

Российский государственный гидрометеорологический университет

Ю.М. Шапаренко, А.Д. Шишкин, Е.А. Чернецова

Применение графического редактора системы  
**DESIGN CENTER** в схемотехнике

Учебно-методическое пособие по дисциплине  
*“Компьютерные технологии в схемотехнике”*



РГТМУ

Санкт-Петербург  
2001

УДК 621.396.6

**Шапаренко Ю.М., Шишкин А.Д., Чернецова Е.А.** Применение графического редактора системы DESIGN CENTER в схемотехнике. Учебно-методическое пособие по дисциплине "Компьютерные технологии в схемотехнике". - СПб.: изд. РГГМУ, 2001. - 26 с.

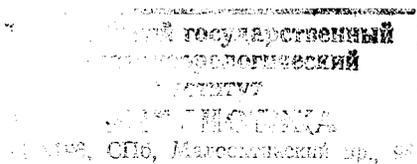
*Рецензент: Стваковчкий А.М., доц. ГЭТУ «ЛЭТИ»*

В учебно-методическое пособие по дисциплине "Компьютерные технологии в схемотехнике" входят материалы по основным разделам данной дисциплины, включающие применение Пакетов прикладных программ DESIGN CENTER, PSPICE, PCAD.

Предназначено для подготовки морских инженеров по специальности 141000 - морские информационные технологии, 175600 - информационная безопасность.

© Шапаренко Ю.М., Шишкин А.Д., Чернецова Е.А., 2001

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2001



## Предисловие

Основу системы Design Center составляет ранее разработанная и широко известная программа моделирования аналоговых устройств Pspice.

Первая версия Pspice позволяла моделировать исключительно аналоговые устройства при текстовом вводе описания схемы. Выпущенная в 1989 г. версия Pspice 4.0 позволяла моделировать как аналоговые, так и смешанные аналого-цифровые устройства.

Следующая версия пятого поколения позволяла, кроме текстового ввода, осуществлять графический ввод принципиальных схем в среде Windows и одновременно она стала называться Design Center.

При работе с системой Design Center нет необходимости в знании языков программирования. Однако студенты должны усвоить правила и приемы текстового описания электронных схем, знать математические и схемотехнические модели основных компонентов схем (транзисторов, диодов и т.д.), основные виды анализа и оптимизации схем.

Поэтому рекомендуется следующая последовательность ознакомления с системой. Сначала составляется входной текстовый файл простейшей схемы усилителя, в котором описаны связи и параметры компонентов схемы. Такой файл имеет расширение .cir. В нем также задаются необходимые процедуры анализа схемы. Например, анализ статического режима, временной анализ. Подготовленный файл вводится с клавиатуры в ЭВМ и запускается на обработку. При отсутствии ошибок данные анализа выводятся в виде таблиц или же в виде графиков на экран монитора. При необходимости их можно распечатать. Такой вид ввода необходим для того, чтобы получить общее представление о системе и ее возможностях. Кроме того, знание текстового формата описания компонентов необходимо для составления и редактирования атрибутов их графических символов.

Следующий шаг состоит в приобретении навыков создания символьных изображений компонентов, умения заносить их в библиотеку и извлекать их из нее для построения принципиальных схем с одновременным редактированием их атрибутов.

Завершающим этапом является графический ввод принципиальных схем и сквозной анализ введенной схемы.

## 1. Назначение и основные характеристики системы Desing Center

Основу системы Desing Center составляет широко известная программа PSPICE, возможности которой значительно расширены, кроме того, в нее включены программные средства проектирования логических матриц и проектирования печатных плат. Система ориентирована на операционную систему WINDOWS 3.1 и более поздние версии.

В нее входят следующие программы (Рис.1):

- Schematics - графический редактор принципиальных схем, который является одновременно управляющей оболочкой для запуска основных модулей системы на всех стадиях работы с проектом;
- PSPICE, PSpice Basics - моделирование аналоговых устройств;
- PSpice A/D, PSpice A/D Basics - моделирование смешанных аналого-цифровых устройств;
- Logic - моделирование цифровых устройств; имеет такие же функциональные возможности как и программа PSpice A/D;
- Probe - графический редактор для отображения, обработки и документирования результатов моделирования;
- Parts - расчет параметров моделей активных элементов схем;
- PSpice Optimizer - параметрическая оптимизация аналого-цифровых схем по критерию при наличии нелинейных ограничений;
- Polaris - проверка целостности сигнала, т.е. моделирование с учетом паразитных емкостей и индуктивностей, присущих реальным печатным платам;
- PCBoard и Autorouter - графический редактор печатных плат с возможностями автоотрассировки;
- Filter Designer - синтез пассивных и активных аналоговых фильтров и фильтров на переключаемых конденсаторах.

Как видно, приведенный перечень программ аналогичен системам PCAD 4,5 и PCAD 7.0, кроме программ PSPICE A/D, PLSyn, PSpice Optimizer, Polaris, и Filter Designer.

К пакету Designer Center прилагаются библиотеки примерно 35 тысяч математических моделей компонентов производства США, Западной Европы, Японии.

При работе с пакетом Designer Center разнообразная информация записывается в отдельные файлы, расширение которых позволяет находить и просматривать их. В табл.1 приведен перечень расширений файлов, получаемых при редактировании и моделировании схем.

ТАБЛИЦА 1

Типы файлов

Расширение имени файла	Назначение файла	Команда или программа, создающая 1 файл
.als	Список соответствий номеров выводов компонентов именам подсоединенных к ним цепям	Создается автоматически при выполнении команд Analysis/Simulate или Create Nettist
.bst	Стек контактных площадок	Создается пользователем с помощью текстового редактора
.cdf	Файл отчета с описанием компонента	Создается пользователем и используется при составлении перечня компонентов по команде

.cir	Текстовые входные файлы задания на моделирование дня программы PSpice	Создаются автоматически при выполнении Analysis/Simulate или Create Netlist или создаются пользователем
.cmd	Командные файлы для программ Probe, StmEd и Parts . Их имена указываются после ключа IC в командной строке	Создаются при наличии опции /L в командной строке, требуется их дополнительное редактирование
.dat	Двоичные файлы результатов моделирования, передаваемых программе Probe	Автоматически создаются в процессе моделирования режимов DC, AC и TRAN (если по команде Analysis/ Probe Setup не выбрана опция CSDF)
.eco	Перенос изменений из печатной платы в принципиальную схему	Создается редактором печатных плат
.ind	Индексные файлы библиотек	Автоматически создаются программой моделирования, составляются после внесения в библиотеку изменений
.lib	Текстовые файлы библиотек моделей, представляющие собой объединение файлов с расширением .mod	При установке системы подключается стандартная библиотека моделей; новые библиотеки создаются по команде Edit/Model или с помощью текстовых редакторов
.log	Файлы протоколов команд программ Probe, Parts и StmEd	Автоматически создаются при наличии опции /L в командной строке
.mdt	Справочные данные на компоненты	Копия данных, введенных в программу Parts
.mod	Файлы моделей компонентов	Создаются программой Parts
.net	Список соединений схемы	Создается автоматически при выполнении команд Analysis/Simulate или Create/Netlist
.opt	Задание на оптимизацию	Создается автоматически после нанесения на схему символа OPTPARAM и дополняется при настройке конфигурации программы оптимизации
.out	Текстовые файлы результатов моделирования	Генерируются в процессе моделирования
.par	Перечень варьируемых параметров для программы оптимизации	Создается автоматически после нанесения на схему символа OPTPARAM
.pwr	Текстовые входные файлы задания на моделирование для программы PSpice с информацией о паразитных элементах печатной платы, добавленные программой Polaris (аналог файла .cir)	Создаются программой Polaris

.pkg	Информация об упаковке компонентов	Создается по команде Package/Export
.plb	Библиотека информации об упаковке конструктивов компонентов	При установке системы подключается стандартная библиотека информации об упаковке; новые данные вводятся пользователем при редактировании
.pdt	Двоичные файлы результатов моделирования с учетом паразитных параметров печатных плат, передаваемых программе Probe (аналог файла	Создаются программой PSpice при передаче на моделирование файла с расширением .prg
.pot	Текстовые файлы результатов моделирования с учетом паразитных параметров печатных плат -аналог	Создаются программой PSpice
.prb	Файл, состоящий из трех секций: команд управления экраном, макрокоманд и целевых функций, используемых в программе Probe	Макрокоманды и целевые функции создаются с помощью текстового редактора или по команде Trace/Macro
.sch	Файл принципиальной схемы	Создается по команде File/Save
.slb	Библиотека графических символов компонентов	При установке системы подключается стандартная библиотека символов; новые данные вводятся пользователем по команде File/Edit Library
.stl	Библиотека входных сигналов	Создается программой StmEd при выполнении команды Edit/Stimulus, если на схеме имеются символы VSTIM, ISTIM или DTGSTIM
.sub	Описание макромоделей	Создается по команде Tools/Create Subcircuit
.sym	Информация о символе компонента, используемая при передаче данных в другие системы	Создается по команде Part/Export редактора символов
.tln	Описания линий передач, добавляемых в схему при анализе паразитных эффектов печатных плат	"Polaris"
.txt	Текстовые файлы результатов моделирования, передаваемых программе Probe	Автоматически создаются в процессе моделирования режимов DC, AC, TRAN, если по команде Analysis/Probe Setup выбрана опция CSDF
.vpt	Список меток переменных, графики которых выводятся в программе Probe	Создается по команде "Marker"
.xgf	Файл перекрестных ссылок	Составляется при упаковке схемы по команде Tools/Annotate и используется при корректировке

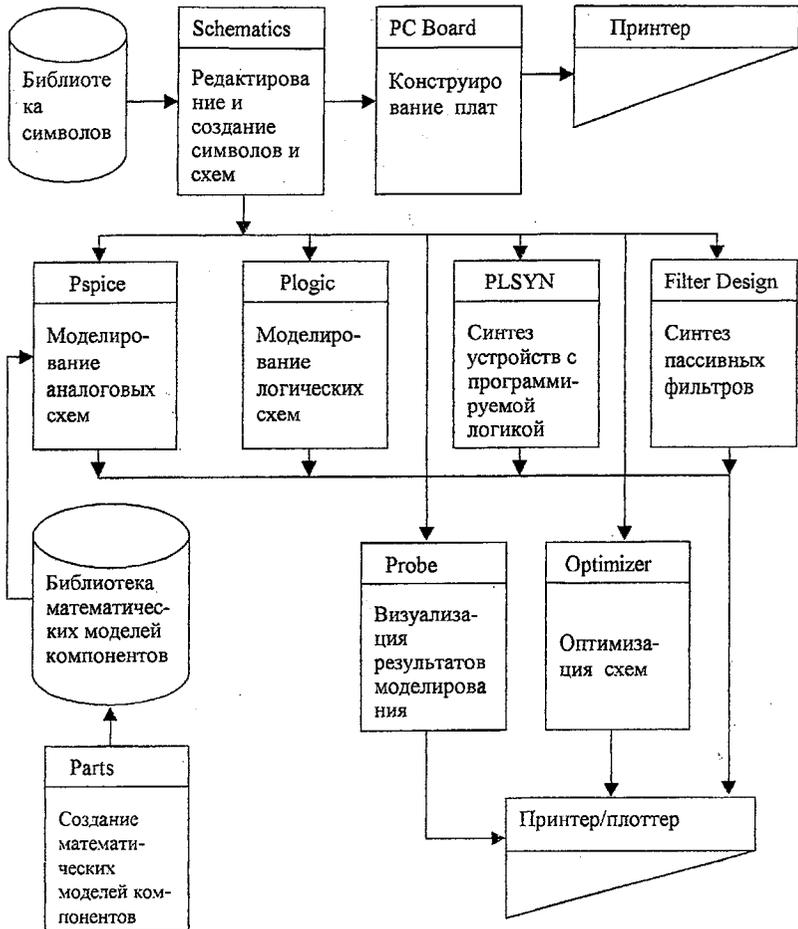


Рис. 1. Структурная схема Design Center

Расширения файлов для пакета проектирования плат будут рассмотрены в соответствующей главе.

## 2. Организация работы системы

Прежде чем подробно рассматривать работу отдельных программ, ознакомимся с порядком прохождения задачи на моделирование. Прежде всего, нужно нарисовать чертеж принципиальной схемы. Графический редактор Schematics позволяет создавать чертежи принципиальных схем в среде Windows и передавать далее управление другим программам как для моделирования, так и разработки печатных плат. Для рисования схемы используются библиотеки символов аналоговых, цифровых и других компонентов.

Графический редактор вызывается щелчком кнопки мыши по пиктограмме Psched. В процессе его загрузки подключаются библиотеки графических символов. Дальнейшая работа осуществляется с помощью выпадающего меню и пиктограмм. В верхней части экрана располагается горизонтальное меню, состав пунктов которого зависит от выбранного режима редактирования: редактирование символов библиотеки (аналог режима SYB PCAD) и редактирование принципиальных схем (аналог режима DETL PCAD).

Большинство команд Schematics совпадает с командами PCAD или OrCAD[2]

В начале нужно курсором выбрать команду File, после чего в выпадающем меню выбрать подкоманду NEW, если создается новая схема, или строку Open, если загружается ранее созданная схема. Действие основной и дополнительной команд обозначается через черту, т.е. File/New.

Символы компонентов размещаются на поле чертежа по команде Draw/Get New Part, при этом открывается окно с перечнем библиотек и компонентов, которые и выносятся на экран.

Проводники (цепи) схемы рисуются по команде Draw/Wire. Позиционные обозначения и параметры компонентов проставляются автоматически. Поэтому их изменение производится в режиме редактирования.

Имена цепей могут проставляться вручную по команде Edit/Label. Однако это нужно делать не для всех цепей, а только для тех, на которые будут сделаны ссылки при моделировании и графическом отображении результатов. Остальным цепям будут присвоены имена типа \$№ 0001, ссылаться на которые неудобно. В системе имеется возможность пометить цепи или вывод компонента специальным маркером и на график будет выведена соответствующая характеристика.

Графический редактор Schematics позволяет именовать компоненты на схеме так, как это принято по ЕСКД, например, транзисторы всех типов можно именовать как V1, V2. В тоже время в текстовом задании на моделирование биполярные транзисторы автоматически получают префикс Q (например, Q\_V1), полевые транзисторы - префикс M и другие компонентные идентификаторы PSpice. Для каждого компонента можно задать один или несколько параметров, перечень которых указывается заранее, при создании его условного графического обозначения. Конкретные значения параметров назначаются с помощью панели редактирования атрибутов.

Подготовка схемы к моделированию производится в редакторе Schematics под управлением команды горизонтального меню Analysis. Она имеет три этапа.

1. Проверка схемы на подключение цепей и компонентов по команде Analysis/Electrical Rule Check. При обнаружении ошибок на экран выводится сообщение и перечень ошибок с указанием координат.

2. Задаются директивы моделирования по команде Analysis/Setup: DC, AC, TRAN, FOUR, Monte Carlo, TEMP, SENS, TF и другие [1].

3. По команде Analysis/Crear Netlist создаются список соединений и задание на моделирование, которые заносятся в три файла с расширениями имен: .als, .net, .cir. Например, для схемы (рис. 2) эти файлы представлены в табл. 2.

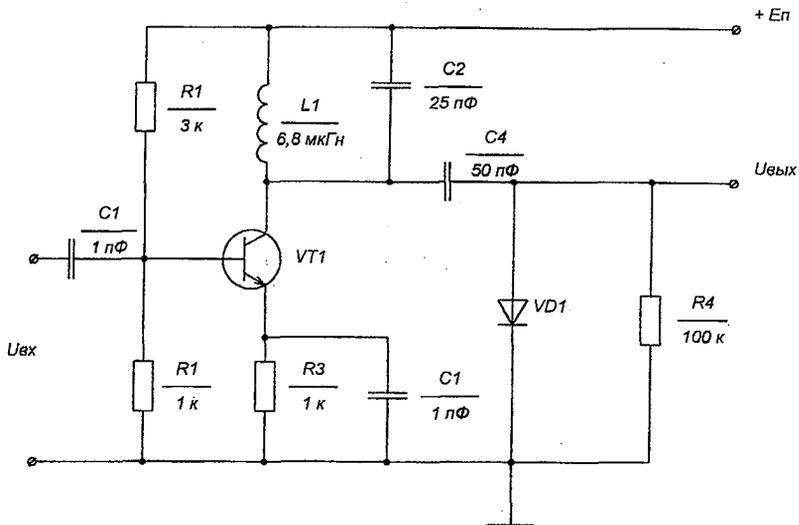


Рис. 2. Схема усилителя

Таблица 2

**Файл ampldet.cir (директивы моделирования)**

\*D:\MSIM62\EXAMPLES\WORK 1VAMPLDET .SCH \*

Schematics Version 6.2a - May 1995

\*Fri Jan 0508:58:15 1996

.WATCH TRAN V([5])

.INC "AMPLDET par"

.PARAM LK=10mH

\*\* Analysis setup \*\*

.ac DEC 101 100 100k

.STEP LIN TEMP -50 100 10

.tran/OP 10us 1ms

.four 10kHz 12V([3])

.OP

From [ SCHEMATICS NETLIST ] section of msim.ini:"

.lib D:\MSIM62\LIB\RUS.LIB

.lib D:\MSIM62\LIB\nom.lib

.INC "AMPLDET.net"

```
.INC "AMPLDET.als "  
.probe  
.END
```

**Файл ampldet.net (список соединений)**

\*Schematics Netlist \*

```
R_R3 0 4 {R}  
R_R2 0 2 1k  
R_R1 2 $N_0001 3k  
R_R4 0 5 100k  
C_C4 3 5 50nF  
C_C1 1 2 1uF  
C_C3 0 4 1u  
C_C2 3 $N_0001 25nF  
V_VI 1 0 AC 1  
+SIN 0 0.1 10kHz 0 0 0  
L_LI 3 $N_0001 {LK}  
Q_Q1 3 2 4 KT312B  
D_D_1 5 0 KD220A  
V_V2 $N_0001 0 9V
```

**Файл ampldet.ab (список соответствий)**

\* Schematics Aliases \*

```
.ALIASES  
R_R3 R3(1=0 2=4)  
R_R2 R2( 1=0 2=2)  
R_R1 R1(1=2 2=$N_0001 )  
R_R4 R4( 1=0 2=5 )  
C_C4 C4( 1=3 2=5)  
C_C1 C1(1=1 2=2)  
C_C3 C3( 1=0 2=4 )  
C_C2 C2( 1=3 2=$N_0001 )  
V_VI VI(+ =1 - =0)  
L_LI LJ(1=3 2=$N_0001 )
```

```

Q_Q1 Q1(c=3 b=2 e=4)
D_DI D1(l=5 2=0)
V_V2 V2(+= $N_000i -=0)
.ENDALIASES

```

Из перечисленных выше пунктов обязательно выполнить только пункт 2 - установку параметров моделирования. Остальные пункты выполняются автоматически после запуска режима моделирования. Однако, имеет смысл их выполнять автономно в следующих случаях:

- при отладке сложных схем;
- при внесении изменений в текстовые библиотеки моделей компонентов.

### 3. Ввод и редактирование принципиальных схем

После загрузки графического редактора (команда psched. exe) выводится его основной экран. В верхней части экрана располагается горизонтальное меню, состав команд которого зависит от выбранного режима редактирования:

- редактирование принципиальных схем;
- редактирование символов компонентов.

При входе в графический редактор устанавливается режим редактирования схем. Схемы могут располагаться на одной или нескольких страницах. В центре верхней строки размещается имя файла текущей схемы и номер страницы. После номера страницы в скобках указывается состояние схемы после моделирования: Signal означает, что после моделирования схема не изменилась; Stale означает изменение схемы.

В нижней части экрана размещается строка состояний. В ней слева указаны текущие координаты курсора X и Y в английской системе единиц.

Выбор команд меню осуществляется с помощью мыши или клавиатуры. При использовании клавиатуры для выбора пункта горизонтального меню нажимается клавиша Alt и одновременно клавиша с буквой подчеркнутой в имени команды. Например, для меню **File Edit Draw Newgate View Options Analysis Tools Markers Windows Help**

выбор команды рисования схемы производится одновременным нажатием клавиш Alt + D. Кроме того, имеется ряд пиктограмм для быстрого выбора наиболее употребительных команд. Нажатием (щелчком) левой кнопки мыши выбираются пункты меню и команды, а на чертеже схем - различные объекты (компоненты). Выбранные объекты ярко высвечиваются (обычно красным цветом). Работа с мышью производится по правилам, указанным в табл.3.

Таблица 3

Действия кнопок мыши

Клавиша мыши	Действие	Функция
Левая	Одинарный щелчок	Выбор объекта (выбранный объект изменит окраску)
	Одинарный щелчок на выбранном объекте и удержание кнопки	Буксировка выбранного объекта
	Shift+ одинарный щелчок	Выбор нескольких объектов
	Двойной щелчок	Выбор нескольких объектов

Правая	Одинарный щелчок	Прерывание команды
	Двойной щелчок	Повторение предыдущей операции

Выбранные объекты, группу объектов или область можно перемещать, вращать, копировать и удалять.

*Буксировка* - перемещение одного или нескольких выбранных объектов или области нажатием и удержанием левой кнопки мыши (BUT #1), после чего курсор перемещают в новое положение. Фиксация осуществляется после отпускания клавиши.

*Отмена команды* - выполняется нажатием на клавиатуре кнопки Esc , выбором режима Cancel в диалоговом окне редактирования или однократным нажатием кнопки BUT#1.

*Растягивание* - при выполнении команды Draw/Block на схеме появляется изображение прямоугольного блока, размеры которого изменяются с помощью правой кнопки мыши (BUT#2) при нажатии и удержании кнопки Shift.

*Редактирование атрибутов* - двойной щелчок на символе компонента, проводнике, тексте или атрибуте вызывает на экран диалоговое окно редактирования.

Для ускорения работы с графическим редактором ряд наиболее употребительных команд, помимо пиктограмм, вызывается с помощью функциональных клавиш (Fn) и комбинаций клавиш, назначение которых приведено в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4

Назначение функциональных клавиш

Клавиша	Редактирование схем	Редактирование символов
F1	Помощь, Help	Помощь, Help
F2	Перейти на нижний уровень иерархии, Navigate/Push	Включение сетки, Options/Display Options
F3	Перейти на верхний уровень иерархии, Navigate/Pop	
F4	Привязка текста к сетке, Options/Display Options	Привязка сетки к тексту, Options/Display Options
F5	Ортогональность, Options/Display Options	Автоматическая прокрутка, Options/Display Options
F6	Привязка к сетке, Options/Display Options	Привязка к сетке, Options/Display Options
F7	Автоматическая нумерация проводников/портов, Options/Auto-Naming	
F8	Автоматическое повторение, Options/Auto-Repeat	Автоматическое повторение, Options/Auto-Repeat

F9	Режим резиновой "Нити", Options/Display	
F10	Вывод списка ошибок, File/Current Errors	Вывод списка ошибок, File/Current Errors
F11	Вызов программы моделирования, Analysis/Simulate	
F12	Вызов программы Probe, Analysis/Probe	

*Примечание.* Нажатие клавиш Shift + Fn отменяет действие соответствующей команды.

Таблица 5

## Комбинации клавиш Ctrl, Del

Комбинация	Редактирование схем	Редактирование символов
Ctrl+A	Просмотр области. View/Area	Просмотр области. View/Area
Ctrl+D	Провести проводник заново Draw/Rewire	
Ctrl+	Ввод шины Draw/Bus	Определение корпуса, Part/Definition
Ctrl+E	Ввод <i>метки</i> , Edit/Label	Редактирование упаковочной информации, Packaging/Edit
Ctrl+F	Зеркальное отображение, Edit/Flip	Зеркальное отображение, Edit/Flip
Ctrl+G	Взять новый символ, Draw/Get New	Взять новый символ, Part/Get
Ctrl+H	—	
Ctrl+I	Увеличить изображение, View/In	Увеличить изображение, View/In
Ctrl+L	Перерисовать, View/Redraw	Перерисовать, View/Redraw
Ctrl+M	Пометить маркером цепь для вывода ее потенциала с помощью программы Probe, Markers/Mark Voltage/Level	
Ctrl+N	Перерисовать схему на всю страницу, View/Fit	Перерисовать схему на весь экран, View/Fit
Ctrl+O	Уменьшить изображение, View/Out	Уменьшить изображение, View/Out
Ctrl+P	Поместить на схему символ Draw Place Part	Список выводов, Part/Pin List
Ctrl+R	Повернуть символ на 90, Edit/Rotate	Повернуть символ на 90, Edit/ Rotate
Ctrl+S	Сохранить, File/Save	Сохранить, File/Save

Ctrl+T	Ввести текст, Draw/Text	Тип вывода, Edit/Pin Type
Ctrl+U	Восстановить удаленный объект, Edit/	Восстановить удаленный объект, Edit/ Undelete
Ctrl+V	Взять из буфера, Edit/Past	Взять из буфера, Edit/Past
Ctrl+W	Ввести проводник, Draw/Wire	
Ctrl+X	Копировать в буфер, Edit/Cut	Копировать в буфер, Edit/Cut
Delete	Удалить объект, Edit/Delete	Удалить объект, Edit/Delete
Пробел	Повторить, Draw/Repeat	Повторить, Draw/Repeat

Редактирование принципиальных схем осуществляется с помощью ряда команд горизонтального меню.

*File* - загрузка, создание и сохранение файлов схем, вывод схем на принтер или плоттер, переход в режим редактирования символов;

*Edit* - редактирование или удаление символов компонентов на текущей схеме;

*Draw* - размещение символов компонентов на текущей странице схемы, ввод проводников, шин;

*Navigate* - выбор страницы схемы для редактирования (для многостраничных схем);

*View* - изменение масштаба изображения схем на экране;

*Options* - установка параметров дисплея и принтера;

*Analysis* - создание списка соединений схемы, поиск ошибок в схеме, вызов программ моделирования PSpice, PLogic, Probe;

*Tools* - интерфейс с программами проектирования печатных плат, программ Polarix, Optimizer и PLSyn, создание макромоделей;

*Markers* - размещение на поле чертежа маркеров, помечающих узлы цепи или выводы компонентов, графики напряжений или токов которых выводятся с помощью программы Probe;

*Windows* - работа с окнами;

*Help* - помощь.

Каждая команда имеет меню подкоманд [1].

**Редактирование принципиальных схем** производится в следующей примерной последовательности.

1. Работа начинается с очистки экрана выбором команды File/New. Затем по команде Options/Page Size устанавливается размер схемы. По команде Options Editor Configuration/Page Settings/Border Symbol на чертеже схемы наносится изображение его рамки , согласованной с установленными размерами схемы. Изображение рамки хранится в виде отдельного символа, например A 4, размещаемого в создаваемой пользователем библиотеке, например RUSLAN Sib. Аналогично по команде Options/Editor Configuration/Title Block Symbol наносится изображение углового штампа, стандартные надписи в виде атрибутов, редактируемые пользователем. Указанные штампы наносятся после создания схемы.

2. Далее в пункте Options настраивают конфигурацию графического редактора. При загрузке редактора конфигурация устанавливается по умолчанию, однако полезно убедиться в ее правильности и при необходимости ввести корректировку. В частности, по команде Options/Display Options устанавливается шаг координатной сетки (Grid Spacing) 2,5 мм и другие параметры дисплея, из которых обязательным является включение режима привязки графических объектов к узлам сетки (Stay on Grid) , что необходимо для удобства подсоединения проводников к выводам компонентов. Редактирование производится в панели диалоговой команды. Включение (on) или выключение (off) режима осуществляется

проставлением крестика или удалением его в прямоугольной рамке, когда команда является доступной для редактирования. Для редактирования параметра, имеющего числовое значение, нажатием кнопки BUT #1 выбирается поле редактирования (окруженное прямоугольной рамкой), и его содержание редактируется как обычная текстовая переменная. Завершение установки параметров и завершение работы в панели диалога производится выбором командной кнопки ОК, отмена - Cancel.

3. Если производится редактирование уже существующей схемы, то работа начинается с загрузки sch - файла по команде File/Open, после чего в верхней строке появляется ее имя.

4. Размещение символа компонента на схеме начинается с указания имени компонента в панели диалога, открывающейся по команде Draw/Get New Part. Для просмотра перечня компонентов, имеющихся в загруженных библиотеках, курсором выбирается опция Browse. В результате выводится меню со списком библиотек (правый список - Library) и перечень компонентов библиотек (левый список - Part). Выбор библиотеки и компонента осуществляется нацеливанием курсора и нажатием кнопки ОК, после чего на экране появляется изображение компонента, "привязанное" к курсору. Нажатие кнопки BUT #1 завершает команду. Двойное нажатие кнопки BUT #2 возвращает курсор в выбранную библиотеку для выбора следующего компонента. Позиционные обозначения компонентов можно проставлять в ручном или автоматическом режиме. Автоматическая простановка осуществляется в процессе ввода компонентов, если по команде Options/Auto Naming выбрана опция Enable Reference Designator. Введенные автоматически обозначения компонентов редактируются после двойного щелчка мыши при расположении курсора на этом обозначении. Кроме того, после завершения построения схемы по команде Tools/Annotate можно выполнить переименование позиционных обозначений, а также необходимую для разработки печатной платы упаковку. Большинство компонентов характеризуется набором параметров, представленных в редакторе Schematics в виде атрибутов. Перечень атрибутов каждого компонента задается при создании его символа, а на схеме их конкретные значения задаются по команде Edit/Attribute или двойным щелчком на символе атрибута или выбором пиктограммы. Заметим, что таким образом изменяются атрибуты компонентов только на схеме. В библиотеке они остаются неизменными.

5. Изображение проводников, соединяющих выводы компонентов, наносится на схему по команде Draw/ Wire (Ctrl+W). После выбора этой команды курсор принимает форму карандаша. Нажатие кнопки BUT #1 фиксирует начало проводника, и при перемещении курсора прокладывается проводник. Каждое одиночное нажатие кнопки BUT #1 фиксирует точку излома, после чего можно изменить его направление. При включении параметра Orthogonal команды Options/Display Options проводники проводятся под прямым углом, а при включении параметра Rubberband проводник при движении курсора растягивается как резиновая нить. Электрическое соединение пересекающихся проводников отмечается точкой автоматически, если они пересекаются под прямым углом. При необходимости проводнику можно присвоить имя (метку) по команде Edit/Label (Ctrl+ E), предварительно выделив проводник курсором. По этой команде на экран выводится панель ввода имени Set Attribute Value/Label. На схеме обязательно должен быть узел "земли", имеющий имя 0. К нему присоединяется символ AGND (аналоговая "земля") из библиотеки Port Sib.

6. Изображение шин, состоящих из нескольких проводников, наносится на схему по команде Draw/Bus (Ctrl+B) более широкой линией, чем проводник. Способ рисования их такой же, как и проводников. Различие состоит в присвоении имени шине. Все шины обязательно должны иметь имена в виде списка имен входящих в них цепей, разделенных запятыми. Например, шина, состоящая из трех проводников с именами A, N1, N2, должна иметь имя: LABEL=A, N1, N2; шина из цепей B0, B1, B2 может иметь имя B[0-2].

7. Размещение на схеме произвольного текста, который выводится на твердую копию чертежа, но не передается в программу моделирования, производится по команде Draw/Text (Ctrl + T). Изменение масштаба шрифта производится при вводе или редактировании текста, а выбор шрифта - по команде Options/ Editor Configuration/ Fonts.

8. Внесенные в схему изменения записываются в текущий каталог в файл схемы с расширением .sch по команде File/Save (Ctrl + S). Если схема создана вновь, дополнительно запрашивается имя схемы. Запись схемы в файл с другим именем производится по команде File/Save as.

9. Создание макромоделей применяется для сокращения времени на моделирование и уменьшение вычислительных затрат. Макромодели (подцепи) описывают схемы замещения каких - либо сложных компонентов, например, операционных усилителей. После ввода схемы замещения выполняется команда Tools/Greate Subcircuit. В результате будет создано текстовое описание схемы замещения, на первой строке которого помещена директива .sub ckt, перечислены имена внешних выводов (присвоенным портам интерфейса) и имя макромоделей, совпадающее с именем файла его схемы замещения. Последняя строка содержит директиву окончания описания макромоделей .ENDS. Макромодель заносится в файл с расширением .sub.

10. Моделирование производится по командам Analysis/Setup и Analysis/Simulate по следующим директивам меню:

*AC-SWEEP* - расчет частотных характеристик линеаризованной схемы и уровня ее внутреннего шума;

*Load/ Save Bias Points* - запоминание/чтение режима схемы по постоянному току;

*DC-Sweep* - расчет режима по постоянному току при вариации входного напряжения или температуры;

*Monte Carlo/WorstCase* - статистический анализ и расчет наилучшего случая;

*Digital Setub* - установка параметров цифровых устройств (тип задержек, установка начальных состояний триггеров);

*Options* - задание параметров, контролирующих точность результатов моделирования и характер ввода данных в текстовый файл .OUT;

*Parametric* - задание варьируемых результатов;

*Sensitivity* - расчет малосигнальных чувствительностей по постоянному току;

*Temperature* - установка температуры (по умолчанию 27° C);

*Transfer Function* - расчет малосигнальных передаточных функций.

По команде Setup задаются не все возможные директивы программы PSpice. Остальные директивы задаются с помощью атрибутов, присваиваемых на схеме специальным символам, при этом каждой директиве соответствует отдельный символ.

11. После завершения моделирования запускается программа построения графиков .Probe, если по команде Analysis/Probe Setup включена опция Automatically Run Probe After Simulation.

Если к тому же по команде Markers на схеме размещены маркеры, то на экране Probe будут выведены соответствующие графики. Для оперативного вывода графиков сразу после начала моделирования нужно по команде Analysis/Probe Setup включить опцию Monitor Waveforms.

12. Печать схемы на принтере производится по команде File/Print. Установка параметров печати производится в разделе Page Setup. Автоматический выбор масштаба производится опцией Auto-fit: one Schematic page per printer page.

#### 4. Редактирование символов компонентов

Режим редактирования символов (УГО компонентов) активизируется из режима редактирования схем одним из двух способов.

1 Способ. На редактируемой схеме выбирается компонент и в меню команда Edit/ Symbol. При этом программа предлагает сохранить схему с внесенными изменениями, после чего в новом окне выводится символ компонента, доступный для редактирования. Режим редактирования завершается нажатием левой кнопки на строке заголовка символов или выбором команды File/Close, после чего восстанавливается режим редактирования схем.

2 Способ. Выбор команды File/Edit Library включает режим редактирования символов, после чего по команде File/New создается новая библиотека символов или по команде File/Open открывается существующая.

Редактирование символов компонентов выполняется с помощью ряда команд, сгруппированных в следующих пунктах горизонтального меню:

*File* - создание и редактирование библиотек символов компонентов, их вывод на принтер или плоттер;

*Edit* - редактирование символов;

*Graphics* - создание графического изображения символа;

*Part* - создание или редактирование описания символа;

*Packaging* - создание или редактирование информации об упаковке компонента в его корпус;

*View* - изменение масштаба изображения символа компонента на экране;

*Options* - установка параметров чертежа на дисплее и активизация режимов автоматической нумерации выводов компонентов и простановки их имен;

*Windows* - работа с окнами.

Рассмотрим сначала методику создания нового символа компонента.

1. Сначала из режима редактирования схем по команде File/Edit Library переходят в режим редактирования символов, о чем свидетельствует изменение перечня команд в горизонтальном меню и выбирают команду установки параметров Option/Display Options. На открывшейся панели задают шаг сетки и другие параметры. Для создания нового символа выбирается команда Part/New и на экране появляется панель диалога для описания символа. Эта же панель появляется после активизации команды Part/Definition для редактирования следующей информации о новом или существующем символе.

*Description* - текстовое описание символа (например, резистор, диод и т. д.), которое просматривается при выборе символа из библиотеки;

*Part/Name* - имя компонента, под которым он занесен в библиотеку символов;

*Alias List* - список псевдонимов символа, при размещении символа на схеме можно равноправно указать как основное имя (Part Name), так и любой из псевдонимов (Alias);

*Ako Name* - имя прототипа, т. е. компонента, графика которого, выводы и все атрибуты переносится для построения нового символа. При этом в текущем компоненте можно редактировать и добавлять новые атрибуты и изменять текстовое описание, графику можно изменять только у прототипа;

*Type* - тип компонента, принимающий значения component, annotation, hier port, global port, off page, title bloc, border, marker, view point, current probe, optimizer parameter, simulation control.

Для ввода текстовых переменных курсором выбирается соответствующее поле редактирования и на клавиатуре набирается текст. При этом для внесения имени псевдонима в список курсором указывается командная кнопка Add. Работа завершается выбором ОК.

2. Графика символа компонента создается по командам Graphics внутри прямоугольника, ограниченного пунктиром. Контур компонента вычерчивается по командам Arc, Box, Circle, Line. Пояснительные надписи наносятся по командам Text. По окончании построения символа по команде Graphics/Box изменяют размеры пунктирного прямоугольника, с тем, чтобы внутри контура прямоугольника находились все выводы компонента.

3. Выводы компонента изображаются по команде Graphics/Pin. На экране появляется изображение вывода, помеченное крестиком, и линия вывода, которые перемещаются вместе с курсором. Прежде чем нажатием левой кнопки зафиксировать положение вывода, можно "горячими" клавишами Ctrl+F, Ctrl+R и Ctrl+T зеркально отобразить линию (Flip), повернуть ее на 90° (Rotate) и изменить тип вывода (Pin Tipe), например, с нормального (Normal) на инверсный (Bubble) и т.д. После фиксации первого вывода редактор предлагает разместить другие выводы по той же методике.

В заключении по команде Graphics/Origin курсором указывается положение начала координат на чертеже символа, которое отмечается квадратиком. К нему привязан курсор при размещении символа на схеме.

При выполнении команды Graphics/Pin выводы нумеруются как 1, 2 и т. д. в порядке подключения их к символу. Им присваиваются имена pin1, pin2 и т. д. Изменение номеров и / или имен выводов производится в меню команды Part/Pin List. В списке имен выводов, помещенных в правом верхнем углу меню, выбирается имя редактируемого вывода, и оно переносится в окно Pin Name. После изменения имени вывода нужно включить/выключить опцию Display Name, чтобы это имя было видно/не видно на схеме. Одновременно редактируется тип вывода и его ориентация. На панели атрибутов вывода (Pin Attributes) изменяется номер вывода и указывается, что нужно делать, если на схеме к данному выводу не подключена ни одна цепь (панель If Unconnected). Возможны следующие варианты:

Error - выводится сообщение об ошибке;

R to GND - вывод подключается к "земле" через резистор с большим сопротивлением;

Unigine Net - создается специальный узел для подключения к нему маркера программы

Probe.

4. После нанесения на чертеж всех выводов компонентов и их атрибутов может возникнуть необходимость их редактирования. Для задания типов вывода его помечают одинарным нажатием левой кнопки мыши и затем по команде Edit/Pin Type (Ctrl+T) назначают тип вывода (одинарное выполнение этой команды переключает тип вывода на одну позицию в списке типов). Тип вывода, а также все его остальные атрибуты вводятся на панели диалога после двукратного нажатия левой кнопки мыши при расположении курсора на выбранном выводе (аналогично команде Edit/Change). В нем редактируются следующие параметры:

*Pin Name* - имя вывода;

*Type* - тип графического изображения вывода;

*Hidden* - признак скрытого вывода, который не отображается на схеме (например, цепи питания и "земля" в цифровых ИМС). Крестик слева от опции Hidden свидетельствует о ее активации;

*Net* - имя проводника, к которому должен быть подключен скрытый вывод (например, 0, +15v) и т. д.;

*Display Name* - вывод на чертеж схемы имен выводов;

*Size, Orient, Hist, Vjust* - размер, ориентация, горизонтальная, вертикальная;

*Pin* - порядковый номер вывода;

*ERC* - электрический тип вывода, используемый только при выполнении команды

Electrical Rule Check, принимающий значения:

don't care - не проверяется;

input - вход;

output - выход;

bidir - двунаправленный вывод;

highz - высокий импеданс;

open Collec - открытый коллектор;

power - подключение источника питания.

Редактирование атрибутов производится по команде Edit Attributes. Просмотр имен всех выводов и при необходимости их редактирование производится по команде Part/Pin List (Ctrl+P).

5. На заключительном этапе создания символа компонента редактируют введенные ранее и дописывают его новые атрибуты. Это производится одним из двух способов.

1 Способ. По команде Part/Attributes возможно как редактирование всех существующих атрибутов, так и определение новых, если они не конфликтуют с существующими.

2 Способ. Курсор устанавливается на редактируемый атрибут и два раза нажимается левая кнопка мыши. В результате управление передается в панель диалога для изменения этого атрибута. В этой панели имеются следующие поля:

*Name* - имя;

*Value* - значение атрибута;

*Whatto Display* - что выводить на дисплей;

*Name Only* - только имя атрибута;

*Both name and value* - имя и значение;

*None* - ничего;

*Layer* - задание слоя, на котором размещается имя и/или значение атрибута; видимость на экране информации, размещенной в разных слоях устанавливается по команде *Options/Set Display Level*;

*Orient* - ориентация текста атрибута;

*Hjust, vjvst* - привязка текста;

*Size* - масштаб текста в процентах;

*Changeable in schematic* - разрешение изменять значение атрибута в режиме редактирования схем;

*Keep relative orientation* - вращение атрибута вместе с символом.

Рассмотрим, как редактируются атрибуты. На правой стороне дисплея выводится перечень редактируемых атрибутов. Для ввода нового атрибута курсором отмечается первая свободная строка в поле списка, а для редактирования существующего - строка, где он расположен. В результате в верхнем поле редактирования (*Name*) появляются имя атрибута, а во втором (*Value*) - его значение, которые редактируются как обычные переменные. Запись атрибута производится активацией окна *Save/Attr*, удаление - *Del/Attr*. В графическом редакторе *Schematics* имеются атрибуты со строго определенными именами:

*COMPONENT* - имя упаковочной информации компонента. Этот атрибут не нужен, если имя упаковочной информации совпадает с именем компонента *PART*;

*GATE* - имя секции компонента *A, B, C, D* и т. д. Имя не указывается, если компонент состоит из одной секции. При размещении символов на схеме всем им присваивается имя первой секции *A*, добавляемой к позиционному обозначению, например *V1A, V2A* и т. д. Автоматическое распределение секций по корпусам компонентов производится по команде *Fools/Annotate*. Изменение имен секций выполняется вручную двойным щелчком по атрибуту *REFDES* или по команде *Edit/Attribute*;

*GGTETYPE* - тип секции применяется тогда, когда компонент состоит из секций разных типов;

*MODEL* - имя модели компонента, размещаемой в библиотечных файлах *.lib*. Обычно атрибут *MODEL* помечен звездочкой в списке атрибутов, что означает невозможность изменения его на схеме. Для изменения имени модели или создания ее копии применяется команда *Edit/Model*.

*PART* - имя символа компонента, под которым он заносится в библиотеку символов;

*PKGREF* - позиционное обозначение корпуса компонента;

*PKGTYPE* - тип корпуса компонента, например, *DIP14, DIP8* и т. д.;

*REFDES* - префикс позиционного обозначения, определяющий для программы *PSpice* тип компонента (например, *R* - резистор, *D* - диод, *Q* - транзистор);

*SIMULATIONONLY* - наличие этого атрибута означает, что данный символ используется только для моделирования, включается в список соединений, но не размещается на печатной плате; это источники сигналов из библиотеки *Source .slb*, типовые компоненты из библиотеки *breakout .slb* и специальные символы из библиотеки *Special .slb*;

*TEMP LATE* - шаблон для назначения соответствий графических обозначений выводов компонентов с их реальным физическим смыслом.

Обсудим синтаксис шаблона *TEMPLATE*. В задании на моделирование для программы *PSpice* описание компонента занимает одну строку. Пусть, например, символ транзистора *KT315A* имеет выводы с именами *B* (база), *C* (коллектор), *E* (эмиттер) и атрибуты *MODEL=KT315A, REFDES=Q*. Тогда его атрибут *TEMPLATE* должен иметь вид:

*TEMPLATE = Q\*@REFDES % C % B % E @MODEL.*

Если на принципиальной схеме, созданной редактором Schematics, имеется транзистор с позиционным обозначением VI, подключенный к цепям: B-5, K-22, Э-к непоименованной цепи, которой по умолчанию присвоено имя \$N\_0004, то в Списке соединений, составленном по команде Analysis/Create Netlist, появятся строки:

```
ALIASES
Q_V1Q1 (C=22 B=5 E= $N_0004)
.ENDALIASES
Q_VI 225 $N_0004 KT315A.
```

Приведем атрибуты трех наиболее употребительных компонентов.

1. Резистор, включенный между узлами 2 и 5 схемы и имеющий позиционное обозначение R3, имеет атрибуты:

```
VALUE = 1K
TC =0.001
PART = R
REFDES = R?
TEMPLATE = R^ @ REFDES % 1 % 2 @ VALUE
?TC/TC = @ TC /
```

В списке соединений ему соответствует строка

```
R_R3 2 5 1K TC =0.001.
```

Если атрибут TC (температурный коэффициент) не будет задан, то в этой строке параметр TC будет отсутствовать.

2. Переменный резистор R4, включенный между узлами 3, 4 и 5 (5 - средняя точка) имеет атрибуты:

```
PART = ROT
VALUE=1K
SET =0.5
REFDES = R?
TEMPLATE = RT^ @ REFDES % 1 % t{(@ VALUE* (1 - @ SET)) + .001}
\n RB^ @ REFDES %t%2{(@ VALUE*@ SET) + .001
```

В списке соединений ему будет соответствовать две строки (\n - перенос строки).

```
RT_R 4 3 5 {(1k *(1-0.5)+0.001)}- верхняя часть потенциометра.
```

RB\_R4 5 4 {(1k \*0.5)+0.001}- нижняя часть потенциометра. Здесь атрибут SET задает сопротивление нижней части потенциометра.

3. Предположим, что имеется макромодель Z, имеющая два вывода A и B, и параметр G. Если в основной схеме параметр G не определен, то в макромодель передается значение G=1000 по умолчанию. Для обеспечения возможности редактировать этот параметр при работе со схемой символу макромодели присвоим атрибут G и зададим шаблон TEMPLATE вида:

```
X^@ REFDES % A %B Z PARAMS: ? G :G:@G: ~G ;G=1000:
```

Если эту макромодель, имеющую позиционное обозначение U22, подключить к узлам 11 и 12 и задать параметр G=1024, то в списке соединений будет создана строка

```
X_U22 11 12 Z PARAMS : G=1024.
```

Если же на схеме не задать параметр G, то эта строка будет иной

```
X_U22 11 12 Z G = PARAMS: 1000.
```

Элементы библиотеки имеют следующие атрибуты:

```
REFDES = LIB?
FILENAME = EVAL .LIB
TEMPLATE = .LIB " @ FILENAME "
```

В списке соединений ему соответствует строка

```
.LIB " EVAL .LIB " .
```

Здесь атрибут FILENAME задает имя файла библиотеки математических моделей.

## 5. Пример создания графического изображения компонента 133LA3

Создание графического изображения делается для вновь вводимых компонентов, т.е. для тех, которые отсутствуют в имеющихся библиотеках (файл с расширением .slb). Необходимо выполнить следующие действия.

1. Войти в программу MSIM, выбрав в меню каталог MSIM.

2. Активизировать команду PSched.exe, и на экране появится сетка, а сверху экрана горизонтальное меню. (При вводе обратите внимание на окно внизу экрана, которое показывает, какие из библиотек подключаются к работе).

3. Выбрать команду FILE в горизонтальном меню щелчком левой кнопки мыши. При этом открывается поле подкоманд, доступных для работы.

4. Выбрать подкоманду Edit/Library (редактирование библиотеки) и активизировать ее нажатием левой кнопки мыши. Обратите внимание на изменение команд верхнего горизонтального меню. Эти команды позволяют создавать условное графическое обозначение (УГО) компонента. В левом поле экрана появился прямоугольник, в котором и будет создаваться УГО. Элементы вновь создаваемого УГО не должны выходить за рамки прямоугольника. Это сделано для того, чтобы все УГО при создании схем были изображены в одинаковом масштабе. Размеры сетки (по осям X и Y) таковы, что не позволяют рисовать мелкие детали. Поэтому необходимо изменить масштаб сетки и увеличить размеры прямоугольника.

5. Выбрать команду Configur в горизонтальном меню и в открывшемся поле подкоманд выбрать подкоманду Display Options. (Основную команду и подкоманду удобно обозначать следующим образом Configur /Display Options). В открывшемся окне можно редактировать параметры сетки дисплея.

6. Выбрать строку Grid Spasing и ввести новый шаг координатной сетки. Ввод нового значения (например, 0.01) заканчивается щелчком кнопки мыши по окну ОК или нажатием клавишей Enter.

7. Увеличить размер прямоугольника и переместить его в центр экрана. Это можно делать командой ZOOM двумя способами:

7.1. Выбрать в горизонтальном меню команду ZOOM и подкоманду IN, на экране появится репер в виде +. Совместить репер с левой стороной прямоугольника и нажать левую кнопку мыши. Прямоугольник сместится вниз и вправо в увеличенном масштабе. Эту операцию проделать 2-3 раза.

Обратное перемещение выполняется аналогично командой ZOOM/OUT, при этом крест совмещается с правой стороной прямоугольника. Указанные команды целесообразно целесообразно использовать тогда, когда требуется более детально просмотреть какие-либо фрагменты создаваемого рисунка.

7.2. Выбрать команду ZOOM/View Symbol, прямоугольник переместится в центр экрана, размеры и масштаб сетки которого позволят рисовать компоненты. Обратите внимание на левый верхний угол прямоугольника. Это точка привязки. Относительно этой точки (а точнее от левой и верхней сторон прямоугольника) прямоугольник может быть увеличен командой Graphics/Box.

8. Приступим к рисованию УГО (рис.3а). Для этих целей в главном меню предназначена команда Graphics. Активизация этой команды предоставляет доступ к меню рисования ( Box - прямоугольник , Line - линия , Arc - полуокружность , Pin - контакт , Circle - окружность, и т.д.).

8.1. Выбираем команду Graphics/Pin. На поле появится изображение нормального контакта в виде горизонтального отрезка прямой, на левом конце которого перекрестие в виде буквы х. Это точка соединения вывода УГО с цепью в схеме.

Подводим мышью перекрестие на левую грань пунктирного прямоугольника в место расположения первого контакта и нажимаем левую кнопку мыши. Введенный контакт окрашивается красным цветом. Окрашивание фрагмента в красный цвет означает, что он может быть отредактирован (удален (Delete), повернут (Rotate)) командой главного меню

Edit. Одна команда, в данном случае Graphics/Pin, позволяет сразу ввести несколько однотипных фрагментов без повторного к ней обращения. Перемещаем светящийся пунктиром второй контакт в место его установки и нажимаем левую клавишу мыши (рис.26). Отменяем данную команду нажатием правой кнопки мыши.

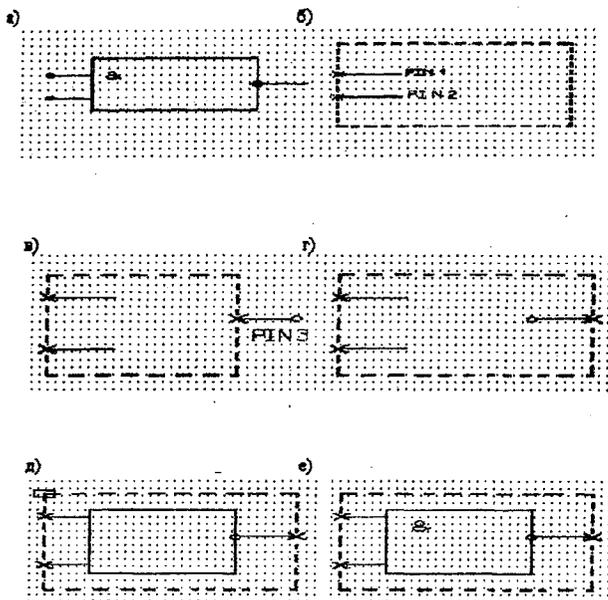


Рис. 3. Рисование условного графического обозначения элемента

8.2. Вводим выходной контакт. Если нормальный контакт устанавливается в системе по умолчанию, то другие виды контактов следует выбрать. Активируем команду Edit. Однократный щелчок левой кнопки мыши по строчке PINTYPE переводит на новый тип контакта – инверсный (bubble). Размещаем выходной контакт как это показано на рис.2в. Затем, щелкая левой кнопкой мыши по команде Edit/Rotate, дважды поворачиваем контакт на 180 (рис. 3г). Отменяем команду нажатием правой кнопки мыши.

8.3. Командой Graphics/Box рисуем контур УГО, совмещая его с внутренними сторонами контактов (рис. 3д).

8.4. Активируем команду Graphics/Text. На клавиатуре набираем текст: 133LA3 и выводим появившийся на экране прямоугольник над УГО. Нажатие левой кнопки мыши фиксирует надпись (рис.3е). Аналогично вводятся другие надписи, например, &, N1, N2, OUT и т.д.

9. Если в рисунке допущена ошибка, то для удаления какого либо неправильно введенного фрагмента нужно нацелить стрелку курсора на удаляемый фрагмент и щелкнуть левой кнопкой мыши. Фрагмент окрашивается в красный цвет. Затем курсором в главном меню выбрать команду Edit/Delete и щелкнуть мышью. Для удаления всего рисунка и очистки экрана следует использовать команду Part/New.

10. Номера контактов, названия контактов и другие атрибуты можно сделать видимыми или наоборот невидимыми. Это зависит от доступности или недоступности того или иного слоя, куда записывается информация. Работа со слоями осуществляется по

команде **Configure/Set Display Level**, которая открывает окно редактирования. Выбор в окне команды **Clear/All** закрывает все слои и делает невидимой всю второстепенную информацию.

11. После создания УГО компонента его можно записать в соответствующую библиотеку. Запись осуществляется командой **File/Save**. После ее активизации следует в появившемся окне набрать путь, имя библиотеки и имя компонента в библиотеке.

12. Выход из режима редактирования компонентов осуществляется по команде **File/Exit**.

## **6. Задания для выполнения**

Для успешного овладения пакетом **Desing Center** и изложенной в пособии методикой предлагается выполнить следующие обязательные три задания.

**ЗАДАНИЕ 1.** Для биполярного транзистора создать условное графическое обозначение.

**ЗАДАНИЕ 2.** Для операционного усилителя K140УД6 создать условное графическое обозначение и записать его в библиотеку.

**ЗАДАНИЕ 3.** Создать графическое изображение принципиальной электрической схемы усилителя (рис. 2), сформировать текстовый файл его описания с основными директивами на моделирование и провести основные виды анализа. Конкретные виды анализа и технические характеристики компонентов задаются преподавателем.

## **Литература**

1. Разевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования и проектирования печатных плат **Design Center (Pspice)**. -М.: СК Пресс, 1996.
2. Разевиг В.Д. Применение программ **P - CAD** и **Pspice** для схемотехнического проектирования на ПЭВМ. Вып. 1. Общие сведения. Графический ввод схем. - М.: Радио и связь, 1992.

