

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Северо-Кавказский филиал
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
"Московский технический университет связи и информатики"



Методические указания
к лабораторным работам

СХЕМОТЕХНИКА

Применение программы Electronics Workbench

Направление подготовки:

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль:

Многоканальные телекоммуникационные системы

Сети связи и системы коммутации

Защищенные системы и сети связи

Системы радиосвязи и радиодоступа

Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Программное обеспечение и интеллектуальные системы

Ростов-на-Дону
2019

УДК 681.3.06 (076)
ББК 32.07

Львов В.Л. Схемотехника. Применение программы Electronics Workbench. Методические указания к лабораторным работам. Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский филиал МТУСИ, 2019. - 66 с.

В пособии изложены методические рекомендации по применению программы электронного моделирования Electronics Workbench при выполнении лабораторных и практических занятий по дисциплинам учебного плана. Программа может быть использована при изучении основ аналоговой и цифровой схемотехники, моделировании аналоговых и цифровых устройств и различных систем. Пособие содержит необходимые справочные материалы.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника и 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профилей Многоканальные телекоммуникационные системы, Сети связи и системы коммутации, Защищенные системы и сети связи, Системы радиосвязи и радиодоступа, Вычислительные машины, комплексы, системы и сети, Программное обеспечение и интеллектуальные системы.

Пособие предназначено для использования при изучении дисциплин учебного плана, а также может быть использовано преподавателями и студентами в научной работе и в процессе самостоятельной работы.

Учебное пособие обсуждено и одобрено на заседании кафедры ИВТ
Протокол №1 от 26.08.2019

Рецензент Зав. кафедрой ИВТ д.т.н. профессор Соколов С.В.

Аннотация

Рассматривается возможность использования программы Electronics Workbench 5.12 в проведении лабораторных работ по дисциплинам кафедры общетехнической подготовки. Дана краткая характеристика основных преимуществ данной программы, перечислены основные возможности программы по моделированию и анализу электрических и электронных схем. Приведена методика построения схем и моделирования их работы. Так как интерфейс программы дан на английском языке, то основное внимание в пособии уделено расшифровке и интерпретации основных характеристик элементов и устройств, имеющих в библиотеках данной программы.

Содержание

Введение	4
1. Общая характеристика программного комплекса Electronics Workbench	5
1.1. Интерфейс пользователя Electronics Workbench	5
1.2. Набор элементов схем и приборов	12
1.3 Приборы	26
2. Моделирование схем	42
2.1. Порядок проведения работы при построении принципиальной электрической схемы	42
2.2. Технология подготовки схем	52
3. Примеры моделирования электронных устройств	55
3.1. Моделирование работы длинной линии с потерями	55
3.2. Моделирование дешифратора управления знаковым индикатором	59
3.3. Моделирование интегрирующей RC – цепи	61
Заключение	65
Список использованной литературы	66

Введение

Электротехника и электроника принадлежат к той области естественных наук, в которой процесс познания требует неразрывной связи теоретического анализа и экспериментальных исследований. Экспериментальное изучение может проводиться как на физических моделях электронных устройств, так и с использованием методов математического моделирования на ПК. Работа с реальными схемами требует больших временных и материальных затрат на проведение эксперимента. Кроме того, учеба невозможна без ошибок, а ошибки в реальной лаборатории порой очень дорого обходятся экспериментатору. Использование программы Electronics Workbench позволяет избежать этих недостатков, а также наличие большого количества ПК позволяет проводить обучение студентов более индивидуально.

Программа Electronics Workbench является средством разработки и имитации электрических цепей, она позволяет моделировать аналоговые, цифровые и аналого-цифровые схемы от простейших логических элементов и схем до микропроцессоров. Electronics Workbench представляет собой программу с несложным интерфейсом и встроенными средствами помощи. Работа с этой программой позволяет студенту производить исследование электрических схем и электронных устройств на самой разнообразной элементной базе. Имеющиеся в программе библиотеки включают в себя большой выбор широко распространенных электронных компонентов и элементов. Есть возможность подключения и создания новых библиотек компонентов.

1. Общая характеристика программного комплекса Electronics Workbench

1.1. Интерфейс пользователя Electronics Workbench

Интерфейс пользователя состоит из полосы меню, иконок меню, панели набора элементов схем и приборов и рабочей области (рис 1.1).

Полоса меню состоит из следующих компонент: меню работы с файлами (File), меню редактирования (Edit), меню работы со схемами (Circuit), меню анализа схем (Analysis), меню работы с окнами (Window), меню работы с файлами справок (Help).

1. Меню File имеет следующие закладки:

1.1. New (CTRL+N) – имеет иконку  - для закрытия текущей схемы и создания новой. При этом создается безымянное окно, которое может использоваться для создания схемы. При запуске Electronics Workbench операция выполняется автоматически. По умолчанию схема именуется как.Default.ewb.

1.2. Open (CTRL+O) – имеет иконку  - для открытия уже существующего файла схемы. Отображает стандартное диалоговое окно открытия файла, в котором необходимо выбрать диск и каталог, содержащий файл схемы, который вы хотите открыть. Открывать можно только файлы с расширениями .ca, .ca3, .cd3, .ca4 и .ewb.

1.3. Save (CTRL+S) – имеет иконку  - сохраняет текущий файл схемы. Отображается стандартное диалоговое окно сохранения файла, в котором необходимо выбрать диск и каталог, где вы хотите сохранить схему и название файла. Расширения .ewb добавляются к имени файла автоматически.

1.4. Save as - команда аналогична операции Save, но сохраняет текущую схему с новым именем файла, оставляя первоначальную схему неизменной. Используйте эту команду, чтобы безопасно экспериментировать на копии схемы, без изменения оригинала.

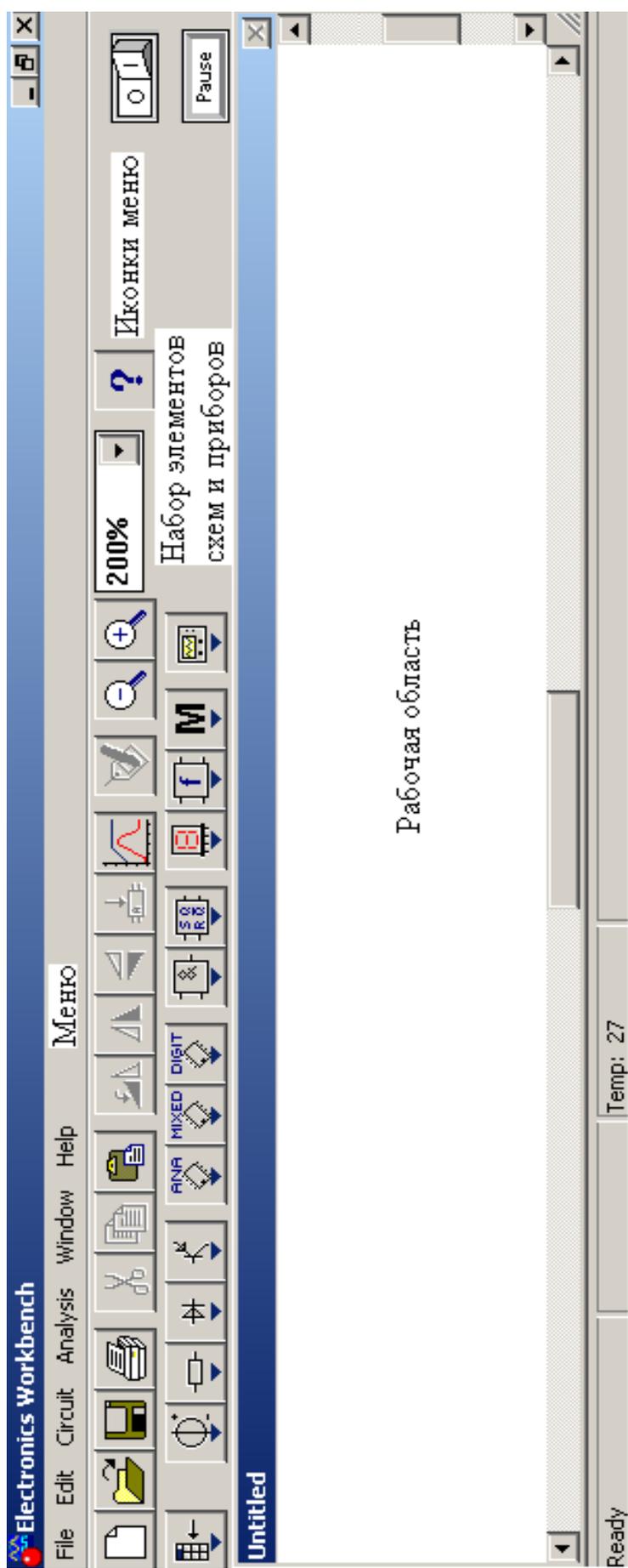


Рис. 1.1. Интерфейс пользователя

1.5.Revert to Saved - восстанавливает схему к виду, который она имела в момент последнего сохранения.

1.6.Import - преобразует нестандартные файлы схем (расширение .net или .cir) к стандартному виду Electronics Workbench.

1.7.Export - сохраняет файл схемы с одним из следующих расширений: .net, .scr, .cmp, .cir, .plc.

1.8.Print (CTRL+P) – имеет иконку  - полная или частичная распечатка схемы и/или приборов. Для выполнения операции необходимо выделить элементы, которые будут напечатаны.

1.9.Print Setup - настройка принтера. Отображает стандартное диалоговое окно Print Setup.

1.10.Exit (ALT+F4) - завершение работы с пакетом Electronics Workbench.

1.11.Install - предназначена для установки добавочных компонент Electronics Workbench. Для ее выполнения будет запрошен диск, содержащий дополнительные компоненты.

1.12.Export to PCB – составление списков соединений схемы в формате OrCAD и других программ разработки печатных плат.

1.13.Import from SPISE – импорт текстовых файлов описания схемы и задания на моделирование в формате SPISE (с расширением .cir) и автоматическое построение схемы по ее текстовому описанию.

1.14.Export to SPISE - составление текстового описания схемы и задания на моделирование в формате SPISE.

2. Меню Edit имеет следующие закладки:

2.1.Cut (CTRL+X) – имеет иконку  - для удаления выделенных элементов, схем или текста. Вырезанное помещается в буфер обмена, откуда его можно вставлять в нужное место.

2.2.Copy (CTRL+C) – имеет иконку  - для копирования выделенных элементов, схемы или текста. Копия помещается в буфер обмена, откуда ее можно вставлять в нужное место.

2.3.Paste (CTRL+V) – имеет иконку  - помещает содержание буфера обмена в активное окно (содержание остается в буфере обмена).

2.4.Delete (DEL) - полностью удаляет выделенные компоненты или текст.

2.5.Select All (CTRL+A) – выделяет все элементы в активном окне. Для того, чтобы выделить все, кроме нескольких элементов, используйте команду Select All, и затем снимите выделение с лишних элементов, нажимая CTRL с левой кнопкой мыши.

2.6.Copy as Bitmap - для копирования растрового изображения элементов в буфер обмена. Можно использовать эти изображения в текстовых файлах или в программах обработки изображений. Чтобы скопировать растровое изображение элементов необходимо:

- а) выбрать Copy as Bitmap (курсор изменится на крестик),
- б) нажать и, удерживая кнопку мыши, курсором сформировать прямоугольник, включающий необходимые для копирования элементы,
- в) отпустить кнопку мыши.

2.7.Show Clipboard - отображает содержание буфера обмена.

3. Меню Circuit имеет следующие закладки:

3.1.Rotate (CTRL+R) – имеет иконку  - вращает выделенные элементы на 90 градусов по часовой стрелке. Соединения, приложенные к элементам сохраняются.

3.2.Flip Vertical – имеет иконку  - зеркально отражает выделенную схему по вертикали в окне схемы. Все соединения сохраняются.

3.3.Flip Horizontal – имеет иконку  - зеркально отражает выделенную схему по горизонтали в окне схемы. Все соединения сохраняются.

3.4.Component Properties – имеет иконку  - предназначена для изменения свойств выбранного компонента. Также выводится при двойном нажатии на компоненте. При выполнении команды открывается диалоговое окно Component Properties, закладки которого зависят от типа выбранного компонента.

3.5. Create Subcircuit (CTRL+B) – имеет иконку  - команда заменяет выделенную часть схемы на интегральную подсхему в виде прямоугольной пиктограммы. Соединения с другими компонентами схемы станут терминалами на пиктограмме подсхемы.

Чтобы создать подсхему надо:

а) Выделить элементы, которые нужно использовать для подсхемы.

б) Выбрать Create Subcircuit (нажать на иконку ) , и завершить диалог, который появляется:

- Copy from Circuit - помещает копию выбранных компонентов в подсхему. Первоначальные компоненты остаются, поскольку они находятся в окне схемы. Подсхема помещается в библиотеку Favorites.

- Move from Circuit - удаляет выбранные компоненты из схемы, так что они появляются только в подсхеме в библиотеке Favorites.

Replace in Circuit, помещает выбранные компоненты в подсхему и заменяет выбранные компоненты в схеме прямоугольником, помеченным именем подсхемы.

Выбранные компоненты появляются в новом окне подсхемы. Имя новой подсхемы добавляется к списку доступных подсхем, который отображается, когда пиктограмма подсхемы перемещается из инструментальной панели Favorites. Подсхема доступна только для текущей схемы.

3.6. Zoom In (CTRL++) – имеет иконку  - увеличивает масштаб схемы.

3.7. Zoom Out (CTRL+-) – имеет иконку  - уменьшает масштаб схемы.

3.8. Schematic Options - команда предназначена для управления всем дисплеем схемы. Изменения относятся только к текущей схеме.

В окне команды выводится следующий набор закладок:

3.8.1 Grid – для вывода сетки на рабочую область. Сетка упрощает выравнивание элементов в схеме.

3.8.2 Show/Hide – открывает или убирает надписи на элементах схемы.

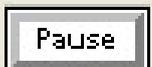
3.8.3 Fonts - управляет шрифтом (тип и размер), используемым для меток и надписей на элементах схемы.

3.8.4 Wiring – управляет прокладкой проводников на схеме и их взаимными соединениями (Routing options), удалением проводников и соединений (Rewiring options). Auto-delete connectors – автоматическое удаление неиспользуемых соединений.

3.8.5 Printing – обеспечивает масштабирование выводимой на печать информации.

4. Меню Analysis имеет следующие закладки:

4.1 Activate (CTRL+G) – включает работу схемы. Схема должна быть работоспособна. Закладка дублируется включателем .

4.2 Pause (F9) - временно прерывает или при вторичном нажатии продолжает работу схемы. Закладка дублируется кнопкой .

4.3 Stop (CTRL+T) – выключает работу схемы. Закладка дублируется выключателем .

4.4 Analysis Options (CTRL+Y) – набор команд для установки параметров моделирования. Большинство параметров имеет значения по умолчанию.

В окне команды выводится следующий набор закладок:

4.4.1 Global – настройки общего характера, здесь можно задавать абсолютные и относительные ошибки расчетов токов и напряжений, шаги итерации, температуру, при которой проводится моделирование и т.п.

4.4.2 DC – настройки для расчетов режима по постоянному току (статический режим).

4.4.3 Transient – настройки параметров режима переходных процессов.

4.4.4 Device – выбор параметров МОП-транзисторов.

4.4.5 Instruments – настройки параметров контрольно-измерительных приборов.

4.5 DC Operating Point – расчет режима по постоянному току, в данном режиме из моделируемой схемы исключаются все конденсаторы и закорачиваются все индуктивности.

4.6 AC Frequency... - расчет частотных характеристик. В диалоговом окне задаются параметры для расчета, результаты расчета выводятся в графическом

виде. Аналогичные характеристики можно получить также и с помощью измерителя АЧХ-ФЧХ (Bode Plotter).

4.7 Transient – расчет переходных процессов. В диалоговом окне задаются параметры для расчета, результаты расчета выводятся в графическом виде.

4.8 Fourier – проведение Фурье-анализа (спектрального анализа). В диалоговом окне задаются параметры для расчета, результаты расчета выводятся в графическом виде.

4.9 Monte Carlo – статистический анализ по методу Монте-Карло. В диалоговом окне задаются параметры для расчета, результаты расчета выводятся в графическом виде.

4.10 Display Graphs – имеет иконку  - этой командой вызываются на экран графики результатов выполнения команд моделирования 4.5 – 4.9. Вызов этой команды происходит автоматически при выполнении любой команды моделирования. Если в процессе моделирования использовано несколько команд моделирования, то результаты их выполнения накапливаются в окне Display Graphs и отображаются в виде закладок с наименованиями команд. При нажатии на закладку в окне появляется график выполнения данной команды. Это позволяет оперативно просматривать результаты моделирования без его повторного проведения.

5. Window Menu - позволяет осуществить операции работы с окнами. Имеет следующие закладки:

5.1 Arrange (CTRL+W) – для упорядочивания информации в рабочем окне EWB путем перезаписи экрана, при этом исправляются искажения изображений компонентов и соединительных линий.

5.2 Circuit – вывод схемы на передний план.

5.3 Description (CTRL+D) – вывод на передний план описания схемы, если оно имеется, или вывод окна для его подготовки (только на английском языке).

6. Меню Help (F1) — имеет иконку  - обеспечивает вызов файла-справки. Справка представлена на английском языке.

1.2. Набор элементов схем и приборов

Под полосой меню и иконками меню размещена панель элементов схем и приборов, которая содержит 14 кнопок (в данной версии программы) (рис.1.2). Каждая кнопка панели элементов представляет собой библиотеку компонентов (элементов) схем, контрольно-измерительных приборов, инструментов и т.д.



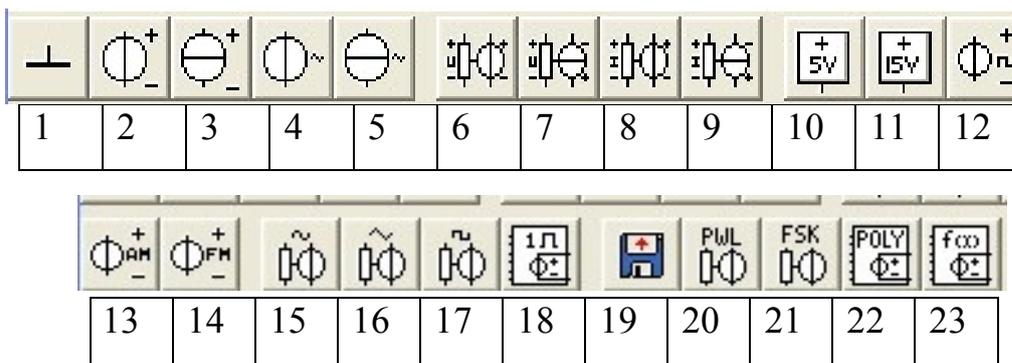
Рис.1.2. Панель элементов схем и приборов

Каждая кнопка имеет следующее назначение:

0. Favorites – подсхемы, созданные при выполнении команды Create Subcircuit;
1. Sources - источники тока и напряжения;
2. Basic - основные пассивные элементы;
3. Diodes - диоды;
4. Transistors - транзисторы;
5. Analog ICs - аналоговые микросхемы;
6. Mixed ICs - микросхемы смешанного типа;
7. Digital ICs - цифровые микросхемы;
8. Logic Gates - логические цифровые микросхемы;
9. Digital - цифровые микросхемы;
10. Indicator - индикаторные устройства;
11. Controls - аналоговые вычислительные устройства;
12. Miscellaneous - компоненты смешанного типа;
13. Instruments - контрольно-измерительные приборы.

Библиотека компонентов каждой кнопки содержит:

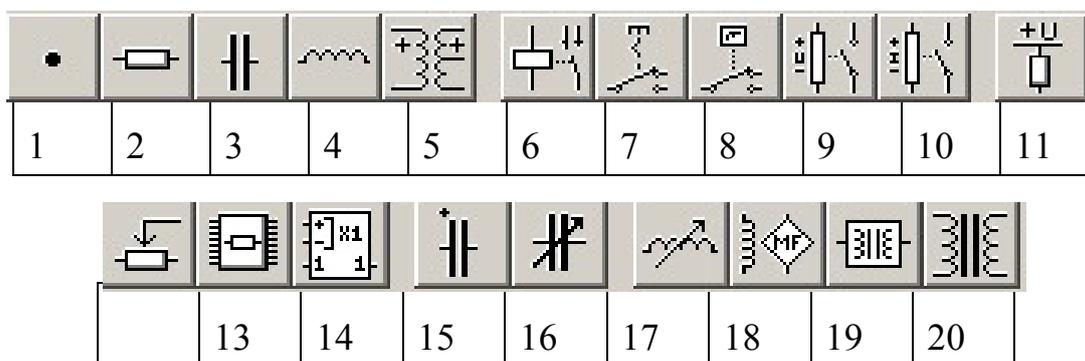
- 1. Sources - источники тока и напряжения:**



- 1) Ground – заземление;
- 2) Battery – источник постоянного напряжения;
- 3) DC Current Source – источник постоянного тока;
- 4) AC Voltage Source – источник переменного напряжения;
- 5) AC Current Source – источник переменного тока;
- 6) Voltage- Controlled Voltage Source – источник постоянного напряжения, управляемый напряжением;
- 7) Voltage- Controlled Current Source – источник постоянного тока, управляемый напряжением;
- 8) Current- Controlled Voltage Source - источник постоянного напряжения, управляемый током;
- 9) Current- Controlled Current Source - источник постоянного тока, управляемый током;
- 10) +Vcc Voltage Source – источник постоянного напряжения +5В;
- 11) +Vdd Voltage Source – источник постоянного напряжения +15В;
- 12) Clock –генератор тактовых импульсов;
- 13) AM Source – источник амплитудно-модулированного сигнала;
- 14) FM Source - источник частотно-модулированного сигнала;
- 15) Voltage- Controlled Sine Wave Oscillator – генератор синусоидального напряжения, управляемый напряжением;
- 16) Voltage- Controlled Sine Triangle Oscillator – генератор пилообразного напряжения, управляемый напряжением;

- 17) Voltage- Controlled Sine Square Oscillator – генератор прямоугольных импульсов, управляемый напряжением;
- 18) Controlled One-Shot – управляемый мультивибратор;
- 19) Piecewise Linear Source – линейный источник из библиотеки;
- 20) Voltage- Controlled Piecewise Linear Source –
- 21) Frequency Shift- Keying Source – двухчастотный генератор, управляемый напряжением;
- 22) Polinomial Source – полиномиальный источник напряжения;
- 23) Nonlinear Dependent Source – нелинейный управляемый источник напряжения.

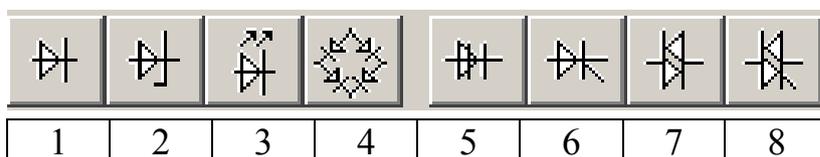
2. Basic - основные пассивные элементы:



- 1) Connector – соединяющий узел;
- 2) Resistor – резистор;
- 3) Capacitor – конденсатор;
- 4) Inductor – катушка индуктивности;
- 5) Transformer – трансформатор;
- 6) Relay – реле;
- 7) Switch – переключатель;
- 8) Time-Delay Switch – реле времени;
- 9) Voltage- Controlled Switch – переключатель, управляемый напряжением;
- 10) Current- Controlled Switch - переключатель, управляемый током;
- 11) Pull-Up Resistor – нагрузочный резистор с источником напряжения;
- 12) Potentiometer – переменный резистор;

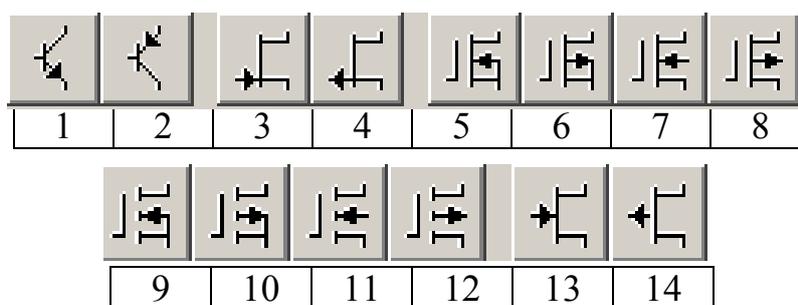
- 13) Resistor Rack – сборка 8 резисторов с одинаковым сопротивлением;
- 14) Voltage- Controlled Analog Switch – аналоговый переключатель, управляемый напряжением;
- 15) Polarized Capacitor – электролитический конденсатор;
- 16) Variable Capacitor – переменный конденсатор;
- 17) Variable Inductor – катушка с переменной индуктивностью;
- 18) Coreless Coil – катушка с сердечником;
- 19) Magnetic Core – магнитный сердечник;
- 20) Nonlinear Transformer – нелинейный трансформатор.

3. Diodes - диоды:



- 1) Diode – диод;
- 2) Zener Diode – стабилитрон;
- 3) LED – светодиод;
- 4) Full Wave Bridge Rectifier – мостовой выпрямитель;
- 5) Shockley Diode – диод Шокли;
- 6) Silicon-Controlled Rectifier – тиристор;
- 7) Diac – динистор;
- 8) Triac – триистор.

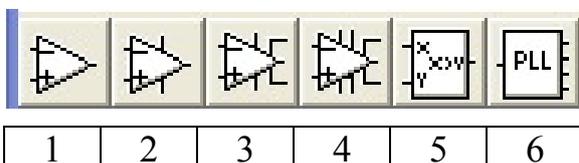
4. Transistors – транзисторы:



- 1) NPN Transistor – биполярный n-p-n транзистор;

- 2) PNP Transistor – биполярный p-n-p транзистор;
- 3) N-Channel JFET – n-канальный полевой транзистор с управляющим p-n переходом;
- 4) P-Channel JFET – p-канальный полевой транзистор с управляющим p-n переходом;
- 5) 3-Terminal Depletion N-MOSFET – трехвыводной МДП-транзистор со встроенным n каналом;
- 6) 3-Terminal Depletion P-MOSFET – трехвыводной МДП-транзистор со встроенным p каналом;
- 7) 4-Terminal Depletion N-MOSFET – четырехвыводной МДП-транзистор со встроенным n каналом;
- 8) 4-Terminal Depletion P-MOSFET – четырехвыводной МДП-транзистор со встроенным p каналом;
- 9) 3-Terminal Enhancement N-MOSFET - трехвыводной МДП-транзистор с индуцированным n каналом;
- 10) 3-Terminal Enhancement P-MOSFET - трехвыводной МДП-транзистор с индуцированным p каналом;
- 11) 4-Terminal Enhancement N-MOSFET - четырехвыводной МДП-транзистор с индуцированным n каналом;
- 12) 4-Terminal Enhancement P-MOSFET - четырехвыводной МДП-транзистор с индуцированным p каналом;
- 13) N- Channel GaAsFET – арсенид-галлиевый полевой n-канальный транзистор;
- 14) P- Channel GaAsFET – арсенид-галлиевый полевой p-канальный транзистор.

5. Analog ICs - аналоговые микросхемы:



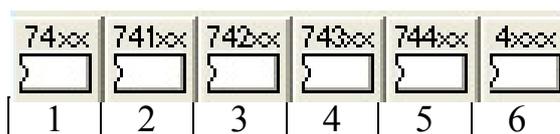
- 1) 3-Terminal Opamp – трехвыводной операционный усилитель;
- 2) 5-Terminal Opamp – пятивыводной операционный усилитель;
- 3) 7-Terminal Opamp – семивыводной операционный усилитель;
- 4) 9-Terminal Opamp – девятивыводной операционный усилитель;
- 5) Comparator – компаратор;
- 6) Phase Locked Loop – микросхема ФАПЧ.

6. Mixed ICs - микросхемы смешанного типа:



- 1) Analog-to-Digital Converter – 8-разрядный аналого-цифровой преобразователь;
- 2) Digital-to- Analog Converter I – 8-разрядный цифро-аналоговый преобразователь с внешними опорными источниками тока и парафазным выходом;
- 3) Digital-to- Analog Converter V – 8-разрядный цифро-аналоговый преобразователь с внешними опорными источниками напряжения;
- 4) Monostable Multivibrator – моностабильный мультивибратор;
- 5) 555 Timer – многофункциональный таймер (аналог микросхемы КР1006И1).

7. Digital ICs - цифровые микросхемы:



1) Серия 74XX:

7400, 7403, 7426, 7437, 7438, 7439 – 4 элемента 2И-НЕ;

7402, 7428, 7433 – 4 элемента 2ИЛИ-НЕ;

7404, 7405, 7406 – 6 инверторов;

7407, 7417 – 6 буферных элементов;
7408, 7409 – 4 элемента 2И;
7410, 7412 – 3 элемента 3И-НЕ;
7411, 7415 - 3 элемента 3И;
7414, 7416 – 6 инверторов;
7420, 7422, 7440 – 2 элемента 4И-НЕ;
7421 - 2 элемента 4И;
7425 - 2 элемента 4ИЛИ-НЕ;
7427 – 3 элемента 3ИЛИ-НЕ;
7430 – элемент 8И-НЕ;
7432 – 4 элемента 2ИЛИ;
7442, 7445 – дешифратор 4 x 10;
7447 – 7-сегментный дешифратор;
7451 – 2-2И-2ИЛИ-НЕ;
7454 – 2-2И+2-3И-4ИЛИ-НЕ;
7455 – 2-4И-2ИЛИ-НЕ;
7469 – 2 четырехразрядных двоичных счетчика;
7472 – JK-триггер с элементом 3И на входах;
7473, 7476, 7478 – 2 JK-триггера;
7474 – 2 D-триггера;
7475, 7477 – 4-разрядная ключевая схема;
7486 – 4 элемента исключающие ИЛИ;
7490 – 4-разрядный двоично-десятичный счетчик;
7491 – 8-разрядный сдвигающий регистр;
7492 – 4-разрядный счетчик-делитель на 12;
7493 – 4-разрядный двоичный счетчик.

2) Серия 741XX:
74107, 74109, 74112, 74113, 74114 - 2 JK-триггера;
74116 – две 4-разрядных ключевых схемы;
74125, 74126 – 4 буфера;

74132 – 4 элемента 2И-НЕ;
74133 – элемент 13И-НЕ;
74134 - элемент 12И-НЕ;
74138 – дешифратор-демультиплексор 3x8;
74139 - дешифратор-демультиплексор 2x4;
74145 – двоично-десятичный дешифратор;
74147 – шифратор приоритетов 10x4;
74148 – шифратор приоритетов 8x3;
74150 – селектор-мультиплексор 16x1;
74151 - селектор-мультиплексор 8x1;
74153 – 2 селектора-мультиплексора 4x2;
74154, 74159 - дешифратор-демультиплексор 4x16;
74155, 74156 – 2 дешифратора-демультиплексора 2x4;
74157, 74158 – 4-разрядный селектор-мультиплексор;
74160, 74162 – 4-разрядный синхронный десятичный счетчик;
74163 - 4-разрядный синхронный двоично-десятичный счетчик;
74164, 74165, 74166 – 8-разрядный регистр сдвига с параллельными входами;
74169 - 4-разрядный двоичный синхронный реверсивный счетчик;
74173 – 4-разрядный регистр с тремя состояниями;
74174 – 6 D-триггеров;
74175 – 4 D-триггера;
74181 – 4-разрядное АЛУ;
74190, 74192 – синхронный реверсивный счетчик-дешифратор;
74191 – синхронный реверсивный двоичный счетчик;
74194 – 4-разрядный универсальный регистр сдвига;
74195 - 4-разрядный регистр сдвига с параллельным вводом;
74198, 74199 – 8-разрядный универсальный регистр сдвига.

3) Серия 742XX:

74238 – линейный дешифратор-демультиплексор 3x8;

- 74240, 74241, 74244 – 8 буферов с инверсией;
- 74251 – селектор-мультиплексор 8x1 с тремя состояниями;
- 74253 – 2 селектора-мультиплексора 4x1 с тремя состояниями;
- 74257, 74258 – 4 селектора-мультиплексора 2x1;
- 74266 – 4 элемента исключают 2ИЛИ-НЕ;
- 74273 – 8-разрядный регистр сдвига;
- 74279 – 2 RS - триггера
- 74280 – 9-разрядная схема контроля четности;
- 74290 – десятичный счетчик;
- 74293 – 4-разрядный двоичный счетчик;
- 74298 – 4 двухвходовых мультиплексора;
- 4) Серия 743XX:
- 74350 – 4-разрядный сдвиговый регистр с тремя состояниями;
- 74352, 74253 – 2 селектора-мультиплексора 4x1;
- 74365, 74367, 74368 – 6 повторителей с тремя состояниями;
- 74373, 74374 – 8-разрядный буферный регистр с тремя состояниями;
- 74375 – 4-разрядная ключевая схема;
- 74377 – 8-разрядный регистр;
- 74378 – 6-разрядный регистр;
- 74379 - 4-разрядный регистр;
- 74393 – два 4-разрядных двоичных счетчика;
- 74395 – 4-разрядный каскадный сдвиговый регистр с тремя состояниями.
- 5) Серия 744XX:
- 74445 – двоично-десятичный дешифратор;
- 74465, 74466 – 8 буферов с тремя состояниями.
- 6) Серия 4XXX:
- 4000 – 2 элемента 3ИЛИ-НЕ и инвертор;
- 4001, 4002 – 4 элемента 3ИЛИ-НЕ;
- 4008 – четырехразрядный двоичный сумматор;
- 4009, 4049, 4069 – 6 инверторов;

4010, 4050 – 6 буферов;
4011 – 4 элемента 2И-НЕ;
4012 – 2 элемента 4И-НЕ;
4013 – 2 D – триггера;
4015 – 2 четырехразрядных сдвиговых регистра;
4017 – пятиразрядный счетчик Джонсона;
4019 – 4 двухвходовых мультиплексора;
4023 – 3 элемента 3ИЛИ-НЕ;
4024 – 7-разрядный двоичный счетчик;
4025 – 3 элемента 3ИЛИ-НЕ;
4027 – 2 JK – триггера;
4028 – двоично-десятичный дешифратор;
4030 – 2 элемента, исключающие 2ИЛИ;
4040 – 12-разрядный двоичный счетчик;
4041 – 4 комплементарных буфера;
4042 – 4 D – триггера;
4043, 4044 – 4 RS-триггера с тремя состояниями;
4066 – 4 аналоговых переключателя;
4068 – элемент 8И-НЕ;
4070 – 4 элемента, исключающие 2ИЛИ;
4071, 4081 – 4 элемента 2ИЛИ;
4072, 4082 – 2 элемента 4ИЛИ;
4073 – 3 элемента 3И;
4075 – 3 элемента 3ИЛИ;
4076 – 4 регистра с тремя состояниями;
4077 – 4 элемента, исключающие 2ИЛИ-НЕ;
4078 – элемент 8ИЛИ-НЕ;
4085 – 2 расширенных элемента 2И-ИЛИ-НЕ;
4086 – расширенный элемент 2И-ИЛИ-НЕ;
4093 – 4 элемента 2И-НЕ;

- 40106 – 6 инверторов;
- 4502 – 6 стробируемых инвертора;
- 4503 – 6 буферов с тремя состояниями;
- 4508 – 2 четырехразрядные ключевые схемы;
- 4510 – двоично-десятичный реверсивный счетчик;
- 4511 – 7 – сегментный дешифратор;
- 4512 – трехходовый мультиплексор 8x1;
- 4514, 4515 – дешифратор-демультиплексор 1x16 с входным замком;
- 4516 – двоичный реверсивный счетчик;
- 4518 – 2 двоично-десятичных счетчика;
- 4520 – 2 двоичных счетчика;
- 4532 – 8-разрядный приоритетный кодер;
- 4556 – 2 дешифратора-демультиплексора 1x4.

8. Logic Gates - логические цифровые микросхемы:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AND	OR	NAND	NOR	NOT	XOR	XNOR	BUF		
11	12	13	14	15	16	17	18		

- 1) 2-Input AND Gate – элемент 2И;
- 2) 2-Input OR Gate – элемент 2ИЛИ;
- 3) Not Gate – инвертор;
- 4) 2-Input NOR Gate – элемент 2ИЛИ-НЕ;
- 5) 2-Input NAND Gate – элемент 2И-НЕ;
- 6) 2-Input XOR Gate – элемент, исключающий 2ИЛИ;
- 7) 2-Input XNOR Gate – элемент, исключающий 2ИЛИ-НЕ;
- 8) Tristate Buffer – буфер с тремя состояниями;
- 9) Buffer – буфер;
- 10) Schmitt-Triggered Inverter – триггер Шмита с инверсией;

- 11) AND – все комбинации элементов И;
- 12) OR – все комбинации элементов ИЛИ;
- 13) NAND – все комбинации элементов И-НЕ;
- 14) NOR – все комбинации элементов ИЛИ-НЕ;
- 15) NOT – инверторы;
- 16) XOR - все комбинации элементов, исключающих ИЛИ;
- 17) XNOR - все комбинации элементов, исключающих ИЛИ-НЕ;
- 18) BUF – буферы.

9. Digital - цифровые микросхемы:

Под этой кнопкой элементы из группы Digital Ins сгруппированы по назначению.

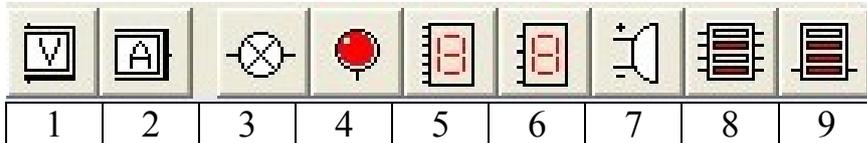
						
1	2	3	4	5	6	7
						
8	9	10	11	12	13	14

- 1) Half-Adder – полусумматор;
- 2) Full-Adder – полный сумматор;
- 3) RS Flip-Flop – RS – триггер;
- 4) JK Flip-Flop with Active High Asynch Inputs –
- 5) JK Flip-Flop with Active Low Asynch Inputs –
- 6) D Flip-Flop – D-триггер;
- 7) D Flip-Flop with Active Low Asynch Inputs –
- 8) Multiplexers – мультиплексоры;
- 9) Demultiplexers – демультиплексоры;
- 10) Encoders – кодеры;
- 11) Arithmetic – 4-разрядное арифметико-логическое устройство;
- 12) Counters – счетчики;

13) Shift Registers – сдвиговые регистры;

14) Flip-Flops – триггеры.

10. Indicators - индикаторные устройства:



1) Voltmeter – вольтметр;

2) Ammeter – амперметр;

3) Bulb - лампочка накаливания;

4) Red Probe – красный пробник;

5) Seven-Segment Display – семисегментный индикатор;

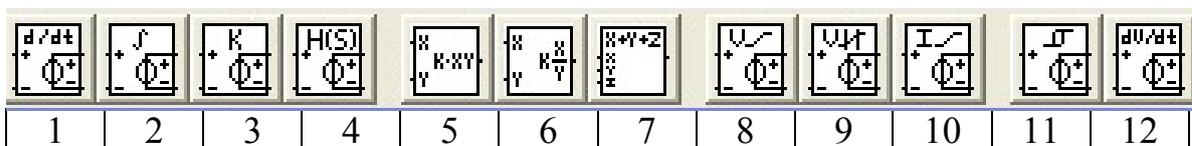
6) Dekoded Seven-Segment Display - семисегментный индикатор с встроенным дешифратором;

7) Buzzer – звуковой индикатор;

8) Bargraph Display – линейка из 10 светодиодов;

9) Dekoded Bargraph Display – линейка из 10 светодиодов с встроенным дешифратором;

11. Controls - аналоговые вычислительные устройства:



1) Voltage Differentiator – дифференциатор;

2) Voltage Integrator – интегратор;

3) Voltage Gain Block – масштабирующий блок;

4) Transfer Function block – формирователь передаточной функции;

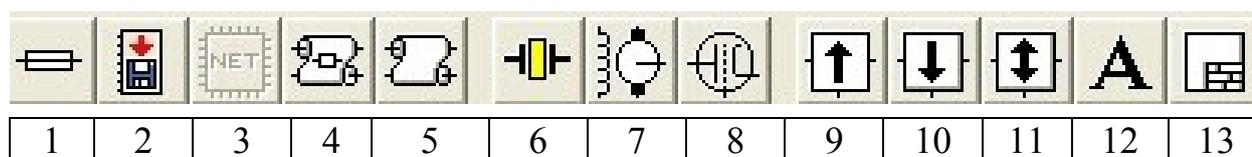
5) Multiplier – умножитель;

6) Divider – делитель;

7) Three-Way Voltage Summer – трехвходовый сумматор;

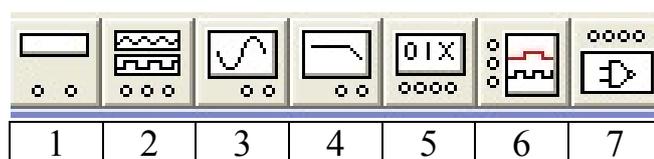
- 8) Voltage Limiter – ограничитель напряжения;
- 9) Voltage-Controlled Limiter – управляемый ограничитель напряжения;
- 10) Current Limiter Block – ограничитель тока;
- 11) Voltage Hysteresis Block – блок с гистерезисной характеристикой;
- 12) Voltage Slew Rate Block – блок с заданной скоростью нарастания напряжения.

12. Miscellaneous - компоненты смешанного типа:



- 1) Fuse – плавкий предохранитель;
- 2) Write Data – запись данных;
- 3) Netlist Component – сетевой список компонентов;
- 4) Lossy Transmission Line – линия передачи с потерями;
- 5) Lossless Transmission Line – линия передачи без потерь;
- 6) Crystal – кварцевый резонатор;
- 7) DC Motor – электродвигатель постоянного тока;
- 8) Triode Vacuum Tube – электровакуумный триод;
- 9) Boost (Step-Up) Converter фильтры-накопители
- 10) Buck (Step-Down) Converter } на переключаемых
- 11) Buck-Boost Converter индуктивностях;
- 12) Textbox – текстовое поле;
- 13) Title Block – заголовок блока.

13. Instruments - контрольно-измерительные приборы:



- 1) Multimeter – мультиметр;

- 2) Function Generator – функциональный генератор;
- 3) Oscilloscope – осциллограф;
- 4) Bode Plotter – измеритель АЧХ-ФЧХ;
- 5) Word Generator – генератор слова;
- 6) Logic Analyzer – логический анализатор;
- 7) Logic Converter – логический конвертер.

1.3 Приборы

К простейшим индикаторным приборам программы EWB относятся вольтметр и амперметр. Они расположены в поле индикаторных устройств (Indicators) и показаны на рис.1.3.

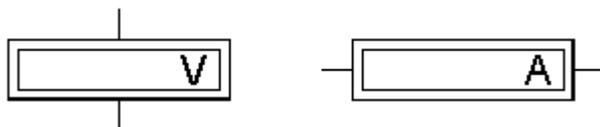


Рис. 1.3. Индикаторные приборы

Вольтметры и амперметры обеспечивают отсчет измеряемой величины с точностью до третьего знака. Они не требуют настройки, автоматически изменяя диапазон измерений. В одной схеме можно применять несколько таких приборов одновременно, наблюдая токи в различных ветвях и напряжения на различных элементах.

Вольтметры и амперметры используются для измерения переменного и постоянного напряжения и тока. Выделенная толстой линией сторона прямоугольника, изображающего вольтметр и амперметр, соответствует отрицательной клемме и может быть размещена на любой грани иконки при вращении изображения компоненты (вращение выполняется нажатием комбинации клавиш Ctrl+R).

Параметры вольтметра и амперметра:

- вид измеряемого напряжения;

- величина внутреннего сопротивления, задается в диалоговом окне, которое открывается двойным щелчком мыши на изображении вольтметра, в позиции Value. Величина внутреннего сопротивления вводится с клавиатуры в строке Resistance, а вид измеряемого напряжения (опция Mode) выбирается из списка - измерения постоянного (DC) или переменного (AC) тока (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Диалоговое окно вольтметра

При измерении переменного синусоидального напряжения (AC) вольтметр будет показывать действующее значение напряжения U , определяемое по

формуле:
$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$$

где U_m - амплитудное значение напряжения. Аналогично измеряется переменный синусоидальный ток. По умолчанию внутреннее сопротивление вольтметра 1 Мом, а амперметра - 1 мОм. Эти значения можно изменить, однако, слишком большое изменение может привести к математической ошибке во время моделирования работы схемы.

Кроме описанных амперметра и вольтметра, в Electronics Workbench имеется семь приборов, с многочисленными режимами работы, каждый из которых можно использовать в схеме только один раз. Эти приборы расположены в библиотеке контрольно-измерительных приборов (Instruments).

В состав библиотеки входят приборы для формирования и наблюдения аналоговых величин: мультиметр, функциональный генератор, осциллограф,

Бode-плоттер; и приборы для формирования и наблюдения логических величин: генератор слов, логический анализатор, логический преобразователь
Рассмотрим некоторые из приборов подробнее.

Мультиметр (Multimeter)

При выносе мультиметра на рабочее поле он приобретает вид (рис. 1.5)



Рис. 1.5. Изображение мультиметра в схеме

Мультиметр используется для измерения:

- напряжения (постоянного и переменного),
- тока (постоянного и переменного),
- сопротивления,
- уровня напряжения в децибелах.

Мультиметр обеспечивает отсчет измеряемой величины с точностью до третьего знака. Он не требует настройки, автоматически изменяя диапазон измерений.

Для настройки мультиметра нужно двойным щелчком мыши на его изображении открыть его увеличенное изображение (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Увеличенное изображение мультиметра

На увеличенном изображении нажатием левой кнопки мыши выбирается:

 - измеряемая величина по единицам измерения: А, V, Ω или dB;

 - вид измеряемого сигнала: переменный или постоянный;

Settings - режим установки параметров мультиметра. При нажатии кнопки Settings, открывается диалоговое окно (рис. 1.7), в котором можно установить сопротивление амперметра (по умолчанию 1 нОм), сопротивление вольтметра (по умолчанию 1 ГОм), ток омметра (по умолчанию 0,01 мкА) и стандарт нулевого уровня по напряжению (по умолчанию 1 В).

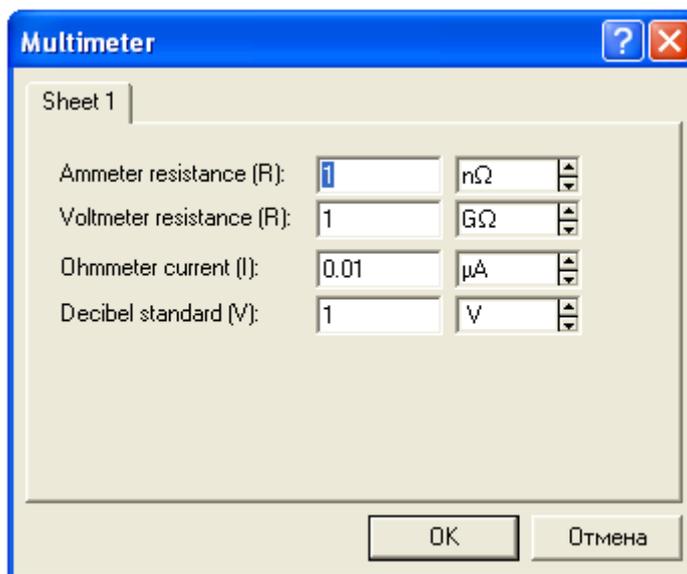


Рис. 1.7. Диалоговое окно установки параметров мультиметра

Показания мультиметра можно наблюдать только на увеличенном изображении прибора.

Функциональный генератор (Function Generator)

Генератор является идеальным источником напряжения, вырабатывающим сигналы синусоидальной, прямоугольной или треугольной формы.

При выносе функционального генератора на рабочее поле он приобретает вид (рис. 1.8)



Рис. 1.8. Изображение функционального генератора в схеме

Для настройки функционального генератора нужно двойным щелчком мыши на его изображении открыть его увеличенное изображение (рис. 1.9).

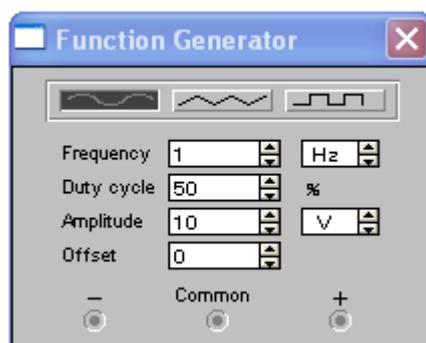


Рис. 1.9. Увеличенное изображение функционального генератора

Управление генератором осуществляется следующими органами

управления:

 - выбор формы выходного сигнала: синусоидальной (выбирается по умолчанию) треугольной и прямоугольной;

 - установка частоты выходного сигнала;

 - установка коэффициента заполнения в %: для импульсных сигналов это отношение длительности импульса к периоду повторения - величина, обратная скважности, для треугольных сигналов - соотношение между длительностями переднего и заднего фронта;

 - установка амплитуды выходного сигнала;

-  - установка смещения (постоянной составляющей) выходного сигнала. Она может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Это позволяет получить, например, последовательность однополярных импульсов;
-  - выходные зажимы; при заземлении клеммы COM (общий) на клеммах "-" и "+" получаем парафазный сигнал.

Осциллограф (Oscilloscope)

Осциллограф - это прибор, который предназначен для визуального контроля за формой электрических сигналов и измерения их параметров по изображению, наблюдаемому на экране электронно-лучевой трубке. При этом возможно измерение амплитудных и временных параметров сигналов.

Осциллограф имеет два канала, которые позволяют наблюдать два независимых сигнала. При выносе осциллографа на рабочее поле он приобретает вид (рис. 1.10)



Рис. 1.10. Изображение осциллографа в схеме

На изображении осциллографа имеется четыре клеммы, две клеммы внизу – входы первого и второго каналов, две клеммы справа: верхняя – для заземления (подключается к земле обязательно) и нижняя – для внешней синхронизации.

Для настройки осциллографа и наблюдения сигналов нужно двойным щелчком мыши на его изображении открыть его лицевую панель (рис. 1.11).

На панели осциллографа показаны два канала (Channel) А и В с отдельной регулировкой чувствительности в диапазоне от 10 мкВ/дел ($\mu\text{V}/\text{Div}$) до 5 кВ/дел (kV/Div) и регулировкой смещения по вертикали (Y position).

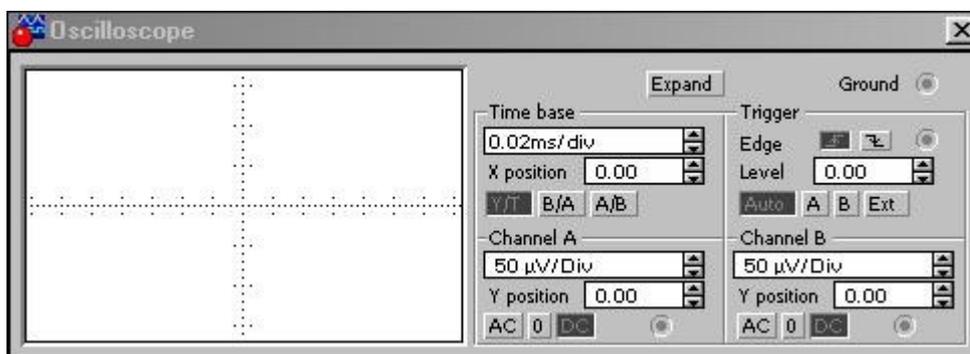
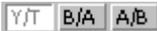


Рис. 1.11. Лицевая панель осциллографа

Выбор режима по входу осуществляется нажатием кнопок **AC 0 DC**. Режим AC предназначен для наблюдения только сигналов переменного тока. Его называют режимом "закрытого входа", поскольку в этом режиме на входе усилителя включается разделительный конденсатор, не пропускающий постоянную составляющую. В режиме 0 входной зажим замыкается на землю

(сигнал нельзя наблюдать). В режиме DC (включен по умолчанию) можно проводить осциллографические измерения как постоянного, так и переменного тока. Этот режим еще называют режимом "открытого входа", поскольку входной сигнал поступает на вход вертикального усилителя непосредственно. С правой стороны от кнопки DC расположен входной зажим канала.

Режим развертки выбирается кнопками . В режиме Y/T (включен по умолчанию) реализуется режим развертки: по вертикали - напряжение сигнала, по горизонтали - время; в режиме B/A: по вертикали - сигнал канала B, по горизонтали - сигнал канала A; в режиме A/B: по вертикали - сигнал канала A, по горизонтали - сигнал канала B.

В режиме развертки Y/T длительность развертки (Time base) может быть задана в диапазоне от 0,1 нс/дел (ns/div) до 1 с/дел (s/div) с возможностью установки смещения в тех же единицах по горизонтали (X position).

В режиме Y/T предусмотрен также ждущий режим (Trigger) с запуском развертки (Edge) по переднему или заднему фронту запускающего сигнала (выбирается нажатием соответствующих кнопок) при регулируемом уровне (Level) запуска, а также в режиме Auto (от канала A или B), от канала A, от канала B или от внешнего источника (Ext), подключаемого к зажиму в блоке управления Trigger. Названные режимы запуска развертки выбираются кнопками .

При нажатии на кнопку Expand, лицевая панель осциллографа существенно меняется (см. рис.1.12) - увеличивается размер экрана, появляется возможность прокрутки изображения по горизонтали и его сканирования с помощью вертикальных визирных линий (синего и красного цвета), которые за треугольники (они обозначены также цифрами 1 и 2) можно курсором перетаскивать в любое место экрана.

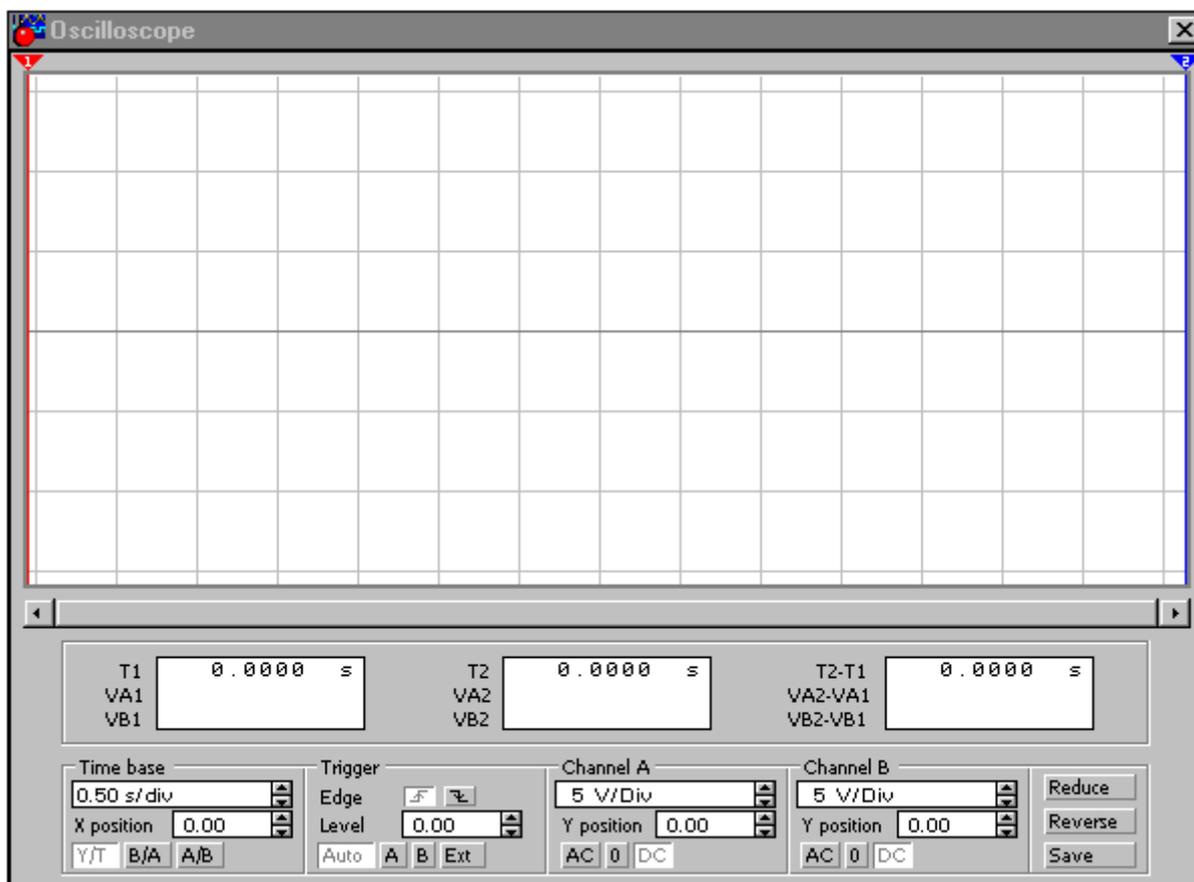


Рис. 1.12. Лицевая (увеличенная) панель осциллографа

При этом в индикаторных окошках под экраном приводятся результаты измерения напряжения, временных интервалов и их приращений (между визирными линиями). Изображение можно инвертировать нажатием кнопки Reverse и записать данные в файл нажатием кнопки Save. Возврат к исходному состоянию осциллографа - нажатием кнопки Reduce.

Измеритель АЧХ и ФЧХ (Bode Plotter)

Измеритель диаграмм Боде (или Боде-плоттер) предназначен для измерения амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и фазо-частотных характеристик (ФЧХ) электрических цепей. При выносе измерителя АЧХ и ФЧХ на рабочее поле он приобретает вид (рис. 1.13)



Рис. 1.13. Изображение Боде-плоттера в схеме

Бод-плоттер имеет четыре зажима: два входных (In) и два выходных (Out). Для измерения отношения амплитуд или фазового сдвига нужно подключить положительные выводы входов In и Out (левые выводы соответствующих входов) к исследуемым точкам, а два других вывода заземлить. При двойном щелчке мышью по уменьшенному изображению Бод-плоттера открывается его увеличенное изображение (рис. 1.14)

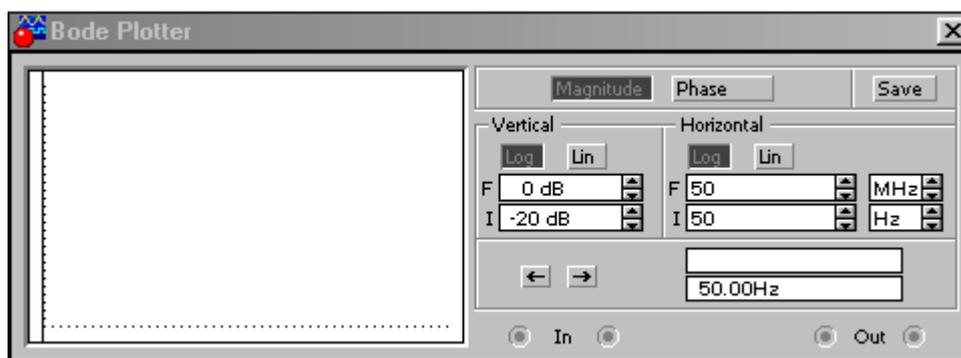


Рис. 1.14. Лицевая панель измерителя АЧХ и ФЧХ

Верхняя панель плоттера задает вид получаемой характеристики: АЧХ или ФЧХ. Для получения АЧХ нажмите кнопку Magnitude, для получения ФЧХ - кнопку Phase.

Левая панель управления (Vertical) задает:

- начальное (I - initial) и конечное (F - final) значения параметров, откладываемых по вертикальной оси,
- вид масштаба шкалы вертикальной оси - логарифмическая (Log) или линейная (Lin).

Правая панель управления (Horizontal) настраивается аналогично. При получении АЧХ по вертикальной оси откладывается отношение напряжений:

- в линейном масштабе от 0 до 10^9 (10E9);
- в логарифмическом масштабе от -200dB до 200dB.

При получении ФЧХ по вертикальной оси откладываются градусы, - от -720° до 720°. По горизонтальной оси всегда откладывается частота в Герцах в линейном или логарифмическом масштабе. В начале горизонтальной шкалы расположен курсор. Его можно перемещать нажатием на кнопки со стрелками, расположенными справа от экрана, либо "тащить" с помощью мыши.

Координаты точки пересечения курсора с графиком характеристики выводятся на информационных полях внизу справа.

Генератор слов (Word Generator)

Генератор слов предназначен для генерации 16-разрядных двоичных слов, которые набираются пользователем на экране, расположенном в левой части лицевой панели 4-разрядным шестнадцатеричным кодом. При выносе генератора слов на рабочее поле он приобретает вид (рис. 1.15)

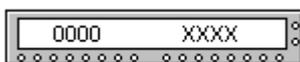


Рис. 1.15. Изображение генератора слов в схеме

При двойном щелчке мышью по уменьшенному изображению генератора слов открывается его увеличенное изображение (рис. 1.16)

Для набора двоичных комбинаций необходимо щелкнуть мышью на соответствующем разряде выбранной ячейки и затем ввести с клавиатуры число от 0 до F. Дальнейшие перемещения курсора по полю экрана удобнее проводить не с помощью мыши, а клавишами управления курсором.

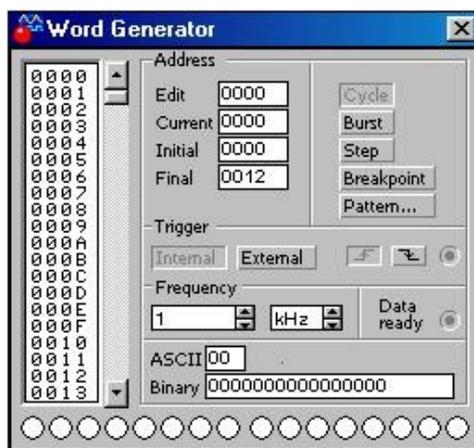


Рис. 1.16 Лицевая панель генератора слова

В блоке Адрес (Adress) номер редактируемой ячейки фиксируется в окошке "Edit", а содержимое этой ячейки отображается внизу в двух окошках: "ASCII" – в текстовом коде, "Binary" – в двоичном коде. Всего таких ячеек и, следовательно, комбинаций - 2048. В этом же блоке задаются начальная (Initial) и конечная (Final) ячейки работы генератора слов. В процессе работы генератора в окошке "Current" отображается номер текущей ячейки.

В верхнем правом блоке располагаются кнопки управления режимами работы генератора:

- "Cycle" - включает циклическую работу генератора слов;

- "Burst" – включает работу генератора от начальной ячейки до конечной в течение одного цикла;

- "Step" – при каждом нажатии на эту кнопку генерируется одна кодовая комбинация из текущей ячейки;

- "Breakpoint" - прерывание работы генератора в указанной ячейке. При этом требуемая ячейка выбирается на дисплее генератора курсором, а затем нажимается кнопка "Breakpoint";

- "Pattern" – этой кнопкой вызывается подменю настройки генератора (рис. 1.17), в котором имеются следующие команды:

Clear buffer - стереть содержимое всех ячеек.

Open - открыть (загрузить) кодовые комбинации из файла.

Save - записать все комбинации в файл.

Up counter - заполнить буфер экрана кодовыми комбинациями, начиная с 0 в нулевой ячейке и далее с прибавлением 1 в каждой последующей ячейке.

Down counter - заполнить буфер экрана комбинациями, начиная с FFFF в нулевой ячейке и далее с уменьшением на 1.

Shift right - заполнить каждые 4 ячейки комбинациями 1-2-4-8 со смещением их в следующих четырех ячейках вправо.

Shift left - то же самое, но со смещением влево.

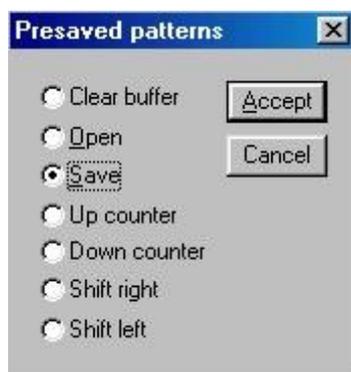


Рис. 1.17. Подменю настройки генератора слов

При записи в текстовый файл с расширением *.dp содержимое экрана будет записано в виде таблицы с указанием номеров строк (слов). При необходимости его можно отредактировать и загрузить снова.

Обеспечение тактовой частотой работы генератора осуществляется либо от внутреннего тактового генератора, при этом в блоке Trigger должна быть нажата кнопка "Internal", величина тактовой частоты задается в блоке Frequency, либо от внешнего источника тактовой частоты, который подключается к верхней правой клемме генератора слов, при этом в блоке Trigger должна быть нажата кнопка "External".

Существует внешний запуск (нажата кнопка "External") по готовности данных (клемма "Data ready"). Сигнал с этого выхода сопровождает каждую выдаваемую на выход кодовую комбинацию и используется в этом случае, когда исследуемое устройство обладает свойством квитирования (подтверждения). В этом случае после получения очередной кодовой комбинации и сопровождающего его сигнала "Data ready" исследуемое устройство должно выдать сигнал подтверждения получения данных, который подается на вход синхронизации генератора (клемма в блоке "Trigger") и производит очередной запуск генератора.

Сформированные слова в 16-разрядном двоичном коде выдаются на 16 расположенных в нижней части прибора выходных клемм-индикаторов.

Логический анализатор (Logic Analyzer)

Анализатор предназначен для отображения на экране монитора 16-разрядных кодовых последовательностей одновременно в 16 точках схемы, а также в виде двоичных чисел на входных клеммах-индикаторах и в виде шестнадцатеричных чисел. При выносе логического анализатора на рабочее поле он приобретает вид (рис. 1.18)

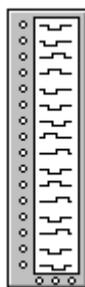


Рис. 1.18. Изображение логического анализатора в схеме

При двойном щелчке мышью по уменьшенному изображению логического анализатора открывается его увеличенное изображение (рис. 1.19). Экран логического анализатора снабжен также двумя визирными линейками (как в осциллографе в режиме Expand), что позволяет получать точные отчеты временных интервалов T1, T2 и T2-T1, а также линейкой прокрутки по горизонтали, что позволяет анализировать процессы на большом временном интервале. В блоке Clock имеются клеммы для подключения как обычного "Extend", так и избирательного "Qualifier" источника запускающих сигналов, параметры которых могут быть установлены с помощью меню на рис.1.20, вызываемого кнопкой "Set".

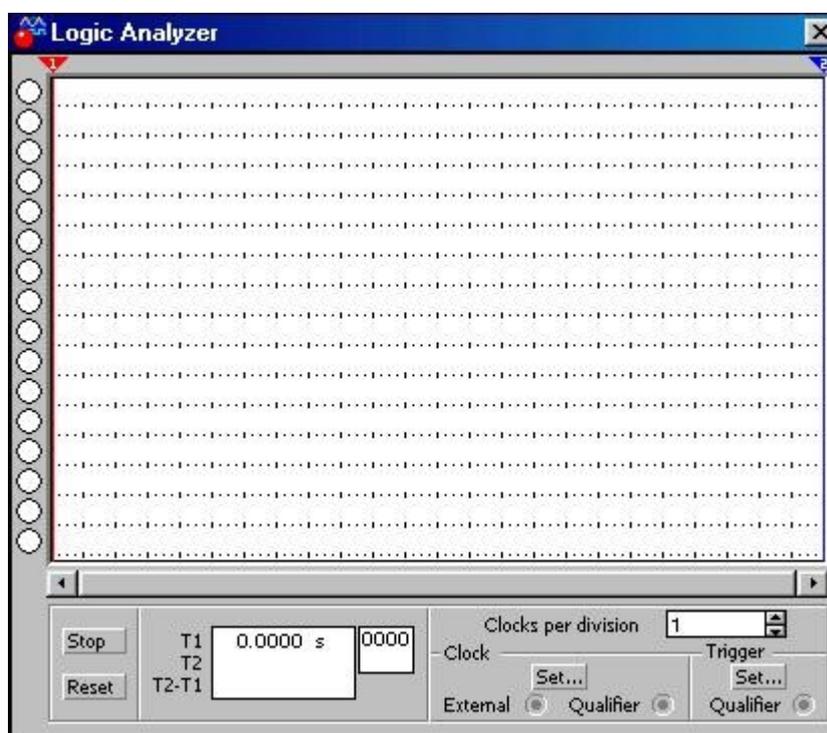


Рис. 1.19 Лицевая панель логического анализатора

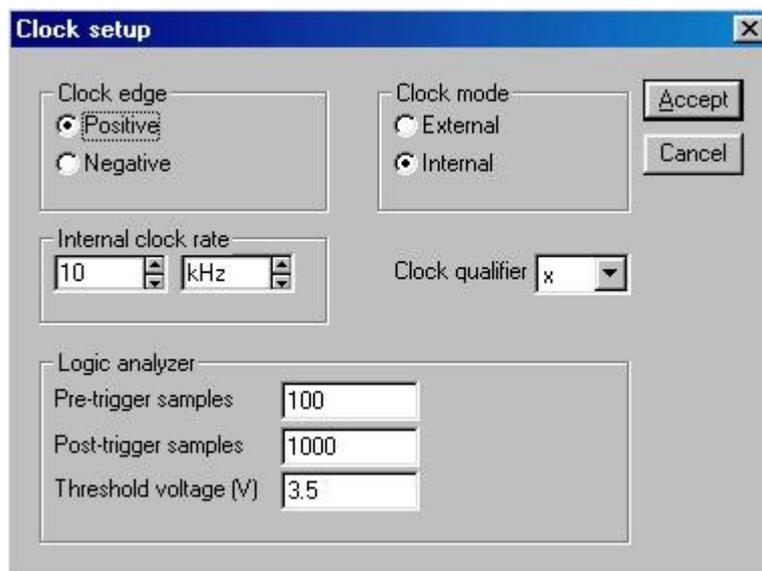


Рис. 1.20. Подменю управления тактовыми сигналами логического анализатора

Запуск генератора можно производить по переднему "Positive" или заднему "Negative" фронту запускающего сигнала с использованием внешнего "External" или внутреннего "Internal" источника. В окне "Clock qualifier" можно установить значение логического сигнала 0, 1 или X, при котором производится запуск анализатора. Дополнительные условия запуска анализатора могут быть выбраны с помощью диалогового окна, которое вызывается кнопкой "Set" в блоке "Trigger" (рис. 1.21).

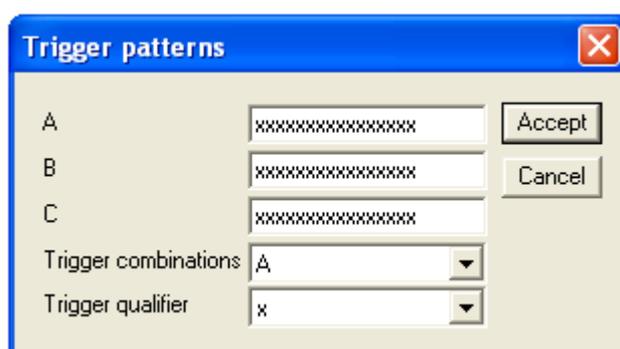


Рис. 1.21. Подменю дополнительных условий запуска логического анализатора

С помощью этого окна в каналах А, В и С можно задать нужные двоичные 16-разрядные комбинации сигналов и затем в строке "Trigger combinations" установить дополнительное условие отбора (А or В - запуск

анализатора от канала А или В; $A \text{ then } B$ - запуск от канала А, если сигнал в канале $B=1$; $(A \text{ or } B) \text{ then } C$ - запуск от канала А или В, если сигнал в канале $C=1$). В окне "Trigger qualifier" можно задать 1, 0 или X, при наличии которых производится запуск анализатора.

Логический преобразователь (Logic Converter)

Преобразователь предназначен: 1) для определения таблицы истинности и булева выражения логического устройства, построенного на рабочем поле программы EWB 5.12; 2) для синтеза логического устройства по заданной таблице истинности или булевому выражению. При выносе логического преобразователя на рабочее поле он приобретает вид (рис. 1.22)

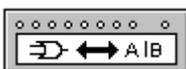


Рис. 1.22. Изображение логического преобразователя в схеме

При двойном щелчке мышью по уменьшенному изображению логического анализатора открывается его увеличенное изображение (рис. 1.23).

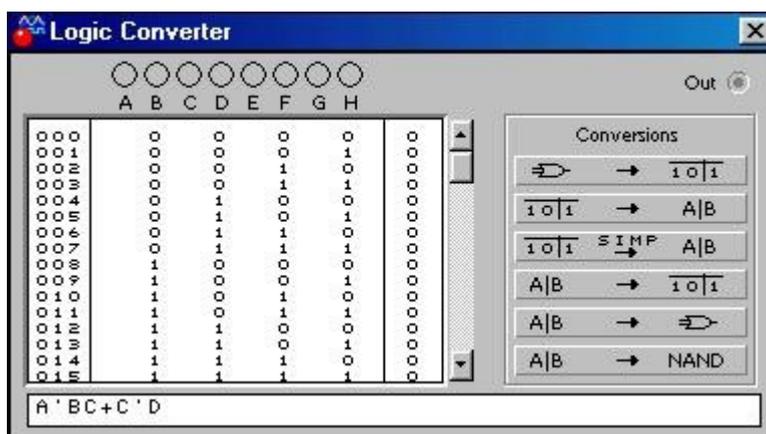


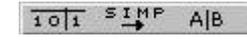
Рис. 1.23 Лицевая панель логического преобразователя

На лицевой панели преобразователя показаны 8 клемм входов А, В, ..., Н и одна клемма выхода "OUT", экран для отображения таблицы истинности исследуемой схемы, внизу экран-строка для отображения ее булева выражения.

В правой части панели расположены кнопки управления процессом преобразования "Conversions". При нажатии получим:

а)  - таблицу истинности исследуемого устройства из логической схемы;

б)  - булево выражение, реализуемое устройством из таблицы истинности;

в)  - минимизированное булево выражение из таблицы истинности;

г)  - таблицу истинности из булева выражения;

д)  - схему устройства на логических элементах без ограничения их типа из булева выражения;

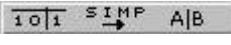
е)  - схему устройства только на логических элементах И-НЕ из булева выражения.

Логический анализ m -входного устройства с одним выходом
(m не более 8).

Входы исследуемого устройства подключаются по порядку к клеммам А... Н, а выход — к клемме OUT. В этом случае, используя кнопки управления, получим:

-  - таблицу истинности исследуемой логической схемы;

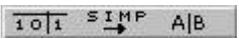
-  - булево выражение, реализуемое устройством из таблицы истинности;

-  - минимизированное булево выражение из таблицы истинности;

Синтез логического устройства по таблице истинности.

Щелчком мыши по входным клеммам А, В, ..., Н, начиная с клеммы А, активизируем мышью требуемое число входов (не более 8) синтезируемого логического устройства, в результате чего на экране анализатора получим начальную таблицу истинности, в которой будут представлены все возможные комбинации входных сигналов. Соответствующие им требуемые значения логических сигналов (0, 1 или X) на выходе проставляются с помощью мыши и

клавиатуры в столбце, размещенном на экране анализатора справа. Задав все требуемые значения на выходе логической схемы, используя кнопки управления, получим:

-  или  - булево выражение или минимизированное булево выражение синтезируемой схемы;
-  или  - синтезируемую схему из всех элементов или синтезируемую схему из элементов И-НЕ.

Синтез логического устройства по булеву выражению.

Булево выражение заносится в экран-строку, предварительно активизируя там мышью курсор. При этом используются символы А ... Н, а при инверсии - А' ... Н'. Используя кнопки управления, получим:

-  - синтезируемую схему из всех элементов;
-  - синтезируемую схему из элементов И-НЕ.

2. Моделирование схем

Electronics Workbench позволяет строить аналоговые, цифровые и цифро-аналоговые схемы различной степени сложности. Исследуемая схема собирается на рабочем поле при одновременном использовании мыши и клавиатуры. Применение в работе только клавиатуры невозможно.

2.1. Порядок проведения работы при построении принципиальной электрической схемы

При построении и редактировании схем выполняются следующие операции:

- выбор компонентов;
- выделение и перемещение объекта;
- копирование и удаление объектов;
- соединение компонентов схемы проводниками;
- установка значений компонентов;

Если схема не помещается на экране монитора, любой её участок можно просмотреть при помощи линеек прокрутки, расположенных справа и под рабочим полем.

Выбор компонента из библиотеки компонентов

Выбор нужного компонента производится из поля компонентов, нужное поле компонентов выбирается нажатием левой кнопки мыши на одной из пиктограмм панели компонентов. При этом откроется соответствующая библиотека компонентов. После выбора библиотеки компонентов нужный компонент при помощи мыши, нажав левую кнопку, переместить на рабочее поле.

Выделение объекта и его перемещение

Выделение объекта осуществляется при помощи мыши (под объектом подразумевается как один компонент, так и группа компонентов). При выборе компонента нужно установить указатель мыши на нужный компонент (при этом изображение указателя изменится на ) и щелкнуть левой кнопкой мыши. Для выбора группы компонентов нужно установить указатель мыши в один из углов прямоугольной области, содержащей группу, и, нажав левую кнопку мыши, растянуть рамку до необходимых размеров, после чего отпустить кнопку. Выбранный объект изменяет свой цвет на красный. Снять выделение можно щелчком мыши в любой точке рабочего поля.

Перемещение объекта производится при помощи мыши. Для перемещения объект нужно предварительно выделить, а затем установите указатель мыши на объект (при этом изображение указателя изменится на ) и, нажав левую кнопку мыши, перетащите объект.

Объект можно поворачивать на угол, кратный 90° . Для этого объект нужно предварительно выделить, а затем выбрать команду Rotate из меню Circuit или нажать Ctrl+ R или нажать на кнопку  на панели инструментов. При этом объект повернется на 90° против часовой стрелки. При повороте группы

компонентов на 90° поворачивается каждый компонент, а не вся группа целиком.

Объект можно зеркально поворачивать вертикально (горизонтально). Для этого объект нужно предварительно выделить, а затем выбрать команду Flip Vertical (Flip Horizontal) из меню Circuit или нажать на кнопку  или  на панели инструментов. При зеркальном повороте группы компонентов поворачивается каждый компонент, а не вся группа целиком.

Копирование и удаление объектов

Копирование объектов осуществляется при помощи команды Copy из меню Edit или нажатием Ctrl+ C. Перед копированием объект нужно выделить. После выполнения команды выделенный объект копируется в буфер. Для вставки содержимого буфера на рабочее поле нужно выбрать команду Paste из меню Edit или нажать Ctrl+ V. После выполнения команды содержимое буфера появится на рабочем поле и будет выделено цветом. Удаление объекта осуществляется командами Cut и Delete. Отличие состоит в том, что при выполнении команды Cut объект удаляется в буфер и может быть затем вставлен обратно на рабочее поле, а при выполнении команды Delete объект удаляется совсем. Перед удалением объект также должен быть выделен.

Соединение компонентов схемы проводниками

Для соединения компонентов проводниками нужно подвести курсор к выводу элемента; появится черная точка (рис. 2.1а), нажать ЛКМ и провести проводник до вывода другого элемента. У вывода второго элемента также появится черная точка (рис. 2.1б); после ее появления кнопку отпустить. Следует отметить, что прокладка соединительных проводников производится автоматически, причем препятствия — компоненты и другие проводники — огибаются по ортогональным направлениям (рис. 2.1в).

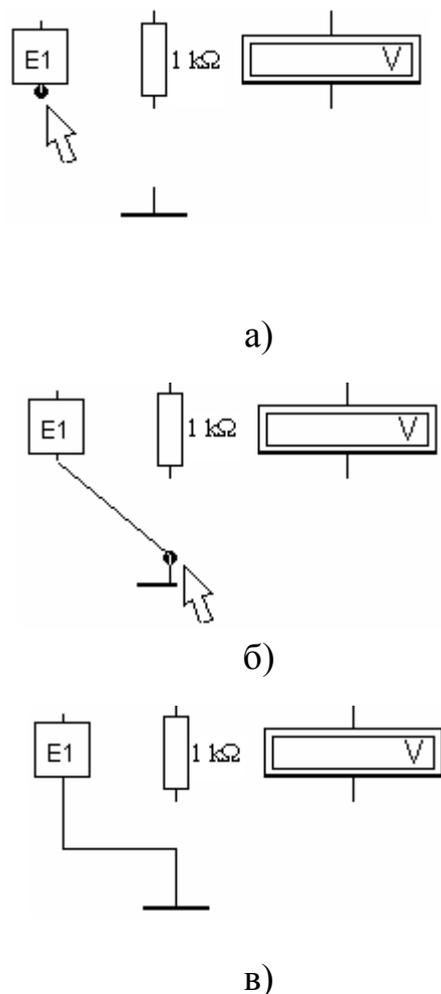


Рис. 2.1. Последовательность соединения элементов схемы проводниками

Если соединение нужно разорвать, курсор подводится к одному из выводов компонентов или точке соединения и при появлении черной точки нажимается левая кнопка, проводник отводится на свободное место рабочего поля, после чего кнопка отпускается. Если необходимо подключить вывод к имеющемуся на схеме проводнику, то проводник от вывода компонента курсором подводится к указанному проводнику и после появления точки соединения кнопка мыши отпускается.

Все проводники в Electronics Workbench по умолчанию черного цвета, но цвет проводника можно изменить. Для этого нужно двойным щелчком на изображении проводника открыть окно, приведенное на рис. 2.2, и в окне мышью выбрать требуемый цвет.

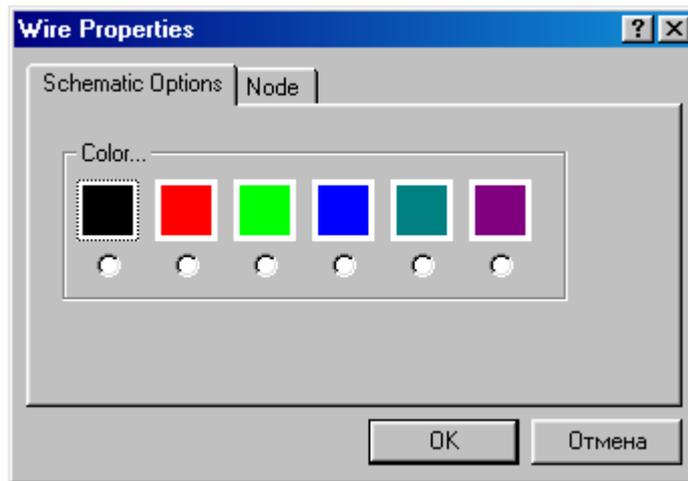


Рис. 2.2. Изменение цвета проводника

Если проводник подключен к осциллографу, то график на экране осциллографа будет иметь тот же цвет, что и проводник. Проводник можно перемещать по рабочему полю. Для этого курсор подводится к проводнику и нажимается ЛКМ, курсор принимает вид, показанный на рис. 2.3. Не отпуская ЛКМ переместить проводник в требуемое место.

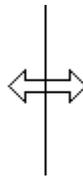


Рис. 2.3. Перемещение проводника по рабочему полю

Установка значений параметров компонентов

Установка значений параметров компонентов производится в диалоговом окне свойств компонента, которое открывается двойным щелчком мыши по изображению компонента или командой Component Properties из меню Circuit (при этом компонент должен быть выделен).

В окне свойств компонента возможны следующие типы закладок:

Label (Закладку также можно вызвать одновременным нажатием клавиш CTRL+L). Используйте эту закладку, чтобы установить или заменить метку

компонента и идентификатор (компоненты типа соединителей, заземлений, индикаторов не имеют идентификаторов).

Если Вы вращаете или зеркально отражаете компонент, метка может быть установлена повторно. Если, в результате, провод проходит через метку, Вы можете сдвинуть метку направо, добавляя несколько пробелов перед меткой.

Обратите внимание, идентификаторы назначаются системой, уникально идентифицируя компонент. Вы можете изменять их в случае необходимости, но они должны оставаться уникальными. Идентификаторы не могут быть удалены.

Value (Закладку также можно вызвать одновременным нажатием клавиш CTRL+U). Поля на этой закладке различаются в зависимости от компонента. На этой закладке задаются основные параметры компонента.

Models (Закладку также можно вызвать одновременным нажатием клавиш CTRL+M). Используйте эту закладку, чтобы выбрать модель, используемую для компонента и для редактирования, добавления или удаления моделей или библиотек. Компоненты по умолчанию “идеальны”, что для большинства схемотехнических моделирований может быть достаточным. Однако, если вы хотите увеличить точность результатов теста, используйте “реальную” модель.

Schematic Options - используется, чтобы установить цвет провода.

Fault (Закладку также можно вызвать одновременным нажатием клавиш CTRL+F). Используйте эту закладку, чтобы назначить неисправность на терминал компонента.

Leakage - помещает значение сопротивления, определенное в смежных полях, параллельно с выбранными терминалами. Это заставляет ток течь мимо терминалов вместо того, чтобы пройти их.

Short - помещает очень низкое сопротивление между двумя терминалами, так что компонент не имеет никакого измеримого эффекта на схеме.

Open - помещает очень высокое сопротивление на терминале, как будто проводное соединение на терминал было разбито.

Node - используется для изменения свойств узла. **Node ID** - назначенное системой имя узла. **Use as Testpoint** - определяет, должен ли узел

рассматриваться как тестовая точка. Set Node Color - отменяет набор цветов для отдельных проводов.

Display - закладка используется для отображения/скрытия тех или иных элементов Electronics Workbench. Когда выбрано Use Schematic Options используются настройки параметров дисплея из закладки Show/Hide диалогового окна Circuit/Schematic Options. Show labels, Show models, Show reference ID - когда не выбрано Use Schematic Options, используются параметры дисплея как они были определены.

Setup - закладка используется для настройки параметров элементов, таких как рабочая температура. Use global temperature - если выбрано, используется набор температур установленный в Analysis/Analysis Options. Если не выбрано, используются те температуры, которые были определены. Set initial conditions - устанавливает начальные значения для компонента.

Некоторые компоненты отображают дополнительные параметры на этой закладке, для использования вместе с параметрами, описанными в техническом справочнике Electronics Workbench.

Примеры меню установки параметров резистора и генератора переменного напряжения приведены на рис. 2.4, 2.5

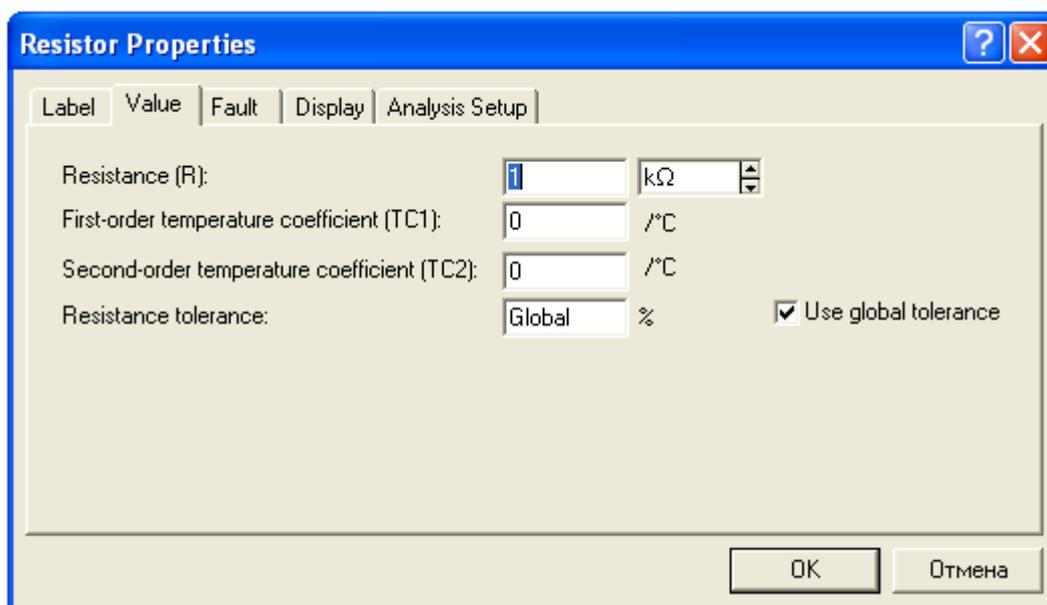


Рис. 2.4. Меню установки параметров резистора

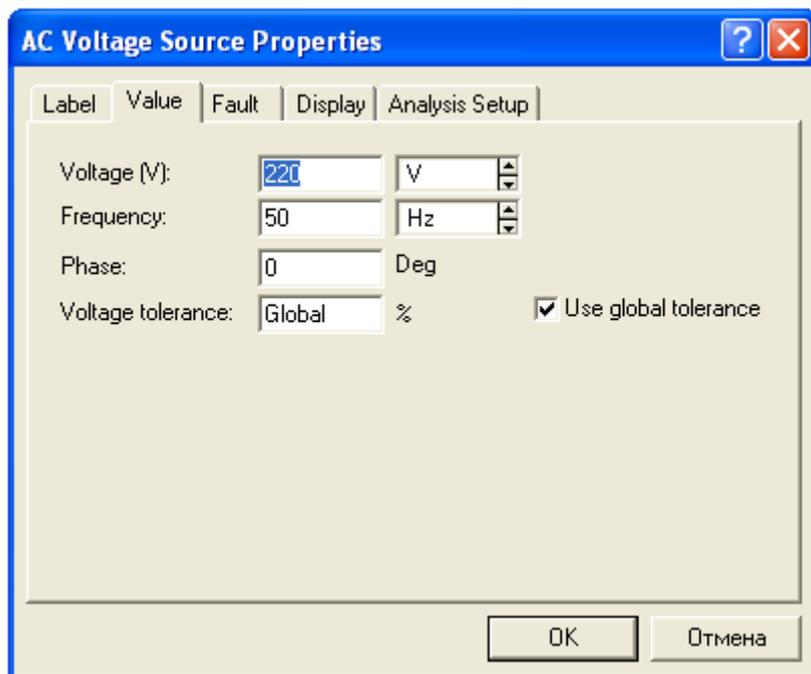


Рис. 2.5. Меню установки параметров генератора переменного напряжения

В диалоговом окне на вкладке Value при помощи клавиатуры и мыши нужно ввести требуемые значения параметров компонента и нажать Ok (на клавиатуре Enter) для подтверждения установки значения.

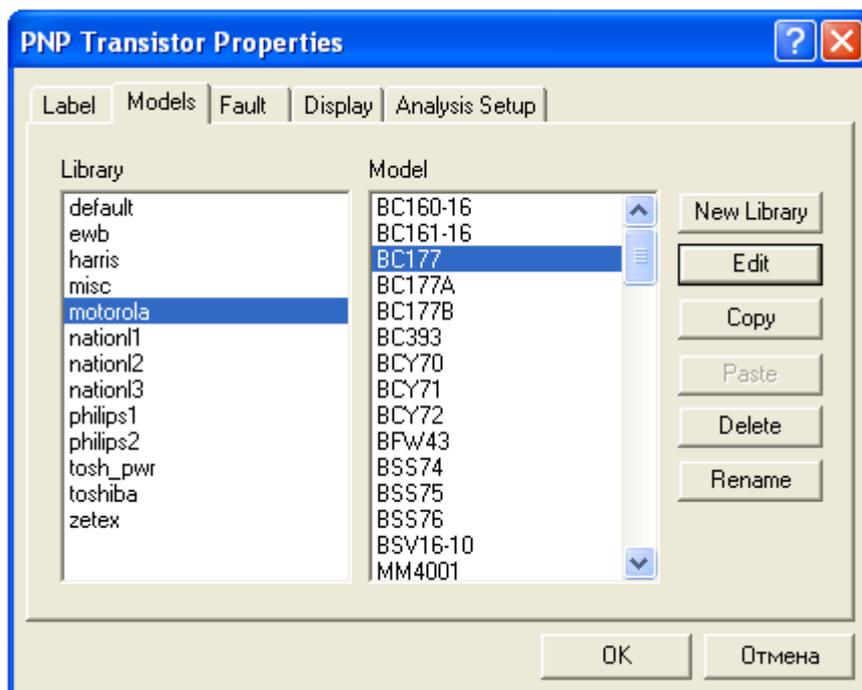


Рис.2.6. Меню выбора модели биполярного p-n-p транзистора

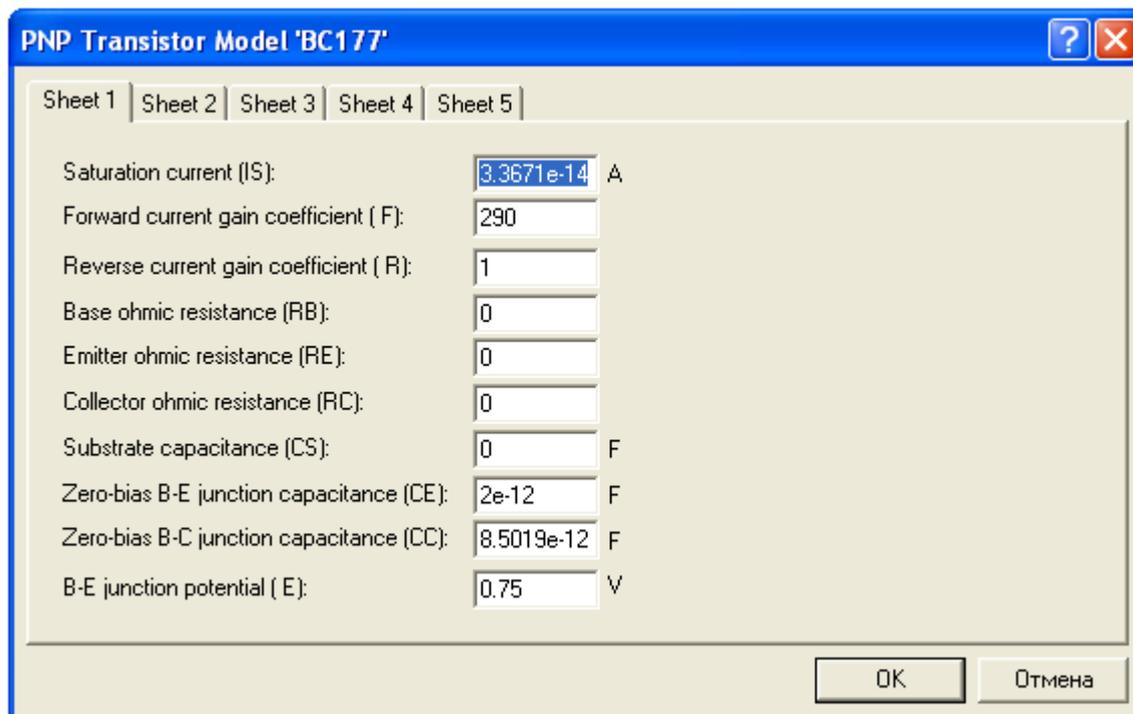


Рис. 2.7. Подменю установки параметров выбранной модели биполярного р-п-р транзистора

Выбор модели компонента (для таких элементов, как диод, транзистор, операционный усилитель, микросхема и т. п.) осуществляется в диалоговом окне свойств компонента на вкладке Model (рис. 2.6).

В диалоговом окне можно выбрать модель компонента и отредактировать значения её параметров. Для редактирования значений параметров модели нужно нажать кнопку Edit. При этом откроется окно свойств модели (рис. 2.7), в котором при помощи мыши и клавиатуры можно изменять значения её параметров. Сохранить введенные значения параметров можно нажатием кнопки Ok. После этого происходит возврат к предыдущему окну.

После построения схемы можно каждому компоненту присвоить позиционное обозначение или просто какое-либо имя. Это можно сделать в диалоговом окне свойств компонента на вкладке Label или нажатием Ctrl+ L, предварительно выделив компонент. После этого откроется диалоговое окно

(рис. 2.8), в котором нужно ввести обозначение или имя компонента и нажать клавишу Ok. В нижней окошке программа предлагает название компонента.

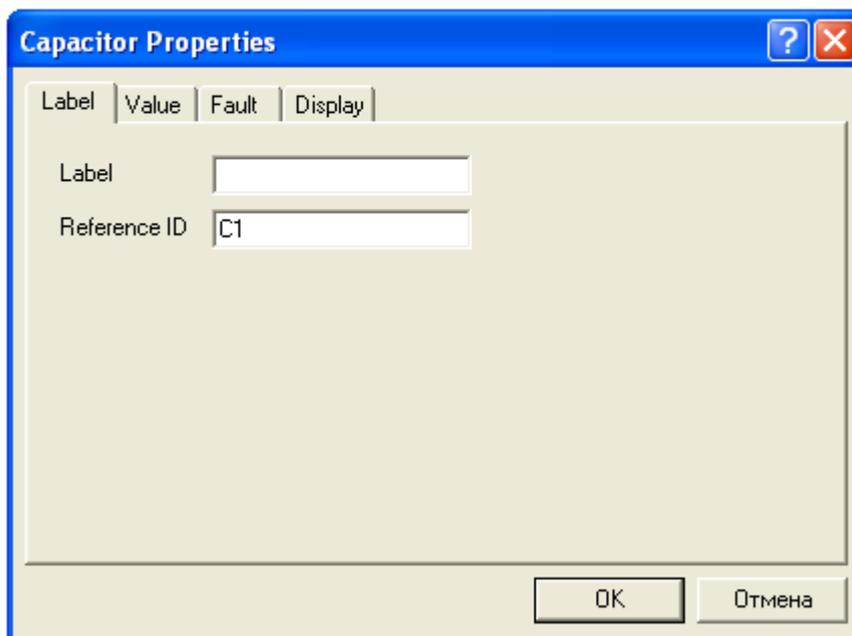


Рис. 2.8. Подменю присвоения обозначений компонентам

Когда схема создана и готова к работе для начала имитации процесса необходимо щелкнуть кнопку включения питания  в верхнем правом углу на панели инструментов. Данное действие приведет в рабочее состояние схему и в одном из окон строки состояния будет показываться время работы схемы, которое не соответствует реальному и зависит от скорости процессора и системы персонального компьютера. Прервать имитацию можно двумя способами. Если вы закончили работу, то нужно повторно щелкнуть переключатель питания . Если же нужно временно прервать работу схемы, например, для детального рассмотрения осциллограммы, а затем продолжить работу можно воспользоваться кнопкой Pause, которая расположена ниже переключателя питания на панели инструментов.

В случае серьезной ошибки в схеме (замыкание элемента питания накоротко, отсутствие нулевого потенциала в схеме) будет выдано предупреждение.

Анализ осциллограмм производится после выключения схемы, осциллограмма при этом сохраняется.

При изменении каких-либо параметров элементов, схему следует выключать, иначе возможно получение неверных результатов.

2.2. Технология подготовки схем

Прежде чем создавать чертеж принципиальной схемы средствами программы EWB, необходимо на листе бумаги подготовить ее эскиз с примерным расположением компонентов и с учетом возможности оформления отдельных фрагментов в виде подсхем. Целесообразно также ознакомиться с библиотекой готовых схем программы для выбора аналога (прототипа) или использования имеющихся решений в качестве подсхем.

В общем случае процесс создания схемы начинается с размещения на рабочем поле EWB компонентов из библиотек программы в соответствии с подготовленным эскизом. Одиннадцать разделов библиотеки программы EWB 5.12 поочередно могут быть вызваны с помощью иконок. Для открытия каталога нужной библиотеки необходимо подвести курсор мыши к соответствующей иконке и нажать один раз ее левую кнопку, после чего открывается каталог данного раздела библиотеки. Необходимый для создания схемы значок (символ) компонента переносится из каталога на рабочее поле программы движением мыши при нажатой левой кнопке, после чего кнопка отпускается. Задаются параметры компонентов, производится соединение их проводниками. На этом этапе необходимо предусмотреть место для размещения контрольно-измерительных приборов.

Если в схеме используются компоненты одинакового номинала (например, резисторы с одинаковым сопротивлением), то номинал такого компонента рекомендуется задать один раз и затем этот компонент копировать и вставлять в нужном количестве на рабочее поле.

Подключение к схеме контрольно-измерительных приборов производится аналогично. Причем для таких приборов, как осциллограф или логический анализатор, соединения целесообразно проводить цветными проводниками, поскольку их цвет определяет цвет соответствующей осциллограммы.

При условном обозначении компонентов необходимо придерживаться рекомендаций, правил, предусмотренных ЕСКД (единой системой конструкторской документации).

При импортировании в создаваемую схему другой схемы или ее фрагментов целесообразно действовать в следующей последовательности:

командой File>Save As записать в файл создаваемую схему, указав его имя в диалоговом окне (расширение имени файла указывать не обязательно, программа сделает это автоматически);

командой File>Open загрузить на рабочее поле импортируемую схему стандартным для Windows образом;

командой Edit>Select All выделить схему, если импортируется вся схема, или выделить ее нужную часть;

командой Edit>Copy скопировать выделенную схему в буфер обмена;

командой File>Open загрузить создаваемую схему;

командой Edit>Paste вставить содержимое буфера обмена на рабочее поле; после вставки импортируемая схема будет выделена (и отмечена красным цветом) и может оказаться наложенной на создаваемую схему;

клавишами управления курсором (или ухватившись мышью за один из компонентов) отбуксируйте импортированную часть в нужное место, после чего можно отменить выделение;

после подключения импортированной схемы необходимо щелчками мыши пройти по всем ее компонентам, чтобы исключить их смещения, возникающие при буксировке и приводящие к ступенчатым искажениям проводников.

Перемещения отдельных фрагментов схемы при ее компоновке выполняются вышеописанным образом после выделения фрагмента. Если схема состоит из однотипных блоков, то целесообразно скомпоновать один такой блок, а затем путём копирования и вставки размножить его до нужного количества и выполнить необходимые соединения.

Программа позволяет создавать подсхемы в виде блоков, которые приобретают вид пиктограмм. Подсхема может содержать так много компонентов, как требуется. Любая подача проводов к другим компонентам или соединителям в схеме станет терминалами на пиктограмме подсхемы. Чтобы создать подсхему необходимо:

а) Выбрать элементы, которые нужно использовать для подсхемы;

б) Выбрать в меню Circuit команду Create Subcircuit, появится подменю, показанное на рис. 2.9. Далее необходимо присвоить имя (Name) подсхеме и нажать одну из трех кнопок:

- Copy from Circuit - помещает копию выбранных компонентов в подсхему.

Первоначальные компоненты остаются, поскольку они находятся в окне схемы;

- Move from Circuit - удаляет выбранные компоненты из схемы, так что они появляются только в подсхеме;

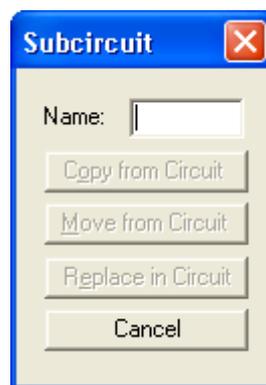


Рис. 2.9. Подменю создания подсхем

- Replace in Circuit - помещает выбранные компоненты в подсхему и заменяет выбранные компоненты в схеме прямоугольником, помеченным именем подсхемы.

Выбранные компоненты появляются в новом окне, окне подсхемы. Имя новой подсхемы добавляется к списку доступных подсхем, который отображается, когда пиктограмма подсхемы перемещается из инструментальной панели Favorites. Подсхема доступна только для текущей схемы и в общей схеме может быть только один тип подсхемы.

3. Примеры моделирования электронных устройств

3.1. Моделирование работы длинной линии с потерями

Длинная линия с потерями в EWB представлен моделью, находящейся в библиотеке компонентов смешанного типа (Miscellaneous) (рис. 3.1).

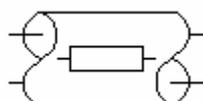


Рис. 3.1. Модели коаксиального кабеля с потерями

Значения параметров линии с потерями в EWB 5.12 задаются с помощью диалогового окна (рис. 3.2), которое вызывается в меню Circuit командой Create Subcircuit.

В окне на рис. 3.2 задаются значения параметров эквивалентной схемы: длина линии (LEN) в метрах, погонное сопротивление (R) в Ом/м, погонная индуктивность (L) в Гн/м, погонная емкость (C) в Ф/м и погонная проводимость (G) в См/м.

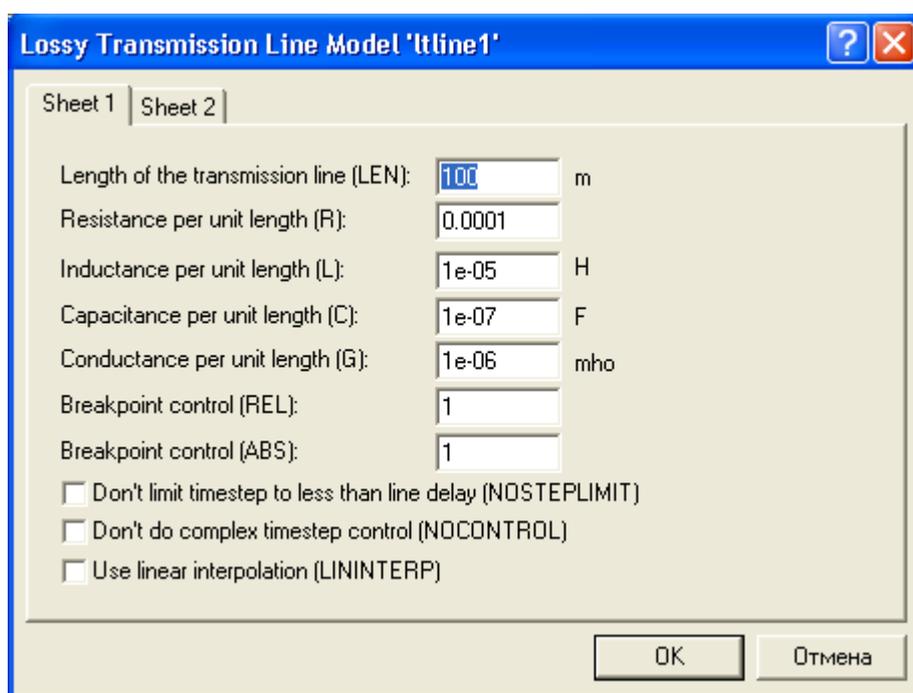


Рис. 3.2. Диалоговое окно для задания параметров линии с потерями

Для исследования линии связи с потерями на рабочем поле программы Electronics Workbench собирается схема, представленная на рис. 3.3.

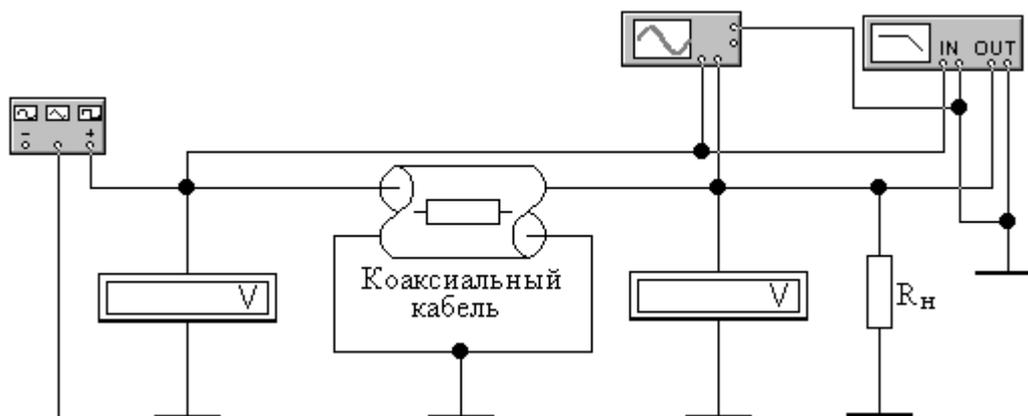


Рис. 3.3. Схема для исследования характеристик длинной линии с потерями

Зададим параметры линии: длина линии (LEN) – 75 м, удельное сопротивление линии (R) – 0,1 Ом/м, удельная индуктивность линии (L) – 10^{-5} Гн/м, удельная емкость линии (C) – 10^{-7} Ф/м, удельная проводимость (G) – 0. Коэффициенты (REL) и (ABS) установим равными 1. Чтобы линия была согласована с нагрузкой, определим волновое сопротивление линии

$$Z_B = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{10^{-5}}{10^{-7}}} = \sqrt{10^2} = 10 \text{ Ом.}$$

Зададим сопротивление нагрузки $R = 10$ Ом, частоту генератора $f = 10$ кГц (период $T = 10^{-4}$ с), амплитуду входного сигнала – 2 В. По первичным параметрам определим скорость распространения сигнала по линии

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-5} \cdot 10^{-7}}} = 10^6 \text{ м/с.}$$

Теперь, имея скорость распространения сигнала и период колебаний, можно определить длину волны в линии

$$\lambda = T \cdot v = 10^{-4} \cdot 10^6 = 100 \text{ м.}$$

Разделим длину линии на длину волны

$$\frac{75}{100} = 0,75,$$

получили результат – по длине кабеля укладывается 0,75 длины волны сигнала.

Включим схему и убедимся, что временная задержка выходного сигнала относительно входного равна три четверти периода, то есть фазы входного и выходного сигналов сдвинуты на 270° (рис. 3.4).

По осциллограмме также видно, что амплитуда выходного сигнала меньше амплитуды входного. Модель отображает затухание сигнала в кабеле с потерями.

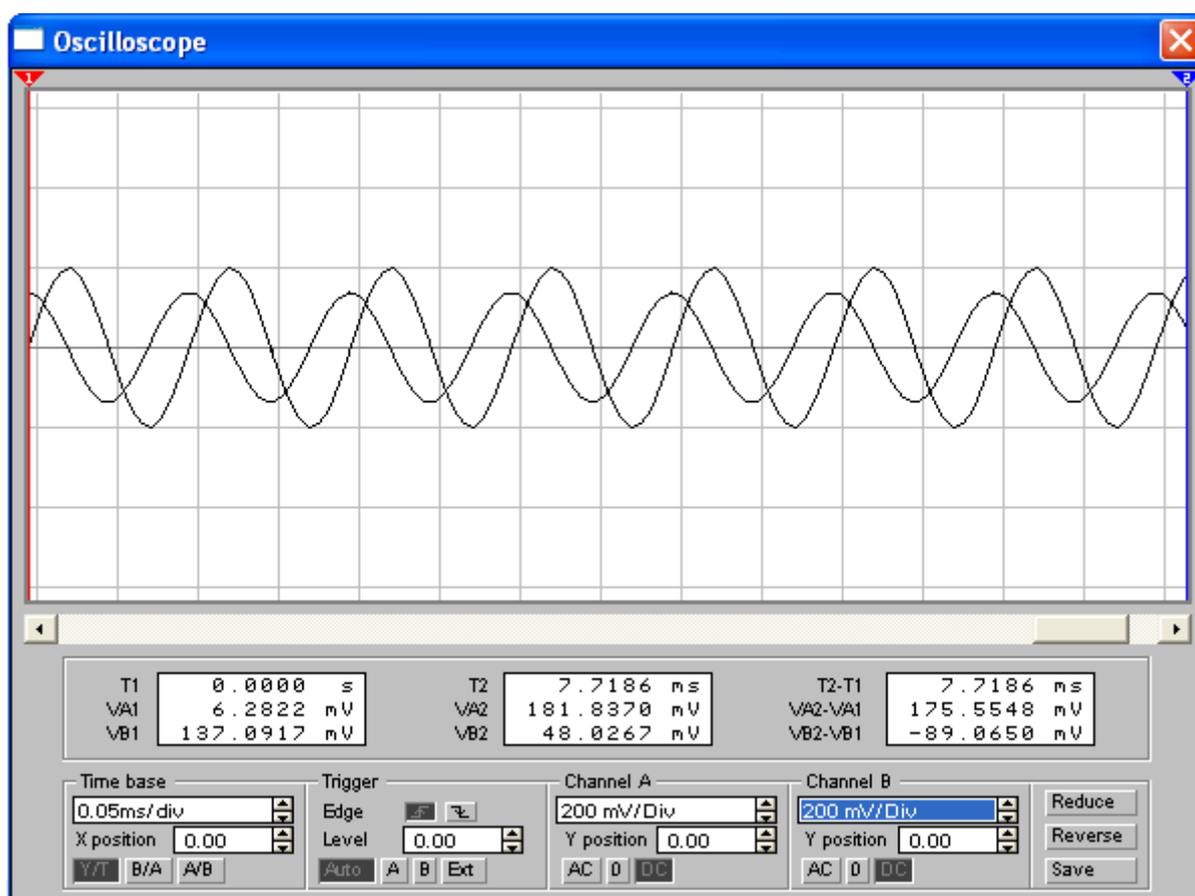


Рис. 3.4. Осциллограммы входного и выходного сигналов в линии с потерями

Виды АЧХ и ФЧХ для данного случая исследования кабеля представлены на рис. 3.5 и 3.6 соответственно.

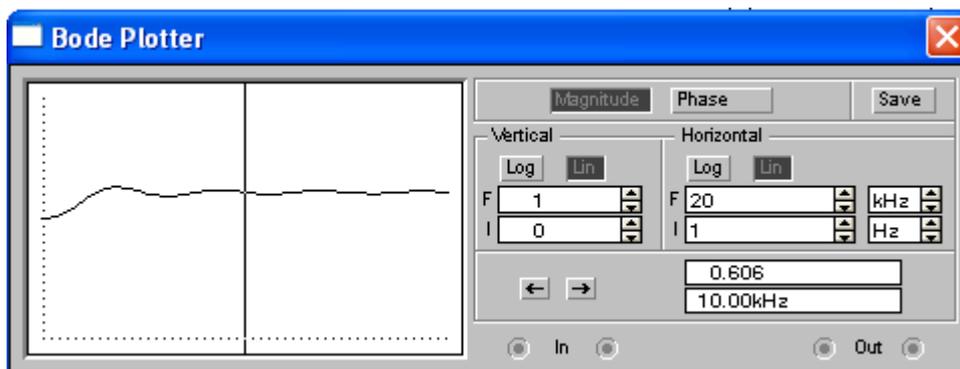


Рис. 3.5. АЧХ линии с потерями и с согласованной нагрузкой

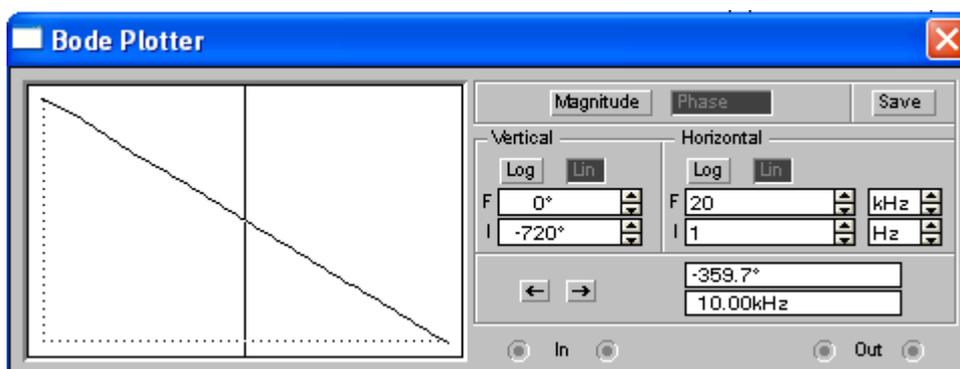


Рис. 3.6. ФЧХ линии с потерями и с согласованной нагрузкой

Проверим работу модели длинной линии при несогласованной нагрузке. Зададим $R_H = 1$ кОм, включим схему и убедимся, что в кабеле на определенных частотах возникают стоячие волны. АЧХ и ФЧХ представлены на рис. 3.7 и 3.8 соответственно.

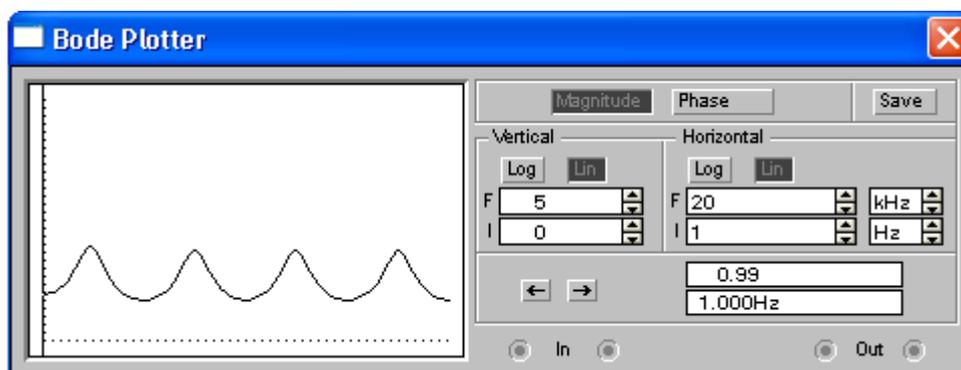


Рис. 3.7. АЧХ линии с потерями и с несогласованной нагрузкой

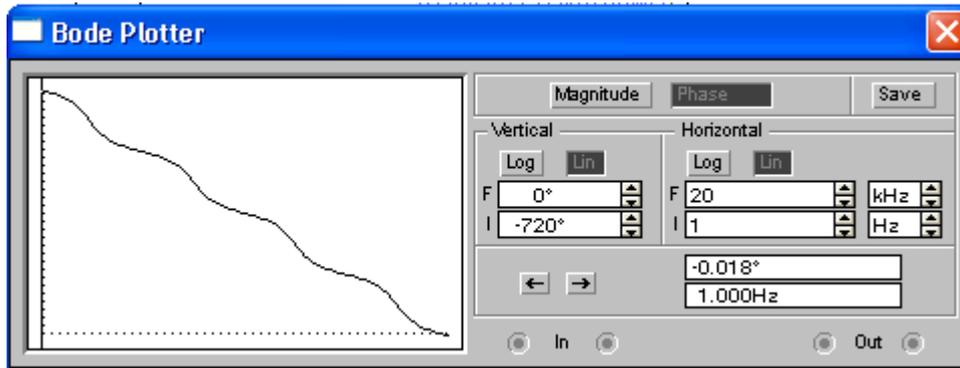


Рис. 3.8. ФЧХ линии с потерями и с несогласованной нагрузкой

Используя предложенную методику и варьируя исходными данными, можно задавать множество вариантов исследования характеристик длинной линии.

3.2. Моделирование дешифратора управлением знаковым индикатором

Рассмотрим синтез дешифратора для высвечивания на одном индикаторе четырех цифр { 0, 2, 4, 6 }. Каждому из символов поставим в соответствие двухзначный код { x_1, x_2 } и напомним таблицу истинности (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Символ	Код		Сегменты						
	x_1	x_2	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
2	0	1	1	1	0	1	1	0	1
4	1	0	0	1	1	0	0	1	1
6	1	1	1	0	1	1	1	1	1

Для каждого сегмента индикатора получим соответствующую функцию

$$\begin{aligned}
 a &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 \vee x_1 x_2 \\
 b &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 \vee x_1 \bar{x}_2 \\
 c &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee x_1 \bar{x}_2 \vee x_1 x_2 \\
 d &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 \vee x_1 x_2 \\
 e &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 \vee x_1 x_2 \\
 f &= \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee x_1 \bar{x}_2 \vee x_1 x_2 \\
 g &= \bar{x}_1 x_2 \vee x_1 \bar{x}_2 \vee x_1 x_2
 \end{aligned}$$

После упрощения получим

$$a = \bar{x}_1 \vee x_1 x_2 = \bar{x}_1 \vee x_2$$

$$b = \bar{x}_1 \vee x_1 \bar{x}_2 = \bar{x}_1 \vee \bar{x}_2$$

$$c = \bar{x}_2 \vee x_1 x_2 = x_1 \vee \bar{x}_2$$

$$d = \bar{x}_1 \vee x_1 x_2 = \bar{x}_1 \vee x_2$$

$$e = \bar{x}_1 \vee x_1 x_2 = \bar{x}_1 \vee x_2$$

$$f = \bar{x}_2 \vee x_1 x_2 = x_1 \vee \bar{x}_2$$

$$g = x_1 \vee \bar{x}_1 x_2 = x_1 \vee x_2$$

Заметим, что $a = d = e$, $c = f$.

Для реализации этих логических функций соберем схему дешифратора на два входа и семь выходов (рис. 3.9). Пошагово подавая от генератора слов двоичные комбинации, получим индикацию четырех вышеуказанных цифр.

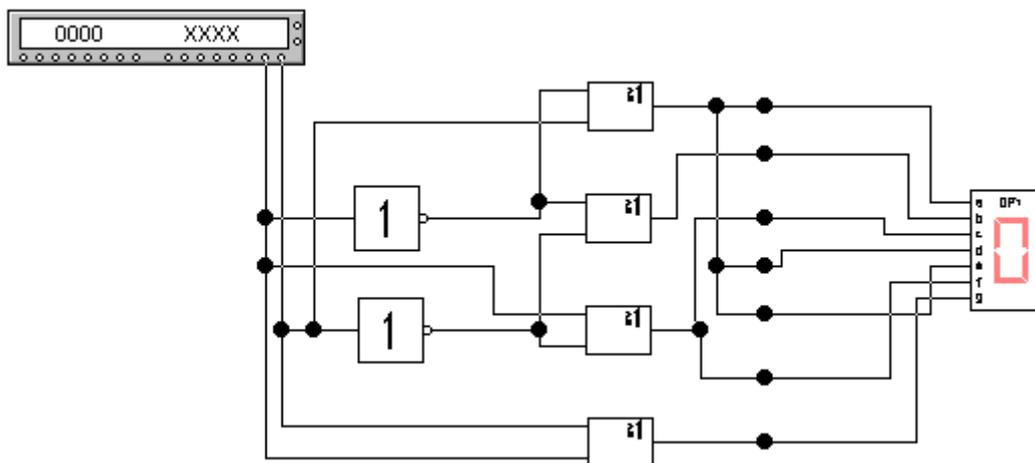


Рис. 3.9. Схема дешифратора управления индикатором

Если требуется целый ряд дешифраторов, то можно создать подсхему и применять ее многократно. В данном примере создана подсхема DS, ее подключение показано на рис. 3.10

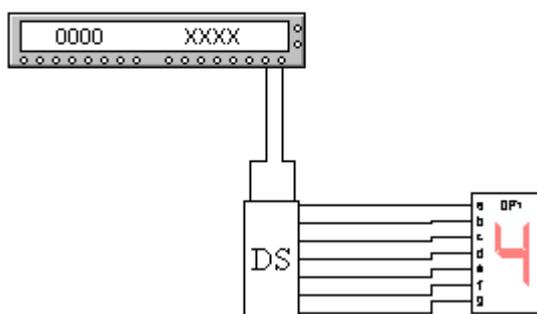
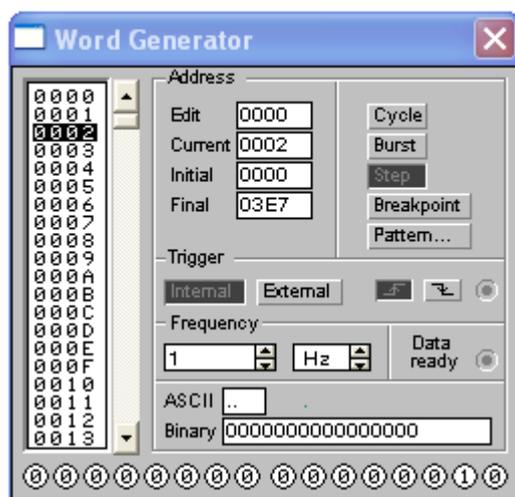


Рис. 3.10. Представление дешифратора в виде подсхемы DS

3.3. Моделирование интегрирующей RC – цепи

Для начала необходимо загрузить схему в среду Electronics Workbench, если этот файл уже создан и находится на одном из накопителей компьютера. Это делается посредством выполнения команды меню File/Open либо нажатием на соответствующей “горячей кнопке” на панели инструментов и дальнейшим выбором накопителя, каталога, и имени файла. Если же файл еще не создан, необходимо построить схему на рабочем поле программы (рис. 3.11).

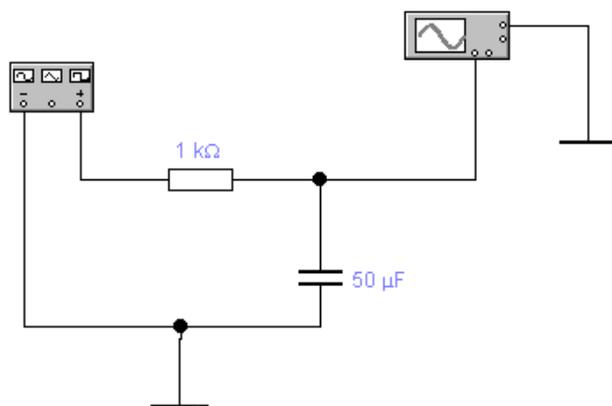


Рис. 3.11. Схема интегрирующей RC - цепи

Когда схема создана, необходимо установить номиналы элементов цепи и задать параметры функционального генератора, а затем включить питание. Результаты моделирования можно наблюдать на экране виртуального осциллографа (рис. 3.12). В процессе имитации можно изменять номиналы элементов, выводить и настраивать терминалы приборов.

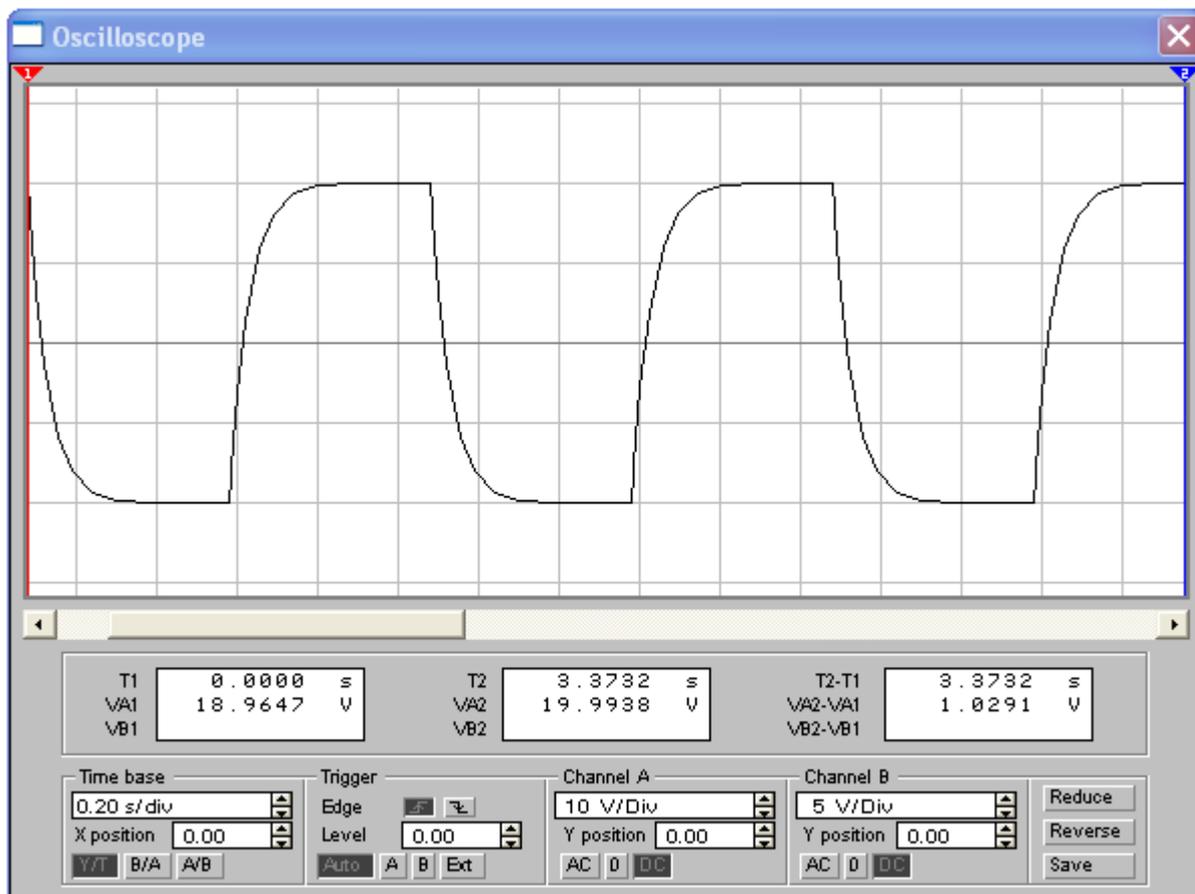


Рис. 3.12. Вид осциллограммы интегрирующей цепи

Кроме прямого наблюдения за осциллограммой Electronics Workbench позволяет выполнить дополнительные виды анализа. В качестве примера для данной схемы можно привести получение АЧХ и ФЧХ схемы как четырехполюсника. Для этого к схеме необходимо подключить Боде-Плоттер (рис. 3.13).

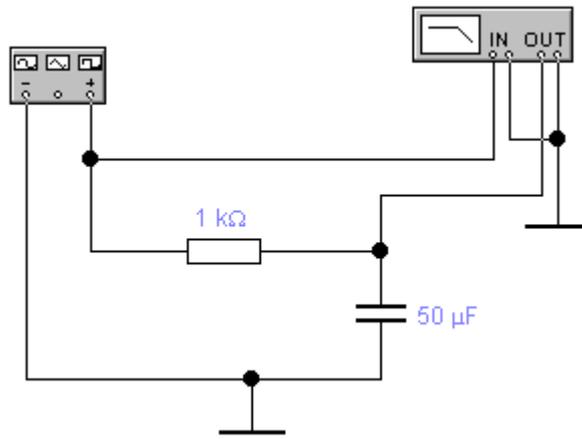


Рис. 3.13. Схема для исследования АЧХ и ФЧХ цепи

Результаты исследования АЧХ и ФЧХ цепи представлены на рис. 1.14.

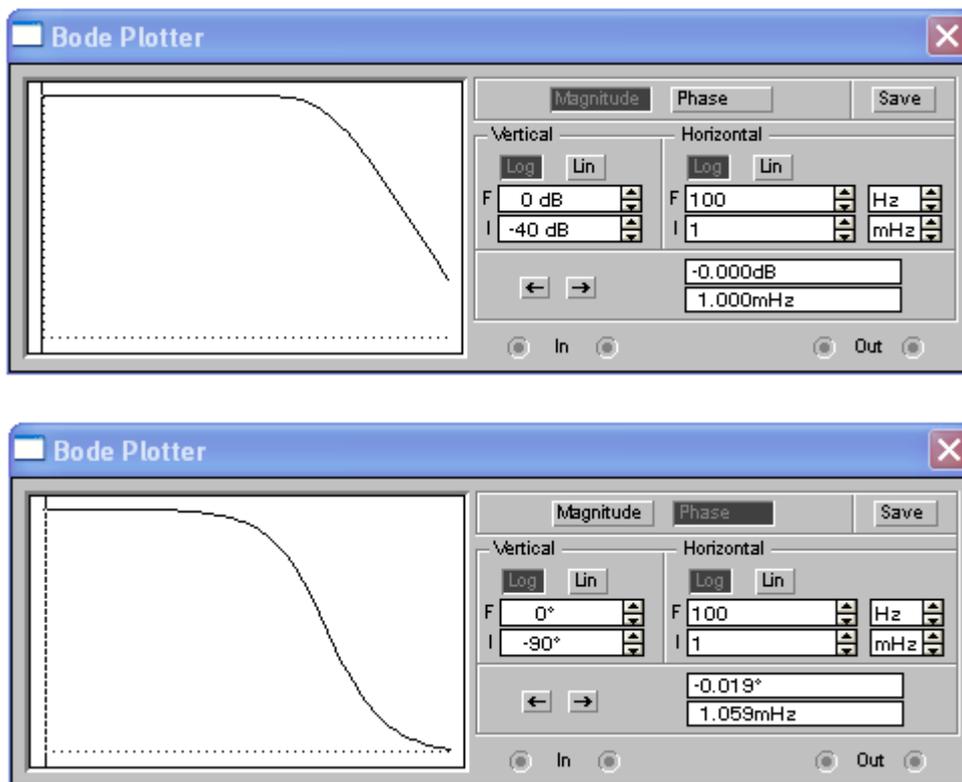


Рис. 3.14. Графики АЧХ и ФЧХ цепи на экране Боде-Плоттера

Можно также провести анализ характеристик цепи через меню Analysis/AC Frequency. Для получения графиков АЧХ и ФЧХ нужно нажать кнопку Simulate в окне параметров анализа, после чего будет выведено окно результатов представленное на рисунке 3.15.

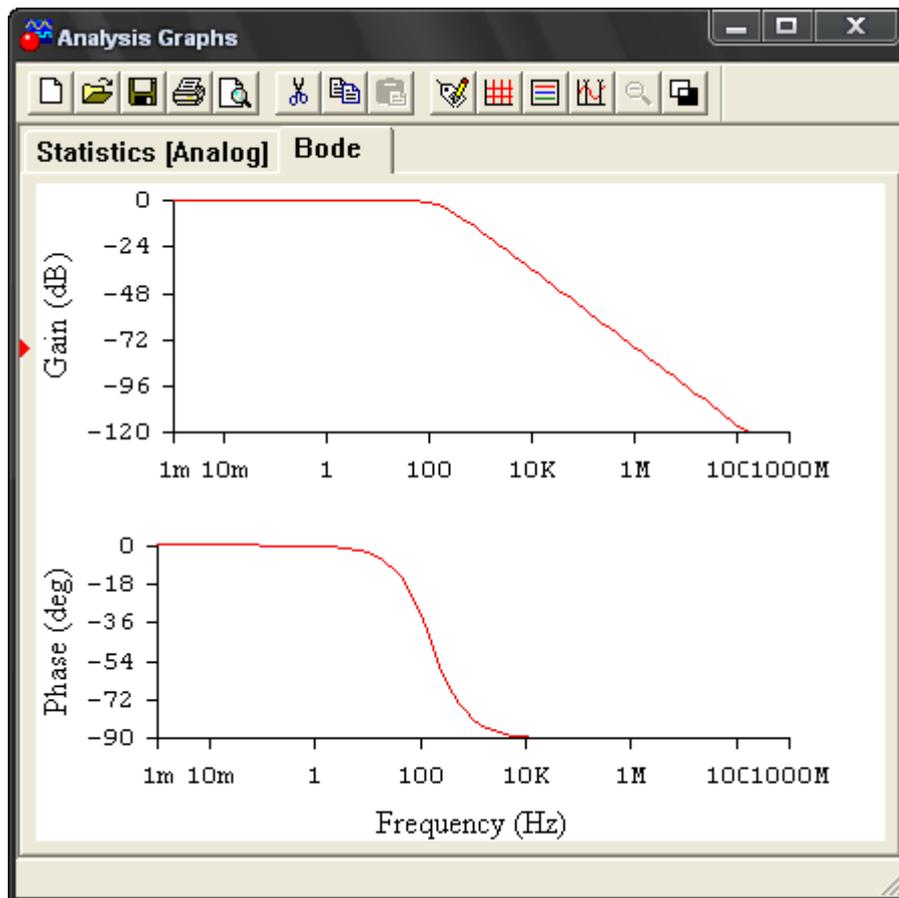


Рис. 3.15. Графики АЧХ и ФЧХ цепи

Заключение

Данное пособие предназначено для ознакомления студентов с интерфейсом программного комплекса EWB 5.12. Студенты выполняют лабораторные работы по дисциплинам кафедры СПОИ, таким как ТЭС, ОТЦ, ФОЭ. Электроника, Основы схемотехники, в которых изучаются характеристики и параметры электронных схем при компьютерном моделировании и данное пособие может оказывать им помощь. Кроме того, студенты по заданию преподавателя могут разрабатывать конкретные принципиальные схемы электронных устройств и проверять их работу с помощью EWB.

Список использованной литературы.

1. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench / Под ред. Д.И.Панфилова. - М.: Додэка, 1999.
2. Кардашев Г.А. Цифровая электроника на персональном компьютере / Г.А.Кардашев. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 311 с. : ил. (Массовая радиобиблиотека;1263)
3. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на Electronics Workbench и Vissim по элементам телекоммуникационных систем / В.И. Карлащук. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 480 с.: ил. – (Серия «Системы проектирования»)
4. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника / Е.П. Угрюмов. - СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2000 - 528 с.: ил.