number of Gates - количество секций (вентилей)

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

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

Сотропепt 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 (рекомендуется)

Component Information:UNTITLED							
Pins View	Select <u>P</u> attern						
P <u>a</u> ttern View	Select Symbol	Number of Gates: 0					
Symbol View	Reference	Number of Pins: 0					
Component Type	1	Refdes Prefix:					
Normal	Component Style	Gate Numbering Alternate Views					
C Power	 Homogeneous 	Alphabetic IEEE					
C Sheet Connector	C Heterogeneous	C Numeric DeMorgan					
O Module							
C Link							
Gate # 1							
Gate # Gate Eq	Normal						
		•					

Рисунок 38 - Основная информация о создаваемом компоненте

В нижней части окна Component Information отображается таблица с именами (в соответствии с установкой Gate Numbering) логических секций (Gate #), кодами логической эквивалентности секций (Gate Eq) и именами символов (Normal), соответствующими символьному изображению данной секции. Сначала необходимо установить эквивалентность в поле редактирования посредством установки курсора в столбец Gate Eq.

Эквивалентность – это электрическая взаимозаменяемость.

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

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

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

В первую очередь надо заполнить последние три столбца: Gate #, Gate Eq., Pin Eq, Elec. 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);

- Pin Des номера выводов корпуса (соответствуют номерам выводов: Default Pin Des в файле .sym и Default Pin Designator в файле .pat);

- Gate # номера секций (по порядку, в соответствии с Gate # в окне Component Information), соответствуют посекционно Gate # в окне Component Information, если способ именования логических секций – числовой.

Примечание: номер секции не указывается, если вывод никогда не будет задействован в принципиальной электрической схеме (такой вариант возможен в операционных усилителях, в ПЛИС) Sym Pin # номера выводов символа, которые соответствуют Pin Number в символе; (в случае ошибки при проверке Component Validate, связанной с номерами выводов символа, надо удалить в данном столбце все значения, при этом номера в символе будут истинными и 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, входные выводы 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), + 5 B, минус 5 B, + 60 B, минус 60B и т.д., включая и аналоговые, и цифровые.

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

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

Контрольные вопросы

1 В какой подпрограмме создается библиотека?

2 Какие бывают стили РЭК, в чем их отличие?

3 Что такое эквивалентность?

4 Что входит в состав библиотечного компонента?

5 С каким расширением сохраняются файлы библиотек, символьных изображений и конструкторско-технологических образов?

6 После описания РЭК в библиотеке, нужны ли еще файлы .sym и .prt?

Практическая работа №5

СОЗДАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА.

Цель: Получение навыков работы в графическом редакторе схем P-CAD Semantic при создании принципиальной электрической схемы.

Задание на практическую работу :

1 Создайте в системе P-CAD простейшую схему соответственно своему варианту. Для этого:

а) Настройте конфигурацию редактора (формат А4). Шаг сетки установите исходя из того, что в ЕСКД все расстояния в принципиальной электрической схеме должны быть кратны 2.5 мм.

б) Подключите необходимые библиотеки элементов из интегрированной библиотеки D:\TAПЭC\PCAD lib.

в) Разместите условные обозначения элементов в рабочей области.

г) Объедините выводы элементов проводниками, проконтролируйте, чтобы все соединения имели электрический контакт (он гарантируется отсутствием желтых квадратиков в местах соединения проводников);

д) Откорректируйте, если это необходимо, позиционные обозначения элементов: расположите их вертикально сверху над изображениями элементов, проконтролируйте, чтобы стиль текста всех позиционных обозначений был одинаковым.

Всем элементам, устройствам и функциональным группам изделия присваиваются позиционные обозначения, содержащие информацию о виде элемента (например, R – резистор, DD - микросхема, VD –диод) и его порядковом номере в пределах данного вида (например, R1, R2; C1, C2,...).

	Группа элементов	Примеры элементов	Код
Α	Устройство (общее обозначение)		
В	Преобразователи неэлектрических	Громкоговоритель	BA
	величин в электрические и,	Тепловой датчик	ВК
	аналоговые преобразователи или	Фотоэлемент	BL
	датчики	Микрофон	BM
		Пьезоэлемент	BQ
С	Конденсаторы		С
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная	DA
		аналоговая	DD
		Схема интегральная цифровая,	
		логический элемент	DS
		Устройство хранения инф-ии	
E	Элементы разные	Нагревательный элемент	EK
F	Защитные устройства	Предохранитель плавкий	FU
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
Η	Индикаторы	Индикатор символьный	HG
Κ	Реле, контакторы	Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности		L
Μ	двигатели		Μ
Р	Приборы, измерительное	Амперметр	PA
	оборудование	Вольтметр	PV

Таблица 3 - Позиционных обозначений элементов

	Группа элементов	Примеры элементов	Код
Q	Выключатели	Выключатель автоматический	QF
R	Резисторы	Резистор	R
		Потенциометр	RP
S	Устройства комутации	Выключатель автоматический	SF
Т	Трансформаторы,	Трансформатор тока	ТА
	автотрансформаторы	Трансформатор напряжения	TV
U	Устройства связи	Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
V	Приборы электровакуумные и	Диод, стабилитрон	VD
	полупроводниковые	транзистор	VT
W	Линии и элементы СВЧ, антенны	Ответвитель	WE
		Аттенюатор	WU
		Антенна	
Х	Соединения контактные	штырь	ХР
Y	Устройства механические с	электромагнит	YA
	электромагнитным приводом		
Ζ	Устройства оконечные	Фильтр кварцевый	ZQ

При расстановке позиционных обозначений элементов придерживаются правил:

- от верхнего левого угла вниз, затем смещаются вправо и снова сверху вниз (сверху вниз);

- или от верхнего левого угла вправо потом смещаются вниз и снова слева направо (слева направо).

Под условными обозначениями элементов проставьте их типы.

Задайте имена цепей (например. А1, А2, и т.д.), сделайте имена цепей не видимыми на схеме.

Сохраните созданную вами схему в соответствующей папке D:\TAПЭС\№группы\оригинальное имя файла.sch (используйте стандартные команды: File/Save или File /Save As).

Создайте перечень элементов для своей схемы, используя уже изготовленный вами шаблон.



Рисунок 39 - Общий вид схемы

Таблица 4			
№ Варианта	Название схемы	Схема	
	Схемы выпрямителей с фильтрами		
1	Схема мостового выпрямителя с емкостным фильтром		
2	Схема однополупериодного выпрямителя с П-образным емкостным фильтром		
3	Схема двухполупериодного выпрямителя с RC фильтром		
4	Трехфазный выпрямитель (схема Ларионова)		
Транзисторные схемы			
Усилите	ль на биполярном транзисторе		
	n-p-n		
Усилите	ель на биполярном транзисторе p-n-p		
Стабилиза	тор напряжения на транзисторе и стабилитроне		
№ Варианта	Название схемы	Схема	
--------------------	---------------------------	-------------------	
	Схемы	на ОУ	
Инвертиру	ющий усилитель		
Неинверти	рующий усилитель		
Мультивиб	братор		
Компарато	p		
Активный фильтр НЧ			
Активный фильтр ВЧ			
14	Активный полосовой фильтр		
	Умнож	сители напряжения	
15	Умножение напряжения на 3		

№ Варианта	Название схемы	Схема
16	Умножение напряжения на 4	
17	Умножение напряжения на 2	

Ход работы

На электрической схеме изображаются символы компонентов, электрические связи между ними, текстовая информация, буквенно-цифровые обозначения. Для создания принципиальной электрической схемы необходимо выполнить ряд действий в следующей последовательности.

Изображения условных обозначений элементов, выполненных в соответствии с ЕСКД, находятся в интегрированных библиотеках, собранных в папке PCAD lib. Например, библиотека R.lib содержит резисторы, VT – транзисторы, K555 – микросхемы логических элементов 555 серии.

Перед нанесением на схему символов компонентов необходимо открыть библиотеки командой Library/Setup, добавляя их имена в область Open Libraries, после нажатия кнопки Add. (Для удаления библиотек из списка используется клавиша Delete).

Library Setup		
Path: C:\PROGRAM FILES	SNP-CAD 2001\LIBNPC	AD LIB
Open Libraries:		
OTHERS.LIB DISCRETE.LIB CONNECT.LIB VD.LIB	<u>Add</u>	<u>De</u> lete
VT.LIB	Move <u>U</u> p	
	Move <u>D</u> own	
	<u>0</u> K	<u>C</u> ancel

Рисунок 40 - Окно добавления библиотек

Library File	Listing			?×
Папка: 🗀	PCAD lib	•	🗢 🗈 💣 📰	Ŧ
ы к555 ы к561 ы к564 ы к573 ы к1102 ы км533	G KP514 G KP556 G KP558 G KP559 G KP572 G KP1008	KP1106 KP1531 KP1533 KP1554 KP1561 KL	Conters	
<				>
<u>И</u> мя файла:	R		<u>0</u> тк	рыть
<u>Т</u> ип файлов:	Library File (*.lib)		▼ 0тr	мена

Рисунок 41 - Окно выбора библиотек

Размещение библиотечных элементов на рабочем поле производится командой Place/Part.

Place Part		
Component Name: R • R1 • R2 • R05 • R025S • R025SMALL • R025SH1 • R02805 •	Alternate Normal DeMorgan EEE Num Parts: 1 Part Num: 1 OK Cancel	<pre> { RefDes } </pre>
RefDes:	Browse >>	Symbol Name:
Value: {Value}	<u>Q</u> uery	R Pattern Name:
Library: R.LIB	Library Setup	

Рисунок 42 - Окно выбора элементов

После выбора данной пиктограммы щелчок курсором в любой точке схемы открывает окно выбора компонента:

- в области Library указывается имя одной из открытых библиотек, список ее компонент находится в окне Component Name, имя нужного компонента выбирают из списка;

- кнопка Browse позволяет просмотреть графическое изображение символа компонента;

- в области Parts Num задается текущая секция компонента;

- нажатие клавиши Query активизирует средства поиска компонента в открытых библиотеках;

- в поле RefDes задается позиционное обозначение элемента, далее позиционные обозначения элементов и их секций на электрической схеме проставляются автоматически (например, если в поле RefDes установлено DD1, то последовательно размещаемые элементы получат имена DD1, DD2, ...).

Размещение символа компонента на схеме выполняется после щелчка курсором в любой точке рабочего окна (повторный щелчок курсором размещает на схеме очередную копию символа выбранного компонента, присваивая ему следующее позиционное обозначение). До тех пор, пока не отпущена левая кнопка мышки, символ можно:

- перемещать по экрану;

- поворачивать его (клавиша R);
- зеркально отображать (клавиша F).

Для размещения другого элемента необходимо повторить команду Place/Part.

При размещении элементов удобно включить команду View/Snap to Grid, которая позволяет перемещаться курсору только по узлам координатной сетки, это облегчает дальнейшую стыковку выводов элементов с проводниками.

Создание электрических цепей (объединение элементов проводниками) осуществляется командой **Place/Wire**

Щелчком мыши отмечается начальная точка цепи, каждое следующее нажатие левой кнопки мыши фиксирует точку излома. До тех пор, пока не отпущена левая кнопка мышки, можно:

- изменить угол ввода линии из числа установленных при настройке конфигурации (клавиша О);

- изменить ориентацию линии (клавиша F). Завершается ввод цепи нажатием правой кнопки мыши (или Esc);

- не подсоединенные выводы компонентов и открытые концы цепей помечаются квадратиками, которые пропадают после выполнения электрического соединения;

- узлы электрической цепи помечаются точкой (Junction), которая автоматически проставляется на Т-образных соединениях.

Чтобы поставить точку соединения пересекающихся отрезков цепей, необходимо при построении второй цепи щелкнуть курсором в точке пересечения, а затем продолжить ее построение.

Каждая электрическая цепь имеет свое имя, которое присваивается системой автоматически (например, Net00001). Если между компонентом заземления GND и какимлибо контактом элемента схемы провести связь, то проведенная цепь автоматически получит имя GND.



Рисунок 43 - Изображение принципиальной схемы в редакторе P-CAD

Размещение шин осуществляется командой Place/Bus

Процесс создания изображения шины аналогичен созданию изображения электрических цепей, ширина линии всегда 0.762 мм (изменить ее нельзя).

Каждая шина имеет свое имя, которое автоматически присваивается системой (например, Bus00001).

Цепи, входящие в состав шины, размещаются командой **Place**/ **Wire**, при подключении к шине автоматически изображается излом цепи под углом 45° (стиль излома устанавливают при настройке конфигурации **Options/Display**).

Имена цепей, образующих шину, задаются подключением к цепям специальных портов по команде **Place/Port** . После выбора этой команды щелчком мышки в любой точке схемы открывается меню выбора порта (рисунок 42).



Рисунок 44 - Окно выбора порта Place Port

В области Net Name необходимо указать имя первой цепи, например D1. Если включить опцию Increment Port Name, то при размещении портов они автоматически получат имена D1, D2,..

Для шин задают следующую конфигурацию порта:

- Pin Count (число контактов One Pin);
- Pin Length (длина вывода Short);
- Pin Orientation (ориентация контакта Vertical);
- Port Shape (форма порта None).

Порты подключаются последовательными щелчками мышки по именуемым цепям. Чтобы имена цепей появились на схеме, нужно установить переключатель **Display** в окне **Bus Properties** команды **Properties** контекстного меню шины.

Редактирование созданной схемы.

Любые изменения в схеме производятся с выделенным объектом или объектами.

Режим выбора объектов активизируется командой Edit/Select 🗟 (или кнопка S на клавиатуре).

Графический редактор P-CAD Schematic находится в одном из двух режимов: режиме создания изображения, когда кнопка стжата (выбрана одна из команд рисования) и режиме редактирования, когда кнопка нажата (происходит выбора элементов изображения):

- чтобы выбрать один объект (элемент, цепь) щелкните курсором на нем, объект будет подсвечен;

- чтобы выбрать группу объектов, выделяйте элементы, удерживая одновременно клавишу Ctrl;

- чтобы выбрать часть элемента (например, вывод символа, его позиционное обозначение или имя цепи) щелкните курсором на нем, удерживая при этом клавишу SHIFT;

- щелчком мыши в свободной части рабочего окна выбор объектов отменяется.

Редактирование положения объекта вручную.

Выделенные объекты можно:

- перемещать с помощью мыши;
- вращать (R);
- отображать зеркально (F);
- копировать (Сору) с помощью мыши, удерживая клавишу Ctrl;
- удалять (Delete) и т.д.

- щелчок правой клавиши мыши на выделенном объекте традиционно вызывает контекстно-зависимое меню команд, содержащее все действия, которые можно выполнить над выделенным элементом.

Автоматическое выравнивание элементов схемы в рабочей области по горизонтали и вертикали, для этого необходимо:

- для выделенной группы компонентов в контекстном меню выбрать команду Selection Point и установить точку привязки, относительно которой будет производиться выравнивание;

- в контекстном меню выбрать команду Align (рисунок 43);

- в области Alignment диалогового окна выбрать одно из трех возможных направлений выравнивания относительно указанной точки привязки:

- a) горизонтальное Horizontal About Selection Point;
- б) вертикальное Vertical About Selection Point;
- в) выравнивание в узловые точки сетки Onto Grid.

Edit Align Components
Alignment Horizontal About Selection Point Vertical About Selection Point Dnto Grid
Component Spacing
OK Cancel

Рисунок 45 - диалоговое окно команды выравнивания Align

Если установлен флажок **Space Equally** в области **Component Spacing**, то в окне **Spacing** можно точно установить расстояние между выравниваемыми компонентами в выбранной системе единиц.

Просмотр и изменение атрибутов элемента схемы. Условное обозначение элемента кроме самого изображения на схеме включает в себя следующие атрибуты:

- позиционное обозначение элемента (RefDes) DD1:A, R1;
- тип элемента (Туре) К555ЛАЗ, R;
- номинальное значение (Value) 1kOm.



Рисунок 46 - Атрибуты условных обозначений элементов на схеме

Доступ к ним осуществляется на вкладке Symbol окна свойств элемента (Properties) контекстного меню.

Характеристики можно отредактировать, изменяя значения соответствующих областей (**RefDes, Value, Type**), вывести на схему (или сделать невидимыми), установив (или удалив) галочки в области **Visibility**. Перед завершением создания схемы целесообразно переименовать позиционные обозначения компонентов по команде **Utils/Renumber**.

Part Propert	ties						
<u>S</u> ymbol	Ì	Symbol Pins		nent	Compo	nent <u>P</u> ins	Attributes
Ref Des: U Value: ↑ Library: R Visibility V Ref Des Value Value Type	J1 Value} 3.LIB	Query Query Pormate DeMorgan IEEE	Location X: 93.060 Pattern: Gate Number: Text Styles- Ref Des: Value: Type:	Rotation: A (PartStyle (Default) (Default)	Y: [154.9 0.0deg e)[1]	40	
			OK	Ca	ncel		

	Рисунок 47 -	Окно	свойств	выбраннов	го компонента
--	--------------	------	---------	-----------	---------------

Utils Renumber		
Type • <u>BefDes</u> • <u>D</u> efault Pin Des Starting Number:	Direction <u>I</u> op to Bottom <u>L</u> eft to Right	RefDes Auto Group Parts <u>Keep Parts Together</u> OK
Increment Value: 1		

Рисунок 48 - Окно переименования позиционных обозначений

В меню необходимо выбрать **RefDes** и порядок простановки позиционных обозначений **Top to Bottom** (сверху вниз) или **Left to Right** (слева направо). В окне

Starting Number вносится начальное значение позиционного обозначения, а в окно **Increment Value** - величина приращения при перенумерации. Позиционные обозначения будут перенумерованы в заданном порядке.

Изменение электрических цепей производится командой **Properties** контекстного меню. Имя цепи, присвоенное системой автоматически, можно:

- изменить, введя новое значение в область Net Name на вкладке Net;

- вывести на схему (или сделать невидимыми), установив (или удалив) галочку в области Display на вкладке Wire;

- если группа цепей имеет однородные имена типа A1, A2 и т.д., то для автоматической нумерации таких цепей необходимо выполнить команду Utils/Rename Nets, щелкнуть курсором в любой точке схемы и в открывшемся меню на строке Net Name ввести префикс имени, например In, и выбрать параметр Increment Name (режим приращения имени). После закрытия этого меню щелчком курсора по нужной цепи присвоить ей имя In0, щелчком курсора по второй (следующей) цепи присвоить ей имя In1 и т. д.

Wire Prope	rties	
	<u>W</u> ire	Net
Net Name:	NET00003	-
Nodes: R1-1 U1-1	Sheets:	Pin Count: 2 Global <u>N</u> et Attrs
	OK	Cancel



Wire Properties	
Wire	Net
Net Name: A1	
✓ Display End Points ×: 57.820 Y: 110.000 ×: 62.820 Y: 85.000 Text Style: (WireStyle)	Width C Ihick C Thin C User 0.254mm Iext Styles
ОК	Cancel

Рисунок 50 - Свойства цепи, вкладка Wire



Рисунок 51 - Окно переименования цепи

Быстрый поиск компонентов и цепей. При работе со схемой удобно пользоваться средствами быстрого поиска.

- При поиске на схеме нужного компонента выполняется команда Edit/Parts:
- выберите в окне Edit Part имя компонента;
- нажмите кнопку Jump.

Edit Part				
J1 J2	Properties			
J3 J4	Highlight			
	Unhighlight			
	Highlight Attached Nets			
	Unhighlight Attached Nets			
	Jump			
Set All				
Clear All				
Close				

Рисунок 52 - Окно поиска элемента

При поиске нужной цепи выполняется команда Edit/Nets:

- выберите в окне Net Names имя цепи;
- последовательно нажмите кнопки Select и Jump to Node.

Экран смещается в сторону выбранной цепи, а сама цепь на схеме подсвечивается.



Рисунок 53 - Окно поиска цепи

Экран смещается в сторону нужного компонента, а сам компонент подсвечивается на схеме.

Средства просмотра изображения

Для удобства рисования и просмотра схемы в P-CAD существуют команды обзора рабочего окна. Они изменяют вид, масштаб изображения схемы, ее положение в пределах рабочего окна. Вы можете:

- использовать линейки прокрутки, которые позволяют сканировать рабочее поле;

- центрировать изображение относительно текущего положения курсора, нажав на клавиатуре С (или выбрав команду View/Center);

- увеличить (нажать серый +) или уменьшить (нажать серый -) масштаб изображения относительно положения курсора в количество раз, установленное командой Options/Configure;

- команда View/Extent – масштабирует рабочую область так, чтобы все изображение вместилось в экран;

- команда View/All – выводит на экран весь лист вместе с форматкой.

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

Place Table	×
Table Type	Table <u>N</u> ame
Net Index Table Note Table	Power Table
Power Table Bevision Note Table	Text <u>S</u> tyle
Spare Gate Table	(Default)
	Line Width <u>T</u> ext Styles
	0.254mm
	Pins to Include
	 <u>H</u>idden pins only
	Unly RetDes Prefix: UI
	All Components
	1K Cancel

Рисунок 54 - Размещение таблицы выводов питания

Проверка схемы выполняется с помощью команды Utils/Erc. Для этого установите параметры в соответствии с приведенным ниже рисунком.

Utils Electrical Rules Check	
<u>F</u> ilename Untitled.erc	
Design Rule Checks ✓ Single Node Nets ✓ No Node Nets Electrical Rules ✓ Unconnected Pins ✓ Unconnected Wires Ø Bus/Net Rules ✓ Component Rules ✓ Net Connectivity Rules ✓ Hierarchy Rules	Report Options View Report Summarize Ignored Errors Summarize Overridden Errors Severity Levels Annotate Errors Clear All Overrides
ОК	Cancel

Рисунок 55

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.

Генерация списка соединений для возможности дальнейшего проектирования осуществляется с помощью команды Utils/Generate Netlist. Кнопка Netlist Filename позволяет задать имя файла списка цепей. Формат списка цепей (Netlist Format)

необходимо задать – P-CAD ASCII. Флажок Include Library Information рекомендуется установить, для того чтобы в файл была включена информация для менеджера библиотек.

Utils Generate Netlis	t			
[<u>N</u> etlist Filename]	C:\Pcad\vork\blok	(s\bsr-1u\)	13-05.net	
Netlist Format:	P-CAD ASCII	•	🔽 Include Lil	brary Information
	ОК	Ca	ncel	



Создание многолистовых схем и схем с иерархической структурой

Для создания многолистовой схемы (схема изображается на нескольких листах) необходимо:

- внести имена всех листов в диалоговое окно Sheets команды Options/Sheets закладка Sheets, после каждого имени нажимайте кнопку Add (рисунок 57); далее нужный лист можно вывести на экран с помощью строки состояний рабочего окна системы;

- при создании схемы к выводу компонента, от которого идет связь на другой лист, подключить порт, имеющий один вывод, и присвоить ему имя цепи;

- на другом листе разместить порт с таким же именем цепи для обеспечения электрического соединения.

Options Sheets			
[Sheets		Titles
Sheets:			
Sheets	Shee	Sheet Name:	Sheet3
Sheet1 Sheet2	01 02		- AH - 1
*Sheet3	03		Add
			Modify
			Delete
			Current
Move Up	Move Down		

Рисунок 57 - Окно команды Options/Sheets закладка Sheets

P-CAD Schematic поддерживает иерархические или модульные структуры, которые позволяют упростить изображение сложных схем.

На верхнем уровне иерархии помещается изображение модуля в виде прямоугольного «черного ящика» (рис.32), модуль имеет имя **Module name** (например, M1) и выводы (**Pin**), к которым подключают внешние цепи.



Рисунок 58 - Пример модуля, созданного с помощью Мастера модуля

Принципиальная схема размещается на более низком уровне иерархии.

Связь между изображением модуля и его принципиальной схемой осуществляется с помощью понятия Link. Схемы всех уровней записываются на разных листах одного и того же проекта.Модуль иерархической структуры создают по команде Utils/Module Wizard.

Module Wizard	×
Module Creation:	
 Create a new module and its link Reuse an existing module 	
<u>N</u> ext > <u>C</u> ancel	

Рисунок 59 - Окно создания нового модуля

В меню (рисунок 59) надо выбрать режим работы:

- Create a new module and its link –создание нового модуля и его связей;
- **Reuse an existing module** использование символа существующего модуля. После выбора *первого варианта* открывается меню **Мастера создания модуля**

(рисунок 60).В нем задают следующие параметры:

- **Module name** имя модуля (A1);
- Number of input pins число входных выводов модуля (слева (2));
- Number of output pins число выходных выводов модуля (справа (1));
- **Number of bidirect pins** число двунаправленных выводов модуля (справа (2));
- Symbol width ширина символа модуля (25mm);
- **Pin length** длина вывода символа (5mm);
- Pin spacing расстояние между соседними выводами (обязательно 5mm);
- Create Corresponding Link создание связи модуля с его схемой,
- Link name имя связи модуля с его схемой (А);
- Save in Library запись модуля в существующую библиотеку (имя библиотеки OTHERS.LIB);
- Pin Designator номер вывода, присваиваемый по умолчанию;
- **Pin name** имя вывода, назначаемое по умолчанию с возможностью его изменения.

Module Wizard			
Create a new module.			
Module name: A1	{RefDec}		
Number of input pins: 2	(nteressay)		
Number of output pins: 1	1 3		
Number of bidirect pins: 2	•		
Symbol width: 25mm	<u>2</u> IN2 BI4 4		
Pin length: 5mm			
Pin spacing: 5mm	BIS		
Create Corresponding Link			
Link name: A	{Link}		
Save in library	(
OTHERS.LIB	Pin Designator: 1 + Pin Name: IN1		
	< Back Next > Cancel		

Рисунок 60 - Окно Мастера создания модуля

После ввода всех параметров нажимается кнопка Next. В открывшемся окне (рисунок 61) появляется информация о связях модуля:

- Placement of new link – имя новой связи (не редактируется),

- Currently defined sheets – имена листов, на которых расположена схема проекта;

- The link will be placed on sheet – имя листа, на котором должна быть помещена схема модуля. (По умолчанию имя листа совпадает с именем модуля);

- The link refdes is also – позиционное обозначение модуля, совпадающее с именем листа.

Module Wizard	\mathbf{X}
Placement of new link Currently defined sheet	: A ets: < Back
	Next >
The link will be placed on sheet: A The link refdes is also	2.000 x A1

Рисунок 61 - Окно с информацией о связях модуля

При этом должны выполняться ограничения:

- каждый лист может содержать схему только одного модуля;
- схема модуля должна располагаться только в пределах одного листа.

После нажатия клавиши Next открывается последнее окно Мастера создания модуля (рисунок 62):

Module Wizard 🛛 🔀		
You're about to place the module: A1		
The assigned module refdes is: M1		
Pressing OK will leave you in "Place Part"		
< <u>B</u> ack <u>O</u> K <u>C</u> ancel		

Рисунок 62 - Окно назначения позиционного обозначения модуля

В строке The assigned module refdes is: указывается присвоенное по умолчанию позиционное обозначение модуля.

Нажмите клавишу ОК и щелчком курсора укажите место размещения на схеме символа модуля.

Замечание: если символ модуля был сохранен в открытой библиотеке (имя библиотеки указывается в строке Save in Library), то в дальнейшем модуль выводится на схему как обычный компонент по команде Place/Part.

Верификация схемы Utils/Erc

При создании сложных электрических схем практически трудно избежать ошибок («висячие» цепи, отдноконтактные цепи и т.д.).

Команда Utils/Erc P-CAD Schematic включает режим проверки правильности электрических соединений.

В диалоговом окне устанавливается перечень проверяемых параметров схемы (рисунок 63).

Utils Electrical Rules Check				
Filename \\Elektronic\Work\TAN3C\Solomatov4.erc				
Design Rule Checks	Report Options			
🔽 Single Node Nets	View Report			
🔽 No Node Nets	Summarize Ignored Errors			
💌 Electrical Rules	🔲 Summarize Overridden Errors			
Unconnected Pins				
Unconnected Wires	Severity Levels			
🔽 Bus/Net Rules				
Component Rules	Annotate Errors			
Net Connectivity Rules	🔲 Clear All Overrides			
Hierarchy Rules				
OK	Cancel			

Рисунок 63 - Окно проверки электрических соединений

Флажок View Report выводит на экран текстовый отчет об ошибках. Флажок Annotate Errors включает индикацию ошибок, которые помечаются на схеме кружочком с крестом (рисунок 64).



Рисунок 64 - Метка ошибки на схеме

Чтобы просмотреть индикацию ошибок на схеме необходимо:

- выделить метку ошибки на схеме;
- из контекстного меню выбрать команду Properties.

В результате появится диалоговое окно с текстовым сообщением об ошибке (рисунок 65). Чтобы увидеть на схеме следующую ошибку надо:

- указать категорию ошибки (нижний левый угол);
- установить номер ошибки (область Error Number);
- нажать кнопку Jump To.

Find Errors	<u> </u>	
Error 1 Net NET00160 is	a single node net	A
4		
🔲 Show Only Selected	Error Number: 1	Find
E Show Only Overrides	🔲 Override - Don't Display Again	Jump To
All Categories 💌		Close



В результате курсор устанавливается на схеме в точку ошибки. Схему можно откорректировать. На этом этапе все электрические ошибки в схеме нужно устранить.

Вывод схемы на печать

Чтобы распечатать схему выберите команду File/Print.

Диалоговое окно команды (рисунок 66) позволяет настроить параметры печати:

- флажок Current Window устанавливает печать только видимой части экрана;

- флажок Scale to Fit Page масштабирует изображение так, чтобы оно полностью уместилось в поле выбранной для печати форматки;

- в поле Sheets укажите листы, которые хотите распечатать;

- настройте параметры страниц, нажав на кнопку Page Setup, откроется диалоговое окно Page Setup.

File Print	
Sheets: Sheet1	Override Settings Current Window Scale to 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	ixels):
Close	

Рисунок 66 - Окно команды File/Print настройка параметров печати

Для каждого листа схемы, выбранного в области Sheets, установите:

- формат изображения в области Image Scale;
- разворот листа Rotate (если это необходимо);
- разрешение печати форматки Title (если это необходимо);

- в окнах X offset и Y offset можно задать расстояние изображения схемы до краев листа;

- при включении флажка User Scale Factor можно задать коэффициент масштабирования распечатки изображения схемы.

После внесения установок для печати нажмите кнопки Update Sheet, Close для возврата в предыдущее окно File Print.

Нажмите на кнопку Print Options, которая позволяет выбрать перечень объектов, выводимых на печать:

- по умолчанию для черно-белых принтеров фон (Background) выбирается белым;

- назначьте черный цвет для объектов, выводимых на печать и белый для тех, которые выводиться на печать не будут;

- кнопка ОК возвратит в окно File Print.

Замечание: при печати ширина линий устанавливается программой и изменить эту настройку нельзя.

Просмотреть компоновку чертежа перед его печатью можно с помощью команды Print Preview

Для распечатки схемы, необходимо нажать на кнопку Print окна предварительного просмотра или командой Generate Printout окна File Print.

Page Setup		
Sheet1	Print Sheet Options Image Options Isolate ✓ Ittle × offset: 0.000mm Y offset: 0.000mm Print Region ✓ ✓ Sheet Extents Define Region Lower Left Corner: ×: Y: 0.000mm Y: 0.000mm Y: 0.000mm Y: 0.000mm Y: 0.000mm	Image Scale A (8.5 x 11 in) B (11 x 17 in) C (17 x 22 in) D (22 x 34 in) E (34 x 44 in) A (210 x 297 mm) A 3 (297 x 420 mm) A 2 (420 x 494 mm) A 1 (494 x 841 mm) Scale to Fit Page User Scale Factor 1.00
Update Sheet		Close

Рисунок 67 - Диалоговое окно Page Setup

Контрольные вопросы

- 1 Основные этапы создания принципиальной схемы.
- 2 Подключение библиотек.
- 3 В какой подпрограмме создается принципиальная электрическая схема?
- 4 Какие команды используются при оформлении схемы?
- 5 Размещение элементов на рабочем поле.
- 6 На чем основывается выбор шага координатной сетки при оформлении схемы?
- 7 Для чего на схеме используются шины, могут ли они пересекаться?
- 8 Создание электрических соединений.
- 9 Редактирование параметров элементов.
- 10 Нумерация элементов, автонумерация.
- 11 Редактирование свойств электрических цепей.
- 12 Какие данные необходимы для оформления схемы?
- 13 Настройка печати схемы.
- 14 Поиск элементов и электрических цепей.

Практическая работа №6

СОЗДАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ МОДУЛЯ ПАМЯТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ

Цель: Расширение навыков работы в графическом редакторе схем P-CAD Semantic при создании схем, имеющих иерархическую структуру.

Задание на практическую работу:

Разработайте модуль внешних устройств для микропроцессора MC51, который содержит ОЗУ на 16 ячеек (К531РУ9), ПЗУ емкостью 2К (КР556РТ18) и семисегментный индикатор. Для этого:

1 Создайте модуль внешних устройств (рисунок 57) в P-CAD Schematic на листе **Sheet1** формата A3.

2 Синтезируйте дешифратор, формирующий сигналы выборки ОЗУ, ПЗУ и индикатора в зависимости от адреса, используя логические элементы любого базиса (адреса обращения к микросхемам задаются по вариантам).

3 Дешифратор реализуйте на отдельном листе **Sheet2** формата A3 с помощью модульной вставки (рисунок 58):

- в окне создания модуля Module Wizard задайте модуль на 16 входов и 5 выходов (созданный новый модуль в библиотеку не добавлять);

- задайте имена входных и выходных выводов, используя поля Pin Designator и Pin Name, входы носят имена A0...A15, выходы – CS... (рисунок 68), чтобы ввести в имя инверсию начните имя со значка ~;

- поле Pin Spacing установите равным 2.5мм.



Рисунок 68 - Модуль внешних устройств





	1001 (<u></u>)	- ·
Module Wizard		X
Create a new module.	SPerDeel	
Module name: DC	Success	
Number of input pins: 16	□ 1 40 □ 2 A1	
Number of output pins: 5		
Number of bidirect pins:		
Symbol width: 1000mil	P 7 46 CS ROM 18 B 47 CS ROM 19	
Pin length: 300mil	■ 9 A7 C3_ CAM 20 ■ 10 A8 CS SEC 21	
Pin spacing: 2.5mm	49 CS_SEG	I
Create Corresponding Link	G 13 A11 G 14 A12	
Link name: DC	B 15 A13 B 15 A14	
Save in library	A15	
	şLink}	
×	Pin Designator: 1 🕂 Pin Name: 🔟	
	< Back Next > Cancel	

Рисунок 70 - Создание модуля

4 Верификацию схемы, если система обнаружила ошибки электрических связей, просмотрите ошибки на схеме и исправьте их.

5 Сохраните результаты работы и выведите оба листа схемы на печать (размер листа A4). Таблица 5

Гаолица Ј			
Вариант	Адрес ОЗУ	Адрес ПЗУ	Адрес Индикатора
1	3000-300F	0000-07FF	FFFF
2	2000-200F	F800-FFFF	2500
3	4000-400F	1000-17FF	47FE
4	5000-500F	2000-27FF	5730
5	6000-600F	3000-37FF	500F
6	7000-700F	4000-47FF	777F
7	8000-800F	5000-57FF	8720
8	9000-900F	6000-67FF	9705
9	A000-A00F	7000-77FF	C00F
10	B000-B00F	8000-87FF	B3F0
11	C000-C00F	9000-97FF	0000

Вариант	Адрес ОЗУ	Адрес ПЗУ	Адрес Индикатора
12	D000-D00F	A000-A7FF	D7F3
13	E000-E00F	B000-B7FF	E6F7
14	F000-F00F	C000-C7FF	F70F
15	5500-550F	D000-D7FF	5732
16	6200-620F	E000-E7FF	6100
17	6300-630F	F000-F7FF	677F
18	6400-640F	1800-1FFF	2860
19	6500-650F	2800-2FFF	63FF
20	7200-720F	3800-3FFF	7016
21	7300-730F	4800-4FFF	53F1
22	7400-740F	5800-5FFF	D4FF
23	DD00-DD0F	7800-7FFF	5DFF
24	3600-360F	D800-DFFF	76FF
25	0000-000F	C800-CFFF	D800

Создание списка соединений схемы

Последним этапом работы в редакторе P-CAD Schematic является создание текстового файла списка элементов и соединений (.net), который далее будет являться входной информацией для редактора печатных плат P-CAD PCB. Для извлечения списка соединений:

- выберите команду Utils/Generate Netlist;

- в области Netlist Format открывшегося диалогового окна (рисунок 71) выберите формат записи файла списка соединений P-CAD ASCII;

- имя файла списка соединений предлагается по умолчанию, в случае необходимости его изменения нажмите на кнопку Netlist Filename и задайте новое имя.

Utils Generate Netlist		
(<u>N</u> etlist Filename)	D:\Кубышкина\пример1.net	
Netlist Format:	P-CAD ASCII Include Library Information	
	OK Cancel	

Рисунок 71- выбор формата списка соединений

Контрольные вопросы:

- 1 Назначение шин, работа с шинами.
- 2 Работа с несколькими листами в пакете P-CAD.
- 3 Автоматическое выравнивание элементов.
- 4 Создание электрических связей между листами.
- 5 Создание структурных модулей.
- 6 Верификация электрической схемы.
- 7 Автоматическое создание отчетов спецификаций.
- 8 Вывод схемы на печать.

Практическая работа №7

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКТИВА ПП, УПАКОВКА ДАННЫХ И РАЗМЕЩЕНИЕ РЭК НА ПП

Цель работы: Разработать начальную топологию печатной платы.

Задание на практическую 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
- 6 (проект.pcb).

Ход работы

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

- 1 Установить метрическую систему единиц: Options/Configure Units: mm.
- 2 Установить шаг координатной сетки: 10 (если размер ПП кратный 10).
- 3 Установить привязку к сетке View/Snap to Grid.

4 Начертить контур ПП толщиной 0,2 мм в слое Board с помощью команды Place Line. Контур ПП должен представлять собой замкнутую линию. При отсутствии требований размер ПП выбирается необходимым и достаточным для размещения всех компонентов и проводников (с учетом зазоров). При размещении нужно располагать РЭК так, чтобы оставалось место для проводников, но не было впоследствии пустого места на ПП (т.е. необходимо экономить место на плате).

5 Подключить библиотеки с помощью команды Library/Setup.

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

Utils Load Netlist	
Netlist <u>Filename</u> Untitled1.net	
Netlist Format: P-CAD ASCII	
☐ ⊠reference File: Xrgf Filename	
Optimize Nets	for Copper Sharing
□ <u>R</u> econnect Copper □ Create	Pseudo P <u>a</u> tterns
Enable auto swapping for incoming compon components with solder flow direction.	ents and synchronize all
Attribute Handling	Net Class and Rules Handling
 <u>Merge Attributes</u> (Favor Netlist) 	Replace Existing Net Classes
Merge Attributes (Favor <u>D</u> esign)	C Ignore Netlist Net Classes
C Replace Existing Attributes	
C Ignore Netlist Attributes	
ОК	Cancel

Рисунок 72 - Загрузка списка соединений в топологию

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

7 Размещение компонентов на плате. При выполнении лабораторных работ рекомендуется размещать компоненты в верхнем слое платы. Задача размещения РЭК на ПП заключается в том, чтобы будущие печатные проводники были наиболее короткими (для лучшего прохождения сигнала), и количество ПО было минимальным. Для этого компоненты с общими связями располагают рядом, с учетом количества общих связей. Сначала размещают крупные элементы (МС, трансформаторы, разъемы и др.), а затем мелкие (конденсаторы, резисторы и др.). Размещение РЭК определяет результаты трассировки, поэтому рекомендуется тщательно изучить связи и в соответствии с этим сделать оптимальное размещение. Для удобства используется команда Edit/Nets, где сначала надо выделить связи, затем произвести какое-либо действие над ними.

Edit Nets		⊤ Net Nodes	3	
Rename	▼ +3.3V	Nodes:	Pad Styles:	
	 ✓+3.3√1 ✓+3.3√2 ✓+3.3√3 ✓+3.3√4 ✓+5√ ✓14 ✓15 ✓16 ✓17 ✓18 	C9-2 C10-2 C12-2 C13-2 C14-2 C15-2 C15-2 C16-2 C17-2 C18-2 C19-2 C19-2 C19-2 C19-2 C19-2	pin_2 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0 1.2_2.0	
Set Color	<u>S</u> et All <u>C</u> lear All			
Clear Color	Set <u>B</u> y Attribute		Set All <u>C</u> lear All	
	Set By Layer Attribute		Jump to	
<u>H</u> ighlight			Parl Properties	
<u>U</u> nhighlight	Set By Node Count		Tag (jobanisani	
<u>S</u> elect	Min: Max:		Remo <u>v</u> e Nodes	
		J [

Рисунок 73 - Параметры электрических связей

Описание кнопок в окне Edit/Nets: Show Conns - показать, Hide Conns - скрыть, Highlight - подсветка, Unhighlight - убрать подсветку, Select - выделить; Set All Nets - выбрать все (связи из списка), Clear All Nets - снять выделение (связей в списке), выбор отдельных связей производится непосредственно в списке (стандартно для Windows). PCAD позволяет задавать индивидуальный цвет для каждой цепи.

При этом такие элементы как контактные площадки, переходные отверстия и участки металлизации, подсоединенные к этой цепи, приобретут цвет, указанный для цепи. При необходимости, всегда можно перейти на «общий» цвет, указанный в настройках отображения. Существует возможность автоматического размещения (в SPECCTRA), но оно абсолютно непригодно. На практике всегда размещение производят вручную. Фильтрующие емкости (по питанию) необходимо устанавливать как можно ближе к микросхемам, при этом длины цепей идущие от выводов МС к конденсатору должны быть минимальны. Для размещения РЭК используют следующие действия: перетаскивание с помощью мыши, разворот объекта (клавиша «R»), перенос компонента на другую сторону платы (клавиша «F»). Рекомендуемые зазоры: между элементами – 1,25 мм, от края платы – 5мм. В P-CAD существует возможность интерактивной расстановки компонентов посредством системы VPA. В версии 2002 система VPA (Visual Placement Area – визуализация расстановки компонентов) еще больше объединилась с оболочкой РСВ и позволяет проводить интерактивную расстановку компонентов непосредственно на рабочем поле PCB. VPA отображает допустимую зону размещения компонента, которая определяется установленными взаимными зазорами, длинами цепей и высотой компонента. VPA отслеживает физические (Physical) и электрические (Electrical) значения атрибутов, а так же комнаты (Room). Для каждого типа правил возможно указать собственный цвет допустимой территории размещения. После предварительного размещения надо сохранить файл в формате данных ASCII.

8 Оптимизация электрических связей. Данная операция проводится перед началом трассировки соединений с целью минимизации общей длины физических связей между РЭК и минимизации плотности связей. Предварительно необходимо нажать кнопку

Record ECOs на панели инструментов и включить видимость всех связей посредством команды Edit/Nets. Выбрать команду Utils/Optimize Nets и установить следующие параметры.

Utils Optimize Nets		
Method	Auto Options	
C Manual Cata Suran	🔽 <u>G</u> ate Swap 📀 <u>E</u> ntire Design	
 Manual Gate Swap Manual Pin Swap 	Pin Swap C Selected Objects	
OK Cancel		

Рисунок 74 - 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 ECO Filename надо задать имя файла изменений (с расширением .eco) и нажать кнопку Append ECOs to File. Теперь необходимо внести изменения в схему. Для этого надо открыть схему. Выбрать команду Utils/Import ECOs, выбрать файл изменений с помощью кнопки ECO Filename и нажать кнопку ОК. Изменения вносятся в схему только при полном соответствии sch-файла pcb-файлу до изменений (по типам РЭК и связям). При возникновении ошибок надо проверить pcb-файл (начальный файл, без оптимизации связей) на соответствие со схемой, используя команду Utils/Compare Netlist. В окне Netlist Compare посредством кнопки Netlist Filename указать путь к файлу списка цепей (с расширением .net), а в зоне Attributes выделить категории Component и Net и, нажав кнопку >> переместить их в окно Compare.

При наличии ошибок, выводится сообщение об ошибке и предлагается их просмотр, нажатие кнопки «Да» выводит отчет об ошибках, которые необходимо исправить. После исправления ошибок надо сделать проверку снова. Сообщение «Nets are identical» говорит о соответствии списка в файлах .pcb и .sch. После этого надо провести оптимизацию заново.

При корректном внесении изменений в схему появится сообщение: Importing ECO file completes successfully. После внесения изменений надо сохранить файл .sch (рекомендуется с новым именем). Как правило, на данном этапе файл .sch приходится редактировать, т.к. после внесения изменений на схеме появляется множество портов, которые затрудняют чтение схемы, а также надписи и порты могут быть наложены друг на друга.

Контрольные вопросы

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

ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ

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

Задание на практическую 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.

Ход работы

Трассировка электрических связей подразумевает создание наглядного изображения будущих печатных проводников. При проведении связей нельзя пересекать проводники в одном слое и «чужые» (не подключенные к данной цепи) ПО и КП. Задача трассировки: провести наиболее короткие проводники с минимальным количеством ПО.

Трассировку цепей питания производят вручную, для разводки остальных проводников используют программу автотрассировки (после того, как проведены проводники питания). При трассировке необходимо соблюдать ориентацию проводников в различных слоях. Чтобы не корректировать параметры автотрассировщика следует использовать следующую ориентацию: проводники в верхнем слое (Top) платы направлены горизонтально, в нижнем (Bottom) – вертикально.

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



Рисунок 75

В данном случае трассировка осуществлялась без соблюдения ориентации. В результате образовалось шесть ПО. При соблюдении ориентации проводников вариант трассировки может быть следующим:



Рисунок 76

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 рисунке 76. 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».



Рисунок 77

Ширина проводников питания – 1мм, исключая подходы к КП РЭК, ширина которых менее 1мм (в этом случае ширина проводника определяется шириной КП).

Минимальный зазор между объектами (КП, проводниками, ПО) – 0,2 мм, зазор между каким-либо из этих объектов и краем ПП – 3мм.

Перед трассировкой необходимо ввести классы цепей. Для этого в меню Options выбирается команда Net Classes, затем в поле Class Name надо ввести имя класса цепей (например, power) и нажать кнопку Add.

Далее в зоне Unassigned Nets отмечаются все питающие цепи и посредством кнопки — Add переносятся в зону Nets in this Class (тем самым формируя класс цепей «power»).

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

После запуска SPECCTRA закрыть окно с предупреждениями. Для трассировки слева на инструментальной панели должна быть нажата кнопка Route Mode.

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

Ручная трассировка цепей питания в системе SPECCTRA

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

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

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

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

При создании проводников нажатие правой кнопки мыши позволяет: довести автоматически проводник (с помощью команды Finish Route), отменить действие (Undo),

изменить ширину проводника (Use Width), отменить создание проводника (Cancel). По окончании разводки цепей питания необходимо проверить, все ли КП подключенные к цепям питания соединены между собой проводниками. Для этого надо выбрать команду Select Net расположенную на панели инструментов Tools, отметить цепь и приближая отдельные фрагменты просмотреть всю плату на соединения (если таким образом не удается найти разрыв проводников, то места разрыва определяют в системе P-CAD с помощью команды DRC). На данном этапе рекомендуется сохранить файл. Для этого необходимо выйти из системы SPECCTRA, сохраняя файл (Save and Quit), в результате файл откроется в P-CAD с новым именем (автоматически к начальному имени файла прибавляется буква R). Далее надо сохранить файл (в формате данных ASCII).

Автоматическая трассировка

Запустить систему SPECCTRA. Для того чтобы программа автоматической трассировки не изменяла разводку цепей питания, их (цепи) необходимо зафиксировать. Выбрать команду Edit/[Un]Fix Nets By Class List. В поле Classes выделить класс power, в зоне Action отметить Fix. Нажать OK. 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 OK. 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 OK. После окончания работы автотрассировцика (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).

Расстановка позиционных обозначений

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

Проверка на DRC-ошибки

Выбрать команду Utils/DRC, и задать следующие параметры: Нажать кнопку Design Rules. Во вкладке Design с помощью кнопки Properties изменить свойства: Silkscreen Clearance – 1.25mm; Hole To Hole Clearance – 0.2mm; Board Edge Clearance – 3mm. Во вкладке Layer: во всех полях (Pad to Pad, Pad to Line, Line to Line, Pad to Via, Line to Via, Via to Via) установить зазоры 0.2mm, затем нажать кнопку Update. Установить зазоры для обоих слоев (Top и Bottom). Во вкладке NetClass задать значения ширин проводников для цепей питания: в зоне Net Class Rules нажать кнопку Edit; в новом окне нажать кнопку Add; выделить Attribute Category – Net, Name – Width и ввести значения ширин проводников в поле Value через Enter (1mm; «Enter», 0.5mm; «Enter», 0.3mm и т.д.). Закрывая все окна, вернуться в исходное окно Utils Design Rule Check, где нажать кнопку OK. В окне Netlist Compare посредством кнопки Netlist Filename указать путь к файлу

списка цепей (с расширением net), а в области Attributes выделить категории Component и Net и, нажав кнопку >>, переместить их в область Compare.

Utils Design Bule Check		
Elename C. Veport dr	c Error Options	
T Yiew Report	P Annotate Enors	Design Bulez
Summarize Ignored Error	s 🗌 🗖 Clear Al Overiges	Segurity Levels
📃 🗁 Summaize Ogeridden E	nois	
Design Rule Checks		Area To DRC
P Netfet Compare	Net Length	Entire Workspace
🔽 Qearance Violations	🔲 Silk Screen Violationo	C figm
Tegt Violations	Copper Pour Violations	C Region Define Section
Netjst Violations	Plane Violations	e Begine Searchaster
🔽 Width Violations	Component Violations	LowerLete DoperFlight
P Unjouted Nets	Drilling Violations	3: 0.000mm 3: 0.000mm
□ <u>Unconnected Pinz</u>	Lest Point Violations	2) 0.000mm 2) 0.000mm
	DK	Cancel

Рисунок 78 - Проверка на DRC

После окончания проверки необходимо открыть окно ошибок посредством команды Utils/Find Errors. Посредством нажатия кнопки «Jump To» курсор перемещается на конкретное местоположение ошибки. Необходимо исправить все ошибки, выбирая их поочередно в поле Error Number. Ошибки могут быть следующего рода: несоответствие со схемой (электрические соединения), узкие места (зазоры меньше установленных), неразведенные связи. Все ошибки отмечены специальными маркерами, которые исчезнут только после повторной проверки. Для удобства исправления некоторых ошибок удобно открыть в текстовом редакторе файл отчета report.drc (который расположен в рабочей директории). Если имеется много ошибок, для исправления которых понадобится трудоемкое редактирование проводников, то удобнее будет загрузить систему SPECCTRA, и редактировать там. А если немного, то исправить их (ошибки) можно непосредственно в P-CAD используя набор команд для интерактивной трассировки. При редактировании в P-CAD рекомендуется включить проверку Online DRC посредством команды Options/Configure, где необходимо задать параметры и свойства подобно обычной проверке DRC, описанной выше. Шаг координатной сетки рекомендуется выбрать 0,25мм. Для доведения связей необходимо включить панель Route Toolbar (если она не включена). Для обычной трассировки используются две команды: Route Manual – ручная трассировка и Route Interactive – интерактивная трассировка с использованием автоматического огибания препятствий и автоматическим завершением трассы. Добавление точек изгиба производится с помощью этих же команд. Проводить проводники можно только при активации какого-либо сигнального слоя (в строке состояний). При переходе на другую сторону платы необходимо при проведении связи переключить слой (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?

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ПОМОЩЬЮ QUICKROUTE

Цель: Освоить размещение электрорадиоэлементов и трассировку проводников печатной платы ручным и автоматическим способом.

Задание на практическую работу:

1 Осуществить размещение элементов в ручном режиме.

2 Используя программу SPECCTRA осуществить размещение элементов в автоматическом режиме.

3 Осуществить трассировку проводников печатной платы в ручном и интерактивном режиме.

4 Осуществить трассировку проводников печатной платы, используя программы автотрассировки (Quick Route, PRO Route 2/4, PRO Route, P-CAD Shape-Based Router).

Методические указания

Редактор печатных плат P-CAD PCB используется для размещения компонентов на монтажно-коммутационном поле и для ручной, интерактивной или автоматической трассировки проводников. В интерактивном режиме курсором отмечается начало и конец сегмента проводника, который сразу же трассируется с учетом препятствий. При этом соблюдаются все ограничения на проведение трассы, установленные пользователем.

Настройка конфигурации

После запуска графического редактора (файл PCB.EXE) 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 параметров соединений Connection Options в окне Optimize Partial Route разрешается/не разрешается оптимизировать связь для достижения минимальной «манхэттенской длины» после ручной трассировки связи. Если включен указанный флажок, то при ручной трассировке проводник подсоединяется к ближайшему фрагменту проводимой цепи.

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

Структура слоев печатной платы

Слои можно использовать по умолчанию, а также создавать и удалять после выполнения команды Options/Layers. В закладке Layers в области Туре слои платы подразделяются на три типа и помечаются:

- Signal – слой разводки проводников, помечается первым символом S;

- Plane – слой металлизации, помечается первым символом Р;

- Non Signal – вспомогательные слои, помечаются первым символом N. Список слоев проекта указывается в столбце Layers;

- Тор проводники на верхней стороне платы (сторона установки компонентов);

- Тор Assy – атрибуты на верхней стороне платы (текстовые обозначения компонентов);

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

- Тор Paste графика пайки на верхней стороне платы;
- Тор Mask графика маски пайки на верхней стороне платы;
- Bottom проводники на нижней стороне платы;
- Bot Mask графика маски пайки на нижней стороне платы;
- Bot Paste графика пайки на нижней стороне платы;
- Bot Silk шелкография на нижней стороне платы;
- Bot Assy атрибуты на нижней стороне платы;
- Board границы платы.

Каждый слой может быть включен (Enable, символ E) или выключен (Disable, символ D). Указанные установки производятся после выделения имени слоя и нажатии соответствующих кнопок, которые находятся в правой части панели. Все слои (кроме текущего) можно выключить кнопкой Disable All, а включить – кнопкой Enable All.

По умолчанию структура слоев для печатной платы устанавливается с двумя, сигнальными слоями.

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

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

- Auto – выбирается автоматически, во втором столбце окна Layers к имени слоя присоединяется символ А;

- Horizontal – горизонтальное – присоединяется символ Н;

- Vertical – вертикальное – присоединяется символ V.

Задание барьеров для трассировки

Как правило, не во всем пространстве ПП можно проводить трассировку. Поэтому с помощью команды Options/Current Keepout устанавливается стиль Style (линия – Line, или многоугольник – Polygon) и слой (текущий – Current или все слои – AH) для барьеров – областей запретов для трассировки. Граница области запретов вводится (рисуется) в слое Keepout командой Place/Keepout.

Разработка печатных плат

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

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

Затем необходимо в слое Board нарисовать на рабочем поле монитора замкнутый контур печатной платы. Прорисовка производится с помощью команд Place/Line и Place/Arc. Если отсутствует принципиальная схема, выполненная в P-CAD Schematic, то компоненты на плату устанавливают по команде Place/Component. Связи между компонентами проводят по команде Place/Connection.

Если же принципиальная схема имеется, то производится так называемая упаковка схемы на печатную плату (должна быть открыта нужная библиотека).

Упаковка схемы на печатную плату

Вначале необходимо по команде Utils/Load Netlist загрузить файл списка соединений (расширение .net) печатной платы.

Как правило, схема упаковывается на печатную плату, на которой предварительно размещены разъемы и другие фиксированные компоненты (после выделения соответствующих компонентов в диалоговом окне Properties устанавливается флажок Fixed) и проложены некоторые цепи.

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

- компоненты с совпадающими на плате и схеме позиционными обозначениями (RefDes) должны иметь одинаковый тип корпуса (Туре). В противном случае упаковка схемы не производится;

- все компоненты, установленные на плату перед упаковкой, но не входящие в список соединений, будут сохранены;

- на печатную плату переносятся все компоненты из списка соединений, которые предварительно не были установлены на плату;

- предварительно проложенные электрические связи, но отсутствующие в списке соединений, будут удалены (обновляется вся информация об электрических цепях). Однако все предварительно проложенные проводники, присутствующие в списке соединений, будут сохранены;

- после выполнения команды нельзя восстановить первоначальный вид печатной платы с предварительно размещенными компонентами, поэтому ее рекомендуется сохранить в отдельном файле.

После нажатия на кнопку Yes загружаемые компоненты проекта размещаются над верхней границей печатной платы (если уже размещена заготовка печатной платы). Если же нет заготовки печатной платы, то все компоненты размещаются в левом нижнем углу рабочего пространства проекта. При этом на экране отображаются прямые линии еще не проведенных электрических связей.

Размещение компонентов на плате

После упаковки схемы на печатную плату можно приступать к упорядоченному (с точки зрения разработчика) размещению компонентов на плоскости платы. «Паутина» линий связей, появляющаяся между компонентами, позволяет разработчику ориентироваться при размещении компонентов. При перемещении компонентов указанная «паутина» перемещается вместе с компонентом. Компоненты при установке можно разворачивать (клавиша R) или переносить на противоположную сторону платы (клавиша F).

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

Перед началом трассировки должны быть установлены на плате все компоненты схемы (команда Place/Component), определена(ы) сетка(и) трассировки, слой, в котором проводится трасса, ширина проводника и заданы все соединения, т. е. выполнена команда Utils/Load Netlist. После выполнения последней команды между контактами установленных компонентов на ПП появляются условные линии связей. Если вводится новая связь, не указанная в списке соединений, то предварительно, перед трассировкой, выполняется команда Place/ Connection, и щелчком мыши вначале указывается первый контакт, а затем, не отпуская кнопку мыши, и второй контакт, подлежащие соединению. После указания второго контакта появляется окно, в котором пользователь может оставить предлагаемое системой имя цепи или изменить это имя и нажать ОК. После указанной процедуры появляется условная линия связи между контактами, а затем можно проводить связь вручную.

Ручная трассировка выполняется после команды Route/Manuel или нажатия на соответствующую пиктограмму. Трассировка производится только в сигнальных слоях, в противном случае появляется сообщение об ошибке. Если необходима перетрассировка уже проведенной связи, то эта связь предварительно удаляется.

Для проведения связи щелчком мыши указывается первый контакт и, не отпуская кнопку мыши, рисуют первый сегмент трассы. Отпускание мыши фиксирует излом трассы. Для перемещения трассы на один дискрет сетки используются кнопки (при нажатой кнопке мыши). Нажатие клавиши О (не отпуская клавишу мыши) дает возможность менять характер излома (ортогонально, по диагонали, скругление), а клавиши F – менять расположение точки излома. Для создания T-образных соединений применяется опция T-Route by Default закладки Route команды Options/Configure.

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

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

При прокладке трассы ширина проводника может быть изменена (в строке состояний или по команде Options/Current Line). Проведение трассы завершается нажатием на правую кнопку мыши.

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

- Complete – завершение прокладки трассы с соблюдением установленный ранее правил трассировки и соблюдением установленных зазоров;

- Suspend – прекращение прокладки трассы (трасса остается незавершенной);

- Cancel – прекращает трассировку и отменяет ввод последнего сегмента трассы;

- Options – активизирует закладку Route меню Options/Configure для возможных изменений опций трассировки;

- Layers – запускает команду Options/Layers для изменения структуры слоев платы;
- Via Style – запускает команду Via Style для выбора стиля переходного отверстия или его редактирования;

- Unwind – отменяет прокладку последнего сегмента проводника (то же самое, что и использование клавиши Backspace).

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

Если произвести два последовательных щелчка вначале по первому, а затем по второму контакту, то трасса между ними будет проведена автоматически по кратчайшему пути с соблюдением всех правил трассировки и автоматическим переходом (если программа посчитает нужным это сделать) из слоя в слой.

При пересечении трассы металлизированного экрана в нем будут автоматически вырезаться каналы с соблюдением заданных ранее зазоров.

Автоматическая трассировка

В систему P-CAD входят четыре программы автоматической трассировки – Quick Route, PRO Route 2/4, PRO Route и P-CAD Shape-Based Router. Для выбора нужной программы выполняется команда Route/Autorouters из редактора P-CAD PCB.

Автотрассировщик Quick Route используется для трассировки несложных плат, содержащих небольшое число компонентов. Автотрассировщик PRO Route 2/4 трассирует однослойные и двухслойные платы без ограничения числа выводов или четырехслойные платы с числом выводов компонентов до 4000. Автотрассировщик PRO Route трассирует платы, имеющие до 30 слоев без указанных ограничений. Автотрассировщик SPECCTRA поставляется дополнительно к P-CAD и используется не только для трассировки соединений, но и для ручного или автоматического размещения компонентов на печатной плате. На сегодняшний день SPECCTRA является наиболее «продвинутым» автотрассировщиком печатных плат и используется при проектировании сложных печатных плат.

Автотрассировщик Quick Route

Автотрассировщик запускается из графического редактора P-CAD PCB с помощью меню Route/Autorouters. Автотрассировщик не требует указания границы печатной платы в слое Board и не изменяет топологию предварительно проложенных пользователем проводников. Предварительно на плате должны быть размещены все компоненты, определены все электрические связи. Некоторые связи могут быть уже проведены. Можно задать области запрета для трассировки по команде Place/KeepOut.

Автотрассировщик Pro Route

Автотрассировщик Pro Route позволяет трассировать без ограничения числа выводов компонентов проекта до 30 сигнальных слоев и до 99 слоев металлизации на печатной плате.

Так же как и в предыдущем случае автотрассировки, должна быть загружена плата с размещенными на ней компонентами и указаны связи между выводами компонентов. В слое Board должна быть указана область трассировки в виде контура и, в случае необходимости, барьеры для трассировки. Некоторые компоненты должны быть зафиксированы (разъемы, элементы питания и т. п.). Если вручную проведены некоторые электрические связи («земля», питание и др.), и они должны быть сохранены в процессе автотрассировки, то эти связи должны иметь атрибут No AutoRoute.

Бессеточный трассировщик P-CAD Shape-Based Router

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

Запускается программа или непосредственно из редактора P-CAD PCB или автономно из среды WINDOWS (файл SR.EXE).

Настройка стратегии трассировщика производится после его запуска с помощью диалогового окна Options/Auto-Router.

Ручная трассировка новых соединений или редактирование существующих трасс производится после выполнения команды Tools/ Manual route. Перед началом работы на печатной плате должны быть размещены компоненты и определены соединения между контактами компонентов по команде Place/Connection или загружена полученная ранее информация о соединениях командой Utils/Load Netlist. Необходимо проверить также наличие всех слоев для трассировки (в противном случае необходимо выполнить команду Options/Layers и настроить слои трассировки). Трассировка производится только в сигнальных слоях. При попытке использовать для трассировки несигнальные слои появляется сообщение об ошибке.

Автоматическая трассировка производится после выполнения команды Tools/Start Autorouter в меню автотрассировщика P-CAD ShapeBased Router. В процессе трассировки в строке состояний отражается ход трассировки: название текущего прохода трассировки, число разведенных цепей и количество введенных переходных отверстий, наличие конфликтов и т.д.

Для возвращения в программу P-CAD PCB с целью просмотра результатов трассировки и возможного редактирования этих результатов выполняется команда Save and Return.

НАСТРОЙКА КОНФИГУРАЦИИ QUICKROUTE

Программа автотрассировки QuickRoute размещается в файле **QROUTE.EXE**, который поставляется совместно с ACCEL PCB. Вызывают QuickRoute из управляющей оболочки ACCEL PCB по команде **Route/Autorouters** (рисунок 79).

Route Autorouters				
Autorouter: Quick R	oute Start	Hestart Close		
<u>S</u> trategy File	C:\Program Files\P-CAD 2000\r	main.STR		
<u>O</u> utput PCB File	C:\Program Files\P-CAD 2000\Rmain.pcb			
Output <u>L</u> og File	g File C:\Program Files\P-CAD 2000\Rmain.LOG			
Load	<u>Sa</u> ve	Set <u>B</u> ase		
Layers Net Attrs Passes Via Styl <u>e</u>	Routing <u>G</u> rid: Line <u>W</u> idth: (Default)	25mil 12.0mil Error Messages Output to Screen Output to Log File Output to Both		

Рисунок 79

В этой команде по умолчанию вызывается трассировщик QuickRoute. Чтобы сменить тип трассировщика, нажатием кнопки Autorouter открывают их список:

- Quick Route – трассировщик QuickRoute;

- PRO Route 2/4 – трассировщик PRO Route для двухслойных ПП без ограничения числа компонентов или четырехслойных ПП при ограничении общего числа выводов компонентов (не более 4000 выводов);

- PRO Route – трассировщик PRO Route для 32-слойных плат без ограничения числа выводов;

- SPECCTRA – трассировщик SPECCTRA (его возможности оговариваются в условиях поставки).

Замечание. При работе в Windows 3.х в меню Autorouter помещаются названия всех четырех трассировщиков. При работе в Windows 95 название одного из них не видно, приходится листать меню с помощью клавиш. Из всех этих трассировщиков Quick Route является наименее эффективным и пригодным для быстрой разработки не очень сложных печатных плат.

Подготовка к трассировке. QuickRoute трассирует текущую ПП, загруженную в ACCEL PCB. На ней должны быть размещены все компоненты и указаны электрические связи между их выводами. Ограничивать область трассировки контуром трассировки, располагаемым на слое Board, не обязательно, все равно QuickRoute не обратит на него никакого внимания.

Предварительно на плате можно разместить барьеры трассировки Keepout и проводники. QuickRoute не изменяет предварительно размещенные проводники и не прокладывает трассы заново по более короткому пути. Характер меню настройки трассировки зависит от выбранного типа автотрассировщика. На рисунке 72 показано меню QuickRoute.

В разделе Strategy выбираются имена следующих файлов:

- Strategy File – стратегия трассировки (расширение имени .str);

- Output PCB File – выходная (оттрассированная) ПП (расширение имени .pcb);

- **Output Log File** – протокол трассировки (расширение имени .log).

По умолчанию все эти файлы имеют те же имена, что и файл проекта, но в начале имени добавляется префикс R.

В нижней части экрана расположены следующие кнопки:

- Layers – конфигурация слоев. QuickRoute поддерживает до 4 слоев металлизации;

- Net Attrs – редактирование атрибутов цепей;

- **Passes** – выбор проходов трассировки (рисунок 80);

- Via Style – выбор типа ПО. Переходные отверстия для отдельных цепей назначаются с помощью атрибута VIASTYLE.

Pass Selection	
Pass Selection Image: Wide Line Routing Image: Horizontal Image: Vertical Imag	OK Cancel



Файл стратегии содержит параметры конфигурации автотрассировщиков. В разделе [AUTOROUTER] находятся ключевые слова, используемые трассировщиками всех типов. Одно из таких ключевых слов – Autorouter=<*имя трассировщика*>. В разделе [STRATEGY2] помещены параметры конфигурации QuickRoute. При нажатии клавиши Save параметры конфигурации сохраняются в файле стратегии. Кроме того, файл стратегии автоматически сохраняется после начала трассировки. Нажатием клавиши Load загружают параметры конфигурации из указанного выше файла стратегии, клавиши Set Base – параметры конфигурации из файла, устанавливаемого по умолчанию, т. е. из файла стратегии, имеющего то же имя, что и файл проекта с префиксом R, и расширение имени .STR.

С помощью меню редактирования цепей редактируют атрибуты, используемые при автотрассировке:

АUTOROUTEWIDE=<*TRUE/FALSE*>, VIASTYLE=<*имя стиля ПО*>, WIDTH=<*ширина проводника*>, NOAUTOROUTE=<*TRUE/FALSE*>, MAXVIAS=<*количество ПО*> (только для лабиринтовой трассировки). На строке **Routing Grid** выбирается шаг сетки из следующего списка значений: 25 мил;

- 20 мил;
- 16,7–16,6–16,7 мил (нерегулярная сетка);
- 12,5 мил;
- 10 мил.

Другие значения (и в другой системе единиц) не разрешаются.

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

В меню редактирование стратегии трассировки **Pass Selection** (рисунок 73) выбирают типы проходов трассировки, выполняемые в следующем порядке:

- Wide Line Routing – разводка всех широких цепей, имеющих атрибуты AUTOROUTEWIDE и WIDTH, перед выполнением других проходов. На этом проходе прокладывают только горизонтальные и вертикальные трассы. Наклонные широкие трассы приходится прокладывать предварительно вручную – QuickRoute их ширину не изменит.

- Horizontal – выполнение простейших соединений по горизонтали на любом слое без использования переходных отверстий и с минимальным отклонением от прямых линий;

- **Vertical** – выполнение простейших соединений по вертикали на любом слое без использования переходных отверстий и с минимальным отклонением от прямых линий;

- 'L' Routes (1 via) – формирование пересечения двух проводников и одного переходного отверстия, имеющего форму буквы L. Проводники располагаются на двух активных слоях и имеют противоположную ориентацию (горизонтальную или вертикальную). Буква L может иметь любую ориентацию. Проводники размещаются на расстоянии не более 100 мил вне прямоугольника, вершины которого находятся в соединяемых выводах;

- 'Z' Routes (2 vias) – формирование пересечения трех проводников и двух переходных отверстий, имеющего форму буквы Z. Проводники располагаются на двух активных слоях и имеют противоположную ориентацию (горизонтальную или вертикальную). Буква Z может иметь любую ориентацию.

Проводники размещаются на расстоянии не более 100 мил вне прямоугольника, вершины которого находятся в соединяемых выводах; 'C' Routes (2 vias) – формирование пересечения трех проводников и двух переходных отверстий, имеющего форму буквы С. Проводники располагаются на двух активных слоях и имеют противоположную ориентацию (горизонтальную или вертикальную). Буква С может иметь любую ориентацию. Трассировка типа С более гибкая, чем трассировки типа L и Z, так как проводникам разрешается размещаться на расстоянии более 100 мил вне прямоугольника, вершины которого находятся в соединяемых выводах; Any Node (2 vias) – попытка провести проводники между любыми узлами цепи для обеспечения наиболее полной разводки при простановке не более двух ПО (на предыдущих проходах проводники разводились только оптимальным образом по критерию минимальной длины); Маге **Routes** – трассировка типа «лабиринт», способная найти путь для оптимальной прокладки проводника, если это физически возможно; основана на привязке проводников к узлам координатной сетки. Максимальное число ПО в каждой цепи назначают с помощью атрибута MAXVIAS, который по умолчанию равен 10. Если лабиринтная трассировка заблокирует разводку ряда цепей, то поступают следующим образом:

- выключают алгоритм Maze и с помощью QuickRoute разводят плату;
- разводят ряд проводников вручную с помощью ACCEL PCB;
- завершают трассировку с помощью QuickRoute, включив алгоритм Maze.

Any Node (maze) – попытка провести проводники между любыми узлами цепи с помощью алгоритма «лабиринт» (не обязательно оптимальным образом).

Route Cleanup – улучшение внешнего вида ПП (manufacturing). На этом проходе часть проводников разводятся заново для их спрямления, где это возможно.

Via Minimization – минимизация переходных отверстий. Если необходимо сохранить расположение ряда предварительно размещенных переходных отверстий, следует или не использовать данный проход, или заменить их выводами со штыревыми отверстиями.

Проходы Route Cleanup и Via Minimization рекомендуется включать одновременно.

ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ QUICKROUTE

Трассировка начинается после нажатия на клавишу **Start** в меню QuickRoute (рисунок 81). При этом одновременно изменяется вид экрана.



Рисунок 81

В процессе автотрассировки доступен другой набор команд (рисунок 80). Из новых команд следует пояснить две.

По команде Route/Info выводится текущая информация о результатах трассировки (рисунок 82).

По команде Route/Cancel трассировка прекращается и пользователю предлагается сделать выбор (рисунок 84):

- Stop routing and save – прекратить трассировку и сохранить ее результаты в выходном файле;

- Stop routing and do not save – прекратить трассировку без сохранения ее результатов.

Route Information (Quick Route)

Total Connections :	138		Free Memory:	82575360
Start Time/Date:	Fri Mar 30	12:25:58	Disk Size:	2146467840
Current Time/Date:	Fri Mar 30	12:26:09	Disk Space Free:	373030912
Pass Name (Pass: # Overall:	Scheduled	Completed Completed	Time Via Time Via
Wide line routing	1	33	33 100%	0:00:10 63
Horizontal	2	17	33 23% 17 100% 50 36%	0:00:10 63 0:00:00 0 0:00:10 63
Vertical	3	26	26 100%	0:00:00 0
'L' routes	4	27	76 55% 27 100% 103 74%	0:00:10 63 0:00:01 27 0:00:11 90
		Co	ntinue	

Меню <u>V</u> iew (Просмотр)			
Redraw	Перечерчивание активного окна (прерывание		
_	нажатием правой клавиши мыши)		
Extent	Изменение масштаба изображения так, чтобы все		
_	объекты активного окна полностью разместились на		
	экране		
<u>L</u> ast	Вывод предыдущего изображения экрана		
<u>A</u> ll	Изменение масштаба изображения так, чтобы все		
	активное окно попностью разместилось на экране		
<u>C</u> enter (C)	Перечерчивание экрана с центрированием его		
	изображения относительно расположения курсора.		
	Нажатие клавиши С позволяет переместить экран,		
	не прерывая текущую команду		
Zoom In (серый +)	Увеличение масштаба изображения		
Zoom <u>Out</u> (серый –)	Уменьшение масштаба изображения		
Zoom Window (Z)	Вывод на весь экран окаймленной части		
a de la companya de l	изображения		
<u>T</u> oolbar	Вывод строки инструментов		
Status Line	Вывод строки состояний		
Меню І	Route (Трасснровка проводников)		
Info	Вывод окна с текущей информацией о результатах		
0	трассировки		
<u>P</u> ause	Временное прерывание трассировки		
<u>R</u> esume	Продолжение трассировки после ее приостановки		
View Log	Просмотр файла отчета о трассировке		
Cancel	Прекращение трассировки		
Menю Options (Настройка параметров)			
<u>D</u> isplay	Установка цветов окраски различных объектов на		
	различных слоях, типа курсора и др.		

Рисунок 82

Рисунок 83

Route Lancel		
Cancel Options		
C Stop routing and save		
Stop routing and do not save		
OK Cancel		

Рисунок 84

В рабочем окне на экране приводится изображение печатной платы. После прокладки проводника его изображение сразу же появляется на экране. На строке состояний приводятся сообщения об этапах трассировки:

- Checking setup parameters – проверка параметров стратегии трассировки;

- **Reading PCB file** – чтение входного файла ПП;

- Assigning pads to nets – назначение цепям контактных площадок;

- Assigning lines to nets – проверка принадлежности предварительно проложенных проводников соответствующим цепям;

- **Optimizing pre-routed lines** – просмотр предварительно проложенных проводников;

- Processing pads – проверка соблюдения зазоров для всех контактных площадок;

- **Processing polygons** – проверка соблюдения зазоров для всех предварительно расположенных полигонов;

- **Processing lines** – проверка соблюдения зазоров для всех предварительно проложенных проводников;

- Processing keepouts – чтение информации о всех областях запрета трассировки;

- **Processing polygons** – чтение информации о всех полигонах, созданных на ПП;

- **Optimizing lines** – сжатие информации о внутренних данных ПП;

- **Optimizing nets** – обработка всех цепей для определения наиболее коротких соединений;

- **Processing surface pads** – автоматическая простановка переходных отверстий рядом с планарными выводами для перехода на другие слои. Лишние переходные отверстия удаляются на проходе **Via Minimization**;

- The Routing Passes – выполнение разрешенных проходов трассировки;

- Writing no-route data – запись информации о неразведенных соединениях в файл протокола;

- Writing routed PCB file – запись разведенной ПП в выходной файл;

- **Route completed** – сообщение о завершении трассировки. Одновременно выводятся данные о проценте разведенных цепей. Кроме того, в скобках приведено число разведенных цепей и общее число цепей, отделенное косой чертой.

Ниже сформулированы основные ограничения простейшего трассировщика QuickRoute:

- разрешены только простые выводы и переходные отверстия (имеют одну и ту же форму на всех слоях), глухие межслойные отверстия не допускаются;

- для цепей, не имеющих атрибута AUTOROUTEWIDE, допускается только один стиль переходных отверстий;

- широкие цепи, разводимые на проходе Wide Line Routing, должны иметь атрибуты VIASTYLE, WIDTH и AUTOROUTEWIDE. Для каждой цепи должны быть выбраны разные стили переходных отверстий и значения ширины проводников;

- диаметр переходных отверстий не может более чем в два раза превышать текущий шаг сетки трассировки;

- разрешенные размеры сетки трассировки составляют 10 мил, 12,5 мил, 16,7–16,6–16,7 мил, 20 мил и 25 мил. Метрическая сетка не разрешается;

- ширина проводника не может быть больше половины шага сетки;
- атрибут RIPUP не поддерживается;
- атрибут MAXVIAS применим только при разводке типа «лабиринт»;
- для переходных отверстий нельзя создать специальную сетку;
- выводы компонентов можно повернуть только на 90 %;
- допускается не более 4 слоев металлизации.

Информация о стратегии трассировки, результатах выполнения отдельных фаз трассировки и итоговые данные помещаются в файл протокола, имеющий расширение имени .log.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТРАССИРОВКИ Предварительная прокладка проводников

QuickRoute разрешает предварительно прокладывать любые проводники с помощью ACCEL PCB. QuickRoute проверяет правильность электрического соединения этих проводников и соблюдение технологических зазоров, в случае ошибки он исключает их из списка разведенных цепей, чтобы развести вторично. При этом проверка правильности прокладки этих проводников проводится только на ПП, доступных для трассировки.

Барьеры трассировки

Графический редактор ACCEL PCB имеет возможность создавать на ПП барьеры трассировки. Расположив на плате по команде Place/Keepout сегмент линии или замкнутую область в виде полигона, вы запрещаете QuickRoute пересекать их трассами проводников на одном выбранном или всех доступных слоях. Предварительно по команде Options/Current Keepout устанавливают параметры барьеров трассировки (рисунок 85): располагаемых на текущем слое (Current) или на всех доступных слоях (All).

Контур ПП, рисуемый на слое Board по команде Place/Line, воспринимается QuickRoute как барьер, который нельзя пересекать проводниками на всех слоях. Поэтому трассы будут проведены как внутри этого контура, так и вне него (но не пересекая).

Line Keepout Properties		
Layers © <u>C</u> urrent © <u>A</u> ll	Layer:	Тор
OK Cancel		

Рисунок 85

Расположение объектов вне сетки трассировки

Если вывод компонента не совпадает с узлом выбранной сетки, то трасса проводника подводится к ближайшему узлу и от него будет проложен короткий сегмент

до центра контактной площадки. Поэтому не совпадающие с узлами сетки выводы компонентов способствуют блокированию каналов трассировки.

В связи с этим для достижения более полной трассировки рекомендуется так располагать компоненты, чтобы все их выводы совпадали с узлами сетки.

Особенности трассировки компонентов с планарными выводами

QuickRoute позволяет выбрать предпочтительную ориентацию проводников на каждом слое трассировки. Для двусторонних плат обычно выбирается горизонтальная ориентация проводников на верхнем слое (Top) и вертикальная на нижнем (Bottom). Однако это соглашение препятствует трассировке компонентов с планарными выводами, ориентированными по горизонтали на верхней стороне платы или по вертикали на нижней. Например, если на верхней стороне ПП размещен планарный разъем, ориентированный параллельно нижнему краю платы, к его средним выводам будет очень трудно подвести проводники. Для облегчения автоматической разводки компонентов с планарными выводами QuickRoute генерирует рядом с каждым планарным выводом сквозное ПО и соединяет его с ним коротким проводником (в ACCEL EDA эта конструкция называется Fanout, в P-CAD – *стрингер*). После завершения разводки неиспользованные ПО автоматически удаляются.

Соединения цепей с областями металлизации

Подключение цепей к слоям металлизации (Plane) выполняется двумя способами.

Во-первых, это можно сделать в процессе загрузки списка соединений.

Сначала в ACCEL PCB открывают новый проект и по команде **Options/Layers** определяют один или несколько слоев металлизации (имя указываемой при этом цепи не имеет значения). Далее по команде **Utils/Load Netlist** загружают файл списка соединений. При этом для каждого слоя металлизации по дополнительному запросу указывают имя подключаемой к нему цепи.

Во-вторых, слои металлизации можно определить для текущего проекта. По команде **Options/Layers** вводят имена одного или нескольких слоев металлизации и имена подключаемых к ним цепей.

Выводы компонентов, принадлежащие цепям, подключенным к слоям металлизации, помечаются крестиком и к ним не подводятся линии электрических связей.

После просмотра всех выводов, принадлежащих подключенной к слою металлизации цепи, QuickRoute проверяет подключения всех остальных выводов на печатной плате. Если будут обнаружены другие выводы, подключенные к этому же слою металлизации, они отключаются и выводится сообщение об ошибке.

Программа QuickRoute не поддерживает технику разделения слоев металлизации на части (команду **Place/Plane**). Она разводит цепи, подключенные к части слоя металлизации, если только они не имеют атрибута NoAutoRoute=Yes. Если же цепь содержит планарные выводы, необходимо вручную создать стрингеры (fanouts) для подключения этих выводов к части слоя металлизации.

Штыревые выводы компонентов подключаются к слоям металлизации непосредственно. Контактная площадка вывода на слое металлизации может иметь форму теплового барьера (Thermal) или подключаться к нему непосредственно (Direct Connect), что указывают в меню команды **Options/Pad Style**.

Планарные выводы подключаются к слоям металлизации с помощью автоматически генерируемых стрингеров (Fanouts) – переходных отверстий, соединенных с планарным выводом коротким сегментом проводника. По умолчанию переходные отверстия имеют на слое металлизации контактные площадки с тепловыми барьерами. Тепловые барьеры применяются на внутренних слоях металлизации. Если же

двусторонняя плата имеет металлизированный нижний слой, то на нем применяется непосредственное соединение контактных площадок (Direct Connect).

Выбор сетки трассировки

В QuickRoute можно выбрать одну из пяти сеток трассировки: регулярные сетки с шагом 25, 20, 12,5, 10 мил и нерегулярная сетка 16,7–16,6–16,7 мил. Чем меньше шаг сетки, тем больше проводников можно проложить между выводами компонентов и тем меньше слоев требуется для обеспечения полной разводки платы. Однако перед выбором шага сетки и ширины проводников необходимо выяснить на предприятии, где будет изготавливаться печатная плата, принятые технологические нормы.

Выполнение предварительных расчетов по выбору сетки и расположению компонентов абсолютно необходимо. Если, например, разместить компоненты в сетке с шагом 50 мил, то возможен выбор шага сетки трассировки 25, 16,7 – 16,6–16,7 или 12,5 мил. Размещение компонентов в сетке с шагом 20 мил ограничивает выбор шага трассировки в QuickRoute значениями 20 и 10 мил.

Наименьший шаг сетки размещения, при которой возможно применение всех имеющихся в QuickRoute сеток разводки, составляет 100 мил. При несогласованном выборе сеток размещения и разводки многие выводы компонентов не будут попадать в узлы сетки разводки, что не позволит достичь наиболее высокой степени разводки.

Выбор размеров контактных площадок

Кроме выбора оптимального шага сетки размещения компонентов необходимо выбрать размеры контактных площадок, чтобы обеспечить возможность прокладки нескольких проводников между соседними выводами.

В таблице 6 приведены рекомендуемые значения максимальных размеров контактных площадок и ПО для каждого шага сетки трассировки. Таблица 6

	Рекомендуемый д	Ширица планарину	
Шаг сетки, мил	Контактных площадок	Переходных	пирина планарных
	штыревых выводов	отверстий	выводов, мил
25	62	40	_
20	50	40	_
16,7–16,6–16,7	40	40	_
12,5	54	32	30
10	66,46	24	26

Контрольные вопросы

- 1 Каким образом производится упаковка схемы?
- 2 Каким образом задаются параметры трассировки?
- 3 В чем отличие автотрассировщиков Quick Route и PRO Route?
- 4 Перечислите параметры настройки конфигурации программы автотрассировки.
- 5 Опишите процедуру подготовка к трассировке.
- 6 Охарактеризуйте атрибуты трассировки.
- 7 Опишите типы переходов.
- 8 Опишите порядок выполнения трассировки.
- 9 Что содержит файл результатов трассировки?
- 10 Ограничения трассировки.
- 11 Основная информация протокола трассировки.

12 Как выполняется предварительная прокладка трасс?

13 Барьеры трассировки.

14 Особенности трассировки компонентов с планарными выводами.

15 Соединения цепей с областями металлизации.

16 Выбор сетки трассировки.

17 Выбор размеров контактных площадок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Разевиг В. Д. Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000) / В. Д. Разевиг. - М.: Солон-Р, 2010. - 418 с.

2 Разевиг В. Д. Система Р-САD 2000: Справочник команд / В. Д. Разевиг. - М.: Горячая линия – Телеком, 2011. - 256 с.

3 Стешенко В. Б. ACCEL EDA Технология проектирования печатных плат / В. Б. Стешенко. - М.: Нолидж, 2001. - 507с.

4 Уваров А. Р-САД 2000, ACCEL EDA. Конструирование печатных плат: Учебный курс / А. Уваров. - СПб.: Питер, 2001. - 320 с.

5 Поляков Ю. В. Новый бессеточный автотрассировщик для P-CAD 2000 / Ю. В. Поляков // EDA Express . - 2000. - № 2. - С. 2 – 7.

6 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры / Под ред. В. А. Шахнова. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 528 с.

7 Информационные технологии в проектировании РЭС / В. М. Балыбин, Ю. Л. Муромцев, Д. Ю. Муромцев, Л. П. Орлова. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2004.- 80 с.

8 Конструирование функционального узла на печатном монтаже: Метод. указания / Сост.: Н. А. Малков, Ю. Л. Муромцев. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1998. - 36 с.

9 Наремков И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий CALS – технологии / И. П. Наремков, П. К. Кузьмин. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 320 с.

10 Наремков И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П. Наремков. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 326 с.

11 Принятие проектных решений / В. М. Балыбин, В. С. Лунев, Ю. Л. Муромцев, Л. П. Орлова. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003. - 80 с.

12 Усатенко С. Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД / С. Т. Усатенко. - М.: Изд-во стандартов, 1989. – 90 с.