

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)»



**Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой КИПР

_____ **В.Н. Татаринов**

“ ___ ” _____ 2012 г.

Создание электрических схем графическим редактором *P-CAD Schematic*

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Информационные технологии проектирования РЭС» для студентов очного и заочного обучения специальностей 211000.62 и 162107.65

Разработчик:

Доцент кафедры КИПР

_____ **Ю.П. Кобрин**

Томск 2012

СОДЕРЖАНИЕ

1	Цель работы	3
2	Порядок выполнения работы.....	3
3	Электрические схемы при проектировании РЭС	3
	3.1 Общие правила создания электрических схем.....	3
	3.2 Анализ электрической схемы РЭС	6
4	Графический редактор <i>P-CAD Schematic</i>.....	7
	4.1 Общие сведения.....	7
	4.2 Запуск графического редактора <i>P-CAD Schematic</i>	8
	4.3 Экранный интерфейс редактора <i>P-CAD Schematic</i>	8
	4.4 Настройка конфигурации графического редактора <i>P-CAD Schematic</i> ..	9
5	Разработка схемы электрической принципиальной с помощью графического редактора <i>P-CAD Schematic</i>	20
	5.1 Подготовка к разработке схемы электрической принципиальной	20
	5.2 Установка электрорадиоэлементов.....	23
	5.3 Формирование заголовка таблицы внешних соединений	28
	5.4 Установить элемент заземления	29
	5.5 Проведение линии групповой связи	29
	5.6 Проведение электрических цепей	30
	5.7 Соединение выводов с линией групповой связи (шиной).....	31
	5.8 Присвоение имен цепям	32
	5.9 Подключение питания к микросхемам	33
	5.10 Запись в разьеме наименований выводов соединений.	35
	5.11 Редактирование свойств цепи.....	35
	5.12 Редактирование компонентов	37
	5.13 Синтаксическая проверка	39
	5.14 Запись сформированной схемы.....	41
	5.15 Упаковка схемы на печатную плату	41
	5.16 Разработка и выпуск конструкторской документации	42
	5.16.1 Использование	42
	5.16.2 Использование	42
	5.16.3 Использование	42
	5.16.4 Вывод схемы на печать.....	42
6	Контрольные вопросы	44
7	Отчетность	44
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	46

1 Цель работы

1. Изучение методики работы с графическим редактором *P-CAD Schematic*.
2. Приобретение практических навыков создания и оформления электрических схем.

2 Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с правилами выполнения схем электрических принципиальных в соответствии с подразделом 3.1 [1 - 4].
- 2) Проведите анализ выданной Вам схемы электрической принципиальной проектируемого устройства в соответствии с подразделом 3.2. Определите, какая часть этой схемы будет реализована печатным монтажом. В разрабатываемую схему ПП необходимо ввести только те радиоэлементы, которые будут непосредственно располагаться на ПП (включая разъемы и другие коммутационные устройства).
- 3) Составьте перечень элементов схемы электрической принципиальной ПП [3, 4, 14].
- 4) Ознакомьтесь с основными приемами работы с графическим редактором *P-CAD Schematic* (раздел 4) [5 - 11].
- 5) Разработайте схему электрическую принципиальную в соответствии с техническим заданием Вашего проекта. Чертеж схемы принципиальной электрической печатной платы (ПП) (вместе со служебной информацией) должен быть разработан в соответствии с ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 2.743-91, ГОСТ 2.759-82 и более поздних нормативных документов с помощью графического редактора *P-CAD Schematic* (раздел 5).
- 6) Ответьте письменно на контрольные вопросы (раздел 6).
- 7) Составить и защитить отчет о выполненной работе

3 Электрические схемы при проектировании РЭС

3.1 Общие правила создания электрических схем

Перед тем как рассмотреть основные правила выполнения схем, определим основные термины.

Элемент схемы - составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резистор, трансформатор, насос, распределитель, муфта и т.п.).

Устройство - совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, шкаф, и т.п.). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

Функциональная группа - совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию. Функциональная часть - элемент, устройство, функциональная группа.

Функциональная цепь - линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, видеоканал, тракт СВЧ и т.п.).

Линия взаимосвязи - отрезок линии, указывающей на наличие связи между функциональными частями изделия.

Схема структурная - схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Схемы структурные разрабатывают при

проектировании изделий на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и пользуются ими для общего ознакомления с изделием.

Схема функциональная - схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом. Схемами функциональными пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте.

Схема принципиальная (полная) - схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы изделия. Схемами принципиальными пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте. Они служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и чертежей. Так на основе схемы электрической принципиальной разрабатывают целый ряд других конструкторских документов - схемы соединений, чертежи печатных плат, перечни элементов и т. д. На схеме электрической принципиальной изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии соответствующих электрических процессов.

Схема соединений (монтажная) - схема, показывающая соединения составных частей изделия (установки) и определяющая провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.). Схемами соединений (монтажными) пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь, чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии, а также для осуществления присоединений и при контроле, эксплуатации и ремонте изделий.

Схема подключения - схема, показывающая внешние подключения изделия. Схемами подключения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

Схема общая - схема, определяющая составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Схемами общими пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации. При необходимости допускается разрабатывать схему общую на сборочную единицу.

Схема расположения - схема, определяющая относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости также жгутов, проводов, кабелей и т. п. Схемами расположения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте изделий.

Схема объединенная - схема, которая представляет собой схемы двух или нескольких типов, выполненных на одном конструкторском документе и выпущенных на одно изделие.

Из всего многообразия **видов схем**, на которые в зависимости от типов элементов и связей, подразделяются схемы, входящие в состав РЭС, нас в первую очередь интересуют электрические схемы (обозначают их буквой Э).

Типы схем обозначают цифрами: структурные - 1, функциональные - 2, принципиальные (полные) - 3, соединений (монтажные) - 4, подключения - 5, общие - 6, расположения - 7, объединенные - 0.

Например, схемы электрические принципиальные обозначают ЭЗ.

Каждой схеме присваивают обозначение по ГОСТ 2.201 - 80, как самостоятельному конструкторскому документу.

Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301-68 и ГОСТ 2.004-79, при этом основные форматы являются предпочтительными. При выборе форматов следует учитывать объем и сложность проектируемого изделия, необходимую степень детализации данных, обусловлен-

ную назначением схемы. Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования. Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают или учитывают приближенно.

Графические обозначения элементов и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей

Линии на схемах всех типов выполняются в соответствии с ГОСТ 2.303-68. **Толщин линии** выбирается в пределах от 0,2 до 1 мм и выдерживается постоянной во всем комплекте схем на изделие. Как условные графические обозначения, так и линии соединений выполняются линиями **одинаковой толщины**. Как правило, утолщенными линиями изображают **общие шины** (жгуты). Тип линии зависит от изображаемого объекта. Допускается выделять утолщенной линией отдельные электрические цепи, например силовые.

При выполнении схемы устанавливается просвет между соседними линиями УГО не менее 1 мм, между отдельными УГО - не менее 2 мм, между соседними линиями связи (цепями) - не менее 3 мм. Очевидно, что линии соединений должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков.

Номера действующих ГОСТов, определяющих правила выполнения схем, приведены в *табл. 3.1*.

Таблица 3.1 - ГОСТы, определяющие правила выполнения схем

Номер ГОСТа	Название
ГОСТ 2.701	Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
ГОСТ 2.702	Правила выполнения электрических схем
ГОСТ 2.705	Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками
ГОСТ 2.708	Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники
ГОСТ 2.709	Система обозначения цепей в электрических схемах
ГОСТ 2.710	Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах

При выполнении схем применяют условные графические обозначения (УГО), установленные в стандартах ЕСКД, а также построенные на их основе, прямоугольники, упрощенные внешние очертания, в том числе аксонометрические. Номера соответствующих ГОСТов приведены в *табл. 3.2*.

Таблица 3.2 - ГОСТы для условных графических обозначений элементов

Номер ГОСТа	Название
ГОСТ 2.711	Схема деления изделия на составные части
ГОСТ 2.721	Обозначения общего применения
ГОСТ 2.722	Машины электрические
ГОСТ 2.723	Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители
ГОСТ 2.725	Устройства коммутирующие
ГОСТ 2.726	Токосъемники
ГОСТ 2.727	Разрядники, предохранители
ГОСТ 2.728	Резисторы, конденсаторы
ГОСТ 2.729	Приборы измерительные

Номер ГОСТа	Название
ГОСТ 2.730	Приборы полупроводниковые
ГОСТ 2.731	Приборы электровакуумные
ГОСТ 2.732	Источники света
ГОСТ 2.733	Обозначения условные детекторов ионизирующих излучений в схемах
ГОСТ 2.734	Линии сверхвысокой частоты и их элементы
ГОСТ 2.735	Антенны
ГОСТ 2.736	Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные. Линии задержки

Для уменьшения количества линий и повышения читаемости и наглядности схемы рекомендуется использовать слияние линий в групповые линии связи (шины, жгуты). При этом каждая линия в месте слияния должна быть помечена порядковым номером. Очень часто вместо порядкового номера используют обозначения, например: **D0, D1, RESET, CS** т.д.

Графический редактор **P-CAD Schematic** предназначен главным образом для создания схем электрических принципиальных. Затем из них извлекается список цепей и далее в соответствующих программных средствах выполняется трассировка печатной платы. Однако встроенные графические средства редактора **P-CAD Schematic** позволяют при разработке конструкторской документации на РЭС успешно проектировать схемы других типов - структурных, функциональных, соединений и т.д.

Для получения более полной информации о правилах выполнения схем рекомендуется обратиться к работам [1 - 4]. Вообще же рекомендация здесь только одна - не забывайте о ГОСТах и следите за новыми изменениями в них.

3.2 Анализ электрической схемы РЭС

В настоящее время печатный монтаж в производстве РЭС находит очень широкое применение. С использованием такого монтажа, применяя **функционально-узловой метод конструирования**, удобно проектировать всевозможные функциональные узлы (ФУ) и устройства РЭС.

Суть функционально-узлового метода конструирования РЭС заключается в объединении в конструктивно и технологически законченный узел части схемы радиоустройства, способной выполнять частную задачу преобразования или формирования сигнала.

Функциональными узлами с печатным монтажом будем называть такие ФУ, в которых межэлементные соединения выполняются с помощью плоских проводников, имеющих прочное соединение с основанием (печатной платой) по всей своей длине.

ФУ с печатным монтажом открывают возможности механизации и автоматизации производственных процессов. При производстве РЭС они дают возможность обеспечить:

- механизацию операций сборки, монтажа и пайки;
- повторяемость монтажного рисунка ФУ, а следовательно, и идентичность параметров монтажа;
- более полную механизацию контрольно-регулирующих операций;
- компактность аппаратуры и уменьшение ее веса.

Последнее преимущество реализуется в полной мере, если ФУ комплектуется элементами удобными для печатного монтажа. Это означает, что элементы

должны иметь малые габариты, выводы для подключения располагаться с одной стороны и в одной плоскости, расстояния между выводами должны быть пропорциональны шагу координатной сетки печатной платы и т.д.

После изучения описания радиоустройства, уяснения его принципа работы и назначения, следует приступить к анализу его электрической схемы с целью выделения из нее функционально-законченного узла, который следует выполнить печатным монтажом.

1) Современные функциональные узлы содержат в своей электрической схеме от десятков до сотен схемных элементов, таких как резисторы, конденсаторы, индуктивные элементы, линии задержки, фильтры, электровакуумные и полупроводниковые приборы, микросхемы общего применения и т.п. Тем не менее, чтобы существенно не снизить надежность, на печатной плате ФУ обычно не рекомендуется устанавливать чрезмерно массивные и крупногабаритные элементы (силовые трансформаторы, дроссели, конденсаторы, радиаторы), а также элементы со значительным тепловыделением (мощные транзисторы, тиристоры, диоды, лампы большой мощности и т.п.). Если масса элемента более 70 г. или его габариты слишком велики, размещать на печатной плате ФУ такой элемент не рекомендуется (во всяком случае, без специального обоснования и учета последствий).

2) Необходимо уяснить - какие элементы относятся к органам управления РЭС и органам контроля над его работой. Как правило, подобные элементы не размещают на печатной плате ФУ, а выносят на лицевую или заднюю панель РЭС. Туда же обычно выносят элементы включения (выключения) питания, входные и выходные гнезда, элементы индикации, регистрирующие приборы и другие элементы, которые нецелесообразно размещать на печатной плате.

3) Определить способ соединения ФУ с оставшейся частью схемы РЭС. Будет ли это соединение выполняться с помощью разъема или без него, например, с помощью жгута, припаиваемого к монтажным стойкам или клеммам печатной платы.

4) Выбрать способ крепления ФУ в радиоустройстве. Для крепления ФУ можно использовать:

- разъем (тот же, что используется для электрического соединения);
- зажимы;
- крепежные винты и т.п. детали.

Результатом анализа принципиальной схемы радиоустройства должен быть вариант (черновик) преобразованной схемы, состоящей только из элементов, которые предполагается разместить на печатной плате ФУ.

Выделенная схема ПП ФУ выполняется в рабочей тетради и согласовывается с преподавателем.

4 Графический редактор *P-CAD Schematic*

4.1 Общие сведения

Графический редактор *P-CAD Schematic* предназначен для разработки схем электрических принципиальных (файлы с расширением *.sch*) с использованием условных графических обозначений (УГО) элементов. При этом УГО ЭРЭ могут извлекаться из соответствующей библиотеки или создаваться средствами самой программы.

Редактор имеет систему всплывающих меню в стиле *Windows*, а наиболее часто применяемым командам назначены пиктограммы.

Если узел печатной платы разрабатывать не намечается, то при вычерчивании схем можно использовать УГО элементов, не связанные с их конструктивной базой. Такая схема может использоваться как *иллюстративный материал*.

При возникновении необходимости разработки ПП ее надо дополнить соответствующей конструкторско-технологической информацией. При выполнении проекта с разработкой узла ПП схема должна формироваться из библиотечных элементов, которые включают полную информацию о конструктивных особенностях ЭРЭ и их посадочных местах на ПП.

4.2 Запуск графического редактора *P-CAD Schematic*

■ **Запустить графический редактор *P-CAD Schematic* можно несколькими способами:**

- Сделать двойной щелчок левой кнопкой мыши (ЛК) по соответствующей пиктограмме на рабочем столе (если она там есть).
- Нажать кнопку **Пуск** на панели задач **Windows**. В появившемся меню задач последовательно указывайте указателем мыши пункты:



Программы ⇒ P-CAD 2006 ⇒ P-CAD Schematic

Щелкнуть ЛК по названию графического редактора.

- Если на компьютере запущена одна из программ **P-CAD 2006**, необходимо щелкнуть ЛК по команде **Utils** (Служебные команды). Откроется выпадающее меню, в котором несколько пунктов начинаются с аббревиатуры **P-CAD**. Щелчок мыши по **P-CAD Schematic** запустит программу. При этом действующая программа не закроется, а только свернется и к ней всегда можно будет вернуться.

4.3 Экранный интерфейс редактора *P-CAD Schematic*

Экран графического редактора **P-CAD Schematic** представлен на *рис. 4.1*.

В верхней части экрана рядом с надписью «**P-CAD 2006 Schematic**» выводится имя текущего файла (с расширением **.sch**).

Экран схемного редактора **P-CAD Schematic** можно разделить на несколько функциональных зон:

- **главное меню**, где сосредоточены основные команды редактора, пункты которого могут быть активизированы либо щелчком мыши по выбранному меню, либо нажатием клавиши **<Alt>** и буквы, подчеркнутой в названии пункта меню. Многие команды могут быть выполнены с помощью горячих клавиш и пиктограмм;
- **верхняя** и **левая инструментальные панели**, куда вынесены наиболее употребительные команды;
- **рабочее поле**, на котором размещается вводимая схема;
- **строка подсказки** (*рис. 4.2*) в нижней части экрана, куда выводятся сообщения системы о необходимых действиях пользователя
- **статусная строка** (*рис. 4.2*), где отображаются:
 - координаты курсора;
 - тип сетки и ее шаг;
 - текущая толщина линий,
 - название текущей страницы;
 - кнопка записи макрокоманд;
 - кнопка установки параметров страницы.

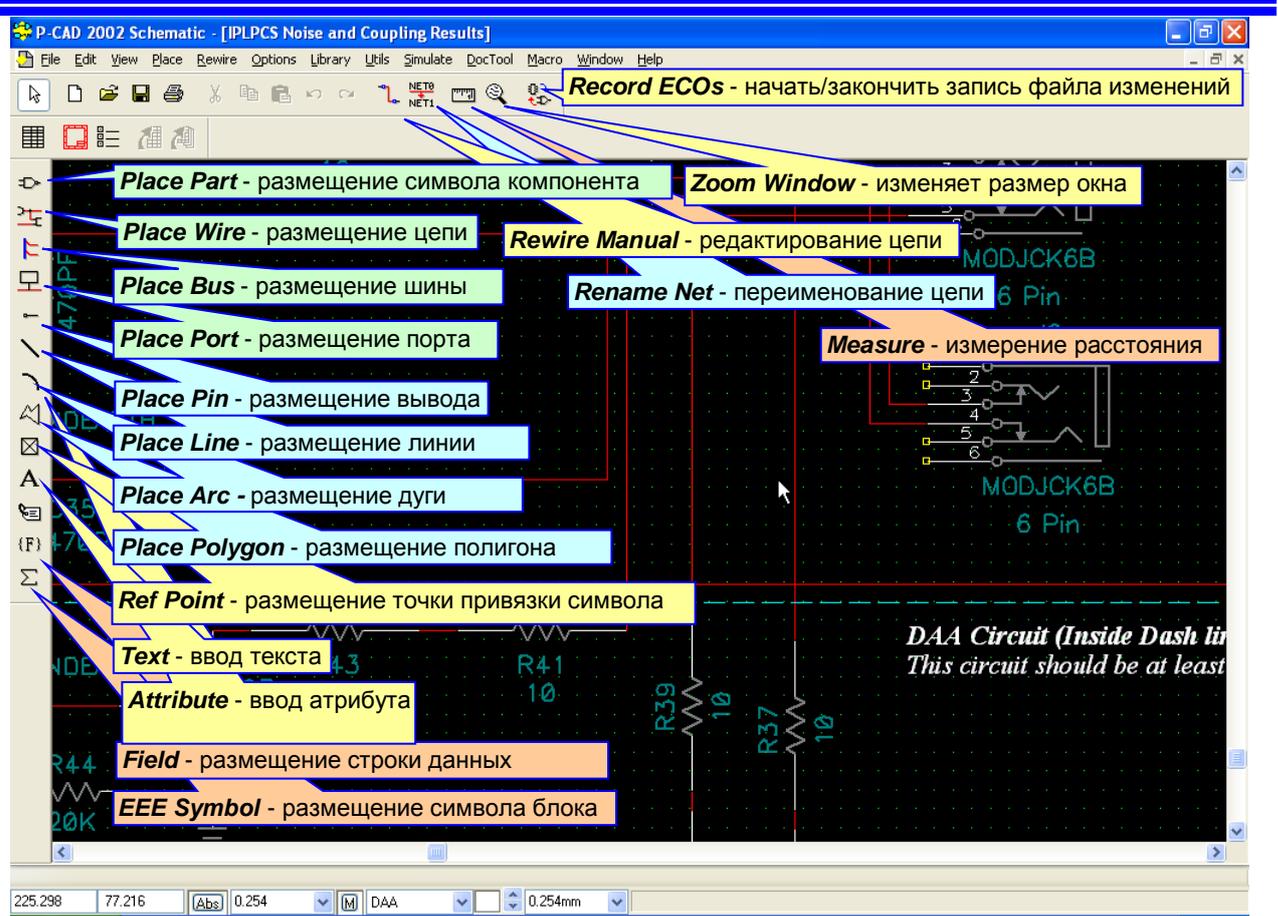


Рисунок 4.1 - Экран графического редактора **P-CAD Schematic**

Следует отметить, что окна в статусной строке доступны для редактирования. Здесь можно не только посмотреть координаты курсора, но и установить их, выбрать рабочую страницу, шаг сетки или толщину линий. При выполнении некоторых команд, например, размещении проводников или линий, в правой части статусной строки выводится справочная информация о режиме работы.

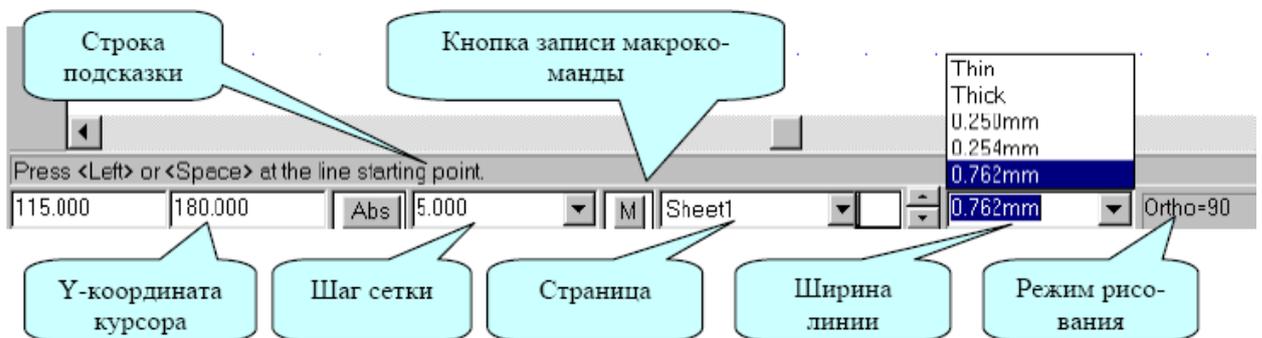


Рисунок 4.2 - Строка подсказки и строка состояния

4.4 Настройка конфигурации графического редактора **P-CAD Schematic**

Система P-CAD допускает работу в двух системах измерения - дюймовой и метрической. По умолчанию в системе в качестве единиц измерения установлены **mills** (тысячная часть дюйма). Кроме того, в **P-CAD**, в отличие от многих других графических редакторов, в настройках системы определяется размер рабочей области чертежа.

Настройка конфигурации графического редактора заключается в следующем.

4.4.1 Выбор и установка системы единиц измерения и размеров чертежа

- Выполнить команды **Options/Configure**, вызывающие диалоговое окно **Options Configure** (рис. 4.3).

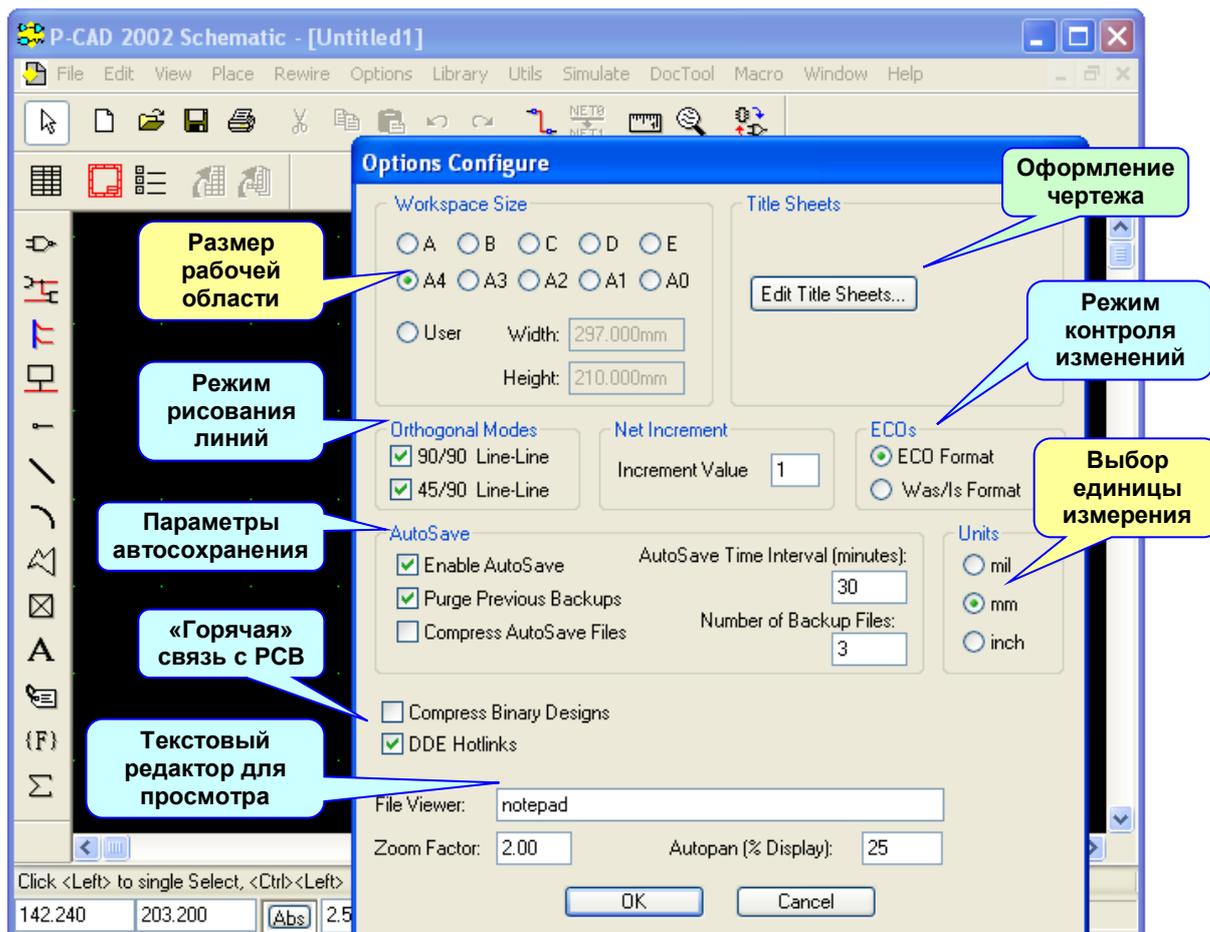


Рисунок 4.3 – Диалоговое окно **Options Configure** редактора **Schematic**

- В области **Units** (Единицы измерения) при создании принципиальных схем в соответствии с ЕСКД разумно выбирать в качестве единицы измерения метрическую систему единиц - миллиметры (**mm**), обеспечивающую точность - три десятичных знака после запятой¹.
- Область **Workspace Size** предназначена для определения размера листа схемы электрической принципиальной. Размеры листа могут быть выбраны из 10 стандартных форматов² (5 американских — **A, B, C, D, E** и 5 европейских — **A4, A3, A2, A1, A0** – это не ЕСКД!) с помощью соответствующих переключателей, либо заданы пользователем путем установки переключателя

¹ Возможные также варианты: **Mil** - милы (1 мил = 0,001 дюйма); **Inch** — дюймы (1 дюйм = 2,54 мм).

Перейти от дюймовой к метрической системе единиц можно только в окне **Options Configure**, и это следует сделать до начала работы!

² Отметим, что все стандартные форматы **P-CAD 2006** имеют горизонтальную (альбомную) ориентацию вдоль **длинной стороны** листа. Очевидно, что формат пользователя разумно применять либо при вертикальной (книжной) ориентации формата, либо для задания дополнительных форматов.

- User (Пользовательский)** и непосредственного ввода ширины (поле ввода **Width**) и высоты (поле ввода **Height**) листа.
- Группа флажков **Orthogonal Modes** (Варианты ортогональности) определяет взаимные углы цепей и линий. Если отмечен флажок **90/90 Line-Line**, то вводятся ортогональные линии и проводники, выбрав флажок **45/90 Line-Line** возможно вводить линии по диагонали³. [Целесообразно выделить флажком оба пункта.](#)
 - Кнопка **Edit Title Sheets** (Оформление чертежа) устанавливаются стили оформления чертежей схем. К сожалению, шаблона оформления по ЕСКД в системе нет, а европейские и американские стандарты нас не устраивают. Тем не менее, имеется возможность дополнить систему **своими шаблонами оформления.**
 - В рамке **ECOs** определяется формат записи файла изменений. Если установлен флажок **ECO Format**, то запись файла изменений схемы выполняется в формате **PCAD** (записываются все изменения). Если установлен флажок **Was/Is Format**, то запись файла изменений схемы выполняется в формате **Tango** (записываются изменения только позиционных обозначений).
 - В области **AutoSave** определяются параметры автоматического сохранения файлов проекта. Флажок **Enable AutoSave** разрешает или запрещает автоматическое сохранение проекта. **AutoSave Time Interval** - интервал автосохранения в минутах. **Number of Backup Files** - количество неперезаписываемых архивных копий (до 99). Выбор флажка **Purge Previous Backups** позволяет удалить все резервные копии, сохраненные в предыдущем сеансе работы.
 - Флажок **Compress Binary Designs** позволяет сжимать бинарные файлы проекта при их сохранении.
 - Флажок **DDE Hotlinks** устанавливает «горячие» связи с редактором печатных плат (**PCB**) для подсветки выделенных компонентов и цепей.
 - В строке ввода **File Viewer** определяется средство просмотра сообщений, отчетов, сообщений об ошибках и т.д. По умолчанию используется стандартный редактор **Notepad**, однако больше возможностей предоставит другой редактор **Windows - WordPad**.
 - Поле **Zoom Factor** определяет масштаб изменения изображения при выполнении команд **View/Zoom In** или **View/Zoom Out**.
 - Поле **Autopan** устанавливает размер области по краям экрана, при попадании в которую курсора происходит автоматический сдвиг изображения (при движении курсора клавишами со стрелками). Для учреждения всех необходимых изменений и закрытия окна **Options Configure** следует нажать **OK**.

4.4.2 Привязка курсора к узлам сетки.

- Для облегчения работы все элементы схемы на рабочем поле привязываются к узлам специальной сетки.
- Выполнить команды **View / Snap to grid** и установить флажок перед одноименной командой.

4.4.3 Установка шагов сетки

- Параметры сетки (расстояние между узлами, вид сетки, ее тип) устанавливаются по командам **Options/Grids** (Параметры/Сетки). При этом появляет-

³ Кроме перечисленных режимов рисования линий доступен режим рисования под любым углом.

ся специальная панель **Options Grids**, показанная на *рис. 4.4*. В области **Grids Spacing** ввести шаг сетки **2,5** (без указания единиц измерения), нажать **Add**. Затем аналогично ввести шаги сетки **10 мм**, **5 мм** и **1 мм** и нажать **Add**⁴.

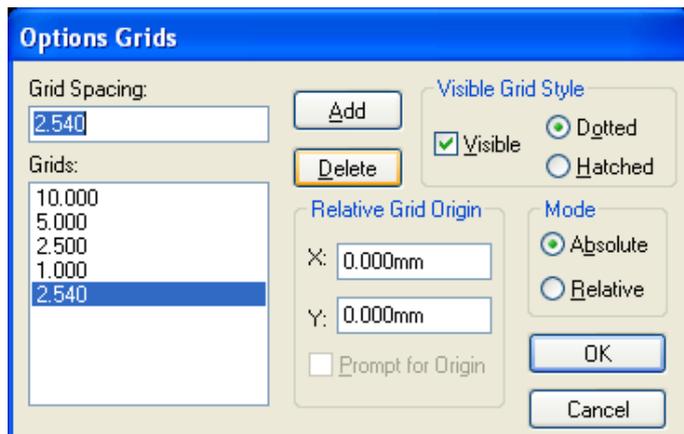


Рисунок 4.4 - Установка параметров сетки

- Сетку с шагом **2.540** мм, установленную системой по умолчанию, из списка удалите. Для этого щелкните по ней в списке левой кнопкой мыши и нажмите на панели кнопку **Delete** (удалить).
- Сетку оставьте видимой (флажок **Visible** должен быть установлен).
- Тип сетки⁵ в рамке **Mode** (режим): абсолютная - **Absolute**, или относительная - **Relative**⁶ и вид ее отображения в рамке **Visible Grid Style** (стиль видимой сетки): в виде точек - **Dotted** или линий - **Hatched**, оставьте прежними (установлен флажок **Absolute** и флажок **Dotted**).
- Для фиксации изменений и выхода из панели **Options Grids** щелкните ЛК по кнопке **OK**.

4.4.4 Установка текущей линии рисования

- По умолчанию в системе установлены две ширины линии и проводников - **Thin** (тонкая, шириной **0,254** мм) и **Thick** (толстая, шириной **0,762** мм для линий и **0.381** мм для проводников). При необходимости список размеров линий и проводников может быть расширен.
- Чтобы задать новую ширины линии в основном меню выберите команду **Options/Current Line...** (параметры/текущая ли-



Рисунок 4.5 - Установка текущей линии рисования

⁴ Крупные шаги сетки (**2.5**, **5** и **10** мм) удобно использовать при размещении компонентов, проводников и шин. Более мелкие нужны при размещении атрибутов, полей, текста и создания графики символов.

⁵ Заметим, что **абсолютная сетка** имеет начало координат в левом нижнем углу рабочего поля. **Относительная сетка** начинается в точке с координатами, указанными в рамке **Relative Grid Origin** или в точке, отмеченной пользователем щелчком левой кнопки мыши (при установленном флаге **Prompt for Origin**).

⁶ Оперативно перейти от относительной к абсолютной сетке можно нажав на клавишу с буквой **A**.

ния). Появится панель **Options Current Line**, показанная на *рис. 4.5*.

- В рамке **Width** (ширина) установите флажок **User** (пользовательская) и в окне редактирования наберите новое значение ширины линии равное **0.2**. Нажмите кнопку **OK** для завершения работы. Теперь все линии будут рисоваться шириной **0.2** мм.
- Оперативно изменять ширину текущей линии можно с помощью окна со списком в статусной строке (см. *рис. 4.2*). Здесь же можно задавать новые значения ширины линии. Для этого необходимо в окне редактирования набрать новое значение и нажать клавишу **Enter**.
- В рамке **Style** (стиль) на панели **Options Current Line** для линии **Thin** можно выбрать стиль - **Solid** (сплошная), **Dashed** (штриховая) и **Dotted** (точечная).

4.4.5 Задание ширины проводников

- Ввод нового значения ширины проводников производится по команде **Options/Current Wire...** (Параметры/Текущий проводник). Появляющаяся при этом панель **Options Current Wire** (*рис. 4.6*) похожа на панель задания ширины линий (отсутствует рамка задания стиля) и работа с ней производится аналогично. Диапазон пользовательских значений ширины проводников определен в пределах от **0** до **100 mils (0 .. 2.54** мм).
- Для обеспечения совместимости с предыдущими версиями системы проводники шириной менее **11 mils** отображаются на экране линией в **1** пиксель.



Рисунок 4.6 - Установка текущей ширины проводника

4.4.6 Редактирование списков размеров линий и проводников

- Все введенные значения ширины линии и проводников хранятся в файле настроек системы (для схемного редактора это файл **sch.ini**). Инструментального средства для удаления вновь введенных параметров линий и проводников в системе нет.
- Удаление неиспользуемых толщин линий и проводников можно выполнить, только отредактировав файл настроек в каком-либо текстовом редакторе.
- **Не рекомендуется без особой необходимости вводить новые значения ширины линий и проводников!!!**

4.4.7 Настройка параметров отображения

- По команде основного меню **Options/Display** (Параметры/Отображение) на панели **Options Display** можно задать цвета и стили отображения различных объектов схемы. Окно этой команды содержит две закладки: **Colors** (Цвета) (*рис. 4.7*) и **Miscellaneous** (Разное) (*рис. 4.8*).
- На первой закладке **Colors** в рамке **Item Color** (цвет элементов) задаются цвета отображения проводников (**Wire**), символов компонентов (**Part**), шин (**Bus**), точек пересечения проводников (**Junction**), выводов компонентов (**Pin**), линий (**Line**), полигонов (**Polygon**), текстов (**Text**), неподсоединенных (открытых) выводов компонентов или цепей (**Open End**).
- В рамке **Display Color** (цвет отображения) устанавливаются цвет дополнительных элементов чертежа: фона (**Background**), нормальной (**1x Grid**) и крупной сетки (**10x Grid**), подсвеченных объектов (**Highlight**), выбранных

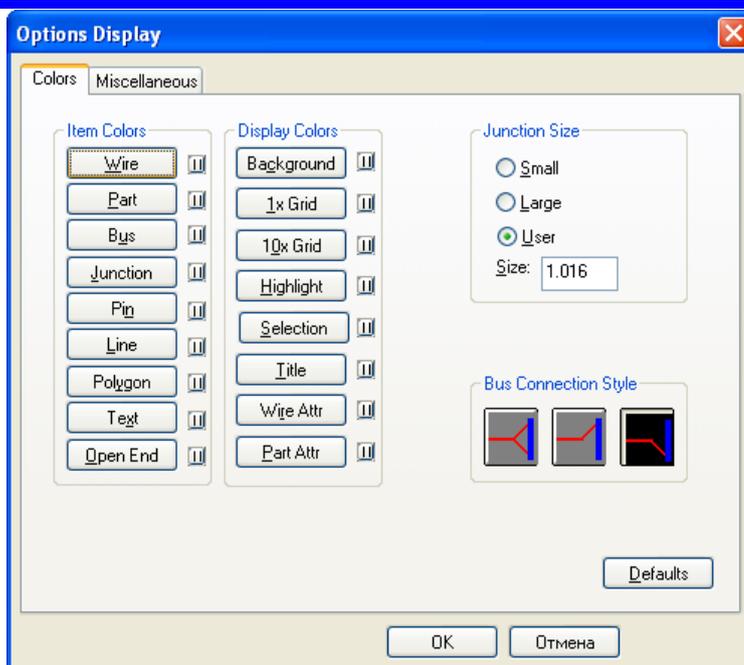


Рисунок 4.7 - Установка цветовой палитры рабочего поля

объектов (**Selection**), форматки схемы (**Title**), атрибутов проводников (**Wire Attr**) и атрибутов компонентов (**Part Attr**).

Для изменения цвета какого-либо объекта необходимо нажать на соответствующую кнопку и выбрать цвет из представленной палитры.

- В группе **Junction Size** можно задать размер точек соединения проводников. Возможны три варианта:
 - маленькие точки (**Small**) размером **20 mil**;
 - большие (**Large**) размером **30 mil**;
 - точки с размерами задаваемыми пользователем (**User**) в интервале **0.025 - 10 мм**.
- В рамке **Bus Connection Style** (режим подключения к шине) нажатием соот-

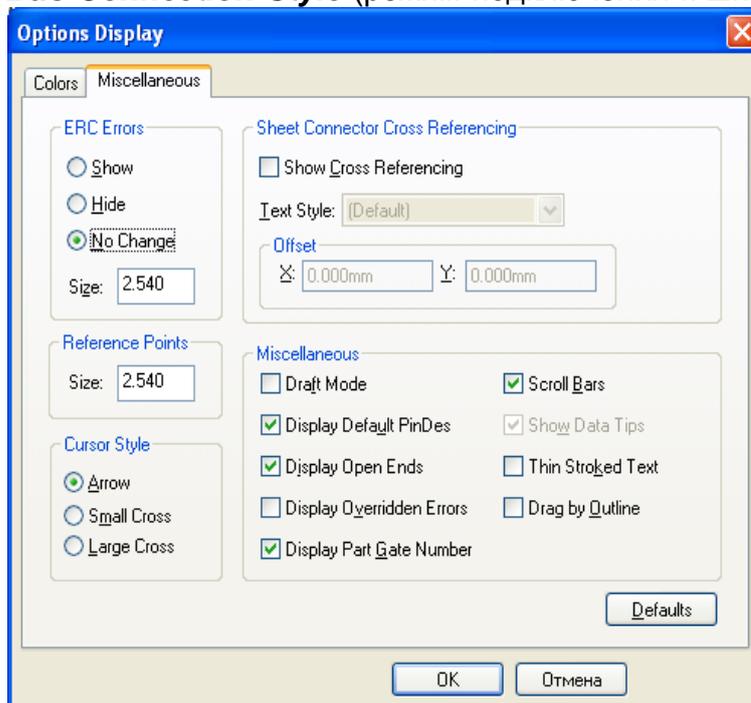


Рисунок 4.8 - Установка стилей отображения элементов схемы

ветствующей кнопки выбирается один из трех стилей подключения проводников к шине.

- На закладке **Miscellaneous** (Разное) в одноименной группе (см. рис. 4.8) устанавливаются стили изображения различных элементов:
 - **Draft Mode** (контурное отображение) - изображение широких линий, полигонов и текстов без их заливки для ускорения перерисовки экрана (см. рис. 4.9, б);
 - **Display Default PinDes** - отображение номеров выводов по умолчанию (можно сбросить);
 - **Display Open End** - отметка неподсоединенных выводов компонентов и неподключенных концов проводников специальными символами (желтыми квадратами). При подключении к выводу компонента проводника

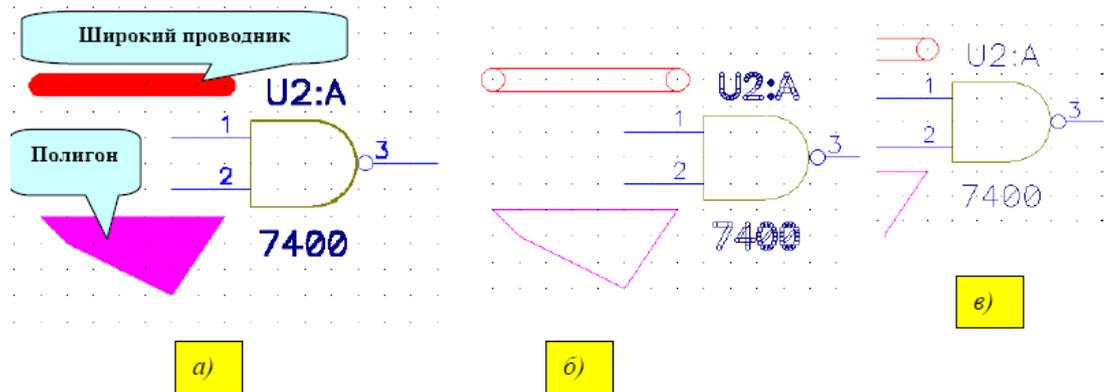


Рисунок 4.9 - Режимы отображения проводников, полигонов и текстов:
а) стандартный режим; б) контурное, отображение (**Draft Mode**); в) изображение текста тонкими линиями (**Thin Stroked**).

ЭТОТ СИМВОЛ ИСЧЕЗАЕТ (см. рис. 4.10);

- **Display Overridden Error** - отображение отмененных ошибок;
- **Display Part Gate Number** - отображение номеров секций (**DD1.1**, **DD1.2** и т.д. (см. рис. 4.10);
- **Scroll Bars** - показ линеек прокрутки;
- **Show Data Tips** - показ контекстно-зависимой информации о шинах, проводниках, компонентах, выводах компонентов при наведении на них курсора (см. рис. 4.10);
- **Thin Stroked Text** - показ текстов тонкими линиями (см. рис. 4.9 в);

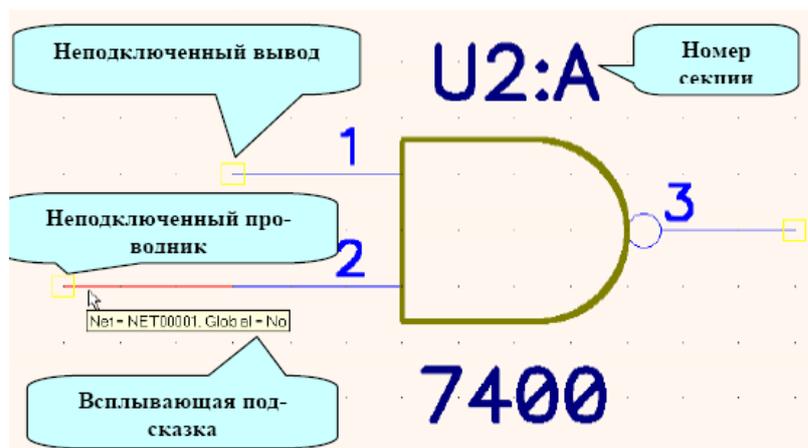


Рисунок 4.10 - Показ неподключенных выводов и концов проводников, номеров секций и всплывающих подсказок

- **Drag by Outline** - перемещение вершин полигонов без показа их промежуточных положений (ускоряет перерисовку экрана, но затрудняет контроль положения).
- В группе **ERC Errors** устанавливается режим отображения ошибок схемы, выявленных при выполнении команды **Utils/ERC...** (Утилиты/Проверить схему):
 - При выборе кнопки **Show** (Показать) обнаруженные ошибки указываются на схеме специальными индикаторами.
 - Нажатие кнопки **Hide** (Скрыть) отменяет показ индикаторов ошибок.
 - При выборе кнопки **No Change** (Не изменять) сохраняются текущие установки отображения - скрытые ошибки будут оставаться скрытыми, индицируемые будут продолжать показываться.
- В рамке **Cursor Style** (стиль курсора) можно установить текущий стиль отображения курсора⁷:
 - стрелка (кнопка **Arrow**),
 - маленькое перекрестие (кнопка **Small Cross**);
 - большое перекрестие на все рабочее поле (кнопка **Large Cross**)⁸.
- В рамке **Sheet Connector Cross-Referencing** (межстраничные ссылки) устанавливаются параметры отображения атрибутов специальных элементов - межстраничных соединителей (**Sheet Connectors**), указывающих на каких



страницах есть продолжение

- Установка флажка **Show Cross Referencing** позволяет отобразить на схеме перекрестные ссылки между страницами.
- Установка флажка **Show Cross Referencing** позволяет отобразить на схеме перекрестные ссылки между страницами.
- В окне со списком **Text Style** выбирается стиль текста для ссылок, а в окнах **Offset** задается смещение текста по *X* и *Y* от точки привязки символа межстраничного соединителя.
- Кнопка **Default** возвращает всем параметрам значения по умолчанию.
- Установите желаемые параметры отображения и нажмите кнопку **OK**.

4.4.8 Настройка клавиатуры и мыши

- Команда **Options/Preferences** (Параметры/Предпочтение) позволяет произвести настройку клавиатуры и мыши. Так на закладке **Keyboard** (Клавиатура) панели **Options Preferences** (рис. 4.11) можно назначить «горячие» клавиши для часто повторяющихся команд системы. Настройка клавиатуры сохраняется в специальном файле (для схемного редактора это **SCH.key**).
- Для настройки клавиатуры необходимо выбрать тип команд, для которых будет проводиться настройка в рамке **Command Type**:
 - **Menu commands** - команды основного меню;
 - **Shortcut commands** - клавиатурные (инструментальные) команды (команды вводимые только с клавиатуры);
 - **Macros** - макросы.
- При выборе команды в окне **Menu Commands** в окне **Current Keys** отображаются текущие назначения клавиш⁹. Задание сочетания «горячих» клавиш

⁷ Оперативно изменить стиль представления курсора при работе можно, нажимая на клавишу с буквой **X**.

⁸ При выборе стиля **Large Cross** всплывающие контекстно-зависимые подсказки об элементах схемы отображаться не будут!

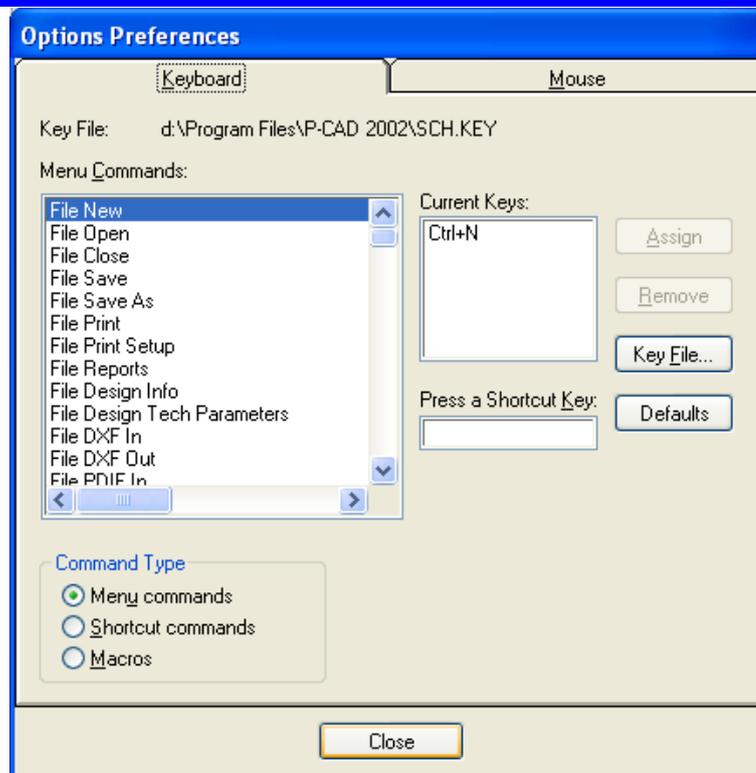


Рисунок 4.11 - Настройка «горячих» клавиш

для выбранной команды производится в окне **Press a Shortcut Key**. Добавление нового сочетания клавиш к текущему набору производится при нажатии кнопки **Assign** (Назначить). Удалить выбранное сочетание клавиш из списка можно нажатием кнопки **Remove** (Удалить). Нажав на кнопку **Key File** (Файл клавиш), можно записать сделанные настройки в файл клавиатурных настроек.

- На второй закладке панели **Options Preferences** производится настройка клавиш мыши (рис. 4.12). Группа параметров **CTRL/SHIFT Behavior** задает поведение системы при щелчках левой кнопкой мыши при нажатых клавишах **CTRL** или **SHIFT**. При установке первого флажка щелчки левой кнопкой мыши при нажатой клавише **CTRL** позволяют добавлять объекты к выделяемому набору. При нажатой клавише **SHIFT** по щелчку левой кнопкой мыши возможен доступ к внутренним параметрам компонента (позиционному обозначению,

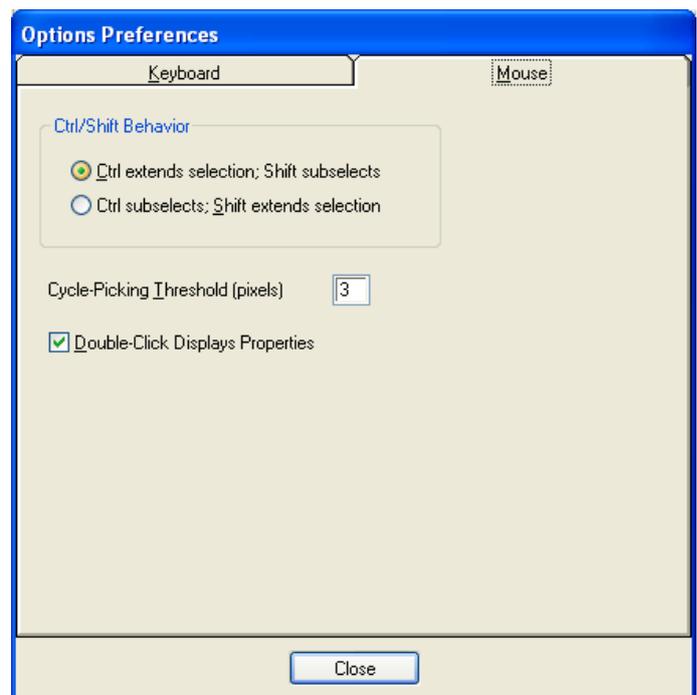


Рисунок 4.12 - Настройка мыши.

⁹ Познакомьтесь с существующими «горячими» клавишами, просматривая клавиатурные команды и команды меню

типу, выводам, графике и т.д.).

- Установка флажка **Double-Click Displays Properties** позволяет получить доступ к свойствам элемента изображения по двойному щелчку левой кнопкой мыши.

4.4.9 Настройки фильтра выбора объектов

Система P-CAD имеет удобный инструмент для селекции объектов выбираемых на схеме окном - **фильтр выбора**.

- Настройка параметров фильтра производится с помощью команды **Options/Block Selection**. При активизации этой команды появляется панель **Options Block Selection**, показанная на *рис. 4.13*.
- Установка флажков, расположенных рядом с названиями объектов в рамке **Items** (группы элементов) позволяет включить эти объекты в фильтр выбора при выделении объектов схемы окном в режиме **Select**.
- Кнопка **Set All** позволяет отметить все элементы в списке, а кнопка **Clear All** - отменить выбор для всех элементов.
- Для элементов, названия которых повторяются на кнопках, расположенных справа от названия элементов в рамке **Items**, поле для установки флажков может иметь три состояния:

- пустое, когда элемент не выбирается;
- с флажком, когда производится выбор всех элементов подобного типа;
- затененное с флажком, когда производится выбор элементов по маске.

Это позволяет существенно снизить область выбора. Например, можно выбирать не просто линии, а линии определенной толщины. Маска для элементов задается нажатием соответствующей кнопки. Так на *рис. 4.14* приведен пример задания маски для выбора линий толщиной 0.2 мм.

- В рамке **Select Mode** (см. *рис. 4.14*) производится настройка режима выбора элементов окном. Возможны три варианта:

- **Inside Block** (внутри окна). Выбираются все элементы полностью лежащие внутри окна выбора;
- **Outside Block** (вне окна). Выбираются все элементы полностью расположенные вне окна выбора;
- **Touching Block**, (секущее окно). Выбираются все элементы лежащие внутри окна выбора, пересекаемые им и касающиеся его.

- Настройки фильтра выбора не влияют на выделение элементов схемы щелчком левой кнопки мыши!!

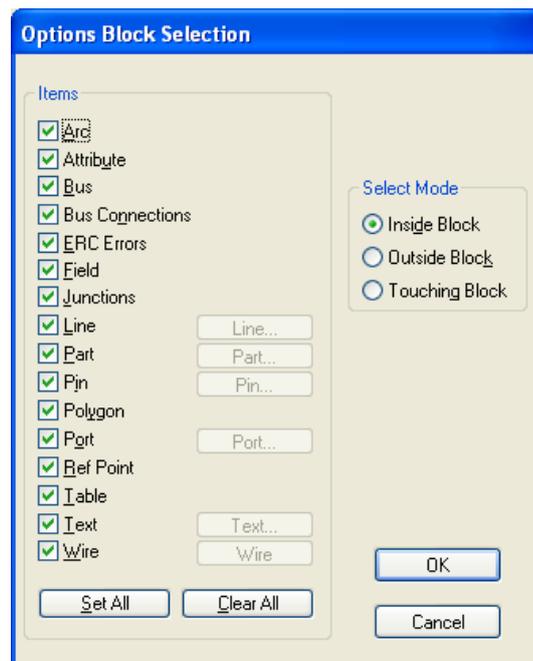


Рисунок 4.13 - Настройки фильтра выбора объектов



Рисунок 4.14 - Задание маски для выбора линий

- Познакомьтесь с особенностями задания масок для текстов (**Text**) и проводников (**Wire**).

4.4.10 Сохранение шаблона проекта

Основная часть настроек проекта из меню **Options** сохраняются системой в специальных файлах настроек, расположенных в папке **P-CAD 2006** (для схемного редактора это **sch.ini**) и при последующей работе они загружаются автоматически.

В **Windows NT/2000/XP** файлы настроек должны быть доступны для редактирования, в противном случае введенные изменения не сохранятся!!!

Другие настройки, например, вновь введенные поля, шаги сетки, стили текста хранятся только в текущем проекте и в последующих проектах должны быть введены заново. Поэтому рекомендуется сохранять некоторый набор пустых проектов (без схем и плат) в качестве шаблонов. При дальнейшей работе нужный шаблон можно будет загрузить командой **File/Open**, восстанавливая необходимые значения параметров.

Заметим, что в системе **P-CAD 2006** нет инструментов и средств для управления проектом. Вся ответственность за актуальность проектов и порядок работы с ними лежит на пользователе. Можно порекомендовать хранить пользовательские настройки и проекты вне системной папки **P-CAD** для того, чтобы случайно их не удалить при переустановке системы.

Возможная структура каталогов для хранения пользовательских файлов представлена на рис. 4.15. Здесь для хранения рабочих файлов на одном из дисков, например **D:**, выделяется отдельный каталог «Файлы P-CAD», в котором создаются папки для хранения созданных шаблонов, форматов, пользовательских библиотек и отдельных проектов. Для каждого проекта выделяется отдельная папка.

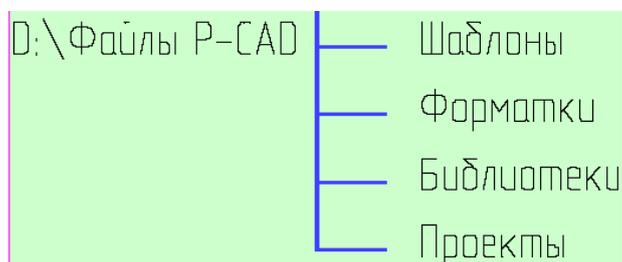


Рисунок 4.15 - Примерная структура рабочих каталогов

Чтобы при переустановке системы P-CAD случайно не удалить созданные файлы шаблонов и проектов лучше их хранить в отдельном каталоге!!

- Сохраните текущий проект в качестве шаблона.
 - 1) В основном меню выберите команду **File/Save As..**
 - 2) В типовом диалоге **Windows** сохранения файла под новым именем на одном из доступных дисков создайте структуру папок, аналогичную изображенной на рис. 4.15,
 - 3) Сохраните текущий проект в папку «**Шаблоны**» под именем, например. **Настройку Schematic**.

5 Разработка схемы электрической принципиальной с помощью графического редактора *P-CAD Schematic*

В качестве примера сформируем с помощью графического редактора *P-CAD Schematic* фрагмент схемы электрической принципиальной, представленной на рис. 5.1 [5].

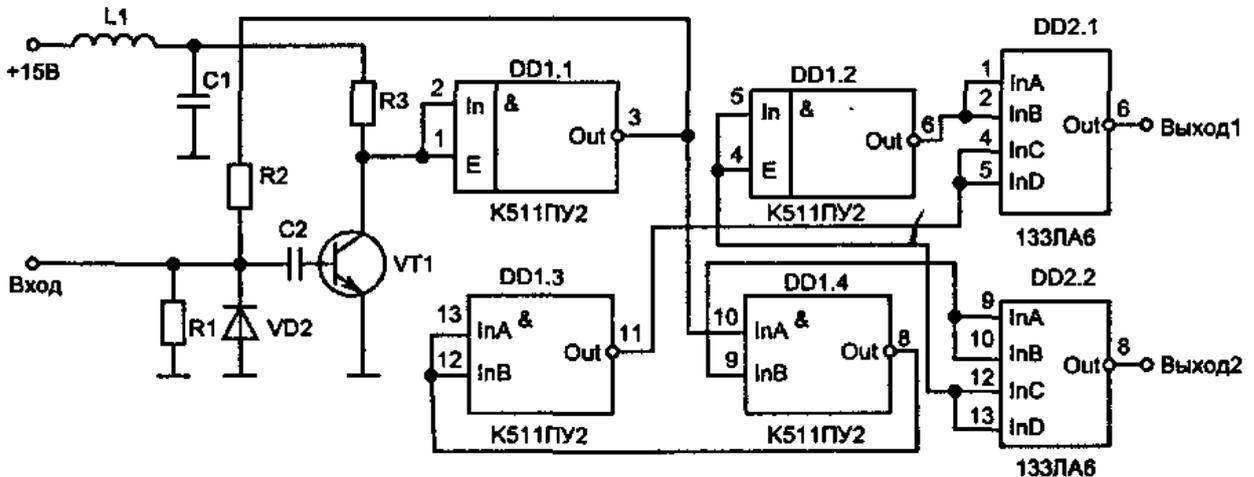


Рисунок 5.1 - Электронный узел РЭС (учебный пример)

5.1 Подготовка к разработке схемы электрической принципиальной

- **Запустить графический редактор *P-CAD Schematic*.**
- Порядок загрузки графического редактора *P-CAD Schematic* подробно рассмотрен в разделе 4.2.
- **Загрузить шаблон проекта**
- Размеры форматки для схемы электрической принципиальной проекта выбирают на основе анализа количества электрорадиоэлементов в схеме, ее сложности, присутствия или отсутствия совмещенного с чертежом схемы перечня элементов, и, наконец, с учетом возможностей имеющегося печатающего устройства. Иногда разумнее использовать многолистовые чертежи формата **A4**, тем более что в *P-CAD 2006* предусмотрены надлежащие средства для объединения частей проекта в единое целое.
- Используя команду **File/Open...** (Файл / Открыть), загрузите из папки «**Шаблоны**» файл **A3Г_1_лucm.ttl** с заготовкой 1 листа форматки **A3** горизонтальной ориентации, подготовленный ранее [8]. При загрузке на панели **Open** в окне **Тип файлов** должна быть установлено "**All Files (*.*)**" (Все файлы).
- Сразу же сохраните новый проект в папку «**Проекты**» под именем **Учебный проект**.
- **Заполните основную надпись чертежа данными проекта**
- Выберите в основном меню команду **File/Design Info...** (или кнопку  на горизонтальной инструментальной панели) и откройте закладку **Field** (поля) панели **Design Info** (см. рис. 5.2).
- Используя кнопку **Properties**, определите значения необходимых полей.

- Для примера на *рис. 5.2* показан вариант заполнения основной надписи чертежа с помощью панели **Design Info**, а на *рис. 5.3* - соответствующий этому случаю вид штампа с текстовыми надписями.

Name	Value
Approved By	Татаринов В.Н.
Author	Иванов И.И.
Checked By	Кобрин Ю.П.
Company Name	ТУСУР, РКФ, гр.234-1
Date	09.04.05
Drawing Number	РКФ 5.411.001 33
Drawn By	
Engineer	Кондаков А.К.
Revision	
Time	
Title	Электронный блок
Вид документа	Схема электрическая принципиальная
Материал	
Н.контр.	Чернышев А.А.

Рисунок 5.2 - Пример заполнения основной надписи чертежа

- Для правильного заполнения основной надписи необходимо присвоить значения всем полям, имеющимся на форматке.

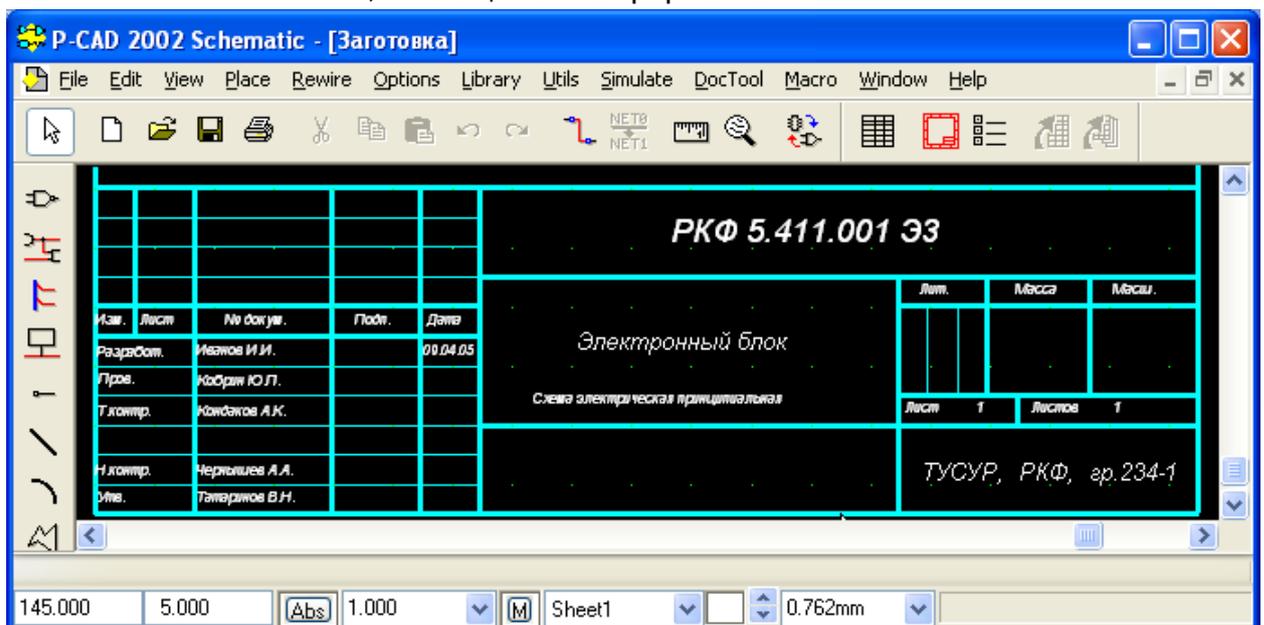


Рисунок 5.3 - Штамп с текстовыми надписями

- Если необходимо, чтобы какая-либо графа, содержащая поле, была пустой, нужно соответствующему полю присвоить значение **ПРОБЕЛ**. В противном случае в этой графе будет отображаться имя поля в фигурных скобках.

- Поскольку не все графы основной надписи чертежа закрываются системными полями, определенными в системе *P-CAD* по умолчанию, разумно расширить список полей.
- **Создание дополнительных полей**
- Для создания дополнительных полей (например, полей **Н. контр**, **Вид документа**, **Материал**, **Масса**, **Масштаб** и т.д.) необходимо:
 - В основном меню выбрать команду **File/Design Info...** 
 - На появившейся панели **Design Info** (см. рис. 5.2) выбрать закладку **Field** (поле) и нажать кнопку **Add** (добавить).
 - На панели **Field Properties** (свойства поля) (см. рис. 5.4) в окне **Name** (имя) напечатать **Н. контр**. Окно **Value** (значение) оставить пустым.

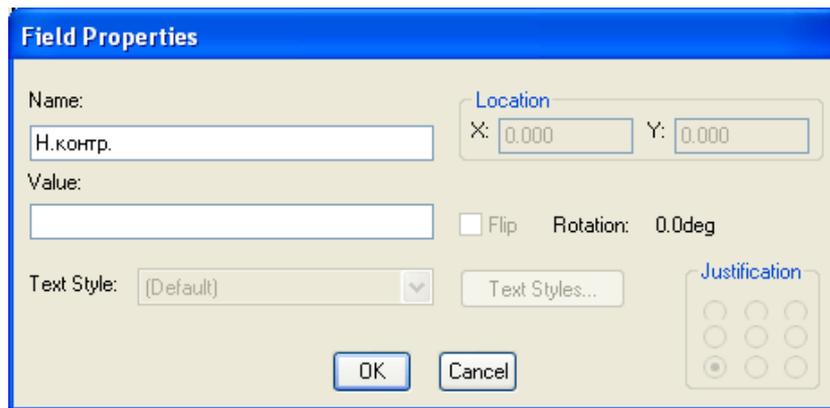


Рисунок 5.4 - Задание имени нового поля

- Для завершения диалога создания нового поля нажать кнопку **OK**.

- **Установите стиль *Arial3_5italic* в качестве текущего¹⁰ стиля.**

- В основном меню выберите команду **Options/Text Style...**

- Отметьте щелчком ЛК мыши стиль **Arial3_5italic** в списке стилей на панели **Options Text Style** (рис. 5.5), который теперь станет текущим¹¹.

- Нажмите кнопку **Close** для завершения диалога.

- **Разместите поля в штампе чертежа**

- В основном меню выберите команду

Place/Field (аналог – кнопка  на левой инструментальной панели).

- Щелкните левой кнопкой мыши в любом месте чертежа.

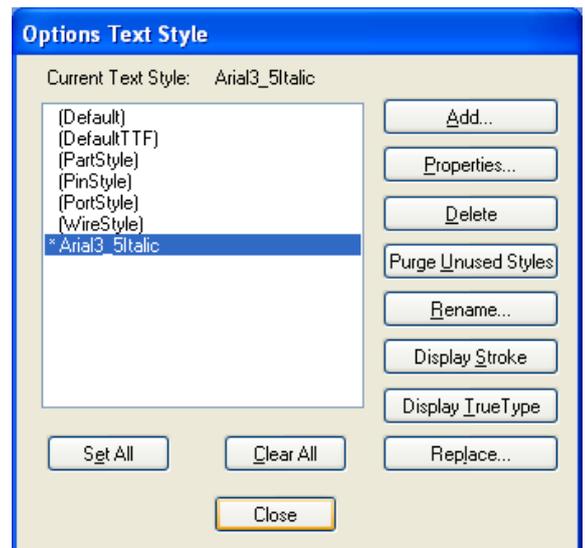


Рисунок 5.5 - Установка текущего стиля текста

¹⁰ Чтобы даты вмещались в заданные штампом размеры, для их ввода целесообразно использовать стиль **Arial2_5italic** с высотой 2,5 мм.

¹¹ Текущий стиль текста в списке стилей отмечается символом «*» (звездочка) и его название указывается в строке **Current Text Style** в верхней части панели **Current Text Style** (см. рис. 5.4).

- На появившейся панели **Place Field** (рис. 5.6) выберите из списка название нужного поля, например, «**Author**» (Автор) и щелкните по нему ЛК мыши.
- Нажмите кнопку **OK** для закрытия панели выбора полей.
- Переместите курсор в место, где должна располагаться точка привязки поля (в данном случае - левый нижний угол) и щелкните левой кнопкой мыши. Появится изображение поля.

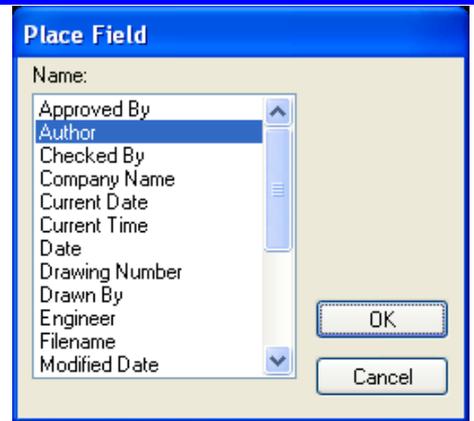


Рисунок 5.6 - Выбор поля для его размещения из списка

Если значение поля (**Value**) не пустое, то будет отображаться оно, в противном случае появиться название поля в фигурных скобках, например, **{Date}**

- **Ввод произвольных надписей.**
- Любые иные нужные надписи в проекте могут быть реализованы с помощью команды **Place/Text**  (**Расположить Текст**), но к форматке эти надписи никакого отношения иметь не будут.
- **Ввести нужные шаги сеток.**
- В меню **Options** щелкнуть по строке **Grid**, появится диалоговое окно **Options Grid**. В нем определить новые сетки графического редактора с шагом **5 мм**, **2,5 мм** и **1 мм** (см. раздел 4.4.3).
- В качестве отправного шага сетки учредим **5 мм**.
- **Установить форму курсора**
- Установку элементов и проведение электрических цепей на одной линии часто удобно выполнять, пользуясь курсором в форме большого перекрестья. Циклически переключать форму курсора можно нажатием клавиши **X**.

5.2 Установка электрорадиоэлементов

- **Подготовка к размещению УГО элементов.**
- Для размещения УГО элементов в рабочем пространстве листа необходимо выполнить команды **Place/Part** (Размещение элементов) или нажать пиктограмму . Появится одноименное окно **Place Part** (рис. 5.7).

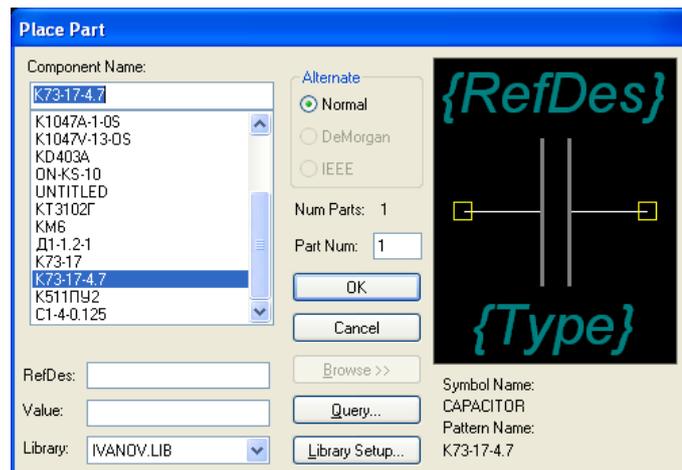


Рисунок 5.7 - Диалоговое окно **Place Part**

- В области **Component Name** окна **Place Part** представлен список элементов, входящих в открытую библиотеку.
- Число логических секций, входящих в компонент, отображается в поле **Num Parts**. Номер вводимой логической секции выводится в поле ввода **PartNum**. Следует обратить особое внимание на переключение значения этого параметра при вводе неоднородных компонентов.
- Предварительный просмотр вводимого УГО символа осуществляется путем нажатия кнопки **Browse**.
- Имя открытой библиотеки отображается в раскрывающемся списке **Library**. При необходимости можно легко перейти к другой библиотеке.
- Для определения множества библиотек списка **Library**, из которых будут загружаться ЭРЭ, необходимо нажать панель **Library Setup**. Откроется окно, в котором представлены загруженные библиотеки (рис. 5.8). Нажать кнопку **Add**. В появившемся стандартном окне **Windows** надо выбрать файл с разработанной нами библиотекой **Ivanov.lib** и нажать кнопку «Открыть». После этого нажать кнопку **OK** в окне **Library Setup**.
- При нажатии кнопки **Query** происходит запуск мастера поиска компонента в открытых библиотеках по указанным в таблице атрибутам (рис. 5.9).

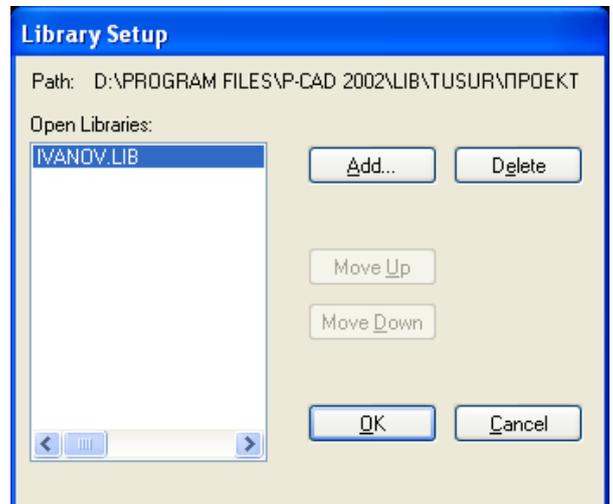


Рисунок 5.8 - Диалоговое окно **Library Setup** (Установка Библиотек)

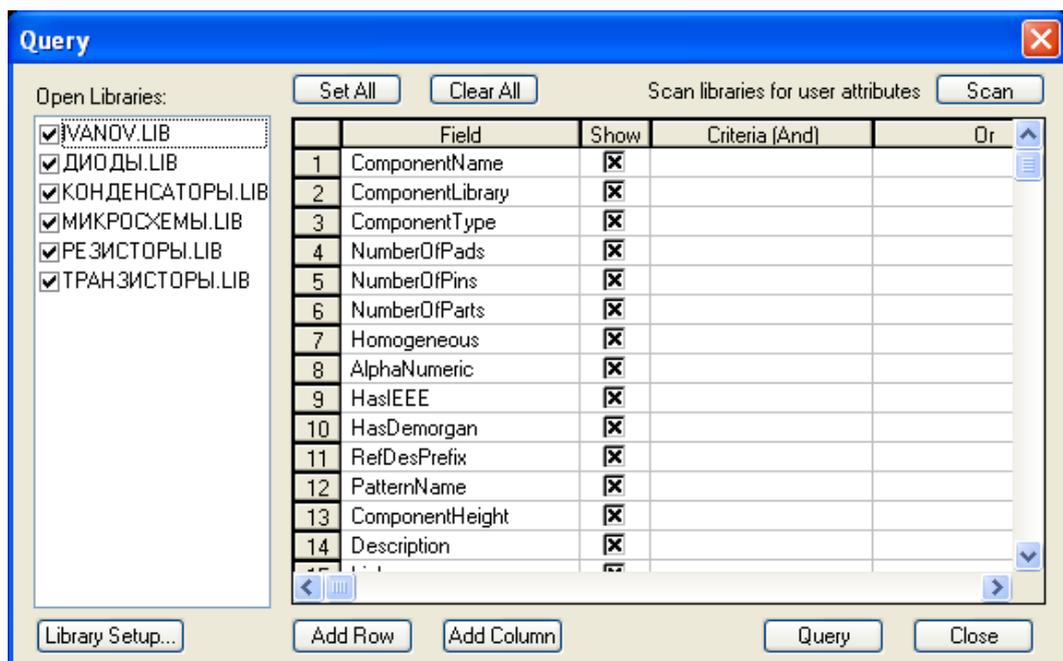


Рисунок 5.9 - Мастер поиска компонента

- Следует заметить, что позиционные обозначения элементов в схеме представляются автоматически с использованием буквенных либо цифровых обозначений логических секций. При этом разделителем между номером компонента и секции служит двоеточие (например, **DD1:1**, **DD1:2**), что не со-

ответствует ГОСТу. Чтобы соблюсти стандарты, рекомендуется вводить позиционное обозначение вручную как *текст* или как *атрибут пользователя*. При этом с помощью нажатия ПК мыши в диалоговом окне **Part Properties** (рис. 5.11) сбрасывается флажок видимости соответствующих атрибутов символа.

- При вводе УГО элемента размещение символа в поле экрана выполняется после щелчка ЛК в выбранной точке рабочего пространства. Пока ЛК мыши не нажата, можно перемещать символ по экрану. Вращение с шагом 90° осуществляется путем нажатия клавиши **R**, зеркальное отображение - клавиши **F**. Для увеличения на 1 позиционного обозначения символа служит клавиша **D**, для уменьшения - **Shift+D**. При вводе многосекционных компонентов инкремент порядкового номера секции осуществляется нажатием клавиши **P**, декремент - комбинацией клавиш **Shift+P**.
- Нередко удобно применять команды выбора **Edit/Select** , а также копирования **Edit/Copy**  и вставки **Edit/Paste**  для копирования большого числа однотипных элементов или фрагментов схем.
- **Установка конденсатора K73-17-4.7.**
- В диалоговом окне **Place Part** (рис. 5.7) выбрать конденсатор **K73-17-4.7** и щелкнуть по кнопке **OK**. Нажать на клавишу **R**, элемент повернется на 90°. После этого курсором указать на рабочем поле место для его размещения - точку с координатами (**60; 240**) либо ввести эти координаты с клавиатуры. Для чего нажать клавишу буквы **J**, набрать координату **X - 60**, нажать **Tab**, затем набрать координату **Y - 240** и нажать **Enter**. Курсор окажется в точке с этими координатами. Щелкнуть ЛК, а затем ПК. Элемент будет установлен на место.
- Перейти в режим выделения элементов нажатием клавиши **Select** (Выбор)  и выделить ЛК введенный конденсатор (рис. 5.10).
- Щелкнуть ПК по выделенному контуру для вызова контекстного меню и выбрать в последнем кнопку **Properties** (Свойства). В открывшемся окне **Part Properties** (Свойства элемента) на вкладке **Symbol** (рис. 5.11) снять флажки видимости¹² (область **Visibility**) у атрибутов **Value** (Значение номинала) и **Type** (Тип элемента). Для завершения щелкнуть ЛК по кнопке **OK**.
- Выделить ЛК при нажатой клавише **Shift** первый номер вывода. Нажатиями на клавишу **R** (поворот на 90°), сориентировать этот номер горизонтально, а затем перетащить его на нужное место (см. рис. 5.10). Аналогичные действия

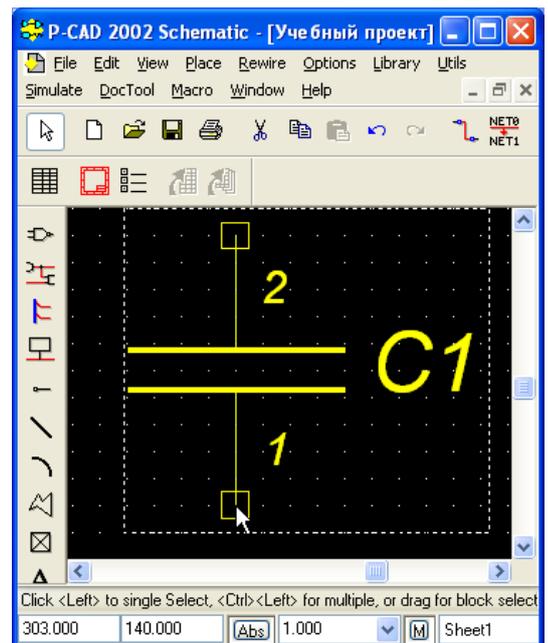


Рисунок 5.10 - Установка конденсатора K73-17-4.7

¹² Учитывая, что типы и номиналы ЭРЭ будут впоследствии уточнены в перечне элементов, на чертеже их часто не указывают (сбрасывают соответствующие флажки видимости в диалоговом окне **Part Properties**).

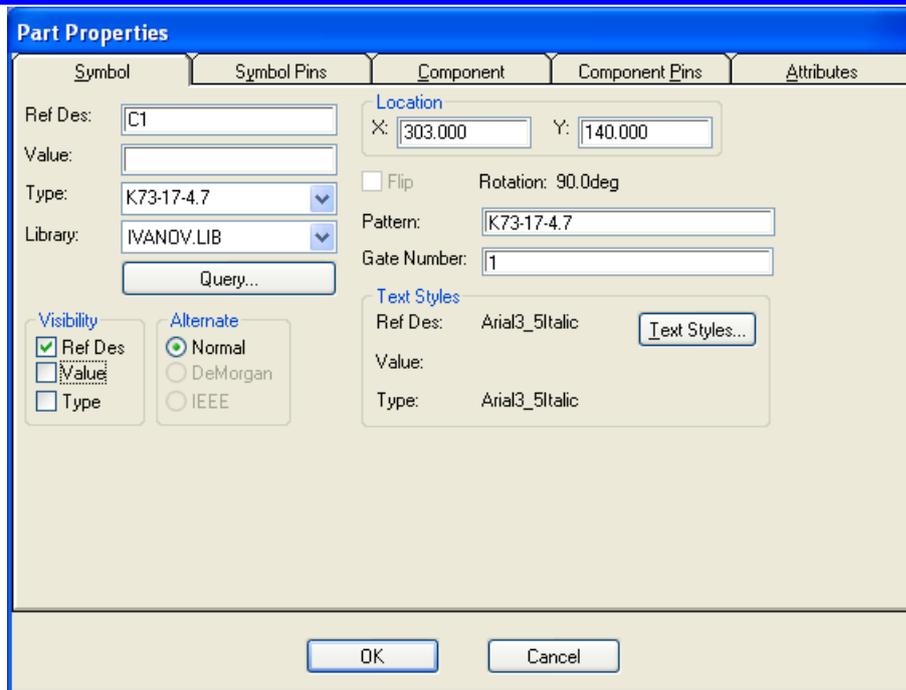


Рисунок 5.11 - Диалоговое окно *Part Properties* (Свойства элемента)

надлежит проделать со вторым номером вывода, а также с позиционным обозначением элемента.

- **Установка резисторов.**

- Вновь щелкнуть ЛК по клавише . В открывшемся окне выбрать элемент **C1-4-0.125**, щелкнуть по кнопке **OK**. Развернуть его на 90°, нажав клавишу **R**. Поместить на рабочем поле в точке (50; 195).
- Подобным образом установить еще два таких резистора, (80; 220), (125; 235). Масштаб изображения при этом целесообразно увеличить, нажав несколько раз на клавишу серый «+».
- При необходимости следует уточнить ориентацию и положение позиционных обозначений элементов так же, как это делалось при установке конденсатора **K73-17-4.7**.

- **Установка других элементов схемы**

- Далее таким же способом установить катушку индуктивности **D1-1.2-1** в точку (315; 153), диод **КД403А** вертикально в точку (90; 125), конденсатор **КМ6** - (110; 145) и транзистор **КТ3102Г** в (137; 145).

- **Установка микросхем**

- Теперь нужно установить секции интегральной микросхемы (ИМС) **К511ПУ2**. Вначале установим 1-ю секцию. Для этого надо снова щелкнуть ЛК и выбрать элемент **К511ПУ2**. Вслед за этим надо проверить, чтобы в области **Part Num** стояла 1 (рис. 5.12). Нажать на кнопку **OK**, а затем нажатием ЛК установить 1-ю секцию в точку с координатами (140; 240), щелкнуть ПК.
- Затем всю эту процедуру повторить при установке 2-й секции в точку (45; 160), но в области **Part Num** нужно ввести 2. Щелкнуть ПК.
- Установить 3-ю секцию **ИМС**. Снова щелкнуть ЛК и в открывшемся окне опять выбрать элемент **К511ПУ2**, но в области **Part Num** теперь задать 3 (рис. 5.13). Для этого щелкнуть ЛК в окне **Part Num** и ввести 3. Нажать на кнопку **OK** и установить на рабочем поле щелчком ЛК 3-ю секцию в точку (50; 120) Щелкнуть ПК.

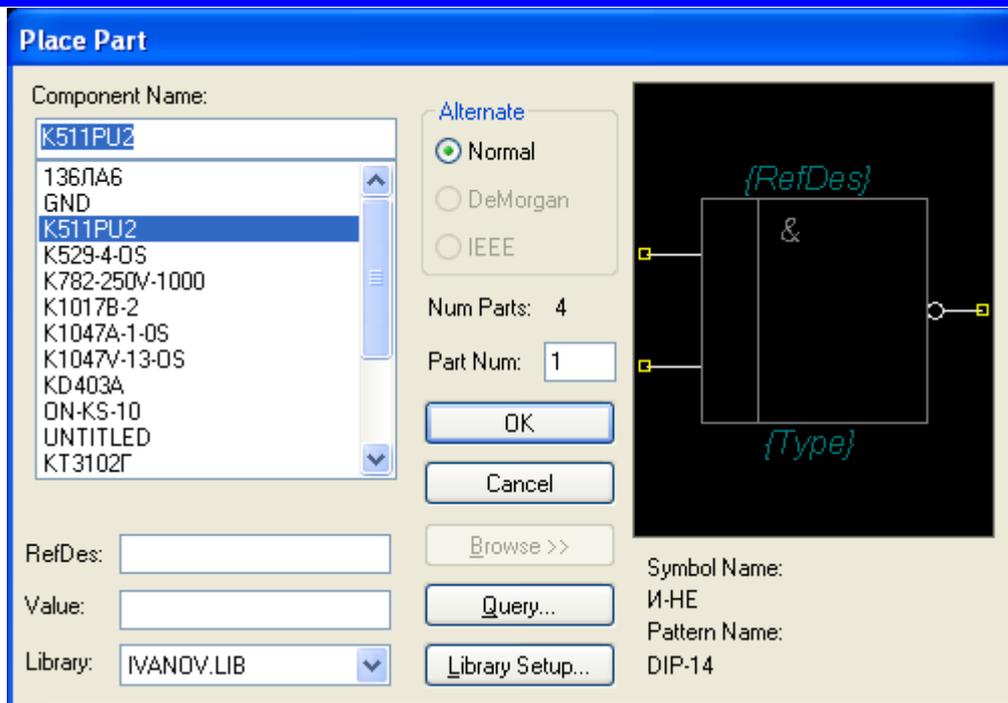


Рисунок 5.12 – Установка 1-й секции ИМС K511ПУ2

- Эту процедуру полностью повторить при установке 4-й секции в точке с координатами (55; 90). В области **Part Num** теперь задать 4.

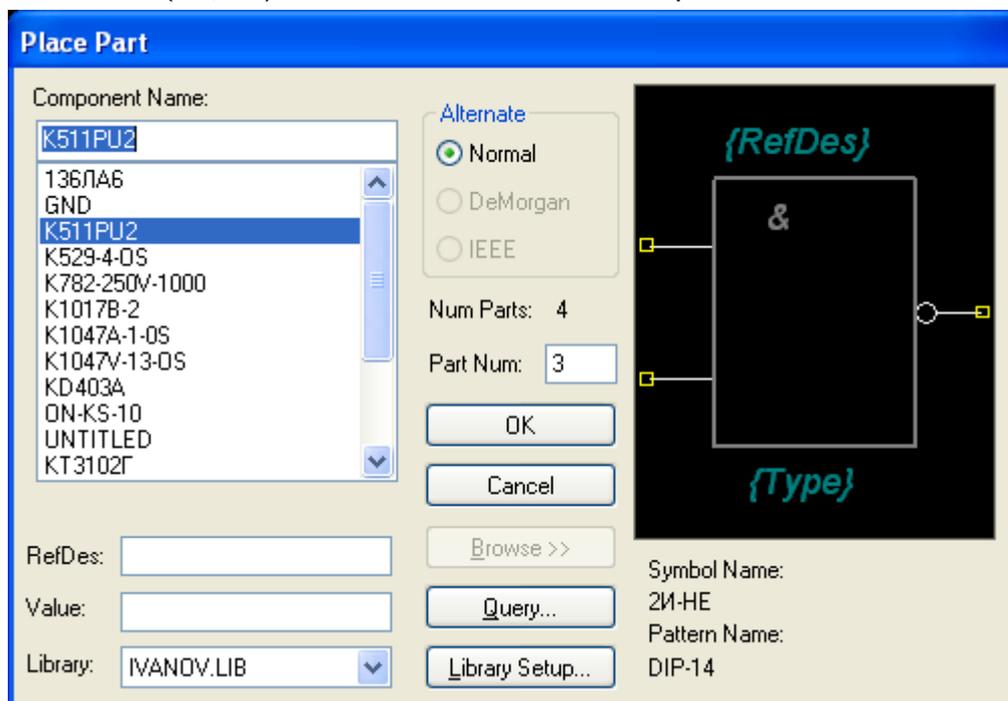


Рисунок 5.13 - Установка 3-й секции ИМС K511ПУ2

- Установить секции микросхемы **133ЛА6**. Для этого щелкнуть ЛК и в открывшемся окне выбрать элемент **133ЛА6**. Нажать на кнопку **ОК**. Аналогичным способом установить две секции этой микросхемы в точки с координатами (90; 160) и (90; 105). Щелкнуть ПК.
- Установка электрического соединителя (разъема) ON-KS-10**
- Для размещения электрического соединителя щелкнуть ЛК и в открывшемся окне выбрать элемент **ON-KS-10**. Нажать кнопку **ОК**. Поскольку соединитель состоит из семи одинаковых элементов, все их следует разместить верти-

кально в ряд. Проще эту процедуру выполнить, если вначале укрупнить масштаб (трижды нажать на «+»). Затем установить курсор в 1-ю точку с координатами (160; 145) и щелкнуть ЛК. После этого, последовательно щелкая шесть раз, установить их друг под другом в точки с координатами (160; 140), (160; 135), (160; 130), (160; 125), (160; 120), (160; 115) так, как показано на рис. 5.14. Щелкнуть ПК.

- После этого выполнить команды **Edit/Select** и выделить все семь элементов соединителя. Для чего достаточно щелкнуть слева сверху над соединителем ЛК и, не отпуская ее, переместить курсор вправо вниз под соединитель. Отпустить ЛК. Щелкнуть по ним ПК и в открывшемся меню выбрать **Properties**. В появившемся диалоговом окне в области **Visibility** двойным щелчком ЛК убрать флажок около **RefDes** и нажать кнопку **OK**.

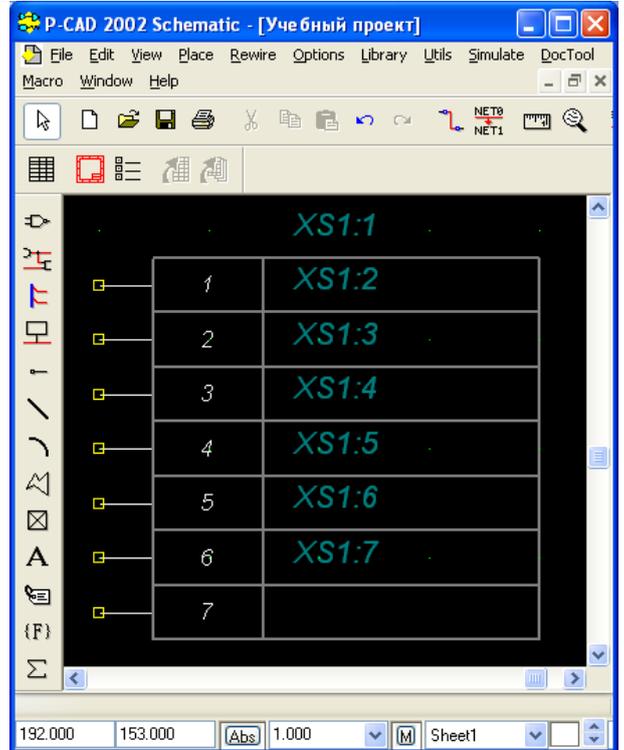


Рисунок 5.14 - Установка соединителя

5.3 Формирование заголовка таблицы внешних соединений

- Установить шаг сетки 2.5 мм.
- Перейти в режим рисования линий нажатием клавиши  на вертикальной панели инструментов.
- Щелкнуть последовательно ЛК в точках с координатами (160; 147,5), (165; 152,5), (200; 152,5) и (200; 147,5), после чего нажать ПК. Для проведения вертикальной разделительной линии щелкнуть последовательно ЛК в точках с координатами (175; 147,5), (175; 152,5), затем нажать ПК (рис. 5.15).
- Ввести позиционное обозначение разъема, для чего выполнить команды

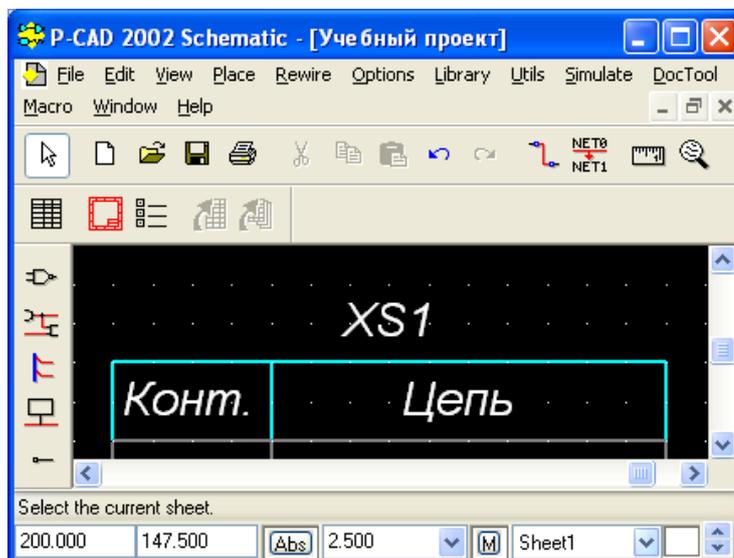


Рисунок 5.15 - Формирование заголовка таблицы внешних соединений

Place/Text  и щелкнуть ЛК над изображением верхнего элемента разъема в точке с координатами (182,5; 155). В появившемся диалоговом окне **Place Text** (рис. 5.16) выбрать образованный нами ранее стиль текста **Arial3_5Italic** и в области **Justification** избрать способ выравнивания текста **по центру** горизонтали и вертикали. Ввести с клавиатуры позиционное обозначение разъема **XS1** и нажать **Place**.



Рисунок 5.16 - Ввод позиционного обозначения разъема

- Аналогично разместить тексты заголовков граф таблицы «Конт.» и «Цепь» в точках (170; 150) и (187,5; 150) соответственно (см. рис. 5.15).

5.4 Установить элемент заземления

- Снова выполнить команду **Place Part** , выбрать элемент **GND** (земля) и щелчками ЛК около заземленных выводов элементов в точках с координатами (60; 232,5), (125; 195) и (150; 110) установить три элемента заземления.

5.5 Проведение линии групповой связи

- Стандартами допускается сливать в одну линию групповой связи¹³ (жгут) несколько электрически не связанных линий связи. При этом каждую линию в месте слияния, а при необходимости на обоих концах помечают условными обозначениями.
- Очень часто пытаются уйти от разумного использования линий групповой связи и впадают в две крайности - либо вся схема представляет собой один очень сложный жгут, либо, наоборот, паутину отдельных проводников. Необходимо выбирать золотую середину.
- Для проведения линии групповой связи в учебном проекте выполнить команды **Place/Bus** (Провести шину) . Эту линию проведем между всеми элементами схемы. Поэтому щелкнуть ЛК в 1-й точке с координатами (30; 255) и, не отпуская ЛК, провести вертикальную линию до изгиба в точку (30; 180), отпустить ЛК. Снова нажать ЛК и, удерживая ее, провести горизонтальную линию от точки (30; 180) до точки изгиба (125; 180), отпустить ЛК. Подобным образом провести шину до конца от точки с координатами (125; 180) до точки с координатами (125; 97,5). Щелкнуть ПК. В результате появится изображение линии групповой связи (обычно) синего цвета (рис. 5.20).

¹³ Линии, условно изображающие группу линий электрической связи проводов, кабелей, шин, следующих на схеме в одном направлении.

5.6 Проведение электрических цепей

- Ввод соединительных проводников (электрических цепей) выполняется по команде **Place/Wire** (Разместить проводник), которую можно вызвать, используя меню **Place** или соответствующую пиктограмму . После щелчка по пиктограмме в строке подсказки появляется приглашение выбрать начальную точку цепи. Возможная точка излома задается нажатием ЛК мыши. При необходимости сменить угол ввода линии на величину установленного при конфигурировании шага (45 или 90°) нужно нажать на клавишу **O**. Завершение ввода проводника выполняется по нажатию ПК мыши или клавиши **Esc**.
- Для проведения электрических цепей между выводами элементов учебного проекта следует выполнить команды **Place/Wire**  (Разместить проводник) и после этого сформировать электрические цепи (см. рис. 5.17 и 5.18) в соответствии с исходной схемой (рис. 5.1):

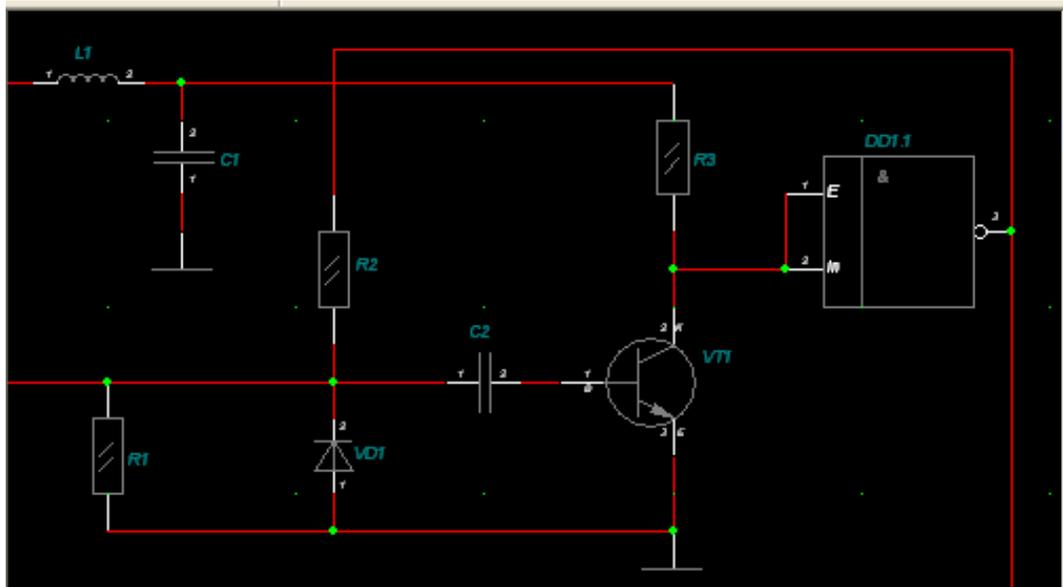


Рисунок 5.17 - Фрагмент 1 схемы электрической принципиальной учебного проекта

- **L1, C1 и R3** (выводы с координатами (55; 255), (60; 250) и (125; 255));
- **R1 с VD1, R2 и C2** (выводы (50; 215), (80; 210), (80; 220) и (95; 215));
- **C1 с заземлением** (выводы (60; 240), (60; 235));
- **C2 с VT1** (точки (105; 215) и (110; 215));
- **R1 с VD1, VT1 и заземлением** (выводы (50; 195), (80; 200), (125; 205), (125; 195));
- **VT1 с R3 и DD1.1** (выводы (125; 225), (125; 235), (140; 230), (140; 240));
- **R2 с DD1.1** (выводы (80; 240), (170; 235));
- **DD1.2 с DD2.2** (выводы (45; 160), (45; 150) (90; 90), (90; 95));
- **DD1.2 с DD2.1** (выводы (75; 155), (90; 155), (90; 160));
- **DD1.3 с DD1.4** (выводы (50; 130), (50; 120), (80; 95));
- **DD1.3 с DD2.1** (выводы (75; 125), (90; 145), (90; 150));
- **DD1.4 с DD2.2** (выводы (55; 90), (90; 105), (90; 100)).
- Часто случается необходимо отредактировать уже введенный проводник. В частности дополнительную точку излома можно ввести с помощью команды **Rewire / Manual**, вызвав ее щелчком по пиктограмме  или через меню.

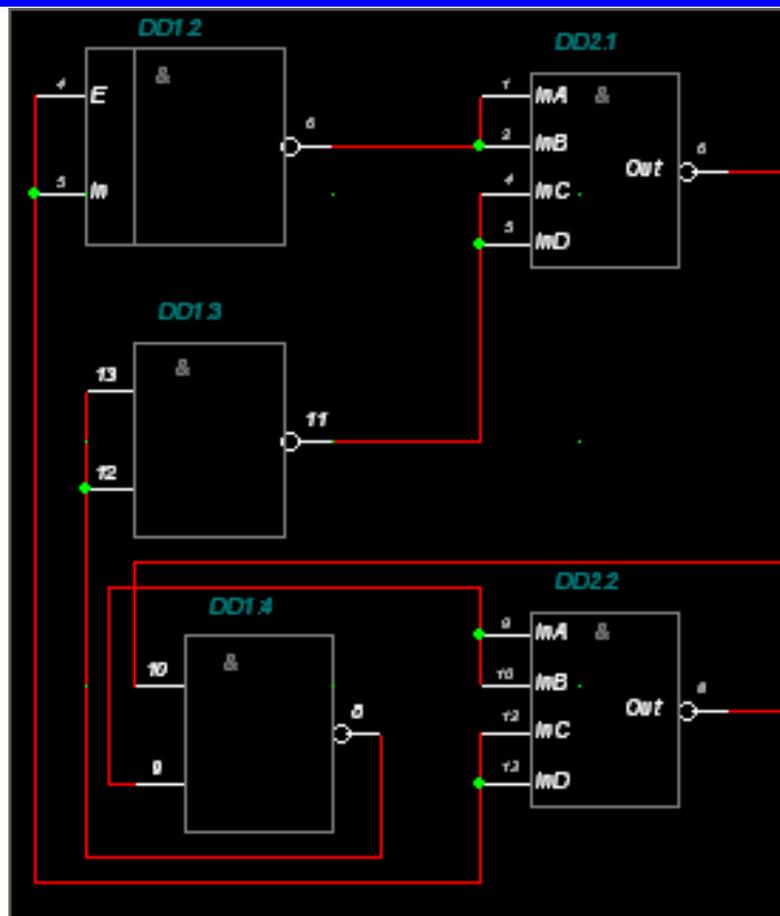


Рисунок 5.18 – Фрагмент 2 схемы электрической принципиальной учебного проекта

- Типичная очень грубая ошибка - нередко пытаются ввести электрическую связь с помощью команды **Place / Line**. Понятно, что при внешнем сходстве, извлечь из такой схемы список цепей невозможно.

5.7 Соединение выводов с линией групповой связи (шиной)

- Для подключения цепи к линии групповой связи необходимо щелкнуть ЛК на выводе (или на линии связи двух выводов) и, не отпуская ЛК, переместить курсор к линии групповой связи. Автоматически добавляется излом под углом 45°. Отпустить ЛК, щелкнуть ПК.
- Направление изгиба цепи определяется направлением укладки провода в жгуте. Если направление изгиба линии не соответствует необходимому направлению, то нужно:
 - нажать клавишу **Select** (Выбор)  и выделить этот изгиб ЛК.
 - нажать ПК и вызвать в контекстном меню свойства (**Properties**) этого изгиба.
 - в появившемся диалоговом окне **Bus Connection Properties** (см. рис. 5.19) необходимо ЛК избрать новый вид подключения цепи к линии групповой связи и нажать ОК.
 - Полученный результат представлен на рис 5.20.

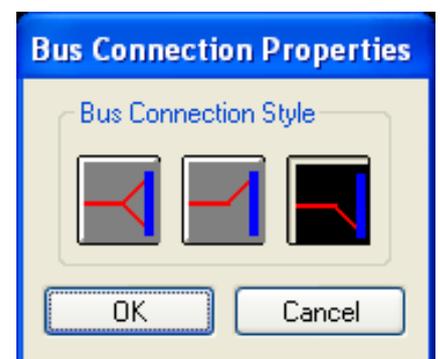


Рисунок 5.19– Окно **Bus Connection Properties** для изменения вида подключения цепи к линии групповой связи

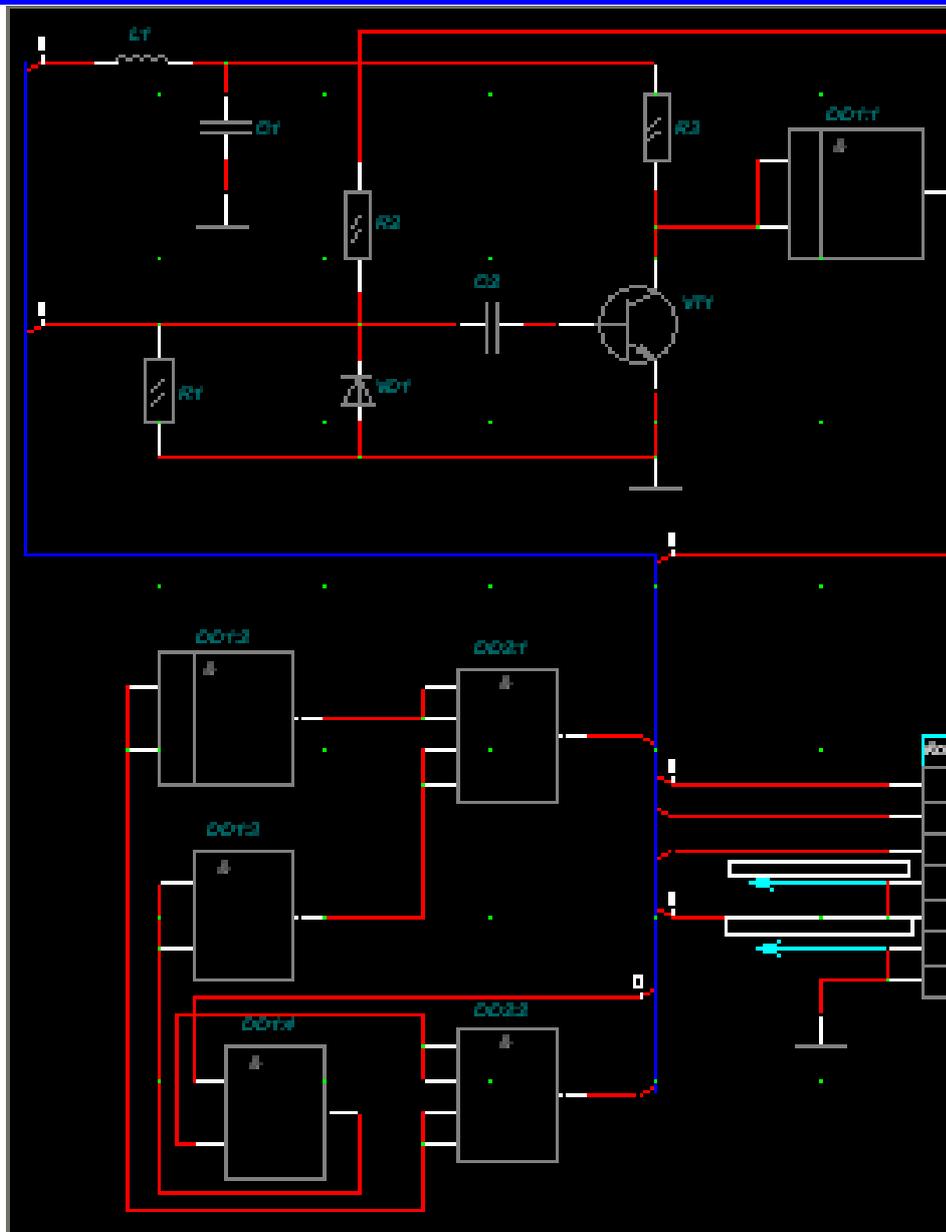


Рисунок 5.20 - Соединения электрических цепей с линией групповой связи

5.8 Присвоение имен цепям

- Имена цепей, входящих в жгут (да и не только), удобно задавать с помощью команды **Place/Port**  (Установить порт - обозначение цепи). Затем в любом месте схемы щелкнуть ЛК. Откроется диалоговое окно **Place Port** (рис 5.21).
- Форма порта выбирается нажатием одной из шести кнопок **Port Shape**, однако требованиям ГОСТа удовлетворяет только один вариант (см. рис. 5.21). Если именуется цепь, входящая в жгут, необходимо использовать порт без рамки (**None**). Если порт используется как соединитель в многолистовой схеме, можно выбрать вариант с прямоугольным изображением порта.
- В раскрывающемся списке **Net Name** задается имя цепи, флажком **Increment Net Name** включается автоматическое увеличение номера вводимой цепи на единицу. Переключатели **Pin Count** позволяют задать один или два контакта у порта, область **Pin Length** определяет длину выводов, причем

удобнее задавать короткий (*Short*) вывод. Переключатели *Pin Orientation* задают горизонтальную или вертикальную ориентацию выводов порта.

- После закрытия окна кнопкой **OK** порты подключаются к необходимым проводникам.
- При выполнении учебного проекта поле **Net Name** (Имя цепи) набрать **+15V**. Переключатель *Pin Count* (Количество выводов) установить на **One Pin**. Длину выводов (*Pin Length*) сделать большую (**Long**). Установить ориентацию (*Pin Orientation*) по горизонтали (**Horizontal**). В области *Port Shape* форму порта выбрать (**None**) Нажать кнопку **OK** (рис 5.21).
- Щелкнуть **ЛК** и, удерживая ее, поместить порт на цепь, соединяющую **L1** с линией групповой связи - в точку (**32,5; 255**), отпустить **ЛК** (рис 5.22, а). Снова нажать и удерживать **ЛК**. Поместить второй порт с номером **+15V** на линию связи 4-го и 5-го выводов разъема **XS1** (**160; 127,5**) и отпустить **ЛК**. Щелкнуть **ПК** (рис. 5.22, б).
- Вновь выполнить команды *Place/Port*

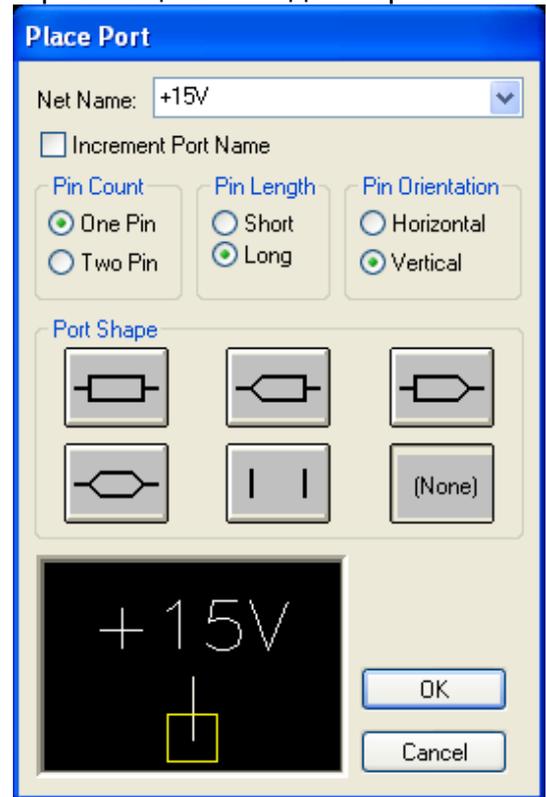
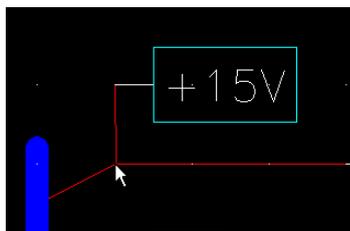
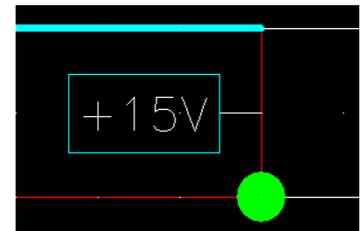


Рисунок 5.21 – Настройка вида имен цепей

- В поле **Net Name** набрать **1**. Установить ориентацию (*Pin Orientation*) по вертикали (**Vertical**). Нажать кнопку **OK**. Щелкнуть **ЛК** и, удерживая ее, поместить порт на цепь, соединяющую **R1** с линией групповой связи в точку (**32,5; 215**), отпустить **ЛК**. Снова нажать и



а)



б)

Рисунок 5.22 - Запись в разъеме наименований выводов соединений

удерживать **ЛК**. Поместить второй порт с номером **1** на линию связи 1-го вывода разъема **XS1** (**127,5; 145**) и отпустить **ЛК**. Щелкнуть **ПК**.

- Таким же способом поставить порты на все соединения элементов с линией групповой связи (рис. 5.20):
- цепь **№2** соединяет вывод 6-й **DD1:2** с 10-м выводом **DD1:4**;
- цепь **№3** связывает вывод 6-й **DD2:1** со 2-м выводом разъема **XS1**;
- цепь **№4** сливает вывод 8-й **DD2:1** с 3-м выводом разъема **XS1**;
- цепь **GND** соединяет все элементы «Земля» с 6-м и 7-м выводом разъема **XS1**.

5.9 Подключение питания к микросхемам

На УГО микросхем **DD1** и **DD2** выводы питания присутствуют неявно. При упаковке с помощью *Library Executive* [5 -9, 15] этих компонентов в таблицах вы-

водов для выводов **7** мы предусмотрели подключение к именованной цепи **+15V**, а для выводов **14** – к **GND**.

- Для проверки, если используются УГО микросхем из прочих библиотек, следует поочередно выделить ЛК каждую секцию микросхем **DD1** и **DD2** (в режиме выделения элементов ) , после чего ПК вызвать контекстное меню и клавишей **Properties** вызвать одноименное диалоговое окно (рис 5.23). Выбирая поочередно выводы **7** и **14** в списке выводов секции микросхемы (**Pins**) убедиться в наличии соответствующего имени цепи в поле **Net Name** и при необходимости откорректировать их.

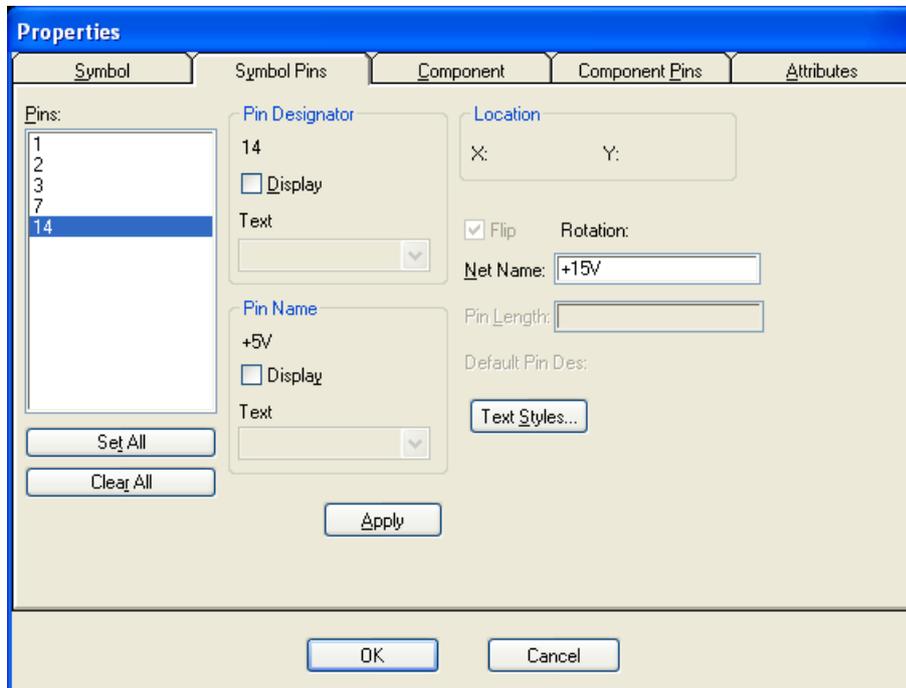


Рисунок 5.23 - Вкладка **Symbol Pins** (Выводы символа) диалогового окна **Properties**

- Чтобы было понятно, куда та или иная цепь питания подключена, обрывы линий связи заканчивают стрелками с указанием места подключения (адреса). Так, надпись «**К контактам 14 DD1 и DD2**» (рис. 5.20) означает, что цепь соединена с положительным полюсом источника с таким напряжением, надпись - что данный вывод разъема соединяет источник питания с выводами **14** микросхемы **DD1 и DD2**.
- Для формирования таких надписей следует вначале клавишей серый «+» приблизить область рабочего поля, в которой находится соединитель.
- Нажатием клавиши  перейти в режим рисования линий и нарисовать стрелки в соответствии с рис. 5.24.
- Выполнить команды **Place/Text**  и щелкнуть ЛК над первой стрелкой. Откроется диалоговое окно **Place Text**. В этом окне ввести с клавиатуры текст «**К контактам 7 DD1, DD2**». Далее выбрать выравнивание по центру горизонтали и вертикали. Выбрать шрифт **Arial2_5Italic** и нажать на панель **Place**.

- Аналогично над второй стрелкой ввести с клавиатуры текст «К контактам 14 DD1, DD2».

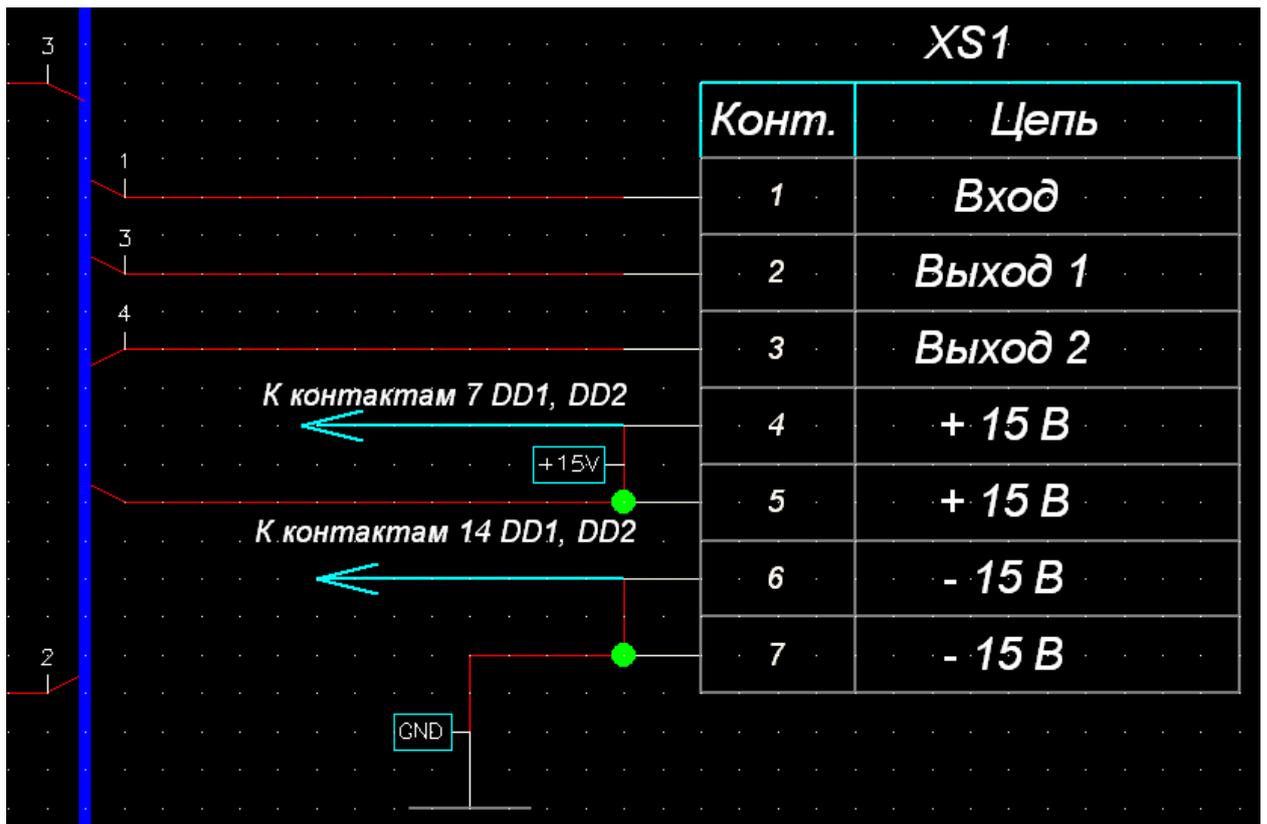


Рисунок 5.24 - Подключение питания к микросхемам и запись в разъеме наименований выводов соединений

5.10 Запись в разъеме наименований выводов соединений.

- Вновь выполнить команды **Place/Text**  и щелкнуть ЛК в первой строке соединителя. Откроется диалоговое окно **Place Text**. В этом окне ввести с клавиатуры имя «**Вход**». Далее выбрать выравнивание по центру горизонтали и вертикали. Выбрать шрифт **Arial3_5Italic** и нажать на панель **Place**. В первой строке таблицы разъема появится имя «**Вход**» (рис. 5.24).
- Затем щелкнуть во второй строке разъема и набрать имя «**Выход 1**». После этого аналогично написать в 3-й строке имя «**Выход 2**», в 4-й и 5-й — «**+15 В**», в 6-й и 7-й — «**-15 В**».

5.11 Редактирование свойств цепи

Нередко приходится проверять и уточнять свойства цепей.

- Для редактирования свойств цепи следует открыть соответствующее диалоговое окно **Wire Properties** (Редактирование свойств цепи). Это можно сделать щелчком ПК мыши на выделенном участке цепи.
- На вкладке **Wire** (рис. 5.25) можно задать видимость имени цепи (флажок **Display**), ширину (**Width**), а также стиль отображения текстовой информации о цепи (**Text Styles**).
- Вкладка **Net** (рис. 5.26) содержит основные свойства цепи. В поле **Nodes** выводятся наименования узлов (компонентов и их выводов), к которым присоединена данная цепь, а также имена листов схемы. В раскрывающемся списке **Net Name** отображается имя цепи, которое можно менять. Общее число выводов, подключенных к данной цепи, указывается в строке **Pin**

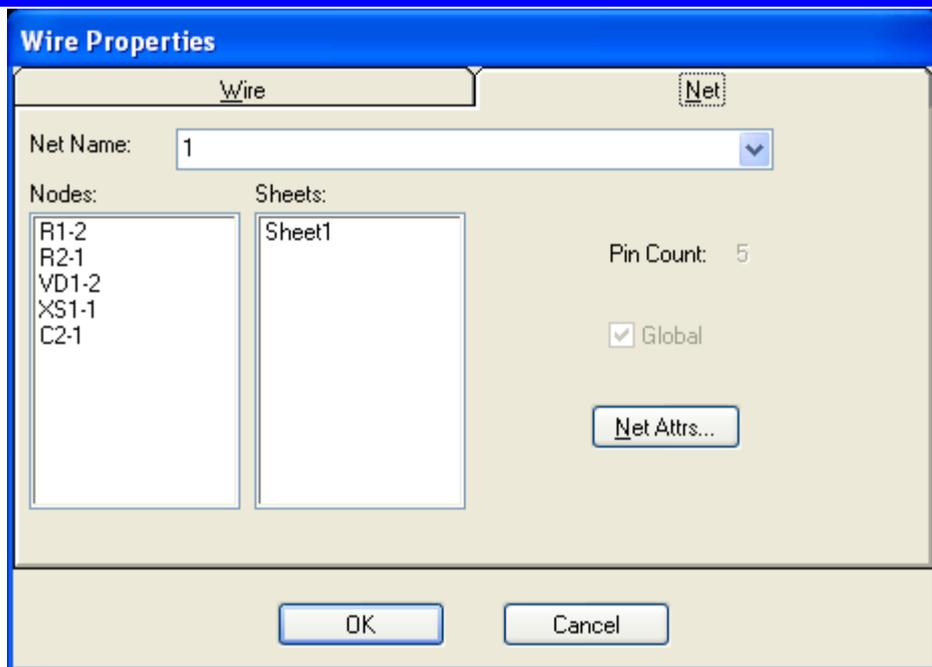


Рисунок 5.25 - Вкладка **Net** диалогового окна **Wire Properties** (Редактирование свойств цепи)

Count. Нажатие кнопки **Net Attrs..** приводит к запуску меню редактирования атрибутов цепи.

- Мощные средства для контроля схемы, а также быстрого и удобного редак-

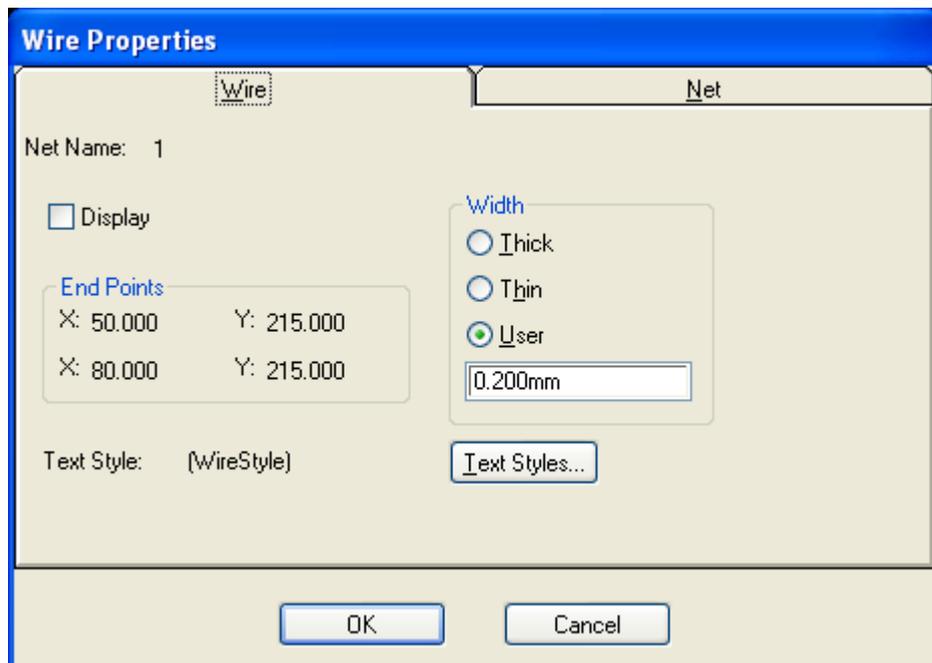


Рисунок 5.26 - Вкладка **Wire** диалогового окна **Wire Properties** (Редактирование свойств цепи)

тирования схемы предоставляет схожее диалоговое окно **Edit Nets** (Редактирование цепей), открываемое при выборе команды **Edit / Nets**. Если в списке **Net Names** (рис. 5.27) этого окна остановить свой выбор на проверяемой цепи проекта, например, **+15V**, то в списке **Nodes** будет выведен список всех выводов компонентов, к которым подключена выбранная цепь. Обозначение узла (**Nodes**) типа **DD1-14** означает, что цепь подключена к выводу **14** компонента **DD1**.

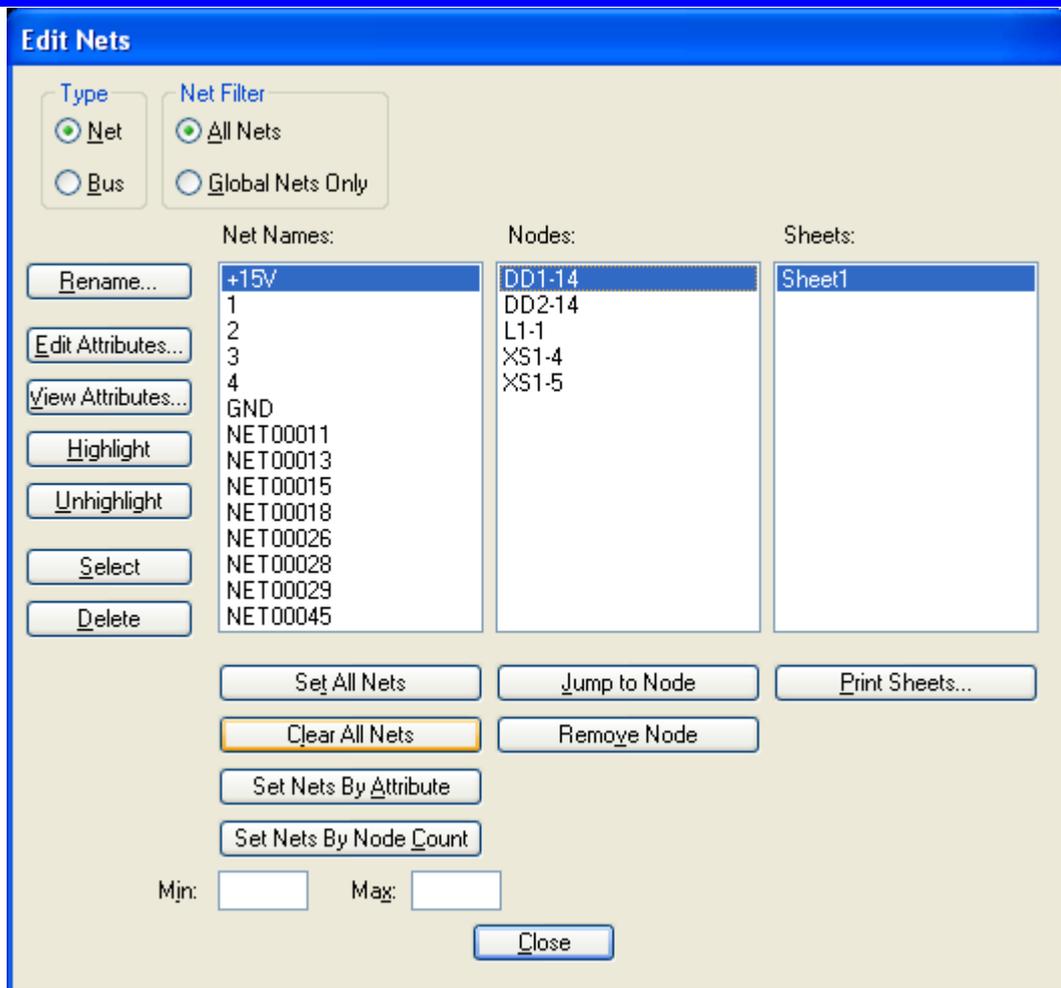


Рисунок 5.27 - Диалоговое окно **Edit Nets** (Редактирование цепей)

- В списке цепей выводятся имена как глобальных цепей проекта (**Global Nets Only**), так и всех цепей проекта. Имена шин отображаются при выборе переключателя **Bus** в группе параметров **Type**. Можно выделить все цепи, имеющие определенное число узлов (кнопка **Set Nets By Node Count**). Для этого задается в полях **Min** и **Max** минимальное и максимальное число узлов, входящих в цепь.
- Из диалогового окна **Edit Nets** нетрудно перейти к редактированию атрибутов цепей (кнопка **Edit Attrs**), переименовать цепь (кнопка **Rename**), выделить (кнопка **Highlight**) или снять выделение (кнопка **Unhighlight**) цветом, удалить (кнопка **Delete**) и выделить (кнопка **Select**) цепь. Можно также перейти в режим печати выбранного листа, нажав на кнопку **Print Sheets**.

5.12 Редактирование компонентов

- Аналогичные характеристики в плане редактирования компонентов имеет команда **Edit / Part**. Диалоговое окно данной команды показано на рис. 5.28. Помимо включения и выключения цветового выделения компонента (кнопки **Highlight** и **Unhighlight** соответственно), можно также выделить цветом все присоединенные к компоненту цепи (кнопка **Highlight Attached Nets**), снять их выделение (**Unhighlight Attached Nets**), а также перейти к компоненту (**Jump**). Нажатие на кнопку **Properties** позволяет перейти к редактированию свойств компонента.
- В некоторых случаях бывает необходимо внести изменения в библиотечный элемент, уже задействованный в проекте. В этом случае обновить компо-

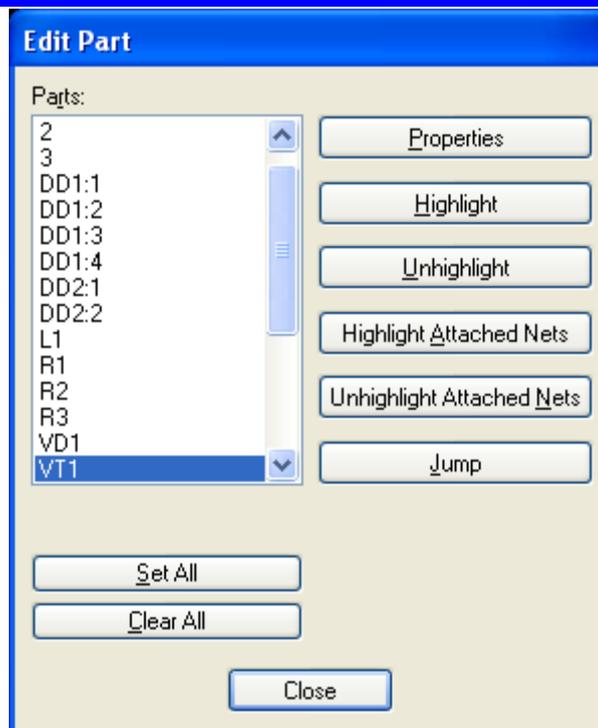


Рисунок 5.28 - Диалоговое окно **Edit Part** (Редактирование компонентов)

ненты, введенные в принципиальную схему, позволяет команда **Utils / Force Update** (рис. 5.29).

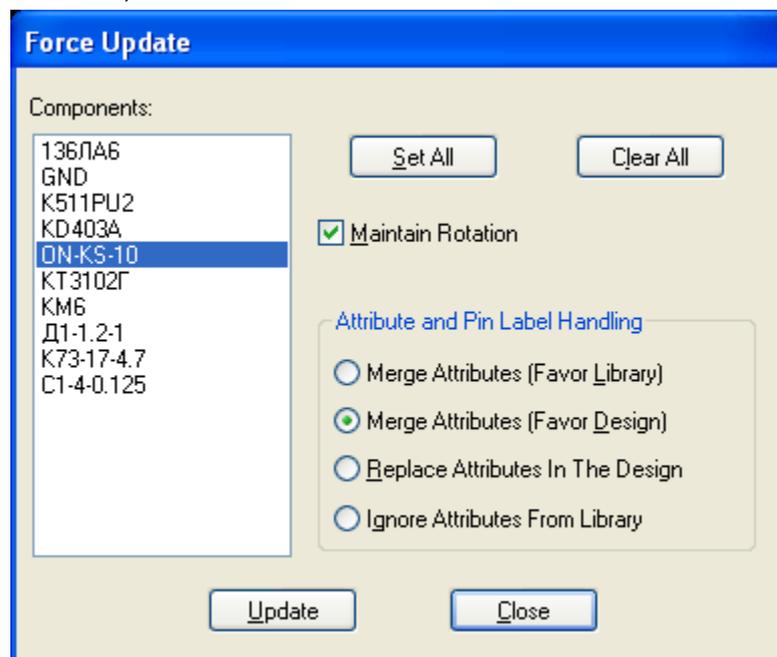


Рисунок 5.29 - Диалоговое окно **Force Update**

- В раскрывающемся списке **Components** выбираются компоненты, подлежащие замене. Выделение всех компонентов производится с помощью кнопки **Set All**. При включенном флажке **Maintain Rotation** разрешается вращение компонента.
- Группа переключателей **Attribute and Pin Label Handling** определяет взаимодействие атрибутов при вводе измененного компонента:
- **Merge Attributes (Favor Library)** - объединить атрибуты (предпочтение атрибутам библиотеки).

- **Merge Attributes (Favor Design)** - объединить атрибуты (предпочтение атрибутам проекта).
- **Replace Attributes In The Design** - заменить атрибуты в проекте на атрибуты компонента из библиотеки.
- **Ignore Attributes From Library** - не использовать атрибуты компонента из библиотеки.

5.13 Синтаксическая проверка

Основной причиной ошибок в печатных платах является недостаточный контроль принципиальной схемы. К сожалению, автоматизации поддается лишь контроль простых синтаксических ошибок (цепи, присоединенные только к одному выводу или вовсе не имеющие узлов, неподключенные выводы, различные электрические ошибки и т.д.). Контроль логического соединения выводов компонентов во все времена будет только визуальным, вот почему процесс создания принципиальной схемы - очень важный этап в проектировании изделия и требует самого пристального внимания.

- Для проверки возможных синтаксических ошибок, допущенных при создании схемы необходимо выполнить команды **Utils/ERC**. Откроется окно (рис. 5.30) **Utils electrical rules check** (проверка правильности выполнения правил электрических соединений), в котором приводится перечень проверок, выполняемых программой.
- Кнопка **Filename** позволяет выбрать файл, в который записывается отчет о проверке. В нем выводится информация о типе ошибки и ее координаты. Файл сообщений об ошибках ***.erc** имеет текстовый формат и может быть



Рисунок 5.30 - Диалоговое окно **Utils Design Electrical Rules Check** настройки проверки электрических цепей

просмотрен в любом текстовом редакторе.

- В зоне **Design Rule Checks** включить все виды проверок и вывод на экран отчета об ошибках с индикацией этих ошибок на схеме.
- **Single Node Nets** - поиск цепей, имеющих единственный узел.
- **No Node Nets** - поиск цепей, не имеющих узлов.
- **Electrical Errors** - поиск электрических ошибок, как правило, соединение выходов компонентов, их подключение к общим цепям и т. п.

- **Unconnected Pins** - поиск неподключенных (висячих) выводов компонентов.
- **Unconnected Wires** - поиск неподключенных цепей.
- **Bus/Net Errors** - поиск ошибок групповой связи.
- **Component Errors** - поиск ошибок компонентов, например расположение символа поверх других компонентов.
- **Net Connectivity Errors** - поиск неправильного подключения цепей земли и питания.
- **Hierarchy Errors** - поиск ошибок в иерархических структурах.
- В группе флажков **Report Options** выбираются параметры, подлежащие контролю при выполнении верификации схемы:
- установка флажка **View Report** вызывает просмотр файла сообщений об ошибках по окончании верификации схемы;
- выбором флажка **Annotate Errors** включается цветное выделение ошибок.
- Нажать на панель **Severity Levels**. Откроется окно **Rules Severity Level**, в котором указать степень серьезности ошибок (рис. 5.31). Нажать кнопку **OK**, а затем еще раз нажать кнопку **OK** в окне **Utils/ERC**.
- После этого программой производится поиск ошибок, результаты которого выводятся в текстовом файле с расширением **.ERC**. Пример фрагмента такого файла приведен на рис. 5.32.
- Для выделения на схеме цепи с ошибкой необходимо выполнить команды **Edit/Nets**. В открывшемся одноименном диалоговом окне выделить цепь с помеченным цветом номером, нажать на панель **Select**, а затем

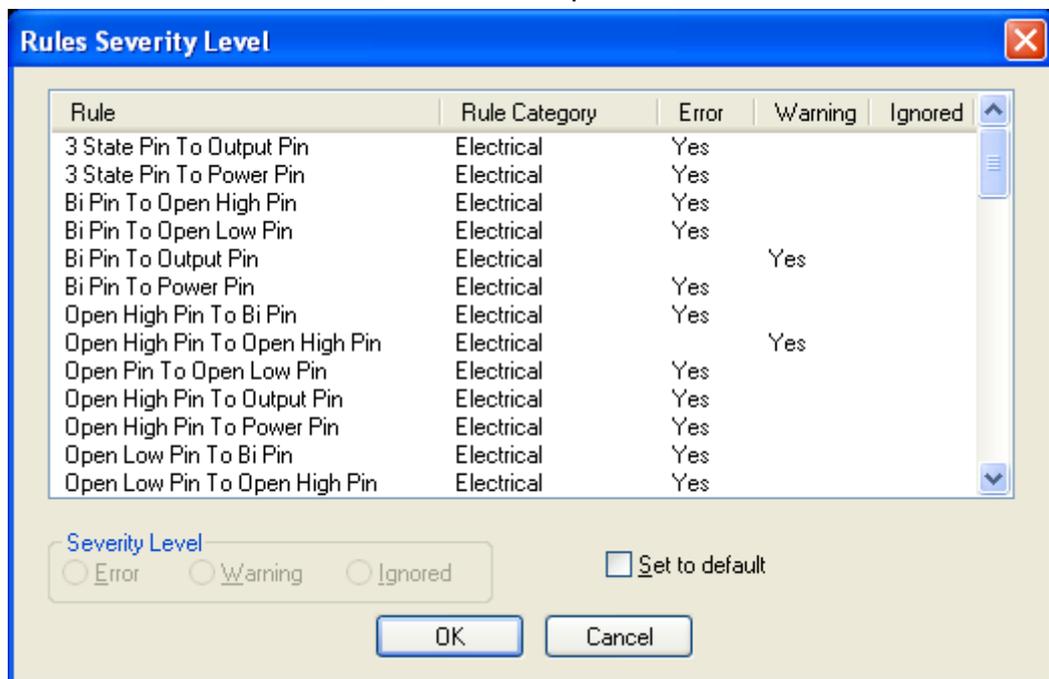


Рисунок 5.31 - Диалоговое окно **Rules Severity Level** для учреждения степени серьезности ошибок

на панель **Close** (рис. 5.27). В результате на схеме эта цепь будет выделена желтым цветом. Устранить выявленную в цепи ошибку.

- Для перевода сообщений об ошибках и их анализа целесообразно использовать [11].
- Некоторые предупреждения (*Warning*) не являются серьезными ошибками и их можно игнорировать. Например, *Net GND has no input pins* (Цепь *GND* не имеет входных выводов).

5.14 Запись сформированной схемы

- Для записи сформированной схемы выполнить команды *File/Save As*. Откроется диалоговое окно *Save As*, в котором необходимо указать папку для хранения проекта. Если такая папка не была создана ранее, то ее можно создать под именем «*Проекты*». После этого открыть папку «*Проекты*» и в строке «*Имя файла*» набрать имя вашего проекта, например, «*Учебный проект*». Щелкнуть по панели «*Сохранить*».

5.15 Упаковка схемы на печатную плату

- Для упаковки схемы на печатную плату (размещения на ПП корпусов *ЭРЭ* с указанием электрических связей между ними в соответствии с принципиальной схемой) ее надо записать в виде списка соединений. Последний включает в себя список *ЭРЭ* и цепей с указанием номеров выводов *ЭРЭ*, к которым они подключены.
- Для этого в меню *Utils* выполнить команду *Generate Netlist*. В открывшемся окне нажать на панель *Netlist Filename*, которая позволяет назначить имя выходного файла. В открывшемся стандартном окне *Windows* указать папку «*Проект*» и имя файла списка соединений - «*Учебный проект*». Нажать кнопку *OK*. В открывшемся списке *Netlist Format* необходимо выбрать формат *P-CAD ASCII* (он передает атрибуты схем на ПП) и нажать кнопку *OK* (рис. 5.33). Список цепей схемы будет сохранен.

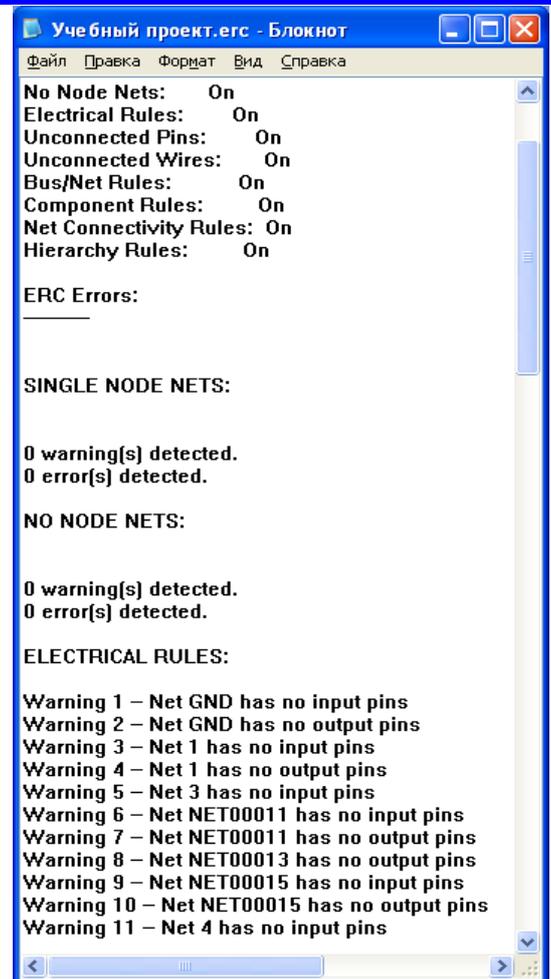


Рисунок 5.32 – Фрагмент текстового файла с расширением *.erc* с результатами поиска ошибок

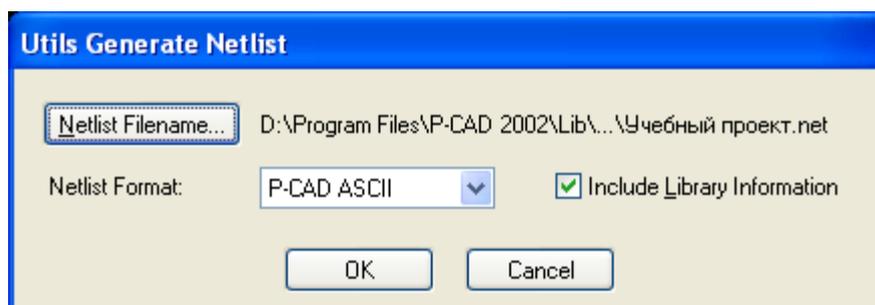


Рисунок 5.33 - Диалоговое окно *Utils Generate Netlist* (Утилита генерации списка соединений)

5.16 Разработка и выпуск конструкторской документации

Схема электрическая принципиальная является одним из основных конструкторских документов (КД), поэтому должна быть выполнена в соответствии с ГОСТом. Существует несколько способов автоматизации выполнения и обращения КД.

5.16.1 Использование САПР AutoCAD

Является наиболее удобным и отработанным способом, часто используемым в небольших коллективах разработчиков. Разработчик схемы в этом случае выполняет в **P-CAD 2006** принципиальную электрическую схему изделия и с помощью команды **File / DXF Out** переводит ее в формат **DXF**. Далее конструктор, выполняющий оформление КД в пакете **AutoCAD**, "доводит до ума" схему, т.е. рисует и заполняет форматки, вносит необходимые текстовые данные и т.д. Разработчик занимается трассировкой платы и также передает конструктору файлы - заготовки чертежей в формате **DXF**. У данного пути основное преимущество в том, что в настоящее время пакет **AutoCAD** имеет больше возможностей для оформления КД и ее вывода на бумажный носитель. Кроме того, квалифицированный ведущий разработчик освобождается от рутинной работы по оформлению.

5.16.2 Использование САПР Компас

Предоставляются примерно те же возможности, что и у **AutoCAD**, с той разницей, что КОМПАС российская разработка, ориентированная на всемерное использование отечественных стандартов.

5.16.3 Использование средств P-CAD 2006

В большинстве случаев удобно иметь полностью оформленный файл принципиальной электрической схемы с помощью **P-CAD 2006**. Для этого предусмотрен целый ряд возможностей графического редактора **P-CAD Schematic** и входящего в состав **P-CAD 2006** набора утилит **P-CAD Document Toolbox**:

- при оформлении схемы можно использовать специально разработанные файлы основной надписи и штампа (форматки) (расширение ***.tfl**), соответствующие отечественным стандартам.
- в **P-CAD 2006** имеется удобный механизм размещения информационных полей с помощью команды **Place / Field**.
- заполнение полей форматки удобно выполняется по команде **File / Design info / Fields**.
- **P-CAD 2006** имеет замечательное встроенное средство создания различных таблиц, примечаний и т.п. - набор утилит **P-CAD Document Toolbox**¹⁴ [5 - 8]:
- ввести примечания к проекту можно с помощью команды **DocTool / Notes**;
- введенные замечания к проекту можно разместить в рабочем поле проекта в виде таблицы (пяти типов) при помощи команды **DocTool / Place Table**;
- Кроме размещения различных полей и таблиц, в **P-CAD 2006** предусмотрена возможность генерации текстовых отчетов о введенной схеме проекта. Например, достаточно легко посмотреть общую статистику проекта, используя команду **File / Design Info / Statistics**.

5.16.4 Вывод схемы на печать

Для вывода схемы на печать необходимо задать надлежащие установки.

- Вначале выполнить команды **File/Print Setup**.

¹⁴ К сожалению, при оформлении документов с помощью **P-CAD Document Toolbox** не всегда соблюдаются отечественные стандарты.

- В открывшемся окне (рис. 5.34) выбрать тип принтера, размеры бумаги и ориентацию листа – «**Книжная**» для чертежей формата **A4** или «**Альбомная**» для чертежей формата **A3**.

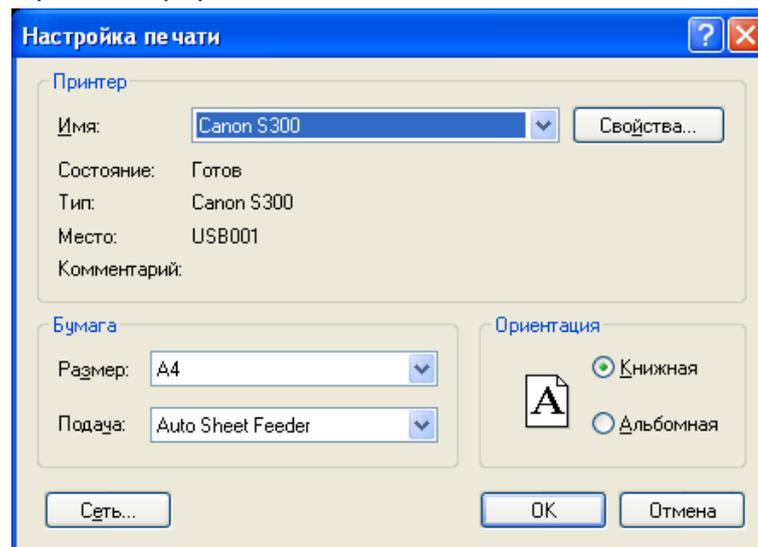


Рисунок 5.34 - Диалоговое окно "Настройка печати"

- Затем по командам **File/Print** открыть одноименное окно (рис. 5.35), в котором:
- в строке **Minimum Line Width for printing (pixels)** установить минимальную ширину печатаемых линий (в пикселях) - **1**;
- в окне **Sheets** указать курсором лист для печати (для нашего случая это единственный лист **Sheet1**);
- в окнах **Scale to Fit Page** и **Tile Sheets** установить флажки.
- Нажатием клавиши **Page Setup** открыть меню настройки (рис. 5.36), в котором в окне **Title** установить флажок для печати углового штампа, в графе **Image Scale** указать размер чертежа **A4**, а в строках **X offset** и **Y offset** за-

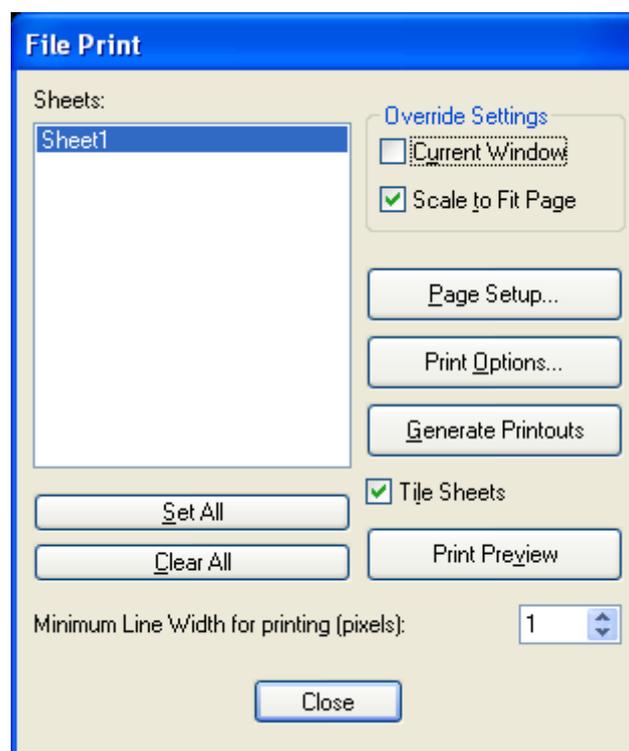


Рисунок 5.35 - Диалоговое окно **File Print** (Печать Файла)

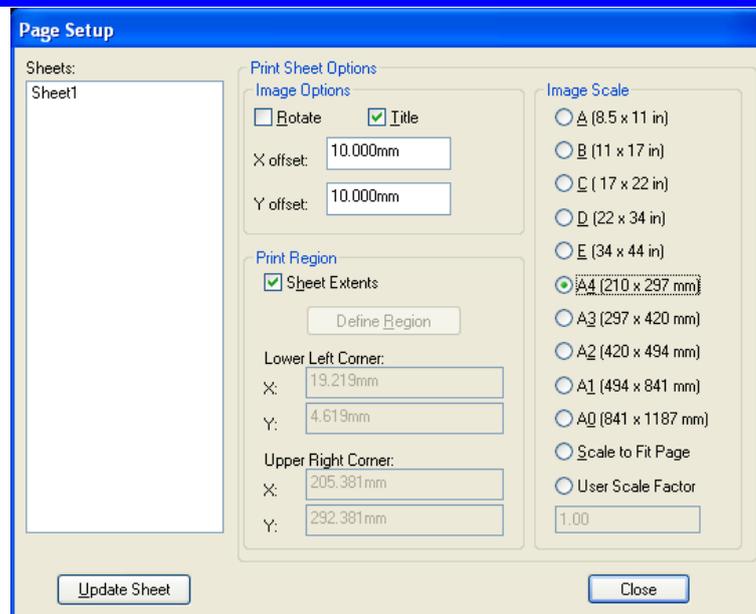


Рисунок 5.36 - Диалоговое окно **Page Setup** (Параметры страницы)

дать расстояние до края бумаги по **10** мм. Нажать **Close**. Программа вернется в меню **File Print**.

- Печать схемы выполняется нажатием клавиши **Generate Printouts**, а предварительный просмотр - нажатием клавиши **Print Preview**.
- Процедура создания схемы электрической принципиальной завершена. Можно приступить к размещению **ЭРЭ** на печатной плате. Результат разработки представлен на *рис. 5.37*.

6 Контрольные вопросы

1. Поясните назначение программы **P-CAD Schematic**.
2. Поясните назначение кнопок на панели инструментов.
3. Объясните назначение полей в нижней части экрана.
4. Каким образом выбираются для размещения элементы, входящие в электрическую схему?
5. Как выполняется вращение УГО ЭРЭ на рабочем поле?
6. Как производится соединение выводов ЭРЭ на схеме?
7. Поясните порядок введения в схему общей шины.
8. Каким образом производится подключение выводов ЭРЭ к шине?
9. Для чего и как устанавливаются порты на линии связи?
10. Для чего и как схема записывается в виде списка соединений?

7 Отчетность

Для получения зачета по работе студент должен представить схему электрическую принципиальную ПП и перечень элементов к ней. Документы должны быть оформлены в соответствии с требованиями ЕСКД [1 - 4].

P-CAD 2002 Schematic - [Учебный проект]

File Edit View Place Rewire Options Library Utils Simulate
DocTool Macro Window Help

NET8
NET1

Имя	Значение
Вход	
Выход-1	+ 5В
Выход-2	+ 5В
Выход-3	+ 5В
Выход-4	+ 5В

ПКФ КП 5.411.005.33

Электронный блок

Система автоматизированного проектирования

Листов: 1 Листов: 1

ТЗСР, РМБ, стр. 233.1

Click <Left> to single Select, <Ctrl><Left> for multiple, or drag for block select.

47.500 292.500 Δbs 2.500 M Sheet1

Рисунок 7.37 - Итоговый чертеж схемы электрической принципиальной учебного проекта

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобрин Ю.П. Составление и чтение принципиальных схем. – Томск, ТУСУР, 2000. - 27 с.
 2. Кобрин Ю.П. Схемы при проектировании РЭС. – Томск, ТУСУР, 2000. - 24 с.
 3. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Ч. Т. Романычева, А. К. Иванова, А. С. Куликов и др; Под ред. Э.Т. Романычевой. - 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Радио и связь, 1989. - 448 с.
 4. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова Н.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 316 с.
 5. Мактас М.Я. Восемь уроков по P-CAD 2001. - М.: СОЛОН-Пресс, 2003. - 224 с.: ил.
 6. Стешенко В.Б. P-CAD. Технология проектирования печатных плат. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 720 с.: ил.
 7. Разевиг В. Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 2001. - М.: Солон-Р, 2001.
 8. Саврушев Э.Ц. P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат. Практик. пособие — М.: Издательство ЭКОМ, 2006. - 320. с.: ил.
 9. Лопаткин А.В. Проектирование печатных плат в системе P-CAD 2001. Учебное пособие для практических занятий. – Нижний Новгород, НГТУ, 2006. - 190 с.
 10. Кобрин Ю.П. Команды графического редактора **P-CAD Schematic** – Томск, ТУСУР, 2012. - 19 с.
 11. Кобрин Ю.П. Сообщения об ошибках программы **P-CAD Schematic** – Томск, ТУСУР, 2012. - 2 с.
 12. Кобрин Ю.П. Создание углового штампа чертежа и форматов в P-CAD 2006. – Томск, ТУСУР, 2012. - 31 с.
 13. Кобрин Ю.П. Организация и ведение библиотек электрорадиоэлементов в **P-CAD**. – Томск, ТУСУР, 2012. - 27 с.
 14. Кобрин Ю.П. Создание условных графических обозначений электрорадиоэлементов средствами редактора **P-CAD Symbol Editor**. – Томск, ТУСУР, 2012. - 52 с.
 15. Кобрин Ю.П. Создание компонентов радиоэлектронных средств с помощью программы работы с библиотеками **P-CAD Library Executive**. – Томск, ТУСУР, 2012. - 30 с.
 16. Справочная база разработчика и конструктора РЭА. Элементная база: Справочник / Масленников М.Ю., Соболев Е.А., Соколов Г.В. и др. Книга 1. – М.: 1993, 156 с.
 17. Справочная база разработчика и конструктора РЭА. Элементная база: Справочник / Масленников М.Ю., Соболев Е.А., Соколов Г.В. и др. Книга 2. – М.: 1993, 300 с.
-
-