

1. Разработка шаблона символа

Символ – это элемент электрической схемы. *Шаблон* – это файл с выполненными настройками параметров проекта. *Шаблон символа* создается в следующем порядке.

1. Запустить редактор символов командой Пуск > Программы > PCAD 2002 > Symbol Editor.
2. По команде Options > Configure: установить метрическую систему (Units = mm), нажать User и установить ширину листа (Width=200) и высоту листа (Height=200), далее установить флажки в поле Orthogonal Mode, чтобы при черчении линии командой Place > Line выбирать (клавишей «O») все направления рисования линии.
3. После Option>Block Selection установить все флажки в панели Items и верхней флажок в панели Select Mode, – все объекты будут подчиняться команде Option > Select.
4. Ввести сетку чертежа = 1,25 мм: после Option>Grids ввести Grid Spacing=1.25 и щелкнуть *левой клавишей мыши* (LB) на кнопках ADD и ОК (аналогично ввести сетки, 2.5 мм, 5.0 мм и 0,25 мм). Установить флажки в полях Visible и Dotted (*видна точечная сетка*) и нажать кнопку ОК; клавишей «X» установить форму курсора в виде прямого креста.
5. Ввести ширину линии = 0.6 мм: после Option>Current Line в окне User ввести значение 0.6 и нажать ОК – введена ширина 0.6 мм (аналогично ввести значения 0.4 и 0.2 мм). Командой Place > Line нарисовать по одной линии каждой ширины.
6. Ввести в проект шрифт высотой 2,5 мм (11 пунктов) этапами: после Option>Text Style>ADD ввести Style Name = 2p5 и нажать ОК; в окне Text Style Properties нажать: Allow True Type > True Type Font > Fonts; в открывшемся окне Шрифт установить: Шрифт = Arial, Начертание = Курсив, Набор символов = Кириллица, Размер = 11 пунктов и нажать ОК >ОК > Close; аналогично создать шрифты 3,5 мм (16); 5 мм (22); 7 мм (31); 10 мм (44 пункта); командой Place > Text ввести в проект произвольный текст – имя каждого шрифта.
7. Настроить *горячую* клавишу Backquote (слева от клавиши 1) для выполнения команды View>Extent, для чего после: Option>Preference>MenuCommand щелкнуть LB на строке View Extent в поле MenuCommands, перевести далее курсор в поле Press a Shortcut Key, нажать клавишу Backquote и щелкнуть LB на кнопке Assign.
8. Командой Symbol > Save To File As записать шаблон на диск под именем ShablonSYM.
9. Покинуть редактор символов по команде Symbol > Exit.

2. Разработка символов ИМС K555TM2

Микросхема K55TM2 содержит 2 символа (рис. 1).

Символ создается в редакторе Symbol Editor в следующем порядке.

1. Открыть шаблон: Symbol > Open > ShablonSYM и установить сетку чертежа 1,25 мм.
2. Сохранить символ под именем K555TM2 командой Symbol > Save To File As.
3. Загрузить окно «мастера создания символов» командой Symbol > Symbol Wizard и установить следующие поля: Symbol Width = 15; Pin Spacing = 5; Number Pin Left=4, Number Pin Right =2; Line Width= 0.2; Default Pin Name = S; Default Pin Designator =4 Current Pin Number = 1; User = 5; установить флажки Pin Name и Pin Des.
4. Аналогично построить выводы D,C,R и щелкнуть LB на Finish – рис. 11.

5. Щелкнуть LB и RB на выводе S, перейти в окно Properties, где изменить поле Outside Edge = Dot и нажать ОК.

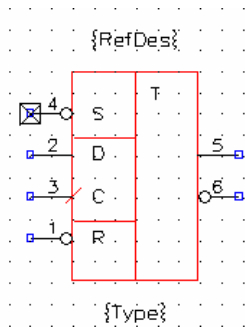


Рис. 1 (Сетка = 2,5 мм)

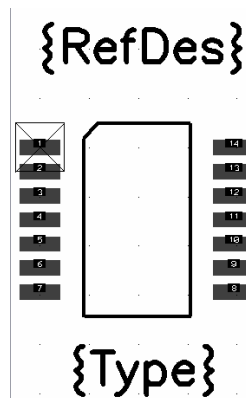


Рис. 2

6. Записать символ в библиотеку Test под именем K55TM2 этапами:
после Symbol > Save As щелкнуть LB на кнопке Library, выбрать библиотеку KRr и нажать кнопку Открыть;
в поле «Symbol» ввести имя K55TM2, сбросить флажки и щелкнуть LB на ОК.

2. Разработка шаблона посадочного места (ПМ)

ПМ – это конструктивные элементы (металлизированные, крепежные отверстия, параметры масок, маркировки, графика сборочного чертежа), предназначенные для монтажа электрорадиоэлементов (ЭРЭ) на ПП. Рассмотрим порядок создания шаблона ПМ.

1. Загрузить редактор ПМ (Пуск > Программы > P-CAD 2002 > Pattern Editor).
2. Подключить к проекту файл FTP
3. Загрузить «Мастер ПМ» командой Pattern > Pattern Wizard и установить поля: Pattern Type = DIP (форма ПМ), Number Of Pads Down = 14 (общее число КП), Pad To Pad Spacing = 1.25 (расстояние между КП по Y), Pattern Width = 10 (расстояние между центрами КП по X), Pad 1 Position = 1 (№ ключевой КП), Pad Style (Pad 1) = P2p1-0p7R, Pattern Pad Style (Other) = P2p1-0p7R.
4. Сформировать графику ПМ этапами:
5. установить флажок Silk Screen и поля: Silk Line Width = 0.2 (тип линии), Silk Rectangle Width = 5.5 (ширина), Silk Rectangle Height = 10 (высота корпуса), Notch Type = None;
6. щелкнув LB на кнопке Finish, завершить работу «Мастера»;
7. переместить атрибуты Refdes и Type в центр ИМС и развернуть их на 90 градусов клавишей R (атрибут Type погасить);
8. изменить графику корпуса ИМС около первого контакта согласно рис.12;
9. Сохранить ПМ в библиотеке KRr под именем K555TM2.

3. Запись БЭ – к555TM2 в библиотеку

1. В программе Library Executive после Component > New установить путь к библиотеке Test и нажать кнопку Открыть – откроется окно Component Information.
2. Подключить к проекту ПМ K555TM2, для чего щелкнуть LB на кнопке Select Pattern и в окне Library Browse дважды щелкнуть LB на имени ПМ K555TM2 – это имя будет отображено в верхнем правом поле окна Component Information.

3. Изменить поля: Gate Numbering = Numeric; Component Style = Homogeneous, Refdes Prefix = DD, Number of Gates = 2 (2 символа TRIGGER).
4. Включить в корпус 1-й символ, щелкнув дважды LB на 1-й строке колонки Normal и на имени TRIGGER (в пунктах 4 и 5 на все предупреждения отвечать «Нет»).
5. Нажать PinsView, ввести упаковку по табл. 2 и закрыть окно PinsView обычным путем.

Таблица 1

Gate#	GateEq	Normal
1	1	TRIGGER
2	1	TRIGGER

Таблица 2

Pad #	Pin Des	Gate #	SymPin#	Pin Name	GateEq	Pin Eq	Elec.Type
1	1	1	4	R	1		Unknown
2	2	1	2	D	1		Unknown
3	3	1	3	C	1		Unknown
4	4	1	1	S	1		Unknown
5	5	1	6		1		Unknown
6	6	1	5		1		Unknown
7	7	PWR		GND			Power
8	8	2	4	R	1		Unknown
9	9	2	2	D	1		Unknown
10	10	2	3	C	1		Unknown
11	11	2	1	S	1		Unknown
12	12	2	6		1		Unknown
13	13	2	5		1		Unknown
14	14	PWR		PWR			Power

7. После Component > Validate система выдаст сообщение **No errors found!** (ошибок нет).
8. Записать ЭРЭ в библиотеку KRp : после Component > Save – откроется окно Component Name, в котором необходимо ввести имя K555TM2 и нажать Ok.

4. Разработка форматки для ЭЗ

↓ → ↑

Шаг 1. *Формирование линий границ чертежа и штампа.*

1. В редакторе Schematic после Options > Configure > mm установить размер листа 440 × 320.
2. После Place > Line создать рамку листа, введя с клавиатуры: j10 Tab 10 Enter j430 Tab 10 Enter j430 Tab 307 Enter j10 Tab 307 Enter j10 Tab 10 Enter Esc.
3. После Place > Line создать рамку чертежа, введя с клавиатуры: j30 Tab 15 Enter j425 Tab 15 Enter j425 Tab 302 Enter j30 Tab 302 Enter j30 Tab 15 Enter Esc;
4. Расставить 12 опорных точек: по команде Place > RefPoint щелкнуть LB в точке 240/15 – установлена точка № 12 (рис. 3).

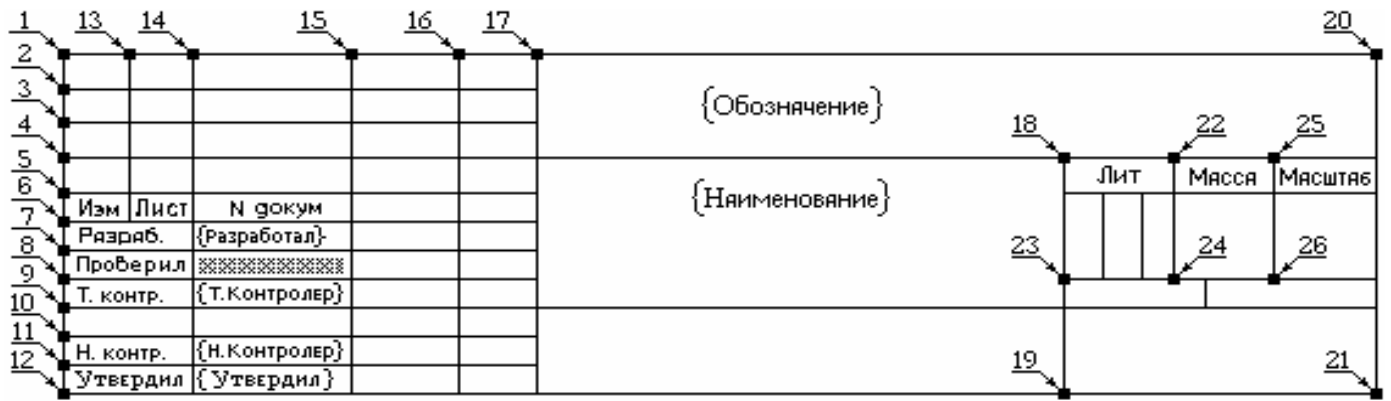


Рис.3

- После Edit > Select щелкнуть LB и RB в точке 240/15 и в окне Edit Copy Matrix установить поля: Number of Columns = 1 (Число колонок), Columns Spacing = 0 (Зазор между колонками), Number of Rows = 12 (Число рядов), Row Spacing = 5 (Зазор между рядами) и щелкнуть Ok (короче - установить: 1/0/12/5) – точки №№1÷12;
- Аналогично в точке №1 установить: 2/7/1/0 (получена точка №13). В точке № 13 – 2/10/1/0 (№14). В точке № 14 – 2/23/1/0 (№15). В точке №15– 2/15/1/0 (№16). В точке №16 – 2/10/1/0 (№17). В точке №12 – 2/135/2/40 (№№18÷19); в точке №12: 2/185/2/55 (№№20÷21); в точке №18 установить: 2/15/2/-25 (№№22÷24); наконец, в точке №22 установить: 2/17/2/-20 (№№25÷26).

Командой Place > Line создать линии штампа, и удалить опорные точки этапами:

Командой Options>BlockSelection>ClearAll >Ref Point >Ok сделать «видимыми» для команды Select только точки RefPoin,

После Edit > Select щелкнуть LB в точке 230/80 , затем – в точке 430/10 и нажать клавишу Delete – все опорные точки будут удалены;

После Options>BlockSelection>SelectAll>Ok восстановить начальное состояние окна.

После File >DXFOut >Sheet1>Dfapt>mm, щелкнуть LB на кнопке DXF Filename и задав имя: A3, сохранить форматку на диске в формате DXF командой Сохранить > OK

Шаг 2. Формирование шрифтов

Шаг 3. *Нанесение надписей в поле штампа* (рис.35) выполнить шрифтом 2.5

Шаг 3. *Оформление реквизитов проекта.*

Примером реквизита может служить заштрихованное поле (рис.34) справа от слова Проверил. Если присвоить этому полю имя ФИО проверил и записать сюда ФИО (Иванов П.И.), то «ФИО проверил» будет представлять *имя реквизита*, а Иванов П.И – сам реквизит. Собственно реквизиты, отличающиеся от проекта к проекту, вводятся при ведении проекта. При создании же форматки в штамп вводятся только имена и форматы реквизитов в следующем порядке:

После File > Design Inf выбрать закладку Fields и щелкнуть LB на ADD.

В поле Name ввести имя реквизита – ФИО проверил, щелкнуть LB на Ok – имя реквизита будет добавлено в список, после чего – щелкнуть LB на кнопке Close.

Ввести параметры переменной части реквизита (пустышки)этапами:

по команде Option > Grid выбрать шаг сетки 1.0 мм

по команде Place > Field дважды щелкнуть LB на имени ФИО проверил;

щелкнуть LB в точке 259/37 – появится имя реквизита в виде {ФИО проверил}; по команде Edit > Select щелкнуть LB и затем RB в центре надписи {ФИО проверил} и в щелкнуть LB на строке Properties – откроется окно Field Properties; в поле Text Style установить значение 3.5, в поле Justification щелкнуть LB на левом среднем флажке и на кнопке Ok.

аналогично ввести имя {Разработал} в точку 259/42, {Наименование} в точку 318/46, имя {Т. контроль} в точку 259/32, имя {Н. контроль} в точку 259/22, имя {ФИО утвердил} в точку 258/17, имя {Обозначение} в точку 318/62.

4. Записать форматку на диск в папку C:\Programm Files\PCAD 2002 \Titles командой File > Save As под именем A3-R и переименовать файл A3-R в файл A3-R.TTL

5. Разработка принципиальной электрической схемы

↓ → ↑

Шаг 1. Разработка шаблона ПЭС:

1. Командой Пуск > Программы > PCAD 2002 > Schematic запустить редактор схемы и после Option > Configure установить поля: Units = mm; Width= 440, Height= 320 и флажки в полях Orthogonal Modes и Auto Save.
2. Принять число архивных копий Number of Backup Files = 2 и щелкнуть LB на Ok.
3. Установить сетки: 10.0, 0,5 и 1.25 мм и ширину линий = 0,6, 0.4, 0.2 мм.
4. Подключить форматку A3-RUS.TTL этапами:
7. после Options > Configure щелкнуть LB на Edit Title Sheets... и в поле Sheets окна Options Sheets щелкнуть LB на строке Sheet1 – активизируется кнопка Custom;
8. *подключить форматку к шаблону:* после Custom>Select в окне Open Title Block установить путь к файлу A3-rus.ttl: c:\Programm Files\PCAD-2002\Titles\ A3-RUS.TTL и последовательно щелкнуть LB на кнопках Открыть>Modify>Close>Ok.
5. Записать шаблон на диск: File > Save как ShablonSCH

Шаг 2. Разработка ПЭС.

1. В редакторе Schematic открыть файл ShablonSCH и ввести необходимые реквизиты. Например, для ввода реквизита {Наименование}: после File > Design Info > Fields щелкнув дважды LB в столбце Name на слове Наименование, перейти в окно Field Properties, в поле Value ввести имя схемы (V22) и нажать OK и Close.
2. *Установить курсор в виде прямого креста* командой Options > Display > Miscellaneous > Small Cross или клавишей «X» и шаг сетки = 5 мм.
3. *Подключить библиотеку KRp:* после Library > Setup > Add в окне Library Setup Listing указать путь к библиотеке KRp и нажать Открыть и OK.
4. *Установить ЭРЭ на схему по табл.3.* Например, C1 устанавливается этапами: по команде Place > Part дважды щелкнуть LB на строке K10-43A, нажать LB в точке, щелкнуть клавишей R, отпустить LB и щелкнуть RB, – конденсатор установится на схему вертикально с присвоением ему обозначения C1;

ввести номинал емкости (в виде 4700p): после Edit>Select щелкнуть LB и, затем, RB в центре C1; щелкнуть LB на строке Properties и в окне Part Properties выбрать закладку Symbol и вместо {Value} ввести 4700p;

погасить номер 1-го контакта C1: выбрать закладку Symbol Pins, щелкнуть LB на 1-й строке поля Pins, убрать флажок в поле Display окна Pin Designator, щелкнуть LB и Apply, (аналогично погасить номер для 2-го контакта C1 и нажать OK)

(для символов разъема вместо поля Pin Designator погасить поле Pin Name)

5. Сохранить файл на диске: после File >Save >Save As в окне Save As установить:

Тип файла = Binary Files, Имя файла = Test, и щелкнуть LB на кнопке Сохранить.

6. Построить электрическую шину командой Place >Bus этапами:

щелкнуть LB в точках – щелкнуть RB;

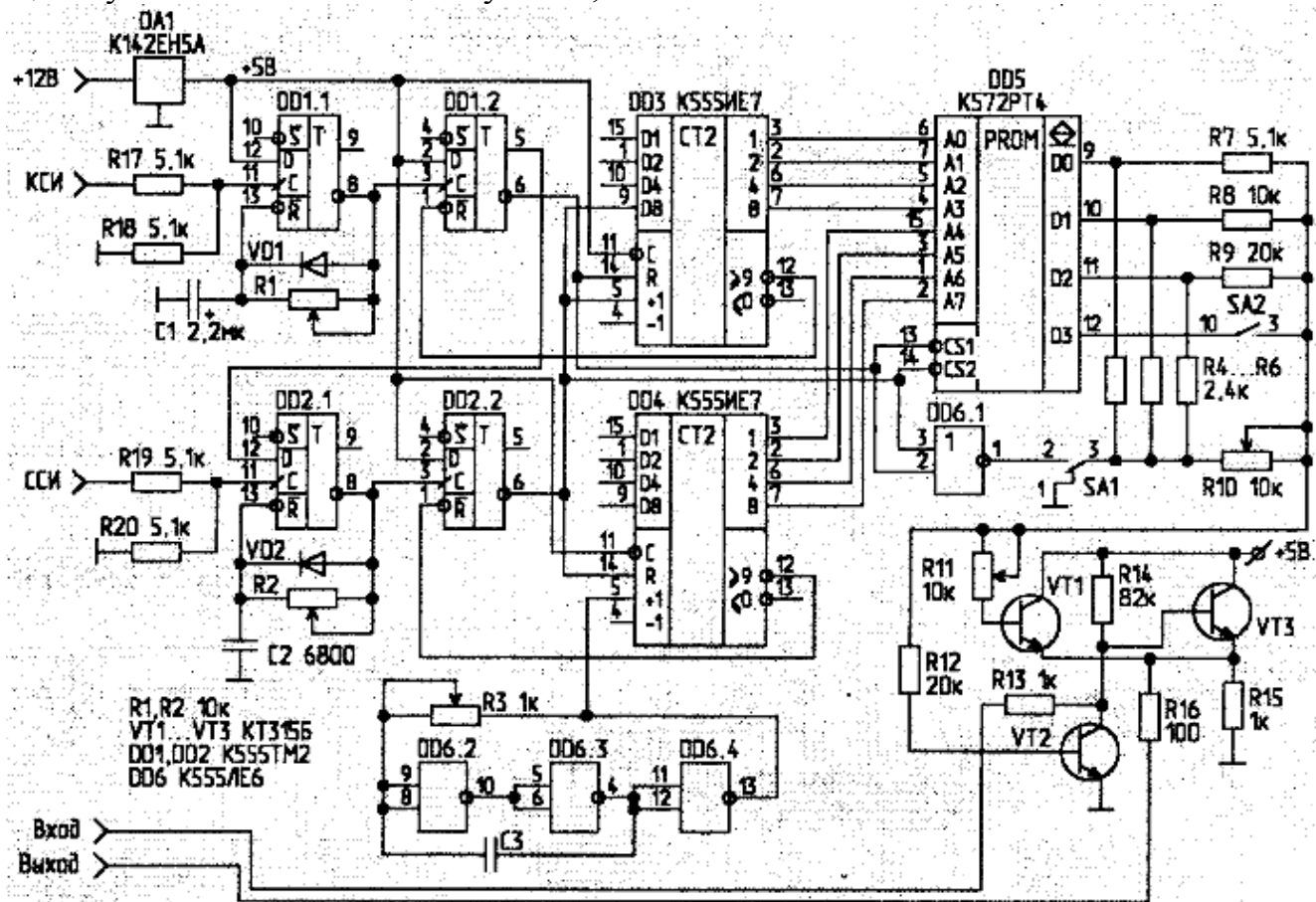


Рис. 4

7. Построить цепи схемы согласно рис. 4. Например, ввод цепи A1 выполняется этапами: ввести ширину проводников = 0,1 мм (Option >Current Wire) и после Place >Wire щелкнуть LB в точках – щелкнуть RB;

остальные участки цепи A1 подключить через шину, щелкнув LB в точке 215 /155 далее – на шине в точке – щелкнуть RB (аналогично подключить к шине левые контакты символов L1 и R3);

установить коннекторы подключения цепи к шине: после Place >Port, щелкнуть LB в центре экрана, – в окне Place Port установить: Net Name = A1, Pin Count = One Pin, Pin Length = Short, Pin Orientation = Vertical, Port Shape = None, нажать Ok и щелкнуть LB в точках .

8. Командой Place > Text заполнить поля «Цепь» на разъеме согласно рисунку 4.
9. Выполнить проверку схемы на отсутствие ошибок (по команде Utils > ERC).
10. Сформировать список цепей для конструкторского проектирования ПП командой: Utils > Generate Netlist в окне Netlist Format выбрать значение P-CAD ASCII
11. Установить флажок в поле Include Library Information, щелкнуть LB на кнопке Ok – списку цепей будет присвоено имя проекта (KRp) и расширение NET

6. Ввод схемных обозначений по ЕСКД

Ввод схемных обозначений по ЕСКД предполагает замену системных обозначений вида DD1:1, DD1:2 и т.д. на DD1.1, DD1.2 и т.д. Выполним эту процедуру этапами:

- в редакторе Schematic открыть файл Test.sch.
- щелкнуть LB и RB в центре символа DD1:1 и на строках: Properties > Attributes > ADD > Component > (user-defined) – откроется окно Place Attribute;
- установить: Name=RD1, Value=DD1.1, Text Style=DefaultITF, установить флажок в поле Visible, выбрать центральную точку в поле Justification и нажать OK > OK;
- погасить атрибут Refdes= DD1:1 и переместить на его место новый атрибут DD1.1.
- щелкнуть LB и RB в центре символа DD1:4 и снова открыть окно Place Attribute.
- установить: Name=RD2, Value=DD1.2, Text Style=DefaultITF, установить флажок в поле Visible, выбрать центральную точку в поле Justification и нажать OK > OK;
- погасить атрибут Refdes = DD1:2 и переместить на его место новый атрибут DD1.2

7. Вывод схемы на принтер

↓ → ↑

1. В редакторе Schematic загрузить ПЭС Test.sch (File > Open)
2. После File > Print Setup установить формат листа принтера А3 и щелкнуть LB на Ok.
3. После File > Print щелкнуть LB на строке Sheet1 – строка будет выделена.
4. Снять флажок Current Windows, установить флажок Scale to Fit Page и щелкнуть LB на кнопке Page Setup – откроется окно «Sheets».
5. Щелкнуть LB на строке Sheet1 и установить флажки: Title, Rotate и Sheet Extents.
6. В окне «Image Scale» установить User Scale Factor (Масштаб) = 1.0.
7. После Update Sheet > Close > Generate Printouts – пойдет печать схемы на принтер.

8. Разработка шаблона печатной платы

↓ → ↑

Шаг 1. *Разработка форматки ПП.* выполним на основе форматки из раздела [18](#).

1. В редакторе Schematic командой File > Open открыть файл A3-RUS.TTL
2. Записать в папку проекта файл со штампом в формате DXF этапами:
 - после File > DXF Out > Sheet1 > Mm в окне «Output Mode» установить все флажки;
 - щелкнув LB на кнопке DXF Filename, установить путь к папке проекта и указать имя файла (например, A3-RUS) и щелкнуть LB на кнопках Сохранить и OK.
3. Загрузить редактор P-CAD PCB и открыть файл ShablonPCB (File > Open).

4. Прочитать файл со штампом в формате DXF, для чего: по команде File > Import > DXF открыть файл A3-rus.DXF и в окне File DXF In щелкнуть LB на: Mm > Auto Adjust to Workspace > Sheet1 > Map Selected Layers > OK.
5. После File > Save As сохранить форматку как A3-rus.PCB, (Тип файла = Binary Files)

Шаг 2. Разработка шаблона ПП

1. Очистить рабочее поле командой: Edit > Select All > Edit > Delete (настройки сеток, шрифтов и линий будут сохранены).
2. Записать шаблон ПП на диск под именем ShablonPCB, по команде File > Save.
3. Покинуть редактор PCB: File > Exit

9. Перенос проекта ЭЗ в проект на ПП

↓ → ↑.

1. В редакторе PCB открыть файл ShablonPCB и установить сетку = 10 мм.
2. Командой Library > Setup > Add из каталога проекта подключить библиотеку Test
3. Командой Utils > Load Netlist... из каталога проекта загрузить список соединений test.net, установив поле Netlist Format = P-CAD ASCII – на экране появятся все ЭРЭ
4. Назначить клавиши Ctrl+L (Ctrl+H) для высвечивания (гашения) связей этапами:
 - после Macro > Record в окне Macro Recorder ввести имя LightNets и щелкнуть LB на кнопке ОК – будет показана панель создания макроса;
 - после Edit > Select > Edit > Nets > Set All > Show > Close закрыть макрос, щелкнув LB на левой кнопке панели макроса, – панель исчезнет, а макрос будет добавлен в библиотеку макросов (аналогично вести макрос гашения связей HideNets)
 - командой Options > Preferences > Macros назначить «горячие клавиши» для сформированных макросов.
5. Командой Select > Edit > Nets > Set All > Show Only On Drag > Close установить режим показа связей, появляющихся только при перемещении элемента по плате.
6. Скрыть изображение типов и номиналов ЭРЭ: после Edit > Select заключить в окно все ЭРЭ, щелкнуть RB и, выбрав строку Properties, погасить флажки Type и Value.
7. После File > Save As сохранить файл как Test.PCB, (Тип файла = Binary Files).

10. Ввод базовой конструкции ПП

↓ → ↑.

1. В редакторе PCB открыть файл Test, установить сетку = 5 мм и подключить библиотеку Holes командой Library > Setup.
2. Ввести размеры базовой ПП = 5 × 4 мм этапами:
 - после Options > Layers дважды щелкнуть LB на слое Board – он станет текущим;
 - после Place > Line установить ширину линии 0,2 мм и щелкнуть LB в точках: 110/60, 160/60, 160/100, 110/100, 110/60, – щелкнуть RB, – контур построен.
3. Установить на ПП монтажные отверстия N6p0-2p7C этапами:

после Place > Component в окне Library выбрать библиотеку Holes и дважды щелкнуть LB на имени отверстия N6p0-2p7C – отверстие будет выбрано из библиотеки; щелкнуть LB в точках: 115/65, 155/65, щелкнуть RB.
4. Сохранить проект командой File > Save As как test-k

11. Ручное размещение проекта

1. Командой Options >Grids установить сетку чертежа = 1.25 мм и выполнить ручную расстановку ЭРЭ на плате. Например, VT1 ставится на ПП этапами:
 - по команде Edit >Select щелкнуть LB в центре элемента VT1;
 - нажать LB и отпустить LB в точке 130/85, – щелкнуть клавишей «R»;
 - аналогично перенести остальные ЭРЭ в точки, указанные в табл.20;
2. Сохранить файл командой File >Save >Save As как Test-R.

Таблица 20

ЭРЭ	Координаты		ЭРЭ	Координаты		ЭРЭ	Координаты	
	X	Y		X	Y		X	Y
VD1	115	76.25	C1	125	63.75	R1	135	85 (RRR)
DD2	115	90	L1	155	70 {R}	C2	125	70
R2	140	65	DD1	140	90	R3	151.25	75 {R}
VT1	130	85(R)	X1	127,5	97,5			

12. Внесение изменений в проект

1. Прямое внесение изменений (из ЭЗ на ПП)

Изменить имя цепи A2 на A22 и добавить параллельно резистору R2 новый резистор R4 синхронно в проектах Test.sch и Test-R.pcb можно этапами:

- в редакторе Schematic загрузить проект схемы Test.sch, куда вносятся изменения;
- запустить запись изменений в файл изменений: Utils>Record ECOs>On >OK
- переименовать цепь A2, для чего после Edit>Nets в окне Net Names щелкнуть LB на имени цепи A2, на кнопке Rename, ввести имя A22 и щелкнуть LB на кнопках OK и Close;
- командой Place > Part добавить на схему резистор R4 в точку 130/180;
- командой Place > Wire подключить резистор R4 параллельно R2;
- сохранить внесенные изменения в «файле изменений» командой File > Save > Append ECOs To File > File > Save – будет сформирован файл Test.eco– текстовый файл, состоящий из 4-х строк: 1) NetRename "A2" "A22" 2) CompAdd "C2-33" "R4" 3) NetNodeAdd "STROB" "R4-2" 4) NetNodeAdd "INP" "R4-1", представляющих команды произведенных изменения в проекте;
- запустить редактор PCB (командой Utils > PCAD – PCB);
- загрузить проект на ПП Test-R.pcb из папки проекта (командой File > Load);
- загрузить и просмотреть «файл изменений» из папки проекта: после Utils > Import ECOs...> ECOs File Name... в окне «Utils Import ECOs» ввести имя «файла изменений» Test.eco и нажать кнопку Preview ECOs;
- внести изменения в проект на ПП, для чего закрыть Блокнот и нажать кнопку OK;
- сохранить изменения в проекте на ПП командой File > Save.

2. Обратное внесение изменений (из ПП на ЭЗ)

Пусть требуется изменить имя цепи STROB на A2 и удалить из проекта R3 в проекте на ПП (Test-R.pcb). Чтобы изменения отразились и в проекте на ПП и в проекте схемы (Test.sch), необходимо все изменения вносить в следующем порядке:

- в редакторе PCB загрузить файл test-r.pcb, куда вносятся изменения;

- запустить запись в *файл изменений*: Utils > Record ECOs... > On > OK;
- выполнить изменение имени цепи: после Edit > Nets щелкнуть LB на имени цепи STROB, на кнопке Rename и ввести новое имя A2 и щелкнуть LB на OK и Close;
- щелкнуть LB и RB на ЭРЭ R2 и, щелкнув LB на строке Delete, удалить R2;
- сохранить изменения в *файле изменений* командой File > Save > Append ECOs To File > File > Save –будет сформирован файл Test-R.eco, содержащий строки:

```
NetRename "STROB" "A2"
NetNodeDelete "INP" "R2-1"
NetNodeDelete "A2" "R2-2"
CompDelete "R2"
```
- в редакторе Schematic загрузить проект на схеме Test.sch (командой File > Load);
- для просмотра *файла изменений*: после Utils > Import ECOs...> ECOs File Name... в окне Utils Import ECOs ввести имя Test.eco и нажать кнопку Preview ECOs;
- внести изменения в проект на схеме, для чего закрыть Блокнот и нажать кнопку OK;
- сохранить изменения схемы на диске командой File > Save и покинуть редактор.

3. Прямая модификация вентиляей готового проекта.

Пусть произошла модификация библиотеки Test.lib и разработчик схемы (файл Test.sch) принял решение модифицировать вентиля микросхемы DD2 в проекте, для которого уже выполнена ручная трассировка (файл Test-H.Pcb). Прямые изменения вносим этапами:

- в редакторе Schematic загрузить проект схемы Test.sch, куда вносятся изменения;
- запустить запись в *файл изменений*: Utils > Record ECOs... > On > OK;
- удалить вентиля DD2:1 и DD2:2 из схемы, для чего после Edit > Select, удерживая клавишу CTRL, щелкнуть LB на указанных вентилях и нажать клавишу Delete;
- установить новые вентиля DD2:1 и DD2:2 на прежние места из библиотеки Test;
- сохранить изменения в файле Test.eco: File>Save>Append ECOs To File>File>Save;
- в редакторе PCB загрузить проект на Test-TH.pcb;
- загрузить и просмотреть «файл изменений» из папки проекта: после Utils > Import ECOs > ECOs File Name... в окне Utils Import ECOs ввести имя «файла изменений» Test.eco и нажать кнопку Preview ECOs;
- внести изменения в проект на ПП, для чего закрыть Блокнот и нажать кнопку OK – «старая» микросхема DD2 будет удалена из проекта вместе с примыкающими к ее контактам «хвостами» проводников;
- установить режим показа связей командой Select > Edit >Nets >Set All >Show> Close и перенести микросхему DD2 на ее прежнее место в точку 115/90;
- восстановить недостающие «хвосты» в режиме ручной разводки (раздел 25.4);
- сохранить изменения на диске командой File > Save и покинуть редактор PCB.

4. Принудительная замена микросхемы на ПП.

Пусть произошла модификация микросхемы 133LA6 в библиотеке Test.lib в части изменения ПМ. В этом случае модификации схемы не требуется и разработчик, минуя механизм ECO, может просто заменить микросхему DD2 на ПП этапами:

- в редакторе PCB загрузить проект Test-TH.pcb, куда вносятся изменения;

- щелкнуть LB на микросхеме DD2 – произойдет ее «выделение»;
- выполнить команду: Utils > Force Update – откроется окно «Force Update»;
- щелкнуть LB на строке 133LA6, кнопке Update и, ответив «Да» на сообщение о том, что данную операцию невозможно отменить, – закончить модификацию.

13. Металлизированные отверстия для МПП

Площадки, имеющие различную форму и/или правила подключения в разных слоях, создаются в режиме Modify (Complex). При создании таких КП: на 1-м этапе создается структура слоёв МПП, а на 2-м – собственно площадка.

1. В редакторе РСВ открыть файл Test-R.PCB и сохранить его как MPP-R.
2. Создать внутренние слои Int1 Int2 Int3 и Int4 с параметрами установок Signal и Auto (например, слой Int1 создается так: после Options > Layers установить поля Layer Name=Int1, Type=Signal, Routing Bias=Auto и щелкнуть LB на кнопке ADD).
3. Создать экранный слой PL, подключив его к цепи +5V.
4. Создать КП для МПП квадратное в слоях Top и Bottom и круглое – в остальных:
 - по команде Options > Pad Style > Copy ввести имя площадки MPO, нажать Ok и дважды щелкнуть LB на строке MPO – отверстие станет текущим;
 - по команде Options > Pad Style > Modify (Complex) для слоев Top и Bottom, установить поля: Shape = Rectangle, Width=Height= 1.4, Diameter = 0.8, установить флажок в окне Plated и нажать Modify;
 - для слоя Signal: Shape = Ellipse, Width= Height= 1.4 и нажать Modify;
 - для слоя Plane: Shape = Ellipse, Inner Dia=1.4 (равен размеру КП в слое TOP) Out Dia=2 (равен $1.4+2*0,3=2$ мм) и нажать Modify;
 - щелкнуть LB на кнопке OK – произойдет возврат в окно Options Pad Style;
 - щелкнув LB на кнопке Modify Hole Range, просмотреть структуру созданной КП;
5. Создать ПО MPO12-0p8C (между слоями 1 и 2 МПП диаметром 0,8 мм) этапами:
 - по команде Options>ViaStyle>Copy ввести имя MPO12-0p8C, нажать OK и дважды щелкнуть LB на строке MPO12-0p8C – отверстие станет текущим;
 - после Options > Via Style > Modify (Simple) установить поля: Type='Thru, Shape= Ellipse, Width=Height=1.4, Diameter=0.8, установить флажок Plated и нажать OK;
 - щелкнув LB на кнопке Modify Hole Range в открывшемся окне выделить строку MPO12-0p8C, и в режиме Drag and Drop – строки: Int1, Int2;
 - по команде OK >Close завершить создание ПО.
6. Сохранить проект MPP-R.PCB в папке проекта командой File > Save.

14. Создание сплошных областей металлизации

Решим далее следующую задачу: зальем в проекте MPP-T.PCB все свободные участки МПП медью в слоях Top и Int1 и соединим всю заливку с цепью +5V.

1. Загрузить проект MPP-T.PCB из папки проекта командой File > Load.
2. Далее создадим в слое Top область заливки и подключим ее к цепи +5V этапами:
 - в слое TOP командой Place>CopperPour задать полигон заливки, щелкая LB в точках: 112.5/61.5, 112.5/98.75, 158.75/98.75, 158.75/61.25, после чего – щелкнуть RB;

- после Edit>Select выделить область заливки, щелкнув LB и RB в точке 11.25/98.75;
 - выбрать в меню строку Properties – откроется окно Copper Pour Properties;
 - на закладке Style установить: Back Off = Fixed и задать значение зазора между заливкой и проводниками схемы = 0,4 мм, Back Off Smoothness = High (высокая точность исполнения радиусов области заливки); в поле «State» = Poured (залить);
 - на закладке Connectivity установить: Net=+5В, оба поля Stroke Width = 0.3 мм (ширина термоперемычки) и щелкнуть LB на кнопке Ok – область заливки будет сформирована и подключена к цепи +5В.
3. Удалить *островки* площадью менее 200 мм², для чего в окне Copper Pour Properties, (п.2) на закладке Island Removal установить флажок в поле Minimum Area и в соседнем окне ввести значение 200 - щелкнуть LB на Ok – часть островков исчезнет.
4. Соединить островок, накрывающий точку 135/80, с цепью +5В через слой Int1:
- после Edit>Select щелкнуть LB в точке 160/60 – снято выделение области заливки;
 - после Edit>Nets>SelectAll>Show просмотреть *изолированные* области (1-я область накрывает точку, 115/75, 2-я область – 145/80 и 3-я область – 135/80; на изоляцию областей от цепи +5В указывает синяя линия – связь не подключенной к этим островкам цепи +5В) и сделать доступным только слой Int1;
 - командой Place>Copper Pour задать полигон заливки, щелкая LB в точках: 11.25/61.25, 11.25/98.75, 58.75/98.75, 58.75/61.25, после чего – щелкнуть RB;
 - после Edit>Select выделить контур заливки, щелкнув LB в точке 11.25/98.75;
 - щелкнуть RB и выбрать строку Properties – откроется окно Copper Pour Properties;
 - на закладке Style установить: «Back Off» = Fixed и задать значение зазора между заливкой и проводниками схемы = 0,4 мм, «Back Off Smoothness» = High (высокая точность исполнения радиусов области заливки); в поле «State» = Poured (залить);
 - на закладке Connectivity установить: Net=+5В, оба поля Stroke Width = 0.3 мм и щелкнуть LB на кнопке Ok – область заливки построена и подключена к цепи +5В.
 - сделать доступным только слой Top, для чего после Options>Layers дважды щелкнуть LB на строке Top и выполнить команду: Options>Layers>Disabled ALL> Close;
 - после Options>ViaStyle дважды щелкнуть LB на имени MPO – оно станет текущим;
 - установить ПО на МПП в точку 131.25/81.25, для чего активизировать команду: Place > Via и щелкнуть LB в указанной точке;
 - подключить ПО к цепи +5В, для чего активизировать команду: Place > Connection нажать LB в точке 125/90 (контакт питания DD2) и, не отпуская LB, перетащить курсор мыши в точку 131.25/81.25, после чего отпустить LB;
 - последовательно выделить и повторно залить металлизированные области в слоях Int1 и Top командой Repour в окне Copper Pour Properties.

15. Ввод текстового описания схемы

Формат описания ПЭС в текстовом виде практически совпадает с форматом обычного ALT-файла системы PCAD-4/5. Выполним подготовку и ввод ALT-файла, для схемы, приведенной на рисунке 36 в разделе 22.



1. Подготовить текст ALT-файла TEST.ALT (рис. 42). Есть три особенности его подготовки: во-первых, PCAD-2002 игнорирует оператор board=plata.pcb; (сам файл PLATA.PCB так же может отсутствовать, однако, наличие этого оператора является обязательным); во-вторых, обязательно наличие ЭРЭ в библиотеке проекта (в библиотеке Test); в-третьих, в конце ALT-файла отсутствует оператор EndSheets.
2. Выполнить ввод списка цепей для конструкторского проектирования этапами:
 - в редакторе PCB загрузить шаблон ShablonPCB; и подключить библиотеку TEST;
 - после File > Save As сохранить проект на диске под именем TestALT.pcb;
 - по команде Utils > Load NetList установить поле: Netlist Format = Master Designer ALT и, щелкнув LB на кнопке Netlist File Name, установить путь к файлу TEST.ALT;
 - щелкнуть LB на кнопках Открыть и ОК - файл списка цепей будет загружен, и на экране появятся все элементы проекта, но без контура ПП.

BOARD=1.PCB;	K511PU2 = DD1;	A4 = DD2/8 DD2/1 DD2/2 DD1/12 DD1/13;
PARTS	133LA6 = DD2;	+5B = DD1/14 DD2/14 L1/2 X1/1;
C2-3=R1, R2, R3;	ON-KS-10 = X1;	GND = C1/1 DD1/7 DD2/7 R1/1
K73-15= C2;	NETS	VD1/1 VT1/3 X1/7;
K10-43A= C1;	A1= R3/1 C1/2 L1/1 DD1/6;A2=	INP = C2/1 R1/2 R2/1 VD1/2 X1/4;
KD403A =VD1;	R2/2 DD1/9 DD1/3;A7 = DD1/1	EXIT = DD1/11 X1/6;
KT3102G =VT1;	DD1/2 VT1/2 R3/2;	STROB = DD2/6 DD2/9 DD2/10 X1/5;
D1-1P2-1 = L1;	A5 = DD2/4 DD2/5 DD1/10 X1/2;	A3= C2/2 VT1/1 DD1/4 DD1/5 DD2/12
	NET00005 = DD1/8 X1/3;	DD2/13;

Рис.42

16. Программа СПЕССТРА: начало работы

1. Перейти в программу СПЕССТРА этапами:
 - в редакторе PCB загрузить файл Test-K и после Place>Autoplacement установить значение поля Autoplacer = СПЕССТРА и щелкнуть LB на кнопке Command Line.
 - снять флажок в поле Quit when done, щелкнуть LB на кнопке Start и ответить «Да» на предупреждения системы – откроется ГИП программы СПЕССТРА;
 - в верхнем правом углу щелкнуть LB на обоих кнопках «Развернуть».

Первая строка ГИП представляет заголовок и версию программы, вторая – ее *главное меню*, третья - это панель инструментов (ПИ). Пиктограммы  и  устанавливают соответственно режимы *размещения* и *трассировки*.

В табл.21 показана панель инструментов размещения. Назначение *пиктограмм общего действия*: Repaint – обновить экран; View All – полный обзор проекта; View Layers – обзор слоев; Reports – отчеты. *Пиктограммы режимов*: Select Comp – выбор ЭРЭ; Measure – измерение; Fix/Unfix – фиксация ЭРЭ; Move Comp – перемещение ЭРЭ; Push Comp – расталкивание ЭРЭ; Rotate – поворот ЭРЭ; Change Layer – смена слоя установки ЭРЭ; Trade Comp – обмен позициями ЭРЭ; Align Comp – выравнивание ЭРЭ.

В табл.22 показана ПИ трассировки. *Пиктограммы режимов*: Select Net – выбор цепи; Select Wire – выбор проводников; Select Guide – выбор цепей в окне; Edit Route – ручная трассировка; Move Route – перемещение трассы; Critic Route – сглаживание трассы; Cut Segment – вставка точки излома проводника; Delete Segment – удаление проводника.

Таблица 21

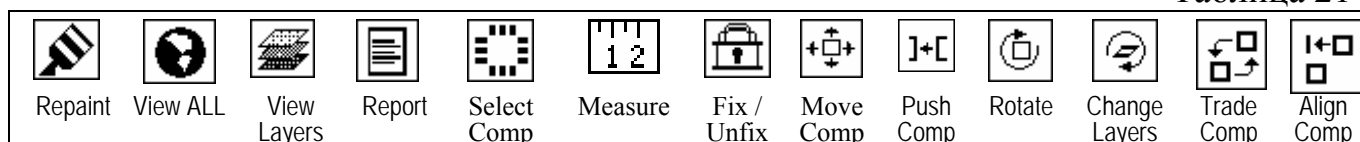
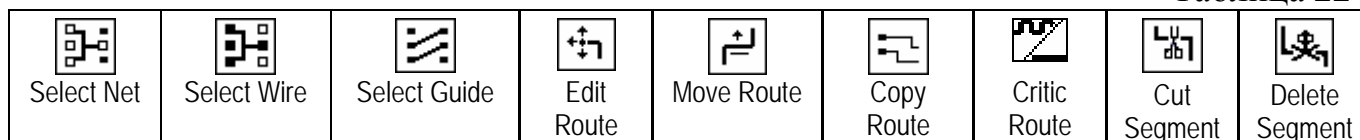




Таблица 22




17. Размещение ЭРЭ с помощью ГИП

1. УСТАНОВКА ПРАВИЛ РАЗМЕЩЕНИЯ

- *перейти в режим размещения:* File > Placement Mode (если команды нет, значит она уже выполнена) и командой View > ALL вписать весь проект в экран;
- *отключить режим показа связей:* View > Unroutes > Off (либо  > Guides);
- *установить метрическую систему измерений* кнопкой  в правом нижнем углу;
- *показать обозначения элементов:* View > Labels > RefDes > OK.
- *задать одностороннее размещение:* Rules > PCB > PermittedSide > Front > Apply > OK
- *установить глобальный зазор 0,5 мм между всеми ЭРЭ:* после Rules > PCB > Spacing установить: ALL = 0.5 и щелкнуть LB на кнопках Apply и OK ;
- *установить индивидуальный зазор 2 мм для X1:* после Rules > Component > Spacing щелкнуть LB на: кнопке Pick Component, на имени разъема X1 и кнопке OK и, установив поле ALL=2, щелкнуть LB на кнопках Apply и OK ;
- *установить сетку размещения 1,25 мм:* после Autoplace > Setup ввести значение 1.25 в поле PCB Placemrnt Grid и щелкнуть LB на кнопках Apply и OK;
- *показать сетку размещения:* View > Layers > Place Grid.

2. РУЧНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ

1. Точное размещение и фиксация разъема:

- *перейти в режим указания координат ЭРЭ:* RB > PlaceComponents > XY Location (если строк нет – вы в режиме трассировки);
- в поле Component выбрать элемент X1 и, установив поля X=127.5 и Y= 95, щелкнуть LB на кнопках Apply и OK;
- выполнить откат: Edit > Undo или CTRL+Z, вернуться в контекстное меню и выбрать режим Move Comp Mode (в строке статуса появится фраза Move Comp);
- установить точку буксировки ЭРЭ в центре элемента: RB > Setup > Center > OK
- щелкнуть LB в центре элемента X1, переместить курсор в точку 135/95 (контроль по координатам в строке статуса) и щелкнуть LB – разъем займет ту же позицию;
- для фиксации разъема на ПП щелкнуть LB на пиктограмме  и в любом месте разъема – его контур изменит цвет, что означает фиксацию X1.

2. Ручное размещение элементов (режим XY Location):

- привязать точку буксировки ЭРЭ к точке, указанной при его создании, щелкнув RB в центре экрана и щелкнув LB на строках Setup>Origin>OK;
- щелкнуть LB на Place Components>XY Location и перейти в окно Place Component;
- установить все ЭРЭ, используя [таблицу 20](#).

3. Ручное размещение элементов (режим Move Comp):

- после: AutoPlace>Unplace>ALL Components аннулировать результаты размещения;
- щелкнуть RB в центре экрана и выбрать строку Move Comp Mode;
- используя [таблицу 20](#), установить все элементы на ПП (для установки элемента R1: щелкнуть LB и RB в центре R1, выбрать Pivot>90, круговым движением курсора по часовой стрелке развернуть R1 на 90 градусов, щелкнуть LB, и, переместив курсор в точку 135/85, снова щелкнуть LB)

3. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ

- после: AutoPlace>Unplace>ALL Components аннулировать результаты размещения;
- задать область запрета установки ЭРЭ вокруг монтажных отверстий: после Define>Keepout>ByCoordinates установить поля: Keepout ID=Keep1, Type=Place, Outline=Rectangle, XL=111.25, YL= 61.25, XH= 118.75, YH= 68.75 и щелкнуть LB на кнопке Apply (так же задать область Keep2, изменив XL=151.25 и XH= 158.75)
- разместить *большие* ЭРЭ (DD1 и DD2): AutoPlace > InitPlaceLargeComponents>OK;
- разместить остальные ЭРЭ: AutoPlace > InitPlace Small Components > ALL>OK.

4. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ

1. Режим расталкивания компонентов демонстрируем на текущем примере:

- щелкнуть RB в любой точке ПП – и в меню выбрать строку Push Comp Mode;
- щелкнуть LB в центре L1 и, перемещая L1 вверх, наблюдать за эффектом расталкивания элементов.

2. Взаимная перестановка ЭРЭ.

Полученное в пункте 3 размещение является уже оптимальным ввиду малой размерности проекта. СДС полученного размещения (514 мм) показывается в последней строке отчета (Tatal Length) после: Report > PlaceStatus. Для иллюстрации процедуры взаимной перестановки ЭРЭ поменяем вручную местами элементы R1 и R3 и восстановим исходное размещение автоматически. Ручной обмен выполним этапами:

- щелкнуть RB в любой точке ПП – и в меню выбрать строку Trade Comp Mode;
- щелкнуть LB в центре элементов R2 и VT1 - элементы поменяются местами и длина связей станет равна 555 мм;

Зафиксируем все ЭРЭ кроме R1 и R3 и выполним оптимизацию размещения этапами:

- после AutoPlace>Interchange Component установить лишь флажок Small и нажать ОК;
- дождаться окончания процедуры перестановки ЭРЭ и после Report> PlaceStatus проверить, что поле Tatal Length показывает прежнее значение CDC (514 мм).

5. РАЗМЕЩЕНИЕ В «КОМНАТЫ»

Создадим кластер CL1 из элементов C1, C2 и VT1 в и разместим их в комнату Room_1. Остальные элементы объединим в кластер CL2 и разместим их в комнату Room_2. Размещение начнем в редакторе PCB загрузкой проекта Test-K.



1. Перейти в режим размещения Spectra и выполнить подготовительные операции:
 - показать обозначения ЭРЭ: View>Labels>RefDes>ОК и вписать всю ПП в экран;
 - после Rules>PCB>Spacing установить поле ALL = 0.2 и щелкнуть LB на кнопке ОК – установлен глобальный зазор между всеми ЭРЭ на ПП, равный 0,2 мм;
 - командой Autoplace >Setup установить сетку PCB Placement Grid = 1,25 мм и щелкнуть LB на кнопке ОК;
2. Сформировать комнаты на ПП этапами:
 - после Define>Room>DrawMode щелкнуть RB в любой точке ПП и в открывшемся контекстном меню выбрать строку Set Pointer Snap Grid – откроется меню установки сетки для пера рисования полигона для комнаты, в которой необходимо установить поле Snap Grid =1.25 и щелкнуть LB на кнопке ОК;
 - щелкнуть LB в точках: 110/60, 110/100 и 125 /100 - щелкнуть RB и, выбрав строку Define Polygon As Room, ввести имя комнаты Room 1, установить флажок в строке Front и щелкнуть LB на кнопке ОК – построена 1-я комната в слое TOP;
 - при аналогичном формировании комнаты Room 2 указать точки: 125/60, 125/100 и 160 /100 и слой Back.
3. Сгруппировать элементы C1, C2, VT1 в кластер CL1: после Select> Components> SelCompMode щелкнуть LB по этим ЭРЭ, выполнить команду Define>Cluster> Selected, и в поле ClusterID ввести имя 1-го кластера (CL1) и щелкнуть LB на кнопке ОК;
4. Аналогично построить кластер CL2, включив в него остальные ЭРЭ (кроме X1).
5. Задать область запрета установки элементов вокруг монтажных отверстий этапами:
 - после Define>Keepout>DrawMode по аналогии с п.2 установить шаг сетки рисования полигона =1,25 мм;
 - щелкнуть LB в точках: 110/60, 110/70 и 120 /70 - щелкнуть RB и, выбрав строку DefinePolygonAsKeepout, ввести имя зоны запрета Keepout1, установить флажок в поле Place и щелкнуть LB на кнопке ОК – зона готова;
 - аналогично построить вторую зону запрета вокруг правого монтажного отверстия.
6. Задать вертикальную ориентацию, для R1, R2, R3, VT1 и C2. Например, для задания ориентации для C2 после Rules> Component >Permitted Orientation – щелкнуть LB на кнопке Pick Component, имени C2, кнопке ОК, установить оба флажка в полях Vertical панелей Front и Back и щелкнуть LB на кнопке Apply .
7. Задать сторону Front (Back) установки ЭРЭ внутри 1-ой (2-ой) комнаты командой: Rules >Room >ALL Components>PermittedSides >PickRoom >Room 1 > ОК >Front >Apply >ОК>PickRoom>Room 2> ОК>Back>ОК
8. Определить правила размещения ЭРЭ внутри 1-й и 2-й комнаты этапами:
 - после Rules>Room>Contens>Pick Room>Room 1>ОК –появится имя 1-й комнаты;
 - установить флажок Hard-Bound Incl CompList, в левом верхнем окне щелкнуть LB на имени CL1 – ЭРЭ кластера CL1 будут жестко связаны с комнатой Room_1;
 - снять флажки с остальных полей и щелкнуть LB на кнопке Apply
 - после Pick Room> Room 2 > ОК – в верхней строке появится имя 2-й комнаты;
 - в левом верхнем окне щелкнуть LB на имени CL2 и на кнопках Apply и ОК.
9. Разместить ЭРЭ DD1 и DD2: AutoPlace > InitPlace Large Components>ОК;



10. Разместить остальные ЭРЭ: AutoPlace > InitPlace Small Components > ALL>OK.

18. ГИП - режим трассировки

I. РУЧНАЯ ТРАССИРОВКА

Переход в режим ручной трассировки проекта Test-R в среде ГИП программы SPECSTRA выполняется так же, как он описан в [пункте 1 раздела 41](#), однако имя проекта Test-K здесь заменяется на Test-R, а команда Place > Autoplacement заменяется командой Route > Autorouters. Ручная трассировка проекта выполняется этапами:

1. Установить *шаг сетки трассировки* = 1.25 мм: по команде AutoRoute>Setup (в окне Routing Setup) щелкнуть LB по кнопке Setup Wire Grid и в окне Wire Grid установить Grid X = Grid Y = 1.25 и щелкнуть LB на Apply>OK>OK.
2. Установить *шаг сетки для переходных отверстий* = 1.25 мм этапами:
 - после AutoRoute>Setup щелкнуть LB по кнопке SetupViaGrid - откроется окно Via Grid;
 - установить поля GridX=GridY=1.25 и щелкнуть LB на Apply>OK>Hard>OK.
3. Показать сетку трассировки: после View>Layers щелкнуть LB на Wire Grid>Close.
4. Построить зону трассировки этапами:
 - после Define>Fence>DrawMode щелкнуть RB в центре ПП и в окне Draw Fence щелкнуть LB на строке Set Pointer Snap Grid – откроется окно «Snap Grid»;
 - ввести шаг сетки 1.25 и щелкнуть LB на кнопках Apply>Ok;
 - щелкнуть LB в точках перегиба зоны трассировки: 111,25/68,75 ,111,25/98,75 ,158,75/98,75 ,158,75/68,75 ,151,25/68,75 ,151,25/61,25 ,118,75/61,25 ,118,75/68,75 и 111,25/68,75 – щелкнуть RB и выбрать строку Define Polygon As Fence.
5. Выполнить автоматическую трассировку цепей питания этапами:
 - после Select>Nets>By Class>PWR>Apply>OK – цепи питания будут выделены;
 - после Autoroute>Route>OK – цепи питания будут разведены;
 - после Select > Nets > Unselect ALL – будет снято выделение с цепей питания.
6. Удалить проводники, заключив их в прямоугольник командой Delete Segment, – кнопка . (или щелкая LB в режиме Delete Segment на удаляемых проводниках)
7. Выполнить начальные операции для разводки цепи A4 в интерактивном режиме:
 - после Select>Nets>ByList>A4>FitSelection – цепь A4 подсветится и все ее контакты впишутся в экран (снять выделение можно по Select > UnSelect All Routing Objects)
 - щелкнуть LB на кнопке Edit Route – в строке статуса появятся слова Edit Route;
 - щелкнуть RB в центре экрана и выбрать строку Setup – откроется окно Interactive Routing Setup;
 - на вкладке PointerStyle установить: PointerStyle=90° – разрешить показ ортогональных *направляющих* линий при разводке; SnapAngle=90° – разрешить проведение только ортогональных трасс; снять флажок в поле Meter и щелкнуть LB на OK;
8. Показать названия элементов и контактов командой: View > Labels>ViewLabels> Ref Des and Pin Ids>Apply>OK.
9. Развести участок цепи A4 от контакта DD2/1 до DD2/8 в интерактивном режиме:
 - щелкнуть LB на кнопке  – в строке статуса появится сообщение Edit Route;
 - перевести курсор на контакт DD2/1 – он примет форму карандаша;

- щелкнуть LB – появятся направляющие линии, а слой TOP станет активным;
 - щелкнуть LB в точке 120/90, и нажать F5 – будет построен горизонтальный проводник, на ПП установлено ПО и текущим станет слой Bottom;
 - щелкнуть LB в точке 120/82,5, и нажать клавишу F6 (или дважды щелкнуть LB) – построен вертикальный проводник и установлено второе переходное отверстие на ПП, а текущим станет слой Top;
 - щелкнуть LB на контакте DD2/8 – требуемый участок цепи A4 построен.
10. Построить остальные проводники цепи A4 в интерактивном режиме этапами:
- щелкнуть LB на контакте DD2/8 и далее в точках: 138,75/82,5, 138,75/83,75, 147,5/81,25 и 147,5/85 – построена цепь между контактами DD2/8 и DD1/12;
 - нажать на клавишу F5 – текущим станет слой Bottom;
 - щелкнуть LB на контактах DD1/12 и DD1/13 – цепь A4 построена.
11. Переместить проводники цепи A4, подсоединенные к контакту DD2/8, вниз:
- щелкнуть LB на кнопке  – в строке статуса появится сообщение Move.
 - щелкнуть LB в точке: 130/82,5, перемещать курсор вниз до препятствия, – щелкнуть LB, – проводник перенесен с сохранением контакта;
 - щелкнуть LB в точке: 122,5/82,5, перемещать курсор вниз до препятствия, – щелкнуть LB, – проводник перенесен с сохранением контакта.
12. Восстановить топологию трассы A4 методом спрямления трасс:
- щелкнуть LB на кнопке  – в строке статуса появится сообщение Critic Route;
 - щелкнуть LB в центре каждого нижнего проводника – топология восстановлена.
13. Построить остальные трассы проекта. Например, цепь A1 трассируется этапами:
- после Select>Nets>By List>A1>Fit Selection –и все контакты A1 впишутся в экран;
 - снять выделение командой Select > UnSelect All Routing Objects;
 - дальнейшие действия выполнять, придерживаясь методики пункта 7.
14. *Изменить ширину проводника*, подключенного к контакту DD2/1 с 0.25 мм на 0.7 мм и обратно этапами:
- щелкнуть RB в центре экрана и выбрать строку Change Wire Mode, далее установить Wire Width = 0.7 мм и нажать Apply (окно Change Wire Setup останется на экране);
 - щелкнуть LB на заданном проводнике – ширина станет равной 0,7 мм;
 - для восстановления исходной ширины установить Wire Width = 0.25 мм, нажать кнопку Apply и щелкнуть LB в центре того же проводника;
 - для выхода из режима: щелкнуть RB в центре экрана и щелкнуть LB на Cancel.
15. Вывести отчет о цепях, включенных в классы, командой Report > Classes

II. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА

Переход в режим автоматической трассировки проекта Test-R из программы PCB в программу SPECCTRA выполняется этапами:

- в редакторе PCB загрузить файл Test-R, после Place>Autorouter установить значение поля Autorouter = SPECCTRA и щелкнуть LB на кнопке Command Line.
- установить флажок в поле Quit when done, и нажать кнопку ОК;

- щелкнуть LB на кнопке Edit As Text и в открывшемся окне ввести следующие команды Do-файла (без комментариев, указанных курсивом):



circuit class SIG (use_via V1p4_0p8C) для цепей класса SIG использовать ПО V1p4_0p8C
 circuit class PWR (use_via V1p4_0p8C) для цепей класса PWR использовать ПО V1p4_0p8C
 smart_route (min_via_grid 1.25) установить сетку трассировки с шагом 1,25 мм
 smart_route (min_wire_grid 1.25) установить сетку ПО с шагом 1,25 мм
 write session \$\Test-R.ses записать результат в файл Test-R.ses

После щелчка LB на кнопке «Start» будут автоматически выполнены шаги: 1) переход в программу SPECCTRA, 2) автоматическая трассировка проекта; 3) возврат в редактор PCB, причем результирующему проекту будет присвоено имя RTest-R.

19. Ручная корректировка трасс

Трасса, реализующая электрическую цепь (NET) на ПП рассматривается программой Specstra как совокупность отдельных объектов – маршрутов или проводников (Wires). Маршрут подсвечивается после щелчка LB в любой его точке, выполняемого в режиме Select Wires, который устанавливается после: Select > Wire> Sel Wire Mode .

Для иллюстрации процедуры ручной корректировки трасс:

1. Удалил все ранее построенные трассы: Edit > Delete Wires > ALL Wires > Yes.
2. Построить в слое TOP участок трассы A4 между контактами DD2/1 и DD2/8. С этой целью после Edit Route щелкнуть LB на контакте DD2/1, далее в точках: 120/90, 120/82,5 и на контакте DD2/8.
3. Довести трассу A4 до контакта DD2/2, для чего щелкнуть LB на контакте DD2/2, и в точке: 120/88,75 (рис.45)
4. Переместить вертикальный участок трассы нижнего маршрута влево на один дискрет. С этой целью: перейти в режим сдвига трасс (кнопка Move на ПИ) и щелкнуть LB в центре вертикального проводника и в любой точке соседней дискреты. Отметить, что произошел перенос только нижнего участка вертикального проводника, принадлежащего нижнему маршруту (рис. 46).
5. Выполнить «фаску под 45°» для нижнего маршрута этапами:
 - разрешить выполнение фаски под 45°, для чего: щелкнуть RB в центре экрана и выбрать строку Setup и в окне Interactive Routing Setup; установить SnapAngle = 45° и щелкнуть LB на OK;
 - щелкнуть LB на кнопке  и в точках 118,75/82,5 и 121,25/85 (рис. 47);
 - восстановить прямой угол, щелкнув LB в точках 120/83,75 и 118,75/82,5 (рис. 46).
6. Ввести дополнительную вершину в центр вертикального проводника нижнего маршрута:
 - щелкнуть LB на кнопке  (режим Cut Segment Mode)
 - щелчком LB в точке 118,75/86,25 установить дополнительную вершину;
 - с целью проверки введения дополнительной вершины переместить нижний участок вертикального проводника на три дискрета вправо, щелкнув LB на кнопке Move ПИ и в точках 118,75/85 и 12125/85 (рис. 48).

20. Выполнение отдельных элементов ПП

1. Предтрассировка шин питания в PCB.

1. Выполнить предварительное построение шин в программе РСВ этапами:

- в редакторе РСВ загрузить файл Test-R и установить текущим сигнальный набор слоев: Options>Layers>Set >Signal Layers>EnableLayers>Close;
- сделать текущим слой Bottom и показать связи цепи GND: Edit>Nets>Gnd>Show>Close
- по команде Route>Manual, последовательно щелкая LB в точках 115/76,25 115/72,5 145/72,5 145/97,5, построить часть цепи GND – щелкнуть RB;
- удалить отрезок проводника примыкающий к контакту, для чего: после Edit >Select щелкнуть LB и RB в точке 115/73,75 и нажать клавишу Delete;
- изменить ширину проведенной трассы до 1.5 мм, щелкнув LB и RB в точке 120/72,5 трассы и, выбрав строку Properties, установить поле Width=1.5 и нажать ОК.
- аналогично построить шину цепи +5В, проводя ее в слое TOP по точкам: 125/90; 125//93,75; 155//93,75, после чего удалить отрезок, примыкающий к контакту и изменить ширину оставшегося проводника до 1.5 мм;

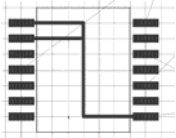


Рис.45

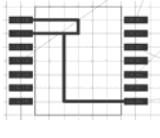


Рис. 46

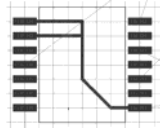


Рис. 47

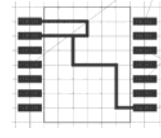


Рис. 48

2. Защитить цепи GND от ее перетрассировки в программе Specstra этапами.

- после Edit>Select>Edit>Nets>GND щелкнуть LB на кнопках Edit и ADD;
- в окне Place Attribute выбрать Router>Ripup, ввести Value=No и нажать ОК>ОК>Close (аналогично защитить цепь +5В);

3. После: Select>Route>Autorouter>SPECCTRA>DoWizard>AutoCreateDoFile>ОК>Start>Да – будет выполнена трассировка в SPECCTRA с возвратом в РСВ. (protect net gnd)

2. Предтрассировка шин питания в SPECCTRA.

1. В редакторе РСВ загрузить проект Test-R и запустить на выполнение программу Specstra, приняв в качестве Do-файла текст из табл.23.

2. Построить шину +5В шириной 2 мм этапами:

- после Select > Nets > By List > +5В > Fit Selection –контакты цепи +5В впишутся в экран;
- перейти в режим Edit Route, щелкнуть LB в точках 127,5/97,5; 127,5/93,75; 155/93,75, щелкнуть RB и далее щелкнуть LB на строке Done – часть трассы +5В построена;
- в режиме Delete Segment удалить вертикальный проводник построенного маршрута;

Таблица 23

<pre>circuit class SIG (use_via V1p4_0p8C) circuit class PWR (use_via V1p4_0p8C) grid wire 1.25 (direction y) (offset 0) grid wire 1.25 (direction x) (offset 0) grid via 1.25 (direction y) (offset 0) grid via 1.25 (direction x) (offset 0) vset system Grid on</pre>	<pre>mode edit fence area init_pt 111.25 68.75 area add_pt 111.25 68.75 area add_pt 111.25 98.75 area add_pt 158.75 98.75 area add_pt 158.75 68.75 area add_pt 151.25 68.75</pre>	<pre>area add_pt 151.25 61.25 area add_pt 118.75 61.25 area add_pt 118.75 68.75 area add_pt 111.25 68.75 area close_poly fence digitized repaint stop</pre>
--	---	---

- для изменения ширины шины: щелкнуть RB на ПП, в меню INTERACTIVE ROUTING MENU выбрать строки Change>ChangeWireWidthMode, установить Wire Width = 2 и щелкнуть LB на кнопке Apply и в любой точке шины – шина построена.

3. Так же построить шину GND в слое Bottom между точками 137,5/65; 137,5/65.
4. Защитить шины от перетрассировки в автоматическом режиме этапами:
 - после Edit>{Un}Protect>WiresByNet>ByList>Protect с помощью клавиш CTRL и LB оставить в списке цепей выделенными только цепи +5В и GND;
 - щелкнуть LB на кнопке Close – факт защиты будет подтвержден тонкими белыми полосками вдоль шин.
5. Выполнить далее трассировку в автоматическом режиме: Autoroute >Route > OK.
6. Записать результаты на диск и вернуться в PCB после: File >Quit>Save And Quit

21. Трассировка МПП

Выполним трассировку проекта MPP-R в слоях Top, Bottom, Int2 и Int3 этапами:

1. Вызвать редактор PCB и открыть проект MPP-R.PCB
2. Запретить для трассировки слои Int1 и Int4 командой:

Options >Layers > Int1 >Disable > Int4 >Disable.

3. Выполнить трассировку МПП программой SPECSTRA, используя Do-файл:




```
circuit class SIG (use_via MPO)          circuit class PWR (use_via MPO)
smart_route (min_wire_grid 1.250000) smart_route (min_via_grid 1.250000)
write session $\Test-R.ses
```
4. Сохранить файл под именем MPP-T.PCB.

22. Выбор символа из проекта в библиотеку

Рассмотрим выбор в библиотеку New символа 4AND-NOT из проекта Test.SCH


1. В редакторе Schematic отключить от проекта все библиотеки.
2. Командой Library > New создать и подключить новую библиотеку NEW.
3. Записать символ 4AND-NOT схемы Test.SCH в библиотеку New этапами:
 - загрузить файл Test.sch, щелкнуть LB и RB в центре символа 4AND-NOT и в меню выбрать строку Explode – символ преобразуется в формат программы Symbol Editor;
 - выделить все элементы символа в режиме Edit > Select и командой Library > Symbol Save As записать его в библиотеку New под именем 4AND-NOT;

23. Программа Design Manager

Окно программы Design Manager (Менеджера проекта) открывается в редакторе PCB после View > Design Manager. Верхняя строка менеджера представляет панель инструментов. Кнопка  этой панели переключает работу менеджера в режим анализа цепей проекта (*режим цепей*). Соседняя кнопка –  – предназначена для работы в *режиме компонентов*. Далее следуют три кнопки, работающие одинаково в обоих режимах работы менеджера – кнопка Zoom обеспечивает вписывание в экран выбранного объекта, кнопка Filter позволяет ослабить видимость не выбранных объектов (коэффициент ослабления задается в поле Filter Dim), наконец, кнопка Quick Select – выделяет выбранный объект (как по команде Edit>Select).

1. **Режим цепей.** В этом режиме открываются три окна, представляющие: а) полный список цепей проекта (среднее окно - Nets), б) разбиение цепей по классам (верх-

нее окно – Net Classes) и в) список контактов выделенной в окне Nets цепи (Nodes on Net). Выполним для примера просмотр связей всех цепей проекта Test-R этапами:

- в редакторе PCB открыть Менеджер проекта, открыть файл Test-R.PCB, вписать проект в экран: View>Extent и показать все связи: Edit>Nets>SelectAll>Show>Close;
- включить фильтр, утопив кнопку , и установить поле Filter Dim =75;
- в окне Net Classes выбрать строку All Nets и, щелкая LB на строках окна Nets, наблюдать за конфигурацией и манхеттенной длиной цепей проекта.

2. **Режим компонентов.** В этом режиме открываются три окна, представляющие полный список компонентов (среднее окно - Components), их разбиение по комнатам (верхнее окно – Rooms) и список цепей, подключенных к контактам выделенных в окне Components компонентов (Component). Выполним просмотр поочередно всех компонентов проекта Test-R этапами:

- переключиться в режим компонентов;
- щелкая LB на строках окна Components, наблюдать за положением ЭРЭ на ПП.

24. Выпуск конструкторской документации

1. Подготовка «Перечня элементов» выполняется этапами:

- *запустить редактор PCB и открыть файл Test-R.PCB*
- *заменить редактор Notepad на Word-97: после Options >Configure установить File Viewer=C:\ProgramFiles\Microsoft Office\Office\ Winword.exe и нажать кнопку ОК;*
- после File > Reports в одноименном окне щелкнуть LB на кнопке Filename, в командной строке ввести имя формируемого «Перечня» – TEST и щелкнуть LB на кнопке «Сохранить» – произойдет возврат в окно File Reports;
- щелкнуть LB на кнопке Clear ALL и установить флажок в поле «Attributes (atr)»;
- щелкнуть LB на строке «Separated List»; в окошке «List Separator» выбрать символ «точка с запятой» и щелкнуть LB на кнопке Generate – будет построен перечень ЭРЭ (табл.24) в формате и в редакторе Word-97;
- выделить строки, относящиеся к «Перечню элементов» (таблица 24) и выполнить команду: Таблица > Преобразовать в таблицу – откроется одноименное окно;

Таблица 24

"C1";"K10-43A";"4700p";"ОЖО.60.17 ТУ"
"C2";"K73-15";"1.5*160";"ОЖО.60.17 ТУ"
"DD1";"K511PU2";"";""
...
"X1";"ON-KS-10";"";""

Таблица 25

"C1"	"K10-43A"	"4700p"	"ОЖО.60.17 ТУ"
"C2"	"K73-15"	"1.5*160"	"ОЖО.60.17 ТУ"
"DD1"	"K511PU2"	""	
...
"X1"	"ON-KS-10"	""	

- установить флажок в поле Точка с запятой и щелкнуть LB на ОК – таблица 25;
- выделить всю таблицу, выполнить команду Правка > Заменить и в открывшемся окне ввести в поле «Найти» символ " (двойной апостроф), в поле «Заменить на» - ввести символ «пробел» и последовательно щелкнуть LB на кнопках «Замнить все», «Да» и «Нет» – получена требуемая заготовка «Перечень элементов».

2. Подготовка «Таблицы отверстий».

- в редакторе P-CAD PCB открыть файл TEST-T.PCB и подготовить информацию для таблицы отверстий: File > Print > Drill Symbol > Automatic Assign > Close > Close.
- командой View > DocToolToolbar активизировать панель инструментов Doc Tool Toolbar и щелкнуть LB на кнопке Place Table (первая слева) и в любой точке рабочего поля – откроется окно Place Table;
- установить: Table Type = Drill Table, Table Name = Таблица отверстий, Text Style = 2p5, Line Width = 0.1 и щелкнуть LB на кнопке OK и в точке рабочего поля PCB расположения таблицы – получена искомая таблица.

3. Подготовка Gerber – файлов выполняется этапами:

1. Открыть окно File Gerber Out командой File > Export > Gerber File > Print > Drill Symbol;
 2. Перейти в окно Setup Output Files, щелкнув LB на одноименной кнопке и подготовить выходные файлы с расширениями TOP и BOT – для Gerber-файлов слоев TOP и BOT этапами:
 - в поле File Extention ввести расширение TOP, в столбце Layers нажать на строку TOP и щелкнуть LB на кнопке ADD – в списке Output File появится имя Test-T.TOP выходного Gerber-файла для слоя TOP;
 - аналогично ввести имя Test-T.BOT выходного Gerber-файла для слоя BOTTOM;
 3. Сформировать информацию о топологии в файлах TEST-T.TOP и TEST-T.BOT:
 - в списке Output File щелкнуть LB на строке Test-T.TOP – строка (и слой) выделяется;
 - для включения информации о КП установить флажки Pads и Vias и нажать Modify;
 - щелкнуть LB на строке Test-T.BOT и, установив флажки Pads и Vias, нажать Modify;
 - сбросить флажок в поле Drill Symbols, проверить путь к папке проекта в окне Output Path и щелкнуть LB на Close – произойдет возврат в окно File Gerber Out.
 4. Щелкнув LB на кнопках Apertures > Auto > Close, сгенерировать апертурные файлы плоттера.
 5. Установить формат Gerber-файла, щелкнув LB на кнопках: Gerber Format > Millimeters > 4.4 > RS274X > Close и выполнить генерацию Gerber-файлов, щелкнув LB на кнопках: Set ALL и Generate Output Files > Close.
 6. Выполнить генерацию Gerber-файлов для сверлильных автоматов этапами:
 - после File > Export > N/C Drill > Setup Output Files перейти в окно Setup Output Files;
 - установить File Extension = DRM для металлизированных (и File Extension = DRN для не металлизированных) отверстий, далее щелкнуть LB на кнопках Plated Holes (Non-plated Holes), Set ALL и ADD – в списке Output File появится имя 1-го (2-го) Gerber-файла Test-T.DRM (Test-T.DRN);
 - установить путь к папке проекта в окне Output Path, щелкнуть LB на кнопках Close > Tools > Auto > Close – будут сгенерированы диаметры отверстий;
 - щелкнуть LB на кнопке N/C Drill Format и строках: Millimeters > ASCII None > Leading > Close – будет задан стандартный формат файла сверления;
 - после: Generate Output Files > Close – будут сформированы файлы сверления.
- ### 4. Проверка Gerber – файла выполняется в программе Camtastic! 2000 этапами:
1. Загрузить Camtastic! 2000 и после File > Import > Gerber установить путь к папке с файлом Test-T.TOP и нажать кнопку Открыть – откроется окно Import Gerber File.
 2. Настроить параметры входного Gerber-файла этапами:

- щелкнуть LB на кнопке Setting, установить поля: Integer=4, Decimal=2, и последовательно щелкнуть LB на строках: Metric > Absolute > Leading > OK;
 - щелкать LB на кнопке Gerber пока на ней не появится надпись Gerber RS-274-X;
 - проверить наличие строки Auto-Detect Apertures в поле Apertures Wizzard и щелкнуть LB на кнопке OK – будет выполнена загрузка топологии слоя TOP платы.
3. Аналогично загрузить файл Test-T.BOT.
 4. Настроить параметры файла Test-T.DRM с графикой металлизированных отверстий:
 - после File>Import > Drill установить путь к папке с файлом Test-T.DRM и щелкнуть LB на кнопке «Открыть» – откроется окно Import Drill Data.
 - щелкнуть LB на кнопке Units, присвоить: Integer=4, Decimal=2 и щелкнуть LB на строках: Metric > Absolute > Leading > OK – произойдет загрузка металлизированных отверстий печатной платы, наложенных на совмещенную топологию ПП;
 5. Аналогично загрузить файл Test-T.DRN.