

Ознакомление с программой Multisim

Запуск осуществляется из меню Пуск среды Windows. Для классической версии представления меню *Пуск – Программы – National Instruments – Circuit Design Suite 10.0 – Multisim* (для программы Multisim 10) запуск программы возможен так:



Рисунок 1

После запуска программы появляется ее главное окно.

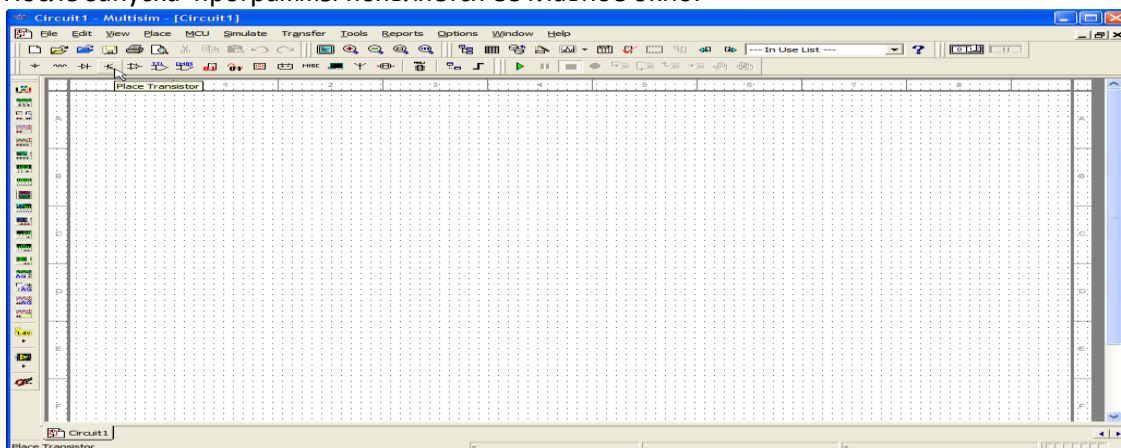


Рисунок 2

Окно программы выглядит стандартно для современного интерактивного программного продукта. Оно содержит Главное меню, Панель инструментов, Строку состояния (статусную строку), полосы прокрутки и другие стандартные элементы окна программы Windows. Главное меню для работы с программой Multisim обладает большим набором инструментов для подготовки схемы и проведения анализа.

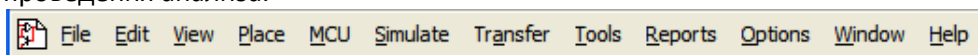


Рисунок 3

Пункты меню **File**, **Edit**, **View** являются обычными меню с набором команд для работы с файлами и проектами, печати (*File*), редактирования и изменения свойств чертежа, ориентирования, удаления, выделения, перемещения элементов схем (*Edit*), настройки пользовательского интерфейса с возможностью изменения набора инструментальных панелей, масштабирования рабочей области (*View*).

Пункт меню **Place** предназначен для выбора и размещения компонентов схемы (*Component...*), нанести соединительные провода (*Wire*), шины (*Bus*) и определить электрические узлы соединители (*Junction*), а также определения комментариев в схеме (*Comment*), ввести соединители (*Connectors*), пояснительный текст (*Text*), вставить элементарные графические элементы и графическое изображение из внешнего файла (*Graphics*), определить параметры штампа для схемы через пункт меню (*Title Block...*) и так далее.

Пункт меню **MCU** определяет возможности программирования микропроцессоров и анализа выполненного решения, однако в студенческом варианте этой возможности нет и ее надо активировать дополнительно.

Пункт меню **Simulate** определяет типы проводимого анализа, здесь же можно выбрать встроенные приборы, сохранить результаты и провести их обработку.

Пункт меню **Transfer** – здесь можно передать исходные данные для трассировки печатных плат в программу *Ultiboard* 9 или 10 версий (программа *Ultiboard* приобретается отдельно).

Меню **Tools** дает возможности работы с базой данных компонентов программы, использовать возможности автоматизированного проектирования, мастера проектирования, устройств на основе 555 таймера, фильтров, схем на основе операционных усилителей и каскадов усиления на биполярных транзисторах. Здесь же возможно определение исходных данных для многовариантного анализа, проверка введенной схемы на ошибки, редактирование символов электронных компонентов и даже определение области графического захвата и дальнейшего сохранения полученной картинке в виде графического файла.

Пункт меню **Reports** дает возможность получить детальный отчет о схеме – число и тип компонент, их параметры, сведения об узлах схемы и много другое, кроме этого полученную информацию можно передать в офисные программы для дальнейшего использования.

Пункт меню **Option** предназначен для задания условий работы по подготовке и сохранению схемы, определения внешнего вида схемы и условий ввода и размещения элементов при рисовании. Пункт меню **Option** содержит подменю – *Global Preferences...*,

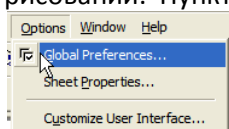
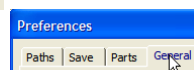
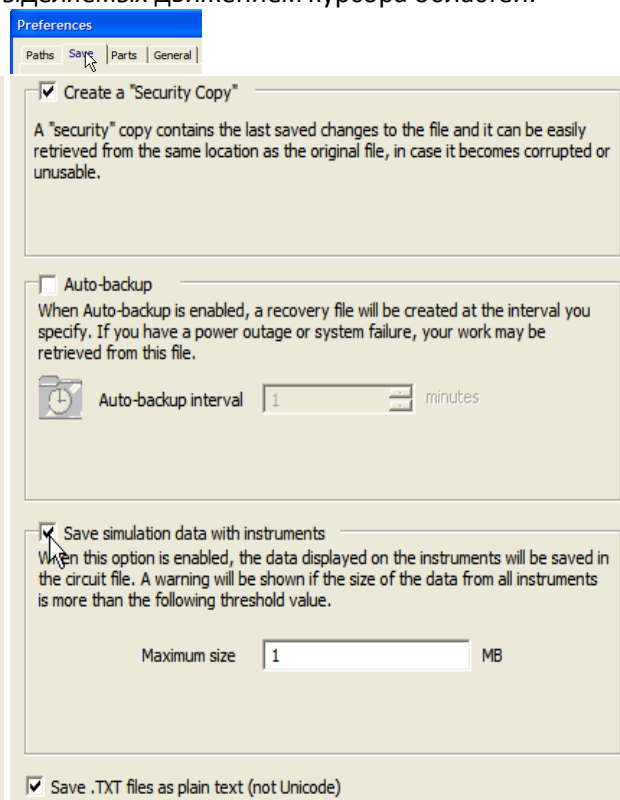
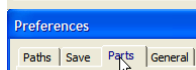
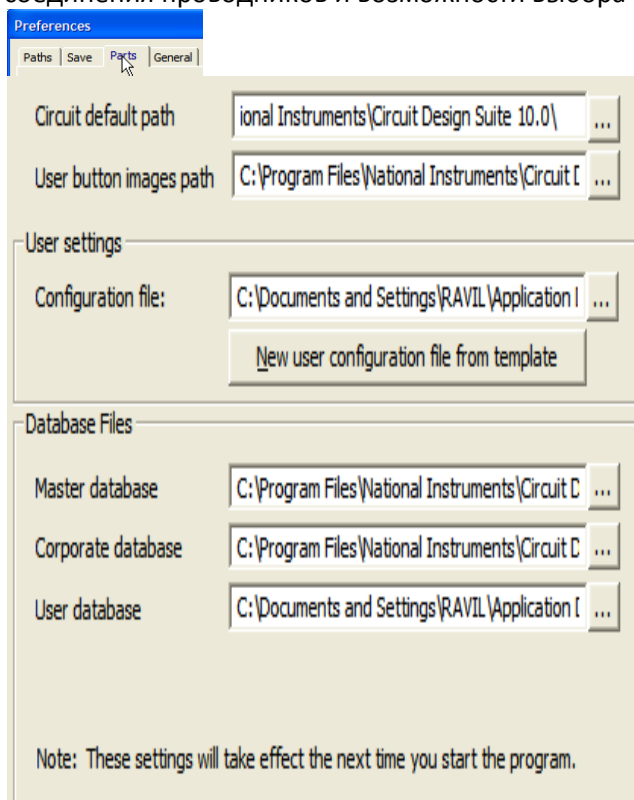


Рисунок 4

После выбора этого пункта меню, в открывшемся окне **Global Preferences**, можно определить режимы и условия работы программы, как в процессе ввода схемы, так и при сохранении введенной схемы в виде файла. Так на закладке **Path** путь до папок хранения файлов схем, файлов конфигурации и баз данных. На закладке **Save** определяется режимы сохранения и размеры файла данных, на закладке **Parts** определяются действие программы при выборе и установке компонент в рабочую область схемы, выбор стандарта вида компонента, параметры автоматизации измерения результатов анализа, параметры моделирования цифровых устройств, на закладке **General** определяется действие при движении колесика мыши, автоматизации соединения проводников и возможности выбора выделяемых движением курсора областей:



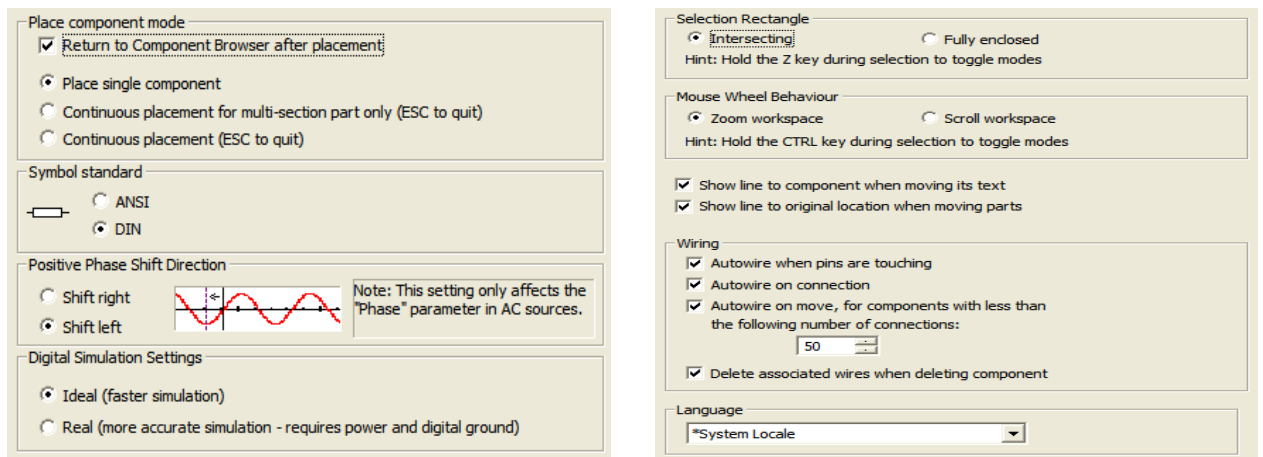
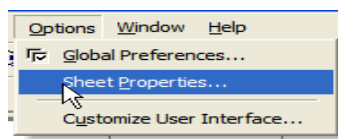


Рисунок 5

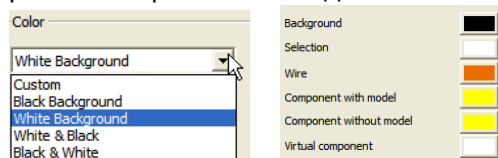
Внешний вид подготовленной, нарисованной, схемы определяется через пункт меню **Option – Sheet Properties**,



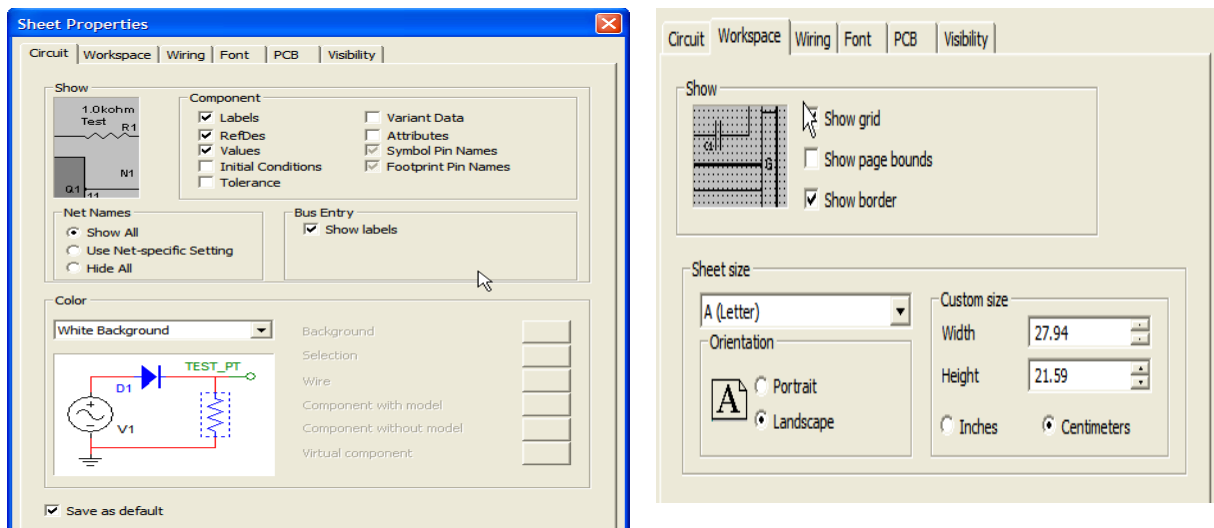
После выбора этого пункта меню, в открывшемся окне **Sheet Properties** на закладке **Circuit** можно указать, какая информация будет отображаться на поле схемы возле введенного компонента.

Рекомендуется оставить для отображения только самую необходимую информацию: текстовые метки (*Labels*), название компонента (*RefDes*), его значение (*Values*), например, для резистора его сопротивление, а также метки узлов и их нумерацию.

На этой закладке можно задать также и цветовое решение элементов, соединительных проводов, фона схемы из стандартных наборов или же задать пользовательскую цветовую палитру



Если после внесенных изменений просто нажать **экранную кнопку окна OK**, то все выбранные настройки сохраняться только для текущей схемы. Для сохранения настроек для следующих схем, необходимо отметить флажок **Save as default**, и уже после этого **нажать экранную кнопку OK**. На закладке **Workspace** этого окна можно установить видимость сетки, границы чертежа, показ границы страницы, определить размер страницы для схемы из стандартных наборов, ее ориентацию или же определить нестандартные размеры страницы и метрику размеров. На закладке **Wiring** определяется толщина линий соединительных проводов и толщина изображения шин.



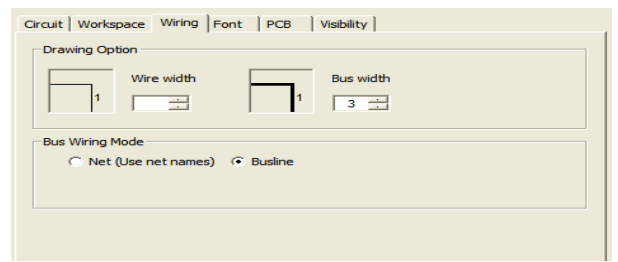


Рисунок 6

Пункт **Window** – стандартный пункт меню, осуществляющий навигацию между внутренними окнами программы и регулирующий расположение этих окон. Аналогичное можно сказать и о пункте меню **Help**.

Сервисные панели Multisim

Дополнительные возможности пользователю дают панели, отображаемые по команде меню **VIEW**: окна Design Toolbox, Spreadsheet View и Circuit Description Box.

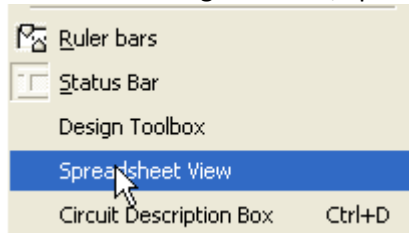
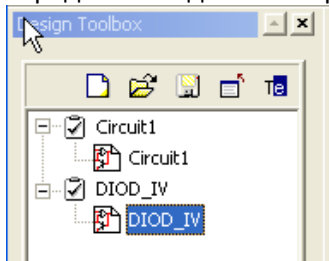


Рисунок 7

Окно Design Toolbox

Это окно позволяет осуществлять управление режимом работы программы, открывать и закрывать файлы схем. Нормально оно расположено закрепленным слева в основном окне. Само окно имеет три закладки: Hierarchy (Структура), Visibility (Видимость), Project View (Проект). На закладке Hierarchy (Структура) можно видеть файлы схем, открытые в программе. Их можно переименовать, закрыть или сохранить на диске. Закладка Visibility (Видимость) позволяет определить видимость атрибутов схемы и видимость служебной информации.



Управление файлами:



- Создать новый файл схемы
- Открыть файл схемы
- Сохранить изменения
- Закрыть файл схемы
- Переименовать файл

Visibility (Видимость):



Visibility (Видимость):

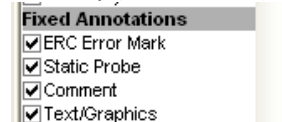


Рисунок 8

Окно Spreadsheet View

Окно Spreadsheet View позволяет быстрое редактирование и поиск компонентов, включая их значения и параметры. По умолчанию оно расположено внизу главного окна Multisim и имеет закладки



Рисунок 9

Закладка Results отображает информацию о схеме, дату формирования файла схемы. Здесь же будет размещена информация о результатах электрической проверки схемы (Electrical Rules Checking) и т.д. и результаты действия команд Edit/Find (Меню Edit/Find).

Search for '*d1*' <2007-11-05 15:15:56>

Diod_Lab3:.....D1

1 occurrence(s) have been found.

Рисунок 10

На закладке Nets представлена таблица, где в столбцах представлена следующая информация:

№ столбца	Заголовок	Описание
1	Net	Имя схемы
2	Sheet	Имя файла, Листа схемы
3	Color	Цвет схемы. По умолчанию определяется цветом на вкладке Circuit диалогового окна Sheet Properties. Щелчок ЛКМ в этом поле даст возможность задать новое цветовое решение отображения схемы.
4	Trace Width	Толщина соединительного проводника после экспорта схемы для трассировки. Вообще говоря, она устанавливается в программе Ultiboard, но допускается редактирование и здесь.
5	Trace Width Min	Минимально допустимая толщина соединительного проводника после экспорта схемы для трассировки, допускается редактирование значения.
6	Trace Width Max	Максимально допустимая толщина соединительного проводника после экспорта схемы для трассировки, допускается редактирование значения
7	Trace Length Min	Минимальное значение длины проводника после экспорта схемы для трассировки, допускается редактирование значения
8	Trace Length Max	Максимальное значение длины проводника после экспорта схемы для трассировки, допускается редактирование значения
9	Trace to Trace	Минимально допустимое расстояние между проводниками на печатной плате после экспорта схемы для трассировки, допускается редактирование значения.
10	Trace to Pad	Минимально допустимое расстояние между контактными площадками на печатной плате после экспорта схемы для трассировки, допускается редактирование значения.
11	Trace to Via	Минимально допустимое расстояние между межслойными отверстиями на печатной плате после экспорта схемы для трассировки, допускается редактирование значения.
12	Trace to Copper Area	Минимально допустимое расстояние между экраном на печатной плате после экспорта схемы для трассировки, допускается редактирование значения.
13	Routing Layer	Слой трассировки, куда где будет размещена схема после экспорта схемы для трассировки. Возможно увидеть выпадающий список с разрешенными слоями. Этот список определяется выбором на вкладке PCB диалогового окна Sheet Properties
14	Net Group	Определяет работу в сети. Группа может использоваться в Ultiboard, в процессе размещения PCB.
15	Lock PCB Settings	Предотвращает изменения параметров, которые определяют разводку схемы трассировку. Возможен выбор между назначением запрета и его разрешением.
16	IC Initial Condition	Начальные условия для анализа переходных процессов, временного анализа в Multisim. Более детально можно увидеть в справке по Transient Analysis.
17	NODESET	Начальные условия для анализа по постоянному току, расчету точки покоя (DC Operating Point). Более детально можно увидеть в справке по DC Operating Point Analysis
18	Net Specific Setting	Если в диалоговом окне Sheet Properties допускается «Use Net-specific Setting» (специфические установки), то их можно назначить и здесь.

Ввод схемы для анализа

Настроив опции программы в меню *Options* в соответствии вариантом, показанном ниже на рисунках, можно будет приступить к размещению компонентов схемы.

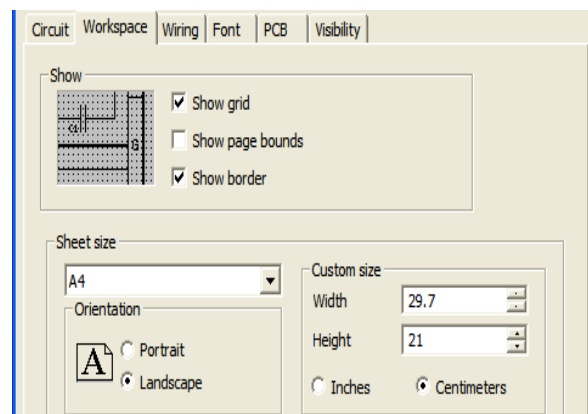
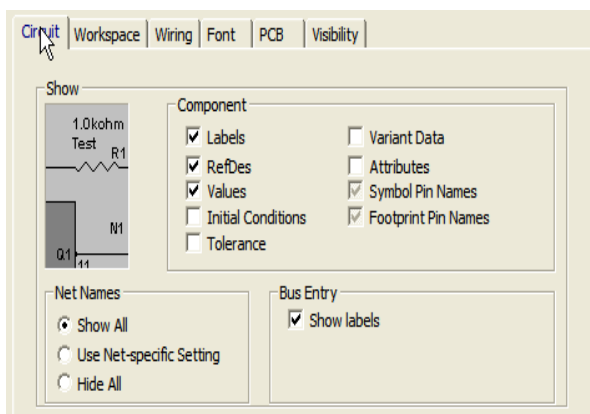
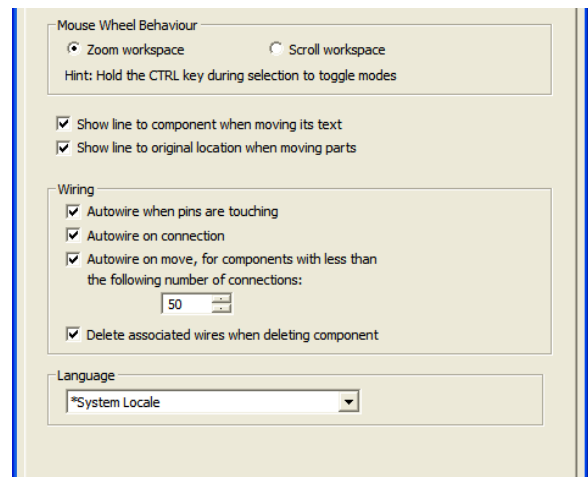
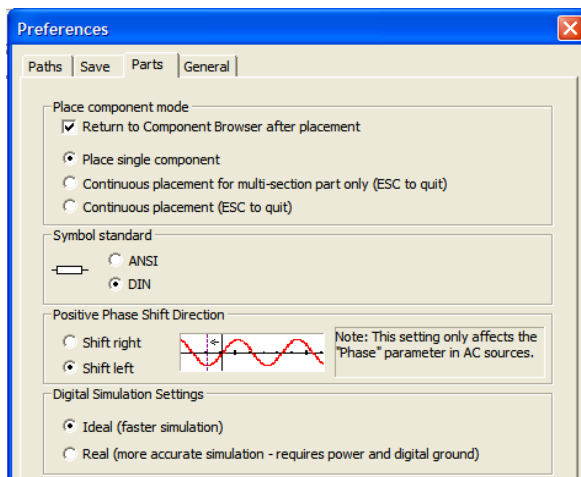


Рисунок 11

Виды компонент

Компоненты, являющиеся основой любой схемы, в Multisim определены как две большие категории - **реальные** (промышленные) и **виртуальные**.

Промышленные компоненты (в Multisim они отображаются **синим цветом** условного графического изображения) не могут быть изменены ни по значению параметров модели (например, резистор может иметь сопротивление только в соответствии со значением разрешенного сеткой сопротивлений), ни по геометрическим размерам.

Виртуальные компоненты, (они отображаются и в Multisim 9 и в Multisim 10 **черным цветом** условного графического изображения), представляют собой **идеальный компонент**, например диод, резистор, который может иметь любые нестандартные параметры модели (например, резистор может иметь сопротивление 2.871232 Ом).

Виртуальные компоненты используются в основном для моделирования схем, где значения параметров определяются расчетом и могут, на начальной стадии проектирования иметь точные расчетные значения. Кроме этого, виртуальные компоненты могут представлять просто некие идеализированные устройства, например HEX дисплей. К виртуальным компонентам относятся и компоненты вида BASIC_VIRTUAL, Rated Resistor и 3D VIRTUAL.

Так, например, **компонентам Rated Resistor можно задать дополнительные параметры к которым относятся** (окно свойств компонента RATED_VIRTUAL на рисунке) - **Maximum Rated Power (Watts)** – значение предельно допустимой мощности резистора в Ваттах. **Animation Delay Factor** – целое число, связанное со временем мультипликации процесса выхода из строя резистора при превышении предельной мощности. **Animation Delay Factor** никак не связана с реальными свойствами резистора как элемента электрической цепи и относится лишь к процессу моделирования в программе - если в процессе моделирования мощность, выделяемая на резисторе будет больше, чем **Maximum Rated Power**, то внешний вид резистора (через время, зависящее от **Animation Delay Factor**), приобретет вид «сгоревшего».

Вид до ...

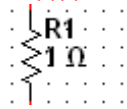


Рисунок 12

Вид после ...

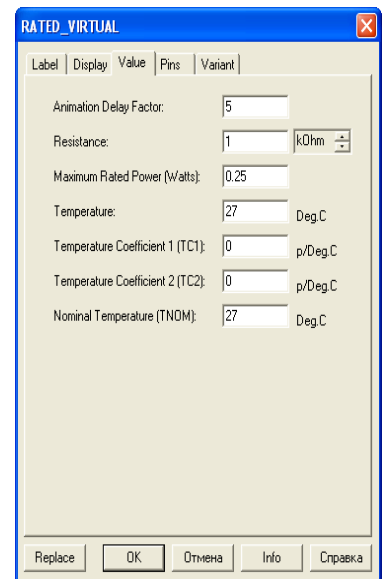
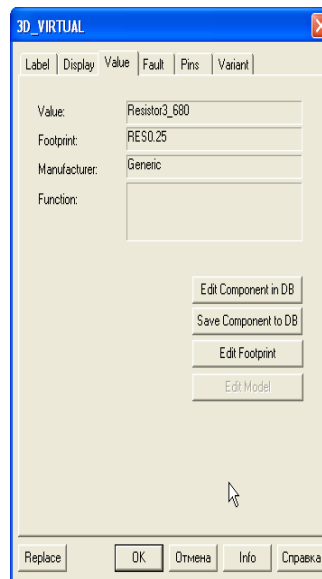
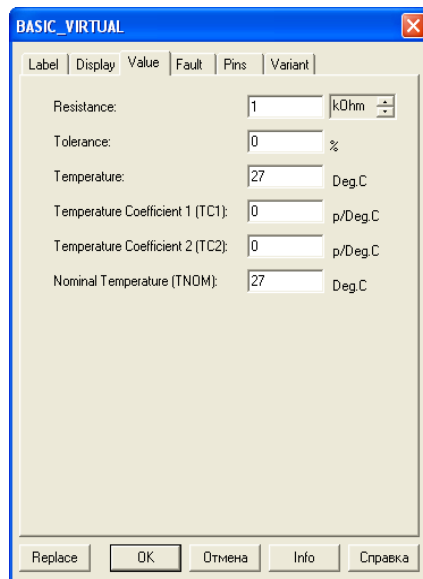
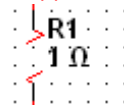


Рисунок 13

Temperature – значение температуры резистора при проведении расчета (эксперимента). TC1, TC2 – параметры модели резистора, коэффициенты аппроксимации температурной зависимости, соответственно первого и второго порядков. Nominal Temperature (TNOM) – номинальная температура компонента, для которой определены все его параметры.

Multisim позволяет интерактивно управлять компонентом (изменять значения его параметров) на лету, в процессе решения. В качестве примера можно привести управление переключателем клавишей пробела. Изменение в процессе моделирования параметра компонента происходит за счет нажатия на определенную клавишу, имя которой указано на схеме рядом с компонентом. Но, можно и изменить эту клавишу, определенную в программе, дважды щелкнув по изображению компонента левой клавишей мыши и в диалоге назначить новое значение. Однополюсный выключатель может быть переключен за счет нажатия клавиши на клавиатуре. Определить клавишу можно на закладке Value окна свойств компонента. Как показано на рисунке сейчас управляет состоянием ключа клавиша пробел (SPACE). Хотя задать можно и другие клавиши (выпадающий список поля Key for Switch).

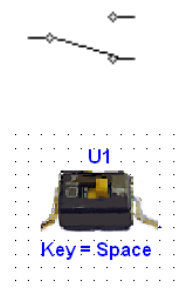
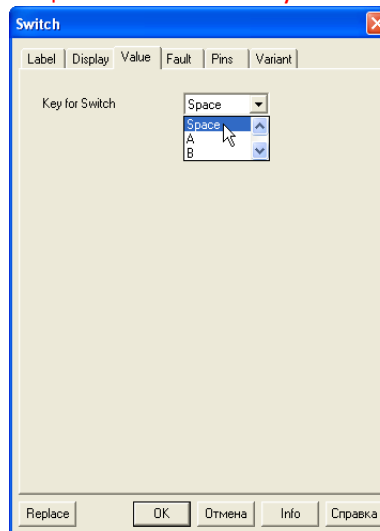
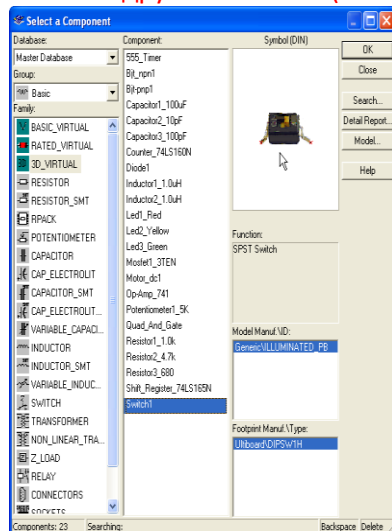
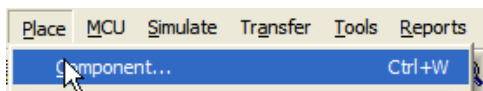
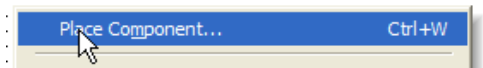


Рисунок 14

Для ввода компонентов существует несколько вариантов действия пользователя:



Пункт меню *Place-Component* и диалоговое окно *Select a Component* (браузер компонентов *Component Browser*)



Контекстное меню после щелчка правой кнопкой мыши (ПКМ) по полю рисования схемы и пункт меню *Place-Component* и диалогового окна *Select a Component* (браузер компонентов *Component Browser*)



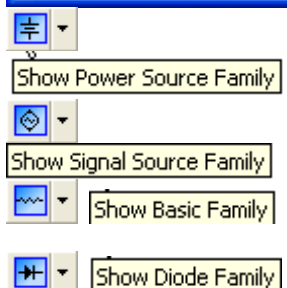
Панель инструментов *Components* и диалоговое окно *Select a Component* (браузер компонентов *Component Browser*)



Панели компонент и диалогового окна *Select a Component* (браузер компонентов *Component Browser*).

Рисунок 15

При использовании для ввода компонент панели для быстрой установки (например, для виртуальных компонент) она может быть или закреплена в линейке панелей, или быть плавающей. Расшифровка содержания этой панели (для программы Multisim 9) приведена ниже на рисунке.



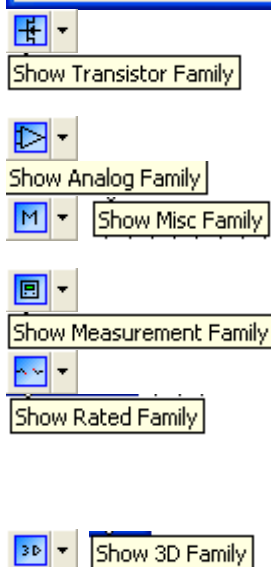
Одно и трех фазные источники питания, а также источники питания постоянного тока и заземление

Источники напряжения и тока; источники прямоугольного сигнала, кусочно-линейного сигнала и таймеры

Базовые компоненты, которые включают резисторы, конденсаторы, катушки и так далее

Диоды и стабилитроны

Рисунок 16



Транзисторные компоненты, биполярные транзисторы BJT, мощные полевые транзисторы MOSFET, арсенид-галлиевые транзисторы GaAsFET и полевые транзисторы JETF

Операционные усилители и компараторы

Аналоговые переключатели, предохранители, 7 сегментные дисплеи, двигатели, таймер 555 серии и так далее

Устройства для измерения напряжения и тока, пробники логического уровня

Компоненты с ограничениями (Rated Components) – компоненты имеющие физические ограничения, например ограничения по максимально допустимой мощности рассеяния. Если в процессе моделирования это значение для компонента будет превышено, то на схеме он будет показан как вышедший из строя

Компоненты, отображаемые в виде трехмерной графики вместо стандартных условных обозначений

Рисунок 17

Во всех вариантах ввода элементов схемы (компонент) присутствует окно **Select a Component** (Ctrl-W).

В левом верхнем углу окна расположен выпадающий список **Database** базы данных компонент, библиотек компонент: **Master Database** - встроенная база данных элементов, библиотек компонент, определена только для чтения и поддерживается *Electronics Workbench*, если требуется изменение компонент библиотеки *Master Database* его надо скопировать либо в *Corporate Database* либо в *User Database*; **Corporate Database** – корпоративная база данных доступная для всех пользователей, своего рода обменный фонд для разработчиков электронных схем, может быть общедоступна в сети; **User Database** – пользовательская база данных, библиотека компонент созданная пользователем и не доступная для других пользователей. Изменения, внесенные в базу данных, не действует в схемах, выполненные ранее, но эти изменения передается в новые схемы. Если схема будет сохранена, будут сохранены все изменения в файле схемы Multisim.

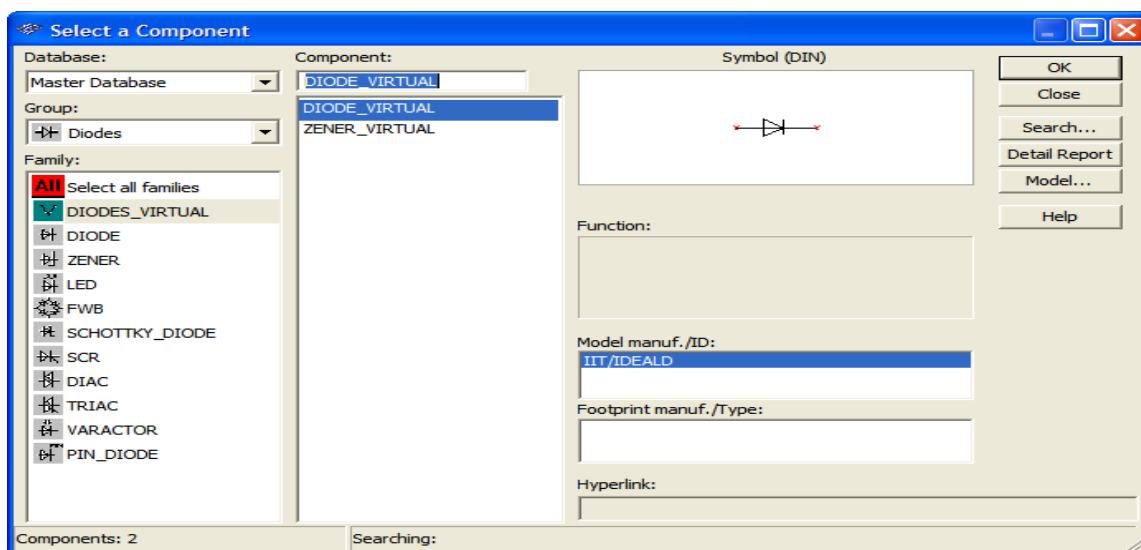


Рисунок 18

Ниже этого выпадающего списка расположен **список групп (Group)** на которые для удобства разделены базы данных. Например, группа источник энергии и сигналов (*Sources*), группа с базовыми элементами, такими как резисторы, конденсаторы, индуктивности и т.д. (*Basic*), группа диодов (*Diodes*), группа с разнообразными транзисторами (*Transistors*), группа с аналоговыми элементами (*Analog*), такими как операционные усилители (Opamp), электронные сравнивающие устройства (comparator), группа с элементами транзисторно-транзисторной логики (*TTL*), группа с комплементарными металло-оксидными полупроводниками (*CMOS*), группа микрочипов, таких как ячейки памяти RAM, ROM и др., группа с периферийными устройствами, такими как виртуальная цифровая клавиатура, LCD дисплей (*Advanced_Peripherals*), группа с различными цифровыми устройствами (*Misc Digital*), группа с индикаторами, такими как вольтметр, амперметр (*Indicators*) и другие группы.

Ниже списка групп (*Group*) находится поле **Family** раскрывающее собой группу, объединенных вместе по функциональному признаку в уже выбранной до этого группе.

Правее находится список **Component**, в котором показываются доступные элементы выбранного семейства из *Family*. Характеристики элемента, выбранного в подгруппе такие как тип элемента, заводская модель и заводское посадочное место, допустимые отклонения, условный ANSI символ для данного элемента представляющей его на схеме находятся в полях (*Component*, *Symbol(DIN)*, *Function*, *Model manuf./ID*, *Footprint manuf./Type*, *Hyperlink*) расположенных справа от рассмотренных выше полей.

В правом верхнем углу находятся экранные кнопки, позволяющие согласится с выбором элемента (**OK**), закрыть окно без выбора элемента (**Close**), провести поиск элемента (**Search...**),

просмотреть описание модели элемента в библиотеке на языке SPICE (*Model...*) и кнопка вызова помощи (*Help*).

После нажатия экранной кнопки (Search...), в появившемся диалоговом окне, в поле *Component*, достаточно ввести имя компонента, уточнив группу и подгруппу поиска. Вид окна для простого и расширенного режима поиска показано ниже на рисунке:

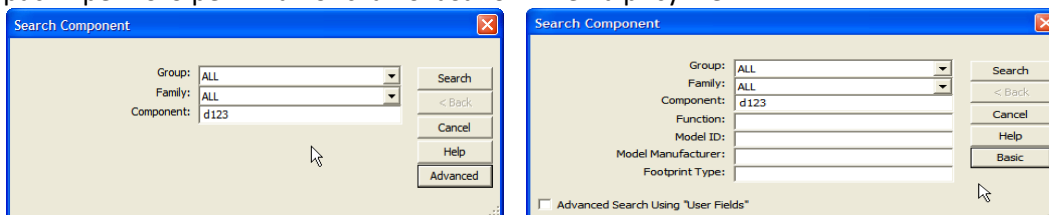


Рисунок 19

В поиске может использоваться групповой символ «*». Он соответствует любому набору знаков. Например, запись вида "LM*AD" даст в виде результата большой список компонент:

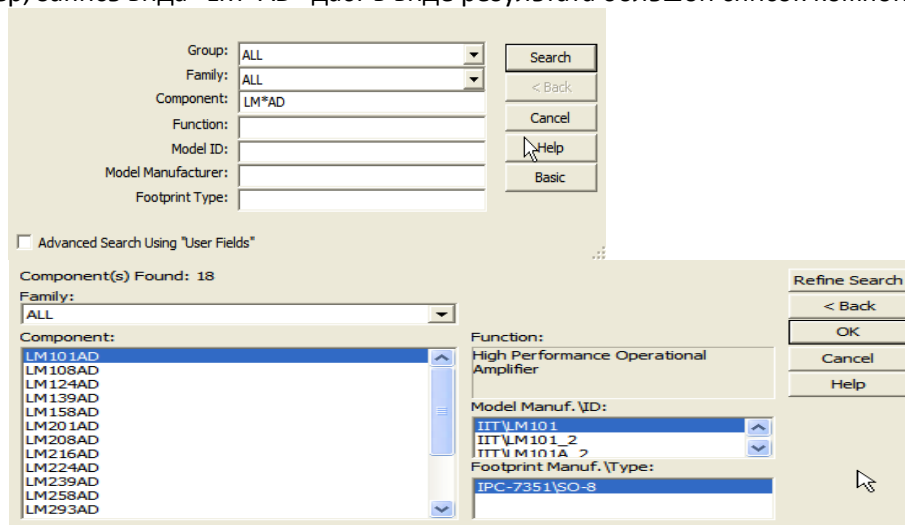


Рисунок 20

Можно уточнить параметры модели, вызвав описание модели выбранного компонента через нажатие экранной кнопки Model:

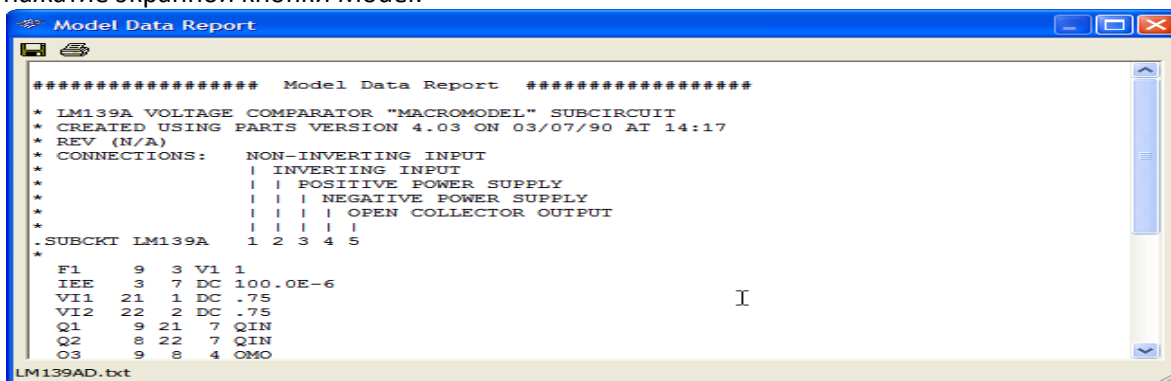


Рисунок 21

После выбора в окне **Select a Component** условное обозначение компонента будет, как бы привязано к курсору мышки до тех пор, пока щелчком левой кнопкой мыши (ЛКМ) не будет обозначено место расположения компонента.

Для изменения ориентации установленного компонента можно использовать либо инструментальную панель *Edit*, либо контекстное меню для выделенного компонента, либо горячие клавиши - повернуть горизонтально *Alt+X*, повернуть вертикально *Alt+Y*, повернуть против часовой стрелке на 90° *Ctrl+Shift+R*, повернуть по часовой стрелке на 90° *Ctrl+R*, выделив нужный компонент:

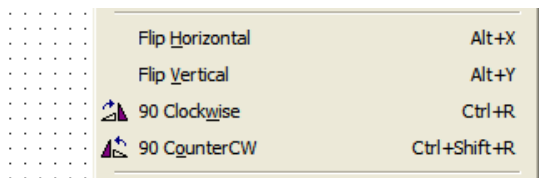
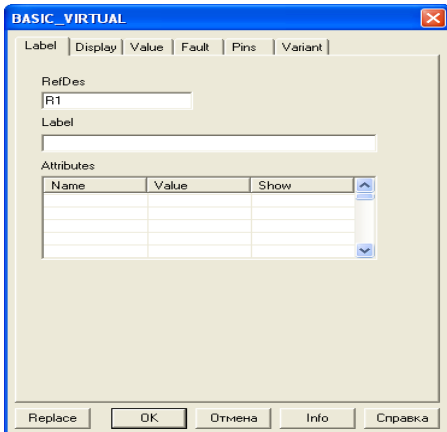


Рисунок 22

Дважды щелкнув **правой кнопкой мыши** (ПКМ) по компоненту можно увидеть его свойства, которые не относятся к компонентам в других схемах и даже для аналогичных компонент в этой схеме. В зависимости от типа компонента, эти свойства определяют разную информацию.



Для установки определенных свойств иногда достаточно поставить флажок у определенного свойства, для других – ввести в соответствующие поля их значения

Рисунок 23

Что бы **изменить параметры компонента**, заменить его другим компонентом, надо двойным щелчком ПКМ вызвать окно свойств компонента установленного в схеме. Здесь можно на разных закладках окна - изменить метку, отредактировать компонент непосредственно в базе данных программы (библиотеке), внести пользовательские поля в описание компонента и так далее. Существует некоторое отличие от изменения реального и виртуального компонента. Если необходимо изменить сопротивления реального, стандартного резистора, его необходимо удалить из схемы, и *только потом* добавить новый резистор с необходимым (но стандартным) значением сопротивления. Поэтому для настройки схемы желательно использовать виртуальные компоненты, параметры которых можно изменять прямо в схеме.

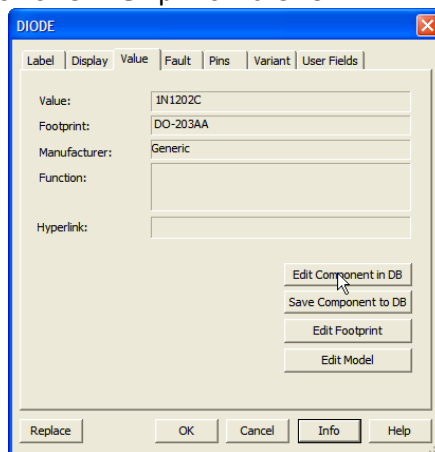
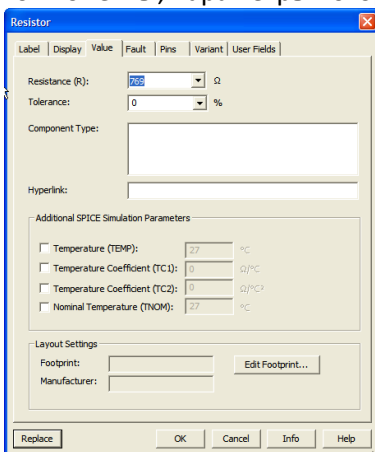


Рисунок 24

Формирование схемы, соединительные проводники

В электрической схеме установленные компоненты должны быть соединены между собой проводниками. Если разместить курсор мыши на выводе компонента, то он будет заменен на символ в виде точки с перекрестием. Если **щелкнуть ЛКМ** и, не отпуская кнопку, провести линию – проводник, черную линию, до вывода следующего компонента, то при касании вывода линия изменит цвет на красный и два элемента будут соединены проводником.

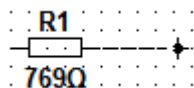
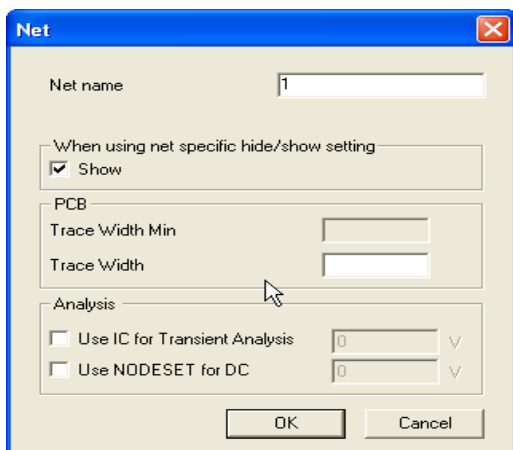
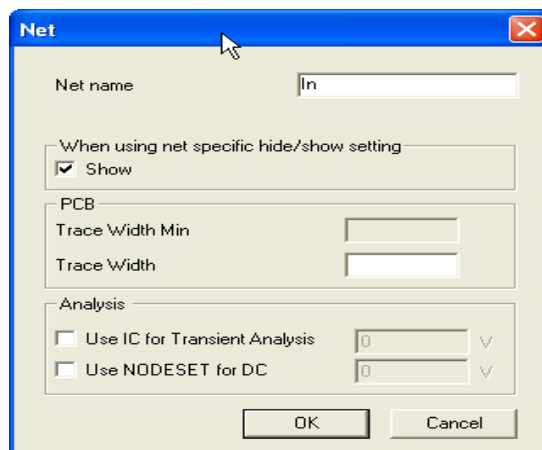


Рисунок 25

Над красной линией можно увидеть цифру (в данном случае – единица) – это обозначение, нумерация узла созданная автоматически. При изменении схемы это цифровая нумерация может изменяться. Иногда это бывает неудобно. Можно переименовать узлы вручную и назначить им имена близко к функциональному назначению. После этого даже изменения схемы не изменят имена определенных пользователем узлов. Необходимо только помнить о том, чтобы имена узлов не содержали пробелов. Для присвоения узлу текстовой метки необходимо дважды щелкнуть по проводнику, после этого появится окно свойство узла, где можно дать имя узла.



имя узла до переименования



имя узла после переименования

Рисунок 26

Кроме этого, при щелчке ЛКМ над проводником, вид его меняется на двунаправленную стрелку, что, позволяет переместить проводник, и, вызвав контекстное меню, изменить и цвет проводника. Измененный цвет проводника поможет удобнее представлять результаты анализа на экранах встроенных приборов Multisim. Рассмотренную выше операцию можно применить для соединения компонент-проводник, что и делают для рисования сложных электронных схем.

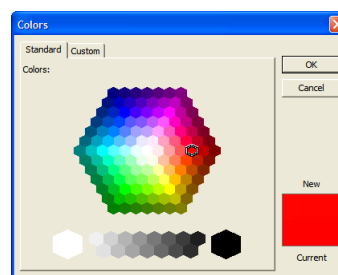
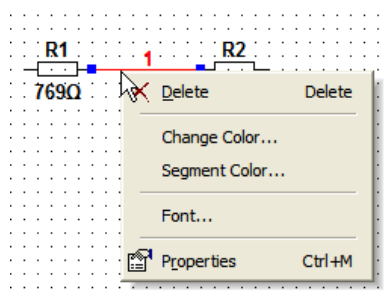
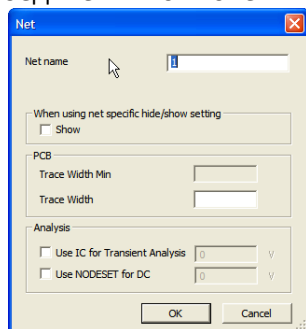


Рисунок 27

Для удаления ошибочно введенного проводника его необходимо **выделить щелчком ЛКМ и нажать клавишу Delete** – провод будет удален.

Если два элемента уже соединены между собой проводником, а между ними нужно разместить, последовательно с ними включенный, еще один компонент, то Multisim позволяет просто поместить поверх проводника компонент и он автоматически будет подключен к существующим, так, как показано на рисунке:

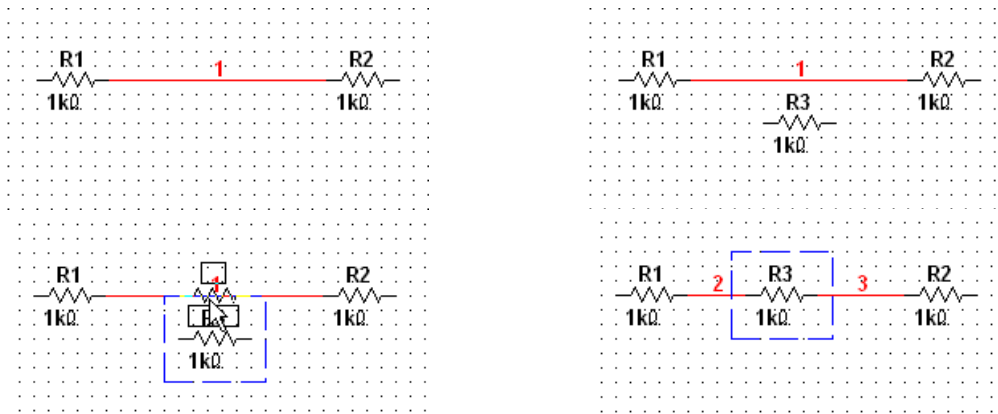


Рисунок 28

Для проведения любого моделирования необходимо подключить заземление в схеме. В Multisim предусмотрено заземление двух типов – аналоговое (обычное) и цифровое заземление. По умолчанию имя земляного узла определено для аналоговой земли и как (GND) и для цифровой – как 0.



Оба символа находятся в базе Master Database в группе **Power Source**

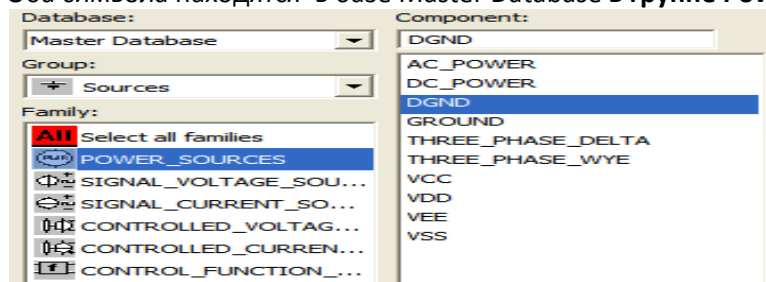


Рисунок 29

Цифровое заземление используется для создания земли в цифровых схемах. Причем установив цифровое заземление не обязательно подсоединять его напрямую к какому-либо компоненту – это будет сделано автоматически для всей схемы. В схеме может быть несколько компонент узлов земля, но все они будут абсолютно одинаковы для схемы.

Нумерация узлов в программе производится автоматически при вводе компонент схемы, но, по умолчанию, имена и обозначения узлов не показываются. Для отображения узлов необходимо определить в окне Sheet Properties (через пункт меню Options) в поле Net Names выбрать Show All: В этом случае все имена узлов в схеме будут видны:

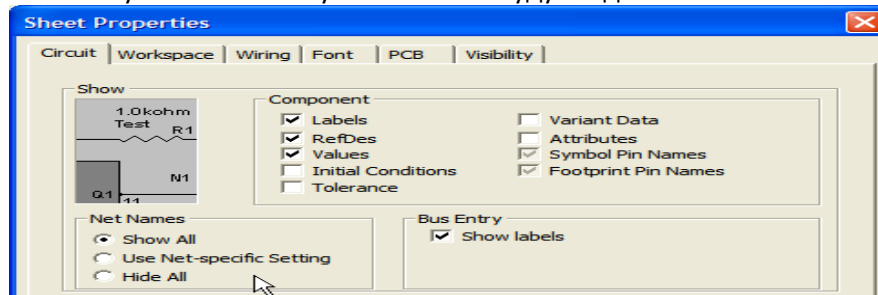


Рисунок 30

Введенная схема может иметь штамп, который содержит информацию об авторе, назначении схемы и многое другое. Располагается штамп в правом нижнем углу рисунка схемы. Для упрощения работы с программой в Multisim имеются заготовки-шаблоны штампов. Они хранятся в файлах с расширением *.tb7. Если при инсталляции программы использовались установки по

умолчанию, то эти файлы можно найти в папке C:\Program Files\National Instruments\Circuit Design Suite 10.0\titleblocks\:

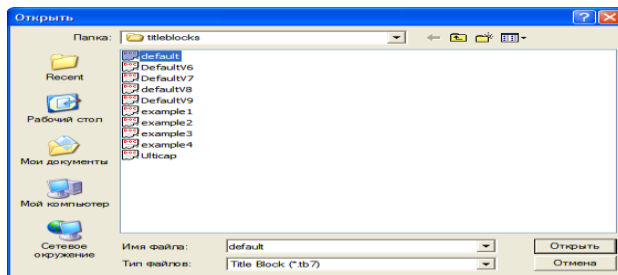
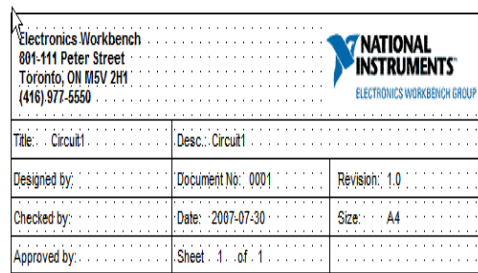


Рисунок 31



После выбора файла заготовки шаблона он будет помещен на поле рисунка схемы. Двойной щелчок ЛКМ по штампу вызовет диалоговое окно, где в полях можно разместить всю необходимую информацию, как о схеме, так и об авторе:

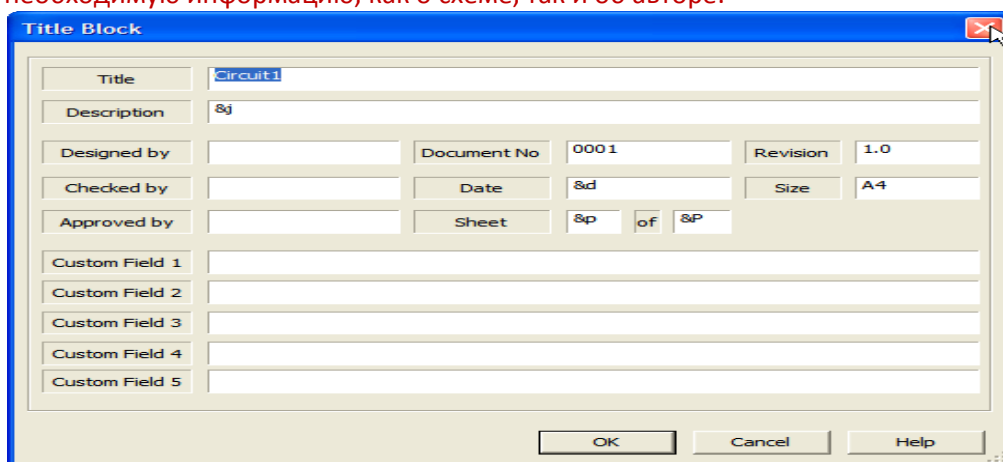


Рисунок 32

Необходимо только отметить, что поля Custom Field 1- Custom Field 5 в штампе отсутствуют. Содержание этих полей предназначены для документации на схему, и в шаблоне их увидеть нельзя.

Пример ввода схемы:

Построим схему для моделирования работы лабораторного стенда при исследовании вольтамперных характеристик диода:

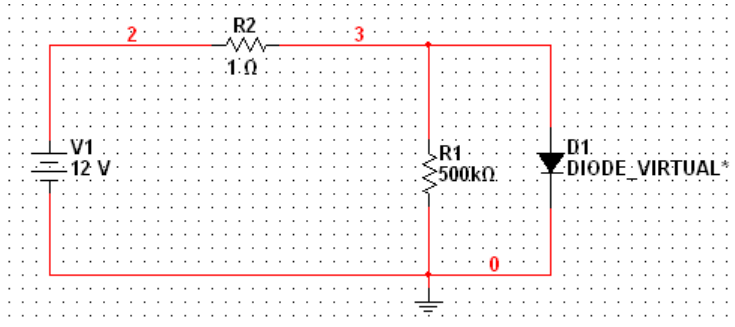


Рисунок 33

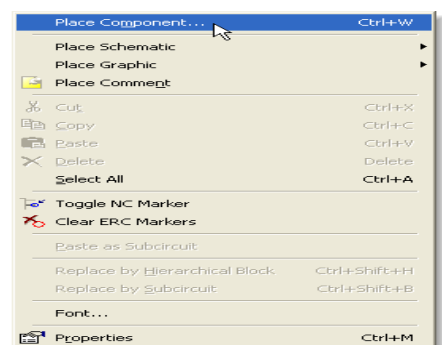


Рисунок 34

В окне программы выбирается местоположение элементов схемы и производится вызов контекстного меню для установки компонент за счет щелчка **правой кнопки мыши** (ПКМ). Вызвать окно выбора компонент можно и «горячими» клавишами (CTRL+W) и через панели инструментов.

В появившемся окне выбора компонент выбирается требуемый элемент из соответствующей базы данных (резистор, соответствующему измерителю тока, с величиной сопротивления равной 1 Ом) и **нажимается экранная кнопка ОК**. Например, можно выбрать виртуальный резистор **Rated Resistor**, резистор которому, кроме обычных параметров можно назначить предельно допустимую мощность – мощность, при превышении которой этот элемент выйдет из строя, «сгорит». Если после установки на схеме этот резистор имеет сопротивление, определенное программой и не устраивающее пользователя, то виртуальному резистору можно назначить новое значение (дважды щелкают по резистору ЛКМ и в окне свойств резистора и на закладке Value устанавливается новое (можно произвольное, не «в сетке») значение).

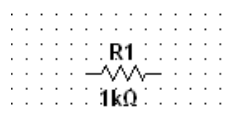
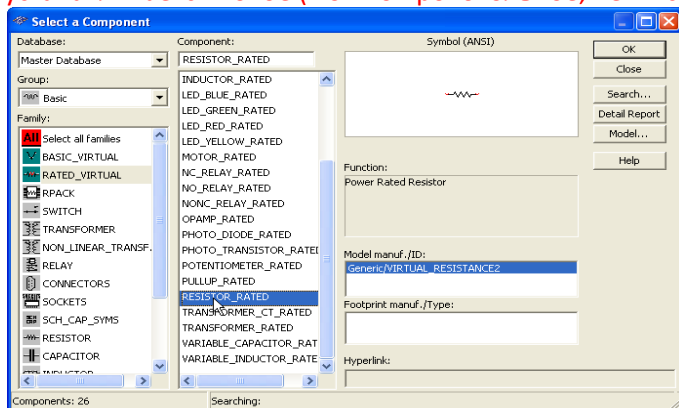


Рисунок 35

Если резистор устанавливается «фабричный», то свободы действий при изменении сопротивления не будет. В этом случае можно, лишь удалить старый резистор, и поставить новый, выбрав сопротивление в соответствии с разрешенным рядом значений, «по сетке».

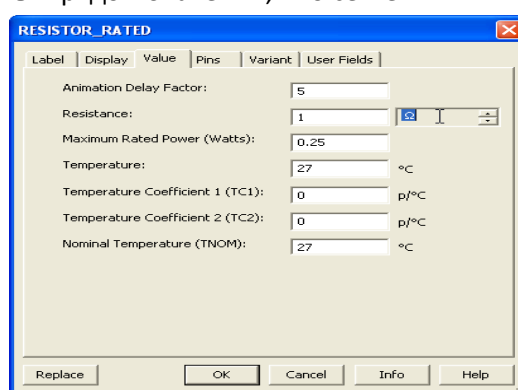
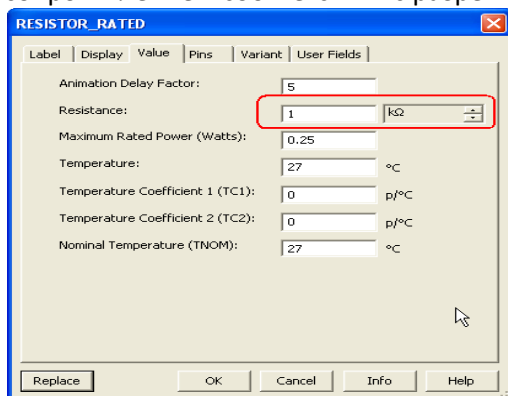


Рисунок 36

Аналогично устанавливается второй резистор соответствующий измерителю напряжения, вольтметру (величина этого сопротивления определена как 500 кОм) и источник питания схемы. Источник питания выбирается из базы данных Master Database, как источник DC_POWER:

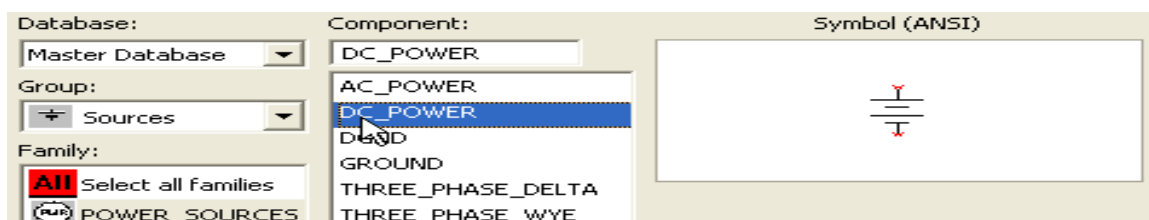


Рисунок 37

Установка диода в схему проводится предыдущим элементам.

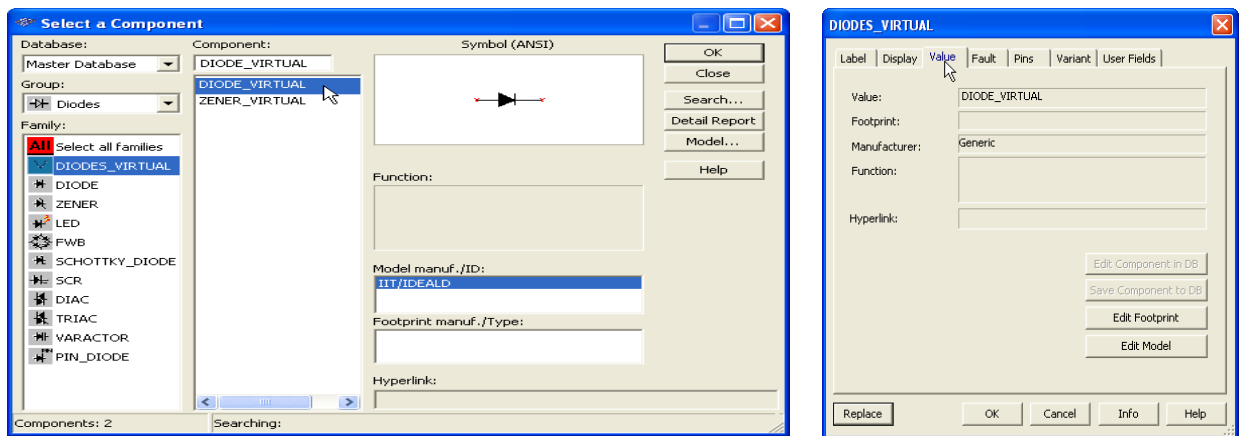



Рисунок 38

Параметры для виртуального диода, его модели диода можно увидеть и можно переопределить (это возможно лишь для виртуального диода!!!) после нажатия экранной кнопки . Окно редактора параметров модели выглядит так:

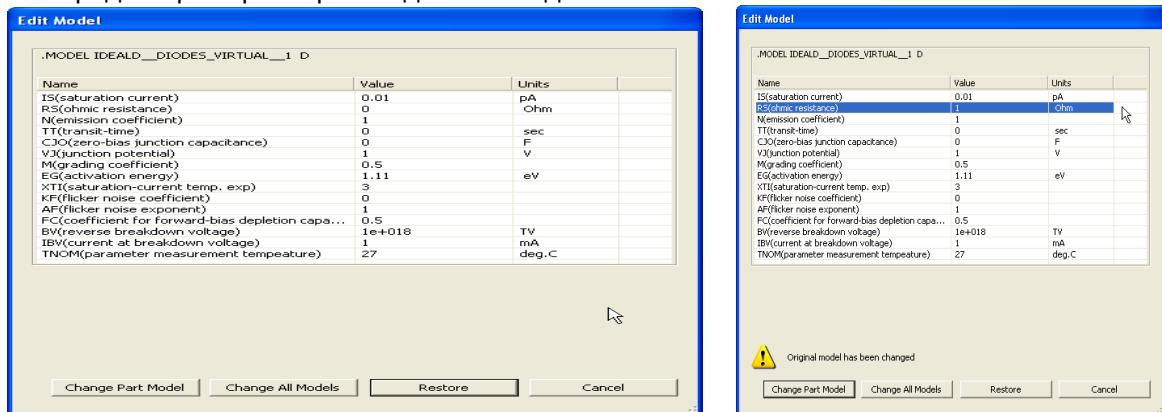



Рисунок 39

Для редактирования конкретного параметра модели необходимо дважды щелкнуть ЛКМ в поле параметра и ввести его новое значение. После изменения параметра модели в нижнем левом углу окна редактора появилось предупреждение об изменении значения параметра модели. Для закрепления изменений необходимо нажать экранную кнопку .

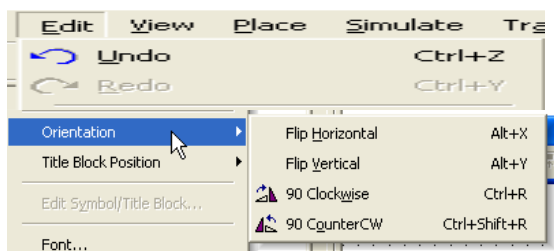


Рисунок 40

CTRL-R — повернуть компонент на 90 градусов по часовой стрелке.

CTRL-SHIFT-R — повернуть компонент на 90 градусов против часовой стрелке.

ALT-X — повернуть компонент по горизонтали.

ALT-Y — повернуть компонент по вертикали

Подготовленную к моделированию схему можно несколько усовершенствовать для более удобной работы с ней. Так же, как и уздам схемы, можно дать имена резисторам, которые будут более наглядно отражать их свойства. Так резистор R1 — резистор отображающий миллиамперметр, можно назвать RmA, а резистор R2 — отображающий милливольтметр можно назвать RmV. Для задания имен этих резисторов необходимо вызвать окно свойств каждого из резисторов (двойной щелчок ЛКМ по компоненту) и на закладке Label свойств в поле RefDes (RefDes = Reference Designato) задать его.

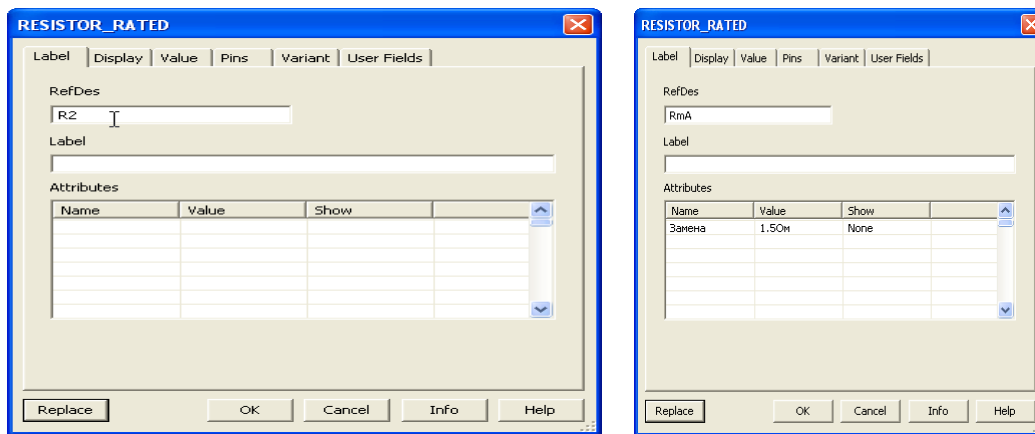


Рисунок 41

Имя компонента может состоять из букв и цифр, но не должно содержать других символов. Кроме этого, для сохранения преемственности с другими программами схемотехнического анализа и имя должно сохранить первую букву R для резистора, С для емкости и так далее. Изменение имени компонента, метки компонента возможно за счет введения в поле Label и/или Справочной информации (RefDes = Reference Designato) нового значения. Но значение RefDes должно быть для компонента уникальным. Если значение RefDes будет равно RefDes другого компонента, то программа выдаст сообщение об ошибке и заставит изменить это значение. В группе Attributes можно указать признаки, комментарии, позволяющие уточнить детали изменения компонента. Здесь можно записать комментарии к изменению, например, «уточнение значения резистора для заказчика» и так далее. В поле Show для Attributes можно указать режим отображения составляющих группы

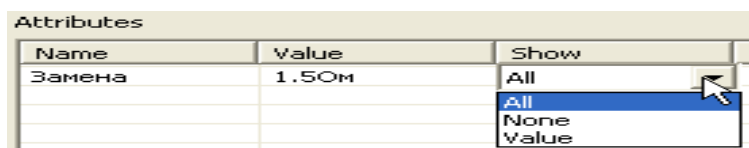




Рисунок 42

Для сохранения изменения нажать экранную кнопку , а для отказа от изменения - . Вид измененной схемы будет таким, как представлено на рисунке ниже.

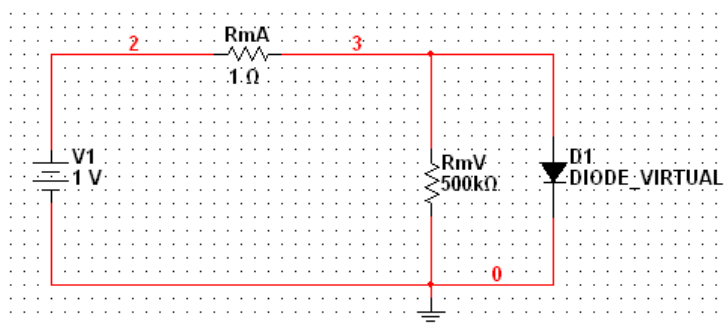


Рисунок 43

Примечание: Рекомендуется после этого сохранить схему на диске в виде файла с расширением *.ms9 (для программы Multisim 9) или *.ms10 (для программы Multisim 10)

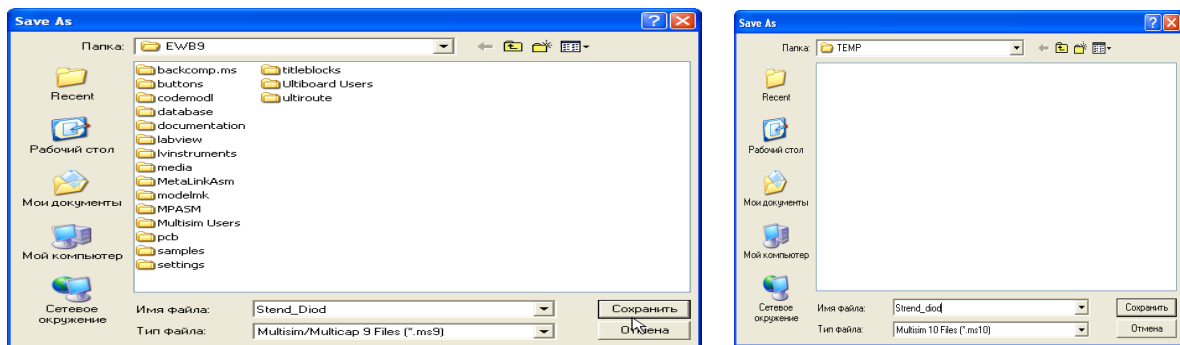
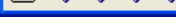


Рисунок 44

Для удобства работы со схемой можно использовать возможности масштабирования схемы. Оно



осуществляется как с использованием панели , так и за счет клавиш F8 (увеличение масштаба), так F7 (уменьшение масштаба). Дополнительные возможности дает и колесико мыши (если оно есть), режим работы для него устанавливается в меню Option/Global preference... на закладке General.

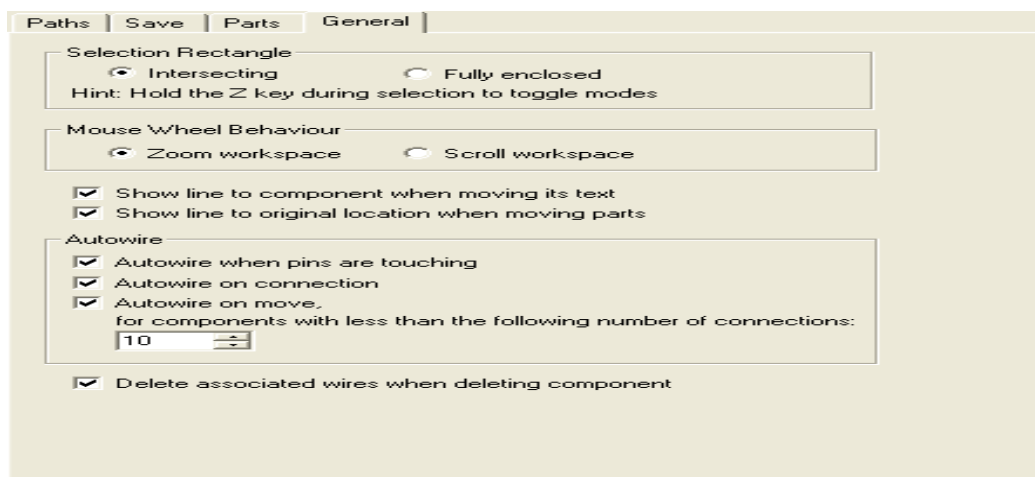



Рисунок 45

Для введения комментариев служит контекстное меню с пунктом **Place Comment**. После выбора этого пункта контекстного меню курсор мыши превратится в черную точку с перекрестием . Щелчок ЛКМ позволит установить комментарий на схеме. Первоначально в рамке комментария обозначается только имя пользователя и дата введения данных. Но за счет двойного щелчка ЛКМ можно открыть окно свойств комментария и ввести текст, определить шрифт и фон, границы и другие атрибуты введенного комментария.

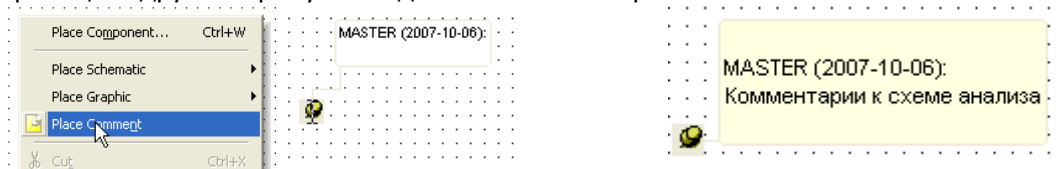


Рисунок 46

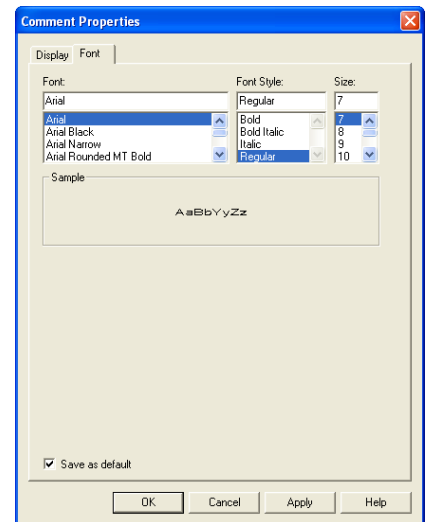
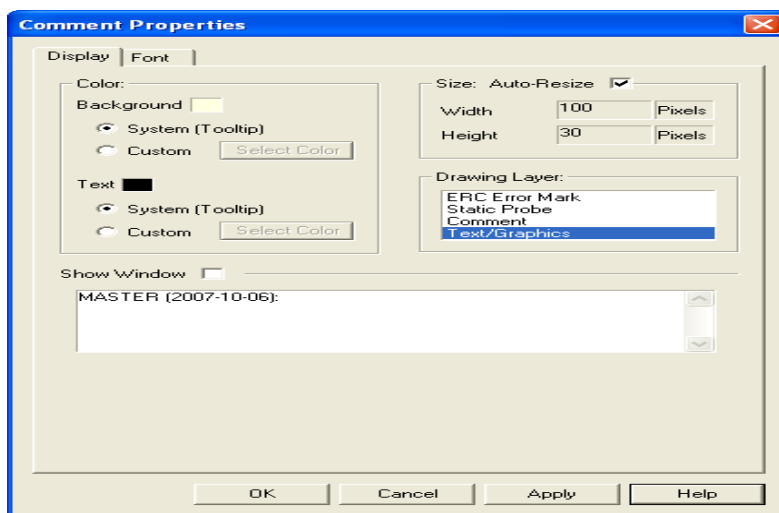


Рисунок 47

Дополнительное введение пояснительного текста - меню Tools/Description Box Editor:

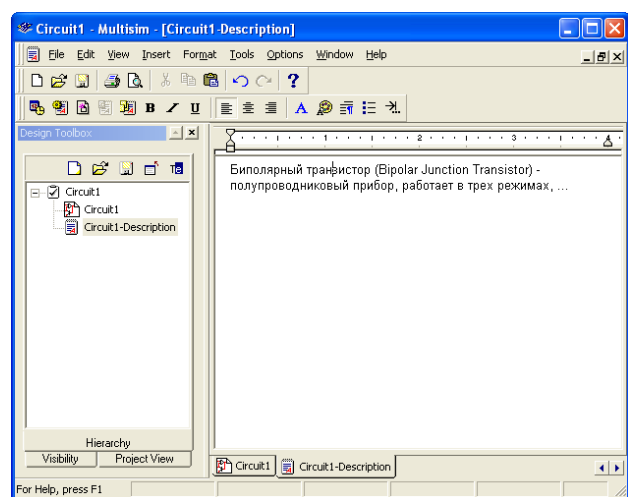
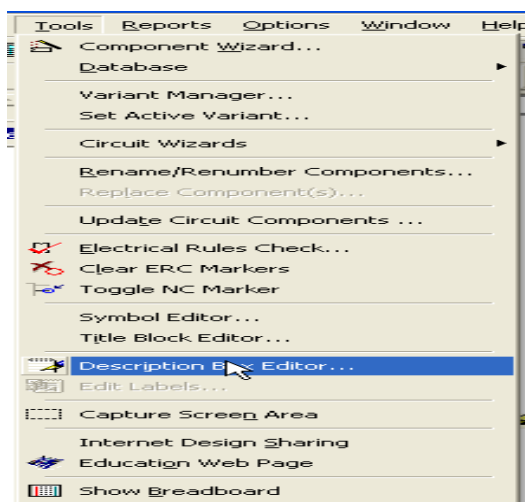


Рисунок 48

После ввода схемы можно провести контроль электрических соединений (пункт меню Electrical Rules Checking). **Правила проверки** определяются в окне свойств проверки электрических соединений на закладке ERC (Electrical Rules Checking) Option. Проверку можно провести как для всей схемы, так и для некоторой ее части. Более тонкая настройка проверки схемы - установка уровня отображаемых ошибок и предупреждений возможна с использованием возможности закладки ERC Rules.

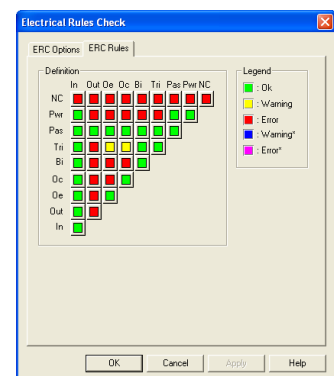
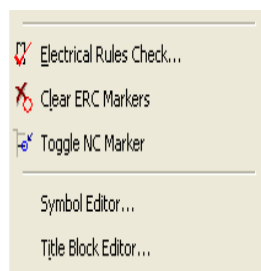
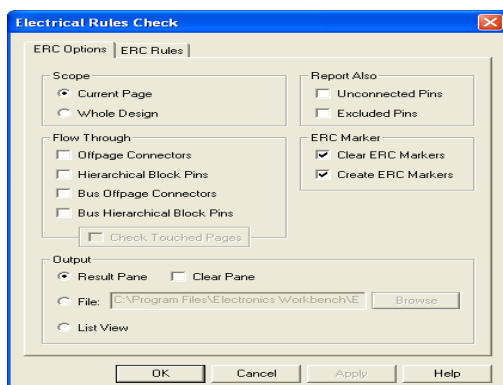


Рисунок 49

Результаты проверки сообщаются в нижней части окна программы. Двойной щелчок ЛКМ по строке с сообщением об ошибке вызовет показ места ошибки на схеме, как показано на рисунке ниже:

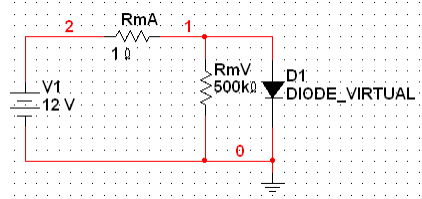


Схема без ошибок
Рисунок 50

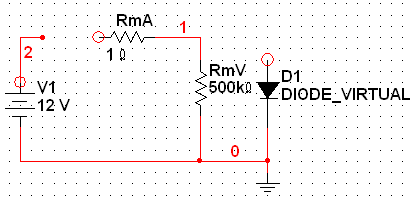
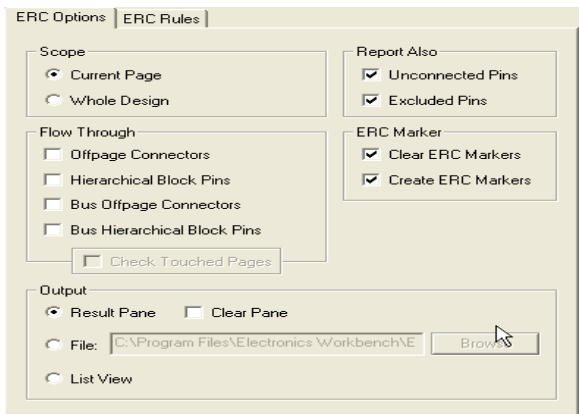
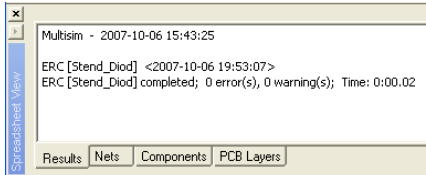


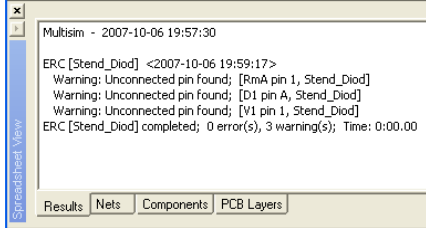
Схема с ошибками



Опции электрической проверки



Сообщения для схемы без ошибок



Сообщения для схемы с ошибками

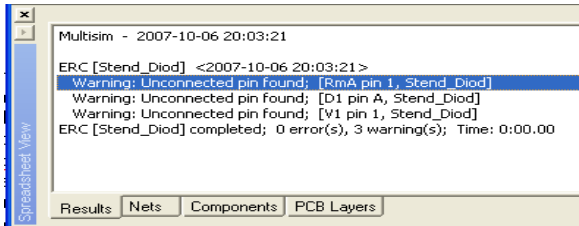


Рисунок 51

В блоке Область проверки (Scope), выбран режим проверки только на текущей странице схемы (Current Page — выполнит ERC проверку на текущей странице), а вывод результатов в блоке Вывода (Output) определен в закладку Result окна программы. Если в окне свойств, в блоке Вывода (Output), выбрать вывод результатов в окно List View то в этом случае результаты проверки будут выведены в отдельное окно ERC Report.

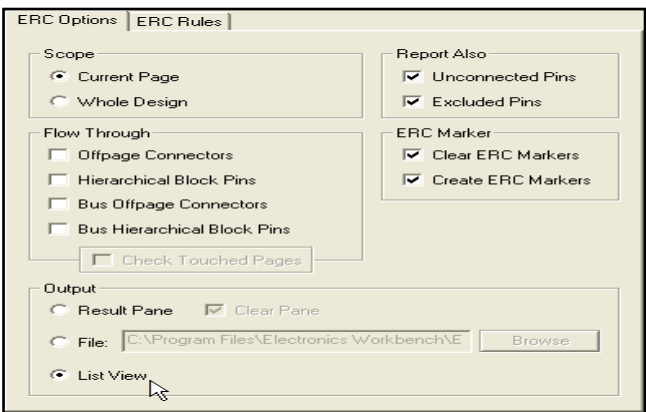


Рисунок 52

	First pin	First page	Second pin	Second page	Error/Warning
1	D1 pin A	Stend_Diod			Warning: Unconnected pin found
2	RmA pin 1	Stend_Diod			Warning: Unconnected pin found
3	V1 pin 1	Stend_Diod			Warning: Unconnected pin found



Программа Multisim оптимизирована для моделирования аналоговых и цифровых схем, а также схем смешанных. Вычислительное ядро Multisim использует методы SPICE3F5 и XSPICE (стандарты принятые промышленностью), что делает работу с программой достаточно комфортной, а результаты моделирование - точными. Сам анализ работы может быть проведен либо за счет введения в схему измерительных приборов, которые и определяют вид анализа, либо за счет использования назначаемых методов анализа и дальнейшей обработки (постобработки) полученных результатов.

Исследование с помощью измерительных приборов

Тип измерительных приборов, включенных в схему, будет определять и вид анализа – по постоянному току, по переменному току, во временной или частотной области и так далее. В программе Multisim измерительные приборы сгруппированы в шесть категорий:

1. Инструменты для частотного анализа (AC) и анализа по постоянному току (DC):

Function Generator

Multimeter

2-Channel Oscilloscope

4- Channel Oscilloscope

Wattmeter

IV Analyzer

Frequency Counter

Bode Plotter

Distortion Analyzer

2. Инструменты для анализа цифровых схем

Logic Analyzer

Logic Converter

Word Generator

3. Инструменты для специального анализа RF

Spectrum Analyzer

Network Analyzer

4. Инструменты, моделирующие приборы фирм производителей измерительных приборов

Agilent Waveform Generator Type: 33120A

Agilent DMM Type: 34401A

Agilent Oscilloscope Type: 54622D

Tektronix Oscilloscope Type: TDS 2024

5. Измерительные пробники

Dynamic Probe

Referenced Probe

Current Probe

6. Инструменты, интегрированные с программой NI LabVIEW

LabVIEW Microphone

LabVIEW Speaker

LabVIEW Signal Analyzer

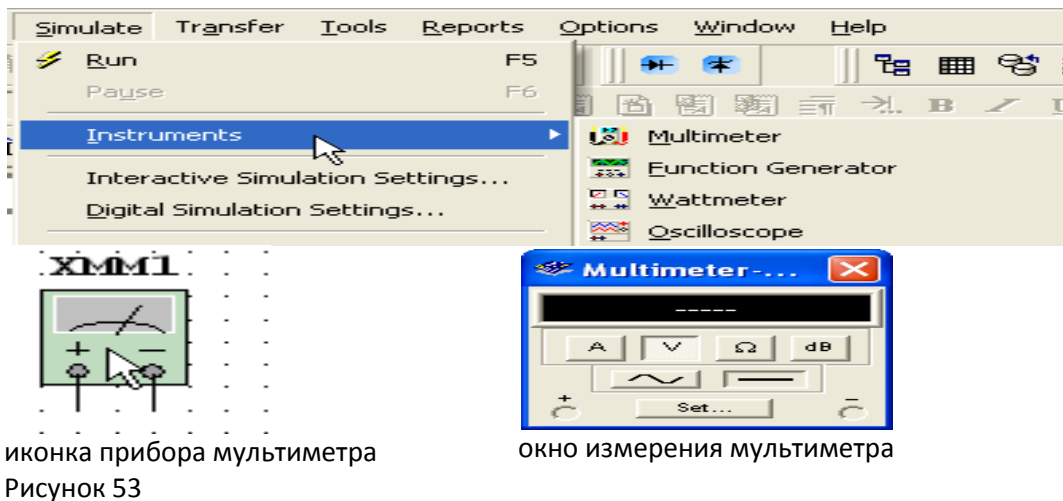
LabVIEW Signal Generator

Можно создать и свои собственные, заказные приборы, используя графическую среду программы LabVIEW.

Виртуальные приборы имеют два вида представления на схеме: иконку, которую можно разместить на схеме и, и инструментальное окно, где можно управлять прибором и считывать его показания.

Переключаться из одного вида в другой можно за счет щелчков по иконке, размещенной на схеме. Инструментальное окно всегда будет на переднем плане, его можно перемещать в окне программы Multisim во время анализа.

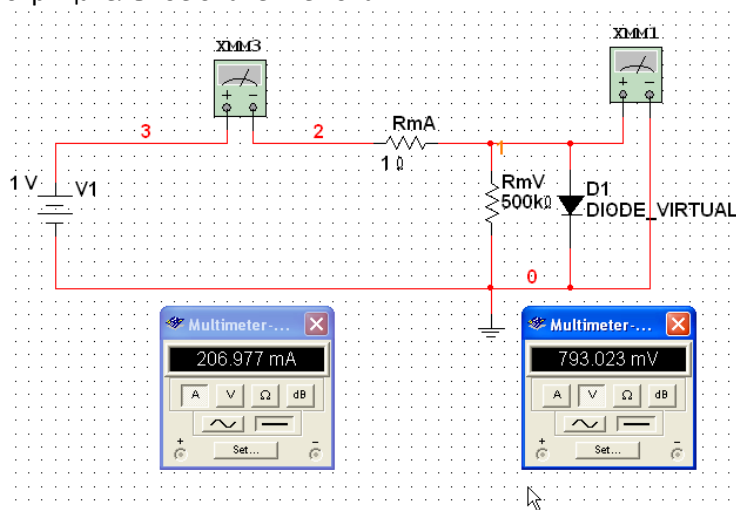
Иконка прибора содержит выводы, которыми этот прибор подключается к схеме. Соединение прибора со схемой происходит так же, как и соединение любого компонента. Выбрать и поместить прибор на схеме можно с использованием меню Simulate/Instruments / (необходимый прибор из набора приборов программы).



иконка прибора мультиметра
Рисунок 53

окно измерения мультиметра

На рисунке представлены способ вызова инструмента из меню, иконка прибора мультиметра XMM1 и лицевая панель, окно измерения прибора. Подключение прибора в схему, как уже отмечалось, ничем не отличается от подключения любого компонента. На иконке прибора мультиметра отмечены выводы плюс и минус. Подключение в схему прибора так, чтобы ток втекал в вывод плюс, даст положительные значения тока, а подключение «наоборот» – отрицательное значение тока.



включение приборов мультиметров в схему
Рисунок 54

С помощью мультиметра можно измерять ток, напряжение, сопротивление – в полной аналогии с реальным физическим прибором у которого на лицевой панели тоже есть такие же переключатели. Передняя панель мультиметра, она открывается, если щелкнуть по иконке прибора дважды ЛКМ, содержит еще один переключатель – режим измерения напряжения в децибелах. Здесь же можно выбрать и режим измерения по постоянному и переменному току.

Экранная кнопка на панели мультиметра **Set...** позволяет отобразить параметры мультиметра, как прибора, в отдельном окне.

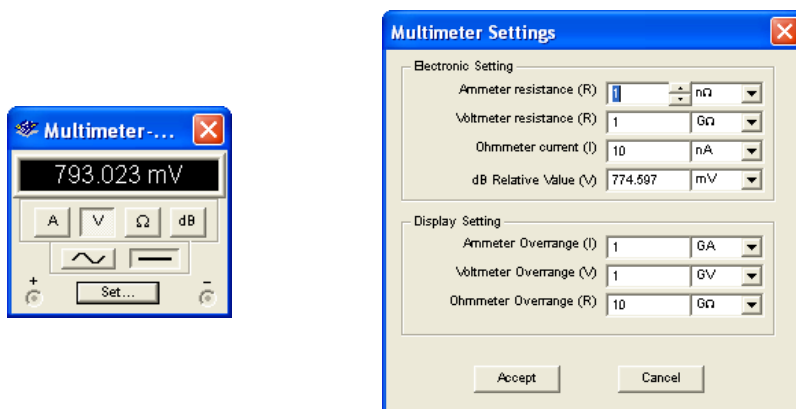


Рисунок 55

В окне свойств прибора можно видеть: в группе Electronic Setting то, что он имеет внутреннее сопротивление равно 1 нОм, если он измеряет электрический ток, имеет внутреннее сопротивление 1 ГОм, если измеряет напряжение и для измерения сопротивления прибор формирует ток 10нА через подключенный элемент схемы, который затем используется для вычисления сопротивления. В группе Display Setting – значения, определяющие условия индикации ошибки при измерении. Так если, например, напряжение превысит значение Voltmeter Over range, то программой будет выдано сообщение об ошибке.

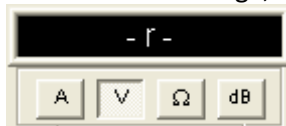


Рисунок 56

Измерение, моделирование работы схемы, начнется тогда, когда пользователь воспользуется либо кнопкой запуска моделирования на **панели инструментов Main**, либо включит кнопку запуска процесса моделирования на панели Simulation, либо воспользуется пунктами меню Simulate/Run, либо использует горячие клавиши F5. Остановка процесса моделирования произойдет при вторичном нажатии на эти клавиши или пункты меню. Прервать решение, сделать паузу, можно используя возможности панели Simulation (нажать на экранную кнопку пауза), либо использовать горячую клавишу F6.

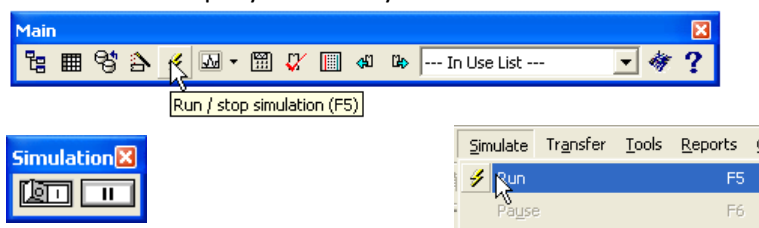
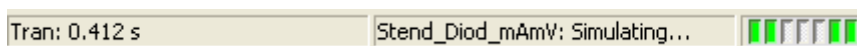


Рисунок 57

После включения процесса моделирования, через несколько секунд, время определится в соответствии с ресурсами компьютера, на экранах мультиметров появятся значения тока и напряжения. Признаком работы программы в режиме моделирования является индикация в статусной строке (внизу, справа) окна программы времени моделирования и название задачи. После этого процесс моделирования можно остановить, вторично нажав клавишу F5, или же пункт меню Run.



статусная строка, индикатор процесса моделирования

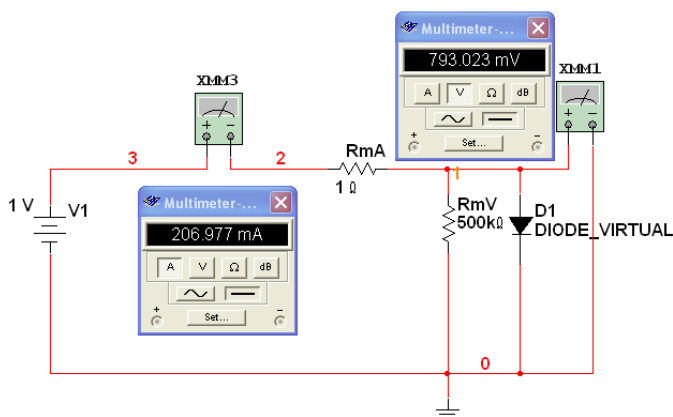
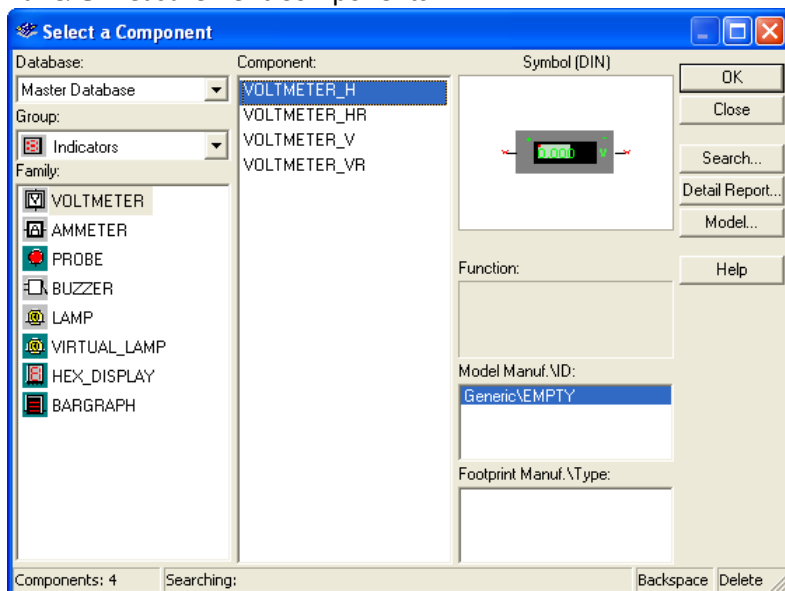


Рисунок 58

Другие измерители-индикаторы можно найти на панели Measurement Components или в окне (при выборе режима установки компонент) Select a Components



Панель Measurement Components



Окно Select a Components

Рисунок 59

Все индикаторы имеют, аналогично прибору мультиметру, узлы подключения к схеме, плюс и минус. Двойным щелчком ЛКМ можно открыть окно свойств прибора, где можно увидеть и изменить его параметры (закладка Value). Это окно позволяет посмотреть и изменить параметр - режим измерения (по постоянному или переменному току – Mode DC, Mode AC), и параметр – последовательное или параллельное подсоединенное сопротивление (Resistance R). Еще раз напомним, что все реальные измерители тока и напряжения (с точки зрения схемотехники) имеют конечно сопротивление, для измерителей тока оно маленькое, для измерителей напряжения оно очень большое. Эти значения можно найти в паспортных данных на измерительный прибор, либо получить их в процессе эксперимента. Внешний вид прибора установленного в схему не меняется и показания прибора сразу видны на его передней панели, которая является одновременно и иконкой прибора.

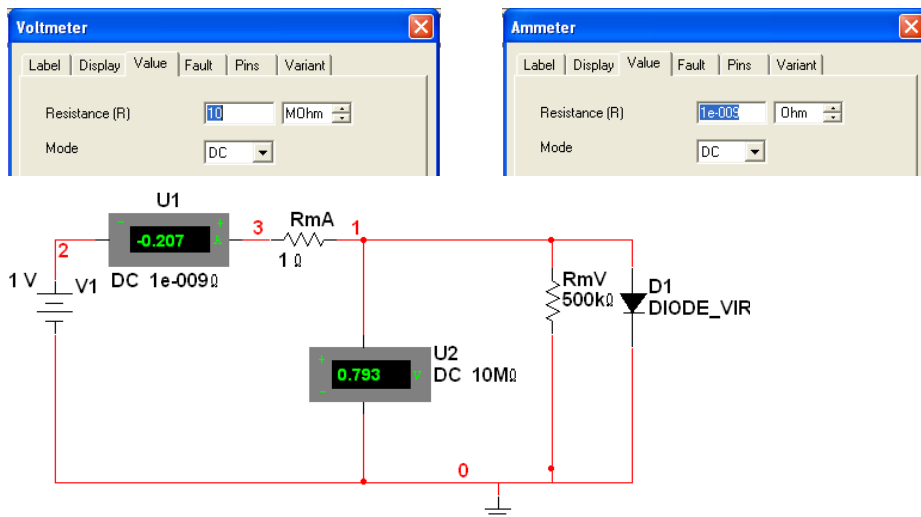


Рисунок 60

Цифровые схемы тоже не остались без простых измерительных приборов. Пример тому расположенный на панели Measurement Components цифровые индикаторы-пробники. В качестве параметров этих приборов устанавливается порог срабатывания по напряжению. Пример работы с этими устройствами показан ниже на рисунке. Пробник указывает на наличие высокого или низкого уровня напряжения. При превышении или равенстве этого напряжения значению порогового (Threshold Voltage) индикатор меняет свою окраску от черно-белого до цветного в соответствии с названием (например - Place Red Probe). Значение порога может быть показано непосредственно на схеме рядом с прибором.



Рисунок 61

С помощью измерительных приборов можно получать не только значения тока и напряжения в статическом режиме, но и организовывать получение графических зависимостей, например ВАХ приборов. Для получения ВАХ полупроводниковых диодов и транзисторов используют IV-плоттер программы Multisim, который может быть вызван либо из пунктов меню Simulate/Instruments/IV Analyzer, либо через панель инструментов Instruments.

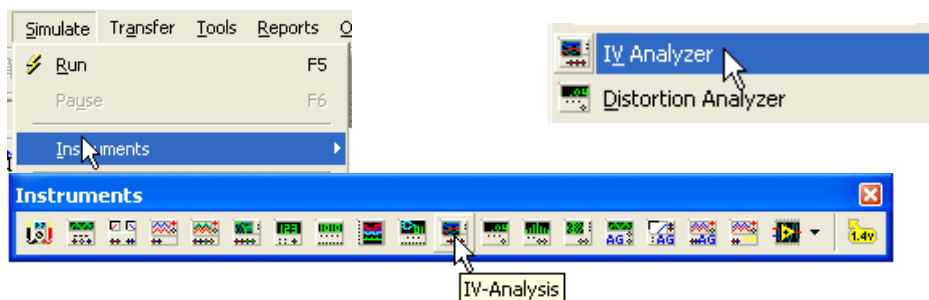
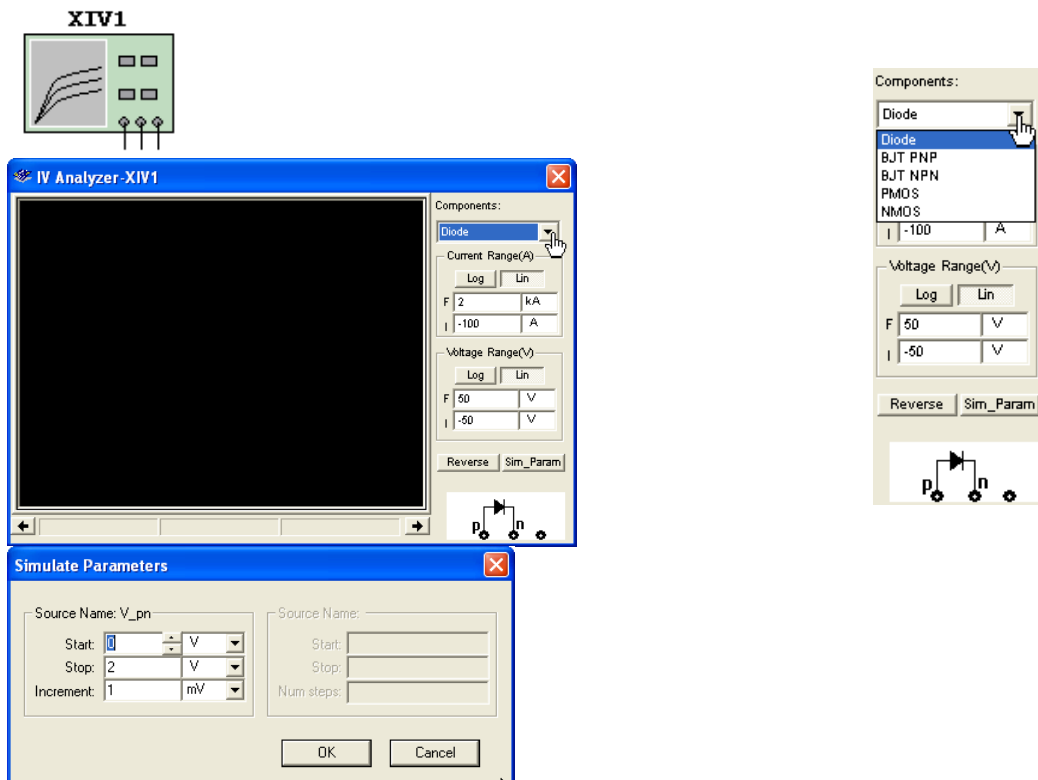


Рисунок 62



окно параметров моделирования
Рисунок 63

После двойного щелчка по иконке прибора открывается окно свойств анализатора ВАХ. С его помощью можно получить ВАХ диода, биполярного и полевых транзисторов. Для каждого случая выбора его названия в выпадающем списке Components, в блоке Current Range (пределы анализа тока) указывается значение диапазона тока (начало - I и конец диапазона - F), а в блоке Voltage Range (пределы анализа по напряжению) указывается значение диапазона напряжения (начало - I и конец диапазона - F).

В правом нижнем углу окна свойств анализатора ВАХ указана схема включения полупроводникового прибора. Экранная кнопка **Reverse** предназначена для инвертирования цвета экрана построителя ВАХ, а экранная кнопка **Sim_Param** - параметра моделирования, на рисунке показано, что начало изменения напряжения назначено как 0, а окончание 2 Вольт. Шаг по напряжению определен 1 мВ. Начало моделирования определяется нажатием клавиши F5. После появления кривой ВАХ на экране повторное нажатие на эту клавишу остановит процесс моделирования, а на экране окна IV Analyzer будет показана ВАХ диода.

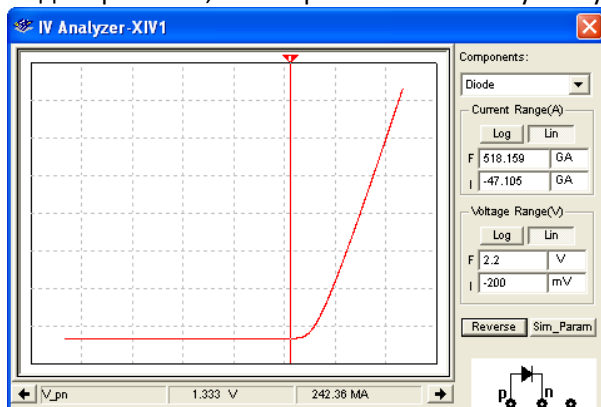




Рисунок 64

Для обработки результатов расчета в цифровом виде, в окне IV Analyzer имеется курсор графика. Подведя курсор мышки к красному треугольнику наверху окна, и нажав ЛКМ, можно перемещать

курсор графика (вертикальную линию) по кривой. Информация о координатах курсора будет индигироваться в нижней части экрана, в статусной строке. Тот же результат можно получить, нажимая ЛКМ на экранные кнопки  и  статусной строки экрана IV Analyzer, можно перемещать курсор. Все это позволяет проводить элементарные измерения и оценку ВАХ электронного прибора:

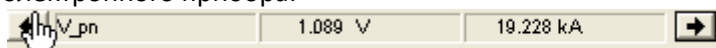
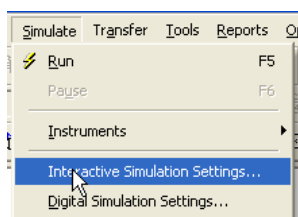
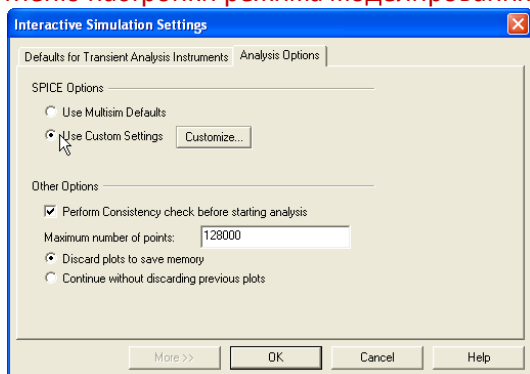


Рисунок 65

В исследовании, при моделировании схемы можно задать и температуру, отличную от той, что задано по умолчанию Multisim +300.15K°. Вообще говоря, делать это не рекомендуется (в упрощенной версии программы (*Simplified version*), эти изменения температуры невозможны), но для представления гибкости работы с программой можно. Смоделировать работу схемы при другой температуре допустимо с использованием пунктов меню Simulate-Interactive Simulation Setting...




Меню настройки режима моделирования

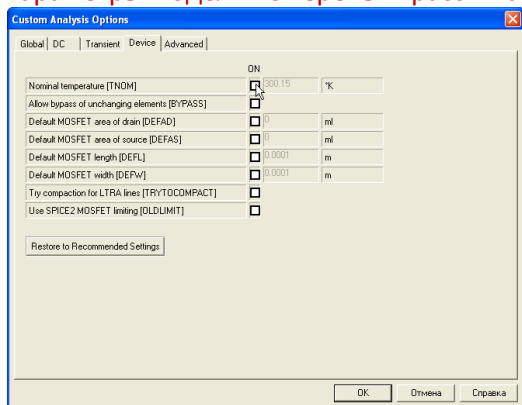


Доступ к настройке условий моделирования (SPICE Option)

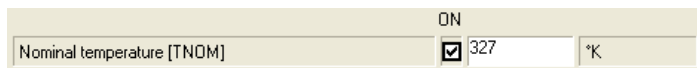
Рисунок 66

В появившемся окне необходимо перейти на закладку Analysis Option. Здесь следует отказаться от использования опций анализа Multisim по умолчанию и выбрать вариант Use Custom Setting.

После нажатия экранной кнопки  можно получить доступ к изменению. Чтобы изменить настройку надо поставить флажок против поля Nominal temperature (температуры, при которой параметры модели измерены и рассчитаны.)



окно свойств опций анализа



установка нового значения температуры
Рисунок 67

После проведения анализа можно вернуть температуру в прежнее состояние, просто нажав на экранную кнопку Restore to Recommended Settings.

Построение выходных характеристик биполярного транзистора с использованием прибора IV Analyzer чуть сложнее, поскольку строится семейство характеристик. Для построения семейства характеристик в окне параметров моделирования настраивается второй источник – источник тока I_b так, как показано на рисунке. Схема и результаты моделирования показаны там же.

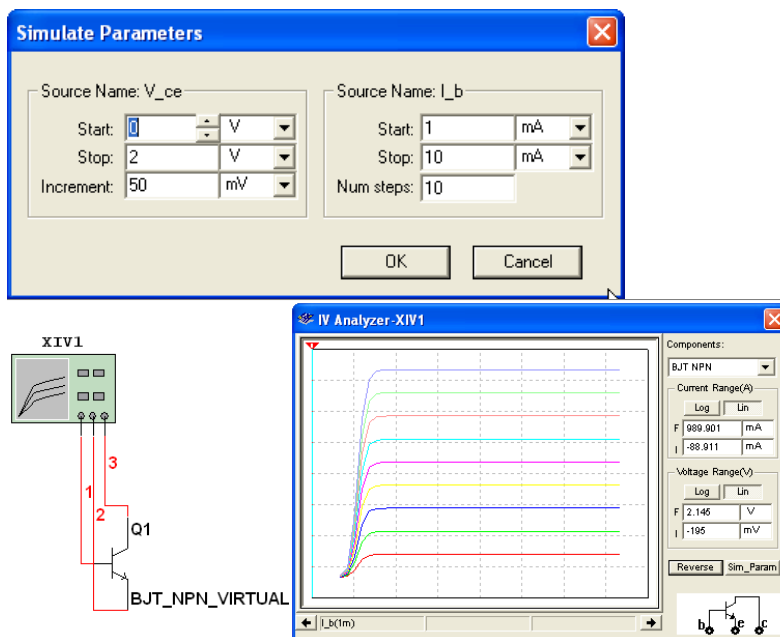
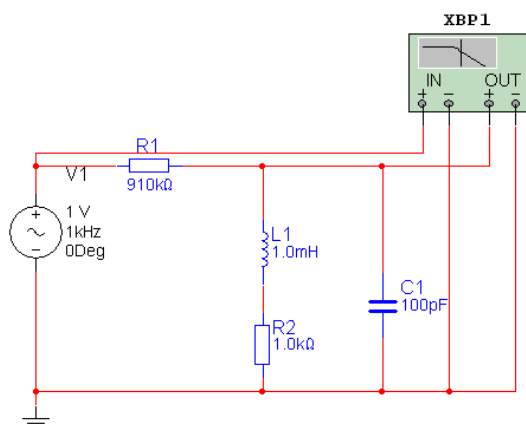


Рисунок 68

График Боде

Графики Боде позволяют увидеть зависимость модуля коэффициента передачи и фазы от частоты сигнала. Как пример рассмотрим схему параллельного колебательного контура.



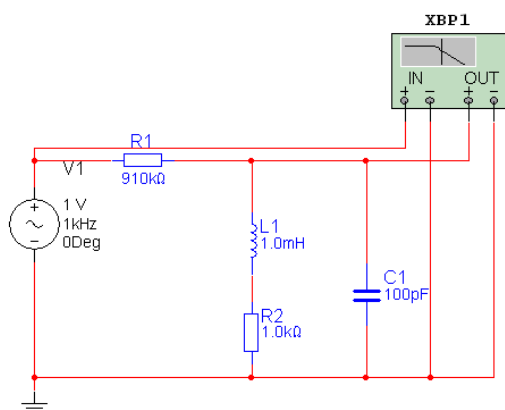


Рисунок 69

В качестве источника сигнала в Multisim можно использовать два источника напряжения – источник напряжения переменного тока (AC Power Voltage Source) и источник сигнала переменного тока (AC Signal Voltage Source). Главным отличием (но не принципиальным) является вид диалогового окна для этих генераторов-

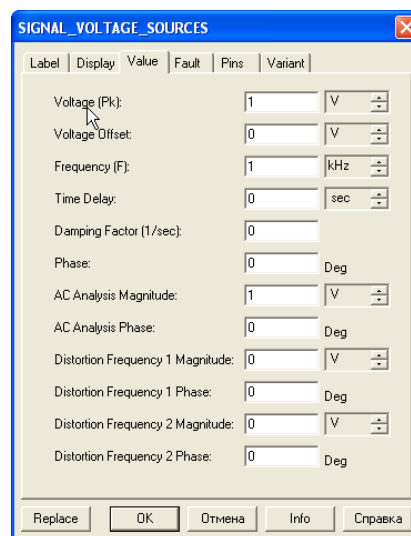
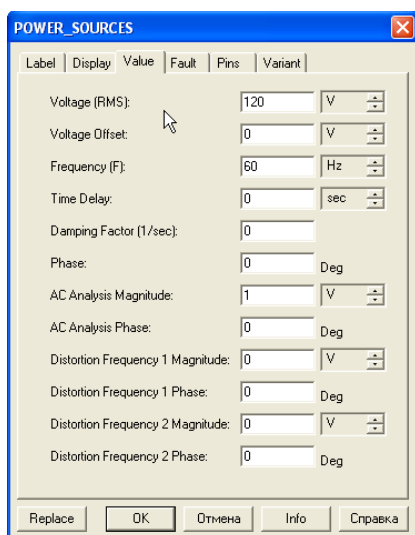
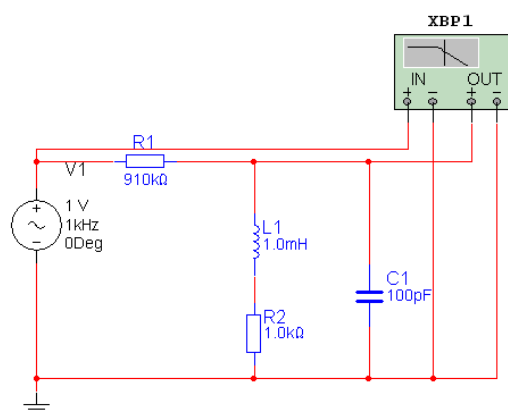


Рисунок 70

Для источника напряжения указывается– действующее напряжение (RMS), а для источника сигнала максимальное значения напряжения или его амплитуда (Pk). В рассматриваемой схеме используется источник сигнала.

С помощью встроенного инструмента можно быстро получить решение, для этого Бode плоттер подключается в схему в соответствии с рисунком и с его помощью устанавливаются пределы анализа. Для установки пределов анализа необходимо дважды щелкнуть ЛКМ по иконке прибора – в результате появится окно свойств:

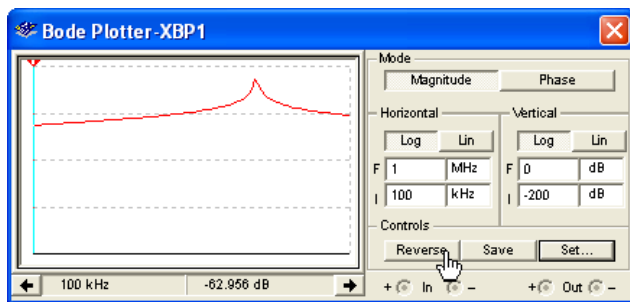


Рисунок 71

В этом окне можно установить начальное значение частоты (поле F) и конечное значение частоты анализа (поле I). Кроме этого здесь можно определить масштабы по оси Y и оси X (равномерный, линейный или логарифмический), можно изменить фон графика на инверсный. Можно определить число точек расчета на декаду после нажатия на экранную кнопку **Set...** в окне диалога. Тут же обеспечивается сохранность полученных результатов в формате файла *.bod или *.tdm.

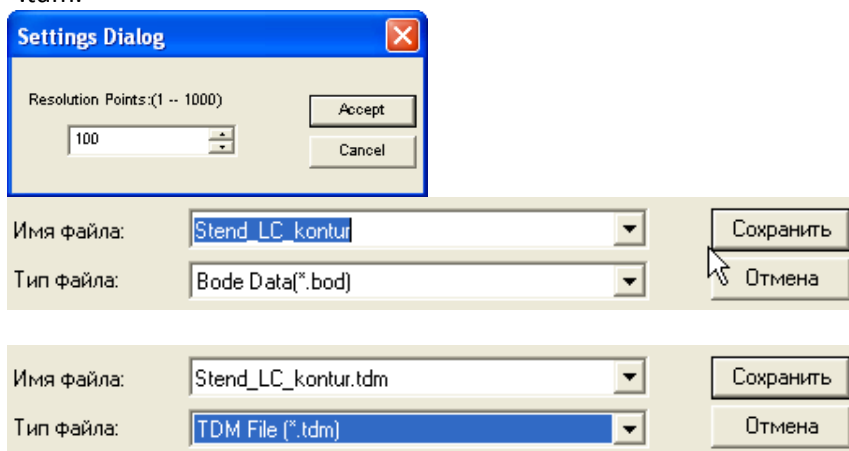
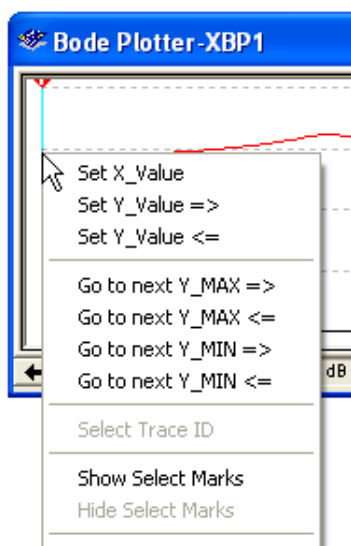


Рисунок 72

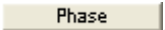
Получение решения, моделирование начнется когда пользователь воспользуется либо кнопкой запуска моделирования на панели инструментов Main, либо включит кнопку запуска процесса моделирования на панели Simulation, либо воспользуется пунктами меню Simulate/Run, либо использует горячие клавиши F5. Остановка процесса моделирования произойдет при вторичном нажатии на эти клавиши или пункты меню. Прервать решение, сделать паузу, можно используя возможности панели Simulation (нажать на экранную кнопку пауза), либо использовать горячую клавишу F6.

Полученное решение можно обработать с использованием курсора. Он, исходно, располагается в левой части экрана Бодэ плоттера и может передвигаться после нажатия на него ЛКМ. Кроме этого, после помещения на вертикальную линию курсора мышки и нажатия ПКМ, можно получить доступ к функциям управления курсором графика.



Set X_Value	установить курсор по оси X в заданное значение
Set Y_Value==>	установить курсор по оси Y в заданное значение, от текущего положения вправо
Set Y_Value<=	установить курсор по оси Y в заданное значение, от текущего положения влево
Go to Next Y_Max==>	установить курсор по оси Y в точку ближайшего максимума, вправо от положения курсора
Go to Next Y_Max<=	установить курсор по оси Y в точку ближайшего максимума, влево от положения курсора
Go to Next Y_Min==>	установить курсор по оси Y в точку ближайшего минимума, вправо от положения курсора
Go to Next Y_Min<=	установить курсор по оси Y в точку ближайшего минимума, влево от положения курсора

Рисунок 73

Кроме графика изменения модуля коэффициента передачи в экране окна свойств Бодэ плоттера можно получить и график фазы, изменяющейся от частоты. Это произойдет после нажатия на экранную кнопку .

Обработка данных с использованием Grapher и Postprocessor

После каждого сеанса моделирования, если решение содержит не одну точку, Multisim создает массив данных решения. Дополнительные модули (программы) Grapher и Postprocessor

предназначены для визуализации данных моделирования в графическом виде. Непосредственно после процесса решения Multisim формирует данные, которые возможно просмотреть в окне Grapher.

В рамках предыдущего решения (после того как решение получено) для вызова режима Grapher можно использовать кнопку на панели инструментов. На рисунке показан результат анализа ВАХ биполярного транзистора в окне IV Analyzer, и в окне Grapher после передачи в Grapher данных. Особенностью Grapher является то, что все данные, полученные в процессе решения, будут индексироваться на одном графике. Это бывает, иногда, не очень удобно – построение на одном графике и данных по токам ветвей в схеме и напряжения в узлах не будет информативным. О том, как выйти из этого положения будет сказано чуть дальше.

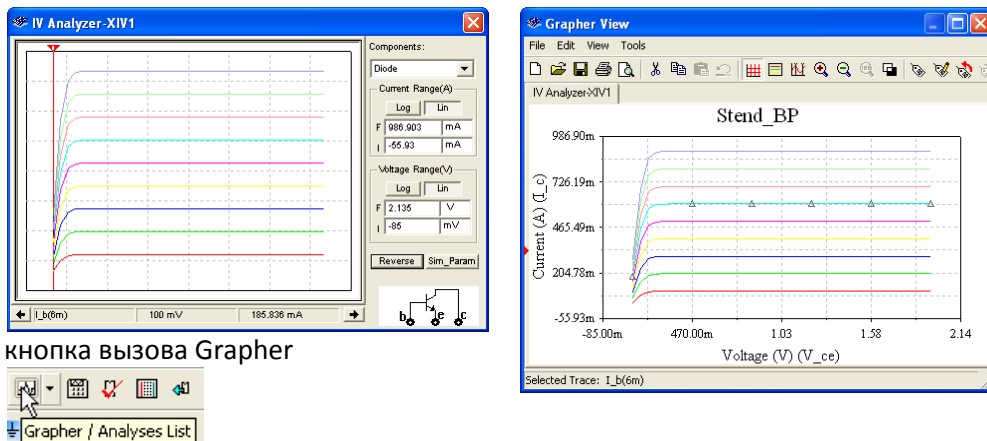


Рисунок 74

Исследование с помощью назначаемых методов, SPICE анализ

Вторым методом моделирования после простого метода включения в схему измерительных приборов, является моделирование (исследование поведения схемы) с использованием назначаемых вариантов анализа. Увидеть эти варианты можно через пункт меню Simulate-Analyses и содержит достаточно обширный список вариантов.

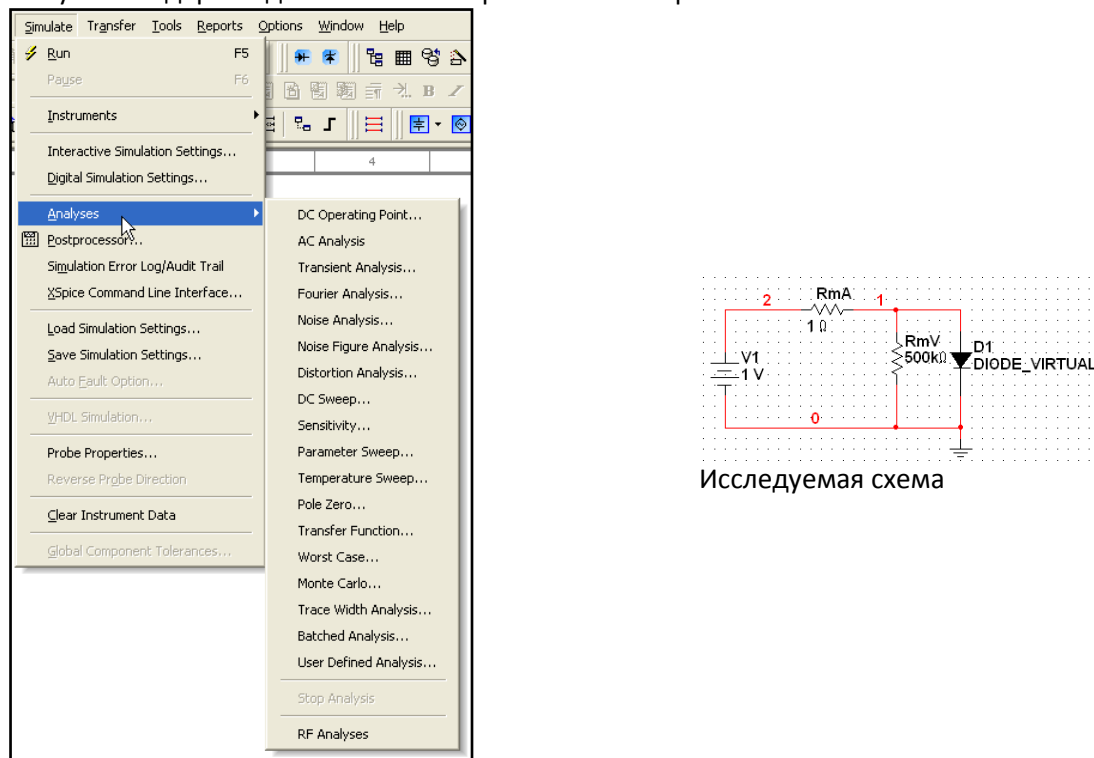


Рисунок 75

Рассмотрим на примере схемы для анализа работы диода вариант DC Operating Point (Анализ рабочей точки). Этот вариант анализа позволяет определить напряжение для всех узлов схемы и токов в ветвях. В соответствии с ранее определенными условиями отображения информации, на схеме отмечены номера узлов схемы. Выберем в меню пункты Simulate/Analyses-DC/Operating Point. На экране появится окно выбора данных для вывода (закладка Output). В качестве выходной информации можно заказать напряжения в узлах номер 1 и номер 2 (\$1 и \$2) и ток через источник питания. На закладке Analysis Option можно определить условия анализа, в данном конкретном случае опции расчетного ядра программы (SPICE Option) определены по умолчанию, оставлен и заголовок таблицы, и максимальное число точек. После нажатия на экранную кнопку **Simulate** программа проведет анализ и выдаст результат в виде таблицы окна Grapher View. Как видно полученные результаты соответствуют ранее полученным в предыдущих варианта моделирования схемы со встроенными приборами.

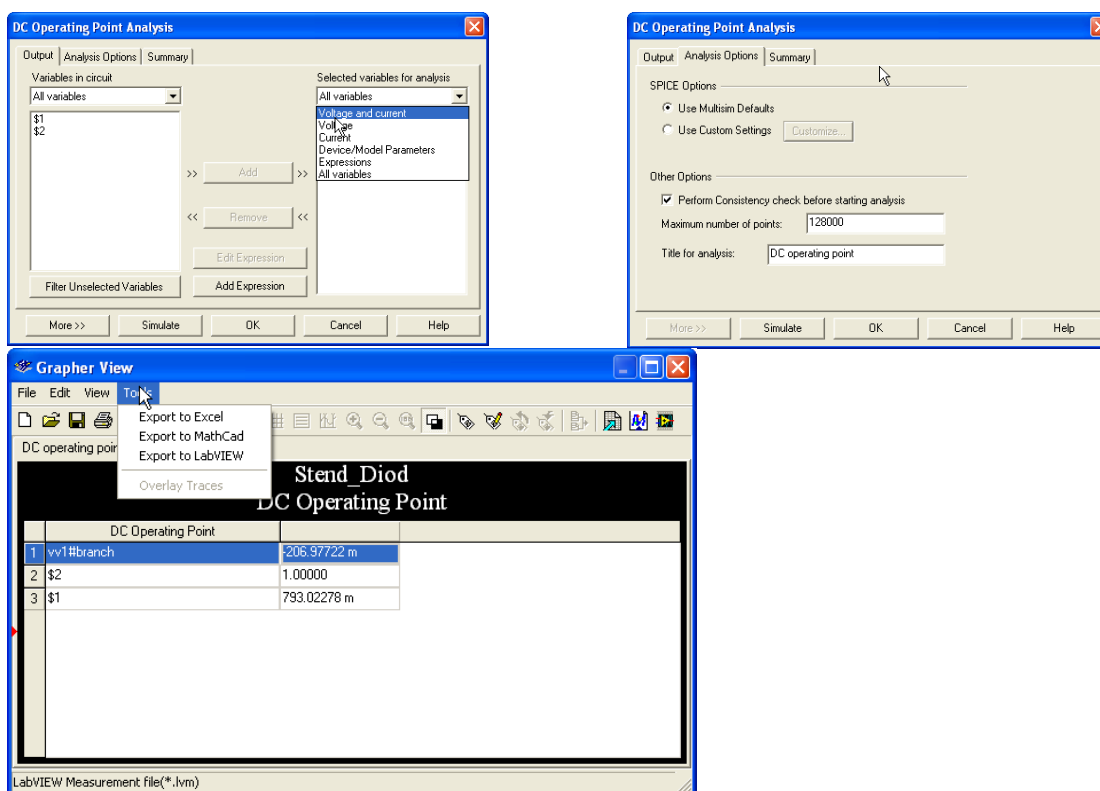


Рисунок 76

Эту таблицу можно сохранить на диск и передать в программы Excel, MathCAD и LabVIEW используя пункт меню Tools.

Анализ работы схемы с диодом в режиме DC Operating Point (Анализ рабочей точки) не представляет большой сложности, но и не несет большой информации. Для демонстрации возможности этого режима воспользуемся примером определения рабочей точки транзисторного каскада на биполярном транзисторе. Данный расчет может быть использован для биполярных и полевых транзисторов. Анализ проведем для схемы, представленной на рисунке.

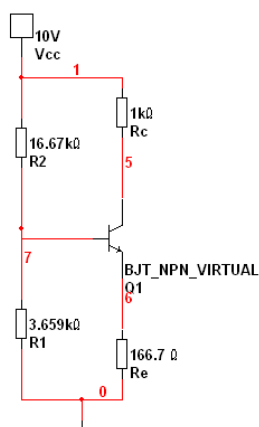


Рисунок 77

В качестве транзистора в схему установлен виртуальный транзистор с параметрами определенными по умолчанию. Выберем в меню пункты Simulate-Analyses-DC Operating Point и проведем моделирование работы каскада. После проведения расчета, в окне Grapher View будут показаны напряжения в узлах схемы. До сих пор в моделировании не появилось что-либо новое.

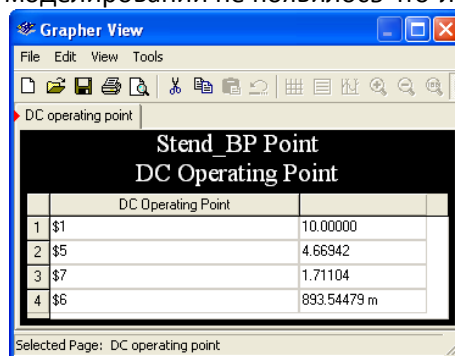
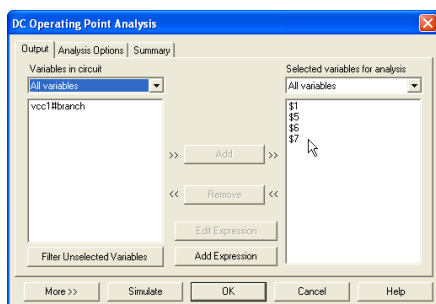
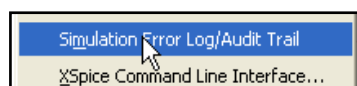
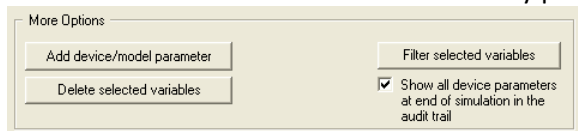


Рисунок 78

Щелчком ЛКМ по экранной кнопке **More >>** в нижней левой части экрана параметров расчета и в открывшемся блоке активируем режим «Показать все параметры устройства (электронного прибора транзистора в нашем случае) в конце моделирования в виде таблицы»,

☒ Show all device parameters at end of simulation in the audit trail

После моделирования снова появится окно Grapher View с рассчитанными узловыми напряжениями, это окно можно закрыть и через пункты меню Simulate-Simulate Error Log/Audit Trail вызвать появление отчета по анализу рабочей точки.



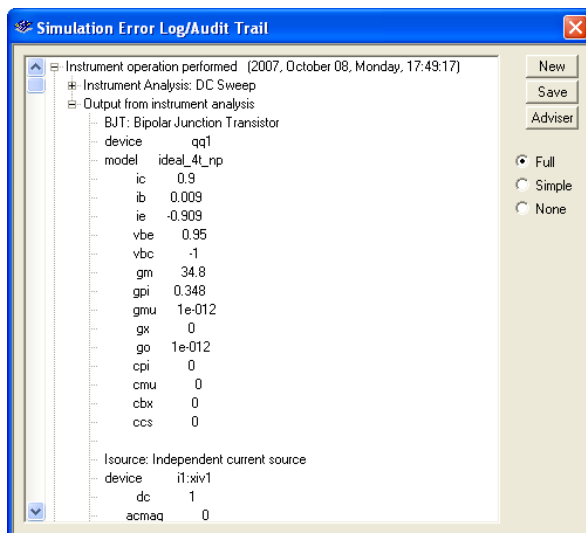
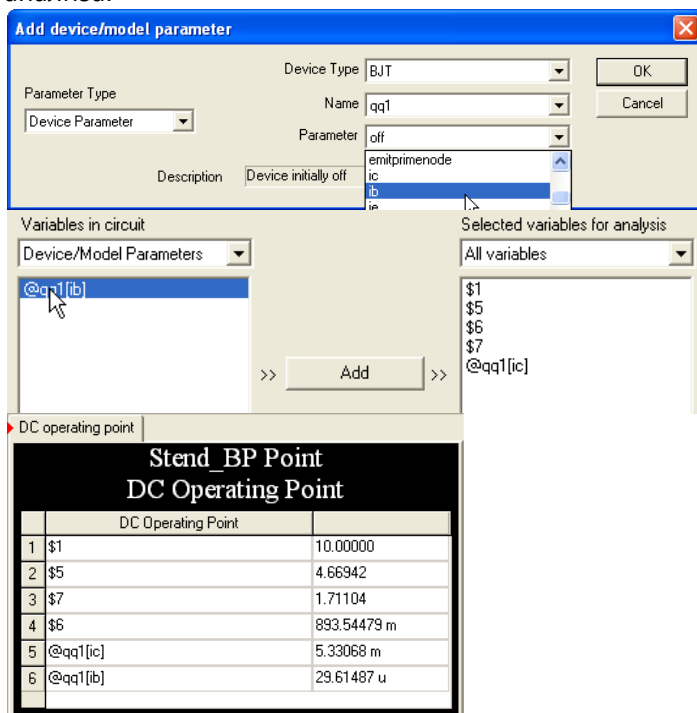


Рисунок 79

После просмотра результатов анализа можно закрыть окно Error Log/Audit Trail. Следующим вариантом анализа рабочей точки можно рассмотреть использование опции, определенной экранной кнопки **Add device/model parameter** в группе «More Option». После выбора этой опции в окне Add device/model parameter можно будет выбрать для транзистора (он единственный в схеме), обозначенного на схеме как qq1, в поле Parameter, параметры для индикации в наборе результатов расчета. После выбора параметра закроется исходное окно, но параметр появляется в списке доступных в поле Variables in circuit, откуда его можно добавить в число переменных анализа.



Окно добавления параметров расчета

Появление заданного параметра транзистора в списке доступных переменных. Добавление – экранная кнопка Add

Рисунок 80

После моделирования снова появится окно Grapher View, но в этом окне таблица значений уже будет содержать гораздо больше информации о режиме по постоянному току, рабочей точки транзистора.

Назначенный анализ, режим DC Sweep

Ранее, для построения ВАХ был использован инструмент, IV Analyzer. Получить ВАХ диода можно моделируя работу диода используя режим анализа DC Sweep. В этом режиме можно определить ток и напряжение для любого элемента в схеме. В этом режиме в сеансе расчета можно

проводить анализ для ряда значений входного напряжения (или входного тока) источника питания. В режиме DC Sweep можно получить результаты, которые невозможны для других случаев моделирования, с использованием приборов Multisim.

При запуске моделирования в режиме SPICE анализа (временной анализ, AC Sweep, DC Sweep или любой другой анализ из списка назначаемых) необходимо указать переменные, которые будут выводиться в массив данных для визуализации в окне Grapher.

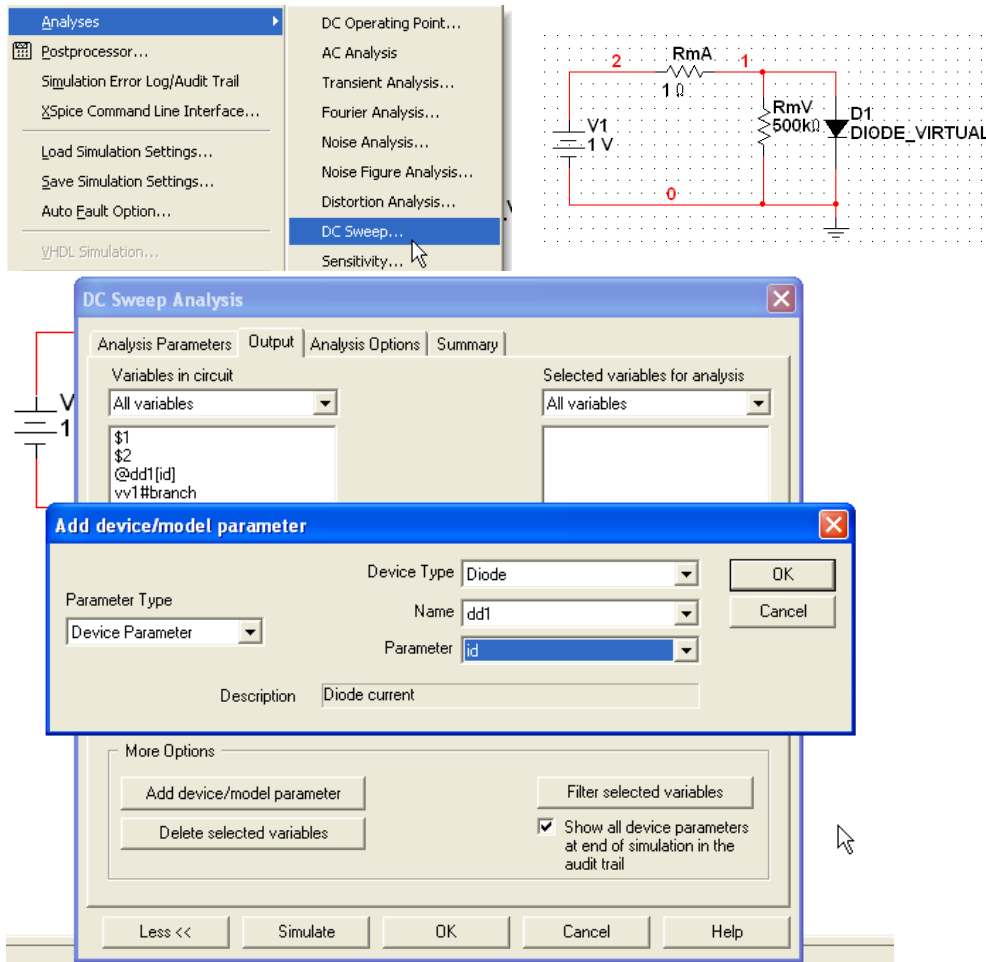
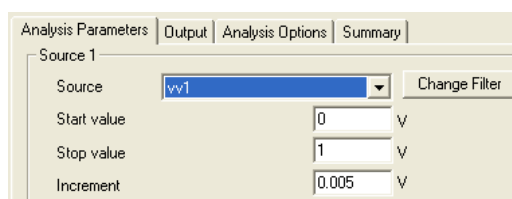
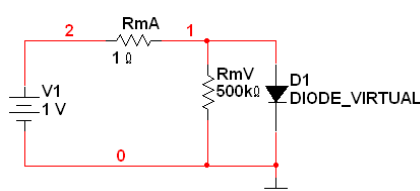


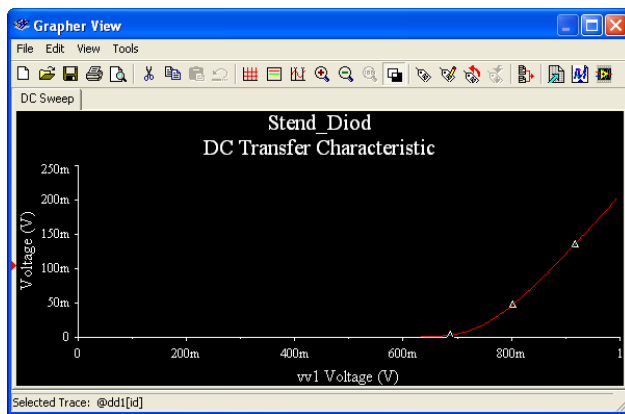
Рисунок 81

На рисунке показано, что для анализа выбран ток диода (доступ к выбору переменной для индикации осуществляется через экранную кнопку **Add device/model parameter** в окне Add device/model parameter, для доступа к этой настройке надо нажать экранную кнопку **More >>** в окне DC Sweep Analysis). На закладке Output в поле Variables in circuit следует выбрать @dd1[id] – ток через диод и, нажав на экранную кнопку **Add** определить ток как функцию для построения графика.

Пределы анализа назначаются на закладке Analysis Parameter в группе Source 1. Для рассматриваемого случая начальное значение напряжения источника vv1 задано как 0 Вольт, а конечное 1 Вольт. Шаг по значению напряжения определен 0.005 Вольт.



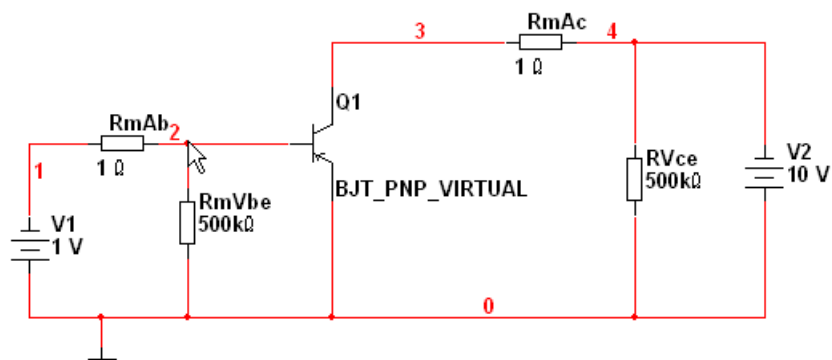
пределы анализа

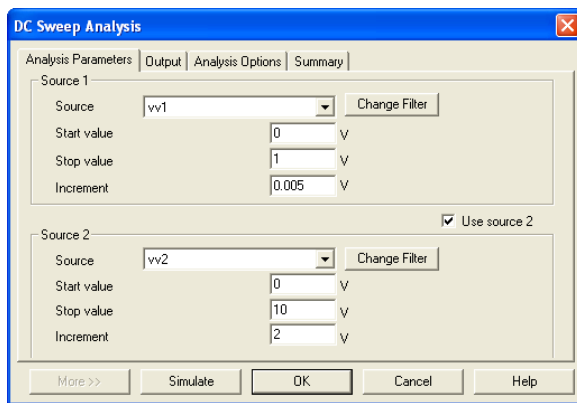


Результат анализа

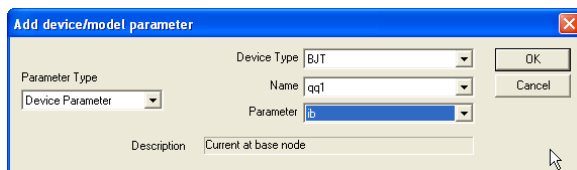
Рисунок 82

Воспользуемся этим же режимом анализа для получения ВАХ (входных и выходных) для биполярного транзистора. Схема стенда для получения ВАХ будет выглядеть так, как показано на рисунке.

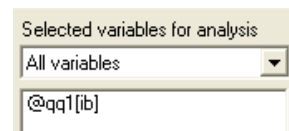




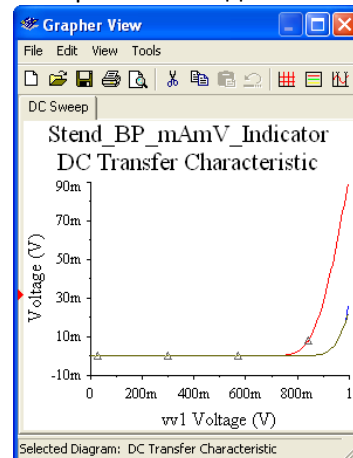
пределы анализа DC Sweep, входная BAX



выбор тока базы для построения входной BAX



выбор тока базы для анализа



входная BAX

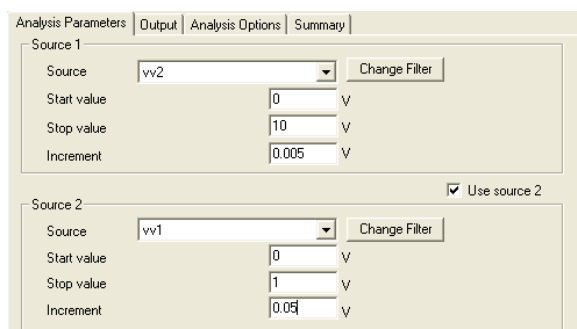
Рисунок 83

Сопротивления R_{mAb} , R_{mVbe} , R_{mAc} , R_{vce} отображают реальные сопротивления приборов стенда, предназначенные для измерения тока и напряжения.

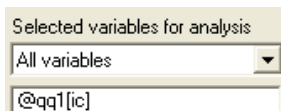
На рисунке показано, что для анализа выбран ток базы транзистора (доступ к выбору переменной для индикации осуществляется через экранную кнопку **Add device/model parameter** в окне **Add device/model parameter**, для доступа к этой настройке надо нажать экранную кнопку **More >>** в окне **DC Sweep Analysis**). На закладке **Output** в поле **Variables in circuit** следует выбрать **@qq1[ib]** – ток через базу транзистора и, нажав на экранную кнопку **Add** определить ток как функцию для построения графика.

Пределы анализа назначаются на закладке **Analysis Parameter** в группе **Source 1**. Для рассматриваемого случая начальное значение напряжения источника **vv1** задано как 0 Вольт, а конечное 1 Вольт. Шаг по значению напряжения база-эмиттер определен 0.005 Вольт. В качестве второго источника задан источник коллекторный, и его изменения определены как изменение напряжения от 0 до 10 Вольт с шагом 2 Вольт.

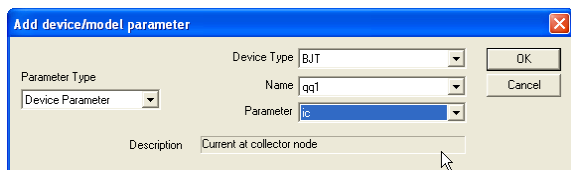
Чтобы построить семейство выходных характеристик необходимо изменить задание на анализ в окне **DC Sweep Analysis**. Для выходных характеристик необходимо задать изменение напряжения на коллекторе. В примере, представленном на рисунке ниже, эти пределы определены от 0 до 10 Вольт с шагом 0.005 Вольт. Общий вид выходных BAX представлен на рисунке.



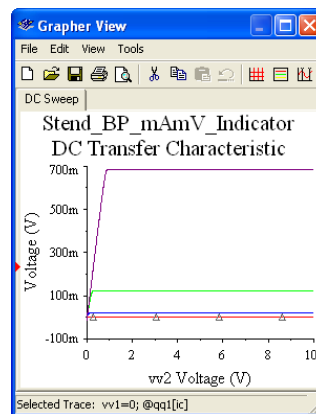
пределы анализа DC Sweep, выходная BAX



выбор тока коллектора



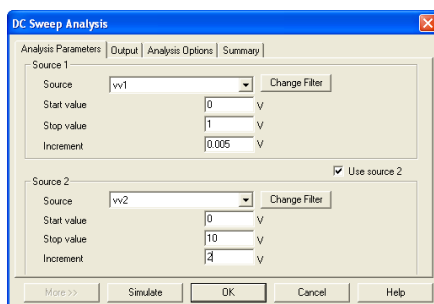
выбор тока коллектора для построения
выходной ВАХ



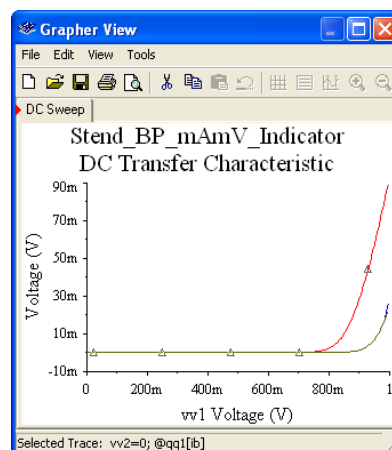
выходная ВАХ

Рисунок 84

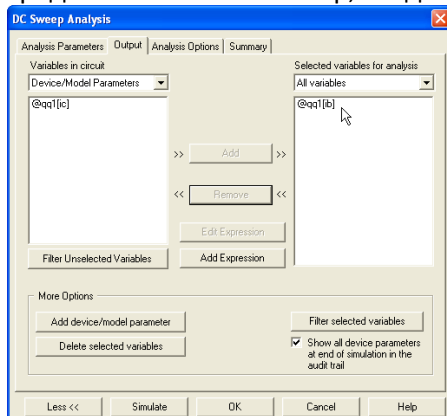
Для построения входной ВАХ транзистора, пределы анализа необходимо задать такими:



пределы анализа DC Sweep, входная ВАХ










входная ВАХ



выбор тока базы для построения входной
ВАХ

Рисунок 85

Получение графических результатов моделирования отображались после проведения анализа в окне Grapher View. Некоторые пункты меню и кнопки панелей инструментов служат для стандартных операций, таких как сохранить файл графика , открыть файл данных , операции редактирования, такие как копировать, вырезать, вставить, распечатать график на принтере  и так далее. Есть возможность не только сохранить результаты в формате программы Multisim, но и передать данные в Excel , MathCad  и LabVIEW . Для удобного представления графика на бумаге его можно инвертировать по цвету  и изменить черный фон на белый. Возможность обработки данных моделирования дает встроенная в Multisim программа Postprocessor (возможность постпроцессорной обработки может быть не доступна в некоторых

версиях Multisim). Запуск программы возможен из меню (пункты меню Simulate/Postprocessor...) или за счет нажатия кнопки на панели инструментов

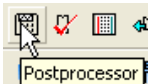


Рисунок 86

Моделирование и использование возможности постпроцессорной обработки полученных результатов позволяет достаточно просто проводить расчеты, используя полученные данные. Так

окно DC Sweep Analysis после нажатия экранной кнопки **Add Expression** на закладке Output в появившемся окне Analysis Expression можно будет определить выражение для обработки полученных результатов. Входное сопротивление транзистора определим как величину абсолютную величину входного напряжения поделенное на входной ток. Для формирования выражения, определяющего входное сопротивление необходимо сделать следующее: в поле Function выделяется функция `abs()` и нажимается экранная кнопка

Copy Function to Expression, копируя функцию в поле Expression;

в поле Variables выделяется переменная соответствующая входному напряжению `$2` и

нажимается экранная кнопка **Copy Variable to Expression**, копируя переменную в поле Expression, как аргумент функции `abs()`;

в поле Function выделяется функция `/` и нажимается экранная кнопка **Copy Function to Expression**, копируя функцию в поле Expression;

в поле Variables выделяется переменная соответствующая входному току `@qq1[ib]` и нажимается экранная кнопка **Copy Variable to Expression**, копируя переменную в поле Expression;

на этом формирование выражения заканчивается и нажимается экранная кнопка **OK**. Теперь в поле переменных для формирования данных для анализа есть и входное напряжение, и входной ток, и выражение для входного сопротивления:

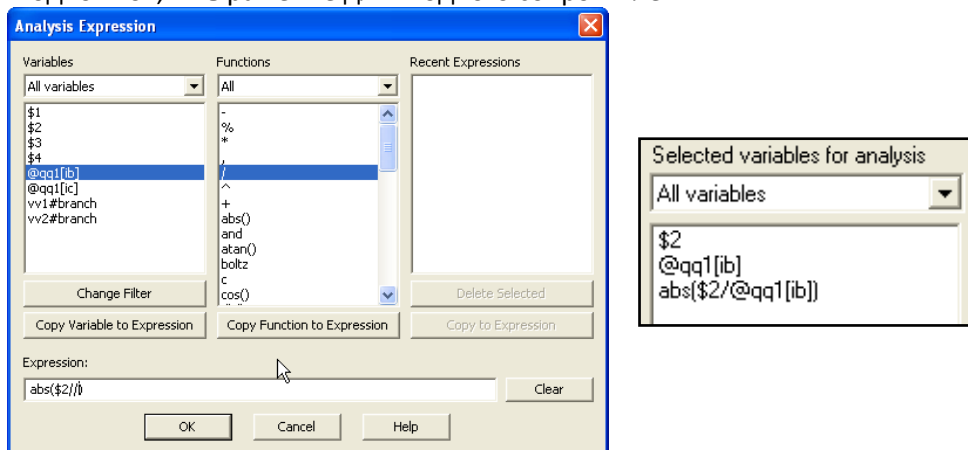


Рисунок 87

После этого нажатия на экранную кнопку **Simulate** окна DC Sweep Analysis запустит процесс моделирования по окончании которого в окне Grapher View будут сформированы графики решения. Свойства полученных графиков не позволяют воспользоваться ими для наглядного представления и измерения как входной ВАХ, так и входного сопротивления при изменении входного напряжения.

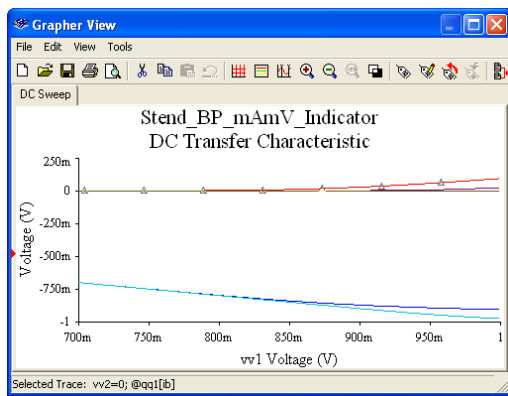


Рисунок 88