

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра микро- и наноэлектроники

В.В. НЕЛАЕВ, В.Р. СТЕМПИЦКИЙ

***ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИС
В СРЕДЕ СИСТЕМЫ DESIGN CENTER***

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по дисциплине

«Основы САПР в микроэлектронике» для студентов специальностей

I-41 01 02 «Микро- и наноэлектронные технологии и системы»

I-41 01 03 «Квантовые информационные системы»

всех форм обучения

Минск 2005

УДК 621.382.8.049.77.001.2 (075.8)

ББК 32.844.1 я 73

Н 49

Р е ц е н з е н т:

доц. кафедры радиоэлектронных средств БГУИР,
канд. техн. наук С.М. Боровиков

Нелаев В.В.

Н 49

Проектирование ИС в среде системы Design Center: Учеб. пособие по дисц. «Основы САПР в микроэлектронике» для студ. спец. I-41 01 02 «Микро- и нанoeлектронные технологии и системы», I-41 01 03 «Квантовые информационные системы» всех форм обуч. / В.В. Нелаев, В.Р. Стемпицкий. – Мн.: БГУИР, 2005. – 56 с.: ил.

ISBN 985-444-878-9

Пособие посвящено проблеме сквозного проектирования электронной аппаратуры с помощью системы Design Center корпорации MicroSim. Изложены основные положения работы в графическом редакторе Schematics, включая редактирование принципиальных схем, символов и атрибутов компонентов. Приведено описание редактора входных сигналов StmEd, а также порядок моделирования в среде графического редактора Schematics. Пособие снабжено большим количеством аналоговых и цифровых схем, необходимых для выполнения компьютерных лабораторных работ в среде системы Design Center.

УДК 621.382.8.049.77.001.2 (075.8)

ББК 32.844.1 я 73

ISBN 985-444-878-9

© Нелаев В.В., Стемпицкий В.Р., 2005

© БГУИР, 2005

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ DESIGN CENTER

2. ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР SCHEMATICS

2.1. Основные положения работы в графическом редакторе Schematics

3. РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ В ГРАФИЧЕСКОМ РЕДАКТОРЕ SCHEMATICS

3.1. Команды редактирования схемы в графическом редакторе Schematics

3.2. Последовательность редактирования принципиальных схем

3.3. Редактирование символов компонентов

3.4. Редактирование атрибутов компонентов

3.4.1. Последовательность редактирования атрибутов

3.4.2. Синтаксис шаблона TEMPLATE

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ПРОГРАММЫ SCHEMATICS

5. РЕДАКТОР ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ STMED

6. РАСШИРЕНИЯ ФАЙЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СИСТЕМЕ DESIGN CENTER

7. СХЕМЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В СРЕДЕ СИСТЕМЫ DESIGN CENTER

7.1. Аналоговые схемы

7.2. Цифровые схемы

ЛИТЕРАТУРА

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на рынке прикладных, научных и учебных средств компьютерного проектирования интегральных схем (ИС) имеется большое разнообразие программ, комплексов и систем, различающихся назначением, функциональными возможностями и стоимостью. По назначению можно выделить компьютерные средства проектирования программируемых логических ИС (ПЛИС), заказных и полужаказных аналоговых, цифровых и смешанных (аналого-цифровых) ИС, ВЧ и СВЧ электронной аппаратуры. По функциональным возможностям их можно разделить на средства сквозного проектирования (то есть поддерживающего все этапы проектирования) и на средства, предназначенные для решения отдельных задач проектирования ИС.

Практически все фирмы-разработчики инструментальных средств проектирования ИС создают свои системы, которые в максимальной степени совместимы с программными пакетами других фирм. Такой стратегии придерживаются ведущие компании: MicroSim, Xilinx, Altera, Cadence, MentorGraphics, Synopsys, OrCad, ALDEC, Actel, Atmel, AMD и др. [1–5] (полезный обзор содержится в [6]). Однако недостатком коммерческих версий программ этих компаний является их высокая стоимость и необходимость использования аппаратной платформы рабочих станций (UNIX платформы).

От указанных недостатков свободны учебные (условно бесплатные) средства компьютерного проектирования ИС, такие, как AIM-Spice, ALLIANCE, AMICAL, MAGIC, OASIS и «Introduction to microelectronics» [7], которые, в общем, способны решать типичные задачи проектирования ИС на персональных компьютерах в среде широко распространенной в настоящее время операционной системы Windows.

Наиболее удобным для образовательных целей в области проектирования ИС является условно бесплатная система Design Center корпорации MicroSim (в 1998 г. MicroSim объединилась с корпорацией OrCad). Система Design Center предназначена для сквозного проектирования ИС, включая графический ввод схемы, ее моделирование, синтез аналоговых фильтров и устройств программируемой логики и в завершение, разработку печатных плат. Система Design Center функционирует на IBM совместимых персональных компьютерах с процессорами 80486, Pentium и совместимых с ними под управлением операционных систем Windows 95/98 или Windows NT/2000/XP.

Описанию системы Design Center посвящен ряд работ «гуру» методистов в области проектирования ИС на постсоветском пространстве Разевига В.Д. [8–10]. К сожалению, указанные работы Разевига в настоящее время стали раритетами, а в Интернете руководства для пользователей системы Design Center на русском языке отсутствуют. Этим и объясняется необходимость издания предлагаемого учебного пособия.

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ DESIGN CENTER

Design Center – интегрированный программный комплекс для сквозного проектирования аналоговых, цифровых и смешанных аналого-цифровых устройств, синтеза устройств программируемой логики, пассивных и активных аналоговых фильтров. Система Design Center является развитием известного пакета PSpice корпорации MicroSim и состоит из следующих модулей:

Schematics – графический редактор для ввода принципиальных и структурных схем. Является, кроме того, управляющей оболочкой, из которой активизируется большинство основных модулей Design Center. Поддерживает иерархические и блочные структуры, выполняет редактирование библиотек символов со ссылками в них на технологические библиотеки корпусов компонентов. Библиотеки символов содержат более 25 000 аналоговых и цифровых компонентов. Возможна трансляция схем, созданных в системе OrCAD. Поддерживается передача данных в пакеты проектирования печатных плат P-CAD, OrCAD, CADStar, PADS, Protel, SCICARDS и TangoPro.

PSpice – программный пакет для моделирования аналоговых устройств. Обеспечивает как стандартные методы анализа (расчет режима по постоянному току, частотных характеристик и переходных процессов), так и многовариантный и статистический анализ по методу Монте-Карло, расчет чувствительности схемы к разбросу параметров компонентов и проверка работоспособности для наихудшей комбинации отклонений от номинала, графический анализ формы сигнала, анализ производительности по результатам моделирования, графическое редактирование входных сигналов, возможность аналитического задания входных воздействий, полуавтоматическое описание полупроводниковых устройств на основе данных производителя (с помощью программы *Probe*). Библиотеки аналоговых моделей содержат более 9 000 устройств (диоды, биполярные и полевые транзисторы, мощные МОП-транзисторы, операционные усилители, стабилизаторы, регуляторы и компараторы напряжения, нелинейные магнитные устройства, тиристоры, оптроны, кварцевые резонаторы и др.), производимых фирмами США, Европы, Японии, а также отечественными предприятиями электронной промышленности.

PLogic – программа моделирования цифровых устройств. Использует технику обработки, управляемую событиями, различает 5 логических уровней и 64 выходных импеданса, анализ для наихудшего сочетания временных задержек в элементах, обеспечивается генерация предупреждений при угрозе возникновения гонок сигналов, создание моделей элементов с помощью логических выражений и данных фирмы-производителя, возможность контроля временных соотношений (времен установки и удержания), полный набор примитивов низкого уровня, редактирование входных сигналов и анализ временных диаграмм результатов моделирования. Библиотеки цифровых ИС содержат 17 семейств логики с общим числом элементов более 1 800.

PSpice A/D – программа моделирования аналоговых и смешанных аналого-цифровых устройств. Включает в себя все возможности пакетов PSpice и PLogic.

Алгоритмы аналогового и цифрового моделирования взаимосвязаны в рамках одной программы, которая автоматически распознает и обрабатывает аналого-цифровые и цифроаналоговые интерфейсы. Результаты моделирования отображаются в программе Probe в одном окне с единым масштабом времени.

PLSyn – синтез программируемых логических устройств. Объединяет аппаратно-независимое иерархически многоуровневое задание проекта, оптимальный логический синтез и автоматический выбор элементной базы на основании задаваемых оператором требований. Автоматический алгоритм позволяет разбить проект по корпусам ИС. Поддерживается более 4 000 устройств программируемой логики от 22 производителей с полной информацией о быстродействии, цене, корпусах, потребляемой мощности и логической архитектуре.

StmED – редактор входных сигналов (аналоговых и цифровых).

Probe – графический постпроцессор, предназначенный для отображения, обработки и документирования результатов моделирования.

Optimizer – программа, оптимизирующая параметры для достижения заданных характеристик смешанных устройств. Обеспечивает оптимизацию на основе градиентных методов при наличии линейных и нелинейных ограничений. Оптимизация проводится автоматически или интерактивно до полного удовлетворения условий, заданных пользователем. Поддерживается оптимизация с нелинейными целевыми функциями.

Parts – программа для идентификации параметров математических моделей компонентов схем по паспортным данным.

Polaris – средство анализа целостности сигналов – проведение моделирования с учетом паразитных эффектов, присущих топологии реальных печатных плат. По информации о топологии печатных плат, разработанных с помощью PCBboards или других систем типа P-CAD, рассчитываются паразитные емкости и индуктивности, омические сопротивления, задержки сигналов и взаимные индуктивности параллельных печатных проводников. Проводится моделирование с учетом этих паразитных эффектов, что позволяет оценить влияние перекрестных искажений, отражений сигналов и задержек их распространения. Поддерживаются форматы файлов топологии пакетов CADSTAR, PADS, P-CAD и TangoPRO.

Device Equation – исходный код в формате PSpice для моделей полупроводниковых приборов.

PCBoard – графический редактор и автотрассировщик печатных плат. Имеет библиотеку из 900 стандартных корпусов ИС. Включает трассировщик SPECSTRA фирмы Cooper & Chain Technology.

2. ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР SCHEMATICS

2.1. Основные положения работы в графическом редакторе Schematics

Работа с клавиатурой. Для выбора пункта горизонтального меню в графическом редакторе Schematics нажимается клавиша Alt и одновременно клавиша с буквой, подчеркнутой в имени команды. Для вызова команды из ниспадающего меню нажимается клавиша с подчеркнутой буквой. Кроме того, имеется набор пиктограмм для быстрого вызова наиболее употребительных подкоманд.

Работа с мышью. При работе с мышью возможно осуществление различных операций, основные из них приведены ниже.

Выбор – выбор объекта (компонента, проводника, текста и т.п.) осуществляется щелчком левой клавиши мыши. Цвет выбранного графического объекта (символ, проводник, шина) изменяется обычно на красный. При выборе атрибута компонента он окаймляется прямоугольной рамкой, а символ компонента, которому он принадлежит, – пунктирной рамкой. Выбор следующего объекта отменяет выбор предыдущего. Для одновременного выбора группы из нескольких объектов следует нажать и удерживать клавишу Shift. Для исключения объекта из группы нажимается Shift и производится щелчок по объекту. Выбор всех объектов, находящихся в некоторой области, осуществляется нажатием левой клавиши мыши и ее удерживанием при перемещении мыши по схеме – в результате на экране появляется растягивающийся прямоугольник (*Region of Interest box, ROI*), положение которого фиксируется при отпускании клавиши. Выбранный объект, группу объектов или область можно перемещать, вращать, копировать и удалять.

Буксировка – перемещение одного или нескольких выбранных объектов или области выполняется нажатием и удерживанием левой клавиши мыши, после чего курсор перемещают в новое положение. Фиксация положения перемещаемого объекта выполняется после отпускания клавиши.

Отмена команды – отмена текущей команды выполняется нажатием на клавиатуре клавиши Esc, выбором режима Cancel в диалоговом окне редактирования или однократным щелчком левой клавиши мыши.

Растягивание – при выполнении команды Draw/Block на схеме появляется изображение прямоугольного блока, размеры которого изменяются с помощью правой клавиши мыши при нажатии и удерживании клавиши Shift. В режиме редактирования символов аналогично растягиваются линии, прямоугольники, дуги и окружности, введенные по командам Draw/Line, Draw/Box, Draw/Arc, Draw/Circle.

Редактирование атрибутов осуществляется посредством двойного щелчка на символе компонента, проводнике, тексте или атрибуте, в результате чего на экране дисплея появляются диалоговые окна редактирования.

Для ускорения работы с графическим редактором Schematics ряд наиболее употребительных команд помимо пиктограмм вызывается с помощью функциональных клавиш Fn (табл. 2.1) и комбинаций клавиш (табл. 2.2).

Таблица 2.1

Назначение функциональных клавиш (в скобках приведены соответствующие команды и подкоманды графического редактора Schematics)

Клавиша	При редактировании схем	При редактировании символов
F1	Помощь, Help	Помощь, Help
F2	Перейти на нижний уровень иерархии, Navigate/Push	Включение сетки, Options/Display Options
F3	Перейти на верхний уровень иерархии, Navigate/Pop	-
F4	Привязка текста к сетке, Options/Display Options	Привязка текста к сетке, Options/Display Options
F5	Ортогональность, Options/Display Options	Автоматическая прокрутка, Options/Display Options
F6	Привязка к сетке, Options/Display Options	Привязка к сетке, Options/Display Options
F7	Автоматическая нумерация проводников/портов, Options/Auto-Naming	-
F8	Автоматическое повторение, Options/Auto-Repeat	Автоматическое повторение, Options/Auto-Repeat
F9	Режим «резиновой нити», Options/Display Options	-
F10	Вывод списка ошибок, File/Current Errors	Вывод списка ошибок, File/Current Errors
F11	Вызов программы моделирования, Analysis/Simulate	-
F12	Вызов программы Probe, Analysis/Probe	-

Примечание. Нажатие клавиш Shift+Fn отменяет действие соответствующей команды.

Таблица 2.2

Назначение комбинаций клавиш

Комбинация клавиш	Редактирование схем	Редактирование символов
1	2	3
Ctrl+A	Просмотр области, View/Area	Просмотр области, View/Area
Ctrl+B	Ввод шины, Draw/Bus	-
Ctrl+D	Провести проводник заново, Draw/Rewire	Определение корпуса, Part/Definition
Ctrl+E	Ввод метки, Edit/Label	Редактирование упаковочной информации, Packaging/Edit

1	2	3
Ctrl+F	Зеркальное отображение, Edit/Flip	Зеркальное отображение, Edit/Flip
Ctrl+G	Взять новый символ, Draw/Get New Part	Взять новый символ, Part/Get
Ctrl+H	–	Изменить, Edit/Change
Ctrl+I	Увеличить изображение, View/In	Увеличить изображение, View/In
Ctrl+L	Перерисовать, View/Redraw	Перерисовать, View/Redraw
Ctrl+M	Пометить маркером цепь для вывода ее потенциала с помощью программы Probe, Markers/Mark Voltage/Level	-
Ctrl+N	Перерисовать схему на всю страницу, View/Fit	Перерисовать символ на весь экран, View/Fit
Ctrl+O	Уменьшить изображение, View/Out	Уменьшить изображение, View/Out
Ctrl+P	Поместить на схему символ, Draw Place Part	Список выводов, Part/Pin List
Ctrl+R	Повернуть символ на 90°, Edit/Rotate	Повернуть символ на 90°, Edit/Rotate
Ctrl+S	Сохранить, File/Save	Сохранить, File/Save
Ctrl+T	Ввести текст, Draw/Text	Тип вывода, Edit/Pin Type
Ctrl+U	Восстановить удаленный объект, Edit/Undelete	Восстановить удаленный объект, Edit/Undelete
Ctrl+V	Взять из буфера, Edit/Past	Взять из буфера, Edit/Past
Ctrl+W	Ввести проводник, Draw/Wire	-
Ctrl+X	Копировать в буфер, Edit/Cut	Копировать в буфер, Edit/Cut
Delete	Удалить объект, Edit/Delete	Удалить объект, Edit/Delete
Пробел	Повторить, Draw/Repeat	Повторить, Draw/Repeat

3. РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ В ГРАФИЧЕСКОМ РЕДАКТОРЕ SCHEMATICS

Редактирование принципиальных схем осуществляется с помощью ряда команд, сгруппированных в следующих пунктах горизонтального меню:

File – загрузка, создание и сохранение файлов схем, вывод схем на принтер или плоттер, переход в режим редактирования символов;

Edit – редактирование или удаление символов компонентов на текущей схеме;

Draw – ввод проводников, шин и размещение символов компонентов на текущей странице схемы;

Navigate – выбор страницы схемы для редактирования;

View – изменение масштаба изображения схемы на экране;

Options – установка параметров дисплея и принтера/плоттера;

Analysis – создание списка соединений схемы, поиск ошибок в схеме, вызов программ моделирования PSpice или PLogic и программы Probe;

Tools – интерфейс с программами проектирования печатных плат, программ Polaris, Optimizer и PLSyn, создание макромоделей;

Markers – размещение на поле чертежа маркеров, помечающих узлы цепи или выводы компонентов, графики напряжений или токов которых выводятся с помощью программы Probe;

Windows – работа с окнами;

Help – вызов средств помощи.

3.1. Команды редактирования схемы в графическом редакторе Schematics

В табл. 3.1–3.11 приведено краткое описание команд редактирования принципиальных схем графического редактора Schematics.

Таблица 3.1

Команды меню File

Команда	Назначение
1	2
New...	Очистка рабочего окна для построения новой схемы
Open...	Открытие (загрузка) существующего файла схемы для последующего редактирования
Close	Закрытие текущего окна (если схема была изменена, предлагается ее сохранить)
Import...	Загрузка схемы из системы OrCAD
Save (Ctrl+S)	Сохранение внесенных изменений в текущем файле
Save As...	Сохранение внесенных изменений в новом файле, имя которого указывается по дополнительному запросу
Print...	Вывод твердой копии одной или более страниц текущей схемы
Printer Select...	Установка параметров принтера: разрешающая способность, размер бумаги, горизонтальное (Landscape) или вертикальное (Portrait) расположение изображения на бумаге
Edit Library...	Переход в режим редактирования библиотек символов
Symbolize...	Преобразование текущей схемы в символ. Внешние выводы схемы помечаются входными (IF_IN), выходными (IF_OUT) и общего назначения (INTERFACE) портами из библиотеки port.slb. Создаваемое автоматически изображение символа имеет форму прямоугольника, доступную для редактирования

1	2
Reports...	Создание перечня элементов текущей схемы (Bill of Materials), спецификация которого задается по команде Setup:
	Format Задание формата вывода атрибутов: [пояснительный текст]@<имя атрибута>
	Component Description File Задание имени файла описания компонентов (.cdf) для включения его в спецификацию схемы
	Print Output Format Текстовый формат, упорядоченный по типам компонентов (Text) или по именам/значениям атрибутов (Database)
Current Errors... (F10)	Просмотр списка ошибок текущей схемы, обнаруженных при выполнении команды ERC и составлении списка соединений
Exit (Alt+F4)	Завершение работы с графическим редактором
Файл 1, ..., Файл 4	Список последних четырех загруженных файлов

Таблица 3.2

Команды меню Edit

Команда	Назначение
1	2
Undelete (Ctrl+U)	Восстановление последнего удаленного объекта
Cut (Ctrl+X)	Удаление объекта(ов) на схеме и помещение его (их) в буфер
Copy (Ctrl+C)	Копирование объекта(ов) в буфер для последующего размещения на схеме по команде Paste
Paste (Ctrl+V)	Размещение на схеме последнего объекта, занесенного в буфер по команде Cut или Copy. (После помещения символа в буфер обмена по команде Past он копируется на схему также нажатием клавиши [Пробел])
Copy to Clipboard	Копирование выбранной прямоугольной области схемы в буфер обмена Clipboard системы Windows
Delete (Del)	Удаление выбранного объекта(ов) со схемы (содержимое буфера не стирается)
Attributes...	Редактирование атрибутов выбранного объекта(ов). Все внесенные изменения относятся к выбранному символу и не переносятся в библиотеку
Label... (Ctrl+E)	Присвоение имени (метки) выбранному проводнику, сегменту шины или порту

1	2	
Model...	Просмотр и редактирование директив .MODEL или .SUBCKT выбранного символа. Измененные директивы заносятся в отдельный файл и доступны только для текущей схемы. Эту же процедуру можно сделать с помощью программы Parts. Имеются подрежимы:	
	Change Model Reference...	Просмотр и изменение имени модели выбранного компонента
	Edit Instance Model (Text) ...	Редактирование копии описания модели или макромодели с помощью текстового редактора. В этом режиме добавляются параметры модели, необходимые для учета разброса параметров по методу Монте-Карло (что невозможно с помощью Parts)
	Edit Instance Model (Parts) ...	Вызов Parts для редактирования моделей, которые поддерживаются этой программой
Stimulus...	Вызов программы редактирования внешних воздействий Stimulus Editor. Возможно редактирование всех воздействий текущей страницы (current page), текущей схемы (current schematic) и всех воздействий иерархического проекта (all levels of hierarchy)	
Symbol	Переход в режим редактирования выбранного символа	
Views...	Просмотр списка схем, ассоциируемых с выбранным иерархическим символом (блоком), и изменение имени его схемы. Это дает возможность иметь несколько схем замещения одного иерархического символа	
Convert Block	Преобразование в символ выбранного блока(ов) активного окна после проверки полноты необходимой информации. Блок размещается на схеме по команде Draw/Block	
Rotate (Ctrl+R)	Вращение выбранного объекта(ов) на 90° против часовой стрелки	
Flip (Ctrl+F)	Создание зеркального отображения выбранного объекта(ов)	
Align Horizontal	Выравнивание точек привязки (origin) всех выбранных объектов (символов, проводников, текста и т.п.) по горизонтали. Объекты выравниваются по самому левому объекту	
Align Vertical	Выравнивание точек привязки (origin) всех выбранных объектов (символов, проводников, текста и т.п.) по вертикали. Объекты выравниваются по самому верхнему объекту	
Replace...	Замена всех компонентов того же типа, что и выбранный, компонентом другого типа	
Find...	Поиск компонентов, проводников и шин схемы. Поиск проводится по имени или значению указываемых атрибутов (символы * и ? разрешаются)	

Таблица 3.3

Команды меню Draw

Команда	Назначение
Repeat ([Пробел])	Повторение предыдущей команды
Place Part... (Ctrl+P)	Размещение на схеме одного экземпляра компонента, предварительно выбранного по команде Get New Part
Text... (Ctrl+T)	Размещение на схеме текста с изменением его размера. Имя шрифта и его номинальный размер устанавливаются по команде Options/Editor Configuration/Fonts
Wire (Ctrl+W)	Изображение проводника (точка электрического контакта образуется лишь при их T-образном соединении)
Bus (Ctrl+B)	Изображение шины (линии групповой связи). Шине в целом или ее отдельным сегментам должно быть по команде Edit/Label присвоено имя, включающее в себя имена входящих в нее проводников
Block	Размещение на схеме одного или нескольких блоков (прямоугольной формы), имеющих иерархическую структуру. Подведенные к контуру прямоугольника проводники и шины автоматически подсоединяются к нему и образуют выводы. Имена выводов проставляются по умолчанию и могут быть изменены. По команде Convert Block изображение блока преобразуется в символ Ассоциация блока с существующей схемой (его схемой замещения) выполняется по команде Edit/Views. Создание схемы замещения блока выполняется по команде Navigate/Push
Get New Part... (Ctrl+G)	Ввод имени компонента, размещаемого на схеме, или его выбор из каталога библиотек (просмотр каталога по опции Browse). Имя компонента, введенное по этой команде, передается команде Place Part
Rewire (Ctrl+D)	Перерисовка проводника или сегмента шины без изменения расположения его крайних точек

Таблица 3.4

Команды меню Navigate

Команда	Назначение
1	2
Previous Page...	Загрузка предыдущей страницы схемы для редактирования
Next Page...	Загрузка следующей страницы для редактирования
Select Page...	Загрузка указанной страницы схемы
Create Page... (Ctrl+N)	Добавление новой страницы к текущей схеме
Delete Page...	Удаление текущей страницы схемы
Copy Page...	Копирование одной или нескольких страниц указанной схемы в текущую схему

1	2
Edit Page Info...	Редактирование заголовка страницы схемы (page title)
Edit Schematic Instance	Просмотр и редактирование атрибутов блока или иерархического символа после выполнения команды Push
Edit Schematic Definition	Просмотр и редактирование атрибутов схемы
Push (F2)	Переход на более низкий уровень иерархии выбранного блока или иерархического символа
Pop (F3)	Переход на более высокий уровень иерархии выбранного блока или иерархического символа
Top	Возвращение на самый верхний уровень схемы
Where...	Вывод на экран информации об иерархической структуре схемы

Таблица 3.5

Команды меню View

Команда	Назначение
Fit (Ctrl+N)	Изменение масштаба изображения так, чтобы на полном экране разместились все имеющиеся на схеме компоненты, проводники и соединители
In (Ctrl+I)	Увеличение масштаба изображения (центр поля зрения указывается курсором). Степень увеличения назначается с помощью параметра ZOOMFACTOR в файле msim.ini
Out (Ctrl+O)	Уменьшение масштаба изображения (центр поля зрения указывается курсором)
Area (Ctrl+A)	Вывод на весь экран окаймленной части изображения
Previous	Возвращение к предыдущему масштабу изображения
Entire Page	Вывод на экран полного изображения страницы схемы, размер которой задан по команде Option/Page Size
Redraw (Ctrl+L)	Перечерисовка экрана
Pan-New Center	Расположение схемы симметрично относительно точки расположения курсора без изменения масштаба

Таблица 3.6

Команды меню Options

Команда	Назначение
1	2
Display	Установка следующих опций дисплея:

1	2	
Options...	Grid On	Включение сетки
	Snap to Grid	Автоматическое перемещение объекта для привязки к узлам сетки при его размещении вне сетки чертежа
	Orthogonal	Режим ввода только ортогональных линий
	Stay on Grid	Привязка объектов к узлам сетки
	Snap to Pin	Привязка концов проводников или сегментов шин к ближайшему выводу компонента, находящемуся в области захвата. Значение ее радиуса назначается в строке Gravity или с помощью параметра SnapToPinGravity файла msim.ini
	Rubberband	Включение режима прокладки эластичных электрических связей
	Status Line	Вывод строки состояний
	Cursor X and Y	Вывод текущих координат курсора в строке состояний
	Toolbar	Включение/выключение строки инструментов с изображением пиктограмм
	Grid Spacing	Шаг сетки
	Text Grid	Привязка текста к узлам сетки (Stay on Grid) и задание ее шага (Grid Size)
Gravity	Радиус области захвата	
Page size...	Выбор формата чертежа в английской (A, B, C, D, E, X) или метрической системе (A4, A3, A2, A1, A0). В соответствии с типом выбранного формата устанавливается система единиц на схеме. Изменять систему единиц можно на любой стадии работы со схемой	
Auto-Repeat...	Автоматическое размещение на схеме копии предыдущего объекта(ов), смещенной на заданное расстояние (после двойного щелчка)	
Auto-Naming...	Автоматическое назначение позиционных обозначений компонентов и имен проводников и шин при их размещении на схеме	
Set Display Level...	Разрешение размещения на экране и/или твердой копии текста и других параметров компонента:	
	Pin Numbers	Номеров выводов
	Pin Names	Имен выводов
	Hidden Pins	Скрытых выводов (обычно это выводы питания и «земли» интегральных схем)
	Title and Border	Заголовков и границ чертежа
Page Boundary	Рамок чертежей страниц	

1	2	
Set Display Level...	Junctions	Точки соединения проводников
	Ports	Портов
	Markers and Viewpoints	Маркеров
	RefDes	Позиционных обозначений компонентов
	Part Names	Имен корпусов компонентов
	Labels	Имен (меток) цепей
	Attribute Text	Текстовых атрибутов
	User Def. #1	Первого параметра, задаваемого пользователем
	User Def. #2	Второго параметра, задаваемого пользователем
	User Def. #3	Третьего параметра, задаваемого пользователем
User Def. #4	Четвертого параметра, задаваемого пользователем	
Editor Configuration...	Ввод списка имен загружаемых библиотек символов, путей доступа к ним и к библиотекам заголовков и всех других параметров конфигурации, устанавливаемых по умолчанию, за исключением конфигурации цвета:	
	Libraries	Перечень загруженных библиотек символов
	Libraries Path	Путь доступа к библиотекам
	Title Block Symbol	Имя символа углового штампа страницы чертежа, надписи в котором представлены в виде атрибутов
	Autosave interval	Интервал автосохранения
	Monochrome Mode	Включение монохромного режима
	Library Settings	Редактирование списка загруженных библиотек символов
	Page Settings	Задание размеров области печати (Drawing Area), имени символа рамки чертежа (Border Symbol, по умолчанию вычерчивается одинарная линия по периметру чертежа) и расстояния между выводами компонентов (Pin-to-Pin Spacing) для изменения размера символа при печати
Pan&Zoom	App Settings	Выбор программы моделирования (PSPice или PLogic), редактирование командных строк отдельных программ, задание дополнительных файлов конфигурации (вместо msim.ini)
	Fonts	Выбор шрифта
Restricted Operations	Изменение коэффициентов масштабирования	
Restricted Operations	Запрещение добавления номера страницы к имени проводника	
Translators...	Выбор имени программы, в формате которой составляются списки соединений (PSPICE, PCBOARDS, CADSTAR, EDIF, ORCAD, PADS, PCAD, PROTEL, TANGO, SCICARDS и POLARIS)	

Команды меню Analysis

Команда	Назначение	
1	2	
Electrical Rule Check	Проверка соблюдения правил составления принципиальных электрических схем (ERC). Обнаруженные ошибки просматриваются по команде Current Errors	
Create Netlist	Создание списка соединений текущей схемы, в котором указываются все компоненты, их соединения и параметры (в файлах .net и .als), а также файла задания на моделирование .cir, в котором содержатся директивы для программы PSpice, указанные на схеме и созданные по командам Setup	
Setup	Задание директив моделирования и их параметров (приведем данные для PSpice):	
	AC Sweep...	Расчет характеристик линеаризованной схемы в частотной области и уровня ее внутреннего шума
	Load/Save Bias Points...	Запоминание/чтение режима схемы по постоянному току
	DC Sweep...	Расчет режима по постоянному току при вариации входного напряжения, тока или температуры
	Monte Carlo/Worst Case...	Статистический анализ по методу Монте-Карло/расчет наихудшего случая
	Digital Setup	Спецификация дополнительных данных при анализе переходных процессов цифровых и смешанных устройств (времена задержек, тип интерфейса и установка начальных условий триггеров)
	Options...	Задание различных параметров моделирования
	Parametric...	Задание варьируемых параметров
	Temperature...	Установка температуры (по умолчанию 27 °C)
Transient...	Расчет переходных процессов и спектральный анализ по Фурье	
Library and Include Files...	Спецификация библиотек моделей (Library), текстовых файлов (Include) и файлов внешних воздействий (Stimulus), просматриваемых при составлении списков соединений. Эти файлы добавляются как глобальные или локальные для данной схемы	
Simulate (F11)	Вызов программы PSpice для моделирования текущей схемы. После вызова этой команды автоматически выполняются команды Annotate, Electrical Rule Check и Create Netlist (если они не были вызваны перед этим вручную). Моделирование выполняется, если в схеме нет ошибок	

1	2	
Probe Setup...	Установка параметров программы Probe:	
	Auto Run Option	Автоматический вызов программы Probe после завершения моделирования (Automatically Run Probe After Simulation) или после начала моделирования (Monitor Waveforms)
	At Probe Startup	Восстановление экрана прошлого сеанса (Restore Last Probe Session), вывод всех графиков переменных, помеченных маркерами (Show All Markers), выбранных маркеров (Show Selected Markers) или никаких (None)
	Data Collection	Занесение в файл данных только тех переменных, которые помечены маркерами (At Markers Only), всех переменных (All), всех переменных, за исключением внутренних узлов макромодели (All Except Internal Subcircuit Data), или ничего (None)
	Text Data File Format (CSDF)	Вывод данных в текстовый файл .txt
Run Probe (F12)	Вызов графического постпроцессора Probe для просмотра результатов моделирования в графической форме. При успешном завершении программы PSpice результаты моделирования передаются через файл данных .dat или .txt	
Examine Netlist...	Просмотр списка соединений текущей схемы в файле .net (имя текстового редактора указывается в файле msim.ini)	
Examine Output...	Просмотр текстового файла .out с результатами моделирования	

Таблица 3.8

Команды меню Tools

Команда	Назначение
1	2
Annotate...	Автоматическое присвоение позиционных обозначений компонентам текущей схемы
Create Layout Netlist	Составление списка соединений схемы в формате выбранного редактора печатных плат
Run Layout Editor	Запуск редактора печатных плат, выбранного по команде Configure Layout Editor (при выборе редактора PCBboards название команды изменяется на Run PCBboards)
Back Annotate...	Внесение в схему изменений, сделанных в печатной плате, на основании файла ECO

1	2
Configure Layout Editor...	Выбор текстового редактора и редактирование командной строки для его запуска
Browse Netlist	Просмотр списка соединений схемы (для редактора P-CAD имеет расширение имени .alt)
View Package Definition...	Просмотр упаковочной информации о выбранном компоненте
Create Subcircuit...	Создание списка соединений подсхемы текущего и всех более низких уровней иерархии (файл .sub)
Run Polaris...	Вызов панели программы расчета целостности сигналов Polaris
Run PLSyn	Вызов панели настройки конфигурации программы PLSyn
Run PSpice Optimizer	Вызов панели настройки конфигурации программы оптимизации PSpice Optimizer
Use Optimized Params	Назначение оптимизируемым параметрам значений, полученных на предыдущем прогоне процедуры оптимизации

Таблица 3.9

Команды меню Markers

Команда	Назначение	
1	2	
Mark Voltage / Level (Ctrl+M)	Построение графиков напряжений или логических уровней цепей. Маркеры должны размещаться в любой точке проводника или в конце вывода компонента	
Mark Voltage Differential	Размещение на поле схемы двух маркеров, помечающих разность потенциалов	
Mark Current into Pin	Размещение на поле схемы маркеров, помечающих выводы компонентов, токи которых наносятся на графики программой Probe. Компоненты имеют два вывода (резистор, диод и т.п.) или три вывода (транзистор)	
Mark Advanced...	Размещение на поле схемы дополнительных маркеров:	
	vdb	Напряжение в децибелах (режим AC)
	idb	Ток в децибелах (режим AC)
	vphase	Фаза напряжения (режим AC)
	iphase	Фаза тока (режим AC)
	vgroupdelay	Групповое время запаздывания напряжения (режим AC)
	igroupdelay	Групповое время запаздывания тока (режим AC)
	vreal	Действительная часть напряжения (режим AC)
	ireal	Действительная часть тока (режим AC)
	vimaginary	Мнимая часть напряжения (режим AC)
iimaginary	Мнимая часть тока (режим AC)	
POLARIS	Цепь, для которой в программе Polaris рассчитываются паразитные эффекты	

1	2	
Mark Advanced...	IMARKER	Ток
	NODEMARKER	Напряжение узла
	VDIFFMARKER	Разность напряжений
Clear All	Удалить со схемы все маркеры на всех страницах	
Show All	Вывести в программе Probe графики для всех маркеров на всех страницах	
Show Selected	Вывести в программе Probe графики переменных, помеченных выбранными маркерами	

Таблица 3.10

Команды меню Window

Команда	Назначение
New	Открытие нового окна, на котором размещена текущая схема для одновременного просмотра разных фрагментов одной и той же схемы большого размера
Close	Закрытие текущего окна
Arrange	Упорядочивание размещения открытых окон
1 <заголовков окна>... [9<заголовков окна>] [Дополнительные окна]	Список открытых окон

Таблица 3.11

Команды меню Help

Команда	Назначение
Index	Вывод списка разделов встроенной инструкции
Keyboard	Вывод списка назначений функциональных клавиш и комбинаций клавиш
Menu Commands	Вывод инструкции о всех командах
Procedures	Вывод правил настройки конфигурации
Using Help	Вывод кратких указаний по работе со встроенной инструкцией
About	Вывод номера версии программы и ее регистрационного номера

Примечание. Три точки после имени команды (...) отмечают так называемые расширенные команды, перед выполнением которых необходимо ввести дополнительную информацию на панелях диалога.

3.2. Последовательность редактирования принципиальных схем

Редактирование принципиальных схем производится в следующей примерной последовательности:

1. Работа с графическим редактором начинается с очистки поля экрана (если это необходимо) после выбора вида File/New. Затем по команде Options/Page Size устанавливается размер схемы. По команде Options/Editor Configuration/Page Settings/Border Symbol на чертеж схемы наносится изображение его рамки, согласованной с установленными размерами схемы. Изображение рамки хранится в виде отдельного символа, например A4, размещаемого в создаваемой пользователем библиотеке, например russian-.slb. Аналогично по команде Options/Editor Configuration/Title Block Symbol наносится изображение углового штампа, стандартные надписи в котором представлены в виде атрибутов, редактируемых пользователем (см. ниже). Угловой штамп (или основная надпись) помещается в отдельном символе, например stamp, по умолчанию на схему помещается символ titleblk. Заметим, что изображения рамки и углового штампа можно нанести на схему по ее завершению. Если символ рамки Border не указан, то габаритные размеры схемы ограничиваются на экране (и при печати на бумагу) одинарными линиями. Размер схемы (и систему единиц) можно изменять на любой фазе работы со схемой.

2. Далее, в пункте Options настраивают конфигурацию графического редактора. При загрузке редактора конфигурация устанавливается по умолчанию, однако полезно убедиться в ее правильности и при необходимости ввести корректировку. В частности, по команде Options/Display Options устанавливаются шаг координатной сетки (Grid Spacing – рекомендуется шаг 2,5 мм или 0,1 дюйма) и другие параметры дисплея, из которых обязательным является включение режима привязки графических объектов к узлам сетки (Stay on Grid), что необходимо для удобства подсоединения проводников к выводам компонентов.

Редактирование производится в панели диалога этой команды. Формат чертежа и система единиц (метрическая/английская) выбираются по команде Options/Page size.

Для редактирования параметра, имеющего числовое значение, нажатием левой клавиши мыши выбирается поле редактирования (окружённое прямоугольной рамкой) и его содержание редактируется как обычная текстовая переменная. Переключение параметров, имеющих два значения (On – включено, Off – выключено), осуществляется переключателем (прямоугольник слева от имени параметра, в режиме On прямоугольник помечается крестиком). Завершение установки параметров и завершение работы в панели диалога производится выбором командной клавиши OK, отмена – выбором Cancel.

3. Редактирование существующей схемы начинается с загрузки SCH-файла по команде File/Open, в результате чего на экране появляется ее чертеж, а в верхней строке горизонтального меню – имя схемы.

4. Размещение символа компонента на схеме начинается с указания имени компонента в панели диалога, открывающейся по команде Draw/Get New Part. Эта команда вызывается также одновременным нажатием «горячих» кла-

виш `Ctrl+G` или выбором соответствующей пиктограммы на линейке инструментов. В панели диалога после указателя `Part`: вводится имя символа компонента, находящегося в одной из `SLB`-библиотек. В начале работы редактора загружаются `SLB`-библиотеки, указанные ранее по команде `Options/Editor Configuration`. Кроме того, для просмотра перечня компонентов, имеющихся в загруженных библиотеках, курсором выбирается опция `Browse`. В результате выводится меню со списком библиотек, в котором курсором помечается одна из них. После этого выводится каталог выбранной библиотеки, в котором курсором выбирается имя компонента (краткое описание компонента приводится на строке `Description`). Выбор компонента завершается нажатием командной клавиши `OK`, в результате на экране появляется изображение компонента, «привязанное» к курсору. Нажатие левой клавиши мыши фиксирует расположение компонента, после чего его можно поместить в другом месте. Нажатие правой клавиши завершает команду.

Команда `Draw/Place Part` (или `Ctrl+P`) размещает на схеме один экземпляр текущего компонента (т.е. выбранного ранее по команде `Draw/Get New Part`). При этом для повторения предыдущей команды не обязательно указывать ее имя – достаточно два раза подряд нажать правую клавишу мыши.

Замечания.

1. В процессе выбора места расположения компонента на схеме его можно повернуть или получить зеркальное изображение нажатием клавиш `Ctrl+R` (`Rotate`) или `Ctrl+F` (`Flip`).

2. Выбранный компонент (окрашен другим цветом, обычно красным) перемещается на схеме после фиксации и удерживания на нем курсора. Для проведения моделирования на анализируемой схеме нужно проставить позиционные обозначения компонентов, что возможно в ручном или автоматическом режиме.

3. Автоматическая простановка осуществляется в процессе ввода компонентов, если по команде `Options/Auto Naming` выбрана опция `Enable Reference Designator`. Введенные автоматически позиционные обозначения компонентов редактируются после двойного щелчка мыши при расположении курсора на этом обозначении. Кроме того, после завершения построения схемы по команде `Tools/Annotate` можно выполнить переименование позиционных обозначений, а также необходимую для разработки печатной платы упаковку схемы.

4. Большинство компонентов схемы характеризуется набором параметров, представленных в редакторе `Schematics` в виде атрибутов. Например, резистор может характеризоваться номинальным сопротивлением и температурным коэффициентом, транзистор – именем математической модели. Перечень атрибутов каждого компонента задается при создании его символа, а на схеме их конкретные значения задаются по команде `Edit/Attribute` (или двойным щелчком на символе компонента, или выбором пиктограммы). По этой команде в панели диалога редактируются значения атрибутов выбранного компонента. По этому же принципу редактируются надписи углового штампа. Измененные таким образом значения атрибутов сохраняются лишь в изображении символа на схеме и не пе-

реносятся в библиотеки символов. Обратим внимание, что на схеме можно отредактировать только те атрибуты, при создании которых включен параметр `Changeable in schematic`. Такие атрибуты не помечены символом звездочка «*». Атрибуты, помеченные символом «а», проставляются автоматически.

5. Изображение проводников, соединяющих выводы компонентов, наносится на схему по команде `Draw Wire (Ctrl+W)`. После выбора этой команды изображение курсора принимает форму карандаша. Нажатие левой клавиши мыши фиксирует начало проводника, и при перемещении курсора прокладывается проводник. Каждое одиночное нажатие левой клавиши фиксирует точку излома проводника, после чего можно изменить его направление. Ввод проводника завершается нажатием правой клавиши или двойным нажатием левой клавиши. Если конец проводника совпадает с выводом компонента или концом другого проводника, то после нажатия левой кнопки проведение проводника заканчивается, курсор по-прежнему имеет форму карандаша и возможна прокладка нового проводника.

При включении параметра `Orthogonal` команды `Options/Display Options` проводники проводятся только с изломами под прямым углом, а при включении параметра `Rubberband` проводник при движении курсора растягивается, как резиновая нить.

Электрическое соединение пересекающихся проводников отмечается точкой. В редакторе `Schematics` точка соединения автоматически проставляется только для Т-образных пересечений проводников. Поэтому для обеспечения электрического контакта пересекающихся проводников необходимо сначала нарисовать первый проводник. Затем начать рисовать второй и закончить его (нажатием левой клавиши) в точке пересечения с первым – в результате будет нанесена точка электрического соединения. После этого можно продолжить построение второго проводника от этой точки.

6. Имя (метка) проводника присваивается по команде `Edit/Label (Ctrl+E)`, предварительно выделив его курсором. По этой команде на экран выводится панель ввода имени `Set Attribute Value/LABEL`, которая также активизируется двойным щелчком мыши по проводнику. Однако для проведения моделирования присваивать вручную имена всем проводникам не обязательно, так как всем именованным проводникам автоматически присваиваются имена вида `$N_0001`, `$N_0002` и т.д. Ссылаться на них неудобно, поэтому необходимо проставить вручную имена тем проводникам, на которые будут сделаны ссылки в процессе моделирования. При этом если по команде `Options/Auto-Naming` активизирован параметр `Auto-Naming` и задан шаблон (имя первого проводника, например `M1`), то при выполнении команды `Edit/Label` выбранным проводникам по порядку автоматически назначаются порядковые номера, увеличивающиеся на единицу, например `M1`, `M2` и т.д.

На схеме обязательно должен быть узел «земли», имеющий имя `0`, – к нему подсоединяется символ `AGND` (аналоговая «земля») из библиотеки `port.slb`.

При выполнении однотипных операций (рисования нескольких проводников, присвоения им имен и т.п.) удобно двойным нажатием правой клавиши мы-

ши повторить выполнение предыдущей команды (ее имя помещено в правой части строки состояний).

7. Изображение шин (линий групповой связи), состоящих из нескольких проводников, наносится на схему по команде `Draw/Bus (Ctrl+B)` более широкой линией, чем проводник. Способ рисования шин такой же, как и проводников. Различие состоит в присвоении имени шине. Все шины обязательно должны иметь имена в виде списка имен входящих в них цепей, разделенных запятыми. Например, шина, состоящая из трех цепей, имеющих имена `A`, `N1`, `N2`, должна иметь имя `LABEL=A, N1, N2`; шина из цепей `B0`, `B1`, `B2` может иметь имя `B[0-2]`. Имена можно присваивать и отдельным секциям шины, состоящим из разного количества цепей.

8. Размещение на схеме произвольного текста, который выводится на твердую копию чертежа, но не передается в программу моделирования, производится по команде `Draw/Text (Ctrl+T)`. Изменение масштаба шрифта производится при вводе или редактировании текста, а выбор шрифта – по команде `Options/Editor Configuration/Fonts`.

9. Внесенные в схему изменения записываются в текущий каталог в файл схемы с расширением `.sch` по команде `File/Save (Ctrl+S)`. Если схема создана вновь, дополнительно запрашивается имя схемы. Запись схемы в файл с другим именем производится по команде `File/Save As`.

10. Схемы большого размера помещаются на нескольких страницах. Создание новых страниц и переход на другую страницу осуществляются по командам группы `Navigate`. Цепи, расположенные на нескольких страницах, соединяются с помощью имеющих одинаковые имена символов `GLOBAL` из библиотеки `port.slb`.

11. При моделировании применяются иерархические структуры трех типов – блоки, иерархические символы и макромодели (`subcircuits` – подцепи):

а) изображение блока в виде прямоугольника размещается на схеме по команде `Draw/Block`. К контуру блока подводятся внешние проводники и шины – в этих точках автоматически создаются внешние выводы блока и проставляются их номера. Таким образом удобно создать функциональную схему устройства. Схема замещения каждого блока создается по команде `Navigate/Push` (после выбора блока щелчком левой клавиши мыши), и, в свою очередь, она может иметь вложенные блоки без ограничений на количество уровней иерархии. На этой схеме автоматически размещаются порты интерфейса (символы `INTERFACE`), соответствующие внешним выводам блока. После завершения схемы замещения блока к портам подводятся проводники (при создании схемы замещения блока вручную эти символы размещаются на схеме по команде `Draw/Get New Part`). Обратно на верхний уровень иерархии возвращаются по команде `Navigate/Pop`. Каждому блоку может соответствовать несколько вариантов схем замещения, что позволяет выполнить моделирование различных вариантов. Подсоединение к блоку конкретной схемы замещения производится по команде `Edit/View` или двойным щелчком мыши по изображению блока. Схема

замещения блока хранится в файле с расширением имени .sch. В принципе блок можно преобразовать в символ по команде Edit/Convert Block, но обратное преобразование невозможно;

б) создание иерархического символа начинается с создания его схемы замещения. К внешним выводам по команде Draw/Get New Part подключаются интерфейсные порты из библиотеки port.slb:

IF_IN – для левых (входных) выводов;

IF_OUT – для правых (выходных) выводов;

INTERFACE – для остальных выводов.

Всем этим портам присваиваются имена. После этого по команде Edit/Symbolize автоматически создается изображение иерархического символа прямоугольной формы (в дальнейшем его можно отредактировать по команде Edit/Symbol). Изображение иерархического символа заносится в библиотеку с расширением имени .slb, а его схема замещения – в файл .sch;

в) макромодели (подцепи, subcircuits) имеют текстовое описание их схем замещения, что уменьшает вычислительные затраты на моделирование. Схема замещения макромодели создается так же, как для иерархического символа, а затем выполняется команда Tools/Create Subcircuit. В результате будет создано текстовое описание схемы замещения, на первой строке которого помещена директива .SUBCKT, перечислены имена внешних выводов (присвоенных портам интерфейса) и имя макромодели, совпадающее с именем файла ее схемы замещения. Последняя строка содержит директиву окончания описания макромодели .ENDS. Текстовое описание макромодели заносится в файл с расширением имени .sub.

12. Моделирование производится после выполнения команд Analysis/Setup и Analysis/Simulate. После завершения моделирования автоматически запускается программа построения графиков Probe, если по команде Analysis/Probe Setup включена опция Automatically Run Probe After Simulation. Если к тому же по команде Markers на схеме размещены маркеры, то на экране Probe сразу будут выведены соответствующие графики. Для оперативного вывода графиков сразу после начала моделирования нужно по команде Analysis/Probe Setup включить опцию Monitor Waveforms.

13. Печать схемы на принтер производится по команде File/Print. Обычным образом выбирается тип принтера, размер бумаги, ориентация схемы (Portrait или Landscape) и ряд других параметров. В частности, в разделе Page Setup устанавливаются размеры полей сверху, снизу, слева и справа, что позволяет точно позиционировать чертеж на листе бумаги. Затем выбирается масштаб:

Auto-fit: one schematic page per printer page – автоматический выбор такого масштаба, чтобы бумагу выбранного размера целиком заполнил чертеж схемы;

User-definable zoom factor – задание масштаба изображения в процентах.

Толщина линий чертежа изменяется в строке `PRINTERLINewidth` раздела `SCHEMATICS` файла конфигурации системы `msim.ini` – указывается толщина линий в пикселях.

3.3. Редактирование символов компонентов

Режим редактирования символов компонентов активизируется из режима редактирования схем одним из двух способов.

1-й способ. На редактируемой схеме выбирается компонент и в меню `Schematics` – команда `Edit/Symbol`. При этом программа предлагает сохранить схему с внесенными изменениями, после чего в новом окне выводится символ компонента, доступный для редактирования (при этом в верхней строке экрана изменяется перечень команд). Режим редактирования символов завершается нажатием левой кнопки на строке заголовка символа или выбором команды `File/Close`, после чего восстанавливается режим редактирования схемы.

2-й способ. Выбор команды `File/Edit Library` включает режим редактирования символов, после чего по команде `File/New` создается новая библиотека символов или по команде `File/Open` открывается существующая.

Основные команды редактирования символов компонентов:

- `File` – создание и редактирование библиотек символов компонентов, их вывод на принтер или плоттер;
- `Edit` – редактирование символов;
- `Graphics` – создание графического изображения символа;
- `Part` – создание/редактирование описания символа;
- `Packaging` – создание/редактирование информации об упаковке символа компонента в его корпус;
- `View` – изменение масштаба изображения символа компонента на экране;
- `Options` – установка параметров чертежа на дисплее и активизация режимов автоматической нумерации выводов компонентов и простановки их имен;
- `Window` – работа с окнами;
- `Help` – вызов средств помощи.

Таблица 3.12

Основные команды при редактировании символов компонентов в редакторе `Schematics`

Команда	Назначение
1	2
Меню <code>File</code>	
<code>New...</code>	Создание нового библиотечного файла. Символ компонента создается внутри всплывающего прямоугольника
<code>Open...</code>	Открытие существующей библиотеки символов для редактирования
<code>Close</code>	Закрытие текущего библиотечного файла

1	2	
Save (Ctrl+S)	Запись обновленной библиотеки символов в файл с текущим именем. Старая версия библиотеки записывается в каталог BACKUP	
Save As...	Запись обновленной библиотеки символов в файл с новым именем	
Print	Вывод твердой копии символа выбранного компонента текущей библиотеки или всего содержимого библиотеки	
Print Select...	Установка параметров принтера: разрешающая способность, размер бумаги, горизонтальное (Landscape) или вертикальное (Portrait) расположение изображения на бумаге	
Current Errors (F10)	Вывод списка ошибок для просмотра, печати или записи в файл	
Exit	Выход из графического редактора	
Меню Edit		
Undelete (Ctrl+U)	Восстановление последнего удаленного объекта(ов)	
Cut (Ctrl+X)	Удаление с экрана выбранного объекта, который заносится в буфер для возможного переноса на экран по команде Paste	
Copy (Ctrl+C)	Занесение в буфер изображения выбранного объекта для его копирования по команде Paste	
Paste (Ctrl+V)	Нанесение на чертеж последнего объекта, занесенного в буфер по командам Cut или Copy	
Change (Ctrl+H)	Разрешение редактирования выбранного вывода, текста или атрибутов, ассоциированных с символом компонента	
Pin Type (Ctrl+T)	Изменение изображения вывода, назначенного по умолчанию:	
	Normal	Нормальный сигнал
	Bubble	Сигнал с инверсией
	Clock	Вход тактовых импульсов
	Inverted Clock	Инверсный вход тактовых импульсов
	ANSI Low Activ In	Вход в стандарте ANSI
	ANSI Low Activ Out	Выход в стандарте ANSI
	ANSI Inverted Clock	Инверсный вход тактовых импульсов в стандарте ANSI
Zero Lenght	Вывод нулевой длины	
Model...	Редактирование директивы .MODEL или .SUBCKT текущего символа. По умолчанию все изменения заносятся в файл user.lib	
Stimulus	Вызов редактора StmEd, если редактируется символ внешнего воздействия	
Push	Переход в режим редактирования схемы замещения иерархического символа. Если такой схемы замещения нет, то создается пустой экран схемного редактора, на котором размещены порты интерфейса; их имена проставляются в соответствии с именами выводов символа	
Set Schematic...	Вывод перечня схем, ассоциированных с данным символом, для внесения в него изменений	

1	2	
Check Schematic	Проверка взаимного соответствия глобальных и интерфейсных портов и глобальных цепей, к которым подключены скрытые выводы, иерархического символа и его схемы замещения	
Rotate	Вращение выбранного объекта на 90° против часовой стрелки	
Flip	Зеркальное отображение объекта	
Align Horizontal	Выравнивание точек привязки (origin) всех выбранных объектов (линий, дуг, текста и т.п.) по горизонтали. Объекты выравниваются по самому левому объекту	
Align Vertical	Выравнивание точек привязки (origin) всех выбранных объектов (линий, дуг, текста и т.п.) вертикали. Объекты выравниваются по самому верхнему объекту	
Меню Graphics		
Arc	Рисование дуги	
Box	Рисование прямоугольника	
Circle	Рисование окружности	
Line	Рисование линии	
Pin	Добавление вывода к символу компонента и разрешение редактирования его имени и номера, а также электрического типа вывода, используемого в режиме поиска ошибок схемы ERC:	
	don't care	не проверяется
	input	вход
	output	выход
	bidir	двунаправленный
	highZ	высокий импеданс
	open collec	открытый коллектор
power	подключения источника питания	
Text	Добавление текстовой строки	
Bbox	Изменение размеров прямоугольного окна, в котором размещен символ компонента	
Origin	Изменение положения начала координат	
Repeat ([Пробел])	Повторение последней команды	
Меню Part		
New...	Создание в текущей библиотеке символов нового компонента	
Copy...	Копирование символа компонента из другой библиотеки и придание ему статуса текущего компонента (его имя помещается на верхней строке меню)	
Get...(Ctrl+G)	Выбор компонента из текущей библиотеки для редактирования его символа, которое отображается в окне редактора	
Remove...	Удаление компонента из текущей библиотеки	
Save to Library...	Запись в текущую библиотеку символов выбранного компонента	

1	2	
Attributes...	Разрешение ввода новых атрибутов или редактирование существующих	
Definition (Ctrl+D)	Разрешение редактирования определений компонента: описания компонента – Description, его имени – Part name, списка подобных параметров – Alias list, имени подобного компонента – АКО (применяется для сокращения объема библиотеки символов) и типа символа (Type). Параметр Type принимает значения:	
	Component	Стандартные компоненты типа R, C ... или иерархические символы; должны иметь атрибуты REFDES, TEMPLATE, PART и MODEL
	Annotation	Неэлектрические символы
	Hier port	Соединения между разными уровнями иерархии; имеют атрибут LEVEL
	Global port	Глобальные узлы, соединяющиеся друг с другом на всех страницах схемы (например соединение с «землей»); имеют атрибут LEVEL
	Offpage	Соединение цепей на одной или разных страницах; имеют атрибут LEVEL
	Title block	Угловой штамп чертежа
	Border	Рамка чертежа
	Marker	Маркер для вывода графиков
	Viewpoint	Отображение напряжения узла цепи в рабочей точке
	Current probe	Отображение тока вывода в рабочей точке
	Optimizer parameter	Задание значений оптимизируемых параметров
	Stimulus	Указание узла, к которому подключается источник сигналов, созданный с помощью StmEd
Simulation control	Задание команд типа .IC, .NODESET	
Pin List (Ctrl+P)	Разрешение редактирования всех выводов компонента	
Get Symbol Graphics	Перенос символа существующего компонента в качестве символа текущего компонента	
Export	Запись графического и текстового описания компонента из текущей библиотеки в текстовый файл .sym для последующего переноса символа компонента из одной библиотеки символов в другую	
Import	Чтение текстового файла и придание ему статуса символа текущего компонента с последующей возможностью включения в текущую библиотеку символов	

1	2	
Меню Packaging		
New...	Создание новой упаковочной информации: имя прототипа – ACO, количество вентилях в корпусе- # of Gates, количество типов вентилях – # of Gate Types, тип корпуса (footprint) – Package Types, список имен и номеров выводов – Pin Assignments, список логически эквивалентных выводов – Pin Swaps	
Copy...	Копирование упаковочной информации	
Get...	Редактирование упаковочной информации в текущей библиотеке Package Library	
Remove...	Удаление упаковочной информации из текущей библиотеки	
Edit... (Ctrl+E)	Редактирование упаковочной информации текущего символа	
Configure Package Types...	Просмотр списка типов корпусов (DIP, SOIC, SOJ, TO, TSOP, PQFP, DISCRETE, LCC) и редактирование перечня корпусов каждого типа	
Export	Запись упаковочной информации одного или более символов в текстовый файл .pkg	
Import	Чтение упаковочной информации из текстового файла .pkg	
Меню View		
Fit (Ctrl+N)	Изменение масштаба изображения так, чтобы на полном экране разместились все имеющиеся на схеме компоненты, проводники и соединители	
In (Ctrl+I)	Увеличение масштаба изображения (центр поля зрения указывается курсором). Степень увеличения назначается с помощью параметра ZOOMFACTOR в файле msim.ini	
Out (Ctrl+O)	Уменьшение масштаба изображения (центр поля зрения указывает курсор)	
Area (Ctrl+A)	Вывод на весь экран окаймленной части изображения	
Previous	Возвращение к предыдущему масштабу изображения	
Entire Symbol	Вывод на экран полного изображения символа	
Redraw (Ctrl+L)	Перечеркивание экрана	
Pan-New Center	Расположение символа симметрично относительно точки расположения курсора без изменения масштаба	
Меню Options		
Display Options	Установка следующих опций дисплея:	
	Grid On	Включение сетки
	Snap to Grid	Автоматическое перемещение объекта для привязки к узлам сетки при его размещении вне сетки чертежа
	Stay on Grid	Привязка объектов к узлам сетки
Status Line	Вывод строки состояний	

1	2
Display Options	Cursor X and Y Вывод текущих координат курсора в строке состояний
	Grid Spacing Шаг сетки
	Gravity Радиус области захвата
	Text Stay on Grid Привязка текста к узлам сетки
	Spacing Расстояние между повторяющимися объектами
	Toolbar Включение/выключение строки инструментов с изображением пиктограмм
Auto-Repeat	Автоматическое размещение на экране одного или нескольких объектов, аналогичных предыдущему, на заданном расстоянии по осям X и Y (после двойного щелчка мышью)
Set Display Level...	Разрешение размещения на экране и/или твердой копии текста и других параметров компонента
Pan & Zoom	Изменение коэффициентов масштабирования
Меню Window	
New Schematic Window	Открытие нового окна, на котором размещена текущая схема для одновременного просмотра разных фрагментов одной и той же схемы большого размера
Close	Закрытие текущего окна
Arrange	Упорядочивание размещения открытых окон
Current Window List	Список открытых окон
Меню Help	
Index	Вывод списка разделов встроенной инструкции
Keyboard	Вывод списка назначений функциональных клавиш и комбинаций клавиш
Menu Commands	Вывод инструкции о всех командах
Procedures	Вывод правил настройки конфигурации
Using Help	Вывод кратких указаний по работе со встроенной инструкцией
About...	Вывод номера версии программы и ее регистрационного номера

3.4. Редактирование атрибутов компонентов

Редактирование атрибутов компонентов осуществляется по одному из двух способов.

1-й способ. По команде `Part/Attributes` возможно как редактирование всех существующих атрибутов символа, так и определение новых с помощью панели диалога редактирования атрибутов.

2-й способ. Курсор устанавливается на редактируемый атрибут компонента и два раза нажимается левая клавиша мыши. В результате управление передается в панель диалога для изменения этого атрибута.

На панели диалога редактирования атрибутов имеются следующие поля:

Name – задание имени атрибута (если атрибут с введенным именем существует, то можно отредактировать его значение);

Value – значение атрибута;

What to Display – что выводить на экран:

Value only – только значение атрибута;

Name only – только имя атрибута;

Both name and value – имя и значение атрибута;

Both name and value only if value define – имя и значение атрибута, если его значение определено;

None – ничего;

Display Characteristics – спецификация параметров текста атрибута:

Layer – задание слоя, на котором размещается имя и/или значение атрибута (видимость на экране информации, размещенной в разных слоях, устанавливается по команде Options/Set Display Level;

Orient – ориентация текста атрибута;

Hjust – привязка текста по горизонтали (левая, по центру, правая);

VJust – привязка текста по вертикали (нижняя, по центру, верхняя);

Size – масштаб изображения текста в процентах;

Changeable in schematic – разрешение изменять значение атрибута в режиме редактирования схем;

Keep relative orientation – вращение атрибута вместе с символом.

3.4.1. Последовательность редактирования атрибутов

В поле списка на правой стороне панели диалога редактирования атрибутов приводится перечень всех атрибутов компонента. Для ввода нового атрибута курсором отмечается первая свободная строка в поле списка, а для редактирования существующего – строка, где он расположен. В результате в верхнем поле редактирования (Name) появляются имя атрибута, а во втором (Value) – его значение, которые редактируются как обычные текстовые переменные. Результаты редактирования сохраняются после выбора командной кнопки Save Attr (отмена – Del Attr).

В графическом редакторе Schematics имеются атрибуты со строго определенными именами:

COMPONENT – имя упаковочной информации компонента. Этот атрибут не нужен, если имя упаковочной информации совпадает с именем символа компонента PART;

GATE – имя секции компонента A, B, C, D и т.д. Не указывается, если компонент состоит из одной секции. При размещении символов на схеме всем им присваивается имя первой секции A, добавляемой к позиционному обозначению, например U1A, U2A. Автоматическое распределение секций по корпусам компонентов производится по команде Tools/Annotate. Изменение имен секций выполняется вручную двойным щелчком по атрибуту REFDES или по команде Edit/Attribute;

GATETYPE – тип секции. Применяется, когда компонент состоит из секций разных типов. Например, ИС 533TP2 состоит из четырех триггеров, два из которых имеют дополнительный вход установки. Секции каждого типа имеют отдельные символы с разными атрибутами GATETYPE, чтобы правильно назначить номера выводов различных секций;

MODEL – имя модели компонента (должно согласовываться с именами моделей в директивах .MODEL и .SUBCKT, размещаемых в библиотечных файлах .lib). Обычно атрибут MODEL помечен звездочкой в списке атрибутов, что означает невозможность его изменения на схеме. Для изменения имени модели или создания ее копии применяется команда Edit/Model;

PART – имя символа компонента, под которым он заносится в библиотеку символов;

PKGREF – позиционное обозначение корпуса компонента. Если корпус состоит из четырех секций A, B, C и D, то все эти секции имеют один и тот же атрибут PKGREF, например U1, и разные атрибуты REFDES U1A,..., U1D. Атрибут REFDES образован слиянием атрибутов PKGREF и GATE;

PKGTYPE – тип корпуса компонента, например DIP14, DIP8, SOIC. Если при упаковке компонента указан только один тип корпуса, то атрибуту PKGTYPE это значение присваивается автоматически. Редактирование его возможно по команде Edit/Attributes или при выполнении команды Tools/Annotate;

REFDES – префикс позиционного обозначения, определяющий для программы PSpice тип компонента (например, R – резистор, D – диод и т.п.);

SIMULATIONONLY – наличие этого атрибута означает, что данный символ используется только для моделирования, включается в список соединений, но не размещается на печатной плате. К таким символам относятся источники сигналов из библиотеки source.slб, типовые компоненты из библиотеки breakout.slб и специальные символы из библиотеки special.slб;

TEMPLATE – шаблон для назначения соответствий графических обозначений выводов компонентов с их реальным физическим смыслом, что необходимо для правильного составления списка соединений схемы (например, для транзистора необходимо указать, какие выводы на его графическом обозначении соответствуют коллектору, базе и эмиттеру) и задания параметров компонента (имя модели и др.);

IPIN[<имя скрытого выбора >] – имя цепи схемы, к которой подключается скрытый вывод.

Цифровые интегральные схемы имеют специфические атрибуты:

IO_LEVEL – тип интерфейса, вставляемого автоматически между аналоговыми и цифровыми компонентами;

MNTYMXDLY – назначение значений задержек распространения сигналов (по умолчанию, минимальное, типичное и максимальное).

Кроме того, пользователь имеет возможность задать любые атрибуты по формату <имя атрибута>=<значение>. Допускается рекурсия атрибутов.

3.4.2. Синтаксис шаблона TEMPLATE

В задании на моделирование для программы PSpice описание каждого компонента занимает одну строку, в ней в определенном порядке перечисляются имена цепей, к которым подключаются выводы компонента. В частности, выводы биполярного транзистора должны быть перечислены в порядке коллектор-база-эмиттер.

Пусть, например, символ транзистора KT315A имеет выводы с именами В (база), С (коллектор), Е (эмиттер) и атрибуты MODEL=KT315A, REFDES=Q?. Тогда атрибут TEMPLATE должен иметь вид

```
TEMPLATE=QΛ@REFDES %C %B %E @MODEL
```

Если в схеме имеется транзистор с позиционным обозначением V1, его база подключена к цепи с именем 5, коллектор – 22, а эмиттер – к неименованной цепи, которой по умолчанию присвоено имя \$N_0004, то в списке соединений, составленном по команде Analyses/Create Netlist, появятся строки

```
.ALIASES  
Q_V1 Q1 (C=22 B=5 E=$N_0004)  
.ENDALIASES  
Q_V1 22 5 $N_0004 KT315A
```

В последней строке KT315A – имя модели.

Примеры установления параметров компонентов и соответствующих им строк в списке соединений:

1. Резистор, включенный к узлам 2 и 5 схемы и имеющий позиционное обозначение R3, имеет атрибуты

```
VALUE=1k  
TC=0.001  
PART=RK  
REFDES=RK,  
TEMPLATE=RL@REFDES %1 %2 @VALUE?TC/TC=@»EC.
```

В списке соединений ему соответствует строка

```
R_R3 2 5 1k TC=0.001
```

2. Атрибуты биполярного транзистора, включенного между узлами 7 (коллектор), 10 (база) и 11 (эмиттер) и имеющего позиционное обозначение VT8:

```
MODEL =KT315A
VALUE=
REFDES=QЙ,
TEMPLATE=QΛ@REFDES %C %B %E @MODEL?VALUE/@VALUE/
```

В списке соединений ему соответствует строка

```
Q_VT8 7 10 11 KT315A
```

Атрибут VALUE зарезервирован для введения значения коэффициента кратности AREA.

3. Переменное сопротивление R4, включенное между узлами 3, 4 и 5 (средняя точка), имеет атрибуты

```
PART=POT
VALUE=1k
SET=0.5
REFDES=R?
TEMPLATE=RT^@REFDES %1 %t
{ (@VALUE*(1-@SET))+.001} \n RB^@REFDES
%t %2 { (@VALUE*@SET) +.001}
```

В списке соединений переменному сопротивлению R4 соответствуют две строки (благодаря наличию параметра \n):

```
RT_R4 3 5 { (1k*(1-0.5))+0.001} (верхняя часть потенциометра)
RB_R4 5 4 { (1k*0.5) +0.001} (нижняя часть потенциометра)
```

Атрибут SET задает сопротивление нижней секции потенциометра.

4. Резистор, сопротивление которого имеет случайный разброс, имеет атрибуты

```
REFDES=R?
R^@REFDES %1 %2 ?MODEL/@MODEL/@VALUE ?TC/TC=@TC/
VALUE=1k
TC=
MODEL=MR
```

Имя модели резистора, в которой задаются параметры случайного разброса его сопротивления, указывается в атрибуте MODEL. Например, 5%-й разброс сопротивления, имеющего равномерный закон распределения, задается с помощью модели

```
.model MR RES (R=1 DEV=5%)
```

Имя этой модели указывается в атрибуте MODEL=MR.

5. Вариация параметров компонентов, например сопротивления резистора, может осуществляться двумя способами.

Во-первых, сопротивление резистора задается на схеме не численно, а с помощью буквенного параметра, помещаемого в фигурные скобки, например {PR}. Имя и численное значение буквенного параметра указываются с помощью атрибутов символа PARAM из библиотеки special.slb. После этого имя варьируемого параметра можно указывать на панели Parametric команды меню Analysis/ Setup.

Во-вторых, можно создать текстовое описание макромодели, в которую численные значения параметров передаются через ее заголовок.

Пример текстового описания модели резистора, в котором использованы следующие параметры: {PR} – сопротивление, {DEV} – разброс случайного значения сопротивления, {TC1} – температурный коэффициент сопротивления:

```
.subckt MR 1 2 PARAMS: PR=1k DEV=0.1 TC1=0.001
R1 1 2 MTR {PR}
.model MTR RES (R=1 DEV={DEV} TC1={TC1})
.ends
```

В заголовке макромодели после ключевого слова PARAMS указаны значения параметров, устанавливаемые по умолчанию. Для изменения этих значений используется символ PARAM из библиотеки special.slb.

Замечание. При создании символа нового компонента разумно не выполнять всю работу заново, а скопировать графику и набор атрибутов какого-нибудь похожего компонента и затем их отредактировать:

а) по команде File/New открыть новую библиотеку или по команде File/Open открыть для редактирования существующую, указав по дополнительному запросу ее имя;

б) скопировать графику компонента-прототипа командой Part/Copy Part, заполнив поля:

New Part Name – имя нового символа;

Existing Part Name – имя существующего символа.

При копировании символа из другой библиотеки имя библиотеки предварительно указывается после выбора опции Select Lib;

в) командой `Part/Attributes` изменить имя математической модели компонента, записанного на строке атрибута `MODEL=<имя модели>`. Для этого выделить курсором строку `MODEL` и на панели `Value` ввести новое имя модели (обычно совпадает с именем символа). После этого сохранить измененный атрибут (`Save Attr`). При необходимости вводятся новые атрибуты;

г) по команде `Part/Definition` указать/отредактировать имя символа прототипа в пункте `AKO Name` (применение прототипов сокращает объем библиотеки). Прототип `AKO` должен находиться в той же библиотеке.

Например, в библиотеке `oramp.slb` используются следующие прототипы: `op5` – операционный усилитель (ОУ) с 5-ю выводами, `op6` – ОУ с 6-ю выводами, `op7` – ОУ с 7-ю выводами.

После завершения редактирования символа по команде `File/Save` записывают на диск обновленную библиотеку символов. Предварительно редактор спрашивает о необходимости занести в библиотеку изменения в редактируемый символ: «`Save changes to Part?`». При положительном ответе (OK) для вновь создаваемых символов спрашивается их имя: «`Enter name for current symbol:`». После ввода с клавиатуры имени символа спрашивается имя библиотеки, если оно не было определено ранее: «`Enter file name to save as:`». После этого программа `Schematics` возвращается в режим редактирования схем.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ПРОГРАММЫ SCHEMATICS

Подготовка к моделированию и проведение моделирования осуществляют в несколько этапов с использованием пункта меню `Analysis`.

1. *Простановка позиционных обозначений.* Перед моделированием схемы всем ее компонентам (резисторам, конденсаторам, диодам и т.п.) необходимо присвоить уникальные имена – так называемые позиционные обозначения (`Reference Designator`) по команде `Tools/Annotate`.

На панели диалога команды в пункте `Function` выбирается один из трех режимов:

`Package and Assign Reference Designators` – упаковка отдельных символов в физически существующие корпуса компонентов, которая заключается в назначении позиционных обозначений компонентов, простановке номеров секций и указании типов корпусов в соответствии с данными панели `Set Values`;

`Assign Reference Designators Only` – назначение только позиционных обозначений компонентов без проведения их упаковки;

`Undo Packaging` – удаление всех атрибутов, проставленных в процессе обратной корректировки схемы по команде `Tools/Back Annotate`.

По команде `Options/Auto-Naming` можно включить режим автоматической простановки позиционных обозначений компонентов при нанесении их сим-

волов на схему (нажать выключатель Enable Auto-Naming), задав их начальный номер Starting Designator.

В разделе Set Values for задаются параметры:

All Except User-Assigned – автоматическая простановка позиционных обозначений, имен секций и типов корпусов за исключением тех, что предоставлены пользователем;

Only Unpackaged – простановка позиционных обозначений, имен секций и типов корпусов, которые еще не назначены;

All – простановка позиционных обозначений, имен секций и типов корпусов всем компонентам (с переопределением существующих).

2. *Проверка схемы.* По команде Analysis/Electrical Rule Check проверяется наличие в схеме неподсоединенных (плавающих) выводов компонентов, совпадающих позиционных обозначений и др. При обнаружении ошибок на экран выводится информационное сообщение. Перечень ошибок просматривается по команде File/Current Errors.

3. *Задание директив моделирования.* Директивы моделирования задаются по команде Analysis/Setup.

В раскрывшемся меню выбирают нужный вид анализа (помечая его крестиком в графе Enabled) и щелчком мыши по панели с именем вида анализа раскрывают меню задания параметров моделирования.

4. *Создание списка соединений.* По команде Analysis/Create Netlist создаются список соединений схемы и задание на моделирование, которые заносятся в файлы с расширениями .net, .als и .cir.

При наличии ошибок в схеме или директивах моделирования выводится информационное сообщение, а список ошибок просматривается по команде File/ Current Errors. Файл списка соединений и любые другие файлы просматриваются и редактируются по команде Analysis/Examine Netlist с помощью текстового редактора NOTEPAD.

5. *Запуск программы моделирования PSpice.* Моделирование текущей схемы начинается после запуска команды Analysis/Simulate. При этом автоматически выполняются команды Electrical Rule Check и Create Netlist, если они не были запущены ранее вручную. После завершения моделирования его результаты заносятся в текстовый файл .out, который просматривается по команде Analysis/Examine Output (или любым текстовым редактором).

6. *Вызов программы построения графиков Probe.* Графики результатов моделирования просматриваются с помощью программы Probe, которая вызывается автоматически после завершения моделирования, если в меню команды Analysis/ Probe Setup включена опция Auto Run Option: automatically Run Probe After Simulation.

Построение графиков в процессе моделирования выполняется при выборе опции Auto Run Option: Monitor Waveforms.

Автономный вызов программы Probe выполняется командой Analysis/Run Probe или нажатием клавиши F12. В некоторых случаях, на-

пример при моделировании схемы большого размера или выполнении статистического моделирования, файл данных, .dat приобретает очень большие размеры. Для его уменьшения рекомендуется включить опцию Data Collection: At Markers Only команды Analysis/Probe Setup – тогда в этот файл заносятся данные только о переменных, отмеченных маркером.

Программу Probe можно вызвать в отдельном окне и одновременно просматривать графики результатов и принципиальную схему анализируемого устройства. В многооконном режиме, когда на экране одновременно (или поочередно) находятся окна графического редактора Schematics и программы Probe, удобно пользоваться маркерами (команды Markers). По этим командам специальными значками на схеме помечаются цепи или выводы компонентов, потенциалы или токи которых нужно вывести на экран программы Probe. Маркеры можно нанести на схему как до завершения моделирования, так и после него. В последнем случае необходимо дополнительно выполнить команду Show All (вывести на экран графики всех отмеченных переменных) или Show Selected (вывести на экран только графики выбранных переменных). Ввод маркеров завершается нажатием правой клавиши мыши. После этого выводится экран программы Probe с построенными графиками. Если окна Probe не видно, то нажатием клавиш Alt+Tab перелистывают открытые окна до появления нужного.

5. РЕДАКТОР ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ STMED

Редактор входных сигналов StmEd (Stimulus Editor) в ОС Windows интегрируется с другими программами пакета Design Center. С его помощью создаются аналоговые и цифровые сигналы, которые просматриваются в графическом виде на экране и записываются в файл (с расширением имени .stl) для подключения внешних воздействий к моделируемой схеме. Основные команды главного меню StmEd приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основные команды программы StmEd

Команда	Назначение
1	2
Меню File	
New	Очистка окна
Open (Ctrl+F12)	Открытие существующего файла для его просмотра и последующего редактирования
Close	Закрытие окна и сохранение отредактированного файла
Save (Shift+F12)	Сохранение внесенных изменений в текущем файле
Save as (F12)	Сохранение внесенных изменений в текущем файле с изменением его имени

1	2	
Log Commands	Включение/выключение режима составления файла протокола команд (.cmd)	
Run Commands	Выполнение файла протокола команд	
Print (Ctrl+Shift+F12)	Печать содержимого одного или нескольких активных окон	
Page Setup	Настройка параметров страницы:	
	Margins	Размеры четырех полей в дюймах
	Plots Per Page	Количество графиков на странице
	Orientation	Горизонтальная (Landscape) или вертикальная (Portrait) ориентация
	Cursor Information	Ориентация расположения информации относительно курсора
	Draw Border	Заклочение графика в рамку
	Draw Plot Title	Вывод заголовка графика
	Header and Footer	Вывод текущей даты, времени и номера страницы
	Set Default	Сохранение информации Header and Footer для установки по умолчанию
Reset Default	Задание типа принтера по умолчанию	
Printer Select	Установка параметров принтера: разрешающая способность, размер бумаги, горизонтальное (Landscape) или вертикальное (Portrait) расположение изображения на бумаге	
Exit (Alt+F4)	Завершение работы	
Файл 1, ..., Файл 4	Список последних четырех загруженных файлов	
Меню Edit		
Delete (Del)	Удаление выбранного объекта	
Scale	Изменение масштабных коэффициентов по осям времени и значений (только для сигналов PWL)	
Object (двойной щелчок на имени сигнала)	Разрешение редактирования выбранного объекта	
Add (Alt+A)	Добавление точек излома (сигнал PWL)	
Меню Stimulus		
New (Alt+N)	Создание нового сигнала. Вид сигнала выбирается в меню New Stimulus. После ввода имени сигнала выбирается тип сигнала, затем в открывающемся меню Modify Stimulus – его параметры	
Get (Ins)	Добавление в текущее активное окно графика ранее определенного сигнала. Имя сигнала выбирается из списка.	
Copy	Копирование сигнала из другого библиотечного файла	
Remove	Удаление выбранного объекта с экрана и из библиотечного файла	
Rename	Переименование сигнала	

1	2	
Меню Plot		
Axis Settings	Задание диапазонов значений по осям X и Y:	
	Displayed Data Range	Установка значений, которые высвечены на панели диалога. Их начальные значения те же, что устанавливаются по команде View/Fit
	Extent of the Scrolling Range	Установка пределов линейек прокрутки по осям X и Y
	Auto Range	Автоматическое масштабирование пределов линейек прокрутки
	User Defined	Задание пределов линейек прокрутки пользователем
	Minimum Resolution	Минимальное разрешение по осям X и Y
Add Plot	Добавление нового окна графиков	
Delete Plot	Удаление текущего окна (SEL>>)	
Unsync Plot	Задание собственной оси X для каждого окна	
Меню View		
Fit (Ctrl+N)	Изменение масштаба изображения таким образом, чтобы на экране разместились все графики	
In (Ctrl+I)	Увеличение масштаба изображения в 2 раза	
Out (Ctrl+O)	Уменьшение масштаба изображения в 2 раза	
Area (Ctrl+A)	Вывод на весь экран окаймленной части изображения	
Previous (Ctrl+P)	Возвращение к предыдущему масштабу изображения	
Pan-New Center	Расположение схемы симметрично относительно точки расположения курсора без изменения масштаба	
Redraw (Ctrl+L)	Перечерчивание экрана	
Меню Tools		
Label	Нанесение на графики текстовых и графических символов:	
	Text	Текст
	Line	Отрезок линии
	Poly-line	Линейно-ломаная линия
	Arrow	Стрелка
	Box	Прямоугольник
	Circle	Окружность
Ellips	Эллипс	
Parameters	Открытие окна диалога для задания/редактирования/удаления имен и значений параметров сигнала.	
Меню Window		
New	Открытие нового окна	

1	2
Close	Заккрытие текущего окна
Arrange	Упорядочение размещения открытых окон
Title	Редактирование текста заголовка
1<заголовок окна> ... [9<заголовок окна>] [Дополнительные окна]	Список открытых окон

Каждому сигналу присваивается уникальное имя. Источники аналоговых сигналов:

- гармоническое колебание,
- импульсный сигнал,
- сигнал экспоненциальной формы.
- сигнал с синусоидальной частотной модуляцией,
- кусочно-линейный сигнал.

Цифровые сигналы имеют вид периодических сигналов и сигналов произвольной формы.

Вызов StmEd осуществляется автономно или двойным щелчком мыши на символе генератора сигналов на экране Schematics.

Генераторы сигналов изображаются символами IStim, VStim, DigStm, DigClock, FileStim (из библиотеки source.slb) или DStm (из библиотеки bgu.slb).

6. РАСШИРЕНИЯ ФАЙЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СИСТЕМЕ DESIGN CENTER

При работе с пакетом Design Center разнообразная информация о схеме и результатах моделирования записывается в отдельных файлах, расширения имен которых приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Расширения файлов, используемые в системе Design Center

Расширение имени файла	Назначение файла	Команда или программа, создающая файл
1	2	3
.als	Список соответствий номеров выводов компонентов именам подсоединенных к ним цепей	Создается автоматически при выполнении команд Analysis/Simulate или Create Netlist
.bst	Стек контактных площадок	Создается пользователем (с помощью текстового редактора)

Продолжение табл. 6.1

1	2	3
.cdf	Файл отчета с описанием компонента	Создается пользователем и используется при составлении перечня компонентов по команде File/Reports
.cir	Текстовые входные файлы задания на моделирование для программы PSpice	Создается автоматически при выполнении команд Analysis/Simulate или Create Netlist, или создается пользователем
.cmd	Командные файлы для программ Probe, StmEd и Parts (их имена указываются после ключа /C в командной строке)	Создаются при наличии опции /L в командной строке (требуется их дополнительное редактирование)
.dat	Двоичные файлы результатов моделирования, передаваемых программе Probe	Автоматически создаются в процессе моделирования режимов DC, AC и TRAN (если по команде Analysis/Probe Setup не выбрана опция CSDF)
.eco	Перенос изменений из печатной платы в принципиальную схему	Создается редактором печатных плат
.ind	Индексные файлы библиотек	Автоматически создается программой моделирования (составляется после внесения в библиотеку изменений)
.lib	Текстовые файлы библиотек моделей, представляющие собой объединение файлов с расширением .mod	При установке системы подключается стандартная библиотека моделей; новые библиотеки создаются по команде Edit/Model или с помощью текстовых редакторов
.log	Файлы протоколов команд программ Probe, Parts и StmEd	Автоматически создаются при наличии опции /L в командной строке
.mdt	Справочные данные на компоненты	Копия данных, введенных в программу Parts
.mod	Файлы моделей компонентов	Создаются программой Parts
.net	Список соединений схемы	Создается автоматически при выполнении команд Analysis/Simulate или Create Netlist
.opt	Задание на оптимизацию	Создается автоматически после нанесения на схему символа OPTPARAM и дополняется при настройке конфигурации программы оптимизации
.out	Текстовые файлы результатов моделирования	Генерируются в процессе моделирования
.par	Перечень варьируемых параметров	Создается автоматически после нане-

	для программы оптимизации	сения на схему символа OPTPARAM
--	---------------------------	---------------------------------

Продолжение табл. 6.1

1	2	3
.pcr	Текстовые входные файлы задания на моделирование для программы PSpice с информацией о паразитных элементах печатной платы, добавленные программой Polaris (аналог файла .cir)	Создаются программой Polaris
.pkg	Информация об упаковке компонентов	Создаются по команде Package/Export
.plb	Библиотека информации об упаковке конструктивов компонентов	При установке системы подключается стандартная библиотека информации об упаковке, новые данные вводятся пользователем при редактировании символов компонентов
.pdt	Двоичные файлы результатов моделирования с учетом паразитных параметров печатных плат, передаваемые программе Probe (аналог файла .dat)	Создаются программой PSpice при передаче на моделирование файла с расширением .pcr
.pot	Текстовые файлы результатов моделирования с учетом паразитных параметров печатных плат (аналог файла .out)	Создаются программой PSpice
.prb	Файл, состоящий из трех секций команд управления экраном, макрокоманд и целевых функции, используемых в программе Probe	Макрокоманды и целевые функции создаются с помощью текстового редактора или по команде Trace/Macro
.sch	Файл принципиальной схемы	Создается по команде File/Save
.slb	Библиотека графических символов компонентов	При установке системы подключается стандартная библиотека символов, новые данные вводятся пользователем по команде File/Edit Library
.stl	Библиотека входных сигналов	Создается программой StmEd при выполнении команды Edit/Stimulus, если на схеме имеются символы VSTIM, ISTIM или DIGSTIM
.sub	Описание макромоделей	Создается по команде Tools/Create Subcircuit
.sym	Информация о символе компонента, используемая при передаче данных в другие системы	Создается по команде Part/Export редактора символов
.tln	Описания линий передач, добавляемых в схему при анализе пара-	Программа Polans

1	2	3
.txt	Текстовые файлы результатов моделирования, передаваемых программе Probe	Автоматически создаются в процессе моделирования режимов DC, AC и TRAN, если по команде Analysis/Probe Setup выбрана опция CSDF
.vpt	Список меток переменных, графики которых выводятся в программе Probe	Создается по команде Markers
.xrf	Файл перекрестных ссылок	Составляется при упаковке схемы по команде Tools/Annotate и используется при обратной корректировке

7. СХЕМЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В СРЕДЕ СИСТЕМЫ DESIGN CENTER

7.1. Аналоговые схемы

В предлагаемых схемах следует использовать следующие библиотечные компоненты:

Q2N2222 – биполярный транзистор структуры n-p-n;

Q2N2907A – биполярный транзистор структуры p-n-p;

D1N4002 – диод;

VDC – источник постоянного напряжения;

VSIN – синусоидальный генератор с фиксированной частотой;

VPULSE – генератор импульсов.

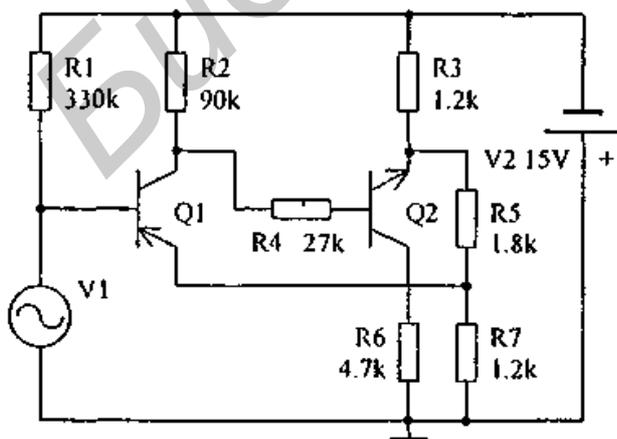


Рис. 7.1. Формирователь
прямоугольных импульсов
Входная частота 100 кГц. Выходной
сигнал снимать с коллектора
транзистора Q2.

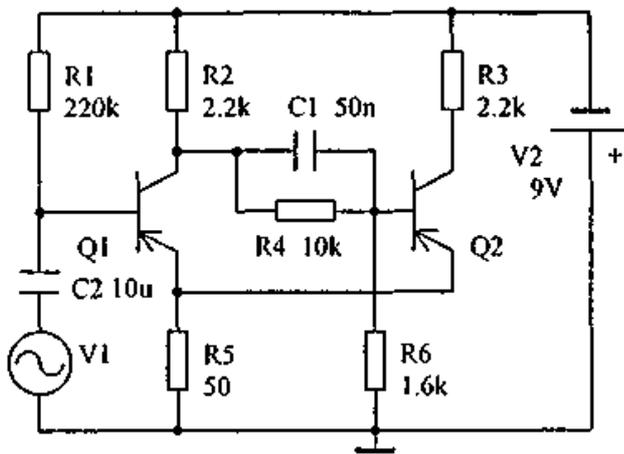


Рис. 7.2. Формирователь прямоугольных импульсов
Входная частота 100 кГц. Выходной сигнал снимать с коллектора транзистора Q2.

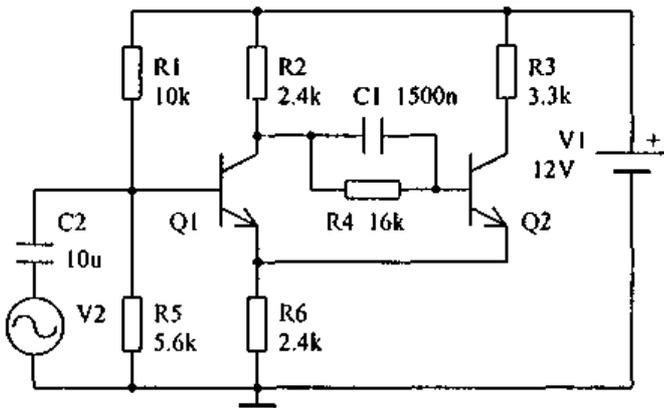


Рис. 7.3. Формирователь прямоугольных импульсов
Входная частота 100 кГц. Выходной сигнал снимать с коллектора транзистора Q2.

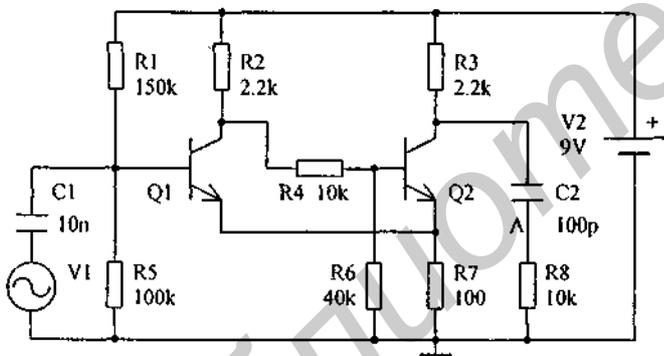


Рис. 7.4. Формирователь коротких импульсов
Входная частота 100 кГц. Выходной сигнал снимать в точке А.

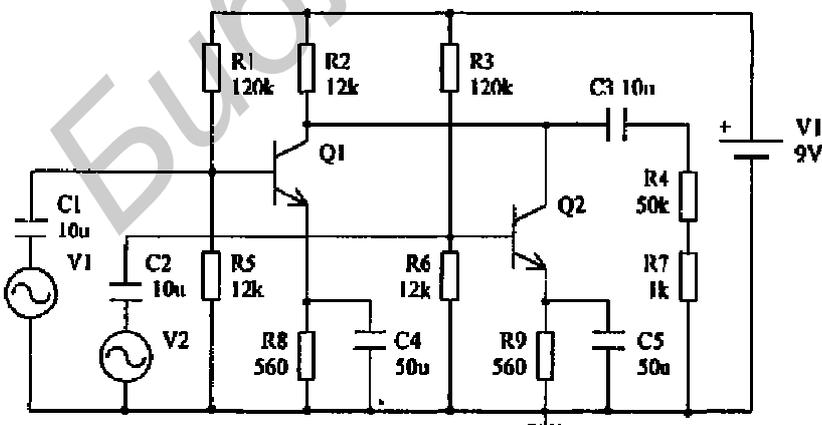


Рис. 7.5. Сумматор синусоидальных сигналов
Выходной сигнал снимать в точке соединения резисторов R4 и R7.

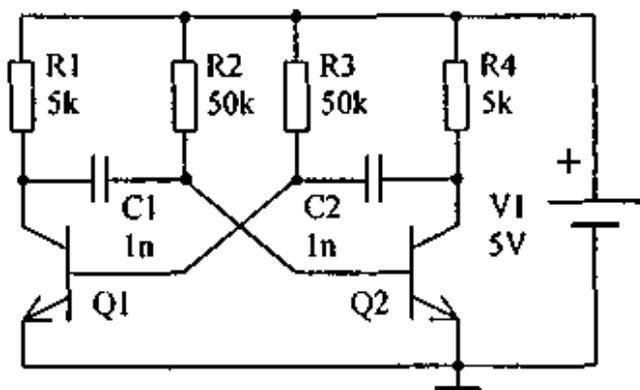


Рис. 7.6. Мультивибратор
Выходной сигнал снимать с коллектора транзистора Q2.

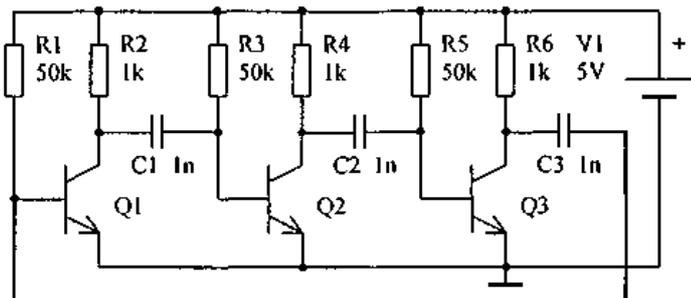


Рис. 7.7. Трехкаскадный
мультивибратор
Выходной сигнал снимать с коллектора транзистора Q3.

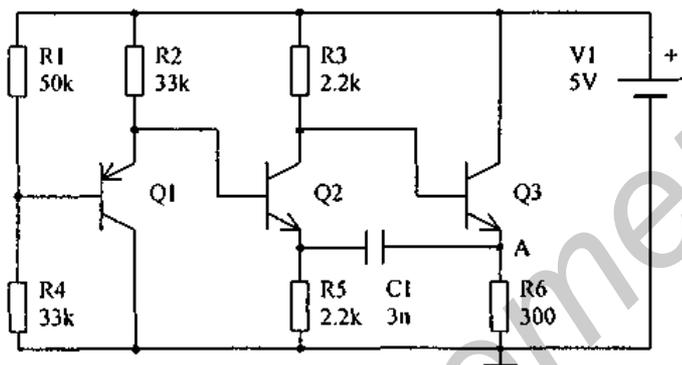


Рис. 7.8. Импульсный генератор
Выходной сигнал снимать в точке А.

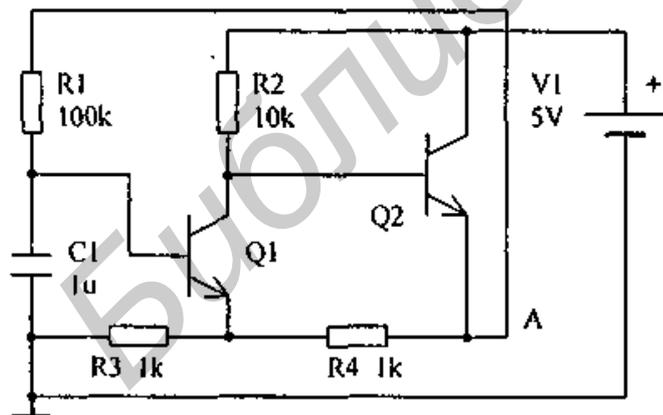


Рис. 7.9. Импульсный генератор
Выходной сигнал снимать в точке А.

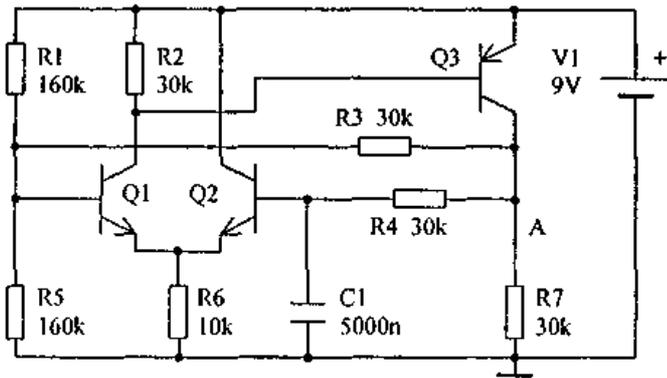


Рис. 7.10. Импульсный генератор
Выходной сигнал снимать в точке А.

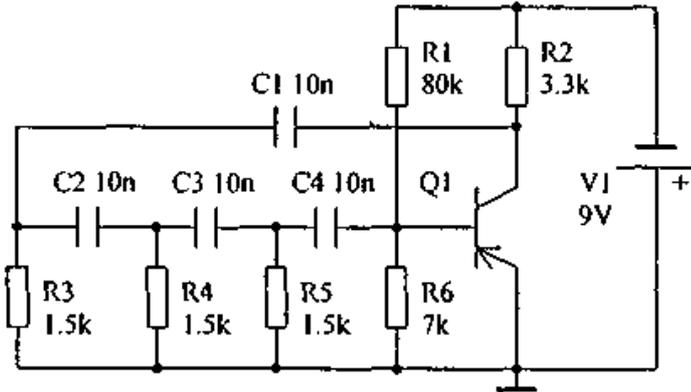


Рис. 7.11. Генератор
синусоидальных сигналов
Выходной сигнал снимать
с коллектора транзистора Q1.

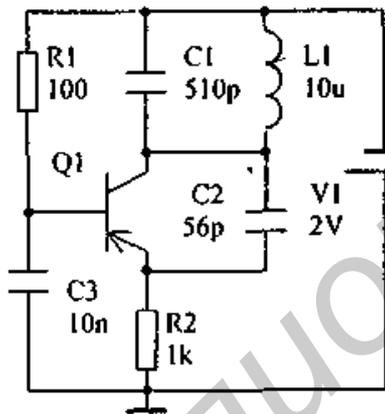


Рис. 7.12. Высокочастотный генератор
синусоидальных сигналов
Выходной сигнал снимать с коллекто-
ра транзистора Q1.

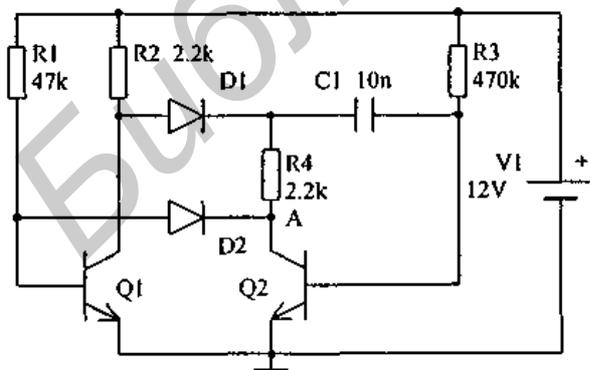


Рис. 7.13. Генератор пилообразного
напряжения
Выходной сигнал снимать в точке А.

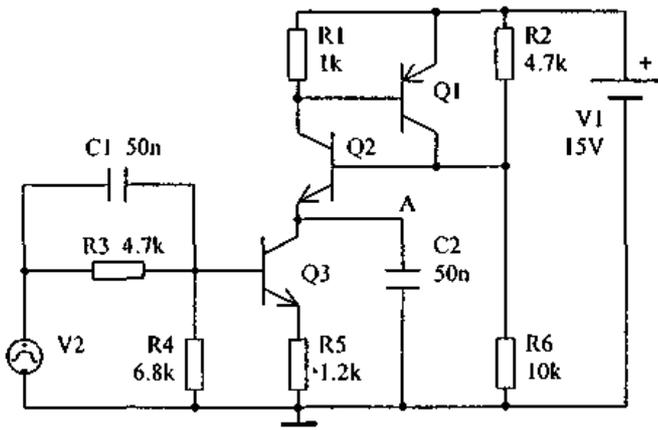


Рис. 7.14. Генератор ступенчатого напряжения
Выходной сигнал снимать в точке А.

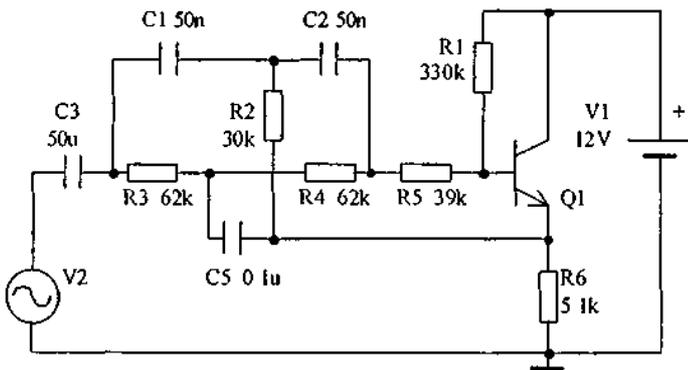


Рис. 7.15. Режекторный фильтр
Выходной сигнал снимать с эмиттера транзистора Q1. Амплитуда входного сигнала 0,01 В.

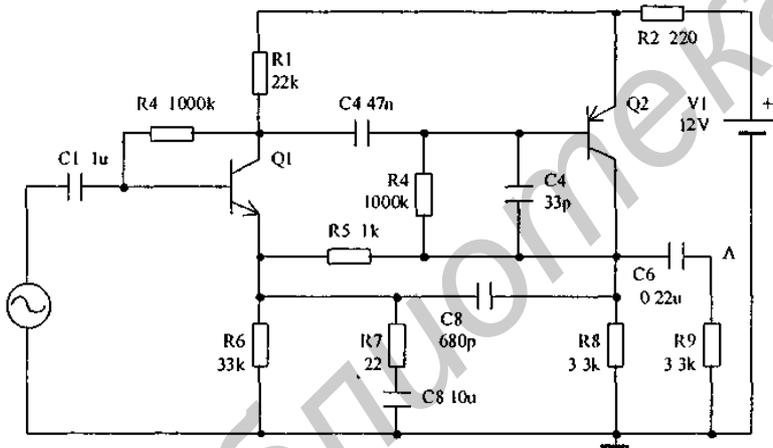


Рис. 7.16. Взвешивающий фильтр
Выходной сигнал снимать в точке А. Амплитуда входного сигнала 0.01 В.

7.2. Цифровые схемы

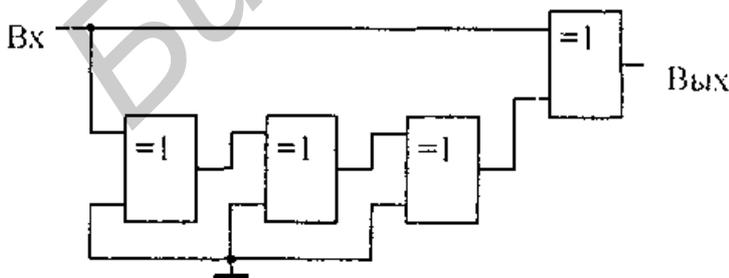


Рис. 7.17. Устройство выделения переднего и заднего фронтов прямоугольного импульса

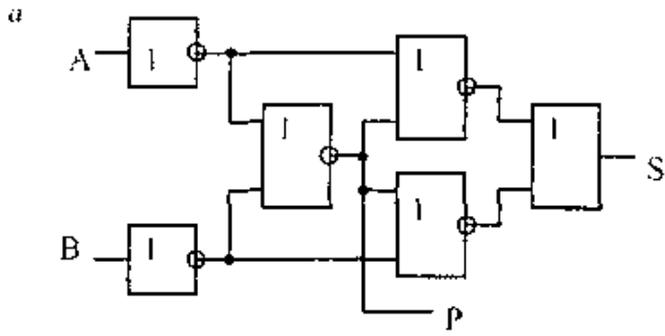


Рис. 7.18. Двоичный полусумматор

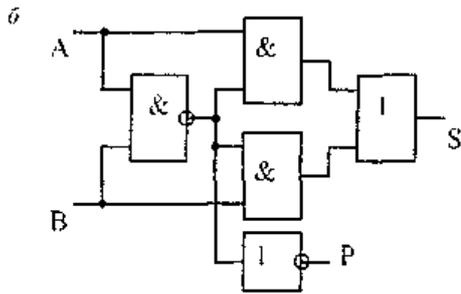


Рис. 7.19. Двоичный полусумматор

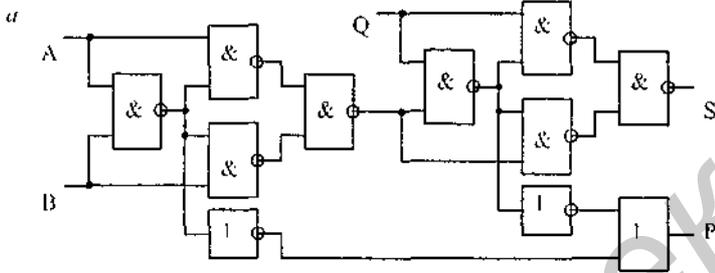


Рис. 7.20. Полный сумматор

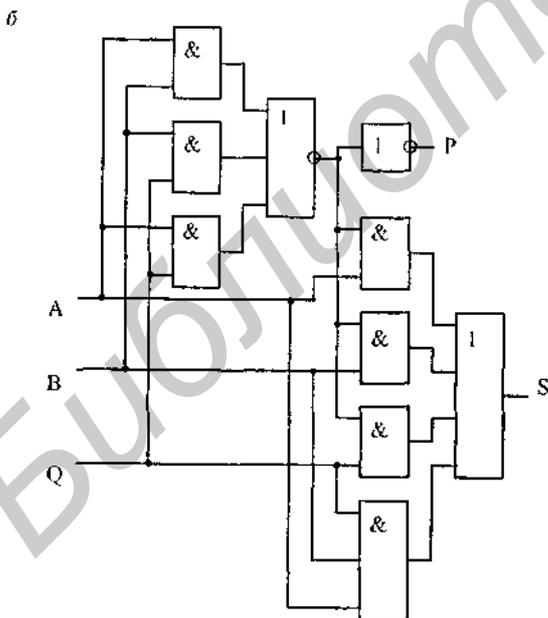


Рис. 7.21. Полный сумматор

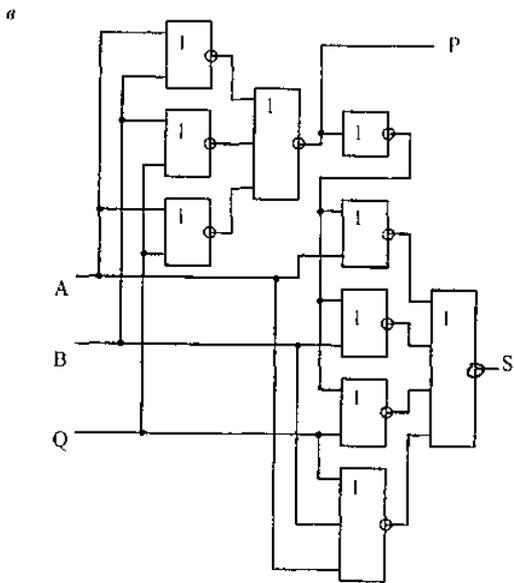


Рис. 7.22. Полный сумматор

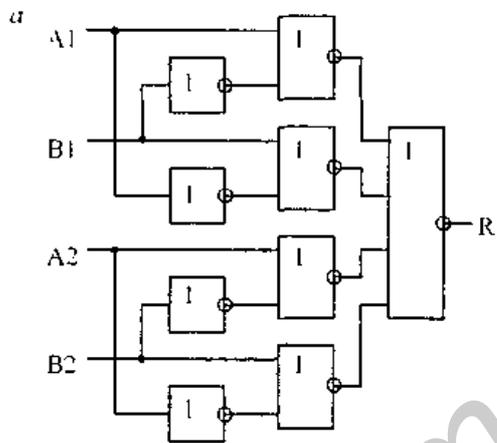


Рис. 7.23. Схема сравнения двухразрядных двоичных чисел

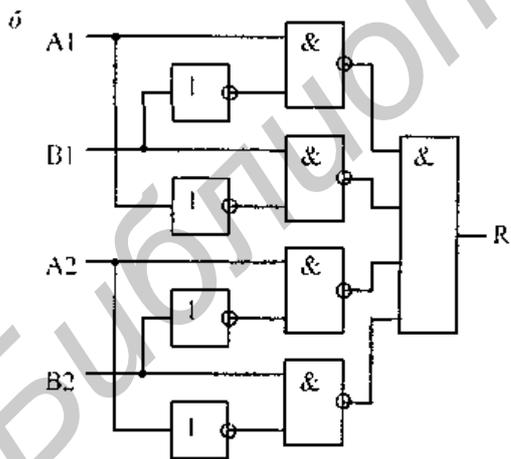


Рис. 7.24. Схема сравнения двухразрядных двоичных чисел

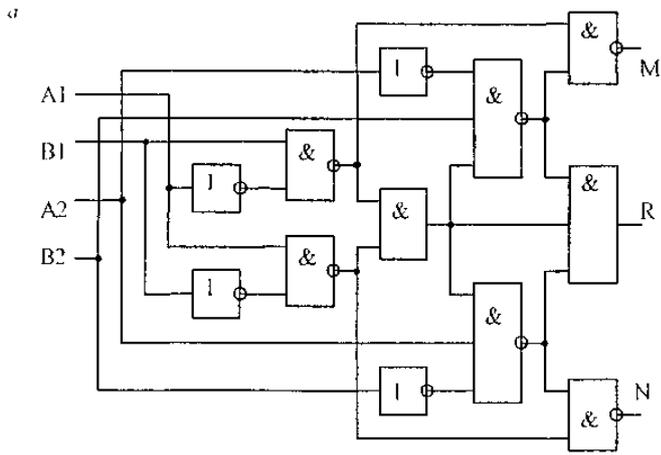


Рис. 7.25. Схема выявления большего из двух двухразрядных двоичных чисел

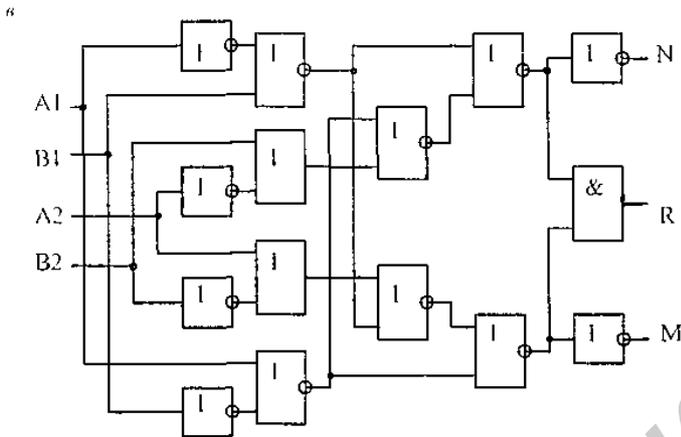


Рис. 7.26. Схема выявления большего из двух двухразрядных двоичных чисел

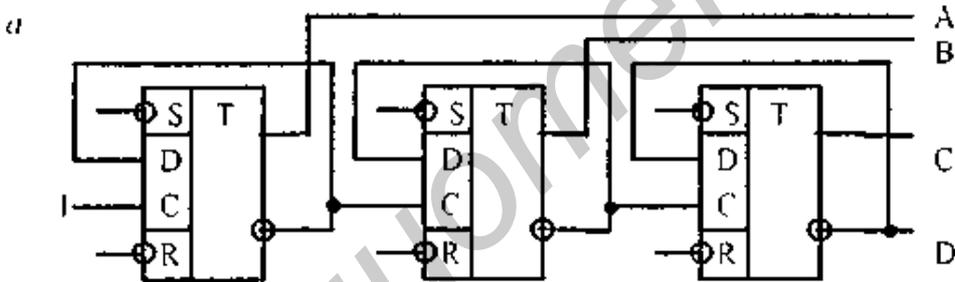


Рис. 7.27. Счетчик-делитель

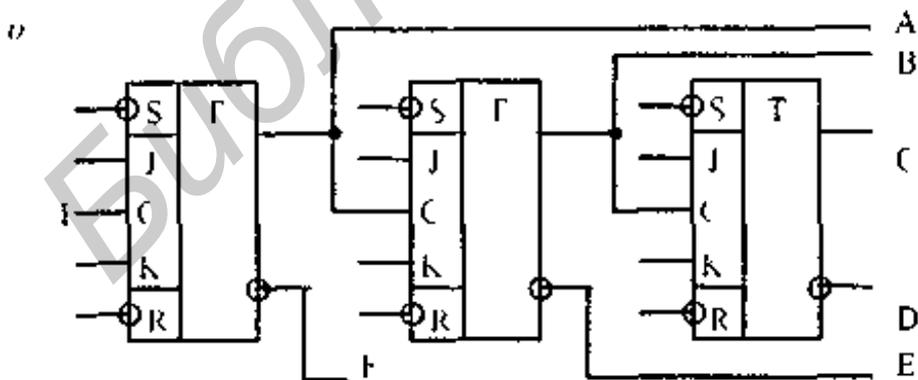


Рис. 7.28. Счетчик-делитель

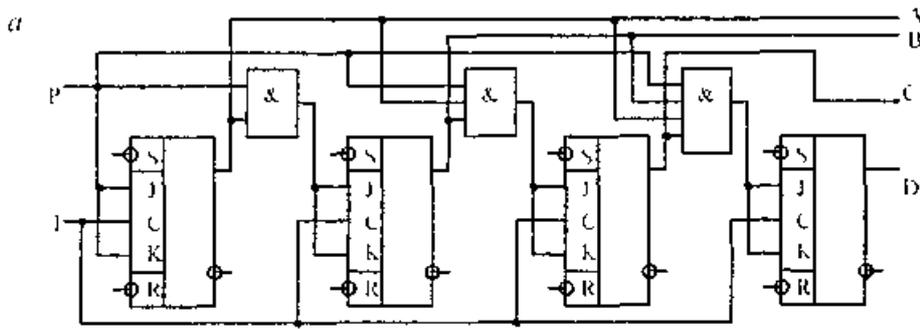


Рис. 7.29. Синхронный двоичный счетчик

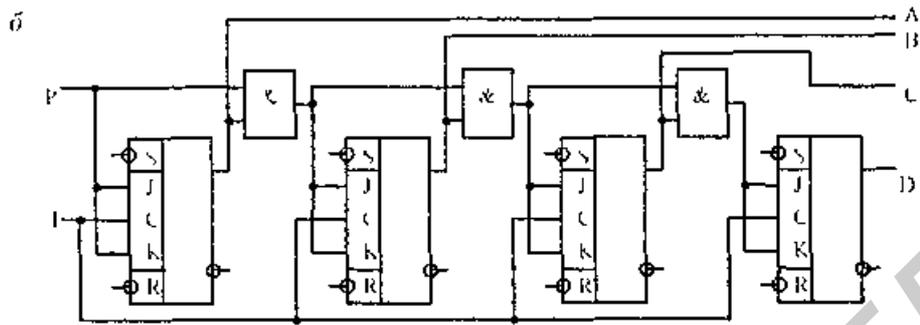


Рис. 7.30. Синхронный двоичный счетчик

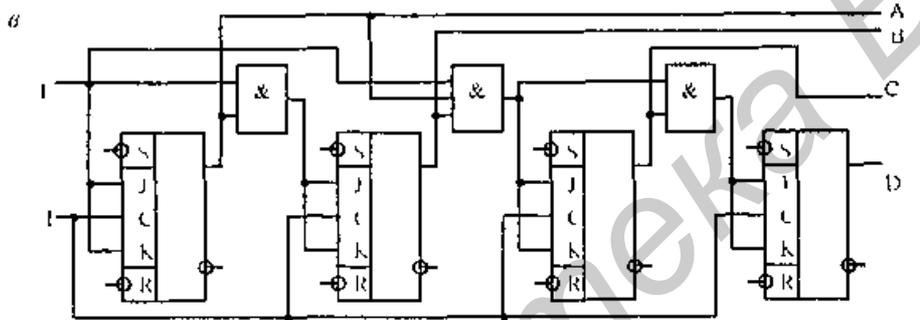


Рис. 7.31. Синхронный двоичный счетчик

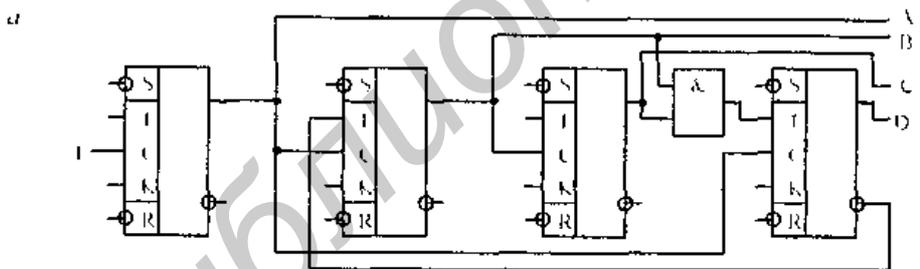


Рис. 7.32. Асинхронный двоично-десятичный счетчик

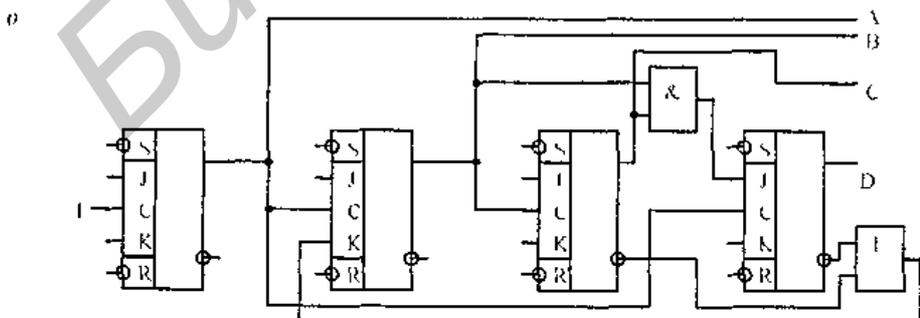


Рис. 7.33. Асинхронный двоично-десятичный счетчик

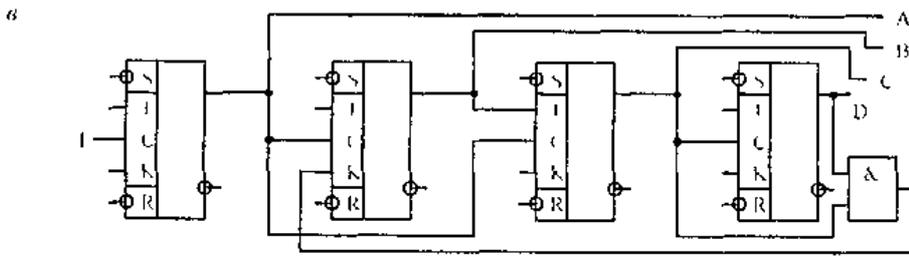


Рис. 7.34. Асинхронный двоично-десятичный счетчик

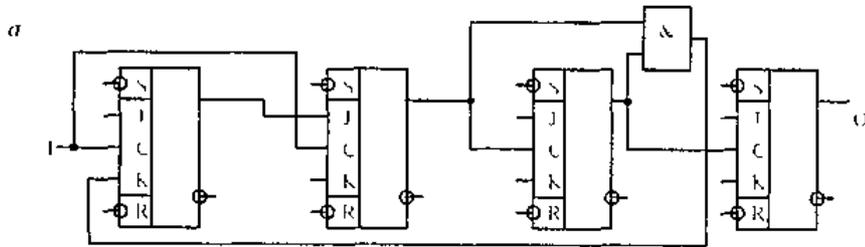


Рис. 7.35. Счетчик-делитель на 10

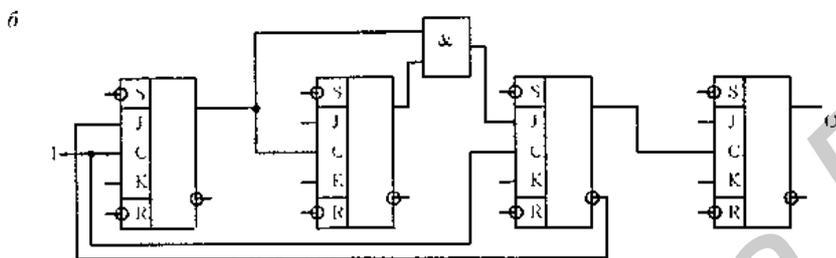


Рис. 7.36. Счетчик-делитель на 10

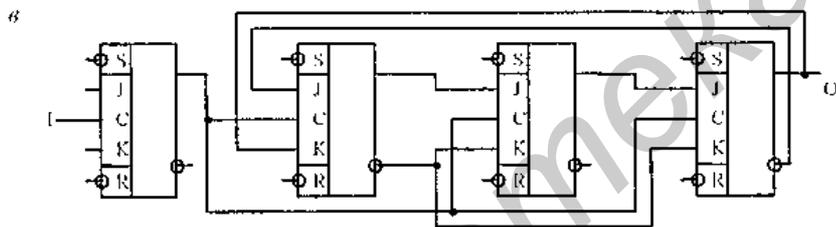


Рис. 7.37. Счетчик-делитель на 10

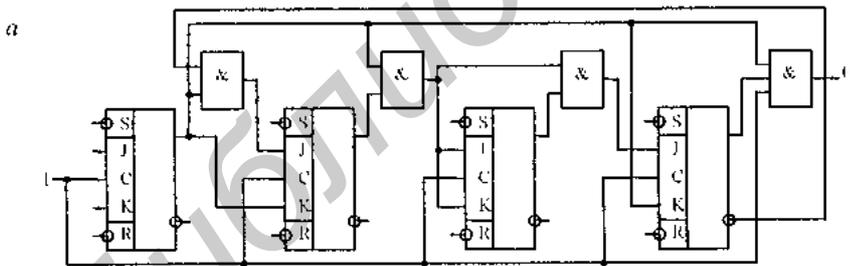


Рис. 7.38. Синхронный счетчик-делитель

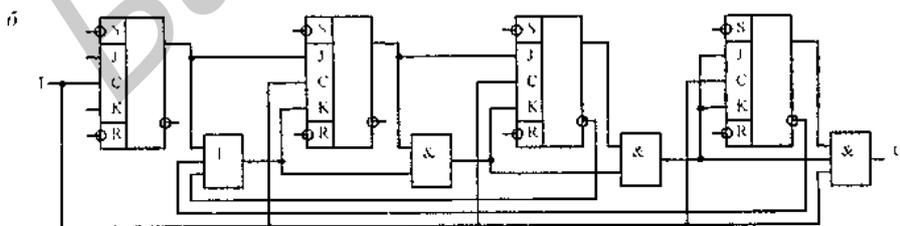


Рис. 7.39. Синхронный счетчик-делитель

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.microsim.com>.
2. <http://www.xilinx.com>.
3. <http://www.cadence.com>.
4. <http://www.mentor.com>.
5. <http://www.sinopsys.com>.
6. <http://cmpro.vpti.vladimir.ru>.
7. Нелаев В.В. Введение в микроэлектронику: Учебное пособие. – Мн.: БГУИР, 1999. – 106 с.
8. Разевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования и проектирования печатных плат DESIGN CENTER. PSPICE. – М.: Радио и связь, 1996.
9. Разевиг В.Д. DESIGN CENTER 6.2 – система сквозного проектирования // PC Week. 1996. № 3. С. 37–39, 42.
10. Разевиг В.Д. DESIGN CENTER для WINDOWS. – М.: Монитор-Аспект.– 1994. С. 52–58.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

**Нелаев Владислав Викторович,
Стемпицкий Виктор Романович**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИС В СРЕДЕ СИСТЕМЫ DESIGN CENTER

Учебное пособие
по дисциплине
«Основы САПР в микроэлектронике»

для студентов специальностей
I-41 01 02 «Микро- и наноэлектронные технологии и системы»,
I-41 01 03 «Квантовые информационные системы»
всех форм обучения

Редактор Н.В. Гриневич

Подписано в печать 31.10.2005.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 3,0.

Формат 60 x 84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 50 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 3,37.
Заказ 395.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0131518 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6