

621.382.8(076.5)

№ 3620

Р 851

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



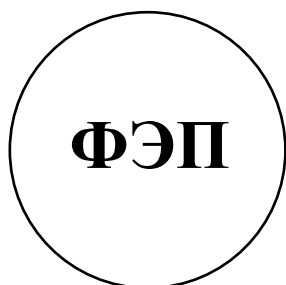
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ТАГАНРОГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

**СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ СБИС И
МИКРОСИСТЕМ В САПР TANNER PRO**

Для студентов специальностей 220500, 201900, 202100
и направлений 551100, 550700, 554500



Таганрог 2004

УДК 621.382.82 – 181.2.001.2(076.5) + 658.512.2.011.5(076.5)

Составители: Б.Г. Коноплев, Е.А. Рындин, А.В. Ковалев, И.Е. Лысенко

Руководство к лабораторной работе «Схемотехническое моделирование СБИС и микросистем в САПР Tanner Pro».– Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004.– 30 с.

Цикл лабораторных работ по освоению студентами методов схемотехнического моделирования специализированных сверхбольших интегральных схем (СБИС) и микросистем подготовлен сотрудниками кафедры конструирования электронных средств (КЭС) Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ).

В работе излагаются сведения, необходимые для разработки схемы проекта в редакторе S-Edit САПР Tanner Pro и его схемотехнического моделирования в подсистеме T-Spice САПР Tanner Pro. Описаны возможности редактора S-Edit и подсистемы T-Spice, их интерфейсы, иерархия проектов в редакторе S-Edit, порядок создания новых компонентов и проектов в S-Edit, экспорт схемы проекта из редактора S-Edit для подсистем САПР Tanner Pro, порядок создания файлов описания схем в подсистеме T-Spice, процесс схемотехнического моделирования, возможности просмотра результатов моделирования в подсистеме W-Edit САПР Tanner Pro.

Ил. 23. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент В.В. Поляков, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры ТРТУ.

ВВЕДЕНИЕ

Неуклонный рост степени интеграции и функциональной сложности сверхбольших интегральных схем (СБИС), содержащих десятки миллионов транзисторных структур на кристалле, определяет важность моделирования СБИС на различных этапах проектирования. Уменьшение минимальных размеров интегральных транзисторных структур и увеличение их быстродействия требуют повышения точности результатов моделирования. В частности, при разработке библиотек элементов СБИС и микросистем необходимо проведение схемотехнического моделирования. С этой целью производится «экстракция» эквивалентных электрических схем интегральных библиотечных элементов из их структурно-топологического представления на основе информации о параметрах технологических областей полупроводниковых, диэлектрических и металлических структур. Учитывая крайне высокую сложность многих библиотечных элементов (в состав библиотек могут входить блоки оперативной памяти, цифровые фильтры, сигнальные процессоры и т.п.), их схемотехническое моделирование представляет собой весьма сложную с вычислительной точки зрения задачу, требующую использования самого современного программного обеспечения подсистем САПР и мощной вычислительной техники [4].

Одной из наиболее эффективных и распространенных систем схемотехнического моделирования сложных функциональных блоков СБИС и микросистем является подсистема T-Spice САПР Tanner Pro, предназначенная для персональных компьютеров.

В методическом пособии излагаются сведения, необходимые для разработки схем проектов СБИС и микросистем в редакторе S-Edit САПР Tanner Pro и их схемотехнического моделирования в подсистеме T-Spice САПР Tanner Pro. Описаны возможности редактора S-Edit и подсистемы T-Spice, их интерфейсы, иерархия проектов в редакторе S-Edit, порядок создания новых компонентов и проектов в S-Edit, экспорт схемы проекта из редактора S-Edit для подсистем САПР Tanner Pro, порядок создания файлов описания схем в подсистеме T-Spice, процесс схемотехнического моделирования, возможности просмотра результатов моделирования в подсистеме W-Edit САПР Tanner Pro.

1. ИНТЕРФЕЙС СХЕМНОГО РЕДАКТОРА S-EDIT САПР TANNER PRO

При запуске программы S-Edit без открытия конкретного файла происходит автоматическая настройка первоначальных параметров, таких как цветовая палитра, свойства рабочего поля, отображение сетки и способ выбора объектов. Данная настройка производится на основе файла `sedit.sdb`, который содержит необходимую шаблонную информацию. Поиск шаблонного файла происходит сначала в текущей рабочей директории, а затем в директории программы S-Edit [1].

Внешний вид схемного редактора показан на рис. 1 [1].

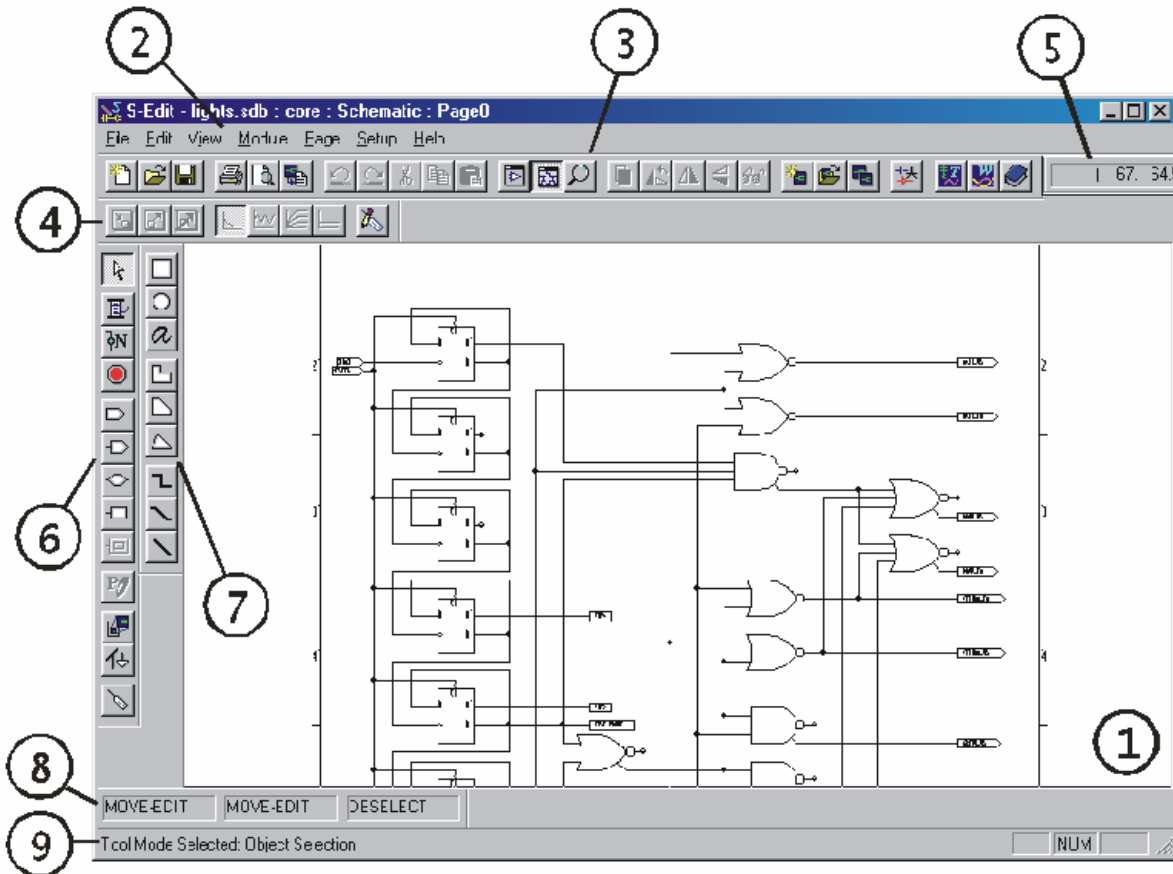


Рис. 1. Внешний вид схемного редактора

Интерфейс программы включает в себя (см. рис. 1):

- 1) рабочее поле редактирования;
- 2) строку меню;
- 3) панель инструментов управления;
- 4) панель инструментов моделирования;
- 5) панель координат курсора;
- 6) панель инструментов создания схемы;
- 7) панель инструментов рисования;
- 8) отображение кнопок мыши;
- 9) строка состояния.

На рабочем поле пользователь может создавать, просматривать и редактировать различные объекты.

1.1. Координатная система

Координатная система основана на внутренних единицах (internal units), которые представляют собой девятизначные целые числа. Внутренняя единица – это абстрактная величина, которая является минимальным шагом разрешения графического представления схемы, и не имеющая физической интерпретации. Значения координат во внутренних единицах лежат в диапазоне от -536,870,912 до +536,870,912 [1].

Для задания рабочей сетки и позиций курсора используются координатные единицы (locator units). Текущее местоположение курсора мыши над полем отображается на панели координат курсора (см. рис. 1, поз.5). Координатные единицы тоже абстрактные величины, которые задаются их отношением к внутренним величинам. Для задания этого отношения используется диалоговое окно, вызываемое в меню Setup\Grid.

Пользователь может скрыть или отобразить сетку командой меню View\Grid.

Точка с координатами (0,0) помечена крестиком на поле, который можно скрыть или отобразить командой меню View\Origin.

1.2. Цветовая палитра

Пользователь может настроить цвета отображения элементов интерфейса программы в диалоговом окне Color (рис. 2), появляющемся по команде меню Setup\Colors.

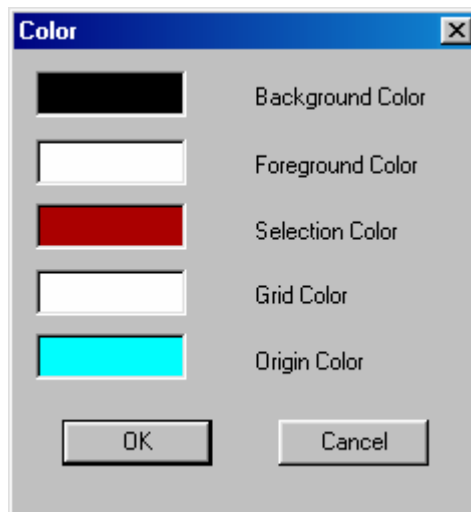


Рис. 2. Настройка цветовой палитры

В окне Color задаются цвета [1]:

- фона поля (Background Color);
- пера (Foreground Color);
- выделенных объектов (Selection Color);
- сетки (Grid Color);

- маркера начала координат (Origin Color).

Задание цвета интерфейса осуществляется щелчком мыши на соответствующем цветовом поле в окне Color и выбором желаемого цвета в открывшемся диалоговом окне с палитрой.

1.3. Параметры среды

Параметры рабочей среды задаются в окне Setup Environment (рис. 3) после выбора пункта меню Setup\Environment.

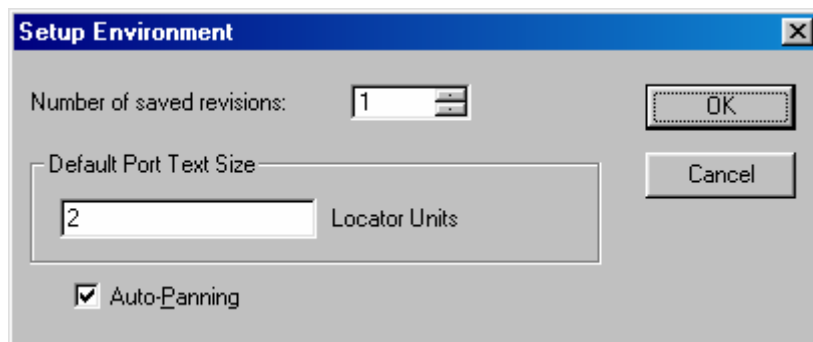


Рис. 3. Задание параметров управления

В окне Setup Environment можно задать [1]:

- число сохраненных редакций схемы (Number of saved revisions);
- размер текста по умолчанию в координатных единицах (Default Port Text Size);
- автоскроллинг (Auto-Panning), который происходит при касании курсора края видимого рабочего поля при рисовании, просмотре и редактировании.

1.4. Параметры сетки

Диалоговое окно Setup Grid Parameters (рис. 4) для задания параметров сетки вызывается пунктом меню Setup\Grid.

Пользователь может задать шаг отображения сетки во внутренних единицах (Displayed Grid), минимальное расстояние между точками сетки в экранных пикселях, при котором сетка видима (Suppress Grid Less Than). Также здесь устанавливается шаг «прыжков» курсора мыши (привязка к сетке) во внутренних единицах (Mouse Snap Grid) и отношение координатных и внутренних величин между собой (One Locator Unit) [1].

2. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ В РЕДАКТОРЕ S-EDIT

2.1. Иерархия проектов

Каждый проект (схема) имеет иерархическую структуру, верхним уров-

нем которой является файл проекта. Файл проекта содержит модули, которые могут быть двух типов (рис. 5) [1]:

- 1) примитивы;
- 2) ссылки на другие модули.

Файлы проекта имеют расширение .SDB (S-Edit Database). Каждый SDB-файл содержит проектную (описание схем) и установочную (параметры среды разработки) информацию.

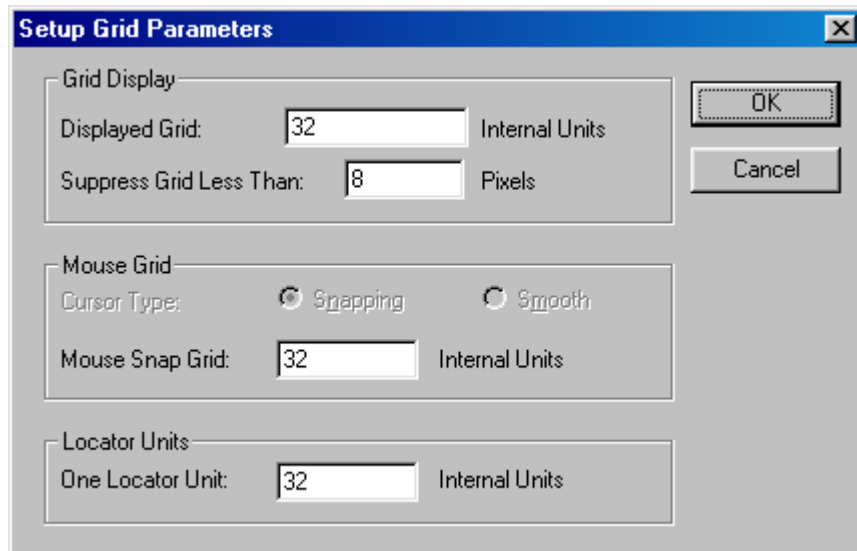


Рис. 4. Задание параметров сетки

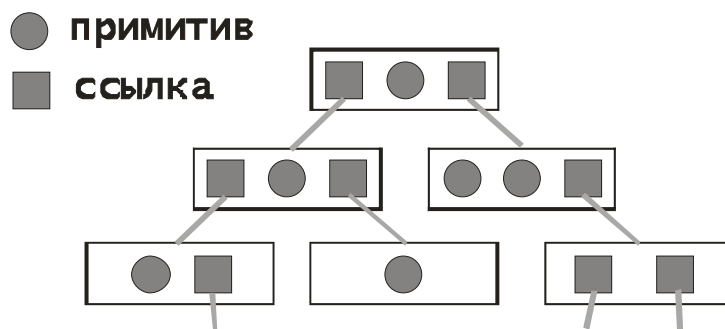


Рис. 5. Пример иерархии проекта

Пользователь имеет возможность создавать, просматривать и редактировать модули в двух режимах: схемном (Schematic) и символьном (Symbol). В схемном режиме каждый модуль содержит одну или несколько страниц. В символьном – пользователь работает только с условным графическим отображением (УГО) компонента. В программе S-Edit в один и тот же момент времени может отображаться только один модуль или страница.

Когда пользователь вставляет в схему экземпляр компонента, такого как транзистор или логический элемент, то он представляется в виде УГО. При формировании соединений между компонентами пользователь должен использовать схемный режим.

Переключение между режимами осуществляется выбором пунктов ме-

ню: View\Symbol Mode или View\Schematic Mode. Также быстро переключиться между ними можно нажатием на клавиатуре знака "?".

УГО компонента состоит из геометрических фигур, портов и свойств. Для создания УГО необходимо создать новый компонент (меню Module\New) и переключиться в символьный режим. Затем, используя инструменты рисования прямоугольников, полигонов, линий, окружностей и текста, создать желаемое изображение.

Порты необходимы для задания точек контакта компонента. Свойства определяют способ экспортирования компонента в файл списка связей. Свойства могут описывать физические (длина, ширина и др.), нефизические параметры (тип прибора, комментарии и т.п.), а также формат вывода строки, описывающей компонент в экспортируемый файл списка связей.

2.2. Схемный режим

В данном режиме задаются связи компонентов между собой. Схема содержит пять базовых элементов [1]:

- экземпляры компонентов, представленные своими УГО. Они имеют выводы для подключения трасс межсоединений;
- трассы межсоединений для коммутации компонентов схемы;
- порты, которые определяют имена сигнальных трасс, подключенных к компонентам;
- графические объекты (прямоугольники, окружности, полигоны, линии и комментарии) для оформления внешнего вида схемы;
- ярлыки трасс для задания конкретного имени сигнальным трассам схемы.

2.3. Настройка цветовой палитры редактора S-Edit

Для изменения цветов редактора необходимо выбрать пункт меню Setup\Colors, после чего появится диалоговое окно (рис. 6), в котором будут представлены текущие цвета фона (Background), основного пера (Foreground), выделения (Selection), сетки (Grid) и точки отсчета (Origin).

Для изменения какого-либо цвета необходимо щелкнуть мышью на нем и в появившемся окне выбрать желаемый оттенок. Подтверждение выбора производится нажатием на кнопку ОК.

2.4. Параметры окружения

Для задания параметров окружения следует нажать на пункт меню Setup\Environment. Появится диалоговое окно «Setup Environment» (рис. 7).

В данном окне задаются следующие параметры [1]:

- число резервных файлов с изменениями в проекте (Number of saved revisions). Определяет число откатных копий проекта. Максимальное число 10. Например, если здесь установить число 2, то будет существ-

- зовать три файла после трех сохранений проекта design: design.sdb (текущая версия проекта), design.sd1 (предыдущая версия), и design.sd0 (версия до предыдущей – самая ранняя);
- размер текста по умолчанию (Default Port Text Size). Определяет высоту текста в установочных единицах;
 - автоскроллинг (Auto Panning). Если данное свойство активно, то при касании курсора мыши краев рабочей области редактора во время рисования, перемещения или редактировании объектов схемы происходит скроллинг всей схемы автоматически.

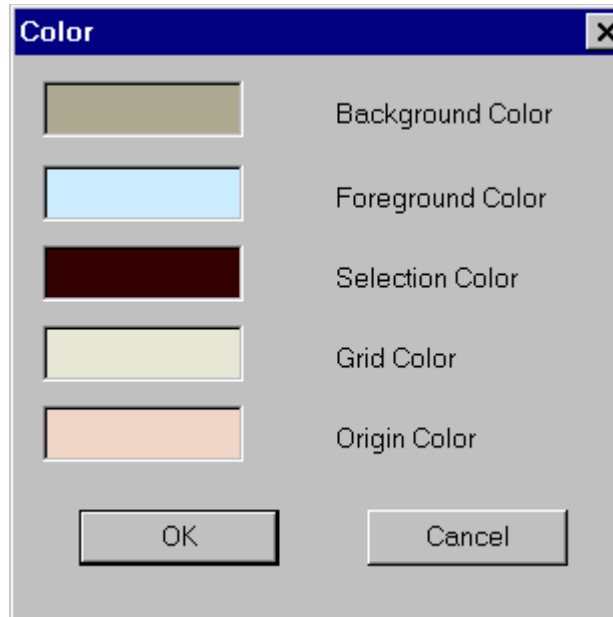


Рис. 6. Окно задания цветовой палитры элементов интерфейса

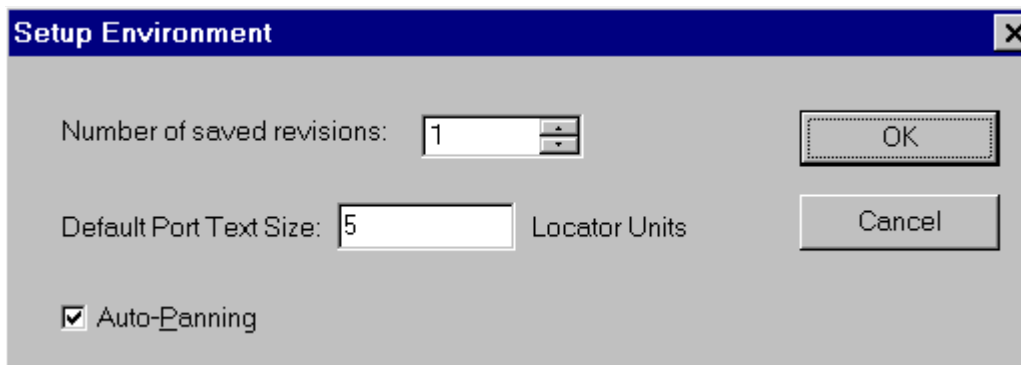


Рис. 7. Задание параметров окружения

2.5. Параметры сетки

В S-Edit есть три независимые сетки: сетка отображения, сетка курсора мыши, установочная координатная сетка. Сетка отображения – это видимая сетка в рабочей области. Установочная координатная сетка определяет координатную систему для установки элементов.

Для задания параметров сетки следует нажать на пункт меню Setup\Grid.

Появится диалоговое окно «Setup Grid Parameters» (рис. 8).

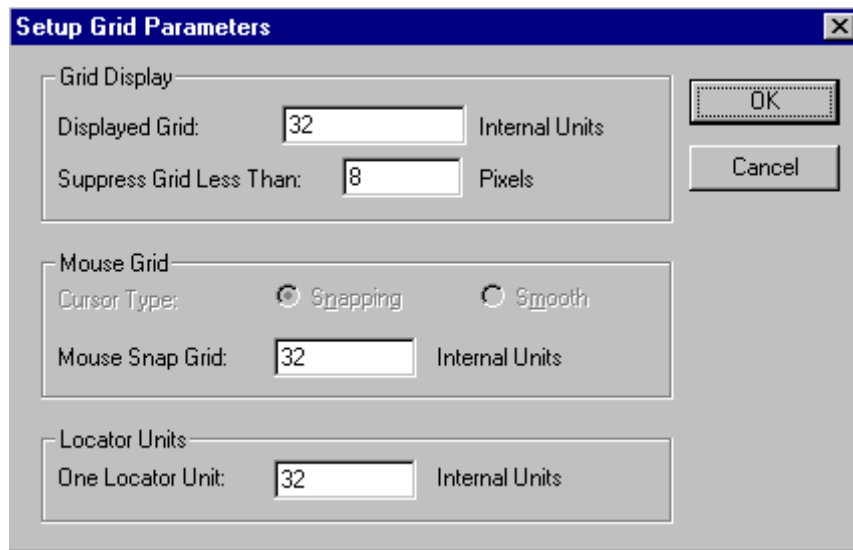


Рис. 8. Задание параметров сетки

В данном окне задаются следующие параметры [1]:

- отображаемая сетка (Displayed Grid) задает шаг сетки по двум направлениям во внутренних единицах;
- скрытие сетки (Suppress Grid Less Than) позволяет скрывать сетку, если расстояние между ее точками будет меньше заданного числа экранных пикселей;
- привязка курсора мыши к сетке (Mouse Snap Grid) задает шаг сетки курсора мыши;
- установочные единицы (Locator Units) – определяет число внутренних единиц, соответствующее одной установочной единице.

2.6. Экспорт схемы проекта для подсистем САПР Tanner Pro

Процесса экспорта схемы проекта для подсистем САПР Tanner Pro осуществляется с помощью команды File\Export. При этом на экране появляется рабочее окно Export Netlist (рис. 9).

В разделе Output file name окна Export Netlist необходимо указать путь размещения файла экспорта, а также его имя.

В разделе Select Export Data Type окна Export Netlist необходимо выбрать тип файла экспорта схемы проекта [1]:

- SPICE File (*.sp) – файл данного типа предназначен для выполнения схмотехнического моделирования проекта программами семейства Spice, включающих в себя подсистему T-Spice САПР Tanner Pro. Для добавления команды END в конец файла spice-формата, необходимо щелкнуть левой кнопкой «мыши» на надписи Suppress .END in Spice output. После выполнения этого действия в квадратике должна появиться галочка. Щелчок левой кнопкой «мыши» на квадратике с галочкой приводит к снятию выбора добавления команды END;

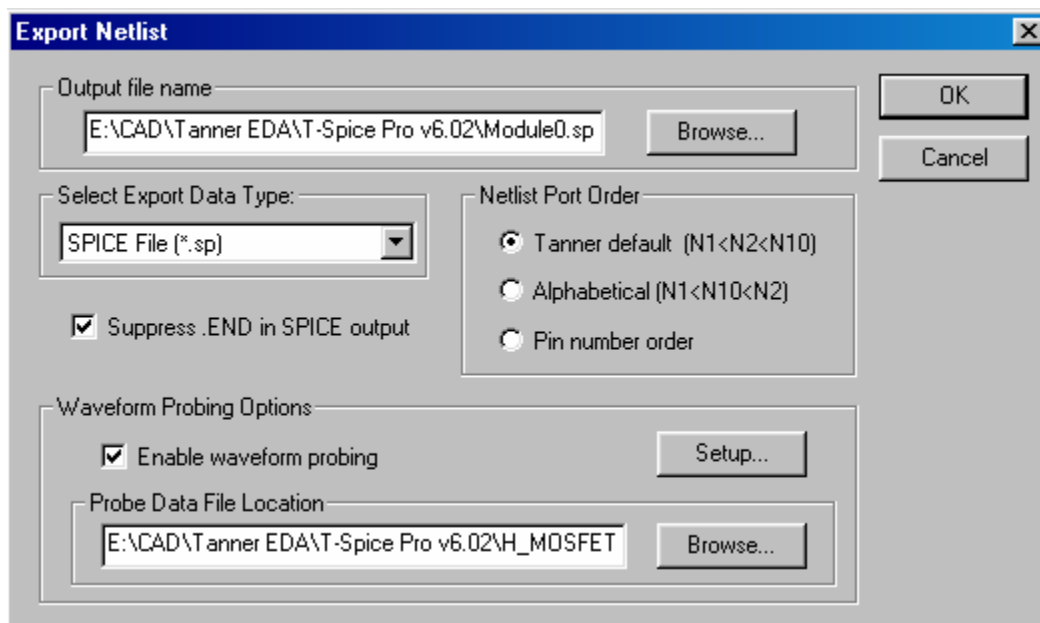


Рис. 9. Рабочее окно Export Netlist

- TPR File (*.tpr) – файл данного формата содержит список связей и предназначен для передачи и выполнения процедуры трассировки и размещения проекта в подсистеме L-Edit САПР Tanner Pro;
- EDIF Netlist (*.edn) – файл данного формата содержит список связей и предназначен для передачи проекта программе NetTran САПР Tanner Pro;
- NetTran Macro File (*.mac) – файл данного формата предназначен для передачи проекта программе NetTran САПР Tanner Pro. В настоящее время данный тип файла экспорта используется только при работе подсистемы S-Edit с подсистемами САПР Tanner Pro более поздних версий;
- EDIF Schematic (*.eds) – файл данного типа содержит информацию о схеме проекта: список связей компонентов, иерархию проекта и свойства всех его компонентов. Данный тип файла экспорта позволяет передавать проекты, разработанные в подсистеме S-Edit САПР Tanner Pro, другим программам автоматизированного проектирования;
- VHDL File (*.vhd) – данный тип файла экспорта позволяет представить проект, разработанный в подсистеме S-Edit, в виде VHDL-кода.

В разделе Netlist Port Order окна Export Netlist необходимо выбрать порядок записи имен портов схемы проекта в списке связей:

- Tanner default – имена портов схемы проекта записываются в алфавитном порядке чисел (то есть порт с именем 10 записывается только после порта с именем 2);
- Alphabetical – имена портов схемы проекта записываются в алфавитном порядке (то есть порт с именем 2 записывается только после всех портов, имена которых начинаются с единицы);
- Pin number order – имена портов схемы проекта записываются в порядке, определенном в Order Pins.

Раздел Wave Probing Options окна Export Netlist позволяет задавать тип анализа и набор компонентов, которые необходимо промоделировать в подсистеме T-Spice и отобразить в подсистеме W-Edit САПР Tanner Pro. Данный раздел доступен только при экспорте схемы проекта в файл spice-формата.

Для активации раздела Wave Probing Options необходимо щелкнуть левой кнопкой «мыши» на надписи Enable waveform probing (см. рис. 1). После выполнения этого действия в квадратике должна появиться галочка. Щелчок левой кнопкой «мыши» на квадратике с галочкой отменяет данное действие.

Для задания типа анализа и компонентов необходимо левой кнопкой «мыши» щелкнуть на кнопке Setup раздела Wave Probing Options окна Export Netlist.

В подразделе Probe Data File Location раздела Wave Probing Options окна Export Netlist необходимо указать путь размещения файла подсистемы W-Edit САПР Tanner Pro, а также его имя.

Для выполнения процесса экспорта схемы проекта необходимо левой кнопкой «мыши» щелкнуть на кнопке ОК окна Export Netlist.

3. ПРИМЕРЫ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТОВ В СХЕМНОМ РЕДАКТОРЕ S-EDIT

3.1. Просмотр и редактирование схемы

1. Открыть файл lights.sdb примера командой File\Open.
2. Выбрать пункт меню Module\Open для открытия страницы с главной схемой проекта. В появившемся диалоговом окне выделить компонент core и нажать ОК.
3. Щелкнуть на пункте меню View для определения режима просмотра компонента. Переключиться, если необходимо, в схемный режим командой меню View\Schematic Mode или просто нажать «?».
4. Если необходимо изменить масштаб, то следует использовать команды меню View\Zoom\In (увеличение) и View\Zoom\Out (уменьшение) или клавиши «+» и «-» соответственно.
5. Скроллинг схемы осуществляется клавишами стрелок на клавиатуре или из меню (View\Pan\Left, View\Pan\Right, View\Pan\Up или View\Pan\Down).
6. Для просмотра заданной области компонента можно воспользоваться командой меню View\Zoom\Mouse или клавишей «Z» и выделить мышью желаемую прямоугольную область на рабочем поле.
7. Для переключения между текущим и предыдущим видами рабочего поля используйте пункт меню View\Exchange View или клавишу «X».
8. Чтобы увидеть все объекты схемы следует применить команду View\Home или клавишу «Home».
9. Выделить объект схемы можно щелчком мыши на нем.
10. Переместить выделенный объект (или группу) можно мышью с нажатой на ней средней кнопкой или клавишей «Alt» на клавиатуре. Отпустить

- клавишу в конечной точке перемещения.
11. Для изменения размеров объекта необходимо нажать левую клавишу мыши на его грани или угле и переместить курсор, не отпуская эту клавишу. Отпустить клавишу в конечной точке перемещения.
 12. Вращение объекта на угол, кратный 90° , по часовой стрелке можно изменить меню Edit\Rotate или клавишей «R».
 13. Отражение объекта относительно вертикальной оси: Edit\Flip\Horizontal или клавиша «H». Относительно горизонтальной – команда Edit\Flip\Vertical или клавиша «V».
 14. Можно редактировать графическое отображение объекта из диалогового окна, выбрав пункт меню Edit\Edit Object или клавиши «Ctrl+E».

3.2. Просмотр и редактирование отдельных компонентов

Компонент core (из проекта примера lights.sdb) содержит в себе множество экземпляров других компонентов более низкого уровня иерархии. Для их просмотра и редактирования воспользуйтесь следующими процедурами:

1. Выделите на схеме двухвходовой ИЛИ-НЕ компонент (NOR2) и затем выберите пункт меню Module\Open. В появившемся окне автоматически будет выделен этот компонент (NOR2), поэтому можно сразу нажать кнопку ОК для его открытия. После открытия появится схема компонента ИЛИ-НЕ, которая была создана инструментами панели, находящейся слева от рабочего поля.
2. Выберите символьный режим (View\Symbol Mode), в котором можно увидеть УГО компонента (рис. 10).

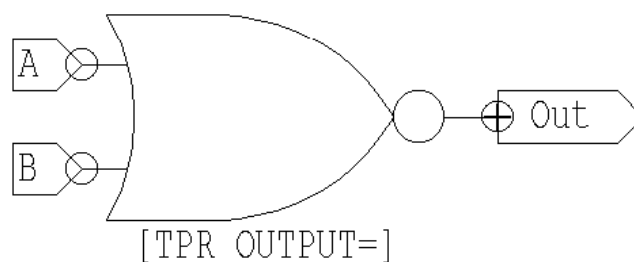


Рис. 10. УГО компонента ИЛИ-НЕ

УГО компонента было создано с использованием инструментов на панели слева от рабочего поля. Два входных и один выходной порты указывают на точки присоединения сигнальных трасс, при дальнейшей вставке экземпляра этого компонента в схему.

Строка с текстом [TPR OUTPUT=] является свойством, определяющим информацию для способа экспорта компонента в файл списка связей.

3.3. Создание нового проекта

Как правило, когда разработчик создает новый проект, он включает в него компоненты из какой-либо схемной библиотеки.

1. Откройте файл tutorial\schemex.sdb командой меню File\Open. Этот файл содержит некоторые компоненты, которые понадобятся для данного примера.
2. Выберите пункт меню Module\Open для просмотра списка компонентов, содержащихся в файле schemex.sdb. В появившемся диалоговом окне щелкните на выпадающем списке Files. Список будет содержать следующие компоненты:
 - Module0 – пустой компонент без УГО и схемы;
 - P_4 – p-канальный МОП-транзистор;
 - N_4 – n-канальный МОП-транзистор;
 - Vdd – источник напряжения для глобального сигнала с именем Vdd.
3. Выберите Module0 и нажмите ОК. Переключитесь в схемный режим, если установлен символьный.
4. Щелкните на пункте меню Module\Symbol Browser для просмотра списка доступных библиотечных компонентов в диалоговом окне (рис. 11).
5. Файл spice.sdb – это библиотека различных SPICE-примитивов. Если он еще не загружен, щелкните на кнопке Add Library и в появившемся окне найдите его в директории tspro\library (или, например, C:\Program Files\Tanner EDA\T-Spice Pro v6.02\library\) и затем нажмите ОК.
6. В окне Symbol Browser выберите capacitor (конденсатор) из списка компонентов библиотечного файла spice. Это вызовет копирование capacitor в файл (проект) schemex.sdb.
7. Щелкните на кнопке Close. После закрытия окна Symbol Browser на экране будет отображаться файл и компонент schemex.sdb:Module0.
8. Выберите пункт меню Module\Open. Список компонентов теперь будет содержать capacitor. Буква «С» после имени компонента означает, что он был изменен (или добавлен) с момента последнего сохранения файла проекта.
9. Сохраните проект из меню File\Save As, задав путь и новое имя (например, schemex1.sdb).

3.4. Создание нового компонента

Создадим компонент – логический элемент инвертор.

1. Выберите пункт меню Module\New и затем введите имя создаваемого компонента Inv.
2. Активируйте инструмент Module Instance и затем щелкните мышью на рабочем поле. Появится диалоговое окно, в котором представлены на выбор доступные компоненты. Выделите компонент N_4 и нажмите ОК. УГО МОП-транзистора появится на рабочем поле редактора. Выделите изображение транзистора и перенесите в нижнюю половину поля.

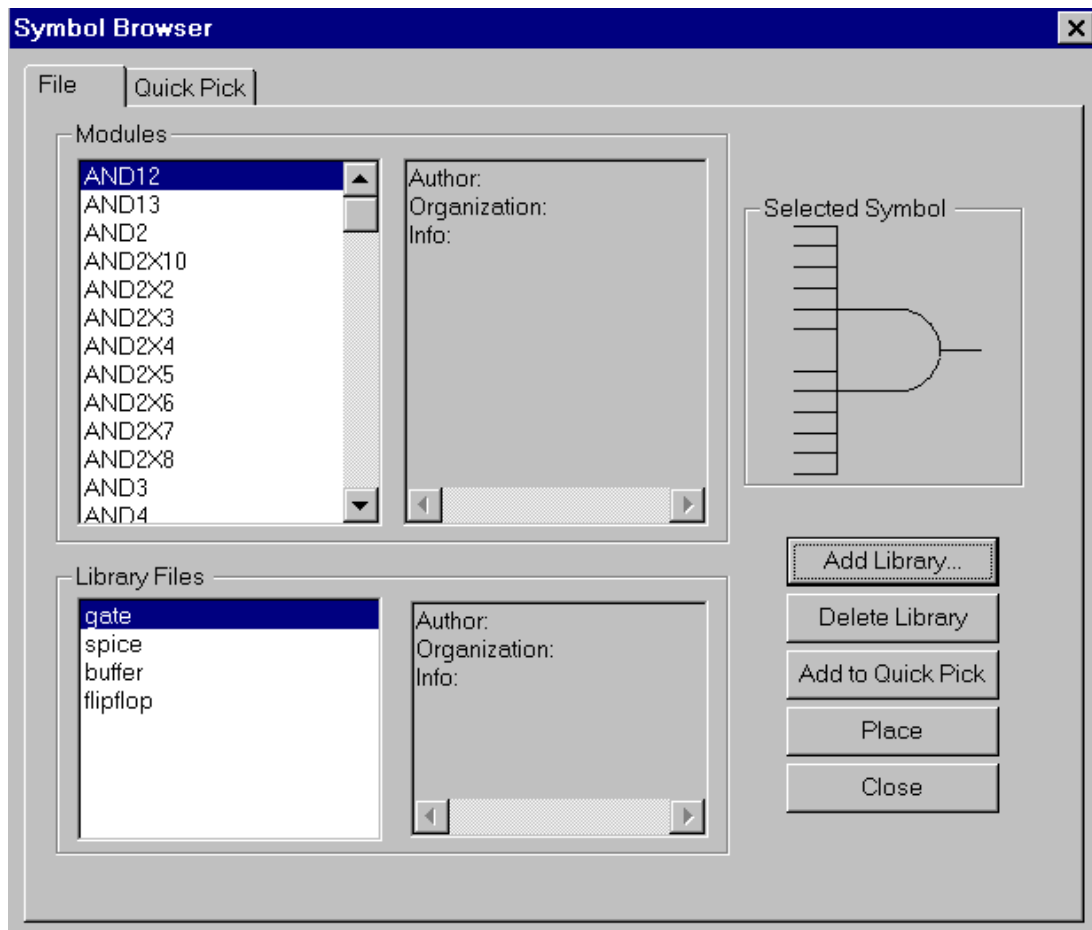


Рис. 11. Окно библиотечных компонентов

3. Аналогично предыдущему шагу, поместите компонент P_4 в верхнюю половину рабочего поля. Окружности на УГО транзисторов указывают места присоединения сигнальных трасс схемы.
4. Расположите транзисторы один под другим так, чтобы они соприкоснулись окружностями. Если это выполнено правильно, окружности исчезнут.
5. Активируйте Wire tool и проведите необходимые соединения между транзисторами (соединить оба затвора вместе, соединить РМОП подложку с РМОП стоком, соединить NМОП подложку с NМОП стоком).
6. Активируйте Port tool и добавьте в схему входной и выходной порты щелчком мыши на рабочем поле. После каждого щелчка будет появляться диалоговое окно, в которое необходимо ввести имя нового вставляемого порта.
7. Активируйте Wire tool и проведите соединения между транзисторами и портами.

3.5. Создание символа глобального сигнала

Создадим символ глобального сигнала земли (Ground) схемы.

1. Выберите Module\New, введите имя компонента Gnd и нажмите ОК.
2. Переключитесь в символьный режим.

3. Активируйте Global Port tool и поставьте глобальный порт в точку начала координат (0,0). Если начало координат не отмечено крестиком, то используйте команду меню View\Origin для его включения.
4. Используя инструменты Line tool и Polygon tool, нарисуйте символ земли.

3.6. Использование символов глобального сигнала в схеме

1. Откройте компонент Inv.
2. Активируйте инструмент Global Instance tool и щелкните на выводе, который должен быть присоединен к земле. В появившемся диалоговом окне будут представлены два символа глобального сигнала Vdd и Gnd (если это не так, то символ Gnd был создан некорректно). Выделите Gnd и щелкните ОК.
3. Аналогично предыдущему шагу, присоедините символ глобального сигнала Vdd к выводу питания схемы (исток РМОП-транзистора).

После выполнения предыдущих шагов схема инвертора должна выглядеть как на рис. 12.

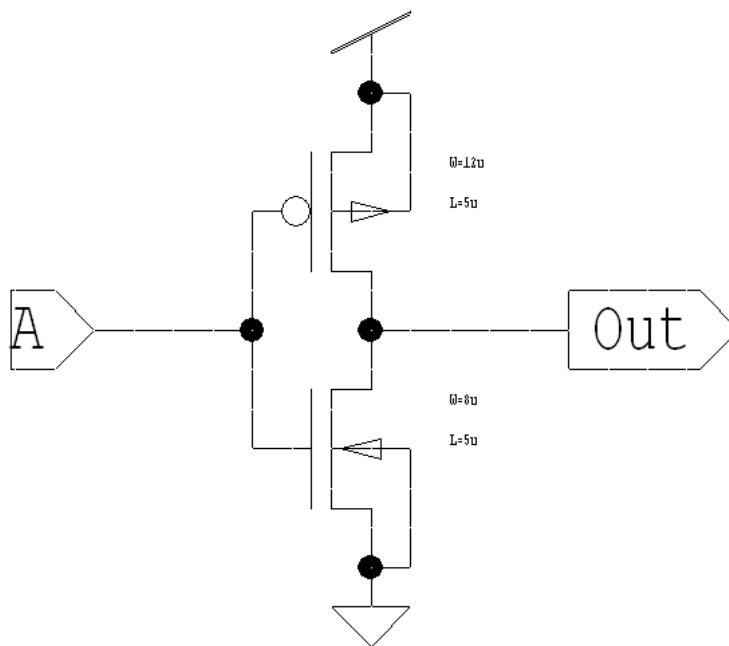


Рис. 12. Схема инвертора

3.7. Создание символа компонента

Создадим УГО инвертора.

1. Переключитесь в символьный режим.
2. Используя инструменты lines (линии), an all-angle polygon (полигоны), ports (порты) и Circle tool (окружности) нарисуйте изображение инвертора (рис. 13).

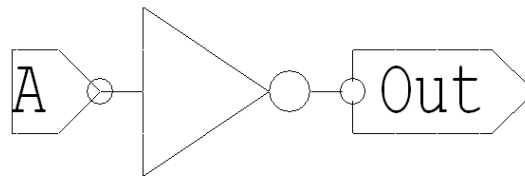


Рис. 13. УГО инвертора

3.8. Использование экземпляра компонента

Создадим схему циклического генератора с использованием инверторов.

1. Выберите пункт меню Module\New для создания нового компонента и затем введите имя ringosc.
2. Переключитесь в символьный режим.
3. Используя инструмент Module Instance tool, поместите экземпляр инвертора (Inv) на рабочее поле.
4. Выделите изображение инвертора и выполните команду меню Edit\Duplicate. Появившуюся копию инвертора (второй экземпляр) переместите вправо так, чтобы выход первого инвертора совпал со входом второго.
5. Выполните команду меню Edit\Duplicate еще пять раз. После этого на схеме будет уже семь экземпляров инвертора. Соедините их в цепочку.
6. Используя инструмент Wire tool, соедините вход крайнего левого инвертора с выходом крайнего правого.
7. Используя инструмент Port tool, щелкните на последней трассе и задайте имя «А».
8. Используя инструмент Wire tool, сделайте отвод вниз от трассы между двумя крайними правыми инверторами.
9. Используя инструмент Module Instance tool, вставьте экземпляр компонента capacitor (конденсатор) в конец только что построенного отвода трассы.
10. Используя инструмент Global Module Instance tool, присоедините глобальный символ Gnd ко второму выводу конденсатора.
11. Сохраните проект.

После всех этих действий самым верхним уровнем проекта будет схема циклического генератора, причем его экземпляр не входит ни в одну другую схему (рис. 14). Для него символ (УГО) создавать необязательно.

4. ИНТЕРФЕЙС ПОДСИСТЕМЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ T-SPICE САПР TANNER PRO

Подсистема T-Spice САПР Tanner Pro предназначена для схемотехнического моделирования проектов СБИС и микросистем на персональных компьютерах.

Исходными данными для подсистемы T-Spice являются [2]:

- схема электрическая принципиальная моделируемого устройства;
- математические модели элементов моделируемого устройства;
- параметры моделей элементов.

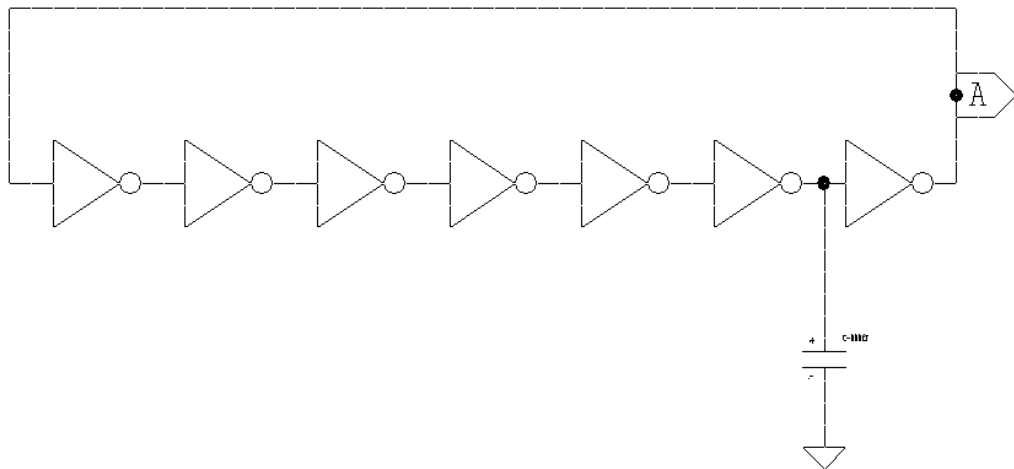


Рис. 14. Схема циклического генератора

Подсистема T-Spice является автономно функционирующим программным продуктом, не объединенным общей оболочкой с другими подсистемами САПР Tanner Pro.

Рассматриваемая версия программного обеспечения САПР T-Spice Tanner Pro реализована под операционные системы Windows 95-2000/XP/NT. Сведения о минимальной конфигурации аппаратных средств для работы с подсистемой T-Spice приведены в табл. 1 [2].

Таблица 1

Минимальная конфигурация аппаратных средств
для подсистемы T-Spice

Процессор	Pentium 100 МГц
Оперативная память	32 МВ
Дисковая память	38 МВ
Монитор	Количество цветов – не менее 256; Разрешение – не менее 800 x 600

Следует отметить, что реально требуемая конфигурация аппаратных средств для подсистемы T-Spice определяется сложностью проекта.

Интерфейс подсистемы T-Spice 6.02 представлен на рис. 16. Он включает следующие поля (перечисление в направлении сверху вниз):

- поле имени проекта;
- поле главного меню;
- поле «быстрых» кнопок;
- поле редактирования текстовых описаний схем и отображения информации о процессе моделирования;

- информационное поле;
- поле подсказки.

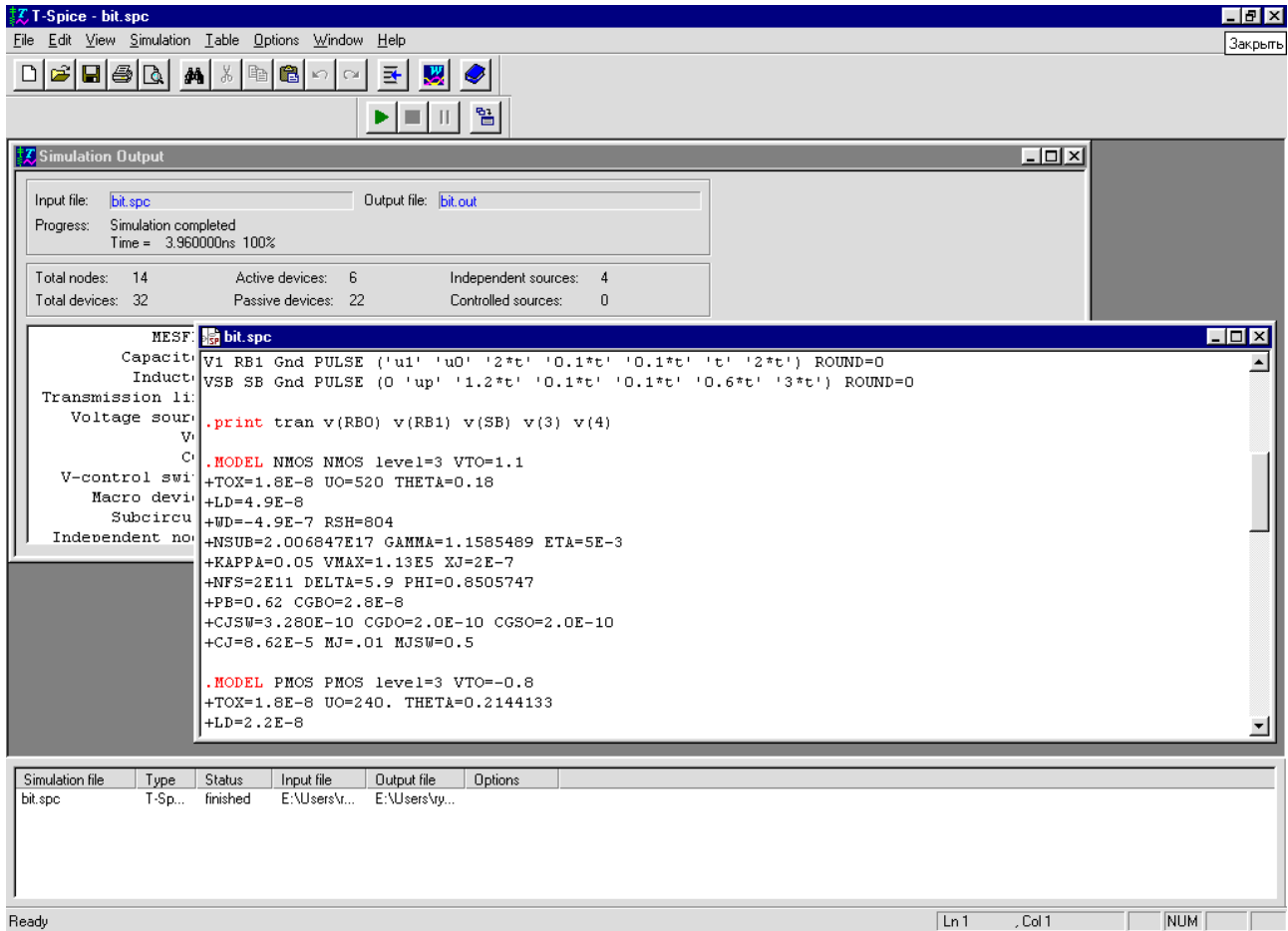


Рис. 16. Интерфейс подсистемы T-Spice 6.02

В поле имени проекта отображается название подсистемы моделирования (T-Spice), после которого через тире следует имя текстового файла проекта. В файле проекта содержится текстовое описание электрической схемы проекта, т.е. информация обо всех элементах этого проекта (транзисторах, диодах, резисторах, конденсаторах и др.) и электрических соединениях между ними.

Поле главного меню содержит следующие пункты и вложенные в них команды ниспадающих меню:

- File:
 - New – создать файл;
 - Open – открыть файл;
 - Close – закрыть файл;
 - Save – сохранить файл;
 - Save As – сохранить существующий файл с изменением его имени;
 - Print – печатать текстовое описание схемы;
 - Print Preview – предварительный просмотр печати;
 - Print Setup – установка параметров печати;
 - Exit – выход из подсистемы T-Spice.

- Edit:
 - Undo – отменить последнюю выполненную команду;
 - Redo – выполнить последнюю отмененную команду;
 - Cut – вырезать выделенный фрагмент текста описания схемы;
 - Copy – скопировать выделенный фрагмент текста в буфер;
 - Past – вставить содержимое буфера в текущий текстовый файл описания схемы;
 - Select All – выделить все описание схемы проекта;
 - Find – найти указанный текстовый фрагмент;
 - Find Next – найти следующий указанный текстовый фрагмент;
 - Goto Line – перевести курсор текста на строку описания схемы проекта с указанным номером;
 - Insert Command – вставить выбранную команду в описание схемы по месту нахождения курсора текста.
- View:
 - Toolbars – разрешение или запрещение отображения «быстрых» кнопок на экране монитора;
 - Status Bar – разрешение или запрещение отображения поля подставки;
 - Simulation Output – отображение информации о процессе моделирования;
 - Simulation Manager – разрешение или запрещение отображения информационного поля на экране монитора;
 - Show Waveform Viewer – запуск программы просмотра результатов моделирования в графическом режиме.
- Simulation:
 - Run Simulation – запуск процесса моделирования текущего файла описания схемы проекта;
 - Stop Simulation – полная остановка процесса моделирования текущего файла описания схемы проекта;
 - Pause – временная остановка процесса моделирования текущего файла описания схемы проекта.
- Options:
 - Font – выбор параметров шрифта;
 - Color – выбор цветов различных полей;
 - Simulation – выбор режима графического отображения результатов моделирования.
- Window – перемещение выбранного описания схемы из отображаемого в выпадающем меню списка на передний план:
 - Cascade – упорядочить отображаемые топологические рисунки каскадом;
 - Tile – упорядочить отображаемые топологические рисунки по горизонтали.
- Help – отображение разделов «Руководства пользователя подсистемы схемотехнического моделирования T-Spice» на английском языке в

формате PDF¹.

В поле «быстрых» кнопок наиболее часто используемые команды главного меню дублируются кнопками с соответствующими графическими обозначениями, активизируемыми однократным щелчком левой кнопки манипулятора «мышь» при наведении курсора «мыши» на выбранную кнопку.


В поле редактирования текстовых описаний схем отображаются текстовые описания схем проектов и информация о процессе моделирования в отдельных окнах, переключение между которыми осуществляется командами меню Window.

В информационном поле отображается имя файла проекта, пути к входному и выходному файлам, информация о текущем состоянии процесса моделирования.

В поле подсказки отображается назначение «быстрой» кнопки при наведении курсора манипулятора «мышь» на ее изображение.


5. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ В РЕДАКТОРЕ ПОДСИСТЕМЫ T-SPICE

5.1. Запуск подсистемы T-Spice


Запуск подсистемы T-Spice САПР Tanner Pro осуществляется двойным щелчком левой кнопки манипулятора «мышь» при наведении курсора на иконку , размещенную на «Рабочем столе» компьютера.

5.2. Создание и сохранение файлов описания схем

В результате запуска T-Spice на экране монитора появляется оболочка подсистемы, кратко описанная в предыдущем разделе (см. рис. 16).

Для создания нового файла описания схемы проекта необходимо активизировать команду File/New или щелкнуть левой кнопкой «мыши» на кнопке . При этом в поле редактирования текстовых описаний схем появится пустое окно для ввода текстового описания.

Описание схемы проекта может быть введено с клавиатуры с использованием стандартного языка описания схем для Spice подобных систем схемотехнического моделирования, описанного в [3].

Сохранение созданного файла осуществляется с помощью команды File/Save или щелчком левой кнопкой «мыши» на кнопке . При этом на экране появится диалоговое окно, приведенное на рис. 17.

В данном окне необходимо с помощью манипулятора «мышь» выбрать каталог для сохранения файла описания схемы, в поле «Имя файла» ввести новое имя (по умолчанию предлагается имя T-Spice1.sp²), после чего активизиро-

¹ Для отображения файлов «Руководства пользователя» на персональном компьютере должен быть установлен Acrobat Reader.

² В подсистеме T-Spice по умолчанию используются два расширения файлов описания схем – *.sp или *.spc.

вать кнопку «Сохранить».

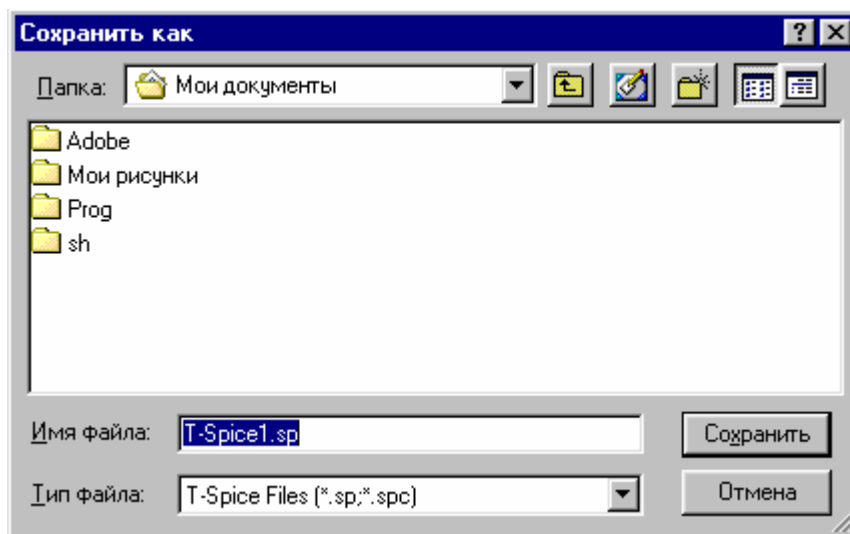




Рис. 17. Диалоговое окно команды Save

5.3. Открытие файлов описания схем

Открытие файла описания схемы проекта осуществляется командой File/Open или щелчком левой кнопки «мыши» на кнопке .

6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТА В ПОДСИСТЕМЕ T-SPICE

6.1. Управление процессом схмотехнического моделирования

Запуск текущего описания схемы проекта на моделирование осуществляется командой Simulation/Run Simulation или щелчком левой кнопки манипулятора «мышь» на кнопке . При этом на экране монитора появится диалоговое окно, показанное на рис. 18.

В поле «Input file name» отображается имя текущего входного файла проекта. В поле «Output file name» отображается имя выходного файла с расширением *.out по умолчанию, который будет создан в процессе моделирования.

При необходимости имена файлов и пути к ним могут быть изменены пользователем путем непосредственного набора имен в соответствующих полях с клавиатуры или активизацией кнопок «Browse» с последующим выбором соответствующих каталогов и файлов манипулятором «мышь».

Поле «Waveform options» позволяет управлять режимом вывода временных диаграмм в программе просмотра результатов моделирования в графическом режиме:

- «Show during» – отображение в процессе моделирования;
- «Show after» – отображение по окончании процесса моделирования;
- «Do not show» – без отображения результатов в графическом режиме.

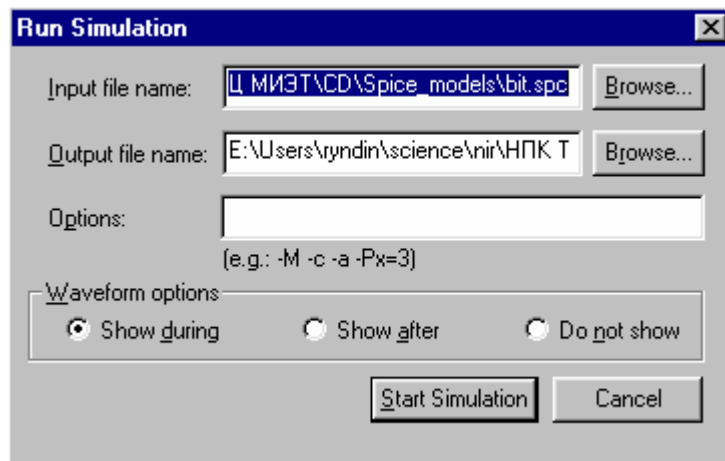


Рис. 18. Диалоговое окно команды Run Simulation

Для запуска процесса моделирования необходимо щелкнуть левой кнопкой манипулятора «мышь» на кнопке «Start Simulation». При этом в поле редактирования текстовых описаний схем появится окно с текущей информацией о процессе моделирования (рис. 19), включающей:

- текущее время моделирования в абсолютных единицах (секундах, наносекундах и др.) в поле «Time»;
- общее число узлов схемы в поле «Total nodes»;

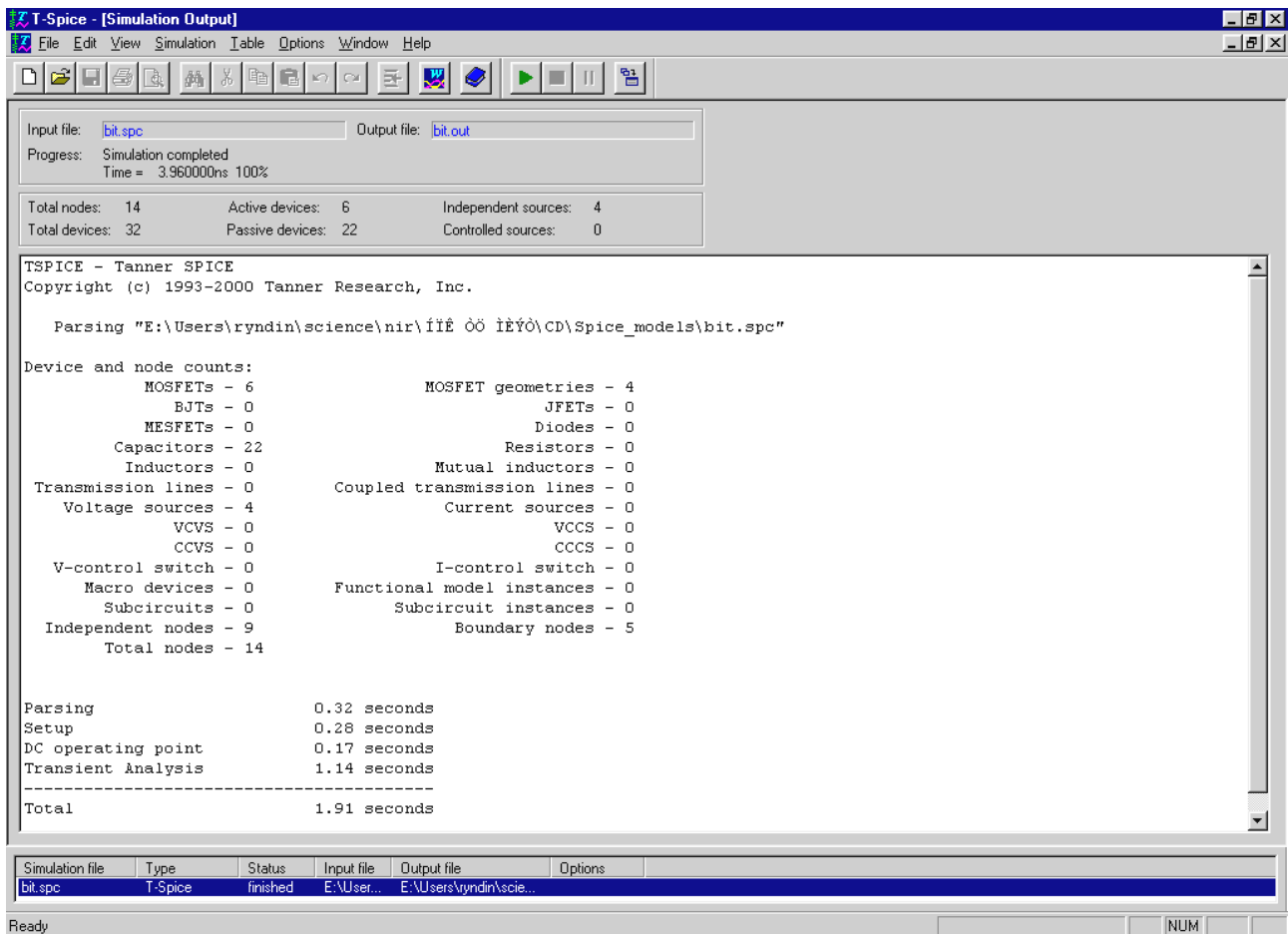




Рис. 19. Текущая информация о процессе моделирования

- общее число приборов³ в поле «Total devices»;
- число активных приборов⁴ в поле «Active devices»;
- число пассивных приборов⁵ в поле «Passive devices»;
- независимые источники тока или ЭДС в поле «Independent sources»;
- управляемые источники тока или ЭДС в поле «Controlled sources» и др.

Досрочное прерывание процесса моделирования осуществляется командой Simulation/Stop Simulation или щелчком левой кнопки манипулятора «мышь» на кнопке .

Временная остановка процесса моделирования осуществляется командой Simulation/Pause или щелчком левой кнопки манипулятора «мышь» на кнопке . Для продолжения моделирования необходимо повторить данную операцию.

6.2. Просмотр результатов моделирования в графическом режиме

Если при запуске схемы проекта на моделирование в поле «Waveform options» был выбран режим вывода диаграмм «Show during» (отображение в процессе моделирования) или «Show after» (отображение по окончании процесса моделирования), то осуществляется автоматический запуск программы просмотра временных диаграмм W-Edit Waveform Viewer, интерфейс которой приведен на рис. 20.

В рабочем окне программы W-Edit автоматически отображаются диаграммы сигналов, полученные в результате моделирования проекта. При выводе временных диаграмм по умолчанию, все диаграммы выводятся сгруппированными в одном графическом окне.

Справа от графического окна выводятся соответствующими цветами имена сигналов, отображенных на диаграммах.

При необходимости изменения цвета и/или толщины линии диаграммы следует дважды щелкнуть левой кнопкой манипулятора «мышь» на имени сигнала справа от графического окна. При этом на экране появится диалоговое окно Trace Properties, приведенное на рис. 21.

Для изменения цвета линии диаграммы необходимо щелкнуть левой кнопкой «мыши» на кнопке «Color», в появившемся при этом окне цветовой палитры щелкнуть левой кнопкой «мыши» на квадрате выбранного цвета и активизировать кнопку «ОК».

Для изменения толщины линии диаграммы необходимо щелкнуть левой кнопкой «мыши» на кнопке «Width», в появившемся при этом окне щелкнуть

³ Под прибором понимается компонент электрической схемы проекта (резистор, конденсатор, транзистор, диод и др.).

⁴ Под активным прибором понимается нелинейный компонент электрической схемы проекта (транзистор, диод и др.).

⁵ Под пассивным прибором понимается линейный компонент электрической схемы проекта (резистор, конденсатор и др.).

левой кнопкой «мыши» на выбранном номере толщины линии⁶ и активизировать кнопку «ОК».

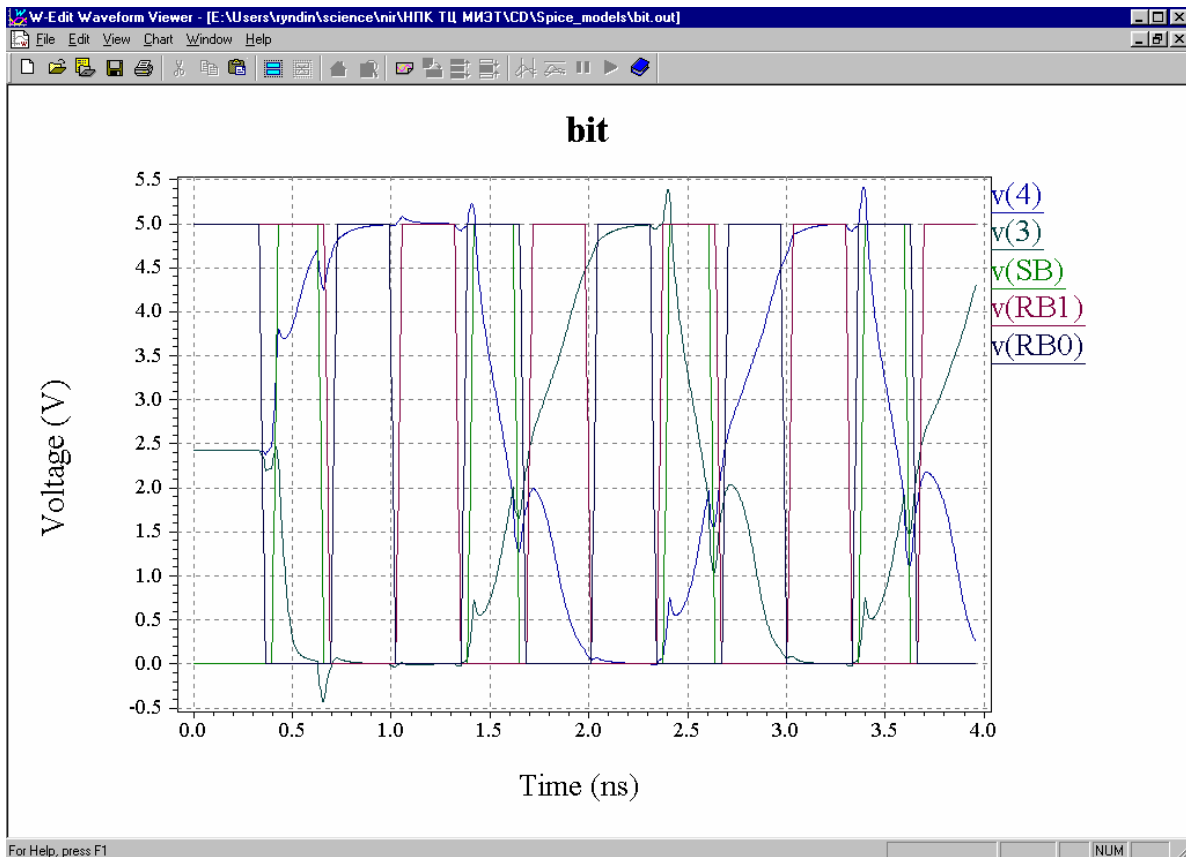


Рис. 20. Интерфейс программы W-Edit Waveform Viewer

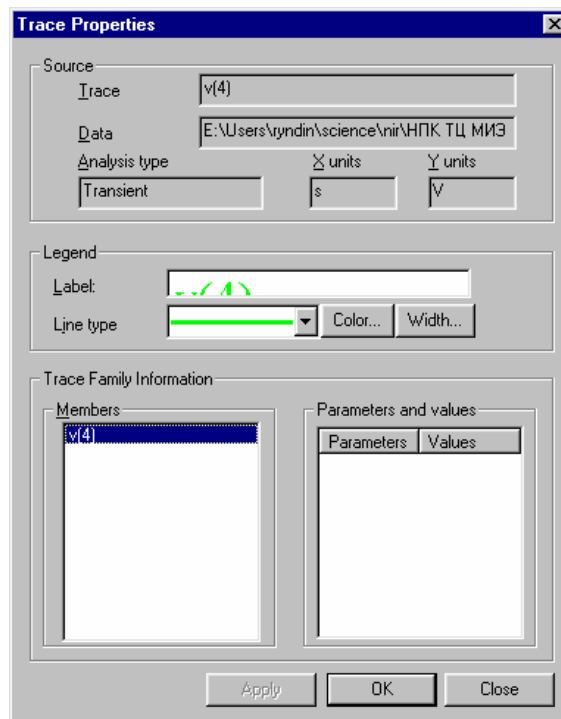


Рис. 21. Диалоговое окно Trace Properties

⁶ Номера расположены в порядке увеличения толщины линии

В качестве примера на рис. 22 приведены показанные выше диаграммы сигналов с увеличенной толщиной линий (с параметром Width = 3).

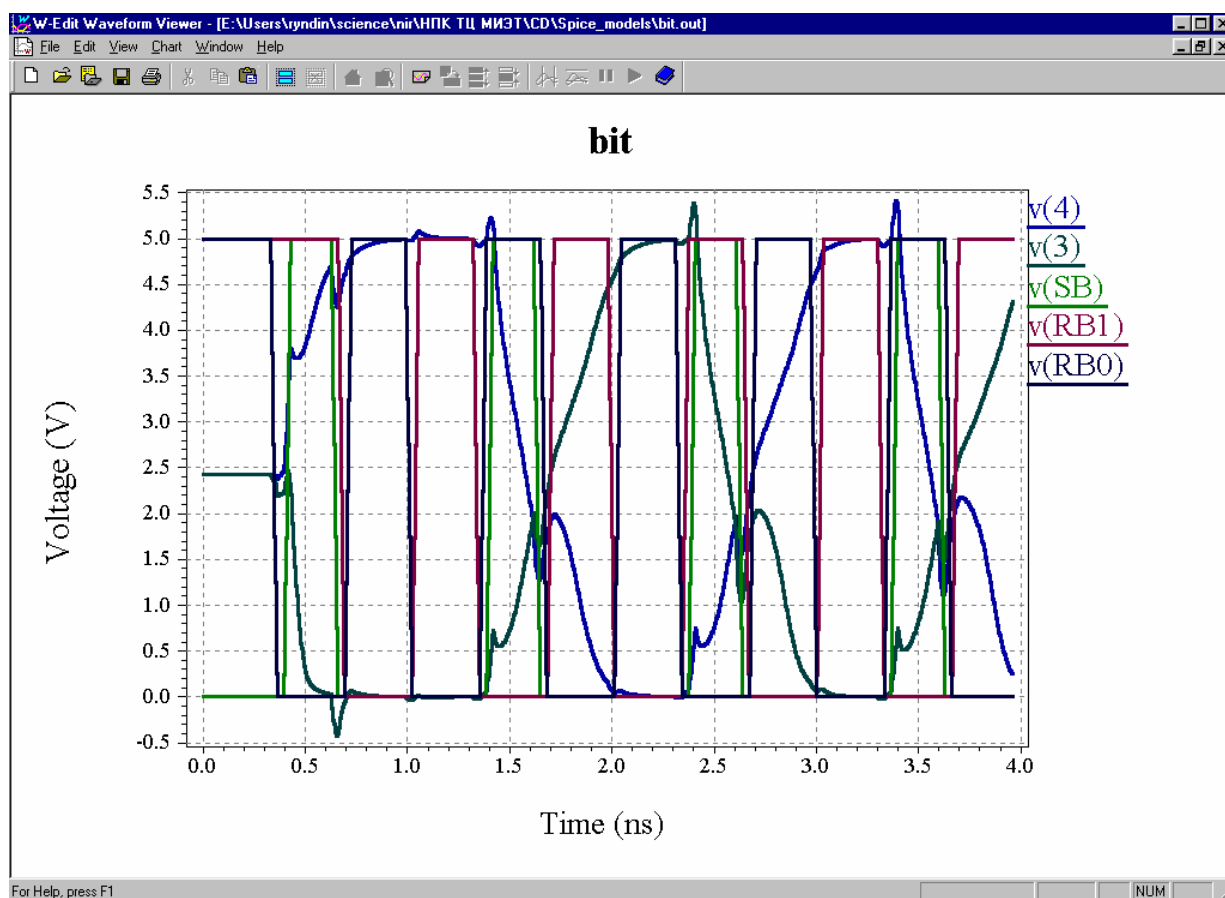




Рис. 22. Диаграммы с увеличенной толщиной линий


При необходимости разгруппировать сигналы и отобразить каждую временную диаграмму в отдельном графическом окне следует щелкнуть левой кнопкой манипулятора «мышь» на кнопке . Пример разгруппированных диаграмм сигналов показан на рис. 23.

Для группировки диаграмм сигналов, прежде всего, необходимо выделить группируемые диаграммы.

Выделение одной диаграммы осуществляется щелчком на ее изображении левой кнопки «мыши».

Выделение нескольких диаграмм осуществляется последовательными щелчками левой кнопкой «мыши» на выделяемых диаграммах с нажатой клавишей Ctrl или Shift.

Для выделения всех диаграмм необходимо щелкнуть левой кнопкой «мыши» на кнопке .

После выделения диаграмм их группировка выполняется щелчком левой кнопкой «мыши» на кнопке .

Для снятия выделения следует активизировать кнопку .

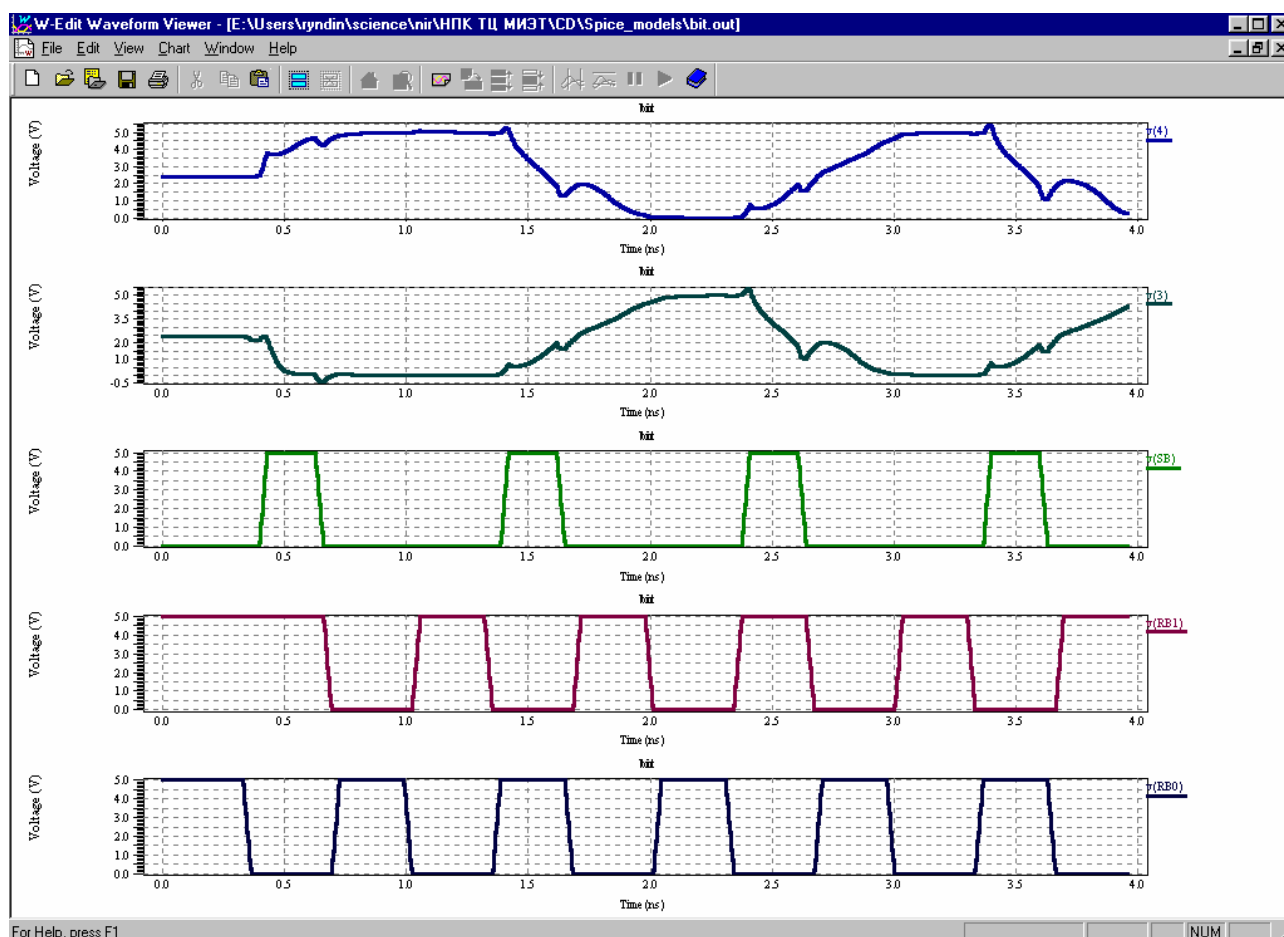



Рис. 23. Разгруппированные диаграммы сигналов

6.3. Сохранение диаграмм сигналов в файле

Полученные в результате моделирования диаграммы могут быть сохранены в файле с расширением *.wdb. Сохранение диаграмм W-Edit осуществляется с помощью команды File/Save или щелчком левой кнопкой «мыши» на кнопке .

7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться со сведениями о подсистемах S-Edit, T-Spice и W-Edit САПР Tanner Pro, изложенными в настоящем руководстве.
2. Получить у преподавателя вариант задания по лабораторной работе.
3. Выполнить ввод и редактирование схемы проекта в подсистеме S-Edit, экспорт и моделирование проекта в подсистеме T-Spice.
4. Показать результаты работы преподавателю.
5. Сохранить файлы проекта на дискете.
6. Оформить отчет о выполнении лабораторной работы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные функции, выполняемые подсистемой S-Edit.
2. Как задать параметры координатной сетки редактора S-Edit?
3. Как создать иерархический проект в редакторе S-Edit?
4. Основные режимы работы редактора S-Edit.
5. Порядок создания нового проекта в редакторе S-Edit.
6. Порядок создания нового компонента в редакторе S-Edit.
7. Создание и использование символа глобального сигнала.
8. Создание и использование символа компонента.
9. Экспорт схемы проекта для подсистем САПР Tanner Pro.
10. Основные функции, выполняемые подсистемой T-Spice.
11. Маршрут моделирования проектов в подсистеме T-Spice.
12. Просмотр результатов моделирования в подсистеме W-Edit.
13. Сохранение диаграмм сигналов в файле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. S-Edit Schematic Editor. User Guide and Reference. Tanner Research, Inc. Vol. 1. 1999. 581 p.
2. T-Spice Circuit Simulator. User Guide and Reference. Tanner Research, Inc. Vol. 1. 1999. 701 p.
3. Разевиг В.Д. Применение программ PCAD и Pspice для схемотехнического моделирования на ПЭВМ. (Вып. 1-4).– М.: Радио и связь, 1992.
4. Рынди́н Е.А., Коно́плев Б.Г. Субмикронные интегральные схемы: элементная база и проектирование.– Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001.– 147 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИНТЕРФЕЙС СХЕМНОГО РЕДАКТОРА S-EDIT САПР TANNER PRO ...	4
1.1. Координатная система	5
1.2. Цветовая палитра.....	5
1.3. Параметры среды.....	6
1.4. Параметры сетки	6
2. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ В РЕДАКТОРЕ S-EDIT....	6
2.1. Иерархия проектов	6
2.2. Схемный режим	8
2.3. Настройка цветовой палитры редактора S-Edit	8
2.4. Параметры окружения	8
2.5. Параметры сетки	9
2.6. Экспорт схемы проекта для подсистем САПР Tanner Pro.....	10
3. ПРИМЕРЫ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТОВ В СХЕМНОМ РЕДАКТОРЕ S-EDIT	12
3.1. Просмотр и редактирование схемы.....	12
3.2. Просмотр и редактирование отдельных компонентов.....	13
3.3. Создание нового проекта.....	14
3.4. Создание нового компонента.....	14
3.5. Создание символа глобального сигнала	15
3.6. Использование символов глобального сигнала в схеме	16
3.7. Создание символа компонента	16
3.8. Использование экземпляра компонента	17
4. ИНТЕРФЕЙС ПОДСИСТЕМЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ T-SPICE САПР TANNER PRO.....	17
5. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ В РЕДАКТОРЕ ПОДСИСТЕМЫ T-SPICE	21
5.1. Запуск подсистемы T-Spice	21
5.2. Создание и сохранение файлов описания схем.....	21
5.3. Открытие файлов описания схем	22
6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТА В ПОДСИСТЕМЕ T-SPICE	22
6.1. Управление процессом схемотехнического моделирования.....	22
6.2. Просмотр результатов моделирования в графическом режиме	24
6.3. Сохранение диаграмм сигналов в файле	27
7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	27
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	28

**Коноплев Борис Георгиевич
Рындин Евгений Адальбертович
Ковалев Андрей Владимирович
Лысенко Игорь Евгеньевич**

Руководство к лабораторной работе

**СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СБИС И МИКРОСИСТЕМ В САПР TANNER PRO**

Ответственный за выпуск *Лысенко И.Е.*
Редактор *Надточий З.И.*
Корректор *Чиканенко Л.В.*

ЛР 020565 от 23.06.1997 г.

Печать офсетная.

Формат 60 × 84¹/₁₆

Усл. п. л. – 1,7.

Заказ № 286

Подписано к печати 10.10.04

Бумага офсетная.

Уч.- изд. л. – 1,6.

Тираж 150 экз.

“С”

Издательство Таганрогского государственного
радиотехнического университета
ГСП 17А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44
Типография Таганрогского государственного
радиотехнического университета
ГСП 17А, Таганрог, 28, Энгельса, 1