

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(государственный технический университет)

П.Г. КУСОВ, А.В. НАЗАРОВ

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ  
СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭС**

Учебное пособие  
к лабораторным работам

Утверждено  
на заседании редсовета  
20 сентября 2007 г.

Москва  
Издательство МАИ-ПРИНТ  
2008

59-08

52786

708-105115

ГНТБ РОССИИ

ЭКЗЕМПЛЯР

ЧИТАЛЬНОГО ЗАЛА

Кусов П.Г., Назаров А.В.

Промышленные средства и системы автоматизированного конструирования РЭС: Учеб. пособие к лабораторным работам. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. — 60 с.: ил.

Пособие содержит описание двух лабораторных занятий, посвященных изучению графического интерфейса (ГИ) пользователя САПР SPECSTRA—15.0 на двух этапах автоматизированного проектирования топологии печатных плат — этапа *размещения* навесных электрорадио элементов (ЭРЭ) на плате и этапа *трассировки* печатных проводников.

Предназначено для студентов радиотехнических специальностей, выполняющих лабораторные занятия по дисциплине “Автоматизация конструирования и технологической подготовки производства РЭС” и может быть полезно студентам, выполняющим курсовое и дипломное проектирование при проектировании печатных узлов.

*Рецензенты:*

кафедра “Проектирование и технология производства электронной аппаратуры” МГТУ им. Н.Э. Баумана (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. *В.А. Шахнов*);

ЗАО Научно-технический центр “РИССА” генеральный директор *Е.Е. Янчук*

ISBN 978-5-7035-1999-8

© Московский авиационный институт  
(государственный технический  
университет), 2008

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Пособие содержит описание двух лабораторных занятий по дисциплине “Промышленные средства и системы автоматизированного конструирования РЭС” и может быть полезным студентам, выполняющим курсовое и дипломное проектирование на этапе разработки печатных узлов.



Программа SPECCTRA—15.0, помимо инструментов интерактивного размещения электрорадиоэлементов (ЭРЭ) и трассировки проводников, содержит инструменты автоматического выполнения указанных этапов. Программа SPECCTRA динамично интегрирована в САПР PCAD-200X, которая изучается студентами по курсу “Промышленные средства и системы автоматизированного конструирования РЭС”. Программа SPECCTRA содержит в составе своих программных средств мощный бессеточный автотрассировщик и является сегодня мировым лидером в области автоматизированного проектирования.

В пособии описываются приемы практической работы с программой SPECCTRA. Проведение каждого занятия начинается с освоения студентами ГИ, который система предоставляет пользователю на каждом из этапов проектирования топологии печатных плат (ПП) — этапах размещения и трассировки.

59-08  
52786

708-105115

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ГИ — графический интерфейс;
- ЛК — левая кнопка мыши;
- ПМ — падающее меню;
- ПО — переходное отверстие;
- ПП — печатная плата;
- ППР — правила проектирования;
- ЭРЭ — электрорадиоэлемент;
- Home>OK — последовательно щелкнуть ЛК на кнопках Home и OK;
-  — щелкнуть ЛК на пиктограмме .

## Работа 1.

### РАЗМЕЩЕНИЕ ЭРЭ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

Цель занятия — научить студентов выполнять размещение ЭРЭ на плате с помощью графического интерфейса (ГИ) пользователя программы SPECSTRA.

#### Общие сведения

Запуск программы SPECSTRA выполняется из программы РСВ системы PCAD-2002. Изучение ГИ программы SPECSTRA выполняется на проекте ПП demo1\_u.pcb, который переписан из папки c:\program files\p-cad 2002\demo в папку проекта c:\DP. Вызов программы SPECSTRA выполняется этапами:

- командой: ПускПрограммы>P—CAD 2004>PCB запустить редактор РСВ;
- командой: File>Open загрузить из папки c:\DP проект demo1\_u;
- после Place>Autoplacement в одноименном окне нажать кнопку Command Line — откроется окно настройки режима вызова SPECSTRA (рис. 1.1);
- проверить, что в поле Program File указан путь к загрузочному файлу (spectra.exe) системы SPECSTRA, а в поле System log file — путь к файлу сообщений системы SPECSTRA (sp.log);
- снять флажок в поле Quit when done и, нажав кнопку OK, вернуться в предыдущее окно (Place Autoplacement);
- нажать на кнопку Start и ответить утвердительно на вопросы системы — откроется окно (рис. 1.2) с перечнем доступных лицензионных продуктов;
- нажать на кнопку Select Highlighted Product — откроется ГИ программы SPECSTRA (рис. 1.3) с загруженным в него проектом demo1\_u.

Program File:	c:\specctra\bin\specctra.exe
Password File:	
Color Map File:	
Sysytem LogFile:	c:\specctra\bin\sp.log
Extra Options:	
Options	
<input checked="" type="checkbox"/> Ighore Illegal Commands	<input checked="" type="checkbox"/> Quit when done
<input type="checkbox"/> Do Not Clear	<input type="checkbox"/> Symple Polygons
<input type="checkbox"/> Remove Prerouted Wires	<input type="checkbox"/> No graphics
Actual Command Line	
c:\specctra\bin\specctra.exe c:\dp - design demo.dsn -do c:\dp\demo.do -o c:\specctra\bin\sp.log -noclean -ii -quit	
<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="Cancel"/>

Рис. 1.1. Окно настройки режима вызова программы SPECCTRA

SPECCTRA Version 15.0 Product Selection X	
<b>cadence</b>	
Available SPECCTRA Products	
SPECCTRAQuest SI expert	
PCB design expert	
PCB designer	
Advanced package engineer expert	
Advanced package designer expert	
SPECCTRA expert system	
PCB design studio (6 layers)	
PCB design studio (256 layers)	
PCB design studio with advanced rules	
<input type="button" value="Select Highlighted Product"/>	<input type="button" value="Cancel (Exit SPECCTRA)"/>

Рис. 1.2. Окно выбора лицензированного варианта программы SPECCTRA


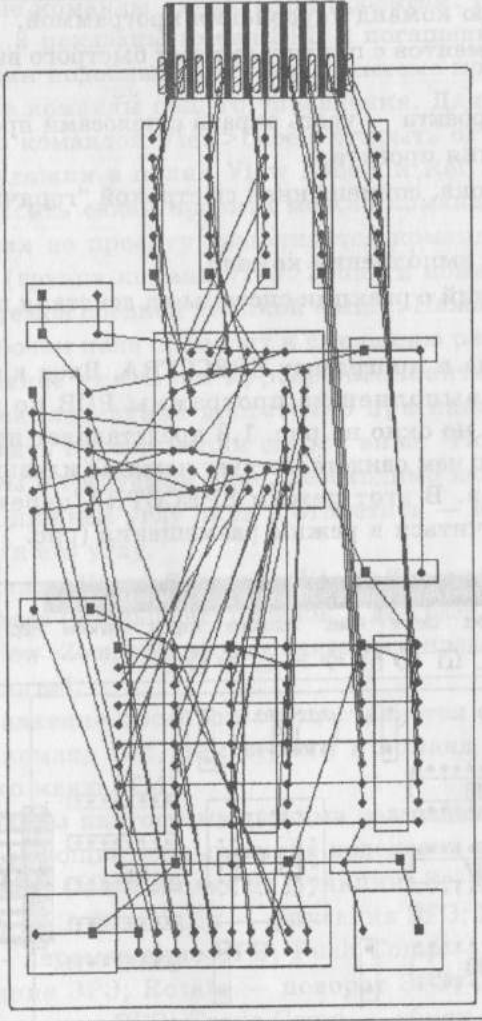


1	SPECTRA ShapeBased Automation Software V10.2 \Demo1_u.DSN
2	File Edit View Select Define Rules Autoroute Report Window Help
3	
4	
5	Unconnects: 138   Conflicts: 0   Completion: 0.0 %   Top ▾ <input checked="" type="checkbox"/> Checking
6	Command: <input type="text"/>
7	<input type="button" value="Idle"/> Measure  X: 72.517   Y: 45.5   Δ: <input type="text"/> mm ▾
8	# Loading Do File Demo1_u.DO ...

Рис. 1.3. Интерфейс режима трассировки



Рассмотрим назначение всех восьми зон рабочего стола ГИ SPECSTRA:

1. Строка с именем и версией программы — SPECSTRA V15.0.
2. Падающее меню команд управления программой.
3. Панель инструментов с пиктограммами быстрого вызова команд.
4. Рабочая зона проекта — часть экрана с полосами прокрутки.
5. Строка состояния проекта.
6. Командная строка, совмещенная со строкой “горячих” сообщений.
7. Строка статуса выполнения команд.
8. Строка сообщений о реакции системы на действия пользователя.

**Особенности входа в программу SPECSTRA.** Вход в программу SPECSTRA был выполнен из программы РСВ по команде Place>Autoplacement, но окно на рис. 1.3 представляет интерфейс режима трассировки, о чем свидетельствует нажатая клавиша  на панели инструментов. В этот режим SPECSTRA переходит по умолчанию. Переключиться в режим размещения (рис. 1.4) мож-

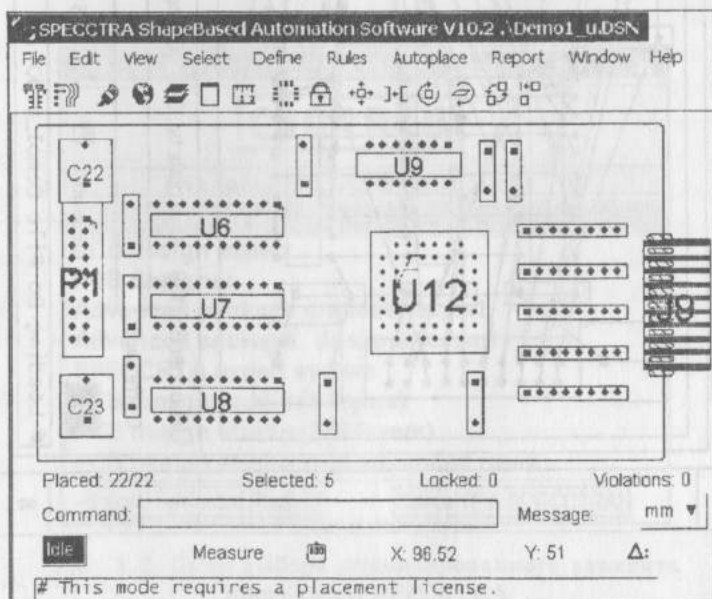




Рис. 1.4. Интерфейс режима размещения



но, нажав клавишу , или по команде File>Placement Mode. Переключиться обратно в режим трассировки можно по команде File>Routing Mode, или нажав клавишу .

Общие команды управления проектом. На рис. 1.4 в отличие от рис. 1.3 показаны имена ЭРЭ и погашены связи проекта. Для реализации подобных действий в системе предусмотрены соответствующие команды общего управления. Для показа имен ЭРЭ необходимо командой View>Labels открыть окно View>Labels, установить флажки в полях View Labels и Ref Des и нажать кнопку ОК. Погасить связи проекта можно командой View>Guides>Off. Навигация по проекту выполняется командой масштабирования рисунка (группа команд View>Zoom) и командой “панорама”, активизируемой средней кнопкой мыши. Нажатие на среднюю кнопку на рабочем поле приводит к смещению рисунка, и точка, на которую ранее указывал курсор, становится центральной. Для уменьшения рисунка достаточно при нажатой средней кнопке переместить курсор мыши сверху вниз. Чтобы просмотреть участок платы в требуемом окне, необходимо нажать среднюю кнопку в любом нижнем углу окна и отпустить — в противоположном по диагонали его углу.

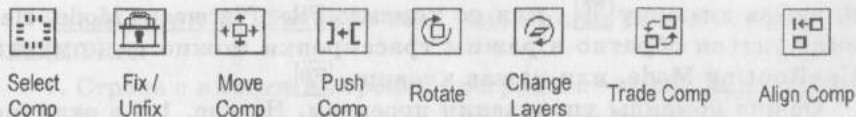
Команда View>Zoom>In (View>Zoom>Out) увеличивает (уменьшает) рисунок в два раза. Команда View>Zoom>Previous показывает предыдущий масштаб.



Управление проектом осуществляется с помощью команд ПМ, пиктограмм и команд контекстного меню (КМ).

Команды пиктограмм режима размещения и соответствующие всплывающие подсказки показаны ниже. Они выполняют функции: Sel Comp — выбор ЭРЭ; Fix/Unfix — фиксация ЭРЭ; Move Comp — перемещение ЭРЭ; Push Comp — расталкивание ЭРЭ; Rotate — поворот ЭРЭ; Change Layer — смена слоя установки ЭРЭ; Trade Comp — обмен ЭРЭ позициями; Align Comp — выравнивание ЭРЭ. Перед рассмотрением работы с командами пиктограмм отметим, что все ЭРЭ программа SPECSTRA делит на восемь типов (рис. 1.5), которые можно присвоить ЭРЭ командой Define>Property>Component. Тип ЭРЭ влияет на порядок его размещения системой.

Large
Small
Large-Discrete
Large-Capacitor
Large-Resistor
Small-Discrete
Small-Capacitor
Small-Resistor

Рис. 1.5.  
Типы элементов



**Выбор ЭРЭ.** Режим активизируется пиктограммой  или командой контекстного меню Select>Comp Mode (рис. 1.6), или командой ПМ: Select>Components>Sel Comp Mode (рис. 1.7). Обычно данная команда предшествует выполнению с ЭРЭ определенных действий. Например, чтобы снять с платы ЭРЭ U6...U8, необходимо: (1) перейти в режим выбора ЭРЭ командой ; (2) щелкнуть ЛК на ЭРЭ: U6...U8 — ЭРЭ будут выбраны и после Autoplace>Unplace>Selected Components — сняты с ПП;

INTERACTIVE PLACE	
Setup...	
Select	Comp Mode
UnSelect All Objects	Gate Mode *
Place Components	Subgate Mode *
Move Comp Mode	Pin Mode *
Push Comp Mode	Terminator Mode
Pivot Comp Mode	
Flip Component Mod	
Trade Comp Mode	
Align Mode	
Swap	
Undo	

Рис. 1.6. Контекстного меню режима выбора элементов

Select	Define	Rules	Autoplace
Component Clusters			
Components			Sel Comp Mode
Families...			Select All
Gates			By List...
Images			By Net...
Logical Parts			By Property...
Nets			By Room...
Physical Parts			By Side...
Pins			By Pin Count...
Rooms			Unselect All
Subgates			
Terminators			
UnSelect All Objects			

Рис. 1.7. Падающее меню режима выбора элементов

**Выбор всех ЭРЭ** (команда ПМ: Select>Components>SelectAll) — выбирает все ЭРЭ проекта внутри и за пределами ПП.

**Выделение ЭРЭ по списку** (команда ПМ: Select>Components>By List) — открывает список ЭРЭ проекта, в котором при нажатой клавише CTRL можно выделять нужные ЭРЭ. Например, выделение ЭРЭ C15 и C18 выполняется этапами:

- по команде Select>Components>By List — открыть список всех ЭРЭ;
- удерживая клавишу CTRL, выбрать ЭРЭ C15 и C18 (рис. 1.8), и полностью вписать их в экран установкой флажка Fit>Selector — (рис. 1.9).

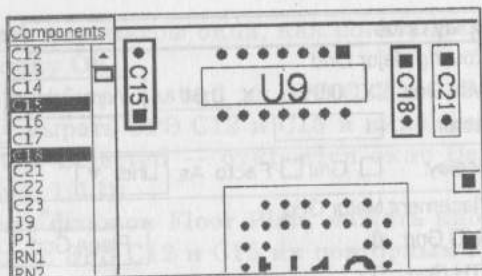


Рис. 1.8. Выбор элементов по списку

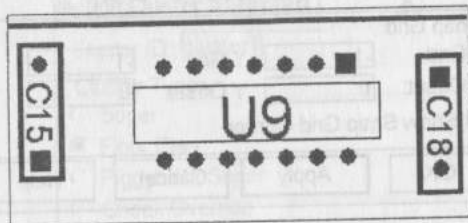


Рис. 1.9. Выбор при включении Fit-флажка

**Выбор ЭРЭ по списку цепей** (команда ПИМ: Select>Components>By Net) — работает аналогично предыдущей команде, выделяя все те ЭРЭ, которые имеют контакты, подключенные к выделенным строкам списка цепей.

**Выбор ЭРЭ по типу** (Select>Components>By Property) — позволяют просмотреть типы ЭРЭ проекта. Например, выбор всех ЭРЭ типа **Small** выполняется этапами:

- после Select>Components>By Property установить флажок в поле **Small** окна **Component Type** и в поле **Select** окна **Action**;
- нажать **Apply** — все конденсаторы проекта (с C12 по C23) будут выделены.

**Выбор ЭРЭ комнаты** (Select>Components>By Room). Комната — поименованная область на плате, ограниченная контуром. С понятием комнаты связано понятие кластер — поименованная группа ЭРЭ. Демонстрацию работы команды выбора ЭРЭ, принадлежащих комнате, выполним этапами:

1. Создаем комнату **room1** этапами:

- после Define>RoomDraw>Mode перейти в КМ и выбрать строку Set Pointer Snap Grid — откроется окно установки сетки рисования полигона комнаты (рис. 1.10);

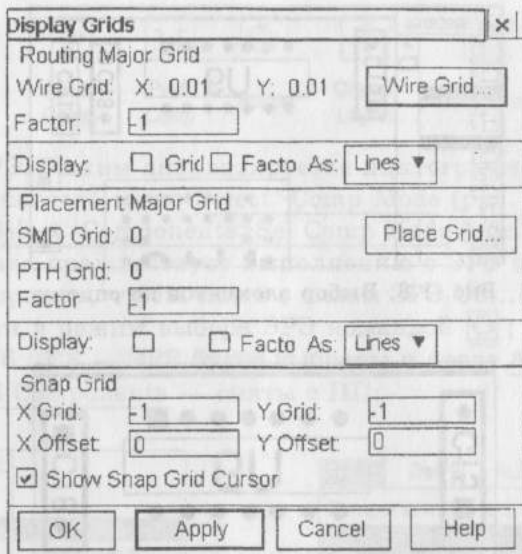


Рис. 1.10. Окно установки сетки черчения полигона

- в зоне Snap Grid установить: X Grid = Y Grid = 1.25, установить далее флажок Show Snap Grid Cursor и вернуться в рабочее поле, нажав кнопку OK;
- щелкнуть ЛК в точках: 75/105,75; 121/25 и 120/121,25 — щелкнуть правой кнопкой мыши и, выбрав строку Define Polygon As Room, нажать OK — комната будет построена и откроется окно Add Polygon As Room (рис. 1.11);

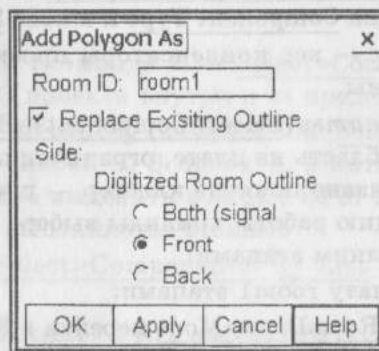



Рис. 1.11. Окно установки слоя размещения полигона

- установить параметры окна, как показано на рис. 1.11 и нажать кнопку ОК.
2. Создаем кластер Cluster1 из ЭРЭ C12 и C15 этапами:
- после  выбрать ЭРЭ C12 и C15 и выполнить команду Define>Cluster>Selected — откроется окно Define>Cluster>Selected (рис. 1.12);
  - установить флажок Floor Plan, нажать кнопку ОК и снять выделение с ЭРЭ C12 и C15 их повторным выбором — кластер Cluster1 создан.

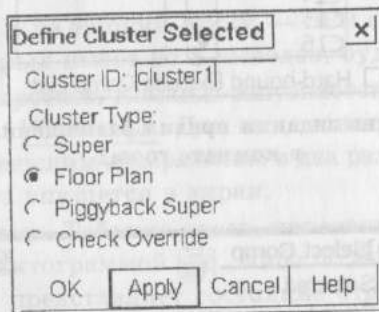


Рис. 1.12. Окно присвоения типа выделенному кластеру

3. Назначаем кластер Cluster1 в комнату room1 этапами:
- после Rules>Room>Contents — откроется окно задания правил размещения ЭРЭ по комнатам, левая верхняя часть которого показана на рис. 1.13;
  - установить флажок Hard-Bound Incl CompList и в окне Clusters выбрать имя Cluster1 — последний будет жестко связан с комнатой room1.
4. Выделения ЭРЭ, жестко связанных с комнатой выполним этапами:
- после Select>Components>By Room — откроется одноименное окно (рис. 1.14);
  - установить флажки From List, Hard и Select и, выбрав строку room1 в окне Room, щелкнуть ЛК на кнопке Apply — ЭРЭ C12 и C15 будут выбраны;
  - снять выделение с ЭРЭ C12 и C15 их повторным выбором.

*Выбор ЭРЭ по стороне установки (Select>Components>By Side).*  
 Проверим данной командой, все ли ЭРЭ проекта установлены на стороне Front этапами:

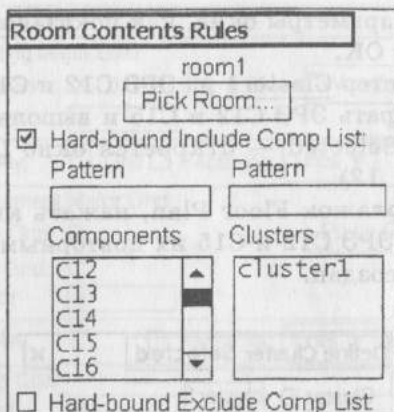


Рис. 1.13. Окно задания правил размещения элементов в комнате room1

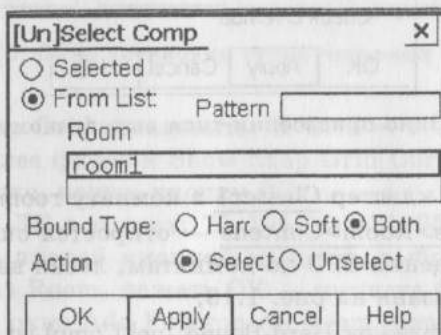


Рис. 1.14. Окно указания свойств, выбираемых внутри комнаты room1 элементов

- после Select>Components>By Side — откроется одноименное окно (рис. 1.15);
- установить флажки **Front** и **Select** и после Front>Select>Apply>OK — будут выделены все ЭРЭ, что подтверждает их установку на стороне **Front**.

*Выбор ЭРЭ по числу выводов (Select>Components>ByPinCount).*  
С помощью этой команды выполним выбор ЭРЭ, у которых число выводов = 8:

- после Select>Components>ByPinCount — откроется одноименное окно;



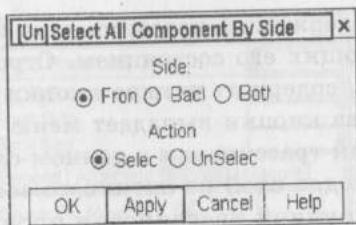















Рис. 1.15. Окно указания стороны установки выбираемых элементов

- установить флажок Number и в поле Number ввести число 8;
- щелкнуть ЛК на кнопке Apply — ЭРЭ с RN1 по RN5, каждый из которых имеет по 8 выводов, будут выделены.

**Полный обзор проекта.** Команда запускается пиктограммой  или командой ПМ: View>ALL. Для ее демонстрации: (1) командой View>Zoom Out уменьшим изображение в два раза и (2) после

 — проект снова впишется в экран.

**Работа со слоями.** Таблица слоев, показанная на рис. 1.16, открывается либо пиктограммой , либо по команде View>Layers. Каждая ее строка представляет состояние отдельного слоя проекта. В программу SPECCTRA из PCB передаются без изменения названия только сигнальных и экранных слоев. Каждый слой пред-

Layers		x
All Signal Layers	 S V	
Top	 S	
Bottom	 S	
Guides	... S	
Keepout		
Pin	S 	
Place Front	S 	
Place Back	S 	
Via	S 	
Wire	S 	
Wiring Polygons	S 	
Labels	...	
Wire Grid	...	
Via Grid	...	
Place Grid	...	
Color Palette ...		
Close	Help	

СТОРОНА УСТАНОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ  
 СТОРОНА ПЕЧАТИ (СЛОЙ БОТТОМ)  
 СВЯЗИ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ  
 ЗОНЫ ЗАПРЕТОВ НА УСТАНОВКУ ЭЛЕМЕНТОВ  
 ГРАФИКА КОНТАКТОВ  
 ГРАФИКА ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕРВОМ СЛОЕ  
 ГРАФИКА ЭЛЕМЕНТОВ НА ВТОРОМ СЛОЕ  
 СКВОЗНЫЕ КОНТАКТНЫЕ ПЕРЕХОДЫ  
 ПРОВЕДЕННЫЕ ТРАССЫ  
 ЭКРАНЫ  
 НАИМЕНОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ, КОНТАКТОВ И ДР.  
 СЕТКА ТРАССИРОВКИ  
 СЕТКА УСТАНОВКИ ПЕРЕХОДНЫХ ОТВЕРСТИЙ  
 СЕТКА РАЗМЕЩЕНИЯ  
 КНОПКА ЗАГРУЗКИ ПАЛИТРЫ


Рис. 1.16. Таблица слоев



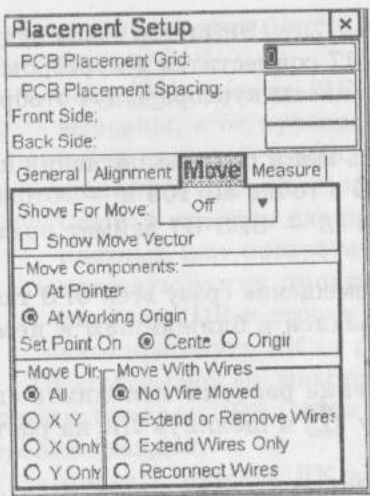
ставлен в таблице слоев строкой, содержащей название слоя и от одной до четырех кнопок, управляющих его состоянием. Строка, соответствующая сигнальному слою, содержит четыре кнопки управления. При нажатии первой слева кнопки выпадает меню выбора преимущественных направлений трассировки в данном слое. Щелчки ЛК на второй кнопке переводят слой из активного состояния в пассивное и обратно. При ручной трассировке проекта трассы записываются только в активный слой.

Для переключения слоев из активного состояния в пассивное и обратно вместо этих кнопок используют функциональные клавиши F5 и F6. Щелчки ЛК на 3-й кнопке последовательно открывают и закрывают слой для операций редактирования и выбора объектов в слое. Снятие блокировки отмечается символом S прямо на кнопке. Если на кнопке есть символ "три точки", то при нажатии на нее открывается окно установки специфических параметров проекта, связанных с данным слоем. Последняя, четвертая кнопка, включает и выключает графику слоя. Цвет четвертой кнопки показывает цвет контуров графических объектов в слое. Цвет кнопки или цвет узора на кнопке (если узор задан) показывает цвет заливки объектов в слое.

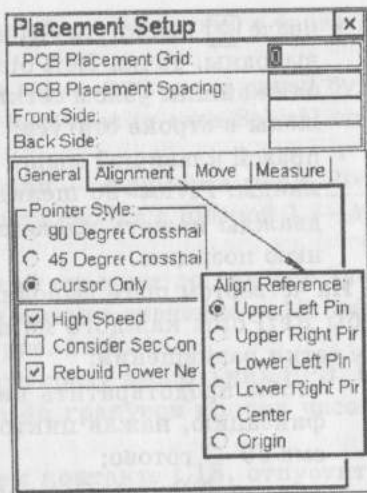
**Команды размещения.** Для пиктограмм размещения (см. с. 10) и для пиктограмм общего управления проектом в КМ существуют команды альтернативного вызова (рис. 1.6). Контекстное меню активизируется правой кнопкой мыши в любой точке рабочего поля. Параметры и режимы интерактивного размещения можно устанавливать в окне Placement Setup, открываемом после щелчка ЛК на строке Setup КМ. Рассмотрим действие всех команд пиктограмм размещения.

**Перемещение ЭРЭ.** Этот режим устанавливается пиктограммой  либо командой КМ Move Comp Mode. При перемещении ЭРЭ в программе PCB точка RefPoint ЭРЭ совмещается с курсором мыши. В программе Spectra по умолчанию с курсором совмещается его центральная точка. При включении слоя Origin на экране появляется символ F в точке RefPoint каждого ЭРЭ. Чтобы установить режим привязки курсора мыши к точке RefPoint ЭРЭ необходимо: (1) в КМ (рис. 1.6) щелкнуть ЛК на строке Setup и в окне Placement Setup (рис. 1.17,а) выбрать закладку Move; (2) установить флажки At Working Origin>Origin, и нажать Apply>OK.

Демонстрацию команды выполним на примере перемещения ЭРЭ U7.



a)




b)

Рис. 1.17. Параметры режимом размещения:  
a — Move; б — General и Alignment

На первом шаге установим сетку 1,25 мм и отобразим ее на экране этапами:

- выключить связи проекта командой View>Guides>Off;
- в окне (рис. 1.17,a) установить поле PCB Placement Grids = 1.25 и нажать **OK**;
- после View>Layers>Place Grid>Close сетка будет показана на экране.


На втором шаге выполним просмотр текущих координат ЭРЭ U7 и сохраним текущий вариант размещения на диске под именем PL1 этапами:

- после  щелкнуть ЛК на ЭРЭ U7 — ЭРЭ будет выбран;
- командой: Report>Specify>Placement открыть таблицу вида:


RefDes	X	Y	Side	Rotate	Pins	Wires	Length	Avg.Length
U7	71.755	91.44	Front	270	20	34	864.87	25.437


- после File>Write>Placement напечатать имя PL1 и нажать **OK** — готово.


На третьем шаге переместим ЭРЭ U7 в точку 80/100 и повернем его на 90° этапами:


- после  щелкнуть ЛК в центре U7, — ЭРЭ и его связи будут выбраны, точка RefPoint ЭРЭ U7 совместится с курсором и ближайшим узлом сетки, координаты курсора будут отображены в строке статуса;
- правой клавишей мыши открыть КМ и после выполнения команды: Pivot>90 щелкнуть ЛК в точке 80/100 и — готово;
- дважды нажать клавиши Cntrl+Z — ЭРЭ U7 займет прежнюю позицию.


На четвертом шаге выполним перемещение сразу всех ЭРЭ так, чтобы RefPoint каждого из них оказался в ближайшем к нему узле сетки размещения:


- чтобы предотвратить перемещение разъема выполнить его фиксацию, нажав пиктограмму  и щелкнув ЛК на разъеме J9 — готово;
- командой Select>Components>ByList — определить первый ЭРЭ в открывшемся списке ЭРЭ (в данном случае — это ЭРЭ C12);
- командой Select>Components>Select ALL — выбрать все ЭРЭ;
- щелкнуть ЛК в точке RefPoint ЭРЭ C12 — ЭРЭ займут требуемые позиции, что можно проверить, выполнив команду Report>Placement — координаты всех ЭРЭ стали кратными шагу сетки 1,25 мм.


*Рассталкивание ЭРЭ.* Этот режим устанавливается пиктограммой  или командой КМ Push Comp Mode. Демонстрацию команды проводим на примере перемещения ЭРЭ RN5 влево, где он может “таранить” друг за другом до пяти ЭРЭ:

- командой File>Read>Placement>Browse>Place1>Open>Ok восстановить первоначальный вариант размещения;
- после Rules>PCB>Spacing в одноименном окне ввести значение поля ALL = 0.5 и нажать кнопку ОК — задан зазор 0,5 мм между ЭРЭ;
- после  щелкнуть ЛК на ЭРЭ RN5 — ЭРЭ будет выбран;
- перетащить RN5 влево, тараня соседние ЭРЭ до упора (рис. 1.18,а).

*Поворот ЭРЭ.* Режим поворота ЭРЭ устанавливается пиктограммой  или командой КМ Pivot Comp Mode. ЭРЭ может поворачиваться либо вокруг центра ЭРЭ, либо вокруг его точки RefPoint. Для выбора привязки в центре ЭРЭ необходимо в окне Placement Setup (рис. 1.17,а) щелкнуть ЛК на кнопке Center. Выполним поворот ЭРЭ U7 вокруг точки RefPoint на угол 17 градусов этапами:

- перейти в окно (рис. 1.17,а) и выбрать привязку в точке RefPoint;
- после  щелкнуть ЛК на ЭРЭ U7 — ЭРЭ и его связи будут выбраны, а от курсора точке RefPoint (в слое Select) потянется линия — ручка;
- щелкнуть правой кнопкой мыши — откроется меню Pivot Comp, в котором следует выбрать строку с цифрой 1 — дискретный шаг поворота ЭРЭ;
- вращать ручку против часовой стрелки до тех пор, пока параметр DR в строке статуса примет значение = 17, после чего щелкнуть ЛК — готово (рис. 1.18,б).

Пиктограммой  можно вращать сразу нескольких ЭРЭ. Выполним поворот ЭРЭ C18 и C21 на 45 градусов против часовой стрелки этапами:

- после  нажать ЛК в верхнем контакте C18, отпустить в нижнем контакте C21 и щелкнуть правой кнопкой мыши — ЭРЭ будут выбраны;
- в меню Pivot Comp выбрать число 45 и, переместив мышь на три—четыре шага вправо, щелкнуть ЛК — поворот выполнен.

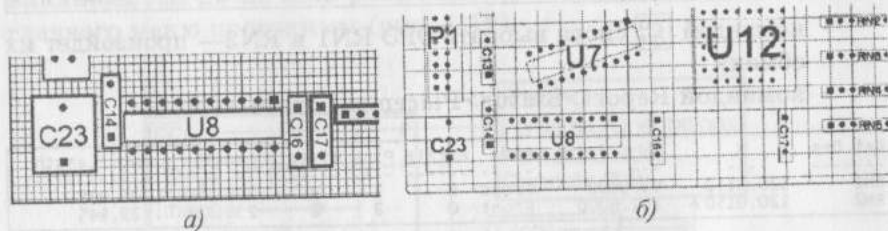








Рис. 1.18. Демонстрация команд:

а — расталкивания элементов; б — поворота элементов


**Перенос ЭРЭ со слоя на слой.** Команда активизируется пиктограммой  или командой КМ Flip Comp Mode и переводит программу в режим переноса ЭРЭ со слоя Front на слой Back и обратно. Перенос выполняется следующим образом: (1) через точку привязки (RefPoint или Center) проводится вертикальная ось, (2) ЭРЭ отображается симметрично относительно этой оси и (3) в таком положении закрепляется на другой стороне. Вначале все ЭРЭ нашего проекта установлены на слое Place Front. Для переноса ЭРЭ U12 на слой Place Back и обратно: (1) щелкнуть ЛК на пик-

тограмме  и на ЭРЭ U12 — ЭРЭ будет перенесен на слой Back; (2) снова щелкнуть ЛК на ЭРЭ U12 — элемент U12 будет перенесен обратно.

**Обмен позициями.** Данный режим устанавливается пиктограммой  или командой KM Trade Comp Mode. Для выполнения обмена после нажатия на пиктограмму  нужно выбрать сначала первый, а затем — второй ЭРЭ. Обмен выполняется, если в результирующем размещении ЭРЭ не накладываются друг на друга. При выполнении обмена точка привязки первого (2-го) ЭРЭ совмещается с точкой, в которой находилась до обмена точка привязки второго (1-го) ЭРЭ. Эффект операции  можно увидеть по команде Report>Status>Placement, выполнив ее до и после обмена. Сказанное поясним на примере обмена позициями ЭРЭ RN1 и RN2 этапами:


- командой File>Read>Browse>PL1>Открыть>ОК загрузить первоначальный вариант размещения и после  — выбрать ЭРЭ RN1 и RN2;
- командой Report>Specify>Placement открыть окно вида:


Ref Des	X	Y	Side	Rotate	Pins	Wires	Length	Avg. Length
RN1	120.0150	101.6000	Front	0	8	8	208.280	26.035
RN2	120.0150	93.9800	Front	0	8	8	177.800	22.225

- командой  снова выбрать ЭРЭ RN1 и RN2 — произойдет их обмен;
- командой Report>Status>Placement открыть окно:


Ref Des	X	Y	Side	Rotate	Pins	Wires	Length	Avg. Length
RN1	120.0150	93.9800	Front	0	8	8	208.280	26.035
RN2	120.0150	101.6000	Front	0	8	8	238.760	29.845

Анализ последнего столбца, в котором указана средняя длина связей ЭРЭ, показывает, что для ЭРЭ RN1 эта длина не изменилась (26,035). Но для ЭРЭ RN2 она увеличилась (стала 29,845 вместо 22,225).


**Выравнивание ЭРЭ.** Команда активизируется пиктограммой  или командой KM Align Comp Mode и производит выравнивание одного или группы ЭРЭ относительно базового ЭРЭ, который остается не подвижным. Выравнивание происходит путем установки на одну линию точек выравнивания всех ЭРЭ, включая базовый ЭРЭ. В качестве точки выравнивания выбирается одна из следующих: геометрический центр ЭРЭ (Center), точка Ref\_Point (Origin), верхний левый вывод (Upper Left Pin), верхний правый вывод

(Upper Right Pin), нижний левый вывод (Lower Left Pin), нижний правый вывод ЭРЭ (Lower Right Pin). Выбор точки выравнивания производится в окне (рис. 1.17,б), открываемого командой КМ Setup>Alignment. При выполнении команды  базовый ЭРЭ выбирается последним.

Выполним выравнивание ЭРЭ C17 по центру базового ЭРЭ U12:

- щелкнуть правой кнопкой мыши в любой точке рабочего поля и командой КМ Setup>Alignment — открыть окно (рис. 1.17,б);
- командой Center>Apply>ОК установить режим выравнивания по центру;
- после  щелкнуть ЛК на ЭРЭ C17 а затем, — на U12 — готово.

Элементы C13 и C14 выровняем по центру базового ЭРЭ (C15) этапами:

- после  нажать ЛК в верхнем контакте C13, отпустить в нижнем контакте C14, ЭРЭ C13 и C14 будут выбраны;
- щелкнуть ЛК на ЭРЭ C15 — готово.

**Правила проектирования (ППР)** — это совокупность заданных конструктивно-технологических параметров проекта. ППР устанавливаются до начала размещения вызовом пункта Rules из главного меню программы (рис. 1.19).

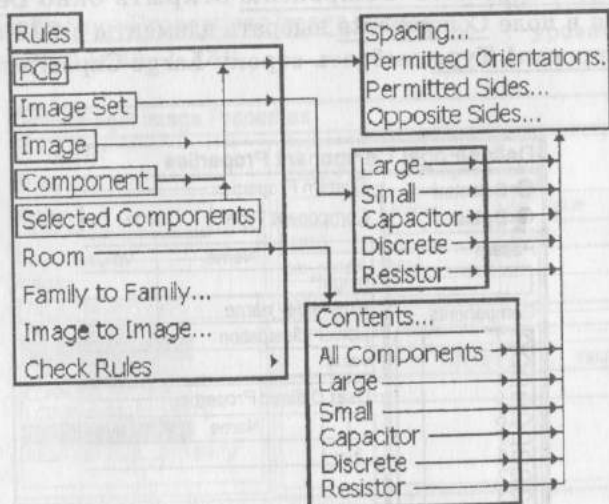


Рис. 1.19. Режимы команды Rules



ППР позволяют определить: зазоры между ЭРЭ (Spacing), их допустимую ориентацию (Permitted Orientation), допустимую сторону установки (Permitted Sides) и правила взаимного размещения ЭРЭ на противоположных сторонах платы (Opposite Sides). Возможно внесение и удаление ЭРЭ.

**Уровни проекта.** ППР могут применяться либо ко всем ЭРЭ проекта, либо к отдельным ЭРЭ, либо к их группам. Правила формирования групп также относятся к ППР и позволяют представить весь проект в виде совокупности уровней.

Совокупность всех ЭРЭ проекта, имеющих обозначение по схеме (Ref Des), образуют самый нижний уровень проекта — уровень РСВ. В текущем примере уровень РСВ образуют ЭРЭ: C12,..., C23, J9, P1, RN1,..., RN5, U6..U9, U12. Перечень ЭРЭ доступен по команде Report>Component.

Посадочные места всех ЭРЭ образуют уровень Image\_Set проекта, внутри которого ЭРЭ присваивается статус: Large — система включает сюда ЭРЭ с числом выводов более трех, Small—Capacitor (система размещает их рядом с контактами земли/питания Large-ЭРЭ), Small—Discrete и Small—Resistor (система позволяет размещать каждую группу по своим правилам). Система оставляет возможность включать в любую группу ЭРЭ по своему усмотрению. Для присвоения элементам C22 и C23 статуса Large-Capacitor: (1) после Define>Properties>Components открыть окно Define/Fogel (рис. 1.20) и в поле Components выбрать элементы с C22 по C23; (2) в меню Component Type выбрать строку Large-Capacitor и нажать Apply.

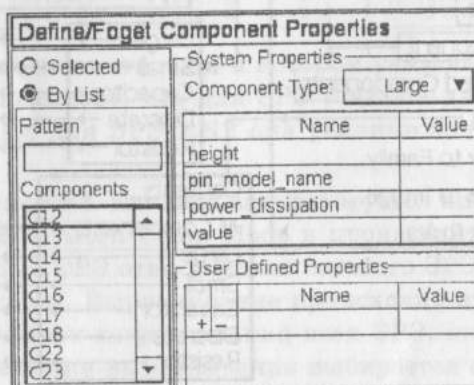


Рис. 1.20. Окно присвоения типа элементу



Система позволяет отдельно управлять размещением групп объектов уровня Image\_Set. Проведем следующие действия с группами:

- Autoplace>Unplace>Capacitor — все конденсаторы будут вынесены за плату;
- Autoplace>InitPlace Small Components>Capacitor — будет выполнено автоматическое размещение конденсаторов.

Совокупность корпусов ЭРЭ проекта образует — Image-уровень (уровень корпусов), доступный для просмотра по команде Report>Images (рис. 1.21). Уровень Component образуют все ЭРЭ проекта. Просмотреть их статус можно этапами:

- после Select>Component>Select ALL — все ЭРЭ будут выбраны;
- после Report>Specify>Selected можно прочитать статус ЭРЭ в графе Type.

Посадочные места ЭРЭ объединяются в группы уровня Family. В исходном проекте объекты Family-уровня не определены, причем однажды созданное семейство можно далее только переопределить, но удалить его не удастся. Сформируем, например, из корпусов CAP300 и PolCap объект CAP уровня Family этапами:

- после Define>Properties>Image откроется окно (рис. 1.22);

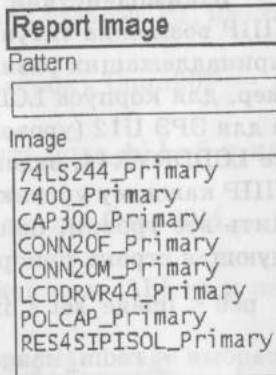


Рис. 1.21. Элементы уровня Image

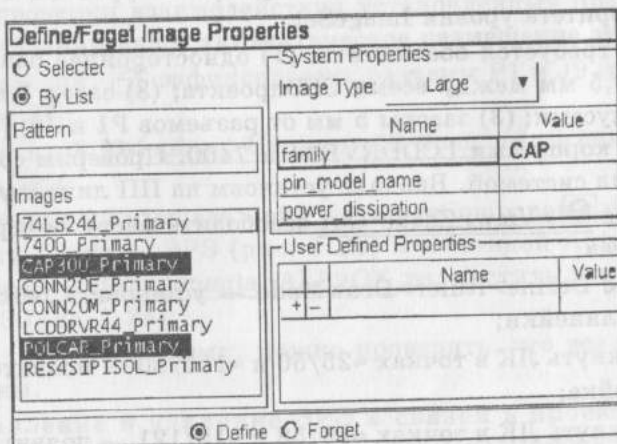


Рис. 1.22. Окно присвоения типа корпусу

- при нажатой клавише Ctrl в поле Images выбрать строки CAP300 и POLCAP, в столбце Name найти строку Family и в столбце Value этой строки ввести значение CAP и нажать Apply — объект CAP сформирован.

Выделим для просмотра каждый ЭРЭ PCB-уровня проекта этапами:


- по команде Select>Components>By List открыть список ЭРЭ;
- щелкнуть ЛК на строке RN5 — ЭРЭ RN5 будет выбран;
- нажать клавишу “стрелка вверх” — вместо RN5 будет выбран ЭРЭ RN4.


**Взаимодействие правил проектирования.** При определении ППР возможна ситуация, при которой для одинаковых объектов, принадлежащих разным уровням, заданы разные правила. Например, для корпуса LCDDRVR44 уровня ImageSet задан зазор 1 мм, а для ЭРЭ U12 (уровень Component), который реализован в корпусе LCDDRVR44, задан зазор 2 мм. Для однозначного применения ППР каждому уровню проекта присвоен приоритет. Если упорядочить все уровни, пользуясь их приоритетами, то получится следующая строка приоритетов уровней:

```
pcb < image_set < image < component < super cluster < room <
    < room_image_set < family_family < image_image
```

Пользуясь приведенной строкой приоритетов, можно однозначно сказать, что: корпус LCDDRVR44 будет устанавливаться на плату с зазором в 2 мм, так как приоритет уровня Component выше приоритета уровня ImageSet.

Пусть требуется обеспечить: (1) одностороннее размещение; (2) зазор 0,5 мм между всеми ЭРЭ проекта; (3) зазор 1 мм между Large-корпусами; (3) зазоры 5 мм от разъемов P1 и J9; (4) зазор 3 мм между корпусами LCDDRVR44 и 7400. Проверим соблюдение этих правил системой. Вначале установим на ПП линейку этапами:

- после  >View>Zoom>Out освободить место на чертеже для линеек;
- после Define>Ruler>DrawMode — установить режим создания линейки;
- щелкнуть ЛК в точках ≈25/50 и ≈155/50 — появится первая линейка;
- щелкнуть ЛК в точках ≈15/58 и ≈15/121 — появится вторая линейка;


- нажав пиктограмму , завершить команду Define>Ruler.
- Определим далее первые три правила размещения командами:
- Rules>PCB>Permitted Sides>Front>OK — правило 1;
  - после Rules>PCB>Spacing ввести ALL=0.5 и нажать OK — правило 2;
  - Rules>Image>SetLarge>Spacing ввести ALL=1 и нажать OK — правило 3.

Перед установкой правила 4 командой Rules>Image>Spacing откроем окно Image Spacing Rules и кнопкой Pick Image откроем список Pick Active Images. Далее задаем правило 4 для разъема J9, имеющего посадочное место Conn20F, и для разъема P1, имеющего посадочное место Conn20M, этапами:

- в списке Pick Active Images выбрать строку Conn20F — и нажать Apply;
- в окне Image\_Spacing\_Rules установить поле ALL=5 и нажать Apply;
- в списке Pick Active Images выбрать строку Conn20M — и нажать Apply;
- в окне Image\_Spacing\_Rules установить поле ALL=5 и нажать Apply.

Для установки правила 5 после Rules>Image to Image выбрать в правой колонке корпус LCDDRVR44, а в левой — корпус 7400, присвоить значение 3 всем полям и нажать кнопку OK — правило установлено.

Для проверки взаимодействия установленных правил размещения выполним далее автоматическое размещение этапами:

- командой  зафиксировать разъемы P1 и J9, щелкнув по ним ЛК;
- командой Autoplace>Unplace>All Components снять с платы все ЭРЭ;
- командой Autoplace>InitPlaceLargeComponents>OK разместить Large — ЭРЭ (рис. 1.23) и командой Autoplace>InitPlaceSmallComponents>ALL>OK разместить все остальные ЭРЭ (рис. 1.24).

Пользуясь линейками, можно проверить, что все требования обеспечены.

Добавление и удаление ЭРЭ и связей в проект. Система SPECSTRA предоставляет пользователю возможность добавления/удаления в/из проекта ЭРЭ и электрических связей. Напри-

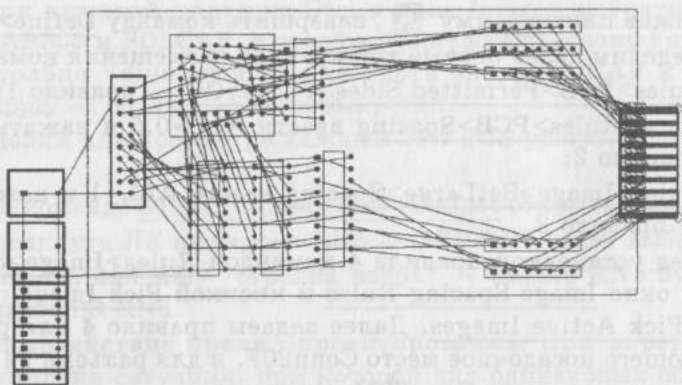


Рис. 1.23. Проект после расстановки Large-элементов

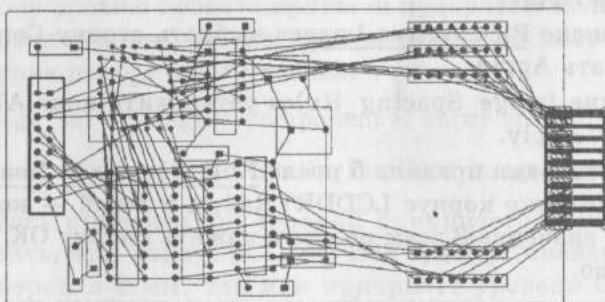


Рис. 1.24. Проект после автоматической расстановки элементов

мер, добавить в проект ЭРЭ (конденсатор C11) и подключить его первый контакт к цепи VCC можно этапами:


- после Define>Component>New в поле NewComponentRefDes одноименного окна ввести значение C11, в окне Image выбрать строку CAP300 и нажать кнопку ОК — ЭРЭ C11 появится за пределами платы;
- командой Select>Pins>Sel PinMode установить режим выбора контактов и щелкнуть ЛК на левом контакте C11 — контакт будет выбран;
- командой Define>Net Pins>By List открыть окно присвоения цепей контактам и установить флажок в поле Selected;

- выбрать строку VCC в поле Items и после Apply — контакт ЭРЭ C11 будет подключен к цепи VCC (появится связь в слое Guides и на экране).


Для удаления из проекта ЭРЭ C11 вместе с подключенной к нему цепью нужно после: Define>Component>Forget в поле Components выбрать строку C11 и нажать ЛК на кнопке ОК.

**Кластеры.** Для повышения качества размещения в программе Spresstra предусмотрена возможность объединения ЭРЭ в группы, называемые кластерами. Например, в Demo-проекте присутствуют микросхемы (U7, U8 и U9), имеющие соединения типа “память”, поэтому их целесообразно разместить на плате как единую группу, внутри которой положение ЭРЭ зафиксировано. В программе Spresstra определенная таким образом группа называется суперкластер. Перед началом автоматического размещения суперкластер должен быть предварительно размещен и зафиксирован на ПП. Приведем пример использования суперкластера в проекте.

Вначале восстановим исходный вариант размещения PL1; после File>Read>Placement>Browse>PL1>Open>Ok>Ok командой Report>Place Status выполним просмотр длины связей исходного размещения: 3963.0 мм. Далее:

- командой  выбрать U6, U7 и U8, щелкнув ЛК на каждом из них;
- после Define>Cluster>Selected установить поле Cluster ID=Cluster1 и командой Super>OK завершить формирование суперкластера;
- командой Select>UnSelect All Placement Objects снять выделение с кластера;

проведем размещение проекта, содержащего суперкластер, этапами:

- командой  зафиксировать разъемы P1, J9 и суперкластер Cluster1 (последний фиксируется при щелчке ЛК на любом из его ЭРЭ);
- после AutoPlace>Unplace>All Components на плате останутся зафиксированные разъемы и суперкластер Cluster1;
- командой Autoplace>InitPlaceLargeComponents>OK разместить Large— ЭРЭ и командой Autoplace>InitPlaceSmallComponents>ALL>OK разместить все остальные ЭРЭ (рис. 1.25).

С помощью команды Report>Place Status убеждаемся, что длина связей полученного размещения (3848.7 мм) на 125,7 мм меньше, чем в исходном размещении.

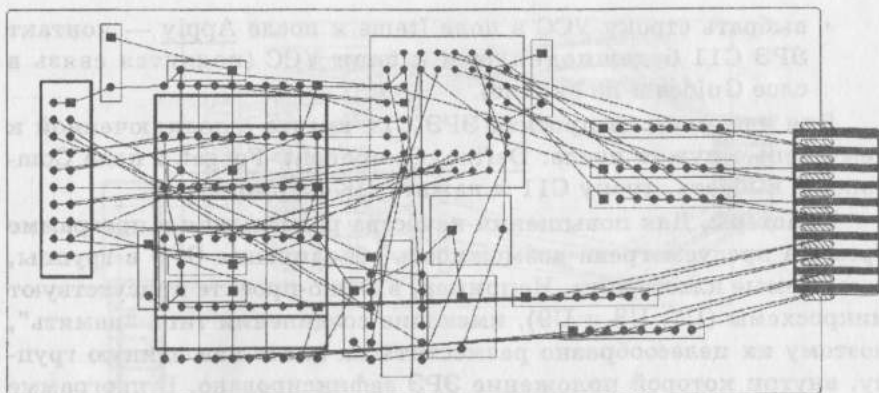


Рис. 1.25. Вариант расстановки элементов проекта, содержащего суперкластер

## Задание

1. Получить на компакт-диске вариант задания в виде:
  - SCH-файл с принципиальной электрической схемой;
  - PCB-файл, содержащий модель базовой конструкции ПП;
  - LIB-файл, содержащий библиотеку ЭРЭ заданной схемы;
  - DOC-файл, содержащий правила и задание на размещение ЭРЭ.
2. В редакторе принципиальной электрической схемы (Schematic):
  - выполнить ввод заданной принципиальной электрической схемы;
  - выполнить электрический контроль введенной схемы;
  - сформировать файл списка цепей заданной схемы.
3. В редакторе ПП (PCB) выполнить перенос проекта на заданную печатную плату и, устранив ошибки, перейти в программу SPECCTRA.
4. В программе SPECCTRA:
  - перейти в режим размещения и ввести ППП согласно заданию;
  - выполнить установку и фиксацию разъема на ПП;
  - в режиме интерактивного размещения выполнить расстановку ЭРЭ на позиции в режиме указания координат и в режиме перемещения;
  - выполнить расстановку ЭРЭ в автоматическом режиме;
  - проверить действие команд размещения, указанных в задании, фиксируя в отчете после каждой команды суммарную длину связей проекта;



- добавить в проект ЭРЭ и цепи, указанные в задании, и выполнить автоматическое размещение ЭРЭ проекта;
- сформировать на плате "комнаты" согласно заданию, сформировать кластеры и выполнить их размещение в комнаты.

5. Сделать выводы по работе и составить отчет. В отчете отобразить: 1) эскиз исходной ПП; 2) таблицу, содержащую правила размещения; 3) таблицу координат для ручного размещения ЭРЭ; 4) эскиз платы с результатами ручного размещения; 5) команды размещения, указанные в задании и результат их выполнения; 6) время ручной работы и трудоемкость подготовки данных и ограничений; 7) суммарную длину связей каждого шага размещения; 8) эскиз платы с результатами автоматического размещения; 9) общее время.

## Рекомендации по выполнению работы

1. **Получение задания.** Задание на выполнение практического занятия иллюстрируют рис. 1.26—1.29.

*Электронная часть задания* содержится в файлах:

- test.sch — принципиальная электрическая схема проекта (рис. 1.26);
- test.pcb — модель базовой конструкции платы (рис. 1.27);
- test.lib — библиотека ЭРЭ схемы, приведенных на рис. 1.28 и рис. 1.29;
- place.doc — текст задания выделен далее курсивом.

*Правила размещения:*

- размещение только на слое FRONT с зазором 0,5 мм между ЭРЭ проекта;
- ЭРЭ устанавливать в сетке 1.25 мм на расстоянии  $\leq 2$  мм от разъема X1;
- координаты углов прямоугольных зон запрета для установки ЭРЭ:  
1-я зона: 111.25/ 61.25, 118.75/ 68.75; 2-я зона: 151.25/ 61.25, 158.75/ 68.75;
- координаты противоположных углов прямоугольных комнат:  
1-я комната: 110/60; 110/100 и 125/100; 2-я комната: 125/60; 125/100 и 160/100.

*Задание на выполнение размещения:*

- продемонстрировать команду  $\boxed{J-C}$  для ЭРЭ C1;
- произвести обмен ЭРЭ R1 и R3 на позициях и оценить эффект;
- разместить в комнату room1 кластер из ЭРЭ c1, c2 и vt1;
- разместить в комнату room2 кластер из остальных ЭРЭ;



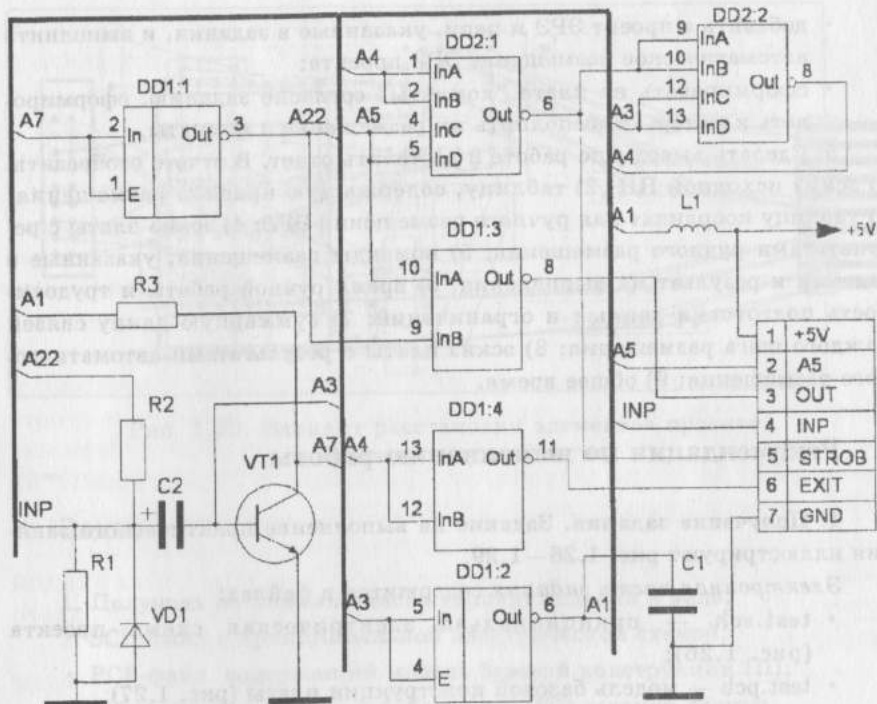


Рис. 1.26. Принципиальная электрическая схема проекта



Рис. 1.27. Чертеж платы

RefDes	X	Y	Rotate
R1	135.00	86.25	270
C1	125.00	63.75	0
C2	122.50	70.00	0
DD1	140.00	90.00	0
DD2	115.00	90.00	0
L1	155.00	70.00	90
R2	140.00	65.00	0
R3	151.25	75.00	90
VD1	115.00	76.25	0
VT1	130.00	85.00	90
X1	127.50	97.50	0

Рис. 1.28. Таблица координат элементов

НАИМЕНОВАНИЕ ТИП	УГО	КОНСТРУКЦИЯ	НАИМЕНОВАНИЕ ТИП	УГО	КОНСТРУКЦИЯ
МИКРОСХЕМА DD1 K511PU2	СЕКЦИИ 1 И 2 		ТРАНЗИСТОР VT1 KT3102G		
	СЕКЦИИ 3 И 4 		КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ L1 D1-1P2-1		
	РЕЗИСТОР R1 C2-33				
ДИОД VD1 KD403A			РАЗЪЕМ X1 ON-KS-1		
КОНДЕНСАТОР C1 K10-43A			МИКРОСХЕМА DD1 133LA6		
КОНДЕНСАТОР C2 K73-15					

Рис. 1.29. Все символы и посадочные места проекта

- принять зазор между ЭРЭ — 0,2 мм, и сетку размещения — 1.25 мм.

2. Работа в редакторе Schematic. Выполняем ввод и проверку схемы на наличие ошибок этапами:

- загрузить редактор схемы: Пуск>Программы>P-CAD 200X>Schematic;
- подключить библиотеку test.lib: после Library>Setup>Add в окне Library Setup Listing указать путь к библиотеке и нажать кнопки Открыть и ОК;

- загрузить заданный файл с принципиальной электрической схемой: после File>Open указать путь к файлу test.lib и нажать кнопки Открыть и ОК;
- проверить схему на наличие ошибок: после Utils>ERC>ОК в открывшемся текстовом окне проверить отсутствие строк, начинающихся со слова **Error**.

Выполняем формирование файла списка цепей схемы test.net этапами:

- после Utils>Generate Netlist откроется одноименное окно;
- в поле Netlist Format выбрать значение **P-CAD ASCII**, установить флажок в поле Include Library Information и нажать кнопку **ОК** — готово.

**3. Работа в редакторе PCB.** Выполняем перенос проекта на плату, не выходя из редактора схемы:

- загрузить программу PCB командой Utils>P-CAD PCB;
- командой Library>Setup>Add из папки проекта подключить библиотеку Test;
- командой File>Open загрузить файл заданной конструкции ПП test.pcb;
- командой Utils>Load Netlist... из папки проекта загрузить список соединений test.net, установив поле Netlist Format = P-CAD ASCII, если ошибок нет, то на экране появятся все ЭРЭ проекта (рис. 1.30).

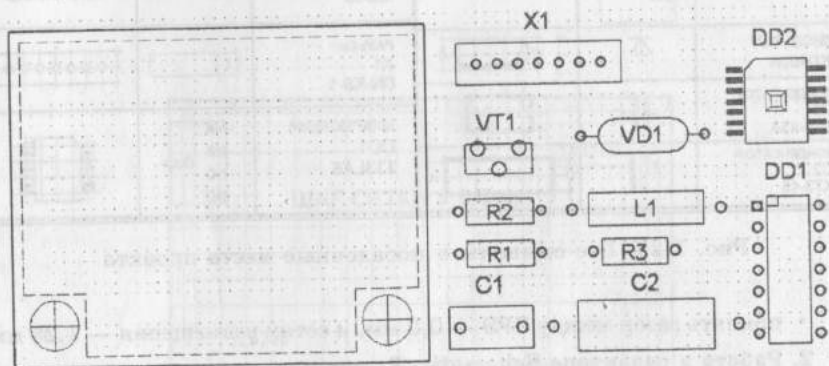


Рис. 1.30. Тестовый проект в рабочем поле редактора PCB

Выполняем переход в программу SPECCTRA этапами:

- сохранить файл проекта в папке проекта командой File>Save As, указав в поле Тип файла значение **ASCII Files** и нажав кнопку “Сохранить”;

- после Place>Autoplacement>Command Line снять флажок в поле Quit when done, нажать кнопки OK>Start и ответить утвердительно на вопросы системы — откроется ГИ пользователя программы Specetra (см. рис. 1.3) с загруженным проектом в виде, представленном на рис. 1.31.

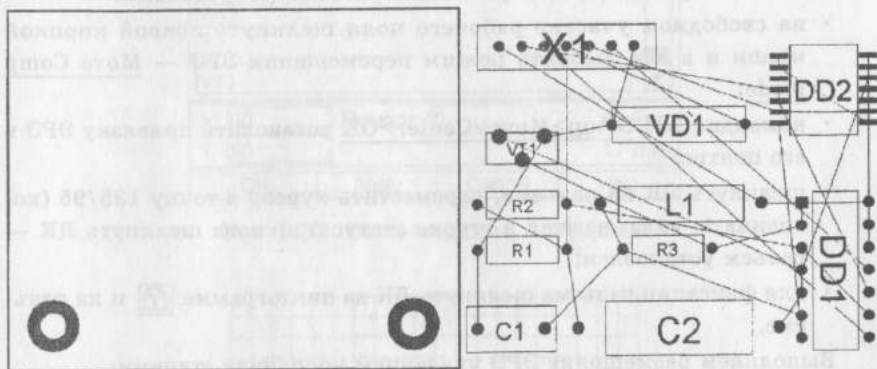


Рис. 1.31. Тестовый проект после его загрузки в программу SPECCTRA

**4. Работа в программе SPECCTRA.** Перед установкой ППР выполним подготовку рабочей среды командами: 1) перейти в режим размещения командой File>Placement Mode; 2) вписать проект в экран командой View>Zoom>ALL; 3) отключить режим показа связей командой View>Guides>Off; 4) показать обозначения ЭРЭ командой (View>Labels>RefDes>OK).

Устанавливаем ППР этапами:


- Rules>PCB>PermittedSide>Front>Apply>OK — задано одностороннее размещение на слое Front (сторона установки ЭРЭ);
- после Rules>PCB>Spacing установить поле ALL=0.5 и нажать кнопки Apply и OK — установлен глобальный зазор между ЭРЭ = 0,5 мм;
- после Rules>Component>Spacing>Pick Component>X1>OK установить поле ALL=2 и нажать OK — установлен зазор = 2 мм для разъема X1;
- для задания сетки размещения = 1,25 мм надо после Autoplace>Setup присвоить значение 1.25 полю PCB Placemrnt Grid и нажать OK.

Формируем две области запрета размещения ЭРЭ этапами:

- после: Define>Keepout>ByCoordinates установить флажок Rectangle в поле Outline и следующие поля: Type=Place, KeepoutID=Keepout1;

- ввести координаты XL=111.25, YL= 61.25, XH= 118.75, YH= 68.75 и нажать кнопку Apply — первая область запрета будет выделена штриховкой;
- задать область Keerout2, изменив XL=151.25 и XH= 158.75 и нажав ОК.

Выполняем размещение и фиксацию разъема (X1) этапами:

- на свободном участке рабочего поля щелкнуть правой кнопкой мыши и в КМ выбрать режим перемещения ЭРЭ — Move Comp Mode;
- командой КМ Setup>Move>Center>ОК установить привязку ЭРЭ в его центре;
- щелкнуть ЛК на разъеме, переместить курсор в точку 135/95 (координаты указываются в строке статуса) и снова щелкнуть ЛК — разъем установлен;
- для фиксации разъема щелкнуть ЛК на пиктограмме  и на разъеме.

Выполняем размещение ЭРЭ указанием координат этапами:

- командой КМ Setup>Move>Origin>ОК задать привязку ЭРЭ в точке RefPoint;
- командой КМ Place Components>XY Location перейти в окно Place Component;
- выбрать здесь, например, строку R1, присвоить значения: X=135, Y=86,25 и Rotation=270 из первой строки (см. рис. 1.28) и нажать ОК (рис. 1.32 и рис. 1.33);
- аналогично разместить остальные ЭРЭ (рис. 1.34).

Выполняем размещение ЭРЭ в режиме перемещения этапами:

- командой: AutoPlace>Unplace>ALLComponents восстановить исходное размещение и командой КМ Move Comp Mode перейти в режим перемещения ЭРЭ;
- щелкнуть левой и затем правой клавишей мыши в центре R1 и в КМ выбрать строку Pivot>180 — ЭРЭ повернется на 180 градусов; снова щелкнуть правой клавишей и выбрать строку Pivot90 — ЭРЭ повернется еще на 90 градусов;
- переместив курсор в точку 135/85.25, щелкнуть ЛК — R1 займет свое место;
- аналогично разместить другие ЭРЭ, используя данные (см. рис. 1.28).

Выполняем автоматическое размещение ЭРЭ этапами:

- командой AutoPlace>Unplace>ALL Components вернуть исходное размещение;

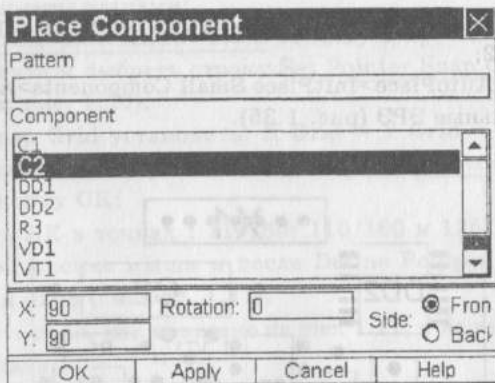


Рис 1.32. Окно задания координат

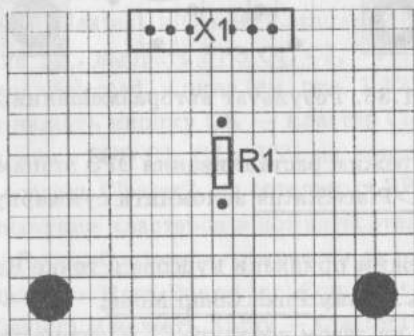


Рис 1.33. Размещение первого ЭРЭ

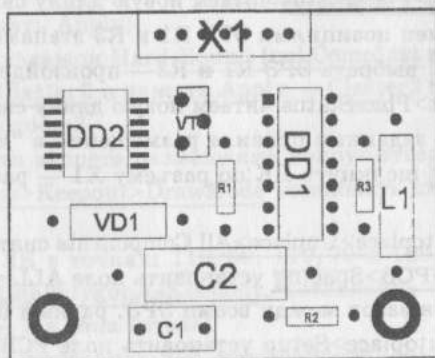


Рис. 1.34. Результат ручного размещения ЭРЭ

- командой AutoPlace>InitPlaceLargComponent>OK разместить ЭРЭ DD1 и DD2;
- командой AutoPlace>InitPlace Small Components>ALL>OK разместить остальные ЭРЭ (рис. 1.35).

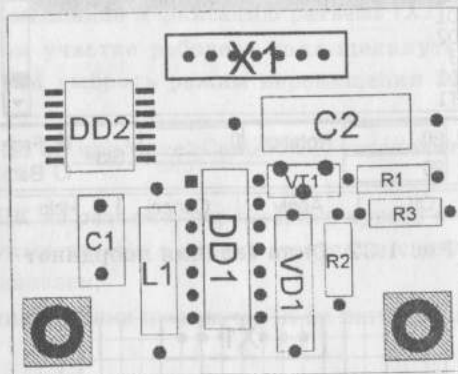



Рис. 1.35. Результат авторазмещения ЭРЭ


Демонстрируем режим расталкивания ЭРЭ этапами:

- после: Report>PlaceStatus запомнить суммарную длину связей = 571,25 мм;
- установить режим привязки курсора к точке RefPoint ЭРЭ (с. 12);
- в КМ выбрать строку Push Comp Mode;
- щелкнуть ЛК на левом контакте C1 и переместить его на один шаг вверх, снова щелкнуть ЛК — ЭРЭ C2, VD1 и DD1 будут подвинуты вверх;
- после: Report>PlaceStatus читаем новую длину связей = 568,75 мм.

Выполняем обмен позициями ЭРЭ R1 и R3 этапами:

- командой  выбрать ЭРЭ R1 и R3 — произойдет их обмен;
- после: Report>PlaceStatus читаем новую длину связей = 601,25 мм.

Устанавливаем заданные правила размещения в “комнаты”:


- командой  щелкнуть ЛК по разъему X1 — разъем будет зафиксирован;
- командой Autoplace>Unplace>All Components снять с платы все ЭРЭ;
- после Rules>PCB>Spacing установить поле ALL = 0.2 и нажать OK — установлен зазор между всеми ЭРЭ, равный 0,2 мм;
- командой Autoplace>Setup установить поле PCB Placement Grid = 1,25 и щелкнуть ЛК на кнопке OK — установлен требуемый шаг сетки.



Создаем комнаты этапами:

- после Define>RoomDraw>Mode щелкнуть правой кнопкой мыши в зоне проекта и выбрать строку Set Pointer Snap Grid — откроется меню (см. рис. 1.10);
- в зоне Snap Grid установить: X Grid = Y Grid = 1.25, установить далее флажок Show Snap Grid Cursor и вернуться в рабочее поле, нажав кнопку ОК;
- щелкнуть ЛК в точках : 110/60; 110/100 и 125/100 — щелкнуть по правой кнопке мыши и после Define Polygon As Room>ОК — откроется окно (см. рис. 1.11);
- установить поля, как показано на рис. 1.11, и нажать ОК — 1-я комната создана;
- при создании комнаты Room2 ввести точки перегиба: 125/60; 125/100 и 160/100, и включить флажок Back в поле Digitized room OutLine окна (см. рис. 1.11).

Создаем кластеры Cluster1 и Cluster2 этапами:

- пиктограммой , выбрать ЭРЭ C1, C2, VT1, выполнить команду Define>Cluster>Selected, в окне (см. рис. 1.12) установить флажок Floor Plan и нажать кнопку ОК — кластер Cluster1 создан;
- снять выделение с ЭРЭ C1, C2 и VT1 их повторным выбором;
- аналогично создать Cluster2, из остальных ЭРЭ (кроме X1).

Выполним назначение кластеров в комнаты этапами:

- после Rules>Room>Contents — откроется окно (см. рис. 1.12);
- установить флажок Hard-Bound Incl CompList и в окне Clusters выбрать имя Cluster1 и нажать Apply — Cluster1 будет жестко связан с комнатой room1;
- перейти к назначению кластера для 2-й комнаты: в окне (см. рис. 1.12) нажать Pick Room, в окне Pick Active Room выбрать комнату room2, нажать Apply;
- установить флажок Hard-Bound Incl CompList и в окне Clusters выбрать имя Cluster2 и нажать Apply — Cluster2 будет жестко связан с комнатой room2.

Задаем области запрета размещения вокруг отверстий этапами:

- после Define>Keepout>DrawMode установить шаг сетки полигона = 1,25 мм;
- щелкнуть ЛК в точках: 110/60, 110/70 и 120/70 и, выбрав в КМ строку DefinePolygonAsKeepout, установить флажок Place и нажать ОК — 1-я зона готова;
- аналогично построить 2-ю зону запрета (вокруг правого отверстия).

Задаем ориентацию и выполняем размещение ЭРЭ этапами:

- после Rules>Component>Permitted Orientation>Pick Component>C2>OK и, установив флажок Vertical панели Front, нажать Apply — задана ориентация C2;
- задать ориентацию для ЭРЭ - VT1 (в слое Front) и R1, R2 и R3 (в слое Back);
- разместить ЭРЭ типа Large: Autoplace>InitPlace Large Components>OK;
- завершить размещение командой: Autoplace>InitPlaceSmallComponents>All>OK.

## Содержание отчета

1. Цель работы и исходное индивидуальное задание на выполнение работы.
2. Команды подготовки проекта к размещению в программах Sch и PCB и результат их выполнения.
3. Команды и результаты выполнения каждого пункта задания.

## Контрольные вопросы

1. Порядок перехода от принципиальной электрической схемы к проекту на ПП.
2. Цель и порядок формирования классов цепей в программах PCB и SPECCTRA.
3. Взаимодействие ППР при трассировке ЭРЭ.
4. Взаимодействие ППР при размещении ЭРЭ.
5. Назначение кластеров и порядок размещения суперкластера на ПП.
6. Цель и порядок формирования комнат в программе SPECCTRA.
7. Как осуществляется добавление и удаление ЭРЭ и связей в проект?
8. Цель и порядок присвоения типа (например, Small) ЭРЭ проекта.
9. Расскажите о порядке ручного размещения ЭРЭ в программе SPECCTRA.
10. Расскажите о порядке авторазмещения ЭРЭ в программе SPECCTRA.
11. Опишите порядок интерактивного размещения ЭРЭ в программе SPECCTRA.
12. Порядок работы с пунктами Select и Rules меню программы SPECCTRA.

## Работа 2.

### ТРАССИРОВКА ПРОВОДНИКОВ





Цель занятия — научить студентов правилам взаимодействия программ PCAD-2002 ↔ SPECSTRA и выполнению трассировки проводников с помощью ГИ пользователя программы SPECSTRA.

#### Общие сведения

Запуск SPECSTRA в режиме трассировки выполняется из редактора PCB системы PCAD-200X. Проект, который передается в систему SPECSTRA, должен содержать вариант размещения ЭРЭ в поле ПП, ограниченном контуром в слое Board. Знакомый нам по предыдущему занятию проект `demo1_u.pcb` будет использоваться далее при изучении ГИ трассировки программы SPECSTRA.

Вызов программы SPECSTRA из PCB выполняется этапами:

- командой программы PCB `File>Open>demo1_u` загрузить проект из папки `c:\DP`;
- после `Route>Autorouters` в ПМ Autorouter выбрать строку SPECSTRA, нажать Start и ответить утвердительно на вопросы системы — откроется окно (см. рис.1.2);
- нажать кнопку `Select Highlighted Product` — откроется окно интерфейса трассировки программы SPECSTRA (см. рис.1.3) с загруженным проектом `demo1_u`.

Пиктограммы команд трассировки приведены ниже. Пиктограмма выбора ЭРЭ  была рассмотрена на первом занятии. Пиктограммы выбора цепей  (SelectNet), проводников —  (SelectWire) и связей между парами контактов —  (SelectGuide) имеют альтернативные команды вызова и в главном меню (пункт Select) и в КМ. Остальные пиктограммы имеют альтернативу только в КМ.



Select  
Comp



Select  
Net



Select  
Wire



Select  
Guide



Edit  
Route



Move  
Route



Copy  
Route



Critic  
Route




Cut  
Segment




Delete  
Segment

Работу команд рассмотрим, используя текущий проект ПП.

Режим выбора цепей устанавливается либо пиктограммой  либо командой КМ `Select>Net Mode`, либо командой ПМ `Select>Nets>Sel Net Mode`.

В режиме выбора цепей при щелчке ЛК на любом контакте: (1) выбираются все контакты цепи, подключенной к этому контакту, (2) показывается кратчайшая связь цепи и (3) в строке Message отображается имя цепи. Проведем выбор цепи EN2, подключенной к 1-му (квадратному) контакту ЭРЭ U7 этапами:

- выключить режим показа связей проекта: View>Guides>Off;
- командой  перейти в режим выбора цепей;
- щелкнуть ЛК на первом контакте U7 — цепь EN2 будет выбрана (рис. 2.1); повторный щелчок ЛК на контакте выделенной цепи снимет выделение.

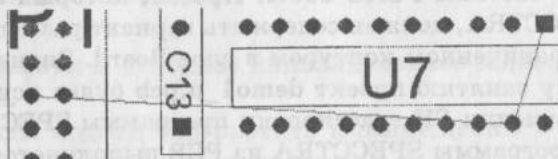



Рис. 2.1. Цепь EN2 после выбора

Продемонстрируем остальные варианты выполнения команды SelectNets:

- команда Select>Nets>Selecte All выбирает все цепи проекта;
- команда Select>NetsUn>Selecte ALL снимает выделение всех цепей;
- команда Select>Nets>ByList>EN2>Fit Selection>Close позволяет выбрать и вписать в экран все контакты цепи EN2 из списка: (рис. 2.1);
- команда Select>Nets>By Class выбирает цепи, принадлежащие классу (классам); в данном проекте: класс Enable образуют цепи: EN1, EN2, EN3 и EN4, и класс P/G — цепи: GND и VCC (обзор по команде: Report>Specify>Classes);
- команда: Select>Nets>ByClass>P/G>Select>OK выбирает цепи класса P/G.

*Режим выбора проводника* устанавливается либо пиктограммой , либо командой КМ Select>Wires Mode, либо командой ПМ Select>Wires>Sel Wire Mode.

Демонстрацию команды выполним за 3 шага.

На первом шаге установим ширину 1 мм проводников цепи GND этапами:

- командой Rules>Net>Clearance открыть окно Net Clearance Rules;

- нажать на кнопку Pick Net — откроется список всех цепей проекта;
- щелчком ЛК выбрать строку GND и кнопкой ОК закрыть список;
- в поле Wire Width окна Net Clearance Rules ввести значение 1 и нажать ОК.

На втором шаге строим проводники в режиме ручной разводки этапами:

- в КМ выбрать режим ручной разводки — Edit Routing Mode;
- показать сетку трассировки на экране командой View>Layers>Wire Grid;
- подвести курсор к контакту ЭРЭ C22 — он примет форму карандаша (рис. 2.2);
- щелкнуть ЛК — на экране появятся связи цепи GND, в строке статуса — имена цепи и текущего слоя трассировки, а контакты цепи будут выбраны;
- клавишей F6 перейти в слой Top — имя слоя отобразится в строке состояния;
- щелкнуть ЛК на контакте C15 — будет построен проводник в слое TOP (рис. 2.3);
- последовательно щелкнуть ЛК в левом верхнем контакте ЭРЭ U6 и в точке A проводника (рис. 2.3) — будет построен 2-й проводник в слое TOP (рис. 2.4);
- командой File>Write>Wires>OK записать трассы на диск, задав имя W1.



Рис. 2.2.  
Изменение формы курсора

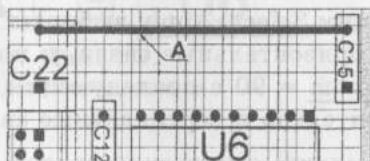


Рис. 2.3. Трассировка проводника А

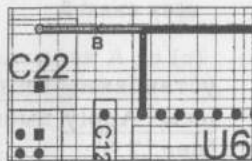






Рис. 2.4. Выделение проводника В

На третьем шаге демонстрируем отличия команд  и  этапами:

- нажать пиктограмму  и щелкнуть ЛК в точке В (рис. 2.4) — будет выбран только проводник от верхнего контакта C22 до точки ветвления трассы;

• нажать пиктограмму  и щелкнуть ЛК в точке В (рис. 2.4) — будет выбрана вся проведенная трасса, все связи и контакты цепи GND.

Режим выбора связей между парой контактов устанавливается либо пиктограммой , либо командой КМ Select>Guide Mode, либо командой ПМ Select>Guides>Sel Guide Mode. Продемонстрируем ее действие на примере выбора и вписывания в экран всех связей элементов: P1, C12, C13, U6 и U7 этапами:

- командой View>Guides>Selected — включить показ выбранных связей;
- по команде Select>Components>By List — открыть список всех ЭРЭ;
- удерживая клавишу CTRL, выбрать указанные ЭРЭ, установить флажок Fit>Selector, закрыть окно со списком и снять выделение с ЭРЭ.

Полученный на экране прямоугольник имеет координаты концов диагонали (в формате x/y) 73/78 и 28/108 — рис. 2.5. Рассмотрим далее варианты выполнения команды ПМ Select>Guides этапами:

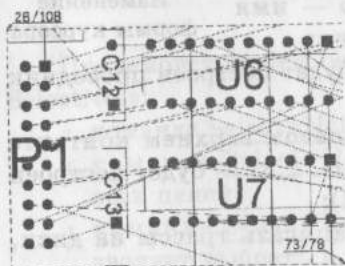





Рис. 2.5. Выбор всех связей

- команда Select>Guides>SelectALL выбирает все связи проекта (рис. 2.5);
- команда Select>Guides>ByDegree после установки в одноименном окне полей Minimum = Maximum = 90 с последующим Select>Apply выбирает все горизонтальные связи, и после

установки Minimum = Maximum = 90 с последующим Select>Apply выбирает дополнительно и вертикальные связи (рис. 2.6);

- команда Select>Guides>ByArea после установки в полях FromVertex и ToVertex координат диагонали (73/78 и 28/108) прямоугольного окна (с последующим Select>Apply) — выбирает только связи внутри этого окна (рис. 2.7).

**Проведение трассы.** Данный режим устанавливается пиктограммой  либо командой контекстного меню Edit Route Mode. В падающем меню этой команды нет. Эта команда была выполнена выше при обсуждении отличия команд  и .



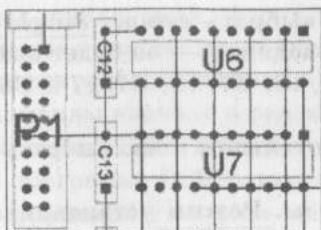


Рис. 2.6.  
Выбор ортосвязей

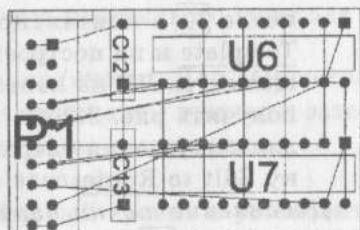



Рис. 2.7.  
Выбор связей в окне

**Перемещение трассы.** Данный режим устанавливается пиктограммой , или командой контекстного меню **Edit Move Mode**. Действие команды покажем на примере сдвига вертикального проводника влево в топологии W1 этапами: (1) считываем топологию W1 (рис. 2.4) — после **File>Read>Wires** в поле Browse ввести W1 и нажать **OK**; (2) после щелкнуть ЛК на проводнике — он будет выбран; (3) сдвинуть курсор влево и снова щелкнуть ЛК — рис. 2.8.

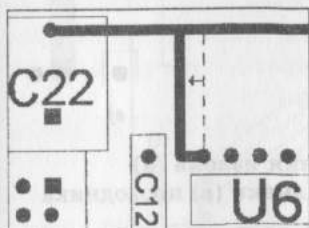
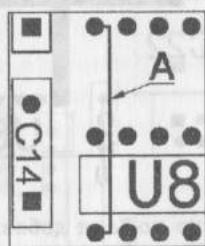
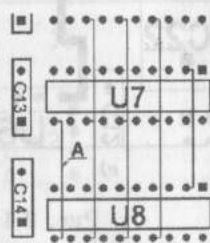


Рис. 2.8.  
Сдвиг проводника




а)





б)



Рис. 2.9. Проводник А до (а) и после (б) копирования

**Копирование трасс.** Режим устанавливается пиктограммой , или командой контекстного меню **Copy Route Mode**. Команда копирует одну или нескольких трасс. Для демонстрации команды построим проводник цепи D0 между контактами U7/11 и U8/11 и проведем его копирование этапами:

- щелкнуть ЛК на контакте U8/11, далее — в точке “ на 1 мм правее (контроль по строке статуса) и после щелчка правой кнопкой мыши выбрать в контекстном меню строку **Finish Route** — получить рис. 2.9,а;

- после  в контекстном меню выбрать строку Single Wire Template и на построенном проводнике — он будет выбран;
- щелкнуть ЛК на контактах U7/13, U7/15, U7/17 и U8/2 — получить рис. 2.9,б;
- для завершения операции в контекстном меню выбрать строку Edit to Route.

**Добавление точки излома трассы.** Режим устанавливается пиктограммой  или командой контекстного меню Cut Segment Mode. Действие команды продемонстрируем на примере добавления и удаления точки излома в центр вертикального проводника (см. рис. 2.4) этапами:

- после  щелкнуть ЛК в середине вертикального проводника — место вставки точки излома будет помечено косым крестом;
- командой  сдвинуть нижнюю часть вертикального проводника влево на 2 мм и щелкнуть ЛК — рис. 2.10 (при возврате трассы точка излома исчезнет).

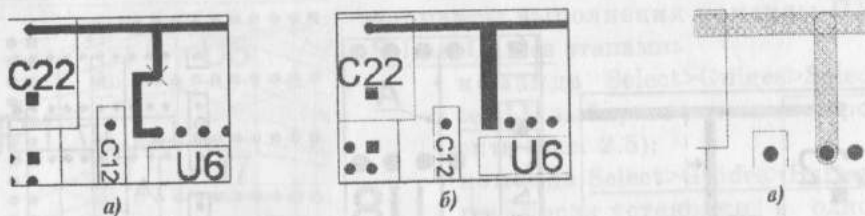







Рис. 2.10. Действие команд добавления излома (а) изменения ширины (б) и изменения узора заливки (в) проводника

**Оптимизация трассы.** Режим устанавливается пиктограммой  или командой контекстного меню Critic Route Mode. Действие команды  трассы покажем на примере спрямления изогнутой трассы (рис. 2.10), для чего нажать  и щелкнуть ЛК на изогнутой трассе — трасса примет прежний вид (см. рис.2.4).

**Удаление трассы.** Режим устанавливается пиктограммой  или командой КМ Delete Segment Mode. Команда  удаляет проводник (при щелчке на нем ЛК) либо удаляет группу проводников, если заключить удаляемую группу в окно.

**Дополнительные команды.** Некоторые команды не имеют пиктограмм и отсутствуют в ПМ, но являются весьма полезными. К ним относятся: трассировка сразу нескольких проводников

(шины), выполнение “фаски”, выбор типа контактного перехода и изменение ширины проводника.

Трассировка нескольких проводников (шины). Для демонстрации команды вначале в редакторе PCB подготовим пример и затем в программе SPECCTRA проведем собственно трассировку.

В программе PCB готовим пример этапами:

- командой File>New создать дюймовый проект и установить шаг сетки 2,54”;
- командой Library>Setup из паки c:\Program Files\PCAD-2002\lib подключить к проекту библиотеку WD Peripheral FD Data Sep-Seq;
- командой Place>Component установить два ЭПЭ WD9216-00PA в точки 25,4/25,4 и 50,8/38,1 и сделать текущим слой TOP;
- командой Place>Connection соединить контакты 8,7,6, 5 ЭПЭ U1 соответственно с контактами 1,2,3,4 ЭПЭ U2;
- вокруг ЭПЭ построить прямоугольный контур платы в слое Board, используя линию толщиной 0.254 мм — пример готов (рис. 2.11,а);
- сохранить файл в папке проекта под именем Shina.PCB;
- перейти в программу SPECCTRA командой Place>Autoplacement>Start.

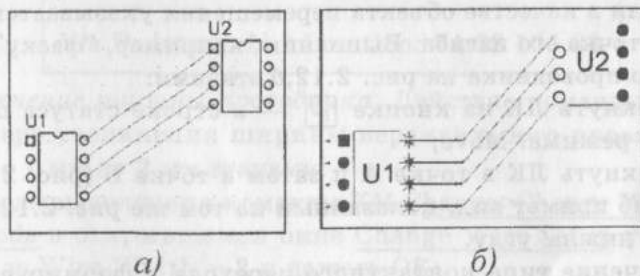



Рис. 2.11. Исходная шина в программах PCB (а) и SPECCTRA (б)

В программе SPECCTRA построить шину (вариант 1) этапами:

- командой  перейти в режим ручной трассировки;
- командой Autoroute>Setup открыть окно Routing Setup для задания сетки;
- нажать кнопку Setup Wire Grid, выбрать закладку Wire, в поля X Grid и Y Grid ввести значение 1,27 и после Apply>OK>OK — сетка задана;

- нажать ЛК в центре контакта U1/8 и отпустить в центре контакта U1/5 — будут выбраны все контакты шины;
- переместить мышь на пять шагов сетки вправо и щелкнуть ЛК — рис. 2.11,б;
- переместить мышь вверх до уровня контакта U2/2 и щелкнуть ЛК (рис. 2.12,а);
- щелкнуть ЛК на контакте U2/1 — жгут построен (рис. 2.12,б).

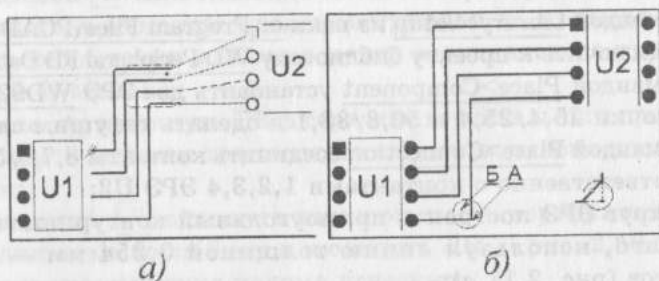





Рис. 2.12. Начальный (а) и конечный (б) этапы построения шины

Выполнение “фаски под углом 45°” система выполняет рассмотренной выше командой перемещения проводника (пиктограмма ) , если в качестве объекта перемещения указывается не проводник, а точка его изгиба. Выполним, например, “фаску” в точке А нижнего проводника на рис. 2.12,б этапами:

- щелкнуть ЛК на кнопке  — в строке статуса появится имя режима: Move;
- щелкнуть ЛК в точке А и затем в точке Б (рис. 2.12,б) — изгиб примет вид, показанный на том же рис. 2.12,б в правом нижнем углу.

Назначение типа контактного перехода. Сформируем в РСВ переходное отверстие (ПО) V и назначим его для трассировки цепей питания этапами:

- командой: Пуск>Программы>P—CAD 200X>PCB запустить редактор РСВ;
- командой: File>Open>demo1\_u и загрузить из папки c:\DP проект платы;
- после Options>Via Style>Copy присвоить ViaStyle=V и, последовательно выбрав: OK>V>Modify (Simple), изменить поля: Shape=Ellipse, Width=Height= 1.4, Diameter = 0.8 и нажать OK>Close — переходное отверстие V создано;

- после Option>NetClasses>P/G>Edit>ADD>Net>ViaStyle установить Value=V и нажать OK>OK>Close — стиль V назначен для разводки цепей питания;
- командой Place>Autoplacement>Start перейти в программу SPECCTRA, ответив утвердительно на все вопросы системы;
- командой Autoroute>Route>OK выполнить автоматическую трассировку;
- по команде , щелкнуть на переходном отверстии и в открывшемся окне Mesure прочитать информацию о его типе и точных координатах вида:

Net: VCC

Via Padstack: V Location: 74.62 106.33

- командой КМ: Change>Change Via Mode установить режим изменения ПО;
- командой КМ: Setup Change Via в открывшемся окне щелкнуть ЛК на строке bb1, на кнопке ОК и на ПО — его диаметр уменьшится в полтора раза, а команда “линейка” даст следующую информацию о типе и координатах отверстия:

Net: VCC

Via Padstack: bb1 Location: 74.62 106.33

*Изменение ширины проводника.* Действие команды покажем на примере увеличения ширины вертикального проводника на рис. 2.4 с 1 мм до 2 мм этапами:

- после выполнения команды КМ Change>Change Wire Width Mode в открывшемся окне Change Wire Setup установить поле Wire Width = 2 и нажать OK;
- щелкнуть ЛК на вертикальном проводнике — он изменит ширину (см. рис. 2.10,б);
- выйти из режима ChangeWireMode, выбрав Cancel в контекстном меню.

На рис. 2.11 проводник в слое TOP имеет сплошную черную заливку. Изменить узор заливки со сплошного (■ — рис. 2.10,б) на сетчатый (■ —рис. 2.10,в) можно воспользовавшись таблицей палитры цветов, о которой речь пойдет далее.

*Работа с палитрой цветов.* Цвета контура и заливки полигонов (проводников, контактов) задаются в таблице палитры слоев

(рис. 2.13), открываемой командой View>Color Palette. Здесь слои, содержащие полигоны, представлены тремя кнопками, а не содержащие — двумя. На первой (слева) кнопке написано имя слоя, вторая (если имеется) — служит для задания узора заливки полигона, а самая правая — для задания цвета слоя. Первая кнопка служит для просмотра цвета и узора заливки полигонов в слое, так как при ее нажатии выделяются соответствующие им кнопки в окнах Color Chips и Pattern Chips. Рассмотрим действие остальных кнопок на примере слоя Top, содержащего полигоны — трассы. Выполним изменение вида проводника на рис. 2.10,б со сплошного красного на черный в сетку этапами:

- в окне Color Palette в колонке Object List нажать вторую кнопку в строке с именем слоя Top, на кнопку с узором сетки (колонка 1 ряд 3) в окне Pattern Chips и на кнопку Apply — произойдет изменение узора заливки;
- нажать третью кнопку в той же строке, на кнопку черного цвета (колонка 6 ряд 2) в окне Color Chips и на кнопку Apply — произойдет изменение цвета заливки контура трассы на черный (рис. 2.10,в).

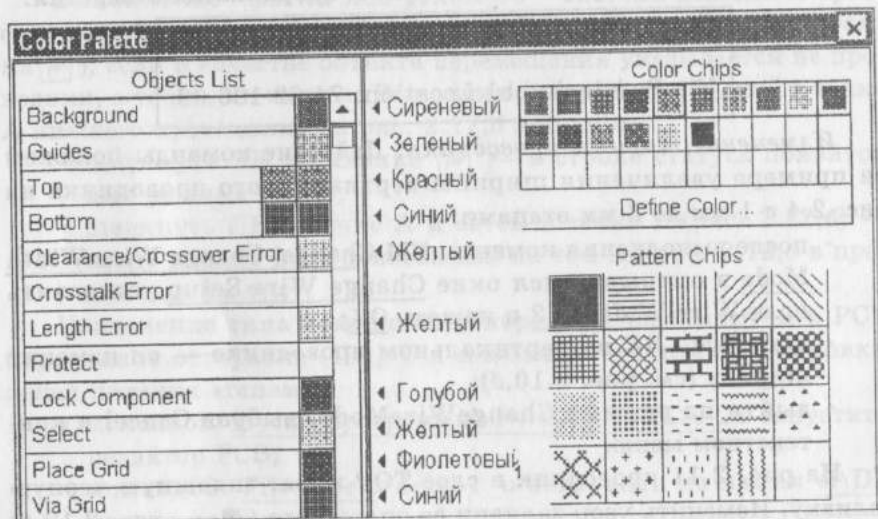


Рис. 2.13. Окно установки параметров слоев проекта

**Правила проектирования.** Действия системы при трассировке проводников подчиняются определенным правилам, под которы-



ми понимается совокупность конструктивно-технологических параметров, установленных в ТЗ на данный проект. В общем случае правила на этапе трассировки позволяют установить:

- ширину проводников и величину топологических зазоров (Clearance),
- параметры подключения трасс к площадкам (Wiring),
- контрольные точки на плате (Testpoint),
- допустимые временные задержки на проводниках (Timing),
- уровень перекрестных помех на параллельных проводниках (Crosstalk),
- уровень шумов на параллельных проводниках (Noise).

При определении ППР возможна ситуация, при которой для одинаковых объектов, принадлежащих разным уровням проекта, заданы разные правила. Например, для цепей питания, принадлежащих некоторому классу (уровень Class), заданы параметры ширины проводника 0,5 мм и зазоров 0,3 мм, а для всех проводников платы (уровень PCB) — соответственно 0,2 мм и зазоров 0,1 мм. Чтобы исключить возникновение конфликтных ситуаций при определении ППР, каждому уровню проекта присвоен свой приоритет. Строка приоритетов уровней, введенная на первом занятии, при трассировке имеет вид:

```
PCB < Layers < Class < Class Layer < Groupe Set < Groupe Set <
< Layer < Net Selected Net < Net Layer < Groupe <
< Groupe Layer < Fromto < Fromto Layer < Cass to Class <
< Cass to Class Layer < Padstack < Rgion.
```

Приоритет PCB-уровня ниже, чем Class -уровня, поэтому при трассировке всех цепей, кроме цепей питания, система примет правило ширины (0,2 мм), правило зазоров (0,1 мм), а при трассировке цепей питания — правило ширины (0,5 мм) и правило зазоров (0,3 мм). ППР устанавливаются и соблюдаются системой на всех уровнях проекта. Проверим, например, соблюдение системой установленных только что правил ширины и зазоров этапами:


- командой Define>FogetNetRules открыть одноименное окно со списком цепей;
- удерживая клавишу Ctrl, выделить имена всех цепей и нажать ОК — будут аннулированы все правила трассировки для всех цепей проекта;

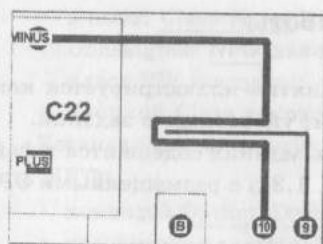
- командой: Rules>PCB>Clearance открыть одноименное окно, в котором можно задавать правила ширины и зазоров для уровня PCB;
- присвоить значения полям: Wire Width = 0.2; ALL = 0.1 и нажать Apply — заданы требуемые правила ширины и зазоров для проводников уровня PCB;
- установить флажок Tapier Wire, блокируя изменение ширины проводника в точке подключения к контактам, и нажать ОК;
- командой: Rules>Class>Clearance открыть окно задания правил ширины и зазоров для уровня Class и кнопкой Pick Class открыть окно выбора классов;
- командой P/G>Apply выбрать класс цепей питания;
- присвоить значения полям: Wire Width = 0.5; ALL = 0.3 и нажать Apply — заданы требуемые правила ширины и зазоров для цепей питания уровня Class.

Выполним построение части цепи питания GND (уровень Class) от контакта U6/10 до контакта C22/MINUS (верхнего контакта C22) этапами:

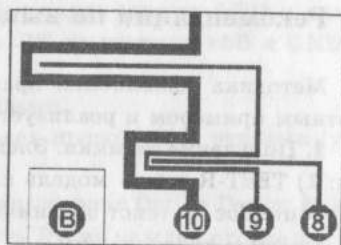
- командой КМ Edit Routing Mode перейти в режим ручной разводки и выбрать контакт U6/10 — будут выбраны контакты цепи GND;
- переместить мышь до уровня верхнего контакта C22, щелкнуть ЛК и затем снова щелкнуть ЛК на самом контакте C22/MINUS — цепь построена.

Оставаясь в ручном режиме, построим часть проводников сигнальных цепей DA0 и D7 (уровень PCB) и проверим зазоры и ширину проводников этапами:

- выбрать контакт U6/9 сигнальной цепи DA0, переместить курсор вертикально вверх до уровня середины левого проводника, щелкнуть ЛК, переместить курсор влево до середины верхнего проводника, толкая соседний проводник, после чего щелкнуть ЛК и в КМ выбрать строку Done — готово (рис. 2.14,а);
- выбрать контакт U6/8 сигнальной цепи D7, поднять курсор до уровня одной трети соседнего проводника, щелкнуть ЛК, переместить курсор влево до середины верхнего проводника, толкая соседние проводники, щелкнуть ЛК, и далее в КМ выбрать строку Done — готово (рис. 2.14,б);
- с помощью общей команды  (линейка) можно проверить, что все правила ширины проводников и зазоров между ними соблюдены.



а)



б)

Рис. 2.14. Демонстрация соблюдения системой заданных зазоров при простой (а) и сложной (б) коррекции топологии

Автоматическая трассировка проекта выполняется командой ПМ Autoroute>Route>OK, при выполнении которой можно потребовать минимизацию длины всех проводников, включив флаг Miter After Route в окне Autoroute, открывающемся сразу после выдачи команды Autoroute>Route.

### Задание

- Получить на компакт-диске вариант задания в виде:
  - PCB-файл, содержащий вариант размещения ЭРЭ на плате;
  - DOC-файл, содержащий текст задания (правила трассировки и др.).
- В программе PCB выполнить: (1) чтение проекта ПП с заданным размещением; (2) трассировку шин питания; (3) формирование классов цепей и зоны трассировки, после чего (4) перейти в программу SPECSTRA.
- В программе SPECSTRA выполнить следующие пункты согласно заданию:
  - ввести общие ППР уровня PCB и зону трассировки;
  - сформировать классы цепей и задать ППР уровня CLASS;
  - выполнить ручные операции (коррекция, сдвиг, удаление трасс и др.);
  - выполнить трассировку шин питания задание на трассировку жгута;
  - выполнить автоматическую трассировку.
- Сделать выводы по работе и составить отчет. В отчете отразить: 1) результат и время выполнения каждой операции, 2) соблюдение системой заданных ППР, 3) причины нарушения ППР, 4) чертежи ручного и автоматического вариантов окончательной разводки.

## Рекомендации по выполнению работы

Методика выполнения практического занятия иллюстрируется конкретным примером и реализуется по пунктам, указанным в задании.

**1. Получение задания.** Электронная часть задания содержится в файлах: 1) TEST-R.pcb — модель платы (см. рис. 1.34) с размещенными ЭРЭ и 2) route.doc — текст задания.

Правила трассировки:

- в программе PCB: задать ширину проводников 0,3 мм и зазор 0,25 мм;
- сформировать переходное отверстие V (диаметр сверла 0,8 мм, диаметр металлизации 1,4 мм) и использовать его для трассировки цепей проекта;
- в программе SPECCTRA: задать шаг сетки трассировки проводников, равный 0,625 мм и шаг сетки установки ПО, равный 1,25 мм;
- задать ширину 0,7 мм для проводников цепей питания;
- контур зоны трассировки определен координатами следующих точек перегиба: 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, 111,25/68,75.

Задание на выполнение трассировки:

- в программе PCB: 1) на базе цепей питания построить класс PW; 2) в слое TOP провести и защитить от перетрассировки шину цепи GND шириной 2 мм;
- в программе SPECCTRA: 1) сформировать класс SIG на базе сигнальных цепей; 2) в слое BOTTOM построить и защитить ее от перетрассировки шину цепи +5V шириной 2 мм;
- выполнить ручную разводку цепи A4 и проверить команду перемещения проводников на правом ее горизонтальном проводнике;
- выполнить построение проводников остальных цепей в интерактивном и автоматическом режимах, включив режим минимизации длины проводников.

**2. Работа в редакторе PCB.** Выполняем чтение проекта TEST-R.pcb этапами:

- на рабочем столе Windows XP командой Пуск>P-CAD PCB запустить редактор ПП PCB системы PCAD-2002;
- командой FileOpen загрузить из папки проекта заданный файл ПП TEST-R.pcb (рис. 2.1).

Выполняем формирование класса PW этапами:

- командой Option>Net Classes — открыть окно Net Classes;

- в поле: Class Name ввести имя PW, нажать кнопку ADD и в окне Unassigned Nets дважды щелкнуть ЛК на строках +5В и GND — класс PW построен;
- кнопкой Close закрыть окно Net Classes.

Устанавливаем ширину 0,3 мм для всех проводников этапами (уровень NET):

- командой Option>Design Rules — открыть окно Option Design Rules;
- удерживая клавишу CTRL, щелкнуть ЛК на каждой строке в списке Nets и в поле Net Rules нажать кнопку ADD — откроется окно Attributes;
- щелкнуть ЛК на кнопке ADD —откроется окно Place Attributes;
- щелкнуть ЛК на строках Net и Width и в поле Value ввести значение 0.3;
- командой OK>OK>Close завершить выполнение этапа.

Устанавливаем зазор 0,25 мм между проводниками топологии этапами:

- командой Option>Design Rules>Design (щелкая клавишей Delete) очистить окно Design и нажать кнопку ADD — откроется окно Place Attribute;
- последовательно выбрать строки: Clearance>LineToLineClearance, в окне Value ввести значение зазора 0.25 и, нажав OK, вернуться в окно Design;
- такие же зазоры ввести для категорий: ViaToPadClearance (между ПО и площадкой), ViaToLineClearance (между ПО и проводником), PadToLineClearance (между площадкой и проводником), ViaToViaClearance (между ПО) и между площадками — PadToPadClearance.

Выполняем построение шины цепи GND этапами:

- сделать текущим слой TOP, выбрав его из списка слоев в строке статуса;
- установить шаг сетки 1,25 мм, выбрав его из списка слоев в строке статуса;
- по команде Route>Manual, последовательно щелкая ЛК в точках 115/76,25 115/72,5 140/72,5 140/75, — построить часть цепи GND;
- после Edit>Select щелкнуть ЛК на левом вертикальном проводнике и нажать Delete — отрезок будет удален (аналогично удалить второй вертикальный проводник) — построена шина цепи GND шириной 0,3 мм.

Увеличиваем ширину шины до 2 мм этапами:

- щелкнуть на шине левой и правой кнопкой мыши — откроется КМ, в котором следует выбрать строку Properties;
- в открывшемся окне Line Properties установить поле Width=2 и нажать OK — ширина шины будет увеличена до 2 мм.

Защищаем шину от перетрассировки в программе Specetra этапами:

- после Edit>Select>Edit>Nets>GND нажать кнопки Edit и ADD;
- в окне Attribute Category выбрать строку Router, в окне Name — строку Ripup, в окне Value ввести No и после OK>OK>Close — защита установлена.

Выполняем переход в программу SPECCTRA этапами:

- сохранить файл проекта в папке проекта командой File>Save As, указав имя проекта Test-SP и в поле Тип файла — значение ASCII Files;
- после Place>Autoplacement>Command Line снять флажок в поле Quit when done, нажать кнопки OK>Start и ответить утвердительно на вопросы системы — откроется ГИ пользователя программы Specetra (см. рис. 1.3) с загруженным проектом в виде, представленном на рис. 2.15.

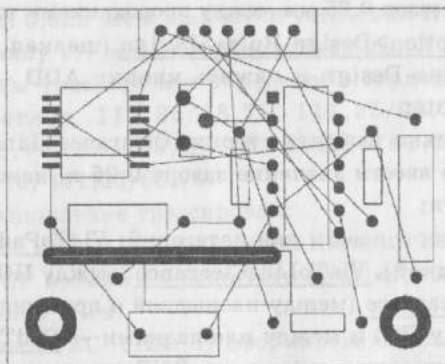


Рис. 2.15. Состояние заданного проекта при входе в программу SPECCTRA

### 3. Работа в программе SPECCTRA.

Формируем класс SIG на базе сигнальных цепей этапами:

- командой Define>Class>Define/ForgetByList — открыть одноименное окно;
- нажать кнопку Create Class и в открывшемся окне ввести имя SIG и нажать OK — имя нового класса появится в левом списке имен классов;
- удерживая клавишу CTRL, выбрать все цепи в среднем списке, кроме цепей питания и земли, имена выделенных цепей появятся в правом списке имен цепей, включенных в сформированный таким образом класс SIG;



- кнопкой Close закрыть окно Define/ForgetByList.
- Устанавливаем шаг (0,625 мм) сетки трассировки этапами:
- командой AutoRoute>Setup открыть окно Routing Setup;
  - нажать кнопку Setup Wire Grid, выбрать закладку Wire, ввести значение 0,625 в поля X Grid и Y Grid и командой Apply>OK>OK — закрыть все окна;
  - устанавливаем шаг (1,25 мм) установки переходных отверстий этапами;
  - командой AutoRoute>Setup открыть окно Routing Setup;
  - нажать кнопку Setup Wire Grid, выбрать закладку Via, ввести значение 1,25 в поля X Grid и Y Grid и командой Apply>OK>OK — закрыть все окна.

Устанавливаем ширину 0.7 мм проводников цепей GND и +5V этапами:

- командой Rules>Net>Clearance открыть окно Net Clearance Rules;
- кнопкой Pick Net открыть список (рис. 2.16), выбрать строку GND, нажать Apply, в поле Wire Width окна Net Clearance Rules ввести число 0.7 и нажать OK;
- в открытом еще списке (рис. 2.16), выбрать строку +5V, нажать OK, в поле Wire Width окна Net Clearance Rules ввести число 0.7 и нажать OK.

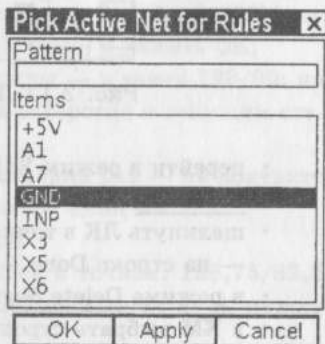


Рис. 2.16. Список цепей проекта

Выполняем построение зоны трассировки этапами:

- командой Define>Fence>Draw Mode перейти в режим черчения полигона (в строке статуса появится имя Draw Mode) и в КМ выбрать строку Set Pointer Snap Grid — откроется окно Display Grid (рис. 1.10);
- в зоне Snap Grid установить: XGrid = YGrid = 1.25, установить далее флажок Show Snap Grid Cursor и вернуться в рабочее поле, нажав кнопку OK;
- щелкнуть ЛК 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 и завершить построение зоны, выбрав в КМ строку Define Polygon As Fence.

Формируем переходное отверстие V по методике, изложенной на с. 46.

Выполняем трассировку шины +5V в слое Bottom этапами:

- после View>Guides>Selected — перейти в режим показа выбранных связей;

- после Select>Nets>ByList>+5V>Fit Selection — вписать цепь в экран (рис. 2.17);

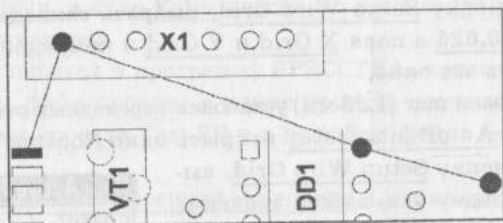


Рис. 2.17. Полный обзор контактов цепи

- перейти в режим Edit Route и клавишей F5 сделать текущим слой BOTTOM;
- щелкнуть ЛК в точках 127,5/97,5; 127,5/93,75; 155/93,75, и в КМ — на строке Done — часть трассы +5В построена;
- в режиме Delete Segment удалить вертикальный проводник;
- в КМ выбрать строки Change>ChangeWireWidthMode, установить Wire Width = 2 и нажать ЛК на Apply и в любой точке шины (рис. 2.18).

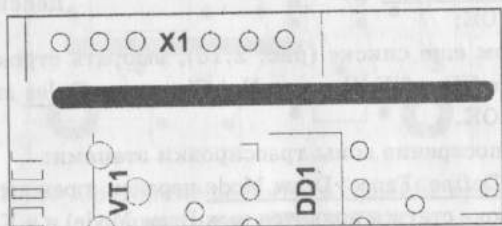


Рис. 2.18. Трассировка шины питания

Для защиты цепи +5V в командной строке ввести: protect net +5V и нажать ОК.

Установить сетки для ручной трассировки проекта:

- после Autoroute>Setup>SetupWireGrid — откроется окно Wire Grid;
- установить поля XGrid=YGrid=0.625 и кнопкой ОК закрыть окно Wire Grid;
- нажать кнопку SetupViaGrid — откроется окно Via Grid;
- установить поля XGrid=YGrid=1.25 и кнопкой ОК закрыть все окна;
- показать обе сетки: сетку трассировки и сетку установки контактных переходов командой: ☐ >Wire Grid>Via Grid>Close.

Выполняем ручную разводку цепи A4 между контактами DD2/1 и DD2/8:

- после Select>Nets>ByList>A4>FitSelection — вписать цепь A4 в экран;
- задать режим ручной разводки, выбрав в КМ: Edit Route;
- перейти в окно Interactive Routing Setup настройки параметров ручной разводки, выбрав в КМ: Setup;
- на вкладке Style установить: PointerStyle=90° (разрешить показ ортогональных направляющих линий при разводке), SnapAngle=90° (разрешить проведение только ортогональных трасс) и нажать ОК;
- щелкнуть ЛК на контакте DD2/1 и трижды — в точке 120/90: на плате появится проводник и переходное отверстие и текущим станет слой Bottom;
- трижды щелкнуть ЛК в точке 120/82,5 и один раз — на контакте DD2/8 — будет построен требуемый участок цепи A4.

Построить остальные проводники цепи A4:

- щелкнуть ЛК на контакте DD2/8 и далее в точках: 138,75/82,5 138,75/83,75 147,5/83,75 и 147,5/85 — построена цепь между контактами DD2/8 и DD1/12;
- трижды щелкнуть ЛК на контактах DD1/12 и DD1/13 —рис. 2.19.

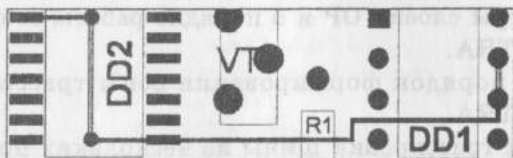



Рис. 2.19. Трасса A4 до коррекции

Переместить заданный проводник цепи A4 вверх до препятствия:

- после  — в строке статуса появится сообщение Move;
- щелкнуть ЛК в любой точке правого горизонтального проводника и переместить курсор вверх — проводник последует за курсором;
- как только проводник остановится, щелкнуть ЛК — рис. 2.20;
- завершить трассировку командой: Autoroute>Route>OK.

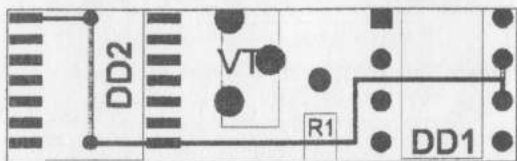


Рис. 2.20. Трасса A4 после коррекции

## Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Исходное индивидуальное задание на выполнение работы.
3. Команды установки правил трассировки в PCB и результаты их выполнения.
4. Команды перехода из программы PCB в программу SPECCTRA и обратно.
5. Команды и результаты выполнения каждого пункта задания.

## Контрольные вопросы

1. Порядок вызова программы SPECCTRA из программы PCB.
2. Порядок формирования класса цепей питания в программе SPECCTRA.
3. Применение правил “ширины—зазоров” к классу цепей питания.
4. Назначение для трассировки нового типа контактного перехода.
5. Взаимодействие ППР при трассировке проводников.
6. Параметры слоев TOP и о порядке работы со слоями в программе SPECCTRA.
7. Цель и порядок формирования зоны трассировки в программе SPECCTRA.
8. Порядок трассировки шины из нескольких проводников.
9. Порядок работы с палитрой цветов.
10. Работа с пиктограммами интерактивной трассировки программы SPECCTRA.
11. Порядок ручной трассировки проводников в программе SPECCTRA.
12. Расскажите о команде Setup KM программы SPECCTRA.
13. Работа с пунктами Select и Rules меню трассировки программы SPECCTRA.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уваров А.С. Автотрассировщики печатных плат. — М.: ДМК Пресс, 2006.—288 с.
2. Лопаткин А.В. Р—CAD 2004. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 560 с.
3. Потапов Ю.В. Система проектирования печатных плат Protel. — М.: Горячая линия-Телеком, 2003. — 704 с.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . . 3  
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ . . . . . 4  
Работа 1. РАЗМЕЩЕНИЕ ЭРЭ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ . . . . . 5  
Работа 2. ТРАССИРОВКА ПРОВОДНИКОВ . . . . . 39  
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК . . . . . 59

2. Порядок трассировки проводников в программе SPECTRA.  
3. Применение правил "ширины-зазора" в классе иной платы.  
4. Назначение для трассировки нового типа контактного переключателя.  
5. Возможность тем. план 2008, поз. 24 проводников.  
6. Параметры слоев PCB и о трассировке работы со слоями в программе SPECTRA.  
7. Цель и задачи трассировки в программе SPECTRA.  
8. Порядок трассировки проводников.  
9. Порядок трассировки проводников.  
10. Работа с программой трассировки программы SPECTRA.

Редактор *Р.Н. Фурсова*  
Компьютерная верстка *Т.С. Евгеньевой*

Сдано в набор 19.06.08. Подписано в печать 4.09.08.  
Бумага офсетная. Формат 60 × 84 1/16.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,75.  
Тираж 300 экз. Зак. 4018/027.

Издательство МАИ-ПРИНТ  
(МАИ), Волоколамское шоссе, д. 4,  
Москва, А-80, ГСП-3 125993  
Типография Издательства МАИ  
(МАИ), Волоколамское шоссе, д. 4,  
Москва, А-80, ГСП-3 125993

*Handwritten notes:*  
19.06.08  
4.09.08  
300 экз.

**ГПНТБ России**



969690A