

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электронных вычислительных средств

А.В.Станкевич, Д.С.Лихачёв

Лабораторный практикум

по курсу

Прикладные пакеты систем автоматизированного проектирования
проблемно-ориентированных электронных вычислительных средств
для студентов специальности
“Электронные вычислительные средства”

Минск 2002

УДК 681.31(075.8)

ББК 32.97 я 73

С 76

Станкевич А.В.

С 76 Лабораторный практикум по курсу “Прикладные пакеты систем автоматизированного проектирования проблемно-ориентированных электронных вычислительных средств” для студентов специальности “Электронные вычислительные средства”. /А.В.Станкевич, Д.С.Лихачёв. – Мн.: БГУИР, 2002. – 48 с.: ил.37

ISBN

Данный лабораторный практикум содержит описание системы проектирования OrCAD 9.1 применительно к задаче разработки печатного узла. Приводится порядок создания печатной платы электронного узла, описание лабораторных работ.

УДК 32.97 я 73

ББК 681.31 (075.8)

ISBN

© А.В.Станкевич, Д.С.Лихачёв, 2002

© БГУИР, 2002

САПР печатных плат OrCAD

1. Назначение и возможности САПР

Система OrCAD предназначена для создания принципиальных электрических схем, моделирования цифровых и аналого-цифровых устройств, синтеза программируемых логических интегральных схем, разработки печатных плат, подготовки управляющих файлов для фотоплоттеров.

В данном практикуме рассматривается версия системы проектирования OrCAD 9.1 применительно к задаче разработки печатного узла. Поэтому будет описана работа только с двумя компонентами системы: OrCAD Capture – редактором принципиальных схем и OrCAD Layout Plus – редактором печатных плат, включающим автотрассировщик SmartRout.

Разрабатываемый с помощью OrCAD 9.1 проект имеет следующие ограничения:

- размер печатной платы – не более 144x144 дюйма;
- общее число слоев платы – не более 30;
- число цепей – не более 10000;
- число компонентов – не более 7500.

Требования к компьютеру и операционной системе: IBM-совместимый персональный компьютер с процессорами Pentium или совместимых с ними под управлением Windows 95/98 или Windows NT 4.0 и выше. Необходимый объем ОЗУ – не менее 32 Мбайт. Объем требуемого дискового пространства 200-300 Мбайт в зависимости от варианта установки и сложности проектов.

2. Общие принципы работы с OrCAD Capture и OrCAD Layout

Масштабирование. Для установки требуемого масштаба изображения некоторой части чертежа необходимо пользоваться пунктом меню *View/Zoom* (данная запись означает подпункт *Zoom* пункта меню *View*) для OrCAD Capture или *View* для OrCAD Layout. Для увеличения масштаба нужно выбрать подпункт In (или нажать клавишу **I** клавиатуры), для уменьшения – Out (нажать клавишу **O** клавиатуры). Для отображения всей схемы проекта – подпункт меню *All*.

Выбор объектов. Выбор объектов требуется для выполнения ряда команд (перемещение, копирование, зеркальное отображение, удаление, редактирование и др.). Выбор отдельного объекта производится щелчком левой кнопки мыши при указании курсором выделяемого объекта. Для перехода в режим выделения в OrCAD Capture на панели инструментов нужно включить кнопку **Select** . В OrCAD Layout конкретизация выбираемого объекта осуществляется с помощью подпунктов меню Tool. Отмена выделения объекта производится щелчком мыши при расположении курсора на пустом месте экрана. Групповое выделение выполняется щелчком левой кнопки мыши по следующему объекту при нажатой клавише **Ctrl**. Другой вариант группового выделения объектов – с помощью прямоугольного окна путем указания первого угла и

при нажатой левой кнопке мыши путём перемещения во второй угол с последующим отпусканием кнопки.

Редактирование свойств объектов. Каждый объект принципиальной схемы или платы имеет набор свойств (Properties), которые определяют его атрибуты. Каждый атрибут объекта имеет имя и соответствующее значение.

Атрибуты объектов просматриваются и редактируются по команде *Edit/Properties* либо путем выбора пункта *Properties* из контекстного меню, открываемого щелчком правой кнопки мыши.

Перемещение и изменение размеров графических объектов для OrCAD Capture. Отмена команды. У линий, эллипсов, окружностей, прямоугольников и многоугольников можно изменять размеры и форму. При выборе одного из перечисленных объектов на экране изображаются специальные символы (квадраты). Для изменения формы или размеров графических объектов нужно щелкнуть левой кнопкой мыши при выборе курсором одного из этих символов и, не отпуская кнопку мыши, переместить курсор в требуемое место. Все остальные объекты можно только перемещать, вращать, зеркально отображать или удалять.

Для перемещения любого объекта нужно щелкнуть левой кнопкой мыши при выборе курсором объекта и, не отпуская кнопку мыши, выполнить перемещение в требуемое место рабочей области экрана.

Команда *Edit/Undo* (кнопка **Undo** ) отменяет выполнение последней команды, при этом в подменю *Edit* к имени команды *Undo* автоматически добавляется имя последней выполненной команды. Команда *Edit/Redo* (кнопка **Redo** ) отменяет выполнение команды *Edit/Undo*.

Повторение выполнения последней команды *Place, Copy, Past, Move, Resize, Rotate, Mirror* выполняется по команде *Edit/Repeat*, при этом в подменю *Edit* к имени команды *Repeat* автоматически добавляется имя последней выполненной команды.

При рисовании схемы часто удобно создавать массив объектов (например, при создании шинных входов/выходов). Для смещения копируемого объекта на требуемое расстояние нужно перед выполнением команды *Edit/Repeat Copy* выделить копируемый объект, нажать клавишу **Ctrl** и, не отпуская ее, переместить копируемый объект на нужное расстояние. Массив копируемых объектов, смещенных друг от друга на заданное расстояние, создается затем последовательным выполнением команды *Edit/Repeat Copy*.

3. Порядок разработки печатного узла

Разработка печатного узла с помощью САПР OrCAD 9.1 предполагает выполнение следующих этапов:

1. Настройка конфигурации и создание нового проекта с помощью редактора принципиальных схем OrCAD Capture.
2. Создание или редактирование условных графических обозначений (УГО) компонентов.
3. Синтез электрической принципиальной схемы с помощью программы OrCAD Capture.

4. Проверка электрической принципиальной схемы.
 5. Создание списка соединений.
 6. Создание посадочных мест компонентов с помощью редактора печатных плат OrCAD Layout. Данный пункт может быть совмещен со следующим пунктом.
 7. Загрузка списка соединений в OrCAD Layout и размещение компонентов на печатной плате.
 8. Трассировка печатной платы.
 9. Проверка соблюдения конструкторско-технологических ограничений.
- Рассмотрим подробнее содержание указанных этапов.

В дальнейшем в качестве примера будет рассматриваться проектирование печатной платы для устройства, принципиальная схема которого изображена на рис.1.

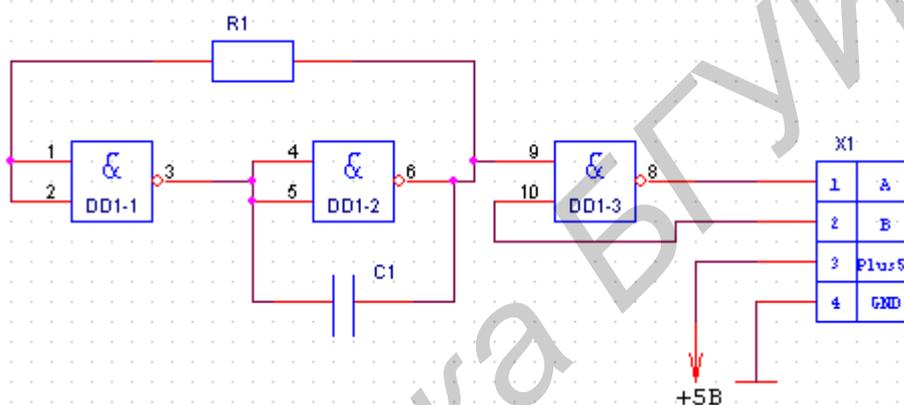


Рис. 1

3.1. Настройка конфигурации и создание проекта

Перед созданием нового проекта необходимо задать основные параметры его конфигурации. Конфигурирование проекта осуществляется с помощью команд меню **Options** программы OrCAD Capture. Рассмотрим назначение команд конфигурирования.

Команда **Preferences** предназначена для задания параметров схемы, которые сохраняются в конфигурационном файле Capture.ini и используются для текущего проекта при каждом запуске программы OrCAD Capture. Команда имеет несколько закладок. Кратко рассмотрим назначение элементов управления на закладках команды.

На закладке **Colors/Print** устанавливаются цвета всех объектов схемы и помечаются объекты, которые должны быть выведены на печать.

На закладке **Grid Display** выбирается стиль изображений сетки отдельно для редактора схем (Schematic Page Grid) и для редактора УГО (Part and Symbol Grid). Сетка может быть изображена в виде точек (Dots) или линий (Lines). С помощью флажка Displayed сетка визуализируется на экране, а с помощью флажка Pointer snap to grid включается режим привязки курсора к узлам сетки при размещении объектов на схеме.

Пример: для редактора схем (Schematic) и редактора УГО (Symbol) включим отображение сетки в виде точек (Dots) и установим привязку курсора к узлам сетки – опция Pointer snap to grid (рис.2).

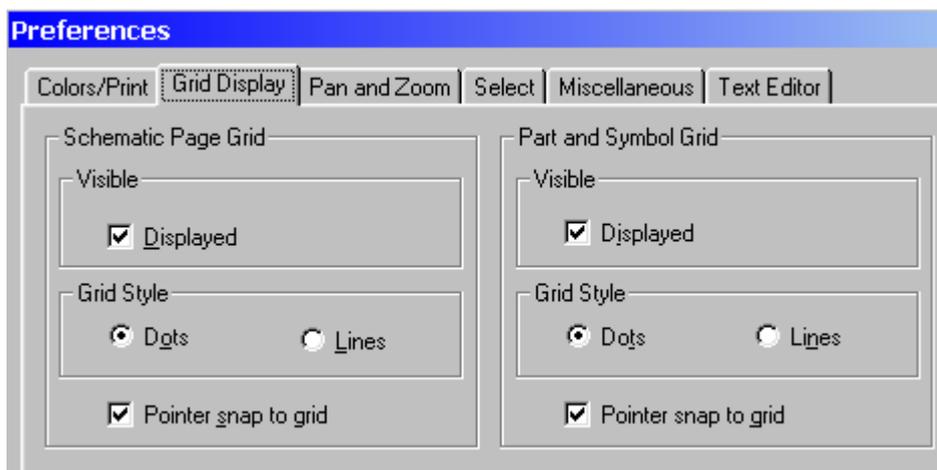


Рис. 2

На закладке **Pan and Zoom** указывается коэффициент увеличения или уменьшения масштаба изображения (**Zoom Factor**) при использовании команд масштабирования, а также коэффициент панорамирования (**Auto Scroll Percent**) для редактора схем и символов. Панорамирование представляет собой смещение окна схемы без изменения масштаба изображения при приближении курсора к границе окна при нажатой и удерживаемой левой кнопки мыши.

На закладке **Select** устанавливается способ выбора объектов схемы с помощью прямоугольного окна, задаваемого двумя углами. Если выбран вариант **Intersection**, то будут выбраны объекты при пересечении их границей окна. При выборе варианта **Fully Enclosed** будут выбраны объекты, полностью находящиеся внутри окна выбора. В поле **Maximum number of objects to display at high resolution while dragging** задается максимальное число отображаемых на экране объектов при их выборе в окне и перемещении.

На закладке **Miscellaneous** можно установить стиль заливки замкнутых фигур (**Fill Style**), стиль и ширину линий графических объектов (**Line Style and Width**), цвет (**Color**) графических объектов (линий, многоугольников и дуг), а также шрифт, используемый в менеджере проектов и файле протокола **Session.log**. Если на данной закладке будет указан цвет **Default** (по умолчанию), то цвет устанавливается в соответствии с цветом графики (**Graphics**) на закладке **Color/Print**.

На закладке **Text Editor** устанавливаются параметры текстового редактора, используемого при работе с **VHDL**-файлами описания схем.

С помощью команды **Design Template** задаются параметры схемы, которые будут использоваться по умолчанию при создании новых проектов.

Назначение закладок диалогового окна команды:

На закладке **Fonts** устанавливаются шрифты текстов различных объектов принципиальной схемы.

На закладке **Title Block** определяется текст различных полей основной надписи. Поскольку предполагается доработка конструкторской документации проекта в соответствии с действующими стандартами с помощью пакетов САПР AutoCAD или

TflexCAD, то создание форматки листа и основной надписи лучше выполнить с помощью упомянутых пакетов.

На закладке **Page Size** устанавливается система единиц (Inches – дюймовая или Millimeters – метрическая) и размер листа схемы A, B, C, D, E (в дюймовой системе), A4, A3, A2, A1, A0 (в метрической системе). Для определения пользовательского формата (размеры задаются пользователем) следует выбрать вариант Custom. В поле Pin-to-Pin Spacing указывается минимальное расстояние между выводами УГО компонентов схемы, которое также является величиной шага сетки. При изменении параметра Pin-to-Pin Spacing автоматически изменяются размеры символов при их размещении на схеме. В текущем проекте изменить значение этого параметра нельзя.

Пример: для будущего проекта установим метрическую систему единиц (Millimeters), выберем формат схемы A3 и шаг между выводами УГО компонентов 2,5 мм (рис.3).

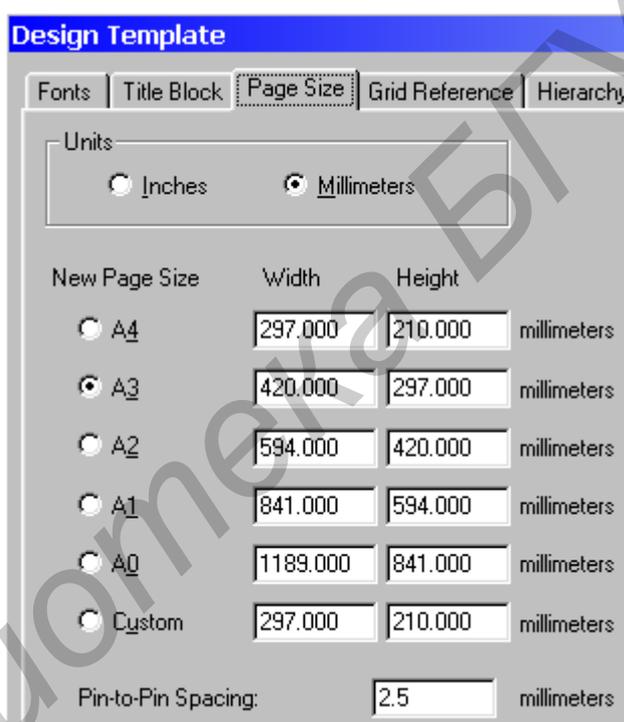


Рис. 3

На закладке **Grid Reference** устанавливаются параметры рамки, располагаемой вокруг листа схем на ее полях. Как уже указывалось ранее, форматку листа в соответствии с действующими стандартами лучше изобразить в AutoCAD или TflexCAD.

На закладке **Hierarchy** указываются параметры по умолчанию при создании новых иерархических блоков (Hierarchical Blocks) и компонентов (Parts): Primitive – компоненты, не имеющие иерархическую структуру; Nonprimitive – компоненты, имеющие иерархическую структуру.

На закладке **SDT Compatibility** устанавливаются параметры совместимости с DOS-версией OrCAD Schematic Design Tools 386+.

Создание проекта. Файл проекта в OrCAD имеет расширение .orj. Эти

файлы содержат ссылки на имена используемых в проекте файлов: файлов листов принципиальной схемы (файлы с расширением .dsn), библиотек УГО компонентов (файлы с расширением .olb), файлов отчетов о проекте и др.

Для создания нового проекта необходимо выполнить команду *File/New Project* или воспользоваться кнопкой **Create Document** , после чего в открывшемся диалоговом окне ввести следующие данные о проекте: в поле Name указывается имя проекта, а в поле Location – имя подкаталога, где его файл должен быть расположен. Для просмотра файловой структуры удобно пользоваться кнопкой **Browse** (рис.4).

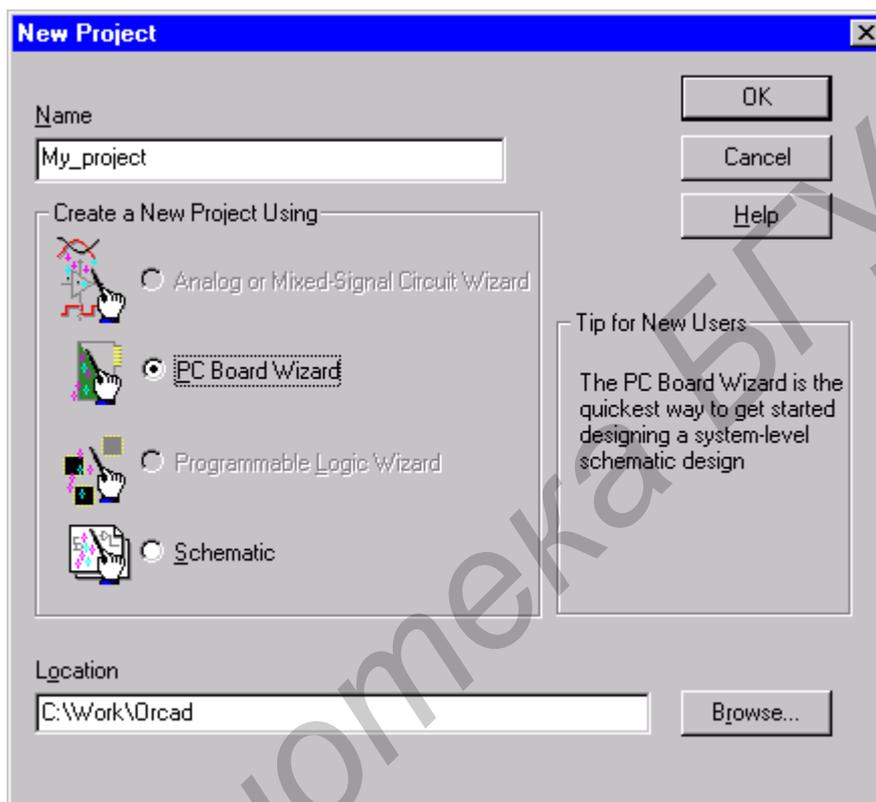


Рис. 4

Далее в средней части окна выбирается тип проекта:

Analog or Mixed-Signal Circuit – проектирование аналоговых или смешанных аналого-цифровых устройств и моделирование их работы с помощью программы Pspice;

PC Board – проектирование печатных плат;

Programmable Logic – проектирование программируемых логических устройств CPLD или FPGA;

Schematic – создание и документирование принципиальных схем, разработка печатных плат не предусматривается.

Выбор типа проекта определяет набор команд меню и доступных в процессе дальнейшей работы мастеров.

Для разработки печатной платы нужно выбрать тип проекта **PC Board**. Далее в открывшемся диалоговом окне выбирают библиотеки УГО компонентов, используемых в проекте.

После выполнения вышеописанных действий в основном окне OrCAD Capture появляется два новых окна: окно редактора схем и окно менеджера проекта (рис.5).

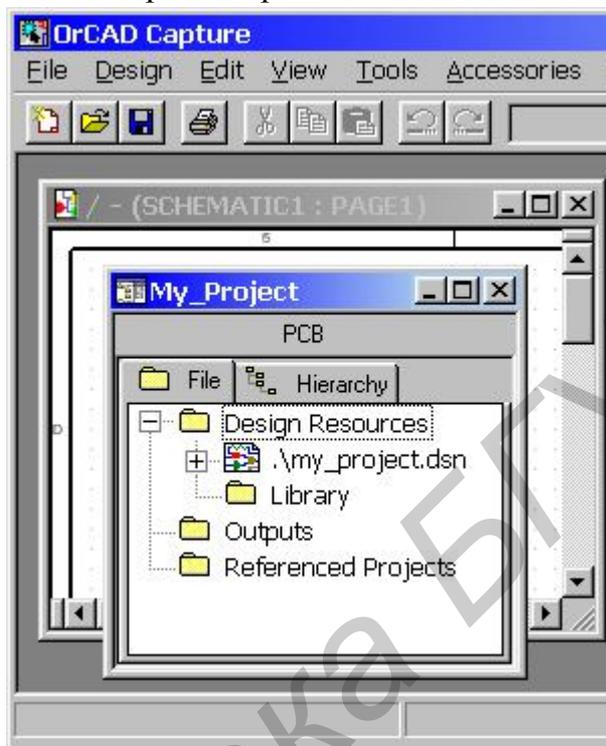


Рис. 5

Окно менеджера проекта имеет две закладки. На закладке **File** представляется плоская файловая структура проекта, на закладке **Hierarchy** – его иерархическая структура. Файловая структура проекта содержит следующие разделы и папки: Design Resource – описание проекта (файл проекта *.dsn, папка принципиальной схемы содержит файлы отдельных страниц схемы, перечень компонентов Design Cache с копиями всех использованных символов, перечень используемых библиотек УГО компонентов *.olb), Outputs - результаты проектирования.

Для выбора конкретного файла и загрузки его в редактор соответствующего типа необходимо дважды щелкнуть левой кнопки мыши по имени этого файла.

Библиотеки УГО компонентов представляют собой файлы, имеющие расширение имени .olb, в которых находится вся информация о компоненте, необходимая для создания принципиальных схем и передачи данных в другие программы системы OrCAD. Под компонентами (Component) понимаются физически существующие транзисторы, конденсаторы, интегральные схемы (ИС) и прочие электрорадиоэлементы. В OrCAD условное графическое изображение компонента или одной из секций компонента на принципиальной схеме называется Part. УГО вспомогательных элементов (межстраничные соединители, символы иерархических портов и т.д.) называется Symbol. Компоненты могут иметь несколько секций. Если все секции

многосекционного компонента одинаковые, он называется однородным (Homogeneous), в противном случае он называется неоднородным (Heterogeneous).

Информация об упаковке компонента, которая включает в себя количество секций компонента, количество выводов отдельных секций, наличие логически эквивалентных секций и выводов, соответствие определенных имен выводов номерам выводов, называется Package.

Графическая проекция физического корпуса компонента (его посадочное место) на печатную плату называется «отпечатком» – **Footprint**. Библиотеки посадочных мест компонентов хранятся в отдельных файлах с расширением *.lib.

Файлы библиотек УГО открываются в менеджере проектов по команде **File/Open/Library**. После нажатия на значок «+» на строке с именем библиотеки выводится ее содержимое (каталог). Выбирая в этом каталоге отдельные компоненты, их можно удалять и копировать в другие библиотеки.

При размещении на схеме первого УГО создается кэш проекта (Design cache), в который это УГО копируется из библиотечного файла. В Design cache менеджера проектов хранятся УГО всех компонентов, размещенных на схеме проекта, при этом сохраняется их связь с библиотеками символов. Это позволяет выполнить синхронное изменение всех экземпляров какого-нибудь УГО проекта, изменяя его в библиотеке. Для этого необходимо в разделе Design cache выбрать УГО компонента и выполнить команду **Design/Replace Cache**. Откроется диалоговое окно команды, в котором имя выбранного УГО отображается в строке Part Name, а в строке Part Library указывается имя библиотеки, в котором оно расположено. Этот путь можно изменить. После нажатия на клавишу ОК произойдет замена библиотечным УГО всех таких компонентов в текущем проекте.

3.2. Создание и редактирование УГО компонентов

С помощью **OrCAD Capture** можно создавать новые УГО компонентов и помещать их в существующие или новые библиотеки. Для создания или редактирования УГО используется редактор **Part Editor**.

В **OrCAD Capture** используются УГО двух типов:

1. Part – УГО компонентов, имеющие корпус, которым соответствуют физические электрорадиоэлементы, микросхемы и т.п.;
2. Symbol – УГО вспомогательных компонентов, которые не имеют корпусов.

УГО вспомогательных компонентов могут быть четырех типов: Power – УГО подключения цепей схемной «земли» и питания; Off-Page Connector – УГО соединителей страниц схемы; Hierarchical Port – УГО портов иерархического блока; Title Block – УГО основной надписи. УГО вспомогательных компонентов используются при выполнении команд **Place/Power** (пиктограмма **Place power** ), **Place/Ground** (кнопка **Place ground** ) , **Place/Off-Page Connector** (пиктограмма **Place off-page connector** ) , **Place/Hierarchical Port**, **Place/Title Block**.

Порядок создания УГО (следует иметь в виду, что последовательность некоторых этапов может быть изменена):

1. Создать новую библиотеку или открыть существующую. Для создания новой библиотеки нужно выполнить команду **File/New/Library**, для открытия – команду **File/Open/Library**. В окне менеджера проектов выбрать созданную библиотеку и выполнить команду **Design/New Part** для создания УГО нового компонента или **Design/New Symbol** для создания УГО вспомогательного компонента. Можно также выбрать в менеджере проекта библиотеку, вызвать контекстное меню и выбрать из него команду **New Part** или **New Symbol**.

2. В диалоговом окне команды **New Part** вводится информация о компоненте. Назначение полей и других элементов управления окна:

Name – имя символа, рекомендуется вводить латиницей;

Part Reference Prefix – префикс позиционного обозначения (например: R – для резистора, C – для конденсатора, DA – для аналоговой ИС, DD для цифровой ИС и т.п.);

PCB Footprint – имя корпуса компонента, например, DIP16, SOJ24. Если корпус для компонента ещё не создан, этот параметр на данном этапе не вводится;

Create Convert View – необходимость создания второго изображения символа (например, эквивалента DeMorgan для элементов цифровой логики);

Parts per Package – общее количество секций в корпусе компонента (например, для логического элемента ЛАЗ количество секций в корпусе – четыре);

Homogeneous или **Heterogeneous** – указание типа секций (одинаковых или различных). Например, ИС 1533ЛАЗ, содержащая 4 логических элемента 2И-НЕ, относится к типу Homogeneous, а герконовое реле РЭС-64, содержащее катушку и контактную группу, относится к типу Heterogeneous;

Alphabetic или **Numeric** – обозначение секций многосекционных компонентов буквами латинского алфавита, например, DD1A, DD1B, DD1C и т.д. (буквами латинского алфавита можно обозначать секции компонентов, содержащих до 26 секций в одном корпусе) или цифрами, например, DD1-1, DD1-2, DD1-3. Следует отметить, что ни один из вариантов не соответствует отечественным стандартам. Как привести позиционное обозначение в соответствие стандартам будет рассмотрено ниже;

Part Aliases – определение псевдонимов символов. Можно, например, создать компонент ЛАЗ и присвоить ему псевдонимы 133ЛАЗ, К155ЛАЗ, 530ЛАЗ, 1533ЛАЗ. Такой подход позволяет уменьшить объем библиотек;

Attach Implementation – подключение дополнительного описания символа с помощью эквивалентной схемы, VHDL-файла, списка соединений, другого проекта или в виде модели PSpice;

Pin Numbers Visible – отображение на схеме номеров выводов.

Для команды **New Symbol** в диалоговом окне в поле Name указывается имя УГО, а в разделе Symbol Type выбирается его тип.

После нажатия на кнопку **OK** диалоговых окон команды **Design/New Part** (или команды **Design/New Symbol**) открывается рабочее окно **Part Editor**, на котором штрихпунктирным прямоугольником ограничен контур УГО. Размеры этого прямоугольника можно изменять путем “перетаскивания” его углов. Графические изображения полей и других элементов УГО должны размещаться внутри этого штрихового контура. Выводы компонентов размещаются вне этого прямоугольника по

его периметру, соприкасаясь с ним. Ниже контура компонента автоматически размещается атрибут <Value>. Его расположение можно изменить, перемещая его. Выключить атрибут <Value> можно через задание значений его Properties. В качестве значения по умолчанию атрибута <Value> на схеме указывается имя компонента.

3. Внутри штрихового контура УГО командой **Place/Line**, **Place/Rectangle**, **Place/Ellipse**, **Place/Arc** (командам соответствуют кнопки) рисуется его контур, дополнительные поля и линии деления полей.

4. Командой **Place/Text** вводится внутри контура компонента его функциональное назначение (например, RG, CPU и т.п.). На этом этапе можно пользоваться командой **Place/IEEE Symbols** для нанесения функциональных символов (например, символ усилителя ).

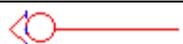
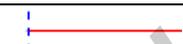
5. Размещение выводов компонента производится по команде **Place/Pin** (кнопка **Place pin** ). В открывшемся диалоговом окне назначение элементов управления следующее:

Name – имя вывода. Если над именем нужно проставить знак отрицания, то после каждого символа такого имени нужно вводить обратный слэш «\»;

Number — номер вывода;

Shape — форма вывода (табл.1);

Таблица 1

Форма вывода (shape)	Графика вывода	Описание
Clock		Вывод синхронизации
Dot		Инверсный вывод
Dot-Clock		Вывод синхронизации с инверсией
Line		Стандартный вывод длиной в три шага сетки
Short		Короткий вывод длиной в один шаг сетки
ZeroLength		Вывод нулевой длины (без линии вывода)

Type — тип вывода, который используется утилитой DRC проверки правильности схемы, запускаемой по команде **Tools/Design Rules Check**. Возможные типы выводов: 3-State, Bidirectional, Input, Open Collector, Open Emitter, Output, Passive (вывод пассивного компонента), Power (вывод схемной "земли" или питания). Выводы типа Power на принципиальной схеме система соединяет с цепями, имена которых совпадают с именами выводов. Для неоднородных компонентов выводы «земли» и «питания» достаточно указать на одной секции, для однородных компонентов эти выводы автоматически проставляются во всех секциях;

Scalar или Bus — задание одиночного вывода или шины;

Pin Visible — отображение вывода типа Power на схеме (в окне Edit Part такие выводы отображаются);

User Properties — открытие диалогового окна просмотра и редактирования атрибутов вывода компонента перед его размещением.

При размещении выводов одинакового функционального назначения и типа (например, адресные входы микросхем памяти, входы/выходы шины данных и т.п.) может быть полезна команда размещения массива выводов *Place/Pin Array*. Одна команда позволяет нанести группу выводов. В диалоговом окне этой команды нужно указать следующую информацию:

Starting Name — имя первого вывода из массива. Если имя вывода заканчивается цифрой, то в именах следующих выводов к этой цифре будет прибавляться величина из поля Increment.;

Starting Number — номер первого вывода из массива;

Number of Pins — количество выводов в массиве;

Increment — приращение проставляемых автоматически имен выводов массива;

Pin Spacing — расстояние между соседними выводами массива в шагах сетки;

Shape — форма вывода;

Type — тип вывода;

Pins Visible — отображение на схеме выводов типа Power.

6. Можно вводить дополнительные атрибуты (свойства) компонентов. Например, для полного соответствия стандартам можно ввести свойство RefDes, в котором указать на принципиальной схеме позиционное обозначение типа DD2.3, а не DD2-3. Для создания нового свойства нужно дважды щелкнуть по УГО. В открывшемся окне User Properties выбрать кнопку New, ввести имя и значение свойства, а для того чтобы это значение сделать видимым, необходимо в окне User Properties выбрать кнопку Display и в диалоговом окне установить опцию Value Only. Для задания позиционного обозначения можно также использовать атрибут <Value>.

7. Сохранить УГО в библиотеке с помощью команды *File/Save*.

Пример: создадим новую библиотеку с именем Library1, в которой будут содержаться все компоненты, входящие в изображённую на рис.1 схему. Для этого выполняем команду *File/New/Library*. После выполнения этих действий в окне менеджера проекта в папке Library будет создан файл с именем Library1.olb.

Пример: необходимо создать символ микросхемы K1533LA3 с именем K1533LA3, содержащей 4 одинаковых логических секции типа 2И-НЕ. Выполняем команду *Design/New Part* и вводим необходимую информацию об УГО компонента (рис.6).

Далее с помощью команды *Place/Rectangle* (кнопка **Place rectangle** ) контур символа компонента (рис.7,а) обводим прямоугольником (рис.7,б).

Затем для каждой секции (логического вентиля) микросхемы K1533LA3 вводится по 2 вывода-входа и один инверсный вывод-выход, не считая выводов питания и земли. С помощью команды *Place/Pin* (кнопка **Place pin** ) размещаем выводы.

Вводим первый вывод – вход стандартной длины (рис.7,в, рис.8). Аналогично вводим второй вывод (рис.7,г).

Вводим третий вывод – инверсный выход (рис.7,е, рис.10).

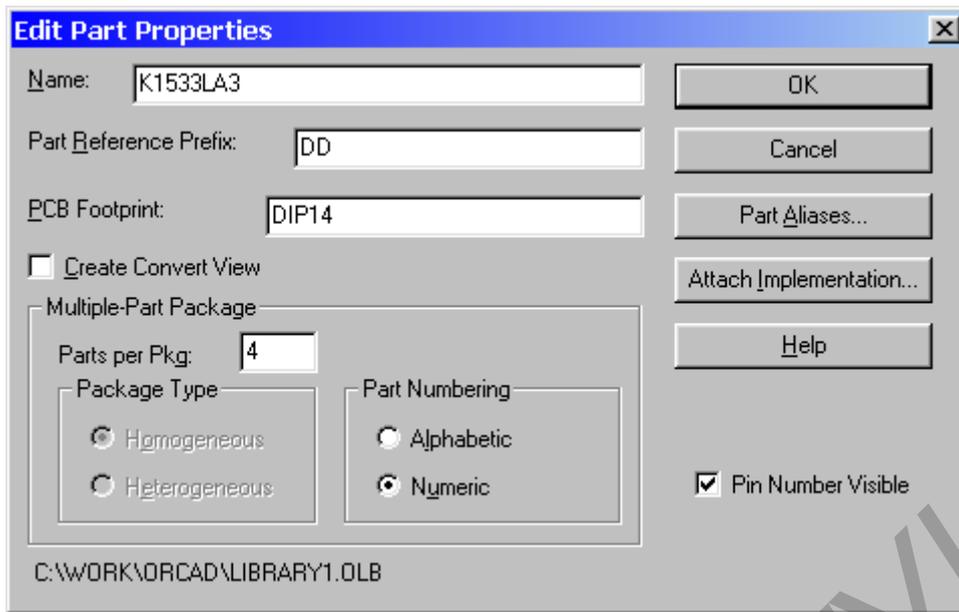


Рис. 6

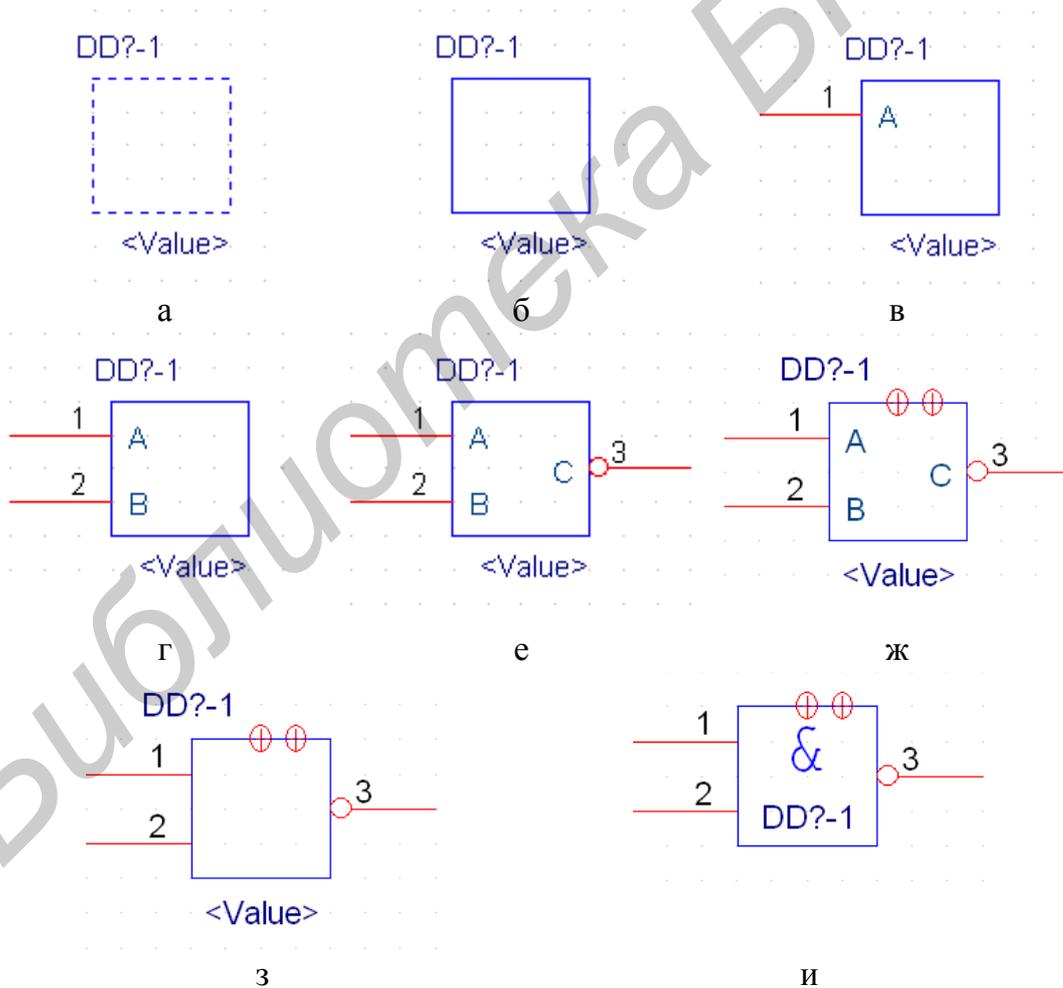


Рис. 7

Размещаем выводы питания и земли – выводы нулевой длины (рис.7,ж). Для данной микросхемы, согласно справочным данным, вывод 7 – общий, вывод 14 – питание +5В. При вводе данных о выводах общий вывод назовём GND, а вывод питания – Plus5V (рис.10). Для исключения в дальнейшем возможных ошибок необходимо, чтобы для всех компонентов и символов на схеме выводы питания и земли, если они есть, имели аналогичные названия. Для данного примера все выводы схемной "земли" будут иметь имя – GND, а выводы питания +5В – Plus5V. Вывод питания лучше изображать нулевой длины, поскольку эти выводы чаще всего на схеме не отображаются и при близком расположении компонентов на схеме возможно визуальное неконтролируемое соединение этих выводов с другими цепями.

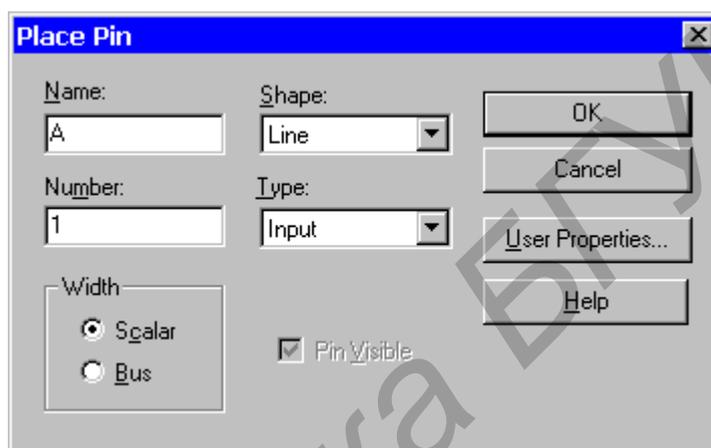


Рис. 8

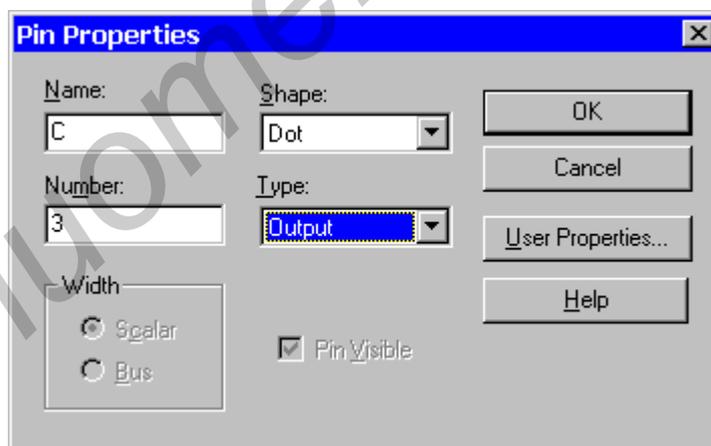


Рис. 9

Для того чтобы не отображались имена выводов (в данном случае они не требуются), опцию Pin Names Visible устанавливаем в False (рис.11). Получаем УГО логического элемента (рис.7,е). При необходимости, установив опцию Pin Numbers Visible в False, можно сделать невидимыми на схеме и номера выводов (это требуется, например, для резисторов, конденсаторов и т.п.).

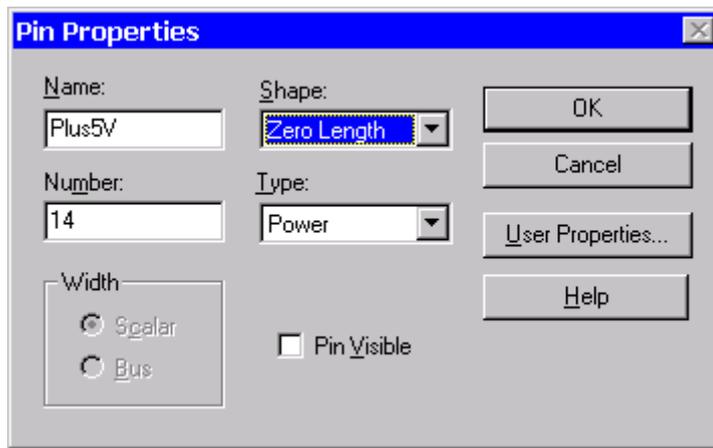


Рис. 10

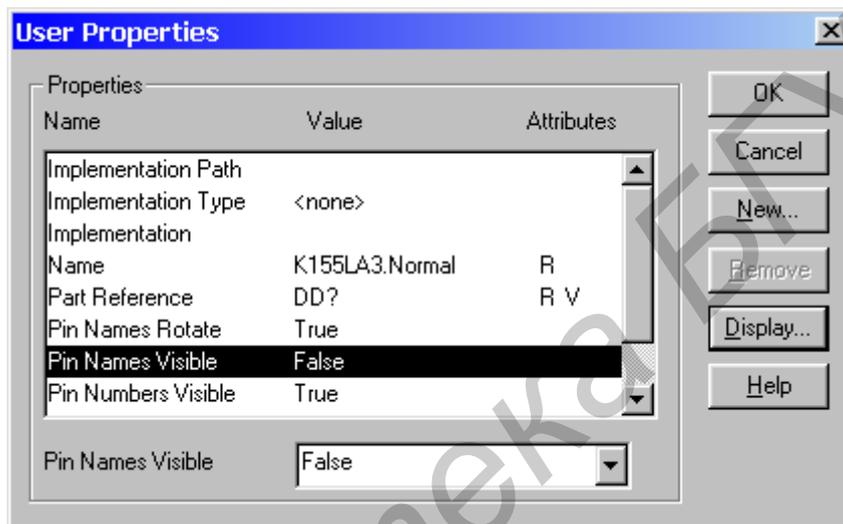


Рис. 11

Для просмотра и редактирования остальных секций можно использовать команду **View/Package** и выбрать нужную секцию двойным щелчком левой кнопкой мыши (рис.12).

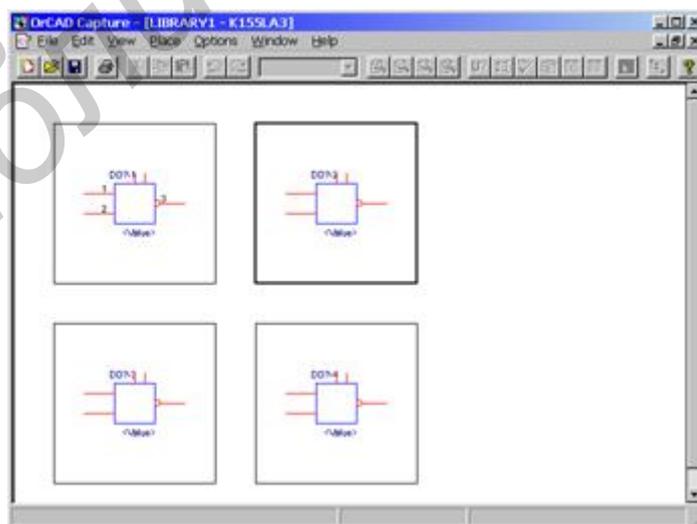


Рис. 12

Внутри контура символа логического элемента разместим символ “&” с помощью команды **Place/Text** (рис.7,и). Текст, введённый этой командой, можно отредактировать, изменив вид шрифта, размеры, расположение и т.д.

Ниже контура компонента автоматически размещается атрибут <Value>, на схеме в качестве его значения по умолчанию указывается имя компонента. При необходимости его значение можно отредактировать или сделать невидимым на схеме (рис.13).

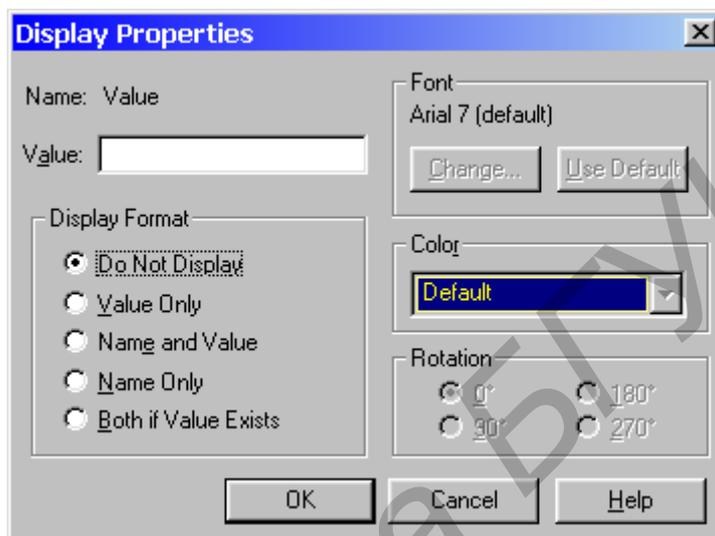


Рис. 13

После этого сохраняем компонент в библиотеку по команде **File/Save**. Аналогично можно создать все присутствующие на принципиальной схеме компоненты и сохранить их в одну или несколько библиотек (рис.14).

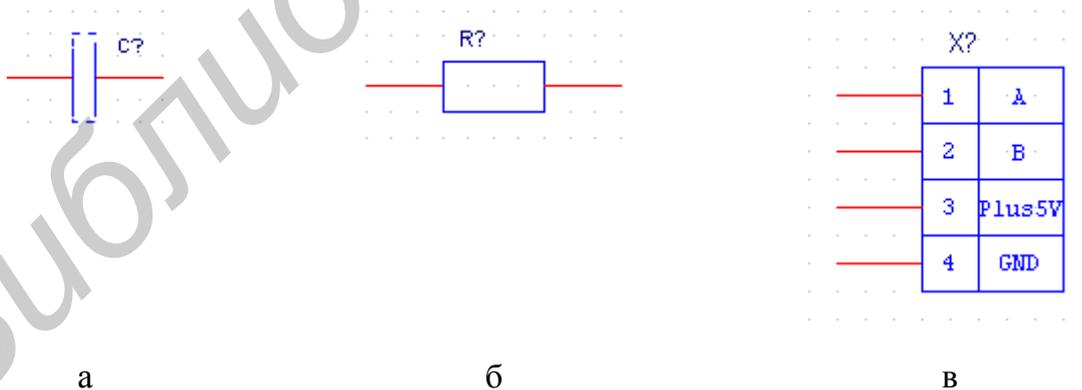


Рис. 14

Каждый из имеющихся в библиотеке символов компонентов можно просмотреть или отредактировать. Для этого необходимо в окне менеджера проекта выбрать соответствующий компонент и щелкнуть два раза левой кнопкой мыши (рис.15).

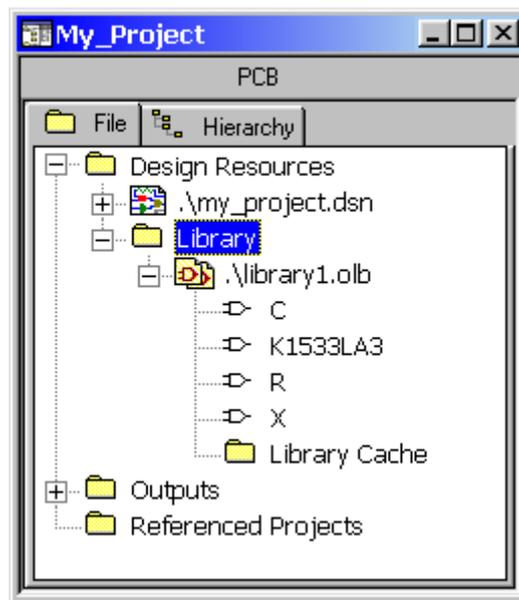


Рис. 15

Для редактирования символа, уже размещенного на схеме, он сначала выбирается и затем выполняется команда *Edit/Part*.

3.3. Синтез электрической принципиальной схемы

Электрическая принципиальная схема проекта может иметь объем, превышающий объем листа самого большого формата. В OrCAD имеются два способа организации схем большого объема: обычные плоские многостраничные структуры и иерархические структуры.

Плоская структура не имеет иерархических компонентов. Электрические цепи, расположенные на разных страницах многостраничной схемы соединяются друг с другом с помощью межстраничных соединителей (off-page connectors) с одинаковыми именами. Все страницы таких схем содержатся в одной папке на одном уровне иерархии (их можно посмотреть в менеджере проектов на закладке File).

На схемах с иерархической структурой размещаются специальные УГО - иерархические блоки (hierarchical block). Каждый такой блок имеет отдельную принципиальную схему, размещаемую в папке на том же уровне иерархии, что и основная схема. Иерархическая структура проекта показывается в менеджере проектов на закладке Hierarchy.

Последовательность синтеза электрической принципиальной схемы:

1. Размещение УГО компонентов. УГО размещаются на схеме по команде *Place/Part* (кнопка **Place part** ). В открывшемся диалоговом окне этой команды в списке Libraries выбирается имя одной или нескольких (при нажатой клавише **Ctrl**) библиотек, УГО компонентов которых отображается в списке Part. Затем в списке Part выбирается имя требуемого УГО компонента. В разделе Graphic с помощью переключателей Normal и Convert выбирается обычное или эквивалентное изображение компонента. В разделе **Packaging** указывается номер требуемой секции компонента, после чего в окне просмотра выводится изображение выбранной секции УГО. Если к

проекту не были подключены все требуемые библиотеки, то кнопка **Add Library** позволяет это сделать. Кнопка **Remove Library** позволяет удалить выбранную библиотеку из списка Libraries. Кнопка **Part Search** предназначена для поиска конкретного компонента в библиотеках из списка Libraries. Нажатие кнопки ОК подтверждает сделанные установки, после чего выбранное УГО перемещается в нужное место схемы и располагается на ней путем нажатия левой кнопки мыши. Одно УГО может быть размещено на схеме многократно при однократном выполнении команды **Place/Part**. Завершение размещения УГО на схеме - нажатие на клавишу **Esc** или выбор в контекстном меню команды **End Mode**.

При размещении УГО удобно пользоваться контекстным меню. С его помощью можно осуществить вращение (Rotate), зеркальное отображение (Mirror), изменение масштаба (Zoom), редактирование атрибутов компонента (Edit Properties). Эти же действия можно выполнить с помощью пункта меню **Edit**.

Пример: разместим требуемые компоненты на схеме. Для этого выполняем команду **Place/part**. В открывшемся окне с помощью кнопки **Add Library** добавим библиотеку с Library1 с подготовленными ранее компонентами (рис.16).

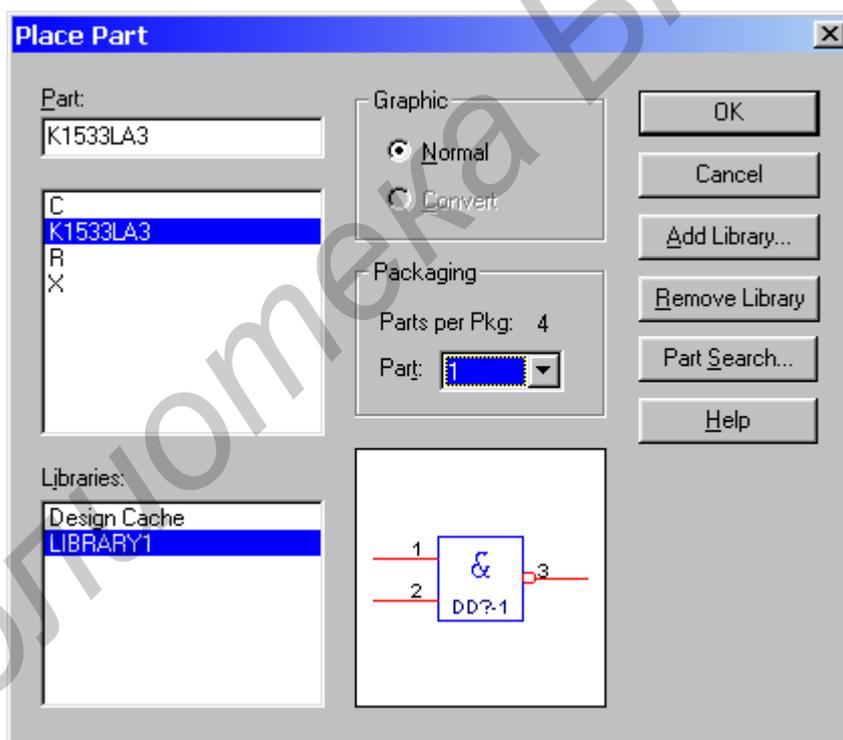


Рис. 16

Поочередно выбираем из библиотеки нужные компоненты и размещаем их на схеме (рис.17).

После расстановки компонентов на схеме можно просмотреть и отредактировать параметры компонентов. Для этого выбираются интересующие нас УГО и двойным щелчком мыши при выборе УГО или по команде **Edit/Properties** открывается таблица, в которой приведены параметры выбранных компонентов (рис.18).

Закладка **Parts** содержит информацию об УГО. Другие закладки содержат значения атрибутов цепей схемы (Schematic Nets) и выводов компонента (Pins). Атрибуты, значения которых не определены, имеют заштрихованные ячейки.

Изменяя значение атрибута Value, можно привести в соответствие со стандартами позиционное обозначение.

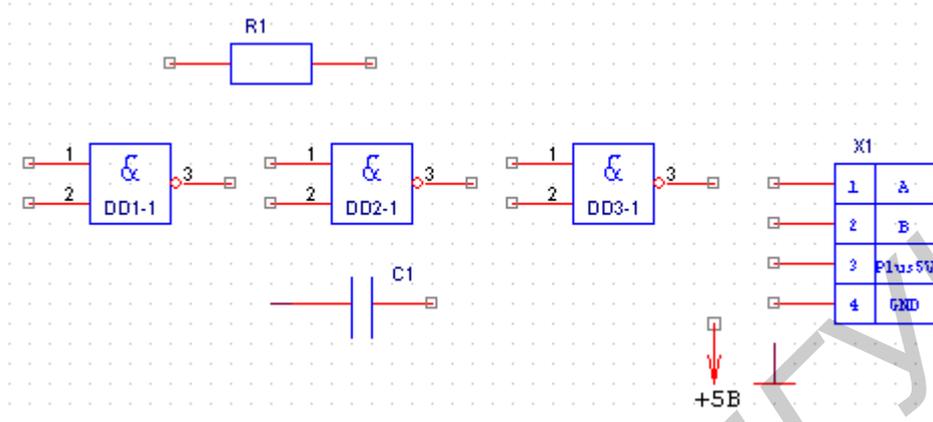


Рис. 17

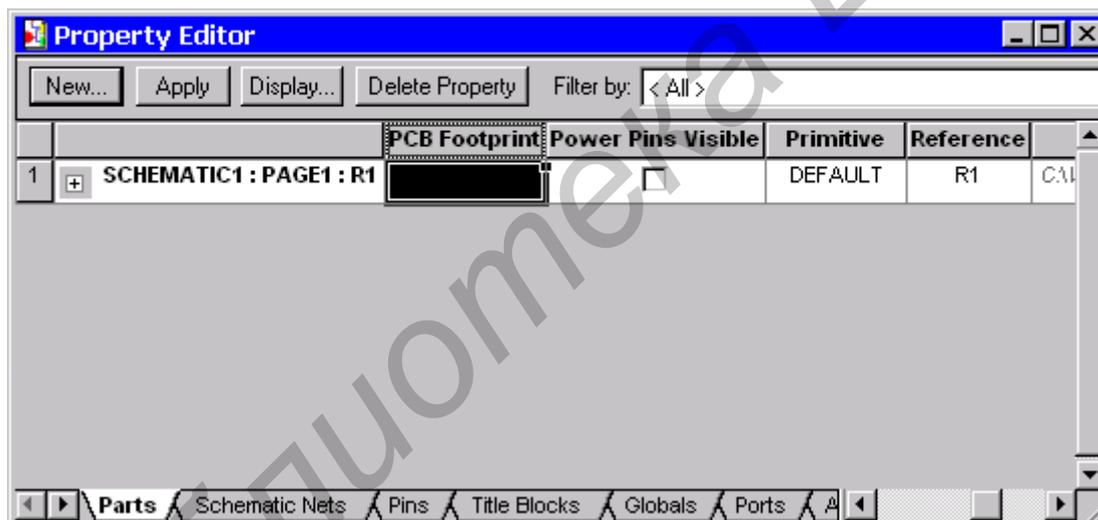


Рис. 18

2. Простановка позиционных обозначений компонентов. Позиционные обозначения компонентов (Part Reference) и номера секций (Designator) могут проставляться либо вручную, либо автоматически.

Если на закладке **Miscellaneous** команды **Options/Preferences** установлен флажок **Automatically reference placed parts** (автоматическое присваивание позиционных обозначений размещаемым на схеме компонентам), то позиционное обозначение проставляется в порядке размещения УГО на схеме.

При ручном варианте позиционные обозначения указываются либо при размещении компонентов (команда **Edit Properties** из контекстного меню), либо при редактировании атрибутов компонентов.

Имеется также команда менеджера проектов *Tools/Annotate* (пиктограмма **Annotate** ) автоматической простановки позиционных обозначений компонентов и упаковки секций компонентов в корпуса. По этой команде расположенные рядом УГО секций компонентов упаковываются в корпуса и проставляются позиционные обозначения компонентов в порядке слева-направо и сверху-вниз.

В диалоговом окне этой команды имеются следующие управляющие элементы:

Scope - раздел задания области простановки обозначений. Здесь возможны следующие варианты: Update entire design – обновить позиционные обозначения для всего проекта; Update selection – обновить позиционные обозначения выбранной части проекта;

Action – возможные действия по обновлению позиционных обозначений: Incremental reference update – обновить позиционные обозначения УГО с увеличением позиционного номера компонентов на единицу для компонентов с позиционным обозначением вида «U?»;

Unconditional reference update – обновление позиционных обозначений и упаковочной информации корпусов для всех компонентов;

Reset part reference to «?» - замена номеров позиционных обозначений компонентов на «U?»;

Add Intersheet Reference – добавление ссылок на другие страницы в проекте;

Delete Intersheet Reference – удаление ссылок на другие страницы в проекте;

Mode - режим обновления:

Update Occurrences – рекомендуется при разработке печатных плат;

Update Instances (Preferred) – рекомендуется при работе с ПЛИС и PSpice проектами;

Physical Packaging - упаковка компонента в соответствие с указанным значением поля Combined property string, например, по значению некоторого атрибута;

Флажок **Reset reference numbers to begin at 1 in each page** – на каждой странице нумерацию позиционных обозначений компонентов начинать с 1;

Флажок **Do not change the page number** – не изменять номер страницы.

Пример: изменим позиционные обозначения для размещённых на схеме трёх логических элементов: DD2-2 заменим на DD1-2, DD3-3 заменим на DD1-3 (рис.19).

3. Размещение УГО схемной «земли» и источников питания. Производится с помощью команд *Place/Ground* (кнопка **Place ground** ) или *Place/Power* (кнопка **Place power** ). Команды являются взаимозаменяемыми. В открывшемся диалоговом окне отображается список символов схемной «земли» и источников питания. Имеется возможность добавления новых библиотек с помощью кнопки Add Library. В поле **Name** можно указать имя УГО, которое необходимо для улучшения наглядности схемы.

Пример: разместим символы питания и земли на схеме (рис.20). Поскольку физически питание на схему будет подаваться через разъём вместе с сигнальными выводами, то и символы питания и земли разместим около разъёма X1 (рис.21).

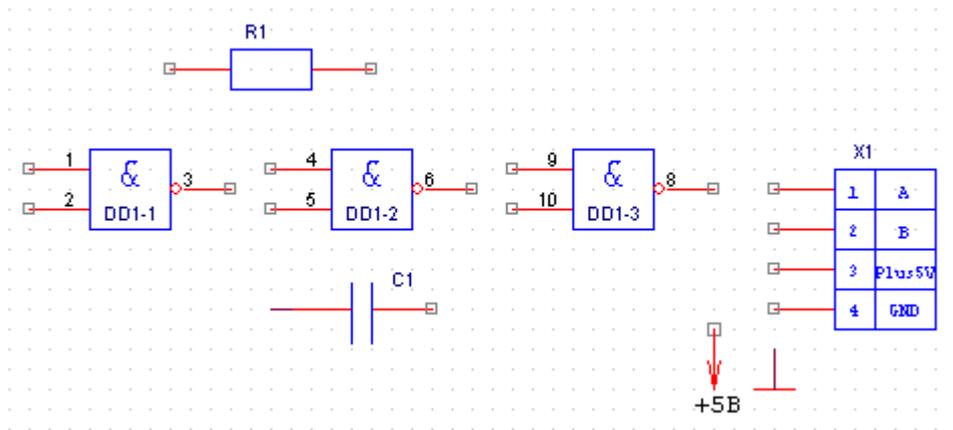


Рис. 19

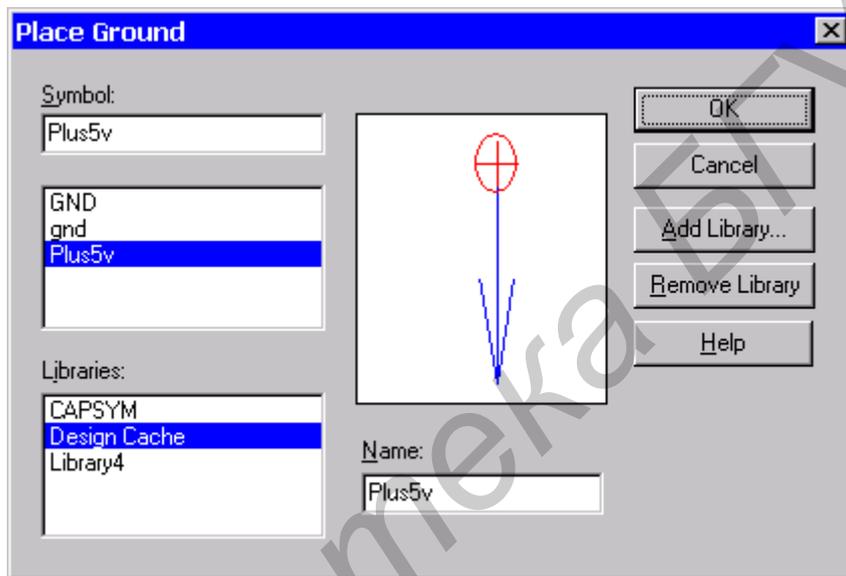


Рис. 20

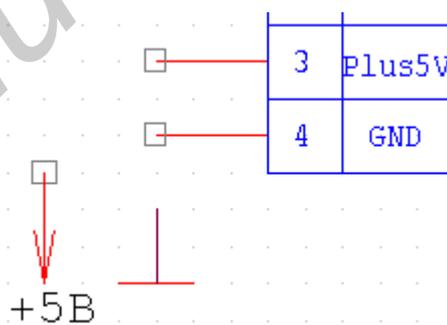


Рис. 21

4. Размещение символов соединителей страниц осуществляется по команде **Place/Off-Page Connector** (пиктограмма **Place off-page connector** ). В диалоговом окне команды выбирается требуемый символ соединителя страниц. В поле **Name** можно задать имя соединителя страниц. Цепь, подключаемая к межстраничному соединителю, автоматически получает имя, которое совпадает с именем межстраничного соединителя.

Цепи с одинаковыми именами считаются электрически соединенными, даже если они не соединяются визуально.

5. Размещение электрических связей. Связи между выводами УГО размещаются с помощью команды **Place/Wire** (пиктограмма **Place wire** ). Данная команда может быть вызвана нажатием клавиатурной комбинации клавиш **Shift+W**. После вызова команды указатель курсора примет форму креста. Для начала цепи необходимо переместить курсор в требуемую точку и щелкнуть левой кнопкой мыши. Для изменения направления связи необходимо повторно щелкнуть левой кнопкой мыши. Ввод текущей связи будет завершен при щелчке левой кнопкой мыши на выводе компонента или на другой ранее проложенной связи. Завершение ввода цепи без подключения к выводу или другой связи осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши. Визуальным признаком подключения связи к выводу является исчезновение квадратного маркера на конце вывода.

Следует иметь в виду, что при пересечении новой связью существующей связи соединение между ними не будет установлено. Соединить пересекающиеся связи можно одним из следующих способов:

- выполнить команду **Place/Junction** (пиктограмма **Place junction** ) и выбрать курсором точку пересечения. Для удаления электрического соединения необходимо поверх существующей точки соединения разместить новую;
- при прокладке связи необходимо в точке соединения с существующей связью дважды щелкнуть левой кнопкой мыши;
- начать новую связь с T-образного соединения с существующей связью.

Допускается размещать УГО компонентов, соединяя их выводы. В этом случае между выводами будет установлена связь, в чем можно убедиться, переместив один из компонентов.

Для выхода из команды **Place/Wire** нужно нажать клавишу **Esc** или выбрать из контекстного меню **End Wire**.

Пример: разместим линии связи на схеме. Для этого воспользуемся командой **Place/Wire** (пиктограмма **Place wire** ). В результате получим схему, изображенную на рис. 1.

6. Размещение шин. Шина представляет собой объединенные в одну линию увеличенной ширины несколько электрически не связанных связей. Шины вводятся по команде **Place/Bus** (**Shift+B**) (пиктограмма **Place Bus** ). Шина должна иметь имя. Формат имени - X[m..n], где X – префикс, m – начальный номер входа в шину, n – конечный номер входа в шину (например A[0..7]). Допустимо также использовать имя вида A[0-7]). Имя шины вводится с помощью команды **Place/Net Alias**. Наличие шин необязательно. Как уже отмечалось, OrCAD установит связь по совпадению имен цепей. Входы/выходы в шину под углом 45° вводятся по команде **Place/Bus Entry** (**Shift+E**) (пиктограмма **Place bus entry** ). Вход в шину представляет сегмент связи, к которому можно подключать связь. Можно подвести связь к шине и без шинного входа (**bus entry**). В последнем случае в месте подсоединения связи к шине будет поставлена точка соединения (**junction**). При любом варианте шинных входов все связи, входящие в

шину, должны быть поименованы. Связь при размещении на схеме автоматически получает имя (например N00021). Однако можно с помощью команды **Place/Net Alias** (пиктограмма **Place net alias** ) присвоить цепи псевдоним, который будет указан в списке связей.

При создании шин можно копировать сегменты цепей, перетаскивая их при нажатой клавише **Ctrl**. В этом случае исходный сегмент не изменяется, а псевдонимы (**alias**), заканчивающиеся цифрой, автоматически увеличиваются на единицу, например, A1, A2, A3.

7. Размещение символов отсутствия соединений. С помощью команды **Place/No connect** (пиктограмма **Place no connect** ) наносятся символы отсутствия соединений, которые на схеме отображаются в виде крестика «X» на неподсоединенных выводах компонентов. Такие выводы с символами **No connect** не включаются в сообщения об ошибках и в списки соединений. Для удаления символа **No connect** нужно на нём разместить еще один такой же символ.

3.4. Проверка электрической принципиальной схемы

Проверка электрической принципиальной схемы выполняется с помощью команды **Tools/Design Rules Check (DRC)** менеджера проектов. При этом в структуре проекта должна быть выбрана папка принципиальных схем или конкретный лист схемы. Отчет о результатах проверки сохраняется в файле с расширением **.drc** по умолчанию (его можно изменить), а также в протоколе **Session Log**. В отчете могут быть представлены два типа сообщений: **Errors** – ошибки, подлежащие исправлению и **Warnings** – предупреждения, которые нужно проанализировать, но которые исправлять необязательно.

Диалоговое окно команды **Design Rules Check** имеет две следующие закладки. На закладке **Design Rules Check** указываются режимы проверки и информация, включаемая в отчет:

раздел **Scope** определяет область проверки: **Check entire design** - проверка всего проекта, **Check selection** – проверка выбранного листа;

раздел **Action** предназначен для выбора действий, выполняемых командой: **Check design rules** – проверка соблюдения всех правил проектирования; **Delete existing DRC markers** – удаление со схемы DRC-маркеров (кружков), отмечающих места расположения ошибок;

раздел **Report** предназначен для определения информации, включаемой в отчет о проверке:

Create DRC markers for warnings – разрешения установки маркеров DRC в местах предупреждений о возможных ошибках (**warnings**). Нужно отметить, что в местах ошибок маркеры DRC ставятся всегда;

Check hierarchical port connections – проверка совпадения количества и типов иерархических выводов и соответствующих им иерархических портов принципиальных схем иерархических компонентов;

Check off-page connector connections – проверка правильности расстановки межстраничных соединителей;

Report identical part references – проверка уникальности позиционных обозначений и включение в отчет списка компонентов с повторяющимися позиционными обозначениями;

Report invalid packaging – включение в отчет списка компонентов, имеющих ошибки упаковки (например, несоответствие позиционного обозначения секции ее упаковочной информации);

Report hierarchical ports and off-page connectors – включение в отчет списка всех портов иерархических блоков и межстраничных соединителей;

Check unconnected nets – проверка неподключенных цепей;

Check SDT compatibility – проверка совместимости с OrCAD SDT для DOS;

Report off-grid objects – включение в отчет списка объектов, не располагающихся в узлах сетки;

Report all net names – включение в отчет списка всех имен цепей.

Поле Report File позволяет указать имя и расширение файла отчета и его местоположение (по умолчанию его имя совпадает с именем проекта с расширением .drc);

Флажок View Output – разрешает просмотр на экране результатов проверки.

На закладке **ERC Matrix** (рис.22) устанавливаются правила проверок, на основе которых формируются ошибки и предупреждения. Матрица ERC в качестве заголовков строк и столбцов имеет типы выводов компонентов и портов. Символ E на пересечении столбца и строки означает ошибку при соединении данных объектов, W – предупреждение, отсутствие символов – отсутствие ошибки. Изменение значения в матрице осуществляется щелчком левой кнопкой мыши при установке курсора на требуемую ячейку матрицы.

В файле отчета приводятся сведения о типе проверки и сообщения об ошибках или предупреждениях в следующем формате:

[Номер ошибки] Описание ошибки Имя схемы Номер листа (Координаты ошибки).

Пример строки отчета с сообщением об ошибке соединения выхода с выходом:

ERROR [DRC0004] Possible pin type conflict DD1,Q2 Output Connected to Output:
SCHEMATIC1, PAGE1 (2.80, 3.50)

3.5. Создание списка соединений

Список соединений необходим для передачи данных об электрических связях из редактора принципиальных схем OrCAD Capture в редактор печатных плат OrCAD Layout. Для создания списка соединений нужно выполнить команду **Tools/Create Netlist** (пиктограмма **Create netlist** ) менеджера проектов. При этом в структуре проекта должна быть выбрана папка принципиальных схем или конкретный лист схемы.

Диалоговое окно команды **Tools/Create Netlist** имеет 8 закладок для выбора формата списка соединений (рис.23). Каждая закладка позволяет указать имя и местоположение файла списка связей.

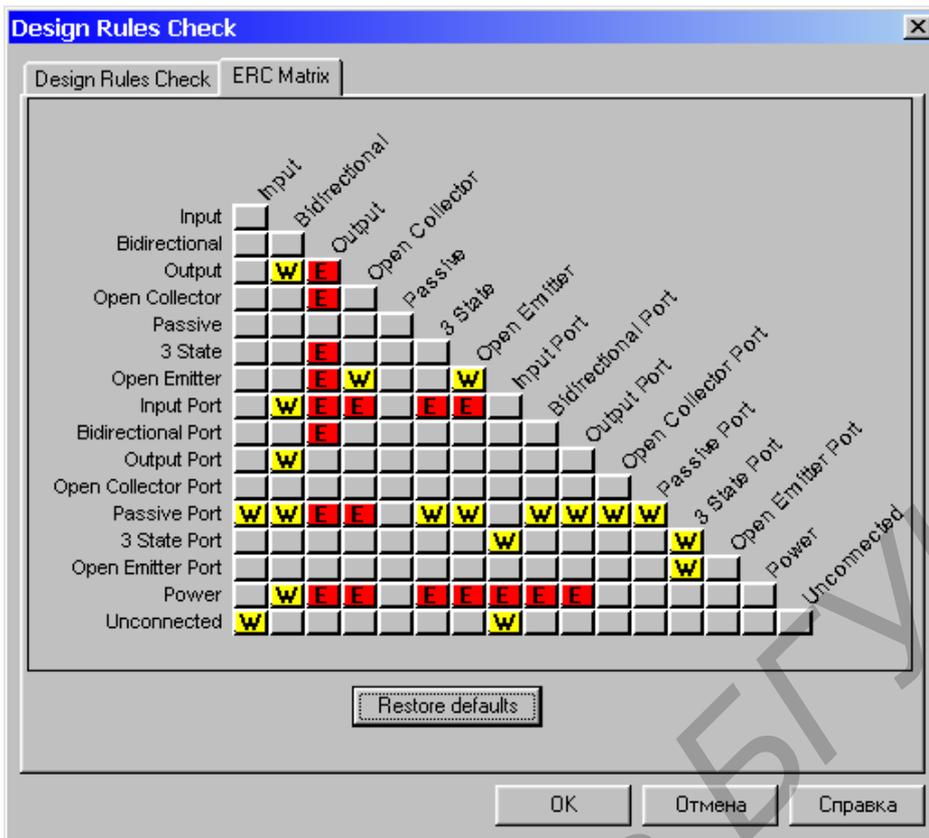


Рис. 22

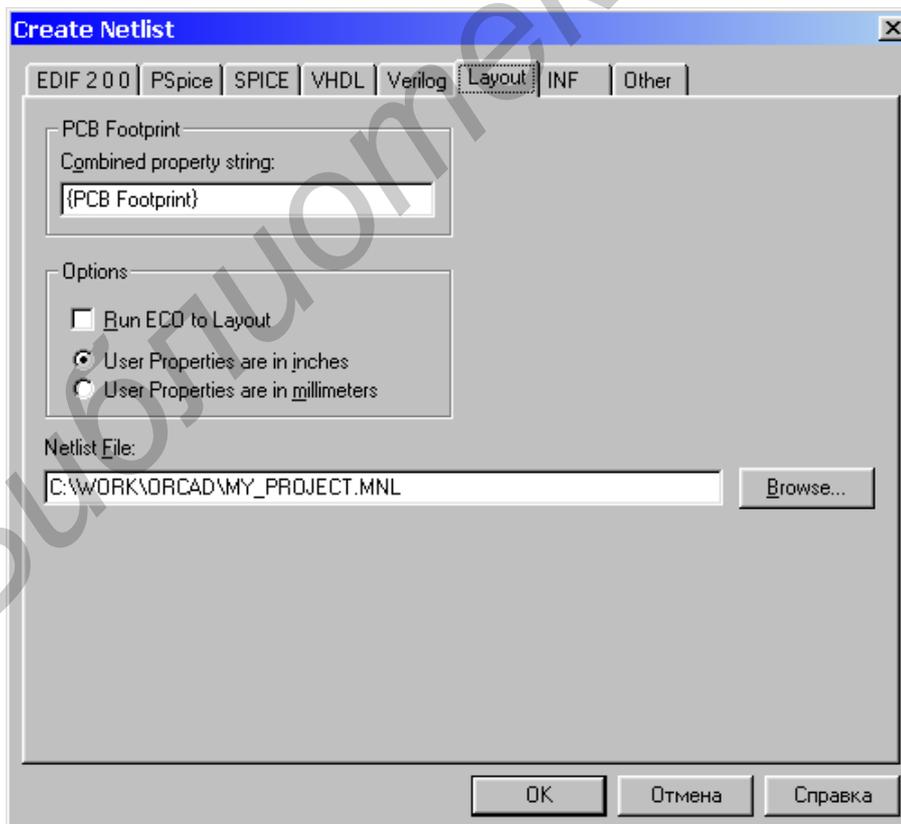


Рис. 23

Поддерживаются следующие форматы:

EDIF 2 0 0 – формат Electronic Data Interchange Format (файлы *.edn);

PSpice – формат программы для моделирования Pspice (файлы *.net);

SPICE – формат программы моделирования SPICE (файлы *.cir);

VHDL – описание цифровых устройств на языке VHDL (файлы *.vhd);

Verilog – описание цифровых устройств на языке Verilog (файлы *.v);

Layout – список соединений проекта в формате программы разработки печатных плат OrCAD Layout (файлы *.mnl);

INF – передача данных в DOS- версию OrCAD 386+ (файлы *.inf).

На закладке **Other** можно выбрать дополнительные форматы файлов списков связей.

В случае разработки печатного узла с помощью OrCAD Layout необходимо выбрать формат и закладку Layout. Если на данной закладке включить флажок Run ECO to Layout, то можно будет автоматически передавать в редактор печатных плат OrCAD Layout модифицированный файл списка связей *.mnl разрабатываемой платы, которая должна быть загружена в OrCAD Layout ранее. Далее следует определить систему единиц (inches или millimeters) и, если необходимо, имя, расширение имени и путь к файлу списка связей.

3.6. Создание корпусов (посадочных мест) компонентов с помощью редактора печатных плат OrCAD Layout

Для создания или редактирования корпуса (Footprint) необходимо в редакторе печатных плат OrCAD Layout выполнить команду **Tools/Library Manager** или в пакете OrCAD Layout Plus в меню **File** выбрать пункт **Library Manager**. В открывшемся окне редактора библиотек в списке Libraries представлен список доступных библиотек корпусов. С помощью кнопок Add и Remove можно добавлять и удалять библиотеки. Последовательность создания нового корпуса:

1. Нажать кнопку Create new footprint в окне **Library Manager**. В открывшемся диалоговом окне в поле Name of footprint ввести имя корпуса и выбрать систему единиц. OrCAD автоматически создаст первый вывод корпуса с именем 1 и поставит на него точку привязки.

2. Выполнить команду **Options/System Settings** для уточнения системы единиц и задания параметров координатной сетки. Сетка определяет параметры трассировки и размещения. Назначение полей в разделе Grids:

Visible grid – шаг видимой сетки (если значение в данном поле будет равно 0, то сетка не будет отображаться);

Detail grid – шаг сетки для размещения барьеров и текста;

Place grid – шаг сетки размещения компонентов (точки привязки компонентов будут располагаться в ее узлах);

Routing grid – сетка трассировки. На данном этапе значение в данном поле не принципиально;

Via grid – шаг сетки переходных отверстий.

3. Добавить следующий вывод. Для этого щелкнуть правой кнопкой мыши в рабочем поле редактора библиотек и из контекстного меню выбрать пункт *New*, а затем разместить вывод в требуемом месте чертежа корпуса компонента. Имя каждого следующего вывода будет автоматически увеличено на 1. Вся информация о форме и размере контактных площадок во всех слоях печатной платы хранится в стеках контактных площадок. Если необходимо изменить эти параметры контактной площадки или имя вывода, то необходимо установить указатель на требуемый вывод и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши. Откроется диалоговое окно свойств вывода. В поле Pad Name можно изменить имя вывода. Поля Pad X, Y определяют координаты контактной площадки. Из поля со списком Padstack Name можно выбрать требуемый стек контактных площадок. Все определения стеков контактных площадок можно просмотреть и изменить в таблице с помощью команды *Tool/Padstack/Select From Spreadsheet*. Для изменения параметров стека контактных площадок в открывшейся таблице необходимо установить курсор на требуемую ячейку и двойным щелчком левой кнопкой мыши открыть диалоговое окно свойств стека контактных площадок. Назначение элементов управления в диалоговых окнах свойств стеков контактных площадок:

- Large Thermal Relief – контактная площадка с большим тепловым барьером;
- Pad Shape – форма контактной площадки (Round – круглая, Square – квадратная, Oval – овальная, Annular – в виде кольца, Oblong – продолговатой формы со скругленными краями, Rectangle – прямоугольная, Thermal Relief – тепловой барьер, Undefined – не определена (этот признак имеют контактные площадки планарных компонентов на всех слоях, кроме слоя TOP);
- No Connection – флажок для блокировки подключения цепей на заданных слоях;
- Pad Width – ширина контактной площадки;
- Pad Height – длина контактной площадки;
- X/Y Offset – смещение точки подключения трассы относительно геометрического центра контактной площадки по оси X/Y.

Для изменения стеков контактных площадок группы выводов удобно пользоваться командой *Tool/Footprint/Select From Spreadsheet*. В этом случае в открывшейся таблице нужно будет в требуемых строках выводов поменять имена стеков контактных площадок. Для создания нового стека контактных площадок необходимо предварительно выполнить команду *Tool/Padstack/Select From Spreadsheet*, а затем команду *Tool/Padstack/New*. Новый стек контактных площадок будет добавлен в конец таблицы. Редактирование параметров нового стека контактных площадок, включая его имя, осуществляется аналогично рассмотренному выше. Для сохранения нового стека контактных площадок в библиотеке нужно выполнить команду *Tool/Padstack/Save to Library*.

4. Нарисовать контур проекции корпуса компонента на печатную плату. Для этого нужно выполнить команду *Tool/Obstacle/New* (пиктограмма **Obstacle tool** ), нарисовать контур тела компонента; затем правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню и в свойствах объекта задать Obstacle Type – Detail, в поле Width указать

требуемую толщину линии, имя слоя Obstacle Layer – SSTOP. Завершение команды – выбор пункта End command из контекстного меню.

5. Нарисовать границу корпуса. Для этого нужно выполнить команду **Tool/Obstacle/New**, нарисовать контур тела компонента; затем правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню и в свойствах объекта задать Obstacle Type – Place Outline, в поле Width указать толщину линии, имя слоя Obstacle Layer – Global Layer.

6. Сохранить файл с помощью кнопки **Save** или команды **File/Save** (пиктограмма ); при сохранении можно задать имя новой библиотеки.

Пример: для микросхемы, конденсатора и резистора используем отредактированные соответствующим образом стандартные корпуса. Для разъёма создадим собственный нестандартный корпус. При этом отредактированные корпуса из стандартных библиотек удобно поместить в одну специально созданную библиотеку. Для этого выполняем следующие действия.

Создаём новый корпус с именем connector в дюймовой системе (рис.24).

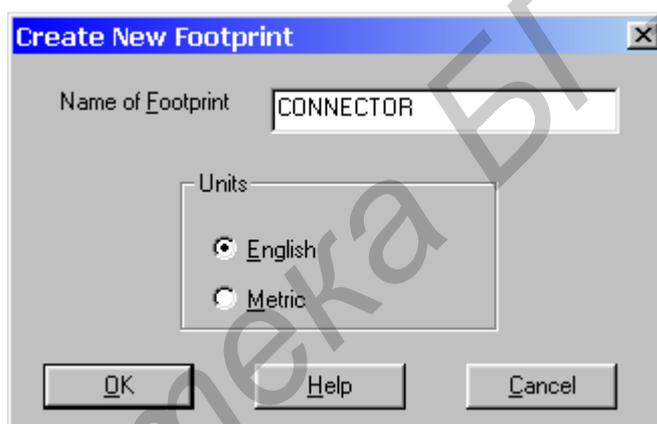


Рис. 24

Проверяем системные настройки и систему единиц, вводим выводы (рис.25).

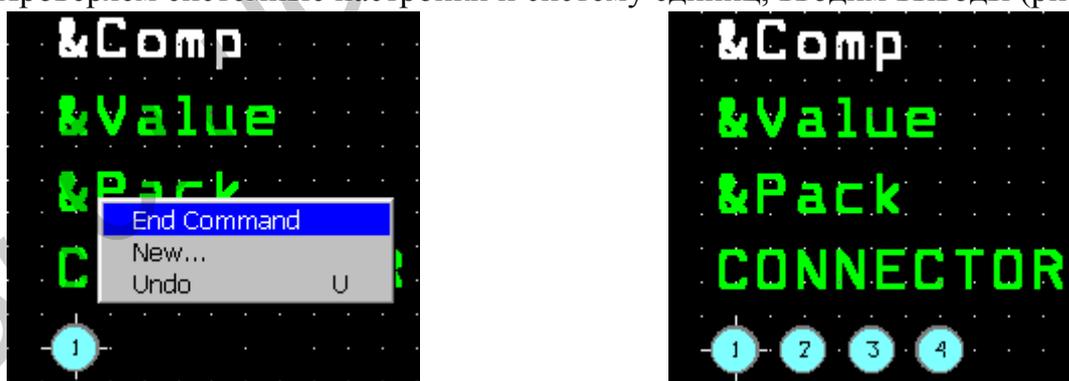


Рис. 25

Меняем конфигурацию первого вывода (рис.26).

Отредактируем параметр Padstack первого вывода так, чтобы изменить его форму на квадратную (рис.27).

Обрисуем контур (рис.28,а) и границу корпуса (рис.28,б).

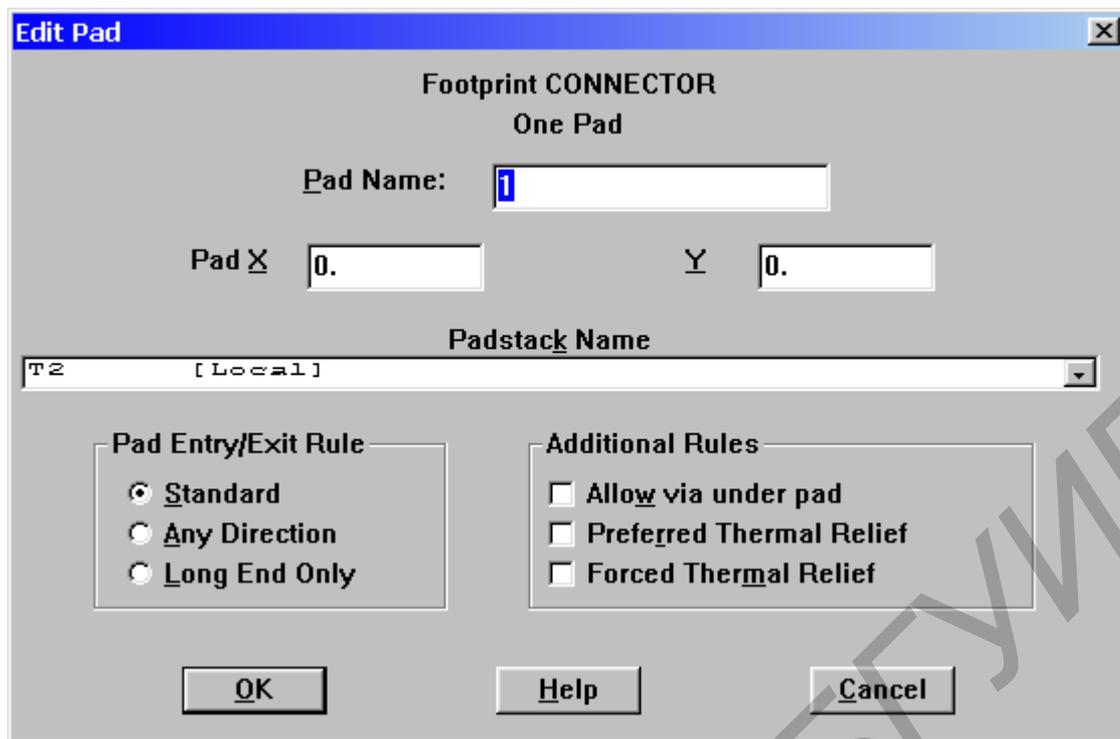


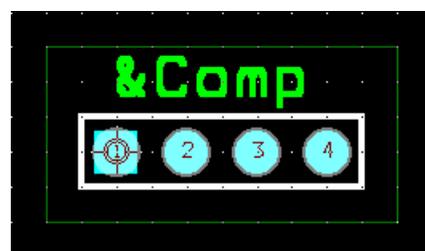
Рис. 26



Рис. 27



а



б

Рис. 28

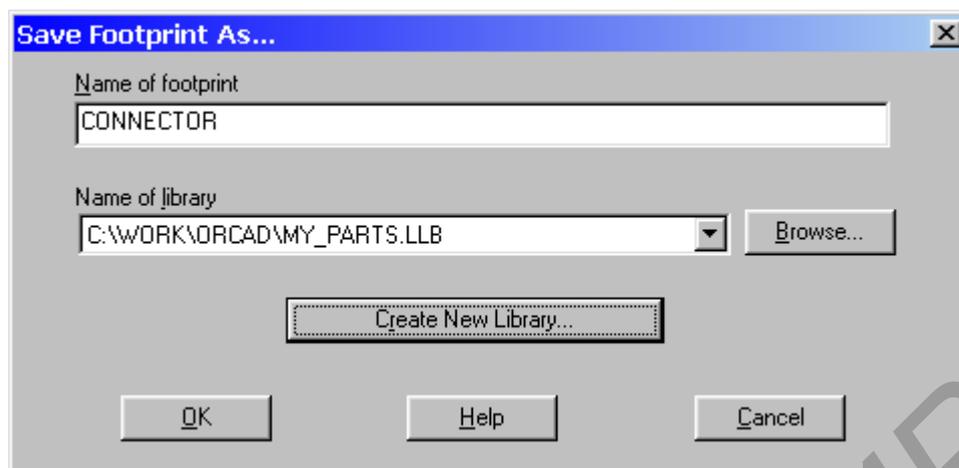


Рис. 29

Созданные и отредактированные соответствующим образом корпуса для резистора, конденсатора и микросхемы (рис.30,а,б,в) сохраним в эту же библиотеку.

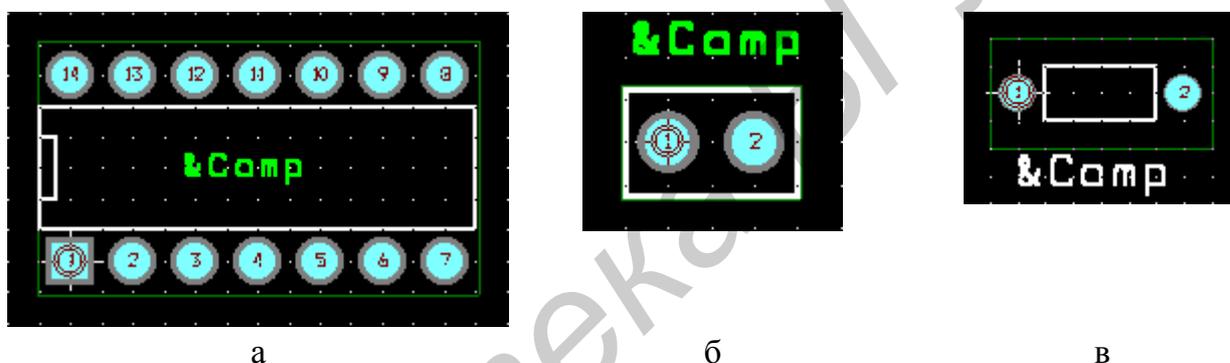


Рис. 30

3.7. Загрузка списка соединений в OrCAD Layout.

Для создания новой печатной платы в OrCAD Layout нужно выполнить команду **File/New**. Система в диалоговых окнах запросит имя файла шаблона печатной платы (*.tch), имя файла списка соединений (*.mnl) и имя файла создаваемой печатной платы (*.max). Ошибки, произошедшие при загрузке списка связей, будут сохранены в текстовом файле с именем, совпадающим с именем файла списка связей, и расширением .err.

Шаблоны печатной платы имеют расширения .tch или .tpl. Они содержат начальную информацию о печатной плате. После загрузки шаблона в текущий проект вносятся следующие изменения:

- загружаются новые стратегии размещения компонентов и трассировки проводников;
- изменяются размеры шагов всех сеток;
- устанавливается новая структура слоев печатной платы;
- изменяются параметры всех стеков контактных площадок и переходных отверстий.

Для создания файла технологического шаблона необходимо создать файл печатной платы и сохранить его с явным указанием расширения имени *.tch или *.tpl. Приведём некоторые стандартные шаблоны OrCAD Layout, которые могут использоваться при выполнении лабораторных работ:

1bet_any.tch – для печатных плат, предназначенных для установки компонентов со штыревыми или с планарными выводами, причем между выводами стандартных корпусов DIP допускается прокладка одной трассы;

2bet_thr.tch – для печатных плат, предназначенных для установки компонентов со штыревыми выводами, причем между выводами стандартных корпусов DIP допускается прокладка двух трасс;

3bet_any.tch – для печатных плат, предназначенных для установки компонентов со штыревыми или с планарными выводами, причем между выводами стандартных корпусов DIP допускается прокладка трех трасс;

_default.tch – шаблон по умолчанию; после его загрузки можно установить другой набор слоев печатной платы и все остальные параметры;

metric.tch – для печатных плат с метрической системой единиц.

В процессе загрузки списка соединений OrCAD ставит в соответствие каждому компоненту его корпус. Если в процессе загрузки списка соединений обнаружен компонент, который не имеет ссылок на корпус (Footprint), то выводится диалоговое окно для его определения. Имеется возможность выбрать существующий корпус (кнопка **Link existing footprint to component**) либо создать новый или модифицировать существующий корпус (кнопка **Create or modify footprint library**). В первом случае открывается диалоговое окно, в котором нужно выбрать из списка имя библиотеки и затем имя корпуса, изображение которого можно просмотреть в правой части окна. Во втором случае откроется окно *Library Manager*, с помощью которого можно создать или отредактировать имеющийся корпус.

После завершения загрузки списка соединений в рабочем поле окна OrCAD Layout появятся изображения корпусов компонентов со связями между ними.

Пример: создадим файл новой печатной платы с именем My_project.max и загрузим список соединений для рассматриваемой схемы. Для этого выполняем команду **File/New**: в качестве файла технологического шаблона используем шаблон по умолчанию _default.tch; в качестве файла списка связей используем сформированный ранее с помощью ORCAD Capture файл My_project.mnl, содержащийся в рабочей директории; в качестве файла печатной платы указываем файл My_project.max. В результате на рабочем экране появятся корпуса компонентов с линиями связей (рис.31).

3.8. Размещение компонентов на печатной плате

Перед размещением компонентов необходимо задать контур печатной платы (Board outline). Контур создается командой **Tool/Obstacle/New**, с помощью которой вычерчивается замкнутый многоугольник. Толщина линий контура, тип линии (Board outline) задается в диалоговом окне. Для вызова окна свойств необходимо перед

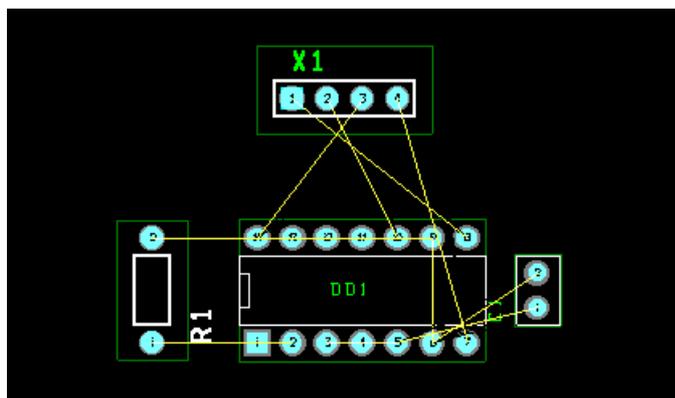


Рис. 31

нанесением границы правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню и там определить свойства. Эта линия должна размещаться на слое Global Layer.

Затем с помощью команды *Options/System Settings* нужно установить требуемое значение шага размещения корпусов (поле Place grid).

Размещение компонентов в OrCAD Layout может выполняться либо вручную либо автоматически. Автоматическое размещение компонентов имеет ограниченное применение, поскольку при этом сложно учесть требуемое взаимное расположение активных и пассивных компонентов определенного фрагмента схемы. Поэтому в данном пособии будем рассматривать только ручное размещение компонентов.

Для ручного размещения необходимо выполнить команду *Tool/Component*, выбрать курсором требуемый корпус и переместить в соответствующее место контура платы. Для поворота корпуса на 90° против часовой стрелки необходимо нажать на клавиатуре клавишу **R**. Компоненты с планарными выводами можно перенести на противоположную сторону печатной платы с помощью клавиши **T**. При выполнении размещения также удобно пользоваться контекстным меню.

Пример: вычертим контур печатной платы. Для этого в меню *Tool* выбирается команда *Obstacle* и вычерчивается замкнутый многоугольник (рис.32).

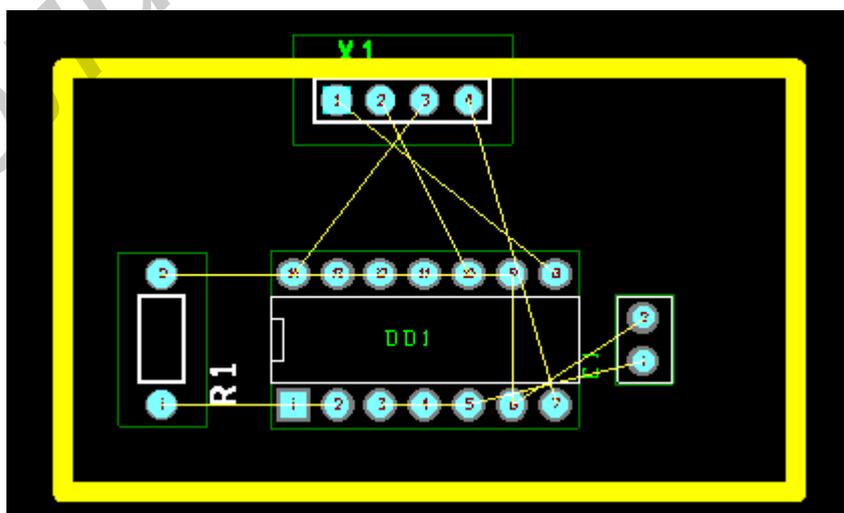


Рис. 32

3.9. Трассировка печатной платы

Перед трассировкой необходимо выполнить подготовительные действия:

1. С помощью команды **Option/System Setting** устанавливаются требуемая сетка трассировки (Routing grid), сетка размещения барьеров и текста (Detail grid) и сетка переходных отверстий (Via grid).

2. С помощью команды **Tool/Layer/Select from Spreadsheet** или **View/Database Spreadsheets/Layers** просматривается и редактируется структура слоев проекта. Редактирование осуществляется двойным щелчком по соответствующему полю. В данной таблице, а также в диалоговых окнах назначение полей следующее:

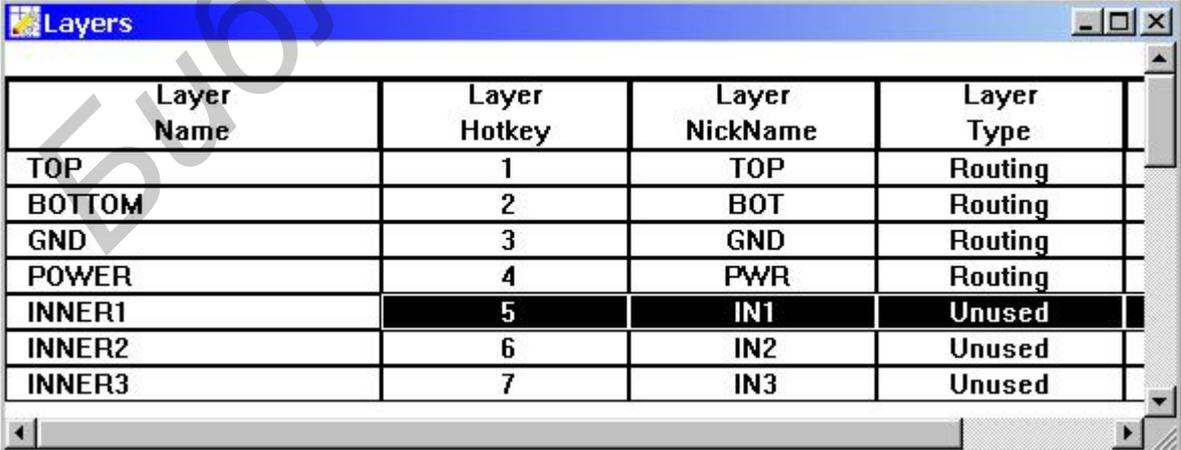
- Layer HotKey – горячая клавиша, по которой активизируется данный слой;
- Nick Name – псевдоним слоя (на слой можно сослаться по его псевдониму);
- Layer Types – тип слоя (Routing Layer – трассируемый слой, Plane Layer – слой используется для разводки цепей питания и земли, Unused Routing – неиспользуемый для трассировки слой, Documentation – неэлектрический слой, используемый для целей документирования, Jumper Layer – нетрассируемый слой для задания перемычек поверх дорожек);
- Mirror Layer – зеркальный слой, используемый для компонентов с поверхностным монтажом при переносе корпуса с одной стороны платы на другую (Top-Bottom).

Если имеются не используемые для трассировки внутренние слои, то им нужно присвоить тип Unused.

Пример: посмотрим и отредактируем перечень слоёв печатной платы для четырёхслойной печатной платы (рис.33).

3. С помощью команды **Tool/Padstack/Select From Spreadsheet** или **View/Database Spreadsheets/Padstacks** просматривают и редактируют стеки контактных площадок и переходных отверстий. В слоях документирования тип площадки должен быть **Undefined** и размеры должны быть равны нулю.

4. Командой **View/Database Spreadsheets/Nets** просматриваются и после двойного щелчка мыши по требуемому полю редактируются параметры цепей. В данной таблице и открывающихся диалоговых окнах назначение элементов управления следующее:



Layer Name	Layer Hotkey	Layer NickName	Layer Type
TOP	1	TOP	Routing
BOTTOM	2	BOT	Routing
GND	3	GND	Routing
POWER	4	PWR	Routing
INNER1	5	IN1	Unused
INNER2	6	IN2	Unused
INNER3	7	IN3	Unused

Рис. 33

Routing Enabled – трассируемая цепь;

Retry Enabled – разрешено перепрокладывать трассу;

Share Enabled – разрешено создавать T-образные соединения;

Weight – приоритет трассировки. Является целым числом в диапазоне от 1 до 100, по умолчанию 50. Чем больше значение, тем больше приоритет;

Width – ширина проводника (Min – минимальная, Conn – по умолчанию и Max – максимальная);

Net Layer – разрешение трассировки в определенных слоях;

Net Spacing – расстояние между трассами.

Пример: предположим, что необходимо задать толщину проводников GND и Plus5V равной 26 mil. Для этого выполняем команду *Tool/Net/Select From Spreadsheet*, в открывшемся окне двойным щелчком мыши открываем диалоговое окно для редактирования ширины **Width** для цепи GND (рис.34).

Предположим, необходимо, чтобы на слоях TOP и BOTTOM размещались сигнальные проводники, а слои GND и Plus5V использовались для разводки схемной земли и питания соответственно. Для этого с помощью кнопки **Net Layers** нужно вызвать диалоговое окно **Layers Enabled for Routing** и затем выбрать соответствующие слои, на которых данная цепь будет трассироваться (рис.35).

Аналогично можно установить новую ширину проводника для цепи Plus5V и выделить ей отдельный слой.

5. Нанести барьеры (области запрета) для автоматической трассировки и области меднения. Области меднения можно нанести и после трассировки. Для этого нужно выполнить команду *Tool/Obstacle/New*. В окне свойств этой команды для барьеров трассировки необходимо в поле со списком Obstacle Type выбрать Via keepout, Route-via keepout или Route keepout для создания барьеров для постановки переходных отверстий, переходных отверстий и трасс или трасс соответственно. Для области меднения в поле со списком Obstacle Type выбрать Copper Area. Барьеры и области меднения должны размещаться на соответствующем слое, где запрещена трассировка или требуется область меднения.

Трассировка проводников. Трассировка проводников в пакете OrCAD может выполняться в ручном и в автоматическом режиме.

Трассировка проводников в ручном режиме осуществляется с помощью команд *Tools/Track*, *Tools/Track Segment* и *Tools/Via*. Трассировка в ручном режиме должна проводиться для высокочастотных цепей, критических цепей и корректировки печатных плат после трассировки в автоматическом режиме. Изменение направления проводника фиксируется щелчком левой кнопкой мыши. Для перехода на другой слой можно вызвать контекстное меню, выбрать пункт **Add via**, сделать активным требуемый слой и продолжать проведение трассы в этом слое.

Пример: предположим, что после трассировки печатной платы в программе Orcad Capture некоторые печатные проводники необходимо подкорректировать (рис.36).

Net Name	Color	Width			Routing Enabled	Share	Weight
		Min	Con	Max			
GND		12			Yes	Yes	50
N00877		12			Yes	Yes	50
N00887		12			Yes	Yes	50
N00919		12			Yes	Yes	50
N00933		12			Yes	Yes	50
N00972		12			Yes	Yes	50
PLUS5V		12			Yes	Yes	50

Edit Net

Net Name:

Net Attributes

Routing Enabled
 Share Enabled
 Highlight
 Retry Enabled
 Shove Enabled
 Test Point

Group:
Weight: (low med high)

Min Width:
Conn Width:
Max Width:

Рис. 34

Layers Enabled for Routing

Layers Enabled for Routing

TOP
 BOTTOM
 GND
 POWER
 INNER1
 INNER2

Plane Layers:

Рис. 35

Воспользуемся командой **Edit segment mode**. Удалим часть печатного проводника, соединяющего 3-й вывод разъёма и 14-й вывод проводника, а затем продлим печатный проводник и соединим его с выводом микросхемы.

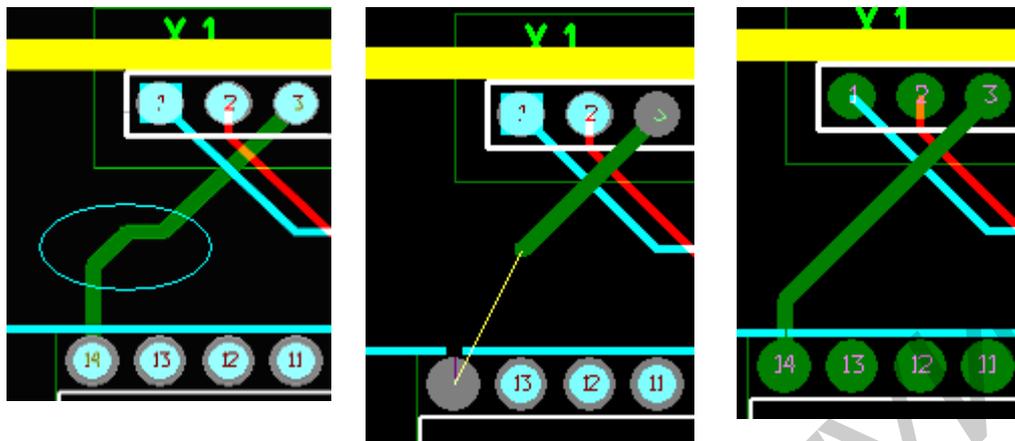


Рис. 36

В автоматическом режиме трассировка может выполняться с помощью команд меню **Auto**. Встроенный трассировщик OrCAD позволяет растрассировать только простые платы. Более сложные платы могут быть автоматически растрассированы с помощью программы **SmartRoute**, которая входит в пакет OrCAD Layout Plus. Кроме того, имеется возможность передачи списка связей и базы данных печатной платы из системы OrCAD в программу автоматической трассировки SPECCTRA.

Трассировка платы с помощью команд меню **Auto**

Перед трассировкой необходимо задать параметры стратегии. Для этого выполнить команду **Option/Route Strategies** редактора печатных плат OrCAD Layout. Эта команда имеет несколько подкоманд:

Option/Route Strategies/Manual Route – задает следующие параметры стратегии автотрассировки: вес переходного отверстия **Via cost** (значение 100 запрещает использование переходных отверстий), весовой коэффициент повторных попыток **Retry Cost** (при высоком значении данного коэффициента уменьшается вероятность перепрокладки трассы), ограничение длины **Route Limit** (трассы должны создаваться короче при низком значении коэффициента), число попыток переразложить связь **Attempts** (не должно быть слишком велико).

Option/Route Strategies/Route Layers – позволяет просмотреть и изменить сведения по трассировке слоев печатной платы в открывшейся таблице. В первом столбце содержатся имена слоев и названия разверток (sweep). Столбец **Enabled** позволяет разрешить трассировку в слое. Столбец **Cost** определяет предпочтительные слои для трассировки. При высоком значении веса трассировщик будет стараться избегать трассировать в данном слое. Столбец **Direction** задает весовой коэффициент направления трассировки. Чем больше значение коэффициента, тем более строгое требование по горизонтальному расположению проводников (меньше – по вертикальному). Столбец **Between** определяет весовой коэффициент, ограничивающий (при высоком значении в данном поле) проведение связей между выводами.

Option/Route Strategies/Route Sweeps – позволяет указать параметры разверток, размер области поиска пути для трассы и направление перемещения этой области.

Option/Route Strategies/Route Passes – задает параметры проходов трассировки. Столбец Pass – определяет проходы для данной развертки, Enabled – используемость данного прохода. Столбец Options задает тип прохода:

- Heuristics – эвристический алгоритм;
- Maze – основной волновой алгоритм, для которого указывается область поиска трассы;
- Auto DFM – улучшение трассировки (Design for Manufacturability);
- Fanout – алгоритм для разводки элементов с поверхностным монтажом;
- Via Reduce – минимизатор переходных отверстий;
- Auto CDE – удаляет ошибки проекта (например выступающие дорожки).

Для задания зазоров между элементами печатного монтажа необходимо вызвать таблицу зазоров Route Spacing с помощью клавиатурной комбинации Shift+G. В этой таблице приводятся значения зазоров для всех слоев печатной платы: Track to Track (дорожка-дорожка), Track to Via (дорожка-переходное отверстие), Track to Pad (дорожка-контактная площадка), Via to Via, Via to Pad, Pad to Pad.

Для проведения автоматической трассировки необходимо выполнить команду **Auto/Autoroute/Boar**, для удаления трасс - команду **Auto/Unroute/Board**.

Пример: расстрассируем плату в OrCAD Layout (рис.37).

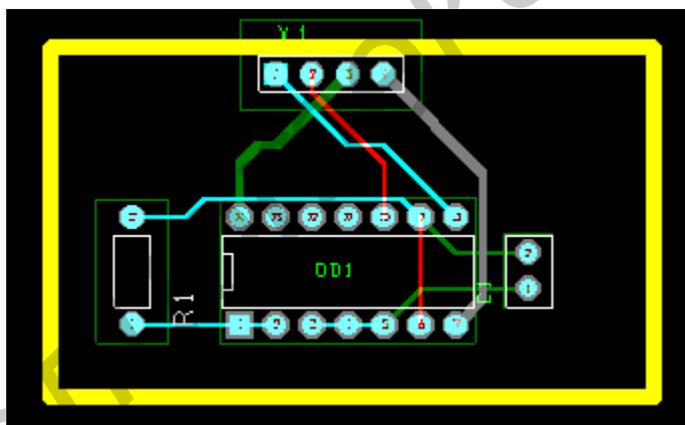


Рис. 37

При трассировке с помощью программы SmartRoute необходимо с помощью OrCAD Layout заранее сохранить печатную плату с загруженным списком соединений и контуром печатной платы в отдельный файл. Далее запускается программа SmartRoute с помощью команды **Tools/SmartRoute** из начального меню программы OrCAD Layout. Сначала загружается файл печатной платы *.max, а затем с помощью команд меню **Option/Net Properties** и **Option/Parameters** задаются параметры трассировки цепей и зазоров. Далее по команде **Option/Routing Passes** задается перечень проходов трассировки (ROUTING PASSES) и проходов улучшения трассировки (MANUFACTURING PASSES). Автотрассировка начинается по команде **Auto/Autorout Board**.

3.10. Проверка соблюдения конструкторско-технологических ограничений

Для проверки соблюдения технологических ограничений необходимо выполнить команду *Auto/Design Rules Check*. В открывшемся диалоговом окне устанавливаются правила проверки:

Placement Spacing Violations – проверка расстояний между компонентами;

Route Spacing Violations – проверка нарушений зазоров (таблица Route Spacing);

Net Rule Violations – проверка нарушений значений таблицы Nets spreadsheet;

Copper Continuity Violations – проверка непрерывности областей металлизации;

Via Location Violations – проверка расположения и зазоров переходных отверстий;

Pad Exit Violations – проверка формы контактных площадок;

SMD Fanout Violations – проверка неподсоединенных площадок для поверхностного монтажа;

Test Point Violations – проверка расположения контрольных точек;

Check Copper Pour – проверка зазоров с областями меднения.

Report DRC/Route Box Violations Only – установка данного флажка включает проверку ошибок только в области прямоугольника со штрихпунктирной линией (DRC Box). Для перемещения DRC Box используется команда *View/Zoom DRC Box*.

Все ошибки, обнаруженные в проекте, помечаются на плате кружками. Для уточнения причины ошибки нужно выполнить команду *Tool/Error/Select Tool*, затем включить кнопку запроса Q на кнопочной панели и указать место ошибки. В окне запроса будет указано сообщение об ошибке.

Лабораторная работа №1

Создание УГО компонентов

1. Цель работы

Получить практические навыки по созданию УГО компонентов с помощью программы OrCAD Capture.

2. Порядок выполнения работы

2.1. Изучить описание редактора компонентов OrCAD Capture и порядок создания УГО компонентов.

2.2. Получить у преподавателя задание для выполнения практической части работы.

2.3. Создать библиотеку УГО всех необходимых компонентов.

2.4. Продемонстрировать результат работы преподавателю и защитить её.

2. Контрольные вопросы

1. Какие параметры сетки можно изменить и с помощью каких команд?
2. Можно ли для уже существующего проекта или индивидуальной схемы изменить шаг сетки?
3. Можно ли установить фиксированное расстояние между выводами компонентов независимо от установленного шага сетки?

4. Каким образом можно сделать невидимыми на схеме имена и номера выводов компонента?
5. Какая команда позволяет разместить сразу несколько выводов при создании компонента. Какие параметры требуется указать при выполнении этой команды?
6. Как изменить форму вывода (Shape) и тип вывода (Type) для созданного компонента?
7. С помощью какой команды можно просмотреть и отредактировать свойства условного графического обозначения (Part Properties) уже созданного компонента?
8. Каким образом можно просмотреть и при необходимости отредактировать все секции составного компонента?
9. Должны ли совпадать имена соответствующих выводов питания для всех компонентов, которые их имеют?
10. С помощью каких команд можно отредактировать значение атрибута <Value> компонента. Можно ли сделать данный атрибут невидимым на схеме?

Лабораторная работа №2

Синтез электрической принципиальной схемы

1. Цель работы

Получить практические навыки по созданию принципиальной схемы с помощью программы OrCAD Capture.

2. Порядок выполнения работы

- 2.1. Изучить описание редактора схем OrCAD Capture и порядок синтеза электрической принципиальной схемы.
- 2.2. Синтезировать электрическую принципиальную схему.
- 2.3. Продемонстрировать результат работы преподавателю и защитить её.

3. Контрольные вопросы

1. Каким образом в процессе установки сложных многосекционных компонентов на схему можно выбирать номер размещаемой секции компонента?
2. С помощью какой команды можно выполнить автоматическую простановку позиционных обозначений компонентов?
3. Каким образом можно просмотреть и при необходимости отредактировать свойства компонента с помощью Property Editor? Какие свойства компонента можно изменить с его помощью?
4. Какие требования налагаются на имена размещённых на схеме символов питания и земли?
5. Каким образом можно удалить размещённый на схеме символ “нет соединения”?
6. С помощью каких команд можно убрать символ “пересечения проводников”?

7. В шину входят цепи с именами Net1, Net2 ... Net36. Каким должно быть имя шины в этом случае? С помощью какой команды оно вводится?
8. С помощью какой команды можно осуществить проверку принципиальной схемы?
9. С помощью каких опций осуществляется установка правил проверки принципиальной схемы?
10. В каком формате должен создаваться список связей для проектирования печатной платы с помощью OrCAD Layout?

Лабораторная работа №3

Создание корпусов компонентов

1. Цель работы

Получить практические навыки по созданию корпусов компонентов с помощью программы OrCAD Layout.

2. Порядок выполнения работы

- 2.1. Изучить описание редактора корпусов и порядок создания корпусов компонентов с помощью программы OrCAD Layout.
- 2.2. Создать библиотеку всех необходимых корпусов компонентов.
- 2.3. Продемонстрировать результат работы преподавателю и защитить её.

3. Контрольные вопросы

1. Как создать новую библиотеку корпусов?
2. С помощью какой команды можно просмотреть системные настройки и установить необходимую систему единиц индивидуально для каждой библиотеки корпусов?
3. Можно ли при создании корпуса компонента изменить местоположение “точки привязки”?
4. Каким образом можно просмотреть и при необходимости отредактировать параметры контактных площадок корпуса компонента?
5. С помощью каких команд можно добавить отредактированный стек контактных площадок к уже существующим и сохранить его?
6. С помощью какой команды наносятся контур и граница корпуса? Каково их назначение?
7. Как изменить шаг выводов для корпуса компонента?
8. Каким образом можно сопоставить один и тот же корпус сразу нескольким компонентам?
9. Имеется корпус с контактными площадками круглой формы. Требуется изменить форму контактной площадки для первого вывода на квадратную. Каким образом это сделать?

10. Можно ли переместить корпус из одной библиотеки в другую?

Лабораторная работа №4

Создание и трассировка печатной платы электронного узла

1. Цель работы

Получить практические навыки по созданию печатной платы электронного узла с помощью пакета программ OrCAD 9.1.

2. Порядок выполнения работы

- 2.1. Изучить описание редактора печатных плат и порядок создания печатной платы с помощью программы OrCAD Layout.
- 2.2. Создать и растрассировать печатную плату.
- 2.3. Продемонстрировать результат работы преподавателю и защитить её.

3. Контрольные вопросы

1. В какой последовательности осуществляется загрузка списка связей и создание новой печатной платы?
2. Что собой представляет технологический шаблон печатной платы (файлы *.tch)?
3. С помощью каких команд можно осуществить размещение компонентов на печатной плате?
4. Для чего необходим контур печатной платы? С помощью какой команды он вводится?
5. Можно ли запретить трассировку определённых цепей на определённых слоях?
6. Каким образом можно установить необходимое количество слоёв печатной платы?
7. Какие параметры печатных проводников (цепей) нужно установить перед трассировкой?
8. С помощью какой команды осуществляется автоматическая трассировка печатной платы в программе Layout Plus? Имеется ли возможность ручной трассировки?
9. Какова последовательность действий при трассировке печатной платы с помощью программы SmartRoute?
10. Как проверить соответствие конструкторско-технологическим ограничениям полученного проекта?

Литература

1. Разевиг В.Д. Система проектирования цифровых устройств OrCAD. – М.:Солон-Р, 2000.
2. Афанасьев А.О., Кузнецова С.А. OrCAD 7.0 – 9.0. Проектирование электронной аппаратуры и печатных плат. – СПб.: Наука и Техника, 2001.