


## Новые возможности программы схемотехнического моделирования Micro-Cap

Иосиф ЗЛАТИН  
zlatin@pochta.ru

Данная статья знакомит читателя с некоторыми новыми возможностями программ Micro-Cap 8 (июль 2004 г.) и Micro-Cap 9 (январь 2007 г.).

Изучение схемотехнического моделирования электронных устройств рекомендуется начинать с освоения программы Micro-Cap (Microcomputer Circuit Analysis Program) фирмы Spectrum Software (<http://www.spectrum-soft.com>). Программа Micro-Cap постоянно модернизируется и является старейшей программой схемотехнического моделирования. История этой программы начинается с июня 1980 года, когда созданная в феврале того же года компания Spectrum Software выпустила свой первый продукт — Logic Designer and Simulator, реализовавший графический ввод схем линейных и нелинейных аналоговых устройств, их моделирование и динамическое отображение графиков характеристик в процессе моделирования. В версии Micro-Cap 8 и Micro-Cap 9 по сравнению версиями Micro-Cap 7 (сентябрь 2001 г.) [1] введено много нового.

### Ввод и редактирование линий групповой связи (шин)

Режим ввода шин включается щелчком мыши по пиктограмме  или выбором команды **Options>Mode/Bus**, затем необходимо щелкнуть по схеме, после чего открывается диалоговое окно Bus (рис. 1), служащее для размещения шинного соединения.

Для подключения проводников к шинному соединению используется режим ввода проводников **Options>Mode/Wire**.

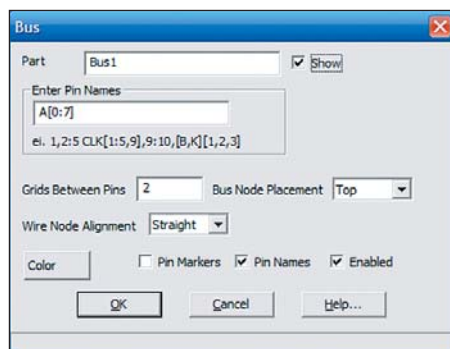


Рис. 1. Окно ввода линий групповой связи (шин)

Поле **Part** позволяет вводить имя шинного соединения. Флажок рядом позволяет показывать или скрывать имя.

Поле **Enter Pin Names** служит для ввода названий выводов, определяя номер отдельных проводов/узлов для шинного соединения. Названия выводов могут быть внесены в следующих видах:

- A, B, C, D — четыре вывода шины с выводами, обозначенными A, B, C и D;
- A[1:4] — четыре вывода шины с выводами, обозначенными A1, A2, A3 и A4;
- C [1:4,8,9] — шесть выводов шины с выводами, обозначенными C1, C2, C3, C4, C8 и C9;
- 0:7 — восемь выводов шины с выводами, обозначенными 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7;
- [A, B] [1,2] — четыре вывода шины с выводами, обозначенными A1, A2, B1 и B2.

Раскрывающийся список **Bus Node Placement** определяет, где поместить название шинного соединения. Есть три опции: сверху (**Top**), в середине (**Middle**) и внизу (**Bottom**).

Раскрывающийся список **Wire Node Alignment** определяет, как провода выходят из соединения. Есть три опции:

- **Straight** (прямо) — провода появляются перпендикулярно к соединению.
- **Up** (вверх) — провода отклоняются в одном направлении.
- **Down** (вниз) — провода отклоняются в противоположном направлении.
- Клавиша **Color** служит для выбора цвета соединения.
- Флажок **Pin Markers** управляет отображением маркеров вывода. Флажок **Pin Names** управляет отображением названия вывода. Флажок **Enabled** разрешает/запрещает соединение.

### Назначение допусков

В диалоговом окне статистического анализа **Monte Carlo Options** (рис. 2), открываемом по команде **Monte Carlo>Options** при помощи клавиши **Tolerance (CTRL+ALT+T)**, открывается доступ к диалоговому окну **Tolerance** (допустимые отклонения).

Допустимые отклонения обычно определяются, когда создается модель. Современные модели полевых и биполярных транзисторов, однако, имеют много параметров, для которых зачастую трудно ввести все их допуски, даже если они известны. Это диалоговое окно открывается из диалогового окна **Monte Carlo**, а также при выборе **Edit>Change>Tolerances**, и позволяет назначать допуски на все или многие параметры сразу (рис. 3). Можно применить допуски LOT и DEV к любому компоненту, который входит в состав модели. Можно также сохранить установки **Tolerance** для более позднего использования в других моделях того же типа. Диалоговое окно имеет следующие поля:

- **Types** — список типов компонентов, найденных в схеме. Можно выбрать один или несколько типов для назначения допусков, хотя обычно выбирается только один тип.
- **Models** — перечисляет модели для выбранных типов компонентов. Можно выбрать одну или несколько моделей для назначения допусков.
- **Parameters** — перечисляет параметры для каждой выбранной модели.
- **LOT** — управляет опциями для допуска:
  - **Add/Change** — при нажатии кнопки **Apply** добавляет или изменяет допуск LOT выбранного параметра(ов) на значение в поле **Tolerance**.

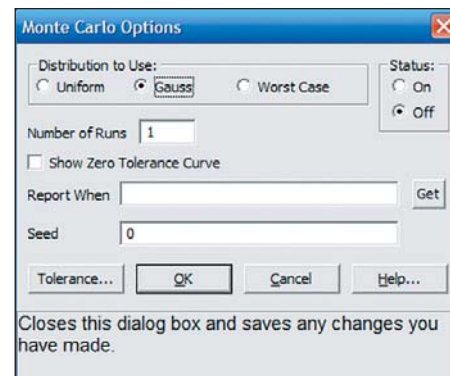


Рис. 2. Диалоговое окно Monte Carlo Options

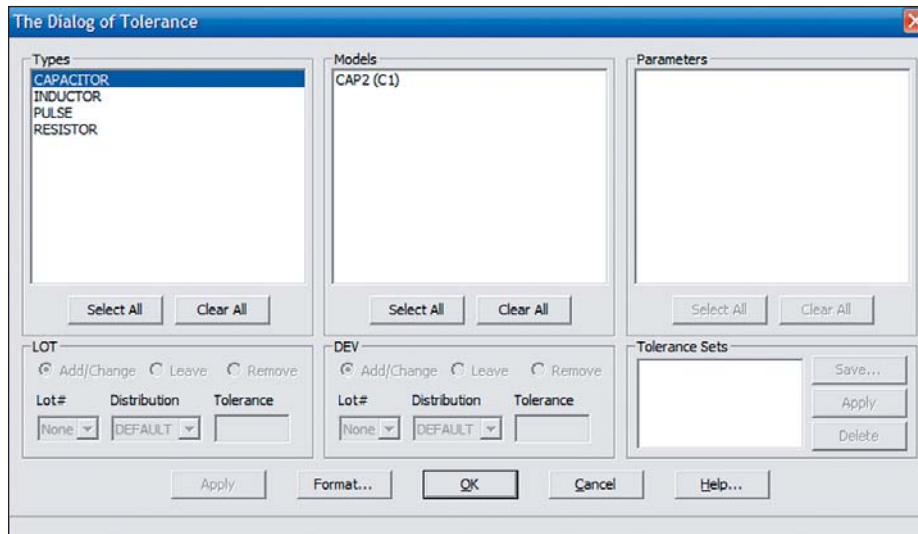


Рис. 3. Диалоговое окно Tolerance

- **Leave** — оставляет допуски LOT неизменными.
- **Remove** — удаляет допуск LOT для выбранного параметра(ов).
- **Lot#** — позволяет вводить lot# для допуска LOT.
- **Distribution** — позволяет выбирать тип распределения.
- **Tolerance** — позволяет вводить допуск. Можно ввести абсолютное допустимое отклонение или допустимое отклонение в процентах.
- **DEV** — управляет опциями для допуска DEV. Опции — те же, что и для допуска LOT.
- **Tolerance Sets** — позволяет назначать имя устанавливаемым допустимым отклонениям, таким образом, они могут использоваться для других компонентов, имеющих модель того же типа. Для установки имени нажмите **Save** и введите имя, напри-

мер, 60n\_MOSFET или % Caps\_5. Для применения установленных допусков к выбранным параметрам выберите имя установки из списка и нажмите **Apply** в рамке **Tolerance Sets**. Для удаления установленных допусков выберите имя установки, которое необходимо удалить, затем нажмите на кнопку **Delete**.

### Расчет схемы по переменному току (Dynamic AC)

По команде **Analysis>Dynamic AC** производится расчет схемы по переменному току и его отображение на чертеже схемы (рис. 4).

В **Dynamic AC** программа выполняет AC analysis для списка значений частот и затем отображает переменные напряжения, токи и мощности на схеме.

Когда режим **Dynamic AC** запущен, диалоговое окно **Dynamic AC Limits**, показанное

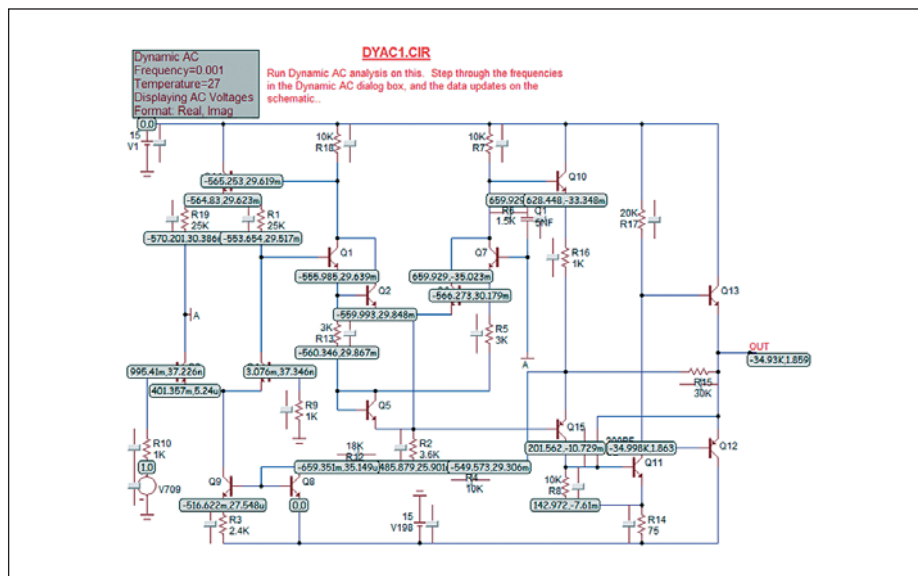


Рис. 4. Отображение результатов расчета режима Dynamic AC

на рис. 5, дает возможность установить или изменить условия анализа.

Объем выводимой на схему информации определяется при нажатии пиктограмм:

- — высвечивание всех текстовых надписей;
- — высвечивание позиционных обозначений и номиналов компонентов;
- — номера узлов;
- — напряжения аналоговых узлов или логические состояния цифровых узлов;
- — токи ветвей;
- — мощности, рассеиваемые в ветвях;
- — состояния *p-n*-переходов: LIN — линейный режим, ON — переход открыт, OFF — переход закрыт, SAT — находится в режиме насыщения;
- — обозначение выводов компонентов.

В поле **Frequency List** задается список значений частот для моделирования. Режим **Dynamic AC** всегда использует установленный список дискретных частот, а не линейный или логарифмический частотный диапазон.

В поле **Temperature** устанавливается значение температуры, при которой выполняется анализ.

В поле **Slider Percentage Step Size** устанавливается процент изменения для каждого нажатия клавиши, увеличивающего (Up Arrow) или уменьшающего (Down Arrow) значение выбранного компонента.

В поле **Complex Value Display** выбирается отображение комплексного числа. Комплексная величина отображается с помощью двух чисел.

Поле **First Value** — позволяет выбрать, что отобразить в качестве первого числа:

- **Magnitude** — модуль комплексного числа;
- **Magnitude in dB** — модуль комплексного числа в децибелах;
- **Real Part** — действительную часть комплексного числа;
- **None** — ничего не отображает.

Поле **Second Value** позволяет выбрать, что отобразить в качестве второго числа:

- **Phase in Degrees** — фаза в градусах;
- **Phase in Radians** — фаза в радианах;
- **Imaginary Part** — мнимая часть;
- **None** — ничего не отображает.

В окошке **Place Text** помещается знак («галочка»), разрешающий поместить текст на схеме, показывая параметры режима



Рис. 5. Диалоговое окно Dynamic AC Limits







Рис. 8. Графики искажений

- **Input Source Amplitude** — амплитуда входного синусоидального сигнала. Это может быть одиночное значение или список значений для многовариантного анализа. Форматы для многовариантного анализа:
  - **List**: запятая разграничивает значения в списке. Пример: 100mv, 10mv, 1mv.
  - **Linear**: End (конечное значение), Start (начальное значение), Step (шаг). Пример: 1.0, 0.5, 0.1.
  - **Log**: End, Start, Multiplier (множитель). Пример: 1.0, 0.01, 10.

Обратите внимание, что содержание Input Source Amplitude отображено в первой панели диалогового окна Stepping. Если необходимо изменить многовариантно другую переменную, используйте одну из других панелей. До 20 параметров могут изменяться многовариантно.

- **Output Expression** — выходное выражение, которое используется для измерения искажений. Обычно — это что-то простое, например V(OUT), но это может быть любое выражение, например, выражение для мощности, передаваемой в нагрузку, — PD(RLOAD).
- **Temperature** — рабочая температура для моделирования.
- **Simulation Cycles** — число периодов основной частоты, для которых моделирование будет выполняться. Моделирование должно продолжаться достаточно долго, для того чтобы закончились любые начальные переходные процессы. Для большинства схем **Simulation Cycles** составляет 3–5. Обратите внимание, что даже при том, что Micro-Cap выполняет моделирование для 3–5 периодов, она использует только по-

следний полный период для расчетов FFT (БПФ). Например, если основная частота 10 кГц и выбрано значение 5 для этого поля, Micro-Cap выполнила бы моделирование для  $t_{max} = 5/F_0 = 5/10K = 5 \cdot 100\mu S = 500\mu S$ . Micro-Cap тогда использовала бы часть выражения выходного сигнала от конца 4-го периода (400μS) до конца 5-го периода (500μS) для расчетов FFT. Этот усеченный сигнал можно наблюдать на третьем

графике (рис. 8), он обозначен **Sampled Waveform** (сигнал примера).

- **Maximum Time Step** — значение для определения максимального шага времени, используемого при анализе. Это значение обычно устанавливается между .01 и .001 **Simulation Run Time** (времени выполнения моделирования).
- Щелкните F2 для запуска анализа. В результате будут построены три графика (рис. 8):
- **HARM(V(OUT))** — график амплитуд гармоник от частоты для выходного напряжения V(OUT);
- **IHD (HARM(V(OUT)), 10000)** — график искажения IHD от частоты для выражения выходного напряжения V(OUT). Этот график показывает, что искажение выходного сигнала, обусловленное 2-й гармоникой, составляет около 16m% или 0,016%, и искажение, обусловленное 3-й гармоникой, меньше, чем 1m% или 0,001%;
- **V(OUT)** — график выходного напряжения V(OUT) от времени.

Обратите внимание, что есть дополнительный график THD (рис. 8), который установлен, но заблокирован. Для построения его задайте ему номер в столбце P.

Поскольку все реальные схемы имеют некоторую нелинейность, искажение чувствительно к уровню сигнала. Убедитесь, что использовали сигнал, уровень которого соответствует вашему устройству.

## Редактор Model

Библиотеки Model, которые есть в Micro-Cap 9, представлены в текстовом и бинарном (двоичном) виде.

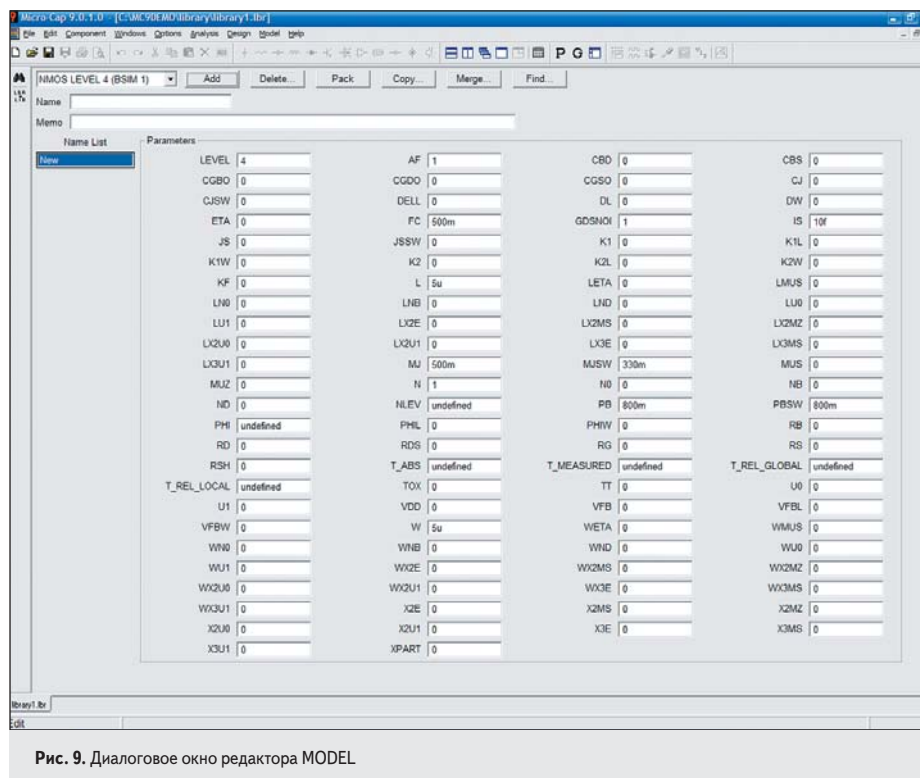
























Рис. 9. Диалоговое окно редактора MODEL

Таблица 1. Команды меню Model

Команда	Назначение
<b>Open</b>	Открытие существующего файла данных (расширение имени .MDL). Файл также может быть открыт и создан из меню File
 <b>Merge</b>	Объединение содержания текущей библиотеки с файлом, находящимся на диске
 <b>Add These Parts to the Component Library</b>	Добавляет созданные компоненты в библиотеку Component, делая их доступными для использования в схеме
 <b>Sort</b>	Задает буквенно-цифровой порядок расположения компонентов
<b>Change Polarity</b>	Изменение полярности (типа проводимости) текущего транзистора. Например, транзистор NPN заменяется на PNP
<b>Change Core Units (CTRL+U)</b>	Позволяет переключаться между единицами СИ Тесла — А/м и единицами СГС Гаусс—Эрстед при задании исходных данных для расчета параметров модели сердечника. На величине и единицах измерения оптимизированных параметров модели это не отражается
 <b>Delete Data (CTRL+D)</b>	Удаление указанной курсором строки из таблицы данных
 <b>Add Part</b>	Добавление нового компонента в текущий файл данных. Тип компонента выбирается из предлагаемого списка и добавляется в конец файла
 <b>Delete Part</b>	Удаляет отображенный в настоящее время компонент
<b>Options</b> — Задание различных параметров программы MODEL	
 <b>Global Settings</b>	Процесс оптимизации прекращается, если текущие значения ошибок аппроксимации меньше заданных
 <b>Maximum Relative Per-iteration Error</b>	Относительная разность среднеквадратических значений ошибки аппроксимации на соседних шагах оптимизации
 <b>Maximum Percentage Per-iteration Error</b>	Разность среднеквадратических значений ошибки аппроксимации на соседних шагах оптимизации в процентах
 <b>Maximum Percentage Error</b>	Среднеквадратическое значение ошибки аппроксимации
<b>Model Defaults</b>	Установка параметров модели по умолчанию
<b>Auto Scale (F6)</b>	Автоматическое масштабирование графиков
<b>Manual Scale (F9)</b>	Задание масштаба по осям координат графиков вручную
 <b>Step Model Parameters</b>	Вариация параметров модели
<b>View</b>	Содержит команды просмотра содержания окон характеристик текущего компонента библиотеки и выбор другого компонента из библиотеки
 <b>Parts List (CTRL+L)</b>	Вывод списка компонентов текущей библиотеки. Двойной щелчок на имени компонента открывает список его параметров. С помощью этого меню модели компонентов можно удалять, копировать и вставлять другое место текущей или другой библиотеки через буфер обмена. Для этого в списке мышью выбирается один или несколько компонентов, а затем используются стандартные команды Windows <b>Ctrl+C</b> , <b>Ctrl+X</b> , <b>Ctrl+V</b> и <b>Delete</b>
 <b>Previous Part (Ctrl+↑)</b>	Переход к предыдущему компоненту в списке
 <b>Next Part (Ctrl+↓)</b>	Переход к следующему компоненту
 <b>First Part (Ctrl+Home)</b>	Переход к первому компоненту в списке
 <b>Last Part (Ctrl+End)</b>	Переход к последнему компоненту в списке
 <b>Previous Graph (Ctrl+←)</b>	Переход к предыдущему графику текущего компонента
 <b>Next Graph (Ctrl+→)</b>	Переход к следующему графику текущего компонента
 <b>First Graph (Ctrl+Shift+←)</b>	Переход к первому графику текущего компонента
 <b>Last Graph (Ctrl+Shift+→)</b>	Переход к последнему графику текущего компонента
<b>All Graphs</b>	Одновременное изображение всех графиков
<b>One Graph at a Time</b>	Изображение только одного графика текущего сеанса
<b>List of Graphs</b>	Позволяет добавлять график из списка графиков компонента
 <b>Initialize (Ctrl+I)</b>	Присвоение параметрам модели текущего окна значений по умолчанию. Обычно выполняется перед оптимизацией параметров
 <b>Optimize (CTRL+T)</b>	Оптимизация параметров модели, оцениваемых в текущем окне
<b>Initialize and Optimize All</b>	Присвоение всем параметрам модели компонента значений по умолчанию и выполнение их оптимизации
<b>Optimize All</b>	Оптимизация всех параметров модели компонента (прерывается клавишей Esc)

В текстовой форме они содержатся в файлах с расширением LIB и представляют закодированные модели устройств, такие как .MODEL, .MACRO и .SUBCKT. Текстовые файлы можно наблюдать и редактировать с помощью любого редактора текста, включая редактор текста Micro-Cap 9.


В бинарной форме библиотеки содержатся в файлах с расширением LBR и являются списком параметров модели для компонента. Эти двоичные файлы можно наблюдать и редактировать только с помощью редактора Model. Редактор Model (рис. 9) вызывается из меню **File** при открытии или создании двоичного файла библиотеки.

Редактор Model не нужно путать с программой MODEL, к которой получают доступ из меню **Model**. Программа MODEL создает оптимизированные параметры аналоговой модели на основе справочных данных. Программа MODEL может создать библиотеки моделей в текстовой или в двоичной форме.

Как только двоичные библиотеки созданы, редактор Model можно использовать для их рассмотрения и редактирования.

Редактор Model вызываем из меню **File**, загружая двоичный файл библиотеки (с расширением LBR).


Различные части редактора функционируют следующим образом:

- Поле **Name** служит для ввода имени компонента. Если компонент был импортирован из программы MODEL, это поле — копия ее поля **Name**.
- Поле **Memo** служит для ввода текста, который может использоваться для цели описания. Если компонент был импортирован из программы MODEL, это поле — копия ее поля **Memo**.
- Раскрывающийся список **Type selector** используется для выбора типа отображаемого устройства. Каждая библиотека может содержать смесь различных типов устройств. Выбор, например NPN, отображает все биполярные транзисторы NPN в файле.
- **Type selector** используется для выбора имени компонента для отображения и возможного редактирования. Обеспечивает окно для обзора определенных параметров моделей для отображаемого компонента. Как в других окнах, кнопку **Maximize** можно использовать для увеличения окна, чтобы наблюдать больше параметров моделей.
- Клавиша **Add** добавляет новый компонент к текущей библиотеке.
- Клавиша **Delete** удаляет отображенный компонент.
- Клавиша **Pack** служит для удаления всех дублированных и необозначенных компонентов, она перепорядочивает компоненты с помощью букв и цифр.
- Клавиша **Copy** служит для копирования компонента из отображаемой библиотеки.
- Клавиша **Merge** объединяет библиотеку с диска с текущей библиотекой в памяти. Объединенная библиотека отображается, но автоматически не сохраняется на диске.
- Клавиша **Find** позволяет определять имя параметра, затем прокрутить список параметров показываемого в настоящее время компонента — для отображения величины параметра. Отметим, что функция **Find** доступна для определения местонахождения компонентов по имени в текущем файле библиотеки или в одном из файлов библиотеки на диске. Просто нажмите на кнопку **Find**  на панели инструментов.

## Меню Model

Меню **Model** обеспечивает доступ к большинству функций программы Model. Список команд этого меню приведен в таблице 1.

## Глобальные параметры

По команде **Global Setting** или при нажатии иконки  открывается диалоговое окно установки параметров моделирования, изображенное на рис. 10. Новые глобальные параметры, появившиеся в последних версиях Micro-Cap, приведены в таблице 2.

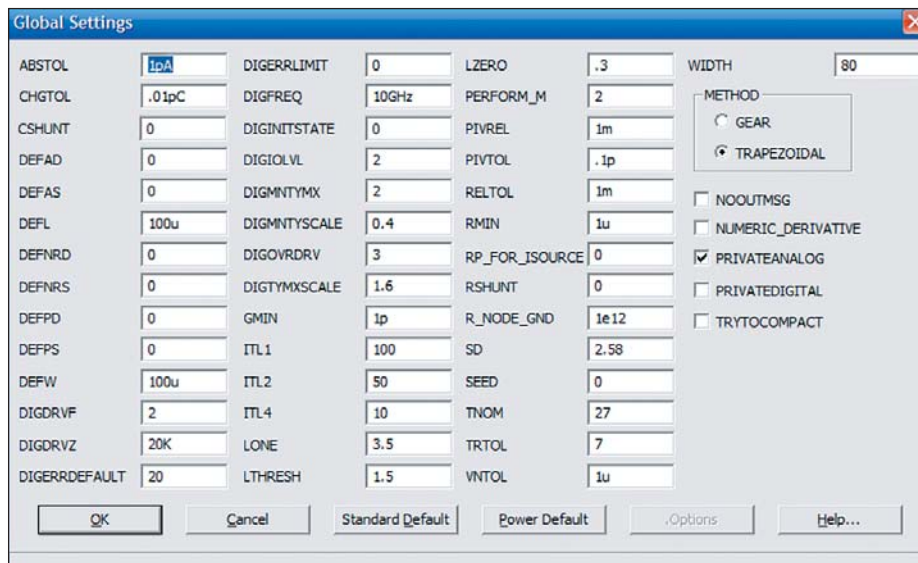


Рис. 10. Диалоговое окно Global Settings

Таблица 2. Новые глобальные параметры

Имя опции	Наименование	Размерность	Значение по умолчанию
CSHUNT	Емкость, добавляемая между каждым узлом и «землей» для улучшения схождения в режиме переходных процессов	пФ	0
DEFNRD	Площадь стока MOSFET транзистора	м	0
DEFNRS	Площадь истока MOSFET транзистора	м	0
DEFPD	Периметр стока MOSFET транзистора	м	0
DEFPS	Периметр истока MOSFET транзистора	м	0
LONE	Логическая единица	В	3,5
LTHRESH	Напряжение, которое должно быть превышено для логической булевой функции, чтобы эмитировать режим LONE	В	1,5
LZERO	Логический ноль	В	3
RP_FOR_ISOURCE	Если его значение отлично от нуля, резистор с этим значением добавляется параллельно всем источникам тока	Ом	0
RSHUNT	Если его значение отлично от нуля, резистор с этим значением добавляется между каждым узлом и «землей» для задания режима по постоянному току и, по возможности, улучшения схождения переходных процессов	Ом	0
R_NODE_GND	Сопротивление, которое добавляется между узлом и «землей», когда выбрана опция Add DC Path to Ground (Options/Preferences) и необходимо соединить узел с «землей»	Ом	1–12
SEED	Начальное число для случайных функций RND, RNRD, RND, и RNDI(t). Если SEED>0, случайные числа — те же самые при каждом применении функции		0
NUMERIC_DERIVATIVE	Этот флажок заставляет Micro-Cap 9 использовать численные производные вместо алгебраических формул		

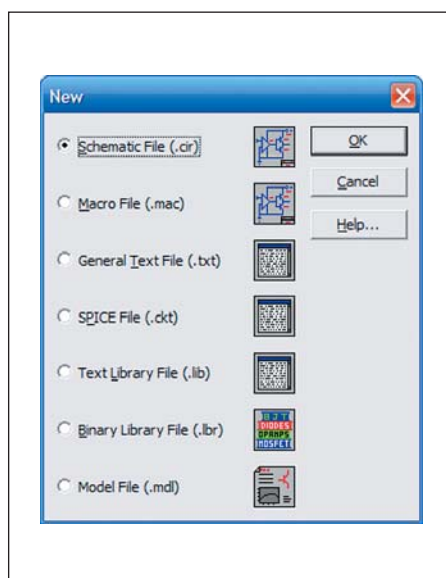


Рис. 11. Окно загрузки схемы, текстового файла или библиотеки моделей

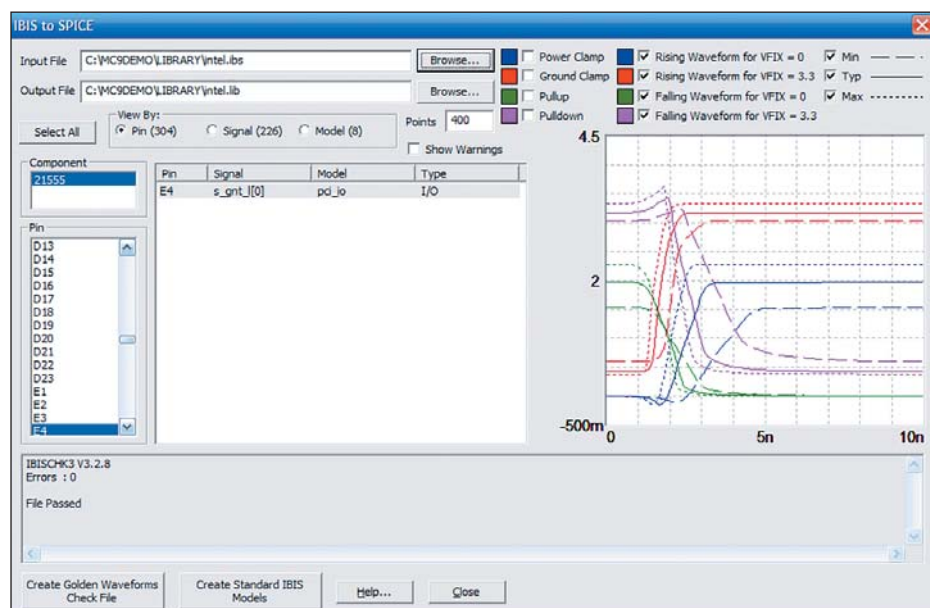


Рис. 12. Диалоговое окно IBIS to SPICE

### Новое окно загрузки схемы, текстового файла или библиотеки моделей

После вызова программы Micro-Cap 9 двойным щелчком на ее пиктограмме на экране появится основное окно программы, сверху которого помещена строка системного меню, в которой размещены имена режимов **File**, **Edit**, **Component**, **Windows**, **Options**, **Analysis**, **Design**, **Model** и **Help**. Вначале курсором выбирается режим **File**. По команде **New...** предлагается сделать выбор (рис. 11):

- **Schematic** — создание нового чертежа схемы, который заносится в файл с расширением \*.CIR;
- **Macro (.mac)** — создание текстовых файлов, которые описывают макромодели;
- **General Text t(.txt)** — создание общих текстовых файлов;
- **SPICE (.ckt)** — создание нового текстового файла с описанием схемы в формате SPICE (расширение имени \*.CKT);
- **Text Library (.lib)** — текстовые файлы, содержащие подсхему и операторы моделей для цифровой библиотеки, аналоговой библиотеки и библиотеки спектров;
- **Binary Library (.lbr)** — создание нового бинарного файла библиотек (расширение имени \*.lbr). В этом файле помещаются модели некоторых аналоговых компонентов;
- **Model File (.mdl)** — создание бинарного файла, сохраняющего перечень технических характеристик или измеренных значений, из которых программа Model создает параметры модели для использования в Analog Library. Кроме того, кратко отметим некоторые новые возможности, не получившие подробного описания в этой статье:
- Добавлен транслятор файлов OBIS. OBIS (Input/output Buffer Information Specification) метод описания характеристик устройства



Таблица 3. Типовые компоненты

Имя компонента	Графическое обозначение	Тип	Параметры	Имя компонента	Графическое обозначение	Тип	Параметры
<b>Active components (Активные компоненты)</b>				<b>Macros (Макромодели, заданные схемами замещения)</b>			
IGBT		Транзистор IGBT	<имя модели> <area>, <base_width>, <agd>, <kp>, <tau>	Snubber		Демпфирующий диод	CSNUB=<емкость демпфирующего устройства> RSNUB=<сопротивление демпфирующего устройства>
<b>Waveform sources (Источники сигналов)</b>				Sparkgap		Разрядник	<VTHRES>, <VARC>, <ISUS>, <RNEG>, <LPL>, <RPL>, <CPAR>, <CARC>
Staircase		Источник ступенчатого напряжения	Increment=<увеличение каждого шага ступенчатого напряжения> StepWidth=<длительность в секундах каждого шага> Steps=<число ступеней ступенчатого сигнала> Initial=<значение начальной ступени сигнала>	Wideband		Широкополосный трансформатор	RS=<сопротивление источника сигнала> N=<число витков> FL=<нижняя граничная частота полосы пропускания> FH=<верхняя граничная частота полосы пропускания>
3 Phase Triangle		Источник трехфазного синусоидального напряжения	Per=<период трехфазного сигнала> Mag=<амплитуда трехфазного сигнала>	<b>Subckts (Макромодели, заданные текстовыми описаниями на языке PSpice)</b>			
<b>Macros (Макромодели, заданные схемами замещения)</b>				IBIS_In3		Модель IBIS с тремя выводами	—
AM		Модулятор амплитудно-модулированного сигнала	FS=<частота несущего сигнала> Vpeak=<амплитуда несущего сигнала> ModIndex=<индекс модуляции> Offset=<начальный фазовый сдвиг> SM=<синусоидальная модуляция> CM=<косинусоидальная модуляция>	IBIS_In5		Модель IBIS с пятью выводами	—
Comparator		Компаратор	VIL=<нижний уровень входного напряжения> VIH=<верхний уровень входного напряжения> LOVER=<нижний уровень входного напряжения> VOH=<верхний уровень входного напряжения> ROUT=<выходное сопротивление схемы> SIGN=1 для инвертирующей схемы =1 для не инвертирующей схемы	NMOS_subckt		МОП-транзистор обедненного типа с n-каналом	—
Diac		Динистор (двунаправленный тиристор)	VK=<напряжение включения> RS=<последовательное сопротивление>	PMOS_subckt		МОП-транзистор обедненного типа с p-каналом	—
Digpot		Цифровой потенциометр	—	SCHOTTKY_SUB		Диод Шоттки	—
FSK		Модулятор частотно-манипулированного сигнала	WMAG=<амплитуда выходного сигнала> NC0=<число периодов выходного сигнала, соответствующих нулевому биту на входе> NC1=<число периодов выходного сигнала, соответствующих единичному биту на входе> TV=<длительность единичного бита в секундах>	<b>Animation (Анимация компонентов)</b>			
Int_Reset		Интегратор со сбросом	SCALE=<масштабный коэффициент> VINIT=<начальное напряжение>	Analog bar		Аналоговая панель	
Ideal_Trans2		Идеальный двухобмоточный трансформатор	<имя макромодели>	Analog LED		Светоизлучающий диод	
Ideal_Trans3		Идеальный трехобмоточный трансформатор	<имя макромодели>	DC motor		Мотор постоянного тока	
Monostable		Ждущий мультивибратор	PWIDTH=<длительность импульса с высоким уровнем> VLOW=<низкий уровень напряжения> VHIGH=<высокий уровень напряжения> THRESH=<уровень порога, при котором устройство переключается>	Digital LED		Индикатор состояния узла (логический 0 — черный цвет, логическая 1 — красный)	
PSK		Модулятор сигналов с фазовой манипуляцией	WMAG=<амплитуда выходного сигнала> NC=<число периодов выходного сигнала, соответствующих нулевому биту на входе> TB=<длительность единичного бита в секундах>	Digital Switch		Ключ, управляемый щелчком курсора	
Relay 1		Реле 1	RCOIL=<сопротивление катушки реле> LCOIL=<индуктивность катушки реле> RON=<сопротивление в разомкнутом состоянии> ROFF=<сопротивление в замкнутом состоянии> ION=<входной ток, требуемый для размыкания контактов реле> IOFF=<входной ток, требуемый для замыкания контактов реле>	DPST Switch		Двухполюсный выключатель	
				Meter		Измерительный прибор, управляемый щелчком курсора. Может использоваться в качестве цифрового (аналогового) вольтметра или амперметра	
				Relay		Реле	
				Seven Segment		7-сегментный индикатор	
				SPDT Switch		Однополюсный переключатель на два направления	
				SPST Switch		Однополюсный переключатель на одно направление	
				Traffic Light		Светофор	

на поведенческом уровне, пригодный для большинства цифровых компонентов. Большинство моделирующих устройств не может использовать файл IBIS непосредственно. Он должен быть оттранслирован в подходящий для использования образцовый язык. Обычно преобразование делается в совместимом со SPICE синтаксисе. Micro-Cap обеспечивает такие инструментальные средства. Она транслирует файлы IBIS в пригодную для использования модель SPICE, которая может использоваться для моделирования. Диалоговое окно транслятора (рис. 12) вызывается при выборе **File>Translate>IBIS to SPICE File...**

- Расширены возможности режима параметрической оптимизации, он может сейчас

быть применен в режимах Dynamic DC и Dynamic AC.

- Появилась возможность синтеза пассивных эллиптических фильтров.
- Расширены библиотеки компонентов (некоторые новые компоненты приведены в табл. 3). Появилась библиотека SMPS для моделирования импульсных источников напряжения.
- Расширены возможности меню и диалоговых окон. Теперь можно наблюдать одно окно программы на одном мониторе, а второе окно — на другом мониторе.
- Предусмотрено шифрование файла (с целью защиты информации от несанкционированного просмотра или использования).

## Литература

- Разевиг В. Д. Схемотехническое моделирование с помощью Micro-Cap7. М.: Горячая линия — Телеком, 2003.
- Златин И. Л. Синтез аналоговых активных и пассивных фильтров в Micro-Cap 8 // Компоненты и технологии. 2006. № 1.
- Micro-Cap 9. Electronic Circuit Analysis Program User's Guide. Sunnyvale: Spectrum Software, 2007 (электронная копия находится на Web-странице <http://www.spectrum-soft.com/manual.shtml>).
- Micro-Cap 9. Electronic Circuit Analysis Program Reference Manual. Sunnyvale: Spectrum Software, 2007 (электронная копия находится на Web-странице <http://www.spectrum-soft.com/manual.shtml>).