

**Ц е л ь р а б о т ы:** освоить принципы ввода схемы принципиальной электрической, рассмотреть приемы размещения на схеме компонентов, проводников, шин и т.д.

## ВВЕДЕНИЕ

Редактор схем – графический редактор для ввода принципиальных схем изделий. Легко позволяет создавать сложные многострочные схемы, в том числе с иерархической структурой. Обладает средствами проверки схем. Позволяет создавать и помещать в библиотеки символы новых компонентов и редактировать существующие.

Перед вводом и размещением компонентов на схеме нужно подключить к проекту библиотеки с необходимыми элементами и отключить ненужные.

Убедитесь, что к проекту подключена созданная вами библиотека с элементами

1. Выберите в меню команду **Library/Setup**.
2. На появившейся панели **Library Setup** просмотрите список подключенных библиотек.

### Практическое задание №1. Ввод и размещение символов библиотечных компонентов на схеме.

Для того чтобы выполнить данное задание, необходимо создать принципиальную электрическую схему (смотрите пункт **индивидуальное (групповое) задание**).

Выберите из библиотеки и разместите на чертеже элементы.

1. Установите шаг сетки 5 мм.
2. Активизируйте команду **Place/Part** или соответствующую пиктограмму на инструментальной панели, и щелкните левой кнопкой мыши по полю чертежа.
3. На открывшейся панели **Place Part** выберите в окне Library из раскрывающегося списка одну из подключенных библиотек (в данном случае – созданная вами библиотека) и нажмите кнопку **Browse** (просмотр) для отображения в отдельном окне графики выбранного компонента.
4. В окне списка компонентов *Name Component* найдите нужный элемент и щелкните по нему левой кнопкой мыши.
5. В окне *RefDes* задайте начальное значение для позиционного обозначения элемента, а в окне *Value* укажите его номинал (необязательно). Нажмите кнопку ОК для завершения выбора.
6. На поле чертежа нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите элемент к месту размещения его на чертеже. Для вращения компонента используйте клавишу **R**. Отпустите левую кнопку мыши.
7. Повторите п.2-п.6 для размещения на чертеже остальных элементов.

Откорректируйте взаимное положение элементов на схеме, расположение и значение их атрибутов.

1. Перейдите в режим выбора объекта **S**.
2. Щелкните по элементу положение или значение атрибутов, которого хотите изменить, для его выделения.
3. Для перемещения компонента нажмите левую кнопку мыши внутри прямоугольника выделения и буксируйте его за точку привязки к нужному месту.
4. Для изменения атрибутов (номинала или позиционного обозначения) щелкните внутри прямоугольника выделения правой кнопкой мыши и войдите в команду **Properties** из выпадающего меню.
5. Для выделения не всего компонента, а его отдельных атрибутов необходимо нажать клавишу **SHIFT** или **CTRL** и, не отпуская ее, щелкнуть по атрибуту левой кнопкой мыши.

6. Перемещение и редактирование свойств выделенного атрибута производится также как элемента в целом. Для вращения выделенного атрибута также используется клавиша R.

Примечание: перед редактированием положения атрибутов установите более мелкий шаг сетки, например 1мм. Перебор шагов сетки можно проводить, не выходя из текущей команды, с помощью клавиши G.

## Практическое задание №2. Соединение выводов компонентов проводниками, ввод линий групповой связи (шин). Назначение имен цепям.

Для соединения элементов проводниками необходимо выполнить:

1. Выберите в меню команду **Place/Wire** (разместить проводники) или нажать соответствующую пиктограмму на инструментальной панели.
2. С помощью клавиши O установите ортогональный режим рисования линий. Шаг сетки установите равным 2.5 мм.
3. Для перемещения по чертежу используйте элементы прокрутки, для изменения масштаба клавиши «+» и «-» на основной и дополнительной клавиатурах.
4. Наведите на вывод элемента, в котором хотите установить связь, и щелкните левой кнопкой мыши по желтому квадратику на конце вывода.
5. Переместите курсор на элемент, с которым необходимо установить связь, и проделайте предыдущую операцию. Если соединение произошло, то провод «оборвется» автоматически.

Для облегчения работы с чертежом на схемах часто используют линии групповой связи (шины). Поскольку в системе P-CAD проводники, подводимые к этим линиям, приобретают нужный вид автоматически, линии групповой связи необходимо располагать на чертеже перед соединением элементов проводниками.

Нарисуйте на чертеже линию групповой связи

1. Выберите в меню команду **Place/Bus** (разместить/шину) или нажмите на соответствующую пиктограмму на инструментальной панели.
  2. С помощью клавиши O установите ортогональный режим рисования линий. Шаг сетки установите равным 2.5 мм.
  3. Укажите курсором начало линии и нажмите левую кнопку мыши. Не отпуская ее, перетащите курсор в окончание шины. Отпустите левую кнопку мыши.
- Примечание: для рисования любой линии можно просто отметить ее начало и конец щелчками левой кнопки мыши.
4. Щелкните правой кнопкой мыши, чтобы «оборвать» линию.

Задайте имя введенной шине и отобразите его на чертеже

1. Перейдите в режим выбора объектов S
2. Щелкните левой кнопкой мыши по линии групповой связи для ее выделения.
3. Щелкните правой кнопкой мыши для вызова выпадающего меню.
4. Выберите в выпадающем меню команду **Properties**.
5. На панели **Bus Properties** (свойства шины) в окне *Bus Name* (имя шины) наберите имя шины (например, Bus\_1).
6. Установите флажок *Display* (видимость) для отображения имени на чертеже и нажмите кнопку ОК для окончания задания свойств шины.

Примечание: обратите внимание, что в свойствах шины отображаются имена подключенных к ней цепей (в окне *Connected Nets*) и указываются страницы чертежа, на которых есть продолжение шины (в окне *Sheets*)

По умолчанию система присваивает имена цепям в формате NET00006, последовательно нумеруя их. При необходимости можно переименовать цепь, указав любое другое имя. Осмысленные имена цепей могут быть полезны при дальнейшей работе с проектом.

#### Измените имя какой-нибудь цепи

1. Перейдите в режим выбора объектов **S**.
2. Щелкните левой кнопкой мыши по цепи, имя которой хотите изменить.
3. Щелкните правой кнопкой мыши для вызова выпадающего меню.
4. Выберите в выпадающем меню команду **Properties**.
5. На панели **Wire Properties** в закладке **Wire** установите флажок *Display* для отображения имени цепи на схеме.
6. На закладке **Net** в окне ввода имени *Net Name* наберите имя цепи и нажмите кнопку ОК для окончания диалога.

Это имя автоматически присваивается всем сегментам данной цепи. Хочется отметить, что такой подход не позволяет объединять сегменты одной и той же цепи, не имеющие «физического» контакта между собой, например, находящиеся на разных страницах.

Для соединения цепей имеющих разнесенные на чертеже сегменты используются специальные элементы – порты (Ports).

#### Присвойте имя цепи, используя порт

1. Выберите в меню команду **Place/Port** (расположить порт) или нажмите соответствующую пиктограмму на инструментальной панели.
2. На панели **Place Port** в окне ввода имени цепи *Net Name* наберите имя цепи.
3. В рамке Pin Cont (количество контактов) установите флажок One Pin (один контакт).
4. В рамке Pin Length (длина вывода) установите флажок Short (короткий).
5. В рамке Pin Orientation (ориентация вывода) установите флажок Vertical (вертикальная).
6. В рамке Port Shape (форма порта) нажмите кнопку {None} – без рамки.
7. Нажмите кнопку ОК для окончания диалога.
8. Щелкните левой кнопкой мыши по необходимой цепи поблизости от места ее подключения к шине. Появится изображение порта.

### Практическое задание №3. Расстановка позиционных обозначений.

Необходимо, чтобы позиционные обозначения элементов были назначены правильно. Правильный порядок – слева-направо-сверху-вниз. Изменить позиции можно вручную или автоматически. Вручную – через свойства элементов.

#### Измените позиционные обозначения компонентов автоматически

1. Войдите в команду **Utils/Renumber** (утилиты/перенумеровать).
2. На панели **Utils Renumber** в рамке Type (тип) установите флажок RefDes (позиционные обозначения).
3. В рамке Direction (направление) устанавливается направление переобозначений – сверху – вниз (Top to Bottom) или слева – направо (Left to Right). Выбираем второе.
4. В рамке RefDes устанавливается, будут ли в многосекционных компонентах использоваться все секции (флажок Auto Group Parts) или в каждом корпусе останется то количество используемых секций, которое задано разработчиком (флажок – Keep Parts Together). Если выбрать первый вариант, количество используемых многосекционных компонентов может уменьшиться.

5. В окнах *Starting Number* и *Increment Value* задаются начальное позиционное обозначение и приращение номера, соответственно.
6. После того, как будут установлены значение параметров, нажмите кнопку ОК.  
Примечание: по данной команде переобозначаются все элементы на всех листах!
7. Система выдаст предупреждение, что данная операция не может быть отменена. Можно отменить ее, либо продолжить. Нажимаем ОК.

#### Практическое задание №4. Проверка схемы.

Созданная схема может быть автоматически проверена системой на наличие ошибок.

Проведите верификацию схемы

1. Активизируйте команду **Utils/ERC**.
2. На панели **Utils Electrical Rules Check** (утилиты проверки электрических правил) в рамке Design Rule Checks (проверяемые проектные нормы) установите необходимые виды проверок. Смысл проводимых проверок рассмотрен в таблице 2.1

Таблица 2.1

<b>Правило проверки</b>	<b>Что проверяется</b>
Single Node Nets	Цепи, имеющие единственный узел
No Node Nets	Цепи, не имеющие узлов
Electrical Rules	электрические ошибки, когда соединяются выводы несовместимых типов
Unconnected Pins	Неподключенные выводы компонентов
Unconnected Wires	Неподключенные сегменты цепей
Bus/Net Rules	Входящие в состав шины цепи встречаются только один раз
Component Rules	Компоненты, расположенные поверх других компонентов
Net Connectivity Rules	Неправильное подключение цепей земли и питания, например, символ источника питания подключен к цепи имеющей другое имя

3. Нажмите на кнопку **Filename...** для указания местоположения и имени текстового файла отчета. Выберите для него папку с текущим проектом.
4. В рамке *Report Options* (параметры отчета) установите флажки *View Report* – для автоматического просмотра файла отчета после окончания проверки, *Summarize Ignored Errors* – для создания резюме по игнорируемым ошибкам, *Summarize Overridden Errors* – для создания резюме по отмененным ошибкам.
5. Установка флажка *Annotate Errors* (аннотировать ошибки) включает режим отображения ошибок на схеме. Включите его.
6. Нажмите кнопку **Severity Levels...** (уровень серьезности) для установки приоритетов проверяемых ошибок. Появится панель **Rules Severity Level** (уровень серьезности правил). Выделив в окне одно или несколько правил проверки с помощью переключателя в рамке *Severity Level* можно задать для него один из трех уровней – Ignored (игнорировать), Warning (предупреждение), Error (серьезная ошибка). Ничего не меняя, нажмите кнопку **Cancel** для выхода из панели.
7. Запустите проверку, нажав кнопку ОК на панели **Utils Electrical Rules Check**.
8. После проведения проверки запустится БЛОКНОТ в котором можно просмотреть текстовый файл отчета.

Просмотрите файл отчета и закройте его.

В этом текстовом файле содержатся сообщения об обнаруженных ошибках по каждому из правил перечисленных в таблице 2.1. В конце отчета будут приведены

итоговые сведения по проведенной проверке, если установлены соответствующие флажки на панели **Utils Electrical Rules Check**. На схеме найденные ошибки отобразятся в виде подсвеченных перечеркнутых кружков.

#### Просмотрите свойства этого объекта

1. Перейдите в режим выбора объектов **S**.
2. Щелкните левой кнопкой мыши по кружку, обозначающему ошибку для его выделения.
3. Щелкните по нему правой кнопкой мыши и выберите в выпадающем меню команду **Properties**. Появится панель **Find Errors** (поиск ошибки). Здесь в верхней части отображается номер ошибки и ее содержание.
4. В окне *Error Number* (номер ошибки) выберите следующую ошибку (если она есть), например 2, и нажмите кнопку **Jump To** (перейти). На схеме откроется нужная страница, и курсор будет указывать на соответствующую ошибку.
5. Установите флажок *Override-Don't Display Again* (отменить – не показывать снова). Изображение ошибки на схеме исчезнет, и при новой проверке она не будет показываться в отчете (если только не установлен флажок *Clear all Overrides*).
6. Закройте панель **Find Errors**.

Примечание: панель *Find Errors* можно также активизировать с помощью команды *Utils/Find Errors* в основном меню.

### Практическое задание №5. Задание правил проектирования.

На этапе создания схемы устройства у инженера-конструктора есть возможность разделения цепей на классы и задания конструкторских параметров цепям, классам цепям.

#### Создайте два класса цепей

1. Выберите в меню команду **Options/Net Classes...** (опции/классы цепей).
2. На панели **Net Classes** в окне *Class Name* (имя класса) наберите **Power** и нажмите кнопку **Add** (добавить). Название класса появится в окне *Classes* в списке классов.
3. В окне *Unassigned Nets* (неназначенные цепи) при нажатой клавише **CTRL** выберите мышкой цепи питания и нажмите <-Add, рядом с этим окном. Имена выбранных цепей переместятся в окно *Nets in this Class* (цепи в этом классе).
4. Добавьте класс **Signal** и включите в него остальные цепи.

#### Задайте ширину проводников для цепей класса Power равной 0.5 мм

1. Выберите в списке имя класса **Power** и нажмите кнопку **Edit Attr...** (редактирование атрибутов).
2. На появившейся панели **Attributes** нажмите кнопку **Add** (добавить).
3. На панели **Place Attribute** (разместить атрибут) в окне *Attribute Category* выберите категорию *Net*, в окне *Name* укажите имя атрибута *Width* (ширина) и в окне *Value* наберите его значение – 1мм и нажмите кнопку **Close**.

#### Аналогично задайте ширину проводников для цепей класса Signal равной 0,25мм

Для задания атрибутов цепей более общей является команда **Options/Design Rules** (опции/правила проектирования). Панель **Options Design Rules**, вызываемая по данной команде, включает несколько закладок. Здесь можно просмотреть, отредактировать и добавить новые атрибуты (правила) для всего проекта (закладка *Design*), классов цепей (*Net Class*), каждой цепи (*Net*) и установить соотношения между классами (*Class To Class*).

Просмотрите все закладки на панели Options Design Rules и добавьте по правилу на каждую.

1. Для установки правил между классами выберите закладку *Class To Class*.
2. В окнах *Net Class* выберите из списка имена классов и нажмите кнопку **Add Definition** (добавить определение).

3. Нажмите кнопку **Edit Rules...**
4. На появившейся панели **Attributes** нажмите кнопку **Add** (добавить).
5. На панели **Place Attribute** выберите в категории *Clearance* (зазор) атрибут *LineToLineClearance* (зазор между краями проводников) и установите его значение равным 0,5мм.

Кнопка **Delete Definition** позволяет удалить указанное в списке *Net Class To Net Class Definitions* определение.

Кнопка **Modify Definition** позволяет изменить имеющееся определение. Для этого нужно указать его имя в списке, выбрать новые классы в окнах *Net Class* и нажать на нее.

### Практическое задание №6. Составление списка цепей.

В конечном итоге самое важное, что можно сделать со схемой (кроме ее распечатки) с точки зрения конструктора – автоматически получить список цепей и компонентов, который затем может быть использован в редакторе печатных плат.

Создайте список цепей в формате системы P-CAD.

1. Выберите в меню команду **Utils/Generate Netlist...**
2. На панели **Utils Generate Netlist** в окне *Netlist Format* (формат списка цепей) выберите формат P-CAD ASCII.
3. Флажок *Include Library Information* (включить библиотечную информацию) сбросьте. Тем самым вы запретите создание библиотечной секции в отчете. Эта секция, в принципе читается редактором печатных плат, но никак не используется.
4. Нажмите на кнопку **Netlist Filename**, выберите место расположения файла списка цепей и его имя.
5. Нажмите на кнопку ОК для создания списка цепей компонентов.

Просмотрите созданный список цепей с помощью БЛОКНОТА

Выбранный формат списка цепей позволяет передать все атрибуты, заданные в схемном редакторе в редактор печатных плат.

Описание компонента начинается с ключевого слова *compInst* за которым следует позиционное обозначение в кавычках. Все описание заключается в круглые скобки. Внутри описания включаются параметры и их значения. Обязательными для компонентов являются три параметра *compRef*, *originalName* и *patternName*. Последний параметр содержит указание на корпус компонента. Остальные параметры могут отсутствовать. Значение параметров даются в кавычках. Имя параметра и его значение заключаются в круглые скобки. Далее следует раздел описания цепей. Описание каждой цепи включает ключевое слово *net* и имя цепи в кавычках. Далее перечисляются все контакты, подключенные к цепи. Указание контакта начинается с ключевого слова *node*, далее следуют имя компонента и номер вывода.

Затем следуют разделы описания классов и правил соотношения между классами, если они были определены в проекте.

Список цепей в формате P-CAD наиболее приспособлен для работы с системой, но для создания списка цепей вручную более пригоден простой формат Tango. Создаваемый здесь список не имеет заголовка и содержит всего два раздела – компонентов и цепей.

### ИНДИВИДУАЛЬНОЕ (ГРУППОВОЕ) ЗАДАНИЕ

1. Необходимо разработать схему принципиальную электрическую из созданных ранее элементов. Требования к схеме: представляет собой набор элементов, без выполнения какой-либо функции; должна содержать не менее 15 элементов; по возможности, необходимо «задействовать» все выводы элементов; должна содержать не менее 1 шины; оформление должно быть по ГОСТУ.
2. Схему необходимо утвердить у преподавателя.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Необходимо представить схему принципиальную электрическую.
2. Необходимо представить отчет о проверке схемы и проанализировать его.
3. Необходимо представить список цепей.
4. Отчет должен содержать вывод о проделанной работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое линия групповой связи (шина)
2. Какими способами можно задать имя цепи.
3. С какой целью задаются правила проектирования.
4. Какие правила можно установить при проектировании.
5. Дайте понятие списка цепей, какую информацию он несет.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лопаткин А.В. Проектирование печатных плат в системе P-CAD 2001. Учебное пособие для практических занятий. – Нижний Новгород, НГТУ, 2002.- 190 стр.
2. Система проектирования печатных плат P-CAD 2000 (ACCEL EDA 15). В.Д. Разевиг, Москва, «Салон-Р», 2001г.
3. Уваров А. Конструирование печатных плат. Учебный курс. – Спб.: Питер, 2001-320с.