

РАЗДЕЛ 3 СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ P-CAD

ГЛАВА 1

Основные положения при создании схем электрических принципиальных

Для создания схем электрических принципиальных в **P-CAD 2001** следует использовать программу **Schematic**. Чтобы ее активизировать, следует дать команду **Пуск | Программы | P-CAD 2001| Schematic** (рис. 3.1). При этом перечень доступных для Windows объектов (программ), указанных в первой и второй колонках, скорее всего, не будут совпадать с программным обеспечением, установленным на Вашем компьютере.

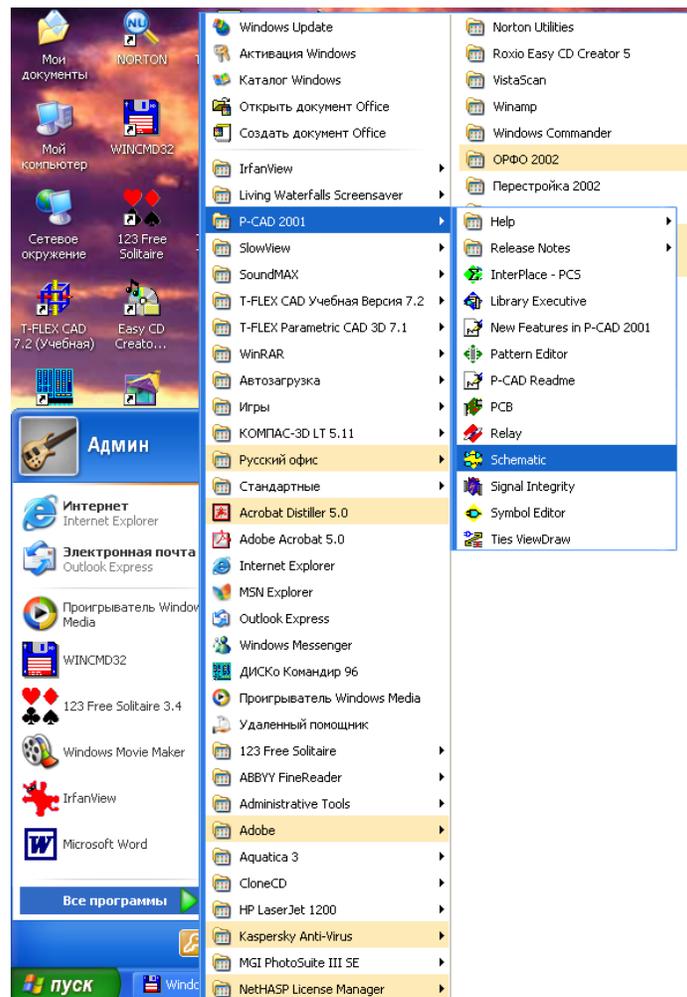


Рис. 3.1. Путь для запуска программы *Schematic*

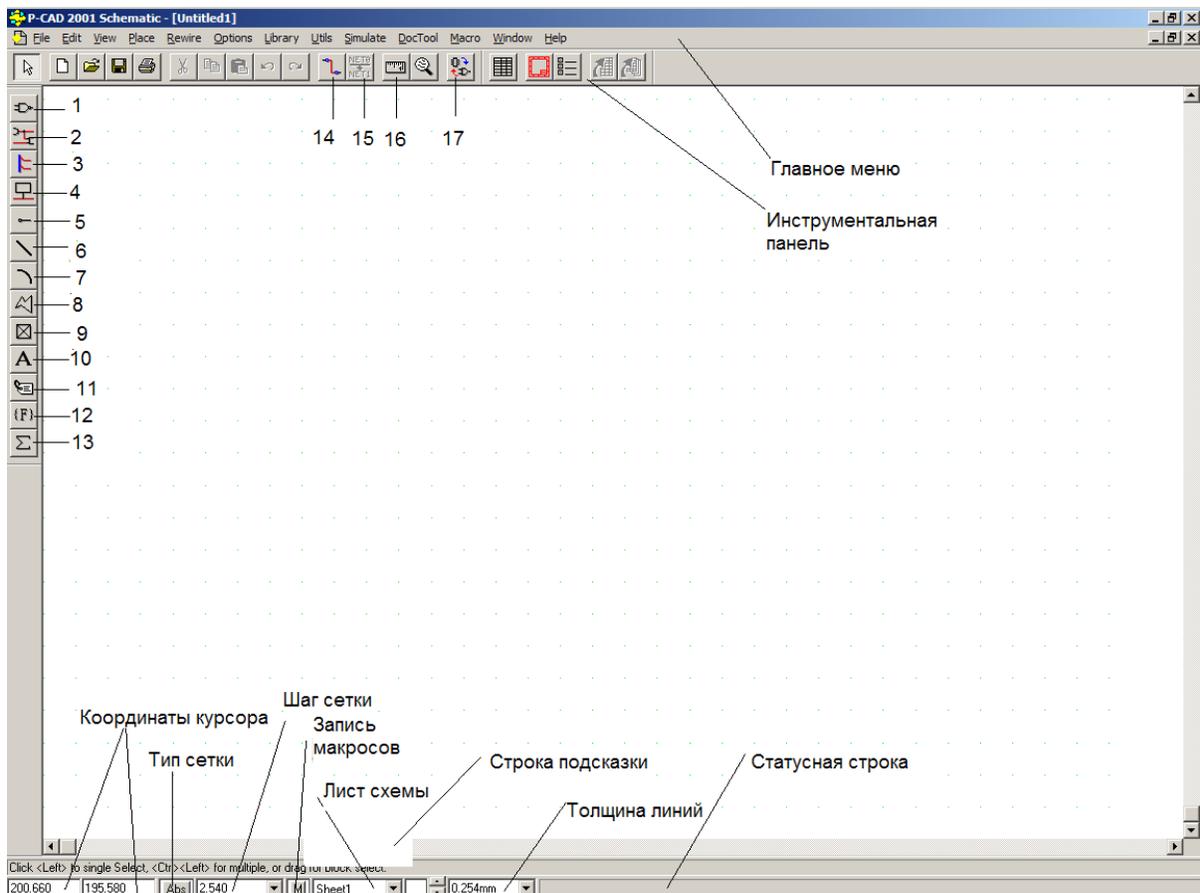


Рис. 3.2. Назначения кнопок и панелей Schematic

После запуска программы у Вас на экране появится окно, представленное на рис. 3.2. При этом пиктограммы меню инструментов имеют следующие назначения:

1. Place Part – размещение символа компонента;
2. Place Wire – размещение цепи;
3. Place Bus – размещение шины;
4. Place Port – размещение порта;
5. Place Pin – размещение вывода;
6. Place Line – размещение линии;
7. Place Arc – размещение дуги;
8. Place Polygon – размещение полигона;
9. Ref Point – размещение точки привязки символа;
10. Text – ввод текста;
11. Attribute – ввод атрибута;
12. Field – размещение строки данных;

13. EEE Symbol – размещение символа блока;
14. Manual – редактирование цепи;
15. Rename Net – переименование цепи;
16. Measure – измерить расстояние;
17. Record ECOs – начать/закончить запись файла изменений.

По умолчанию, рабочая область будет отображена черным цветом (в отличие от приведенного на рисунке – изменения цвета фона обусловлена чисто издательскими проблемами составителя и не влияет на результат создания схемы).

В качестве примера выполнения схемы электрической принципиальной взята схема «Мелодичный звонок с генератором случайных чисел» [1]. Данная схема достаточно проста для объяснения проектирования в редакторе **Schematic**.

На рис. 3.3 представлена схема, отсканированная непосредственно из журнала. При создании схем электрических принципиальных (далее по тексту **ЭЗ**) необходимо иметь в виду:

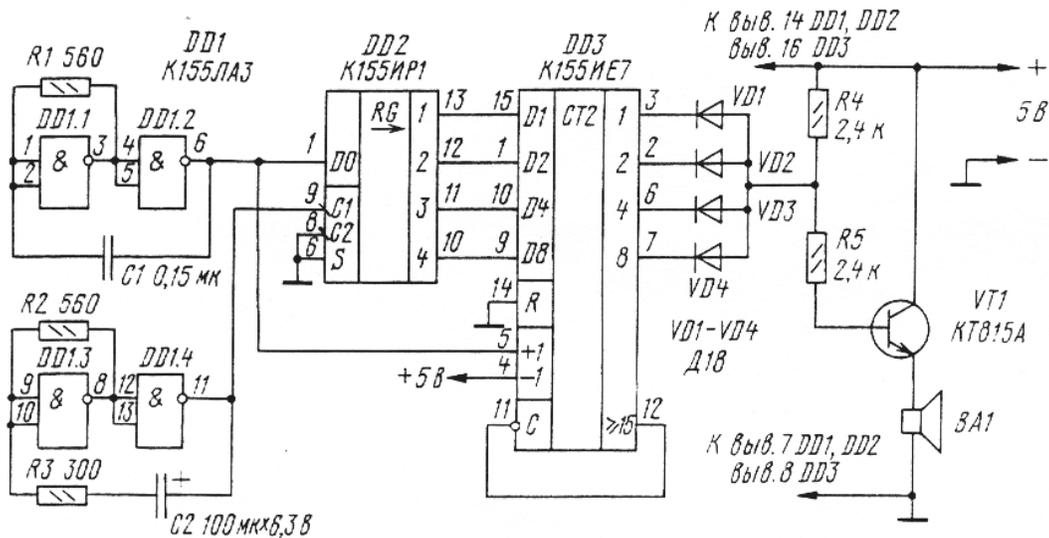


Рис. 3.3. Вид отсканированного рисунка схемы устройства

1. Как правило, в предложенных Вам заданиях, присутствуют схемы **устройств**, а не **схемы ЭЗ** печатных плат (**ПП**). Поэтому, для получения, в конечном итоге, трассировки **ПП** следует переработать предложенное Вам задание и вычертить **ЭЗ** именно **ПП**, т.е. оставить на **ЭЗ** то, что должно быть на **ПП**. (Это можно сделать на любом листе бумаги, т.е. «для себя», после чего уже приступить к работе за компьютером).

2. При вычерчивании ЭЗ для ПП следует максимально пытаться соответствовать требованиям российских стандартов. В подавляющем большинстве всех случаев использования программ направления EDA (**Electronic Design Automation** – автоматизированное проектирование электроники) эти средства не поддерживают ЕСКД. Поэтому достаточно часто доработка ЭЗ ведется в САПРах машиностроительного назначения, которые в той или иной соответствуют отечественным стандартам.

Исходя из только что изложенного и приведенного отсканированного рисунка схемы, видно, что на ПП не будет (в данном конкретном случае) динамика ВА1. Всё остальное остается и на ЭЗ, и на ПП. Ещё раз **составитель подчеркивает**, что для каждого конкретного задания следует исходить из назначения устройства и конструктивных соображений.

Замечание. В практике разработки электронных устройств нередко приходится в одном устройстве сочетать одновременно печатный и объемный монтаж, что вызвано самыми различными причинами в основном конструктивного плана. Некоторые элементы (тумблеры, переключатели и пр.) должны монтироваться на элементах конструкции, например на передней панели устройства, и в этом случае они оказываются механически не связанными с печатной платой. Большие и тяжелые элементы, например, трансформаторы, мощные транзисторы и тиристоры устанавливаются на радиаторы вне платы.

Рекомендация: прежде чем начинать создавать чертеж, следует вспомнить или ознакомиться с общими правилами выполнения схем (ГОСТ 2.701–84 и ГОСТ 2.702–75). *Цитата* (шрифтовые выделения сделаны составителем): «Порядковые номера присваиваются в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме: сверху вниз, в направлении слева направо... . **Позиционные обозначения проставляются рядом с графическим обозначением элемента с его правой стороны или над ним**». Как правило, схема, выполненная в P-CAD, этого не поддерживает. Более того, позиционное обозначение одной секции цифровых микросхем на схеме электрической в P-CAD вводится в виде, например, DD2:1 (или DD2:A), хотя должно быть DD2.1.

При выполнении схем применяются графические обозначения: условные, установленные стандартами ЕСКД на соответствующие схемы; упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические); прямоугольники.

Стандарты на условные графические обозначения элементов содержат также размеры для обозначений. Остальные обозначения следует изобра-

жать в размерах, в которых они выполнены графически в стандартах. **Допускается:**

- пропорционально уменьшать **все** обозначения, сохраняя четкость схемы;
- увеличивать условные графические обозначения при вписывании в них поясняющих знаков;
- уменьшать условные графические обозначения, если они используются как составные части обозначений других элементов;
- поворачивать условное графическое обозначения на угол, кратный 45° , по сравнению с изображением, приведенном в стандарте, или изображать зеркально повернутым (с буквенно-цифровыми обозначениями допускается разворачивать **УГО** против часовой стрелки только на 45° или 90°).

Расстояние между отдельными графическими обозначениями не должно быть менее 5 мм.

В общем случае толщина линий связи и графических обозначений одинакова (рекомендуется **0,3 – 0,4** мм). Утолщенными линиями изображаются **линии групповой связи** (линии, условно изображающие группу линий электрической связи проводов, кабелей, шин, следующих на схеме в одном направлении). Утолщенные линии связи выполняются вдвое толще принятой толщины линий.

Линии связи должны состоять, как правило, из горизонтальных и вертикальных отрезков с расстоянием между ними не менее 3 мм. При этом количество изломов и взаимных пересечений должно быть наименьшим. Если линии связи затрудняют чтение схемы, их можно оборвать, закончив стрелкой, и указать обозначение или наименование, присвоенное этой линии (например, номер провода, наименование сигнала, условное обозначение буквой, цифрой).

Около графических обозначений (справа или сверху) или на свободном поле схемы, как правило, над основной надписью допускается размещать различные технические данные. Около графических обозначений элементов помещают, например, номинальные значения их параметров, а на свободном поле схемы – диаграммы, таблицы, текстовые указания.

*Здесь следует указать на то, что **P-CAD 2001** (по умолчанию) многие перечисленные выше допущения ЕСКД не поддерживает.*

ГЛАВА 2

СОЗДАНИЕ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ

§1. Подготовительные операции

В связи с тем, что в **P-CAD 2001** каждый новый чертеж начинается с настройки, то для конструктора имеет смысл создать один раз шаблон-«пустышку», в который были бы заложены все основные правила создания ЭЗ. Для этого следует выполнить следующие действия:

1. На одном из логических дисков создайте свою папку для выполнения работы, в ней Вы будете хранить все свои файлы (составитель рекомендует записать для памяти: где и под каким именем это сделано). *При этом ни в имени папки, ни в имени файла не должно быть строчной русской буквы «я».* Для текстовых файлов **P-CAD** – это признак окончания файла.

2. Произвести запуск программы **Schematic** (рис. 3.1).

3. Далее следует провести настройку системы, максимально приближенную к ЕСКД (настройка толщины линий, типа шрифта и его размеров и т.д.). Для этого следует вызвать команду текстового меню **Options** – Настройки (рис. 3.4), после чего:



Рис. 4. Пункты меню **Options**

1). Выберите пункт **Block Selection** (Выбор блока). В левой нижней части диалогового окна выберите кнопку **Set All** (Выбрать всё) и далее **OK**.

2). Затем в том же текстовом меню выбрать пункт **Configure** (Конфигурация). В открывшемся диалоговом окне **Options Configure** (Установка

конфигурации) поставить флажок в окне **User** и ввести размеры рабочего поля примерно миллиметров на 50 больше требуемого. Это позволит Вам увидеть всё рабочее поле вместе с рамкой. В зоне **Units** (Единицы измерения) выберите *mm*. В зоне **Orthogonal Modes** (Варианты ортогональности) выделите оба варианта. В зоне **Auto Save** (Автосохранение) также выделите первые два варианта и установите время, *через которое создаваемый Вами чертеж будет автоматически сохраняться (но только после того, как Вы дадите файлу имя – команда **File** | **Save As...**)*. При этом резервные копии будут записываться с именем проекта, но с расширениями «.s01», «.s02», «.s03». После этого в графе **Title Sheets** (Заголовок листа) щелкните по кнопке **Edit Title Sheets** (Редактирование заголовка листа) и в новом открывшемся окне установите флажок **Display Border** в зоне **Border** (это позволит Вам увидеть рамку чертежа). Далее закройте окна кнопкой **Close** и затем **OK**.

3). Теперь можно дать имя нашему шаблону-«пустышке». Не забудьте при этом указать имя Вашей папки, а само имя, скорее всего, будет *совпадать с именем Вашей папки. По умолчанию* расширение файла будет **.sch*.

4). Еще одним пунктом команды **Options** будет установка шрифта. Это связано с тем, что *по умолчанию P-CAD* не использует *кириллические* шрифты. При создании условно-графического обозначения (**УГО**) были использованы русифицированные (кириллические) шрифты (чаще всего не ГОСТовские). Высота шрифта **Pin Style** (**Pin** – вывод) равна 2,5 мм, высота шрифтов **Part Style** (**Part** – корпус) и **Wire Style** (**Wire** – проводник, электрическая связь) 3,5 и 1,5 мм соответственно (правда, не все авторы библиотек этого придерживаются, и размеры шрифтов и стиль написания не соответствуют ЕСКД). Этими шрифтами программа создает надписи, соответствующие названию. Пользователь может использовать указанные шрифты для выполнения любых надписей при помощи команды **Place Text** (Разместить текст). По умолчанию эти шрифты выводятся только латинскими буквами, но их нетрудно заменить кириллическими шрифтами, а так же изменить их размеры и начертание. Но, с другой стороны, эти шрифты используются программой для надписей и текстов, не требующих, как правило, русского алфавита, поэтому менять их без особой надобности не следует. А для прочих надписей и текстов лучше ввести дополнительные шрифты.

P-CAD 2001 «понимает» **TTF**-шрифты, поэтому можно выбрать ГОСТовские. Это делается по команде **Text Style...** (Текстовый стиль). В открывшемся диалоговом окне **Options Text Style** нажмите на кнопку **Add** (Добавить) и далее в окне **Add Text Style** в строке **Name Style** (Имя стиля) ввести имя стиля,

например, **GOST** (рис. 3.5). После этого нажмите на кнопку **Font** для выбора ГОСТовского шрифта. Выберите из интегрированных в **Windows** шрифтов от **Компас-График**, **WinMachine**, **Adem** либо от **T-Flex CAD**. Укажите тип шрифта «Курсив» (он будет основным) (рис. 3.6) и его размер (по ЕСКД) 3,5 мм (рис. 3.7).

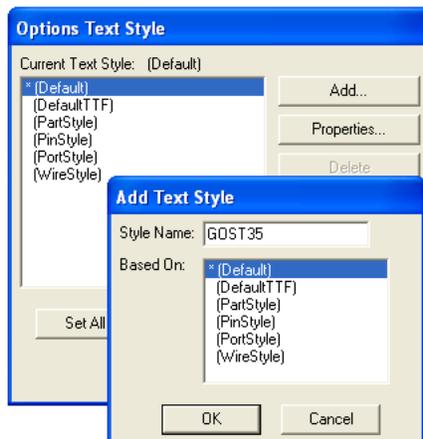


Рис. 3.5. Ввод имя нового стиля

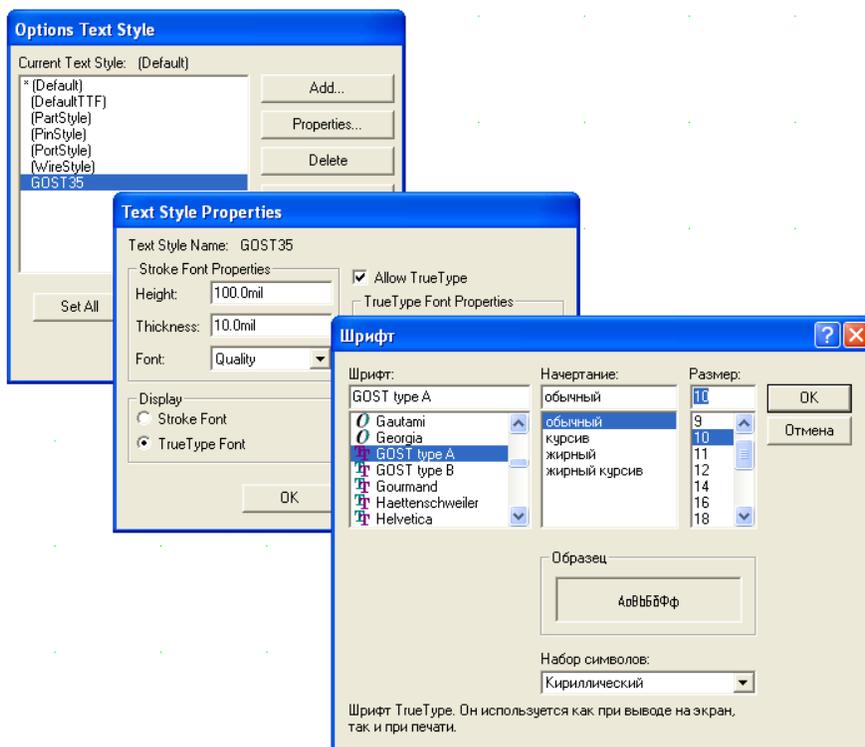


Рис. 3.6. Выбор шрифта и его типа.

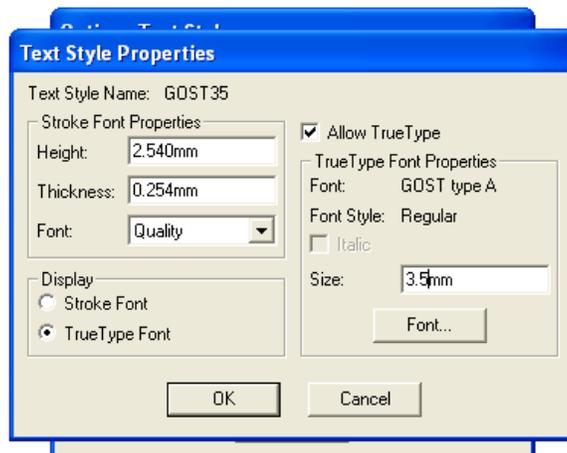


Рис. 3.7. Выбор размера шрифта

Замечание: понятие высоты шрифта в **P-CAD** не соответствует высоте шрифта, оговоренному в ГОСТ 2.304–81, согласно которому она равна высоте строчных букв (кроме Д и Ш). Высота в **P-CAD** соответствует расстоянию между смежными строками текста (т.е. высоте букв **плюс** межстрочный интервал), поэтому, если Вы хотите точно соблюсти размеры по ГОСТу, то увеличьте высоту приблизительно на 25%. Например, для шрифта 3,5 мм следует установить высоту 4,37 мм.

5. Аналогично создайте шрифты **GOST 2,5** и **GOST 5**.

6. Далее следует установить толщины линий, соответствующие ЕСКД. В выпадающем меню выбирается пункт **Current Line** (Действующая линия). Ещё раз напомним, что электрические связи, согласно ГОСТу, изображаются линиями шириной от 0,2 до 1,0 мм. Учитывая высокую разрешающую способность современных печатающих устройств (принтеры, плоттеры) и множительной техники (то, что мы называем ксероксами), можно вычерчивать линии электрической связи толщиной от **0,3** мм. Для выделения важных цепей (например, силового питания) ГОСТ допускает использование утолщенной линии – **0,6** мм. Вычерчивание отдельных элементов схем допускается толстой линией – 0,6 мм. По умолчанию в диалоговом окне **Options Current Line** постоянно присутствуют два типа линий **Thick** (толстая) и **Thin** (тонкая). Первая имеет толщину 0,76 мм, вторая – 0,25 мм. Кроме того, допускается установить линии любой толщины. Чтобы установить ГОСТовский набор линий следует активизировать флажок **User** (Пользователь) и ввести требуемую толщину линии, например, 0,4 мм, и щелкнуть по кнопке **OK**. Для задания следующих толщин линий повторяются все действия, начиная со щелчка по команде **Options**, после чего указываются требуемое значение толщины. Та-

ким образом, в Вашем распоряжении окажется пять линий, отличающихся толщиной: **Thick**; **Thin**; **0,3**; **0,4**; **0,6** мм. Для **Thin** можно указать разновидность линии по конструкции (кроме сплошной): пунктирную (**Dashed**) или цепочку точек (**Dotted**).

7. Последним шагом при создании шаблона является установка шага сетки привязки элементов. В меню **Options** следует выбрать **Grids...** В появившемся диалоговом окне **Options Grids** (Установка сетки) (рис. 3.8) указывается шаг сетки 2,5 мм (рекомендация [4]). В [5, 10, 13] рекомендуется использовать шаг равный 2 мм, что совсем неудобно. Хотя во время работы с библиотеками различных авторов возможно изменение сетки до 0,25 мм.

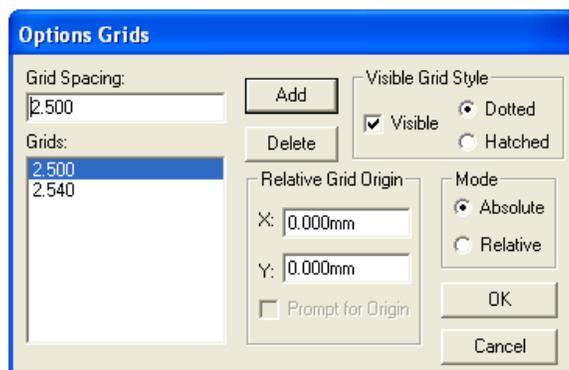


Рис. 3.8. Установка шага сетки

По мнению составителя, шаг 2,5 мм является более предпочтительным, т.к. в дальнейшем не позволит провести линии связи менее 2,5 мм между ними и проще размещать элементы не ближе 5 мм друг от друга.

На этом настройка **Schematic** заканчивается. **Шаблон можно сохранить.**

§2. Рисование схемы

Разработка **ЭЗ** выполняется средствами **P-CAD 2001 Schematic** с применением **УГО**. Возможны два варианта. Первый – когда вычерченная схема не используется для разработки **ПП** и даже не оформляется как схема по ЕСКД.

Второй – когда созданию **ПП** предшествует разработка комплекса конструкторской и технологической документации (в том числе и **ЭЗ**).

В первом случае при рисовании схем берутся библиотечные элементы (компоненты), не связанные с определенной конструктивной базой, т.е. применяются только графические образы схем (**УГО**). Во втором случае каждый элемент схемы несет полную конструкторскую информацию, необходимую для проектирования **ПП**.

Есть еще одно направление, промежуточное, суть которого состоит в том, что на первом этапе разрабатывается ЭЗ, не содержащая конструктивных данных, т.е. корпусов, устанавливаемых на плату (в терминах P-CAD это – **Pattern**), и поэтому не пригодная для конструирования ПП. Она может служить для иллюстрации материала для книг, статей в журналы и т.д. На очередном этапе эта схема дополняется конструкторской и технологической информацией, что позволяет рассматривать ее как основу будущей ПП. **В данном пособии и выполнении работы** мы пойдем по второму варианту.

Будем считать, что программа **Schematic** уже запущена, и в качестве шаблона загружен формат АЗ со сделанными ранее настройками.

Рисование ЭЗ (вывод на рабочее поле чертежа УГО) начинается (*опять таки!*) с настройки, но на этот раз настройки библиотек. Составитель **настойчиво рекомендует** на этом этапе работы ознакомиться с содержимым предлагаемых библиотек. Конечно, можно открыть все библиотеки, но при этом существенным образом снижается быстродействие компьютера

Если вернуться к схеме устройства, предлагаемого составителем для разработки ЭЗ, то видно, что в этом **конкретном случае** требуются библиотека микросхем серии 155, библиотека резисторов (0,125 Вт), библиотека диодов и конденсаторов как электролитических, так и неполярных. Но у Вас не возникнет больших проблем, если по ходу работы потребуется дополнительная (новая) библиотека. На любом этапе работы это можно сделать (как и в самом начале работы), выполнив команду **Library** (Библиотека) | **Setup** (Установка) (рис.3.9).



Рис. 3.9. Начало установки библиотек

Откроется соответствующее диалоговое окно, в котором следует щелкнуть по кнопке **Add** (Добавить). После этого откроется стандартное окно *Windows* открытия файла, где и ищется соответствующая библиотека (рис. 3.10, 3.11).

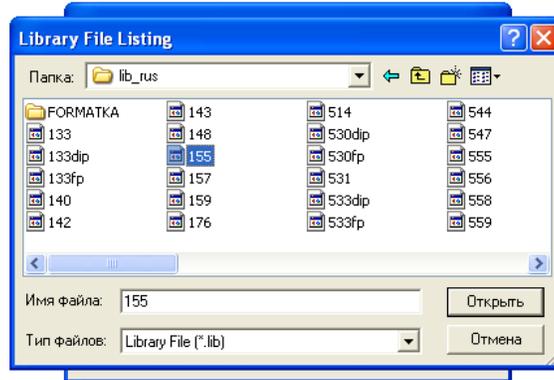


Рис. 3.10. Установка конкретной библиотеки

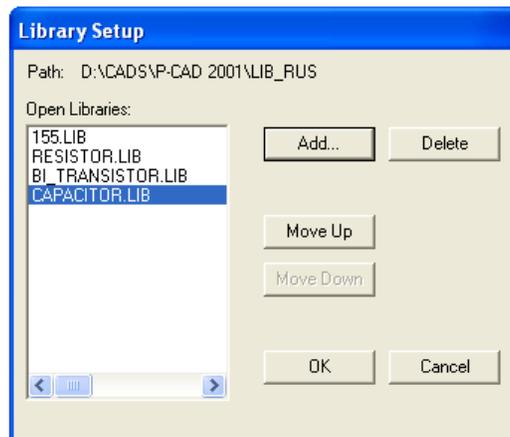


Рис. 3.11. Библиотеки, готовые к работе

Создание ЭЗ начинается с размещения на рабочем поле *нескольких* первых УГО. (Достаточно большая часть Ваших коллег из библиотек извлекает 90% всех УГО, после чего ужасно мучается в выборе и расстановке на *неоставшееся* свободное место).

Правила следующие:

- выводить элементы *поштучно*, в любой последовательности;
- извлекать элементы из библиотек поштучно и каждый из них размещать на рабочем поле в необходимом количестве;
- вызывать из библиотеки по одному экземпляру каждого элемента и временно располагать на свободном месте, а в дальнейшем, по мере рисования схемы, использовать эти резервные копии (это обусловлено возможно-

стью выделения конкретного элемента и **копирования** его на новое место. А по окончании создания ЭЗ не забыть лишние элементы удалить, иначе они, не соединенные электрическими связями, появятся на ПП), или – доставать и расставлять на свои места только по одному экземпляру элемента, а для повторного использования делать копии с уже находящихся на рабочем поле. Такой вариант можно применять даже в том случае, если элемент соединен электрическими связями (проводниками) с другими элементами, имеет позиционное обозначение и определенный номинал.

Наиболее эффективной работа будет при условии, если Вы будете копировать элементы, имеющиеся на рабочем поле, и лишь изредка использовать библиотеки. У многих элементов при нанесении на схему приходится менять ориентацию и исправлять положение сопровождающих их текстов, к которым относятся позиционное обозначение, номинал и др.

Щелкните по кнопке **Place Part** (Размещение элемента). Выведите указатель мыши на любое место рабочего поля и щелкните левой кнопкой. Откроется окно (рис. 3.10), в котором выберите требуемую библиотеку. Далее выберите из открывшейся библиотеки требуемый элемент и установите его на рабочую область. Таким образом, вы можете получить начало чертежа, подобно представленному на рис. 3.12.

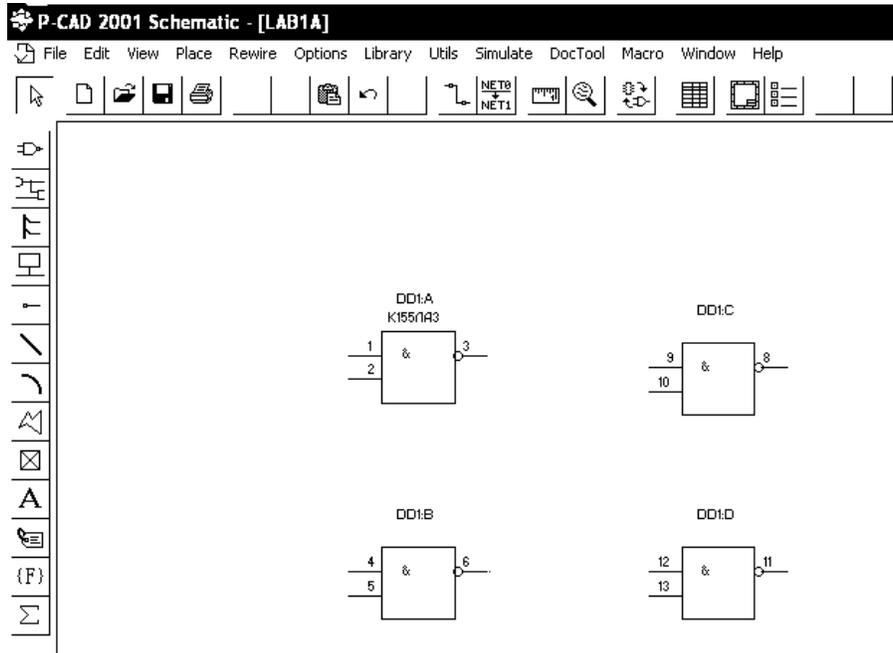


Рис. 3.12. Начало чертежа с первыми установленными элементами

Если у Вас появятся еще и надписи типа номинала, а Вам (*в Вашем конкретном случае*) это не нужно (ГОСТ *допускает* наличие типа микросхем и номинала у пассивных элементов), то убрать их достаточно просто. Щелкните левой кнопкой мыши по элементу (при этом элемент схемы выделится цветом); далее нажмите на *правую* кнопку мыши и из появившегося контекстного меню выберите **Properties...**, и в окне **Visibility** закройте вывод на экран **Type** и **Value** (как показано на рис. 3.13). При этом составитель рекомендует в поле **Value** указывать номинал у пассивных элементов. Это может пригодиться при создании перечня элементов через *.bom-файл. Как это делается, будет показано далее.

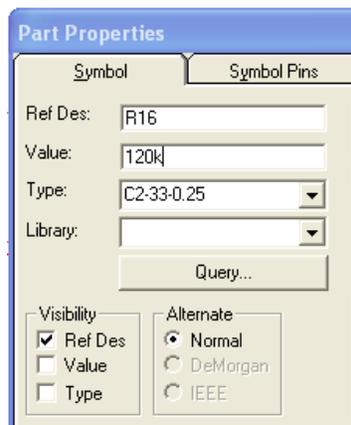


Рис. 3.13. Установка величины элемента

Если в открытых библиотеках не оказалось нужного Вам элемента, то следует щелкнуть по кнопке **Library Setup** (Установка библиотеки). После этого следует указать новую библиотеку. Чтобы убрать библиотеку, следует выделить ее в диалоговом окне **Library Setup** и щелкнуть по кнопке **Delete** (Удалить). В данном случае она будет *выведена из программы P-CAD*, но останется в виде файла на диске. Если Вы хотите увидеть изображение **УГО** (а это особенно важно при проектировании **ПП** в программе **PCB**), то в диалоговом окне **Place Part** при выделении имени элемента следует щелкнуть по кнопке **Browse** (Просмотр). В этом случае открывается дополнительное окно, в котором будет показано **УГО** выделенного элемента. (Аналогичное происходит и в редакторе проектирования **ПП – PCB**). Чуть ниже, под окном, Вы увидите информацию об именах символа и посадочного места (при условии, что они присутствуют в составе компонента).

Если Вы решили, что на **ЭЗ** должны присутствовать и позиционное обозначение {**RefDes**} и значение величины {**Value**} вводимого элемента, устранение видимости не следует делать. Для этого нужно:

- ввести буквенный код элемента, если его нет в УГО;
- изменить буквенный код, помещенный в УГО ранее (если это требуется);
- добавить буквенный код и начальную цифру для позиционного обозначения элемента. Первая копия этого элемента, находящаяся на рабочем поле, имеет установленное позиционное обозначение. При многократном воспроизведении элемента на схеме последующие копии снабжаются позиционными обозначениями, каждый раз увеличивающимися на единицу. Если для позиционного элемента (как составной части библиотеки) не определена цифра позиционного обозначения, то первая копия окажется без номера (только цифра с буквой кода элемента), а остальные будут иметь цифры (начиная с единицы). Если же отказаться от буквенного кода, то программа для всех подобных элементов введет единый код **U** и сквозную нумерацию;
- определить номинальное значение для элемента. *При многократном его копировании номинал у всех копий будет одинаковым.*

Еще раз о том же самом: позиционное обозначение {**RefDes**} и значение величины {**Value**} вводятся в диалоговом окне **Place Part**, хотя на данном этапе работы это делать необязательно. Чуть забегаая вперед, можно сказать, что при размещении элементов на рабочем поле нет необходимости заботиться о правильном размещении позиционных обозначений, поскольку на заключительном этапе они автоматически будут упорядочены, а «пустышки» {**Value**} можно заменить на любой стадии выпуска схемы. *Еще одно замечание:* текст {**Type**}, входящий в УГО элемента, изменению не подлежит. Эта надпись соответствует имени элемента в библиотеке и устанавливается автоматически.

Завершив все требуемые назначения в диалоговом окне **Place Part**, щелкните по кнопке **ОК**. Окно свернется, а указатель мыши будет готов к нанесению на рабочее поле выбранного элемента.

Подведите указатель мыши (а он будет в виде перекрестия) к месту, отведенному под проектируемый элемент. Имейте в виду, что там, где Вы поставите указатель, будет находиться точка привязки данного элемента. Это следует учитывать при размещении элемента на рабочем поле. Если ориентация элемента Вас устраивает или Вы хотите ее изменить позже, то щелкните левой кнопкой мыши и элемент появится в выбранном Вами месте в том положении, которое было показано в окне просмотра. Если в процессе размещения элементов Вы хотите сразу изменить его ориентацию, то, подведя указатель мыши к месту нахождения элемента, нажмите и

удерживайте левую клавишу мыши и одновременно нажимайте клавиши **<R>** или **<F>**. В результате изображение повернется и (или) перевернется. А, если точнее, то нажатие на **<R>** поворачивает объект на 90° против часовой стрелки, а при нажатии на **<F>** – переворачивается (получается зеркальное отображение). Добившись требуемой ориентации элемента, отпустите левую кнопку мыши. Не исключено, что после различных манипуляций с элементом **УГО** надписи, входящий в их состав, окажутся повернутыми и (или) будут находиться в неудачных местах. Подобные графические погрешности несложно исправить. Для этого щелкните по кнопке **Select** (Выбор), нажмите и, удерживая клавишу **<Shift>**, щелкните левой кнопкой мыши по тексту, который требуется переместить или повернуть. Затем, не отпуская левую кнопку мыши, перетащите надпись на новое место и, нажимая **<R>**, разверните текст. Если не нажимать на **<Shift>**, то при нажатии на левую клавишу мыши произойдет *выделение всего объекта, а не его частей*, что в данном случае не требуется.

Изменение масштаба изображения можно производить, используя клавиши «плюс» и «минус», расположенные на цифровой дополнительной клавиатуре с правой стороны.

При создании схемы расставить сразу все элементы в нужные места практически невозможно. Так или иначе, их придется многократно передвигать по рабочему полю, при чем это можно делать на любой стадии рисования схемы. Приём перемещения компонента (элемента) очень прост. Следует перейти в режим **Select** (Выбор), щелкнуть левой кнопкой по объекту – он будет выделен цветом. Затем щелкнуть по нему еще раз и, удерживая левую кнопку мыши, перетащить на новое место. Еще раз следует напомнить, что согласно ГОСТу позиционные обозначения элемента и его тип должны быть расположены горизонтально, а его номинал **допускается** располагать вертикально.

Работая со схемой, *полезно знать ряд приемов, которые функционируют «из-под правой кнопки» мыши*. Ниже приведен обобщенный перечень некоторых команд, запускаемый «из-под правой кнопки» в программах **P-CAD Schematic** и **PCB**.

- **Add Vertex** (Добавить вершину или точку излома). Выбранный отдельный фрагмент печатного проводника (прямолинейный участок) будет разделен на две равные части, причем одна из частей остается в выбранном виде, и с ней сразу можно продолжить работу, как с самостоятельным фрагментом. Вторая часть также может корректироваться отдельно.

- **Align** (выравнивание). Дублирует команды: **Edit | Align Parts**. В результате действия этой команда компоненты (УГО или посадочные места) будут расположены строго на одной линии. Эта линия будет проходить через базовые точки компонентов. Выравнивание может быть по горизонтали или по вертикали (или по узлам сетки). Если будет введена соответствующая установка, то компоненты будут размещены на равных расстояниях. Первоначально следует выбрать все компоненты, подлежащие выравниванию, запустить «из-под правой кнопки» команду **Select Point** (Выбор точки привязки) и указать базовую точку, относительно которой будет произведено выравнивание. Затем необходимо повторить запуск команды из-под правой кнопки и выбрать **Align**. В открывшемся диалоговом окне следует установить условия выравнивания.

- **Copy** (Копировать в буфер). Дублирует команды: **Edit | Copy**. Команда позволяет записать в буфер обмена копию выбранного объекта.

- **Copy Matrix** (Мультипликация). Дублирует команды: **Edit | Copy Matrix**. Команда позволяет многократно воспроизводить выбранный объект. Копирование объекта может производиться по двум осям (вертикальной и горизонтальной) или, как частный случай, по одной оси. Количество вертикальных столбцов и горизонтальных рядов устанавливается в открывшемся диалоге. В этом же диалоге отдельно устанавливаются расстояния между рядами и столбцами.

- **Cut** (Вырезать и отправить в буфер). Дублирует команды: **Edit | Cut**. Команда позволяет вырезать (удалить) выбранный объект и отправить его в буфер обмена.

- **Delete** (Удалить). Дублирует команды: **Edit | Delete**. Команда удаляет выбранный объект. В случае ошибочных действий вернуть объект на прежнее место можно при помощи команды **Undo** (Возврат).

- **Edit Nets** (Показать перечень цепей). Дублирует команды: **Edit | Nets**. В результате будет открыто диалоговое окно, содержащее перечень всех цепей проекта. Диалоговые окна в разных программах отличаются друг от друга. В случае если был выбран один объект (или группа), то в открывшемся окне все цепи, связанные с ним, будут выделены цветом.

- **Explode** (Расчленить). Дублирует команды: **Edit | Explode**. Эта команда позволяет преобразовать объект, записанный в виде единого блока, в набор отдельных составных частей.

- **Highlight** (Подсветка). Дублирует команды: **Edit | Highlight**. В результате действия этой команды выделенный (выбранный) объект будет

окрашен в цвет подсветки. Этот цвет, единый для всех объектов, устанавливается в диалоговом окне **Options Display**.

- **Highlight Atteched Nets** (Подсветка подключенных цепей). Эта команда окрашивает в цвет подсветки все цепи, подключенные (присоединенные) к выбранному объекту. Этот цвет, единый для всех объектов, устанавливается в диалоговом окне **Options Display**.

- **Net Info** (Информация о цепи). Открывается диалоговое окно, которое несет справочную информацию о выделенной цепи.

- **Properties** (Свойства). Дублирует команды: **Edit | Properties**. Команда открывает диалоговое окно, вид которого зависит от выбранного объекта (объектов). Окно содержит часть информации в недоступном для изменения виде, т.е. эта информация носит справочный характер. Другая часть информации доступна для изменения.

- **Select Contiguous** (Выбор связанных объектов). Команда функционирует в программе **Schematic**. При этом, если выбран фрагмент цепи, то программа переведет в режим выбора всю цепь, но только в пределах одного листа схемы. Продолжение цепи на другом листе схемы после точки разрыва или на выводе из шины выделяться не будет.

- **Select Net** (Выбор цепи). Команда функционирует в программе **Schematic**, при этом, если был выбран фрагмент цепи, то программа переведет в режим выбора всю цепь, в том числе все ее продолжения, даже расположенные на других листах.

- **Selection Point** (Выбор точки привязки). Команда позволяет изменить положение точки привязки выбранного объекта. Необходимость в этом может возникнуть, например, когда предполагается повернуть объект вокруг конкретной точки или в том случае, если несколько объектов должны быть автоматически расположены в один ряд при помощи команды **Align**. Во всех этих случаях команда базируется на существующие точки привязки объектов, заложенных в символе (или посадочном месте). После щелчка по строчке **Selection Point** следует подвести указатель мыши к новому месту расположения точки привязки и щелкнуть левой кнопкой мыши. Точка привязки будет перемещена и показана на новом месте, т.е. будет видима. Но после выключения режима выбора эта точка будет невидимой. Напомним, что в обычном режиме работы с программами **Schematic** и **P-CAD PCB** точки привязки объектов не показываются.

- **Unhighlight** (Отказ от подсветки). Дублирует команды: **Edit | Unhighlight**. Эта команда снимает подсветку с выбранного объекта.

- **Unhighlight Attached Nets** (Отказ от подсветки подключенных цепей). Команда выключает подсветку с цепей, подключенных к выбранному объекту.

После расположения *некоторого количества элементов* и их редактирования, можно приступить к вычерчиванию электрических связей. Это производится либо рисованием линий связи, либо совмещением выводов расположенных рядом элементов. При этом желтые (по умолчанию) квадратики исчезают, что говорит о наличии электрической связи элементов.

Однако многие другие соединения следует вычерчивать линиями. Для этого щелкните по кнопке **Place Wire** (Разместить проводник), подведите указатель мыши к началу цепи и щелкните левой кнопкой мыши. Дальнейшие действия могут различаться: либо вычертите цепь, последовательно щелкая по местам перегибов и завершив ее в точке, где она должна закончиться; либо (и это особенно подходит для коротких цепей) после щелчка на начальной точке цепи сразу щелкните по ее конечной точке. Порядок вычерчивания отрезков цепи можно оперативно менять, нажимая клавишу $\langle F \rangle$. И если в процессе рисования цепи Вы щелчком левой клавиши мыши обозначили ее вторую точку и не отпустили кнопку мыши, то нажатиями клавиши $\langle F \rangle$ можете менять путь прокладки цепи, визуально наблюдая, как она будет располагаться.

При точном совмещении начала или конца цепи с выводом элемента (или концом другой цепи), что при включенном режиме привязки к узлам сетки сделать довольно просто, происходит их автоматическое соединение. Зрительно это отмечается на экране исчезновением желтых квадратиков на концах задействованных (невисячих) выводов элементов (или других цепей). Если вновь рисуемую цепь подвести к ранее вычерченной, то в месте соединения будет *автоматически* нанесена точка, в результате чего образуется *единая электрическая цепь*.

Если при вычерчивании провести цепь над имеющейся, то цепи не соединятся. **Соединение произойдет** после щелчка мышью по линии, вычерченной цепи. Однако если формируемая цепь проходит над выводом элемента (желтым, по умолчанию, квадратиком), то она подключается к этому выводу независимо от Вашей воли. В подобных случаях следует изображать в стороне от выводов «чужих элементов». Если только что созданная цепь оказалась неудачной, то щелкните по кнопке **Undo**, расположенной на панели инструментов.

Нередко длинные (да и короткие) цепи бывают многоэлементными, с большим числом перегибов. Такая цепь рисуется последовательными

щелчками в ее углах (точках перегиба). Если в процессе вычерчивания Вы хотите изменить последний отрезок ломаной линии, то нажмите клавишу **<Backspace>** (Возврат) – он будет удален. При очередном нажатии на эту клавишу исчезнет следующий фрагмент и т.д. Имейте в виду, что действие клавиши **<Backspace>** распространяется только на *незавершенные цепи*.

Далее рассмотрим более подробно некоторые **приемы внесения изменений в цепи** электрических схем.

Подвижка цепей. Подобная корректировка меняет только внешний вид схемы, например, делает ее более удобочитаемой, и имеет варианты, которые определяются только выбором:

- перемещение отдельных фрагментов цепи;
- одновременное перемещение нескольких фрагментов цепи;
- перемещение всей цепи полностью;
- перемещение фрагментов цепей совместно с компонентом (элементом).

Для выполнения всех выше перечисленных действий корректируемую цепь (или ее фрагмент) следует выбрать, захватить мышью и, не отпуская левую кнопку, перемещать ее на новое место. Щелчки по клавише **<R>** позволяют поворачивать цепь кратно 90°, при этом все электрические связи не нарушаются.

Деформация цепей. Если цепь выбрана, то на ее концах появляются цветные квадратики, именуемые «ручками». Для корректировки цепи можно ухватить мышью за любую из ручек и, смещая мышшь, переместить конец цепи на новое место, при этом цепь изменит размер и ориентацию на плоскости. Электрическая связь при этом не нарушается.

Удаление цепей. Любая выбранная цепь или ее фрагмент могут быть удалены нажатием клавиши **<Delete>** (Удалить). Один из приемов удаления цепи заключается в выборе только одного ее фрагмента на любом участке. Затем следует щелкнуть *правой кнопкой* мыши и в открывшемся меню выбрать команду **Select Net** (Выбор цепи). В этом случае вся цепь будет выбрана, независимо от ее протяженности (на нескольких листах, с точками разрыва и т.д.), после чего можно щелкнуть по клавиатуре по клавише **<Delete>** (Удалить). Цепь будет удалена полностью. Следует отметить, что команда **Delete** присутствует в контекстном меню, открываемом *правой кнопкой*, или может быть выполнена как последовательность команд **Edit | Delete** (Редактировать | Удалить).

Удаление фрагмента цепи. В любой цепи может быть удален (вырезан) любой отдельный фрагмент этой цепи. Удаляемый фрагмент должен быть выделен любым приемом выбора, а затем выполнена команда **Delete**

(Удалить), о которой говорилось выше. Если цепь состоит только из одного фрагмента, то она удаляется полностью. Вырезать часть цепи не прямолинейном участке нельзя. При удалении фрагмента цепи она распадается (разделяется) на две или более частей, которые становятся самостоятельными цепями. Одна часть (фрагмент) сохраняет старое имя, а другая получает автоматически новое, которое зависит от того, какая цепь подверглась операции деления:

- если удаление фрагмента проводилось в обычной цепи, имеющей имя, данное ей программой (это цепи с именами NET XXXXXX, где XXXXX – цифровой номер, например, NET 00125), то один из оставшихся фрагментов цепи сохранит старое имя, а новому фрагменту программа автоматически присвоит аналогичное новое имя;

- деление именной цепи, т.е. цепи с именем, введенным пользователем, производится так же, как и описано выше. При этом один из фрагментов сохранит имя старой цепи (будет именной цепью), а вторая часть получит автоматически имя по типу «NET XXXXXX». Здесь следует напомнить, что разработчик схемы может сам присваивать имена цепям, а в остальном они ничем не отличаются от обычных, с именами, присвоенными программой;

- если цепь, в которой удаляется фрагмент, относится к общим (глобальным), то оставшиеся фрагменты цепи сохранят старое имя, несмотря на то, что они на схеме визуально разделены. Например, если разделить цепь **GND** (земля), то части сохранят прежнее имя;

- если в результате деления общей цепи, например, «+5V», одна из новых цепей не будет иметь подключения к общим контактам, с таким же именем, то она автоматически получит «рядовое» имя.

Разделение цепи. Деление цепи на два и более фрагмента осуществляется путем удаления (вырезания) фрагмента цепи приемами, описанными выше. Места разрыва цепи в этом случае помечаются цветными квадратиками, и пользователю следует решить, как распорядиться этими висящими концами теперь уже разных цепей.

Удаление точки соединения. Точка соединения цепей удаляется только совместно с подключенной цепью или прилегающим фрагментом цепи. После этой операции необходимо восстановить удаленные цепи, но, не допуская их соединения.

Введение точки соединения. Если цепи пересекаются, но не имеют соединения, а вы хотите в этом месте данные цепи соединить, то необходимо удалить один из фрагментов пересекающейся цепи, а затем вновь его

нарисовать, но при этом обязательно щелкнуть левой кнопкой мыши в месте соединения.

Введение новой цепи. При корректировке электрической схемы новые цепи добавляются обычными приемами, как при рисовании схемы. Это могут быть полностью новые цепи, например, соединяющие ранее не задействованные выводы элементов или дополнительные фрагменты к существующим цепям. Новые цепи получают автоматически новые имена (как уже ранее было показано).

Если в результате корректировки ранее существующие цепи будут объединены, то они получают общий номер. Программа задаст вопрос, какое имя из двух сохранить.

Врезка элемента. Если цепь уже нарисована, а вы хотите ввести (врезать) новый элемент в разрыв цепи, то введите его (элемент) из библиотеки (или используйте копию ранее введенного элемента) и расположите так, чтобы он лег выводами на цепь. Тогда цепь автоматически разорвется, элемент будет вставлен в разрыв, а разные части цепи получат разные обозначения (номера).

Шины. При рисовании электрических схем сложных устройств, например, использующих микросхемы разной степени интеграции, с целью упрощения графики и облегчения работы с такой схемой цепи, прокладываемые в одном направлении, могут объединяться в шины, представляющие собой (графически) утолщенные линии, к которым подводятся (и отводятся) электрические цепи.

Цепь, проходящая через шину, может иметь два и более выхода из шины, т.е. представлять собой разветвленную цепь.

Шина может иметь точки разрыва, похожие на разрывы обычных цепей, и продолжаться в любом месте схемы, в том числе на других листах. Целостность цепей, проходящих через шину, не зависит от наличия на ней точек разрыва. Согласно требованиям ЕСКД, в местах разрыва шины должны быть нанесены одноименные обозначения данной шины и указан лист (листы), где данная шина имеет продолжение. Но даже если это не сделано, одноименные шины считаются единой шиной, и все одноименные цепи, входящие в них, в любых фрагментах являются электрически едиными цепями. Все цепи, входящие и выходящие из шины, должны у входа (выхода) иметь одноименные обозначения.

Рисование шины ничем не отличается от рисования обычных линий или электрических цепей. Для этого следует щелкнуть на кнопке **Place Bus** (Шина), подвести указатель мыши к месту начала шины и щелкнуть левой

кнопкой. Завершая рисование шины, щелкните *правой кнопкой*, на экране появится шина и табличка с именем, которое программа присвоит шине автоматически по типу Bus=BUS00009. В дальнейшем это имя можно изменить, для чего следует выбрать шину (или любой ее сегмент), щелкнуть *правой кнопкой* и в появившемся контекстном меню по строчке **Properties** (Свойства). Далее в одноименном диалоге изменить в окне **Bus Name** (Имя шины) существующее (присвоенное программой) имя на новое. Таким образом, можно изменить имена у разных фрагментов шины, нарисованных в разных местах схемы и в разное время. Это будет восприниматься программой как создание (или образование) единой шины. В пределах одной схемы может быть несколько шин с разными именами. В русскоязычных схемах шины можно именовать сокращенно, например Ш1, Ш2 и т.д., но можно давать шинам и функциональные имена. В местах разрыва шины, согласно требованиям ЕСКД, необходимо указывать обозначение (имя) и лист схемы, где она продолжается. Эти обозначения и номер листа вводятся «вручную» при помощи команды **Place Text** (Разместить текст).

Для рисования цепей, проходящих через шину, используются те же приемы, что применяются для рисования обычных цепей. Цепь может начинаться в любой точке схемы (даже на пустом месте) и подходить к шине. Заключительный щелчок должен быть выполнен на шине, этим обеспечивается «ввод» цепи в шину. Делая последний щелчок на шине, следует обратить внимание, чтобы на шине не было точек перегиба вводимой цепи, иначе точка ввода будет неестественно деформирована. Если вы все цепи сделаете правильно, то программа автоматически выполнит «скос» в месте входа цепи в шину. Направление «скоса» можно заранее изменить в диалоге **Options Display** (Установка экрана), но на практике это удобнее делать в готовой схеме методом корректировки, когда цепь введена в шину, и вы видите результат. Для этого в режиме **Select** (Выбор) выберите только «скос» (или сразу несколько), щелкните *правой кнопкой* мыши и далее откройте окно **Properties** (Свойства), в котором можно выбрать желаемый результат (рис. 3.14).

Когда цепь «введена» в шину, то она сохраняет свое имя (заданное программой или разработчиком), и никакой информации об этом программа не дает. Имя цепи и ее статус обычной цепи сохраняется, пока вы ей не присвоите статус глобальной. Только тогда цепи с одинаковыми именами, входящие и выходящие из шины, будут восприниматься как единые.

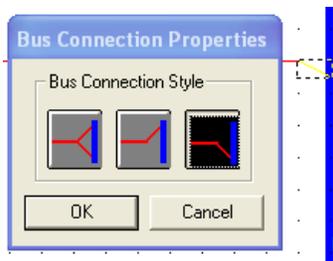


Рис. 3.14. Задание скоса входа в шину

Присвоить цепи статус глобальной можно на любом этапе работы над схемой, что определяется организацией работы над схемой и решаемой задачей. Можно вначале нарисовать все цепи, входящие в шину, а затем переименовывать их, но можно это делать сразу после введения цепи в шину. Приемы работы во всех случаях одинаковые. Кроме чисто технической процедуры переименования цепей, пользователю необходимо у входа каждой цепи в шину ввести соответствующее имя, для чего предварительно следует позаботиться о текстовом стиле, которым будут выполняться эти надписи. Об этом достаточно подробно говорилось ранее.

Надписи, о которых идет речь, программа выполняет автоматически шрифтом **{PortStyle}**, установленным по умолчанию, следует изменить.

Для перевода цепей, введенных в шину, в статус глобальных и нанесения их обозначений щелкните по кнопке **Place Port** (Поместить порт – Разрыв цепи), введите указатель мыши на рабочее поле и щелкните левой кнопкой мыши. Откроется соответствующее диалоговое окно, в котором произведите установки:

- в окне **Net Name** (Имя цепи) введите (или выберите из списка) имя для цепи;
- в зоне **Pin Length** (Длина вывода) установите **Short** (Короткая);
- в зоне **Pin Orientation** (Ориентация вывода) установите **Vertical** (Вертикальная);
- в зоне **Port Shape** (Графический вариант точки разрыва) введите вариант **None** (Отсутствует).

Результаты установок вы увидите в контрольном окне. Щелкните по кнопке **OK**, подведите указатель мыши (в виде маленького крестика) к цепи, с которой работаете, к месту, где должна появиться надпись (обычно около входа цепи в шину) и щелкните левой кнопкой. Надпись появится в указанном месте.

При необходимости надпись можно сместить методами коррективки вдоль цепи и повернуть ее на 90° щелчками по клавише **<R>**. Вид шины и

линий связи, названия цепей и примерное оформление части схемы показаны на рис. 3.15.

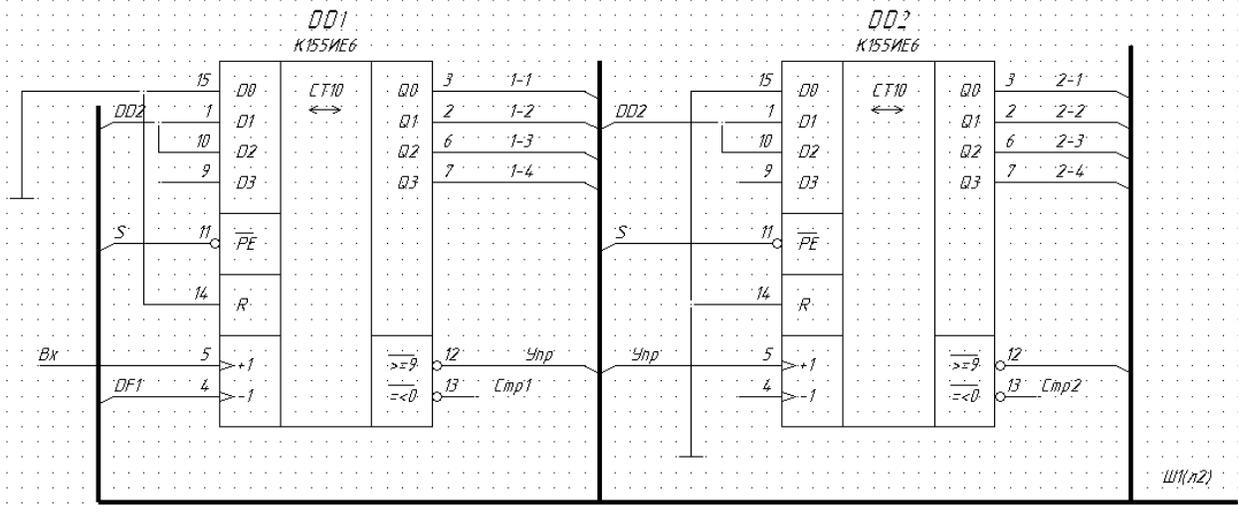


Рис. 3.15. Пример фрагмента ЭЗ с шиной

Обратите внимание, что установки в диалоге **Place Port** сохраняются, пока вы их не измените, и это позволяет, последовательно обходя по всем местам входа (выхода) одноименной цепи, нанести в этих местах одинаковые надписи (рис. 3.16).

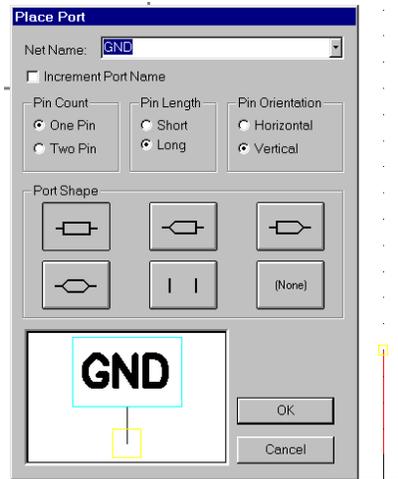


Рис. 3.16. Диалоговое окно команды **Place Port**

Так же, как видно из рис. 3.12, у микросхем **DD1...DD3** «не хватает» нескольких контактов (лапок). Эти «недостающие» контакты отвечают за питание микросхемы. Так, например, для **DD1** это контакты 7 и 14. Причем 7-й контакт – это «земля» (**GND - GrouND**), а 14 – это +5V. Именно такие названия у одноименных контактов имеются у «корпусов» (**pattern** в

терминологии **P-CAD**). Это означает, что если некоторой цепи дать *зарезервированное* имя, совпадающее с названием контакта у микросхемы, то *автоматически* образуется электрическая связь между ними (даже если на **ЭЗ** этих контактов нет). Это особенно важно при создании **ПП**. Эти названия указаны для **TTL**-логики. Для **КМОП**-логики контакты питания имеют имя **VCC** и **GND**.

Более того, для всех цепей, ведущих к **УГО** «Корпус/Земля», необходимо указать одно имя – **GND**. Это можно сделать, используя кнопку **Place Port**, расположенную на инструментальной панели, либо правую кнопку мыши для вызова контекстного меню и далее **Edit Nets**. После этого в цепи появится значок (рис. 3.17), указывающий имя этой цепи.



Рис. 3.17. Окно ввода имени цепи

Достаточно часто при указании цепей **GND** последующие цепи принимают имя **GND1** и т.д. Для того чтобы все цепи имели имя только **GND**, следует вызвать команда **Rename Nets** и снять флажок **Increment Name** (рис. 3.16).

Когда одноименных цепей становится больше одной, система покажет сообщение о том, что цепь с таким именем уже есть и задаст вопрос на соединение этих цепей (все это, разумеется, на английском языке). Вам следует ответить **Yes**.

Переименование цепи можно выполнить с помощью команды **Edit | Nets...** . При этом появляется диалоговое окно, в котором пользователь в списке цепей выделяет имя цепи, которое следует переименовать и нажимает на кнопку **Rename** (рис. 3.18).

Составитель настойчиво рекомендует очень внимательно относиться к назначению имен цепей (особенно питания, входа и выхода). В ряде случаев некоторые авторы [2, 3] в примерах создания библиотек элементов некорректно показывают имена цепей.

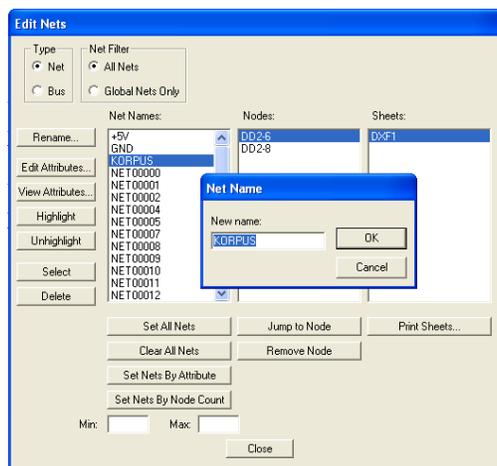


Рис. 3.18. Окно редактирования имен цепей

Иногда допускается называть некоторые цепи одним именем, но линиями электрической связи их не соединять (например, для облегчения чтения схемы). Тем не менее, **одноименные цепи будут соединены электрически на ПП**.

В завершении создания ЭЗ необходимо организовать ввод питания на схему и выход схемы (в нашем случае выходом является динамик звонка). Так как данная схема бытового использования, то какой-либо разъем не устанавливается, вход/выход организуется с помощью элемента **Connector** из библиотеки **Power.lib**. На ЭЗ это выглядит в виде больших прямоугольников, а на ПП – в виде контактных площадок, которые, в дальнейшем, разработчик вручную выводит на край ПП.

Достаточно часто при неоднократной редакции ЭЗ оказывается, что расстановка позиционных обозначений УГО не соответствует требованиям ЕСКД. Для устранения этого недостатка следует выполнить команду **Utils | Renumber** (Служебные программы | Перенумерация). В открывшемся диалоговом окне следует поставить флажок **RefDes**, а затем **Left to Right** (Слева направо), что соответствует требованиям ГОСТ к расстановке позиционных обозначений.

По окончанию вычерчивания цепей и расстановки соответствующих элементов ЭЗ будет выглядеть как показано на рис. 3.19. Как видно из приведенной копии экрана (рис. 3.20) имеется «разнобой» в размерах и типах шрифтов, неверная ориентация позиционных обозначений у ряда резисторов и т.д. Всё это говорит в пользу применения машиностроительных САД-систем для дальнейшего оформления ЭЗ по всем требованиям ЕСКД.

Кроме этого, на ЭЗ (рис. 3.19) появляются изображения портов, *несвойственные* для российских стандартов.

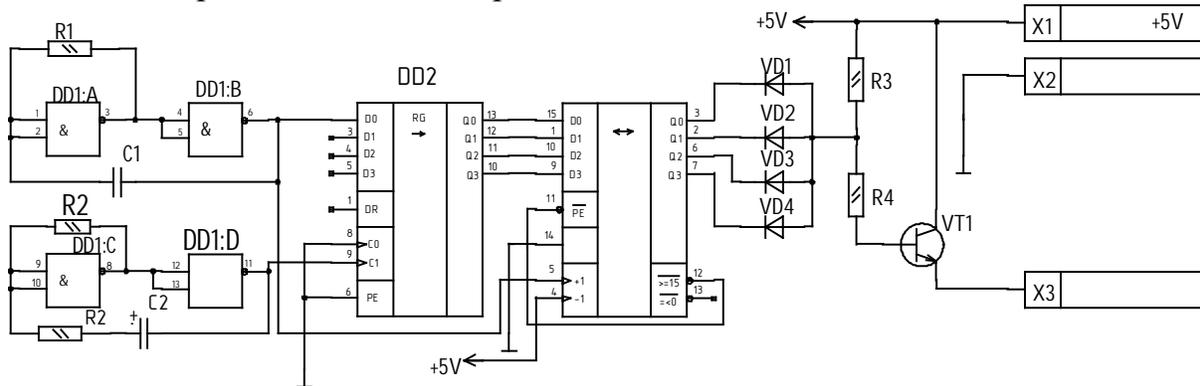


Рис. 3.19. Готовая схема электрическая принципиальная

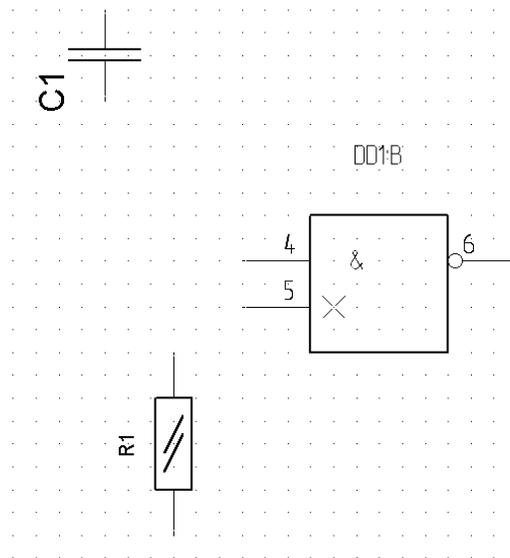


Рис. 3.20. Копия экрана с «неправильно» расположенными позиционными обозначениями и некорректными шрифтами

§3. Подготовка к созданию ПП

Заключительной процедурой создания ЭЗ является генерация списка соединений схемы. Для генерации используется команда **Utils | Generate Netlist** (Служебные программы | Генерация списка соединений). Формат выходного файла зависит от редактора ПП. Если Вы будете использовать PCB-редактор **P-CAD 2001**, то выберите формат **ACCEL ASCII**. Также включите флажок **Include Library Information**, в котором содержится информация об использованных библиотеках для менеджера библиотек корпусов. Составитель рекомендует *для себя* записать перечень используемых

библиотек. При проектировании **ПП** это потребуется. Составитель рекомендует командой **Library | Archive Library...** сохранить библиотеку тех элементов, которые составляют **ЭЗ**, в своем каталоге (папке).

§4. Связь P-CAD 2001 и САПР машиностроительного направления

Достаточно часто при выполнении чертежей и схем в **САПР-системах** импортного производства (а **EDA** на 100% именно такие) их приходится дорабатывать в программных средствах, поддерживающих **ЕСКД**. К таким системам можно отнести отечественные **САПР** машиностроительного направления типа **Компас 3D LT v. 5.x** и выше (в учебных и некоммерческих целях распространяется бесплатно), а также в **T-Flex CAD (LT, 2D, 3D)** версий 6.3 и выше. Возможно использование бесплатной учебной версии 7.x – 10.x, но только для учебных целей. В подавляющем большинстве все **САПРы** всех мировых производителей «общаются» между собой через формат **Auto-CAD'a** – *.dxf или *.dwg.

Здесь составитель должен предупредить пользователей, что *только P-CAD 2001+Service Pack правильно* перетранслирует собственные форматы файлов в формат **AutoCAD**.

Для перевода внутренних форматов **P-CAD 2001** в формат **AutoCAD** следует выполнить команду **File | DXF Out**. В появившемся стандартном окне **Windows** указать, под каким именем и где следует сохранить оттранслированный файл.

§5. Проверка схемы

Составитель первоначально не думал о необходимости введения данного пункта: схема создана правильно с точки зрения пользователя (у соединённых участков цепей желтые (по умолчанию) квадратики **PIN'ов** исчезли – что ещё надо?). Составитель, имея более чем десятилетний опыт преподавания **P-CAD v.4.5** и выше, неожиданно столкнулся с рядом проблем при изучении версии **P-CAD 2001** и написания данного пособия. Составитель *настойчиво рекомендует* использовать команду **Utils | ERC...** (Специальные программы | Верификация схемы [**ERC – Electrical Rules Check – Проверка правил электрических соединений**]). При выполнении данной команды появляется окно (рис. 3.21), в котором:

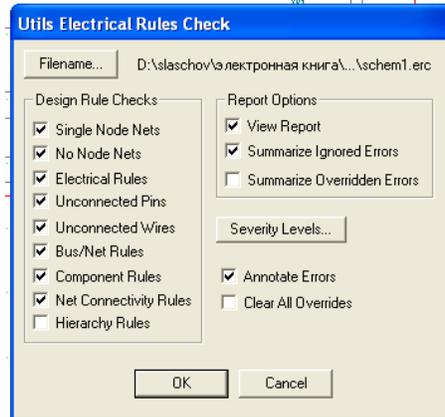


Рис. 3.21. Окно команды *Utils* | **ERC**...

- **Single Node Nets** – Поиск цепей, имеющих единственный узел;
- **No Node Nets** – Поиск цепей, не имеющих узлов;
- **Electrical Errors** – Поиск электрических ошибок, как правило, соединение выводов компонентов, их подключение к общим цепям и т.п.;
- **Unconnected Wires** – Поиск подключенных (висячих) выводов компонентов;
- **Bus/Net Errors** – Поиск ошибок групповой связи;
- **Component Errors** – Поиск ошибок компонентов, например, расположение символа поверх других компонентов;
- **Net Connectivity Errors** – Поиск неправильно подключенных цепей земли и питания;
- **Hierarchy Errors** – поиск ошибок в иерархической структуре (многоступенчатых схемах и вложенных блоках).

Установка **View Report** вызывает просмотр файла сообщений об ошибках по окончании верификации схемы, флажком **Annotate Errors** включается цветное выделение ошибок в схеме (ошибки в схеме выделены цветным кружком с наклонным перекрестием внутри него). **Последнее** очень помогло составителю в исправлении неточностей (это были не ошибки с точки зрения **P-CAD v.4.5**, а **P-CAD 2001** выявил это как ошибки).

Файл сообщения об ошибках ***.ERC** имеет текстовый формат и может быть просмотрен в любом текстовом редакторе. В нем выводится информация о типе ошибки (и/или предупреждении) и ее координатах на схеме (в выбранной ранее системе измерения). *При необходимости редактирования некоторых строк файла соединений удобнее всего пользоваться встроенным редактором оболочки FAR* (из имеющихся в наличии у составителя *только FAR* указывал номер строки).

Если ошибки были выявлены и устранены после создания списка электрических связей, то данный список следует сгенерировать снова.

§6. Использование *.bom-файла при создании конструкторской документации.

При оформлении конструкторской документации на схему электрическую принципиальную необходимо создать перечень элементов, присутствующих на схеме. Для автоматизированного создания перечня существует программа «Документатор» [12], разработанная российскими пользователями и продающаяся отдельно от пакета P-CAD. Использование *.bom-файла (отчеты типа Bill of Materials) позволяют пользователю самостоятельно создать перечень элементов.

Для генерации bom-файла следует дать команду **File | Reports...** и, указав вид отчета (рис. 3.22), сохранить полученный файл в папке текущего проекта. Пример данного файла показан на рис. 3.23. И далее, копируя соответствующие строки в созданную заранее таблицу перечня элементов, получаем законченный документ. Правда, при этом следует корректно указать тип и размер шрифта по ЕСКД.

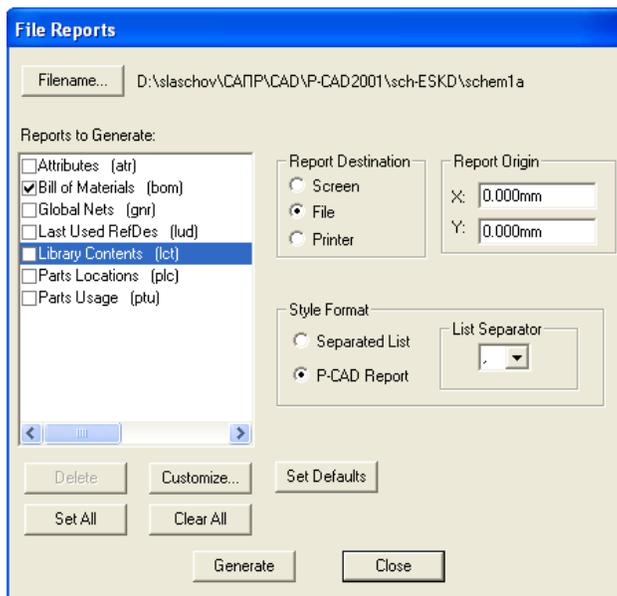


Рис. 3.22. Диалоговое окно для выдачи отчетов

P-CAD Bill of Materials				schem1a.sch	
Count	ComponentName	RefDes	PatternName	Value	
Технические	цель	Мощность	Высота	Масса	
1	КТ815	UT1	КТ815		
3	ГД402	UD2	10г ГД402		
		UD3	0,21 г		
		UD4			
1	0.15Н30	C1	КН-6/ТИП4	0.15мк	
ОЖО.460.061ТУ					
1	100*16U	C2	8*2.5	{Value}	
ОЖО.464.214ТУ					
2	C2-33-0.125	R4	C2-33-0.125	2,4к	
ОЖО.467.093ТУ	0.125	Вт			
		R5			
1	C2-33-0.125	R3	C2-33-0.125	300	
ОЖО.467.093ТУ	0.125	Вт			
2	C2-33-0.125	R1	C2-33-0.125	560	
ОЖО.467.093ТУ	0.125	Вт			
		R2			
3	CONNECTOR	X1	CONPIN		
		X2			
		X3			
1	ГД402	UD1	ГД402		
			0,21 г		
1	К155ПА3	DD1	2101.14-1		
1	К155МЕ7	DD3	2103.16-1		
1	К155ИР1	DD2	2101.14-1		

Рис. 3.23. Часть отчета bot-файла

Контрольные вопросы по разделу 3

1. Поясните назначение программы **P-CAD Schematic**.
2. Поясните назначение кнопок на инструментальной панели.
3. Объясните назначение полей в нижней части экрана.
4. Каким образом выбираются для размещения элементы, входящие в электрическую схему?
5. Как выполняется ориентация элементов УГО на рабочем поле?
6. Как выполняется ориентация позиционных обозначений элементов на рабочем поле?
7. Как производится соединение выводов элементов на схеме?
8. Поясните порядок введения в схему общей шины.
9. Каким образом производится подключение выводов элементов к шине?
10. Как и для чего устанавливаются порты на линии связи?
11. Что такое глобальные имена?
12. Каким способом заполняется таблица перечня элементов?

Библиографический список

1. Бойко М. Мелодичный звонок с генератором случайных чисел. //Радио. №6. 2002. – 80с.
2. Разевиг В.Д. Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000). – М.: «Солон – Р», 2000. – 416 с.
3. Разевиг В.Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 2001.М.: «Солон –Р», 2001. – 558 с.
4. Стешенко В.Б. ACCEL EDA. Технология проектирования печатных плат. – М.: «Нолидж», 2000. – 508 с.
5. Уваров А. P-CAD 2000. ACCEL EDA. Конструирование печатных плат. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 320 с.
6. Саврушев Э.Ц. P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат. М.: «ЭКОМ», 2002. – 320 с.
7. Мактас М.Я. Восемь уроков по P-CAD 2001. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 224 с.
8. Заведеев С.В. Создание библиотек компонентов для P-CAD 2000 (2001). //EDA Express – М.: Изд-во ОАО Родник Софт, 2002. №5. С. 21 – 23.
9. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.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.
10. Уваров А.С. PCAD 2002 и SPECCTRA. Разработка печатных плат. – М.: «Солон – Р», 2003. – 544 с.
11. Уваров А.С. Правила разработки интегральных библиотек в программе P-CAD 2002. //EDA Express – М.: Изд-во ОАО Родник Софт, 2003. №8. С. 24 – 26.
12. Романов А.В. Документатор 5.01 – готовый документ за «пару кликов». //EDA Express – М.: Изд-во ОАО Родник Софт, 2003. №8. С. 7 – 10.