

Федеральное агентство по образованию
Московский инженерно-физический институт
(государственный университет)

А.В. Самосадный

Автоматизированное проектирование устройств систем сбора-обработки данных

Часть 1. PSpice-моделирование электронных схем

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано УМО «Ядерные физика и технологии» в качестве
учебно-методического пособия для студентов высших учебных
заведений

Москва 2008

УДК539.1.07.01(07)
ББК34.9я7
С17

Самосадный А.В. Автоматизированное проектирование устройств систем сбора-обработки данных. Ч.1. PSpice-моделирование электронных схем. Учеб.-методическое пособие. М.: МИФИ, 2008. – 244 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены основные вопросы компьютерного моделирования электронных схем, являющегося составной частью автоматизированного проектирования изделий радиоэлектронной аппаратуры на персональных компьютерах. Для компьютерного моделирования используются PSpice-расчеты с помощью пакетов программ OrCAD. Учебно-методическое пособие может применяться как в ходе проведения аудиторных занятий со студентами, так и для самостоятельного изучения материалов, включая дистанционные формы обучения. Пособие состоит из двух частей.

Первая часть пособия предназначена для начального обучения проведению PSpice-расчетов, анализу и интерпретации полученных результатов. В этой части пособия приводятся основные сведения по установке и использованию пакетов программ, изучаются порядок и правила проведения PSpice-расчетов, а также получения основных характеристик схем.

Вторая часть пособия предназначена для более детального и углубленного освоения компьютерного моделирования электронных схем с использованием технологий PSpice-расчетов, а также для практического освоения компьютерного моделирования электронных схем на уровне профессиональных специалистов-схемотехников.

Рассматриваемые в учебно-методическом пособии методы проведения расчетов для моделирования электронных устройств и схемотехнические решения могут применяться для решения общих задач проектирования радиоэлектронной аппаратуры. Вместе с тем, предлагаемые решения направлены, в первую очередь, на обеспечение проектирования электронных блоков и узлов систем сбора-обработки данных, применяемых в ядерном приборостроении и в аппаратуре автоматизации физического эксперимента, включая ядерно-физические установки.

Учебно-методическое пособие предназначено для подготовки студентов и переподготовки специалистов радиоэлектронных, радиотехнических и других смежных специальностей (электроника, радиоэлектроника, вычислительная техника, автоматика, приборостроение и т.п.), связанных с разработкой электронной аппаратуры, средств автоматики и вычислительной техники.

Рецензент руководитель CADENCE-центра МИФИ, канд. техн. наук, Э.В. Аткин

Пособие подготовлено в рамках Инновационной образовательной программы

ISBN 978-5-7262-1103-9

© Московский инженерно-физический институт (государственный университет),
2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Краткая информация о пакетах программ для PSpice-расчетов

Пакет программ PSpICE фирмы MicroSim Corp. (США) в свое время являлся самым популярным в мире пакетом, используемым на персональных компьютерах для моделирования электронных схем. Основная моделирующая программа пакета относится к семейству SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). Первая программа этого семейства SPICE-2 была создана в Калифорнийском университете Беркли в начале 70-х годов 20 века. К достоинствам SPICE-2, обеспечившим ее успех, можно отнести хорошие (точные) модели компонентов и высокую скорость моделирования при удовлетворительной надежности [1]-[5].

С конца 70-х годов проводилось усовершенствование работы программ и алгоритмов расчетов, появились многочисленные «диалекты» входного языка и разные версии систем расчетов, например, появилась широко распространенная в настоящее время система HSpice-расчетов. Совершенствовались модели, модифицировались алгоритмы, изменялся язык, на котором писались программы (сначала Фортран, позднее Си), расширялись функциональные и технические возможности. Так как каждая из фирм, выпустивших программы на основе Spice, продолжает их совершенствовать и разрабатывать новые версии, семейство этих программ растет. Spice стала своеобразным эталоном программ схемотехнического моделирования, так что все программы этого типа (даже совершенно оригинальные, никак не связанные со Spice) стали называть спайсо-подобными [1].

Популярность различных версий Spice привела к тому, что производители полупроводниковых приборов и интегральных схем (в первую очередь, аналоговых и дискретных) прилагают к выпускаемой ими продукции параметры моделей и макромодели для Spice. Научные публикации по схемотехнике также нередко сопровождаются текстами описаний соответствующих схем для Spice [1]. Необходимо отметить, что например Micro Cap (Spectrum Software) в настоящее время также поддерживает Spice-систему расчетов.

Имеются и иные, отличные от Spice, системы расчетов. Сюда можно отнести IBIS или SABER- системы моделирования, включающие описание моделей компонентов и программы расчетов. И все-таки Spice сохраняет свою популярность [1]. Поэтому большинство разработанных в мире САПР или непосредственно включают в себя программы семейства Spice, или предусматривают трансляцию своих данных во входной язык Spice. Разработано также много программ, обслуживающих Spice, в частности, экспертных систем, помогающих пользователю в моделировании. И даже оригинальные моделирующие программы вынуждены считаться с популярностью Spice и брать за основу входной язык и форматы выходных данных Spice [1].

Первая версия пакета PSpice создана в 1984 г., и с тех пор PSpice постоянно развивается. В состав PSpice наряду с моделирующей программой входит графический постпроцессор PROBE, позволяющий обрабатывать результаты расчета в графической форме. Включены в PSpice также программа идентификации параметров моделей элементов PARTS, редактор входных воздействий STMED и ряд других программ. Начиная с версии 3 введена возможность помимо схемотехнического моделирования осуществлять расчет некоторых классов аналого-цифровых схем с помощью внешних программ логического моделирования. С четвертой версии появилась возможность в рамках самой программы PSpice проводить расчет не очень сложных цифровых и аналого-цифровых схем. Эти возможности существенно расширены в версии 5. В 1990 г. появилась первая версия пакета нового поколения DESIGN CENTER, основанного на 5-й версии PSpice. В 1992 г. появилась следующая его версия. DESIGN CENTER помимо традиционных для PSpice программ имеет также графический препроцессор, позволяющий рисовать принципиальные схемы, и программу синтеза фильтров: аналоговых и на переключаемых конденсаторах. В настоящее время PSpice и DESIGN CENTER могут работать практически на любых персональных компьютерах и рабочих станциях [1].

В 1995 году появилась версия Design Center 6.2 фирмы MicroSim Corp. Это был уже интегрированный программный комплекс, позволяющий проектировать сложные аналоговые, цифровые и аналого-цифровые устройства. Работа пакета Design Center 6.2 осуше-

ствлялась под управлением ОС Windows. В пакет программ наряду с моделирующей программой PSpice- расчетов входит программа логического моделирования PLogic, а также программы [1]:

- PLSyn – синтез ПЛИС;
- PSpice Optimizer – интерактивная параметрическая оптимизация схем;
- Polaris – программа расчета реальных параметров устройств, исходя из анализа топологии печатных плат с монтажом компонентов (позволяет учесть паразитные элементы, параметры и сопутствующие им эффекты, перекрестные помехи, отражения, задержки);
- Filter Synthesys – интерактивный синтез и анализ активных и пассивных фильтров;
- PCBoard – проектирование печатных плат.

Создание и редактирование принципиальных схем, а также графических символов компонентов в пакете Design Center 6.2 осуществлялось редактором PSBED.

В конце 90-х годов фирмой MicroSim Corp. был представлен пакет программ Design Lab v 8.0. Это был пакет с так называемой восьмой версией PSpice. По сути дела это была усовершенствованная и модернизированная версия Design Center 6.2, с добавленными новыми библиотеками компонентов и расширенными возможностями по цифровому моделированию и проектированию. Редактор принципиальных схем стал называться SCHEMATICS. В основе создания этого редактора лежал тот же самый редактор PSBED пакета Design Center, слегка модернизированный. К сожалению некоторые важные и перспективные программы предыдущей версии САПР, например Polaris дальнейшего развития не получили и были исключены из этой версии пакета программ [1].

В январе 1999 года после слияния компаний MicroSim и OrCAD под названием OrCAD была представлена версия пакета программ OrCAD 9.0. В этот пакет программ редактор принципиальных схем стал принципиально другим и стал называться CAPTURE.

Некоторые рекомендации для практического освоения PSpice-моделирования

Данное учебное пособие предназначено для обеспечения как аудиторных занятий группы обучаемых или слушателей, так и для самостоятельного индивидуального изучения материала.

При изучении материалов по курсу необходимо обратить внимание на следующее. В полной версии OrCAD v.9.2-16.0. существуют два редактора принципиальных схем: CAPTURE и SCHEMATICS. Редактор SCHEMATICS в версии 9.2. используется фактически только для редактирования принципиальных схем, предназначенных для PSpice-моделирования, и практически полностью совпадает по организации и возможностям с редактором PSHED фирмы MicroSim. Ранее PSpice-моделирование для ПЭВМ PC AT под управлением ОС Windows осуществлялось с помощью пакетов программ Design Center или Design Lab фирмы MicroSim. Внешний вид принципиальных схем и способы формирования графики этих двух типов редакторов (CAPTURE и SCHEMATICS) отличаются друг от друга, графическая часть библиотек компонентов не совпадает. В итоге схемы не имеют прямой совместимости «снизу вверх» и требуют применения специальной программы-транслятора. В версиях OrCAD v.9.2. OrCAD v.9.2-16.0 редактор SCHEMATICS введен специально для обеспечения условной совместимости и возможности обеспечения расчетов ранее разработанных схем.

Вместе с тем, в технической литературе, включая и отечественную, существуют многочисленные примеры схем, в первую очередь рассчитанные на редакторы PSHED и SCHEMATICS. В частности, в книгах [1-4] значительная часть примеров схем приводится для этих редакторов. Ранее многие фирмы-изготовители электронных компонентов предлагали разработанные модели компонентов и библиотеки компонентов, ориентированные на использование редакторов PSHED и SCHEMATICS. Например, это фирмы Burr-Brown, Analog Devices, Philips и др.

Все это определяет необходимость изучения особенностей построения схем с помощью обоих типов редакторов CAPTURE и

SCHEMATICS. Однако в дальнейшем, основным используемым редактором, очевидно, будет CAPTURE фирмы CADENCE.

Большинство предлагаемых в данном учебном пособии примеров рассчитаны на использование демо-версий пакетов программ с учетом всех их ограничений. В ином случае специально обращается внимание на возможные проблемы с использованием демонстрационных версий.

Компакт-диск, прилагаемый к книге [4], содержит демонстрационные версии САПР Design Lab v 8.0 и OrCAD v.9.1, в части касающейся, в первую очередь, аналого-цифрового моделирования электронных схем. Могут также использоваться различные демо-версии пакетов программ OrCAD v.9.2-16.0., например, OrCAD v.9.2 Lite, поставляемые представителями компании CADENCE по отдельным запросам. Общее назначение этих демонстрационных версий – обучение отдельных пользователей основам работы с пакетами программ, включая и PSpice-моделирование. Использование пакетов программ для разработок схем в коммерческих целях не разрешается.

1. ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для практического освоения PSpice-моделирования. Оно содержит три основных раздела или темы, связанные с начальным обучением проведения PSpice-расчетов, получения и интерпретации результатов.

Для более углубленного изучения материала курса рекомендуется воспользоваться книгой «Основные методы проведения PSpice-расчетов электронных схем», являющейся продолжением данного учебного пособия. В этой книге рассматриваются следующие пять тем:

- детальное изучение основных видов расчетов;
- многовариантный и статистический анализ;
- формирование начальных воздействий и обработка результатов;
- модели, характеристики компонентов и оптимизация схем;
- цифровое моделирование.

1.1. Изучение материала

Изучение материалов курса может проводиться в следующих формах:

- 1) занятия с преподавателем в компьютерном классе;
- 2) самостоятельное изучение;
- 3) дистанционные формы обучения.

Общий план проведения занятий

Изучение курса заключается в выполнении трех основных тем (проведении практических занятий):

- тема 1: «Введение в PSpice-моделирование»;
- тема 2: «Реализация проекта в OrCAD CAPTURE»;
- тема 3: «PSpice -моделирование в САПР OrCAD».

Темы изучаются последовательно, одна за другой индивидуально или группой обучаемых (студентов или специалистов). Обучаемые в соответствии с календарным планом курса и методическими указаниями приступают к изучению материалов тем.

Каждая из тем содержит:

- учебное задание;

- рекомендации по использованию литературы;
- порядок выполнения задания;
- рекомендации по выполнению задания.

Обучаемые до выполнения и в процессе выполнения заданий по теме изучают необходимый теоретический материал, осуществляют подготовку к практическим работам, проводят практические работы, получают и обрабатывают результаты.

Форма 1. Занятия с преподавателем в компьютерном классе

При изучении курса с использованием компьютерного класса и под руководством преподавателя занятия проводятся в соответствии с общим планом проведения занятий.

Общее количество часов на изучение курса может составлять 16-32 часа аудиторных занятий и около 20-50 часов самостоятельных занятий.

При проведении занятий предусматриваются следующие формы контроля.

Промежуточный контроль: прием и проверка выполнения практических работ.

Итоговый контроль: собеседование (коллоквиум), зачет или экзамен.

Особенностью данной формы обучения является возможность задавать вопросы и получать помощь преподавателя при возникновении проблем в изучении материала и проведении практических работ. Более того, при реализации этой формы изучения материала обучаемые могут получать от преподавателя все или часть файлов, необходимых для проведения работ, а также дополнительную информацию. В целом, занятия могут проводиться с учетом индивидуальной исходной подготовки обучаемых и успешности изучения курса. Все это позволяет утверждать, что именно эта форма проведения занятий является наиболее эффективной.

Форма 2. Самостоятельное изучение

Самостоятельное изучение курса проводится индивидуально каждым обучаемым. Эта форма обучения отличается от занятий с преподавателем отсутствием возможности задавать вопросы и по-

лучать квалифицированную помощь преподавателя по ходу проведения занятий. Не учитываются также индивидуальные особенности обучаемых. Самостоятельное изучение материалов курса может проводиться полностью автономно от преподавателя, либо путем выдачи преподавателем исходных материалов и последующего отчета обучаемых перед ним по каждой теме или в целом по курсу. Общее число часов на изучение тем 1-3 по форме 2 может составлять от 75 часов и более.

Форма 3. Дистанционные формы обучения

Более подробно материалы по дистанционным формам обучения представлены далее (см. раздел 1.2).

Квалификационные требования к обучаемым

До начала изучения материалов курса, обучаемые должны знать основы работы на ПЭВМ РС АТ, основные сведения об аналоговой и цифровой схемотехнике и обработке сигналов. Обучаемым также рекомендуется иметь определенные навыки владения английским языком на уровне «читаю и перевожу со словарем». При отсутствии надлежащей подготовки в английском языке пользователю (обучаемому) необходимо вместо технической документации фирмы-изготовителя САПР использовать рекомендованную литературу на русском языке, что часто является проблематичным из-за отсутствия книг. При этом также необходимо учитывать, что САПР OrCAD не русифицирован, управляется инструментальными средствами и командами на английском языке, все сообщения также приводятся на английском языке. Все это может привести к существенным задержкам во времени, необходимом для освоения курса.

Аппаратные и программные средства обучения

При выполнении практических работ обучаемым потребуется ПЭВМ РС АТ (из расчета 1 ПЭВМ на 1-3 обучаемых) с установленным программным обеспечением и периодический доступ в Интернет.

Минимальные требования к ПЭВМ PC AT:

- при использовании САПР Design Lab и OrCAD Lite v.9.2. требуется ПЭВМ типа PC AT класса Pentium с установленной ОС Windows 95 или 98, ОЗУ не менее 32 Мбайт, монитор с разрешением не менее 640x480 (VGA), устройство чтения компакт-дисков, свободное место на жестком диске для установки ПО не менее 300 Мбайт и не менее чем по 100Мбайт – для рабочих директорий каждого пользователя (обучаемого);

- при использовании профессиональных САПР OrCAD новых версий предпочтительным является использование ПЭВМ PC AT класса Pentium IV с тактовыми частотами не менее 1 ГГц и с установленной ОС Windows XP или 2000, ОЗУ не менее 512 Мбайт, монитор с разрешением не менее 1024x768, устройство чтения компакт-дисков, свободное место на жестком диске для установки ПО не менее 1 Гбайт и не менее чем по 200Мбайт – для рабочих директорий каждого пользователя (обучаемого).

Основным программным обеспечением, необходимым для изучения курса является САПР OrCAD Lite v.9.2. фирмы CADENCE. Допускается также использовать демонстрационные версии и описания САПР фирмы CADENCE и MicroSim, находящиеся на компакт-диске, прилагаемом к книге [4]. В случае, если имеются профессиональные версии САПР OrCAD фирмы CADENCE v.9.2 -16.0 рекомендуется воспользоваться именно этими версиями САПР.

Дополнительно на каждой ПЭВМ должно быть установлено ПО: Acrobat Reader для чтения техдокументации, текстовый и графические редакторы Microsoft Office (Word и графический редактор) для формирования файлов отчетов по практическим работам. Кроме того, необходимо предусмотреть аппаратные и программные средства выхода в Интернет, по крайней мере, на 1 ПЭВМ и программы сжатия/распаковки *.rar- и *.zip-файлов.

1.2. Методические указания для дистанционных форм обучения

При проведении дистанционных форм обучения возможны следующие варианты их непосредственной реализации.

Вариант 1. Полностью дистанционная форма обучения, когда связь преподаватель – обучаемые осуществляется через Интернет,

включая, при необходимости, режимы работы с использованием видеоконференций, а также и телефонной связи для устных консультаций.

Вариант 2. Смешанная дистанционная форма обучения с проведением итогового занятия (или занятий) в учебном классе по месту нахождения преподавателя или обучаемых.

Типичная структура курса

Для дистанционных форм обучения предусмотрено выполнение следующих видов работ.

1. Самостоятельная работа. Самостоятельная работа обучаемых осуществляется на их рабочих местах, в специально отведенном классе (или классах) или в домашних условиях в соответствии с методическими указаниями и по заданиям преподавателя. Проводится в виде практических занятий (самостоятельные работы) в течение 50–75 часов (приблизительная оценка).

2. Занятия в учебном классе. Итоговое занятие – 6-8 часов занятий в учебном классе.

3. Промежуточный и итоговый контроль. Проверка выполнения самостоятельных работ, выдача заданий, ответы на вопросы и консультации.

Формы контроля

Промежуточный контроль: прием и проверка выполнения самостоятельных работ.

Итоговый контроль: собеседование (коллоквиум).

Изучение материалов курса

Курс «PSpice - моделирование электронных схем» предусматривает изучение материала, состоящего из трех тем в течение 1-2 месяцев. Темы изучаются последовательно, одна за другой группой обучаемых. Обучаемые в соответствии с календарным планом курса и методическими указаниями приступают к изучению материалов тем.

В начале изучения конкретной темы обучаемые получают по электронной почте образцы или описания схемы (схем), необходимые дополнительные методические указания по выполнению работ и изучению материалов темы, а также задание на выполнение практических работ.

В сроки, определяемые календарным планом, обучаемые изучают теоретические сведения по материалам темы, проводят практические работы, формируют список вопросов и файлы результатов работ. В конце изучения материалов темы обучаемые пересылают по электронной почте преподавателю файлы результатов работ, а также возможные вопросы. При необходимости назначается специальное время, когда обучаемые могут задать вопросы преподавателю устно, например по телефону.

В начале работы над следующим разделом курса (темой) преподаватель сообщает обучаемым результаты проверки выполненных практических заданий и высылает ответы на вопросы.

В конце занятий, после завершения изучения последней темы назначается итоговое занятие, в ходе которого в очной или дистанционной форме (телеконференция или Интернет-конференция) преподаватель сообщает дополнительные сведения по материалам курса, демонстрирует примеры, отвечает на вопросы и подводит итоги работы.

Требования к приему-передаче информации

До начала занятий необходимо подготовить и переслать преподавателю список обучаемых с указанием их электронных адресов, а также указать имена (названия) папок для файлов обучаемых. Эти папки будут использоваться для хранения файлов на сервере преподавателя и идентификации преподавателем результатов работ и вопросов каждого члена группы обучаемых по выполняемым темам.

Обучаемым рекомендуется создать рабочую директорию с поддиректориями в соответствии с выполняемыми темами. После получения от преподавателя файлов с заданием и схемами рекомендуется делать резервные копии и сохранять их в отдельных директориях.

Результаты расчетов некоторых схем могут занимать слишком много места на диске компьютера. Так, например, графические файлы результатов расчетов (*.dat) могут занимать несколько мегабайт (до 300-500 Мбайт, в ряде случаев) и создавать проблемы при пересылке результатов по электронной почте. В этом случае требуется с помощью буфера обмена и графического редактора подготовить файлы *.jpg (JPEG-формат) и пересылать файлы результатов в этом формате. Один файл должен соответствовать каждому изображению, получаемому с помощью PROBE. Имя файлов должно отвечать виду результатов моделирования. Все файлы помещаются в папку (директорию) пользователя (обучаемого) и пересылаются преподавателю. В том случае, если размер файлов папки превышает заранее оговоренный объем, например 2 Мбайта, необходимо осуществить их сжатие.

Рекомендации по подготовке и проведению работ

До начала изучения курса необходимо подготовить список состава группы обучаемых с указанием следующей информации:

- Фамилия, Имя, Отчество каждого обучаемого;
- адреса электронной почты обучаемых и, при необходимости, условия осуществления связи;
- имена файлов для обеспечения связи с преподавателем (идентификационные имена файлов электронной почты для каждого обучаемого, например фамилия обучаемого латинскими буквами).

Имена файлов связи с преподавателем должны быть уникальны для составляемого списка. Они предназначены для идентификации обучаемых при пересылке преподавателю результатов работ, вопросов и иной необходимой информации. И, наоборот, при пересылке информации от преподавателя к обучаемому также может использоваться это имя, но уже не в виде имени файла, а в поле записи «Тема» (это будет делаться в случае, если по одному адресу обучаемого будет осуществлять переписку несколько обучаемых). Имена файлов связи содержат заранее определенные текстовые символы и оканчиваются цифрами, обозначающими номер изучаемой темы и порядковый номер сообщения. Более подробную информацию об этих именах файлов можно найти далее. В начале

списка необходимо указать имя группы. Далее это имя необходимо использовать при адресации файлов, направляемых преподавателю в поле записи «Тема».

Для непосредственного выполнения практических работ требуется создать рабочую поддиректорию (каталог, папку) в рабочей директории пользователей. Для простоты и с целью обеспечения единства названий папок и файлов, используемых в курсе, назовите рабочую поддиректорию для данной темы именем с номером, соответствующим номеру темы, например WORK1. Настоятельно рекомендуется исключить из названий папок и файлов, с которыми непосредственно будут работать программы PSpice-расчетов, символы кириллицы, недопустимые и сомнительные символы Windows (разделители, знаки препинания и прочие символы). Эти ограничения касаются всего пути к рабочим файлам PSpice-расчетов, то есть включают и имена всех предшествующих папок. В связи с этим, не рекомендуется класть папки на рабочий стол русифицированных версий Windows, в противном случае при выполнении работ вполне может сложиться ситуация отказа от проведения расчетов, связанная с затруднением поиска программами нужных файлов промежуточных результатов. Идеальным местом для рабочей директории мог бы явиться, например, корневой каталог диска C:\ или соответствующие рабочие директории устанавливаемых пакетов программ.

Для каждой новой темы необходимо создавать новые поддиректории WORK2, WORK3 и т.д.. В каждой рабочей папке создайте архивную папку, куда поместите файлы, присланные преподавателем для изучения данной темы. Если они сжаты (упакованы), распакуйте их программой архивации. Не используйте архивную папку в качестве рабочей, при необходимости просто копируйте оттуда файлы в рабочую поддиректорию.

Далее, необходимо обеспечить формирование и пересылку преподавателю результатов работ, а при необходимости и иной информации. Файл результатов работ должен представлять собой текстовый файл или файлы Microsoft Word с расширением *.doc или *.rtf. Этот файл или файлы содержат краткие пояснения к результатам работ и графическую информацию в виде вставок рисунков, подготовленных одним из графических редакторов MS Office или Windows или полученным из редакторов САПР через буфера

обмена. В тексте файла желательно в явном виде указывать имя обучаемого, номер темы и сообщения. Допускается непосредственная вставка в текстовый файл результатов, формируемых программами расчетов и передаваемых через буфер обмена (Clipboard). Если использовать графические файлы как приложение, рекомендуется формировать файлы с расширением *.jpg. Готовые для пересылки файлы или файл необходимо сжать архиватором, формирующим *.rar- и *.zip-файлы. Файл, пересылаемый преподавателю рекомендуется формировать как один сжатый файл и имя файла должно совпадать с именем, заявленным в списке группы обучающихся. Имена файлов связи содержат тестовые символы и оканчиваются цифрами, обозначающими номер изучаемой темы и порядковый номер сообщения. Номер изучаемой темы от номера сообщения отделяется символом подчеркивания. Пример имени: Ivanov1_2.rar. Наиболее удобным способом пересылки указанного файла может явиться сопроводительное письмо с файлом результатов в виде приложения. Сопроводительное письмо не должно содержать важной информации и может быть пустым. Архивированный (сжатый) файл приложения должен быть один, если нет ограничений на его величину.

Далее, необходимо создать папку, а при необходимости и папки результатов работ. Эта папка также может быть использована для связи с преподавателем. Для этого создайте в рабочей папке, например WORK1, папку с именем, соответствующим имени файлов для связи с преподавателем, выбранному при составлении списка группы. В конце имени папки поставьте цифру 1. Эта цифра соответствует номеру изучаемой темы. Если в результате появления вопросов или затруднений с выполнением задания по теме возникает переписка с преподавателем, создавайте новые папки связи с преподавателем, добавляя порядковый номер в имени через знак подчеркивания, каждый раз увеличивая номер.

1.3. Учебная литература

Как показывает практика, наиболее эффективное изучение материалов курса осуществляется с использованием комбинации следующих источников информации:

- учебно-методическое пособие;

- технической документации на САПР;
- технической литературы на русском языке;
- Интернет-ресурсов.

При изучении в курса в каждой теме будут даны ссылки на отдельные файлы и разделы технической документации, а также книг, которые необходимо или рекомендуется изучить. В случае необходимости рекомендуется воспользоваться схмотехнической литературой, в которой представлена информация о работе электронных устройств и описании их параметров, а также об измерении, представлении и интерпретации результатов измерений.

Учебно-методическое пособие

Часть наиболее важной для освоения курса информации, представлена в отдельных разделах этого учебного пособия (разделы 2,3,5,7) и приводится по тексту разделов «Порядок выполнения задания». Обучаемым необходимо в соответствии с требованиями пунктов разделов «Учебное задание» и «Порядок выполнения задания» изучать соответствующие разделы книги.

Техническая документация к САПР

В качестве основной справочной литературы по курсу рекомендуется использование технической документации, прилагаемой к САПР. Техническая документация к САПР на английском языке имеется на компакт-диске, прилагаемом к книге [4]. В поддиректории \DOC содержатся файлы документации для САПР MicroSim с редактором SCHEMATICS, как представлено в табл. 1-1.

Таблица 1-1

Файлы технической документации для работы с редактором SCHEMATICS

Файл	Содержание файла
APPNTS.PDF	MicroSim Application Notes (Примеры подготовки, проведения и интерпретации результатов расчетов)
OPTURGD.PDF	MicroSim Pspice Optimizer User's Guide (Руководство по использованию программы параметрической оптимизации PSpice Optimizer)
PSPCAD.PDF	MicroSim PSpice A/D & Basics+. User's Guide (Руководство по проведению PSpice - расчетов)
PSPCREF.PDF	MicroSim PSpice A/D. Reference Manual (Справочное пособие по PSpice-расчетам)
SCHMURGD.PDF	MicroSim Schematics User's Guide (Руководство по использованию редактора Schematics)

На компакт-диске САПР OrCAD Lite v.9.2. фирмы CADENCE в поддиректории \document содержатся файлы, как представлено в табл. 1-2.

Таблица 1-2

Файлы технической документации для работы с редактором CAPTURE

Файл	Содержание файла
capqrc.pdf	OrCAD Capture Quick Reference (Справочник инструментов и команд редактора CAPTURE)
capug.pdf	OrCAD Capture User's Guide (Руководство по использованию редактора CAPTURE)
optug.pdf	PSpice Optimizer User's Guide (Руководство по использованию программы параметрической оптимизации PSPICE OPTIMIZER)
PSpcRef.pdf	PSpice Reference Guide (Справочное пособие по PSpice-расчетам)
pspqrc.pdf	PSpice Quick Reference (Справочник инструментов и команд редакторов и программ, связанных с PSpice - расчетами)
pspug.pdf	PSpice User's Guide (Руководство по проведению PSpice - расчетов)
rel92pdf.pdf	OrCAD Release 9.2 On Line Manuals and Quick Reference Cards (Меню выбора файлов)
Appnts.pdf	Application Notes (Примеры подготовки, проведения и интерпретации результатов расчетов)

Примечания к табл.1-2.

1. Компоненты библиотек САПР могут использоваться не только для PSpice – моделирования, но и для разводки печатных плат и иных целей, например для разработки блок-схем и функциональных схем.

2. Демо-версии САПР имеют существенные ограничения на используемые библиотеки компонентов и число компонентов.

Состав и содержание файлов технической документации могут меняться в зависимости от версии программ САПР. В табл. 1-1,1-2 приводятся названия файлов документации, которые далее будут использоваться как справочные материалы в соответствующих разделах курса. Автор считает нецелесообразным в рамках данной книги приводить полный список файлов для всех выпущенных версий САПР. Обучаемым рекомендуется самостоятельно установить соответствие имен и содержания файлов для имеющихся у них иных версий программ.

Помимо указанной технической документации можно воспользоваться справочной информацией пакета программ. Так, пакет OrCAD, начиная с версии 9.2, имеет встроенный краткий учебник-презентацию (на английском языке) и справочный материал по редактору OrCAD CAPTURE, а также справочный материал по PSpice-расчетам. Рекомендуется изучить эти материалов и при необходимости использовать их в процессе обучения и последующей практической деятельности. Встроенные справочные материалы для OrCAD v. 9.2 можно запустить следующим образом:

- программа OrCAD Capture, меню Help подпункт меню Learning Capture;
- программа OrCAD Capture, меню Help подпункт меню PSpice, подпункт меню Help Topics.

Техническая литература на русском языке

В качестве литературы на русском языке по курсу рекомендует-ся воспользоваться книгами [1]-[5], в том случае если они имеются у обучаемых. Наиболее доступными для большинства обучаемых могут оказаться книги [4]-[6]. Среди них наиболее интересной для самостоятельного и углубленного изучения PSpice-моделирования, безусловно, является книга [4]. При этом необходимо иметь в виду, что большая часть примеров в книге [4] приводится для редактора SCHEMATICS. Необходимо также отметить большое количество справочного материала и рекомендаций по проведению PSpice-расчетов и работе с САПР OrCAD, содержащихся в книге [5]. Общие вопросы разработки принципиальных схем и компонентов с использованием OrCAD CAPTURE достаточно подробно представ-

лены в книге [6]. Знание схемотехники, методов получения и оценки параметров и характеристик электронных устройств, необходимых для освоения курса, как представляется автору, не выходят за рамки объема материала, представленного в книгах [7].

По списку литературы книги [1-7] можно отнести к основной литературе по курсу, а [8-12] – к дополнительной.

Интернет-ресурсы

В настоящее время в Интернет можно найти как многочисленные примеры PSpice-моделирования и расчетов схем, так и модели отдельных компонентов или библиотеки компонентов, включая и непосредственно предназначенные для САПР OrCAD. При использовании библиотек и моделей компонентов необходимо помнить о наличии многочисленных «диалектов» языка описания задания на моделирование, не соответствующих, в ряде случаев, системе PSpice-описания схем. Примером подобных разновидностей Spice-расчетов может являться HSpice-моделирование, принятое в ряде САПР и фактически напрямую не совместимое по моделям и программам расчета с PSpice. Безусловно, существуют программы и утилиты перекодирования, но применять их рекомендуется с тщательной проверкой работоспособности полученных моделей опытными специалистами.

Автор рекомендует воспользоваться технической документацией, набором дополнительных программ и библиотеками компонентов, доступных в Интернете на сайте фирмы CADENCE: www.cadence.com. Помимо библиотек новых компонентов на этом сайте можно получить версию редактора SCHEMATICS для последних версий OrCAD, а также транслятор моделей компонентов HSpice-PSpice.

Целый ряд фирм-изготовителей компонентов поддерживает и постоянно обновляет состав моделей компонентов, предназначенных для PSpice-расчетов, в первую очередь, это аналоговые компоненты, такие как различного рода усилители (операционные, инструментальные и др.), а также диоды, транзисторы и др. дискретные компоненты. Среди таких фирм Infineon (Siemens), ON (Motorola), Analog Devices, Texas Instruments, Maxim и др.

2. УСТАНОВКА ПАКЕТА DESIGN LAB 8 И НАЧАЛО РАБОТЫ С НИМ

Установка осуществляется с компакт-диска, прилагаемого к книге [4]. Целью установки является изучение ввода схем для PSpice–моделирования при использовании редактора SCHEMATICS и осуществление моделирования схем.

Установка может осуществляться в соответствии с рекомендациями, представленными в книге [4]. Однако некоторые пункты представленной там инструкции по инсталляции нуждаются в уточнении и корректировке. В связи с этим порядок действий по установке демонстрационной версии пакета программ Design Lab фирмы MicroSim будет предложен несколько иным.

Установке должно предшествовать закрытие всех работающих программ и отключения активных антивирусных программ (если они установлены на компьютере). Необходимо также уточнить версию установленных на компьютере программ Acrobat Reader, так как в процессе установки будет предложено установить версию 3.0 этой программы непосредственно с диска. Если на компьютере уже установлена более новая версия, то от установки третьей версии стоит отказаться.

2.1. Установка пакета программ

Порядок действий по установке представлен в виде последовательности следующих шагов (см. шаги 1-12).

Шаг 1. Вставьте в CD-ROM компакт-диск, прилагаемый к книге [4]. Из-за наличия на диске программы автоматического запуска AUTORUN будет осуществлен вывод на экран базовое окно установки MicroSim Evaluation CD-ROM, как представлено на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Базовое окно установки **MicroSim Evaluation CD-ROM**

Для установки пакета программ нужно выбрать (нажать «кнопку») **Install Software**, но эта опция работает неустойчиво. Установку желательно проводить непосредственно из директории диска. Далее рекомендуется закрыть это окно, нажав на кнопку управления окном в правом верхнем углу.

Шаг 2. Откройте корневой каталог диска (нажав, например правую кнопку мыши и выбрав пункт меню «Открыть»). Далее необходимо запустить программу **SETUP**, соответствующего раздела диска, после чего появится прогресс-индикатор запуска программы установки, в конце процесса установки появится окно начала установки, как представлено на рис 2.2.

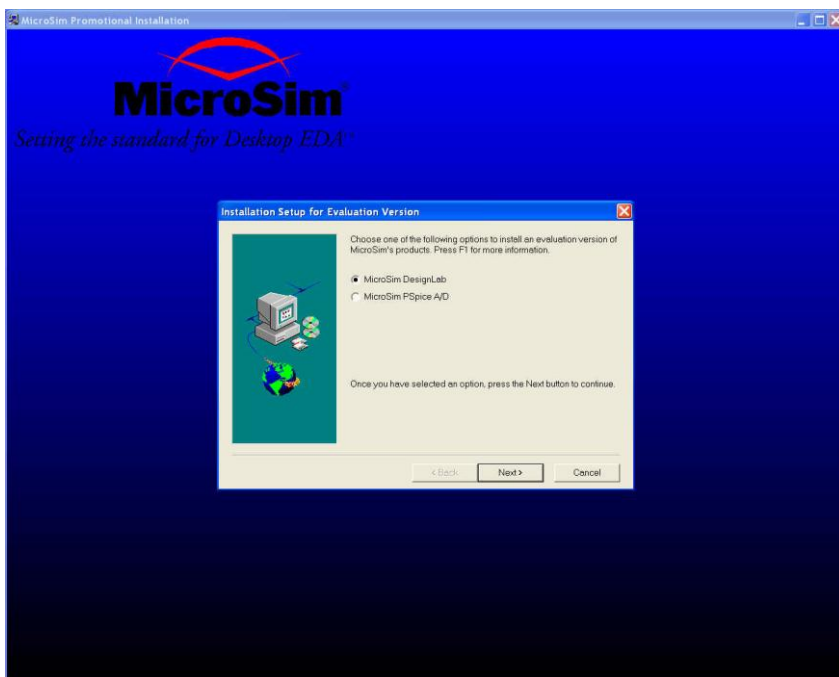


Рис. 2.2. Окно начала установки MicroSim Evaluation Version

Рекомендуется выбрать пункт MicroSim Design Lab и нажать кнопку **Next>**.

Шаг 3. В открывшемся окне выбора **Installation Options** рекомендуется выбрать пункт **Custom** (рис. 2.3).

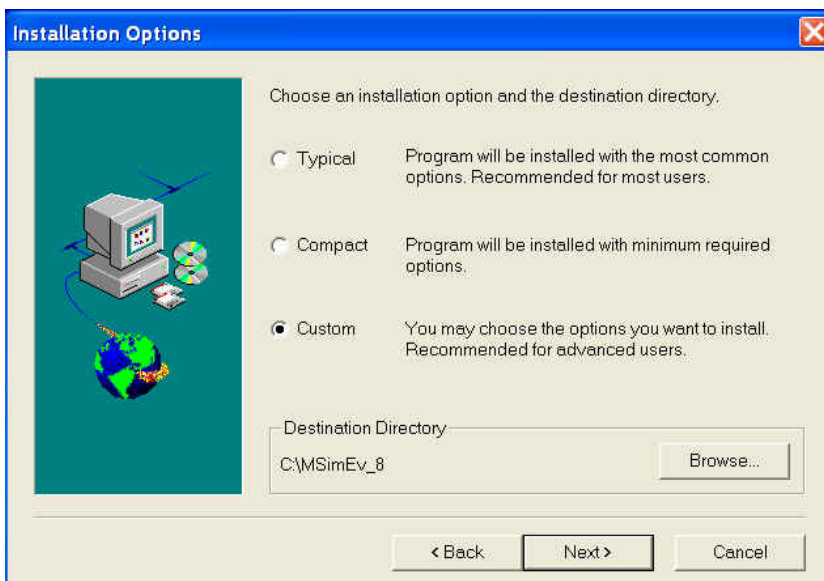


Рис. 2.3. Окно **Installation Options**

Обратите внимание на то, что пакет программ будет установлен в директорию MSimEv_8 диска C:\. Такая установка представляется удобной и оправданной и с ней рекомендуется согласиться. Если потребуется изменить директорию, это можно сделать, нажав **Browse** и далее выбрав или установив новые значения.

Внимание!

Рекомендуется использовать только латинские символы при выборе директории установки САПР и создании рабочих директорий проектов. Весь путь поиска указанных файлов и папок не должен содержать символы кириллицы, а также недопустимые символы. В этой связи не рекомендуется помещать установочные и рабочие директории «на рабочий стол».

В конце работы с окном **Installation Options** нажмите кнопку **Next>**.

Шаг 4. В связи с выбором опции Custom будет предложено осуществить выбор конкретных компонентов пакета программ в окне **Custom Setup Programs/Documentation** (см. рис. 2.4).

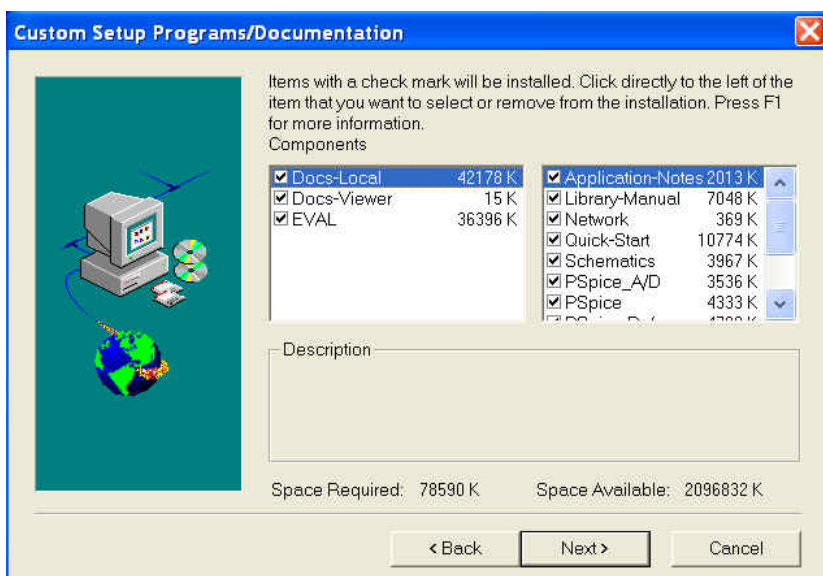


Рис. 2.4. Окно **Custom Setup Programs/Documentation**

На рис. 2.4. в левой части окна расположено меню выбора программ, в правой части меню выбора документации. Рядом с пунктами меню указывается размер файлов. Если емкость жесткого диска позволяет, лучше установить все пункты. Если емкость ограничена, то необходимо установить пункт EVAL из программ и ту часть документации, которая непосредственно касается расчетов PSpice-расчетов. При жестких ограничениях на свободное пространство диска можно совсем оказаться от установки техдокументации, но тогда она будет в дальнейшем недоступна. В дальнейшем, при необходимости можно будет стереть неиспользуемые файлы техдокументации.

В конце работы с окном **Custom Setup Programs / Documentation** нажмите кнопку **Next>**.

Шаг 5. Следующим шагом является выбор папки пакета программ на рабочем столе. Как показано на рис. 2.5 в окне **DesignLab Program Folder Setup** будет предложено значение по умолчанию DesignLab Eval 8. Можно согласиться или поменять название папки.

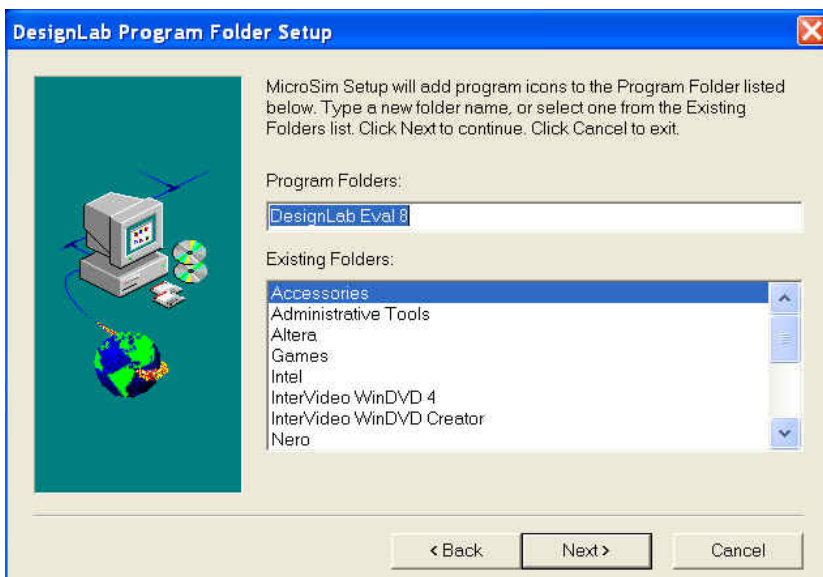


Рис. 2.5. Окно **DesignLab Program Folder Setup**

В конце работы с окном **DesignLab Program Folder Setup** нажмите кнопку **Next>**.

Шаг 6. Появляется окно начала копирования файлов, как представлено на рис. 2.6.

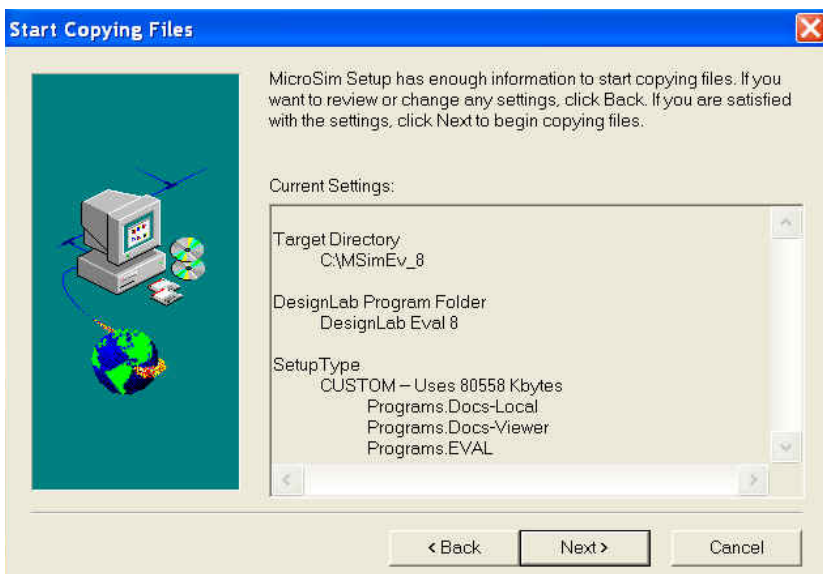


Рис. 2.6. Окно **Start Copying Files**

В этом окне будут перечислены все настройки, созданные в процессе предварительной установки. Необходимо проверить их и, если все верно, можно запустить инсталляцию, нажав кнопку **Next>**. После этого начинается копирование программ на жесткий диск.

Обратите внимание на емкость памяти жесткого диска, требуемую для установки. На рис. 2.6 приводится значение 80,6 Мбайт. Это максимальное значение, рассчитанное на полную версию установки.

В том случае если необходимо что-то поменять в настройках, можно вернуться назад, воспользовавшись кнопкой **<Back**.

Шаг 7. После окончания копирования файлов пакета программ раскроется окно рабочего каталога **Working Directory**. Подтвердите создание рабочей директории с предлагаемым именем Projects.

В конце работы с окном **Working Directory** нажмите кнопку **Next>**.

Шаг 8. Далее раскроется окно библиотечного каталога **Library Directory**. Подтвердите создание рабочей директории с предлагаемым именем UserLib.

В конце работы с окном **Library Directory** нажмите кнопку **Next>**.

Шаг 9. Следующим откроется окно регистрации расширения имен файлов (см. рис. 2.7).

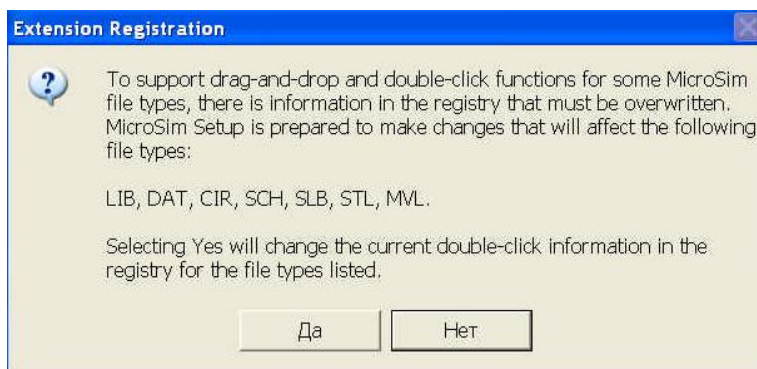


Рис. 2.7. Окно **Extension Registration**

В случае выбора «Да» за пакетом программ Design Lab фирмы MicroSim будут зарезервированы соответствующие расширения имен файлов. Можно отказаться от регистрации. Можно зарегистрировать эти расширения имен с тем, чтобы впоследствии их перерегистрировать при установке других пакетов программ, связанных с PSpice-расчетами, например OrCAD.

Шаг 10. На этом этапе будет предложено установить Acrobat Reader версии 3.0. Если на компьютере не установлена эта программа, можно согласиться с ее установкой. В этом случае становится возможным чтение сопутствующей техдокументации.

Шаг 11. Последним шагом установки является настройки окна **MicroSim Setup Complete** (Завершение установки MicroSim). Вид этого окна представлен на рис. 2.8.

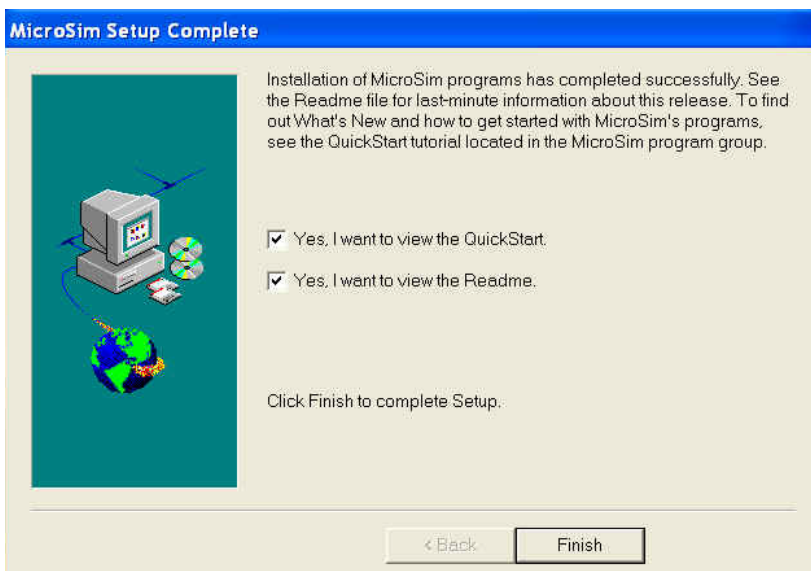


Рис. 2.8. Окно **MicroSim Setup Complete**

Если нет необходимости знакомиться с дополнительной информацией о работе пакета программ в настоящий момент, то оба флажка можно сбросить и нажать кнопку **Finish**. С этой информацией можно будет познакомиться и позже.

Шаг 12. Установка в целом завершена и теперь все готово для запуска программ PSpice-расчетов Design Lab фирмы MicroSim. В списке зарегистрированных программ создана рабочая директория DesignLab Eval 8, в которой «размещены» программы САПР. Для удобства пользования и запуска программ рекомендуется расположить эту папку на рабочем столе Windows.

Далее в инструкции по инсталляции, представленной в книге [4], предложено скопировать библиотечные файлы из директорий Eugo и BUNTES компакт-диска. Это приведет к тому, что традиционно используемые библиотечные компоненты будут заменяться доработанными автором или редакторами книги. Внешний вид компонентов будет резко отличаться от традиционных, принятых в большинстве САПР и технической документации. Делать это не рекомендуется, в дальнейшем нами будут использоваться компоненты, с

графикой, принятой в международных стандартах компонентов и используемой традиционно.

Краткие итоги.

Установлен пакет программ MicroSim Design Lab evaluation version 8.

2.2. Работа с пакетом программ

Состав основных программ (набор файлов и одна папка Accessories) пакета MicroSim Design Lab evaluation version 8 как содержащее папки DesignLab Eval 8, в виде значков, представлен на рис. 2.9.



Рис. 2.9. Состав и вид содержимого папки MicroSim Design Lab evaluation version

2.2.1. Основные сведения о работе с пакетом программ

Состав и назначение программ пакета САПР MicroSim Design Lab evaluation version 8, находящихся в папке DesignLab Eval 8, представлен в табл. 2-1.

Таблица 2-1

Состав и назначение программ (файлов) папки DesignLab Eval 8

Программа	Назначение	Применение
A Quick Start	Демонстрационная программа кратких сведений о пакете программ и работе с ним	Изучение основных сведений о работе САПР
Design Manager	Программа менеджера проектов	Может применяться пользователем при работе с программами САПР и файлами проектов
MicroSim FPGA Presentation	Программа презентации или демонстрации возможностей САПР по проектированию схем FPGA	Обучение проектированию схем ПЛИС (*)
MicroSim PCBoards	Редактор печатных плат (программа)	Для PSpice-расчетов не применяется (*)
PLSyn Presentation	Программа презентации или демонстрации возможностей САПР по проектированию схем FPGA	Обучение проектированию схем ПЛИС (*)
PSpice A_D	Моделирующая программа	Программа для осуществления PSpice -расчетов
PSpice Optimizer (**)	Программой параметрической оптимизации	Обеспечение оптимизации параметров схем при проведении PSpice-расчетов
Schematics	Редактор принципиальных схем (программа) SCHEMATICS	Используется для создания и редактирования принципиальных схем, а также в качестве основного исходного рабочего окна проектов

Примечания к табл. 2-1.

(*) – в рамках данного курса не изучается и не используется.

(**) – будет изучаться в части 2 пособия, применительно к САПР OrCAD.

Состав и назначение программ пакета САПР MicroSim Design Lab evaluation version 8, находящихся в папке Accessories, представлен в табл. 2-2.

Таблица 2-2

Состав и назначение программ (файлов) папки Accessories

Программа	Назначение	Применение
MicroSim Message Viewer	Программа вывода сообщений о подготовке и проведении расчетов	Может применяться пользователем при работе с программами САПР и файлами проектов
MicroSim TextEdit	Текстовый редактор (программа)	Может применяться пользователем при работе с файлами проектов
Online Documentation	Программа выбора файлов технической документации (см. табл. 1-1)	Выбор *.pdf-файлов технической документации по названиям материалов файлов
Parts (**)	Редактор моделей компонентов (программа)	Программа создания и редактирования моделей компонентов
Probe	Постпроцессор PROBE обработки графических результатов расчетов (программа)	Визуализация результатов расчетов и обработка графической информации
Readme	Файл с информацией о пакете программ	Может использоваться при изучении пакета программ
SPECCTRA	Автотрассировщик печатных плат (программа)	Для PSpice-расчетов не применяется (*)
Stimulus Editor (**)	Редактор начальных воздействий	Используется при создании файлов начальных воздействий для ряда источников сигналов
UnInstall	Программа деинсталляции	Применяется при удалении пакета DesignLab Eval 8 с компьютера.

Примечания к табл. 2-2.

(*) – в рамках данного курса не изучается и не используется.

(**) – будет рассмотрен в части 2 пособия, применительно к САПР OrCAD.

Начало работы с пакетом программ можно осуществить, вызвав редактор SCHEMATICS. Рабочее окно редактора представлено на рис. 2.10.

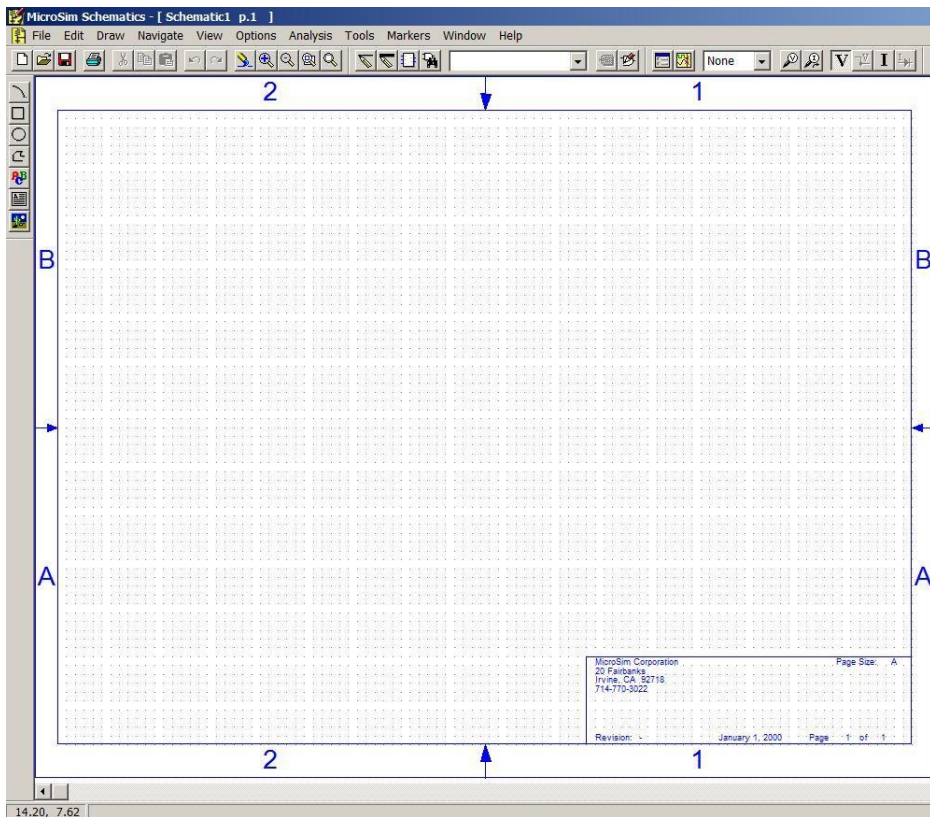


Рис. 2.10. Рабочее окно редактора SCHEMATICS

Одновременно с рабочим окном редактора открываются окна менеджера проектов и программы вывода сообщений, как показано на рис. 2.11 и 2.12.

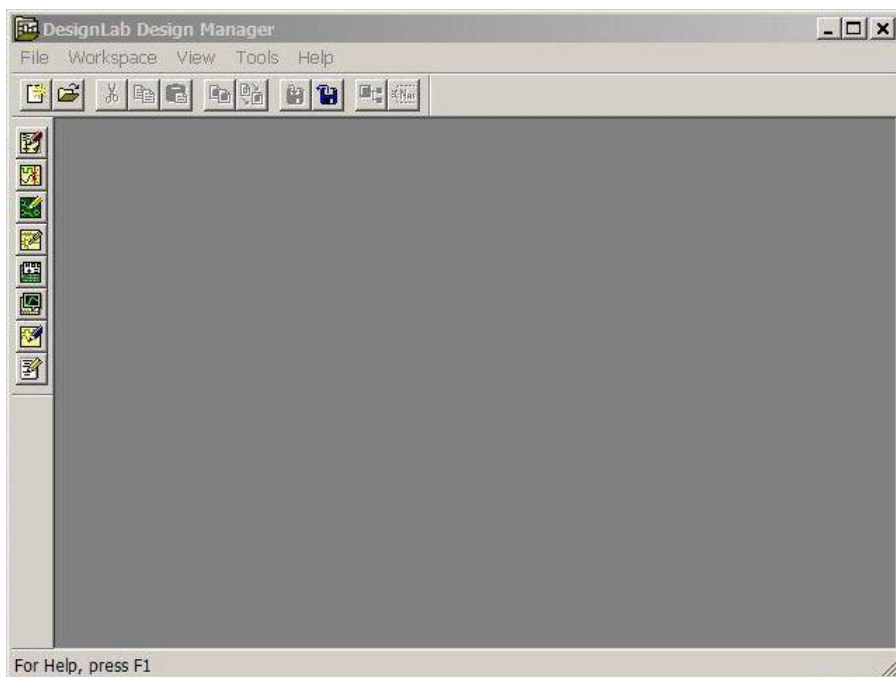


Рис. 2.11. Рабочее окно менеджера проектов



Рис. 2.12. Рабочее окно программы вывода сообщений

Управлять работой программ САПР и файлами проекта создания принципиальной схемы (далее - проект) можно с помощью менеджера проектов. Однако далее в пособии мы будем придерживаться работы стратегии работы непосредственно с графическим и тестовым редакторами, а также с постпроцессором PROBE, используя или непосредственный вызов программ и файлов пользователем, или их автоматический вызов, предусмотренный ходом работы с проектом.

Начало работы с проектом рекомендуется осуществлять с использованием редактора SCHEMATICS, при этом открывается окно редактирования, как было показано на рис.2.10. В основном рабочем окне редактора представлены:

- поле для редактирования принципиальной схемы и символов;
- набор меню - Menu;
- панели инструментальных средств (панели инструментов) - Toolbars;
- строка состояний.

Поле для редактирования предназначено для отображения принципиальных схем с использованием компонентов, линий связи, иерархических блоков и тестовой информации проектов.

Меню в значительной мере отвечает наборам опций, характерным для стандартных решений, свойственных большинству редакторов в среде Windows. К таким пунктам меню относятся: File, Edit, Draw, Navigate, View, Window, Help. Вместе с тем имеются характерные отличия опций от стандартных решений ОС Windows, присущие пунктам меню: Options, Analysis, Tools, Markers. Некоторые опции этих пунктов меню, наиболее важные для обеспечения подготовки и проведения PSpice-расчетов, мы рассмотрим далее.

Необходимо отметить, что значительная часть опций меню и кнопок (пиктограмм) панели инструментальных средств обеспечивают одни и те же функции или команды в системе. Предусмотрено также управление работой редактора и системы расчетов с использованием сочетания клавиш.

Панели инструментов представлены следующими основными наборами кнопок (пиктограмм):

- стандартная панель (Standard Schematics toolbar);
- панель рисования или черчения принципиальной схемы (Drawing toolbar);

- панель моделирования (Simulation toolbar);
- панель пояснительной или вспомогательной графики, а также текста (Annotation Graphics).

Состав и назначение кнопок стандартной панели представлен в табл. 2-3.

Таблица 2-3

Пиктограммы стандартной панели (Standard Schematics toolbar)

Пикто- грамма	Эквивалент- ная команда	Функции
	New File	Создание нового файла принципиальной схемы (создание новой схемы)
	Open File	Открытие и загрузка существующего файла
	Save File	Сохранение изменений в файл текущего проекта
	Print	Быстрая печать схемы текущего проекта
	Cut	Удаление выбранного объекта с копированием его в буфер обмена
	Copy	Копирование выбранного объекта в буфер обмена
	Paste	Вставка объекта, помещенного последним в буфер обмена
	Undo	Отмена последнего действия (команды)
	Redo	Отмена последнего выполнения команды Undo
	Redraw	Обновление изображения на экране
	Zoom In	Увеличение изображения
	Zoom Out	Уменьшение изображения
	Zoom Area	Увеличение изображения для выделенной части экрана
	Zoom to Fit Page	Вывод на экран всех элементов страницы схемы

Состав и назначение кнопок панели черчения принципиальной схемы (Drawing toolbar) представлен в табл. 2-4.

Таблица 2-4

Пиктограммы панели черчения принципиальной схемы (Drawing toolbar)

Пиктограмма	Эквивалентная команда	Функции
	Draw Wire	Рисование электрических цепей, создание соединений компонентов
	Draw Bus	Рисование шин
	Draw Block	Размещение блоков на схеме
	Get New Part	Вызов диалогового окна Part Browser поиска и размещения в схеме нового компонента
	Get Resent Part	Вызов списка последних компонентов, размещенных в схеме с использованием диалогового окна Part Browser
	Edit Attributes	Редактирование атрибутов выбранного объекта (или компонента)
	Edit Symbol	Вызов редактора символов для выбранного символа (для его последующего редактирования)

Состав и назначение кнопок панели моделирования (Simulation toolbar) представлен в табл. 2-5.

Таблица 2-5

Пиктограммы панели моделирования (Simulation toolbar)

Пиктограмма	Эквивалентная команда	Функции
	Analysis Setup	Установка настроек моделирования для активного проекта
	Simulation Simulate	Запуск расчетов для активного проекта
	Marker Color	Вызов ниспадающего списка цветов для маркеров
	Voltage/Level Marker	Вызов и размещение маркера уровня напряжений (Маркер напряжений)
	Current Marker	Вызов и размещение в схеме маркера токов
	Enable Bias Voltage Display	Отображение на схеме узловых потенциалов (напряжений), рассчитанных для рабочей точки
	Show/Hide Voltage on Selected Net(s)	Отображение на схеме потенциалов (напряжений) для выбранной цепи
	Enable Bias Current Display	Отображение на схеме токов контактов компонентов
	Show/Hide Current on Selected Part(s)	Отображение на схеме токов для выбранных компонентов

Состав и назначение кнопок панели вспомогательной графики (Annotation Graphics) представлен в табл. 2-6.

Таблица 2-6

Пиктограммы панели вспомогательной графики (Annotation Graphics)

Пиктограмма	Эквивалентная команда	Функции
	Draw Arc	Рисование дуги
	Draw Box	Рисование прямоугольника
	Draw Circle	Рисование окружности
	Draw Polyline	Рисование линии с изломами
	Draw Text	Ввод линии текста («рисование» текста)
	Draw Text Box	Ввод нескольких линий текста в схему
	Insert Picture	Ввод изображения в схему из файлов в форматах: *.bmp; *.dib или *.wmf

В строке состояний основного экрана редактора SCHEMATICS отображается положение курсора и имя последней выполненной команды. Также может отображаться следующая информация:

- краткое имя команды кнопки панели инструментов (см. столбец «Эквивалентная команда» в таблицах 2-3..2-6), если положение курсора находится в границах соответствующей кнопки;
- наименование выполняемой системной функции;
- сообщения предупреждающего характера.

Краткие итоги.

На данном этапе изучения работы пакета Design Lab8 мы получили начальные сведения об основных инструментальных средствах проектирования принципиальных схем в редакторе SCHEMATICS. Также мы изучили состав и назначение основных программ и файлов пакета. Нам становится доступной техническая документация пакета программ, в частности, путем вызова программы Online Documentation (см. табл. 2-2), или путем прямого обращения к ним, как указано в табл. 1-1.

Далее, для начала работ по созданию принципиальной схемы, необходимо:

- 1) создать проект;

2) осуществить настройку проекта.

2.2.2. Создание проекта

После вызова редактора SCHEMATICS (см. рис. 2-10) мы готовы редактировать принципиальную схему Schematic1 p1. Создание проекта в нашем случае будет заключаться в выполнении следующих действий:

- сохранение «пустого» файла принципиальной схемы в выбранную рабочую директорию;
- присвоение имени файлу, соответствующему проекту и характеру проектируемой схемы.

Для создания проекта можно воспользоваться выбором пункта меню «File» и опции «Save AS...», как показано на рис. 2.13.

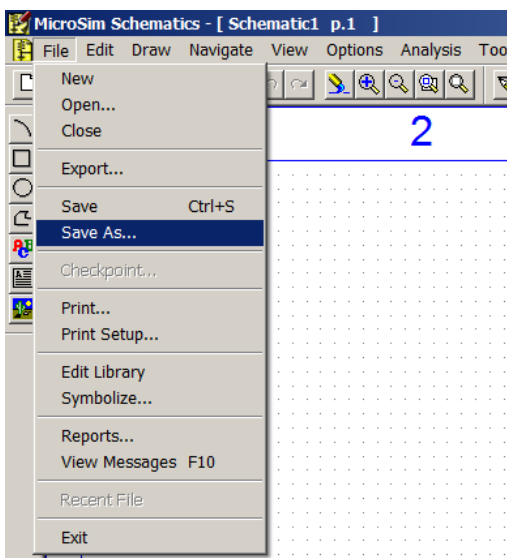


Рис. 2.13. Сохранение файла проекта

В процессе сохранения файла проекта выбора открывается окно выбора параметров сохранения, как показано на рис. 2.14.

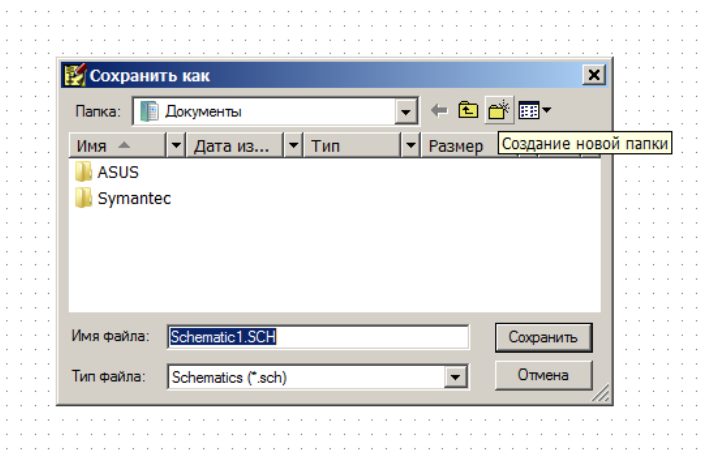


Рис. 2.14. Окно выбора параметров сохранения

Как показано на рис. 2.14 требуется указать новое имя файла. При необходимости можно создать новую папку (поддиректорию). Для этого необходимо выбрать курсором пиктограмму папки в правом верхнем углу окна (курсор на рис. 2.14 не показан).

Внимание!

Не рекомендуется использовать символы кириллицы при создании имен папок и файлов проекта. Весь путь поиска указанных файлов и папок не должен содержать символы кириллицы, а также недопустимые символы.

Для практической работы по освоению материалов курса рекомендуется группу файлов проектов помещать в собственную рабочую папку (поддиректорию) с именами в соответствии с номером темы, например Work1, Work2, Work3. Пути к рабочим папкам рекомендуется делать как можно короче.

В данном случае выбираем следующий путь: C:\Proj\Work1. Имя файла выбираем, например Divider1.Sch. Это имя достаточно точно описывает характер схемы создаваемого проекта.

Примечание.

Нами были выполнены определенные действия по созданию проекта, как показано на рис. 2.13 и 2.14. В дальнейшем подобные действия в

соответствии с пунктами (опциями) меню мы для краткости будем обозначать следующим образом:

Выполните команду: **File>Save As..**

Краткие итоги.

Итак, мы работаем со схемой Divider1.Sch проекта Divider1. Проект («пустой» файл) создан, и далее, нам необходимо осуществить настройки проекта (схемы) для создания принципиальной схемы, создать принципиальную схему проекта и осуществить ее настройки для моделирования.

2.2.3. Настройки проекта для создания принципиальной схемы

В понятие настройки проекта для создания принципиальной схемы или схемы проекта (Configuring Schematics) входят следующие действия:

- настройка библиотек (Library settings);
- настройка окна редактирования и параметров схемы (Page settings, Display options and preferences, Application settings).

Особенности использования и настроек библиотек компонентов

Для редактора SCHEMATICS указанные настройки осуществляются с использованием двух окон настроек, как будет показано ниже.

При создании принципиальной схемы, предназначенной для моделирования с использованием PSpice-расчетов и редактора SCHEMATICS, используются два типа библиотек:

- библиотеки символов (Symbol Libraries), файлы с расширением *.slb;
- библиотеки моделей (Model Libraries), файлы с расширением *.lib.

Примечания.

1. Для обеспечения процесса подготовки принципиальной схемы и проведения расчетов требуются оба типа файлов *.slb и *.lib, с проведением соответствующих настроек. Настройки не требуются для стандартных библиотек, используемых в режиме «по умолчанию».

2. Модели отдельных компонентов для PSpice-моделирования имеют расширение *.mod и представляют собой текстовый файл описания компонента на входном языке PSpice (задание на моделирование или язык управления заданием). Набор файлов *.mod, полученный путем объединения их в один файл, является файлом библиотеки *.lib. В предельном случае библиотека может состоять из одного компонента.
3. Помимо символьных библиотек в директории установки пакета программ (например: C:\MSimEv_8\Lib) присутствуют также файлы с расширением *.plb. Эти файлы представляют собой технологические библиотеки посадочных мест компонентов, предназначены для проектирования печатных плат и при проведении PSpice-расчетов не используются.

Внимание!

Библиотеки символов взаимно соответствуют библиотекам моделей, выбор моделей осуществляется по именам компонентов с уже имеющимися настройками имен компонентов и их контактов. В общем случае, для стандартных библиотек, прилагаемых к САПР, никаких настроек обычно не требуется. Тем не менее определенные настройки и редактирование как символов, так и моделей, доступны пользователям. В этой связи хорошим стилем использования библиотек является создание резервной копии библиотечных файлов, с тем, чтобы в дальнейшем можно было бы вернуться к исходной версии компонентов.

Для применения в проектах тех или иных наборов компонентов библиотеки рассматриваются системой как:

- глобальные (Global);
- локальные (Local).

Глобальные библиотеки прописаны в файле msim.ini для полной версии САПР и msim_evl.ini в случае демонстрационной версии. Этот файл находится в директории C:\Windows и напрямую работать с ним рекомендуется только опытным пользователям. Список библиотек *.slb и *.lib файла msim_evl.ini автоматически загружается для каждого проекта.

Локальные библиотеки загружаются и используются только для тех проектов, для которых осуществлены настройки на их использование. Локальные библиотеки имеют приоритет при поиске и использовании.

Пользователь может осуществлять с библиотеками следующие действия:

- изменять порядок поиска библиотек;

- удалять имя библиотеки из списка поиска, без удаления самих библиотек;
- добавлять новые библиотеки, включая собственные библиотеки пользователя;
- удалять библиотеки;
- переназначать библиотеки из глобальных в локальные и наоборот.

Настройки проекта для создания принципиальной схемы осуществляются с использованием двух окон настроек, как показано на рис. 2.15 и 2.16.

По команде **Options>Editor Configuration...** вызывается окно **Editor Configuration**, как показано на рис. 2.15.

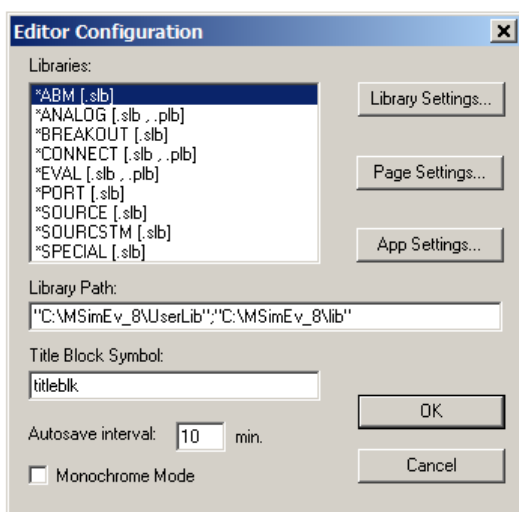


Рис. 2.15. Окно **Editor Configuration**

В этом окне (см. рис.2.15) представлен список активных библиотек *.slb и *.plb. Знаком «*» помечены глобальные библиотеки. Ниже представлен путь поиска библиотечных файлов в поддиректориях стандартных библиотек и библиотек пользователя. Справа расположены кнопки вызова:

- **Library Settings...** (настройки библиотек);
- **Page Settings...** (настройки формата страницы схемы);

- **App Settings...** (настройка используемых системных файлов).

Для настроек графической системы редактора SCHEMATICS, дополнительно к Page Settings, используются команды: **Options>Display Options...** и **Options>Page Size...**

По команде **Analysis>Library and Include Files...** вызывается окно **Library and Include Files**, как показано на рис. 2.16.

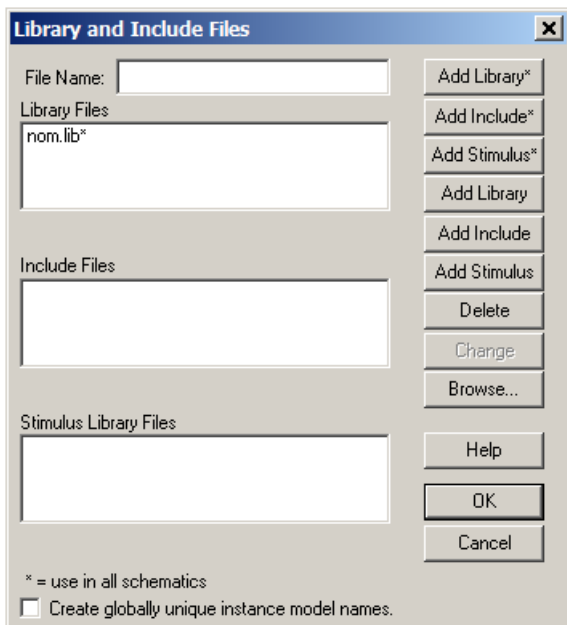


Рис. 2.16. Окно **Library and Include Files**

В этом окне (см. рис.2.16) представлены еще несколько окон редактирования:

- **Library Files** – для отображения библиотечных файлов *.lib;
- **Include Files** – для отображения включаемых файлов проекта *.inc;
- **Stimulus Library Files** - для отображения файлов начальных воздействий.

Справа расположены кнопки, обеспечивающие нужное действие по добавлению или удалению нужных файлов. Знаком «*» помечены глобальные библиотеки.

Необходимо обратить внимание на наличие индексного файла библиотек (или индексного библиотечного файла) `nom.lib` в окне **Library Files**. Этот файл создается автоматически средствами системы. В этом файле указывается список используемых библиотек для текущего проекта (для проведения текущих расчетов). Файл является текстовым, находится в нашем случае в поддиректории `C:\MSimEv_8\lib`. Его содержание для текущего проекта в нашем случае представлено ниже.

```
.lib "BREAKOUT.LIB"  
.lib "EVAL.LIB"
```

Состав компонентов библиотечных файлов можно получить из файлов технической документации или вызвав справочную информацию по командам: **Help>Search For Help On...** и **Help>Schematics User's Guide**, а также **Help>Library List...**

Настройка окна редактирования и параметров схемы

Такие настройки являются типичными для любых графических и текстовых редакторов Windows. Работа с ними предполагается по принципу «интуитивно понятных действий». Обычно настройки размеров окна рисования (формата чертежа схемы), увеличения, используемых цветов и т.п. серьезных проблем не вызывают. Тем не менее, при необходимости, можно воспользоваться справочным материалом пакета программ или технической документацией.

Краткие итоги.

Итак, мы осуществили основные настройки проекта для создания принципиальной схемы и готовы к созданию реального файла проекта. По-прежнему мы работаем со схемой `Divider1.Sch` проекта `Divider1`.

После завершения настроек созданного проекта можно приступить к непосредственному проектированию или редактированию принципиальной схемы.

2.2.4. Разработка принципиальной схемы

Процесс создания принципиальной схемы начинается с вызова и установки нужных компонентов.

Размещение компонентов

По команде **Get New Part** (см. табл. 2-4) в окне **Part Browser Basic** выбираем компонент VDC и размещаем его в поле для черчения схемы, как показано на рис. 2.17.

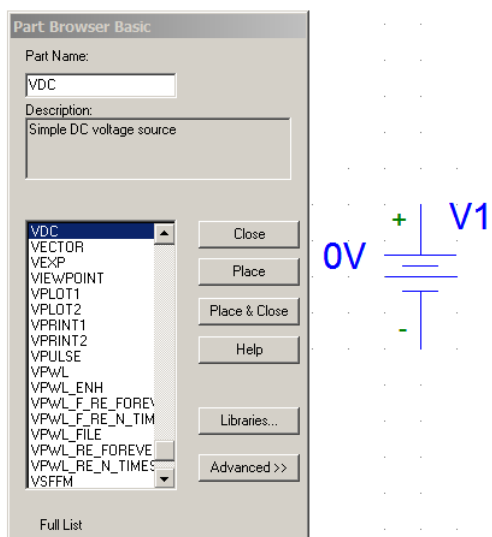


Рис. 2.17. Выбор и размещение компонента VDC

Вместо имени компонента Part Name «*» (по умолчанию) выбираем или вводим имя нужного компонента из подключенных библиотек. Далее используем кнопки **Place** или **Place & Close** для размещения компонента в принципиальной схеме. Помимо установленного компонента VDC нам понадобятся ещё несколько компонентов. Полный список компонентов, который необходимо использовать в проекте Divider1, представлен в табл. 2-7.

Таблица 2-7

Компоненты проекта Divider1

Имя	Название	Назначение	Библиоте- ка	Позицион- ное обозна- чение
GND_ANALOG или AGND	Analog Ground	Символ «аналого- вой земли». (*)	Port.slb	-
VDC	Simple DC voltage source	Источник постоян- ного напряжения	Source.slb	V1
R	Resistor	Резистор	Analog.slb	R1, R2

Примечание к табл. 2-7. (*) - опорный уровень 0-напряжения, относительного которого осуществляется расчет уровней сигналов.

Вызовем и расставим указанные в табл.2-7 компоненты, как показано на рис. 2.18.

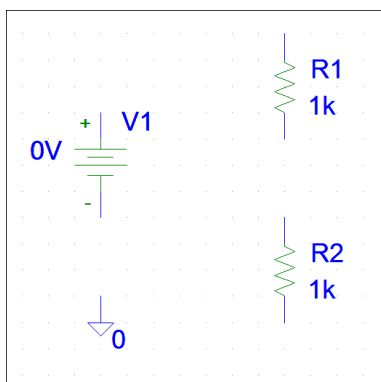


Рис. 2.18. Выбор и размещение компонентов проекта Divider1

При размещении компонентов удобно воспользоваться «перетаскиванием» их с помощью мыши путем выбора компонента, нажатия и удержания левой кнопки при перемещении мыши. Выбранный компонент выделяется красным цветом. При создании резистивного делителя R1, R2 достаточно вызвать один компонент R1, а компонент R2 установить путем копирования компонента R1. Копирование и вставка может осуществляться стандартным для текстовых и графических редакторов ОС Windows способом, на-

пример с использованием сочетания клавиш <Ctrl+C> и <Ctrl+V>. При этом позиционное обозначение автоматически указывается R2.

Если необходимо, можно редактировать позиционные обозначения. Это осуществляется путем двойного щелчка левой кнопки мыши по выбранному позиционному обозначению. Для компонента R2 это показано на рис. 2.19.

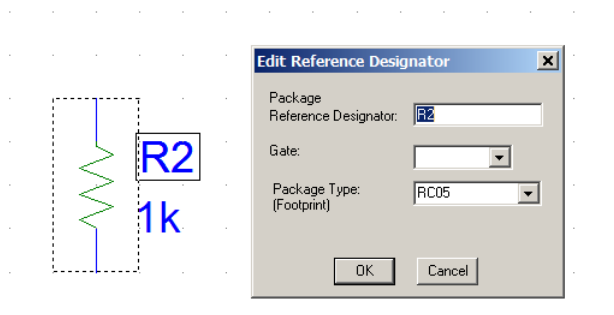


Рис. 2.19. Редактирование позиционного обозначения резистора R2

Настройка компонентов принципиальной схемы

Настройка в нашем случае предусмотрена для компонента V1. Она осуществляется путем так называемой настройки или установки атрибутов компонента. В данном случае речь идет о задании величины напряжения источника (источника сигнала или питания, если точнее). Так же как и для позиционных обозначений, вызов окна редактирования атрибутов осуществляется путем двойного щелчка левой кнопки мыши по выбранному атрибуту. Процесс установки атрибутов для компонента V1 показан на рис. 2.20.

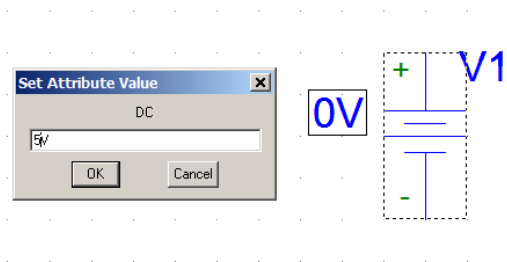


Рис. 2.20. Задание величины напряжения источника V1

Помимо компонента V1 настройке могут подвергаться также компоненты R1 и R2. Для них могут меняться величины их сопротивлений (номиналы резисторов).

Предусмотрено также использование общего окна редактирования позиционных обозначений и атрибутов компонентов, как показано на рис. 2.21.

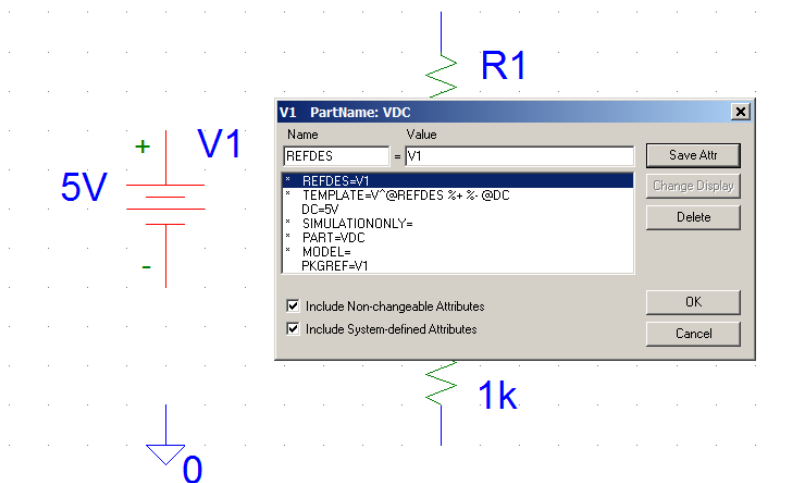


Рис. 2.21 Общее редактирование свойств компонента V1

Вызов окна редактирования свойств компонента, как показано на рис. 2.21, осуществляется путем двойного щелчка левой кнопки мыши по выбранному компоненту.

Краткие итоги.

Итак, мы осуществили выбор, размещение и настройку компонентов схемы Divider1. Sch проекта Divider1.

Соединение компонентов

Для проведения расчетов необходимо осуществить соединение компонентов электрическими связями (осуществить прокладку цепей или соединений компонентов). Это осуществляется по команде **Draw Wire** (см. табл. 2-4). Для удобства представления результатов рекомендуется осуществить следующие действия:

- ввести наименование цепей с именами, удобными для пользователя;
- воспользоваться маркерами для прямого указания постпроцессору PROBE, какие сигналы необходимо вывести на графики (диаграммы).

В нашем случае вводятся имена цепей High и Div путем двойного щелчка левой кнопки мыши по выбранному изображению цепи, в окне атрибутов, как показано на рис. 2.22.

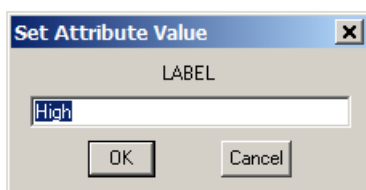


Рис. 2.22. Редактирование имени цепи High

Внимание!

Не рекомендуется переименовывать цепи, соединенные с компонентом AGND (цепи с нулевым номером). Эти цепи всегда имеют имя (номер) «0».

Установка маркера напряжений осуществляется по команде **Voltage/Level Marker** (см. табл. 2-5) или путем использования сочетания клавиш **<Ctrl+M>**. При выполнении команды в строке состояний появляется рекомендация: «Connect to a pin or wire» (присоедините маркер к контакту компонента или к цепи). Необходимо отметить, что маркер токов присоединяется только к контактам компонентов с числом контактов 2,3 или 4.

Окончательный вид принципиальной схемы проекта представлен на рис. 2.23.

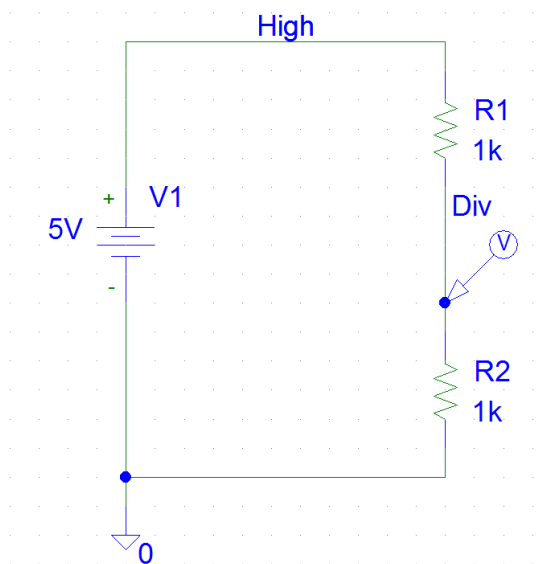


Рис. 2.23. Принципиальная схема проекта Divider1

Краткие итоги.

Итак, мы подготовили принципиальную схему Divider1. Sch проекта Divider1 к проведению расчетов.

2.2.5. Проведение расчетов

Для проведения расчетов необходимо осуществить настройки расчетов.

Настройки проекта для проведения расчетов

Настройки расчетов осуществляются по команде **Analysis>Setup...** По этой команде открывается окно выбора вида и настроек расчетов, как показано на рис. 2.24.

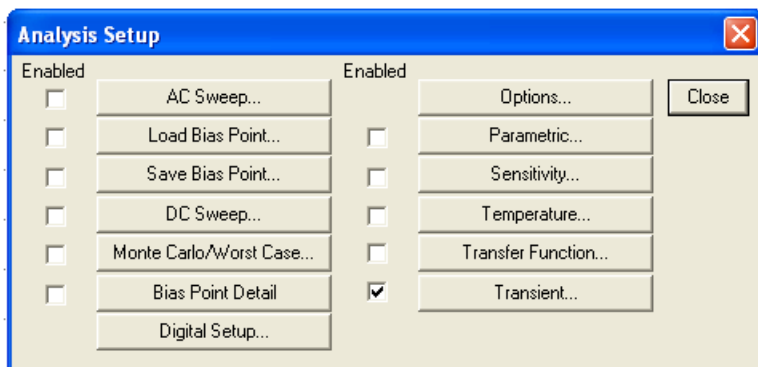


Рис. 2.24. Окно выбора видов и настроек расчетов **Analysis Setup**

Выбираем опцию Transient (Анализ переходных процессов или изучение формы сигналов). Щелчок левой кнопки мыши по кнопке **Transient** приводит к появлению окна редактирования настроек расчетов, как показано на рис. 2.25.

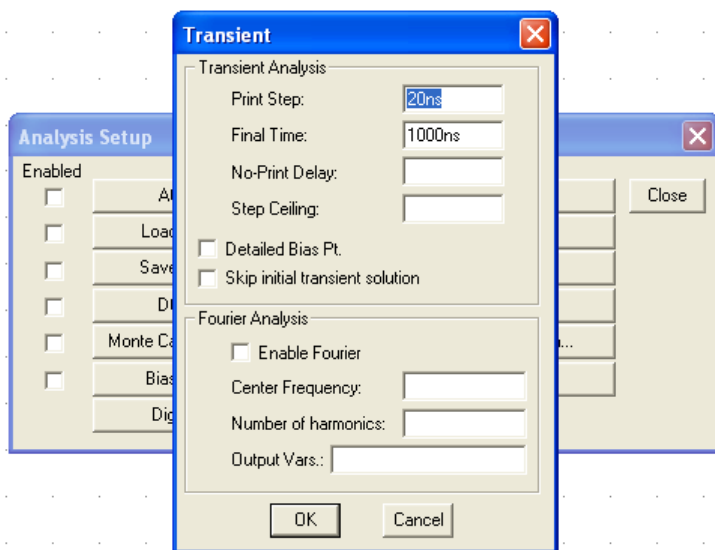


Рис. 2.25. Окно настроек расчетов **Transient**

Редактирование настроек предусмотрено для каждой опции Analysis Setup. На первый взгляд, в нашем случае предусмотрен единственный вид расчетов Transient. В действительности обязательно проводится также расчет рабочей точки. Тем не менее, в нашем проекте все готово для проведения расчетов и получения уровня выходного сигнала при действии на схему делителя R1, R2 постоянного уровня напряжения +5В.

Проведение расчетов и получение результатов

Проведение расчетов осуществляются по команде **Analysis>Simulate** или путем нажатия клавиши <F11>. По этой команде вызываются программы подготовки и проведения расчетов, а также отображения и обработки результатов расчетов, в частности вызывается постпроцессор PROBE, как показано на рис. 2.26.

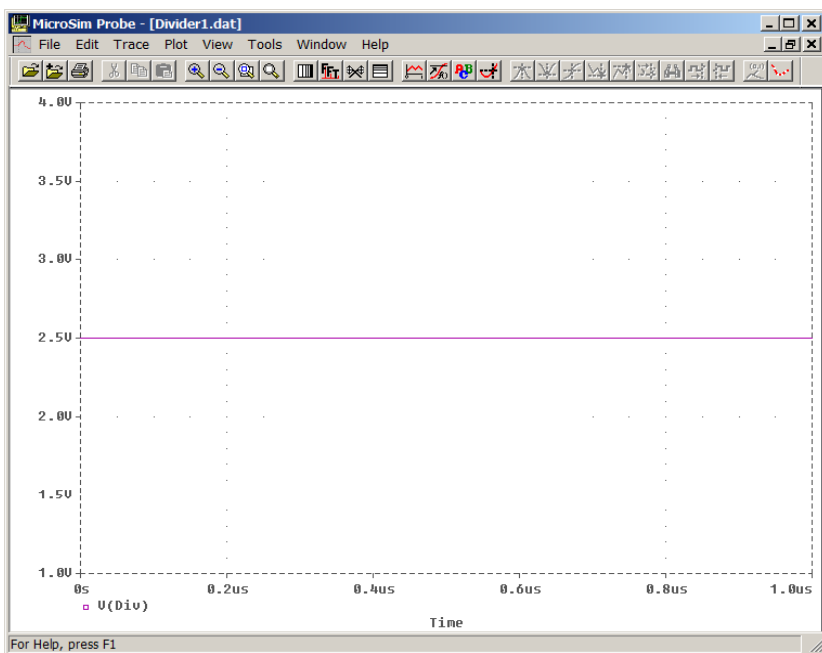


Рис. 2.26. Результаты расчетов Transient в постпроцессоре PROBE

Как видно из рис. 2.26 для цепи DIV получен постоянный уровень сигнала +2,5В.

При работе с постпроцессором PROBE необходимо отметить, что основное окно для отображения результатов расчетов в виде диаграмм имеет черный фон. Это не всегда удобно для документирования результатов. На рис. 2.26 представлено изображение с промежуточной обработкой графики в редакторе PAINT. Изображение на экране компьютера копируется в буфер обмена (Clipboard) с использованием клавиши **<Print Screen>**, далее в редакторе PAINT осуществляется вставка изображения из буфера, выделение окна с черным фоном и изменение цветов по команде **Рисунок> Обратить цвета** или по сочетанию клавиш **<Ctrl+I>**. После чего снова выделяется нужный участок изображения и через буфер обмена осуществляется вставка диаграммы в тестовый документ.

В постпроцессоре PROBE имеются собственные средства копирования диаграмм в буфер обмена. Для этого можно воспользоваться командой **Window>Copy to Clipboard...** Для программных средств оценочной версии (Evaluation Version) копирование и вставка осуществляется с сохранением черного фона. В полной версии возможно несколько вариантов настроек изображения, включая вариант с обращением изображения без необходимости использования промежуточной обработки средствами графических редакторов.

На принципиальной схеме, после проведения расчетов с выбором рабочей точки, также можно отобразить потенциалы цепей и токи контактов компонентов. Это осуществляется по командам: **Enable Bias Voltage Display, Show/Hide Voltage on Selected Net(s), Enable Bias Current Display, Show/Hide Current on Selected Part(s)** (см. табл. 2-5). Результат выполнения указанных команд для проекта Divider1 представлен на рис. 2.27.

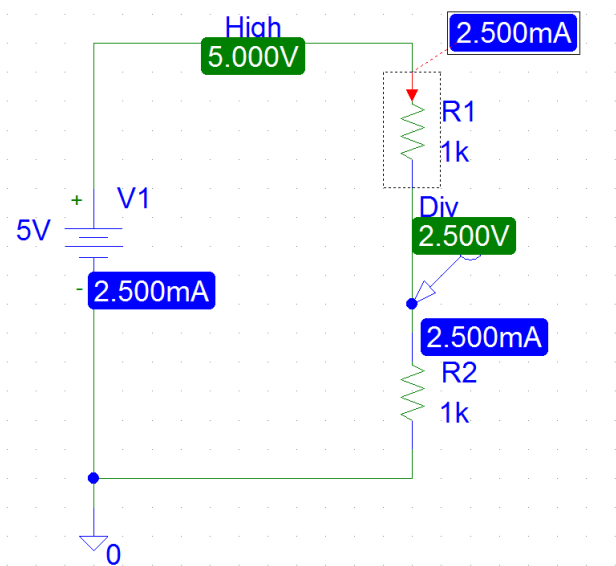


Рис. 2.27. Принципиальная схема проекта Divider1 с отображением потенциалов и токов

При анализе токов для схемы проекта Divider1 (см. рис.2.27) необходимо отметить указание стрелкой направления тока, втекающего выбранный компонент R1 и его величину 2,5мА.

Работа с постпроцессором PROBE

Постпроцессор PROBE предназначен для отображения графических результатов расчетов и их редактирования. Начало работы с постпроцессором осуществляется путем его прямого вызова или автоматически по завершению расчетов с получением диаграмм. При этом открывается окно редактирования, как было показано на рис.2.26. В основном рабочем окне PROBE представлены:

- набор меню - Menu;
- панели инструментальных средств (панели инструментов) - Toolbars;
- поле для отображения графиков и диаграмм;
- строка состояний (информационная строка).

Меню в значительной мере отвечает наборам опций, характерным для стандартных решений, свойственных большинству редакторов в среде Windows. К таким пунктам меню относятся: **File**, **Edit**, **View**, **Window** и **Help**. Вместе с тем имеются характерные отличия опций от стандартных решений ОС Windows, присущие пунктам меню: **Trace**, **Plot** и **Tools**. Некоторые опции этих пунктов меню, наиболее важные для обеспечения подготовки и проведения обработки результатов, мы рассмотрим далее.

Необходимо отметить, что значительная часть опций меню и кнопок (пиктограмм) панели инструментальных средств обеспечивают одни и те же функции или команды в системе. Предусмотрено также управление работой PROBE с использованием сочетания клавиш.

Достаточно подробно процесс работы с постпроцессором описан в файле PSPCAD.PDF технической документации в разделе 4 «Viewing Results». Вместе с тем работа с постпроцессором является сложным процессом и затруднена для неподготовленного пользователя на данном этапе в полном объеме. Далее, по мере изучения материалов пособия рекомендуется воспользоваться приводимыми по тексту рекомендациями по работе с PROBE, а также справочными материалами как технической документации (например, в

файле PSPCAD.PDF), так и встроенными средствами PROBE по командам: **Help> Search For Help On...** , **Help> Keyboard Shortcuts...** , **Help> User's Guides...**

Постпроцессор PROBE является мощным средством представления и обработки результатов расчетов. В качестве одного из примеров обработки полученной информации воспользуемся встроенными в постпроцессор средствами цифровой обработки сигналов (ЦОС), в частности быстрым преобразованием Фурье (БПФ). Для проведения БПФ выходного уровня сигнала, как было представлено на рис.2.26, вызовем преобразование, нажав пиктограмму FFT (Fast Fourier Transform) панели инструментальных средств. Результат представлен на рис. 2.28.

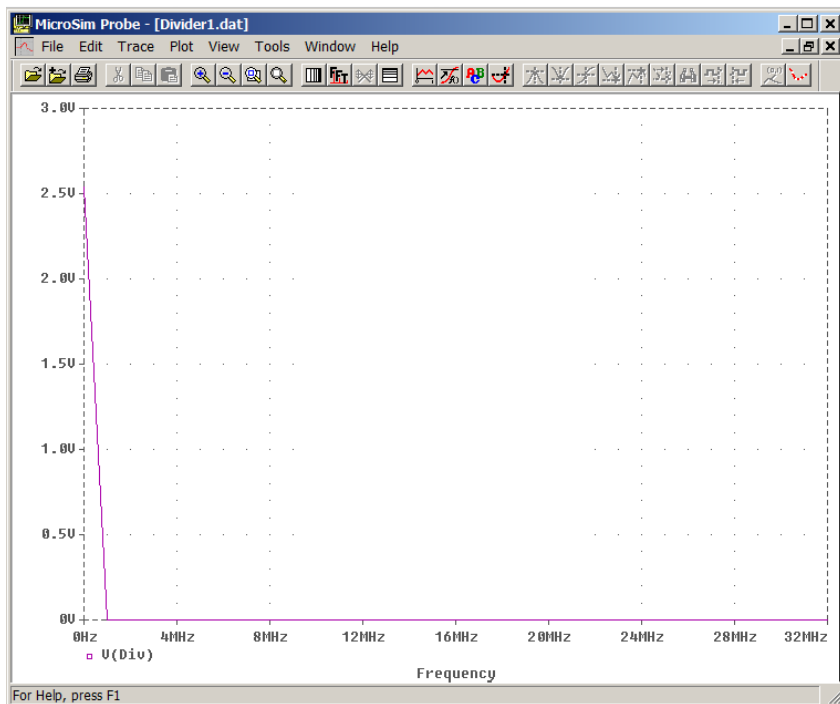


Рис. 2.28. Результаты БПФ в постпроцессоре PROBE для выходного сигнала схемы проекта Divider1

Краткие итоги.

Итак, мы создали и подготовили принципиальную схему Divider1. Sch проекта Divider1 к проведению расчетов. Затем мы провели расчеты переходных процессов (и рабочей точки в режиме «по умолчанию»), получили результаты расчетов и познакомились с некоторыми возможностями постпроцессора PROBE по представлению и обработке результатов.

3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О PSPICE-РАСЧЕТАХ

3.1. Процесс моделирования

Основной программой пакета САПР, предназначенной для проведения PSpice-моделирования (расчетов) поведения электронных схем является моделирующая программа. Для САПР MicroSim Design Lab8 эта программа носит название PSpice A/D (файл PSpice A_D). На рис. 3.1. представлена краткая информация меню Help на данную программу.

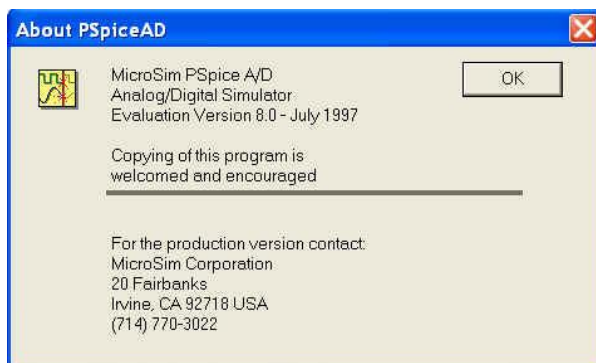


Рис. 3.1. Краткая информация о моделирующей программе САПР Design Lab8

Моделирующая программа осуществляет расчет параметров цепей или электронных схем, формально описанных на входном языке, понятном программе. Это формальное описание носит название задания на моделирование и представляет собой текстовый файл, доступный для чтения и редактирования. При проведении расчетов компиляция с созданием подобия загрузочного модуля не проводится, действия моделирующей программы напоминают работу интерпретатора с одним или несколькими (при необходимости) прохождениями. Выходные файлы результатов моделирования могут быть представлены в текстовом и графическом виде. Графический файл результатов расчетов допускает загрузку и некоторые операции обработки результатов в специальной программе постпроцессоре PROBE.

Моделирующая программа PSpice позволяет моделировать

электронные схемы, состоящие из следующих основных элементов (в скобках даны буквенные обозначения этих элементов во входном языке PSpice):

- резисторы (R);
- конденсаторы (C);
- индуктивности (L);
- независимые источники напряжения (V) и тока (I);
- диоды (D);
- биполярные транзисторы (Q);
- МОП-транзисторы MOSFET (M);
- полевые транзисторы с управляющим р-п переходом JFET (J);
- арсенид-галлиевые полевые транзисторы GaAsFET с каналом n-типа (B);
- взаимосвязанные индуктивности, линии передачи, сердечники и трансформаторы (K);
- линии передачи или задержки (T);
- ключи, управляемые напряжением (S) и током (W);
- IGBT-транзисторы (Z).

Помимо независимых источников напряжения и тока в задании на моделирование могут использоваться и зависимые:

- источник тока, управляемый напряжением ИТУН (G);
- источник тока, управляемый током ИТУТ (F);
- источник напряжения, управляемый напряжением ИНУН (E);
- источник напряжения, управляемый током ИНУТ (H).

При описании моделируемого устройства можно использовать подсхемы (SUBCKT), обеспечивающие описание фрагментов схемы в виде элементов или новых/отдельных компонентов или, например, макромоделей. При описании в задании на моделирование подсхемы обозначаются как самостоятельные элементы схемы (X). Это позволяет во многих случаях существенно сокращать описание схемы и использовать созданную один раз подсхему при моделировании различных устройств. Допускается использование прямых вставок текстов заданий на моделирование с помощью INC-файлов и соответствующих директив вызова.

Помимо моделирования аналоговых схем, PSpice-расчеты позволяют также в некоторых пределах осуществлять логическое моделирование цифровых схем и смешанное электро-логическое мо-

делирование аналого-цифровых схем, включая цифровые элементы (U) и их входные (N) и выходные (O) интерфейсы, фактически представляющие собой аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи на входе и выходе цифровых устройств.

Готовые компоненты чаще всего используются в виде макромоделей различных устройств, т.е. моделей, упрощенным образом описывающих поведение целого устройства или его фрагмента.

Внимание!

Позиционные обозначения компонентов должны начинаться с буквенного обозначения этих элементов, принятого во входном языке PSpice. Традиционно, обозначение микросхем, принятое в англоязычной КД на изделия РЭА, начинается с буквы U. Вместе с тем в задании на моделирование такие компоненты вводятся, как правило, в виде подсхем SUBCKT. На принципиальной схеме они могут иметь позиционное обозначение, начинающееся с буквы U, а в тексте задания на моделирование имена этих компонентов начинаются с буквы X.

Пример использования микросхемы операционного усилителя приведен на рис. 3.4 и рис. 3.10. Соответствующее задание на моделирование приведено ниже (файл INAM.CIR).

Подсхемы и моделей элементов и их параметры могут содержаться в библиотечных файлах. Использование готовых библиотек снимает проблему подготовки каждым пользователем собственных файлов моделей элементов таких, например, как интегральные операционные усилители. Значительная часть современных компонентов уже входит в стандартные библиотеки САПР. Для успешного продвижения своих изделий большинство фирм-производителей предлагают разработанные ими модели компонентов. Как правило, такие компоненты доступны и свободно распространяются фирмами. Их можно получить, например, скачав соответствующие модели или целые библиотеки с Интернет-сайта фирм.

Внимание!

Для сложных электронных устройств, например операционных усилителей, категорически не рекомендуется использование моделей, разработанных не фирмой-производителем, так как разработчику моделей необходимо знать целый ряд параметров и особенностей технологического процесса изготовления компонентов, представляющих конфиденциальную информацию, обычно не публикуемую в печати.

Создание макромоделей позволяет расширить область применения PSpice-расчетов и моделировать устройства, содержащие помимо электронных элементов различные датчики, исполнительные механизмы и т.п. Таким образом, с помощью PSpice-расчетов можно моделировать устройства автоматики, системы управления, измерительные устройства и, пользуясь электрическими аналогиями, практически любые не слишком сложные объекты, описываемые системами дифференциальных уравнений.

Моделирование производится на электрическом уровне: рассчитываются токи и напряжения. В результатах вычислений могут быть представлены различные таблицы, характеристики и графики, описывающие поведение электронных схем.

PSpice-расчеты, проводимые моделирующей программой, позволяют проводить следующие основные виды анализа (в скобках указаны соответствующие операторы входного языка или директивы):

- расчет рабочей точки с подробной распечаткой режимов элементов (.OP);
- расчет режима по постоянному току (.DC);
- частотный анализ (.AC);
- анализ шумов (.NOISE);
- малосигнальный анализ чувствительности по постоянному току (.SENS);
- расчет передаточных функций (.TF);
- расчет переходных процессов (.TRAN);
- фурье-преобразование результатов расчета переходных процессов (.FOUR);
- статистический анализ с учетом разброса параметров элементов для расчета схемы на наихудший случай (.WCASE);
- статистический анализ с учетом разброса параметров элементов методом Монте-Карло (.MC);
- расчет зависимостей характеристик схемы от вариации параметров моделей элементов (.STEP) и от температуры (.TEMP).

3.2. Управление проведением расчетов

Последовательность действий оператора при проведении PSpice-моделирования с использованием САПР MicroSim Design Lab 8 и САПР OrCAD 9.x – 16.x определяется, в первую очередь, способом создания текстового файла задания на моделирование и может быть следующей.

Способ1

Непосредственный ввод текстового файла в программу PSpice A/D

Упрощенная последовательность действий по моделированию исследуемого устройства может выглядеть согласно диаграмме, представленной на рис. 3.2.

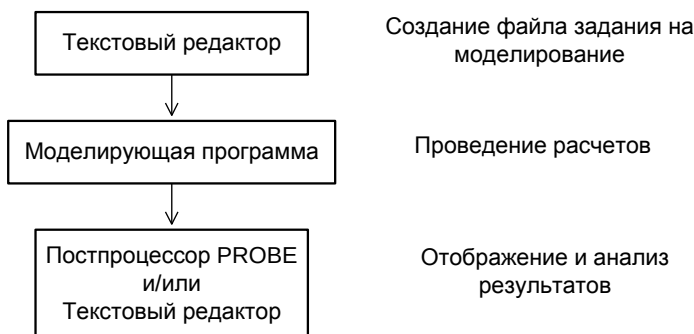


Рис. 3.2. Схема расчетов при текстовом вводе задания на моделирование

Исторически это был единственный способ управления проведением расчетов для пакетов программ до PSpice v.5.x включительно, проводимых на базе ПЭВМ PC AT. С 80-х и вплоть до середины 90-х годов накоплено большое количество примеров с вводом задания именно в текстовом виде. Эти примеры можно найти в технической литературе того времени. В некоторых случаях такие задания на моделирование используют и в настоящее время.

Применительно к пакетам программ MicroSim Design Lab 8 текстовый файл может создаваться и редактироваться в текстовом редакторе MicroSim TextEdit. Далее вызывается программа расчетов

PSpice A/D. Результаты расчетов можно получить и анализировать с использованием постпроцессора Probe (графические результаты) и текстового редактора MicroSim TextEdit.

Применительно к пакету программ OrCAD 9.x – 16.x текстовый файл может создаваться и редактироваться с использованием практически любых доступных текстовых редакторов, например WordPad Windows.

Тем не менее, при редактировании исходного текста задания на моделирование необходимо соблюдать осторожность и не допускать появление лишних символов в листинге задания. MicroSim TextEdit сделает все что нужно автоматически. При использовании других редакторов необходимо помнить, что нежелательно использование символов кириллицы, каждая строка заканчивается символами конец строки/возврат каретки и не может начинаться с некоторых символов-разделителей, файл начинается со строки заголовка с названием схемы, состоящим из латинских символов (до 40 символов), в конце файла стоит знак EOF – конец файла. Дополнительная информация, например, о размерах и характере используемых шрифтов, не допускается. Наилучшим образом указанным критериям могут отвечать текстовые редакторы MS-DOS, однако их использование в среде Windows затруднено. Из программ редакторов, обычно используемых в среде Windows, можно использовать упрощенный редактор Windows WordPad (Блокнот).

Способ 2

Использование графического представления схемы

В этом случае представление схемы для пользователя выглядит как почти обычная принципиальная схема исследуемого блока или узла аппаратуры. Упрощенная последовательность действий по моделированию работы такой схемы (с использованием «скрытого», неявного ввода задания на моделирование) может выглядеть согласно диаграмме, представленной на рис. 3.3.

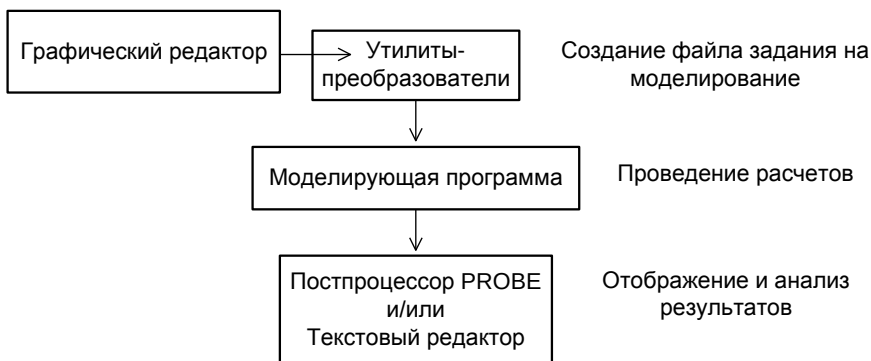


Рис. 3.3. Схема расчетов при использовании графического редактора

После появления пакетов программ, работающих в среде Windows, у пользователей появилась возможность использовать для проведения моделирования непосредственное создание принципиальных схем, компонентов и библиотек компонентов, а также начальных воздействий в графическом виде. В качестве графического редактора пакета программ MicroSim Design Lab8 используется редактор SCHEMATICS. Этот же редактор существует в OrCAD 9.2, а в пакетах 10.x -16.x может использоваться как дополнительный (требуется специальное копирование и установка с Веб-сайта фирмы CADENCE).

Запуск программ и получение результатов осуществляется по командам и в соответствии с настройками редактора SCHEMATICS, обладающего определенными функциями программы-менеджера единой операционной среды САПР. В действительности в пакете программ существует и функционирует специальная программа Design Manager, управляющая работой остальных программ пакета САПР. Сервисные программы-утилиты, вызываемые ей, обеспечивают все необходимые действия по реализации текстового файла задания на моделирование и запуску его на выполнение. Пользователь может непосредственно не работать с текстовыми файлами задания на моделирование и некоторыми другими файлами промежуточных результатов работы САПР.

В некоторых самых простых случаях, когда имеется полная уверенность в гарантированном получении нужных результатов расчетов, пользователю нет необходимости разбираться с содержимым

файла задания на моделирование, редактировать его и получать информацию из тестового файла результатов моделирования. Однако в практической работе с САПР, связанной с PSpice-расчетами, когда возникают проблемы с запуском задания на моделирование, получением результатов или сходимостью решений дифференциальных уравнений, наиболее точную информацию о причинах возникновения проблем можно получить только путем анализа выходного текстового файла результатов. В файле результатов помечается место останова расчетов, указываются причины и условия прекращения расчетов. Зная входной язык расчетов, гораздо легче определить причину возникновения проблемы и устранить ее.

Внимание!

Обучаемым настоятельно рекомендуется постараться освоить входной язык для PSpice-расчетов и использовать эти знания для анализа результатов расчетов, а также при решении проблем получения результатов расчетов. Это актуально даже в случае использования чисто графического описания моделируемой схемы.

Особое место при проведении моделирования могут занимать программы-утилиты. К ним относятся редактор начальных воздействий Stimulus Editor, программа обслуживания компонентов и библиотек Parts и программа параметрической оптимизации PSpice Optimizer. Работа с этими программами будет рассматриваться далее во второй части курса. Программа MicroSim Message Viewer обеспечивает формирование сообщений о состоянии расчетов, подготовки к ним и отображение сообщений по результатам проведения расчетов.

При работе с редактором SCHEMATICS пользователю помимо команд настройки и запуска расчетов доступны следующие команды, связанные с ходом расчетов, как представлено на рис. 3.3:

- **Analysis>Create Netlist** (Создание списка цепей);
- **Analysis>Probe Setup...** (Настройка вызова и работы постпроцессора);
- **Analysis>Run Probe** (Запуск постпроцессора);
- **Analysis>Examine Netlist** (Отображение списка цепей, фактически описывается включение компонентов на входном языке задания на моделирования для PSpice-расчетов);

- **Analysis>Examine Output** (Отображение выходного текстового файла результатов расчетов).

3.3. Моделирование с использованием текстового ввода задания

Остановимся более подробно на проведении PSpice-расчетов с использованием текстового файла задания на моделирование. Более подробно синтаксис входного языка будет рассматриваться при изучении тем в дальнейшем. На данном этапе приведенную ниже информацию можно рассматривать как иллюстративную и призванную обеспечить первое знакомство с PSpice-расчетами.

Предположим, что требуется осуществить моделирование поведения схемы на основе операционного усилителя (ОУ) с инвертирующим включением ОУ. Вначале требуется нарисовать принципиальную схему моделируемого устройства. Это не обязательно делать средствами САПР, достаточно изобразить ее на бумаге, например, как представлено на рис. 3.4.

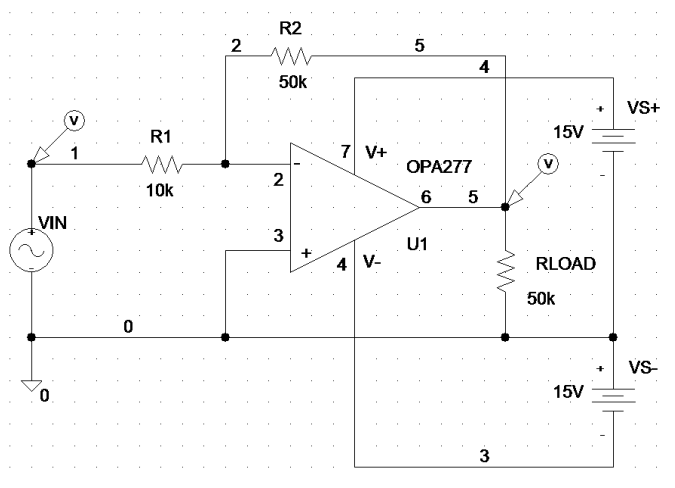


Рис. 3.4. Принципиальная схема усилителя

На рис.3.4 представлен вид исходной принципиальной схемы, предназначенной для осуществления PSpice-моделирования. Обратите внимание на наличие источника сигнала VIN на входе схемы и нагрузочного резистора RLOAD на выходе. Это является правильным стилем построения моделей схем для проведения PSpice-расчетов или PSpice-моделирования электронных схем. Такой подход позволит избежать появления значительных проблем в практике компьютерной верификации разрабатываемых схем РЭА. Питание (VS+ и VS-) также необходимо указывать в явном виде. Все цепи нумеруются, начиная с цепи 0 («Земля»). Все используемые для моделирования компоненты должны быть описаны в задании или взяты из внешних, например библиотечных файлов.

После этого составляется текст задания на моделирование и сохраняется в файле, например INAM.CIR.

3.3.1. Описание файла задания на моделирование

Текст файла INAM.CIR задания на моделирования проекта IN-AM и его описание приводится ниже.

```
INVERTING AMPLIFIER
*
VIN 1 0 DC 1 AC 1 SIN(0 1V 10K)
R1 2 1 S2_33 10K
R2 5 2 S2_33 50K
X1 0 2 4 3 5 OPA277
VS+ 4 0 DC 15V
VS- 0 3 DC 15V
RLOAD 0 5 10K
.MODEL S2_33 RES(R=1 DEV=10% TC1=1000.0E-6)
.LIB OPA277.LIB
*
.AC DEC 201 1 10MEG
.TRAN .1nS 200uS
.WIDTH OUT=80
.PROBE
.END
```

Файл начинается с информационной строки, обычно содержащей текстовую информацию о моделируемой схеме (название проекта), и заканчивается оператором (директивой) .END.

Предложения входного языка для PSpice-расчетов делятся на:

- описание компонентов;
- операторы или директивы управления заданием;
- комментарии.

В большинстве случаев порядок следования предложений не имеет значения (кроме первой и последней строки, а также расположения директив .FUNC и .OPTIONS NOECHO). Комментарии начинаются с символов «*», устанавливаемого в начале строки и «;», устанавливаемого в конце строки. Директивы начинаются с точки. Все остальные предложения должны относиться к описанию компонентов.

Название схемы определено как INVERTING AMPLIFIER. Это название выводится потом в виде заголовка в выходном текстовом файле. Далее следует пустая строка комментария.

Строка

```
VIN 1 0 DC 1 AC 1 SIN(0 1V 10K)
```

описывает включение в схему (подключение к цепям 0 и 1) источника сигнала в виде независимого источника напряжения синусоидальной формы с нулевой постоянной составляющей сигнала, амплитудой 1 В, частотой 10 кГц, нулевыми значениями: задержки, коэффициента затухания и фазы (величины отсутствуют и по умолчанию они нулевые). Значения для постоянного тока (DC) и частотного анализа (AC) указаны как 1 и 1. Включение источника сигналов осуществлено прямое, инверсное включение должно было выглядеть как VIN 0 1 DC 1 AC 1 SIN(0 1V 10K). Это требуется учитывать при анализе результатов.

Строки

```
R1 2 1 S2_33 10K
```

```
R2 5 2 S2_33 50K
```

описывают включение резисторов R1 и R2 с величинами (номиналами) 10 кОм и 50 кОм соответственно, тип резисторов выбран нестандартным, то есть не из библиотеки компонентов, а в виде описываемой по тексту задания моделью (за основу условно взяты отечественные резисторы С2-33). Модель резисторов описывается далее в листинге.

Строка

```
X1 0 2 4 3 5 OPA277
```

позволяет обеспечить включение подсхемы (Subcircuit) X1, описывающей модель компонента OPA277. ОУ OPA277 используется

как библиотечный компонент из библиотеки OPA277.LIB. Включение подсхемы осуществляется стандартным для ОУ способом в последовательности: вход +, вход -, питание +, питание – и выход.

Строка

```
VS+ 4 0 DC 15V
```

```
VS- 0 3 DC 15V
```

описывают включение независимых источников постоянного уровня напряжения величиной 15 В (питание схемы).

Строка

```
RLOAD 0 5 10K
```

описывает включение выходного нагрузочного резистора RLOAD номиналом 10 кОм.

Строка

```
.MODEL S2_33 RES (R=1 DEV=10% TC1=1000.0E-6)
```

описывает модель резистора S2_33, где указан коэффициент пропорциональности $R=1$ и линейный температурный коэффициент $TC1=1 \cdot 10^{-3} 1/^{\circ}\text{C}$.

Строка

```
.LIB OPA277.LIB
```

представляет собой директиву вызова библиотеки и указывает на библиотеку OPA277.LIB, где находится модель ОУ (.SUBCKT) в виде подсхемы. В данном файле представлена только одна модель ОУ, поэтому и использован такой вид названия файла библиотеки.

Строка

```
.AC DEC 201 1 10MEG
```

представляет собой директиву, обеспечивающую проведение частотного анализа (AC Sweep). Строится график амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) состоящий из 201 точки в диапазоне частот от 1 Гц до 10 МГц. При этом используется полулогарифмический масштаб (логарифмическая шкала по оси X) с логарифмическим изменением частоты по декадам (по основанию 10). Крутизна характеристики принята для отображения как ослабление на декаду.

Строка

```
.TRAN .1nS 200uS
```

определяет параметры директивы расчета переходных процессов (Transient Analysis). При этом расчет проводится для сигналов, начиная со времени $t=0$ до конечного времени 200 мкс (200us с при-

нятым в САПР обозначением «микро» как «u») и с шагом вывода данных 0,1 нс.

Строка

.WIDTH OUT=80

представляет собой директиву управления выводом данных, определяющую длину строки символов в выходном текстовом файле.

3.3.2. Выполнение расчетов

Для проведения расчетов необходимо запустить моделирующую программу PSpice A/D и вызвать файл INAM.CIR. В меню File выбирается опция Open, указывается путь и имя файла, осуществляется ввод.

Примечание.

При первом использовании любой новой библиотеки компонентов создается индексный файл. Проведение расчетов возможно только после создания такого файла.

При первом запуске заданий, содержащих вызов не использовавшихся ранее библиотечных файлов, расчет производится, появляется сообщение Simulation Completed об успешном завершении расчетов (заставка). Эта заставка исчезает через несколько секунд. Одновременно появляется окно сообщения о завершении расчетов переходных процессов (рис. 3.5) с указанием на наличие предупреждающего сообщения. Само сообщение заносится в файл сообщений и появляется в окне сообщений (рис. 3.6).

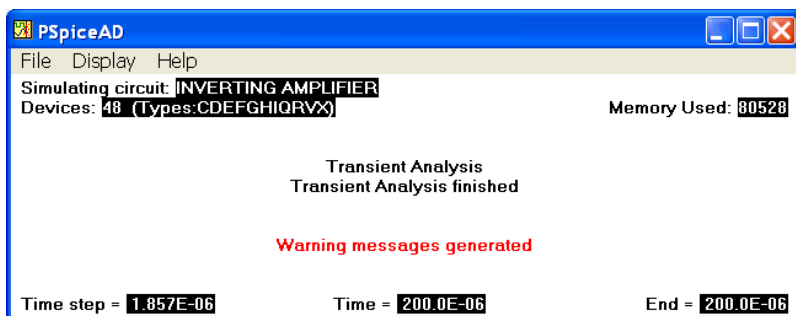


Рис. 3.5. Сообщение о завершении расчетов с наличием предупреждений

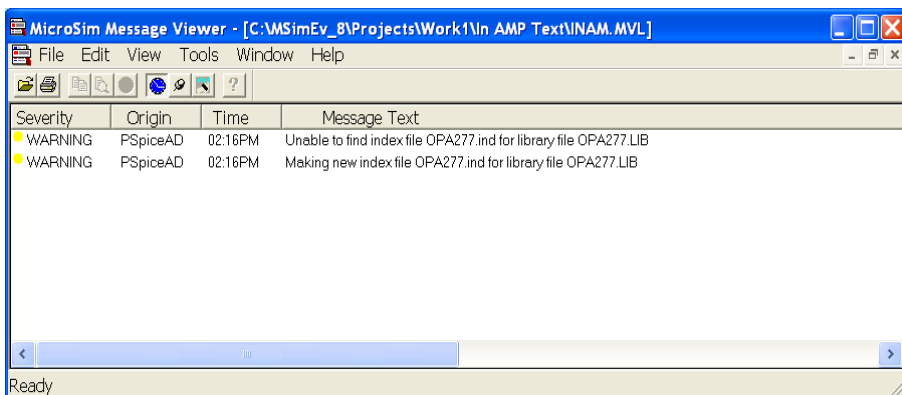


Рис. 3.6. Предупреждение о создании индексного файла

В случае повторного использования задания на моделирование, программа начинает расчет, по окончании которого появляется заставка Simulation Completed. Заставка исчезает через несколько секунд, после чего остается сообщение о завершении расчетов (см.рис.3.7).



Рис. 3.7. Сообщение о завершении расчетов

В соответствии с текстом задания на моделирование последним выполнялся анализ переходных процессов (Transient Analysis). Этот факт и зафиксирован в программном сообщении. Указанное сообщение представлено моделирующей программой PSpice A/D, которая еще не закрыта. Далее, выбрав меню File этой программы,

можно запустить постпроцессор PROBE (Run Probe) или текстовый редактор с визуализацией выходного файла результатов моделирования (Examine Output). Эти же результаты можно получить и запуская указанные программы по отдельности с загрузкой предназначенных для них файлов результатов.

Можно осуществить запуск программы MicroSim Message Viewer (если не было сделано ранее программой PSpice A/D) с тем, чтобы посмотреть сообщения, полученные при расчетах, проводимых до этого момента.

3.3.3. Получение и обработка результатов расчетов

В ходе выполнения расчетов создается текстовый файл результатов расчетов INAM.OUT и может создаваться файл графических результатов расчетов.

Текстовый файл результатов расчетов

Выходной текстовый файл результатов создается автоматически после завершения или остановки (прерывания) расчетов. Информацией, выводимой в этот файл, можно управлять с помощью директив задания на моделировании. Существуют директивы управления выдачей информации, то есть видами информации, представляемой в выходном файле. Более подробно некоторые директивы будут рассматриваться в следующих темах.

Внимание!

В случае прерывания расчетов в листинге выходного тестового файла указывается место и причина прерывания или окончания расчетов.

В ходе выполнения задания на моделирования для проекта IN-AM создан следующий файл результатов расчетов. Просмотр файла возможен в текстовом редакторе ОС Windows, средствами САПР по команде **Analysis>Examine Output** в редакторе SCHEMATICS или по команде **View>Output File** в постпроцессоре PROBE.

Выходной файл результатов расчетов (INAM.OUT):

* 03/15/104 18:29:26 ** NT Evaluation PSpice (July 1997) *

INVERTING AMPLIFIER

**** CIRCUIT DESCRIPTION *****

*

```
VIN 1 0 DC 1 AC 1 SIN(0 1V 10K)
R1 2 1 S2_33 10K
R2 5 2 S2_33 50K
X1 0 2 4 3 5 OPA277
VS+ 4 0 DC 15V
VS- 0 3 DC 15V
RLOAD 0 5 10K
.MODEL S2_33 RES(R=1 DEV=10% TC1=1000.0E-6)
.LIB OPA277.LIB
*
.AC DEC 201 1 10MEG
.TRAN .1nS 200uS
.WIDTH OUT=80
.PROBE
.END
```

* 03/15/104 18:29:26 ** NT Evaluation PSpice (July 1997) *

INVERTING AMPLIFIER

**** Diode MODEL PARAMETERS *****

	X1.dx	X1.dy
IS	800.000000E-18	800.000000E-18
RS		1.000000E-03
CJO		10.000000E-12

* 03/15/104 18:29:26 ** NT Evaluation PSpice (July 1997) *

INVERTING AMPLIFIER

**** BJT MODEL PARAMETERS *****

	X1.qx1	X1.qx2
	NPN	NPN
IS	800.000000E-18	800.309400E-18
BF	100.000000E+03	200.000000E+03
NF	1	1

```

BR      1      1
NR      1      1
KF 250.000000E-15 250.000000E-15

```

* 03/15/104 18:29:26 ** NT Evaluation PSpice (July 1997)*

INVERTING AMPLIFIER

**** Resistor MODEL PARAMETERS ****

```

      S2_33
R      1
TC1    1.000000E-03

```

* 03/15/104 18:29:26 ** NT Evaluation PSpice (July 1997)*

INVERTING AMPLIFIER

SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION TEMPERATURE = 27.000 DEG C

```

NODE    VOLTAGE NODE    VOLTAGE  NODE VOLTAGE  NODE  VOLTAGE
(  1)  -1.0000  (  2) 10.28E-06 (  3) -15.0000 (  4)  15.0000
(  5)   5.0001 (X1.6)-13.53E-06 (X1.7)5.0301 (X1.8)  5.0301
(X1.9)  0.0000 (X1.10)-.6806 (X1.11)14.6240 (X1.12)14.6240
(X1.13)-.6430 (X1.14)-.6430 (X1.20) .7072 X1.21)  0.0000
(X1.22)0.000 (X1.41)-236.0E-09 (X1.42)9.792E-06 (X1.53)13.1880
(X1.54)-13.1880 (X1.90) .6000 (X1.91) 35.0000 (X1.92)-35.0000
(X1.99) 0.0000

```

```

VOLTAGE SOURCE CURRENTS
NAME          CURRENT

```

```

VIN          -1.000E-04
VS+          -1.406E-03
VS-          -8.063E-04
X1.vb       -1.353E-10
X1.vc        8.188E-12
X1.ve        2.001E-11
X1.vlim      6.000E-04
X1.vlp      -3.440E-11

```

```

X1.vln      -3.560E-11
X1.vq1      6.000E-04
X1.vq2      -7.080E-13

```

```

TOTAL POWER DISSIPATION    3.33E-02  WATTS

```

```

* 03/15/104 18:29:26 ** NT Evaluation PSpice (July 1997) *

```

```

INVERTING AMPLIFIER

```

```

* INITIAL TRANSIENT SOLUTION  TEMPERATURE = 27.000 DEG C *

```

```

NODE      VOLTAGE  NODE  VOLTAGE  NODE  VOLTAGE  NODE  VOLTAGE
(  1)      0.0000  (  2) 10.45E-06 (  3) -15.0000 (  4)  15.0000
(  5) 87.06E-06 (X1.6) -235.6E-12 (X1.7) 87.57E-06 (X1.8) 87.57E-06
(X1.9) 0.0000 (X1.10) -.6806 (X1.11) 14.6240 (X1.12)  14.6240
(X1.13) -.6430 (X1.14) -.6430 (X1.20) .4232  (X1.21)   0.0000
(X1.22) 0.000 (X1.41) -236.0E-09 (X1.42) 9.964E-06 (X1.53) 13.1880
(X1.54) -13.1880 (X1.90) 10.21E-06 (X1.91) 35.000 (X1.92) -35.0000
(X1.99) 0.0000

```

```

VOLTAGE SOURCE CURRENTS
NAME      CURRENT

```

```

VIN        -1.045E-09
VS+        -8.060E-04
VS-        -8.063E-04
X1.vb      -2.356E-15
X1.vc       1.319E-11
X1.ve       1.455E-11
X1.vlim     1.021E-08
X1.vlp      -3.500E-11
X1.vln      -3.500E-11
X1.vq1       1.021E-08
X1.vq2      -4.240E-13

```

```

TOTAL POWER DISSIPATION    2.42E-02  WATTS

```

```

JOB CONCLUDED

```

Примечание.

Файл INAM.OUT приведен не полностью. Частично сокращены символы разделителей и пустые символы, что не влияет на информационное содержание файла.

Описание файла результатов расчетов

Выше представлен листинг файла результатов расчетов для проекта INAM. Задание на моделирование содержалось в файле INAM.CIR, расчет проводился моделирующей программой (программой расчетов) PSpice A/D 15 марта 2004 года. В заголовках разделов листинга можно получить эту информацию.

Первым разделом листинга является раздел CIRCUIT DESCRIPTION, повторяющий текст файла задание на моделирование. Далее идут разделы Diode MODEL PARAMETERS (параметры модели диода) и BJT MODEL PARAMETERS (параметры модели биполярного транзистора). Хотя в явном виде указанные компоненты в листинге задания на моделирование не присутствуют, тем не менее в расчетах они участвуют, так как осуществляется вставка модели операционного усилителя

```
X1 0 2 4 3 5 OPA277
из библиотеки компонентов
.LIB OPA277.LIB
```

Примечание.

Диоды и биполярные транзисторы входят в текст описания схемы OY.

Следующим разделом является раздел Resistor MODEL PARAMETERS (параметры модели резистора типа C2-33)

```
S2_33
R 1
TC1 1.000000E-03
```

В этом разделе указывается коэффициент пропорциональности $R=1$ и линейный температурный коэффициент $TC1=1 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$ модели резистора S2_33, прямо заданной в тексте задания на моделирование как модель:

```
.MODEL S2_33 RES (R=1 DEV=10% TC1=1000.0E-6)
```

Эти коэффициенты могут применяться для расчета сопротивления резисторов, например при вариации температуры. Разброс параметров 10% от величины сопротивления учитывается при проведении статистического анализа и в данных расчетах не используется.

Далее следует раздел `SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION` (карта или таблица узловых потенциалов по постоянному току). В ней приводятся узловые потенциалы схемы, так называемый расчет рабочей точки, или точнее приводятся значения рабочей точки малосигнального анализа. Это один из видов расчета по постоянному току. Существует еще рабочая точка начала расчета переходных процессов, ее мы рассмотрим в следующем разделе. Кроме того, по специальной директиве может осуществляться расчет зависимостей постоянных напряжений и токов схемы от уровня какого-либо источника напряжения или тока. В данном задании на моделирования последний вид расчетов не осуществляется.

Внимание!

Расчет рабочей точки по умолчанию производится всегда, так как не сделав подобные расчеты невозможно (по крайней мере, для нелинейных схем) проводить никакой вид анализа. Даже если в задании на расчет схемы вообще не указано никаких видов анализа, расчет рабочей точки все равно осуществляется.

При анализе таблицы узловых потенциалов необходимо обратить внимание на то, что кроме узлов (цепей) схемы 1-5 присутствуют узлы, помеченные как `X1.xx`. Эти узлы относятся к внутренним узлам макромодели (подсхемы) `X1`, то есть к схеме модели операционного усилителя `OPA277`. Здесь `xx` – это номера соответствующих узлов. Цепи обозначаются как `NODE`, соответствующее им напряжение как `VOLTAGE`. Напряжение цепи `V(1)=-1`. Дело в том, что при расчетах для рабочей точки малосигнального анализа независимые источники напряжения и тока принимают значения, заданные в их описании по постоянному току (`DC`), то есть 1. Но сам источник напряжения включен в схему инверсно, то есть наоборот, плюс присоединен к цепи 0, а минус соединяется с цепью 1. В связи с инверсией усилителя выходной сигнал практически совпадает с идеальными `+5V` на выходе `V(5)=5.0001`. Отклонение от идеального значения может объясняться учетом напряжения

смещения. Это же объяснение можно отнести и к наличию потенциала $V(2)=10.28 \cdot 10^{-6}$, отличного от 0. Источники постоянного уровня напряжения, используемые в качестве питания ОУ, являются идеальными источниками, поддерживающими необходимый уровень напряжения независимо от потребляемых подключенными к ним схемами токов. Поэтому уровни: $V(3)=-15$, $V(4)=15$.

Далее в этом разделе представлена таблица величин токов VOLTAGE SOURCE CURRENTS, источников сигналов (напряжений) и общая мощность, потребляемая (рассеиваемая) схемой TOTAL POWER DISSIPATION.

В разделе INITIAL TRANSIENT SOLUTION (начальная точка расчетов переходных процессов) представлена таблица потенциалов узлов схемы, соответствующих действующему значению сигнала VIN 0 1 DC 1 AC 1 SIN(0 1V 10K) в нулевой момент времени. Источник сигнала представляет собой синусоидальный источник напряжения, в начальный момент времени уровень сигнала нулевой $V(1)=0$. Поэтому сигналы цепей 2 и 5 также близки к нулевым величинам, с учетом наличия напряжения смещения.

Далее в этом разделе также представлена таблица величин токов VOLTAGE SOURCE CURRENTS, источников сигналов (напряжений) и общая мощность, потребляемая (рассеиваемая) схемой TOTAL POWER DISSIPATION.

В заключении приводится время (0,19 с)., затраченное процессором ПЭВМ на расчет задания

TOTAL JOB TIME .19

Примечания.

1. Необходимо отметить, что потенциал цепи 0 всегда равен нулю, $V(0)=0$.
2. Необходимо также иметь в виду, что нормальными температурными условиями, принятыми в американской электронной технике, является +27 градусов Цельсия.

Графические результаты расчетов

Результаты расчетов в графическом виде отображаются с помощью постпроцессора PROBE. Для отображения результатов в постпроцессор загружается файл INAM.DAT. При этом, так как

проводилось два вида анализа, в начале появляется меню выбора видов результатов Analysis Type:

- AC (Частотный анализ);
- Transient (Расчет переходных процессов).

При выборе опции AC могут быть получены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ), как изображено на рис. 3.8.

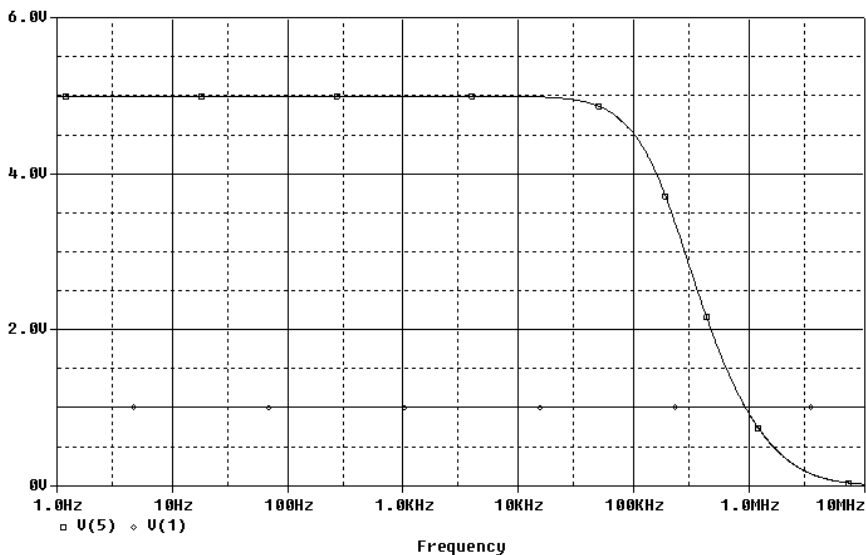


Рис. 3.8. Амплитудно-частотная характеристика схемы проекта INAM

На рис. 3.8 график в виде прямой показывает характер АЧХ для входного сигнала V(1). Значение напряжения в цепи 1 обозначается как V(1). График с характерной частотой среза показывает АЧХ для выходного сигнала V(5).

Источник сигналов VIN может формировать любые допустимые для него (задаваемые) частоты сигналов с «единичным коэффициентом усиления», что видно из графика в виде прямой со значением 1V по оси Y, в рассматриваемом нами диапазоне частот до 10 МГц. С другой стороны, из-за ограничений в полосе пропускания операционного усилителя ОРА227 при его включении с коэффициентом усиления -5 происходит ослабление выходных сигналов V(5) в области высоких частот. В частности, ослабление сигналов до

уровня -3дБ происходит при частотах сигналов около 210 кГц. В области низких частот выходной сигнал усиливается в 5 раз.

Примечание.

Представленные на рис. 3.8 характеристики могут быть получены непосредственно после выбора опции АС в том случае, если вывод графиков V(1) и V(5) был предусмотрен в тексте задания, например директивой:

.PROBE V(1) V(5)

Существует возможность получения нескольких графиков в окне PROBE. Предположим также, что мы не пользовались директивой PROBE V(1) V(5) в задании на моделирование. После перехода к отображению АЧХ постпроцессор PROBE формирует пустое окно графика с указанием частот по оси X. Далее, по команде **Plot>Add Plot** осуществляется добавление второго верхнего окна к существующему нижнему окну. При этом значок SEL>> вблизи оси Y указывает на активный верхний график. По команде **Trace>Add...** вызываем окно **Add Traces** выбора сигналов, как показано на рис.3.9.

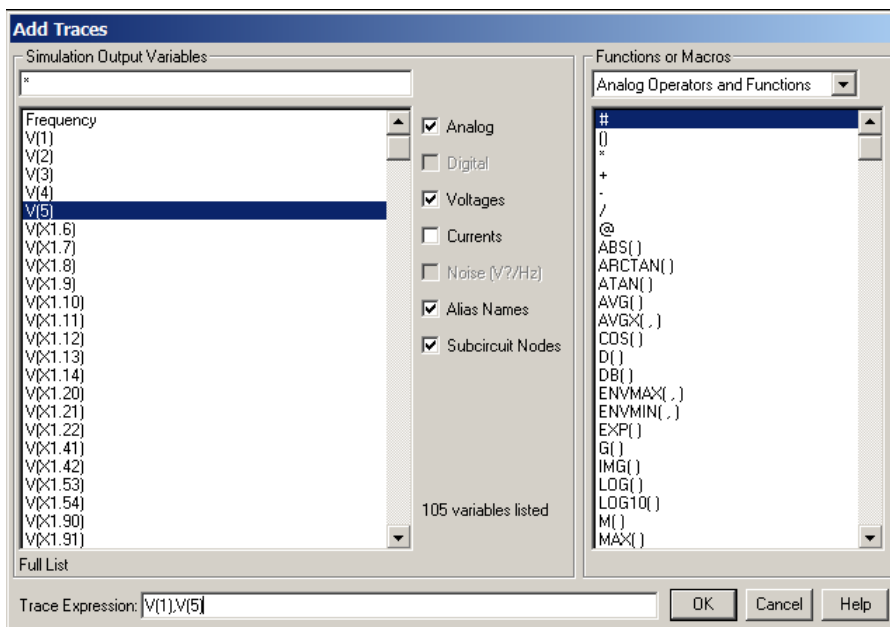


Рис. 3.9. Окно выбора графиков **Add Traces** для схемы проекта INAM

Левая часть окна выбора графиков **Add Traces** предназначена для выбора имен переменных или выражений, служащих для идентификации отображаемых зависимостей (кривых, осциллограмм или трасс). В нашем случае требуется отобразить зависимости напряжений цепей 1 и 5, именуемых как: V(1), V(5). Построение новых трасс (графиков) осуществляется путем размещения выражений, описывающих или идентифицирующих трассы, в строке «Trace Expression:» в нижней части окна. После нажатия кнопки **ОК** рисуется график или графики для выбранных выражений. Выбор выражений осуществляется путем щелчка левой кнопки мыши по его имени в левой части окна или путем набора имени непосредственно в строке «Trace Expression:». Допускается набор нескольких имен, разделенных запятыми, в одной строке. Правая часть окна предназначена для выбора типовых, наиболее часто употребляемых операторов, функций или макросов, обеспечивающих математическую обработку отображаемых зависимостей. На рис.3.9 представлен набор имен переменных в строке «Trace Ex-

pression:» для размещения кривых V(1), V(5) на одном графике (в одном окне).

В нашем случае рекомендуется иной порядок действий, обеспечивающий вывод двух графиков в разные окна. В левой части окна выбираем указатель имени графика V(1) или набираем это выражение в строке «Trace Expression:» в нижней части окна. Далее осуществляем ввод, нажав кнопку **ОК**. Затем, щелкнув по нижнему окну или графику PROBE левой кнопкой мыши, добиваемся его активизации. Аналогичным способом вызываем график значения V(5). Окончательный вид окна отображения кривых постпроцессора с двумя графиками представлен на рис. 3.10.

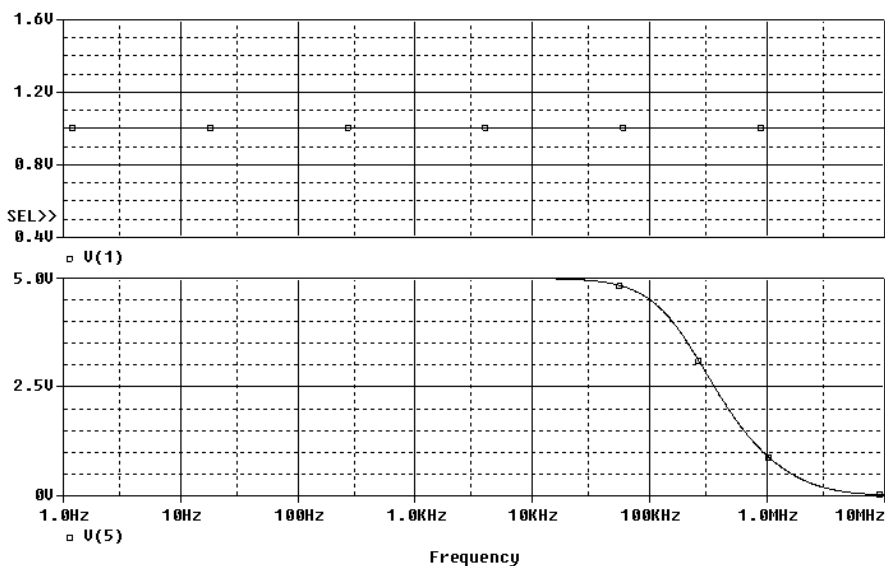


Рис. 3.10. Второй вариант представления графиков АЧХ схемы проекта INAM

Необходимо отметить, что постпроцессор PROBE обеспечивает копирование и перенос графиков активного окна, из окна в окно, через буфер обмена, например, по командам, вызываемым использованием сочетания клавиш:

- <Ctrl+C> (копирование),
- <Ctrl+X> (вырезание),
- <Ctrl+V> (вставка).

Копирование или вырезание возможно после выбора и активизации указателя имени зависимости в нижней левой части графика, осуществляемой щелчком левой кнопки мыши. Выделенное имя или выражение подсвечивается красным цветом.

После выбора опции Transient меню выбора видов результатов Analysis Type, выводятся графики переходных процессов, представленные, как изображено на рис. 3.11.

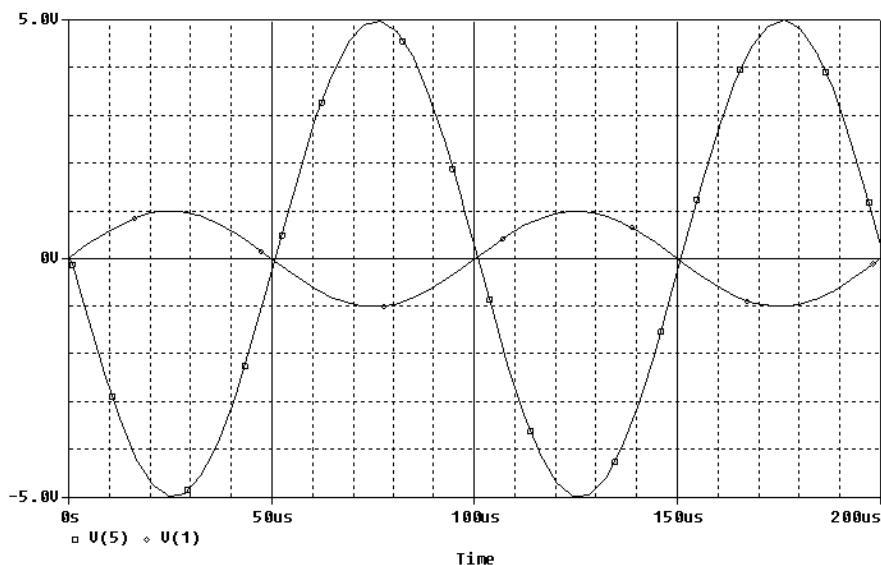


Рис. 3.11. Графики переходных процессов для схемы проекта INAM

На рис. 3.11 показана форма сигналов на входе в усилитель и выходе из него. Входной сигнал (синус) получился с амплитудой 1В, а выходной – инвертированный сигнал с усилением в пять раз, что хорошо соответствует АЧХ для частот 10 кГц.

3.3.4. Файлы, используемые при моделировании

Состав файлов

Для работы по моделированию схемы `INVERTING AMPLIFIER` проекта INAM использовались или создавались следующие файлы: INAM.CIR – текстовый файл задания на моделирование;

OPA277.MOD – текстовый файл описания макромодели ОУ;
OPA277.LIB – текстовый файл библиотеки (фактически содержит одну макромодель ОУ OPA277);
OPA277.IND – индексный файл библиотеки компонентов;
INAM.OUT – выходной текстовый файл результатов расчетов;
INAM.DAT – выходной графический файл результатов расчетов;
INAM.MVL – файл сообщений (предупреждений).

В этом перечислении указаны только основные файлы, а именно те, которые имеют практическую значимость для пользователя при проведении PSpice-расчетов. Некоторые служебные файлы, например INAM.MIF (дополнение к индексному файлу библиотеки компонентов) и другие, подобные файлы, нами рассматриваться не будут.

Основной файл задания на моделирования INAM.CIR создавался пользователем в текстовом редакторе. Текстовый файл OPA277.MOD описания макромодели взят с Веб-сайта производителя компонента. В принципе его можно использовать для вставки в задание на моделирования непосредственно, включая и прямую вставку его как модель в текст задания на моделирование. Например, подобным образом описывалась модель резистора C2-33. Однако более универсальным и чаще используемым способом является обращение к внешним библиотекам. Для этого можно переименовать файл OPA277.MOD в файл OPA277.LIB и использовать единственный компонент библиотеки – ОУ OPA277.

Файл OPA277.IND создается моделирующей программой при первом обращении к новой библиотеке (в данном случае – OPA277.LIB). При этом расчеты могут проводиться, но появляется предупреждение и создается файл предупреждений INAM.MVL. Файл предупреждений может открываться программой MicroSim Message Viewer. Внешний вид сообщений при этом может иметь вид, как показано на рисунке 3.6.

Расчеты завершаются созданием файлов результатов моделирования INAM.OUT (текстовый файл) и INAM.DAT (графический бинарный файл для постпроцессора PROBE).

Использование библиотечного файла OPA277.LIB

В качестве примера использования подсхем и библиотек компонентов рассмотрим файл OPA277.LIB. Этот файл получен из файла OPA277.MOD PSpice-модели, предоставляемой фирмой-изготовителем компонента, путем замены расширения файла *.MOD на *.LIB. Библиотечный файл представляет собой текстовый файл задания на моделирование, используемый в виде подсхемы в основном листинге задания INAM.CIR.

Листинг файла OPA277.LIB:

```
* DEVICE=OPA277, OPAMP, NPN, INT
*
* OPA277 operational amplifier "macromodel" subcircuit
* created using Parts release 8.0 on 11/18/97 at 11:06
* Parts is a MicroSim product.
*
* connections:  non-inverting input
*                | inverting input
*                | | positive power supply
*                | | | negative power supply
*                | | | | output
*                | | | | |
.subckt OPA277  + - V+ V- OUT
*
  c1  11 12 4.8119E-12
  c2   6  7 110.00E-12
  dc   OUT 53 dy
  de  54  OUT dy
  dlp 90 91 dx
  dln 92 90 dx
  dp   V- V+ dx
  dq1 20 21 dx
  dq2 22 20 dx
  egnd 99  0 poly(2) (V+,0) (V-,0) 0 .5 .5
  fb   7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln 0 1.5000E9 -1E3 1E3
1E9 -1E9
  fq1  V+  0 vq1 1
  fq2   0 V- vq2 1
  fq3   0 20 vlim 1
  ga   6  0 11 12 133.33E-6
  gcm   0  6 10 99 13.333E-12
  iee  10 V- dc 100.60E-6
  hlim 90  0 vlim 1K
  q1   11 42 13 qx1
```

```

q2    12  41 14 qx2
r2     6   9 100.00E3
rc1    V+ 11 7.5000E3
rc2    V+ 12 7.5000E3
re1    13 10 750
re2    14 10 750
ree    10 99 1.9881E6
ro1     8  OUT 50
ro2     7 99 25
rp     V+ V- 42.511E3
vb     9   0 dc 0
vc     V+ 53 dc 1.8124
ve     54  V- dc 1.8124
vlim   7   8 dc 0
vlp    91   0 dc 35
vln     0 92 dc 35
vq1    21   0 dc 0
vq2     0 22 dc 0
*Input Protection Circuitry
r1in   + 41 1K
r2in   - 42 1K
din1   41 42 dx
din2   42 41 dx
.model dx D(Is=800.00E-18)
.model dy D(Is=800.00E-18 Rs=1m Cjo=10p)
.model qx1 NPN(Is=800.00E-18 Bf=100E3 Kf=250f)
.model qx2 NPN(Is=800.3094E-18 Bf=200.00E3 Kf=250f)
.ends OPA277

```

3.4. Моделирование с использованием графического представления схемы

Моделирование с использованием графического интерфейса повторяет общую схему проведения расчетов за исключением того, что текстовое задание на моделирования создается специальными программами-утилитами на основе принципиальной схемы, разрабатываемой в графическом редакторе. При этом в задание подключаются и далее используются в расчетах внешние текстовые файлы, описывающие компоненты и отдельные фрагменты схемы.

Подготовка схемы к расчетам

Вызовем редактор SCHEMATICS и подготовим принципиальную схему аналогичную той, что изображена на рис. 3.4. Вначале рекомендуется сохранить пустую схему как файл, например

InAm2.sch. Далее необходимо вызвать нужные компоненты и разместить их в поле рисования схемы.

Вызов новых компонентов осуществляется, например, набором сочетания клавиш <Ctrl+G>. Появляется окно **Part Browser Advanced** (или **Basic**). Окно **Advanced** более информативно, содержит изображение компонента, поэтому рекомендуется переключиться на него, нажав кнопку **Advanced**.

Для вызова конкретного компонента можно воспользоваться общим списком всех компонентов подключенных библиотек в левой части. Выбор осуществляется прокруткой полосы выделения по списку компонентов и использованием кнопок **Place** или **Place&Close** для помещения компонента в поле для рисования принципиальной схемы. При этом в правом окне отображается внешний вид выбранного компонента. В верхней части окна может присутствовать краткое описание выбранного компонента. Компоненты можно редактировать, однако лучше не пользоваться возможностью модификации стандартных библиотечных компонентов, а создавать новые библиотеки и компоненты (например, с помощью копирования) и вносить изменения уже в них.

Помимо выбора из общего списка можно выбирать компоненты отдельных библиотек. Для этого в окне **Part Browser Advanced** нажимается кнопка **Libraries..** Появляется окно **Library Browser**. В верхней части окна находится имя и может выводиться краткая информация о компоненте, в левой части окна помещен список компонентов библиотеки, выбираемой в правом окне из списка подключенных библиотек.

Выбираем библиотеку ANALOG.slb и компонент R (резистор) помещаем в схему. После выбора компонента и нажатия кнопки **Place** в поле рисования схемы перемещается мышью и помещается путем щелчка по левой кнопки мыши выбранный компонент. Выбранный (или вызванный из библиотеки) резистор имеет позиционное обозначение R1 и номинал 1 кОм. Щелкнув левой кнопкой мыши по обозначению номинала резистора можно открыть окно Set Attribute Value и ввести новое значение величины сопротивления для данного компонента. Меняем величину сопротивления на 10 К. Точно также можно, щелкнув по изображению позиционного обозначения, открыть окно **Edit Reference Designator** и поменять обозначение. В данном случае оставим обозначение R1. Позицион-

ное обозначение и номинал можно не только редактировать, но и перемещать. Если щелкнуть по ним левой кнопкой мыши, атрибуты компонента активируются, при этом активный атрибут помещается в черную сплошную рамку, а его компонент - в пунктирную рамку. Далее можно осуществлять перемещение, нажав и удерживая левую кнопку мыши.

В схеме используются три резистора. Можно каждый раз вызывать компонент из библиотеки, а можно копировать уже вызванные ранее компоненты. Более практичным представляется второй способ. Для копирования выделим нужный компонент, щелкнув по нему левой кнопкой мыши. Выделенный (активированный) компонент становится красным. Далее копируем его в буфер обмена по сочетанию клавиш <Ctrl+C>, а вставка делаем по сочетанию клавиш <Ctrl+V>. При необходимости меняем номинал и позиционное обозначение. Таким образом подготовим еще два необходимых резистора. Компоненты можно не только перемещать, но и вращать. Для этого после активизации компонента его можно повернуть, нажав сочетание клавиш <Ctrl+R>.

Далее откроем библиотеку SOURCE.slb и выберем синусоидальный независимый источник напряжения VSIN, который мы может использовать как входной источник сигналов. Необходимо установить атрибуты источника сигналов, а точнее выбрать параметры сигнала, как представлено в табл. 3-1.

Таблица 3-1

Редактирование значений атрибутов

Name ¹⁾ (Атрибут)	Value (Значение)	Назначение
REFDES	= VIN	Позиционное обозначение компонента
TEMPLATE ²⁾	= V^@REFDES %+ %- ?DC DC @DC ?AC AC @AC n+SIN @VOFF @VAMPL @FREQ @TD @DF @PHASE	
DC	= 1	Значение для расчетов по постоянному току (DC)
AC	= 1	Значение для частотного анализа (AC)
VOFF	= 0	Смещение в вольтах
VAMPL	= 1V	Амплитуда сигнала в вольтах
FREQ	= 10K	Частота сигнала в герцах
TD	= 0	Величина задержки сигнала в секундах

DF	=	0	Коэффициент затухания, 1/с
PHASE	=	0	Фаза, град.
SIMULATIONONLY	=	Индикатор символов, используемых только для моделирования	
PKGREF	=	VIN	Позиционное обозначение контактной площадки

Примечания к табл.3-1.

1. Значение атрибутов обеспечивает установку в задании на моделирование описание компонента, аналогичное независимому источнику напряжения VIN 0 1 DC 1 AC 1 SIN(0 1V 10K), (см. текстовое задание на моделирование).
2. Рекомендуется не изменять значение атрибута TEMPLATE.

Для редактирования атрибутов, щелкнув левой кнопкой мыши по компоненту, вызовем окно редактирования атрибутов компонента VSIN: «PartName: VSIN». Табл. 3-1 полностью соответствует по своему содержанию набору атрибутов окна редактирования атрибутов **PartName: VSIN**, но, в отличие от окна, позволяет отобразить все атрибуты одновременно.

В окне **PartName: VSIN** в средней части окна представлен список атрибутов, в левой верхней части представлен выбранный атрибут, в правой верхней части – его редактируемое значение. Рекомендуется осуществлять редактирование значений величин атрибутов только в правой верхней части окна. Завершается процесс редактирования вводом новых значений по нажатию кнопки **Save Attr.**

Поменяем позиционное обозначение источника на VIN и, далее введем значение атрибутов, как представлено в табл. 3-1.

В итоге компонент VIN обеспечивает включение в схему как источника сигнала независимого источника напряжения синусоидальной формы с нулевой постоянной составляющей сигнала, амплитудой 1 В, частотой 10 кГц и нулевыми значениями задержки, коэффициента затухания и фазы. Значения для расчета режимов по постоянному току (DC) и частотного анализа (AC) указаны как 1.

Вслед за источником входного сигнала вызовем из той же библиотеки источник постоянного напряжения VDC и установим его атрибуты как источника питания +15 В для ОУ. Для этого поменяем позиционное обозначение на VS+ и номинал напряжения уста-

новим +15V (+15 В). Копируем его, изменяем позиционное обозначение на VS-, получаем отрицательный источник питания ОУ.

Далее необходимо ввести ОУ в принципиальную схему. Наряду с моделью OPA277.MOD фирмой-изготовителем компонента предлагается библиотечный файл OPA277.slb, содержащий графическое изображение ОУ OPA277 (одного компонента) для создания схемы в редакторе SCHEMATICS. Однако, в списке подключенных к проекту библиотек, библиотеки с именем OPA277.slb пока нет. Для подключения этой библиотеки необходимо выполнить команду **Option > Editor Configuration....** Откроется окно **Editor Configuration**, в нем необходимо нажать кнопку **Library Settings...** Воспользовавшись кнопкой **Browse** или набрав путь в командной строке нужно указать путь и имя библиотеки OPA277.slb. Далее нужно установить эту библиотеку в список библиотек. Можно установить ее как глобальную (Add*), то есть используемую во всех последующий разрабатываемых схемах, однако лучше воспользоваться установкой Add Local, то есть только для этой схемы. В результате выбора и подтверждения кнопками «Открыть», **Add Local** и **OK** в списке библиотек появляется новая библиотека: C:\MSimEv_8\Projects\Work1\In Amp SCH\OPA277.

Примечание.

Указанный путь в общем случае может быть и иным.

Подключение библиотеки макромоделей OPA277.LIB должно осуществляться автоматически, в противном случае необходимо подключить этот файл библиотеки вручную. Для этого воспользуемся меню Analysis и опцией Library and Include Files. Порядок дальнейших действий в отношении библиотеки OPA277.LIB напоминает действия с OPA277.slb.

Из библиотеки OPA277.slb выбираем компонент OPA277 и помещаем его в схему. Позиционное обозначение должно быть U1. Расположение имени компонента и его позиционного обозначения можно менять по усмотрению пользователя. Имя компонента менять не рекомендуется, это влияет на вызов макромодели.

После того как выбраны и установлены все компоненты, или только часть компонентов, необходимо осуществить соединение электрических цепей или связей между компонентами. Для этого

воспользуемся командой **Draw Wire** или сочетанием клавиш **<Ctrl+W>**. Появляется символ карандаша. С использованием левой кнопки мыши прокладываются связи между контактами компонентов. Связи можно редактировать, например, удалять, выделив и воспользовавшись клавишей ****. Выделение осуществляется левой кнопкой мыши, выделенная цепь становится красной.

Для корректного осуществления PSpice-расчетов необходимо подготовить специальный вид принципиальной схемы, отличающийся от традиционно используемых в схемотехническом проектировании и разработке печатных плат.

Это касается применения, например, знака аналоговой «земли». Символ AGND берется из библиотеки PORT.slb. Введение символа аналоговой земли обеспечивает автоматическое присваивание всем подключенным к нему участкам цепей номера «0». Нулевое значение присваивается, даже если нанести обозначение для этой цепи (имя цепи) в изображении на принципиальной схеме отличное от 0, например GND.

Откажемся от прямой нумерации цепей и удалим введенные ранее номера для схемы, представленной на рис. 3.4 (если такая нумерация проводилась). Введем обозначение входной цепи “In” и выходной “Out”. Для этого щелкнем левой кнопкой мыши на изображении цепи, далее в окне **Set Attribute Value** введем значение в полосе LABEL и подтвердим ввод кнопкой **OK**. Необозначенные цепи будут автоматически обозначены программой на этапе экстракции цепей.

Установим маркеры напряжений на входе и выходе. Для этого воспользуемся командой **Voltage/Level Marker** или сочетанием клавиш **<Ctrl+M>**. Маркеры напряжений напоминают, по сути, щупы осциллографов при реальных измерениях. Использование маркеров облегчает настройку вывода результатов, прямо указывая постпроцессора на вызов, загрузку и отображение графиков тех или иных переменных для выбранных цепей.

Принципиальная схема приобрела вид, как показано на рис. 3.12.

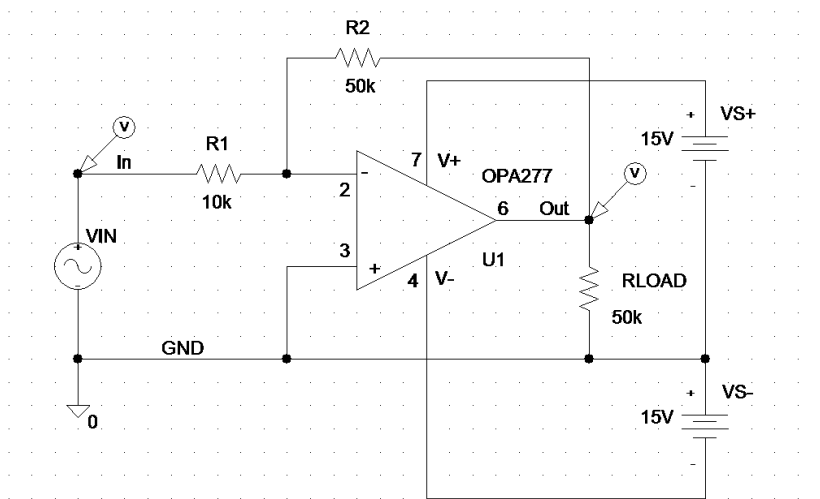


Рис. 3.12. Принципиальная схема проекта InAm2

После подготовки принципиальной схемы (см. рис. 3.12) необходимо осуществить настройку ее параметров. Для этого воспользуемся командой **Analysis>Setup**. В открывшемся окне **Analysis Setup** установим флажки выбора на следующих видах анализа: AC Sweep и Transient, как показано на рис. 3.13.

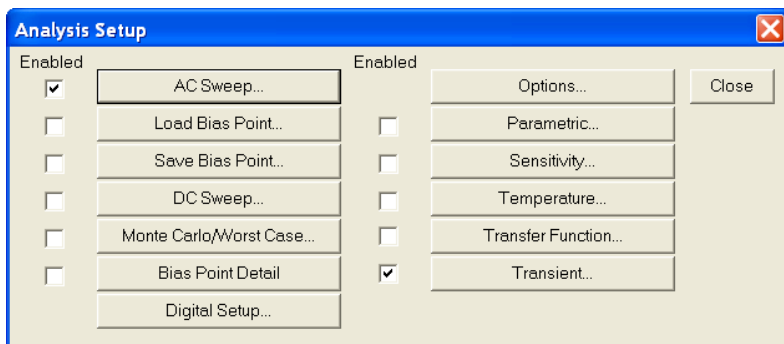


Рис. 3.13. Вид окна **Analysis Setup** для проекта InAm2

Откроем окно **AC Sweep** (частотный анализ), щелкнув мышью по кнопке **AC Sweep**, и установим параметры как показано на рис. 3.14.

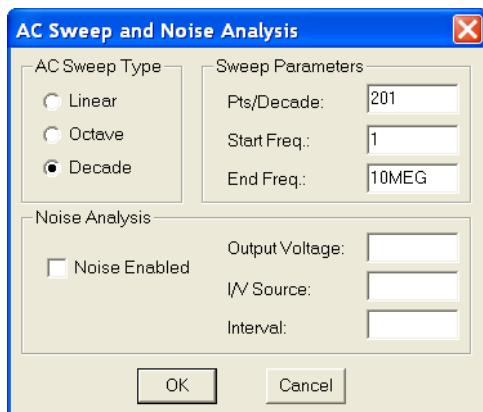


Рис. 3.14. Вид окна **AC Sweep and Noise Analysis**

Параметры установки (см. рис. 3.14) соответствуют использовавшейся ранее в тестовом задании директиве `.AC DEC 201 1 10MEG`. Подтвердим установку параметров нажатием на кнопку **OK**.

Откроем окно **Transient** (анализ переходных процессов) и установим параметры как показано на рисунке 3.15.

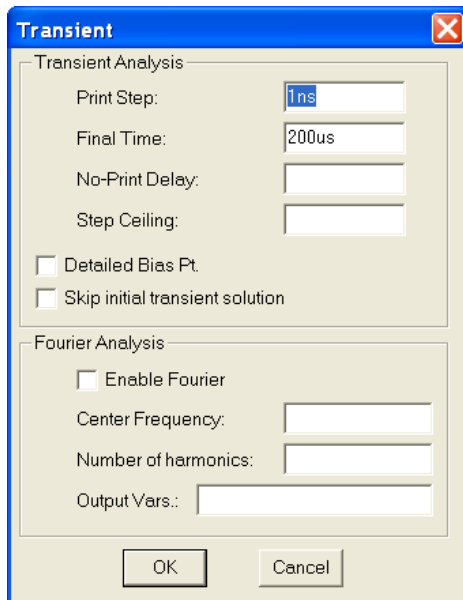


Рис. 3.15. Вид окна **AC Sweep and Noise Analysis**

Параметры установки (см. рис. 3.15) соответствуют использованной в тестовом задании директиве `.TRAN .1nS 200uS`. Подтвердим установку и закроем окно **Analysis Setup**.

Краткие итоги.

Схема готова к проведению расчетов.

Проблемы использования библиотек

Вернемся к проблеме использования библиотек компонентов. В случае если схема содержит компоненты, находящиеся в неустановленных (неподключенных) библиотеках, «неизвестные» редактору символы будут изображаться в виде квадрата со знаком вопроса, как это показано, например, на рис. 3.16.

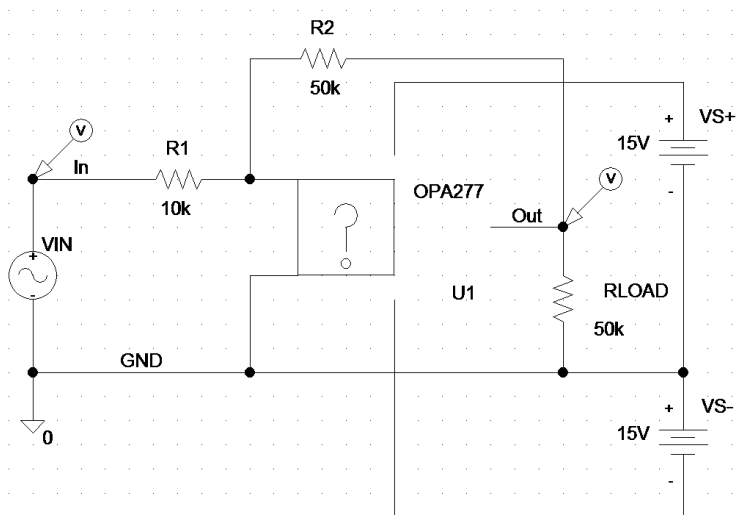


Рис. 3.16. Схема с использованием компонентов из неподключенных библиотек

Такая ситуация может возникнуть, например, если загружается файл, созданный на другом компьютере с иным расположением папок (директорий) и библиотек. В частности, это может относиться к файлу InAm2.sch. Для работы с готовым файлом нужно подключить библиотеку OPA277.slb (а OPA277.LIB, при необходимости, еще и отдельно, вручную). Подключение новой библиотеки может привести к появлению сообщения о необходимости перезагрузки схемы в связи с изменениями в схеме или библиотеках. Подтвердите это, без сохранения предыдущей версии. Автоматически может появиться недостающий компонент. Если это не происходит, то компонент вставляется еще раз вручную.

Получение результатов

Запуск расчетов осуществляется по команде **Analysis>Simulate** или по нажатию клавиши **<F11>**. Подготовка к расчетам, расчеты и запуск постпроцессора PROBE осуществляется автоматически. Подготовка к расчетам заключается в проверке схемы, экстракции и созданию файла списка цепей, имен и ссылок, включая индексный библиотечный файл. Весь процесс осуществления моделирования может осуществляться без участия пользователя и, в ряде

случаев, без индикации выполнения. Если нет ошибок, сообщения могут не появляться. В конце, после запуска PROBE появляется меню выбора отображения результатов Analysis Type:

- AC (частотный анализ, включая АЧХ);
- Transient (расчет переходных процессов, получение формы сигналов).

Подробнее работа с постпроцессором и файлом графических результатов расчетов была представлена ранее при рассмотрении графических результатов расчетов и текстового ввода задания на моделирование.

При выборе вывода результатов частотного анализа появляется график АЧХ, как показано на рис. 3.17.

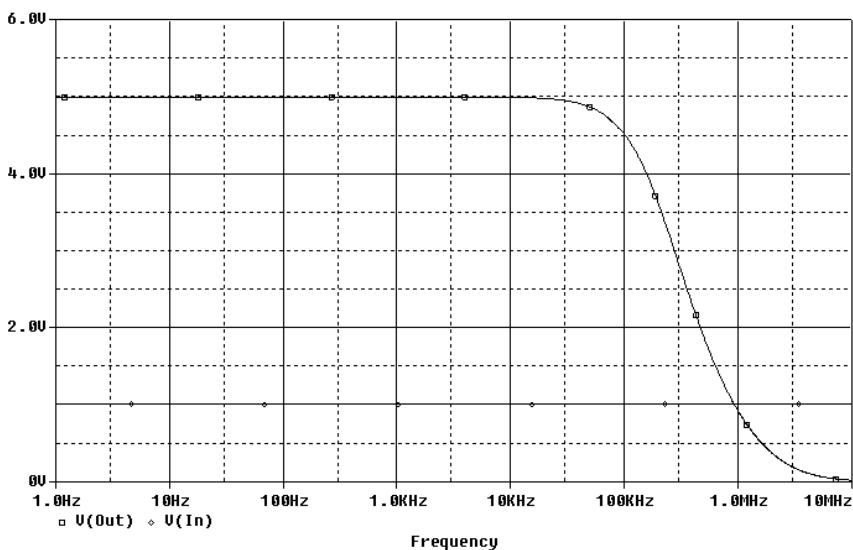


Рис. 3.17. АЧХ схемы проекта InAm2

В случае выбора опции Transient выводится график, представленный на рис. 3.18.

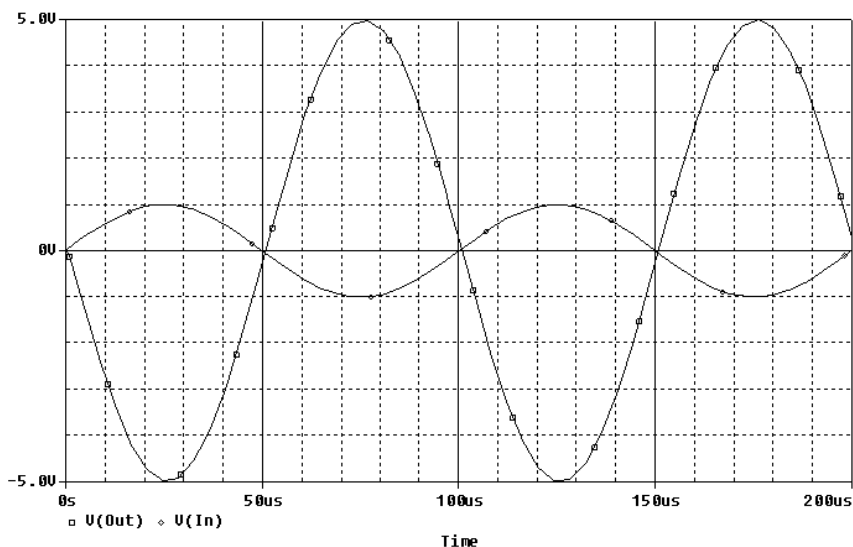


Рис. 3.18. Графики переходных процессов для схемы проекта InAm2

Представленные зависимости (см. рис. 3.17 и 3.18) полностью совпадают с аналогичными для расчетов с использованием текстового ввода задания на моделирование. Некоторые отличия касаются внешнего графического оформления рисунков.

Примечание.

Рис. 3.17 и 3.18 получены при копировании изображения в буфер обмена в неполноэкранном варианте окна постпроцессора PROBE и вставки в текст файла путем специальной вставки аппаратно-независимого рисунка. Копирование в буфер обмена осуществлялось по команде **Window > Copy to Clipboard..** постпроцессора PROBE.

Файлы, используемые при моделировании

Для работы по моделированию схемы InAmp2.sch использовались или создавались следующие файлы:

InAm2.als – текстовый файл соответствия подсоединенных к выводам компонентов именам/номерам цепей;

InAm2.cir – текстовый файл задания на моделирование;

InAm2.dat – выходной графический файл результатов расчетов;

InAm2.mvl – файл сообщений (предупреждений);
InAm2.net – текстовый файл списка цепей;
InAm2.out – выходной текстовый файл результатов расчетов;
InAm2.prb – текстовый файл управления выводом результатов моделирования для настройки PROBE;
InAm2.sch – файл принципиальной схемы;
InAm2.xrf – текстовый файл (перекрестных ссылок);
OPA277.ind – индексный файл библиотеки компонентов;
OPA277.LIB – текстовый файл библиотеки (фактически содержит макромодель ОУ);
OPA277.slb – библиотека графических символов.

Примечание.

*.plb – файл библиотеки контактных площадок (используется для подготовки печатных плат).

В этом перечислении указаны только основные файлы, а именно те, которые имеют практическую значимость для пользователя. Некоторые служебные файлы, например InAm2.mif (дополнение к индексному файлу библиотеки компонентов) и другие подобные файлы (например, InAm2.1OP), нами рассматриваться не будут.

Основной исходным файлом здесь является файл принципиальной схемы InAm2.sch. Файл задания на моделирования InAm2.cir создается сервисной программой каждый раз при запуске расчетов. Дополнительными файлами к тексту задания на моделирование являются файлы InAm2.als и InAm2.net. Они также создаются перед запуском расчетов. Вместе эти три файла (InAm2.cir, InAm2.als и InAm2.net) в совокупности и представляют собой задание на моделирование.

Компоненты представлены двумя файлами библиотек: *.slb (графические символы) и *.lib (макромодели). Для создания печатных плат могут использоваться дополнительно файлы *.plb, где находится упаковочная информация о компонентах.

Текстовый файл OPA277.MOD описания макромодели взят от производителя компонента. Для удобства работы на его основе требуется подготовить файл с расширением .LIB. В нашем случае удобнее использовать автоматическое подключение именно этого типа файлов при обращении к внешним библиотекам. Для этого

можно переименовать файл OPA277.MOD в файл OPA277.LIB и использовать единственный компонент библиотеки – ОУ OPA277.

Файл OPA277.ind создается моделирующей программой при первом обращении к новой библиотеке (в данном случае - OPA277.LIB). При этом расчеты могут проводиться, но появляется предупреждение и создается файл предупреждений InAm2.mvl. Файл предупреждений может открываться программой MicroSim Message Viewer.

Расчеты завершаются созданием файлов результатов моделирования InAmp2.out (текстовый файл) и InAm2.dat (графический бинарный файл для постпроцессора PROBE).

Файлы задания на моделирование

Рассмотрим файлы задания на моделирование. В данном случае, когда осуществляется подготовка задания исходя из графического представления схемы, текст задания и схема построения задания меняется по сравнению с написанием текста задания пользователем.

Текст файла задания на моделирование (файл InAm2.cir):

```
C:\MSimEv_8\Projects\Work1\In Amp SCH\InAm2.sch

* Schematics Version 8.0 - July 1997
* Tue Mar 23 14:41:41 2004

** Analysis setup **
.ac DEC 201 1 10MEG
.tran lns 200us
.LIB "C:\MSimEv_8\Projects\Work1\In Amp SCH\OPA277.LIB"

* From [SCHEMATICS NETLIST] section of msim.ini:
.lib "nom.lib"

.INC "InAmp2.net"
.INC "InAmp2.als"

.probe

.END
```

Основной файл задания на моделирования дополняют следующие два файла, вводимые в основной текст задания как *.INC – файлы (подключаемые файлы) по директивам: .INC "InAmp2.net" и .INC "InAmp2.als".

Текст файла InAmp2.net:

```
* Schematics Netlist *

R_RLOAD          0 Out  50k
V_VS+            $N_0001 0 15V
V_VS-            0 $N_0002 15V
X_U1             0 $N_0003 $N_0001 $N_0002 Out OPA277
R_R1             In $N_0003 10k
V_VIN            In 0 DC 1 AC 1
+SIN 0 1V 10K 0 0 0
R_R2             $N_0003 Out  50k
```

Текст файла InAm2.als:

```
* Schematics Aliases *

.ALIASES
R_RLOAD          RLOAD(1=0 2=Out )
V_VS+            VS+(+=$N_0001 -=0 )
V_VS-            VS-(+=0 -= $N_0002 )
X_U1             U1(+=0 -= $N_0003 V+= $N_0001 V-= $N_0002 OUT=Out )
R_R1             R1(1=In 2=$N_0003 )
V_VIN            VIN(+ =In -=0 )
R_R2             R2(1=$N_0003 2=Out )
_               _ (Out=Out)
_               _ (GND=0)
_               _ (In=In)
.ENDALIASES
```

Обратите внимание на изменение имен цепей в файлах InAm2.net и InAm2.als. Исходя из изменений в тексте задания на моделирование, происходит изменение и в выходном текстовом файле, в его части, копирующей текст задания на моделирование.

Краткие итоги.

Получены результаты расчетов при проведении АС-анализа и анализа переходных процессов Transient для двух основных способов проведения расчетов схемы инвертирующего усилителя.

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ТЕМА 1

Тема занятий: «Введение в PSpice-моделирование».

4.1. Учебное задание

1. Познакомьтесь с составом и возможностями программ для PSpice-моделирования.
2. Установите пакет программ MicroSim Design Lab 8 и познакомьтесь с документацией пакета программ.
3. Изучите порядок создания проектов, а также работу с редактором принципиальных схем SCHEMATICS и постпроцессором PROBE.
4. Осуществите PSpice-моделирование в соответствии с рекомендованным порядком подготовки и выполнения расчетов.
5. Получите и проанализируйте результаты расчетов схем, указанных преподавателем. Подготовьте и представьте преподавателю результаты выполнения расчетов.

4.2. Рекомендации по использованию литературы

При выполнении учебного задания рекомендуется воспользоваться литературой, представленной в табл. 4-1, 4-2, 4-3, 4-4. Помимо этого, рекомендации по изучению литературы представлены непосредственно в разделах 4.3 и 4.4 учебного пособия.

Таблица 4-1

Литература, используемая при выполнении задания 1

Источник	Раздел
Учебное пособие	Предисловие, Введение
PSPCAD.PDF (*)	Before You Begin
SCHMURGD.PDF (*)	Before You Begin
[1]	Введение, Раздел 1. Функциональные возможности и структура PSpice
[2]	Раздел 6. Оболочка Design Center для Windows
[4]	Предисловие. Предисловие ко второму изданию
[5]	Система проектирования OrCAD 9.2. Введение

Таблица 4-2

Литература, используемая при выполнении задания 2

Источник	Раздел
Учебное пособие	Предисловие, Введение
Учебное пособие	Раздел 2. Установка пакета программ Design Lab8 и начало работы с ним. Раздел 2.1 Установка пакета программ
Учебное пособие	Файлы документации, см. табл. 1-1, табл. 4-5
SCHMURGD.PDF (*)	Getting Started
[4]	Введение. Предупреждение

Таблица 4-3

Литература, используемая при выполнении задания 3

Источник	Раздел
Учебное пособие	Раздел 2. Установка пакета программ Design Lab8 и начало работы с ним. Раздел 2.2 Работа с пакетом программ
SCHMURGD.PDF (*)	Using Design Manager, Using the Schematic Editor, Creating and Editing Designs, Using the Symbol Editor, Creating and Editing Symbols, Creating and Editing Hierarchical Designs, Preparing Your Design for Simulation
PSPCAD.PDF (*)	Part One. Simulation Primer Part Two. Design Entry Part Three. Setting Up and Running Analyses Part Four. Viewing Results Setting Initial State Convergence and “Time Step Too Small Errors”
[4]	Черчение схем
[5]	Глава 3. Подготовка схемы с помощью PSpice Schematics. Приложение 1 и 2

Таблица 4-4

Литература, используемая при выполнении заданий 4 и 5

Источник	Раздел
Данное пособие	Раздел 3. Общие сведения о PSpice-моделировании
[4]	Моделирование цепи постоянного тока. Анализ цепи переменного тока. Анализ переходных процессов. Анализ частотных характеристик AC Sweep

Примечание к табл. 4-1, 4-2, 4-3, 4-4. (*) - см. табл. 1-1

4.3. Порядок выполнения задания

Задание 1

Ознакомьтесь с рекомендованной литературой. При выполнении задания 1 в первую очередь познакомьтесь с краткой информацией о пакетах программ и PSpice-расчетах. Это может помочь начать ориентироваться в версиях и особенностях пакетов программ для PSpice-расчетов.

Задание 2

Установите на ПЭВМ пакет программ MicroSim Design Lab в соответствии с предлагаемым порядком установки. Установку можно осуществлять с диска, прилагаемого к книге [4]. Допускается установка и применение для практических расчетов иных вариантов и версий САПР. При этом необходимо иметь в виду, что указания для выполнения работ в данном пособии рассчитаны на DesignLab Eval 8.

Откройте папку DesignLab Eval 8 пакета программ Design Lab, находящуюся на рабочем столе (или путем выбора меню кнопки «Пуск»/”Start”). Познакомьтесь с составом программ и папок, входящих в пакет. Некоторые программы относятся к части САПР, отвечающей за проектирование печатных плат и синтез схем ПЛИС. В рамках данного курса работа этих программ рассматриваться не будет. Сюда относятся программы: MicroSim PCBoards, MicroSim FPGA Presentation, PLSyn Presentation и находящаяся в папке Accessories программа автотрассировщика SPECCTRA.

Убедитесь в работоспособности пакета программ. Для этого достаточно вызвать редактор SCHEMATICS. Должно появиться основное окно в виде поля для создания принципиальных схем редактора SCHEMATICS с заставкой Design Lab 8. Заставка исчезает после нескольких секунд выжидания. Познакомьтесь с опциями меню Help.

Выйдите из редактора и вызовите демонстрационную программу кратких сведений о пакете программ A Quick Start. Познакомьтесь с содержанием кратких сведений Getting Started with MicroSim. Особое внимание обратите на ограничения демонстрационной вер-

сии. На странице 37 текста файла представлена диаграмма последовательности операций пользователя при осуществлении моделирования Using MicroSim PSpice A/D. Рассмотрите подробнее последовательность действий при моделировании, представленную на страницах 38-41. Далее можно познакомиться с новыми возможностями пакета программ версии 8 по сравнению с седьмыми версиями Design Lab (с. 42-51).

Из интегрированной среды пакета A Quick Start (см., например с.8) можно вызвать подробную техническую документацию в виде файлов для Acrobat Reader, так называемых *. pdf – файлов. Эту же документацию можно вызвать, запустив программу Online Documentation из папки Accessories, находящейся в папке DesignLab Eval 8.

Достаточно практичным представляется также прямой вызов *. pdf – файлов документации. Эти файлы можно найти на компакт-диске или в рабочей директории САПР Design Lab. По умолчанию путь к этой рабочей директории выглядит обычно так: C:\MSimEv_8\DOC.

Познакомьтесь с файлами технической документации. На данном этапе нет необходимости изучать материалы файлов подробно. Достаточно получить первое представление о составе материалов, содержащихся в файлах и особенностях его изложения. Особое внимание обратите на содержание файла SCHMURGD.PDF – в нем содержится описание работы редактора SCHEMATICS. Далее стоит познакомиться с содержанием файлов PSPCAD.PDF и PSPCBSCS.PDF. В дальнейшем материалы этих двух файлов можно использовать в качестве помощи при возникновении проблем и как справочное пособие для углубленного изучения тем.

Внимание!

Важная информация справочного характера о работе с компонентами и директивами для PSpice-расчетов приводится в файле PSPCREP.PDF. Пользователям рекомендуется использовать информацию этого и некоторых других файлов (см. табл. 4-5.) для подготовки к расчетам, интерпретации результатов, а также в случае возникновения проблем с проведением расчетов и получением результатов.

Некоторые сведения о файлах технической документации представлены ниже в табл. 4-5.

Таблица 4-5

Файлы технической документации Design Lab v.8, связанные с PSpice-расчетами

Файл	Содержание
ANALOG.PDF	Analog Parts. (Список (таблица) аналоговых компонентов, используемых в САПР)
APPNTS.PDF	MicroSim Application Notes. (Справочный материал по PSpice-моделированию)
BOOKSET.PDF	Меню выбора файлов документации
DIGITAL.PDF	Digital Parts. (Список (таблица) цифровых компонентов, используемых в САПР)
GETSTARE.PDF	Getting Started with MicroSim. (Краткие начальные сведения о работе САПР Design Lab)
LIBREF.PDF	Library List. (Меню выбора таблиц компонентов: Analog, Digital, Mixed, используемых в библиотеках САПР)
MIXED.PDF	Mixed-Signal Parts. (Список (таблица) аналого-цифровых, смешанных компонентов, используемых в САПР)
OPTURGD.PDF	MicroSim PSpice Optimizer. Analog Performance Optimization Software. User's Guide. (Руководство по использованию программы параметрической оптимизации)
PSPCAD.PDF	MicroSim PSpice A/D & Basics+ .Circuit Analysis Software User's Guide. (Руководство по проведению PSpice – расчетов для аналоговых и аналогово-цифровых схем)
PSPCBSCS.PDF	MicroSim PSpice & Basics.Circuit Analysis Software.User's Guide. (Руководство по проведению PSpice – расчетов для аналоговых схем)
PSPCREP.PDF	MicroSim PSpice A/D. Reference Manual. (Справочное пособие по аналого-цифровым PSpice-расчетам)
SCHMURGD.PDF	MicroSim Schematics. Schematic Capture Software. User's Guide. (Руководство по использованию редактора SCHEMATICS)

Примечания к табл.4-5.

- 1) Компоненты библиотек САПР могут использоваться не только для PSpice-моделирования, но и для разводки печатных плат и иных целей, например для разработки блок-схем и функциональных схем.
- 2) Компоненты, предназначенные для моделирования, имеют пометку в столбце Model (для файлов с таблицами компонентов).
- 3) Оценочная версия DesignLab Eval 8 имеет существенные ограничения на используемые библиотеки компонентов и число компонентов.
- 4) Специфика названий процессов при PSpice-моделировании, например A/D (аналого-цифровые) расчеты, достаточно верно отражающая суть

проводимых расчетов и могут относиться не только к аналого-цифровым преобразованиям и преобразователям, как таковым. Практически все цифровые PSpice-расчеты являются расчетами, учитывающими физические параметры среды распространения сигналов, то есть учитывают и аналоговый характер формируемых сигналов. Чисто логическое представление сигналов не характерно для PSpice-расчетов, но допускается в ряде случаев.

Задание 3

Изучите порядок создания проектов, а также работу с редактором принципиальных схем SCHEMATICS и постпроцессором PROBE.

Для выполнения этого пункта задания рекомендуется воспользоваться в первую очередь изучением раздела 2.2 учебного пособия. В этом разделе содержатся начальные сведения о порядке подготовки и проведения расчетов, получения результатов и их интерпретации. Описывается последовательность создания файлов проекта. По мере изучения материалов раздела 2.2 требуется осуществлять поэтапное выполнение действий по подготовке и проведению расчетов для проекта Divider1. Все подробные инструкции для этого имеются в разделе 2.2.

При выполнении задания 3 рекомендуется воспользоваться в качестве дополнительной литературы файлами технической документации SCHMURGD.PDF и PSPCAD.PDF. Для более углубленного изучения материалов темы можно повторить процесс создания схем, приведенных в книге [4] (Урок 1). В качестве справочной литературы можно воспользоваться материалами книги [5] (глава 3, 4, 5 и приложения 1 и 2).

Краткие итоги.

Итак, мы работаем со схемой Divider1. Sch проекта Divider1. Необходимо создать проект, осуществить настройки проекта для создания принципиальной схемы, создать принципиальную схему проекта и осуществить ее настройки для моделирования. Далее необходимо провести расчеты и получить результаты, как предлагается в разделе 2.2. В случае успешного получения результатов расчетов, эти результаты документируются, а также проводится краткий анализ работы схемы на основе полученных результатов.

Продолжение выполнения задания 3

Далее осуществляется модификация компонентов принципиальной схемы проекта Divider1.

Путем изменения напряжения источника V1, например, в пределах от 1 В до 20 В получаем несколько (2-4 величины) значений токов и напряжений, действующих в цепях High и Div.

Путем изменения величин сопротивлений (номиналов резисторов) R1 и R2 получаем ряд новых значений токов (и напряжений, при изменении номиналов R1 и R2, когда $R1 \neq R2$). Изменение номиналов резисторов (величин сопротивлений) рекомендуется осуществлять в соответствии с масштабными коэффициентами, представленными в табл. 4-6. Обратите внимание, что номиналы резисторов в схеме проекта Divider1 были заданы с использованием приставок «k», то есть $R1=R2=1k=1 \cdot 10^3$ Ом.

В PSpice-расчетах осуществляется масштабирование чисел с помощью приставок, для образования кратных и дольных единиц измерений, как представлено в табл. 4-6.

Таблица 4-6

Приставки для образования кратных и дольных единиц измерений в PSpice-расчетах

Обозначение приставки	Множитель (Масштабный коэффициент)	Наименование приставки
f	10^{-15}	фемто
p	10^{-12}	пико
n	10^{-9}	нано
u	10^{-6}	микро
m	10^{-3}	милли
k или K	10^3	кило
MEG	10^6	Мега
G	10^9	Гига
T	10^{12}	Тера
C		Признак целого числа тактов цифровых сигналов

Примечание.

В программах для проведения PSpice-расчетов прописные и строчные буквы не различаются.

При проведении расчетов для схемы проекта Divider1 убеждаемся, что для величин сопротивлений резисторов $R1=R2=1 \cdot 10^{-9}$ Ом расчеты проводятся, и в схеме циркулирует ток 2,5 ГА. Однако уже для величин $R1=R2=1 \cdot 10^{-12}$ Ом расчеты прекращаются и появляются сообщения, как представлено на рис. 4.1.

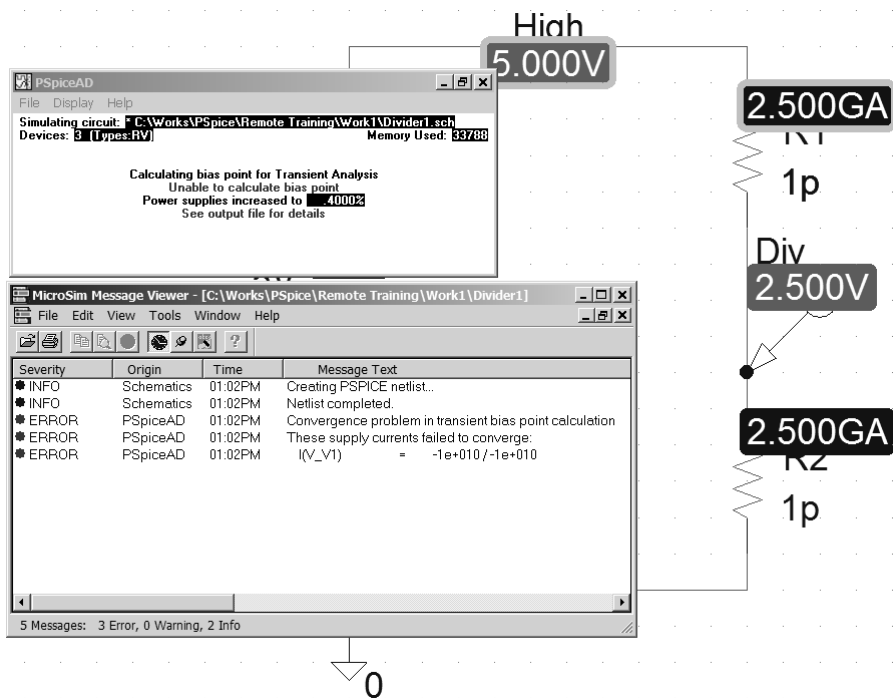


Рис. 4.1. Предупреждающие сообщения о прекращении расчетов

Как показано на рис. 4.1 имеются ошибки при работе программ расчетов ERROR PSpiceAD, связанные с обеспечением сходимости расчетов при вычислении параметров рабочей точки (Convergence problem in transient bias point calculation). Очевидно, что без принятия специальных мер по обеспечению сходимости вычис-

лений расчеты с такими номиналами резисторов (и, соответственно, токами источников) проводить нельзя.

Внимание!

Достаточно подробно проблемы обеспечения расчетов рассмотрены в книгах [1-3] и во второй части учебного пособия. Некоторые решения возникающих при расчетах проблем сходимости представлены в файле технической документации PSpCAD.PDF в разделе Convergence and "Time Step Too Small Errors". В частности, может потребоваться дополнительная настройка параметров расчетов, отказ от точного вычисления рабочей точки, загрузка ранее вычисленных параметров или их приближительных оценок или отказ от использования компонентов с экстремальными параметрами. Решение этих проблем в ряде случаев возможно и рекомендуется осуществлять пользователям, имеющим определенный опыт PSpice-моделирования.

Далее необходимо убедиться, что расчеты для резисторов с номиналом 1Т ($R_1=R_2=1 \cdot 10^{12}$ Ом) проводятся и получаются действующие значения тока 2,5 пА. Необходимо найти предельные значения номиналов резисторов (максимальные и минимальные), при которых для данной схемы с данными настройками начинаются проблемы со сходимостью расчетов.

Краткие итоги.

Работая со схемой Divider1. Sch проекта Divider1 мы научились получать и анализировать форму входных и выходных сигналов (в нашем случае это постоянные уровни напряжений), а также научились получать действующие токи и напряжения в цепях схемы после выхода на рабочий режим схемы. Кроме того, мы научились задавать и интерпретировать числовые значения параметров компонентов с использованием масштабных коэффициентов. Помимо этого мы познакомились с некоторыми ограничениями в проведении расчетов.

Продолжение выполнения задания 3

Поменяем источник сигналов на синусоидальный источник напряжения VSIN и сохраним проект под именем Divider2. Принципиальная схема нового проекта представлена на рис. 4.2.

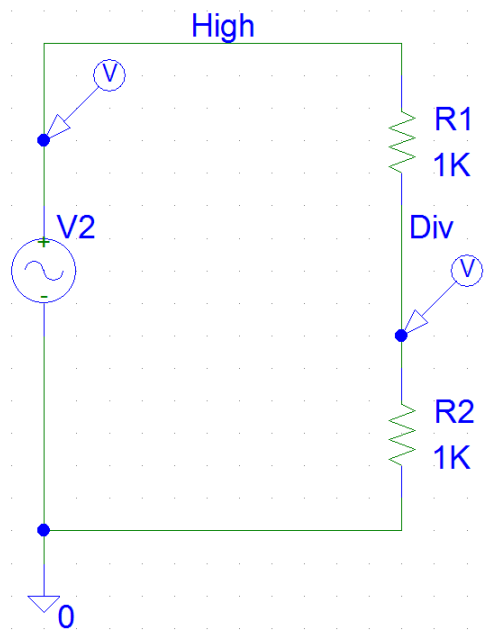


Рис. 4.2. Принципиальная схема проекта Divider2

Как видно из рис.4.2 в принципиальной схеме появился новый источник сигналов и маркер во входной цепи High. Настройки источника V2 заключается во введении следующих параметров (атрибутов):

- DC=1;
- AC=1;
- VOFF=0;
- VAMPL=5;
- FREQ=1MEG;
- TD=0;
- DF=0;
- PHASE=0.

Напоминаем, что вызов окна редактирования атрибутов компонента осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши по компоненту. Рекомендуется обратиться к файлу PSPCREP.PDF для

изучения описания работы с данным источником сигналов и настройки его параметров (раздел Independent Current Source & Stimulus, Independent Voltage Source & Stimulus).

Далее необходима дополнительная настройка расчетов. Настройки расчетов осуществляются по команде **Analysis>Setup...** По этой команде открывается окно выбора вида и настроек расчетов, как было показано на рис. 2.24. В нашем случае для Transient Analysis устанавливаются следующие значения:

- Print Step 1ns;
- Final Time 2us.

Все остальные опции настроек должны остаться пустыми. Запуск на выполнение расчетов по команде **Analysis>Setup...** или по нажатию клавиши **<F11>** приводит к выполнению расчетов и появлению результатов в постпроцессоре PROBE, как показано на рис. 4.3.

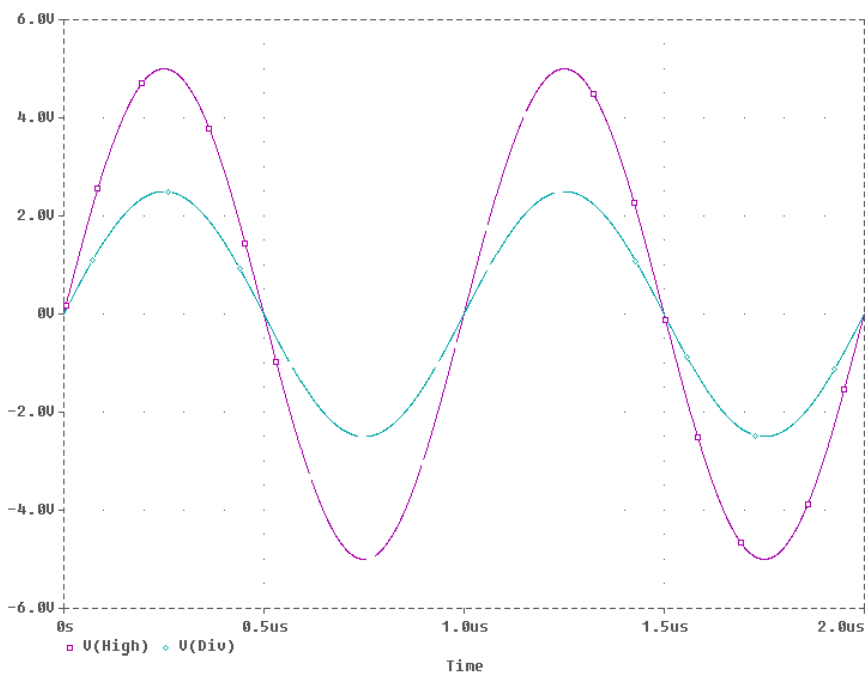


Рис. 4.3. Результаты расчетов Transient для проекта Divider2

Необходимо проанализировать полученные результаты. В частности, требуется описать параметры источника сигналов V2 и сравнить входные и выходные сигналы делителя R1, R2.

Необходимо также понять назначение настроек Transient Analysis для проекта Divider2. В частности требуется осуществить варьирование параметра Print Step от 1 нс до 100 нс. Далее, получая каждый раз результаты расчетов в PROBE, определить максимальный шаг вывода результатов, при котором точность передачи формы сигнала является приемлемой для пользователя. В дальнейшем подобные исследования можно проводить, например, с использованием результатов спектрального анализа, используя расчеты БПФ.

Варьирование параметра Final Time рекомендуется осуществлять в диапазоне от 1 мкс до 10 мкс с получением графиков расчетов в PROBE.

После получения начальных навыков в обеспечении настроек графиков постпроцессора рекомендуется вернуться к настройкам источника сигналов и, варьируя каждый раз один из параметров, получить следующие изменения в выходных характеристиках:

- осуществить смещение выходного сигнала на +2,5 В;
- получить амплитуду выходного сигнала ± 5 В;
- увеличить частоту сигнала до 10 МГц;
- получить задержку распространения сигнала (задержку начала действия сигнала) 1 мкс;
- фазовый сдвиг в 90° .

Примечание.

Нет необходимости в данном случае варьировать параметры атрибутов DC=1 и AC=1; они являются фактически нормирующими множителями для расчетов DC и AC.

Несколько сложнее описывать использование коэффициента затухания DF для затухающей функции. Здесь, очевидно, уместнее привести пример для моделирования поведения сигнала с частотой 10 МГц и коэффициентом затухания 1 МГц (DF=1MEG), как представлено на рис. 4.4.

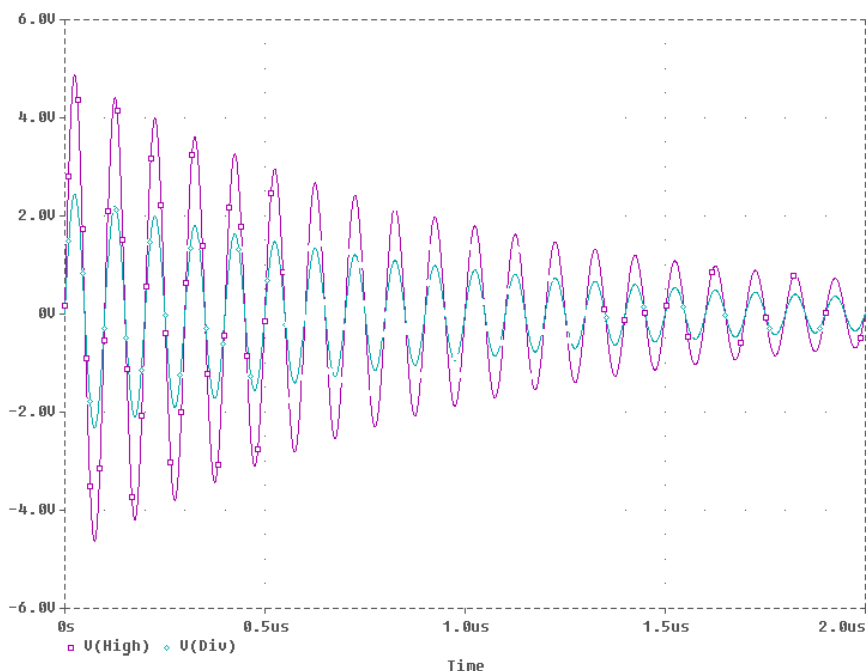


Рис. 4.4. Результаты расчетов с коэффициентом затухания 1МГц (DF=1MEG)

Краткие итоги.

Работая со схемой Divider2. Sch проекта Divider2 мы научились получать и анализировать форму входных и выходных переменных сигналов. Кроме того, мы научились осуществлять настройку параметров входных сигналов и освоили некоторые операции по управлению результатами расчетов в постпроцессоре PROBE.

Задание 4

Изучите общие сведения о PSpice-моделировании с использованием редактора принципиальных схем SCHEMATICS. Для выполнения этого пункта задания рекомендуется воспользоваться в первую очередь изучением раздела 3 учебного пособия. В этом разделе содержатся основные сведения о порядке подготовки и проведения расчетов, получения результатов и их анализе. Описываются два основных способа создания файла задания на моделирование.

Первый способ (см. раздел 3.3), связанный с созданием задания на моделирование в текстовом редакторе, на практике в настоящее время не применяется и приводится в разделе 3 как пример иллюстрирующий возможности системы. Тем не менее, рекомендуется внимательно изучить раздел 3.3, особенно материал, касающийся формирования файла задания на моделирование и правил использования входного языка PSpice-расчетов. Особое внимание следует уделить описанию файла задания на моделирование INAM.CIR и выходного файла INAM.OUT. Необходимо также познакомиться с новыми возможностями постпроцессора PROBE по обработке сигналов и файлом компонента OPA227.LIB.

Второй способ (см. раздел 3.4), связанный с использованием графического редактора при создании файла задания на моделирование, широко применяется на практике. Рекомендуется по мере изучения материалов файла осуществлять поэтапное выполнение практических действий по подготовке и проведению расчетов. Для этого создается проект InAm3, где используется ОУ LM324 из библиотеки EVAL.slб, вместо ОУ OPA227. При использовании ОУ LM324 необходимо обратить внимание на несколько иное расположение контактов LM324 по сравнению с OPA227, и учесть это в принципиальной схеме. Кроме того, в действительности этот ОУ является двоярным или счетверенным (в одном корпусе находятся два или четыре ОУ) и в позиционном обозначении будут использоваться вентили (Gates): A, B, C, D. Позиционное обозначение «одного» ОУ на принципиальной схеме, в этой связи, может быть, например таким: U1A.

Задача 1.

Разработать принципиальную схему проекта InAm3 и осуществить все необходимые настройки для проведения расчетов. Осуществить расчеты и устранить, при необходимости, все возникающие проблемы с использованием новых компонентов.

Задача 2.

Требуется получить и проанализировать информацию, содержащуюся в файле задания на моделирование и выходном текстовом файле результатов расчетов для проекта InAm3.

Задача 3.

Требуется получить и проанализировать АЧХ и графики переходных процессов для схемы проекта InAm3. Графики переходных

процессов требуется получить для низких частот входного сигнала, где искажения из-за ограничения полосы пропускания минимальны и для области высоких частот, где амплитуда выходного сигнала по данным АЧХ должна быть приблизительно в 5 раз меньше, по сравнению с низкочастотными выходными сигналами.

Дополнительно требуется получить АЧХ схемы проекта InAm3 с настройками источника сигналов, где значение для расчетов по постоянному току (DC) и переменному току (AC) имеют значения, отличные от 1 (см. табл.3-1), например AC=5, DC=5.

Краткие итоги.

Работая со схемой проекта InAm3 мы научились получать и анализировать АЧХ, а также рассчитывать форму входных и выходных переменных сигналов в соответствии с параметрами АЧХ. Мы научились получать и анализировать данные выходного текстового файла результатов расчетов для схемы с ОУ. Кроме того, мы освоили некоторые новые операции по управлению результатами расчетов в PROBE.

Задание 5

В схему Divider2 введем конденсатор C1, модифицированную таким образом схему сохраним как Divider3 (рис. 4.5).

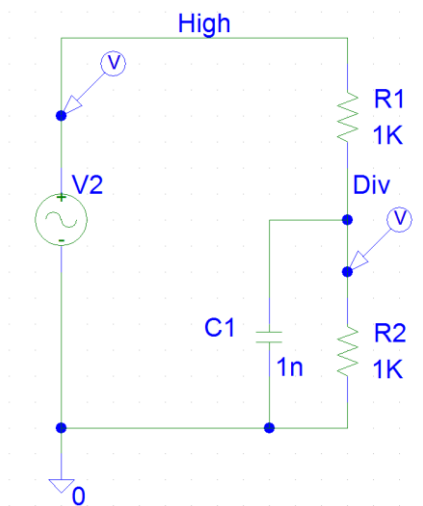


Рис. 4.5. Принципиальная схема проекта Divider3

Задача.

Для указанной принципиальной схемы проекта Divider3 требуется найти частоту среза АЧХ f_{-3dB} , получить графики переходных процессов и проанализировать работу схемы проекта Divider3 при подаче на её вход синусоидального сигнала с частотой, приблизительно соответствующей частоте среза АЧХ.

Решение задачи.

Осуществляем подготовку принципиальной схемы проекта Divider3 и расчет АЧХ, как представлено на рис. 4.6.

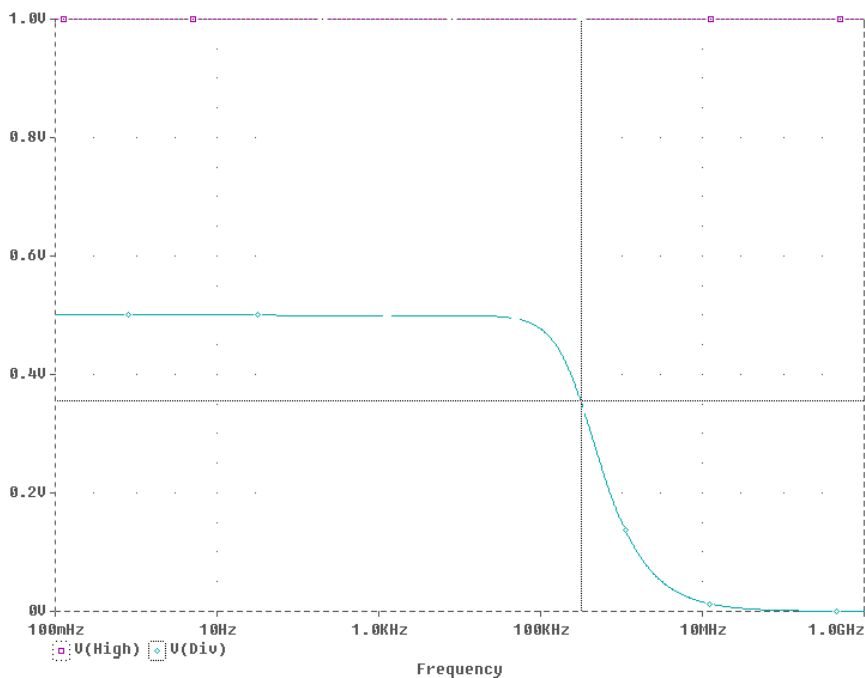


Рис. 4.6. АЧХ схемы проекта Divider3

После получения АЧХ воспользуемся командой постпроцессора PROBE вызова курсора PROBE: **Toggle Cursor**. Вызов курсора PROBE показан на рис. 4.7.

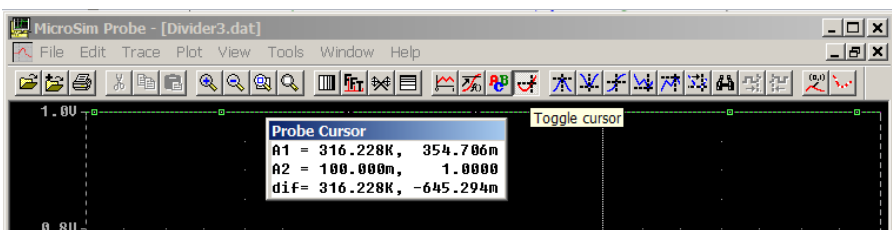


Рис. 4.7. Вызов курсора PROBE (Probe Cursor)

Перемещение перекрестия курсора PROBE осуществляется путем нажатия и удержания левой кнопки мыши (см. рис. 4.6). Это приводит к выводу числовых значений текущих координат перекрестия в таблице Probe Cursor, как показано, в частности, на рис. 4.7 в окне Probe Cursor. Перемещение перекрестия (с отображением координат в окне) осуществляется вдоль по огибающей активного графика зависимости, имя которого выделяется квадратом (сплошные линии) вокруг обозначения точек названия зависимости, как показано на рис. 4.6 для кривой V(Div).

Ищем значение координаты оси X (частота) для величины амплитуды сигналов V(Div) на уровне $\approx 0,707 \cdot V(\text{Div})$ в области низких частот, то есть $\approx 0,707 \cdot 0,5 \text{ В}$.

Указанное значение будет с достаточно большой точностью соответствовать частоте среза f_{3dB} АЧХ. Поставленная задача в основной своей части решена.

Далее необходима проверка полученного результата. Для этого источник сигналов схемы проекта Divider3 настраивается на генерацию сигнала с полученной частотой. Осуществляются расчеты переходных процессов и с помощью курсора PROBE определяются отношения амплитуд входных и выходных сигналов. Дополнительное удобство в поиске нужных значений могут оказать шесть пиктограмм справа от пиктограммы **Toggle Cursor** (см. рис. 4.7). В частности может быть организован поиск экстремума или пикового значения на графике по команде (пиктограмме) **Cursor Peak**.

Дополнительно рекомендуется познакомиться с файлами задания на моделирование и выходного файла расчетов проекта Divider3.

Внимание!

Решение поставленной задачи показало, что имеется достаточно эффективный способ проектирования узлов аналоговой обработки сигналов, например, таких как пассивные ФНЧ, с использованием PSpice-расчетов. Практика разработки схем показывает существенное снижение затрат времени на получение основных параметров с использованием компьютерного моделирования по сравнению с традиционными методиками, основанными на использовании аналитических и иных видов расчетов для схем пассивных и активных фильтров, например Саллена-Ки. Помимо этого PSpice-моделирование позволяет получать и анализировать результаты комплексного исследования работы устройств, например, учитывать влияние полосы пропускания ОУ, оценивать формируемый уровень шумов, учитывать влияние внешних RC-цепочек и др., что традиционными методами практически невозможно.

Краткие итоги.

Работая со схемой проекта Divider3 мы научились новым способам проектирования устройств с использованием преимуществ компьютерного моделирования. В частности, была решена задача поиска частоты среза АЧХ и верификации полученных результатов. Кроме того, мы освоили некоторые новые операции по управлению обработкой результатов расчетов в постпроцессоре PROBE.

Подведение итогов практических занятий по теме 1.

Подготовьте окончательный вариант файла отчета по выполненным заданиям. Сформулируйте вопросы (если они имеются). Представьте преподавателю результаты работы по теме в виде файла отчета, включая и список вопросов, если они имеются.

4.4. Рекомендации по выполнению задания

Перед началом работы с технической документацией убедитесь в наличии установленной на компьютере программы Acrobat Reader. Проверена работоспособность файлов техдокументации MicroSim с версиями Acrobat Reader 3.x – 8.0.

Познакомьтесь с ограничениями демонстрационной версии САПР (глава 11 или Урок 11 книги [4]). Некоторые примеры, приведенные в книгах [4] и [5], не соответствуют этим ограничениям. Не используйте эти примеры или пользуйтесь полной версией программных средств. Руководствуйтесь примерами и заданиями, предложенными преподавателем.

При выполнении заданий 4 и 5 рекомендуется воспользоваться в качестве дополнительной литературы книгой [4], в частности разделами:

- Моделирование цепи постоянного тока (с.41-56);
- Анализ цепи переменного тока (с. 58-66);
- Анализ переходных процессов (с. 68-84);
- Анализ частотных характеристик AC Sweep (с.86-100).

В качестве дополнительной справочной литературы можно воспользоваться материалами книги [5] (глава 3, 4, 5 и приложения 1 и 2).

Редактор SCHEMATICS и другие программы, связанные с PSpice-расчетами, не русифицированы, поэтому не рекомендуется использовать кириллицу в именах файлов, позиционных обозначениях, именах цепей, атрибутах и в др. служебной информации.

Примеры схем в книге [4] не всегда соответствуют действительным используемым компонентам. Например, резисторы, используемые в схемах, приведенных в книге [4], не соответствуют правилам обозначений, принятым в американской литературе. Рекомендуется использовать стандартные компоненты из прилагаемых библиотек, не модифицируя их. Для облегчения этой задачи при установке пакета программ MicroSim Design Lab не переписывайте новые библиотечные файлы вместо устанавливаемых по умолчанию (с американскими типами компонентов).

Выполняя пункты задания, старайтесь повторять выполнение примеров. При этом необходимо иметь в виду, что в книге [5], а также в материалах *.pdf - файлов технической документации, примеры рассчитаны на использование полноценной версии САПР и некоторые примеры просто не могут выполняться в демонстрационных версиях из-за ограничений.

В книге [4] имеется информация о том, что программа PSpice-расчетов работает пока только под управлением Windows 95/98/2000/NT. Автором была проверена работоспособность пакета программ и под управлением ОС Windows XP. При этом никаких проблем не выявлено.

5. УСТАНОВКА ПАКЕТА ПРОГРАММ ORCAD LITE

Установка осуществляется с компакт-диска демо-версии OrCAD Lite v. 9.2 фирмы CADENCE. Целью установки является изучение работы САПР в части, касающейся PSpice-моделирования электронных схем и при использовании редактора CAPTURE.

Установка может осуществляться в соответствии с рекомендациями, представленными в книге [5, с.6-10]. При этом необходимо учитывать, что в книге описывается процесс установки полной версии. В связи с этим, практически все пункты представленной там инструкции по установке нуждаются в уточнении и корректировке. Порядок действий по установке демонстрационной версии пакета программ OrCAD Lite v. 9.2 фирмы CADENCE будет предложен несколько иным.

Установке должно предшествовать закрытие всех работающих программ и отключение активных антивирусных программ (если они установлены на компьютере). Необходимо также уточнить версию установленных на компьютере программ Acrobat Reader, так как в процессе установки будет предложено установить версию 4.05 этой программы непосредственно с диска. Если на компьютере уже установлена более новая версия, то от установки этой версии стоит отказаться.

Порядок действий по установке представлен в виде последовательности следующих шагов (см. шаги 1-9).

Шаг 1. Вставьте в CD-устройство компакт-диск. Запустите на выполнение Setup.exe, или воспользуйтесь сервисной программой автоматического запуска. Появится заставка программы с фирменным логотипом OrCAD (см. рис. 5.1).



Рис. 5.1. Окно заставки начала установки OrCAD Lite v. 9.2 фирмы CADENCE

После непродолжительной работы программы начальной установки с отображением на экране прогресс-индикатора процесса разархивирования и запуска программы установки появится окно сообщения об отключении антивирусных программ (рис. 5.2).

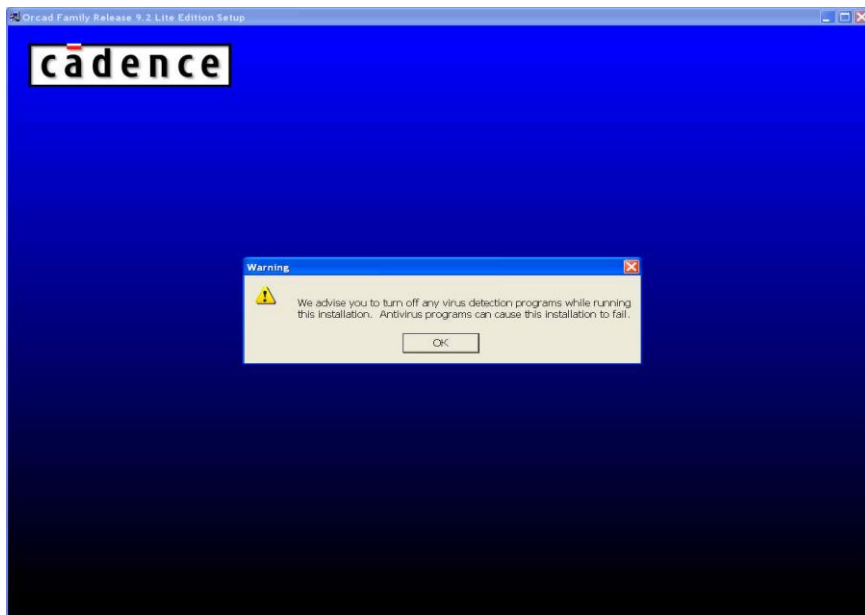


Рис. 5.2. Окно начала установки OrCAD Lite v. 9.2 фирмы CADENCE

После нажатия кнопки **ОК** осуществляется переход к следующему окну.

Шаг 2. Следующим окном будет открыто окно-приветствие **Welcome** начала установки, как показано на рис. 5.3.



Рис. 5.3. Окно **Welcome** сведений для начала установки OrCAD Lite 9.2

Для продолжения установки нажмите кнопку **Next>**. Предварительно убедитесь в том, что антивирусные программы отключены (неактивны) и все остальные приложения Windows, не нужные при установке, также отключены.

Шаг 3. В открывшемся окне выбора программ для установки **Select Products** рекомендуется выбрать пункты: Capture CIS и PSpice, как показано на рис. 5.4.

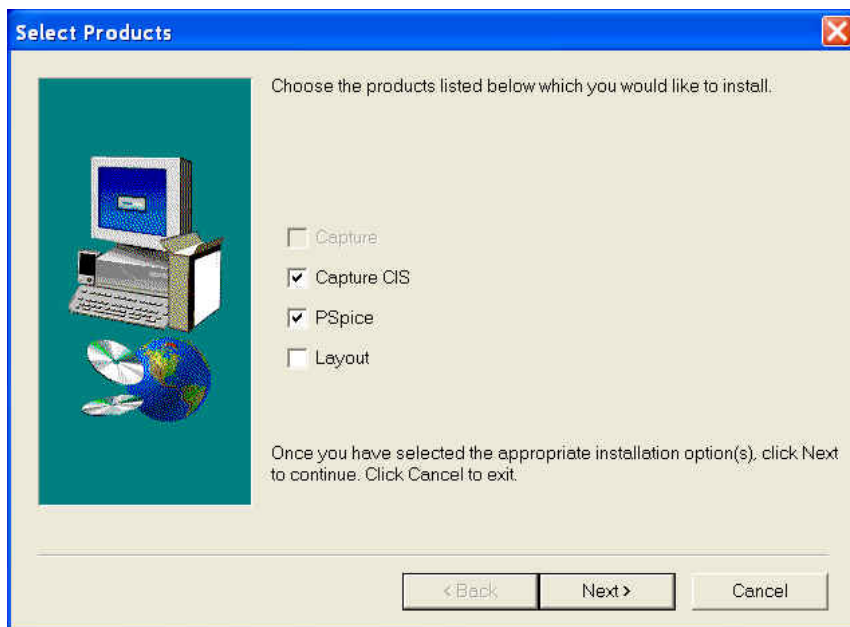


Рис.5.4. Окно **Select Products**

Выбор пункта Layout можно осуществлять, если предполагается работа с проектированием печатных плат (не осуществляется в рамках данного курса). В конце работы с окном **Select Products** нажмите кнопку **Next>**.

Шаг 4. В открывшемся окне выбора места установки программ **Installation Directory** будет предложено установить пакет в директорию C:\Program Files\OrCADLite (рис. 5.5).

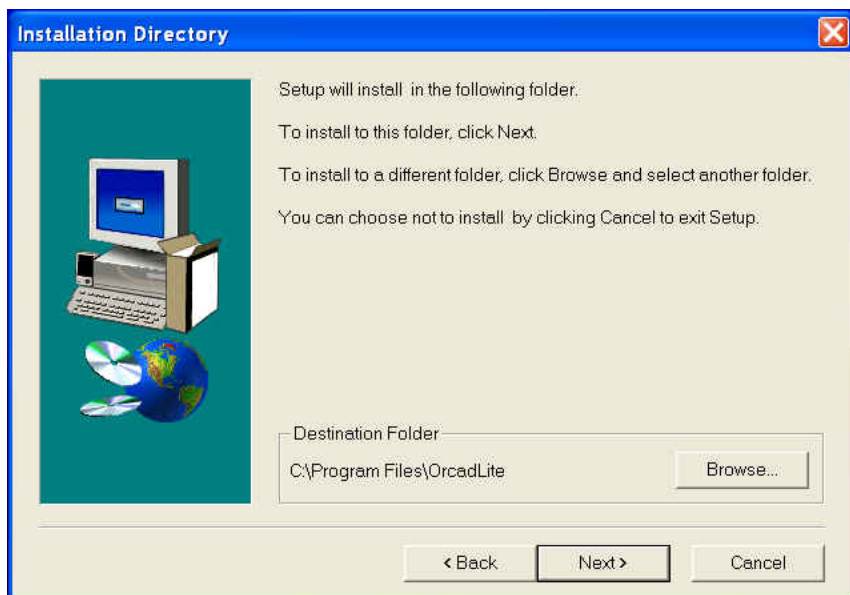


Рис. 5.5. Окно **Installation Directory**

Такая установка представляется удобной и оправданной и с ней рекомендуется согласиться. Если потребуется изменить директорию, это можно сделать, нажав кнопку **Browse..** и далее выбрав или установив новые значения.

Внимание!

Рекомендуется использовать только латинские символы при выборе директории установки САПР и создании рабочих директорий проектов. Весь путь поиска указанных файлов и папок не должен содержать символы кириллицы, а также недопустимые символы. В этой связи не рекомендуется помещать установочные и рабочие директории «на рабочий стол».

Шаг 5. Следующим шагом является выбор папки пакета программ на рабочем столе. Можно согласиться или поменять название папки. В конце работы с окном **Select Program Folder** нажмите кнопку **Next>**. Как показано на рис. 5.6 в окне **Select Program Folder** будет предложено значение имени папки по умолчанию как **Orcad Family Release 9.2 Lite Edition**.

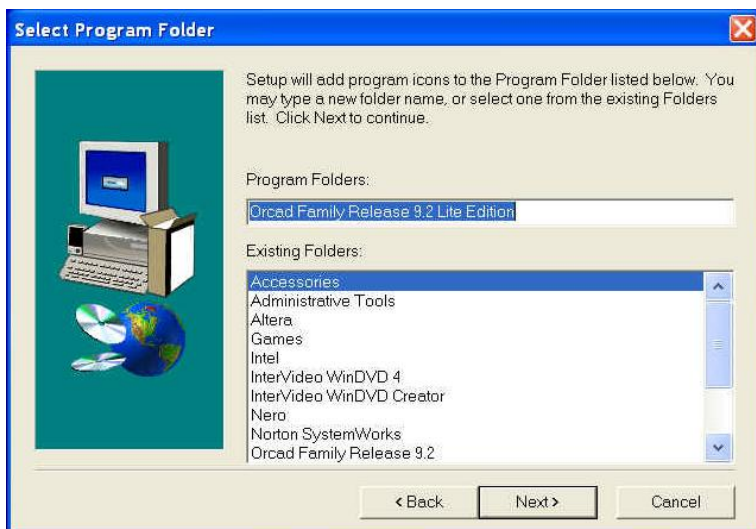


Рис.5.6. Окно **Select Program Folder**

Шаг 6. Появляется окно копирования файлов (рис. 5.7).

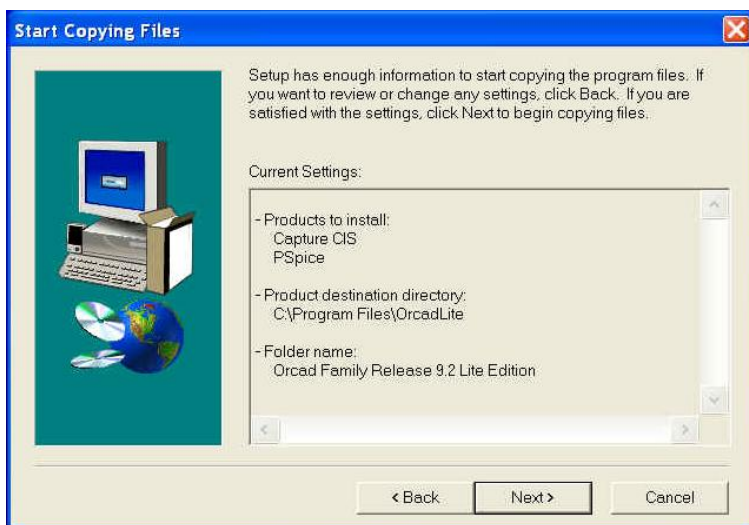


Рис. 5.7. Окно **Start Copying Files**

В этом окне будут перечислены все настройки, созданные в процессе предварительной установки. Необходимо проверить их и, если все верно, можно запустить инсталляцию, нажав кнопку **Next>**. После этого начинается копирование программ на жесткий диск.

В том случае если необходимо что-то поменять в настройках, можно вернуться назад, воспользовавшись кнопкой **<Back**.

Шаг 7. Процесс копирования и установки файлов сопровождается прогресс-индикатором установки, как показано на рис. 5.8.

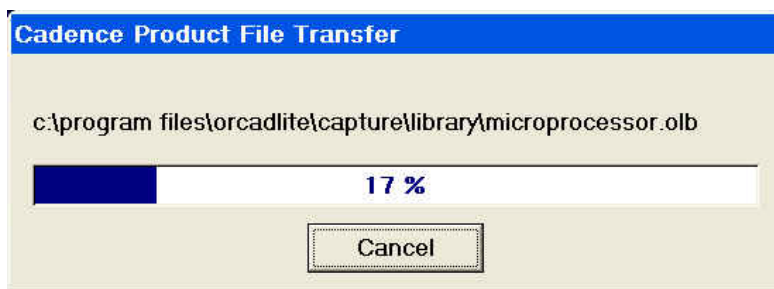


Рис. 5.8. Прогресс-индикатор установки

После окончания копирования файлов пакета программ раскроется окно настройки программной среды окружения установленных программных средств (рис. 5.9).

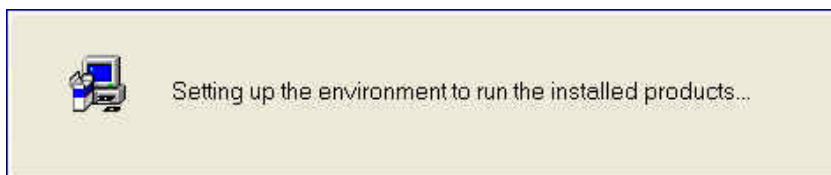


Рис. 5.9. Окно установки окружения

После этого будет предложено установить Acrobat Reader версии 4.05 (рис. 5.10).

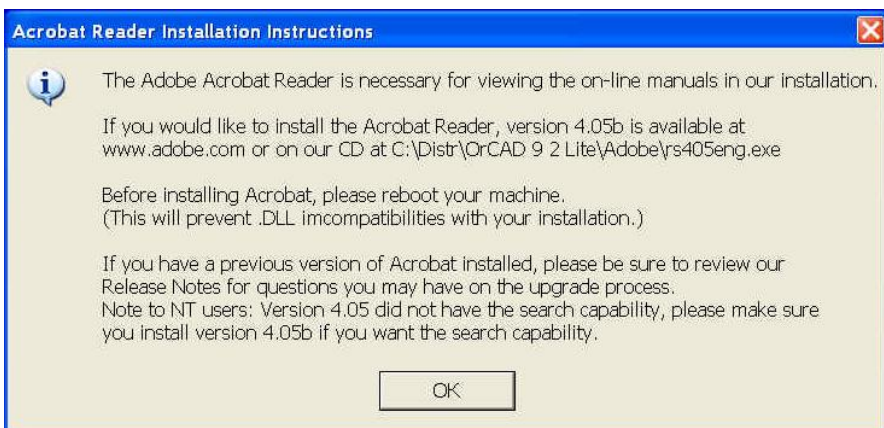


Рис. 5.10. Предложение установки программы Acrobat Reader

Если на компьютере не установлена эта программа, можно согласиться с ее установкой. В этом случае становится возможным чтение сопутствующей техдокументации. Если установлена более новая версия этой программы, установка версии 4.05 нецелесообразна.

Шаг 8. Последним шагом установки является настройки окна **Setup Complete** (Завершение установки). Вид этого окна представлен на рис. 5.11.

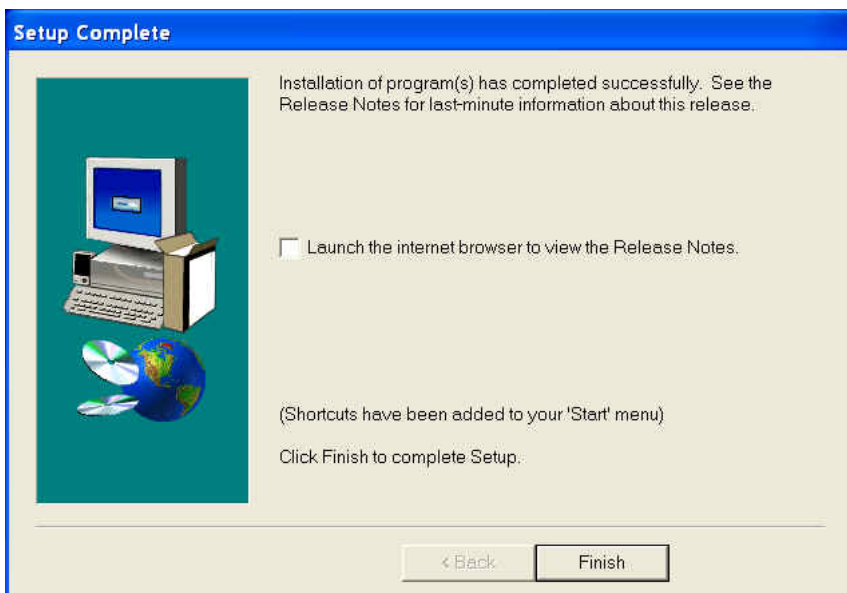


Рис. 5.11. Окно **Setup Complete**

Если нет необходимости знакомиться с дополнительной информацией о работе пакета программ в настоящий момент, то флажок просмотра можно сбросить и нажать кнопку **Finish**. С этой информацией можно будет познакомиться и позже.

При необходимости, в конце установки требуется перезагрузить компьютер.

Шаг 9. Теперь все готово для запуска программ PSpice-моделирования OrCAD Lite v. 9.2 фирмы CADENCE. В списке зарегистрированных программ создана рабочая директория Orcad Family Release 9.2 Lite Edition и установлены программы пакета. Для удобства пользования и запуска программ рекомендуется разместить эту папку на рабочем столе Windows.

Состав основных программ (набора файлов) пакета САПР в виде значков представлен на рис. 5.12.

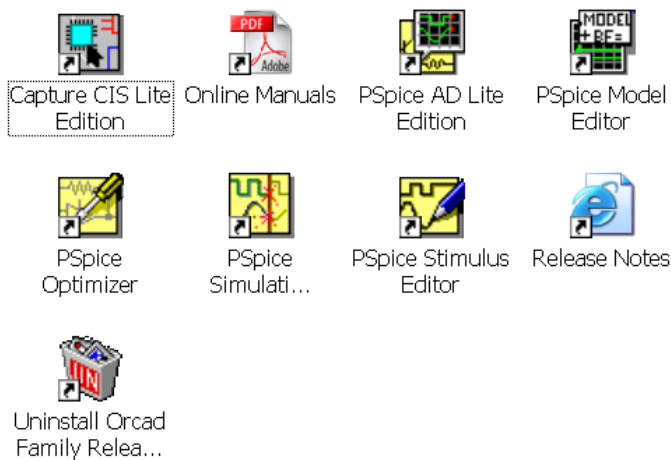


Рис.5.12. Состав и вид содержимого папки Orcad Family Release 9.2 Lite Edition

Начало работы с пакетом программ можно осуществить, вызвав редактор Capture CIS Lite Edition.

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ТЕМА 2

Тема занятий: «Реализация проекта в OrCAD CAPTURE».

6.1. Учебное задание

1. Изучите работу общие сведения о пакете программ OrCAD, а также о порядке работы с редактором CAPTURE пакета OrCAD, осуществите подготовку к моделированию и настройку параметров расчетов схемы или схем, рекомендованных преподавателем.
2. Осуществите расчет, получите и проанализируйте результаты расчетов.
3. Подготовьте и осуществите импорт схемы, разработанной в редакторе SCHEMATICS.

6.2. Рекомендации по использованию литературы

При выполнении учебного задания рекомендуется воспользоваться литературой, представленной в табл. 6-1, 6-2, 6-3. Помимо этого, рекомендации по изучению литературы, представлены непосредственно в разделе 6.3 учебного пособия.

Таблица 6-1

Литература, используемая при выполнении задания 1

Источник	Раздел
Учебное пособие	Раздел 5. Установка пакета программ OrCAD Lite
Online Manuals (Файл: rel92pdf.pdf) (*)	Orcad Capture User's Guide Orcad Component Information System User's Guide PSpice User's Guide PSpice Reference Guide PSpice Library List PSpice Optimizer User's Guide Orcad Capture Quick Reference Orcad Component Information System Quick Reference PSpice Quick Reference Guide Orcad Layout Quick Reference Converting MicroSim Schematics Designs to Orcad Capture Designs
Capug.pdf (*)	Chapter 1-12

Продолжение табл. 6-1

Источник	Раздел
Материалы демонстрационной программы Release Notes	Orcad family Release 9.2 Release Notes Capture Release 9.2 Release Notes Capture CIS Release 9.2 Release Notes PSpice Release 9.2 Release Notes
Учебник-презентация Learning Capture	Материалы учебника-презентации для получения основных начальных сведений и приобретению навыков работы по созданию и реализации схем в CAPTURE
[4]	Введение в версию 9.1 программы PSPICE. Глава 15. Черчение схем в редакторе CAPTURE
[5]	Система проектирования OrCAD 9.2. Введение Глава 1. Общие сведения о системе OrCAD Глава 2. Создание проекта в OrCAD Capture

Таблица 6-2

Литература, используемая при выполнении задания 2

Источник	Раздел
Capug.pdf (*)	Chapter 13. About the processing tools Chapter 14. Preparing to create a netlist Chapter 15. Creating a netlist Chapter 16. Creating reports Chapter 20. Using Capture with PSpice
Pspug.pdf (*)	Part one. Simulation primer Part two. Design entry Chapter 8. Setting up analyses and starting simulation Chapter 10. AC analyses Chapter 11. Transient analysis Part four. Viewing results
PSpRef.pdf (*)	Glossary, Index (справочный материал)
[4]	Глава 16. Моделирование в версии 9.1 Приложение (с.301-317)
[5]	Глава 2. Создание проекта в OrCAD Capture

Таблица 6-3

Литература, используемая при выполнении задания 3

Источник	Раздел
Capug.pdf (*)	Part 17. Exporting and importing schematic data
[5]	Раздел 2.5.3. Импорт и экспорт принципиальных схем

Примечание к табл. 6-1, 6-2, 6-3. (*) - см. табл. 1-2

6.3 Порядок выполнения задания

Задание 1

Установите на ПЭВМ пакет программ OrCAD Lite v 9.2 в соответствии с предлагаемым порядком установки (см. Раздел 5 учебного пособия) или в соответствии с инструкцией по инсталляции [5]. Установку можно осуществлять с диска демо-версии пакета программ. Допускается, вместо версии 9.2 устанавливать более раннюю версию 9.1 с учетом в дальнейшем некоторых отличий в этих версиях. Такую установку можно осуществлять в отсутствие версии 9.2 или при наличии проблем с ее работой или установкой, например связанными с ограничением памяти ПЭВМ. Установку версии 9.1 можно осуществлять с диска, прилагаемого к книге [4].

В том случае, если имеется полная версия пакета программ OrCAD v.9.2-16.0 рекомендуется пользоваться именно этой версией САПР.

Откройте папку Orcad Family Release 9.2 Lite Edition пакета программ OrCAD 9.2 Lite, находящуюся на рабочем столе (или путем выбора меню кнопки «Пуск»/”Start”). Познакомьтесь с составом программ и файлов, входящих в пакет. Если не устанавливались программы, связанные с проектированием печатных плат и синтезом ПЛИС, то все программы и файлы указанной папки могут использоваться для PSpice-моделирования электронных схем.

Изучите материалы программы Release Notes. Обратите внимание на особенности версии, состав пакета и ограничения демонстрационной версии пакета Limits of PSpice Lite.

Дополнительно можно познакомиться с составом и основными характеристиками пакета OrCAD версий 9.1 или 9.2, как это представлено в разделах книг [4] и [5]. Познакомьтесь с введением в версию 9.1 программы PSPICE книги [4] и главой 1, где излагаются общие сведения о системе OrCAD книги [5]. Обратите внимание на порядок установки САПР OrCAD.

Убедитесь в работоспособности пакета программ. Для этого достаточно вызвать редактор CAPTURE. Вызов (запуск) осуществляется для файла (исполняемой программы) или ярлыка Capture CIS Lite Edition. Должно появиться окно:

Orcad Capture – Lite Edition – [Session Log].

В начальный момент окно содержит заставку: «OrCAD Capture CIS». Заставка исчезает после нескольких секунд. Далее, познакомьтесь с опциями меню Help. В меню Help просмотрите опции Capture CIS и PSpice. В этих опциях обратите внимание на пункты About CIS и About PSpice. Посмотрите информацию о версиях программ пакета. Подробнее изучите пункты Help Topics. В этих опциях Help можно получить краткую справочную информацию о подготовке схем, о настройках и проведении расчетов. Кроме того, можно познакомиться с общими характеристиками САПР, особенностями данной версии, составе программ и порядком работы отдельных программ САПР. В дальнейшем этой информацией можно будет пользоваться как справочной в процессе работы с САПР.

Пакет OrCAD имеет встроенный краткий учебник-презентацию (на английском языке) по редактору OrCAD CAPTURE. Встроенный учебник-презентацию можно запустить следующим образом:

- вызвать программу Capture CIS Lite Edition;
- воспользоваться командой **Help> Learning Capture**.

Рекомендуется познакомиться с разделами этого учебника-презентации. Изучение разделов предусматривает выполнение практических работ по освоению особенностей редактора CAPTURE и других программ пакета. Рекомендуется выполнить все эти задания (Exercises) после получения предварительных знаний о работе Capture CIS Lite Edition, содержащихся в материалах *.pdf – файлов, вызываемых с помощью «Меню выбора файлов» с использованием файла rel92pdf.pdf.

Познакомьтесь с материалами технической документации, доступ к которым можно получить, вызвав файл Online Manuals из программы Acrobat Reader. Документация представлена в виде *.pdf –файлов, доступ к которым можно получить и непосредственно, что может оказаться более удобным. В частности, на компакт-диске САПР OrCAD Lite v.9.2. фирмы CADENCE в поддиректории \document содержатся файлы, как представлено в табл. 1-2.

На данном этапе нет необходимости изучать материалы файлов подробно. Достаточно получить первое представление о составе материалов, содержащихся в файлах, и особенностях его изложе-

ния. Особое внимание обратите на содержание файлов capqrc.pdf и capug.pdf. В них содержится описание работы редактора CAPTURE: OrCAD Capture Quick Reference и OrCAD Capture User's Guide. Далее стоит познакомиться с содержанием файлов PSpiceRef.pdf, psprqrc.pdf и psprug.pdf. В дальнейшем материалы этих файлов можно использовать в качестве помощи при возникновении проблем и как справочное пособие для углубленного изучения материалов тем.

Информационную систему CIS рекомендуется изучить самостоятельно в случае, если имеется возможность получить доступ к международным базам данных для компонентов через Интернет. При изучении курса непосредственную помощь в подготовке и проведении расчетов такая система не оказывает.

После того, как получена и усвоена основная предварительная информация, рекомендуется перейти к закреплению материала и приступить к выполнению работ с разделами учебника-презентации Learning Capture. После окончания выполнения основной части задания 1, в качестве дополнительных практических примеров можно выполнить все задания (Exercises) учебника-презентации Learning Capture.

Дополнительно можно познакомиться с материалами главы 2 книги [5]: «Создание проекта в OrCAD Capture», в части, касающейся создания принципиальных схем для моделирования. Необходимо в первую очередь познакомиться со структурой проекта, иерархической структурой файлов проекта, организацией и переключением окон. Далее надо познакомиться с меню команд и возможностями панели инструментов. После этого необходимо изучить основные настройки проекта, в частности – выбор типа проекта. Затем надо познакомиться с основными приемами создания и редактирования принципиальной схемы проекта, использования компонентов и библиотек. Важная информация содержится в разделе 2.5.

Начало практической работы с проектом Amplifier_NPN1

Переходим к практической работе с проектированием принципиальной схемы устройства. Первым шагом будет создание рабочей поддиректории Work2. В рабочей поддиректории Work2 будут

располагаться файлы разрабатываемого проекта, и формироваться файлы отчета.

Далее, можно воспользоваться созданием нового проекта под именем Amplifier_NPN1. Создание нового проекта обычно начинают с вызова (запуска) редактора CAPTURE (или CAPTURE CIS). При создании нового проекта далее необходимо выполнить команду **File>New>Project...** Откроется окно настроек создания нового проекта, в котором необходимо установить опцию моделирования Analog or Mixed A/D, набрать имя проекта Name (например, Amplifier_NPN1) и выбрать рабочую поддиректорию Location. Для примера использована следующая поддиректория: C:\Work\PSpice\Capture\Amplifier_NPN, вместе с тем обучаемому требуется создать поддиректорию или папку Work2.

Выбор настроек нового проекта редактора CAPTURE, предназначенного для PSpice-моделирования, представлен на рис. 6.1.

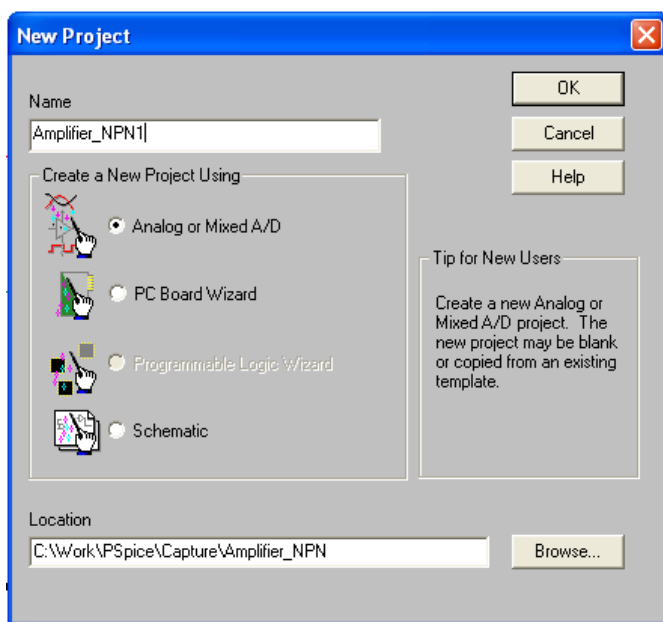


Рис. 6.1. Окно создания нового проекта, предназначенного для PSpice-моделирования

После выбора настроек проекта пользователю будет предложено выбрать тип проекта с различными опциями, касающимися использования библиотек, иерархической и файловой структуры проекта. Рекомендуется воспользоваться выбором, как показано на рис. 6.2.

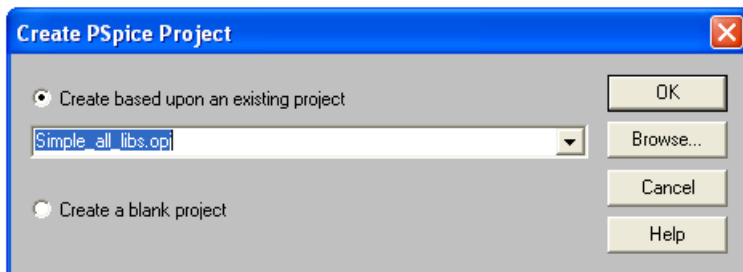


Рис. 6.2. Окно выбора типа проекта

В случае выбора типа проекта, как показано на рис. 6.2, осуществляется подключение к проекту и использование по умолчанию всех стандартных библиотек пакета программ.

После создания нового проекта, предназначенного для моделирования (например, под именем Amplifier_NPN1), в рабочей поддиректории проекта появляются файлы:

- AMPLIFIER_NPN1.DBK (копия предыдущей версии принципиальной схемы *.dsn);
- AMPLIFIER_NPN1.DSN (принципиальная схема проекта, содержит все листы схемы);
- Amplifier_NPN1.opj (файл *.opj содержит ссылки на все используемые файлы проекта);
- Amplifier_NPN1-schematic1-bias.mrk (профайл параметров моделирования);
- Amplifier_NPN1-schematic1-bias.sim (профайл параметров моделирования).

Альтернативой созданию нового является вызов созданного ранее проекта. Вызов готового разработанного ранее проекта осуществляется по команде **File>Open>Project...** Далее открывается окно выбора проекта, как показано на рис. 6.3 (для проекта Amplifier_NPN1).

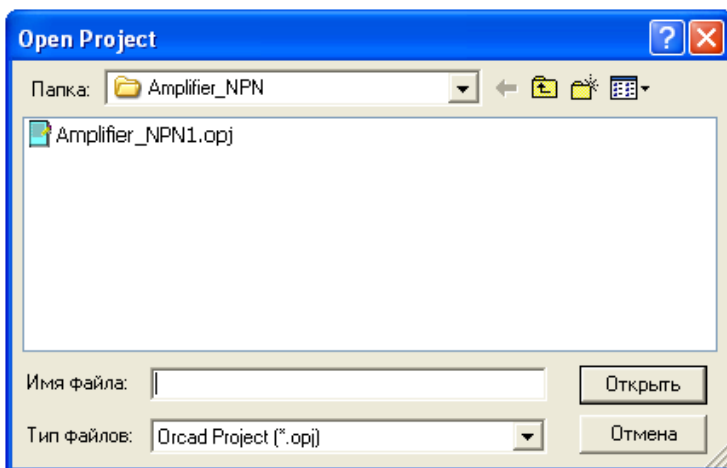


Рис. 6.3. Окно выбора проекта

После создания нового или вызова готового проекта открывается окно организатора проекта, в котором отражается файловая и иерархическая структура проекта. В ряде случаев может открываться непосредственно окно редактора принципиальной схемы. Для перехода (переключения) между окнами используется стандартная процедура ОС Windows с использованием опции меню (команд) **Widow> Выбор окна**.

Откройте окно организатора проекта **Orcad Capture – Lite Edition – [Amplifier_NPN1.opj]**. Обратите внимание на файловую структуру проекта (многостраничную структуру), Примерно так, как показано на рис. 6.4, она может выглядеть при полностью открытых страницах (папках, директориях), в случае создания нового проекта.

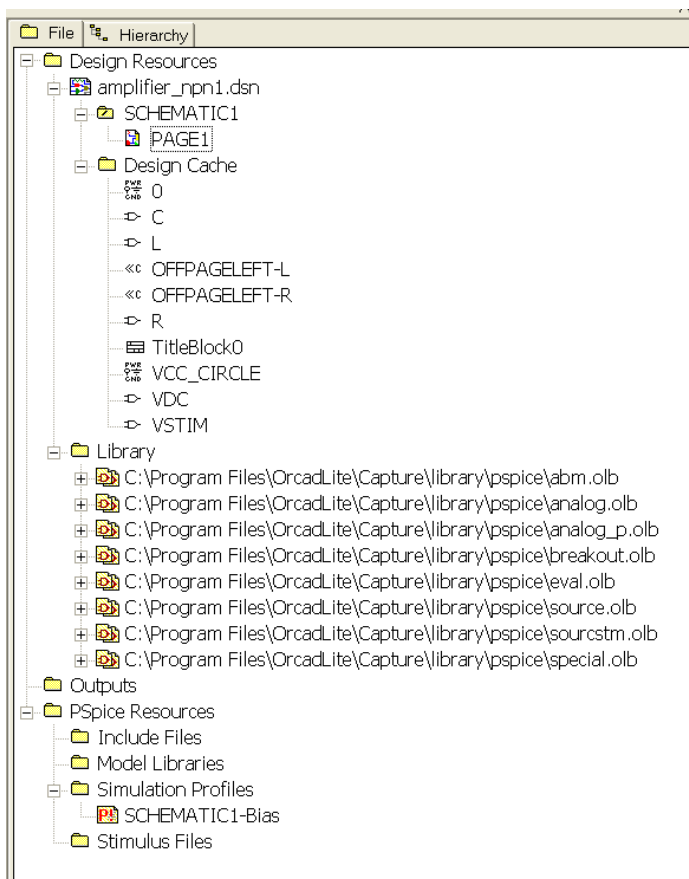


Рис. 6.4. Файловая многостраничная структура проекта Amplifier_NPN1

В верхней части структуры расположена страница PAGE1 принципиальной схемы проекта (пока имеется одна страница).

Ниже располагается кэш проекта, где размещаются используемые в проекте (вызванные из библиотек) компоненты. На данном этапе в схему вызваны компоненты: R, C, L, 0 (символ «земли»), штамп TitleBlock0, источники сигналов VDC и VSTIM, беспроводный («беспроволочный») символ контакта VCC_CIRCLE и символы межстраничных соединений OFF_Page Connector, или иначе их

еще называют символ «беспроволочного» (беспроводного) соединителя OFFPAGELEFT-L (и -R).

Далее показан список подключенных библиотек проекта, пустая директория выходных результатов, используемых ресурсов и настроек моделирования.

На начальном этапе иерархическая структура проекта выглядит достаточно просто, как показано на рис. 6.5.

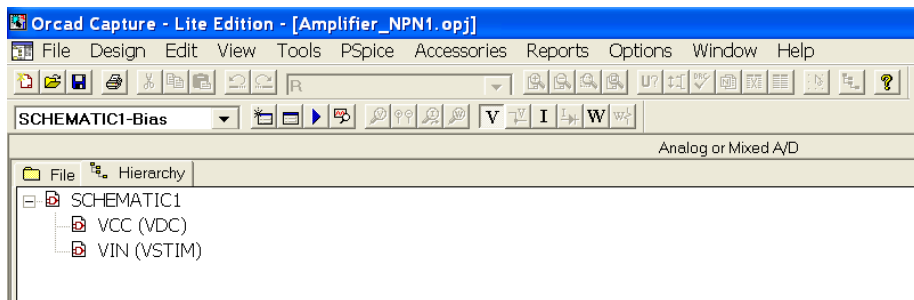


Рис. 6.5. Иерархическая структура проекта Amplifier_NPN1 (при его создании)

Обратите внимание на реально используемые два компонента VCC и VIN, присутствующие в проекте при его создании. Открыв окно **PAGE1**, мы попадаем в рабочее окно редактора CAPTURE, которое уже содержит эти два компонента (как показано на рис. 6.6).

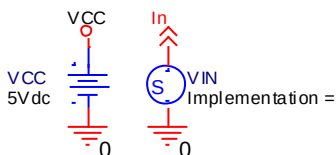


Рис. 6.6. Компоненты, вызываемые при создании нового проекта по умолчанию

Указанные компоненты (см. рис. 6.6) загружаются и размещаются в рабочем окне редактора CAPTURE автоматически. В дальнейшем, если их использование не нужно их можно будет, по решению пользователя, удалить.

Помимо компонентов (куда входят не только источники сигналов) в рабочем окне редактора CAPTURE имеется текст комментария следующего содержания:

Double click any label or value to change it.

Copy and paste the VCC circle or In port in order to connect the DC and signal sources to the appropriate wires in your circuit.

Select the part Vin, then the menu command Edit/PSpice Stimulus... to use the Stimulus Editor. (Basics users: replace this part with a supported voltage source like VSIN.)

Краткие итоги.

Итак, мы работаем с проектом Amplifier_NPN1. Нами создан проект, предназначенный для PSpice-моделирования, изучена файловая и иерархическая структура проекта. Проект подготовлен для создания (разработки) принципиальной схемы.

Работа с принципиальной схемой (создание схемы усилителя)

Принципиальную схему проекта создаем в рабочем окне **SCHEMATIC1/PAGE1**. Работа с редактором CAPTURE при вызове и установке компонентов, а также создании электрических связей между ними в значительной мере соответствует процедурам работы с редактором SCHEMATICS, уже освоенным пользователями и обучаемыми. При работе с редактором CAPTURE на данном этапе в качестве справочной литературы и для изучения примеров создания фрагментов схем рекомендуется воспользоваться файлом технической документации Capug.pdf (Chapter 7. Placing, editing, and connecting parts and symbols и Chapter 8. Adding and editing graphics and text). Работа с библиотеками компонентов представлена в разделе «Chapter 11. About libraries and parts», этого же файла.

Разрабатываем (редактируем) принципиальную схему как показано на рис. 6.7.

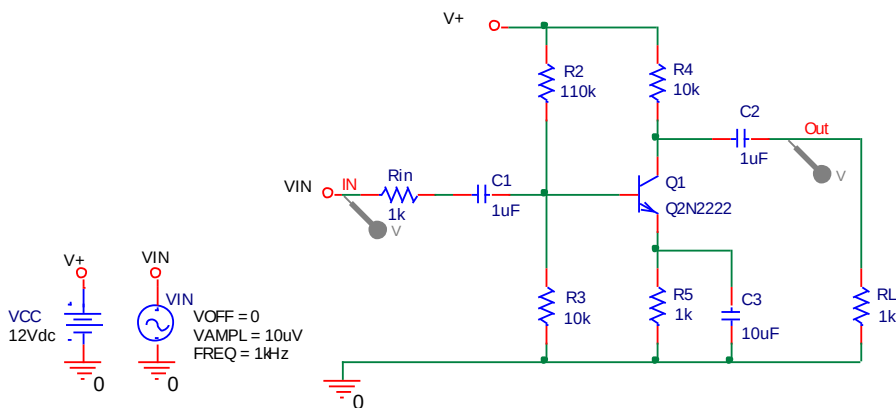


Рис. 6.7. Принципиальная схема усилителя проекта Amplifier_NPN1

Заменяем источник переменных сигналов на независимый источник напряжения синусоидальной формы VSIN, удалив предыдущий источник. Переименуем источники, как VCC и VIN. Для этого достаточно щелкнуть по их именам мышью и в окне **Display Properties** отредактировать имена.

Удалим символ беспроводного соединителя OFFPAGE-LEFT_L (или R) и вместо него скопируем и установим VCC_CIRCLE-беспроводный (беспроволочный) символ контакта. Копируем символы контактов и используем их при создании принципиальной схемы. Символ контакта удобно использовать в многокомпонентной схеме для подключения тех или иных компонентов, включая подключение альтернативно используемых компонентов. Приоритет символа контакта выше, чем у соединения по одинаковым именам цепей. В нашем случае (см. рис. 6.7.) к входу усилителя подключен источник VIN.

В качестве транзистора выберем имеющийся в библиотеке EV-AL и широко применяемый на практике компонент 2N2222. Позиционное обозначение биполярных транзисторов – Q. Имеет смысл воспользоваться именно этим обозначением.

Резисторы и конденсаторы используем стандартные, содержащиеся в библиотеке ANALOG. Величины сопротивлений для резисторов можно указывать с добавлением единиц измерений или без них, только с приставками, указывающими масштаб кратных и

дольных единиц. Для лучшей наглядности и понимания схемы можно добавить символы единиц измерений, например для конденсаторов указывать емкость с указанием приставки и символа единиц измерений (фарады).

Установим параметры источника сигналов VIN или проверим установку параметров в случае использования подготовленной ранее схемы. Для этого необходимо воспользоваться редактором свойств (Properties) в окне **Property Editor**. Вызов редактора осуществляется для любого выделенного компонента схемы (щелчком по левой клавиши мыши). Далее щелчком правой клавиши вызывается меню, в котором выбирается опция Edit Properties...

Вид редактора свойств Property Editor для источника сигналов VIN представлен на рис. 6.8.

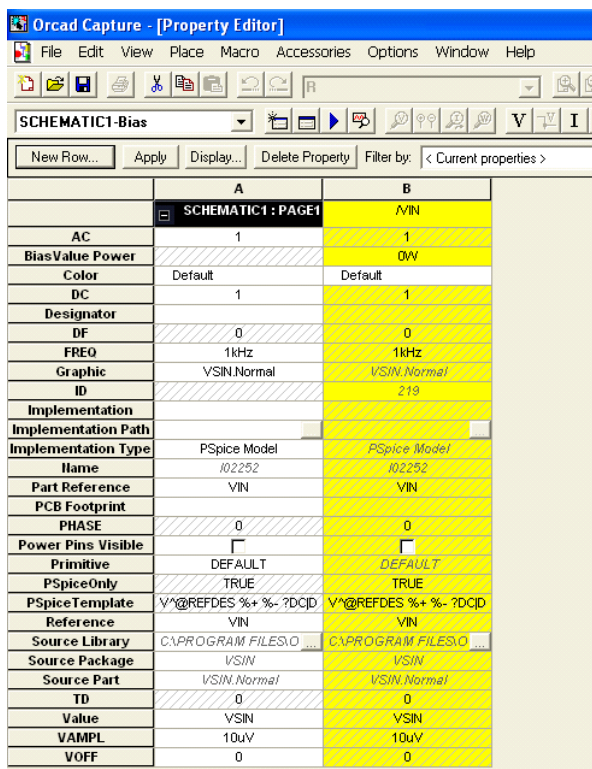


Рис. 6.8. Окно редактора **Property Editor** для VIN

Позиционное обозначение источника VSIN введем как VIN, параметры AC и DC обозначим как 1.

Редактор свойств может иметь вид вертикальной таблицы, как показано на рис. 6.8, или горизонтальной таблицы. Переключение видов таблиц осуществляется по выбору опции или команды **Pivot**, в меню, вызываемой правой кнопкой мыши при позиции курсора в заголовке таблицы.

Как показано на рис. 6.8 у компонентов может быть много свойств и атрибутов, предназначенных для использования в разных видах и типах проектов. На рис. 6.8 показаны все свойства «<Current Properties>», однако перечень выводимых в таблицу свойств можно ограничить путем введения фильтрации (ограничения) вывода свойств. В проектах, предназначенных для PSpice-моделирования, перечень свойств ограничивается путем активизации фильтра Orcad-Pspice, как показано на рис. 6.9.

Выбор фильтра осуществляется в опции меню «Filter by:» редактора Property Editor.

Внимание!

Особое внимание необходимо обратить на возможность добавления новых свойств по выбору пользователя. Не рекомендуется включать опцию «always show this column/row in this filter» для нового свойства. в противном случае удалить новое свойство будет сложно и оно будет применяться во всех схемах, что затруднит работу с другими схемами.

В целом не рекомендуется использовать добавление новых свойств и атрибутов пользователя без особых на то причин. Практика работы с пакетом программ OrCAD показывает, что просто так удалить введенное свойство и вернуться к исходному состоянию компонентов не удастся. Имеется возможность удалить ненужные настройки пользователя такого рода путем прямого редактирования файла prefprop.txt. Этот файл находится в поддиректории \Capture установочной директории пакета программ. Редактировать этот файл и настраивать с его помощью систему рекомендуется только опытным пользователям.

В любом случае, рекомендуется создать резервную копию этого файла и при необходимости заменять рабочий файл на его резервную копию.

Тем не менее, возможность редактирования и создания новых свойств в пакете программ предусмотрена. На рис.6.9 кроме результатов работы фильтра «OrCAD-PSpice» свойств компонента VIN показано окно **Add New Row** введения новых свойств этого компонента.

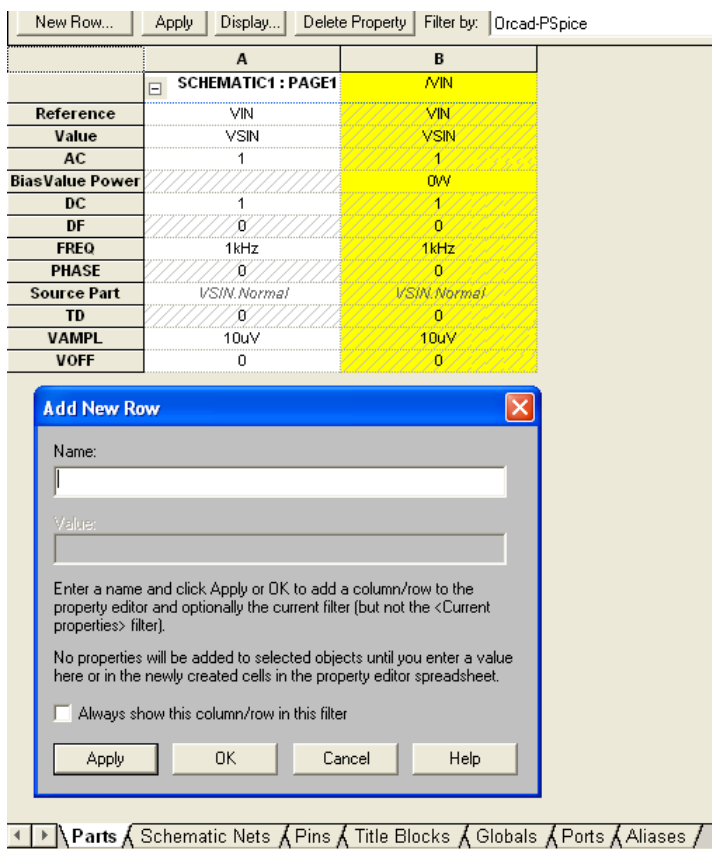


Рис. 6.9. Пример редактирования и добавления новых свойств

Вернемся к принципиальной схеме. Обратите внимание на шрифт комментариев для принципиальной схемы. Изначально, в загружаемом автоматически проекте, используется шрифт Courier New, начертание обычное, размер 6. Рекомендуется стараться использовать этот тип шрифта, меняя при необходимости размер.

Можно русифицировать надписи формируемые пользователем, выбрав набор символов Cyrillic и используя стандартные переключения клавиатуры Windows.

Примечание.

В нерусифицированных версиях Windows символы кириллицы нормально отображаться не будут.

Осуществим прокладку электрических цепей, как показано на рис.6.7. Создание одиночных электрических соединений осуществляется по команде **Place wire**.

Введем имена входной цепи как IN и выходной как Out. Выбор цепи для введения имени осуществляется щелчком левой клавиши мыши, а редактирование имени осуществляется по команде: **Place net alias**. Или же может осуществляться выбор пиктограммы панели инструментов с обозначением «N1». По этой команде появляется окно редактирования имен цепей, как показано на рис. 6.10.

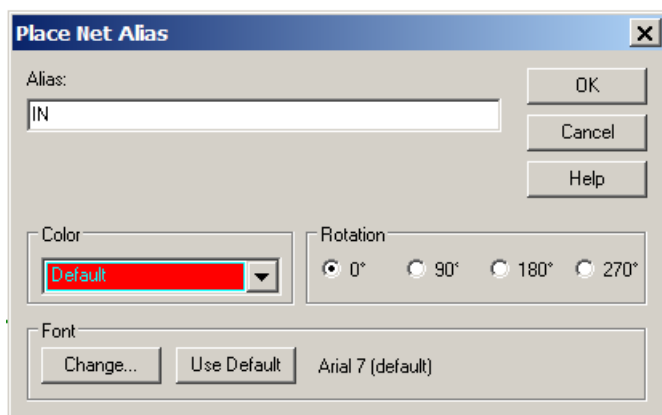


Рис. 6.10. Окно редактирования имен цепей

Далее установим маркеры напряжений с использованием команды **Voltage/Level Marker**.

Внимание!

Периодически, в ходе работы по созданию и редактированию схемы, а также в конце работы сохраняем проект.

Краткие итоги.

Итак, нами создана принципиальная схема проекта Amplifier_NPN1, предназначенная для PSpice-моделирования, осуществлены основные настройки компонентов и цепей для проведения расчетов.

Задание 2

Познакомьтесь с рекомендованной литературой.

Остановитесь (можно пока и предварительно) на определенном стиле принципиальной схемы проекта Amplifier_NPN1, удобном Вам. Выбранный стиль не должен противоречить порядку и правилам проектирования принципиальных схем в САПР OrCAD и принципиальных схем для PSpice-расчетов. Более подробно порядок и правила создания принципиальных схем, а также имеющиеся ограничения, будут рассматриваться далее в изучаемых темах. Подготовьте свой вариант схемы или оставьте предложенный преподавателем.

Начните подготовку файла отчета. Воспользуйтесь левой кнопкой мыши для выделения фрагмента области рисования и выделите используемую Вами схему. Скопируйте схему в буфер обмена сочетанием клавиш <Ctrl+C> или командой **Edit>Copy**. Включите схему в файл отчета и опишите ее.

Перейдите в окно организатора проекта. Воспользуйтесь отображением иерархической структуры проекта и посмотрите изменения, по сравнению с исходным вариантом. Воспользуйтесь клавишей <Print Screen> или <PrtSc> (печать экрана), сформируйте изображение иерархической структуры вашего проекта, вставьте в отчет и дайте краткие пояснения результатам.

Для выполнения расчетов необходимо провести настройку расчетов, для чего требуется создать и настроить профили моделирования.

Создание профилей моделирования

Откройте принципиальную схему проекта Amplifier_NPN1. Откроется проект или соответствующее окно принципиальной схемы редактора CAPTURE со всеми настройками, с которыми пользователь закрыл его по окончании последнего сеанса работы.

Для проведения расчетов принципиальной схемы редактора CAPTURE необходимо создать и настроить профили моделирования. Профили создаются по команде (выбору меню) **PSpice>New Simulation Profile**. Появляется окно выбора профиля как показано на рис. 6.11.

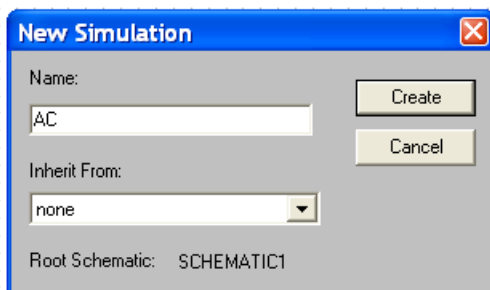
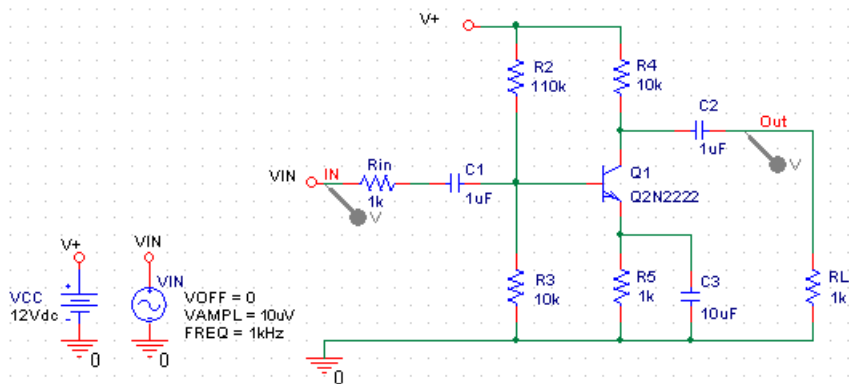


Рис. 6.11. Создание нового профиля

Пользователь может указать имя профиля или выбрать готовый профиль-прототип, используемый при создании нового профиля. По команде **Create** (Создать) создается профиль, для расчетов АЧХ выбирается тип анализа AC Sweep и остальные настройки профиля как показано на рис. 6.12.

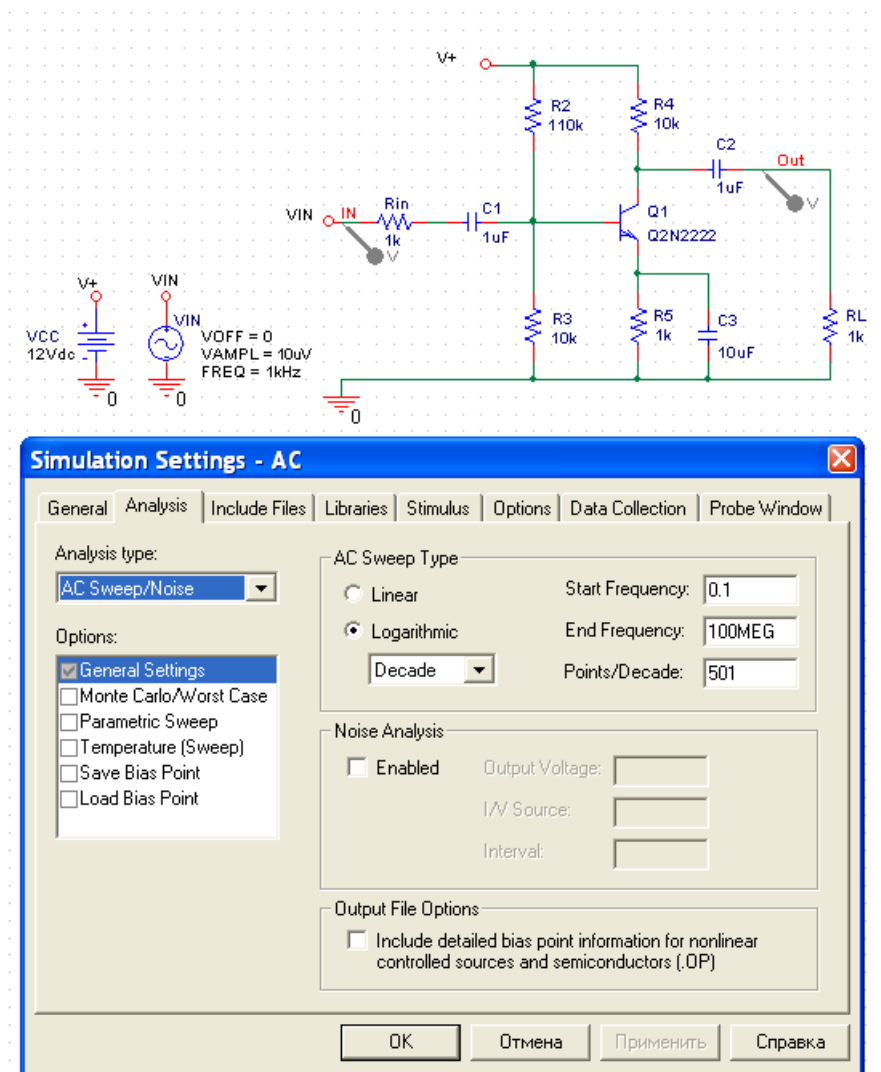


Рис.6.12. Настройки профиля AC Sweep для расчетов АЧХ

Для подтверждения настроек профиля необходимо выполнить команду **Применить** или нажать **ОК**.

Аналогично создаются иные профили моделирования, например, для анализа переходных процессов, как показано на рис. 6.13.

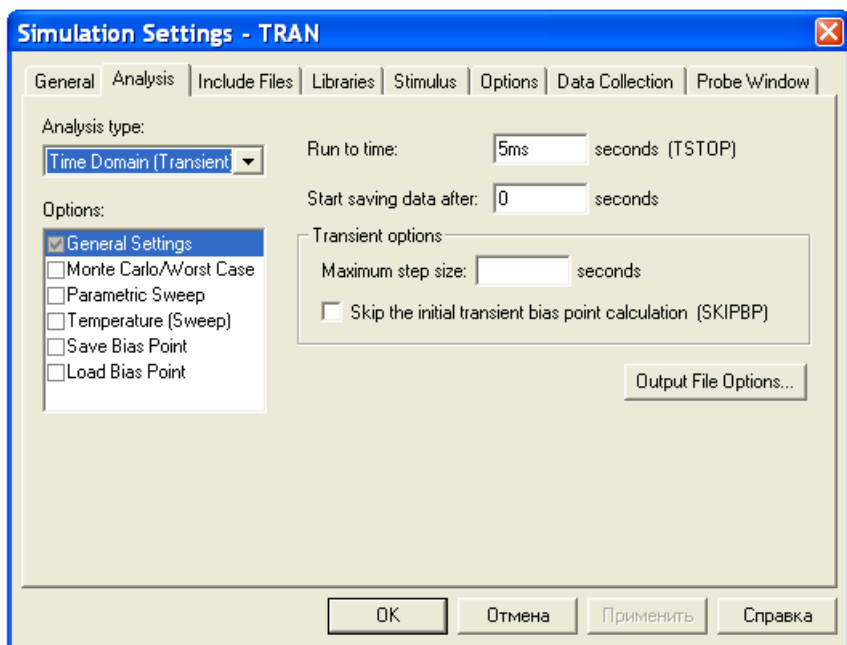


Рис. 6.13. Настройки профиля TRAN для расчетов анализа переходных процессов

Проведение расчетов

Проведите расчеты и получите результаты в виде АЧХ и графика переходных процессов. Занесите выбор настроек и полученные результаты в отчет. Включите отображение напряжений в цепях схемы, затем, то же самое для токов. Сформируйте изображения схемы с токами и напряжениями в отчете, постарайтесь объяснить полученные результаты. Подготовьте и занесите в отчет выходной текстовый файл результатов моделирования, дайте краткие пояснения к нему. Проанализируйте состав и назначение файлов, полученных в рабочей поддиректории после окончания моделирования.

Подготовьте краткий анализ полученных результатов (графических и текстовых). Проанализируйте и объясните величины амплитуд входных и выходных сигналов.

Краткие итоги.

Итак, нами создана принципиальная схема проекта Amplifier_NPN1, предназначенная для PSpice-моделирования, осуществлены основные настройки для проведения расчетов и осуществлено моделирование работы схемы с проведением двух видов анализа: AC и TRAN. Получены результаты в виде выходных графических и текстовых файлов результатов расчетов. Осуществлен анализ полученных результатов.

Задание 3

Познакомьтесь с основными сведениями об импорте-экспорте схем, возможных вариантах обмена файлами (базами данных) разных САПР, как представлено в материалах файла capug.pdf и книги [5]. Обратите внимание на порядок передачи схемы, разработанной в редакторе SCHEMATICS из файла *.sch в проект, реализуемый в редакторе CAPTURE.

Осуществите практические действия по импорту схемы Divider1.sch. Схема Divider1.sch была использована при работе по теме 1. Создайте поддиректорию Import в Вашей рабочей директории, скопируйте туда файл Divider1.sch и осуществите преобразование. Начало преобразование можно осуществить по команде **File>Import Design...**, для нового проекта, созданного в редакторе CAPTURE. Изучите состав файлов в поддиректории, файловую и иерархическую структура проекта Divider1.opj, подключение библиотек, настройку расчетов в профилях моделирования. В случае успешного завершения преобразования файлов проекта в поддиректории Import появится среди прочих файл Divider1.err. Его типичное содержание приведено ниже.

Содержание файла Divider1.err:

```
STATUS: PSpice Schematics to Capture translator (9.2. 226)
STATUS:
STATUS: Translator started at Wednesday, April 21, 2004
21:07:10
STATUS: C:\Program Files\OrcadLite\Capture\sch2cap -f
"C:\Program
```



```
Files\OrcadLite\PSpice\Projects\Work2\Import\Divider1.sch"
-o "C:\Program
Files\OrcadLite\PSpice\Projects\Work2\Import\Divider1.OPJ"
-i C:\WINDOWS\msim_evl.ini -d 00020266 -h -c -z
INFO: Created new design 'C:\PROGRAM
FILES\ORCADLITE\PSPICE\PROJECTS\WORK2\IMPORT\DIVIDER1.DSN'.
INFO: Created new library 'C:\Program
Files\OrcadLite\PSpice\Projects\Work2\Import\Divider1.olb'.
STATUS: Starting schematic C:\Program
Files\OrcadLite\PSpice\Projects\Work2\Import\Divider1.sch
STATUS: Starting page Page1
STATUS: Translator stopped at Wednesday, April 21, 2004
21:07:17
STATUS: 0 Error messages, 0 Warning messages
```

В некоторых версиях пакета САПР вместо конфигурационных файлов `msim.ini` и `msim_evl.ini`, расположенных в поддиректории `C:\Windows`, используется конфигурационный файл `pspice.ini`, расположенный в поддиректории `C:\Program Files\Orcad\PSpice\`. В этом случае соответствующая статусная строка файла `Divider1.ert` может выглядеть следующим образом:

```
STATUS: C:\Program Files\Orcad\Capture\sch2cap -f
"C:\Works\PSpice\Remote Training\Divider1.sch" -o
"C:\Works\PSpice\Remote Training\Divider1.OPJ" -i
C:\Program Files\Orcad\PSpice\PSpice.ini -d 000D030A -h -c
-z
```

Осуществите расчеты импортированного проекта с использованием редактора CAPTURE. Познакомьтесь с файлами результатов расчетов.

Осуществите практические действия по импорту схемы `InAm2.sch`, также используемой ранее при изучении темы 1, в проект OrCAD CAPTURE. В случае возникновения проблем с передачей компонентов (из-за неустановленных библиотек), в частности для ОУ ОРА227, разработайте модифицированную схему с использованием другого ОУ, например LM324, назвав новый файл `InAm3.sch`. Осуществите преобразование схемы `InAm3.sch`. Кратко опишите процесс преобразований схемы и возникающие проблемы, подготовьте краткие результаты проведения моделирования нового проекта `InAmp3.ort` с использованием редактора CAPTURE.

Обратите внимание на использование при импорте проекта файла настройки msim.ini (или msim_evl.ini) необходимого для работы PSpice в SCHEMATICS.

Краткие итоги.

Итак, мы научились использовать файлы схем редактора SCHEMATICS для создания аналогичных проектов в редакторе CAPTURE. Далее, мы научились осуществлять расчеты этих проектов в среде OrCAD и редакторе CAPTURE.

Подведение итогов практических занятий по теме 2.

Подготовьте окончательный вариант файла отчета по выполненным заданиям. Сформулируйте вопросы (если они имеются). Представьте преподавателю результаты работы по теме в виде файла отчета, включая и список вопросов, если они имеются.

6.4. Рекомендации по выполнению задания

При изучении материалов по курсу необходимо обратить внимание на следующее. В полной версии OrCAD v.9.2. существуют два редактора принципиальных схем: CAPTURE и SCHEMATICS.

При переходе от моделирования с использованием разработки схем в редакторе SCHEMATICS к проектированию принципиальных схем и проведению моделирования с использованием редактора CAPTURE, а также структуры проекта, характерной для проекта OrCAD, начинающий пользователь может столкнуться с рядом трудностей. Дело в том, что файловая и оконная структура организации проекта в OrCAD достаточно громоздка и сложна в использовании. Начинать изучение процесса PSpice-моделирования с использования редактора CAPTURE, в этой связи, не желательно. За внешней достаточно громоздкой и запутанной подготовкой вполне можно упустить суть обеспечения и проведения расчетов, действительно важных для операций моделирования.

Познакомьтесь с ограничениями демонстрационной версии САПР. Это можно сделать, например, изучив материалы файла Release Notes из папки Orcad Family Release 9.2 Lite Edition, далее пункт меню PSpice Release 9.2 Release Notes и выбор Limits of PSpice Lite. Некоторые примеры, приводимые в технической литературе, не соответствуют этим ограничениям и не могут быть использованы в рамках данного курса. Не используйте эти приме-

ры или пользуйтесь полной версией программных средств. Руководствуйтесь примерами и заданиями, предложенными преподавателем.

Одной из особенностей демо-версий САПР является ограничение на число компонентов библиотек. Обычно число компонентов, которые пользователь может сохранить в собственной или стандартной библиотеке не превышает 15. Этот эффект может проявиться при сохранении файлов проекта в демо-версии OrCAD. В случае отказа от сохранения файлов из-за ограничения файлов в открытых библиотеках рекомендуется их закрыть, удалив все строки поддиректории Library.

Редактор CAPTURE и другие программы САПР OrCAD, связанные с PSpice-расчетами, не русифицированы, однако допускают использование символов кириллицы в комментариях и пояснительных надписях. Не рекомендуется использовать кириллицу в именах файлов, позиционных обозначениях, именах цепей, атрибутах и в др. служебной информации.

Особое внимание необходимо обратить на следующее.

При создании ряда графических элементов, возможно, придется отключить привязку курсора к сетке рабочего поля (дискретность перемещения становится равной 1/10 клетки). Привязку можно отключить, выбрав пункт меню Options подпункт Preferences... Далее необходимо выбрать закладку Grid Display и в разделе Part and Symbol Grid сбросить флажок Pointer snap to grid. То же самое можно осуществить, нажав на специальную кнопку в верхней панели инструментов (рис. 6.14).



Рис. 6.14. Включение или отключение привязки курсора к сетке рабочего поля

После отключения привязки соответствующий значок панели инструментов становится красным. Редактирование связей и размещение символов в этом режиме может привести к отсутствию правильного соединения и отсутствию гарантированных электрических связей между компонентами и соединительными линиями после перехода в основной режим и редактирования в нем. Это, в свою очередь, несет опасность неверного формирования списка цепей и файла соединений. Рекомендуется использовать отключение привязки к сетке только для оптимального и точного расположения позиционных обозначений имен и номиналов компонентов, видимых атрибутов и имен цепей, а также текстовой информации.

При выполнении импорта схемы OrCAD CAPTURE обязательно полностью подготовьте схему проекта в редакторе SCHEMATICS. Далее рекомендуется провести моделирование для этой схемы. Основные настройки процесса моделирования должны присутствовать в файле msim.ini. Для варианта использования САПР с установкой DesignLab таким файлом является файл msim_evl.ini, расположенный в поддиректории C:\Windows. Это обычный текстовый файл, доступный для просмотра и редактирования. Откройте его и посмотрите основные настройки. При возникновении проблем с импортом-экспортом, а также некоторых других проблем с работой SCHEMATICS этот файл можно и нужно модифицировать вручную.

Внимание!

Поддиректория C:\Windows содержит жизненно важные для работы ОС ПЭВМ файлы. Любая модификация таких файлов может привести к глобальным отказам в работе компьютера.

Рекомендуется проводить редактирование файлов из поддиректории C:\Windows, после их копирования в другие поддиректории с обязательным сохранением резервных копий.

7. ПРАВИЛА PSPICE - МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

В разделе 7 рассматриваются правила PSpice-моделирования электронных схем в САПР OrCAD с использованием редактора CAPTURE.

7.1. Этапы процесса моделирования

Процесс моделирования электронных схем можно представить как выполнение следующих действий:

- подготовка эскиза принципиальной схемы;
- выбор компонентов;
- разработка (редактирование) изображения схемы;
- настройка параметров компонентов;
- настройка параметров моделирования;
- проверка схемы;
- проведение расчетов и получение результатов;
- проверка правильности выполнения расчетов;
- корректировка схемы и настройки параметров моделирования по результатам проведения расчетов;
- получение и анализ результатов моделирования.

Действия по разработке схемы предусматривают создание изображения принципиальной схемы с использованием графического редактора САПР. Выбор необходимых для создания принципиальной схемы компонентов, процесс редактирования схемы, настройка параметров компонентов и моделирования, а также проверка схемы носит название разработки или подготовки проекта. Принципиальная схема, используемая для моделирования, как правило, отличается от той, которую обычно используют в отчетных документах и при проектировании печатных плат. Поэтому рекомендуется непосредственное создание и редактирование схемы средствами САПР предварить эскизным рисунком схемы, например, просто на листе бумаги. Такой эскиз, в общем случае, может носить характер блочной или функциональной схемы изделия.

Далее необходимо выбрать компоненты, используемые для моделирования. Идеально, если компоненты, имеющиеся в библиоте-

ке САПР, прямо совпадают с компонентами, используемыми в реальной схеме. При этом желательно использовать в качестве модели, модель (и компонент), разработанную непосредственно фирмой-изготовителем реального компонента. Для этого можно либо использовать соответствующие библиотеки уже имеющиеся в составе САПР, либо воспользоваться моделями компонентов, представленными в технической документации фирмы, например на Интернет-сайте или компакт-диске фирмы. В том случае, если выбранных компонентов нет в библиотеках и получить их нереально, можно воспользоваться близкими аналогами. Такая ситуация часто возникает при использовании отечественной элементной базы для компонентов, имеющих зарубежные аналоги.

Редактирование схемы представляет собой процесс размещения компонентов в поле черчения принципиальной схемы, соединение контактов компонентов проводниками (электронные цепи, проводники, трассы), именование цепей, корректировку номиналов компонентов и позиционных обозначений, настройку параметров компонентов.

Далее необходимо настроить параметры моделирования компонентов, создав профили моделирования и указав маркерами точки съема сигналов с их последующим отображением в постпроцессоре PROBE. При необходимости следует настроить и параметры работы самого постпроцессора.

Перед запуском схемы на расчеты рекомендуется проверить правильность схемы с помощью проверки DRC, а также правильность экстракции и создания списка цепей по команде **PSpice>Create Netlist** и **PSpice>View Netlist**.

Во время проведения расчетов необходимо отмечать все сообщения и постараться запомнить основную информацию, показывающую особенности проведения моделирования, особое внимание обращая на предупреждения и ошибки. Следует также обратить внимание на время проведения расчетов. Если задано слишком большое время отображения результатов моделирования переходных процессов Transient Analysis, есть смысл прервать расчеты и оценить ситуацию с возможными коррективами настроек. В некоторых случаях сложные схемы, особенно с наличием нескольких индуктивностей, требуют большого времени проведения расчетов. В целом большое время выполнения расчетов с длительными

остановками в отдельных областях характеристик является верным признаком попыток решить проблему сходимости расчетов и предвестником того, что сходимость результатов на грани срыва. После моделирования желательно проверить сообщения в окне **Session Log** и убедиться в отсутствии неожиданных сообщений в текстовом файле результатов моделирования.

Проверку правильности проведения расчетов можно осуществлять в две стадии. Первой стадией можно считать разумные и предсказуемые значения, полученные в ходе предварительного анализа графических и текстовых результатов моделирования. Далее более подробно следует подойти к анализу данных текстового файла результатов моделирования. Основнуюстораживающую и негативную информацию о проведении расчетов и достоверности результатов, не выявленную на первой стадии, можно получить именно из этого файла.

При необходимости, после предварительного анализа результатов можно и нужно корректировать как саму схему, так и ее настройки, включая настройки компонентов и расчетов. Необходимость проведения редактирования схемы и ее настроек может вытекать как из требований проведения расчетов, так и следовать из принципов разработки самой схемы и всестороннего анализа поведения схемы в различных условиях.

После того, как разработчик схемы убедился, что предпринял все шаги для получения достоверных результатов и моделируемая схема работает предсказуемым образом, результат можно считать достигнутым и потраченное на моделирование время использованным с толком. В любом случае, время, затраченное на моделирование существенно меньше времени и сил, затраченных на макетирование и вариацию параметров схемы, воплощенной в «железе». Разумное сочетание макетирования и моделирования способно существенно, в некоторых случаях на порядки сократить время и стоимости разработок.

В связи с вышеизложенным необходимо упомянуть еще два возможных пути реализации схем, предназначенных для моделирования. Одним из них является импорт схемы из других САПР или более ранних версий САПР типа OrCAD или его предшественников от фирмы MicroSim. Прообразы многих нужных разработчику схем можно обнаружить в Интернете.

Для реализации проектов в «железе», когда стоит вопрос о проектировании печатных плат, лучше всего не стараться использовать ту же схему, что и для PSpice-расчетов. Для печатных плат все же желательна своя схема с учетом особенностей именно этой процедуры разработки КД на изделие.

7.2. Подготовка проекта для PSpice-моделирования

Исходной информацией для моделирования поведения электронной схемы путем PSpice-расчетов является эскиз принципиальной схемы моделируемого устройства. Эту схему обычно необходимо переработать и дополнить, указав на ней нагрузки, источники питания, источники сигналов, их внутренние сопротивления, если необходимо - различные паразитные элементы (емкости, сопротивления, индуктивности). Необходимо ввести позиционные обозначения и номиналы компонентов. Весьма желательным является именование цепей в виде, отвечающем особенностям схемы, и удобном для пользователя.

Внимание!

При подготовке схемы проекта необходимо следить за соблюдением некоторых формальных требований к такой схеме, необходимых для того, чтобы:

- *был осуществлен и осуществлен правильно переход от графического изображения схемы к формированию текстового задания на моделирование;*
- *было создано задание на моделирование, соответствующее разработанной принципиальной схеме и максимально соответствующее изначальной идее схемы устройства;*
- *расчет схемы мог быть осуществлен и при расчете решения дифференциальных уравнений сошлись бы;*
- *полученные результаты соответствовали бы с приемлемой точностью поведению формализованного варианта разрабатываемой схемы, предназначенной для PSpice-расчетов;*
- *разработанная схема и ее расчетные параметры в максимальной степени отвечали бы поведению реального устройства с учетом действия всей (или основной) совокупности факторов.*

Формальные требования к разработке принципиальной схемы могут относиться к обязательным, без которых расчеты просто не могут осуществиться или быть достоверными, и рекомендуемыми на которых стоит обратить внимание, чтобы избежать проблем.

Ниже по тексту рассматриваются основные ограничения при разработке схем, возникающие в связи с этим ошибки и некоторые типичные методы их устранения и предотвращения. При этом приводятся примеры схем и предлагаются методы формирования правильного стиля проектирования схем, с учетом возможной практической работы пользователей в дальнейшем с более сложными схемами.

7.2.1. Общая структура принципиальной схемы

С точки зрения общей структуры принципиальной схемы, схема, предназначенная для моделирования, должна иметь следующие составные части:

- источник сигналов;
- нагрузку;
- компонент или компоненты.

Условная структура упрощенного вида элементов электрической схемы представлена на рис. 7.1.



Рис. 7.1. Условная структура принципиальной схемы

В схеме обязательно должны присутствовать источники сигналов. Желательно явно указывать нагрузку в виде нагрузочных

резисторов. В том случае если реальный резистор не должен использоваться, может применяться фиктивный резистор. Источники сигналов и нагрузка также относятся к понятию компоненты. В общем случае в схеме может не быть иных компонентов, кроме источников сигналов и нагрузки (нагрузочного сопротивления).

Сигналы распространяются и считываются относительно «земли» (основное включение) или вычисляется значение друг относительно друга (дифференциальное представление). Для обозначения опорного нулевого потенциала может использоваться специальный компонент или компоненты `ground part named 0 (zero)`. Заменить этот компонент может прямое именование в тексте задания на моделирование выбранной цепи как нулевой.

Питание активных компонентов может быть организовано с использованием источников сигналов, например, с использованием постоянных или DC-источников напряжения или тока. При этом должны быть проложены линии подачи токов и иметься подключения к цепи 0 (линии возврата токов). На рис.7.1 источники питания в явном виде не показаны. Источники сигналов считаются идеальными, они могут отдавать любые токи в нагрузку (по постоянному току, в том числе и независимо от частотного диапазона сигналов).

Цепи или сигнальные линии также считаются идеальными линиями связи, обеспечивают передачу сигналов без искажения и задержки, имеют нулевое сопротивление, для них отсутствуют понятия емкости и индуктивности.

7.2.2. Реализация проекта, состоящего из нескольких схем

В рамках работ по созданию и редактированию одной схемы возможно реализация в виде многолистовой схемы (PAGE1, PAGE2...), относящейся к схеме SCHEMATIC1 проекта PROJ_NAME. Приблизительно так выглядит и основная конструкция файловой структуры проекта. Иерархическая структура проекта будет показана для текущей активной (Root, корневой) схемы проекта. Если схема SCHEMATIC1 предназначена для PSpice-моделирования, после соответствующей настройки можно осуществлять запуск расчетов. Файлы результатов будут включать в себя имя проекта, имя схемы и вид расчетов.

В САПР OrCAD моделирование работы отдельных страниц схемы не предусмотрено. Если требуется изучить работу разных вариантов схемы, относящейся к одному проекту, то может потребоваться вносить изменения в схему при сохранении достигнутых результатов предыдущих версий. В этом случае можно каждый раз создавать новый проект с одной схемой и изучать работу схемы текущего проекта. Такая реализация проекта (точнее проектов) довольно громоздка и требует значительных затрат по времени и месту на диске на создание многочисленных рабочих директорий, выбора имен и контроля состояния файлов, а также настроек новых проектов.

Альтернативой многочисленным новым проектам может явиться создание нескольких схем, относящихся к одному проекту. Если в рамках одного проекта требуется изучить несколько схем, то в САПР OrCAD допускается разработка и расчет параметров нескольких схем, которые, в свою очередь, могут состоять и из многостраничных схем.

Для создания новой схемы в проекте с именем, например PROJ_NAME (SCHEMATIC1 присутствует изначально), откройте окно организатора проекта **Orcad Capture – Lite Edition – [PROJ_NAME.opj]**. Должна отображаться файловая структура проекта. Если нет, вызовите отображение файловой структуры. Обратите внимание на файловую структуру проекта (многостраничную структуру).

Предположим, что нам потребуется создать проект DSN_Rules. И в рамках этого проекта у нас будет несколько схем: RC, NoInv, Floating, Z0, Inv. Для реализации этого проекта в окне организатора проекта **Orcad Capture – Lite Edition – [DSN_Rules.opj]** необходимо создать пять схем SCHEMATIC1, SCHEMATIC2, SCHEMATIC3, SCHEMATIC4 и SCHEMATIC5. В каждой из них будет по одной странице схемы Page1. Выделим полоской dsn_rules.dsn в иерархии файловой структуры и по команде **Design>New Schematic...** создадим новые схемы. Для каждой схемы нужно создать страницы Page1, для этого можно воспользоваться командой **Design>New Schematic Page...**, предварительно выделив полоской ту схему, для которой создается страница. Корневой (Root) схемой пока является SCHEMATIC1, в списке схем она помечена папкой с символом «/» . Далее можно переименовать схемы в RC, NoInv,

Floating, Z0, Inv. Это делается по команде **Design>Rename...** для выделенной схемы. После этого можно перейти в страницу Page1 для каждой схемы создать соответствующие схемы. Или скопировать их из имеющихся схем.

Перед запуском на выполнение расчетов потребуется создать профили настроек моделирования для каждой схемы или воспользоваться одним общим профилем, каждый раз модифицируя его под требования расчетов конкретной схемы. Профили создаются в активной корневой схеме при открытой странице схемы по команде **PSpice>New Simulation Profile**. Можно создать полностью новый профиль, а можно воспользоваться копированием готового профиля, под новым именем и с возможными модификациями. В проекте DSN_Rules.opj профили настроек должны быть реализованы под каждую схему. Список профилей можно увидеть в поддиректории Simulation Profiles окна организатора проекта. В профилях содержится вся необходимая настроечная информация для расчета схемы и расположение маркеров, поэтому есть смысл создавать свой профиль для каждой схемы.

Для запуска на выполнение расчетов потребуется сделать схему корневой, а соответствующий профиль активным. Для того чтобы, например, схему Floating сделать корневой, нужно сохранить проект, выбрав в окне организатора проекта **Orcad Capture – Lite Edition – [DSN_Rules.opj]** указатель Design Resources и выполнив команду **Save**. Далее выделить схему Floating и выполнить команду **Design>Make Root**. После этого необходимо сделать активным соответствующий профиль, для чего выбрав профиль нужно выполнить команду **PSpice>Make Active**. Активный профиль помечается красной буквой P! с восклицательным знаком.

Можно сразу сделать схему корневой, а профиль активным по одной команде **PSpice>Make Active** для соответствующего выбранного пользователем профиля.

7.2.3. Правила работы с компонентами

Для использования компонентов при создании принципиальной схемы необходимо вызвать компонент из библиотеки или скопировать его из существующей схемы (части схемы). Для правильного использования компонентов необходимо указать (ввести) его пози-

ционное обозначение и, при необходимости, настроить его параметры (атрибуты).

Настройка параметров может носить характер редактирования номиналов для R, L, C и некоторых других компонентов. Для таких компонентов как источники сигналов настройка параметров заключается в настройке формируемых сигналов. Существуют настройки на параметры реальных кабелей или проводников для таких компонентов как линии передач. Существуют компоненты, для которых обычно нет необходимости настраивать их параметры. К числу таких компонентов можно отнести диоды, транзисторы, операционные усилители, цифровые элементы и некоторые другие компоненты. Для отдельных компонентов существуют разновидности их моделей, учитывающие поведение этих компонентов в различных температурных диапазонах, под воздействием ионизирующих излучений и др. Некоторые библиотеки цифровых компонентов учитывают разные (минимальные, максимальные и типичные) задержки распространения сигналов.

Внимание!

При настройке параметров и введении позиционных обозначений важно не перепутать один атрибут с другим, а также с позиционным обозначением. Практика показывает, что для редактора CAPTURE в этом смысле нет ничего невозможного, подмена атрибутов осуществляется на удивление легко. И не всегда легко выявляются и устраняются связанные с этим ошибки.

Общие правила введения позиционных обозначений

Позиционные обозначения на принципиальной схеме должны быть уникальными для каждого компонента. После копирования-вставки существующего символа или после вызова символа из библиотеки необходимо изменить его позиционное обозначение (Reference или Reference Designator). Например, при вызове конденсатора его изображение имеет вид, как показано на рис. 7.2.



Рис. 7.2. Вид конденсатора при его вызове из библиотеки ANALOG

Позиционное обозначение находится на этом рисунке над изображением компонента. Если необходимо, позиционное обозначение можно редактировать. Для этого можно щелкнуть мышью по позиционному обозначению. Откроется окно **Display Properties** отображения и редактирования атрибутов (свойств) компонента для редактирования имени или значения (Value) позиционного обозначения (Part Reference), см. рис. 7.3.

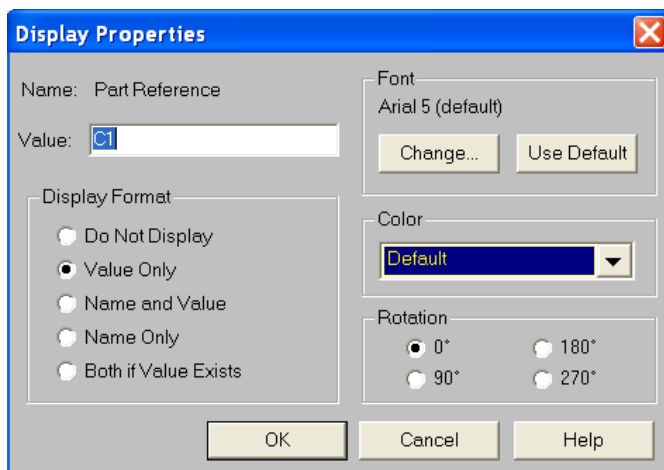


Рис. 7.3. Вид окна **Display Properties** отображения и редактирования атрибутов (свойств) компонента

Значение (Value) можно изменить, можно удалить, можно вывести полную строку свойств, выбрав опцию Name and Value. В этом случае компонент приобретает следующий вид, как показано на рис.7.4.

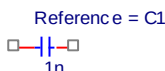


Рис. 7.4. Вид компонента с выведенной полной строкой свойств Reference

Позиционное обозначение, равно как и некоторые другие атрибуты, можно удалить, например, по нажатию клавиши . Такие компоненты без позиционного обозначения трудно исполь-

зовать. В сложной схеме с множеством одинаковых типов компонентов трудно понять, что из предупреждений или результатов вычислений относится к какому компоненту и где он расположен. Если позиционное обозначение было установлено для компонента правильно, но затем было удалено или запрещено его отображение после выбора опции Do Not Display, расчеты осуществляться могут, ошибок не происходит. Восстановление исходного положения с отображением позиционного обозначения возможно после вызова редактирования свойств компонента (Edit Properties..) и выбора опции Value Only.

Примечание.

В отличие от предыдущих, для новых версий программ расчетов обязательно, чтобы позиционные обозначения компонентов начинались с первого символа имени, определенного (зарезервированного) для данного типа компонента в синтаксисе задания на моделирование. Программа подготовки задания на моделирования сама проставит нужный символ автоматически, исходя из свойств компонента.

Например, в тексте задания на моделирование нагрузочный резистор RLoad, номиналом 10 кОм, подключенный к выходной цепи и «Земля» (Out-0) может иметь вид: R_Load 0 OUT 10k.

Место расположения позиционного обозначения должно располагаться вблизи компонента по выбору пользователя в соответствии с удобством чтения схемы, исходя из взаимного расположения по отношению к другим компонентами и в соответствии с выбранным пользователем общим стилем разработки схем. Передвигать позиционные обозначения можно мышью, допускается вращение символов позиционных обозначений.

Если в схеме присутствуют компоненты с одинаковыми позиционными обозначениями, например два источника напряжения с именем VP+, при попытке запуска расчетов их выполнение прерывается после создания файлов *.net, *.als *.mrk и внесения изменений в файл *.dsn. Очевидно, что программа обеспечения расчетов останавливается на этапе подготовки к расчетам, то есть даже до создания файла задания на моделирование, фактически после создания (экстракции) списка цепей и имен компонентов, а также проверки на правильность использования этих элементов принци-

пиальной схемы. Останов работы сопровождается предупреждающим сообщением, как показано на рис.7.5.

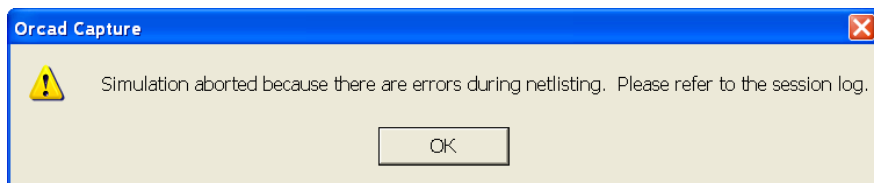


Рис. 7.5. Вид предупреждения о прекращении расчетов в связи с ошибкой в списке цепей

После переключения в окно **Session Log** получаем строку сообщения:

ERROR [NET0051] Duplicate reference found 'VP+'

об ошибке в связи с дублированием позиционного обозначения компонента VP+.

Внимание!

Для того, чтобы избежать появления ошибок и гарантированно обеспечить правильное использование компонентов и цепей, желательно проведение проверок и предварительных настроек проверок до выполнения расчетов и по установленным пользователем настройкам проверок.

Помочь в выявлении такого рода ошибок может проверка правил выполнения проекта Design Rules Check (DRC). DRC-проверка может настраиваться и запускаться из окна организатора проекта **Orcad Capture – Lite Edition – [PROJ_NAME.opj]** по команде выбора меню **Tools> Design Rules Check**. При этом полоска выбора элементов файловой структуры проекта должна указывать на PROJ_NAME.dsn или указывать на выбор одной из схем PROJ_NAME.dsn. Далее можно настроить параметры проверок DRC или ERC и выполнить выбранные проверки.

При запуске программы расчетов (моделирования) DRC-проверка выполняется автоматически с установленными заранее настройками и конфигурацией проверок. Если настройки не проводились, используются значения по умолчанию. Отчет о проверках заносится в файл *.drc и отображается в виде строк сообщений в окне **Session Log**. Места расположения ошибок на схеме по выбору

настроек пользователем могут отображаться специальными DRC-маркерами в виде зеленого кольца.

Общие правила введения и редактирования номиналов компонентов

Для ряда компонентов, например R, C, L и некоторых других, при создании принципиальной схемы необходимо указывать величины их номиналов (Value). Основные правила введения и редактирования номиналов вытекают из особенностей синтаксиса входного языка PSpice-расчетов.

Для практической отработки правил введения и редактирования номиналов компонентов воспользуемся схемой RC проекта DSN_Rules. Внешний вид схемы представлен на рис. 7.6.

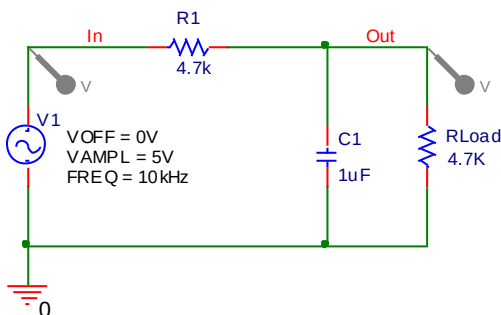


Рис. 7.6. Схема RC проекта DSN_Rules (Первоначальный вид)

Схема представляет собой RC-цепочку (пассивный фильтр, интегрирующая цепочка) на основе резистора R1 и емкости C1 с подключенным нагрузочным резистором RLoad. На входе схемы установлен источник. Обратите внимание на то, что номиналы резисторов R1 и RLoad отличаются строчной и прописной буквами приставок, обозначающих масштабные коэффициенты единиц измерений. В данном случае, с точки зрения PSpice-расчетов, не имеет значение строчные это буквы или прописные. Правильным стандартизованным написанием является строчная буква «k», однако в реальных схемах лучше может смотреться и читаться большая прописная буква «K». Окончательный выбор стиля напи-

сания остается за пользователем, разработчиком схемы или представителями нормоконтроля, например.

Совсем необязательно предоставлять единицы измерений, как это сделано для конденсатора C1, где его величина емкости выглядит как 1uF (1 микрофарада, microfarad). Однако, в больших схемах с плотной компоновкой элементов, желательно сразу различать к какому типу компонентов относятся те или иные атрибуты. Помочь несколько упорядочить всю картину может проставление значений единиц измерений для отдельных типов компонентов, например емкостей.

Схема RC проекта DSN_Rules готова к моделированию. Воспользуемся профилем моделирования (Simulation Profile) с именем RC-Profile1. Сделаем его активным или создадим его, в случае его отсутствия, в следующем виде, предназначенном для проведения AC-Sweep анализа (построения АЧХ), как показано на рис. 7.7.

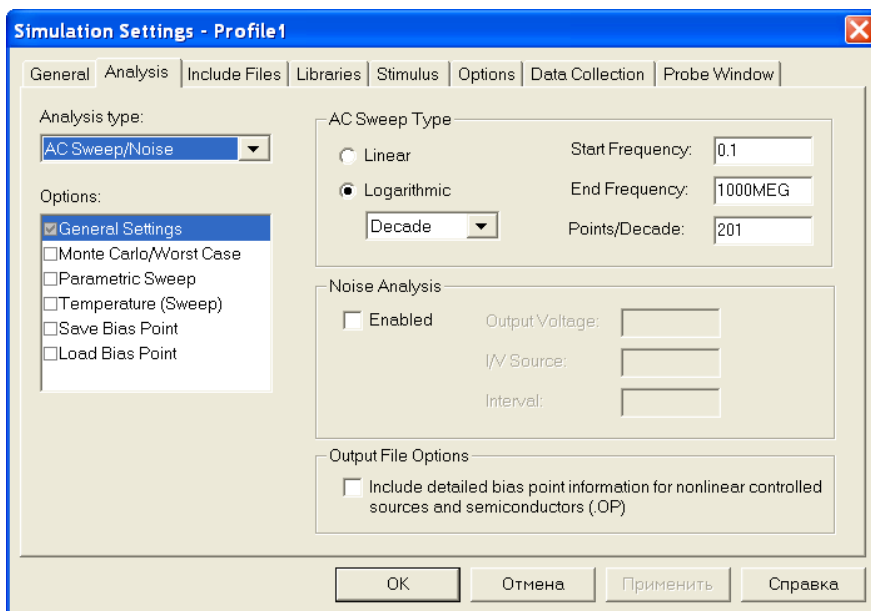


Рис.7.7. Настройка частотного анализа первоначального варианта схемы RC

После запуска на выполнение расчетов получается график АЧХ, как показано на рис. 7.8.

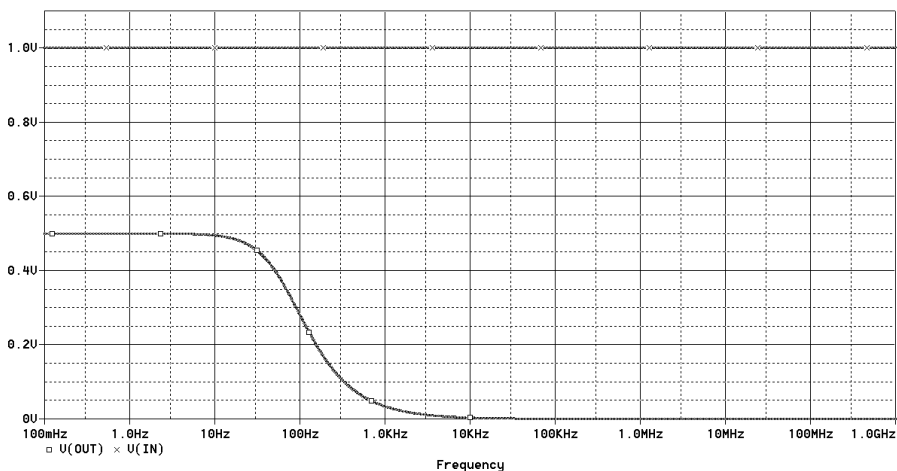


Рис. 7.8. АЧХ напряжений на входе V(IN) и выходе V(OUT) первоначального варианта схемы RC

В соответствии с параметрами АЧХ, форма сигналов на входе и выходе схемы для гармонического сигнала (синусоидального напряжения) частотой 10 кГц должна сильно отличаться.

Проверим это утверждение. Для этого переключимся в окно настройки анализа переходных процессов Time Domain (Transient) профиля Profile1. Проверим установку настроек анализа переходных процессов. Анализируется форма сигнала в диапазоне времени от 0 до 200 мкс. При этом число выводимых точек графиков определяется размером максимального шага 1мкс, задаваемого дополнительно в окне **Maximum Step Size** (рис.7.9).

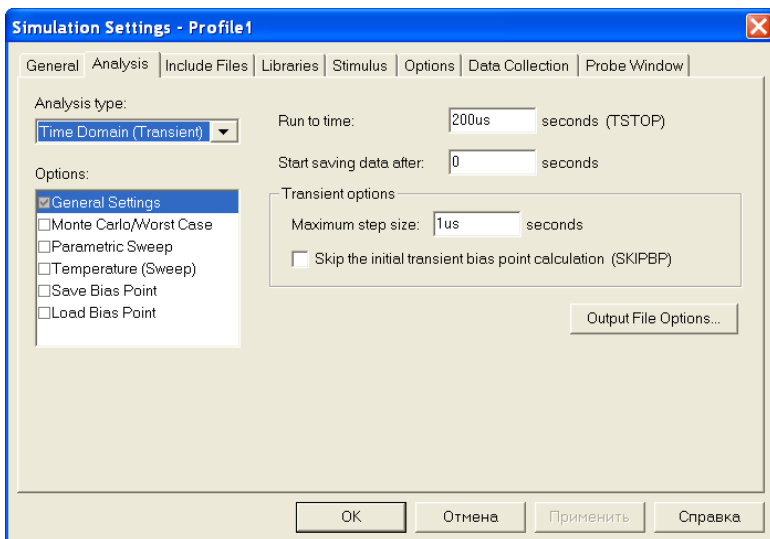


Рис. 7.9. Настройка анализа переходных процессов первоначального варианта схемы RC

В результате расчетов получаются кривые формы сигналов (графики переходных процессов), как показано на рис. 7.10.

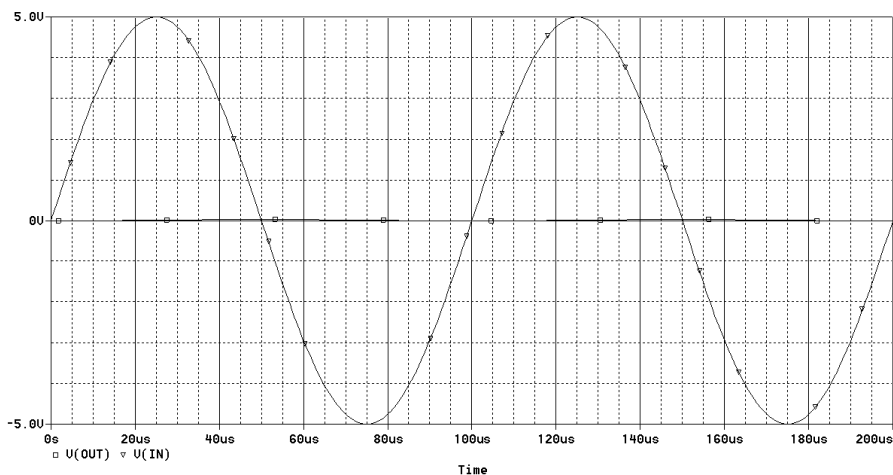


Рис. 7.10. Форма сигналов напряжений первоначального варианта схемы RC

Полученные кривые переходных процессов не совсем ясно отражают картину формируемых сигналов. Сигнал на выходе $V(\text{Out})$ желательно рассмотреть более подробно в увеличенном масштабе. Для этого можно воспользоваться возможностью постпроцессора PROBE по формированию нескольких графиков в одном окне. По команде **Plot> Add Plot to Window** формируется новый график в общем окне. Поле рисования окна графика пока пустое, полоска указания (выбора) активного окна **SEL>>** указывает на него. Можно вызвать требуемое изображение стандартным путем, по команде **Trace> Add Trace**, однако легче всего переместить существующие графики путем копирования указателя $V(\text{IN})$, в буфер обмена и последующей вставки его в нужном окне.

Получился новый график как показано на рис. 7.11.

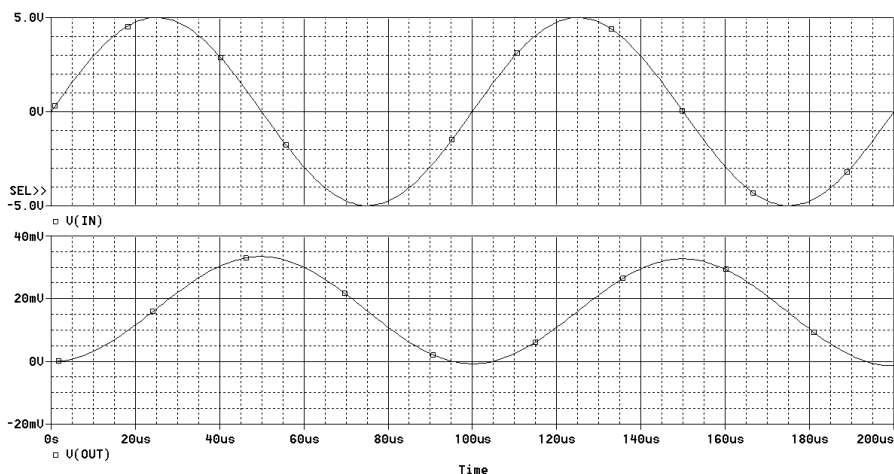


Рис. 7.11. Двухоконная диаграмма АЧХ напряжений на входе $V(\text{IN})$ и выходе $V(\text{OUT})$ первоначального варианта схемы RC

При анализе полученных результатов необходимо обратить внимание на масштаб графика $V(\text{OUT})$ по оси Y и задержку распространения сигнала. Для более полного анализа картины событий необходимо также изменить масштаб по оси X, чтобы рассмотреть несколько волн синуса, так как не совсем понятным является смещение сигнала графика $V(\text{OUT})$ в положительную плоскость. Постарайтесь ввести необходимые изменения и провести соответ-

ствующие расчеты. Эти изменения и построение зависимости формы сигнала с объяснением результатов рекомендуется провести самостоятельно.

Возвращаемся к теме использования номиналов. Предположим, что величина нагрузочного сопротивления RLoad должна составлять 4,7 МОм (мегаом). Проставим размерность 4.7M. С точки зрения подготовки принципиальной схемы по ЕСКД такая запись допустима, более того, является чуть ли не единственно правильной (если не принимать во внимание десятичную точку, принятую в англоязычной литературе). С точки зрения проведения расчетов - это очевидная неточность, ведущая к ошибке в схеме, точнее к неправильному пониманию схемы программой расчетов. В этом можно убедиться, посмотрев реакцию программы расчетов. Полученная схема представлена на рис. 7.12.

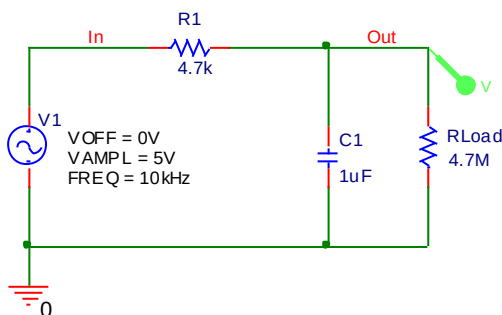


Рис. 7.12. Схема RC проекта DSN_Rules (вариант с RLoad 4.7M)

Настроим профиль моделирования на получение АЧХ и запустим расчет. В результате получается график АЧХ, как показано на рис. 7.13.

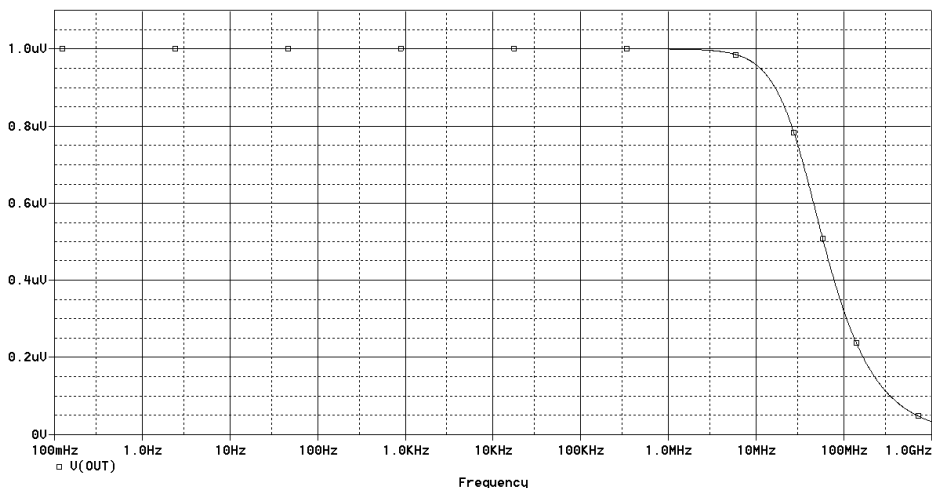


Рис. 7.13. АЧХ напряжений на выходе V(OUT) схемы RC проекта DSN_Rules (вариант с RLoad 4.7M)

Никаких предупреждающих сообщений, расчеты завершены нормально. Сообщение в **Session Log** выглядит следующим образом.

```

Creating PSpice Netlist
Writing PSpice Flat Netlist C:\PROGRAM
FILES\ORCADLITE\PSPICE\PROJECTSWORK3\DSN_RULES-RC.net
PSpice netlist generation complete

```

В тексте задания на моделирования резистор RLoad вводится как: R_RLoad 0 OUT 4.7M.

На первый взгляд все нормально и расчет проведен правильно, в полном соответствии с требованиями разработки схемы и идеями разработчика.

Однако обратимся к правилам обозначения параметров компонента, в частности к использованию приставок для образования кратных и дольных единиц (см. табл. 4-6). Получается, что запись RLoad 4.7M с учетом того, что строчные и прописные буквы не различаются, означает сопротивление 4,7 миллиом. Проверим это утверждение, изменим схему как показано на рис. 7.14.

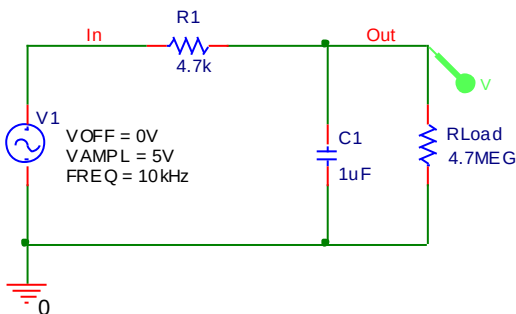


Рис. 7.14. Схема RC проекта DSN_Rules (вариант с RLoad 4.7MEG)

После запуска на выполнение расчетов получается график АЧХ, как показано на рис. 7.15.

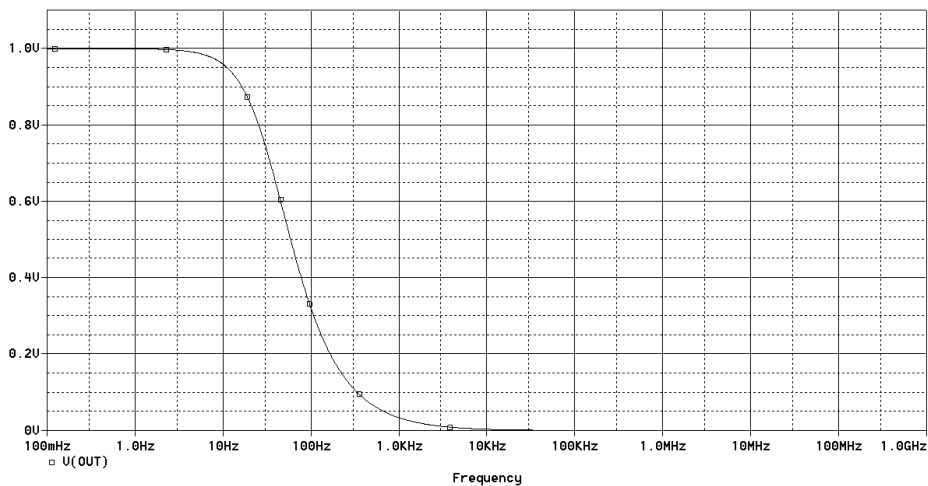


Рис. 7.15 АЧХ V(OUT) схемы RC проекта DSN_Rules (вариант с RLoad 4.7MEG)

Сравните АЧХ в том и другом случае. Очевидно, что это разные схемы с различными полосами пропускания сигнала и уровнями сигналов.

Очевидно также, что запись масштабного коэффициента «Мега» должна осуществляться только как MEG и никак иначе. В первом

случае резистор RLoad был введен в схему с величиной значения сопротивления 4,7 МОм и только во втором случае как 4,7 МОм.

$$1\text{m} = 1\text{M} \neq 1\text{MEG}.$$

Указанные выше проблемы «непонимания» программой расчетов пользователя привели к появлению ошибки. Для того чтобы понять, как подобная ошибка может изменить форму сигналов, проведите расчеты переходных процессов в том и другом случае. При проведении расчетов измените масштаб времени и частоту входного сигнала, для того чтобы получить убедительные результаты.

В дальнейшем нужно проводить проверку введения значений в любых других настройках параметров, связанных с PSpice- расчетами. Например, аналогичная ситуация может возникнуть при настройках профилей моделирования.

Внимание!

В случае с использованием приставок в номиналах компонентов в большинстве случаев не существует возможности их выявления на уровне проверки работы схем ресурсами программы расчетов. Поэтому, пользователю желательно хотя бы приблизительно знать ожидаемый результат расчетов и проверять результаты на «здравый смысл».

Существуют ошибки в задании величин номиналов, которые выявляются программным способом.

Предположим, что вместо используемого разделителя дробной части числа в виде точки, принятой в английской технической документации, вы ввели запятую (увидеть в CAPTURE разницу очень просто). Предположим также, что это резистор R1 предыдущей схемы с номиналом 4,7k. В этом случае расчеты прекращаются с предупреждающим сообщением об ошибке Missing Value (пропущен, отсутствует номинал), появляется текст выходного файла в окне **RC-Profile1-PSpice A/D Lite – [dsn_rules-RC-Profile1.out.1]:**

```
*Libraries:
* Local Libraries :
* From [PSPICE NETLIST] section of C:\Program
Files\OrcadLite\PSpice\PSpice.ini file:
.lib "nom.lib"
```

```
*Analysis directives:
```

```
.AC DEC 201 0.1 1000MEG
.PROBE V(*) I(*) W(*) D(*) NOISE(*)
.INC ".\dsn_rules-RC.net"

**** INCLUDING dsn_rules-RC.net ****
* source DSN_RULES
R_R1          IN OUT   4,7k
-----$
ERROR -- Missing value
C_C1          0 OUT   1uF
V_V1          IN 0 DC 1 AC 1
+SIN 0V 5V 10kHz 0 0 0
R_RLoad       0 OUT   4.7MEG

**** RESUMING dsn_rules-rc-profile1.sim.cir ****
.END
```

В тесте присутствует указание на отсутствие величины сопротивления для резистора R1. Ошибка в записи числа привела к тому, что введенное число не воспринято программой.

Похожую по результатам ошибку можно допустить, если при записи 4.7k ввести пробел между числом и приставкой-множителем: 4.7 k. В этом случае выполнение расчетов прерывается и появляется сообщение об отсутствии величины:

```
R_R1          IN OUT   4.7 k
-----$
ERROR -- Missing value
```

С другой стороны, предшествующие номиналу и последующие пробелы игнорируются программой расчетов.

Вместе с тем некоторые правила, характерные для английской лексики не являются столь строго необходимыми. Например, запись величины сопротивления для R1:

.47k=0.47k=470

обозначает одну и ту же величину в 470 Ом. Проверьте это и убедитесь в правоте этого утверждения, для этого проведите расчеты АЧХ для всех трех записей величины сопротивления R1.

Для правильного проведения PSpice- расчетов недопустимо использование нулевых значений параметров для компонентов R, L и C. Попытка ввести нулевое сопротивление, например R1 схемы RC приводит к тому, что прекращается выполнение расчетов и выводится текст файла результатов с сообщением:

```
R_R1          IN OUT  0
-----$
ERROR -- Value may not be 0
```

Примечания.

1. Сопротивления, емкости и индуктивности должны быть постоянными величинами для одного и того же расчета (если не происходит их вариация для разных серий расчетов). Вариация номиналов возможна и достаточно легко реализуется при проведении PSpice-расчетов. Это будет изучаться в следующих темах.
2. Величины сопротивлений, емкостей и индуктивностей могут принимать как положительные, так и отрицательные значения. Исключение составляют величины емкости и индуктивности при расчете переходных процессов. В этом случае возможны ошибки в расчетах при использовании отрицательных номиналов.

7.3. Правила подключения компонентов

Соединения между контактами компонентов устанавливаются с помощью цепей (проводников). Любые соединения контактов считаются идеальными линиями связи без потерь. Соединения между контактами (полюсами) компонентов могут использовать линии связи в виде проводов или проводников (Wires).

7.3.1. Общие правила прокладки линий связей

Для организации соединений между контактами компонентов могут использоваться линии связи в виде проводов (Wires). На схеме в редакторе CAPTURE прокладка проводов осуществляется по команде **Place Wire**.

Внимание!

Имена цепей (узлов) на принципиальной схеме должны быть уникальными для каждой цепи. При графическом вводе схемы имена узлов представляются программой PSpice автоматически, если пользователь не указал имя цепи на принципиальной схеме, поэтому не обязательно именовать все цепи схемы. Но если цепи именованы на принципиальной схеме, необходимо помнить, что одинаковые имена цепей означают их соединение, даже если нет фактических графических связей путем соединения линий.

Может сложиться ситуация, когда одной и той же цепи присваивается несколько имен. Теоретически цепь может быть разорвана, так как разные участки имеют разные имена. На практике похожие эффекты наблюдаются, время от времени.

Еще одной возможностью установления соединения с контактами компонентов или проводов является использование специальных соединителей, например VCC_CIRCLE.

Для более подробного знакомства с некоторыми способами прокладки и именования линий связи рассмотрим схему на рис. 7.16.

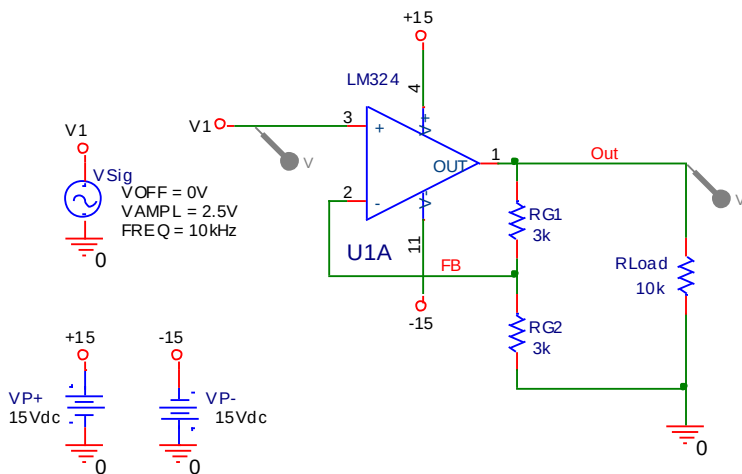


Рис. 7.16. Схема NoInv проекта DSN_Rules

Схема на рис. 7.16 представляет собой неинвертирующее включение операционного усилителя (1/2 LM324) с коэффициентом усиления равным отношению резисторов $RG1/RG2$ плюс 1. На входе схемы установлен источник синусоидального сигнала (независимый источник напряжения) VSig. Выход схемы нагружен сопротивлением RLoad. Питание ОУ осуществляется биполярным напряжением ± 15 В.

Питание ОУ осуществляется от источников постоянного напряжения VP+ и VP-. Один из контактов источника заземлен, другой подается на специальные соединители с именем +15 и -15. В каче-

стве такого соединителя взят стандартный библиотечный компонент VCC_CIRCLE, вызываемых по специальной команде **Place Power**. Далее, его можно переименовать, в нашем случае это было сделано на имена +15 и -15. Обратите внимание на отсутствие проводов в месте соединения VCC_CIRCLE с контактами источника. Связь тем не менее установлена, проводник может быть вставлен автоматически редактором, если начать перемещать мышью соединитель VCC_CIRCLE. Аналогичная ситуация наблюдается и для входной цепи сигнала с именем, определяемым V1 (имя соединителя VCC_CIRCLE). Обратите внимание на то, что для цепи, подводимой к контакту +ОУ, имя цепи не указано.

Внимание!

*Полезно бывает периодически осуществлять визуальную проверку соединения тех или иных цепей. Для этого осуществляется выбор нужной цепи щелчком по левой кнопки мыши, далее щелчком по правой кнопке вызывается окно редактирования цепи и в меню выбирается команда **Select Entire Net**. По этой команде высвечиваются малиновым цветом все цепи, имеющие соединение с выбранным участком цепи.*

После запуска на выполнение расчетов для схемы NoInv (см. рис. 7.16) получаются кривые формы сигналов (графики переходных процессов), как показано на рис. 7.17.

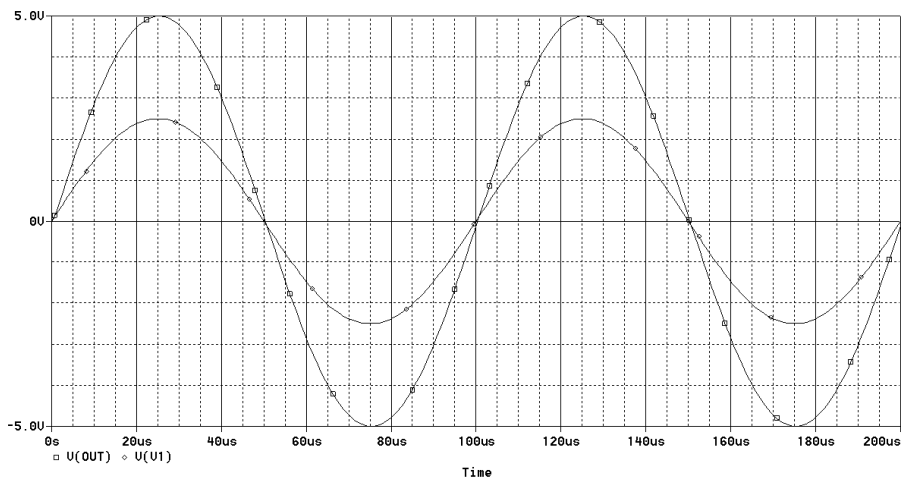


Рис. 7.17. Форма сигналов напряжений V(V1) V(OUT) схемы NoInv

В результате выполнения расчетов получены зависимости напряжений синусоидального сигнала от времени на входе $V(V1)$ и выходе $V(OUT)$ схемы NoInv. Выходной сигнал усилен в два раза по сравнению со входным. Обратите внимание на то, как именуется входной сигнал. В исходной схеме имени цепи не было, но именование произошло автоматически по имени соединителя V1.

Можно проверить по тексту задания на моделирование, как эта цепь значится в списке цепей.

Установим имя входной цепи. Предположим мы назовем ее «In». После этого запустим расчеты. График переходных процессов ничем не будет отличаться от предыдущего варианта. Даже имя входной цепи не меняется.

Примечание.

Это происходит потому, что имя цепи в расчетах устанавливается по более высокому приоритету имени соединителя и далее везде используется именно это имя. Интереснее всего, что имя цепи «In» также существует и по вызову графика зависимости $V(In)$ можно получить вполне правильный график формы входного сигнала. Для того чтобы прямо увидеть это значение, нужно обязательно включить опцию Alias Names в окне **Add Traces**.

Попытаемся искусственно соединить вход схемы с выходом. Изменим имя входной цепи на OUT, как показано на рис.7.18.

После запуска на выполнение расчетов получаются кривые формы сигналов (графики переходных процессов), как показано на рис. 7.19. Кривые совпали.

Очевидно, что произошло соединение входных и выходных цепей, более того, итоговая объединенная цепь получила название по имени, подключенного к ней соединителя V1.

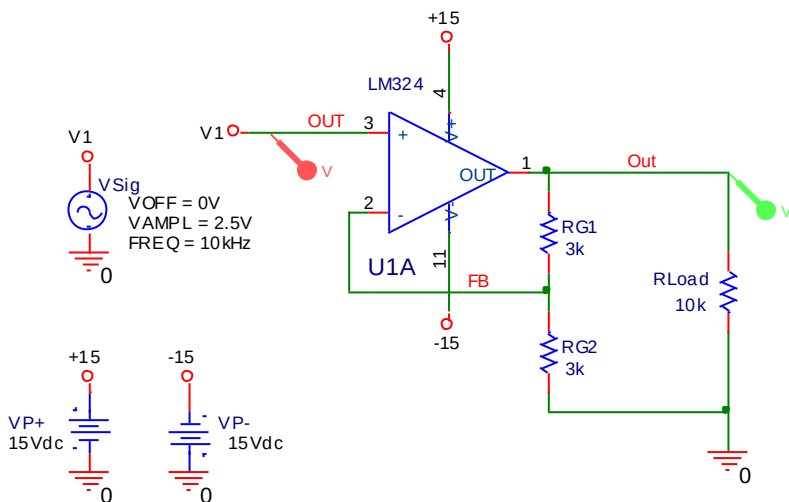


Рис. 7.18. Схема NoInv проекта DSN_Rules с именем входной цепи OUT

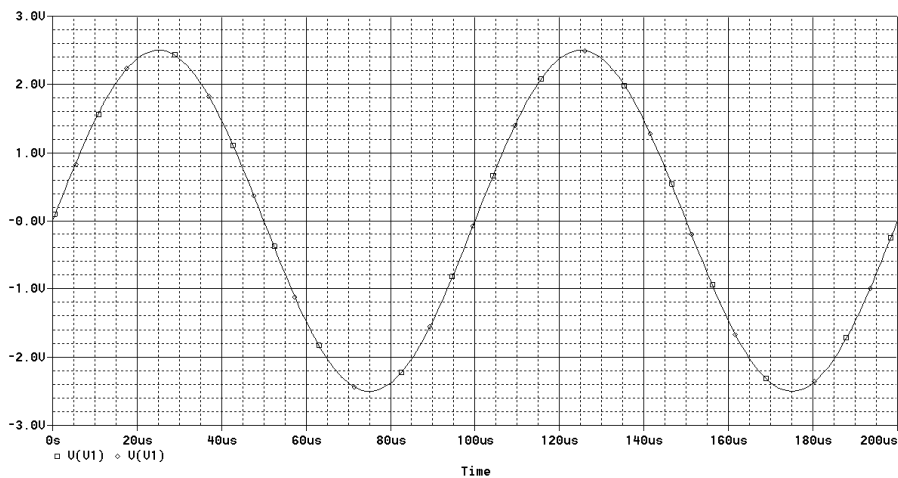


Рис. 7.19. Форма сигналов напряжений на входе V(V1) и выходе V(OUT) схемы NoInv с именем входной цепи OUT

Внимание!

Неправильное соединение и именование с участием нескольких соединителей и имен цепей может дать очень интересую и не всегда предсказуемую интерпретацию Ваших действий со стороны программы расчетов. Необходимо очень тщательно подходить к решению проблемы именования цепей, не допуская появления неустраняемых (и не выявляемых) ошибок.

Вместе с тем, отсутствие имен цепей, задаваемых пользователем, также не способствует надлежащей наглядности и пониманию результатов в сложных схемах. Обилие собственных обозначений, вводимых программой расчетов по логике работы этой программы, может запутать даже самого подготовленного пользователя. Попробуем убрать имена цепей Out из схемы NoInv, результат представлен на рис. 7.20.

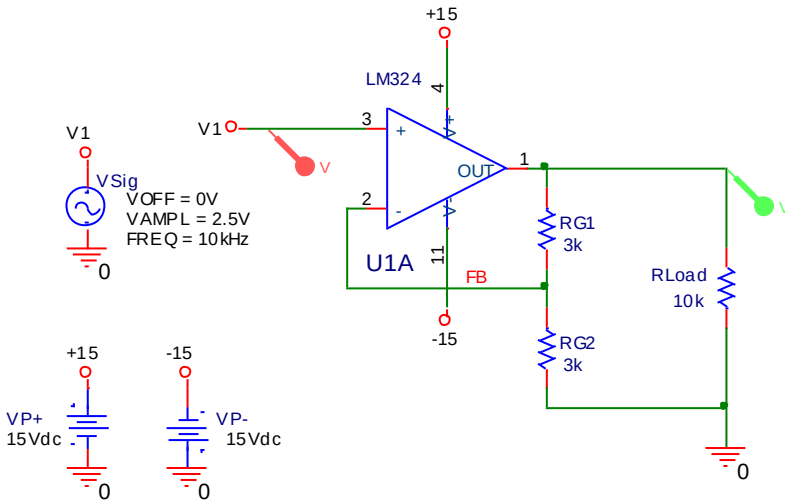


Рис. 7.20. Схема NoInv проекта DSN_Rules с удаленным именем выходной цепи

После запуска на выполнение расчетов получают кривые формы сигналов (графики переходных процессов), как показано на рис. 7.21.

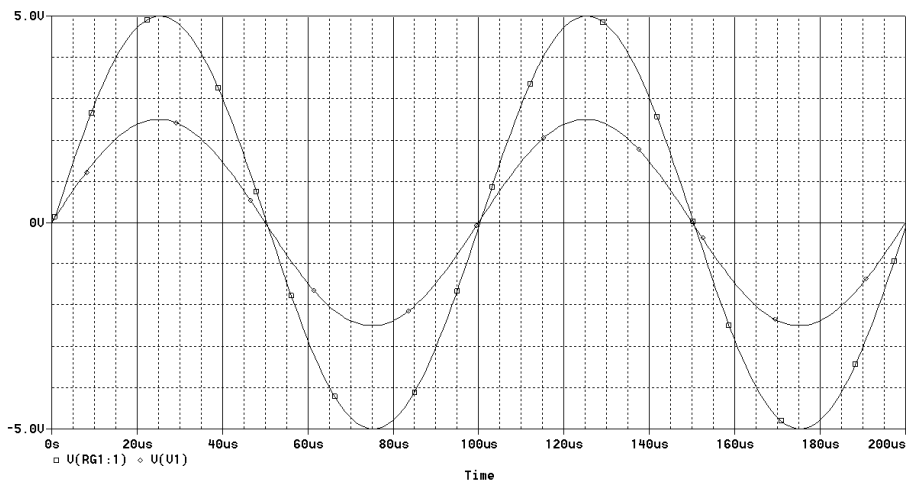


Рис. 7.21. Форма сигналов напряжений на входе V(V1) и выходе V(RG1:1) схемы NoInv с удаленным именем выходной цепи

Очевидно, что в данном случае имя выходной цепи как-то связано с именем подключенного к этой цепи одного из компонентов, а именно резистора RG1, уточнен и номер (имя) контакта «1» этого компонента, подключенный к цепи. Все вместе название цепи выглядит как RG1:1, а напряжение участка цепи относительно «земли» становится следующим: V(RG1:1). Более подробный анализ состава имен цепей показывает, что это имя не является единственным, в задании на моделирование присутствует другое имя N03804, вводимое на этапе экстракции цепей. Например, резистор RLoad, также подключенный к этой цепи, в задании включается строкой: R_RLoad 0 N03804 10k

В итоге картина получается довольно причудливой и запутанной. В ней иногда трудно бывает проследить пути становления и преобразования имен цепей и обозначений выходных параметров.

Внимание!

Предпочтительным все же является прямое проставление имен отдельных наиболее важных цепей с присвоением имен, понятных пользователю.

Внимание!

При подготовке принципиальной схемы необходимо учитывать некоторые ограничения проведения PSpice-расчетов.

7.3.2. Первое ограничение PSpice-расчетов

Основным или первым ограничением PSpice-расчетов, связанным с прокладкой проводников, является то, что программа расчетов не допускает использование «висящих» узлов, то есть узлов, к которым подключено менее двух контактов (полюсов) компонентов.

Предположим, что не доведен до конца (с соединением в общей точке между резисторами RG1 и RG2) проводник FB схемы NoInv, как показано на рис. 7.22.

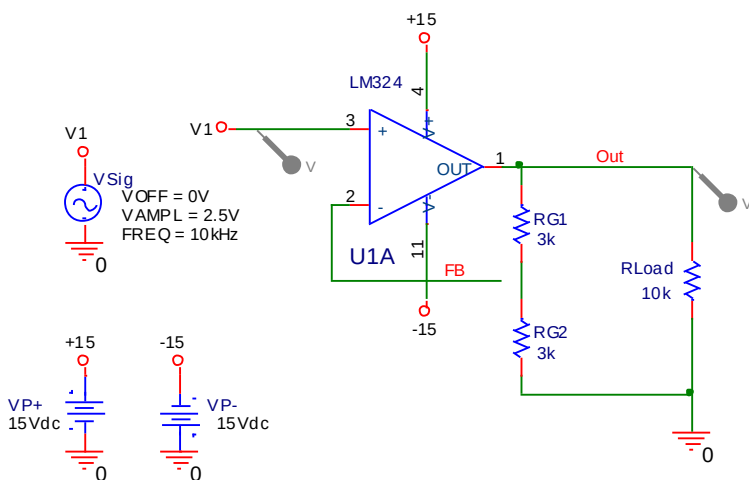


Рис. 7.22. Схема NoInv проекта DSN_Rules с «висящим» узлом FB

После запуска на выполнение расчетов ход расчетов прерывается на этапе проверки, выводится текст задания на моделирование с указанием ошибки и причин ее возникновения:

```

**** INCLUDING dsn_rules-NoInv.net ****
* source DSN_RULES
R_RLoad      0 OUT 10k
V_VSig       V1 0 DC 1 AC 1
+SIN 0V 2.5V 10kHz 0 0 0
X_U1A        V1 FB +15 -15 OUT LM324
R_RG2        N09802 0 3k
V_VP-        0 -15 15Vdc
R_RG1        OUT N09802 3k
V_VP+        +15 0 15Vdc

**** RESUMING dsn_rules-noinv-profile2.sim.cir ****
.END

ERROR -- Less than 2 connections at node FB

```

В качестве причины возникновения ошибки указано на то, что цепь FB имеет менее двух соединений с контактами компонентов. Такая ситуация, в частности, может возникнуть при соединении проводников с проводниками или компонентами, которые прокладывались или устанавливались при отключенной привязке курсора к сетке рабочего поля (дискретность перемещения становится равной 1/10 клетки). При этом случайный или намеренный сдвиг слегка сместил положение проводника относительно общей сетки, а при последующей прокладке проводника пользователь не обратил внимание на правильность соединения.

Внимание!

При прокладке проводников необходимо тщательно следить за правильностью соединений с другими проводниками и контактами компонентов. Соединение с проводником должно сопровождаться появлением точки связи (Junction), а при соединении с контактами компонентов должен пропадать квадрат, расположенный на свободных концах контактов.

Рассмотрим еще один типичный вариант неправильного соединения проводников. Установим соединитель с именем FB в месте окончания проводника FB, как показано на рис. 7.23.

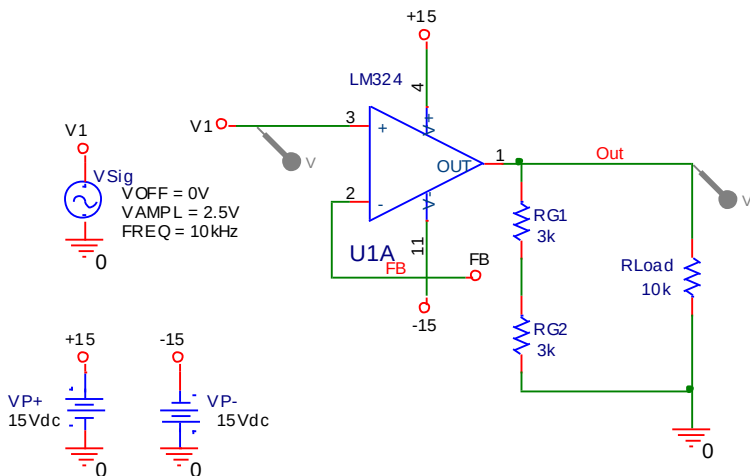


Рис. 7.23. Схема NoInv проекта DSN_Rules с «висящим» узлом FB и установленным соединителем FB

Если в месте окончания проводника FB установить соединитель с именем FB, то запуск на расчет подобной схемы приводит к результатам, аналогичным случаю с висящим проводником (с «обрывом» цепи FB). Прерывается выполнение расчетов и поступает сообщение: ERROR -- Less than 2 connections at node FB.

Соединитель FB и цепь с таким именем больше в схеме нигде не используется. То есть, неиспользуемый соединитель ни с каким элементом схемы не соединяющий, означает что соединения цепи FB со стороны этого соединителя нет.

Если имя соединителя поменять, например на V1, будет осуществляться соединение с входной цепью, ошибки с точки зрения программы расчетов для такого соединения не будет выявлено. Однако с точки зрения схемотехники – это недопустимая ошибка, в данном случае.

Для правильного соединения проводника в связь между компонентами не обязательно наличие проводника между этими компонентами. Попробуйте сблизить резисторы RG1 и RG2 настолько, чтобы проводник между ними исчез. Проведите цепь FB до объединения со связью между резисторами, при этом должна появиться точка связи (объединения), как показано на рис. 7.24.

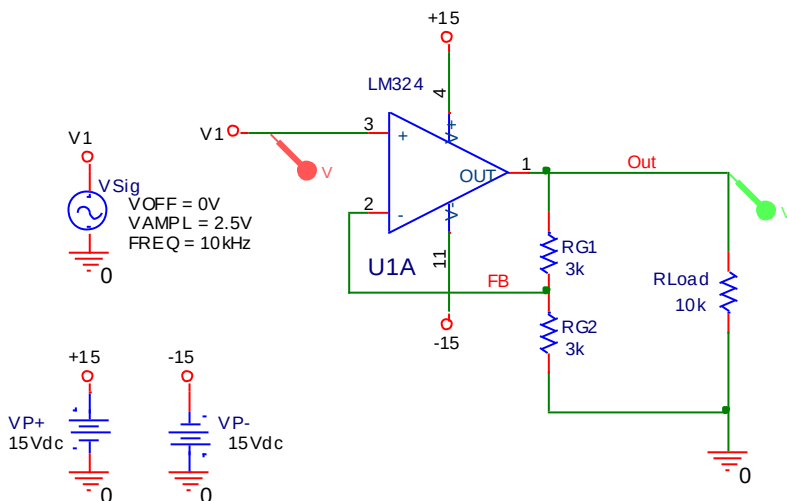


Рис. 7.24. Схема NoInv проекта DSN_Rules с узлом FB, подключенным к соединению контактов резисторов RG1 и RG2

Проведите все необходимые расчеты и покажите, что схема работает правильно.

Предупреждение!

Значительные проблемы представляет неаккуратная прокладка проводников, когда при подводе их к контакту компонента линия не прерывается, а продолжается под компонент. Этот же самый эффект может возникнуть при перемещении компонента, когда он надвигается на проводник, и в некоторых других случаях, например при перемещении участка схемы, когда происходит смещение только части компонентов и фрагментов проводников с уходом цепи под компонент. Из-за особенностей работы редактора CAPTURE это происходит довольно часто, практически незаметно при визуальном контроле схемы и может приводить в итоге к непредсказуемым последствиям.

Более того, в ряде случаев в сложных схемах, особенно с многоконтактными корпусами, особенно трудно сразу устранить это неправильное соединение. Иногда приходится прибегать к копированию и удалению компонента, далее удаляется связь и потом вставляется копия компонента.

Некоторую помощь в предотвращении подобных неприятностей может оказать выбор цветов проводников. Желательно, чтобы цвет проводников сильно отличался от цвета контактов (красный). В наших схемах в качестве проводников и точек объединения рекомендуется выбирать зеленый цвет. Пользователям рекомендуется использовать именно этот цвет, он традиционно используется по умолчанию в некоторых САПР для обозначения проводников (например, в PCAD старых версий) и является наиболее удобным для человеческого глаза с точки зрения требований эргономики. Что немаловажно при многочасовых работах за монитором компьютера!

Существуют еще некоторые ограничения, связанные с особенностями проведения PSpice- расчетов и основанные на использовании блоков или фрагментов схем, а также установлению связей между ними.

7.3.3. Второе ограничение PSpice-расчетов

Вторым ограничением PSpice-расчетов, связанным с прокладкой проводников и использованием контактов (полюсов) компонентов, является то, что программа расчетов не допускает использование «плавающих» узлов или фрагментов схемы.

Под плавающими (Floating) понимаются узлы или фрагменты схемы, от которых нет пути с конечным сопротивлением по постоянному току к земле. Под землей в данном случае понимается цепь с подключенным специальным компонентом `ground part named 0 (zero)` или сам этот компонент с нулевым потенциалом, заданным глобально. Соответствующие компоненты представлены в библиотеке SOURCE.OLB.

Если для каждой цепи схемы в выходном файле появляется сообщение типа:

```
ERROR -- Node node_name is floating,
```

то схема с точки зрения программы расчетов считается не подключенной к земле. Это может быть из-за отсутствия символа AGND или из-за неправильной прокладки линий связи с ним.

Если для отдельных цепей схемы в выходном файле появляется сообщение типа:

ERROR -- Node *node_name* is floating,

то для отдельных цепей, компонентов или фрагментов схемы нет пути с конечным сопротивлением по постоянному току к земле (missing a DC path to ground). При отсутствии пути с конечным сопротивлением по постоянному току к земле цепь считается изолированной. Такую изоляцию могут создать:

- конденсаторы C;
- зависимые и независимые источники тока I, G, F;
- зависимые источники напряжения E, H;
- линии передач с потерями, линии задержки T.

В подобных ситуациях рекомендуется либо включить в схему большой фиктивный резистор, например имитирующий сопротивление изоляции проводника, или просто заземлить один из узлов изолированного фрагмента (разумеется, если это допустимо с точки зрения обеспечения функционирования схемы). Включение резистора можно осуществлять непосредственно на землю или путем подключения его к участку цепи, заведомо имеющему правильное соединение с землей.

Для знакомства с некоторыми способами предотвращения образования плавающих узлов и возможных исправлений в схеме рассмотрим схему Floating проекта DSN_Rules. На рис. 7.25 представлена часть схемы Floating.

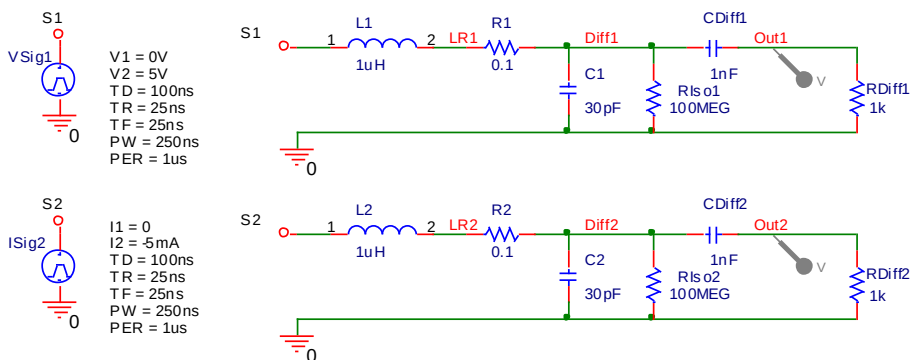


Рис. 7.25. Части (1) и (2) схемы Floating проекта DSN_Rules

На рис. 7.25 показаны две схемы, представляющие собой подключение имитатора двух сегментов линий передач с потерями (элементы L1,2 и R1,2 и C1,2 и RIsol,2) к дифференцирующей цепочке на элементах CDiff1,2 и RDiff1,2. Обратите внимание на подключенные источники сигналов. В первом случае это независимый источник напряжения, во втором случае – тока. Сопротивления RIsol,2 имитируют сопротивление изоляции проводов к земле.

Проведите расчеты переходных процессов и покажите, что схема работает правильно. Попробуйте удалить резистор RIsol2 и провести расчеты. Расчеты останавливаются, появляется текст выходного файла с сообщениями об ошибке:

```
ERROR -- Node DIFF2 is floating
ERROR -- Node S2 is floating
ERROR -- Node LR2 is floating.
```

Из этого сообщения следует, что цепи S2, LR2 и Diff2 второй схемы являются плавающими узлами и не имеют пути с конечным сопротивлением по постоянному току к земле. Изоляцию этого фрагмента схемы обеспечивают совместно конденсатор C2 и источник тока ISig2. Обратите внимание, что в первой схеме, отличающейся только источником напряжения на входе, изоляции нет. Независимый источник напряжения не является «изолятором».

Введение резистора RIsol2 (фиктивного или имеющего смысл по работе схемы) практически никак не влияет на параметры выходных сигналов. Проверьте это предположение для схемы (1). Однако наличие такого резистора предотвращает появление изолированных по постоянному току участков цепи для схемы (2).

Рассмотрим подключение зависимого источника напряжения, управляемого напряжением (ИНУН). Такой источник является изолятором, то есть не обеспечивает пути с конечным сопротивлением по постоянному току к земле для фрагмента схемы, подключенной к нему. Схема, показывающая подключение ИНУН, представлена на рис. 7.26.

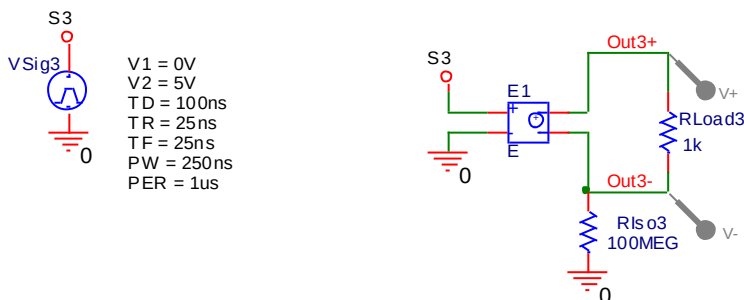


Рис. 7.26. Часть (3) схемы Floating проекта DSN_Rules

Нас будет интересовать выходное напряжение на нагрузочном сопротивлении RLoad3. Это напряжение, в принципе, никак не связано с потенциалом земли, считывается с нагрузочного резистора, при этом используются дифференциальные маркеры. По логике работы схемы заземлять выходную часть не нужно. Такая схема на практике может встретиться, например, при анализе системы формирования сигналов термопар (очень упрощенный вариант такой схемы). Проведите расчеты переходных процессов и покажите, что схема работает правильно. Попробуйте удалить резистор RIs o3 и провести расчеты. Расчеты останавливаются, появляется текст выходного файла с сообщениями об ошибке:

```
ERROR -- Node OUT3+ is floating
ERROR -- Node OUT3- is floating.
```

Предположение об изолирующих свойствах ИНУН подтвердилось. Для решения проблемы можно использовать фиктивный (или реальный) высокоомный резистор. Еще один вариант – попробуйте просто заземлить цепь Out3-, убрав резистор RIs o3 и соединив цепь с землей напрямую. Далее попробуйте использовать в этом случае обычный маркер вместо дифференциальных маркеров. Получите, сравните и объясните полученные результаты.

Рассмотрим подключение линии связи с потерями TLOSSY к источнику сигналов. Схема имеет нагрузочный резистор на выходе и может быть использована для анализа распространения сигналов по линиям связи, например для анализа согласования кабелей связи и изучения частотных свойств линий передачи. Схема, показывающая подключение TLOSSY, представлена на рис. 7.27.

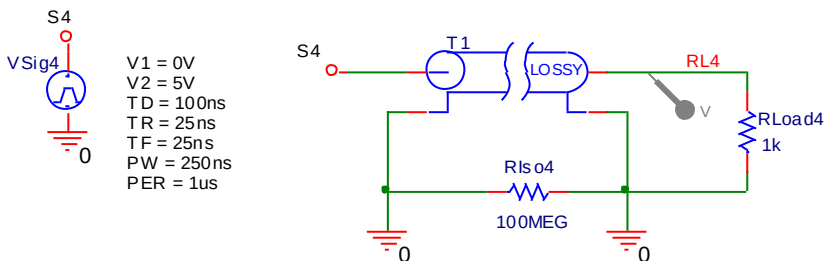


Рис. 7.27. Часть (4) схемы Floating проекта DSN_Rules

В качестве линии связи выбрано 0,5 м некоего условного кабеля. Параметры кабеля задаются в свойствах этого компонента, как имитатора линии связи со следующими величинами:

$R=0.1$;
 $C=30\text{pF}$;
 $L=1\text{uH}$;
 $G=1\text{n}$;
 $LEN=0.5$

Покажите, что с точки зрения изолирующих свойств поведение компонента TLOSSY аналогично ИНУН из предыдущей части схемы. Проведите расчеты переходных процессов при включении резистора Riso4 и подключении земли к RLoad4. Покажите, что схема работает правильно и при отсутствии одного из этих компонентов, а при одновременном удалении резистора Riso4 и подключении земли к RLoad4 выходные цепи оказываются плавающими.

7.3.4. Третье ограничение PSpice-расчетов

Третьим ограничением PSpice-расчетов, связанным с прокладкой проводников и использованием контактов (полюсов) компонентов, является то, что программа расчетов не допускает использование контуров с нулевым сопротивлением по постоянному току.

Подобные контуры образуются за счет использования независимых и зависимых источников напряжения и индуктивностей, образующих последовательно включенный контур. Для того чтобы

обойти это ограничение, необходимо разорвать контур, включив в цепи контура дополнительный резистор (возможно и фиктивный), настолько малого номинала, чтобы он не влиял на работу цепи. Очень малые резисторы номиналом меньше 1мкОм использовать не рекомендуется, так как это может приводить к ошибкам в вычислениях. Кроме того, малоомные резисторы, включенные в цепь с индуктивностью, могут резко изменить характеристики схемы за счет их существенного, в ряде случаев, влияния на резонансные характеристики контуров.

Наиболее правильным является использование резисторов с величиной сопротивления, соответствующей реальным значениям сопротивления катушек индуктивностей и выходным сопротивлениям источников напряжения.

Пример подобной схемы представлен на рис. 7.28.

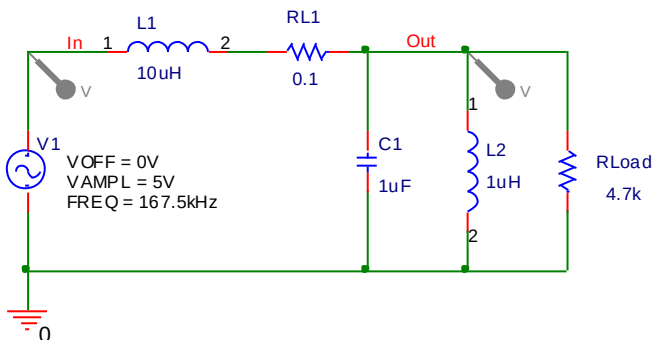


Рис. 7.28. Схема Z0 проекта DSN_Rules

В схеме Z0 резистор RL1 имитирует сопротивление около 0,1 Ом, характерное для реального дросселя с индуктивностью порядка 10 мкГн. Проведите расчеты АЧХ и переходных процессов и покажите, что схема работает правильно.

Если удалить сопротивление RL1 и соединить цепь напрямую, расчеты не проводятся, появляется текст выходного файла с предупреждением об ошибке:

```
.PROBE V(*) I(*) W(*) D(*) NOISE(*)
.INC ".\z0-SCHEMATIC1.net"
```

```
**** INCLUDING z0-SCHEMATIC1.net ****
```

```
* source Z0
```

```
R_RLoad      0 OUT  4.7k
```

```
L_L2         OUT 0   1uH
```

```
C_C1         0 OUT  1uF
```

```
L_L1         IN OUT 10uH
```

```
V_V1         IN 0 DC 1 AC 1
```

```
+SIN 0V 5V 167.5kHz 0 0 0
```

```
**** RESUMING z0-schematic1-profile1.sim.cir ****
```

```
.END
```

```
ERROR -- Voltage source and/or inductor loop involving V_V1  
You may break the loop by adding a series resistance.
```

В случае отсутствия резистора RL1, разрывающего контур, получается контур нулевого сопротивления, состоящий из источника напряжения V1, индуктивностей L1 и L2.

Для анализа степени влияния номинала резистора RL1 на параметры схемы повторите расчеты с получением АЧХ для номиналов резистора 1 Ом и 10 Ом, сравните полученные результаты.

7.4. Проблемы подключения моделей компонентов

Основными проблемами с использованием компонентов, возникающими при проведении расчетов, могут явиться следующие:

- 1) использование компонентов, не предназначенных для моделирования или компонентов с неверно подключенной моделью;
- 2) использование компонентов с наличием контактов, не предназначенных для моделирования;
- 3) использование компонентов с моделями, содержащими неверное описание модели (задание на моделирование).

1) Проблема использования компонентов, не предназначенных для моделирования

Компоненты, не предназначенные для моделирования, в документации носят название Unmodeled Parts. В случае, если при попытке запуска расчетов появляется предупреждение вида:

```
Warning: Part part_name has no simulation model,
```

то это может означать, что для указанного компонента не найдена соответствующая ему модель. Это может происходить по следующим причинам:

- используется компонент, не предназначенный для PSpice-моделирования и, следовательно, не поддерживаемый моделью для расчетов;
- неправильно или не полностью осуществлено подключение модели для компонента (*incompletely defined for simulation*).

Как правило, для стандартных библиотек OrCAD, используемых надлежащим образом, с компонентами, предназначенными для моделирования, никаких проблем не возникает. Другое дело, если пользователь применяет собственные компоненты и нестандартные модели. В этом случае нужно точно выполнять все действия по обеспечению правильного подключения библиотечных элементов и их моделей. В редакторе CAPTURE этот процесс, хотя многостадийный и довольно запутанный, но все-таки является реализуемым.

2) Проблема использования компонентов с наличием контактов, не предназначенных для моделирования (unmodeled pins)

Некоторые компоненты предназначены для двойного использования, то есть для моделирования и разработки печатных плат, и имеют часть контактов не поддерживаемых моделью для PSpice-расчетов. В этом случае возможно «ошибочное» неправильное соединение цепей и появление сообщений в окне **PSpice Simulation Output window** следующего содержания, в зависимости от конкретной ситуации:

```
Warning: Part part_name pin pin_name is unmodeled.
```

или

```
Warning: Less than 2 connections at node node_name.
```

Однако далеко не всегда расчеты не могут осуществляться и моделирование не производится. Стандартной реакцией является игнорирование программой PSpice-расчетов контактов *unmodeled pins* при проведении расчетов. Дополнительно вводятся некоторые коррективы в схему, уместные с точки зрения программы расчетов. В этом случае расчеты проводятся, и в выходном файле появляется

предупреждение следующего содержания:

Floating/unmodeled pin fixups.

Это сообщение информирует о том, что проблема, связанная с использованием контактов, не предназначенных для моделирования, решена, и расчеты проведены без участия части схемы, подключенной к этим контактам. Тем не менее, сама проблема проведения моделирования может стоять и, более того, может даже усугубиться тем, что фактически поведение части схемы не влияет на формирование реально действующих параметров остальной схемы, например, это касается величин и направления токов схемы, влияния шумов и пр. Здесь стоит вспомнить о введенных коррективах программой PSpice-расчетов. Анализ результатов моделирования подобной схемы может вызвать некоторые проблемы.

Рассмотрим схему, представленную на рис. 7.29.

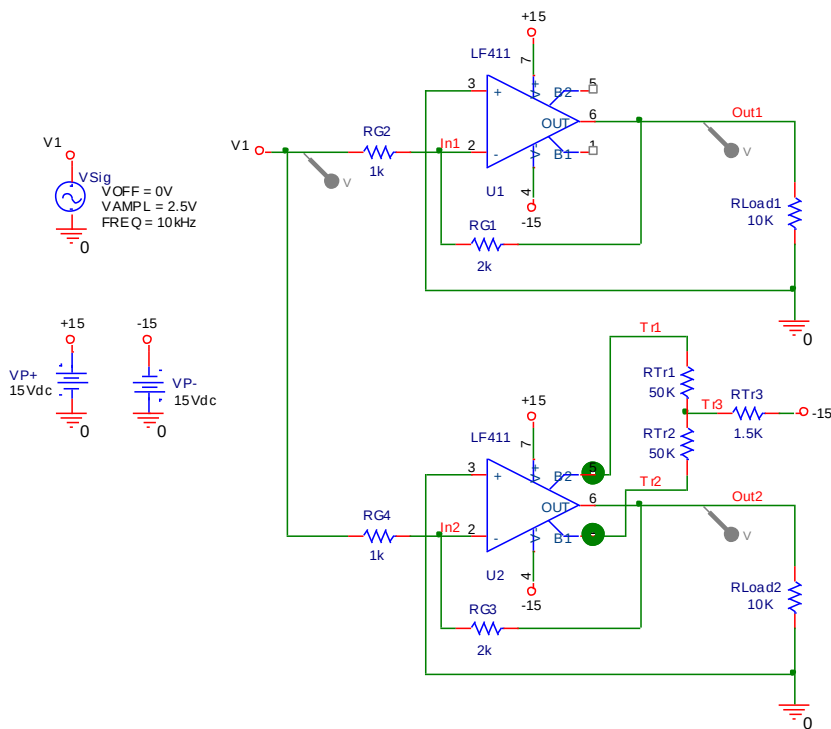


Рис. 7.29. Схема Inv проекта DSN_Rules

Эта схема представляет собой два инвертирующих усилителя, собранных на ОУ LF411. Усилители обеспечивают усиление входного сигнала с коэффициентом усиления -2. Оба усилителя абсолютно идентичны по параметрам, однако для второго усилителя, собранного на основе микросхемы U2, включена подстройка напряжения смещения, собранная на элементах RTr1, RTr2 и RTr3. При этом RTr1 и RTr2 имитируют потенциометр (переменный резистор), используемый для подстройки напряжения смещения.

Обратите внимание на неподключенные контакты 1 и 5 микросхемы U1. При запуске на моделирование схемы с неподключенными контактами компонентов расчеты проводиться не могут и должно появляться сообщение о неправильно заданной модели компонента:

```
ERROR -- Missing model
```

Или еще раньше, на этапе создания списка цепей, экстракция цепей не производится, появляется заставка с соответствующим сообщением, и аналогичная информация фиксируется в окне **Session Log**. Все это говорит о невозможности нормального проведения расчетов. Для их продолжения требуется установить надлежащее соединение. Проверка DRC устанавливает ошибку и помечает неподключенный контакт зеленым кольцом.

В случае с микросхемой U1 все обстоит совсем не так. Расчеты проводятся, проверка также не выявляет ошибки. Осуществите расчеты с получением АЧХ и формы сигналов переходных процессов, убедитесь в работоспособности схемы.

Вместе с тем, правильно подключенные контакты 1 и 5 микросхемы U2 вызывают индикацию ошибки при проверке DRC (зеленые кольца).

Проведите анализ выходного текстового файла задания на моделирование и модели ОУ LF411. Убедитесь в том, что для моделирования используются только пять контактов ОУ и контакты 1 и 5 микросхемы в этот список не входят. Очевидно, что у данного компонента имеются контакты, не предназначенные для моделирования. Выходной текстовый файл (фрагмент, представляющий задание на моделирование) представлен ниже:

```
** Creating circuit file "inv-schematic1-profile1.sim.cir"
```

** WARNING: THIS AUTOMATICALLY GENERATED FILE MAY BE OVER-
WRITTEN BY SUBSEQUENT SIMULATIONS

*Libraries:

* Local Libraries :

* From [PSPICE NETLIST] section of C:\Program
Files\OrcadLite\PSpice\PSpice.ini file:
.lib "nom.lib"

*Analysis directives:

.TRAN 0 200us 0 1us
.PROBE V(*) I(*) W(*) D(*) NOISE(*)
.INC ".\inv-SCHEMATIC1.net"

**** INCLUDING inv-SCHEMATIC1.net ****

* source INV

V_VP+ +15 0 15Vdc
R_RLoad2 0 OUT2 10K
V_VP- 0 -15 15Vdc
R_RTr3 -15 TR3 1.5K
X_U1 0 IN1 +15 -15 OUT1 LF411
R_RG2 IN1 V1 1k
R_RG3 OUT2 IN2 2k
X_U2 0 IN2 +15 -15 OUT2 LF411
R_RG4 IN2 V1 1k
R_RG1 OUT1 IN1 2k
R_RTr1 TR3 TR1 50K
R_RLoad1 0 OUT1 10K
R_RTr2 TR2 TR3 50K
V_VSig V1 0 DC 1 AC 1
+SIN 0V 2.5V 10kHz 0 0 0
** Floating/unmodeled pin fixups **
R__UC0001 TR2 0 {1/GMIN}
R__UC0002 TR1 0 {1/GMIN}

**** RESUMING inv-schematic1-profile1.sim.cir ****

.END

Обратите внимание на сообщение в конце текста ** Float-
ing/unmodeled pin fixups **. Далее, очевидно осуществляется
включение дополнительных резисторов R__UC0001 и R__UC0002,
соединяющих цепи TR1 и 2 с землей. Номиналы резисторов вы-
браны максимальными и рассчитываются как обратная величина к
величине минимальной проводимости GMIN (принимаемой в
расчетах по умолчанию).

Включите режим отображения напряжений и токов на схеме Inv. Обратите внимание на величину напряжения цепей Tr1 и Tr2. Объясните эту величину с учетом текущих токов. Величина токов, текущих в цепях Tr1 и Tr2, составляет 15 пА, этот ток по включенным программой расчетов фиктивным резисторам R_UC0001 и R_UC0002 течет на землю. Сопrotивление резисторов R_UC0001 и R_UC0002 составляет величину 10^{12} Ом.

Автоматическое включение столь высокоомных резисторов в некоторых случаях способно сильно изменить параметры схем, например, шумовую картину некоторых устройств.

Самым лучшим способом избежать проблем с использованием контактов, не предназначенных для моделирования, будет отказ от соединения с этими контактами. Еще лучше использовать только те компоненты, которые не содержат таких контактов. В любом случае всегда полезно проверять схему с помощью DRC и анализировать выходной текстовый файл.

3) Использование компонентов с моделями, содержащими неверное описание модели

В ряде случаев при использовании компонентов и моделей, подготовленных пользователем, возможно использование моделей, текст задания на моделирование которых не отвечает правилам синтаксиса. Последствия такого моделирования могут быть самые неожиданные. Хорошо, если ошибка явная и расчеты останавливаются с выдачей соответствующего сообщения.

Если модель является правильной с точки зрения синтаксиса, должна быть гарантия, что она соответствует поведению реального компонента в заданных условиях. Рекомендуется использовать в первую очередь компоненты из стандартных библиотек САПР. Если нужных компонентов там нет, можно использовать модели и компоненты, разработанные и предоставленные фирмой-изготовителем компонента с учетом возможных ограничений.

Компоненты собственной разработки, а также изделия разработчиков, не осведомленных об особенностях технологии изготовления компонентов и их поведения, лучше не использовать совсем.

7.5. Использование директив моделирования и описания компонентов

Основными видами анализов, проводимых при осуществлении PSpice-расчетов являются следующие:

- DC Sweep – расчет режима по постоянному току;
- AC Sweep – частотный анализ;
- Time Domain (Transient) – расчет переходных процессов;
- Bias Point – расчет режима по постоянному току в рабочей точке.

Все остальные виды расчетов проводятся только с использованием этих основных видов анализа, на их основе и как разновидность или дополнение к этим основным.

Первые три вида анализа могут использовать постпроцессор PROBE для отображения графических результатов проведения расчетов. При расчете режима по постоянному току в рабочей точке (Bias Point) графических результатов не выводится, постпроцессор не используется.

Особенностью проведения расчета режима по постоянному току в рабочей точке (Bias Point) является обязательность его проведения в любом случае. Расчет рабочей точки по умолчанию производится всегда, так как не рассчитав режим невозможно (по крайней мере, для нелинейных схем) проводить никакой вид анализа. Даже если в задании на расчет схемы вообще не указано никаких видов анализа, расчет рабочей точки все равно осуществляется.

То есть, для проведения расчета режима по постоянному току в рабочей точке (Bias Point) может не требоваться выбора режимов и не проводиться никаких дополнительных настроек. Для выполнения частотного анализа, расчетов переходных процессов и режима по постоянному току (DC Sweep) настройка профиля моделирования является необходимой.

7.5.1. Настройка основных видов анализа

Для проведения основных видов анализа используются следующие директивы:

- для расчета режима по постоянному току DC Sweep использует-ся .DC;

- для проведения Частотного анализа AC Sweep используется .AC;
- для расчета переходных процессов Time Domain (Transient) используется .TRAN.

Директивы, обеспечивающие остальные виды расчетов, проводятся с использованием директив этих основных видов анализа, на их основе и как разновидность или дополнение к этим основным. Это не относится к выполнению расчетов режима по постоянному току в рабочей точке.

При расчете режима по постоянному току в рабочей точке (Bias Point) может не использоваться ни одна из директив. Расчеты проводятся в любом случае, автоматически после запуска моделирующей программы. Или по выбору пользователя дополнительно могут использоваться директивы, предназначенные для использования в этом виде анализа.

Кроме директив, обеспечивающих проведение расчетов, существует другие директивы. Например, это директивы управления выдачей результатов, директивы, определяющие параметры расчетов и параметры компонентов и иных параметров, директивы, формирующие файл задания на моделирование и др.

Большинство директив доступны для работы с их настройками в рамках создания и редактирования профилей моделирования. Это является довольно удобной особенностью моделирования с помощью редактора CAPTURE.

Профиль моделирования доступен для редактирования настроек по команде: **PSpice>Edit Simulation Profile**.

После выполнения этой команды появляется окно: **Simulation Settings – Profile 1** (Имя профиля).

Вызовите проект с простой схемой, например RC. Откройте окно редактирования профиля Profile1.

Рассмотрим меню окна редактирования профиля. Кроме общих настроек опции General есть несколько других пунктов меню, имеющих важное значение при подготовке и проведению расчетов, а также представлению результатов расчетов. Остановимся на опции Analysis. Обратите внимание на состав основных видов анализа, доступных для использования. Для этого вызовите и пролистайте содержимое окна **Analysis Type**. В открывшемся окне представлены основные виды анализа:

- Bias Point;
- DC Sweep;
- AC Sweep;
- Time Domain (Transient).

Как уже известно, расчеты, связанные с анализом Bias Point осуществляются всегда, какой бы ни был выбран вид дополнительного анализа для проведения расчетов. То есть с Bias Point может проводиться еще один вид анализа AC Sweep, DC Sweep или Transient. При проведении расчетов с использованием CAPTURE не осуществляется несколько видов анализа в рамках одного запуска программы расчетов. Такой порядок работы может осуществляться с использованием редактора SCHEMATICS. Например, при использовании расчетов в среде SCHEMATICS легко реализуется одновременное размещение в тексте задания на моделирование директив .AC и .TRAN. Легко получить такое сочетание или другие сочетания при чисто текстовом вводе задания на моделирование.

Тем не менее, порядок, устанавливаемый настройкой профилей редактора CAPTURE, есть смысл признать вполне оправданным. Для одновременного запуска нескольких видов анализа придется потом настраивать PROBE, что не всегда удобно. Откровенно говоря, лучше работать с одним видом расчетов и одним типом результатов в окне постпроцессора. Кстати, PROBE позволяет запомнить результаты и вернуться к ним по мере необходимости.

Гораздо интереснее и важнее провести поиск и заключение, как сочетается вид анализа с дополнительными директивами расчетов и настроек. Для этого необходимо рассмотреть все возможные вариации настроек всех четырех типов анализа, постараться соотнести это с конкретными директивами и настройками.

В меню окна редактирования профиля далее расположены опции меню:

- Include Files (представлены настройки использования внешних включаемых в текст задания файлов);
- Libraries (представлены настройки имен файлов библиотек компонентов, используемых в расчетах и настройки путей поиска этих файлов);

- Stimulus (представлены настройки файлов обеспечивающих подключение начальных воздействий или формируемых сигналов источников).

Работа с этими пунктами меню достаточно понятна и более детально (для Stimulus) будет рассматриваться в следующих темах.

Очень важным пунктом меню является Options. Этот пункт связан с использованием опций директивы .OPTIONS. Познакомьтесь с возможными вариантами настроек для всех трех категорий (Category). Обратите внимание на дополнительные настройки для полевых транзисторов, используемых в расчетах (MOSFET Options...). Более подробно эти настройки будут рассмотрены в части 2 учебного пособия.

Следующие пункты меню Data Collection и Probe Window определяют условия сбора данных и вывода данных расчетов в пост-процессоре PROBE. При желании можно отключить вывод ненужных типов данных, да и сам PROBE, например.

7.5.2. Описание и настройка компонентов

Существует много вариантов классификации компонентов электронных схем. В моделировании, использующим PSpice-расчеты, принято подразделять компоненты следующим образом.

1. Пассивные двухполюсники. Сюда относятся резисторы, конденсаторы и индуктивности.
2. Пассивные многополюсники. К числу пассивных многополюсников относятся индуктивности (дрессели), связанные взаимной индукцией, трансформаторы, линии задержки, линии передач с потерями, связанные линии передачи.
3. Ключи. Точнее идеальные или почти идеальные ключи (сопротивление может учитываться). К числу этих элементов относятся ключи, управляемые напряжением или током.
4. Независимые источники сигналов. К этому числу компонентов относятся многочисленные независимые источники тока и напряжения.
5. Зависимые источники сигналов. К этим компонентам относятся ИНУН, ИТУТ, ИТУН, ИНУТ.
6. Полупроводниковые приборы. Перечень этих компонентов невелик и ограничивается диодами, обычными биполярными и

статически индуцированными биполярными транзисторами (IGBT), полевыми транзисторами (включая арсенид-галлиевые ПТ) и МОП-транзисторами.

7. Макромодели. В виде подсхем (создаваемых с использованием директив .SUBCKT и .ENDS) и с использованием библиотек компонентов таким образом вводятся аналоговые и аналого-цифровые компоненты (например, компараторы), которые сложнее дискретных диодов и транзисторов.
8. Аналоговые функциональные блоки. Библиотека компонентов содержит большое количество компонентов, предназначенных для проведения аналоговых вычислительных операций.
9. Цифровые компоненты. К этому семейству, в принципе, можно отнести многие стандартные компоненты, используемые в PSpice-расчетах для аналого-цифрового моделирования. (Подробнее эти компоненты будут изучаться в следующих темах).

В такой классификации нет традиционного четкого деления компонентов, например, на пассивные и активные компоненты.

Обратите внимание на отсутствие в данной классификации таких компонентов как разъемы, переключатели, реле и др. подобные элементы. Обычно их принято моделировать с помощью других компонентов и именно так применять в схемах, предназначенных для расчетов.

Такие компоненты как операционные усилители и иные виды усилителей, компараторы, составные транзисторы (Darlington Transistor), цифровые логические микросхемы, тиристоры (Triac), прочие аналоговые компоненты могут быть использованы и используются как подсхемы/макромодели.

Некоторое удивление может вызвать появление цифровых компонентов в списке аналоговых. Здесь необходимо оговорить роль и назначение PSpice-моделирования в обеспечении анализа поведения схем. Во-первых, с помощью PSpice-расчетов не обеспечивается синтез схем ПЛИС, поэтому некоторые компоненты, например библиотека логических примитивов, имеющаяся в составе САПР OrCAD, относятся к другой части пакета, а именно к разработке и моделированию схем ПЛИС. Во-вторых, самое главное, PSpice-расчеты воспринимают цифровое моделирование скорее как смешанное аналого-цифровое моделирование, с обязательным учетом

поведения цифрового сигнала как аналогового (с точки зрения взаимодействия сигнала с компонентами). Соответственно, используются специфические, специально для этого предназначенные компоненты.

Подразделяемы компоненты (см. пункты 1.-9.) в свою очередь также подразделяются на две основные группы:

- компоненты, имеющие встроенные математические модели в программе расчетов;
- компоненты, не имеющие встроенных математических моделей.

К числу компонентов, имеющих встроенные математические модели, относятся группы компонентов 1- 6, забегая вперед можно сказать, что часть описания поведения цифровых компонентов 9, например аналого-цифровой интерфейс или описание генератора сигналов, может относиться к встроенным моделям. А в целом, цифровые компоненты также можно было бы отнести к задаваемым и используемым как подсхемы/макромодели с непременными библиотеками макромоделей.

Макромодели, составляющие группу компонентов 7, являются наиболее универсальным инструментом описания и использования компонентов. С их помощью можно обеспечить описание и включение в расчеты любого компонента, включая и те, которые по классификации относятся к группам 1-6.

Особое положение занимают аналоговые функциональные блоки. АВМ модули моделируются с помощью источников напряжения или тока Е и G. Библиотека символов АВМ.OLB содержит большое количество символов компонентов, предназначенных для проведения аналоговых вычислительных операций. Общим для АВМ модулей (Analog Behavioral Modeling) является использование компонентов со встроенными моделями в составе модулей и настроек их с помощью уже готовых шаблонов, также «встроенных» в САПР. Использование АВМ модулей в ряде случаев позволяет получить более легко формирование сложных сигналов, не прибегая к разработке конкретных схемотехнических решений. Альтернативой использования АВМ модулей может явиться использование зависимых источников и набора пассивных компонентов для составления дифференциальных уравнений или описания иных математических моделей поведения компонентов или участ-

ков схем. Более подробно с работой этих модулей можно познакомиться в книге [5] и в главе 6 файла pspug.pdf техдокументации пакета OrCAD Capture Lite Edition.

Общие правила настроек параметров компонентов

В целом параметры компонентов описываются в тесте задания на моделирование и изменяются (редактируются) следующими способами:

- непосредственно в предложении задания на моделирование, описывающем включение компонента (применяется для компонентов со встроенными моделями);
- с помощью директивы .MODEL (применяется для компонентов со встроенными моделями);
- с помощью макромоделей и подсхем (можно описать практически любой компонент, но на практике применяют почти исключительно только для компонентов с отсутствующими встроенными моделями или также для компонентов с имеющимися моделями, но не обеспечивающими нужное описание поведения компонента в нестандартных условиях);
- с помощью включаемых INC-файлов по директиве .INC (это просто произвольно включаемый текст, можно описать практически любой компонент, но на практике пользователями почти не применяется);
- для специальных источников сигналов, относящихся скорее к независимым источникам сигналов и предназначенных для использования редактора внешних воздействий Stimulus Editor используется создаваемый с помощью этого редактора файл внешних воздействий. Этот файл *.stl затем используется как файл описания внешних воздействий в задании на моделирование.

Анализ состава библиотек и компонентов стандартных библиотек показывает, что основными компонентами таких библиотек для аналоговых устройств являются как модели, задаваемые по директиве .MODEL (диоды, транзисторы и др.), так и макромоделей (X), создаваемые с использованием директив .SUBCKT и .ENDS (составные транзисторы и более сложные схемы). Необходимо отме-

тить, что макромодели, в свою очередь, сами включают в свой состав модели, задаваемые по директиве .MODEL.

На первый взгляд может показаться, что для компонентов, чьи модели являются встроенными, нет смысла использовать никакие другие способы их включения в задание на моделирование кроме как по директиве .MODEL или прямой записью в текст. В действительности, если нужно изучить нестандартную модель стандартного компонента (например, работающего в особых условиях) могут сделать модель устройства специально для этих условий. При этом могут схему транзистора представить в виде макромодели с реальным усложнением схемы и, естественно, иным внутренним содержанием текста описания макромодели.

Настройка пассивных двухполюсников

Ранее мы использовали настройки параметров пассивных двухполюсников только для введения их позиционных обозначений и установки номиналов. Известно, что пассивные двухполюсники, например резистор, можно представить предложением по тексту задания на моделирование и как модель. Это, если не требуется иное, отличное от этих двух «стандартных» способов описания компонента, например, детальное описание компонента для некоторых условий применения. Чисто текстовое описание компонента было достаточно понятно и логично. Попробуем разобраться с графическим вводом задания, когда мы имеем дело с изображением резистора. Рассмотрим схему RC2, представленную на рис. 7.30.

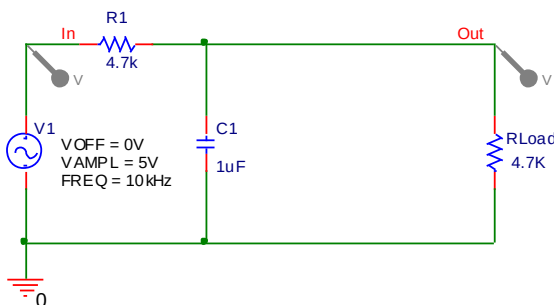


Рис. 7.30. Схема RC2 (исходный вариант)

Предположим, что для одного из пассивных компонентов, например резистора RLoad, потребуется ввести разброс значений сопротивления, характерный для изготовления партии компонентов на заводе (DEV). Такой разброс необходим, например, для проведения статистического анализа или определения чувствительности в режиме по постоянному току.

До введения разброса давайте разберемся, как резистор RLoad описывается в задании на моделирование. Для этого достаточно провести какие-либо расчеты схемы, хотя бы Bias Point без всяких настроек и опций и вывести текст выходного файла. Нетрудно установить, что резистор RLoad описывается следующей строкой в тексте задания на моделирование: R_RLoad 0 OUT 4.7K.

Мы получили первый вариант описания компонента.

Вернемся к решению проблемы задания разброса. В первую очередь, нужно разобраться, как представлены и осуществляются настройки резистора, как компонента, применяемого в схеме редактора CAPTURE. Настройки параметров компонентов осуществляются с помощью изменения атрибутов или свойств данного компонента. После вызова компонента из библиотеки он имеет установку свойств по умолчанию, а далее – по итогам последнего его редактирования.

Для вызова окна редактирования свойств компонента достаточно щелкнуть по нему мышью два раза, «открыв» компонент. Это эквивалентно выполнению команды **Edit>Properties...** или использованию сочетания клавиш **<Ctrl+E>** для выделенного компонента (компонент выделяется одним щелчком мыши).

Окно **Parts** редактора Property Editor, обеспечивающего редактирование свойств компонента, для резистора RLoad ограничивается в нашем случае следующими устанавливаемыми и редактируемыми параметрами компонента (см.рис. 7.31).

	A	B
	 RC : PAGE1 : RLoad	/RLoad
Reference	RLoad	RLoad
Value	4.7K	4.7K
BiasValue Power		0W
Source Part	R.Normal	R.Normal
TOLERANCE		

Рис. 7.31. Настройка свойств компонента RLoad в окне **Parts** редактора Property Editor

Примечания.

1. Таблица параметров может располагаться и горизонтально, в зависимости от положения переключателя Pivot (ось вращения, шарнир).
2. Окно **Parts**, **Pins** или др. выбирается переключателем в нижней части экрана.
3. Необходимо включить и обязательно пользоваться в дальнейшем фильтром информации Orcad-PSpice, выводимой в свойствах компонента, в противном случае для более сложных компонентов можно запутаться в большом количестве настроек и атрибутов.

Назначение параметров, в окне **Parts** редактора Property Editor является следующим:

- Reference означает имя позиционного обозначения компонента RLoad;
- Value устанавливает величину (номинал) сопротивления 4.7k;
- BiasValue Power обозначает выводимое значение мощности, рассеиваемой на резисторе в схеме при действующих условиях;
- Source Part обозначает исходный «шаблон», применяемый для задания и описания этого компонента;
- TOLERANCE обозначает не обязательный параметр «разброс значений».

Позиционное обозначение и номинал можно редактировать в этом окне вместо применявшегося ранее метода редактирования в окне **Display Properties** (см. рис. 7.3). Можно вводить и иные, не представленные в списке параметры, вводимые дополнительно по усмотрению пользователя. Проверьте возможность и необходимость введения новых параметров (атрибутов) в свете опций зада-

ния параметров резистора как модель и как строки по тексту задания.

Рекомендуется рассмотреть сведения и настройки окна **Pins** самостоятельно и попытаться объяснить их назначение и особенности. Остальные окна можно пока только просмотреть и попытаться понять назначение окон и информации в этих окнах. Обратите внимание на возможность разрешения/запрещения отображения атрибутов по команде **Display**, а также удаления параметров по команде **Delete Property**.

Нас интересует возможность введения разброса значений. Воспользуемся параметром TOLERANCE и введем значение 10%. Используем для ввода столбец A. Далее нажмем <Enter>. Обратите внимание на появившееся значение в столбце B. Выйдя из редактора свойств Property Editor, обнаружим, что видимых изменений в схеме нет, резистор по-прежнему внешне имеет только позиционное обозначение и номинал. Повторный вход в окно редактирования свойств компонентов показывает, что разброс на месте.левой клавишей мыши выделим строку TOLERANCE, а правой вызовем меню команд, далее нажмем кнопку **Display...** (левой кнопкой мыши). Появляется уже знакомое нам окно **Display Properties** (см. рис. 7.3). Меняем выбор значения Display Format с Do Not Display на Value Only и выходим.

Вернувшись в изображение схемы, получаем измененное изображение резистора RLoad с разбросом 10% (рис.7.32).

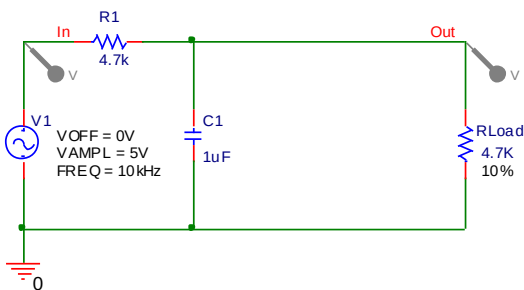


Рис. 7.32. Схема RC2 (с разбросом 10% номинала RLoad)

Вернемся к вопросу набора параметров свойств компонента, в частности BiasValue Power. Попробуйте вызвать отображение мощности, рассеиваемой на компоненте (по нажатию кнопки W после выполнения анализа Bias Point). Посмотрите на величину для резистора RLoad и сравните с табличными данными на рис. 7.31.

Вернемся к моделированию схемы. Запустим расчеты и посмотрим выходной файл.

Выходной текстовый файл несколько изменился в той части, которая касалась описания резистора RLoad. Теперь его описание осуществляется с помощью введения модели:

```
R_RLoad 0 OUT R_RLoad 4.7K  
.model R_RLoad RES R=1 DEV=10%
```

Мы получили второй вариант описания компонента.

Еще одним способом введения и редактирования атрибутов является использование возможности редактирования самого компонента по команде **Edit Part** для выделенного компонента. Далее можно воспользоваться командой **Options>Part Properties**.

Внимание!

Редактирование стандартных библиотечных компонентов не рекомендуется. Всегда есть риск случайного или намеренного изменения параметров, о котором потом не будет известно или будет забыто. А рассчитывать желательно на стандартное содержание свойств компонента. Для редактирования компонентов требуется создать собственную библиотеку.

Рекомендации по настройке параметров резистора можно найти в материалах файла PSpCRef.pdf технической документации пакета OrCAD Capture Lite Edition. Там же имеются рекомендации по использованию тех или иных видов резисторов. В частности, предложено использовать компонент RBreak в тех случаях, когда надо применить разброс параметров типа LOT (от партии к партии изделий).

В целом компоненты библиотеки BREAKOUT, откуда взят компонент RBreak, как раз предназначены для редактирования моделей пользователем. Желательным является сохранение исходных компонентов или всей библиотеки в качестве резервной копии и размещение новых компонентов после редактировании пользователем в отдельных библиотеках.

Настройка пассивных многополюсников

Рассмотрим поведение схемы, использующей линию передач с потерями. Для этого воспользуемся, например схемой Floating, часть (4) и проведем изменения параметров TLOSSY. Поменяем длину линии связи с 0.5 (в данном случае подразумевалось, что это метры) на большую величину, например 3м. Получим результаты расчетов переходных процессов для этой схемы и проанализируем их. Поменяем некоторые другие параметры, например удельную индуктивность и емкость. Проследим за изменением формы сигналов на выходе схемы. После проведения расчетов необходимо обратить внимание на особенности описания компонентов в задании на моделирование.

Настройка ключей

Преобразуем схему Floating, часть (3) для работы с ключом S, управляемым напряжением, для заряда-разряда конденсатора, находящимся в библиотеке ANALOG пакета OrCAD Capture Lite Edition или Sbreak библиотеки BREAKOUT. Проведем все необходимые настройки для ключа и источника сигнала в виде трапецидального источника напряжений. Попробуем изменить параметры и получить выходные характеристики. После проведения расчетов необходимо изучить особенности использования описания компонентов в задании на моделирование.

Настройка независимых источников

Такую настройку мы уже осуществляли, более подробно (см. табл. 3-1 и выполнение задания 3 в разделе 4).

Настройка зависимых источников сигналов

Рассмотрим поведение схемы, использующей зависимый источник сигналов в составе компонентов. Воспользуемся для этого схемой Floating, часть (3) и проведем изменения параметров. Особое внимание необходимо обратить на передаточные параметры.

Проведите все необходимые настройки и получите выходные характеристики. После проведения расчетов необходимо изучить

особенности использования описания компонентов в задании на моделирование.

Настройка полупроводниковых приборов

Рассмотрим поведение схемы, использующей стандартный полупроводниковый прибор, а именно диод 1N4148. Воспользуемся для изучения описания диода схемой RC2. Дополним схему компонентом 1N4148. Для облегчения поиска необходимо иметь в виду, что имя компонента в библиотеке полной версии САПР может отличаться от общепринятого имени и выглядеть как D1N4148.

Примечания.

1. Библиотеки PSpice-компонентов, содержат достаточно много компонентов, с именами, отличающимися от привычных имен стандартных компонентов. При затруднениях с выбором компонентов рекомендуется воспользоваться файлами перекрестных ссылок ANALOG.PDF, MIXED.PDF и DIGITAL.PDF (см. табл. 4-5). В любом случае не рекомендуется сразу пытаться создать свой собственный компонент, относящийся к полупроводниковым приборам.
2. Строго говоря, создание собственных компонентов для схем, предназначенных для разработки печатных плат, может оказаться оправданным, что нельзя сказать для схем, имеющих дело с PSpice-расчетами.

Указанная схема имеет вид как представлено на рисунке 7.33.

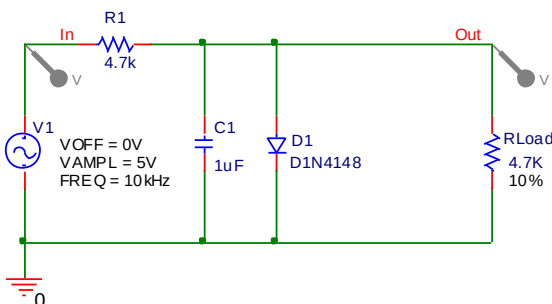


Рис. 7.33. Схема RC2 (с D1N4148)

Можно получить АЧХ и форму сигналов, но нас сейчас не будут интересовать выходные графические характеристики.

При анализе свойств диода обратите внимание на достаточно бедные возможности настроек параметров диодов, фактически заключающихся в редактировании коэффициента кратности Агеа, с помощью которого имитируется параллельное включение нескольких одинаковых приборов. Сравните это с описанием предложения задания на моделирование для диода.

Проведите моделирование схемы и получите информацию о том, как в задании на моделирование описывается модель диода 1N4148. Сравните с текстом модели из библиотеки. Постарайтесь найти в техдокументации и объяснить параметры модели диода. Детально изучать это описание не нужно. Тем не менее, желательно, чтобы на данном этапе сложилось убеждение в том, что настраивать там практически нечего.

Альтернативные возможности изменения свойств полупроводниковых приборов заключаются в следующем.

Для части компонентов можно воспользоваться библиотекой BREAKOUT и редактировать модели таких компонентов.

Диод 1N4148 хорошо известен и широко применяется. Для вариации параметров и настроек этого компонента на работу в разных условиях существуют несколько моделей и, соответственно, несколько компонентов, описывающих этот диод. Например, существуют несколько вариантов модели диода, относящиеся к разным температурным диапазонам. Указанные модели присутствуют в библиотеке DIODE полной версии САПР OrCAD 9.2.

Настройка параметров макромоделей

Рассмотрим поведение схемы, использующей в качестве компонента макромодель, вызываемую из стандартной библиотеки. Предположим, это схема Inv или NoInv с операционным усилителем, описываемым и включаемым как макромодель, с текстом описания модели, загружаемым из библиотеки. Анализ подобных схем уже проводился. Вернувшись еще раз к проблеме описания компонента, нетрудно убедиться, что ситуация весьма напоминает случай с попытками настроек работы схем полупроводниковых приборов. Разница только в форме представления и введения в

задание на моделирование описания компонента. По крайней мере, это верно для большинства используемых библиотечных компонентов, относящихся к макромоделям.

Для некоторых компонентов, например некоторых ОУ, существуют возможности выбора нескольких вариантов макромоделей, присутствующих в библиотеках и описывающих поведение компонента в различных условиях.

Настройка параметров аналоговых функциональных блоков

Рассмотрим поведение схемы, использующей аналоговые функциональные блоки. Для этого дополним, например, схему RC2 таким блоком, скажем усилителем GAIN. Такая схема имеет вид как представлено на рис. 7.34.

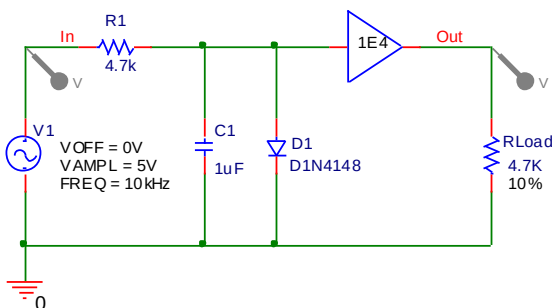


Рис. 7.34. Схема RC2 (с ABM-блоком усилителя GAIN)

Получите и проанализируйте свойства блока GAIN. Фактически имеются возможности по изменению величины коэффициента усиления. Введите значение 1E4 вместо используемого по умолчанию 1E3.

Осуществите моделирование схемы, например, с получением графиков формы выходных сигналов. Объясните полученные результаты. Обратите внимание на описание компонентов в тексте задания на моделирование. Компонент GAIN представлен в виде зависимого источника E с вычисляемыми по формуле передаточными характеристиками:

```
D_D1      N00757 0 D1N4148
E_GAIN1    OUT 0 VALUE {1E4 * V(N00757)}
C_C1      0 N00757 1uF
R_R1      IN N00757 4.7k
```

Возможно, стоит обратить внимание на использование подобных приемов вычисления параметров, номиналов и прочих характеристик и в других случаях.

Настройка цифровых компонентов

Использование цифровых компонентов допускает определенные действия по их настройке, например, можно задавать уровни питания некоторых серий микросхем. Более подробно цифровое моделирование будет рассмотрено во второй части учебного пособия.

Дополнительные возможности настроек и вариации параметров

Для проведения расчетов и получения результатов существует еще одна возможность проведения некоторых настроек. Рассмотрите библиотеку SPECIAL пакета OrCAD Capture Lite Edition. Часть имеющихся там компонентов непосредственно связана с настройками расчетов и выводом результатов. Проанализируйте состав и назначение этих компонентов, особенности их использования в схемах.

Настройка важных для проведения расчетов программ PROBE и Stimulus Editor будет подробно рассмотрена в следующих темах.

Существуют еще некоторые возможности настроек, связанные с заданием и вариациями параметров. Для этих целей могут использоваться псевдокомпоненты. С ними можно будет познакомиться при изучении тем в части 2 учебного пособия.

Краткие итоги.

В разделе изучались основные правила подготовки схем и проведения PSpice-расчетов. Получены результаты расчетов набора схем, относящихся к проекту DSN_Rules .

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ТЕМА 3

Тема занятий: «PSpice-моделирование в САПР OrCAD».

8.1. Учебное задание

1. Изучите общие правила подготовки проектов и составления задания на моделирование.
2. Изучите общие правила подключения и использования компонентов.
3. Изучите возможности использования директив моделирования и описания компонентов, порядок их использования и варьирования параметров.

8.2. Рекомендации по использованию литературы

При выполнении учебного задания рекомендуется воспользоваться литературой, представленной в табл. 8-1, 8-2, 8-3. Помимо этого, рекомендации по изучению литературы, представлены непосредственно в разделе 8.3 учебного пособия.

Таблица 8-1

Литература, используемая при выполнении задания 1

Источник	Раздел
Учебное пособие	Раздел 7.1 Этапы процесса моделирования Раздел 7.2 Подготовка проекта для PSpice-моделирования
PSpRef.pdf(*)	Analog Devices. Independent current source & stimulus (Pulse) Commands. TRAN (transient analysis) Analog Devices. Voltage-controlled voltage source Analog Devices. Transmission line
Appnts.pdf	Примеры решений
[5]	Раздел 4.2 Описание аналоговых компонентов

Таблица 8-2

Литература, используемая при выполнении задания 2

Источник	Раздел
Учебное пособие	Раздел 7.3 Правила подключения компонентов Раздел 7.4 Проблемы подключения моделей компонентов
pspug.pdf	Convergence and “time step too small errors”

Литература, используемая при выполнении задания 3

Источник	Раздел
Учебное пособие	Раздел 7.5 Использование директив моделирования и описания компонентов
PSpRef.pdf	Commands Analog Devices Digital Devices
[5]	Раздел 4. Моделирование с помощью PSpice Глава 2, 3, 5 и Приложения 1 и 2

Примечание к табл. 8-1, 8-2, 8-3. (*) - см. табл. 1-2

8.3. Порядок выполнения задания

Задание 1

Изучите общие правила подготовки проектов и составления задания на моделирование, как представлено в разделах 7.1 и 7.2 учебного пособия. Познакомьтесь с основными принципами подготовки схем, реализации проектов и связанными с этими правилами формализацией параметров компонентов и схем.

В этом задании необходимо определиться с выбором стиля реализации проектов и схем.

Для проведения практических работ по подготовке к выполнению заданий нам потребуется создание нескольких схем, как представлено на рис. 8.1 – 8.5.

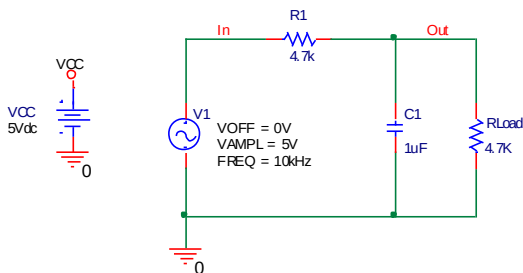


Рис. 8.1. Схема RC

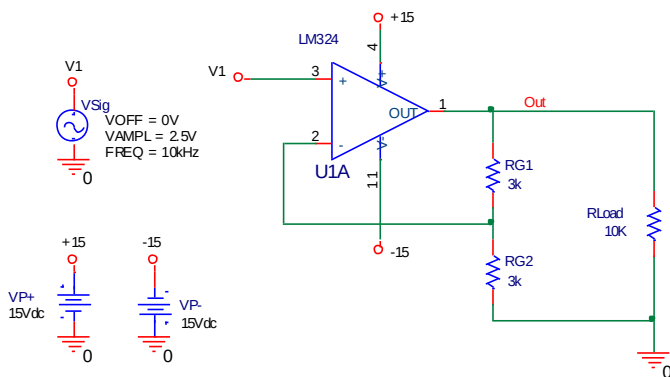
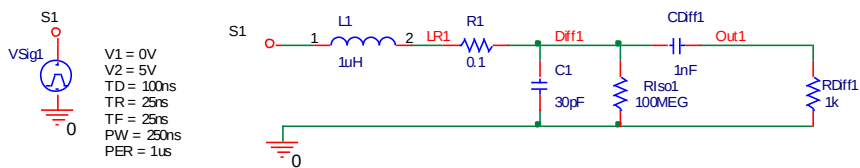
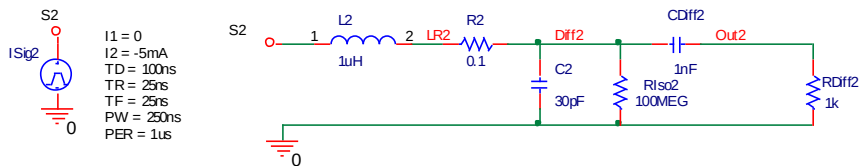


Рис. 8.2. Схема NoInv



(1)



(2)

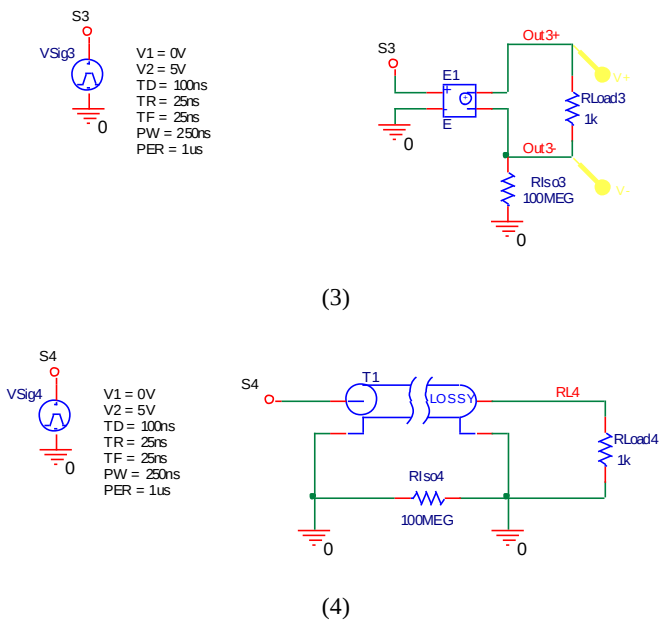


Рис. 8.3. Схема Floating, части (1)-(4)

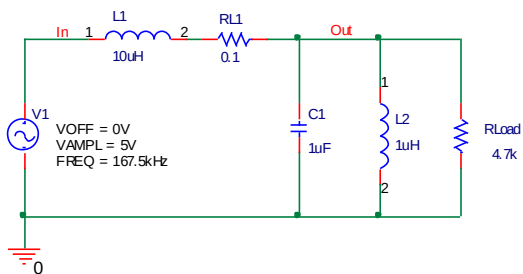


Рис. 8.4. Схема Z0

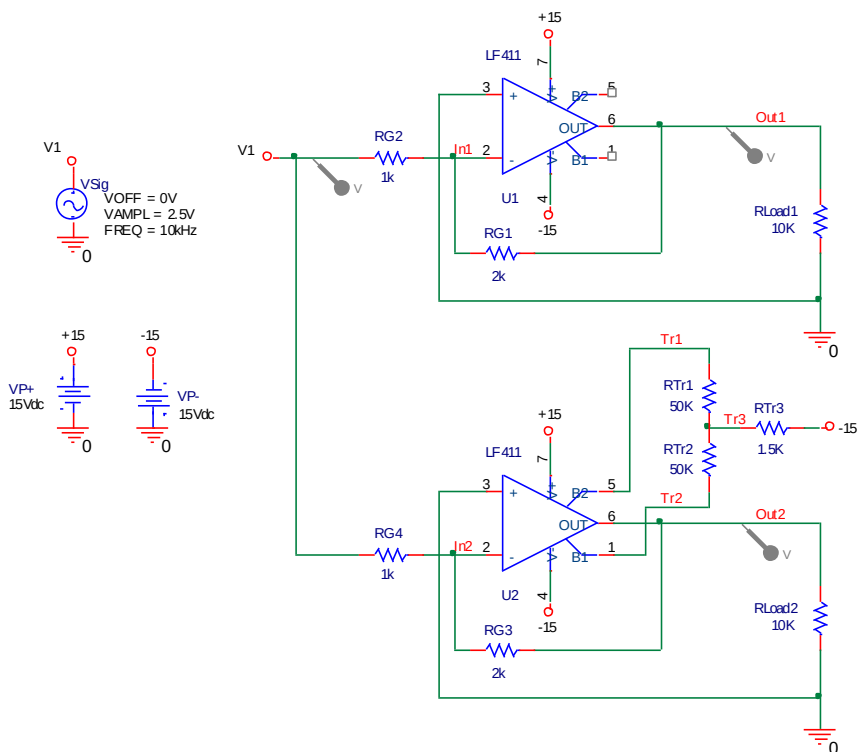


Рис. 8.5. Схема Inv

В процессе создания схем (см. рис. 8.1- 8.5) допускается использование иных компонентов, не противоречащих достижению конечных целей при проведении расчетов. В данных примерах целью расчетов не является получение определенных характеристик и параметров. Целью, скорее, является изучение процесса получения результатов, оценка степени влияния правил, а также стиля подготовки схем и компонентов на результаты расчетов. В частности, в качестве источников сигналов можно использовать и иные источники, в отличие от источников, представленных на схемах. В любом случае проектировщику схем предоставлена возможность их модификации в процессе работы со схемами.

Для дальнейшей работы по PSpice-моделированию схем необходимо постепенно знакомиться с возможностями и особенностями

ми использования входного языка управления заданием для подготовки расчетов и интерпретации результатов.

Настройка компонентов схем

В схеме Floating (см. рис. 8.3) представлен импульсный источник сигналов (Pulse) или источник сигналов трапецеидальной формы (trapezoidal waveform). Этот источник VPULSE находится в библиотеке SOURCE. Подобный независимый источник сигналов может задавать как источник напряжения (VPULSE), так и источник токов (IPULSE). Импульсный источник часто применяется в практической электронике для тестирования макетов электронных схем. Этот источник (например, источник напряжения VPULSE) вводится как компонент в задание на моделирование в следующем виде:

```
V_VSig1 S1 0
+PULSE 0V 5V 100ns 25ns 25ns 250ns 1us
```

Знак «+» перед спецификацией сигнала PULSE означает продолжение предыдущей строки. Описание подобного сигнала представлено в файле технической документации PSpcRef.pdf, в разделе: «Analog Devices. Independent current source & stimulus (Pulse)». Необходимо познакомиться с описанием подобного источника тока и напряжения и попытаться понять формат предложения, описывающего источник.

В качестве помощи при изучении описания источника сигнала VPULSE или IPULSE предлагается воспользоваться табл. 8-1.

Таблица 8-1

Параметры и значения импульсного сигнала

Параметр	Описание	Ед. измерений	Значения по умолчанию
i_1, v_1	Начальное значение тока или напряжения	А или В	-
i_2, v_2	Максимальное значение тока или напряжения	А или В	-
t_d	Задержка начала переднего фронта	с	0
t_r	Длительность переднего фронта	с	TSTEP
t_f	Длительность заднего фронта	с	TSTEP
pw	Длительность импульса (Pulse Width)	с	TSTOP
per	Период повторения	с	TSTOP

Примечание к табл. 8-1:

- TSTEP – шаг вывода на печать;
- TSTOP – конечное время анализа переходных процессов;
- параметры TSTEP и TSTOP задаются в директиве .TRAN.

Графики переходных процессов для схемы Floating , часть (1) с использованием такого источника, представлены на рис. 8.6.

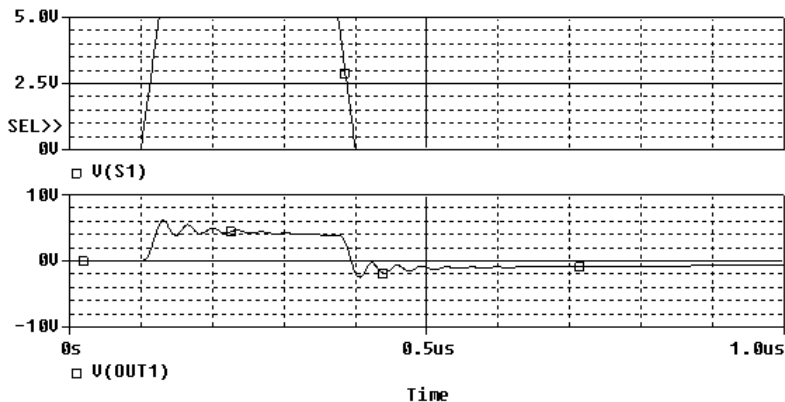


Рис. 8.6. Форма входных и выходных сигналов схемы Floating , часть (1)

Для изучения параметров и значений импульсного сигнала необходимо также познакомиться с описанием директивы .TRAN анализа переходных процессов. Необходимую для этого информацию можно найти в файле технической документации PSpcRef.pdf, в разделе .TRAN (transient analysis).

В схеме Floating, часть (3), используется зависимый источник E типа ИНУН (источник напряжения, управляемый напряжением, Voltage-controlled voltage source). Этот источник обычно находится в библиотеке ANALOG. Более подробно с описанием этого компонента можно познакомиться в файле PSpcRef.pdf, раздел «Analog Devices. Voltage-controlled voltage source». При изучении описания ИНУН необходимо обратить внимание, что зависимые источники напряжения и тока могут быть как линейными, так и нелинейными. Линейные источники описываются простым линейными передаточными функциями с использованием коэффициентов передачи

(GAIN). Пример настроек свойств такого компонента представлен на рис. 8.7.

	A
	Floating : PAGE1 : E1
Reference	E1
Value	E
GAIN	1.5
Source Part	E.Normal

Рис. 8.7. Настройка компонента E схемы Floating , часть (3)

Кроме линейных, существуют нелинейные источники с использованием полиномиальной функцией POLY (см. компонент EPOLY). Зависимые источники широко применяются в схемах для PSpice-моделирования работы реальных устройств, в частности, с их помощью может осуществляться обработка и формирование сигналов. Некоторые примеры применения подобных устройств можно найти в файле Appnts.pdf и в книге [5].

Далее необходимо обратить внимание на использование дифференциальных маркеров в схеме Floating, часть (3). Эти маркеры указывают на необходимость вывода значений сигналов не относительно AGND, а друг относительно друга, также обеспечивают вычисление разницы величин. График выходных зависимостей схемы Floating , часть (3) представлен на рис. 8.8.

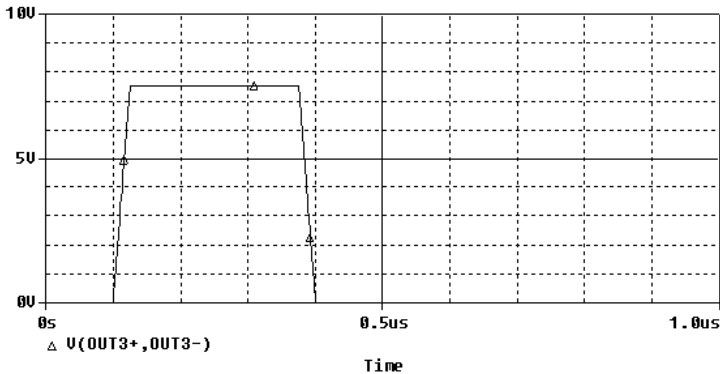


Рис. 8.8. Форма входных и выходных сигналов схемы Floating , часть (3)

На рис. 8.8 представлена форма входных и выходных сигналов схемы с указанием выражения, задаваемого в строке Trace Expression окон постпроцессора PROBE: «Add Traces» или «Modify Trace». Подобными выражениями можно пользоваться для вычисления или задания форм сигналов уже непосредственно в PROBE, без использования маркеров на принципиальной схеме. Обратите внимание на максимальную величину импульса 7,5В. Эта величина получена путем умножения исходных 5В источника сигнала VSig3 на коэффициент передачи (или усиления) $GAIN=1.5$ ИНУН.

В схеме Floating, часть (4), используется в качестве компонента линия передач с потерями TLOSSY. Этот компонент находится в библиотеке ANALOG. Более подробно с описанием этого компонента можно познакомиться в файле PSpiceRef.pdf, раздел «Analog Devices. Transmission line». При изучении описания линий передач (Transmission line) необходимо обратить внимание, что в PSpice-расчетах используются идеальные линии передач и линии передач с потерями. Линии передач с потерями рассматриваются как многосекционная распределенная модель, состоящая из набора сегментов с сосредоточенными (удельными) параметрами по сопротивлению, емкости, индуктивности и проводимости, рассчитываемые на единицу длины проводника (линии связи). В полной версии программы расчетов существуют большой набор различных линий связи, включая модели реальных кабелей и проводных линий. В нашем случае воспользуемся некими усредненными параметрами типичного проводника длиной 0,5 м. Настройки удельных величин C, G, L и R из расчета на 1 м провода линии передач с потерями TLOSSY представлены на рис. 8.9.

A	
Floating : PAGE1 : T1	
Reference	T1
Value	TLOSSY
C	30pF
G	1n
L	1uH
LEN	0.5
R	0.1
Source Part	TLOSSY.Normal

Рис. 8.9. Настройка компонента TLOSSY схемы Floating , часть (4)

В схеме Inv используются два ОУ LF411 (библиотека EVAL). При этом для U2 реализована схема подстройки напряжения смещения ОУ, а для U1 соответствующие контакты оставлены неподключенными. Оба варианта включения ОУ допустимы с точки зрения схемотехники решений, предназначенных для изготовления узлов РЭА с использованием этого ОУ.

Краткие итоги.

Итак, нам требуется разработать ряд принципиальных схем, как представлено на рис. 8.1-8.5. На данном этапе, после изучения состава и особенностей представленных схем необходимо выбрать вариант реализации проекта или проектов.

Варианты разработки схем и реализации проектов

Разработку принципиальных схем можно проводить с использованием следующей файловой и иерархической структуры проектов:

- 1) для каждой принципиальной схемы создавать отдельный проект;
- 2) создавать несколько схем, относящихся к одному проекту.

Вариант 1) мы использовали во всех случаях разработки принципиальных схем с редактором CAPTURE до этого момента. Вариант 2) можно попробовать реализовать в рамках выполнения задания 1 по данной теме. Каждый из вариантов ведения проекта или проектов имеет свои достоинства и недостатки (см. раздел 8.4). Решение о разработке проектов с использованием вариантов 1) и 2) далее предлагается оставить на усмотрение пользователя.

Задача.

Осуществить выбор варианта создания проектов/схем и создать либо единый проект DSN_Rules, либо набор из пяти проектов: RC, NoInv, Floating, Z0 и Inv.

В случае выбора варианта, касающегося создания нескольких схем, относящихся к одному проекту, предлагается воспользоваться алгоритмом работы, как представлено в разделе 7.2.2 учебного пособия. В этом случае файловая структура проекта может иметь вид, как показано на рис.8.10.

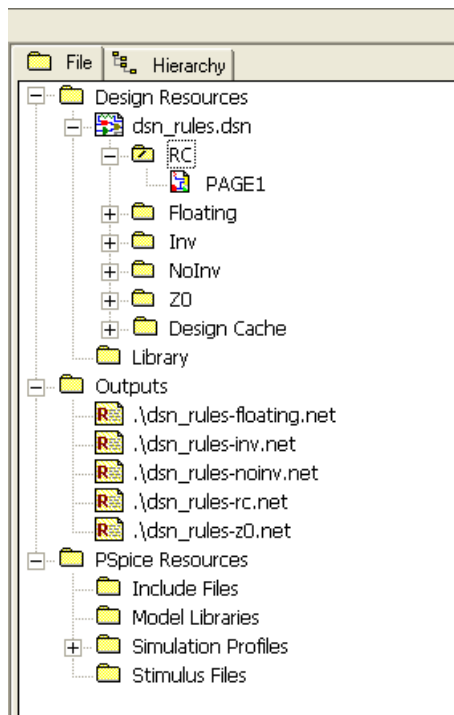


Рис. 8.10. Общая файловая структура проекта DSN_Rules

В рамках указанных проектов разрабатываются принципиальные схемы устройств, как показано на рис.8.1 – 8.5.

После того как созданы принципиальные схемы необходимо перейти к работе со схемой RC. Требуется изучить правила работы с компонентами, как представлено в разделе 7.2.3, и выполнить примеры моделирования схем и анализа результатов, как предложено по тексту раздела.

Краткие итоги.

Итак, нами выбран стиль реализации проектов и принципиальных схем, осуществлена разработка принципиальных схем ряда устройств: RC, NoInv, Floating, Z0 и Inv. В рамках работ со схемой RC нами закреплены знания по настройкам параметров компонентов, а также представлена необходимость в качестве правильного стиля проведения расчетов введение постоянного контроля результатов расчетов «на здравый смысл».

Задание 2

Изучите общие правила подключения и использования компонентов, как представлено в разделе 7.3. В этой части задания 2 нам придется работать со схемами устройств: NoInv, Floating и Z0.

По мере изучения материалов раздела требуется выполнить примеры моделирования схем, осуществить вариацию схем и компонентов и провести анализ результатов, как предложено по тексту раздела. Особое внимание требуется обратить на три основных ограничения PSpice-расчетов. Необходимо на практике освоить правила и стили построения моделей схем, исключающих возможности выхода за подобные ограничения.

При выполнении практической части задания необходимо как можно шире использовать средства контроля над ходом подготовки и проведения расчетов, а также использовать полученные знания в области синтаксиса входного языка задания на моделирования.

Изучите общие правила подключения моделей компонентов, как представлено в разделе 7.4. В этой части задания 2 нам придется работать со схемой устройства Inv.

В целом при выполнении задания 2 желательно еще раз познакомиться с материалами файла pspug.pdf, раздел «Convergence and “time step too small errors”» и примерами файла Appnts.pdf.

Краткие итоги.

Нами рассмотрены основные ограничения в проведении PSpice-расчетов, вытекающие из особенностей использования и подключения компонентов. Осуществлена практическая отработка примеров возникновения проблем в расчетах и выработаны решения указанных проблем.

Задание 3

Изучите раздел 7.5 данного пособия «Использование директив моделирования и описания компонентов». Познакомьтесь с полным составом и основными свойствами директив моделирования, а также настройками директив моделирования, как представлено в материалах файла PSpRef.pdf в разделе Commands. Для выполнения задания 3 необходимо также детально изучить материалы

файла PSpRef.pdf, представленные в разделе Analog Devices. Дополнительно можно начать изучение цифровых компонентов в разделе Digital Devices этого файла. Непосредственная работа с цифровыми компонентами предусмотрена при изучении части 2 данного пособия. В качестве дополнительной справочной литературы при выполнении задания 3 можно воспользоваться материалами книги [5], как представлено в табл. 8-3.

При изучении раздела 7.5 необходимо помнить, что вид анализа, задаваемый по директиве .DC, мы еще ни разу не проводили. Более подробно этот вид анализа будет изучаться в части 2 учебного пособия.

В качестве отчета по этому пункту приведите сведения и Ваши выводы о возможностях расчетов и порядке проведения расчетов, что касается настройки профилей и использования директив задания на моделирование для основных видов анализа:

- AC Sweep;
- Time Domain (Transient).

Познакомьтесь с полным составом и основными настройками компонентов, как представлено в материалах файлов технической документации, в частности в материалах файла PSpRef.pdf. Далее перейдите к изучению материалов раздела 7 учебного пособия в части, касающейся описания и настройки компонентов. При выполнении практической части работ руководствуйтесь указаниями, содержащимися в разделе 7.5.2.

Настройка пассивных двухполюсников

По ходу выполнения задания необходимо создать схему RC2, которая предназначена для модификации известной нам схемы RC. Выполните операции по настройке параметров резистора. При этом необходимо понять, что введение разброса параметров непосредственно в этом пункте задания не имеет практического приложения и понадобится в дальнейшем при изучении вариации параметров компонентов в части 2 учебного пособия. Здесь является важным научиться вводить параметры компонентов и проверять настройки компонентов в задании на моделирование.

Настройка пассивных многополюсников

По ходу выполнения задания необходимо внести изменения в компонент TLOSSY схемы Floating, часть (4), получить результаты анализа переходных процессов и проанализировать текстовые и графические результаты расчетов.

Настройка ключей и независимых источников

По ходу выполнения задания необходимо внести изменения в схему Floating, часть (3), создав на ее основе схему заряда или разряда конденсатора. Далее необходимо получить результаты анализа переходных процессов и проанализировать текстовые и графические результаты расчетов.

Настройка зависимых источников

Необходимо познакомиться с составом и описанием источников, как представлено в файле технической документации PSpcRef.pdf. Нам важно понять возможности применения настроек данного типа компонентов. В случае использования схемы Floating, часть (3), достаточно легко можно осуществить варьирование передаточных параметров и коэффициента передачи. С использованием таких компонентов достаточно легко осуществлять простейшие преобразования сигналов, например, связанные с суммированием токов. Безусловно, легко можно создавать схемы, где в явном виде присутствуют компоненты ИНУН, ИТУТ и др. подобные. С помощью такого типа компонентов могут также осуществляться решения некоторых дифференциальных уравнений.

Вместе с тем в пакете программ для PSpice-расчетов существуют гораздо более удобные и универсальные компоненты, такие как аналоговые функциональные блоки.

Настройка полупроводниковых приборов

Познакомьтесь с возможностями настроек диода, установленного, например, в схеме RC2, и сделайте вывод о возможности и необходимости настроек полупроводниковых приборов в целом, как предложено разделе 7.5.2.

Настройка параметров макромоделей

На основе материалов раздела 7.5.2 можно прийти к выводу о нецелесообразности настроек макромоделей, в общем случае.

Настройка параметров аналоговых функциональных блоков

Рассмотрите возможности управления усилением, как показано на схеме RC2 с установленным АВМ-блоком.

Подготовьте краткий анализ полученных результатов.

Краткие итоги.

Итак, мы детально познакомились с настройками профилей моделирования для основных видов анализа и изучили некоторые особенности использования директив и описания компонентов в задании на моделирование. Более подробно к этим вопросам мы должны будем возвращаться по мере изучения тем части 2 пособия.

Кроме того, мы научились использовать вариацию параметров и настроек компонентов схем, где такие настройки могут применяться и их применение является оправданным. Вместе с тем, некоторые компоненты не должны настраиваться, сюда можно отнести полупроводниковые компоненты и макромоделю. Для части компонентов существуют их разновидности, описывающие работу данного компонента в специфических условиях, например, при температуре -55°C.

Подведение итогов практических занятий по теме 2.

Подготовьте окончательный вариант файла отчета по выполненным заданиям. Сформулируйте вопросы (если они имеются). Представьте преподавателю результаты работы по теме в виде файла отчета, включая и список вопросов, если они имеются.

8.4 Рекомендации по выполнению задания

При выполнении задания 1 обратите внимание на то, что процессу моделирования должна предшествовать подготовка схемы. А анализ выходных результатов должен проводиться не только для понимания работы схемы, но и для проверки достоверности результатов.

Для правильного и полного описания работы схемы с точки зрения проведения расчетов желательно разделить понятия схем на их варианты для проектирования печатных плат и верифика-

ции/моделирования работы отдельных узлов схем с помощью PSpice-расчетов. Настоятельно рекомендуется использовать для PSpice- расчетов специально подготовленные схемы. Постарайтесь использовать одну схему или несколько вариантов схем для моделирования и отдельную схему для проектирования печатных плат. Возможно, также отдельную схему придется делать под требования ЕСКД, для отчетности.

В процессе работы по моделированию нескольких вариантов схемы или нескольких схем из-за особенностей работы редактора CAPTURE придется воспользоваться либо созданием нескольких проектов, соответствующих каждой модификации схемы, либо создать несколько схем, относящихся к одному проекту.

Первый вариант с созданием нескольких проектов довольно громоздок с точки зрения количества файлов и/или рабочих поддиректорий для каждого проекта, второй вариант, заключающийся в создании нескольких схем, требует меньше файлов и чуть меньше времени на его создание. На первый взгляд именно второй вариант одного проекта и нескольких схем является предпочтительным. Однако на практике все далеко не так просто.

Если первый вариант моделирования схем работает довольно надежно и практически без сбоев, то вариант с использованием нескольких схем в рамках одного проекта по объективным и субъективным причинам менее надежен. В результате, например, могут происходить отказы в использовании профилей и настроек проекта из-за глобальных нарушений в системе настроек и использования настроек. Имелись случаи, когда проекты приходилось восстанавливать по распечаткам в первом их варианте с потерей промежуточных результатов.

Пользователю предоставляется возможность использования обоих вариантов реализации проектов, по его выбору. В первом случае создаются файлы и одноименные поддиректории: RC, NoInv, Floating, Z0, Inv. Во втором случае это проект DSN_Rules с набором файлов.

В начале работы с подобными проектами рекомендован для использования может все-таки первый вариант, с созданием нескольких проектов, как более надежный и проверенный.

При выполнении задания 2 обратите внимание на три основных ограничения при проведении PSpice-расчетов. Эти ограничения и

используемые примеры могут помочь при решении проблем с расчетами и еще раз доказывают необходимость использовать особым образом подготовленные схемы для PSpice-расчетов, моделирующие реальные схемотехнические решения. Реальные схемы, используемые для изготовления изделий и моделирующие их схемы для PSpice-расчетов, в подавляющем большинстве случаев не могут и не должны полностью совпадать друг с другом по используемым компонентам и связям компонентов.

Для решения некоторых проблем с расчетами полезно будет также познакомиться с материалами файла `pspug.pdf` (раздел Convergence and “time step too small errors”). Примеры правильных решений, используемых при проведении PSpice-моделирования и PSpice-расчетов схем, представлены в файле `Appnts.pdf`. Пользователям рекомендуется внимательно познакомиться с этими примерами. Рекомендуется обратить внимание на то, что без знания синтаксиса входного языка PSpice-расчетов, работа с материалами этого файла может оказаться затруднительной.

При выполнении задания 3 необходимо принять во внимание, что целью изучения состава и особенности применения директив и описания компонентов является получения общего представления о возможностях проведения расчетов и использовании общих параметров, в частности обозначение переменных, настройки, дополнительные возможности и т.д. Воспользуйтесь материалами раздела 7 данного пособия, касающихся использования директив и настроек профилей моделирования. Рассмотрите возможные виды анализа, варианты проведения расчетов, использования директив и настроек параметров расчетов. Подготовьте заключение о возможных иных видах расчетов (кроме `.AC` и `.TRAN`), порядке их проведения и возможных сочетаниях расчетов. Эти виды расчета будут представлены в части 2 учебного пособия или могут быть изучены обучающимися самостоятельно, основываясь на приобретенных знаниях и опыте.

Обратите внимание на возможность запоминания и загрузки данных для расчета режима по постоянному току. Использование метода запоминания и загрузки, ранее рассчитанных параметров и ручной настройки параметров моделирования, равно как отказ от излишней детализации расчетов способны в некоторых случаях не только сократить время расчетов и время анализа результатов, но и

просто позволить получить эти результаты в сложных случаях, когда решения дифференциальных уравнений, используемых в расчетах не сходятся. Постарайтесь оценить применимость этого метода. Постарайтесь понять разницу в назначении расчетов .DC и Bias Point.

Особое внимание обратите на параметры моделирования, задаваемые по пункту Option with a name as its value (Опции, имеющие численные значения) и использование опций директивы .OPTIONS в целом. Постарайтесь оценить возможности применения каждой опции. Найдите опцию GMIN; проводимость меньше (или равная ей) считается равной нулю. Обратите внимание на ее величину по умолчанию (минимальная проводимость ветви или компонента цепи, по умолчанию 10^{-12} См). Ее единицы измерений приводятся в сименсах (См). Мы встречались с этой опцией при изучении материалов раздела 7 учебного пособия в пункте, посвященном проблеме использования компонентов с наличием контактов, не предназначенных для моделирования (unmodeled pins), а также в разделе 4, когда экспериментировали с высокоомными резисторами.

Особого внимания требует также информация по выдаче результатов анализа и выходным переменным. Обратите внимание на особенности вывода и описания данных при различных видах анализа. Это касается имен выходных переменных и компонентов. Важность этой информации трудно переоценить. Именно в соответствии с этими специфическими требованиями синтаксиса языка Вы будете устанавливать ручную и контролировать устанавливаемые программой расчеты автоматически, по настройкам, параметры выходной информации. Здесь речь идет о том, что Вы должны быть уверены в том, что получили запрашиваемый вами параметр нужной Вам точки схемы. Это применяется как в постпроцессоре, так и в выходном текстовом файле. В PROBE можно вручную выбирать нужные вам выходные характеристики и даже проводить их обработку, включая весьма сложные математические операции. Преобразование Фурье, например, или поиск экстремумов. Познакомьтесь с возможностями анализа шумов.

Обратите внимание на использование функций, определяемых пользователем и, особенно, на задание параметров по директиве .PARAM.

Хотелось бы подчеркнуть, что нет необходимости на данном этапе получить исчерпывающий ответ по особенностям работы каждой опции настроек, например PREORDER категории Analog Simulation. К значительной части настроек (или к наиболее часто используемым и важным настройкам) мы еще вернемся в части 2 учебного пособия. В любом случае для более детального изучения как обычных, так и редко применяемых настроек и опций придется обращаться к технической документации пакета программ. Поэтому очень важно иметь все *.pdf-файлы сопроводительной документации.

Для правильной подготовки задания на моделирование схемы не менее важным, чем надлежащее использование директив моделирования, является правильная настройка компонентов (настраиваемых компонентов) и подбор компонентов без возможностей настроек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения курса «PSpice-моделирование электронных схем» по данному учебному пособию обучаемые получают начальные знания и навыки автоматизированного компьютерного моделирования электронных схем с использованием технологий Spice-расчетов. Результаты такого моделирования в настоящее время широко используются при разработке, верификации и отладке широкого спектра электронных устройств.

В процессе обучения приводились примеры схем, описывались методы и средства получения параметров и характеристик устройств, типичных для систем сбора-обработки данных. Подобные системы и их составные части находят применение в процессе реализации различных приборов и оборудования, систем автоматизации и управления, включая АСУ ТП, а также измерительных систем и систем связи. Полученных знаний может оказаться достаточно для разработки и проверки основных схемотехнических решений аналоговых подсистем систем сбора-обработки данных (СОД), а также линий связи. Если для обучаемых, освоивших курс, предполагается участие в области создания или обеспечения работы систем СОД на уровне подготовки заданий для специалистов и контроля их выполнения, то обучаемые получают основные сведения и навыки для выполнения подобных функций в ходе изучения курса по данному пособию. В этом случае можно остановиться на этом уровне освоения технологий Spice-расчетов.

Основные результаты освоения курса

В результате освоения курса обучаемые получают основные сведения о технологии проведения автоматизированного компьютерного моделирования электронных схем с использованием технологий Spice-расчетов. Изучаются состав, назначение и основные возможности САПР для проведения расчетов и обеспечения моделирования схем. В ходе изучения курса и дальнейшей практической деятельности обучаемым настоятельно рекомендуется продолжить освоение и использование входного языка, необходимого для надлежащего обеспечения PSpice-расчетов, а также интерпретации полученных результатов в текстовом виде.

Дальнейшее освоение технологий Spice-моделирования и проектирования схем

Для более детального и углубленного освоения компьютерного моделирования электронных схем с использованием технологий Spice-расчетов рекомендуется воспользоваться продолжением данного пособия с названием: «Основные методы проведения PSpice-расчетов электронных схем». Это пособие предназначено для практического и детального освоения автоматизированного компьютерного моделирования электронных схем с использованием технологий Spice-расчетов на уровне требований профессиональных специалистов-схемотехников. В новом курсе изучаются основные методы и средства детального анализа работы электронных схем с элементами многовариантного анализа и оптимизации схем в процессе комбинированного аналогового и аналого-цифрового моделирования работы устройств и линий связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архангельский А.Я. PSpice и Design Center. В 2-х ч. Часть 1. Схемотехническое моделирование. Модели элементов. Макромоделирование. Учебное пособие. М.: МИФИ, 1996.
2. Архангельский А.Я. PSpice и Design Center. В 2-х ч. Часть 2. Схемотехническое моделирование. Модели цифровых и аналого-цифровых устройств. Идентификация параметров моделей. Графические редакторы. Учебное пособие. М.: МИФИ, 1996.
3. Архангельский А.Я., Савинова Т.А. Справочное пособие по пакетам программ PSpice и Design Center. М.: МИФИ, 1996.
4. Хайнеман Р. PSPICE. Моделирование электронных схем: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 336 с.: ил. (Серия «Проектирование»).
5. Разевиг В.Д. Система проектирования OrCAD 9.2 - М.: СОЛОН-Р, 2001
6. Кузнецова С.А., Нестеренко А.В., Афанасьев А.О. OrCAD 10. Проектирование печатных плат / Под. ред. А.О.Афанасьева – М.: Горячая линия –Телеком, 2005.
7. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т.1.-3. Пер. с англ. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Мир, 1993.
8. Разевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования и проектирования печатных плат Design Center (PSpice).- М.: СК Пресс, 1996
9. Разевиг В.Д. Применение программ P-CAD и PSpice для схемотехнического моделирования на ПЭВМ. Выпуски 1-4. - М.: "Радио и связь", 1992.
10. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. — М.: Мир, 1983.
11. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: в 2т.: пер.с нем.- Т.1. (Серия «Схемотехника»). — М.: Додэка-XXI, 2008
12. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: в 2т.: пер.с нем.- Т.2. (Серия «Схемотехника»). — М.: Додэка-XXI, 2008.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1. ВВЕДЕНИЕ	8
1.1. Изучение материала.....	8
1.2. Методические указания для дистанционных форм обучения.....	11
1.3. Учебная литература.....	16
2. УСТАНОВКА ПАКЕТА DESIGN LAB 8 И НАЧАЛО РАБОТЫ С НИМ	21
2.1. Установка пакета программ.....	21
2.2. Работа с пакетом программ.....	30
3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О PSPICE-РАСЧЕТАХ.....	60
3.1. Процесс моделирования.....	60
3.2. Управление проведением расчетов	64
3.3. Моделирование с использованием текстового ввода задания.....	68
3.4. Моделирование с использованием графического представления схемы..	88
4. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ТЕМА 1.	103
4.1. Учебное задание.....	103
4.2. Рекомендации по использованию литературы.....	103
4.3. Порядок выполнения задания.....	105
4.4. Рекомендации по выполнению задания.....	120
5. УСТАНОВКА ПАКЕТА ПРОГРАММ ORCAD LITE.....	122
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ТЕМА 2.....	132
6.1. Учебное задание.....	132
6.2. Рекомендации по использованию литературы.....	132
6.3. Порядок выполнения задания.....	134
6.4. Рекомендации по выполнению задания.....	154
7. ПРАВИЛА PSPICE - МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ	157
7.1. Этапы процесса моделирования	157
7.2. Подготовке проекта для PSpice-моделирования	160
7.2.1. Общая структура принципиальной схемы.....	161
7.2.2. Реализация проекта, состоящего из нескольких схем	162
7.2.3. Правила работы с компонентами.....	164
7.3. Правила подключения компонентов.....	179
7.3.1. Общие правила прокладки линий связей.....	179
7.3.2. Первое ограничение PSpice-расчетов.....	186

7.3.3. Второе ограничение PSpice-расчетов.....	190
7.3.4. Третье ограничение PSpice-расчетов.....	194
7. 4. Проблемы подключения моделей компонентов.....	196
7.5. Использование директив моделирования и описания компонентов.....	202
7.5.1. Настройка основных видов анализа	202
7.5.2. Описания и настройки компонентов.....	205
8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ТЕМА 3.	219
8.1. Учебное задание.....	219
8.2. Рекомендации по использованию литературы.....	219
8.3. Порядок выполнения задания.....	220
8.4. Рекомендации по выполнению задания.....	233
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	238
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	240

Алексей Валерьевич Самосадный

Автоматизированное проектирование устройств систем сбора-обработки данных

Часть 1. PSpice-моделирование электронных схем

Учебно-методическое пособие

Редактор Шумакова Н.В.

Оригинал-макет изготовлен Самосадным А.В.

Подписано в печать 20.11.2008.

Формат 60х84 1/16

Печ. л. 15,25

Уч.-изд. л. 15,25

Тираж 150 экз.

Изд. №1/44

Заказ№

Московский инженерно-физический институт (государственный университет)

115409, Москва, Каширское ш., 31

Типография «Тровант», г.Троицк Московской обл.

