

ДОБАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ В БИБЛИОТЕКУ КОМПОНЕНТОВ ПРОГРАММЫ «MICRO-CAP»

§ 1. Переход от схемотехнического к системотехническому уровню в программе «Micro-Cap»

В настоящее время существует множество систем и системных комплексов моделирования радиотехнических устройств и систем, например, таких как: ALPAC, CircuitMaker, OrCAD, Electronic Workbench, Protel DXP, System View, Microwave Office, Micro-Cap, MatLab + Simulink и т.д. Из этого комплекса программ моделирования наглядней и удобней для освоения схемотехнического моделирования подходит программа «Micro-Cap», но резонный возникает вопрос — схемотехническое моделирование не вполне удовлетворяет системному направлению кафедры «Радиотехнических и телекоммуникационных систем» при системном анализе радиотехнических устройств. Однако в программе «Micro-Cap» есть одна особенность, которая позволяет после её модернизации довести программу «Micro-Cap» до системотехнического уровня. Эта особенность состоит в использовании **макромоделей** в качестве функциональных узлов (ФУ) радиотехнических систем (РС).

В состав программы «Micro-Cap» входит достаточно обширная библиотека компонентов (библиотека профессиональной версии содержит примерно 8 тыс. компонентов). Библиотека компонентов также содержит макромодели типовых радиотехнических устройств, например, сумматор, усилитель, ограничитель, интегратор и т.п. Фактически макромоделью может быть любое по сложности радиотехническое устройство или даже одиночный компонент. Поэтому в целях усовершенствования программы «Micro-Cap» и пополнения библиотеки компонентов можно воспользоваться средствами для создания новых макромоделей с последующим их включением в библиотеку. Совокупность макромоделей должна быть направлена на раскрытие целостности РС, выявление многообразных типов связей в них, а от полноты библиотеки макромоделей будет зависеть сложность моделируемых РС.

Для дальнейшего описания остановимся на рассмотрении понятия — макромодель. В чём же отличие макромодели от отдельной схемы? Отличие заключается в том, что правильно построенная макромодель не обладает конкретно заданными параметрами, а позволяет основные параметры назначать при использовании в составе различных РС. Отдельно взятая схема такой универсальностью не обладает, в ней все параметры чётко определены, а для их изменения требуется предварительный перерасчёт схемы и дальнейшая её доработка. Поэтому актуальной задачей для модернизации программы «Micro-Cap» является усовершенствование её библиотеки макромоделей. Причём каждую макромодель перед включением в основную библиотеку требуется тщательно проверить и испытать при различных исходных данных.

§ 2. Создание новой макромодели

Для иллюстрации вышесказанного можно привести следующий пример. Практически любую по сложности РС можно упростить до уровня типового радиоузла (ТРЗ), представленного на рис. 1, и затем проводить анализ в контрольных точках. Как видно из рисунка ТРЗ состоит из следующих ФУ: $\Gamma_{\text{ПИС}}$ — генератор простых импульсных сигналов (ПИС); ПФ — полосовой фильтр; Д — детектор; Инт — интегратор; РУ — решающее устройство.

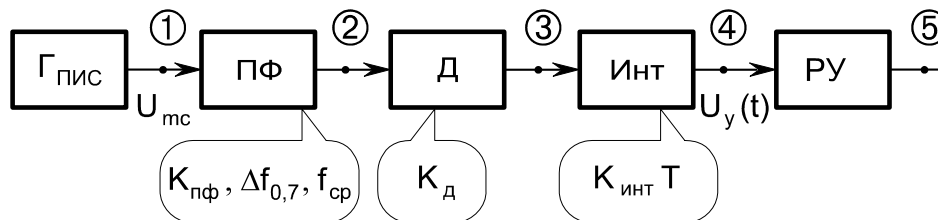


Рис. 1. Типовое радиозвено

В общем случае для анализа ТРЗ необходимо построить схему, содержащую указанные ФУ. В случае использования макромоделей вместо перечисленных ФУ, полученная схема ТРЗ станет более удобной для дальнейшего её анализа¹.

Рассмотрим этапы создания макромоделей и добавления её в компоненты «Micro-Cap». Все доступные макромоделей, которые хранятся в библиотеке компонентов перечислены в меню Component → Analog Primitives → **M**acros. Щелчок на выбранной макромоделе приведёт к её выбору и последующей вставки в графическом окне программы «Micro-Cap».

Для создания макромоделей предварительно потребуется создать схему. Рассмотрим это на примере создания макромоделей генератора ПИС.

Простые импульсные сигналы (ПИС) представляют собой одиночные радиоимпульсы (см. рис. 2) с гармоническим заполнением ($U_{мс}$ — амплитуда; f_c — несущая частота; $\tau_{и}$ — длительность импульса) или «пачку» радиоимпульсов ($T_{пов}$ — период повторения импульсов; $N_{и}$ — количество импульсов в пачке).

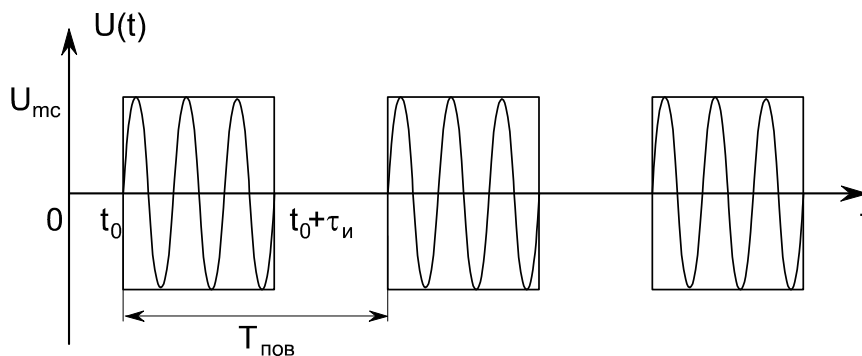


Рис. 2. Простые импульсные сигналы

Для создания генератора используем идею создания последовательности видеоимпульсов с последующим заполнением их гармоническими колебаниями. Схема, реализующая генератор ПИС представлена на рис. 3.

Источник видеоимпульсов задаётся стандартным компонентом Component → Analog Primitives → Waveform sources → **P**ulse Source (обозначение на схеме — V1).

Параметры компонента Pulse Source.

Параметр	Описание	Единицы	Значение по умолчанию
VZERO	Уровень постоянной составляющей	Volts	0
VONE	Амплитуда	Volts	5
P1	Время начала переднего фронта импульса	s	1e-7

¹ Программа «Micro-Cap» позволяет осуществлять временной метод анализа и частотный, а также осуществлять расчёт передаточных характеристик цепей по постоянному току. Анализ переходных процессов или «временной анализ» осуществляется при выполнении команды программы «Micro-Cap» Transient... из меню Analysis. На оси абсцисс (X Expression) следует указать переменную времени T, а переменной оси ординат (Y Expression) является узловое напряжение, обозначаемое V(номер узла схемы), например, V(1) — напряжение на первом узле схемы. Также в режиме временного анализа доступны спектральный анализ и корреляционный анализ. Для проведения первого на оси абсцисс (X Expression) следует указать переменную частоты F, а в качестве переменной оси ординат (Y Expression) спектральную функцию узлового напряжения, обозначаемую как AS(V(номер узла схемы)), например, AS(V(1)) — спектральная функция напряжения первого узла схемы. Для проведения корреляционного анализа на оси абсцисс (X Expression) следует указать переменную времени T, а в качестве переменной оси ординат (Y Expression) — корреляционную функцию узлового напряжения, обозначаемого как AC(V(номер узла схемы)), например, AC(V(1)) — корреляционная функция напряжения первого узла схемы.

P2	Time delay to one level	s	1.1e-7
P3	Time delay to trailing edge	s	5e-7
P4	Time delay to zero level	s	5.1e-7
P5	Repetition period	s	1e-6

Заполнение гармоническим колебанием организуется источником, задаваемым пользовательской формулой Component → Analog Primitives → Function Source → **NFV** (обозначение на схеме — E1) в параметрах, которого указывается следующее выражение:

$(v(1)) * \cos(6.28 * F0 * T)$, где $v(1)$ — напряжение, снимаемое с узла (1)*; $F0$ — несущая частота; T — текущее время.

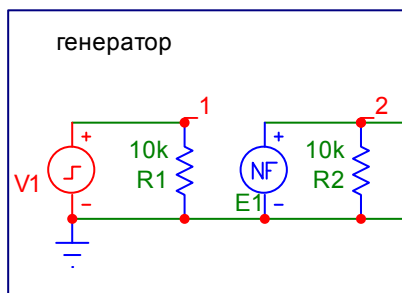


Рис. 3. Схема генератора ПИС

Программа «Micro-Cap» при каждом вызове любого вида моделирования анализирует схему и обозначает узлы *цифрами*, но если какой то участок схемы был удалён, изменён или добавлен, то произойдёт перенумерация всех узлов схемы. Поэтому во избежании ошибок при проведении анализа схем необходимо произвести нумерацию узловых точек «вручную». Вручную нумерация осуществляется присвоением текстового обозначения конкретному узлу схемы, при этом не допускается использование цифр или текстовых директив, на которые ссылается при расчётах программа «Micro-Cap», например sin, cos, V, T, F и т.д. Цифровые обозначения используются самой программой для нумерации узлов, поэтому в начале каждой цифры допускается, например, использование символа подчёркивания.

После обозначения первого узла схемы текстом _1 формула, используемая в элементе E1 изменится и примет следующий вид:

$$(v_1)) * \cos(6.28 * F0 * T).$$

Перед дальнейшим созданием макромодели необходимо проверить схему. Для этого требуется указать все переопределяемые параметры схемы. А именно, значения у источника видеоимпульсов VZERO, VONE, P1, P2, P3, P4, P5, и у источника гармонических колебаний F0. После этого можно осуществлять анализ схемы в режиме анализа переходных процессов по команде из меню Analysis → **Transient Analysis**. Результаты представлены на рис. 4.

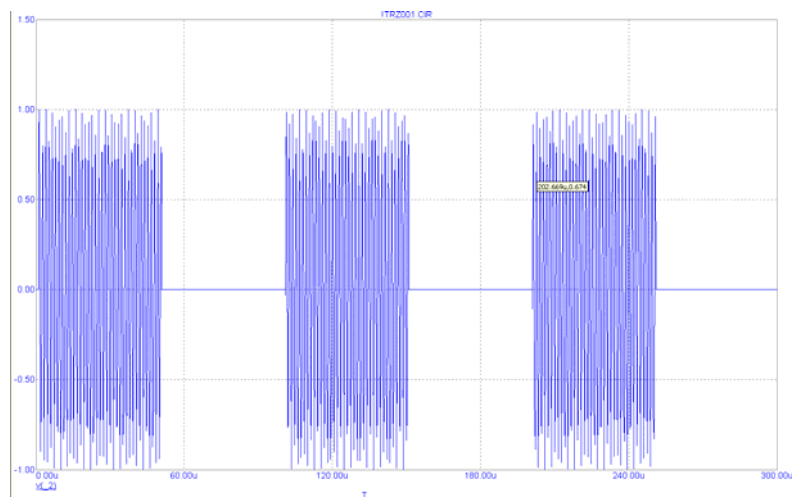


Рис. 4. Временные зависимости на выходе генератора ПИС

Теперь схема готова и можно приступить к созданию макромодели. Для этого необходимо воспользоваться встроенными редакторами: **Shape Editor...** и **Component Editor...**

Редактор **Shape Editor...** формирует графическое обозначение символа макромодели, а редактор **Component Editor...** добавляет новый компонент в библиотеку компонентов. Библиотека компонентов находится в файле Standard.shp и находится в той же директории, где установлен «Micro-Cap».

Shape Editor...

На рис. 5 представлен внешний вид встроенного редактора графических обозначений компонентов **Shape Editor...** Рабочая область редактора разделена на две части. В левой расположены управляющие элементы, список всех графических символов компонентов, а в правой части окна находится область, предназначенная для создания графических символов.

Панель инструментов

Все команды встроенного редактора **Shape Editor...** задаются пиктограммами (строка меню отсутствует), расположенными на панели инструментов. Ниже приводится перечень команд редактора графических обозначений компонентов **Shape Editor...**

Кнопки команд

В левой части окна редактора **Shape Editor...** располагаются следующие управляющие пиктограммы:



добавление в библиотеку нового символа, имя которого указывается по дополнительному запросу;



удаление из библиотеки выбранного символа;



восстановление графического обозначения символа до внесения дополнительных изменений;



вызов редактора Object Editor, позволяющего редактировать координаты графических фигур символов;





завершение работы редактора **Shape Editor...** с подтверждением сохранения всех внесенных изменений библиотеки;



вызов справки по работе с редактором **Shape Editor...**

§ 3. Создание графического обозначения для новой макромодели

Для добавления символа нового компонента необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) щелкнуть на кнопке **Add** (либо щелкнуть на панели инструментов на ) и ввести имя нового компонента;
- 2) с помощью соответствующих элементов управления нарисовать графическое обозначение нового компонента в правой части экрана;
- 3) чтобы сохранить результаты внесенных изменений в библиотеке компонентов необходимо нажать на кнопку **Close** (или ). На вопрос сохранять внесенные изменения ответить утвердительно.

Для изменения компонента уже существующего в библиотеке компонентов нужно:

- 1) выбрать компонент из списка компонентов в левой части окна редактора **Shape Editor...**;

2) и 3) см. [выше](#).

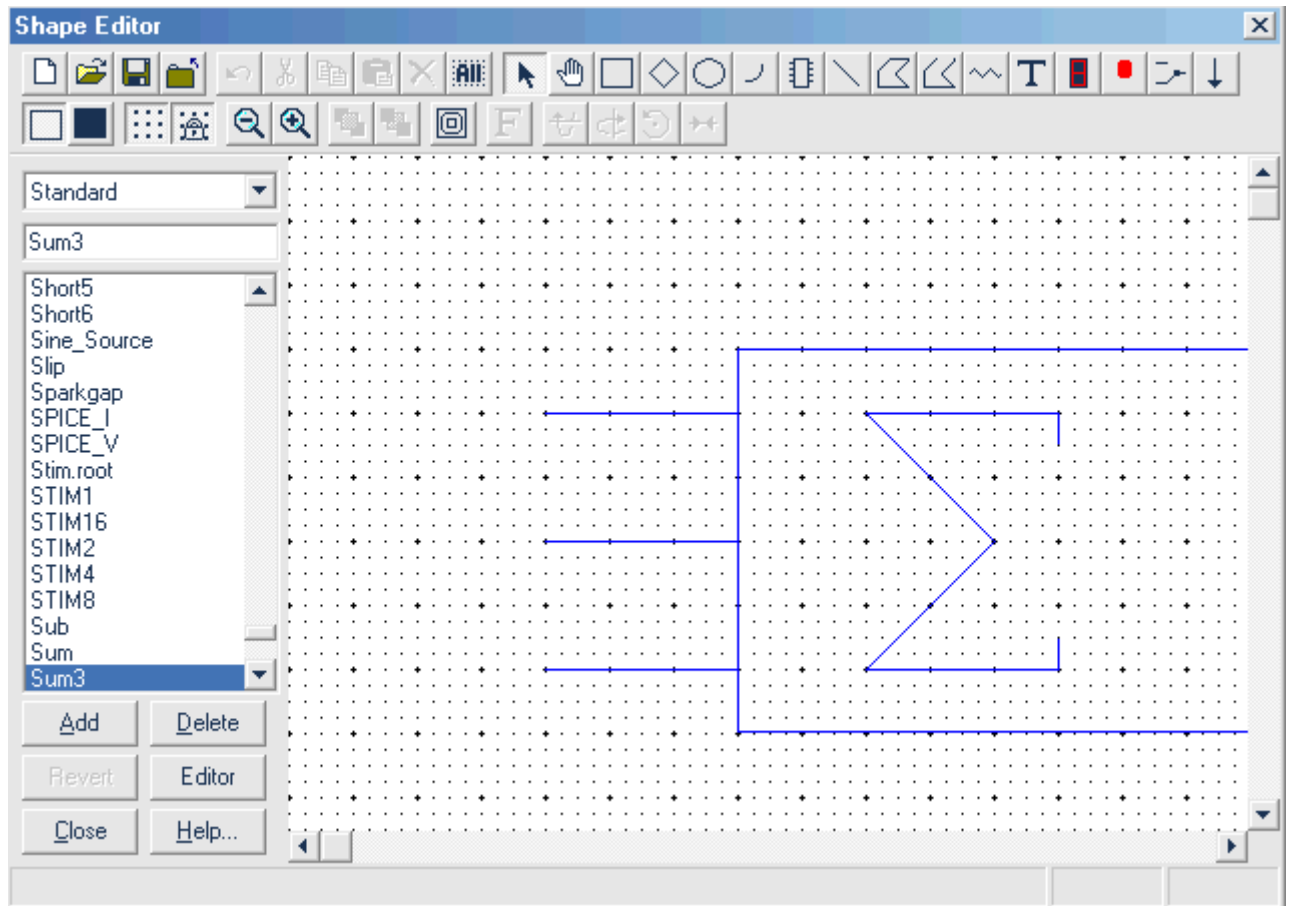


Рис. 5. Встроенный редактор графических обозначений компонентов **Shape Editor...**

Component Editor...

После того как графическое обозначение компонента создано, необходимо этот компонент добавить в библиотеку компонентов программы «Micro-Cap». Для каждого компонента в библиотеку заносится информация о его имени, имени графической формы представления на схеме, математической модели, расположении позиционного обозначения и других текстовых атрибутов, а также информация о выводных контактах. Для решения этих задач используется редактор **Component Editor...**, представленный на рис. 6.

Библиотека разбита на группы однотипных компонентов. Список групп и входящих в них компонентов, помещён в расположенном справа окне. Щелчок на имени группы открывает/закрывает список имен её компонентов.

Панель инструментов

Все команды встроенного редактора **Component Editor...** (также как и редактора **Shape Editor...**) задаются пиктограммами (строка меню отсутствует), расположенными на панели инструментов. Ниже приводится перечень команд редактора графических обозначений компонентов **Component Editor...**



New

Команда создания нового файла библиотеки компонентов.



Open









Команда загрузки файла библиотеки компонентов.



Merge

Команда присоединения библиотеки компонентов других форматов (схем созданных в более ранних версиях) к текущей библиотеке компонентов. Имена файлов внешних библиотек задаются в открывающемся диалоговом окне. Из внешних библиотек переносятся только компоненты с уникальными именами. Компоненты, имена которых совпадают с именами текущей библиотеки, в неё не переносятся. Если компонент внешней библиотеки использу-

ет имя символа, отсутствующее в библиотеке символов текущей библиотеки, этот символ копируется из внешней библиотеки символов в текущую с добавлением префикса \$ к имени символа. Новые компоненты размещаются в специальную группу, например New Group.

	Add Component	Команда добавления в группу нового компонента.
	Add Group	Команда добавления имени новой группы компонентов.
	Copy	Копирование текущего компонента в буфер обмена.
	Paste	Вставка компонента из буфера обмена на место, следующее за выделенным компонентом.
	Delete	Удаление выделенного компонента или целой группы (группа удаляется только, если она пуста).
	Zoom In	Увеличение масштаба отображения символа компонента.
	Zoom Out	Уменьшение масштаба отображения символа компонента.
	Help	Вызов справки по работе с редактором Component Editor.


Поля, раскрывающиеся списки и флажки редактора Component Editor

<u>N</u>ame	текстовое поле имени компонента. Это то же самое имя, которое появляется в меню компонентов при нанесении компонента на схему. Имя компонента присваивается произвольно;
<u>S</u>hape	ниспадающий список имён форм условных графических обозначений компонентов. Символы компонентов создаются с помощью встроенного редактора Shape Editor .
<u>D</u>efinition	ниспадающий список имён математических моделей компонентов.
<u>P</u>alette	ниспадающий список панелей компонентов . Всего может быть создано 9 панелей от Palette 1 до Palette 9. Выбор None означает отказ от размещения данного компонента на какой-нибудь панели. На каждой панели может быть помещено любое количество компонентов.
Model=Component Name	флажок, переключающий режим присваивания имени компонента имени модели. При размещении на схеме компонентов, для которых эта опция включена, отпадает надобность открывать окно атрибутов, что упрощает этот процесс. В библиотеке компонентов эта опция включена для всех компонентов из групп Analog Library и Digital Library.
PART Attribute	отображение на схеме позиционного обозначения компонента, задаваемого с помощью атрибута PART. При размещении на схеме таких компонентов позиционные обозначения будут им по-прежнему присваиваться автоматически, но не будут видны. При этом значение этой опции можно изменить в панели атрибутов индивидуально для каждого компонента и тем самым сделать видимыми их позиционные обозначения.

§ 4. Добавление в библиотеку компонентов новой макромодели

Для добавления нового компонента необходимо выполнить следующие шаги:

1) в правой части диалогового окна выбрать подходящую группу компонентов. В нашем случае **Macros**.

2) щелкнуть на кнопке  **Add Component** и заполнить ввести в поле **Name** имя макромодели, в поле **Shape** выбрать имя фигуры созданной ранее, далее убедиться в том, что в

поле **Definition** установлена требуемая группа компонентов, остальные параметры можно не менять.

3) если вы узнали свою фигуру в левой нижней части окна, то следующим шагом требуется указать выводные контакты макромодели, т.е. узловые точки, по которым «Micro-Cap» будет производить анализ. Для этого необходимо дважды щёлкнуть на месте предполагаемого узла. В появившемся диалоговом окне **Pin Name** указать имя узла (*внимание! Имя выводных контактов должны полностью совпадать с теми, которые используются в схеме макромодели*);

3) остаётся сохранить результаты. Щёлкайте на крестике в правом верхнем углу и отвечайте утвердительно на вопрос: Сохранить ли внесённые изменения?

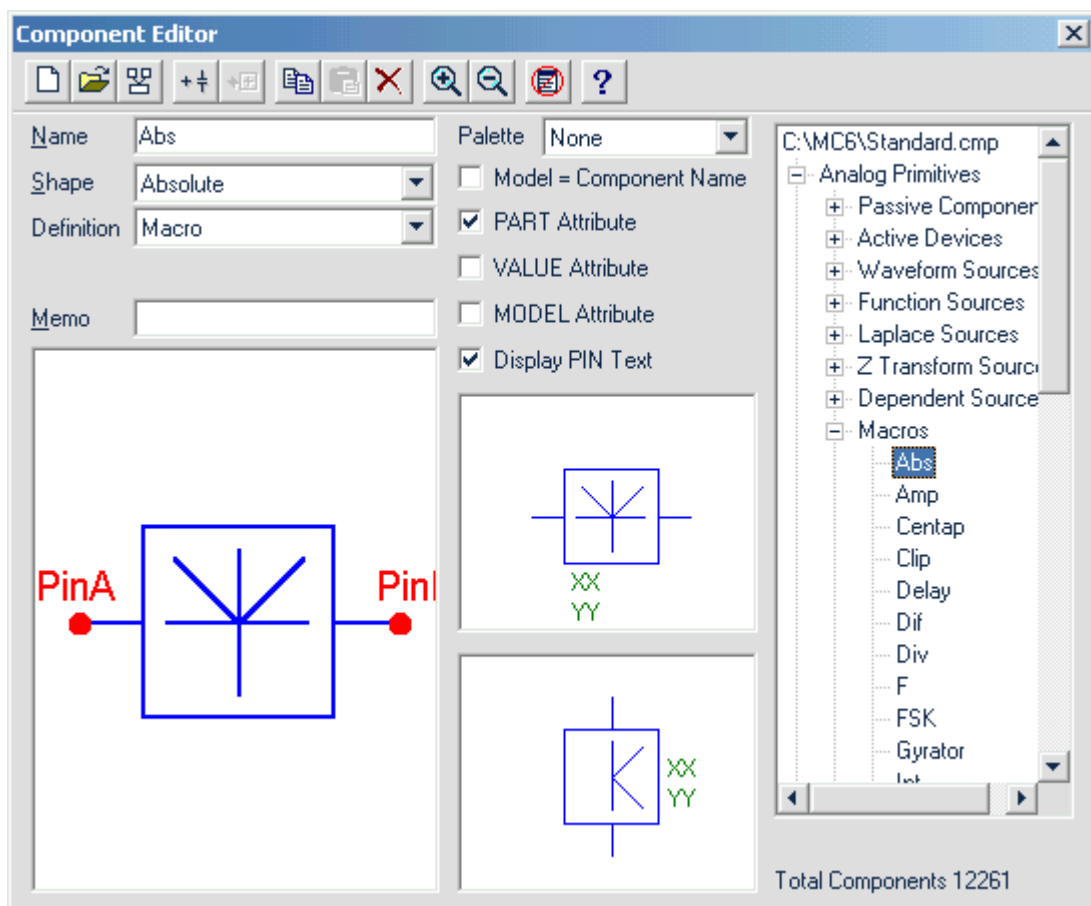


Рис. 6. Встроенный редактор графических обозначений компонентов Component Editor...

В окончательном варианте схемы макромодели должны использоваться вместо числовых значений имена переменных. А связь этих переменных с числовыми значениями определяет директива *.parameters* (параметры макромодели).

Например, при построении генератора ПИС используется следующие переопределяемые параметры: *F0* — несущая частота ПИС и параметры компонента **Pulse Source**: *VONE* — амплитуда ПИС; *P1 = P2* — время начала ПИС; *P3 = P4* — время окончания первого импульса в пачке ПИС; *P5* — период повторения ПИС; разность *P4* и *P1* — длительность импульса ПИС.

Таким образом, макромодель не должна содержать числовых значений перечисленным выше параметрам, и обязательно должна присутствовать на схеме строка следующего вида: *.parameters(параметры, разделённые запятой)*. В скобках указываются те параметры, которые будут заданы при использовании макромодели в дальнейшем. В случае генератора ПИС: *.parameters(F0, VONE, P1, P2, P3, P4, P5)*.

§ 5. Итоги

Макромодель генератора ПИС готова к использованию. В итоге в меню Component → Ana-log Primitives → **Macros** находится новый компонент макромодели генератора ПИС.

При использовании генератора ПИС в составе других схем или его анализа в качестве параметров необходимо указать Parameters(числовые значения параметров, разделённые запятой). Всё вышесказанное относится к пятой, шестой, седьмой и восьмой версиям программы «Micro-Cap».

Библиотека «Micro-Cap» содержит простейшие компоненты, из которых пользователь может строить схемы и макромодели. Наша задача использовать уже имеющиеся макромодели и в случае необходимости уметь добавлять собственные макромодели. В результате мы получим мощный пакет системотехнического моделирования.