

MICRO-CAP V

**РУКОВОДСТВО
ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

Содержание

1. Интерфейс программы MC5	4
2. Системное меню	5
Меню File	5
Меню Edit	6
Меню Component	7
Меню Windows	8
Меню Options	9
Меню Analysis	10
Меню Help	11
3.1. Создания новой схемы	13
3.2. Задание параметров компонента	13
3.3. Рассмотрим пример создания схемы типового радиозвена.	14
3.3.1. Генератор радиоимпульсов	14
3.3.2. Полосовой фильтр	14
3.3.3. Детектор	15
3.3.4. ФНЧ	15
3.3.5. Решающее устройство (Компаратор)	15
4.1. Анализ переходных процессов	16
4.2. Анализ частотных характеристик	18
5. Представление чисел, переменных и математических выражений	20
5.1. Переменные параметра Модели	20
5.2. Числа и Константы	20
5.3. Переменные	20
5.4. Математические Операторы и функции	21
5.5. Правила составления выражений	22
5.6. Типовые примеры выражений	23

Micro-Cap V ver.2.0.3.

Программа MC5 представляет собой систему схемотехнического моделирования электронных устройств и последующего анализа частотных характеристик, передаточных функций по постоянному току, анализу переходных процессов.

MC5 обладает следующими возможностями:

- создание не только принципиальных, но и функциональных схем, благодаря возможности описания аналоговых и цифровых компонентов математическими выражениями;
- имеется большая библиотека компонентов, включая в себя цифровые интегральные схемы и аналоговые компоненты типа диодов, биполярных, полевых и МОП-транзисторов, линий передачи с потерями, макромоделей операционных усилителей, кварцевых резонаторов и т.п.;
- результаты моделирования выводятся в виде графиков с возможностью их анализа в процессе моделирования;
- при наличии ошибок программа мгновенно о них сообщает;
- имеется электронная документация.

Программа MC5 использует многооконный интерфейс с ниспадающими и разворачивающимися меню, который уже стал стандартным для любой программы, работающей под **Windows'9x**.

1. Интерфейс программы MC5

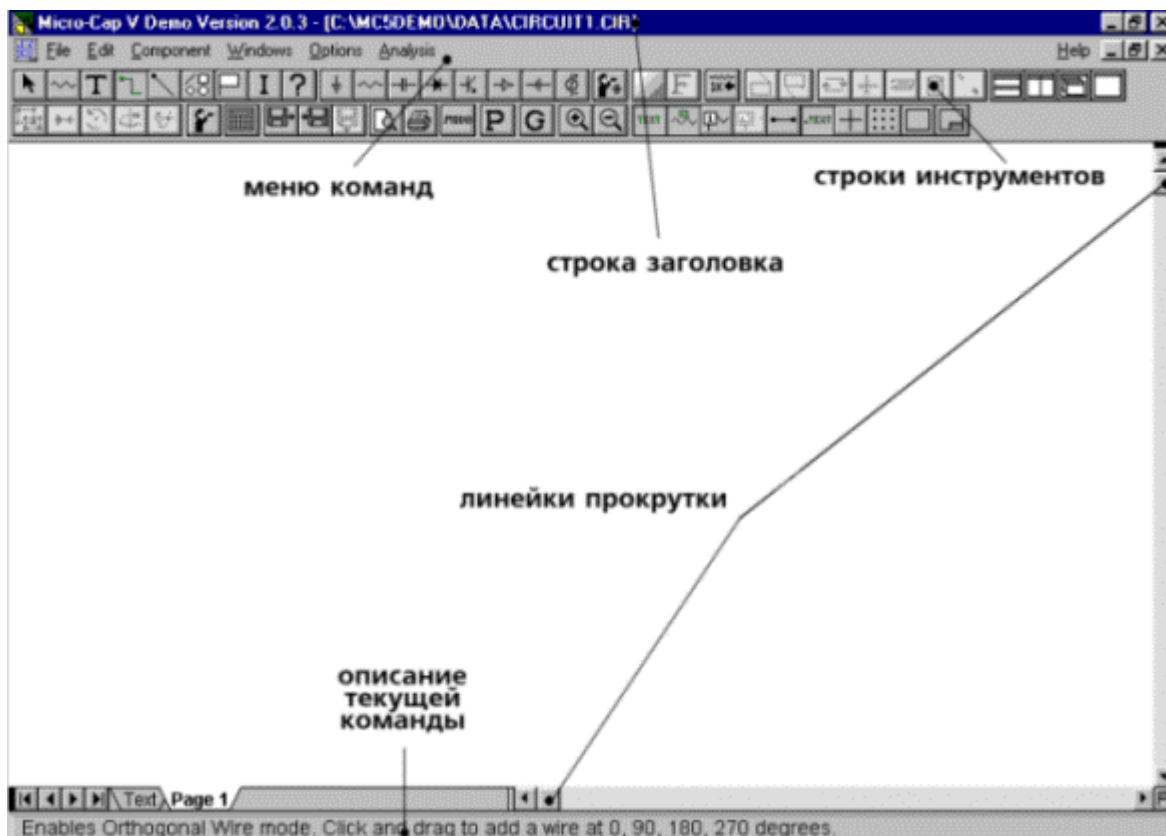


Рис. 1.1. Окно программы Micro-Cap V версия 2.0

Меню команд. Меню выбранной курсором команды разворачивается вниз.

Некоторые команды, например

File — Save (Файл/Сохранить **Ctrl+S**) выполняются немедленно после их выбора. Другие команды, отмеченные многоточием "...", например **File — Save As...** (Файл - Сохранить как), требуют ввода дополнительной информации (в данном примере ввода имени файла). Команды, отмеченные треугольником ▶, имеют дополнительное меню, разворачивающееся вправо, например **Options — Mode ▶**.

Строка заголовка. В этой строке указывается имя окна. Если открыто окно схем, то указывается имя файла схемы и каталога, в котором он расположен. Если же открыто окно анализа характеристик — указывается вид анализа:

AC Analysis — анализ частотных характеристик,

DC Analysis — передаточных функций по постоянному току,

Transient Analysis — переходных процессов.

Строка инструментов (кнопок). На этой строке размещены *пиктограммы* наиболее употребительных команд, их полный список приведен в табл. 3.1. Пиктограммы команд немедленного действия остаются нажатыми непродолжительное время и затем восстанавливают свое первоначальное положение. Пиктограммы команд, переключающие режимы, остаются в положении "включено" до выполнения следующей команды.

Линейки прокрутки. Две линейки прокрутки позволяют панорамировать окно схем или текста по горизонтали и вертикали.

Строка описание текущей команды. В этой строке комментируется команда, выполняемая по щелчку мыши.

2. Системное меню

После запуска программы MC-5 на экране появится основное окно программы (см. рис. 1.1), сверху которого помещена строка системного меню, содержащая имена режимов **File**, **Edit**, **Component Windows**, **Options**, **Analysis**, **Help**.

Меню File

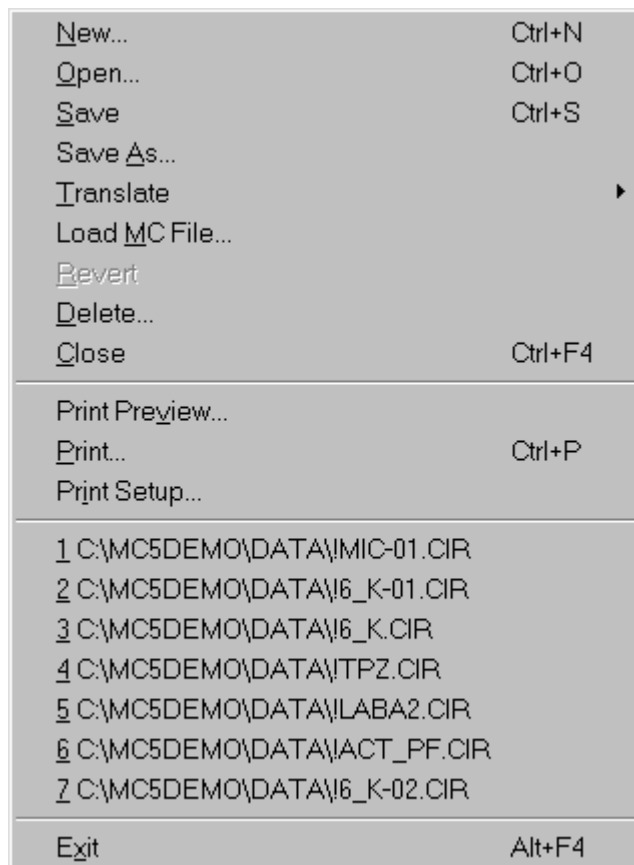


Рис. 2.1. Пункты системного меню File

New... (Ctrl+N) по этой команде предлагается сделать выбор (рис. 2.2):

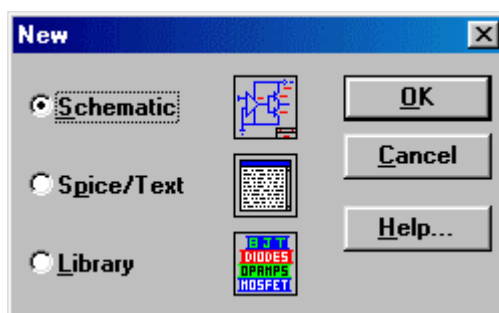



Рис. 2.2. Создание новой схемы

- Schematic** — создание новой схемы, которая заносится в файл с расширением .CIR;
- Spice/Text** — создание нового текстового файла с описанием схемы или библиотеки математических моделей компонентов в формате SPICE (расширение имени .CKT);
- Library** — создание нового бинарного файла библиотек (расширение имени .LBR). В этом файле помещаются модели биполярных транзисторов (BJT), полевых транзисторов (JFET), МОП-транзисторов (MOSFET), арсенид-галлиевых полевых транзисторов (GaAsFET), диодов (Diode), источников синусоидальных сигналов

(Sinusoidal), источников импульсных сигналов (Pulse), операционных усилителей (Орамп), линий передачи с потерями (TRN), магнитных сердечников (Core), конденсаторов (Capacitor), индуктивностей (Inductor), резисторов (Resistor), ключей управляемых напряжением (S) и током (W).

 **Open...** Открыть, созданную ранее схему (Ctrl+O). В открывшемся окне (рис. 2.3) выбираем каталог C:\MC5\DATA, в котором находятся файлы схем. На строке "Тип файлов" указывается тип просматриваемых файлов:

- Schematic (*.CIR)** — схемы в формате MC5 (устанавливаются по умолчанию);
- SPICE (*.CKT; *.LIB; *.STM)** — текстовое описание схем, библиотек и сигналов в формате SPICE;
- Model Library (*.LBR)** — сокращенные библиотеки математических моделей в формате MC5;
- Model Data (*.MDL)** — полные библиотеки математических моделей компонентов в формате MC5;
- All Files (*.*)** — все файлы.

Выбираем тип файлов **Schematic** и затем имя файла *.CIR.

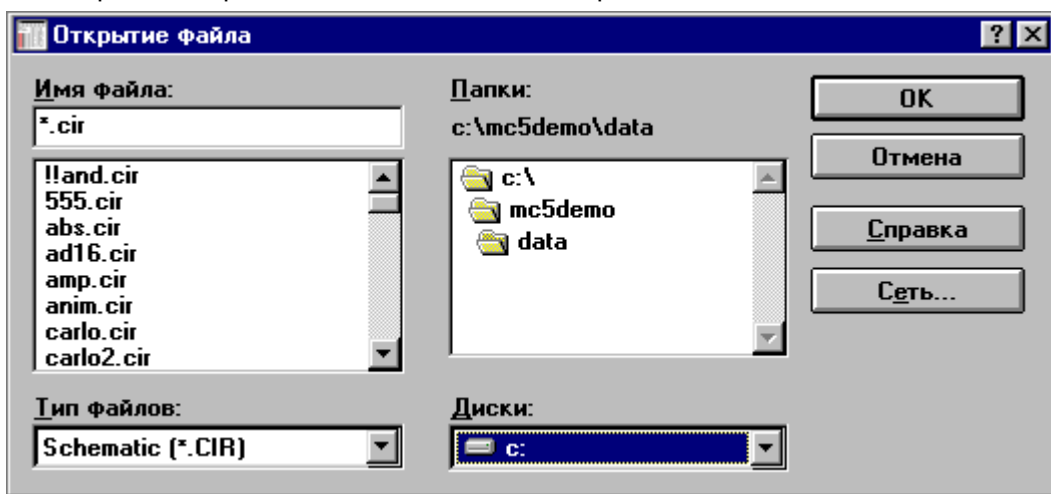





Рис. 2.3. Открытие схемы в формате MC5

-  **Save** Сохранение файла (Ctrl+S).
- Save as...** Сохранение файла под другим именем.
- Delete...** Удаление файла.
- Close** Закрытие текущего файла (Ctrl+F4).
-  **Print Preview** Предварительный просмотр изображения схемы перед печатью на бумагу выбранного формата.
-  **Print** Вывод на печать схемы, просмотренной в режиме Print Preview, в соответствии с параметрами, заданными в окне Print Setup (Ctrl+P).
- Print Setup** Выбор принтера, размера и ориентации бумаги.
- Файл 1, ...Файл 8** Список последних восьми загруженных файлов.
- Exit** Завершение работы с программой MC5.

Меню Edit

- Undo** Отмена последнего действия (Alt+Bcs).
- Cut** Копирование выделенного компонента в буфер обмена с последующим удалением из схемы (Ctrl+X).
- Copy** Копирование выделенного компонента в буфер обмена без удаления (Ctrl+C).
- Paste** Вставка в схему компонента из буфера обмена (Ctrl+V).
- Clear** Удаление выделенных компонентов из схемы (Del).
- Select All** Выделение всех компонентов схемы.
- Copy to clipboard** ▶

Visible Portion of Window in BMP Format
 Копирование видимой части схемы в буфер обмена в формате BMP.
Copy the Select Box Part in BMP Format
 Копирование выделенной части схемы в буфер обмена в формате BMP.

Копирование видимой части схемы в буфер обмена в формате BMP.
 Копирование выделенной части схемы в буфер обмена в формате BMP.

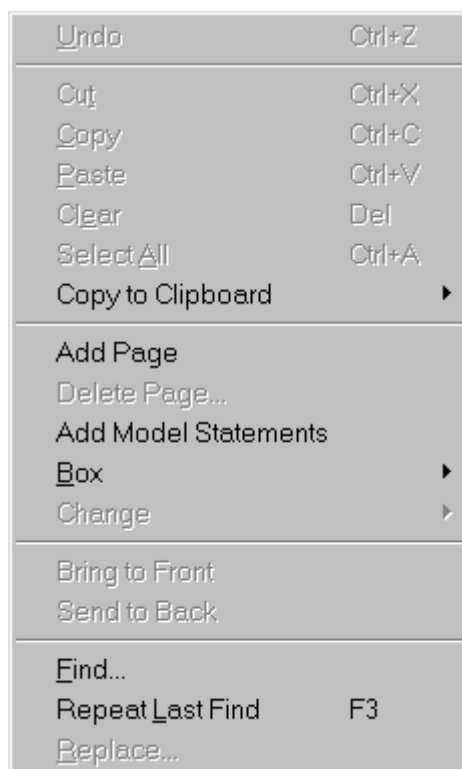


Рис. 2.4. Пункты системного меню File


- Add Page** Добавление страницы.
- Delete Page** Удаление страницы.
- Add Model Statement** Выбор этого пункта меню добавляет к описанию текущих параметров модели. новые параметры, применяя поиск по библиотекам.
- Box**
 - Step Box** Вставка блока¹.
 - Mirror Box** Зеркальный переворот блока.
 - Rotate Box** Поворот блока (Ctrl+R).
 - Flip X** Разворот по оси X (Ctrl+F).
 - Flip Y** Разворот по оси Y.
- Change** Изменение атрибутов экрана.
- Bring to Front** Перенос блока или компонента поверх остальных.
- Send to Back** Размещение блока или компонента под остальными.
- Find** Вызов окна поиска.
- Repeat Last Find** Повторный поиск.
- Replace** Вызов окна замены по поиску.

Меню Component

Analog Primitives Набор аналоговых типовых элементов.

¹ Блок — выделенные компоненты схемы.

Выделение производится в следующем порядке:

- 1) щелкнуть на пиктограмме **select mode** ;
- 2) выделить мышью необходимое количество компонентов схемы (выделение отдельных компонентов схемы производить при нажатой клавише Ctrl).

Passive Components	Пассивные элементы (резисторы, конденсаторы и т.д.)
Active Devices	Активные компоненты (ОУ, транзисторы).
Waveform Sources	Источники сигналов (импульсные, синусоидальные, батареи и т.д.).
Laplace Sources	Линейные управляемые источники, задаваемые преобразованием Лапласа.
Function Sources	Функциональные источники сигналов.
Dependent Sources	Линейные и нелинейные зависимые источники.
Macros	Макромодели, задаваемые схемами замещения.
Subckts	Макромодели, задаваемые текстовым описанием на языке PSpice.
Connectors	Соединители ("земля", перемычки и т.д.).
Miscellaneous	Разное (ключи, контакты и т.д.).

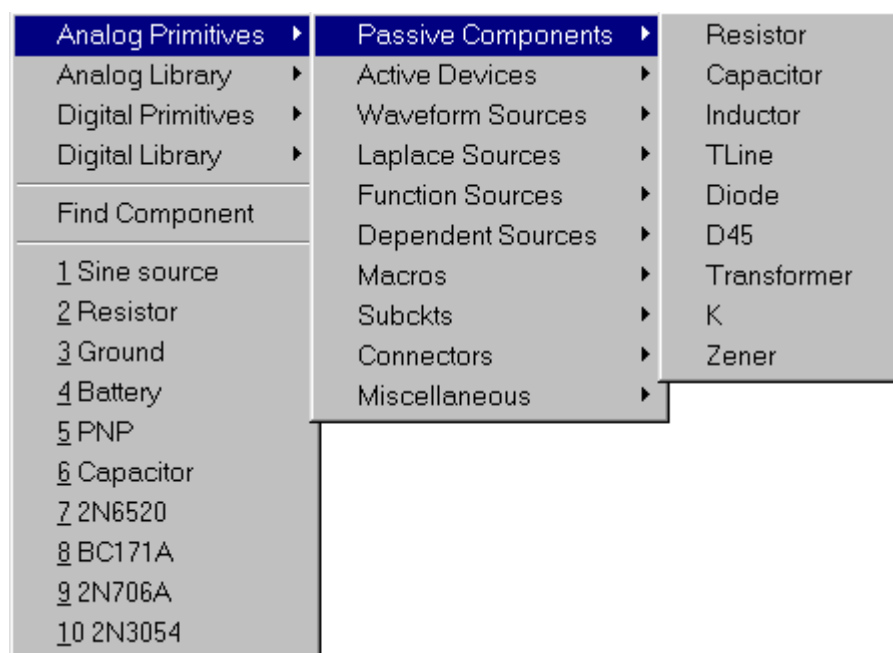


Рис. 2.5. Пункты системного меню Component

Analog Library ▶	Библиотека аналоговых компонентов.
Digital Primitives ▶	Цифровые типовые компоненты.
Digital Library ▶	Библиотека цифровых компонентов.
Find Component	Поиск компонента.

Меню Windows

	Cascade	Каскадное расположение открытых окон (Shift+F5).
	Title Vertical	Последовательное расположение открытых окон по вертикали (Shift+F4).
	Title Horizontal	Последовательное расположение открытых окон по горизонтали.
	Arrange Icons	Упорядочивание размещения иконок свернутых окон в нижней части экрана.
	Maximize	Максимизация выбранного окна схем или его иконки.
	Zoom-In	Увеличение масштаба изображения (Ctrl + +).
	Zoom-Out	Уменьшение масштаба изображения (Ctrl + -).
	View Text/	Переключение между окном схем и соответствующим ему окном текста

Drawind Area (Ctrl+G).

**Split Text/
Drawing Area
Horizontal** Разделение рабочего окна на окно схем и окно текста, протяженных по горизонтали.

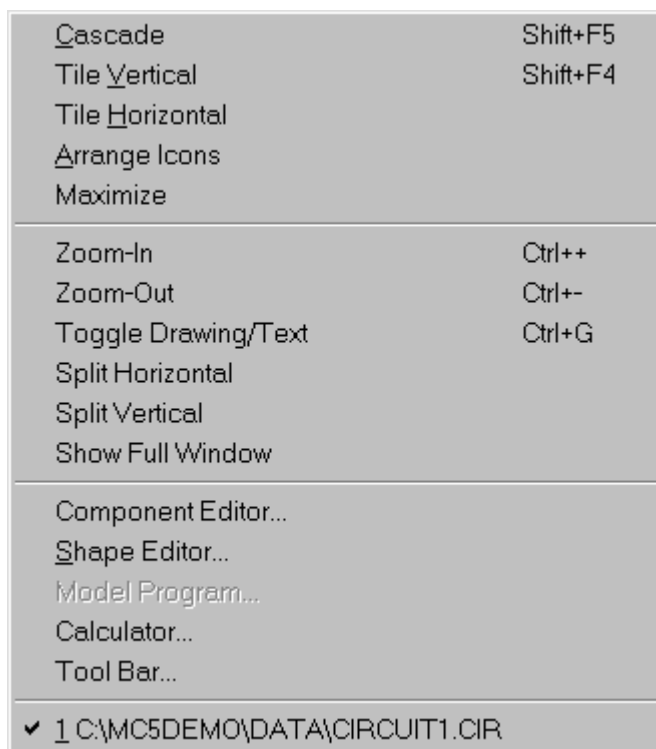


Рис. 2.6. Пункты системного меню Windows


**Split Text/
Drawing Area
Vertical** Разделение рабочего окна на окно схем и окно текста, протяженных по вертикали.

**Show Full
Window
Drawing** Распахивание окна схем на весь экран с одновременным закрытием окна текста. Левые верхние точки форматки схемы и окна схем совмещаются, при этом масштаб изображения схемы не изменяется.

**Component
Editor** Переход в режим редактирования библиотеки компонентов.

Shape Editor Переход в режим редактирования графики символов компонентов.

Model Program... Вызов программы идентификации параметров моделей аналоговых компонентов MODEL по паспортным и экспериментальным данным.

 **Calculator** Вызов встроенного калькулятора.

ToolBar... Настройка панели инструментов.

Меню Options

Tools Включение/выключение строки инструментов (Ctrl+0).

Help Bar Включение/выключение строки описания текущей команды.

Mode ▶ Выбор режима (при нажатии на ▶ отображаются команды описанные в табл. 2.1).

View ▶ Выбор информации, видимой на схеме.

- Show All Digital Paths** Составление списка всех возможных путей распространения цифровых сигналов с указанием задержек. Каждый путь начинается в цифровом генераторе или триггере. Выбранный в списке путь высвечивается на схеме.
- Preferences...** Открытие диалогового окна для изменения назначения цвета разных объектов, шрифтов и других параметров, значения которых сохраняются в файле текущей схемы (Ctrl+Shift+P).
- Global Settings...** Задание глобальных параметров, определяющих режим моделирования (Ctrl+Shift+G).

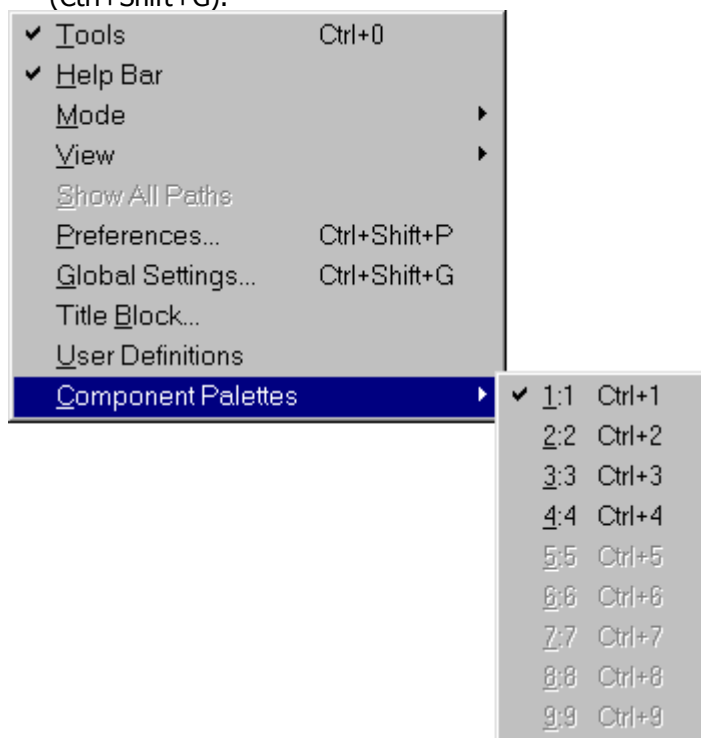


Рис. 2.7. Пункты системного меню Options

- Title Block...** Открытие диалогового окна для заполнения граф основной надписи.
- Component Palette 1—9** Вывод на окно схем от 1 до 9 панелей со списком компонентов для их быстрого выбора при составлении схемы. Состав компонентов в панелях определяется в режиме Component Editor (Ctrl+1 ... Ctrl+9).

Меню Analysis

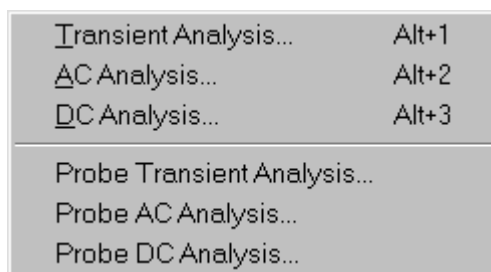


Рис. 2.8. Пункты системного меню Analysis

- Transient Analysis...** Анализ переходных процессов (Alt+1).
- AC Analysis...** Анализ частотных характеристик (Alt+2).
- DC Analysis...** Анализ передаточных функций по постоянному току (Alt+3).
- Probe Transient Analysis...** Анализ переходных процессов и отображение их результатов в

- Probe AC Analysis...** режиме Probe.
 Анализ частотных характеристик и отображение их результатов в режиме Probe.
- Probe DC Analysis...** Анализ передаточных функций по постоянному току и отображение их результатов в режиме Probe.

Меню Help

- Contents** Вывод содержания встроенной документации по программе MC5 (F1).

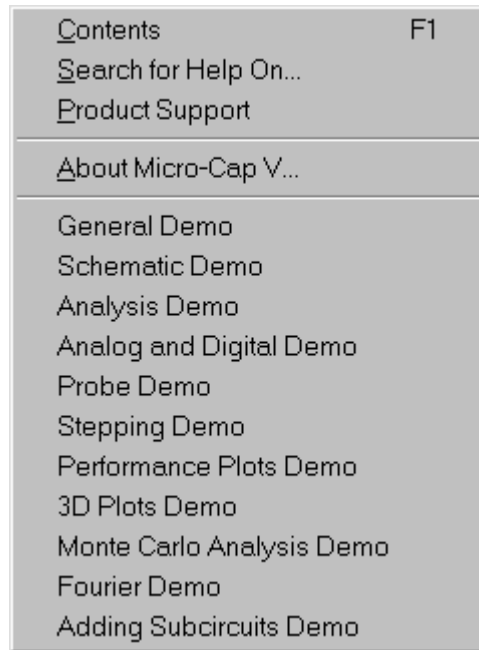


Рис. 2.9. Пункты системного меню Help











- Search for Help On** Вызов справочной и поисковой системы.
- Product Support** Информация о технической поддержке работы с программой MC5, список адресов дистрибьютеров.
- About Micro-Cap V** Справочная информация о номере версии программы MC5.
- Demo** Запуск демонстрации о работе программы MC5.

3. Создание принципиальных схем

После вызова программы MC5 на экран выводится окно редактора схем, показанное на рис. 1.1. Схемы создаются и редактируются с помощью набора команд, сгруппированных в системе ниспадающих меню. Наиболее употребительные команды вызываются нажатием на пиктограммы или комбинации "горячих" клавиш. Имеется несколько основных режимов редактора схем, в каждом из которых доступны определенные команды. Доступные команды и соответствующие им пиктограммы ярко высвечиваются, недоступные затенены. Список этих режимов приведен в табл. 3.1.



Режимы редактирования и опроса включаются поочередно. Одновременно может быть включен только один режим. Глядя на их пиктограммы, легко определить, какой режим включен. В состоянии "включено" кнопка пиктограммы утоплена и она окрашена в зеленый цвет. В состоянии "выключено" цвет пиктограммы черный.

Таблица 3.1. Список пиктограмм

Режим	Назначение
 Select mode (Выбор)	Выбор объектов для выполнения следующих операций: редактирование, очистка (без копирования в буфер обмена), удаление (с копированием в буфер обмена), перемещение, вращение, мультиплицирование, зеркальное отражение. Отдельный объект выбирается щелчком мыши. Для добавления объекта в группу предварительно нажимается клавиша Ctrl
 Component mode (Компоненты)	Добавление компонентов в схему
 Text mode (Текст)	Нанесение на схему текстовых надписей: имен цепей, описаний моделей компонентов, комментариев
 Wire mode (Цепи)	Ввод ортогональных проводников (цепей)
 Diagonal wire mode (Диагональные цепи)	Ввод цепей под произвольным углом
 Graphics mode (Графика)	Рисование графических объектов: линий, прямоугольников, ромбов, эллипсов, дуг, секторов круга
 Flag mode (Флаги)	Ввод маркеров для быстрой навигации на схеме
 Info mode (Информация)	Вывод информации о параметрах выбранного щелчком мыши компонента с возможностью редактирования
 Help Mode (Помощь)	Вызов текстовой информации о модели компонента, выбранного щелчком курсора. Нажатие Alt+F1 выводит описание синтаксиса директивы, указанной курсором в окне текста, в формате SPICE или схемного ввода
 Node Number (Номера узлов)	Вывод номеров узлов схемы

3.1. Создания новой схемы

Создания новой схемы можно представить следующим последовательным набором команд, выполняемых с помощью мыши:

- 1) при выборе команды **File–New...** предлагается сделать выбор (см. стр. , по умолчанию при запуске MC5 уже создает "чистый" чертеж схемы);
- 2) для вставки необходимого компонента схемы необходимо его выбрать в меню **Component–...** (например, для вставки резистора необходимо щелкнуть сначала на пункте меню **Component** далее на **Passive Components** затем на **▶** и наконец на **Resistor**). Вставить пассивный компонент можно, используя "палитру компонентов" (Ctrl+1) (см. рис. 3.1);
- 3) переместить курсор мыши на рабочем окне в нужное для вставки компонента место и щелкнуть мышью на схеме (если при вставке левую кнопку удерживать в нажатом положении и при этом нажать на правую, то компонент можно повернуть, отпуская левую кнопку фиксирует компонент на схеме);
- 4) после этого открывается окно параметров компонента (см. рис. 1.9);
- 5) при необходимости добавить в схему проводники для связи "не связанных" между собой компонентов (кнопки на панели инструментов  и );
- 6) схема готова для проведения анализа.

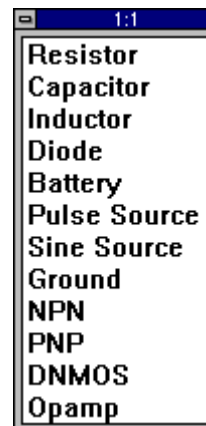


Рис. 3.1. Палитра пассивных компонентов

3.2. Задание параметров компонента

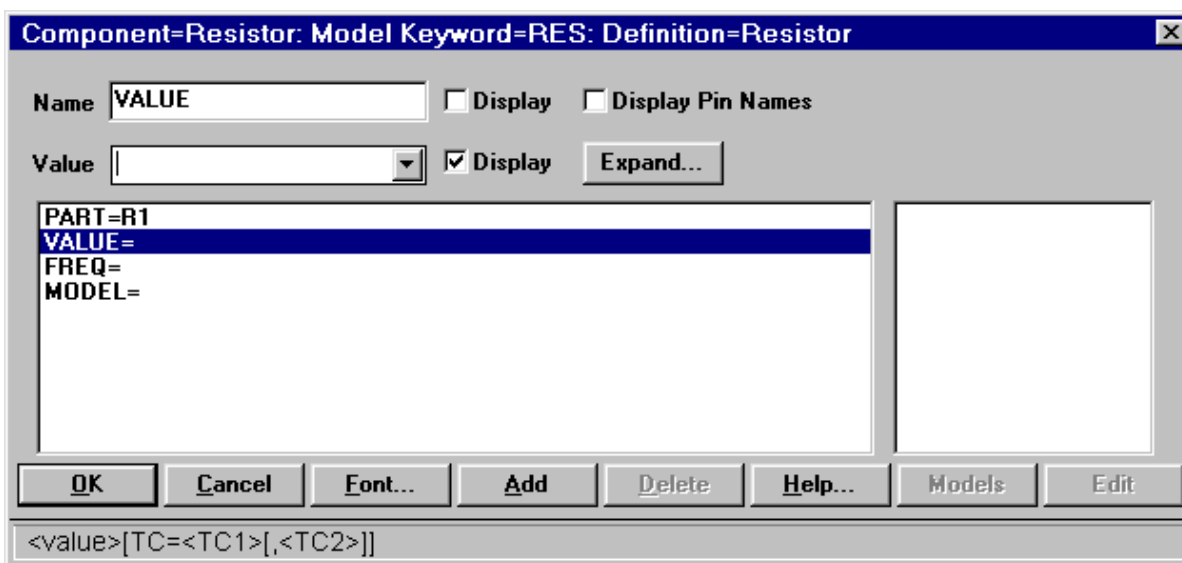



Рис. 3.2. Окно параметров компонента

- Part** — позиционное обозначение (например, R1 C22, L10);
- Name** — параметр компонента (полный список параметров приведен в большом окне рис. 1.9);
- Value** — номинальное значение параметра (слева внизу окна есть подсказка в каком виде должно быть введено это значение);
- Display** — установка флажка позволяет отображать маркировку компонента, его номинальное значение и маркировку выводов на чертеже схемы;

Пример задания параметров для резистора:

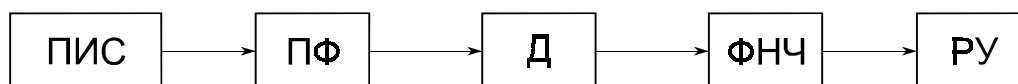
PART = R1;

VALUE = 100 Ом.

Каждый компонент имеет свой набор параметров. Достаточно подробно параметры компонентов описаны в электронной справке по MC5 (для отображения справки по конкретному компоненту необходимо нажать на кнопку вызова справки  и щелкнуть на нужном компоненте).

У некоторых компонентов параметры описываются с помощью моделей. В окне параметров указывается имя модели (список имен моделей отображается в правом окне). Увидеть описание модели можно в текстовом окне по нажатию **Ctrl+G**. Текстовое окно содержит не только описание математических моделей компонентов текущей схемы, но и директивы, а также другую текстовую информацию. Вторичное нажатие кнопки переключает обратно в окно схем.

3.3. Рассмотрим пример создания схемы типового радиозвена.



ПИС — генератор радиоимпульсов; ПФ — полосовой фильтр; Д — детектор; ФНЧ — фильтр нижних частот; РУ — решающее устройство.

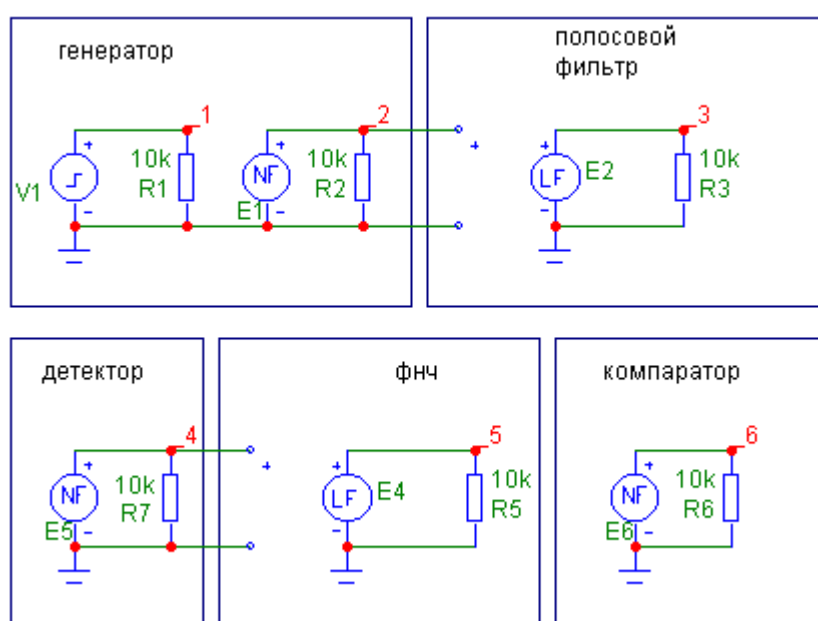


Рис. 3.3. Типовое радиозвено

3.3.1. Генератор радиоимпульсов

Генератор радиоимпульсов предназначен для формирования простых импульсных сигналов (ПИС) — радиоимпульсов с прямоугольной огибающей длительностью $T_{и} = 50$ мкс и частотой заполнения $f_0 = 750$ кГц.

Один из вариантов построения генератора приведен на рис. 1.10. Генератор выполнен на источнике импульсных сигналов (Pulse Source) и функциональном источнике сигналов (Function Source). Первый формирует огибающую радиоимпульсов, второй — заполнение.

Функция, описывающая алгоритм функционирования источника E1 имеет вид: $(V_{(1)}) * \sin(6.28 * f_0 * T)$, таким способом формируются радиоимпульсы с прямоугольной огибающей.

3.3.2. Полосовой фильтр

С выхода источника E1 сигнал поступает на управляющие клеммы источника E2 типа Laplace source. С его помощью в данной работе реализуется полосовой фильтр первого порядка со следующими характеристиками:

Центральная частота	750 кГц
Полоса пропускания	100 кГц.
Коэфф передачи на центральной частоте	5

Передаточная функция фильтра имеет вид'
 $S*2*3.14*1e5*s/(s*s+2*3.14*1e5*s+(4*3.14*3.14*7.5e5*7.5e5))$

3.3.3. Детектор

Детектор выполнен на источнике E3 типа Function source. Функция , описывающая алгоритм функционирования источника E3 имеет вид:

$$(v_{3})*(v_{3}>0)$$

Таким образом реализуется выделение положительных полуволн сигнала с выхода источника E2.

3.3.4. ФНЧ

ФНЧ первого порядка в данной работе выполнен на источнике E4 типа Laplasc source Он имеет следующие параметры'

Постоянная времени фильтра 6 мкс.;

Коэфф. передачи по постоянному току 3.

Передаточная функция ФПЧ имеет вид:

$$3/(s*6e-6+1).$$

3.3.5. Решающее устройство (Компаратор)

Решающее устройство выполнено на источнике E5 типа Function source. Оно реализует следующий алгоритм принятия решения:


если напряжение на узле 5 меньше 0.6 В, то на выходе источника напряжение 0 В;

если напряжение на узле 5 больше 0.6 В, то на выходе источника напряжение 3 В.

Функция, описывающая алгоритм функционирования источника E5 имеет вид:

$$3*(v_{5}>0.6).$$

4. Выполнение моделирования

Для спецификации переменных необходимо определить номера узлов, выводимых на графики. Это производится выбором в меню **Windows** команды **View – Node Numbers** (показать номера узлов) или нажатием на кнопку .

Вид анализа характеристик схемы указывается в меню **Analysis:**

Transient Analysis — анализ переходных процессов;

AC Analysis — анализ частотных характеристик;

DC Analysis — анализ передаточных функций по постоянному току.

4.1. Анализ переходных процессов

Выбрав команду **Transient Analysis...**, переходим в меню задания параметров моделирования, показанное на рис.4.1.

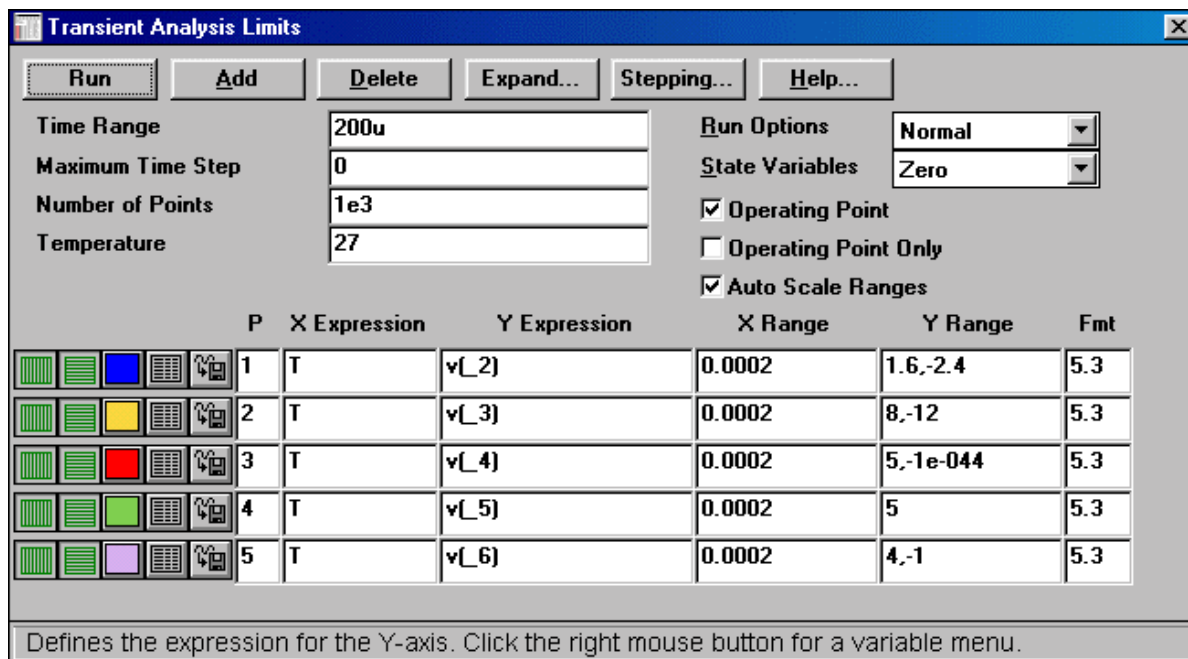


Рис. 4.1. Задание параметров моделирования

- Time Range** — спецификация конечного и начального времени расчета длительности переходных процессов (T_{max} ; T_{min} , по умолчанию $T_{min} = 0$);
- Maximum Time Step** — максимальный шаг интегрирования;
- Number of Points** — количество точек, выводимых в таблицы вывода результатов (по умолчанию принимается 51);
- Temperature** — диапазон изменения температуры;
- P** — в этой графе числом от 1 до 9 указывается номер графического окна, в котором должна быть построена данная функция (все функции помеченные одним номером, выводятся в одном окне);
- X Expression** — имя переменной, откладываемой по оси X;
- Y Expression** — имя переменной, откладываемой по оси Y;
- X Range** — максимальное и минимальное значение переменной X (High, Low);
- Y Range** — максимальное и минимальное значение переменной Y (High, Low);
- Run Options** — управление выдачей результатов расчетов:
- Normal — результаты расчетов не сохраняются;
 - Save — сохранение результатов расчета в файле <имя схемы>.TSA;
 - Retrive — считывание последних результатов расчета из дискового файла <имя схемы>.TSA, созданного ранее.
- State Variable** — установка начальных условий:

- Zero — установка нулевых начальных условий для потенциалов всех аналоговых узлов и токов через индуктивности и неопределенных логических состояний "X" для цифровых узлов;
- Read — чтение начальных условий из файла <имя схемы>.TOP, создаваемого с помощью State Variables Editor, перед каждым вариантом расчета при изменении температуры или другого параметра;
- Leave — установка в качестве начальных условий значений, полученных по окончании расчета предыдущего варианта;
- Operation Point** — включение режима расчета по постоянному току перед началом каждого расчета переходных процессов;
- Operation Point Only** — включение режима расчета по постоянному току (расчет переходных процессов не производится);
- Auto Scale Ranges** — автоматическое масштабирование по осям X, Y (если в отметить флажком это поле, в **Y Range** можно не указывать численных значений);
- Run** — начало моделирования;
- Add** — добавление еще одной строки спецификации вывода результатов;
- Delete** — удаление строки спецификации вывода результатов;
- Expand** — открытие дополнительного окна для ввода текста большого размера при расположении курсора в одной из граф, содержащих выражения, например, Y Expression;
- Stepping** — открытие диалогового окна задания параметров для пошагового изменения параметра при выполнении моделирования;
- Help** — вызов справки для раздела Transient Analysis.

Моделирование начинается после нажатия на панель **Run**. Моделирование может быть остановлено в любой момент при нажатии на **Esc**

Пример изображения результатов моделирования "Прохождения ПИС через типовое радиозвено" приведен на рис. 4.2.

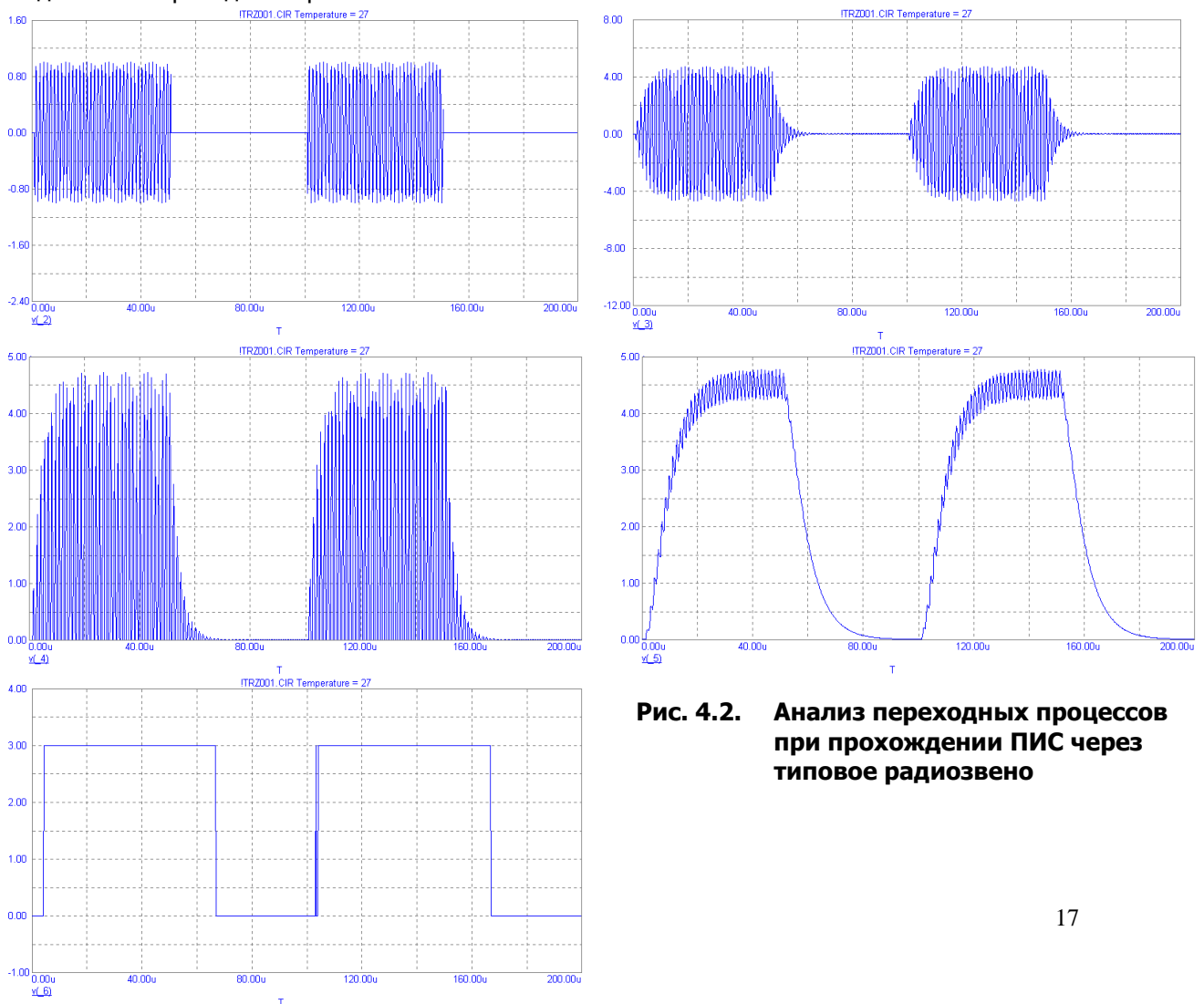


Рис. 4.2. Анализ переходных процессов при прохождении ПИС через типовое радиозвено

4.2. Анализ частотных характеристик

Выбрав команду **AC Analysis...**, переходим в меню задания параметров моделирования, показанное на рис.4.3.

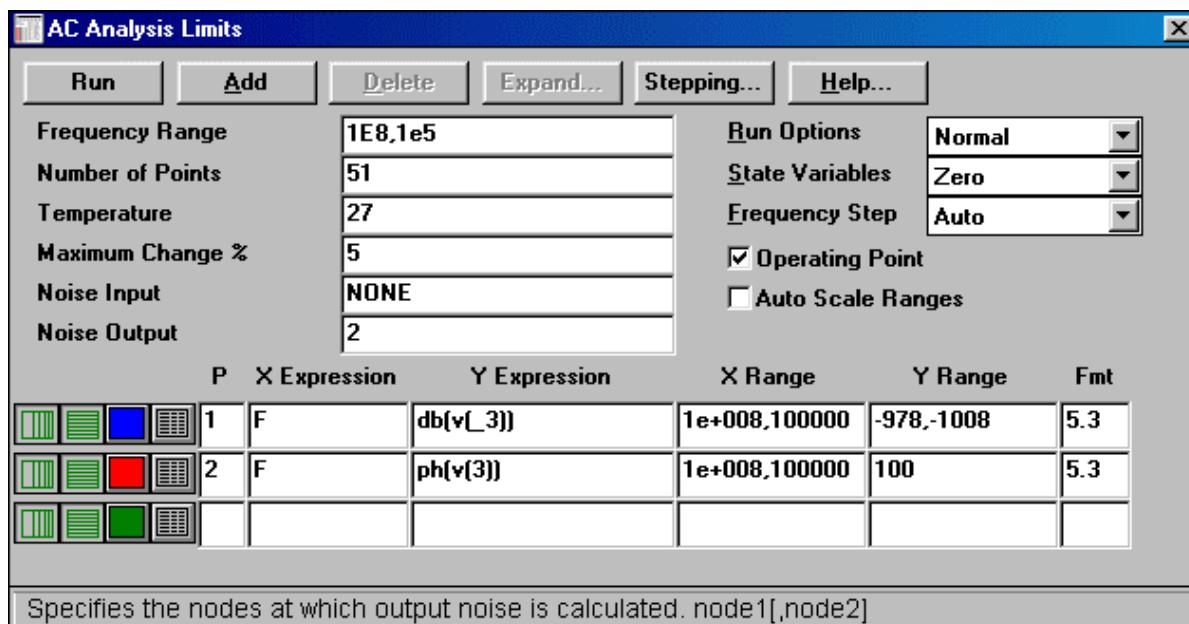


Рис. 4.3. Задание параметров моделирования

- Frequency Range** — спецификация конечной и начальной частоты (F_{max} ; F_{min} , по умолчанию F_{min} не указано);
- Number of Points** — количество точек, в которых производится расчет частотных характеристик;
- Temperature** — диапазон изменения температуры;
- Maximum Change %** — максимально допустимое приращение графика первой функции на интервале шага по частоте (в процентах от полной шкалы);
- Noise Input** — имя источника сигнала, подключенного ко входным зажимам цепи;
- Noise Output** — номера узлов выходных зажимов цепи, в которых вычисляется спектральная плотность напряжения выходного шума цепи;
- P** — в этой графе числом от 1 до 9 указывается номер графического окна, в котором должна быть построена данная функция (все функции помеченные одним номером, выводятся в одном окне);
- X Expression** — имя переменной, откладываемой по оси X;
- Y Expression** — имя переменной, откладываемой по оси Y;
- X Range** — максимальное и минимальное значение переменной X (High, Low);
- Y Range** — максимальное и минимальное значение переменной Y (High, Low);
- Run Options** — управление выдачей результатов расчетов:
- Normal — результаты расчетов не сохраняются;
 - Save — сохранение результатов расчета в файле <имя схемы>.ASA;
 - Retrive — считывание последних результатов расчета из дискового файла <имя схемы>.ASA, созданного ранее.
- State Variable** — установка начальных условий:
- Zero — установка нулевых начальных условий для потенциалов всех аналоговых узлов и токов через индуктивности и неопределенных логических состояний "X" для цифровых узлов;
 - Read — чтение начальных условий из файла <имя схемы>.TOP, создаваемого с помощью State Variables Editor, перед каждым вариантом расчета при изменении температуры или другого параметра;
 - Leave — установка в качестве начальных условий значений, полученных по окончании расчета предыдущего варианта;

- Frequency Step** — шаг изменения частоты:
 - Auto — автоматический выбор шага по частоте;
 - Fixed Linear — расчет с постоянным линейным шагом по частоте;
 - Fixed Log — расчет с постоянным шагом на логарифмической шкале частоты;

- Operation Point** — включение режима расчета по постоянному току перед началом каждого расчета переходных процессов;
- Operation Point Only** — включение режима расчета по постоянному току (расчет переходных процессов не производится);
- Auto Scale Ranges** — автоматическое масштабирование по осям X, Y (если в отменить флажком это поле, в **Y Range** можно не указывать численных значений);

- Run** — начало моделирования;
- Add** — добавление еще одной строки спецификации вывода результатов;
- Delete** — удаление строки спецификации вывода результатов;
- Expand** — открытие дополнительного окна для ввода текста большого размера при расположении курсора в одной из граф, содержащих выражения, например, Y Expression;

- Stepping** — открытие диалогового окна задания параметров для пошагового изменения параметра при выполнении моделирования;

- Help** — вызов справки для раздела Transient Analysis.

Пример изображения результатов моделирования "Прохождения ПИС через типовое радиоэвено" приведен на рис. 4.4.

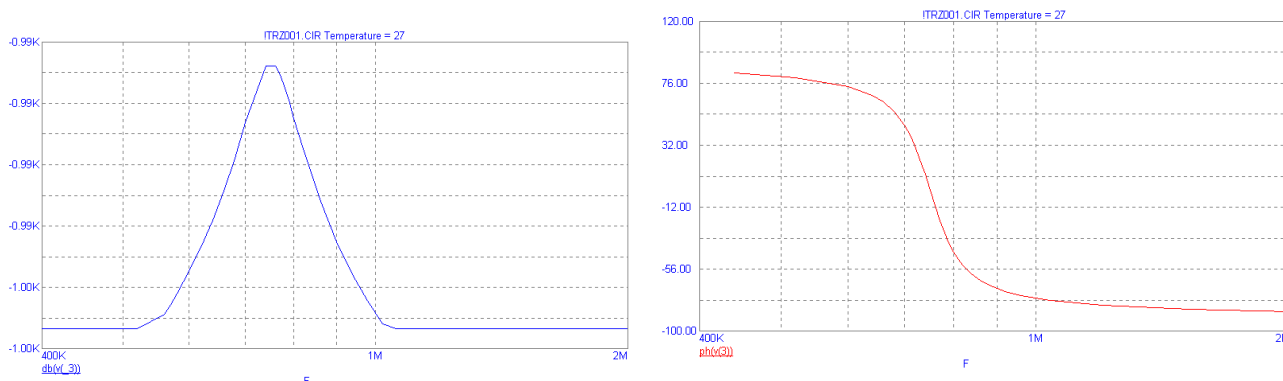


Рис. 4.4. Анализ переходных процессов при прохождении ПИС через типовое радиоэвено

5. Представление чисел, переменных и математических выражений

Выражения - текст, введенный пользователем, который содержит числа, константы, переменные, и математические операторы. Все формы волны, которые будут формироваться определены в диалоговом окне Analysis Limits с помощью выражений. Числовое поведение резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, источников Лапласа, и Функциональных источников определено с помощью выражений. Регистр игнорируется в выражениях, так что RLOAD - та же самая переменная как Rload. Значение выражения обновляется всякий раз, когда любая из учредительных переменных изменяется.

5.1. Переменные параметра Модели

Вы можете сформировать части параметра модели, используя следующий синтаксис:

PART_NAME.MODEL_PARAMETER_NAME

Например:

Q1.BF	Forward beta of BJT Q1
M1.GAMMA	GAMMA параметр MOSFET M1
J1.VTO	VTO of JFET J1

Так как параметры модели не изменяются в течение анализа, графики этих переменных — прямые линии. Почему беспокоят графики их? Если необходимо проверить значение параметра специфической части для специфического пробега, изменяя значение параметра модели — используйте пошаговое выполнение, или управление анализом Монте Карло.

5.2. Числа и Константы

Числа выражены в одном из трех форматов:

Действительные числа:
1.0, 6, 12.7

Числа с плавающей точкой:
1E-12, 1E+3, -7.832e-8

Это стандартное представление чисел.

Техническое представление чисел:
2.7K, 2.32PF, 10.0mA

Такое представление использует технические сокращения. Единицы написаны заглавными или прописными символами — все равно (f, Hz). Пробелы между числом и единицей измерения не допускаются.

В технике используются следующие сокращения:

F	Femto	1E-15
P	Pico	1E-12
N	Nano	1E-9
U	Micro	1E-6
M	Milli	1E-3
K	Kilo	1E+3
MEG	Mega	1E+6
G	Giga	1E+9
T	Tera	1E+12

Константы и температурные зависимые переменные:

Символ	Значение
GMIN	Минимальная проводимость, указанная в Global Settings.
PI	3.141592653589795
TEMP	Температура Анализа в градусах по Цельсию
VT	$1.3806226e-23 * (273.15 + TEMP) / 1.6021918e-19 = 2.586419e-2$ в TEMP = 27 градусов

5.3. Переменные

В переменных значениях могут стоять следующие символы, представляющие имена узлов схемы (номер узла назначенный MC-V или текст, присвоенный пользователем узлу схемы, содержащий не более 50 символов, без пробелов и не содержащий имена элементов схемы или математические операторы). Имена узлов, присутствующие в выражениях или непосредственно задаваемые при анализе, должны быть след. вида: V(имя узла) или D(имя узла).

Например:

T, S, F, TEMP, VT, GMIN, Cos, Sin, и PI — недействительны, потому что используют зарезервированные имена переменных и название математических операторов. V&&4 — недействителен, т.к. использует не алфавитно-цифровой символ «&». Имя 734A также недействительно, потому что начинается не с буквы или знака подчеркивания «_».

A1, Out, _721, и Reset — правильная запись.

Общий список переменных имеет следующий вид:

D(A)	Цифровое состояние на узле A
V(A)	Напряжение на узле A
V(A,B)	Напряжение между узлом A минус напряжение на узле B
V(D)	Напряжение через устройство D
I(D)	Ток через устройство D
I(A,B)	Ток через устройство, использующее узлы A и B
IR(Q)	Ток на выводе R устройства Q
VRS(Q)	Напряжение через выводы R и S устройства Q
CRS(Q)	Емкость между выводами R и S устройства Q
QRS(Q)	Заряд конденсатора между выводами R и S устройства Q
R(R)	Сопротивление резистора R
C(X)	Емкость конденсатора или диода X
Q(X)	Заряд накапливаемый в конденсаторе или диоде X
L(L)	Индуктивность катушки индуктивности с сердечником или без него L
X(L)	Поток катушки индуктивности с сердечником или без него L
B(L)	В эл.-магнитное поле катушки индуктивности с сердечником L
H(L)	Н эл.-магнитное поле катушки индуктивности с сердечником L
T	Время
F	Частота
S	Комплексная частота = $2\pi F*j$
RND	Генератор случайных чисел ($0 \leq RND \leq 1$)
ONoise	Уровень шумов в выходном узле
INOise	Уровень шумов во входном узле (ONOise/gain «усиление»)

В списке выше, общее устройство D представляет любое двухполюсное устройство или управляемый источник. Общее устройство Q представляет все активные устройства и линии передачи. Сокращения имен выводов R и S выбраны из следующего списка:

Устройство	Сокращение	Имя вывода
МДП-транзисторы	D,G,S,B	Сток, Затвор, Исток, Подложка
Полевые тр-ры с упр. p-n переходом	D,G,S	Сток, Затвор, Исток
Арсенид галлиевые транзисторы	D,G,S	Сток, Затвор, Исток
VJT	B,E,C,S	База, Эмиттер, Коллектор, Нижний
слой		
Линия передачи	AP,AM,BP,BM	Плюс вх., Минус вх., Плюс вых.,
Минус вых.		

5.4. Математические Операторы и функции

5.4.1. Арифметические операторы и функции

+	Сумма
-	Вычитание
*	Умножение
/	Деление
MOD	Модуль (остаток после деления целого числа)
DIV	Деление целого числа

5.4.2. Булеан операторы и функции

Операторы предназначены для аналоговых выражений.

Булеан

AND	Оператор И
NAND	Оператор НЕ-И
NOR	Оператор НЕ-ИЛИ
NOT	Оператор НЕТ
OR	Оператор ИЛИ
XOR	Оператор ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ

Операторы Булеан приравнивают к 1.0, если выражение истинно и к 0.0, если выражение ложно.

5.4.3. Сложные Операторы (AC)

Комплекс

DB (X)	Величина X в децибелах
RE (X)	Реальная часть X
IM (X)	Мнимая часть X
MAG(X)	Модуль (абсолютное значение) X
PH (X)	Фаза X в градусах
GD (X)	Групповое запаздывание, $\Delta PH (X) / \Delta f$

5.4.4. Цифровые операторы и функции

A — это MSB. D — это LSB. Эти операторы разработаны для применения в логических выражениях.

HEX(A,B,C,D)	Шестнадцатеричное значение цифрового состояния узлов A, B, C, D.
BIN(A,B,C,D)	Двоичное значение цифрового состояния узлов A, B, C, D.
DEC(A,B,C,D)	Десятичное значение цифрового состояния узлов A, B, C, D.

OCT(A,B,C,D)	Восьмеричное значение цифрового состояния узлов A, B, C, D.
+	Сумма двух двоичных, восьмеричных, шестнадцатеричных, десятичных значений.
-	Разница двух двоичных, восьмеричных, шестнадцатеричных, десятичных значений.
MOD	Оператор модуля двух двоичных, восьмеричных, шестнадцатеричных, десятичных значений.
DIV	Деление целого числа двух двоичных, восьмеричных, шестнадцатеричных, десятичных значений.
&	Поразрядное И состояние двух цифровых узлов.
	Поразрядное ИЛИ состояние двух цифровых узлов.
^	Поразрядное ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ состояние двух цифровых узлов.
~	Поразрядное НЕТ состояние двух цифровых узлов.

5.4.5. Относительные операторы и функции

Эти операторы используются в аналоговых выражениях.

=	Равный оператору
>	Большой чем оператор
<	Меньше чем оператор
> =	Большой чем или равный оператору
< =	Меньше чем или равный оператору
< >	Не равный оператору

Реляционные операторы приравнивают к 1.0, если выражение истинно и к 0.0, если выражение неправильно.

5.4.6. Операторы обработки сигнала

HARM(u)	Гармоническое колебание u
THD(S)	Полное гармоническое искажение спектра S, как процент от 1-ой гармоники
FFT(u)	Прямое преобразование Фурье колебания u
IFT(S)	Обратное преобразование Фурье колебания S
CONJ(S)	Сопреженный из спектра S
CS(S,S2)	Перекрестный спектр S и S2, CONJ(FFT(S))*FFT(S2)
AS(S)	Авто спектр S, CS(S,S)
CC(u,v)	Перекрестная корреляция колебаний u и v, IFT(CC(u,v))
AC(u)	Автокорреляция колебания u, IFT(AS(u))
COH(u,v)	Когерентность u и v, CC(u,v)/sqrt(AC(u(0))*AC(v(0)))
REAL(S)	Реальная часть спектра S от FFT
IMAG(S)	Мнимая часть спектра S от FFT
MAG(S)	Модуль (абсолютное значение) спектра S от FFT
PHASE(S)	Фаза спектра S от FFT

5.4.7. Тригонометрические операторы и функции

SIN(x)	Функция Синус, x в радианах
COS(x)	Функция Косинус, x в радианах
TAN(x)	Функция Тангенс, x в радианах
ATN(x)	Функция Арктангенс x
SINH(x)	Гиперболический синус
COSH(x)	Гиперболический косинус
TANH(x)	Гиперболический тангенс
COTH(x)	Гиперболический котангенс
LN(x)	Натуральный логарифм, ln x
LOG(x)	Логарифм с основанием 10, log x
EXP(x)	Показательная функция, e^x

5.4.8. Разное

ABS(y)	Абсолютное значение y, y
dB(y)	Оператор децибела 20*(log y)
SQRT(y)	Квадратный корень из y, y^0.5
SGN(y)	Оператор знака, +1 if y>0, -1 if y<0, 0 if y=0
POW(y,x)	Оператор мощности, y^x
RMS(y)	Вычисление среднеквадратичного из y через какое-то время
AVG(y)	Вычисление среднего из y через какое-то время
SUM(y,x)	Вычисление интеграла y относительно x
DEL(y)	Это - изменение в y из предшествующего решения указать на отметку тока. Числовая производная сформирована отношением двух операторов. Например, DEL(y)/DEL(t) аппроксимирует числовое время производной y.
IMPORT(f,y)	импорт формы волны y из файла f. Файл должен быть в формате SPICE или MC5 с таблицей значений F (частота), T (время), V (источник напряжения), или I (источник тока) и значение выражения y. Выражение y должно печататься точно как показано в файле и должен содержать четное число круглых скобок.

5.5. Правила составления выражений

Приводится набор основных правил по составлению выражений.

1. Относительные и Булевы операторы равны 1, если истинны и 0, если ложны.

2. Операторы RMS, AVG, Sum и DEL могут использоваться только при построении графиков. Они не должны присутствовать в выражениях.
3. ONOISE и INOISE должен использоваться только в AC и никогда не смешиваться с другими переменными подобно V(узел).
4. В AC анализе, все промежуточные вычисления выполняются при сложных значениях. После того, как выражение полностью оценено, величина сложного результата напечатана. Например, V(1)*V(2) график — после сложного умножения. Чтобы печатать мнимую часть, используйте IM (V(1)*V(2)). Печатать реальную часть используют RE (V(1)*V(2)).
5. Значение переменной времени, T, установлено нулю в AC и DC анализе. Значение переменной частоты, F, установлено нулю в переходном процессе и DC анализе.
6. В выражении функции преобразования типа источника Лапласа используется только одна переменная, S. Никакие другие переменные не должны использоваться. Если S отсутствует, возникнет ошибка. Не используйте Лапласовские источники для постоянных блоков усиления. Используйте независимые источники — SPICE poly sources или функциональные источники.
7. Комплексная математическая частота выполняется только следующими операторами:
+, -, *, /, sqrt, pow, ln, log, exp, cosh, sinh, tanh, coth
Например, оператор синуса оперирует только с действительными числами, так $\sin(c1) = \sin(\text{RE}(c1))$, где c1 комплексная переменная.
8. Перед проведением анализа, MC-V раскрывает все формулировки «.define». Использование формулировки «.define» внутри формулировки модели, может вызывать проблемы. Например:
- ```
.define BF 111
.model Q1 NPN (BF=50...)
```
- После раскрытия инструкция модели становится
- ```
.model Q1 NPN (111=50...)
```
- Это, конечно, вызовет синтаксическую ошибку. Таким образом, не используйте имена параметра модели в формулировках «.define».
- Вы можете использовать формулировки «.define» в выражениях модели, если определяющая переменная используется только для значения параметра, а не для имени параметра. Например, все будет работать при
- ```
.define VALUE 111
.model Q1 NPN (BF=VALUE...)
```
- После раскрытия, инструкция модели становится
- ```
.model Q1 NPN (BF=111...)
```
- Это синтаксически правильно и значимо.
9. Помни, формулировки «.define» раскрываются буквально. Например:
- ```
.define a 4+c
.define b a*x
```
- Вы бы хотели, чтобы b раскрылся до (4+c)\*x, но на самом деле 4+c\*x. Так как раскрытие определяет инструкции буквально текстовой заменой. Итак, текст «a» на текст «4+c».
- Чтобы избежать этих проблем, используйте круглые скобки вокруг определяемого параметра.

## 5.6. Типовые примеры выражений

### *Цифровые выражения*

D(1) & D(2)

D(1) | D(2)

HEX(A1,A2,A3,A4) + HEX(B1,B2,B3,B4)

И состояние узла 1 с состоянием узла 2.

ИЛИ состояние узла 1 с состоянием узла 2.

Шестнадцатеричная сумма двух шестнадцатеричных чисел. Первый шестнадцатеричный аргумент — шестнадцатеричное значение состояния на узлах A1, A2, A3, A4. Второй шестнадцатеричный аргумент — шестнадцатеричное значение состояния на узлах B1, B2, B3, B4. Результат шестнадцатеричная сумма этих двух шестнадцатеричных чисел.