

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронных вычислительных средств

А.В. Станкевич

***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ SPECSTRA
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ***

Учебно-методическое пособие по курсу
«Прикладные пакеты САПР проблемно-ориентированных ЭВС»
для студентов специальности «Электронные вычислительные средства»
дневной формы обучения

Минск 2006

УДК 004.9 (075.8)
ББК 32.973.26-02 я 73
С 76

Рецензент:

заведующий кафедрой радиоэлектронных средств БГУИР, профессор,
канд. техн. наук Н.С. Образцов

Станкевич А.В.

С 76 Использование системы SPECCTRA при проектировании печатных плат: Учеб.-метод. пособие по курсу «Прикладные пакеты САПР проблемно-ориентированных ЭВС» / А.В. Станкевич. – Мн.: БГУИР, 2006. – 42 с.: ил.

ISBN 985-444-946-7.

В пособии рассмотрены вопросы автоматизированного проектирования печатных узлов ЭВС с применением САПР SPECCTRA 10.2.

УДК 004.9 (075.8)
ББК 32.973.26-02 я 73

ISBN 985-444-946-7

© Станкевич А.В., 2006
© БГУИР, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ПЕРЕДАЧА ИСХОДНОГО ОПИСАНИЯ ПРОЕКТА В СИСТЕМУ SPECSTRA.....	5
1.1 Передача файла проекта из OrCAD в SPECSTRA	5
1.2 Передача файла проекта из P-CAD в SPECSTRA	6
2 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ SPECSTRA	8
2.1 Запуск SPECSTRA	8
2.2 Пользовательский интерфейс SPECSTRA.....	9
3 РАЗМЕЩЕНИЕ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ КОМПОНЕНТОВ	11
3.1 Основные понятия	11
3.2 Установка правил размещения и сетки размещения	13
3.3 Размещение компонентов, закрепленных в конкретном месте платы	16
3.4 Нанесение областей запрета размещения компонентов.....	19
3.5. Размещение больших компонентов (Large).....	20
3.6. Размещение маленьких компонентов (Small).....	21
3.7 Некоторые дополнительные возможности пакета SPECSTRA по размещению компонентов	23
4 ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ	24
4.1 Основные понятия	24
4.2 Подготовка к трассировке.....	26
4.3 Предварительная трассировка критических цепей.....	28
4.4 Подготовка к автоматической трассировке	31
4.5. Автоматическая трассировка.....	34
4.6 Редактирование полученного проекта	38
4.7 Проверка соблюдения конструкторско-технологических ограничений	39
5 ПЕРЕДАЧА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ДРУГИЕ САПР.....	40

ВВЕДЕНИЕ

Система автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат SPECCTRA (в настоящее время поддерживается фирмой Cadence Design Systems, Inc.) – достаточно мощная и популярная программа размещения компонентов и трассировки проводников печатных узлов с высокой плотностью монтажа, учитывающая большой набор правил автоматического и ручного проектирования. Пакет SPECCTRA входит в состав таких решений, как редактор печатных плат Cadence Allegro, программы для разработки печатных плат Allegro PCB SI 610 (PCB Design Expert). Помимо этого все наиболее популярные САПР печатных плат имеют средства конвертации проектов в формат файлов системы SPECCTRA.

Характерной особенностью пакета является бессеточная (ShapeBased) трассировка, при которой в общем случае обеспечивается более высокая плотность печатного монтажа по сравнению с традиционными сеточными (GridBased) трассировщиками [1]. Следует иметь в виду, что в некоторых случаях сеточная автоматическая трассировка может дать лучшие результаты, чем бессеточная, что свидетельствует о сложности учета в алгоритмах автоматической трассировки практических особенностей конкретных устройств.

Вследствие ограниченности объема пособия будут рассмотрены только основные возможности версии программы SPECCTRA 10.2 при проектировании печатных узлов. Более детально с данной САПР можно познакомиться, изучая помощь (help) пакета и документацию на данный пакет [1,2].

SPECCTRA не обладает собственными средствами исходного описания проекта печатного узла. Поэтому рассматривается обмен файлами проектов (исходного описания и результатов проектирования) с системами OrCAD и P-CAD. Предполагается, что студент знаком с методикой исходного описания проектов в этих системах (создание условных графических обозначений элементов принципиальной электрической схемы и их посадочных мест, синтез принципиальной схемы и получение списка связей). Эти вопросы в данном пособии не рассматриваются. При необходимости их изучения можно воспользоваться методическими пособиями и книгами, приведенными в списке использованных источников. В случае необходимости обмена файлами проектов с другими САПР следует воспользоваться документацией на эти САПР.

Основное внимание уделяется настройке правил проектирования при размещении компонентов и трассировке печатных проводников. Излагаемый материал сопровождается примерами.

Данное пособие предназначено для студентов специальности 40 02 02 «Электронные вычислительные средства» и может быть использовано при выполнении дипломных и курсовых проектов по дисциплине «Прикладные пакеты САПР проблемно-ориентированных ЭВС».

1 ПЕРЕДАЧА ИСХОДНОГО ОПИСАНИЯ ПРОЕКТА В СИСТЕМУ SPECCTRA

1.1 Передача файла проекта из OrCAD в SPECCTRA

Для передачи файла проекта OrCAD Layout в SPECCTRA необходимо выполнить следующие действия.

1. Предварительно в OrCAD Layout нужно создать и сохранить файл печатной платы (файл с расширением .max) с размещенными посадочными местами компонентов, электрическими связями и контуром платы. Контур платы должен быть замкнутым. В базе данных печатной платы должны быть определены все необходимые слои, контактные площадки и переходные отверстия и правила трассировки [4,6].

2. Загрузить OrCAD Layout и выполнить команду *File/Export/Layout to SPECCTRA*. Откроется диалоговое окно **Layout to SPECCTRA** (рисунок 1).

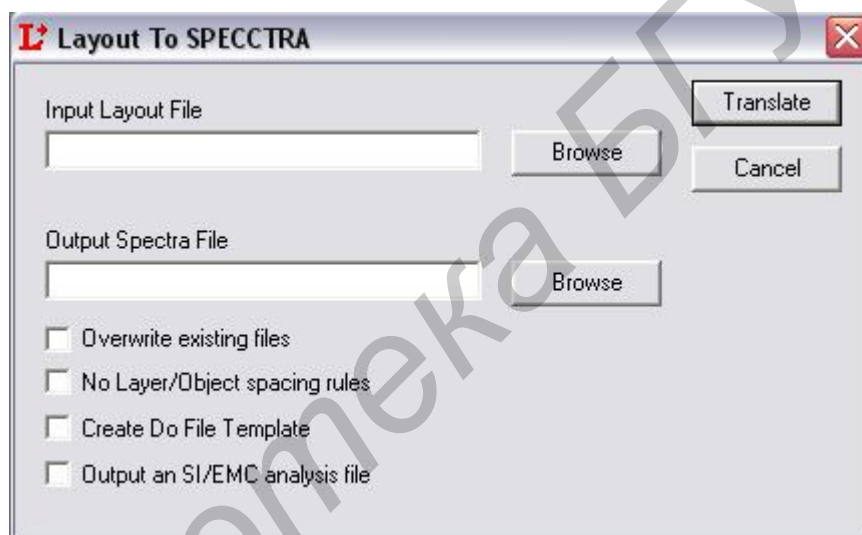


Рисунок 1 – Окно **Layout to SPECCTRA**

3. В диалоговом окне в поле **Input Layout File** ввести спецификацию файла платы с расширением .max. В диалоговом окне в поле **Output SPECCTRA File** будет автоматически указано имя файла проекта SPECCTRA с расширением .sct (имя и расширение можно редактировать). Файлы проекта в системе SPECCTRA имеют расширение .dsn. Поскольку расширение .dsn также имеет проект OrCAD Capture, то имени файла проекта SPECCTRA при трансляции присваивается расширение .sct.

4. Если необходимо, то можно также установить следующие опции трансляции (см. рисунок 1):

- **Overwrite existing files** — запрет вывода предупреждений о замене существующих файлов;
- **No layer/Object spacing rules** — запрет передачи информации о зазорах между объектами печатной платы;
- **Create Do File Template** — создание шаблона командного Do-файла. Этот файл имеет имя файла проекта с расширением .do и содержит по-

следовательность команд системы SPECCTRA. С помощью текстового редактора этот шаблон можно в дальнейшем редактировать перед его загрузкой в SPECCTRA;

- **Output an SI/EMC analysis file** — разрешение создания дополнительных файлов

5. Для создания файла проекта SPECCTRA нажмите кнопку **Translate**.

Созданный файл с расширением .sct можно указывать в SPECCTRA в начальном диалоговом окне запуска в качестве имени файла проекта (см. раздел 2).

Правила и параметры трассировки (толщина проводников, зазоры между объектами печатной платы и т.д.) передаются из OrCAD Layout в SPECCTRA, однако в дальнейшем могут быть изменены средствами SPECCTRA.

1.2 Передача файла проекта из P-CAD в SPECCTRA

Возможны два варианта передачи файла исходного описания: из P-CAD PCB или с помощью утилиты, осуществляющей преобразование форматов файлов. В обоих случаях предварительно в P-CAD PCB должен быть создан файл печатной платы (файл с расширением .pcb) с непрерывным контуром платы на слое **Board**, с размещенными посадочными местами компонентов и электрическими связями. В базе данных печатной платы должны быть определены все необходимые слои, контактные площадки и переходные отверстия и правила трассировки [3,5,7].

При использовании P-CAD PCB последовательность действий следующая:

1. В P-CAD PCB с помощью команд главного меню **Place/Autoplacement** или **Route/Autorouters** выбирают систему SPECCTRA (в первом случае она выбирается автоматически, во втором случае ее необходимо выбрать из списка автотрассировщиков). В качестве примера на рисунке 2 приведено окно после выполнения команды **Route/Autorouters**.

В разделе **Strategy** открывшегося окна с помощью щелчка левой кнопкой мыши по соответствующим кнопкам устанавливаются имена следующих файлов:

Do File – файл команд управления трассировкой/размещением (имя файла имеет расширение .do);

Output PCB File – файл печатной платы с результатами проектирования (имя файла имеет расширение .pcb);

Output Log File – файл протокола (расширение имени файла .log).

По умолчанию два последних файла имеют те же имена, что и файл проекта, но в начале имени добавляется префикс R (при трассировке) или P (при размещении).

2. С помощью кнопки **Command Line** необходимо отредактировать командную строку запуска SPECCTRA. В открывшемся диалоговом окне в поле **Program File** необходимо указать полную спецификацию файла SPECCTRA.exe. Имеется также возможность указания опций командной строки. Из имеющихся опций наиболее интересна опция **Quit when done**. Если эта опция установлена, то после завершения команд из Do-файла, управление и ре-

результаты проектирования будут автоматически переданы обратно в P-CAD PCB. Если эту опцию выключить, то можно продолжить работу в SPECCTRA (редактировать размещение или трассировку).



Рисунок 2 – Окно **Route/Autorouters**

3. При необходимости создания Do-файла целесообразно воспользоваться кнопкой **DO Wizard** для запуска мастера создания управляющего файла. Для упрощения процесса создания Do-файла в следующем окне нужно нажать на кнопку **Auto Create DO File**. В этом случае с помощью управляющего файла в SPECCTRA будут переданы правила трассировки.

4. Процедура трансляции файлов проекта и запуск системы SPECCTRA осуществляется кнопкой **Start** (рисунок 2). Если предварительно не был создан Do-файл, то P-CAD запросит подтверждение процедуры запуска SPECCTRA.

В случае использования утилиты преобразования форматов файлов необходимо в командной строке запустить программу ACCEL2SP, осуществляющую преобразование форматов файлов из P-CAD PCB в SPECCTRA. Программа расположена в корневом каталоге установки P-CAD. Программа запросит имя входного файла (с расширением .pcb). Имя нужно вводить вместе с расширением. Результат преобразования с расширением .pcb будет сохранен в каталоге, содержащем исходный файл. Имя файла будет сохранено, расширение имени заменено на .dsn.

Полученный файл с расширением .dsn нужно указать в SPECCTRA в начальном диалоговом окне запуска в качестве имени файла проекта (см. раздел 2).

2 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ СПЕССТРА

2.1 Запуск СПЕССТРА

При автономном запуске СПЕССТРА (из главного меню *Windows*) откроется стартовое окно (рисунок 3).

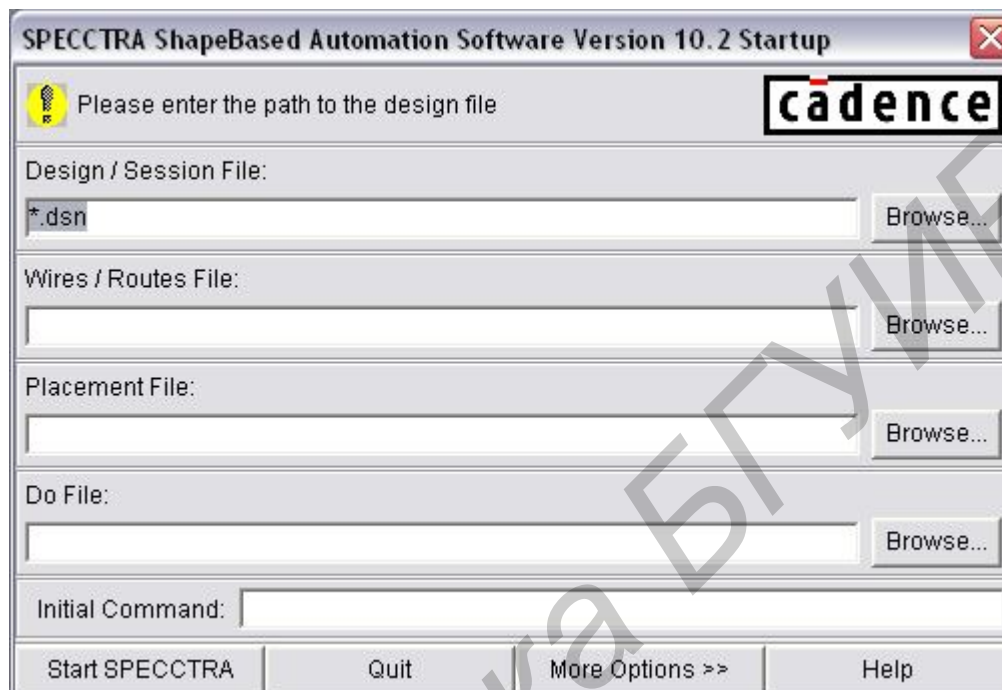


Рисунок 3 – Стартовое окно СПЕССТРА

Обязательным для заполнения является первое поле **Design/Session File**, где указывается имя полученного в результате трансляции файла печатной платы в формате СПЕССТРА (.dsn или .sct). Остальные поля стартового окна заполнять не обязательно. При необходимости в них могут быть указаны:

- **Wires/Routes File** – имя файла правил трассировки проводников;
- **Placement File** – имя файла правил размещения компонентов;
- **Do File** – имя управляющего файла команд размещения (трассировки).

Опции запуска можно установить, нажав клавишу **More Options**. Наиболее важные опции:

- **Quite After Do File** – завершение работы СПЕССТРА после выполнения Do-файла;
- **Use Prerouters** – использование предварительно проложенных проводников;
- **Strip Orphan Shapes** – удаление изолированных полигонов, к которым не подключена ни одна цепь;
- **Simplify Polygons** – замена полигонов малого размера прямоугольниками.

Начало работы с системой СПЕССТРА осуществляется нажатием клавиши **Start SPECCTRA**.

2.2 Пользовательский интерфейс SPECCTRA

Окно системы SPECCTRA приведено на рисунке 4.

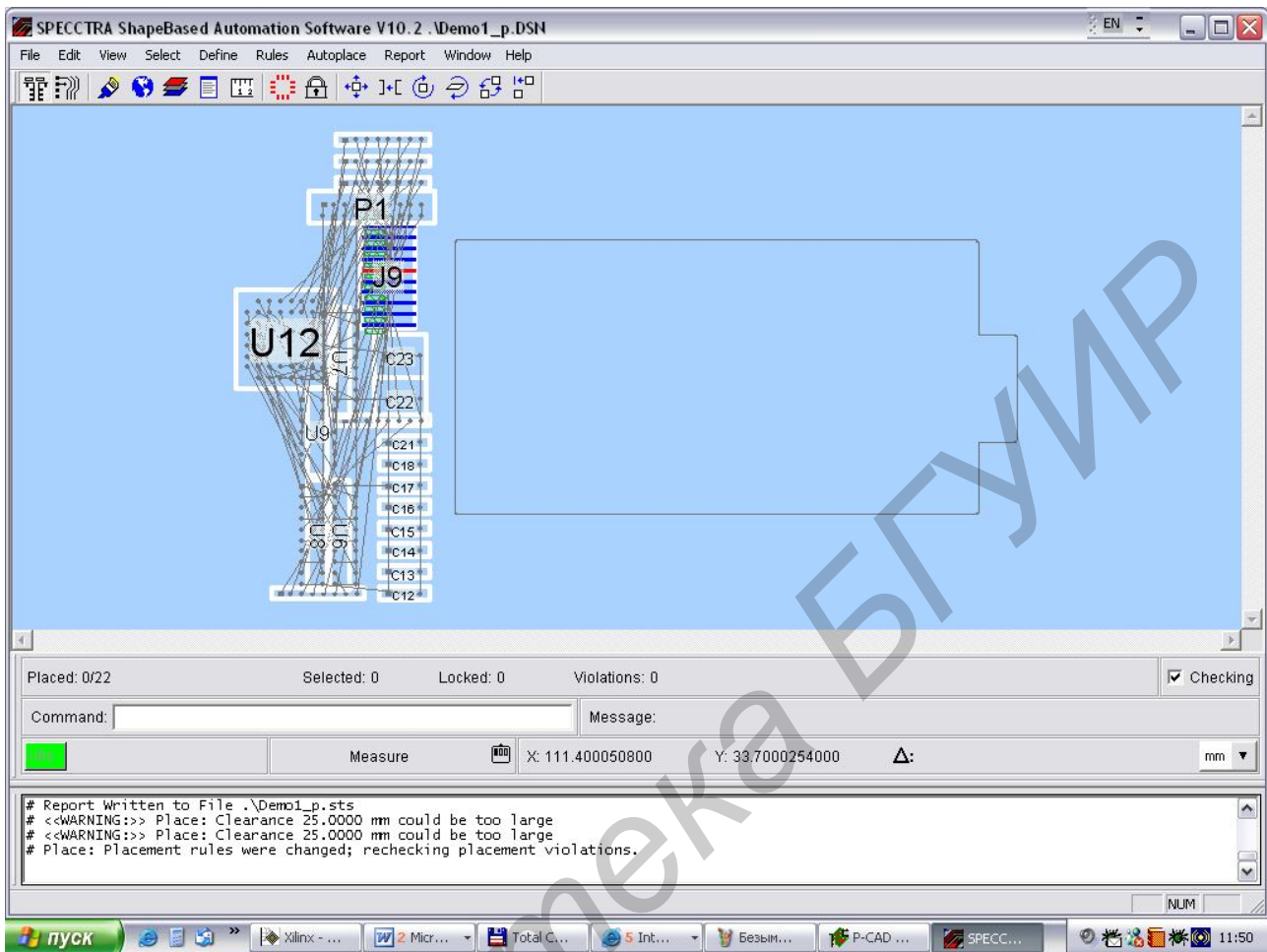


Рисунок 4 — Окно системы SPECCTRA

В верхней части экрана расположено главное меню команд и кнопочная панель. Под ними размещена рабочая область, где отображается текущий проект. Снизу от рабочей области находится строка текущего состояния системы. При размещении компонентов в строке состояния выводится следующая информация:


- **Placed** — количество размещенных компонентов, отнесенное к их общему количеству;
- **Selected** — количество выбранных компонентов;
- **Locked** — количество фиксированных компонентов;
- **Violations** — количество нарушений правил размещения компонентов;
- **Ref** — позиционное обозначение текущего компонента.

При трассировке проводников в строке состояния будет представлена следующая информация:

- **Pass** — количество завершенных проходов трассировки/общее количество проходов;
- **Current Net** — имя текущей цепи;

- **Attempts** — общее количество попыток повторных трассировок в течение текущего прохода;
- **Reroutes** — количество выполненных соединений;
- **Unconnects** — количество невыполненных соединений между двумя выводами в течение текущего прохода;
- **Conflicts** — количество конфликтов в течение текущего прохода (несоблюдение конструкторско-технологических ограничений);
- **Completion** — количество разведенных цепей в процентах.

Под строкой текущего состояния системы находится командная строка (**Command**), которая используется в интерактивном режиме для ввода команд. Справа от командной строки находится строка сообщений о фазах работы системы (**Message**). Под строкой **Message** в порядке слева направо находятся:

1. Кнопка фазы работы пакета SPECCTRA. Возможные значения на этой кнопке:
 - **Idle** — состояние ожидания;
 - **Pause** — щелчок левой кнопкой мыши по кнопке в этом состоянии прерывает выполнение текущей команды;
 - **Continue** — щелчок левой кнопкой мыши по кнопке продолжает выполнение команды;
 - **Stop** — щелчок левой кнопкой мыши по кнопке прекращает выполнение команды;
 - **Busy** — состояние занятости, когда система выполняет внутренние инструкции.
2. Поле режима, на котором отображается название текущего режима, например **Measure** (Измерения).
3. В полях **X**, **Y** указываются текущие координаты курсора.
4. В поле Δ в режиме **Measure** указывается расстояние между начальной точкой и текущим положением курсора. В режим измерений можно перейти с помощью кнопки . Далее щелчком левой кнопки мыши указывают начальную точку измерений и, не отпуская левую кнопку мыши, перемещают указатель во вторую точку.
5. Кнопка выбора единиц измерений. В раскрывающемся списке единиц можно выбрать следующие: **inch** – дюймы, **mil** – милы (1 дюйм = 1000 мил), **cm** – сантиметры, **mm** – миллиметры, **um** – микрометры.

В самом нижнем окне отображается текущая информация о ходе выполнения каждой фазы работы системы.

Для двухкнопочной мыши левая кнопка предназначена для измерения расстояний и выбора объектов, выполнения интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников. Правая кнопка мыши служит для вызова контекстного меню интерактивного размещения или трассировки.



Для изменения масштаба изображения используют команды подменю **View/Zoom**.

Команды системы SPECCTRA могут быть заданы одним из следующих способов:

- путем набора их с помощью клавиатуры в командной строке **Command**;
- запуская на выполнение Do-файл последовательности команд;
- с помощью графического интерфейса пользователя (меню и кнопочных панелей).

Простейший способ работы с пакетом SPECCTRA — использование графического интерфейса пользователя. При этом не требуется знания синтаксиса команд. Параметры команд в этом случае вводятся с помощью диалоговых окон. Вследствие ограниченности объема пособия далее будет рассматриваться только этот способ работы с программой SPECCTRA. В этом случае Do-файл при трансляции исходных проектов в SPECCTRA может быть минимальным или вообще отсутствовать.

При выполнении ряда команд возможно указание опций этой команды с помощью дополнительного меню, вызываемого щелчком правой кнопкой мыши. По аналогии с Windows будем далее называть такое меню контекстным.

SPECCTRA работает в двух основных режимах: размещения или трассировки. Переключение режимов осуществляется с помощью кнопок кнопочной панели  (режим размещения – **Place Mode**) и  (режим трассировки – **Route Mode**), либо команд *File/Place Mode* и *File/Route Mode*.

При необходимости сохранения результатов проектирования без трансляции их в форматы соответствующих САПР можно воспользоваться командами меню *File*. Результаты размещения компонентов сохраняются в файл по команде *File/Write/Placement*. Файлу присваивается имя входного файла с расширением .plc. Результаты трассировки сохраняются в файл по команде *File/Write/Routes*. Файлу присваивается имя входного файла с расширением .rte. Кроме того, результаты проектирования могут быть сохранены в файл сессии по команде *File/Write/Session*. Этот файл имеет расширение .ses. При следующем сеансе работы с пакетом SPECCTRA этот файл может быть загружен в систему при ее запуске путем указания этого файла в поле **Design/Session File** окна запуска SPECCTRA (см. рисунок 3).

3 РАЗМЕЩЕНИЕ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ КОМПОНЕНТОВ

3.1 Основные понятия

Размещение может проводиться в автоматическом или интерактивном режиме. Автоматическое размещение компонентов используется в основном при размещении большого количества однотипных компонентов. В остальных случаях используется интерактивное размещение. Вызов команд интерактивного размещения возможен в режиме **Place Mode** путем щелчка правой кнопки мыши, после чего откроется контекстное меню **INTERACTIVE PLACE**.

Для размещения компонентов необходимо задать правила. Эти правила будут соблюдаться как при автоматическом, так и при интерактивном размещении. Правила размещения имеют разный приоритет, что позволяет реализо-

вать гибкую стратегию размещения компонентов. Приоритет правил означает, что если для некоторого объекта или группы объектов определены правила более высокого приоритета, то при размещении этих объектов будут использованы параметры, заданные в правиле самого высокого приоритета. В системе SPECCTRA имеются следующие правила размещения в порядке возрастания их приоритета (в таком порядке эти правила и располагаются в меню **Rules**):

PCB – правила размещения для всей платы (низший приоритет);

IMAGE_SET – правила размещения компонентов разного типа (**Large, Small, Capacitor, Discrete, Resistor**);

IMAGE – правила размещения конкретных посадочных мест компонентов;

COMPONENT – правила размещения индивидуальных посадочных мест компонентов по их позиционным обозначениям, а не по посадочным местам;

SUPER_CLUSTER – правила размещения суперкластеров (групп компонентов, имеющих фиксированное взаимное расположение и ориентацию друг относительно друга и размещаемых как единый компонент). Использование суперкластеров возможно при наличии соответствующей лицензии;

ROOM – правила включения компонентов в комнату (область прямоугольной формы или в виде полигона (многоугольника) на печатной плате) и правила их размещения;

ROOM_IMAGE_SET – правила размещения компонентов разного типа в пределах комнаты;

FAMILY_FAMILY – правила, устанавливающие зазоры между компонентами различных семейств (семейство – несколько компонентов);

IMAGE_IMAGE – правила, устанавливающие зазоры между посадочными местами конкретных компонентов (наивысший приоритет);

При описании правил размещения использовались названия типов компонентов SPECCTRA. Дадим их определение:

- **Large** — большие компоненты (имеют четыре и более выводов);
- **Small** — малые компоненты (имеют три и менее выводов);
- **Discrete** — любой компонент, который нужно размещать отдельно от остальных;
- **Capacitor** — конденсаторы развязки по питанию;
- **Resistor** — резисторы.

Имеются также смешанные типы (например, **Large – Discrete, Small – Capacitor**). Тип компонента может быть задан пользователем через свойства (**Properties**) каждого компонента или через свойства посадочного места компонента (**Image**).

При размещении параметры задаются отдельно для компонентов со штыревыми и планарными выводами. В SPECCTRA приняты следующие названия:

- **PTH** – компоненты со штыревыми выводами;
- **SMD** – компоненты с планарными выводами;
- **Area Keepout** – области запрета размещения компонентов.

При выполнении размещения компонентов целесообразна следующая последовательность действий:

- установка правил размещения и сетки размещения;
- нанесение областей запрета размещения компонентов;
- размещение компонентов, закрепленных в конкретном месте платы;
- размещение больших компонентов (**Large**);
- размещение маленьких компонентов (**Small**).

3.2 Установка правил размещения и сетки размещения

Для выполнения размещения SPECCTRA должна быть переведена в режим размещения (кнопка , команда *File/Place Mode*).

Установка общих правил автоматического размещения выполняется командой *Autoplace/Setup*. Окно этой команды приведено на рисунке 5. Элементы управления в этом окне и его вкладках имеют следующее назначение (будем рассматривать только основные элементы управления):

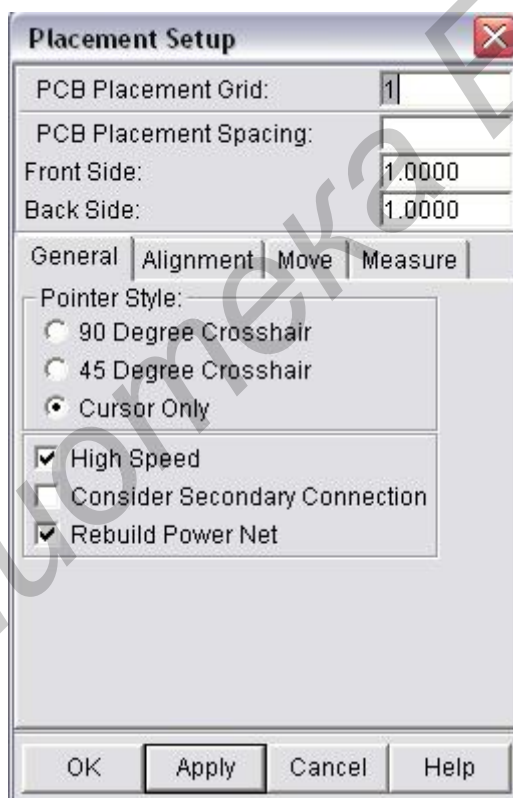


Рисунок 5 – Окно **Placement Setup**

- **PCB Placement Grid** — шаг сетки размещения компонентов на печатной плате. Если сетку не нужно определять, то в данном поле следует установить значение 0;
- **PCB Placement Spacing** — зазор между любыми компонентами на печатной плате. Имеется возможность задания зазора отдельно для верхней (**Front Side**) или нижней стороны (**Back Side**) печатной платы. Эти зазоры будут соответствовать правилу **PCB** (команда *Rules/PCB/Spacing*).

- **High Speed** — разрешение контроля прокладки проводников заданной длины (с ограничением на задержку) при размещении компонентов;
- **Consider Secondary Connection** — разрешение размещения двух больших компонентов вместе при наличии между ними и общим малым компонентом общих связей;
- **Rebuild Power Net** — разрешение перепрокладки цепей питания при размещении компонентов;
- **Align Reference** — задание точки, относительно которой выравниваются компоненты (**Upper Left Pin** — верхний левый вывод компонента, **Upper Right Pin** — верхний правый вывод компонента, **Lower Left Pin (Lower Right Pin)** — нижний левый (правый) вывод компонента, **Center** — центр компонента, **Origin** — точка привязки компонента);
- **Shove for Move** — включение режима расталкивания компонентов. В этом режиме при выполнении команд **Move** (переместить), **Pivot** (повернуть) и **Flip** (перенести на другую сторону печатной платы) будут раздвигаться имеющиеся мешающие компоненты с учетом установленных зазоров при перемещении размещаемого компонента;
- **Show Move Vector** — разрешение отображения вектора, показывающего направление связей текущего компонента;
- **Move Components** — задание точки привязки при перемещении компонентов (**At Pointer** — текущая точка, **At Working Origin** — центр компонента (**Center**) или точка привязки компонента (**Origin**));
- **Move Dire** — задание разрешенного направления перемещения компонентов (**All** — в любом направлении; **X, Y** — по оси X либо по оси Y ; **X Only** — только по оси X , **Y Only** — только по оси Y);
- **Move With Wires** — разрешение перемещения компонентов вместе с проводниками.

Далее необходимо определить правила размещения для платы **PCB**. Прежде чем рассматривать задание правил размещения, отметим, что все правила размещения имеют одинаковые диалоговые окна для определения параметров размещения. Поэтому подробно рассмотрим настройку параметров для правила **PCB**. При необходимости установки правил других уровней иерархии назначение элементов управления диалоговых окон этих правил будет аналогично рассмотренным.

Для установки зазоров правила **PCB** необходимо выполнить команду **Rules/PCB/Spacing** (рисунок 6). С помощью этой команды в поле **All** задается значение зазора для всех объектов платы, либо можно задать отдельные значения зазоров между компонентами со штыревыми выводами (**PTH**), планарными выводами (**SMD**) и областями запрета размещения (**Area**) для верхней (**Front**) и нижней (**Back**) стороны печатной платы. Если соответствующий зазор не задается, в поле нужно ввести значение минус 1 (см. поле **PTH** на рисунке 6).

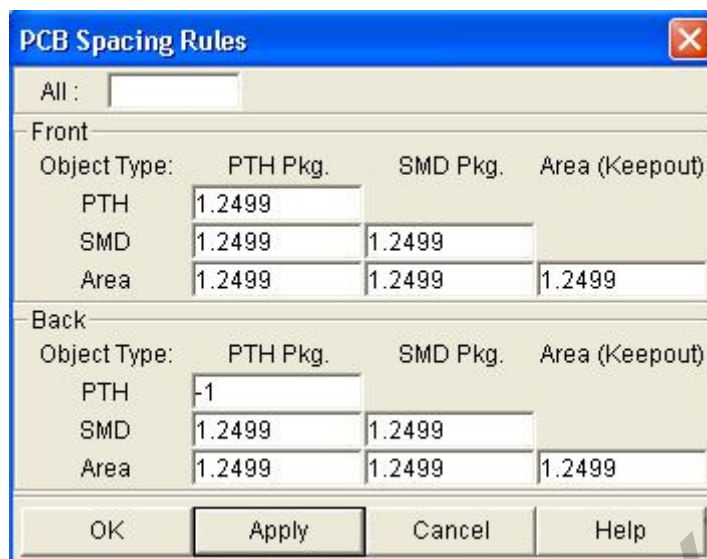


Рисунок 6 – Окно команды *Rules/PCB/Spacing*

Для задания параметров выравнивания компонентов на разных сторонах платы для правила **PCB** необходимо выполнить команду *Rules/PCB/ Permitted Orientations...* . Возможные значения параметров выравнивания:

- **No Rule** — правило не задано;
- **Horizontal** — компоненты могут быть выровнены по оси X;
- **Vertical** — компоненты могут быть выровнены по оси Y;
- **Specified by Degree** — компоненты могут быть повернуты при размещении на указанный угол.

Для разрешения размещения компонентов на одной выбранной или обеих сторонах платы для правила **PCB** необходимо выполнить команду *Rules/PCB/ Permitted Sides...* .

Для разрешения расположения компонентов друг под другом на обеих сторонах платы для правила **PCB** необходимо выполнить команду *Rules/PCB/ Opposite Sides...* . В окне данной команды указываются разрешенные типы компонентов для расположения друг под другом: **Large_Large**, **Large_Small** и **Small_Small**.

Если возникнет необходимость добавления дополнительных правил, например для конкретного компонента, то с помощью команды *Rules/Component/Spacing* устанавливаются зазоры с другими компонентами и областями запрета размещения, с помощью команды *Rules/Component/Permitted Sides...* указывается сторона платы для размещения и т.д. Единственным отличием в диалоговых окнах этого правила является наличие кнопки **Pick Component**, позволяющей выбрать позиционное обозначение требуемого компонента.


Аналогичным образом при необходимости устанавливаются другие правила.

3.3 Размещение компонентов, закрепленных в конкретном месте платы

Ряд компонентов может иметь жесткое закрепление в определенном месте платы (соединители, компоненты с большой рассеиваемой мощностью и т.п.). При размещении компонентов удобно пользоваться списком позиционных обозначений компонентов. Для этой цели нужно выполнить команду **View/Labels**. Окно этой команды приведено на рисунке 7. Для возможности выбора необходимо включить флажок **View Labels**, после чего выбрать вариант **Ref Des** и указать в разделе **Side** сторону платы (**Both** – обе стороны). После подтверждения установок (кнопка **OK**) на компонентах будут отображаться позиционные обозначения.



Рисунок 7 – Окно *View Labels*

В качестве примера рассмотрим плату, приведенную на рисунке 4. На ней необходимо установить соединитель P1 по центру левой стороны платы. Для этой цели с помощью команды **Autoplace/Setup** или команды **Setup** контекстного меню **INTERACTIVE PLACE** установим сетку размещения и зазоры, равные 1мм (как показано на рисунке 5). После этого перейдем в режим перемещения компонентов (нажмем кнопку  или выполним из контекстного меню команду **Move Comp Mode**). Далее необходимо выделить компонент P1 (щелкнуть по нему левой кнопкой мыши) и перетащить его внутрь контура печатной платы. Для поворота компонента из контекстного меню выполнить команду **Pivot** и далее из дополнительного меню выбрать угол поворота **90°**. После поворота щелчком левой кнопки мыши поместить компонент в требуемом месте печатной платы (рисунок 8). Поворот компонента в режиме **Move Comp** может быть осуществлен нажатием клавиши *пробел* на клавиатуре, величина угла поворота в этом случае задается в диалоговом окне команды **Move Setup** контекстного меню.

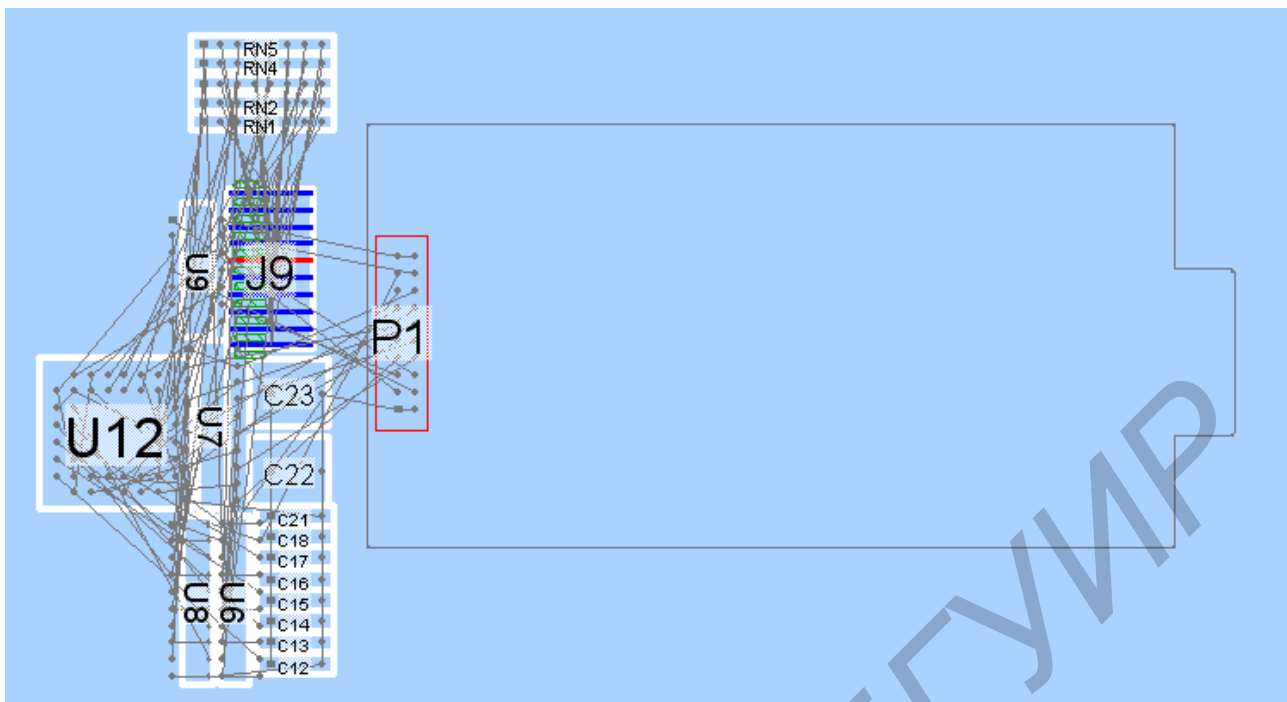


Рисунок 8 – Размещение компонента

Используя команду *Move Comp Mode*, разместим ламельный соединитель J9 в правой выступающей части платы. При необходимости перемещения компонента на другую сторону платы используется команда *Flip* из контекстного меню, при этом выбранный компонент будет иметь зеркальное отображение.

Имеется возможность размещения компонента по определенным координатам. Для этого после нажатия правой кнопки мыши из контекстного меню **INTERACTIVE PLACE** выполнить команду *Place Components/XY Location*. В диалоговом окне этой команды (рисунок 9) в списке **Component** приведен перечень позиционных обозначений компонентов, в котором нужно выбрать требуемый компонент, а в полях **X**, **Y** ввести координаты его размещения. В поле **Rotation** нужно указать угол поворота компонента.

Для размещения группы компонентов в заданном порядке по созданному списку используется команда интерактивного режима *Components/Place List Mode*. Окно данной команды приведено на рисунке 10.

При размещении в заданном порядке нужно выбрать вариант **Order Components** и в поле **Comp List** указать через пробел позиционные обозначения требуемых компонентов. Предположим, необходимо разместить наборы резисторов RN1 – RN5; тогда список **Comp List** должен выглядеть так, как указано на рисунке 10. После нажатия кнопки **OK** к указателю привязывается первый компонент списка. Далее размещение производится аналогично команде *Move Comp Mode* (включая вращение компонента и перенос на другую сторону платы). После размещения первого компонента курсор привязывается ко второму компоненту списка и т.д. Позиционное обозначение текущего компонента указывается в строке текущего состояния системы.

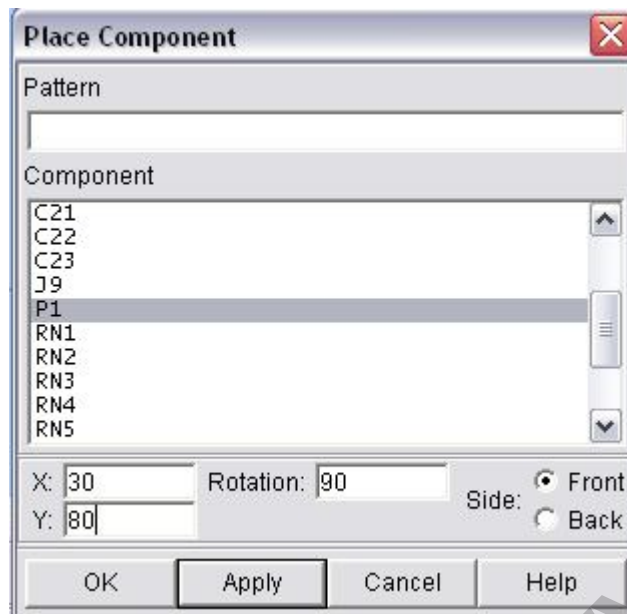



Рисунок 9 – Окно команды *Place Components/XY Location*



Рисунок 10 – Окно команды *Components/Place List Mode*

Размещение компонентов в интерактивном режиме может привести к тому, что они будут размещены друг относительно друга с некоторым смещением (например компоненты RN1 – RN5 на рисунке 11). Для выравнивания компонентов используется команда *Align Component* (кнопка , команда интерактивного режима *Align Mode*). Выравниваемые компоненты выбираются прямоугольным окном, после чего щелчком левой кнопки мыши выбирается базовый компонент, относительно которого производится выравнивание (для нашего примера это может быть любой из компонентов RN1 – RN5).

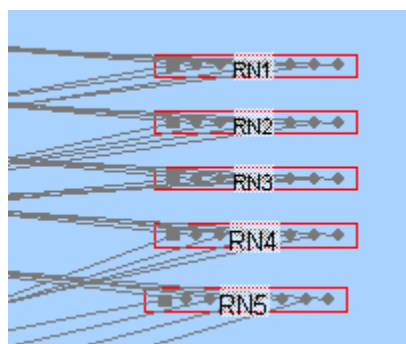



Рисунок 11– Пример размещения компонентов без выравнивания

Для фиксации размещенных компонентов необходимо выделить эти компоненты и выполнить команду *Edit/[Un] Lock Components...* (кнопка ) Указанная команда также позволяет выбрать компоненты из списка позиционных обозначений. Зафиксированные компоненты изменят свой цвет, их местоположение нельзя будет поменять ни в автоматическом, ни в интерактивном режиме без снятия фиксации (повторного выполнения команды *Edit/[Un] Lock Components...*). Для фиксации компонентов можно также использовать команду *Edit/[Un] Lock Components Mode* (в этом режиме фиксация (снятие фиксации) компонентов производится их выделением).

После указанных действий размещение компонентов на плате будет соответствовать рисунку 12.

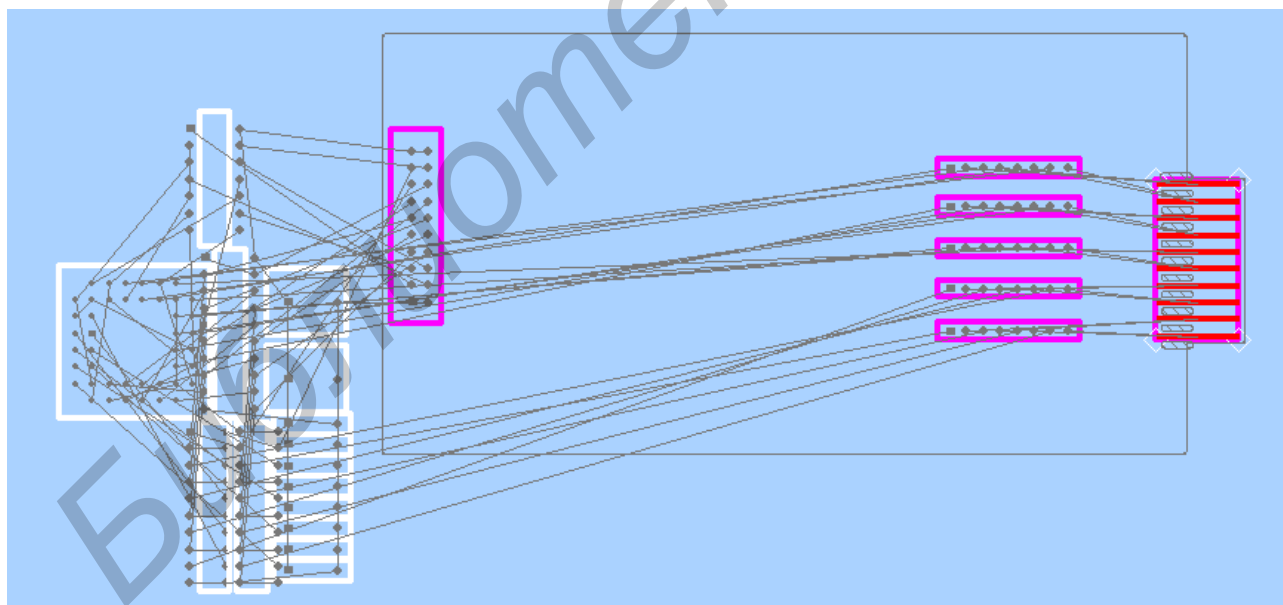


Рисунок 12 – Размещение компонентов с фиксированным расположением

3.4 Нанесение областей запрета размещения компонентов

Области запрета размещения компонентов (барьеры размещения) наносятся в тех местах платы, в которых нельзя располагать компоненты как командами интерактивного, так и автоматического размещения (например места механического крепления платы, места рядом с закрепленными компонентами).

Задание областей запрета трассировки производят с помощью команды **Define/Keepout**. Наиболее просто область запрета наносится путем ее рисования на плате в требуемом месте. Для этого выполняется команда **Define/Keepout/Draw Mode** и в требуемом месте печатной платы щелчком левой кнопкой мыши в углах многоугольника рисуется область запрета. Прямоугольник задается двумя его вершинами по диагонали. Любая точка, лежащая внутри или на границе многоугольника, принадлежит области запрета. Компоненты будут располагаться относительно этой области с зазором, заданным командой **Rules/PCB/Spacing** (параметр *Area*). При рисовании области запрета команда **Orthogonal** из контекстного меню **DRAW KEEPOUT** позволяет задать или отменить режим ортогонального рисования. После завершения рисования многоугольника (полигона) необходимо из контекстного меню вызвать команду **Define Polygon As Keepout**, с помощью которой требуется задать тип области запрета (для размещения нужно выбрать **Place**) и нажать кнопку **OK**. Область запрета отображается на плате в виде заштрихованного многоугольника. Удаление области запрета производится командой **Define/Keepout/Delete Mode** после выбора требуемой области.

Имеется возможность построения области запрета по координатам ее вершин (команда **Define/Keepout/ By Coordinates...**).

3.5 Размещение больших компонентов (Large)

Большие компоненты (4 и более выводов) могут размещаться в интерактивном или автоматическом режиме.

Размещение в интерактивном режиме подобно размещению компонентов, закрепленных в конкретном месте платы. Отличие заключается в отсутствии фиксации таких компонентов.

В автоматическом режиме большие компоненты размещаются по команде **Autoplace/InitPlace Large Components**. Диалоговое окно команды приведено на рисунке 13. Параметры размещения устанавливаются отдельно для компонентов с планарными (SMD) и штыревыми выводами (PTH). Назначение основных элементов управления в этом окне:

- поле **Placement Spacing** задает предпочтительный зазор между компонентами (зазор должен быть не меньше заданного в правилах размещения, иначе он будет проигнорирован);
- флажок **Align Components** позволяет разрешить выравнивание компонентов;
- раздел **Side** позволяет задать сторону платы для размещения (**Front Only** – только на верхней стороне платы, **Back Only** – только на нижней стороне платы, **Front First** – сначала на верхней стороне платы, **Back First** – сначала на нижней стороне платы, **No Preference** – на любой стороне платы);
- раздел **Orientation** позволяет задать горизонтальную, вертикальную или кратную 90° ориентацию компонентов на плате.

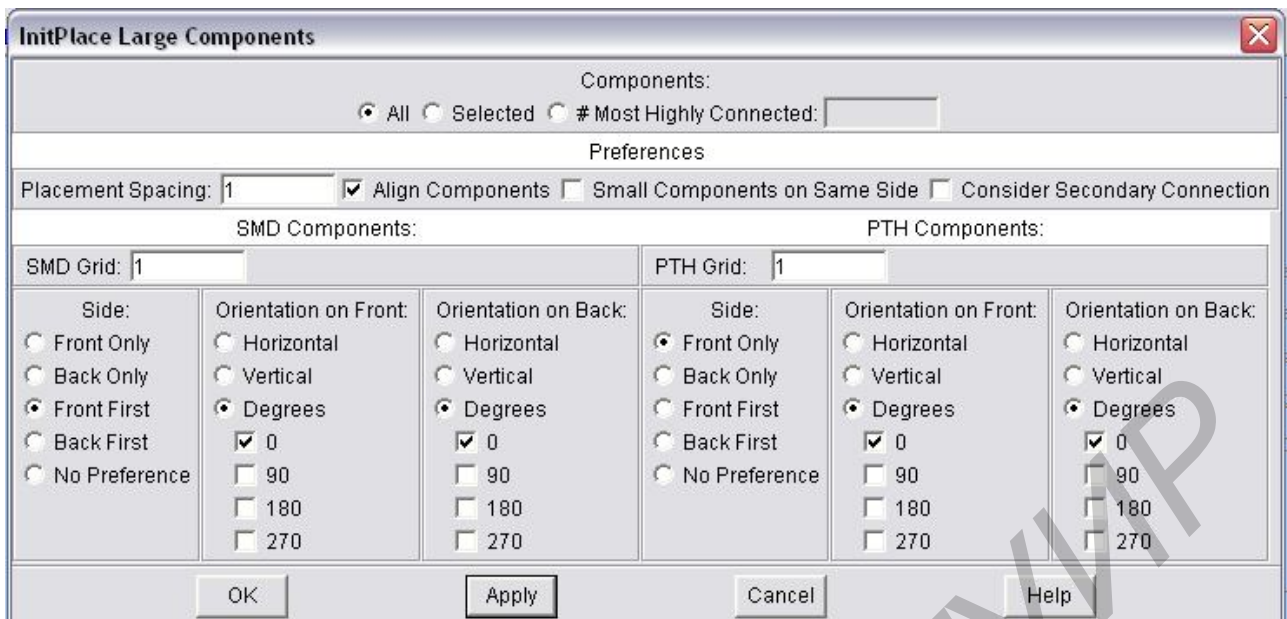



Рисунок 13 – Окно команды *Autoplace/InitPlace Large Components*

Для улучшения размещения путем взаимной перестановки может быть выполнена команда *Autoplace/Interchange Components...*. Критерием автоматической взаимной перестановки компонентов является минимальная общая длина связей. В окне этой команды указывается тип компонентов (**Large**) и число проходов перестановки (**Passes**) (не следует указывать слишком большим).

После выполнения размещения больших компонентов в автоматическом режиме может потребоваться выполнить выравнивание компонентов (кнопка , команда интерактивного режима *Align Mode*).

Результат выполнения указанных команд представлен на рисунке 14.

3.6 Размещение маленьких компонентов (Small)

Маленькие компоненты (три и менее выводов) могут быть размещены в интерактивном режиме, полностью автоматически и путем установления связи с большими компонентами.

Первый вариант выполняется аналогично размещению компонентов, закрепленных в конкретном месте платы без их фиксации.

Для полностью автоматического размещения используется команда *Autoplace/InitPlace Small Components*. Данная команда имеет варианты размещения всех малых компонентов (*Autoplace/InitPlace Small Components/All*), дискретных компонентов (*Autoplace/InitPlace Small Components Discrete...*), конденсаторов (*Autoplace/InitPlace Small Components/Capacitors...*), резисторов (*Autoplace/InitPlace Small Components/Resistors...*).

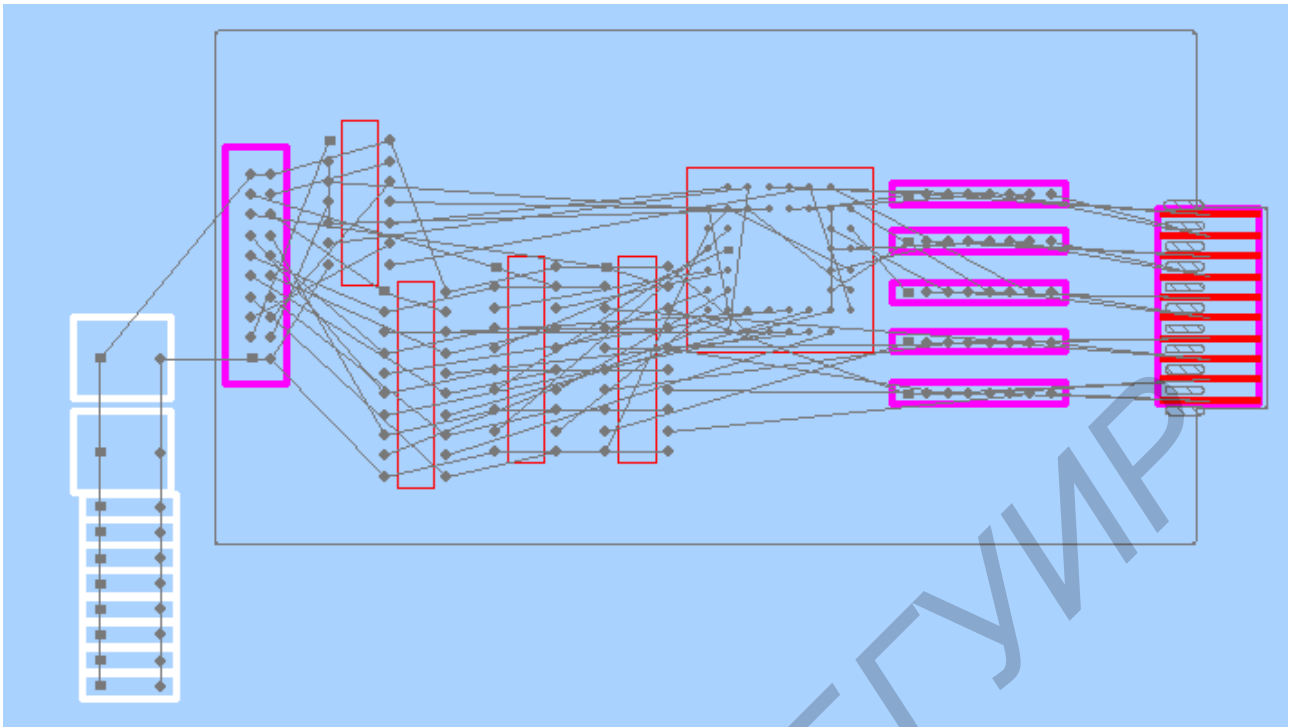


Рисунок 14 – Размещение больших компонентов (**Large**)

Прежде чем пользоваться этими подкомандами, необходимо отнести компоненты к какому-то типу. Для этого нужно выполнить команду *Define/Properties/Component...*. Окно этой команды приведено на рисунке 15.

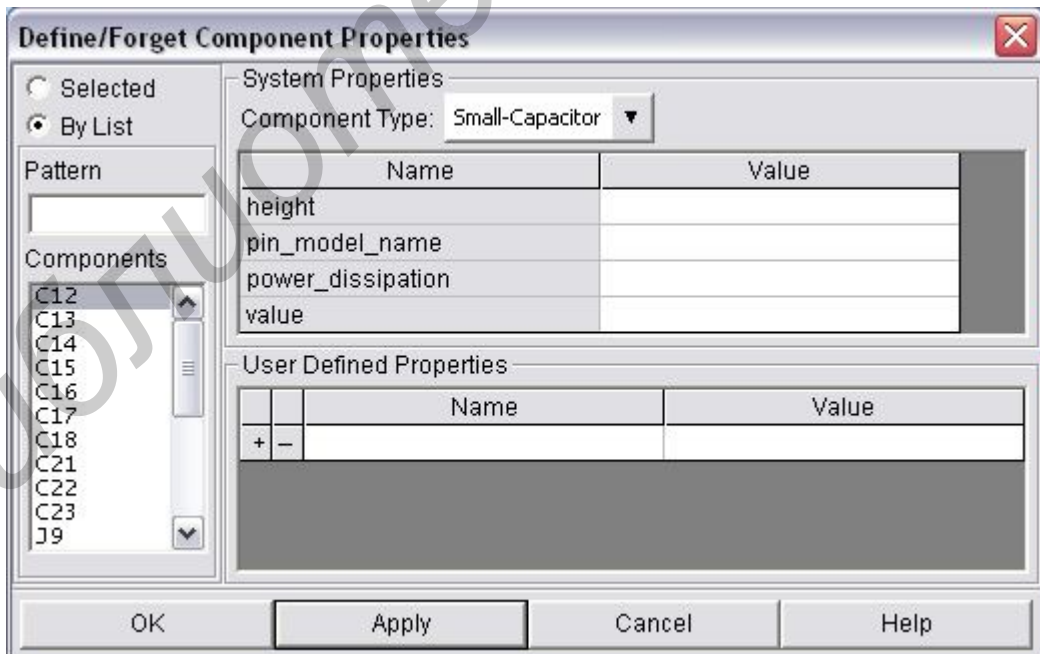




Рисунок 15 – Окно команды *Define/Properties/Component...*

В списке **Components** выбирается требуемое позиционное обозначение компонента, в поле со списком **Component Type** выбирается тип компонента и

при необходимости задаются другие свойства компонента, которые могут быть учтены при размещении:

- **height** – высота компонента;
- **pin_model_name** – параметр требует специальной лицензии;
- **power_dissipation** – рассеиваемая мощность;
- **value** – номинальное значение;

После назначения типов компонентов можно использовать подкоманды меню *Autoplace/InitPlace Small Components*. Все подкоманды имеют однотипные диалоговые окна, позволяющие задать параметры размещения. Назначение параметров аналогично команде *Autoplace/InitPlace Large Components* и пояснялось выше (пункт 3.5.).

Размещение малых компонентов может выполняться путем установления связи с большими компонентами (конденсаторы развязки по питанию; резисторы, задающие коэффициент усиления операционного усилителя и т.п.). Рассмотрим данную возможность на примере фильтрующих конденсаторов. Сначала командой *View/Label* необходимо помимо видимости позиционных обозначений включить видимость идентификаторов выводов (**Ref Des and Pin IDs**). Затем с помощью команды *Move Component* () поместим соответствующий конденсатор в требуемом месте относительно выводов питания микросхемы. Далее перейдем в режим выбора компонентов (кнопка ) . Затем выделим эти конденсатор и микросхему и выполним команду *Autoplace/Small Comp Pattern/Learn*. После этого выделим несколько микросхем в однотипных корпусах и применим команду *Autoplace/Small Comp Pattern/Apply to Selected*. Конденсаторы развязки по питанию будут размещены около выбранных микросхем согласно заданному образцу с учетом заданных зазоров.

Для выбора микросхем с одинаковыми посадочными местами можно было воспользоваться командой *Select/Images/Sel Image Mode*, после чего выделить один из однотипных компонентов. При этом будут выделены все компоненты с такими посадочными местами.

3.7 Некоторые дополнительные возможности пакета SPECCTRA по размещению компонентов

Ограниченность объема пособия не позволяет рассмотреть все возможности системы по размещению компонентов. Рассмотрим только некоторые из них, которые представляются наиболее важными.

Имеется возможность перемещать компонент в интерактивном режиме, сдвигая при этом мешающие компоненты (команда *Push Comp Mode* из контекстного меню **INTERACTIVE PLACE**).

В режиме размещения с подсказкой (команда *Place Components/Guided Place Connect Mode* из контекстного меню **INTERACTIVE PLACE**) автоматически выбирается следующий компонент, находящийся вне контура печатной платы, с наибольшим количеством связей и помещается в оптимальное место на плате в соответствии с правилами расположения элементов. После определения местоположения компонента пользователь может согласиться с предло-

женным местом (команда *Accept System Location* из контекстного меню) или переместить компонент в другое место печатной платы (компонент остается «привязанным» к указателю).

Для анализа результатов размещения может быть полезна диаграмма плотности размещения компонентов (команда *Autoplace/Density Analysis*). В построенной диаграмме красный цвет соответствует высокой плотности размещения, желтый — средней, зеленый — низкой.

Для удаления компонентов за контур печатной платы (для повторного размещения) служит команда *Autoplace/Unplace*. В этом случае имеется возможность перемещения незафиксированных компонентов за границы контура печатной платы по типам компонентов.

При наличии соответствующей лицензии возможно также автоматическое группирование компонентов в кластеры с учетом их электрических связей (команда *Define/Cluster*). Можно задать жесткое взаимное расположения компонентов в суперкластерах (**Super Cluster**), что позволяет автоматически размещать дискретные элементы (фильтрующие конденсаторы, нагрузочные резисторы и т.п.) вместе с соответствующими интегральными схемами. Кластеры могут размещаться в соответствующие области на печатной плате — комнаты (**Room**). Комнаты задаются командой *Define/Room*.

После завершения размещения компонентов полезно выполнить команду *Rules/Check Rules/Placement* для проверки соблюдения заданных правил. Компоненты, которые размещены с нарушением правил, заключаются в прямоугольную рамку со значками в виде ромбов по углам.

4 ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ

4.1 Основные понятия

Возможности бессеточной (ShapeBased) трассировки позволяют учесть большое число ограничений при проектировании печатных плат с разнообразными типами посадочных мест компонентов путем задания соответствующих правил. Трассировка соединений может проводиться в автоматическом или интерактивном режиме. При автоматической трассировке существует возможность предварительной прокладки коротких трасс от контактных площадок выводов планарных компонентов до сквозного переходного отверстия (**Fanout**) и шин. Наличие **Fanout** дает возможность доступа к контактной площадке планарного компонента из любого слоя. Благодаря гибким правилам трассировки разводка основного количества некритических цепей может быть осуществлена в автоматическом режиме. Если результаты предварительной трассировки в автоматическом режиме неудовлетворительны, можно воспользоваться интерактивной трассировкой. Интерактивная трассировка может также использоваться для целей редактирования проекта и для предварительной трассировки критических цепей. Вызов команд интерактивной трассировки возможен в режиме **Route Mode** путем нажатия правой кнопки мыши, после чего откроется контекстное меню **INTERACTIVE ROUTING MENU**.

При автотрассировке используются адаптивные алгоритмы, реализуемые за несколько проходов трассировки. На первом проходе выполняются все соединения без учета возможных конфликтов, заключающихся в пересечении проводников на одном слое и нарушении установленных зазоров. Графически конфликты помечаются пунктирными прямоугольниками и ромбами. Информация о конфликтах на текущем проходе трассировки используется для адаптации алгоритмов путем изменения штрафных весовых коэффициентов с целью уменьшения числа конфликтов на последующем проходе. На каждом из последующих проходов автотрассировщик пытается уменьшить число конфликтов, используя методы *Push-and-shove* (метод раздвигания соседних проводников для освобождения канала трассировки под текущий проводник) и *Rip-up-and-retry* (метод перепрокладки существующих связей, создающих конфликт).

Правила трассировки задаются с использованием диалоговых окон команды меню **Rules**. Эти правила будут соблюдаться как при автоматической, так и при интерактивной трассировке. Для реализации гибкой стратегии трассировки правилам присвоен различный приоритет. В системе SPECCTRA имеются следующие правила трассировки в порядке возрастания их приоритета (в таком порядке эти правила и располагаются в меню **Rules**):

- **PCB** – правила трассировки для всей платы (низший приоритет);
- **Layer** – правила трассировки отдельных слоев;
- **Class** – правила трассировки групп цепей, объединенных в классы;
- **Class Layer** – правила трассировки определенного класса цепей на определенном слое;
- **Group Set** – правила трассировки группы сегментов цепей;
- **Group_Set_Layer** – правила трассировки группы сегментов цепей, расположенных на определенном слое;
- **Net** – правила трассировки цепей;
- **Net Layer** – правила трассировки определенных цепей, расположенных на определенных слоях;
- **Group** – правила трассировки группы сегментов цепей (сегмент цепи – трасса, соединяющая пару контактных площадок);
- **Group Layer** – правила трассировки группы сегментов цепей, расположенных на определенных слоях;
- **Fromto** – правила трассировки участков цепи, соединяющих соседние выводы;
- **Fromto Layer** – правила трассировки участков цепи, соединяющих соседние выводы на определенном слое;
- **Class to Class** – правила трассировки для двух выбранных классов цепей;
- **Class to Class Layer** – правила трассировки для двух выбранных классов цепей, находящихся на одном слое;
- **Padstack** – зазоры между стеками контактных площадок (стек контактных площадок – совокупность информации о форме и размерах контактных


площадок во всех слоях печатной платы для одного вывода) и другими объектами печатной платы;

- **Region** – ширина проводников и зазоры между объектами в заданной области платы (наивысший приоритет).

При выполнении трассировки печатной платы целесообразна следующая последовательность действий:


- подготовка к трассировке;
- предварительная трассировка критических цепей;
- подготовка к автоматической трассировке;
- автоматическая трассировка;
- редактирование полученного проекта;
- проверка соблюдения конструкторско-технологических ограничений.

4.2 Подготовка к трассировке

Для трассировки печатной платы необходимо перейти в режим **Route Mode** (кнопка ).

Подготовка к трассировке включает последовательность следующих действий:

1. Установить требуемую систему единиц. Система единиц может быть изменена на любой стадии проектирования.

2. Отредактировать информацию о слоях печатной платы (в первую очередь задать возможность трассировки и предпочтительные направления трассировки на отдельных слоях). Для этого необходимо выполнить команду **View/Layers** (кнопка ). В открывшемся окне символом карандаша помечены все слои, доступные для трассировки. Наличие символа S означает видимость объектов, размещенных на данном слое. Направление трассировки задается после имени слоя с помощью следующих пиктограмм:



– запрет трассировки в данном слое;



– вертикальное предпочтительное направление в данном слое;



– горизонтальное предпочтительное направление в данном слое;



– безразличное ортогональное направление в данном слое;



– безразличное диагональное направление в данном слое;



– юго-восточное диагональное направление в данном слое;



– северо-западное диагональное направление в данном слое.

3. Задать области запрета для трассировки **Keepout** (места механического крепления платы, области под проводящим основанием компонентов и т.д.). Для этого необходимо выполнить команду **Define/Keepout/Draw Mode**. Рисование области запрета на плате полностью аналогично созданию области запре-

та для размещения компонентов (см. пункт 3.4). После создания многоугольной области запрета трассировки необходимо из контекстного меню **INTERACTIVE ROUTING MENU** выполнить команду *Define Polygon As Keepout*. В диалоговом окне команды нужно определить тип области запрета (**Via** – запрет размещения в данной области переходных отверстий, **Wire** – запрет размещения в данной области печатных проводников, **Bend** – запрет размещения изгибов проводников, **Elongation** – запрет размещения элементов печатного монтажа, обеспечивающих требуемую длину цепей, **All** – запрет размещения в данной области переходных отверстий, проводников и компонентов) и слой (либо все слои) для области запрета. В остальном работа с областями запрета трассировки аналогична работе с областями запрета размещения (см. пункт 3.4).

4. Определить правила трассировки уровня платы (**PCB**). Если предполагается предварительно в интерактивном режиме трассировать критические цепи, то в данном пункте достаточно установить зазоры и ширину проводников. Остальные параметры можно установить перед автотрассировкой. Для установки зазоров и ширины проводников для всей платы нужно выполнить команду *Rules/PCB/Clearance* (рисунок 16).

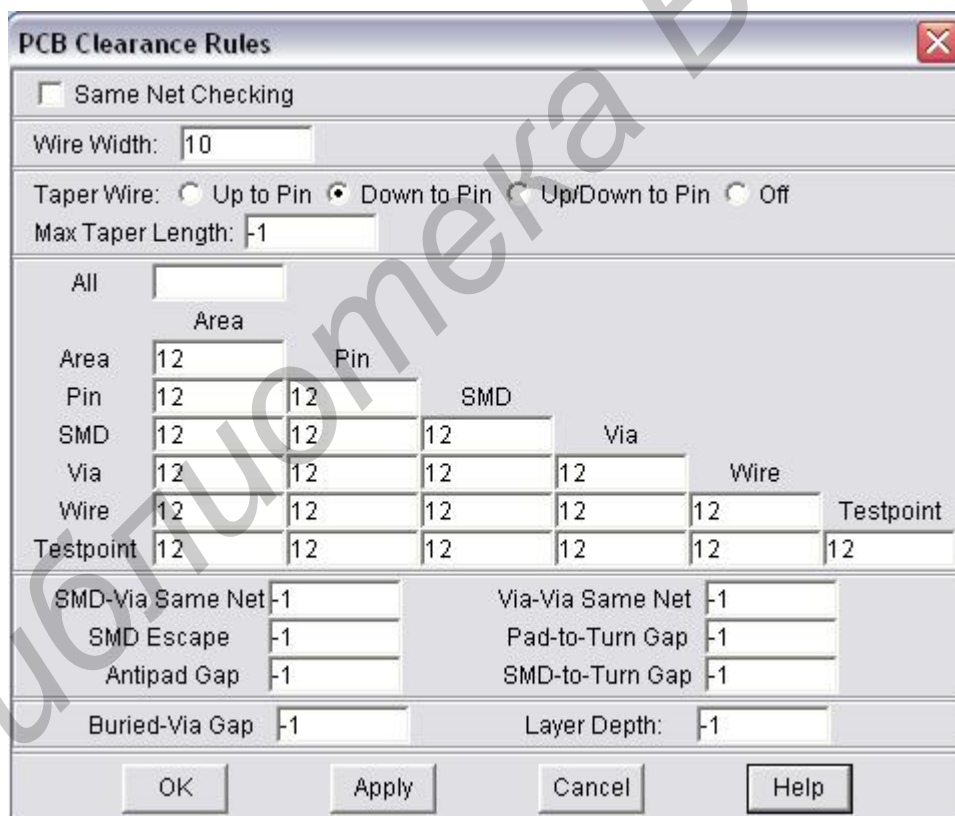


Рисунок 16 – Окно команды *Rules/PCB/ Clearance*.

В диалоговом окне в соответствующие поля треугольной матрицы вводятся значения зазора между объектами печатной платы. При значении в поле, равном минус 1, зазор не задается. В приведенной треугольной матрице под **Area** понимаются области запрета трассировки, под **Pin** – контактные площадки штыревых компонентов; **SMD** – контактные площадки посадочных мест


компонентов для поверхностного монтажа (планарных компонентов), **Via** – переходные отверстия; **Wire** – проводники; **Testpoint** – контрольные точки. Ширина проводников вводится в поле **Wire Width**. Остальные параметры рассмотрим в разделе подготовки к автоматической трассировке.

4.3 Предварительная трассировка критических цепей

Критические цепи (цепи питания, цепи синхронизации и т.п.) должны быть предварительно разведены в интерактивном режиме и заблокированы от их изменений автотрассировщиком.

Если необходимо установить для критических цепей индивидуальные параметры (ширину проводника, ограничение длины и т.п.), то необходимо воспользоваться подкомандами команды **Rules/Net** (для установки ширины и зазоров используется подкоманда **Clearance**, для установки длины – **Timing**). Подробнее эти команды будут рассмотрены в пункте 4.4.

Команды интерактивной трассировки вызываются из контекстного меню **INTERACTIVE ROUTING MENU**.

В режиме интерактивной трассировки в правой части строки состояния системы указывается имя текущего слоя и кнопка поля со списком для его переключения. Нажатие на кнопку  позволяет изменить тип расположения переходных отверстий при трассировке шин. Флаг **Checking** позволяет включать/выключать проверку соблюдения конструкторско-технологических ограничений в процессе интерактивной трассировки (не рекомендуется выключать).

В интерактивном режиме сначала следует выполнить команду **Setup** для задания параметров трассировки проводников (рисунок 17).

Основные элементы управления окна **Interactive Routing Setup** имеют следующее назначение:

- **PCB Wire Width** — задает ширину проводников правила уровня **PCB**;
- **PCB Clearance** — позволяет указать зазоры между объектами печатной платы для правила уровня **PCB**;
- Вкладка **General**:
 - **Via Assistance** — включение режима помощи при размещении переходного отверстия двойным щелчком левой кнопкой мыши с целью указания возможных его положений (**Snap** — привязка курсора к ближайшему узлу сетки переходных отверстий (устанавливается по умолчанию); **Display** — изображение на экране ближайшего разрешенного места расположения переходного отверстия при попытке его размещения в недопустимой точке; **None** — отсутствие помощи);





Рисунок 17 – Окно **Interactive Routing Setup**

- **Show Timing/Length Rule Constraints** — включение режима отображения длины редактируемых проводников, имеющих правила ограничения их длины (**Meter** — отображение текущей относительной длины редактируемого проводника (относительно заданной минимальной или максимальной длины); **Octagons** — отображение восьмиугольника, показывающего минимальную и максимальную длину редактируемого проводника);
- **Snap to Pin Origin** — разрешение подключения проводника к точке привязки контактной площадки некруглой формы при подводе трассы к этой площадке. Для круглых контактных площадок трассы всегда подключаются к центру;
- **Push Routing** — включение режима автоматического расталкивания мешающих проводников с соблюдением установленных зазоров при прокладке нового проводника;
- **Auto Polygon Merge** — разрешение автоматического объединения перекрывающихся полигонов в режиме **Move mode**.
- Вкладка **Bus**:
 - **Enable Bus Routing** — разрешение прокладки шин (одновременной трассировки нескольких проводников);
 - **Enable Tandem Pair Routing** — разрешение одновременной трассировки двух проводников, образующих пару;
 - **Spacing For Gathering Bus Wires** — минимальный зазор между смежными проводниками при трассировке шин.

- Вкладка **Style**:
 - **Pointer Style** — форма курсора (**90 Degrees Crosshair** — прямоугольное перекрестье на все рабочее поле; **45 Degrees Crosshair** — перекрестье на все рабочее поле в зависимости от значения опции **Pointer Snap**; **Cursor only** — только в виде маленького перекрестья);
 - **Pointer Snap** — возможный угол ориентации указателя направления трассировки (**90 Degrees** — ортогональная трассировка; **45 Degrees** — диагональная или ортогональная; **All** — под любым углом относительно указателя).
- Вкладка **Move/Copy** позволяет установить дискретность угла поворота и параметры зеркального отображения.

Если необходимо, чтобы трассы располагались по сетке трассировки, предварительно нужно установить эту сетку командой *Autoroute/Setup*, кнопка **Setup Wire Grid**. В окне команды устанавливается шаг сетки по оси X и по оси Y. Можно также установить отступ сетки от начала координат. В этом же окне **Design Grids** на вкладке **Via** нужно установить сетку переходных отверстий. Имеется возможность установки индивидуальной сетки для каждого стека переходных отверстий. Для удобства работы можно визуализировать сетку командой *View/Display Grids* (опция **Display** в разделе **Routing Major Grid**). Следует отметить, что при интерактивной трассировке можно будет располагать проводники вне сетки трассировки. Переходные отверстия располагаются в указанной сетке.

Для трассировки цепи сначала целесообразно перейти в режим выбора цепи **Select Net** (кнопка кнопочной панели , команда *Select/Nets/Sel Net Mode*). Далее выделяется требуемая цепь, что делает трассировку более удобной. Можно было использовать команду *Select/Nets/By List* и далее выбрать в списке цепь по имени. Затем правой кнопкой мыши вызвать **INTERACTIVE ROUTING MENU** и выполнить команду *Edit Route Mode* (кнопка ). Щелчком левой кнопки мыши на контактной площадке или на трассе начинается ввод сегмента проводника. Точки излома фиксируются однократным щелчком левой кнопкой мыши, двойной щелчок открывает меню выбора слоя печатной платы. После выбора нового слоя автоматически проставляется переходное отверстие. Для перехода на другой слой и постановки переходного отверстия удобно пользоваться функциональными клавишами F5 и F6. Клавиша F5 делает текущим слой, располагающийся в списке слоев (команда *View/Layers*), ниже активного слоя, F6 — выше. При прокладке сегмента проводника вокруг него тонкой линией отмечается область зазора. Направления возможного продолжения проводника отмечаются стрелками. Когда конец проводника точно совмещается с контактной площадкой — появляется символ перекрестья. Для автоматического завершения трассы из контекстного меню **EDIT ROUTE** выбирается команда *Finish Route*. При выполнении интерактивной трассировки производится автоматическое расталкивание мешающих проводников (если оно было разрешено) и огибание трассой препятствий с соблюдением допустимых зазоров.

Для блокировки (фиксирования) разведенных цепей от перетрассировки автотрассировщиком необходимо выполнить команду *Edit/ [Un] Fix Nets...* Этой командой можно фиксировать выделенные цепи или цепи, выбираемые из списка по именам.

4.4 Подготовка к автоматической трассировке

Подготовка к автоматической трассировке включает в себя ряд действий.

1. Если не были ранее установлены сетка трассировки и сетка переходных отверстий, то необходимо это сделать (команда *Autoroute/Setup*, кнопка **Setup Wire Grid** и **Setup Via Grid**). Есть возможность трассировать без сетки, тогда в качестве значения шага следует указать 0.

2. Разрешить или запретить диагональную трассировку (команда *Autoroute/Setup*, раздел **Diagonal Route**).

3. Определить дополнительные объекты и группы объектов на печатной плате с помощью команды *Define*. Кратко рассмотрим основные ее подкоманды:

Define/Class/Define/Forget By List – создание (удаление) классов цепей. Класс – совокупность объединенных по каким-то признакам цепей, причем каждая цепь может входить более чем в один класс. Сначала с помощью кнопки **Create Class** нужно создать класс, а потом из списка цепей **Nets** двойным щелчком включать их в класс. Удаление класса – кнопка **Forget Class**;

Define/Group/Define/Forget By List – объединение участков цепи, соединяющих два соседних вывода. Сначала нужно создать группу, затем в списке **Nets** выбрать цепь и из списка **Fromtos in Net** выбрать требуемую пару выводов соединяемых компонентов;

Define/Net Pairs/Define/Forget By List – определение пары цепей, которые должны быть растрассированы симметрично. Сначала нужно создать пару, а затем выбрать включаемые в нее цепи;

Define/Fence/Draw Mode – создание одной или нескольких областей запрета трассировки для разделения цепей аналоговых и цифровых сигналов путем рисования на плате многоугольной области;

Define/Region – задание области платы, для которой определена индивидуальная ширина проводников и зазоры, задаваемые в дальнейшем соответствующим правилом.

4. Необходимо задать параметры требуемых правил трассировки. В первую очередь необходимо задать правило **PCB** для всей платы, помимо параметров, рассмотренных в пункте 4.2. При необходимости можно также определить и другие правила более высокого уровня иерархии. В этих правилах есть установки однотипных параметров, например зазоров (**Clearance**). Рассмотрим назначение некоторых наиболее часто встречающихся параметров.

Установка зазоров (подкоманда *Clearance*, например *Rules/PCB/Clearance*, *Rules/Net/Clearance*). В качестве примера рассмотрим окно команды *Rules/PCB/Clearance* (рисунок 16).

Приведем назначение основных элементов управления:

- **Same Net Checking** – флажок разрешения проверки зазоров для объектов одной и той же цепи;

- **Wire Width** – ширина проводников по умолчанию;
- **Taper Wire** – раздел установки параметров сужения-расширения трасс при подводе к выводу;
- **All** – поле для установки одинаковых параметров зазора для всех объектов;
- **SMD-Via Same Net** – поле для установки зазора между площадкой для поверхностного монтажа и переходным отверстием одной цепи (рисунок 18);
- **Via-Via Same Net** – поле для установки зазора между двумя переходными отверстиями одной цепи в том же самом слое (рисунок 19);
- **Pad-to-Turn Gap** – поле для установки зазора между контактной площадкой и первым изломом проводника (рисунок 20);
- **Antipad Gap** – поле для установки зазора между вырезами во внутренних слоях металлизации и металлизированным отверстием;
- **SMD to Turn Gap** – поле для установки минимального расстояния между поверхностной контактной площадкой и первым изломом проводника (рисунок 21);

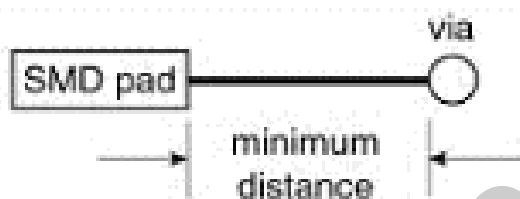


Рисунок 18 – Параметр **SMD-Via Same Net**

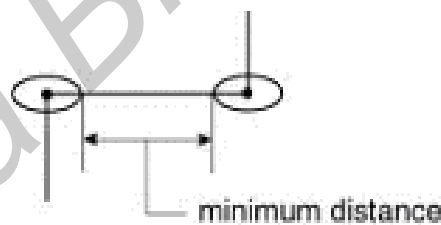


Рисунок 19 – Параметр **Via-Via Same Net**



Рисунок 20 – Параметр **Pad-to-Turn Gap**



Рисунок 21 – Параметр **SMD to Turn Gap**

- **Buried-Via Gap** – поле для установки зазора между глухими межслойными переходными отверстиями. Использование правила позволяет предотвратить появление соосных глухих переходных отверстий;
- **Layer Depth** – позволяет задать номер слоя, для которого определен параметр **Buried-Via Gap**.

Установка правил прокладки проводников (подкоманда *Wiring/General*, например *Rules/PCB/Wiring/General* – рисунок 22). Рассмотрим назначение основных элементов управления:

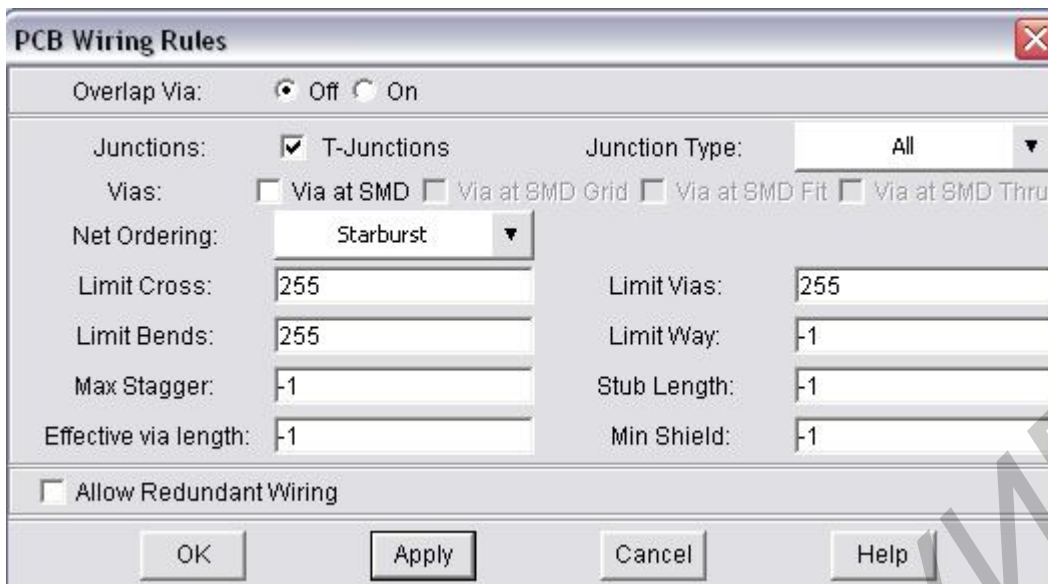


Рисунок 22 – Окно **PCB Wiring Rules**

- **T-Junctions** – флажок разрешения T-образных соединений;
- **Junction Type** – поле со списком позволяет задать объекты, для которых разрешены T-образные соединения (**All** – для всех; **Term only** – только для контактных площадок и переходных отверстий; **Supply Only** – для цепей питания);
- **Vias** – раздел позволяет задать возможные варианты размещения переходных отверстий под планарной контактной площадкой;
- **Net Ordering** – поле со списком позволяет определить технику разводки цепей (**Starburst** – звездой, **Daisy** – цепочкой (у каждой контактной площадки не более двух соединений));
- **Limit Bends** – поле, задающее предельное число изгибов цепи;
- **Limit Vias** – поле, задающее предельное число переходных отверстий цепи;
- **Limit Way** – величина длины сегмента цепи в неприоритетном направлении;

Установка ограничений на временные параметры. Рассмотрим команду **Rules/Net/Timing**. С помощью кнопки **Pick Net** выбирается по имени требуемая цепь. На вкладке **Length** устанавливается минимальная и максимальная длина проводника. На вкладке **Delay** может быть установлена минимальная и максимальная задержка. На вкладке **Elongation** указывается техника исполнения проводника для получения требуемой длины.

Установка максимальной длины параллельных проводников (Crosstalk, например **Rules/PCB/Crosstalk**). Установка максимальной длины и зазора (**Gap**) параллельных сегментов, расположенных на одном слое (**Parallel rules**) и на смежных слоях (**Tandem rules**) на заданном расстоянии для уменьшения перекрестных искажений.

На этом этапе также может понадобиться установить ширину проводников отдельных цепей или классов цепей. Для этого надо воспользоваться параметром **Wire Width** команд **Rules/Net/Clearance** или **Rules/Class/Clearance**.

Командой **Rules/Net/Wiring/General** можно установить технику соединений (**Net Ordering**) для цепи и приоритет (**Net Priority**) – число от 1 до 255. Наивысший приоритет 255. Если приоритет не указан, то по умолчанию принимается 10.

5. Если в проекте имеется более одного стека переходных отверстий, то нужно выбрать требуемый стек для использования его при трассировке. При наличии более одного стека для соединения соответствующих слоев из разрешенных переходных отверстий будет использоваться то, которое имеет меньшие размеры. Для выбора переходного отверстия необходимо сначала выполнить команду **Select/Vias for routing/Unselect All**, а затем команду **Select/Vias for routing/By List...**. В диалоговом окне команды нужно из списка выбрать требуемый стек переходного отверстия.

6. Установить порядок трассировки (команда **Rules/Sorting**). В окне команды можно установить следующие параметры:

- **Smart** – сначала трассируются наиболее перегруженные по количеству связей области (устанавливается по умолчанию);
- **Random** – по случайному закону;
- **By Manhattan length–Shortest first** – начиная с наиболее коротких соединений;
- **By Manhattan length–Longest first** – начиная с наиболее длинных соединений;
- **By Manhattan area–Smallest first** – начиная с наименьших связанных областей;
- **By Manhattan area–Largest first** – начиная с наибольших связанных областей.

7. Установить весовые коэффициенты, управляющие стратегией трассировки (команда **Rules/Costs...**). В диалоговом окне команды в соответствующих полях устанавливаются значения весов от 0 до 100 (0 – снятие ограничений, 100 – полный запрет), минус 1 – отсутствие штрафа. Можно установить весовые коэффициенты для следующих параметров:

Wrong-way routing – штраф за неприоритетное направление трассировки в слое;

Crossings – штраф за конфликт пересечения;

Vias – штраф за использование переходных отверстий;

Off-grid routing – штраф за трассировку вне сетки, если сетка трассировки была задана;

Off-center SMD exit – штраф за подвод трассы не к центру SMD контактной площадки;

Long-side SMD exit – штраф за подвод трассы к длинной стороне SMD контактной площадки.

4.5 Автоматическая трассировка

Команды автоматической трассировки сгруппированы в меню **Autoroute**. Можно выделить три этапа проведения автоматической трассировки:

- предварительная трассировка;
- автотрассировка;
- улучшение полученных результатов.

Рассмотрим команды предварительной трассировки, которые вызываются из пункта меню *Autoroute/Preroute*.

Команда *Autoroute/Preroute/Fanout* предназначена для генерации сквозных переходных отверстий рядом с контактными площадками планарных компонентов и соединения их короткими трассами. Окно команды приведено на рисунке 23. Если значение параметра не задается в соответствующие поля необходимо установить значение минус 1.



Рисунок 23 – Окно команды *Autoroute/Preroute/Fanout*

Назначение элементов управления в диалоговом окне:

- **Direction** – направление отвода **Fanout** от контактных площадок (**In** – внутрь посадочного места, **Out** – наружу, **Both** – в обоих направлениях);
- **Location** – расположение отводов **Fanout** относительно ограничительной линии компонента;
- **Passes** – число проходов (до 5);
- **Max length** – максимальное расстояние от точки привязки контактной площадки планарного компонента до центра переходного отверстия;
- **Fanout Via Grid** – раздел для установки сетки переходных отверстий **Fanout**;
- **Sharing** – установка параметров для общих выводов одной цепи;

- **Fanout Blind/Buried Vias to** – указание стороны для слепых и внутренних переходных отверстий;

- **Pin Types** – типы выводов, для которых ставятся **Fanout** (можно указать, что для всех выводов, или только для определенных групп цепей или выводов).

Пример результата работы команды приведен на рисунке 24.

Команда *Autoroute/Preroute/Seed Vias* позволяет разбить сегмент на два более коротких с добавлением переходного отверстия. В диалоговом окне команды можно установить длину соединения, при превышении которого сегмент разбивается на два.

Команда *Autoroute/Preroute/Wirebonds* позволяет выбрать из списков компоненты и стеки контактных площадок для разводки навесными проводниками. В этом случае генерируются специальные контактные площадки bond site.

Команда *Autoroute/Preroute/Bus Routing* трассирует выводы компонентов, которые имеют одинаковые координаты X или Y. В диалоговом окне команды можно задать ортогональный или диагональный вариант трассировки. Фрагмент диагональной трассировки шиной приведен на рисунке 25. Опция **Protect bus routing when done** запрещает автотрассировщику перепрокладывать такие шины.

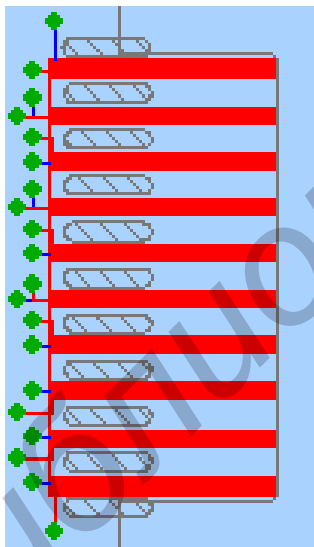


Рисунок 24 – Результат выполнения команды *Autoroute/Preroute/Fanout*

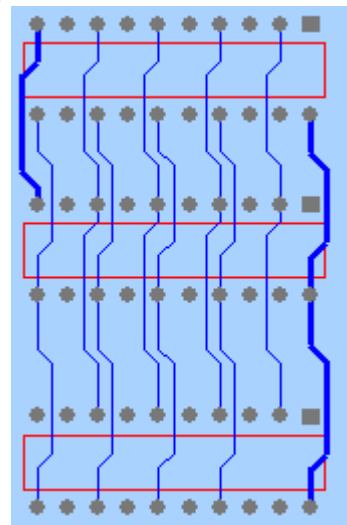


Рисунок 25 – Результат выполнения команды *Autoroute/Preroute/Bus Routing*

Основная команда автотрассировки – *Autoroute/Route* осуществляет трассировку в несколько проходов с устранением возникших конфликтов на последующих проходах. Диалоговое окно команды приведено на рисунке 26 .

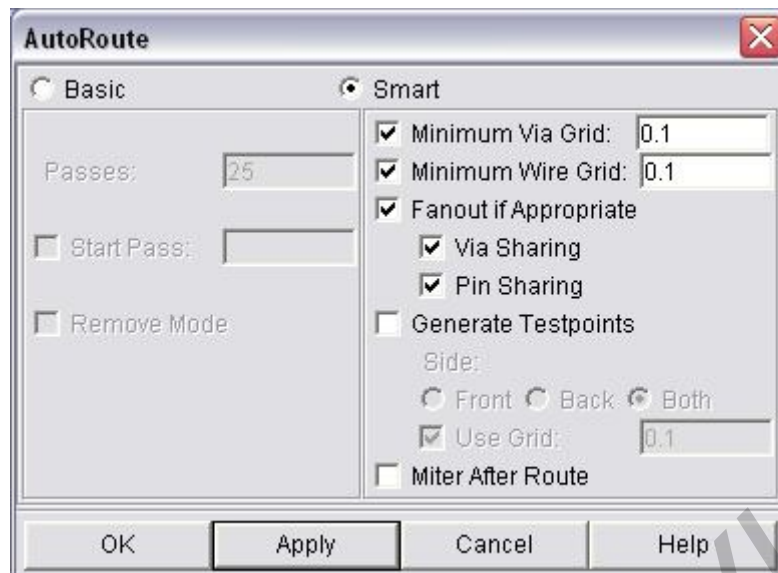


Рисунок 26 – Окно команды *Autoroute/Route*

В диалоговом окне можно выбрать алгоритм автотрассировки (**Basic** или более мощный **Smart**) и задать его параметры.

Для **Basic** задается число проходов.

Для **Smart** задаются:

- минимальные шаги сеток проводников и переходных отверстий (**Minimum Wire Grid** и **Minimum Via Grid**);
- разрешение генерации **Fanout** в случае наличия более двух сигнальных слоев либо когда верхний и нижний слой запрещены для трассировки (флажок **Fanout if Appropriate**). При разрешении создания **Fanout** можно разрешить вставлять переходные отверстия между планарными выводами (**Via Sharing**), принадлежащими одной цепи, или разрешить использовать для перехода выводы штыревых компонентов (**Pin Sharing**);
- разрешение генерации контрольных точек (**Generate Testpoints**);
- разрешение сглаживания углов после трассировки (**Miter After Route**).

Следующие команды можно отнести к этапу улучшения полученных результатов.

Команда *Autoroute/Clean* — перетрассировка проводников с прокладкой их заново, не допуская возникновения новых конфликтов, с целью уменьшения количества ПО и улучшения технологичности. В диалоговом окне команды устанавливается число проходов.

Команда *Autoroute/Post Route/Critic* — удаление лишних изгибов проводников без их разрывов и перераскладки.

Команда *Autoroute/Post Route/Shield* — защита от перераскладки цепей с Т-образными соединениями.

Команда *Autoroute/Post Route/Filter Routing* — удаление проводников для ликвидации конфликтов с целью минимизации числа неразведенных связей (можно задать число проходов).

Команда *Autoroute/Post Route/Center Wires* — сдвиг сегментов проводников таким образом, чтобы они были расположены на равном расстоянии между соседними выводами компонентов.

Команда *Autoroute/Post Route/Spread Wires* — увеличение зазора между проводниками и выводами компонентов, если на плате имеется свободное место (в диалоговом окне команды можно указать величины начальных и конечных зазоров).


Команда *Autoroute/Post Route/Testpoint* – добавление контрольных точек.


Команда *Autoroute/Post Route/[Un]Miter Corners* – сглаживание [отмена сглаживания] изгибов проводников под углом 90° диагональными трассами под углом 45° (**Diagonal**), или дугами (**Rounded**).

4.6 Редактирование полученного проекта

Редактирование полученного проекта осуществляется в интерактивном режиме. Перед редактированием следует проверить установки в окне **Interactive Routing Setup** (рисунок 17).

Наиболее часто встречающиеся операции редактирования:

- прокладка неразведенных трасс. Осуществляется в режиме **Edit Route Mode** (команда *Edit Route Mode* контекстного меню **INTERACTIVE ROUTING MENU**, кнопка ) аналогично трассировке критических цепей без их последующей фиксации (см. пункт 4.3);

- перемещение трасс и переходных отверстий. Осуществляется в режиме **Move Route Mode** (команда *Move Mode* контекстного меню **INTERACTIVE ROUTING MENU**, кнопка ). После перехода в режим **Move Route Mode** нужно выделить требуемый сегмент цепи или переходное отверстие и переместить (не нажимая кнопок мыши) в нужное место. Завершение операции перемещения – щелчок левой кнопкой мыши. При этом огибаются препятствия и, если было включено расталкивание (опция **Push Routing** в диалоговом окне **Interactive Routing Setup**), автоматически происходит расталкивание проводников;

- замена типов переходных отверстий. Осуществляется командой *Change/Change Via Mode* контекстного меню **INTERACTIVE ROUTING MENU**. Откроется окно **Change Via Setup**, в котором нужно выбрать требуемый тип переходного отверстия. Это же окно можно вызвать командой контекстного меню этого режима *Setup Change Via...*. После этого нужно выбрать на печатной плате требуемое переходное отверстие;

- изменение ширины проводников. Осуществляется командой *Change/Change Wire Width Mode* контекстного меню **INTERACTIVE ROUTING MENU**. Откроется окно **Change Wire Setup**, где нужно указать требуемую ширину проводника. Это же окно можно вызвать командой контекстного меню этого режима *Setup Change Wire...*. После установки ширины нужно выбрать требуемый сегмент;

- удаление незафиксированных проводников и сегментов проводников. Осуществляется командой *Delete/Wire Mode* и *Delete/Segment Mode* контекст-

ного меню **INTERACTIVE ROUTING MENU**. Для зафиксированных проводников необходимо предварительно снять фиксацию.

4.7 Проверка соблюдения конструкторско-технологических ограничений

После завершения трассировки необходимо выполнить команду **Rules/Check Rules** для проверки соблюдения заданных ранее правил (конструкторско-технологических ограничений). Команда **Rules/Check Rules** имеет подкоманды. Сначала необходимо выполнить команду **Rules/Check Rules/ Setup**, с помощью которой задаются следующие параметры проверки:

- **Conflict** – разрешение проверки наличия конфликтов (например пересечение проводников в одном слое, нарушение зазоров между проводниками);
- **Crosstalk** – разрешение проверки нарушения максимальной длины параллельных проводников;
- **Length** – разрешение проверки соблюдения длины проводников;
- **Limit Way** – разрешение проверки ограничений длины сегмента цепи в неприоритетном направлении;
- **Maximum Total Via** – разрешение проверки соблюдения максимального числа ПО для цепи, класса, группы;
- **Miter** – разрешение проверки сглаживания углов и выделение несглаженных;
- **Net Order** – разрешение проверки техники трассировки цепей (звездой или цепочкой);
- **Pin** – разрешение проверки зазоров между контактными площадками;
- **Polygon Wire** – разрешение проверки зазоров для полигонов;
- **Protected** – разрешение проверки зазоров между защищенными от трассировки объектами;
- **Same Net** – разрешение проверки зазоров между объектами одной и той же цепи;
- **Stagger** – разрешение проверки максимальных расстояний для звездообразного соединения;
- **Stub** – разрешение проверки максимальных выступающих отводов для Т-образных соединений;
- **Use Layer** – разрешение проверки нарушений правил для слоев;
- **Use Via** – разрешение проверки нарушений правил для переходных отверстий.

После установки параметров проверка соблюдения конструкторско-технологических ограничений запускается командой **Rules/Check Rules/Routing**. Обнаруженные нарушения правил проектирования помечаются маркерами (нарушение допустимых зазоров помечается ромбом; несоблюдение заданной длины отдельных цепей помечается желтой пунктирной линией; пересечения помечаются прямоугольной рамкой).

Подкоманда **Rules/Check Rules/All** дополнительно проверяет правила размещения компонентов.

Замеченные нарушения должны быть отредактированы (см. пункт 4.6).

Для документирования результатов проверки используются отчеты, формируемые командой *Report/Specify*. Укажем наиболее часто используемые:

- **Conflicts-Routing** – создание списка конфликтов (пересечения проводников и нарушения допустимых зазоров);
- **Crosstalk** – создание списка правил и их нарушений для параллельных участков цепей и пар цепей;
- **Order Violations** – создание списка правил техники трассировки цепей и их нарушений.

5 ПЕРЕДАЧА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ДРУГИЕ САПР

Рассмотрим передачу проектов SPECCTRA в OrCAD и P-CAD.

Для передачи файла проекта SPECCTRA в OrCAD Layout выполните следующие действия:

1. Загрузите OrCAD Layout и выполните команду *File/Import/SPECCTRA to Layout*.
2. В поле **Input SPECCTRA File** укажите спецификацию растрассированного файла SPECCTRA (файла с расширением .rte), в поле **Output Layout File** – спецификацию выходного файла (файла с расширением .max).
3. Для создания файла печатной платы OrCAD Layout нажмите кнопку **Translate**.

Передача файла проекта SPECCTRA в P-CAD производится в зависимости от варианта запуска SPECCTRA (см. раздел 1).

Если использовался запуск SPECCTRA из PCB, то возврат в P-CAD PCB с передачей файла платы происходит автоматически после завершения работы SPECCTRA.

Если использовался автономный запуск SPECCTRA, то преобразование форматов файлов организуется с помощью программы SP2ACCEL обратной трансляции данных в P-CAD. Эта программа размещается в корневом каталоге установки P-CAD. При запуске программы в командной строке будет запрошено полное имя файла (с указанием пути и расширения) сессии SPECCTRA. Здесь можно ввести имя сохраненного файла сессии (расширение .ses) или файла трассировки (расширение .rte). Далее будет запрошено имя оригинального исходного файла печатной платы P-CAD с расширением .pcb. Выходной файл с расширением .pc_ и тем же именем будет помещен в тот же каталог. Этот выходной файл может быть открыт в P-CAD PCB.

ЛИТЕРАТУРА

1. SPECCTRA Tutorial Product Version 10.0. May 2000. Cadence Design Systems, Inc.
2. Help (система помощи) SPECCTRA 10.2.
3. Разевиг В.Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 2001. – М.: Солон-Пресс, 2003.
4. Станкевич А.В., Лихачев Д.С. Лабораторный практикум по курсу «Прикладные пакеты систем автоматизированного проектирования проблемно ориентированных вычислительных средств» для студ. спец. «Электронные вычислительные средства». – Мн.: БГУИР, 2002.
5. Станкевич А.В., Лихачев Д.С. «САПР P-CAD 2001: Лабораторный практикум по курсу «Прикладные пакеты систем автоматизированного проектирования проблемно ориентированных вычислительных средств для студ. спец. 40 02 02». – Мн.: БГУИР, 2004.
6. Разевиг В.Д. «Система проектирования OrCAD 9.2». – М.: Солон-Р, 2003.
7. Уваров А.С. «P-CAD 2002 и SPECCTRA. Разработка печатных плат». – М.: Солон-Пресс, 2003.

Учебное издание

Станкевич Андрей Владимирович

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ SPESSTRA ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Учебно-методическое пособие по курсу
«Прикладные пакеты САПР проблемно-ориентированных ЭВС»
для студентов специальности «Электронные вычислительные средства»
дневной формы обучения

Редактор Т.П. Андрейченко

Подписано в печать 16.05.2006.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс»	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 2,67.
Уч.-изд. л. 2,3.	Тираж 200 экз.	Заказ 74.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ № 02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП № 02330/0131518 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6