

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 27.01.2022 22:54:50
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d3e51fc11eabb175e9745d14a48911da36d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 15 » 12 2017 г.



Разработка принципиальной схемы с помощью графического редактора ORCAD CAPTURE

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03

Курск 2017

УДК 681.5

Составитель А.А. Гримов

Рецензент

Доктор технических наук, профессор А.Ф. Рыбочкин

Разработка принципиальной схемы с помощью графического редактора ORCAD CAPTURE: методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Информационные технологии конструирования электронных средств» / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: А. А. Гримов. Курск, 2017. 34 с.: ил. 7.

Содержатся теоретические сведения, касающиеся методики использования специализированного графического редактора ORCAD CAPTURE при разработке принципиальных схем.

Указывается порядок выполнения лабораторной работы.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____ . Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. ____ . Уч.-изд. л. ____ . Тираж 100 экз. Заказ _____ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить основы использования графического редактора OrCAD Capture при разработке электрических принципиальных схем

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В теоретической части рассматриваются структура, свойства и основные характеристики графического редактора **OrCAD Capture**, а также методика, основные этапы и алгоритм разработки принципиальных схем электронных устройств с помощью графического редактора **OrCAD Capture**. Дается пример разработки принципиальной схемы.

Структура, команды главного меню и среда проектирования графического редактора OrCAD Capture

Доступ к редактору электронных схем **OrCAD Capture** осуществляется из стартового меню **Windows**. Щёлкнем мышкой на кнопке **Пуск** и выберем команду **Программы**. В появившемся списке приложений найдём имя нужного пакета **OrCAD_9.1 LITE** и затем в подменю-команду запуска программы **Capture**.

После загрузки редактора на экране в верхней части дисплея появится *строка команд главного меню (далее - ГМ) входного редактора* с выпадающими *подменю*, а немного ниже – *панель инструментов*, на которой размещены кнопки наиболее часто используемых команд ГМ. Эту панель при желании можно отключить командой главного меню **View/Toolbar**. В нижней части экрана расположена *статусная строка*, куда выводится информация о командах главного меню, состоянии сервисных программ и проекта.

Структура построения графического редактора OrCAD Capture

Структурная схема *графического редактора электронных схем OrCAD Capture* состоит из:

- *входного редактора*, обеспечивающего создание новых и загрузку существующих проектов электронных схем, создание

- новых и подключение существующих библиотек электронных компонентов (ЭК), а также переход в другие редакторы;
- *менеджера проектов*, обеспечивающего полный процесс разработки электронных схем и подготовки необходимой документации совместно с моделированием работы электронных схем и взаимосвязь между редакторами, входящих в **OrCAD Capture**;
 - *графического редактора электронных компонентов* *Part Editor*;
 - *графического редактора электронных схем* *OrCAD Capture*;
 - *редактора текста* *Text Editor*;
 - *редактора свойств электронных компонентов* **Property Editor**;

С помощью *входного редактора* можно открыть новый или загрузить уже существующий проект электронной схемы, а также просмотреть библиотеки с электронными компонентами (ЭК).

Проектирование новой схемы начинается с создания нового проекта. Введем команду **File/New/Project** или щёлкнем на кнопку **Create document**, расположенной на панели инструментов. На экране появится диалоговая панель **New Project**, в которой надо задать имя проекта, выбрать тип проекта и определить, где он будет располагаться на жёстком диске. Аналогично загружаются готовые проекты с помощью команды **File/Open/Project**, которая открывает окно каталогов, в которых, например, в **Sample** хранятся рабочие проекты. Также можно создать новую (или открыть уже существующую) библиотеку с помощью команды **File/New/Library** или **File/Open/Library** и задать ей уникальное имя, например **my_lib.olb**.

После выполнения операций по загрузке готовых проектов или библиотек, слева на экране дисплея появится окно *менеджера проекта* с введенным названием проекта или библиотеки, щёлкнув *правой кнопкой мыши* по имени которого, перейдем из *менеджера проекта* в редактор проектирования принципиальных схем **OrCAD Capture**. На экране дисплея появится графическая оболочка редактора **OrCAD Capture**, которая отличается от *менеджера проекта* только командами главного меню (ГМ).

Команды главного меню графического редактора электронных схем OrCAD Capture

На рис. 1 представлены *команды главного меню с командами подменю* редактора **OrCAD Capture**, который автоматически подключается при создании проекта или библиотек ЭК.

Особенностью ГМ редактора **OrCAD Capture** является появление команды **Place**, с помощью которой можно создавать и редактировать электронные принципиальные схемы, и команды **Macro**, позволяющей автоматизировать рутинные часто повторяющиеся графические операции при проектировании принципиальных схем.

При включении команды **Place** появляется подменю команд, которые продублированы в инструментальной панели **Tool Palette** (рис. 2.4) и обеспечивают создание и редактирование принципиальных схем.

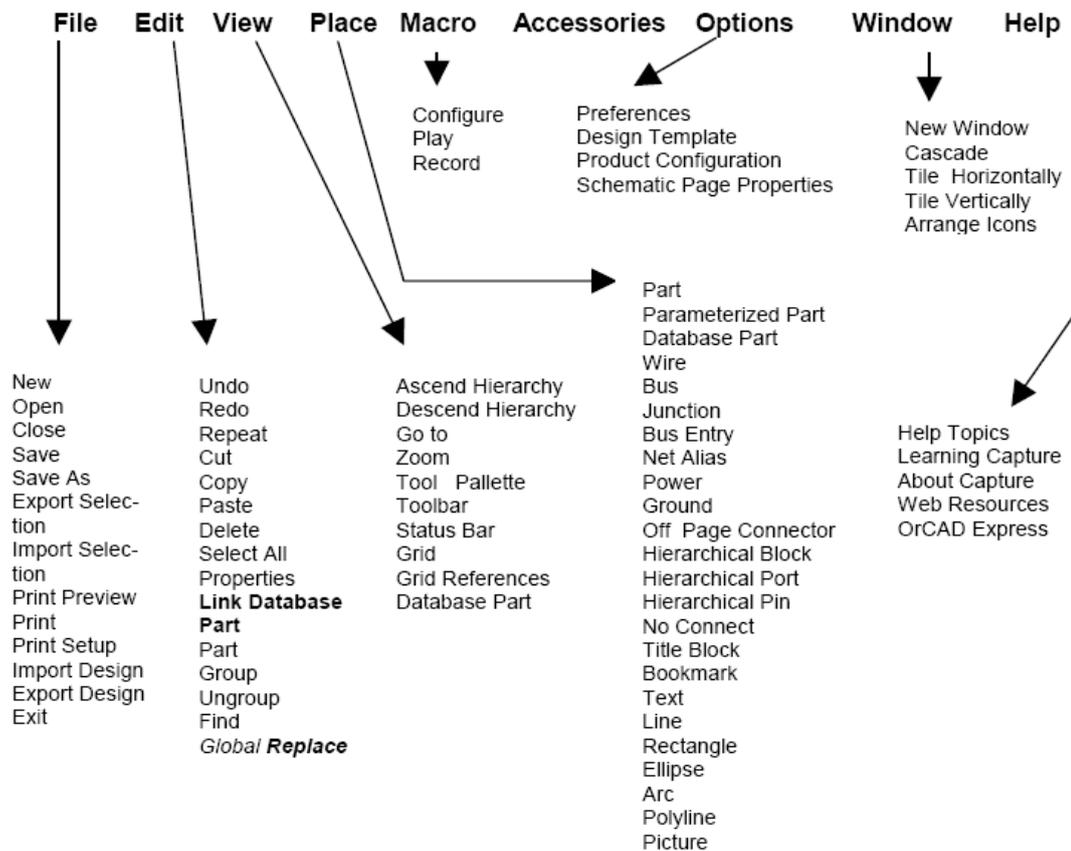


Рис. 1. Команды главного меню графического редактора проектирования принципиальных схем **OrCAD Capture**

Если в *менеджере проекта* активизировать окно области рисования, то также появится палитра инструментов **Tool Palette**, с помощью которой проектируется принципиальная схема. По умолчанию панель **Tool Palette** располагается вертикально в правой части экрана и дублирует команды меню **Place**. Так как инструменты этой панели очень важны, мы прокомментируем их более подробно.

Установка среды проектирования графического редактора OrCAD Capture

Запустим *входной редактор OrCAD Capture*, и пока в него не загружен никакой проект, посмотрим, каковы его установки.

Неизменяемые установки при выполнении проекта (Options/Design Template). Командой **Options/Design Template** вызовем диалоговую панель с тем же названием и откроем вкладку **Page Size**.

Прежде всего, следует убедиться, что в редакторе установлена метрическая (а не английская) система единиц. Другими словами, такие параметры, как размер страницы (**New Page Size**) или шаг сетки (**Pin-to-Pin Spacing**), должны быть указаны в миллиметрах (**millimeters**), а не в дюймах (**inches**).

Если это не так, то в разделе **Units** (система единиц) щёлкнем на кнопке **Millimeters**, выберем формат страницы **A4 (297x210 millimeters)** и зададим шаг сетки, равным **2.5 millimeters**.

Для заданных установок создадим новый проект **Setting_1.opj** и «измерим» курсором мыши расстояние между соседними узлами сетки. Поместим курсор мыши в левый верхний угол схемной страницы **PAGE1**. Его координаты в этой точке имеют значения: **X=0.00 Y=0.00**. Они отображаются в статусной строке в правом нижнем углу экрана.

Затем передвинем курсор мыши к ближайшему по диагонали узлу сетки и определим её координаты: **X=2.50 Y=2.50**. Видно, что сделанные установки «работают» во вновь созданном проекте.

Создадим новый проект **Setting_2.opj** и проверим, каков здесь шаг сетки. Мы увидим, что теперь он равен **1 millimeters**. Отсюда следует вывод, что установки, сделанные командой **Options/Design Template**, не влияют на текущий (уже открытый) проект, а

проявляют себя только во вновь создаваемых проектах. Такие установки называются проектно-ориентированными. Вот почему о них надо вовремя позаботиться – в открытом проекте большинство установок, сделанных командой **Options/ Design Template**, изменить уже нельзя.

Ещё одна закладка на рассматриваемой панели заслуживает пристального внимания. Она называется **Grid Reference** – рамка схемной страницы, разбитая на зоны. В нижнем правом углу этой рамки обычно помещается угловой штамп (**Title block**). На конструкторских чертежах его часто называют основной надписью.

Редактор **OrCAD Capture** воспринимает угловой штамп как символ, то есть так же, как и все прочие компоненты схемы. Это затрудняет работу со схемой, особенно при использовании команды **View/Zoom/All** или иконки **Zoom to all** – показать всё. Вместо того чтобы увидеть свою схему в крупном масштабе (если она маленькая), вам придётся всякий раз любоваться и «ненавистным» угловым штампом. Конечно, никто не запретит вам разделаться с надоевшим объектом самым суровым образом: выделив его и нажав клавишу **Del**. Но ведь когда-то он вам понадобится.

Поэтому разумнее штамп просто сделать не видимым, сбросив флажок **Displayed** в разделе **Title Block Visible**. Прделайте ту же операцию и для чертёжной рамки **Grid Reference**, сохранив лишь видимость границ страницы (**Border Visible**). Все сделанные рассуждения остаются в силе и при выводе схемы на печать (флажок **Printed**).

Изменяемые установки при выполнении проекта (Options/Preferences). Другая группа изменяемых установок проекта задаётся командой **Options/Preferences**. Эти опции не являются проектно-ориентированными. В отличие от ранее рассмотренных, *они немедленно вступают в действие*. Сказанное справедливо как для текущего (открытого) проекта, так и для любого вновь загружаемого (уже существующего) или вновь создаваемого проекта.

Загрузим в редактор проект **Setting_1.opj** и командой **Options/Preferences** вызовем диалоговую панель **Preferences** (привилегии, предпочтения). Откроем вкладку **Grid Display**. Левая

её половина предназначена для редактора схем, а правая – для редактора символов. Сейчас нас интересует редактор схем. Выберем стиль изображения сетки (**Grid Style**) в виде линий (**Lines**) и нажмём **ОК**. Мы тут же увидим результат – сетка превратилась в решётку.

Вновь активизируем ту же закладку и сбросим флажок **Displayed** – теперь сетка не видна на экране монитора. Прделаем последний эксперимент с закладкой **Grid Display**. На

ней находится флажок **Pointer snap to grid**, который определяет режим «привязки» объектов к узлам сетки.

При установленном флажке размещаемый на схеме объект (компонент, проводник, текст и т.п.) цепляется за ближайший узел сетки.

При сброшенном флажке **Pointer snap to grid** привязка к узлам сетки отменяется и у вас появляется возможность более точно указать местоположение объекта. В этом режиме нарисованы объекты, видимые в правой части рис. 2.8. Когда задана привязка к сетке, вы при всём усердии не сможете поместить объект (например, линию) между её узлов. Сказанное касается и текста, который в данном режиме довольно трудно поместить туда, куда хочется. Отключив привязку к узлам сетки, вы без труда справитесь с этой работой.

На закладке **Select** (выбор) задаётся один из двух возможных режимов выбора.

- **Intersection** (пересечение) – это такой режим, при котором объект будет выделен даже в том случае, если он хотя бы *частично* попал в прямоугольник выбора.

- **Fully Enclosed** (полностью окружённый) – режим, при котором объект будет выделен только в том случае, если он *полностью* попал в прямоугольник выбора.

Последняя закладка, которая может потребовать внимания при проектировании схем, имеет название **Miscellaneous** (прочее). Там из всего прочего нам понадобится только одна опция – автоматическое присвоение позиционных обозначений (**Automatically reference placed parts**). Следует установить флажок

с этим названием, чтобы каждый новый компонент, размещаемый на схеме, тут же получал уникальное позиционное обозначение.

Методика проектирования принципиальной схемы с помощью графического редактора OrCAD Capture

Проектирование электронных схем выполняется в графическом редакторе **OrCAD Capture** в режиме **Schematic Page Editor**. Названный режим устанавливается при запуске редактора по умолчанию. Чтобы создать новую схему, надо выполнить следующие шаги:

- установить желаемую среду проектирования;
- разместить графические изображения компонентов;
- выводы компонентов соединить электрическими цепями – проводниками в соответствии со структурой рисуемой схемы;
- проводникам присвоить пользовательские имена – алиасы (псевдоним или второе имя);
- разместить шины на схеме;
- каждому компоненту назначить имя – проставить позиционное обозначение;
- проверить графические ошибки и правила выполнения принципиальных схем и исправить их;
- сохранить принципиальную схему и вывести ее на печать.

Создание нового проекта и работа с библиотеками

Проектирование новой схемы начинается с создания нового проекта. Для этого надо ввести команду **File/New/Project** или щёлкнуть на кнопке **Create document**, расположенной на панели инструментов. Дело в том, что в окне *менеджера проекта* кроме схемы проекта содержится много другой информации, например, описания входных сигналов, модели компонентов, библиотеки символов, кэш проекта (**Design cache**) и т.п.

На экране появится диалоговая панель **New Project** (рис. 2), в которой надо задать имя проекта (верхнее поле), например **mux2**, выбрать тип проекта и определить, где он будет располагаться на жёстком диске (нижнее поле). Заметим, что можно указать для

нашего проекта несуществующую папку – редактор **OrCAD Capture** создаст её автоматически.

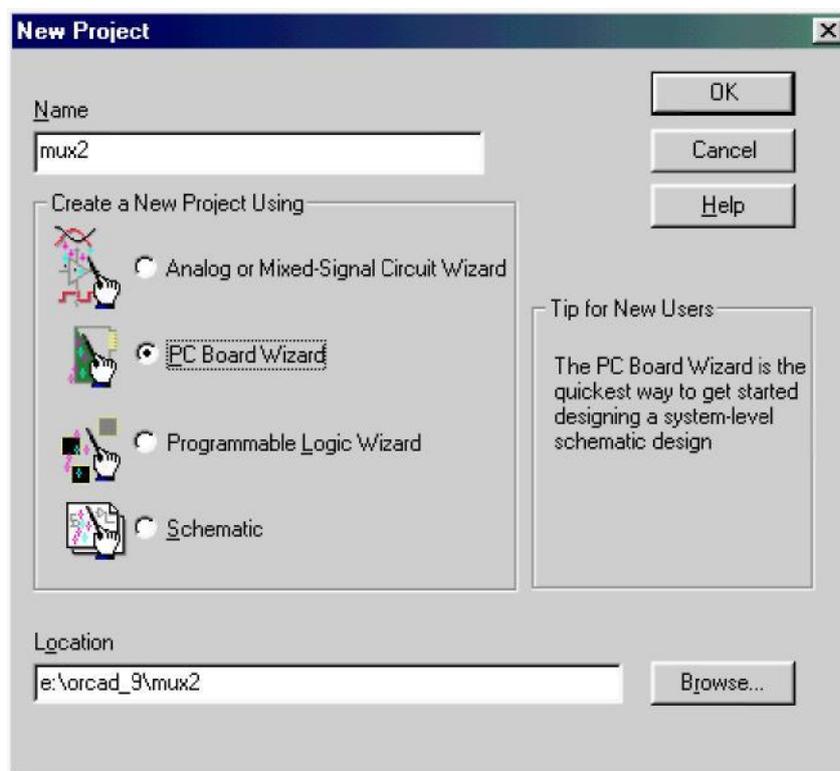


Рис. 2. Диалоговая панель для задания параметров нового проекта

В САПР **OrCAD** определены четыре типа проектов – это видно на диалоговой панели **New Project**. Мы выберем проект типа **PCB – Simulate** (вторая сверху кнопка), хотя само название проекта **PC Board Wizard** кажется самым неподходящим для наших целей. Однако именно этот тип проекта рекомендуется разработчиками пакета, если мы собираемся использовать в нём цифровые микросхемы малого и среднего уровней интеграции.

Задав всю необходимую информацию и нажав кнопку **OK**, вы увидите другую диалоговую панель **PCB Project Wizard**. Если цель работы включает моделирование проекта, то надо установить флажок **Enable project simulation**, и выбрать тип моделей.

Нажмём кнопку **Далее >** и на новой панели в левом окне (внизу) отыщем нужную библиотеку компонентов **7400.olb**, которую кнопкой **Add** добавим к проекту. Имя библиотеки **7400.olb** появится в правом окне.

Нажав на кнопку **Готово**, мы переведём редактор в режим рисования схемы. По умолчанию **OrCAD Capture** именуется схему как **SCHEMATIC1 : PAGE1**. И то, и другое имя легко изменить, щёлкнув в окне *менеджера проекта* правой кнопкой мыши на неудобном имени и указав в открывшемся контекстном меню команду **Rename**. Большую схему можно разместить на нескольких страницах.

Работа с библиотеками. В САПР **OrCAD** используется библиотечный метод проектирования, при котором проект создаётся как композиция более простых объектов, хранящихся в соответствующих библиотеках.

В процессе проектирования схем такими объектами являются условные графические обозначения компонентов – символы (**Part, Symbol**). Они хранятся в библиотеках, имеющих расширение ***.olb**.

Следовательно, ближайшая наша задача будет заключаться в том, чтобы найти и подключить к редактору нужные библиотеки. Это можно сделать несколькими способами.

- *Выбрать список требуемых библиотек при создании нового проекта с помощью мастера **Project Wizard**.*
- *Добавить нужные библиотеки в папку **Library** менеджера проекта.*
- *Подключать библиотеки интерактивно на этапе проектирования схемы.*

На практике все способы можно применять совместно, но для знакомства с ними удобнее их рассмотреть изолированно.

С первым способом мы уже встречались при знакомстве с пакетом. При создании нового проекта мы сначала указали его имя, тип и месторасположение.

Затем редактор выяснил, собираемся ли мы моделировать свой проект и с помощью каких моделей (**VHDL** или **SPICE**). В зависимости от ответа мастер проекта **Wizard** предлагает конкретный список библиотек, из которого можно выбрать одну или несколько требуемых.

Если вы собираетесь использовать символы из своей личной библиотеки, например **my_lib.olb**, то её придётся поместить в доступную для редактора папку **\Capture\Library** или вспомнить про *второй (более удобный) способ*.

Мы уже знаем, что редактор помещает символьные библиотеки в папку **Library** ресурсов проекта **Design Resources**. Щёлкнем на ней правой кнопкой мыши. Появится всплывающее меню, содержащее всего одну команду **Add File**. Исполнив её, вы увидите диалоговую панель **Add File to Project Folder – Library**. Найдём подключаемую к проекту библиотеку и откроем её. Вот и вся работа.

О третьем способе поговорим более подробно. Создадим новый проект **comp.opj**, в котором позднее нарисуем схему одноразрядного компаратора. Укажем, что мы собираемся моделировать свой проект и подключим к нему с помощью мастера проекта **Wizard** библиотеки **7400.olb** и **7400.vhd**.

Сделаем активным рабочее окно редактора схем **OrCAD Capture** и исполним команду **Place/Part**. На экране появится диалоговая панель с одноимённым названием (рис. 3).

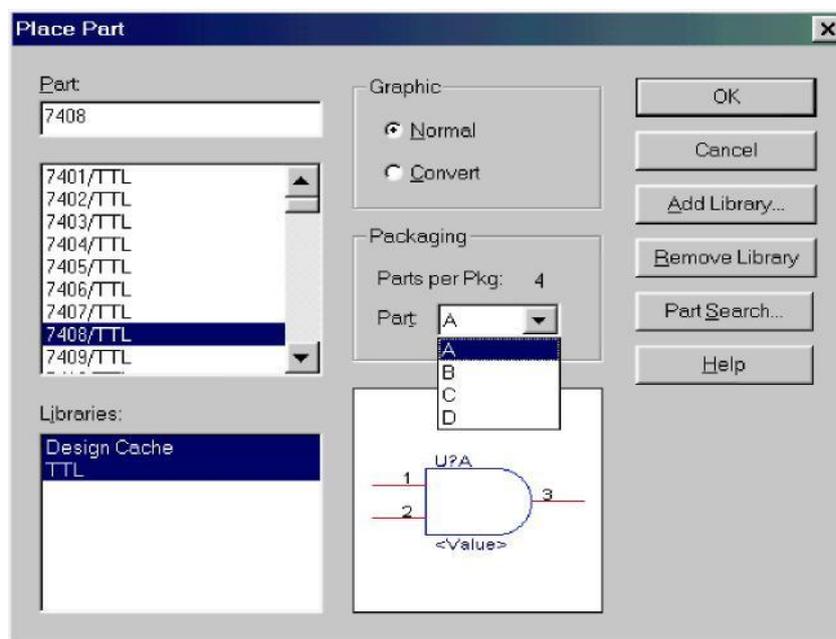


Рис. 3. Диалоговая панель **Place Part** для выбора символа компонента

Подключим к проекту свою личную библиотеку **my_lib.olb**. Возможно, у вас ещё нет такой библиотеки, тогда сделаем эту работу для любой системной библиотеки, например той, в которой хранятся графические описания триггеров. Она называется **Latch.olb**.

На панели **Place Part** щелкнем на кнопке **Add Library**, отыщем нужную библиотеку (в папке **Library** пакета **OrCAD**) и откроем её. Имя вновь подключённой библиотеки добавится в список доступных редактору библиотек (в окно **Libraries:**), а в среднем окне **Part** появятся входящие в неё символы.

Нередко случается так, что вы не знаете, в какой библиотеке находится нужный вам компонент. В этом случае поможет кнопка **Part Search**, нажав на которую, вы откроете диалоговую панель с тем же названием. Введите в верхнее окно **Part Name** имя интересующего вас компонента, а в нижнем окне **Library Path** укажите путь к папке с библиотеками, где его следует искать. Редактор просмотрит все библиотеки по указанному адресу и в среднем окне покажет все вхождения данного компонента, представив их в формате:

<имя_компонента>/<имя_библиотеки>,

например, **74LS08/GATE.OLB** (см. рис. 2.11).

Самое интересное заключается в том, что, выбрав желаемое вхождение и, нажав **ОК**, вы обнаружите, что редактор подключил к проекту библиотеку, содержащую найденный компонент. Фактически – это четвёртый способ подключения библиотеки к проекту.

Размещение на принципиальной схеме изображений электронных компонентов

Ну, а теперь приступим к созданию принципиальной схемы на базе электронных компонентов из библиотеки **7400**.

Исполним команду **Place Part** (горячая клавиша **Shift+P**) или щёлкнем на иконке, показанной справа. Появится хорошо известная нам панель (см. рис. 3). Выделим библиотеку **7400** и найдём в ней компонент **7404**.

Проще всего набрать его имя **7404** в верхнем окне **Part**. Обратите внимание, что редактор в процессе ввода имени сужает поиск, ориентируясь по первым символам в его названии. Введённое имя окажется первым в списке видимых имён. Щёлкните на нём мышью, и вы увидите графический образ

искомого компонента. Прежде чем поместить символ на схеме, отредактируем его вид и упаковку.

В разделе **Graphic** можно указать нормальное (**Normal**) или логически эквивалентное (**Convert**) изображение компонента. Заметим, что такая возможность имеется только для элементов простой логики.

В разделе **Packaging** можно задать имя (номер) секции (для многосекционных компонентов). Впрочем, делать это совсем не обязательно.

Нажав **ОК**, мы увидим, что выбранный символ привязан к курсору мыши и перемещается вместе с ним. Найдя для него подходящее место, щёлкнем левой кнопкой, чтобы зафиксировать его положение на схеме.

Переместив курсор, вы заметите, что редактор собирается размещать новые копии того же самого символа. Разместив ещё два таких же элемента, нажмём **Esc** или правую кнопку мыши. Последняя операция вызовет всплывающее меню, в котором следует исполнить команду **End Mode**. Этой командой завершается ввод и размещение на схеме очередного символа.

Аналогичным образом найдём и перенесём на схему элементы **7408** и **7486**.

Возможно вы обратили внимание, что если один символ при перемещении зацепит своим выводом вывод другого символа, то в точке их соприкосновения появится небольшой кружок красного цвета, а рядом с курсором – восклицательный знак: «!». Таким действием редактор предупреждает вас, что между данными контактами возникнет электрическое соединение (проводник нулевой длины), если зафиксировать перемещаемый символ в текущем положении.

Отметим ещё одну деталь. Если при размещении символа (пока он привязан к курсору), щёлкнуть правой кнопкой мыши и вызвать всплывающее меню, то вы сможете «на лету» изменить его ориентацию (**Rotate, Mirror**), масштаб рисунка (**Zoom in, Zoom out**) или некоторые свойства, например, сделать видимыми контакты питания и земли. Впрочем, всё это легко проделать и позднее, вызвав редактор свойств **Property Editor**.

Выполнение электрических соединений

Введённые на предыдущем шаге элементы теперь предстоит соединить проводниками (цепями) так, чтобы получилась схема, выполняющая функцию цифрового одноразрядного компаратора.

Эта работа выполняется по команде **Place/Wire** (размещение проводников). Данную команду быстрее активизировать горячей клавишей **Shift+W** или щёлчком на иконке, показанной на экране справа. Вы увидите, что команда активна по тому, как изменилась форма курсора: он превратился в небольшой крестик. Проще всего проводить проводники, соединяющие выводы символов, особенно в тех случаях, когда они расположены на одной ортогональной линии.

Подведём курсор к первому выводу и щёлкнем левой кнопкой мыши. Затем переместим курсор на другой вывод и, когда появится красный кружок (признак электрического соприкосновения), вновь щёлкнем левой кнопкой. Если соединение произошло, то небольшой квадратик на конце вывода исчезнет. Заметьте что, выполнив соединение, редактор сохранил активность команды.

Значит можно проводить следующую цепь. Если она имеет сложную конфигурацию, то в местах излома надо фиксировать её сегмент, нажимая на левую кнопку мыши. Когда вы подводите проводник к внешнему контакту схемы, то есть, хотите создать цепь с одним контактом, то лучше начинать эту работу со стороны свободного конца. В противном случае, чтобы закончить цепь, придётся дважды щёлкнуть левой кнопкой.

Чтобы снять активность команды **Place/Wire**, достаточно нажать **Esc** или правую кнопку мыши. В последнем случае, правда, придётся потерять ещё немного времени на выполнение команды **End Wire** из всплывающего меню.

Разрыв и соединение пересекающихся проводников. Часто, выполняя соединения, приходится пересекать ранее размещённые проводники. Если в точке пересечения не должно быть соединения, то всё просто – редактор и не подумает соединять пересекающиеся сегменты цепей.

Если вы хотите, чтобы при пересечении проводников было создано соединение, то надо поступить так. Задержать курсор в

точке пересечения и дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши, а затем продолжить цепь. Закончив рисование сегмента, вы обнаружите, что в точке пересечения появился маленький кружок малинового цвета – **Junction** (соединитель).

Конечно, вам захочется убедиться, что теперь пересекающиеся проводники соединены и воспринимаются редактором как одна цепь. Выделите любой сегмент проверяемой цепи, нажмите правую кнопку мыши, и когда появится всплывающее меню, исполните команду **Select Entire Net**. Вся цепь будет выделена, и вы увидите, что пересекающиеся сегменты принадлежат одной цепи.

Существует и другой способ соединения пересекающихся проводников. Надо исполнить команду **Place/Junction** (горячая клавиша **Shift+J**) или щёлкнуть на иконке, показанной на экране справа, после чего поместить соединитель в точку пересечения проводников.

Обычно при проведении соединений применяется ортогональный режим прокладки цепей. Если вы захотите провести проводник под произвольным углом (например, рисуя перекрёстные обратные связи триггеров), то предварительно придётся нажать и удерживать в этом положении клавишу **Shift**.

Другой способ - сначала вы рисуете ортогональный проводник, а затем, зацепив его за любой из концов, буксируете в нужное положение. Причём, если перемещаемый конец был прицеплен к контакту или цепи, то произойдёт их электрическое замыкание. Кстати буксировкой концов вы можете изменять размеры проводника, увеличивая или укорачивая его.

Отдельные сегменты цепи можно передвигать, не нарушая её целостности. Но если вы захотите оторвать сегмент от цепи, то выполняйте эту операцию при нажатой клавише **Alt**.

Используя клавишу **Ctrl**, легко добавлять к выделенному сегменту другие, а затем перемещать их без отрыва или с отрывом от первоначальной цепи.

Одну длинную цепь можно представить в виде нескольких простых фрагментов, назвав их одним и тем же именем. При составлении списков соединений редактор все равно объединит их в одну цепь, а у вас отпадут проблемы с поиском удачного для неё расположения.

Выводы компонентов можно соединить, вообще не вызывая команду **Place/Wire**. Для этого надо придвинуть один компонент к другому так, чтобы соединяемые выводы вошли в соприкосновение, зафиксировать перемещаемый компонент, а затем раздвинуть их: между сцепленными выводами появится проводник.

Присвоение цепям пользовательских имён

При вводе цепей редактор незаметно для пользователя именуется их по некоторому шаблону. Первая введённая цепь получает имя **N00003**, вторая – **N00006**, третья – **N00009** и т.д. Эти имена называются системными (**System-generated names**), на экране они не видны. Пользователю такие названия ничего не говорят, и он хочет заменить длинные и невыразительные имена своими – более простыми и ясными, но главное, несущими определённый смысл.

Каждой цепи можно присвоить дополнительно одно или несколько пользовательских имён – псевдонимов (**Alias**). Редактор отдаёт приоритет пользовательскому имени, и пока цепь имеет хотя бы один алиас, системное имя себя никак не проявляет. Но стоит удалить все псевдонимы, и системное имя опять вступает в силу.

Как уже отмечалось, системные имена по умолчанию не видны, тогда как пользовательские имена всегда видны и «привязаны» к цепи.

Псевдонимы задаются командой **Place/Net Alias**, нажатием комбинации клавиш **Shift+N** или щелчком на иконке, показанной на экране справа.

Ещё одно отличие редактора **OrCAD** от других подобных программ заключается в том, что перед тем, как ввести имя, не надо выделять цепь, для которой оно предназначено.

В открывшейся диалоговой панели **Place Net Alias** надо сначала ввести пользовательское имя (в поле **Alias**). Здесь же при желании можно изменить ориентацию имени, его цвет, шрифт, размер и начертание. Впрочем, установки, заданные умолчанием, вполне приемлемы и обычно не требуют коррекции.

Нажав **ОК**, вы увидите прицепленный к курсору мыши габаритный прямоугольник, отмечающий размеры введённого имени. Остаётся лишь указать ту цепь, которая должна его получить.

Именно по этой причине габаритный прямоугольник, играющий ещё и роль *указателя*, надо «прислонить» непосредственно к самой цепи, так чтобы он касался её нижним левым углом (при нормальной ориентации имени). Если ваши действия были успешными, имя появится рядом с цепью. В противном случае придётся повторить попытку. Для сложной цепи её название можно поместить в нескольких местах, однако, надо помнить, что имя, оканчивающееся цифрой, будет всякий раз инкрементироваться редактором.

Для окончания операции следует нажать **Esc** или исполнить команду **End Mode** во всплывающем меню.

Введённое имя легко отредактировать. Для этого надо дважды щёлкнуть на нём и, когда откроется соответствующая панель с названием **Edit Net Alias**, ввести новое имя.

Мы уже знаем, что цепи, имеющие одинаковые имена, редактор объединяет в одну. Поэтому, чтобы соединить цепи, совсем не обязательно добиваться визуального контакта между ними, достаточно присвоить им одно имя. Прodelайте этот простой эксперимент, а затем исполните команду **Select Entire Net** из всплывающего меню. Все фрагменты цепи будут выделены – значит, это одна цепь.

И последнее. Одной цепи можно задать несколько псевдонимов. Какой же из них будет «рабочим», то есть войдёт в список соединений? Оказывается тот, который при сортировке в алфавитном порядке окажется первым. Сделайте двойной щелчок на цепи, имеющей несколько *алиасов*, и редактор свойств **Property Editor** покажет вам, что это действительно так.

А что же другие *алиасы*? Про них редактор тоже не забывает. Присвойте двум цепям одинаковые псевдонимы, не являющиеся «рабочими», и вы увидите, что редактор эти цепи объединил.

Ну и последний вопрос если две цепи, имеющие разные *алиасы*, попытаться соединить, позволит ли редактор это сделать? Здесь не возникнет никаких проблем, просто общая цепь получит два псевдонима, доставшиеся ей «в наследство» от каждой из объединённых цепей.

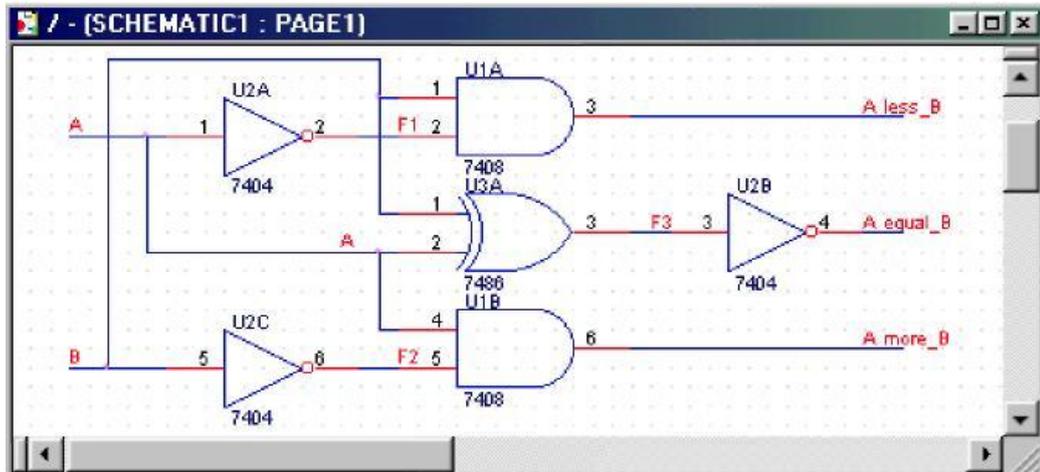


Рис. 4. Результаты присвоения имен цепям принципиальной схемы

Присвоив имена всем проводникам, мы получим схему пригодную для дальнейшей работы.

Размещение шин на принципиальной схеме

В сложной радиоэлектронной аппаратуре, и в частности в вычислительных системах, широко используется блочный принцип организации структур из отдельных унифицированных модулей (блоков, устройств), связанных воедино общей шиной. Шина представляет собой совокупность линий (проводников), общих для всех подключённых к ней устройств, и служит для обмена данными.

При использовании шинной структуры необходимо иметь соглашение о том, кому разрешено передавать данные на шину. Понятно, что в каждый момент времени передавать данные может только одно устройство, а остальные (или одно из них) могут только принимать. Мы не станем касаться вопросов бесконфликтного управления шиной, предполагая, что они решены.

Для возбуждения шины нельзя использовать вентили с активным выходом, поскольку они всегда выдают один из двух логических уровней 0 или 1. Если такие выходы подключить к проводнику шины, то они станут мешать друг другу и возникнет неразбериха. Для этого случая необходимы вентили, выходы которых можно отключать от шины, например схемы с открытым

коллектором или вентили с тремя состояниями. При работе на внутреннюю шину используется также мультиплексирование или логическое объединение выходов.

Некоторые устройства, например центральный процессор, диск или оперативная память, могут в одни моменты времени быть источником данных (передатчиком), а в другие моменты – их приемником. Следовательно, шина данных и вентили, работающие на неё, должны быть двунаправленными.

Обычно к шине подключено много устройств и, следовательно, она создаёт значительную нагрузку на выход передатчика. По этой причине между выходом устройства и шиной приходится включать буферный усилитель. Часто все перечисленные функции совмещаются в одном элементе, который называется шинным драйвером.

Итак, создавая схемы с шинной организацией обмена данных, надо, прежде всего, уметь рисовать шины и описывать действующие на них шинные сигналы, а уж затем проектировать (или использовать в готовом виде) элементы, работающие на шину, такие как схемы с открытым коллектором, вентили с тремя состояниями и двунаправленные шинные драйверы.

Запустим графический редактор **Orcad Capture** и нарисуем небольшой сегмент шины (команда **Place/Bus**). Присвоим ей имя, например **A[3..0]**. Выделим все объекты схемы (**Ctrl+A**) и вызовем редактор свойств **Property Editor (Ctrl+E)**. На закладке **Schematic Nets** вы увидите имена **A0**, **A1**, **A2** и **A3**. *Цепей с такими именами на схеме ещё нет, но редактор уже знает об их существовании. Удобно считать, что они «спрятаны» в самой шине.*

Шина и проводник *связаны общим именем*, так что совсем не обязательно добиваться их визуального (физического) контакта. Впрочем, подобное поведение редактора **OrCAD Capture** можно было предсказать, если вспомнить, что проводники с одинаковыми именами (*алиасами*) объединяются им в одну цепь. В данной ситуации разница лишь в том, что проводник цепи виден на схеме, а проводник шины «спрятан» в ней.

Мы уже знаем, что шина – это совокупность составляющих её проводников. Так вот, проводники разрешается непосредственно «заводить» в шину, но лучше использовать для этих целей

специальные графические объекты, называемые входами в шину (**Bus Entry**).

Они вызываются командой **Place/Bus Entry (Shift+E)** или щелчком на пиктограмме, показанной справа на экране.

Входы в шину допускают соприкосновение друг с другом без образования электрического контакта, тогда как проводники в подобной ситуации сливаются в одну цепь, создавая дополнительные проблемы при их размещении. Рассмотрим более серьезный пример с использованием шин для передачи данных от одного объекта к другому. На рис. 2.18 для этих целей используется счётчик **74193** и регистр **74194** из библиотеки **7400.olb**. Передачу данных с выходов счётчика на входы параллельной загрузки регистра осуществим с помощью шины **bus_Q[3:0]**, а начальную загрузку счётчика произведём, используя четырёхразрядную шину **bus_D[3..0]**.

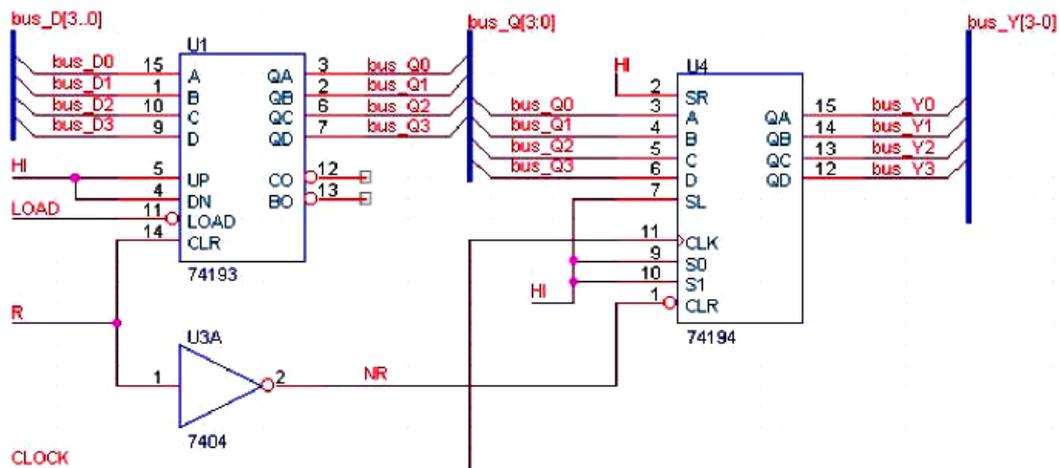


Рис. 5. Шинная организация обмена данными

Командой **Place/Bus (Shift+B)** проведём две шины так, чтобы они не касались ни одного контакта. Названную команду можно также инициализировать, щёлкнув по иконке из палитры инструментов **Tool Palette**, показанной справа. Присвоим шинам имена **bus_D[3..0]** и **bus_Q[3:0]**. Это делается точно так же, как и для обычных проводников (командой **Place/Net Alias**). Разница заключается лишь в том, что в имени шины должен быть указан диапазон, определяющий её разрядность (ширину шины) и список проводников, входящих в неё.

При рисовании шин с большим числом проводников, (например, 16- или 32-разрядных шин) можно ускорить процесс их создания, если воспользоваться услугами команды **Edit/Repeat Place** (или **Edit/Repeat Copy**). Эти команды «висят» на горячей клавише **F4**, и поэтому исполняются очень быстро.

Поместите на схеме первый вход в шину и нажмите клавишу **Esc**. Созданный объект должен сохранить выделение. А теперь жмите **F4** столько раз, какова разрядность шины. Точно так же вы можете размещать и проводники шины. Легко и быстро, не правда ли?

Чуть сложнее заводить проводники в горизонтально расположенную шину, потому что заданные умолчанием установки (шаг и направление перемещения) вам не подходят. В этой ситуации надо поступить так. Поместив на схему первый объект, например проводник, надо нажать клавишу **Ctrl** и, удерживая её в этом состоянии, отбуксировать копию размещаемого объекта в нужном направлении и на требуемое расстояние. Редактор запомнит ваши действия, и повторное копирование по **F4** будет таким, как вам надо.

Работу по созданию шинных структур можно ещё немного усовершенствовать, если перед копированием проводников первому из них присвоить алиасное имя. Тогда все последующие проводники будут автоматически получать пользовательские имена в возрастающем порядке.

Проведём от шины **bus_D[3..0]** к входам параллельной загрузки счётчика проводники **bus_D0**, **bus_D1**, **bus_D2** и **bus_D3**. Они выходят из шины и потому должны называться так же, как и проводники, составляющие шину. Аналогичным приёмом подведём ко второй шине проводники **bus_Q0**, **bus_Q1**, **bus_Q2** и **bus_Q3**, затем в другом месте (с правой стороны) выведем их из шины и соединим с входами параллельной загрузки регистра (рис. 2.18).

Выходы регистра так же соберём в шину **bus_Y[3-0]**. Вероятно, вы уже обратили внимание, что, задавая ширину шины, мы использовали разные разделители: **bus_D[3..0]**, **bus_Q[3:0]** и **bus_Y[3-0]**. Это делалось с единственной целью – познакомиться с возможными форматами описания шинных имён.

Назовём несколько простых правил, о которых следует помнить при проектировании схем с шинной организацией.

Самая первая операция, которую надо выполнить после того, как нарисована шина – определить ей шинное имя. Оно задаётся в формате: **basename[x..y]**.

Первая часть имени **basename** несёт смысловую нагрузку, вторая – **[x..y]** определяет её диапазон. Диапазон или ширина шины – это число проводников в ней. Его легко подсчитать по формуле: $x - y + 1$ (для убывающего диапазона).

Между базовым именем и диапазоном можно включить один или несколько пробелов. Редактор **OrCAD Capture** игнорирует их и воспринимает такие модификации как одно имя. Например, шинные имена:

Data[7..0]	(пробела нет)
Data [7:0]	(один пробел)
DATA [7-0]	(два пробела)

описывают одну и ту же шину. Заодно в нижней строке показано, что имя нечувствительно и к регистру. Сказанное касается списка цепей. Как графические объекты они имеют разные коды идентификации.

Имена шин, не соответствующие описанному выше формату, редактор **OrCAD Capture** просто-напросто выбраковывает, отказываясь размещать их на схеме.

Сказанное, правда, не касается ошибок, сделанных в описании самого базового имени. Например, если имя начинается или (что ещё хуже) заканчивается цифрой, то редактор «пропускает» такие имена, однако позднее могут появиться проблемы. Чаще всего это происходит во время автоматической генерации списка цепей (**Netlist**).

Не рекомендуется также проставлять не значащие нули слева при задании границ диапазона, например **Data[00..16]**. И совсем недопустимо указывать незначащие нули в именах членов шины. Например, будет ошибкой, если вместо имени **Data6** вы укажете имя **Data06**. САПР **OrCAD** воспринимает их как совершенно разные имена.

Диапазон шины может быть убывающим [7..0] или возрастающим [0..7]. Однако в любом случае старшим будет крайний левый разряд. Мы уже знаем, что в качестве разделителя границ диапазона используется двоеточие «:», дефис «-» или две точки, идущие подряд «..».

Диапазон определяет не только ширину шины, но и имена всех проводников и сигналов, включённых в неё. Они называются членами (members) шины. Имя члена шины образуется добавлением к базовому имени числа, входящего в диапазон шины. Например, шина **Data** [0..7] содержит следующие проводники **Data0**, **Data1**, ..., **Data7** и действующие на них сигналы: **Data[0]**, **Data[1]**, ..., **Data[7]**.

Простановка позиционных обозначений

Закончив размещение компонентов, можно тут же скорректировать в *автоматическом* режиме позиционные обозначения. Обратите внимание, изначально все однотипные элементы, например инверторы **7404**, помещены в разные корпуса, но в одну и ту же секцию **A**: **U1A**, **U2A** и **U3A**. Конечно, при их вводе мы могли побеспокоиться о том, чтобы они оказались в одном корпусе, но пришлось бы *вручную* задавать им имена секций.

Однако **OrCAD** избавляет нас от этой рутинной работы. Исполним из *редактора менеджера проекта* (при выделенной схемной странице **PAGE1**) команду **Tools/Annotate**. На диалоговой панели **Annotate** в разделе **Action** (действие) выберем опцию **Unconditional reference update** (обновление позиционных обозначений всех компонентов) и нажмём **ОК**. Результат показан на рис. 2.15.

Теперь все инверторы **U2A**, **U2B** и **U2C** находятся в одном корпусе **U2**, а вентили **2И** тоже упакованы в одну микросхему **U1**. Заметим, что редактор следит за тем, чтобы позиционные обозначения возрастали в направлении слева направо и сверху вниз.

Диалоговую панель **Annotate** быстрее вызывать из панели инструментов. Это делается с помощью пиктограммы, показанной на экране справа. Она так и называется – **Annotate**.

Проверка ошибок и правил выполнения принципиальных схем

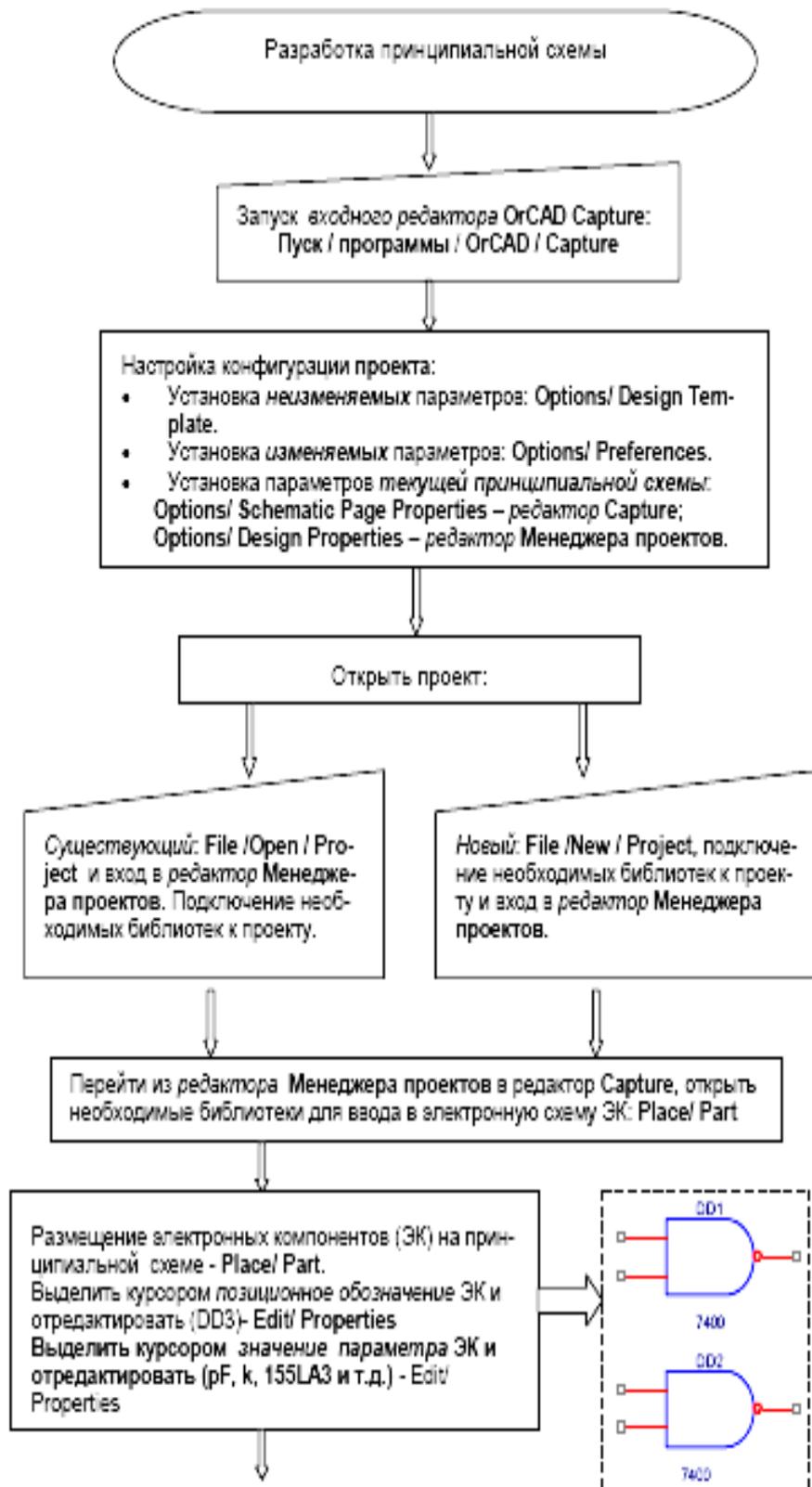
Затем входим в *редактор менеджера проектов* и с помощью команды **Tool/Design Rules Check** проверяем, нет ли ошибок в схеме. Возвращаемся в редактор электронных схем и после исправления ошибок опять убеждаемся с помощью этой же команды в их отсутствии.

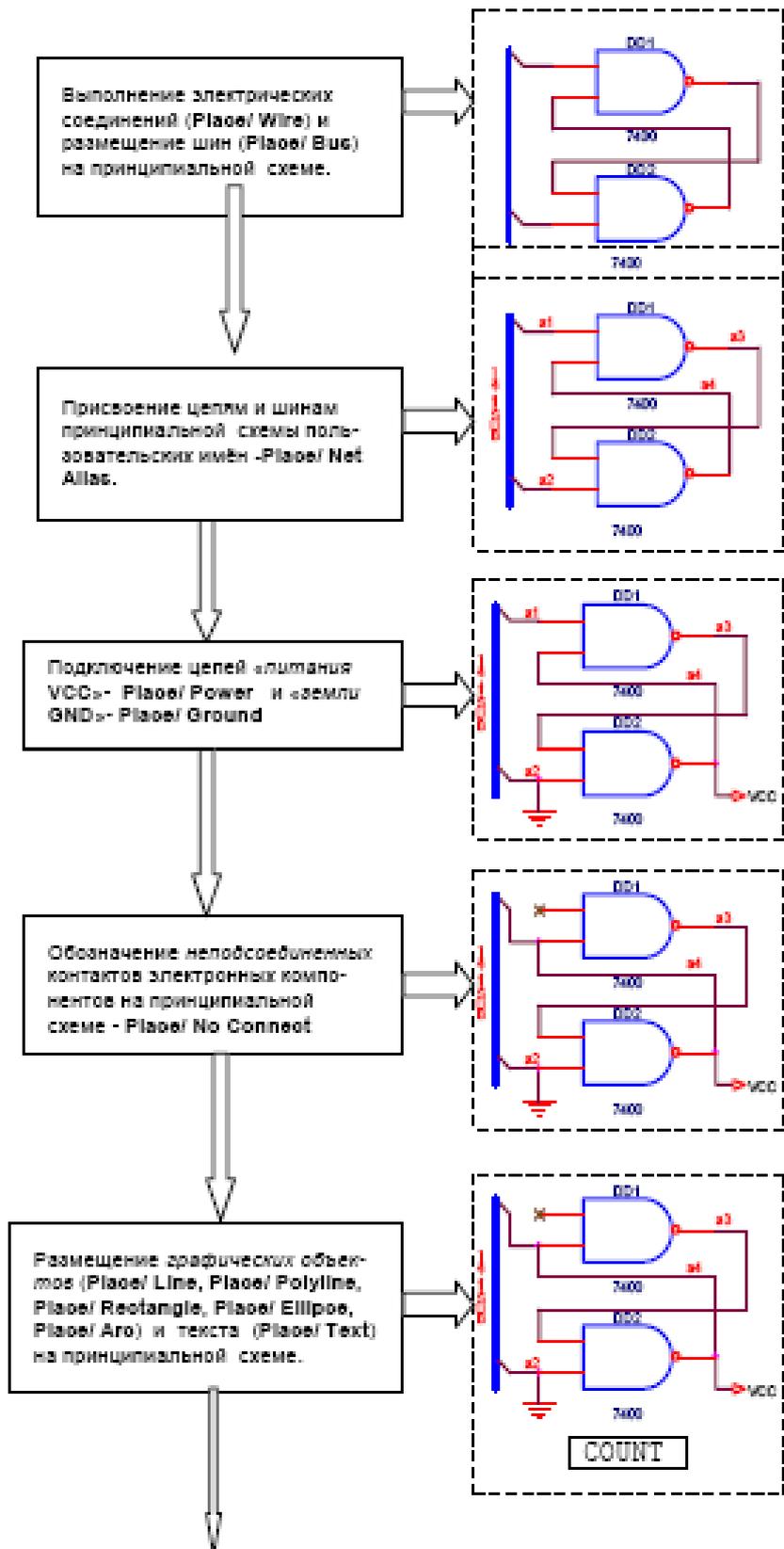
Затем в *редакторе менеджера проекта* с помощью команды **Tool/Annotate** снова проводим нумерацию всех электронных компонентов схемы.

Заметим, что в процессе создания и отладки схем весьма полезно использовать следующие команды, дающие дополнительную информацию о вашем проекте:

- • **Edit/Find** – команда позволяет находить в большой схеме любой объект или группу объектов, таких как компонент, цепь, **DRC**-маркёр, соединитель страниц, иерархический порт, и т.п. Найденный объект помещается в центр экрана;
- **Edit/Browse/Parts, Edit/Browse/Nets** – команды этой группы доступны только в том случае, если их запускать из окна менеджера проекта, при выделенной схемной папке или схемной странице. Например, активизировав команду **Edit/Browse/Nets**, вы увидите список всех цепей проектируемой схемы. Щёлкните дважды на любом имени, и интересующая вас цепь будет выделена на схеме и помещена в центр экрана;
- **Edit/Properties (Ctrl+E)** – эта команда доступна из выпадающего или всплывающего меню, если на схеме выделен хотя бы один объект. При её активизации вызывается редактор свойств выделенного объекта (или нескольких объектов). Он называется **Property Editor**. Проще всего вызывать этот редактор двойным щелчком на редактируемом объекте.
- сохраним разработанную принципиальной схему с помощью команды **file/save** и распечатаем на принтере принципиальную схему с помощью команды **file/print**.

Структурная схема алгоритма проектирования принципиальной схемы





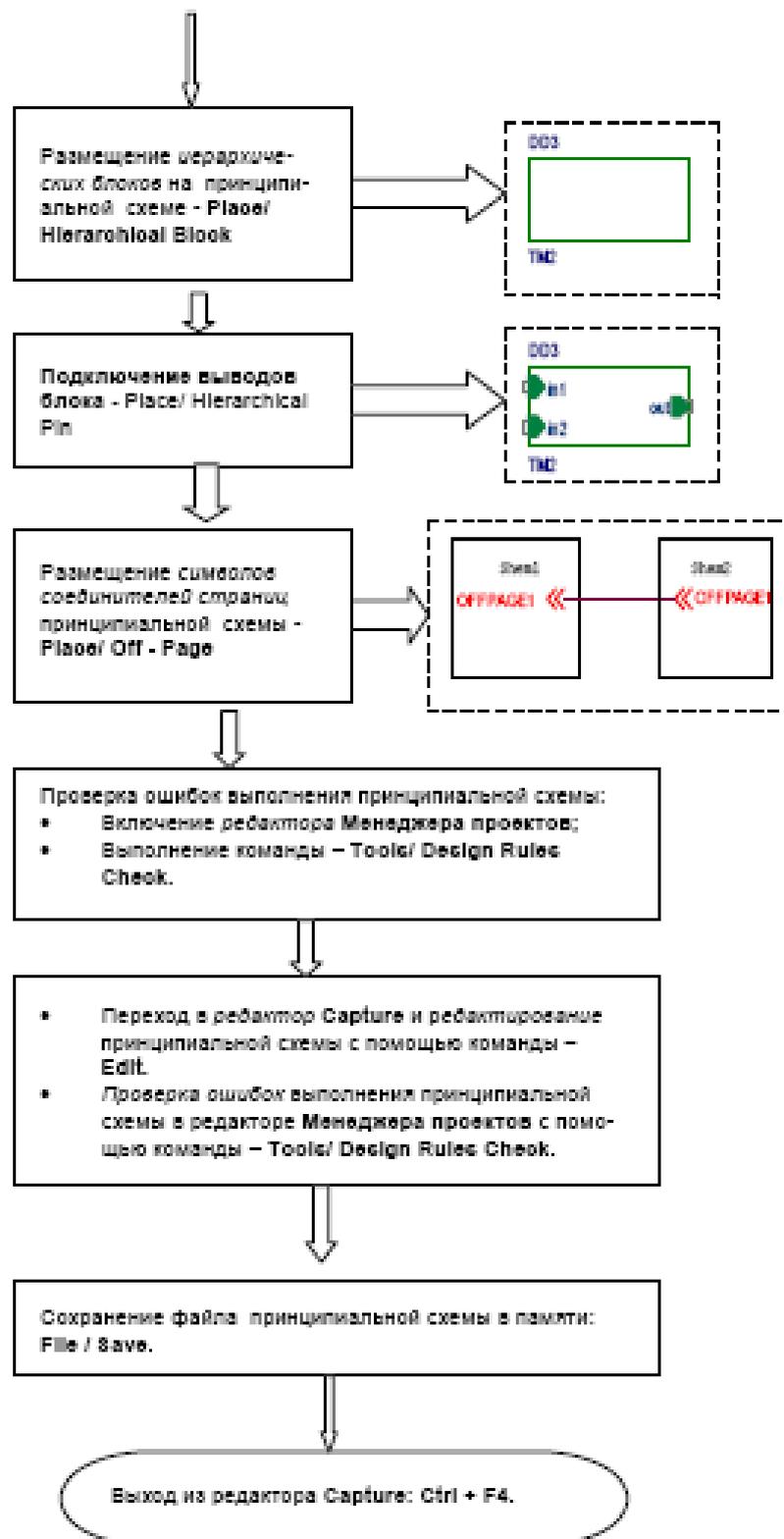


Рис. 6. Структурная схема основных этапов проектирования принципиальной схемы

Структурная схема основных этапов проектирования принципиальной схемы состоит из:

- запуска *входного редактора OrCAD Capture* по командам **Пуск/программы/OrCAD/Capture**;
- настройки конфигурации *проекта*;
- открытия нового или существующего проекта;
- перехода в редактор **OrCAD Capture**, открытия необходимых библиотек для ввода в электронную схему электронных компонентов (ЭК) с помощью команды **Place/Part**;
- размещения *электронных компонентов* на принципиальной схеме с помощью команды **Place/Part**, указания их *позиционных обозначений* и введения значений их параметров;
- выполнения *электрических соединений (Place/Wire)* и размещения шин (**Place/Bus**) на принципиальной схеме;
- присвоения цепям и шинам пользовательских имен – **Place/Net Alias**;
- подключения цепей «питания **VCC**» – команда **Place/Power** и «земли **GND**» – команда **Place/Ground**;
- обозначения *неподсоединенных контактов* электронных компонентов на принципиальной схеме с помощью команды **Place/No Connect**;
- размещения *графических объектов и текста* на принципиальной схеме с помощью команд **Place/Line**, **Place/Polyline**, **Place/Rectangle**, **Place/Ellipse**, **Place/Arc** и **Place/Text**;
- размещения *иерархических блоков* на принципиальной схеме и подключения *выводов* к блоку с помощью команд **Place/Hierarchical Block** и **Place/Hierarchical Pin**;
- размещения символов соединителей страниц принципиальной схемы с помощью команды **Place/Off – Page**;
- проверки ошибок выполнения принципиальной схемы с помощью команды *редактора менеджера проектов Tools/Design Rules Check* и *редактирования* принципиальной схемы с помощью команды **Edit редактора OrCAD Capture**;
- сохранения файла принципиальной схемы в памяти с помощью команды **File/Save** и выхода из редактора **OrCAD Capture: Ctrl + F4**.

Создание принципиальной схемы

В качестве одного из примеров приступим к созданию схемы цифрового компаратора.

Для этого запустим *входной редактор OrCAD Capture* по командам **Пуск/программы/OrCAD/Capture**, настроим конфигурацию *проекта*, откроем новый проект и перейдем в редактор **OrCAD Capture**. После этого подключим необходимые библиотеки для ввода в электронную схему электронных компонентов (ЭК) с помощью команды **Place/Part**.

Нам понадобятся три инвертора (**7404**), два вентиля **2И (7408)** и один элемент с функцией исключающее **ИЛИ (7486)**. Все они находятся в библиотеке **7400**.

Исполним команду **Place Part** (горячая клавиша **Shift+P**) или щёлкнем на иконке, показанной справа. Появится хорошо известная нам панель (см. рис. 2.12). Выделим библиотеку **7400** и найдём в ней компонент **7404**.

Проще всего набрать его имя **7404** в верхнем окне **Part**. Введённое имя окажется первым в списке видимых имён. Щёлкните на нём мышью, и вы увидите графический образ искомого компонента. Прежде чем поместить символ на схеме, отредактируем его вид и упаковку.

В разделе **Graphic** можно указать нормальное (**Normal**) или логически эквивалентное (**Convert**) изображение компонента. Заметим, что такая возможность имеется только для элементов простой логики.

В разделе **Packaging** можно задать имя (номер) секции (для многосекционных компонентов). Впрочем, делать это совсем не обязательно.

Нажав **ОК**, мы увидим, что выбранный символ привязан к курсору мыши и перемещается вместе с ним. Найдя для него подходящее место, щёлкнем левой кнопкой, чтобы зафиксировать его положение на схеме.

Переместив курсор, вы заметите, что редактор собирается размещать новые копии того же самого символа. Это очень кстати, так как в нашей схеме есть ещё два таких же элемента. Разместив

их, нажмём **Esc** или правую кнопку мыши. Последняя операция вызовет всплывающее меню, показанное рядом, в котором следует исполнить команду **End Mode**. Этой командой завершается ввод и размещение на схеме очередного символа.

Аналогичным образом найдём и перенесём на схему остальные элементы **7408** и **7486**.

Щёлкнем *правой кнопкой* мыши, вызовем всплывающее меню и «на лету» изменим ориентацию ЭК (**Rotate, Mirror**), масштаб рисунка (**Zoom in, Zoom out**) или некоторые свойства рисунка, например, сделать видимыми контакты питания и земли. Впрочем, всё это легко проделать и позднее, вызвав редактор свойств **Property Editor**.

Чтобы получить законченную схему, размещённые элементы необходимо соединить проводниками. Для этого надо щёлкнуть на пиктограмме **Place wire** (Разместить проводник).

Обратите внимание, курсор мыши изменил свою форму и теперь он похож на небольшое перекрестие. Выполним все необходимые соединения. Добавим также цепи для входных и выходных сигналов. Чтобы нарисовать сложную цепь, неоднократно меняющую направление, необходимо в точках излома фиксировать уже нарисованную часть проводника щелчком левой кнопки мыши.

Для того чтобы закончить рисование цепи, надо нажать правую кнопку мыши, а затем исполнить команду **End Wire**. Двойной щелчок в точке, где заканчивается проводник, приводит к тем же результатам. Рисование цепи автоматически прекращается, как только она достигает какого-либо вывода компонента. При этом активность команды не снимается. Чтобы закончить процесс рисования проводников, надо нажать клавишу [**Esc**] или щёлкнуть на пиктограмме **Select** (или выбрать новую команду).

Если проводник подключается к другой цепи, то в точке их соприкосновения появляется так называемое **Junction**-соединение (довольно жирная точка малинового цвета). Добавим, что если проводники соприкасаются своими концами, то создаваемый электрический контакт не порождает **Junction**-соединения.

Заканчивая проектирование схемы, назначим имена входным и выходным цепям. Щёлкнем на пиктограмме **Place net alias**, показанной на экране справа.

Откроется панель **Place Net Alias**, используемая для задания алиасного имени цепи. Введём с клавиатуры имя, например **D0**, и нажмём кнопку **ОК**. Теперь надо указать, для какой цепи это имя предназначено. По этой причине габаритный прямоугольник, привязанный к курсору мыши и показывающий размеры имени, необходимо «прижать» непосредственно к той цепи, которую мы именуем.

Проделайте эту операцию для всех внешних цепей. Внутренние цепи можно не именовать. Присвоив имена всем проводникам, мы получим схему (рис. 7), пригодную для моделирования ее работы и создания печатной платы. Строго говоря, внутренним соединениям можно и не задавать пользовательские имена, если вас не интересует, что там будет делаться. На рис. 7 – это цепи F1, F2 и F3.

Входим в *менеджер проекта* и с помощью команды **Tool/Design Rules Check** проверяем, нет ли ошибок в схеме. Возвращаемся в редактор электронных схем и после исправления ошибок опять убеждаемся с помощью этой же команды в их отсутствии.

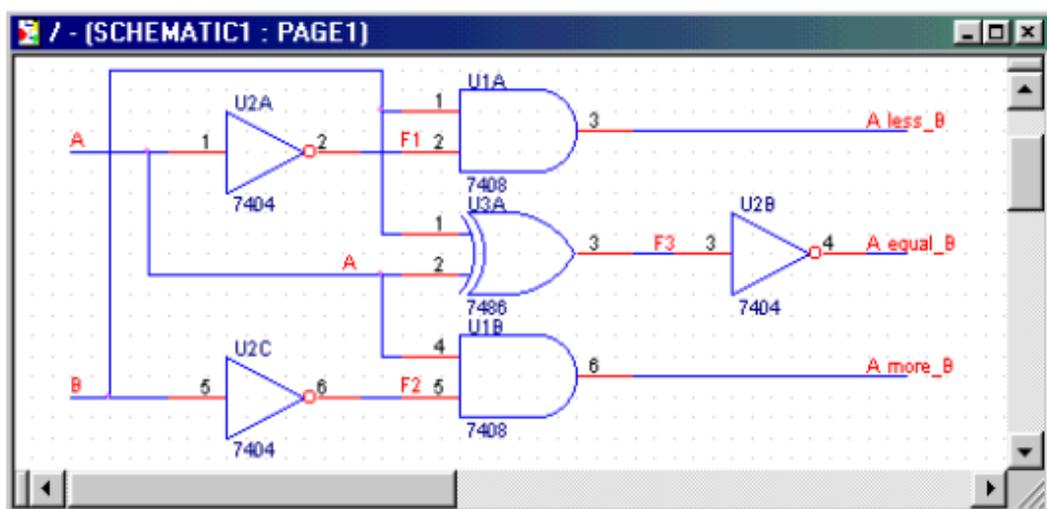


Рис. 7. Результат проектирования схемы одноразрядного цифрового компаратора

Затем в редакторе *менеджера проекта* с помощью команды **Tool/Annotate** снова проводим нумерацию всех электронных компонентов схемы и сохраняем ее с помощью команды **file/save**.

3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Изучить методические указания к данной работе.

Установить пакет OrCAD в собственном персональном компьютере или освоить работу с пакетом в лаборатории кафедры.

Выполнить приведенные в тексте методических указаний примеры.

4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

В справочнике по радиолетронным компонентам и учебнике (журнале) по радиоэлектронике выбрать самостоятельно или по указанию преподавателя принципиальную схему с пассивными (R, C, L) и активными (транзисторы, интегральные микросхемы и т.д.) электронными компонентами;

1. Введите выбранную схему, используя графический редактор OrCAD Capture, выполните простановку позиционных обозначений и проверку простейших правил проектирования.

2. Сформируйте список связей в любом пригодном для чтения формате и сравните его со схемой.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Изобразите структуру построения графического редактора OrCAD Capture.

2. Перечислите основные этапы методики проектирования принципиальной схемы с помощью графического редактора OrCAD Capture.

3. Опишите основные этапы создания нового проекта и особенности подключения библиотек.

4. Как разместить на принципиальной схеме изображения электронных компонентов?

5. Как выполнять электрические соединения?
6. Как присваивать цепям пользовательские имена?
7. Как размещать шины на принципиальной схеме?
8. Как проставлять позиционные обозначения?
9. Расскажите о методике проверки ошибок и правилах выполнения принципиальных схем.
10. Изобразите структурную схему алгоритма проектирования принципиальной схемы.

