

Книга представляет собой подробное руководство по моделированию электрических и электронных схем в программе Multisim компании Electronics Workbench. В ней на примерах из области электротехники и электроники демонстрируются методы построения схем и проведения различных типов анализа в программе. При их описании приводится вид экрана компьютера после проведения каждой элементарной операции, что делает изложение весьма наглядным. Книга рассчитана на широкий круг читателей — от студентов средних и высших учебных заведений до специалистов, работающих в области электротехники и электроники.

На сайте www.dmk-press.ru приведены файлы для всех примеров, рассмотренных в тексте.

ISBN 5-9706-0026-1

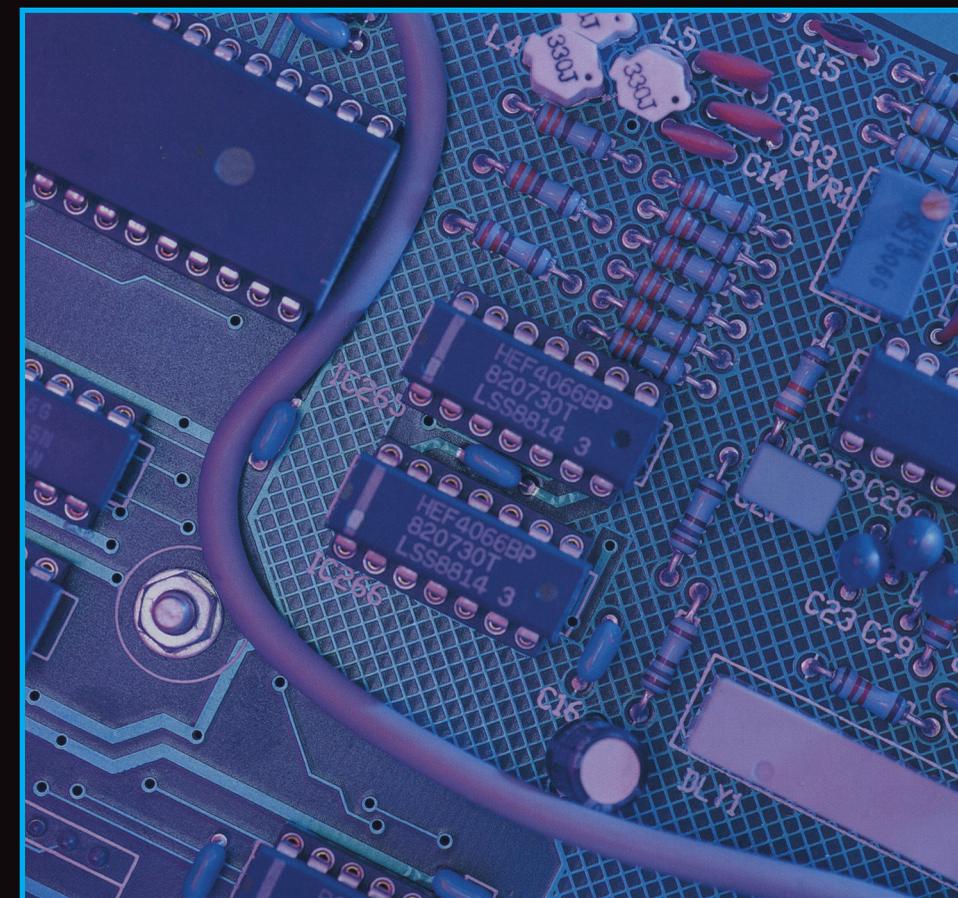


9 785970 600269

Multisim®

Multisim®

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СХЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ



Марк Е. Хернитер



ВСЕ ПРИМЕРЫ
ИЗ КНИГИ
НА САЙТЕ
WWW.DMK-PRESS.RU

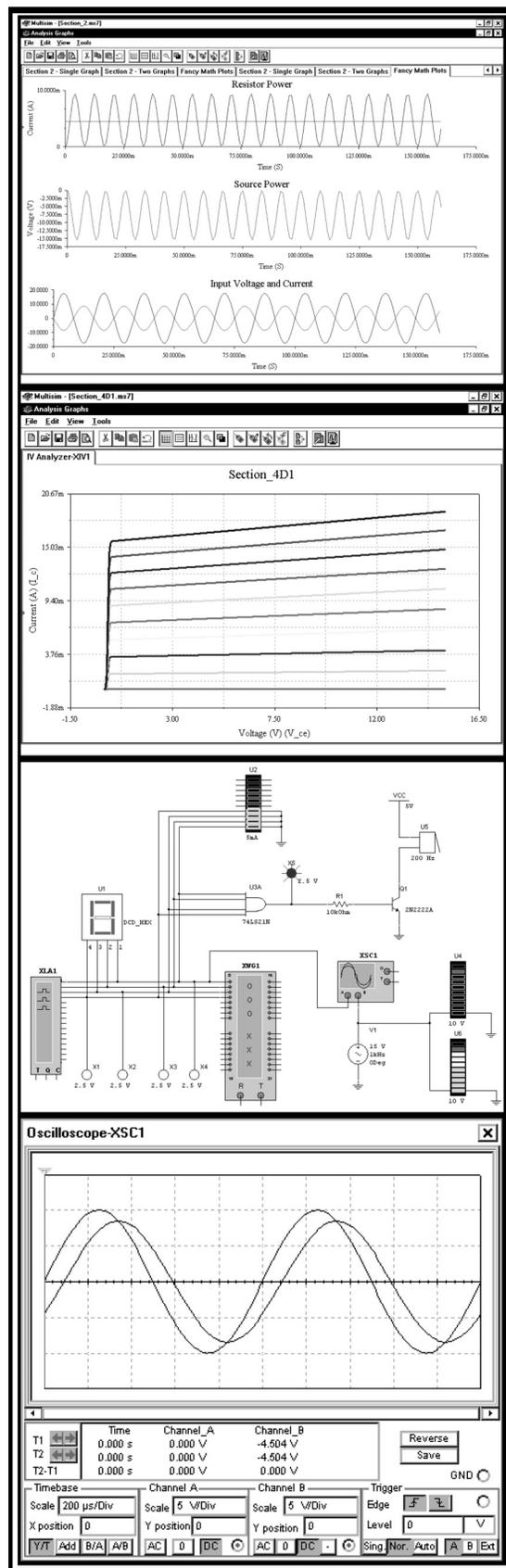
Multisim[®] 7

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СХЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Марк Е. Хернитер
(Marc E. Herniter)



Издательский дом «ДМК-пресс»
Москва



УДК 621.396.6
ББК 32.872
X39

Хернитер Марк Е.
Х39 Multisim® 7: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.: Издательский дом ДМК-пресс – 488 с.: ил.

ISBN 5-9706-0026-1

Книга представляет собой подробное руководство по моделированию электрических и электронных схем в программе Multisim 7 компании Electronics Workbench. В ней на примерах из области электротехники и электроники демонстрируется методика построения схем и проведения различных типов анализа в программе. При описании методик приводится вид экрана компьютера после проведения каждой элементарной операции, что делает изложение весьма наглядным. Руководство рассчитано на широкий круг читателей — от студентов средних и высших учебных заведений до специалистов, работающих в области электротехники и электроники.

ББК 32.872
УДК 621.396.6

Authorized translation from the English language edition, entitled Schematic Capture with Multisim 7 by Mark E. Herniter, published by Person Prentice Hall. Copyright © by Person Education.

All rights reserved. Printed in the United States of America. This publication is protected by Copyright and permission should be obtained from the publisher prior to any prohibited reproduction, storage in a retrieval system, or transmission in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or likewise. For information regarding permission(s), write to: Rights and Permissions Department.

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

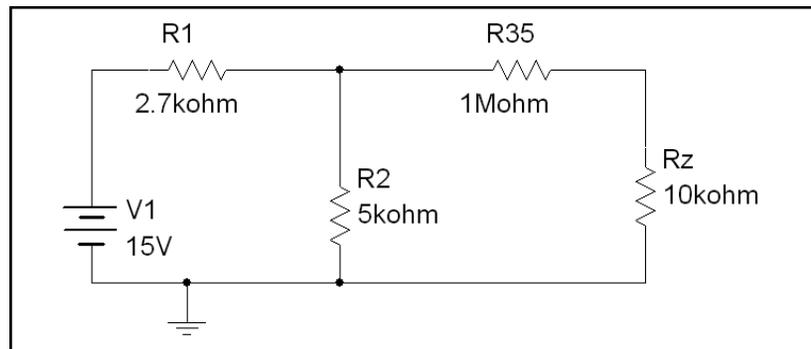
Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность наличия технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением или неприменностью любых материалов данной книги.

ISBN 0-13-118755-4 (анг.)
ISBN 5-9706-0026-1(рус.)

Copyright © by Pearson Education, Inc.
© Перевод на русский язык, Издательский дом «ДМК-пресс»

Введение

Данное руководство предназначено для пользователей, стремящихся научиться работать с программой моделирования электрических схем Multisim 7 от компании Electronics Workbench. Книга представляет собой сборник примеров, которые показывают, как создать схему, выполнить различные анализы, а также разобраться в полученных результатах. Данное издание не является учебником по теории электрических цепей или электронике; в нем сделана попытка научить читателей моделировать множество схем, с которыми им, возможно, придется работать. К примеру, это может быть схема постоянного тока, представленная ниже:



Предполагается, что читатели обладают знаниями, необходимыми для анализа схем. Руководство также рассчитано на пользователей, которые хотят проверить свои решения (или свою интуицию) с помощью программы Multisim. Читатели смогут построить схему на экране (как описано в 1-й главе), а затем выполнить моделирование схемы (согласно разделу 3.1) или воспользоваться функцией DC Sweep (в соответствии с разделом 4.1).

Книга может использоваться студентами в ходе всего курса обучения и в дальнейшей работе. Каждая ее глава посвящена определенному типу анализа схем, а содержащиеся в ней примеры касаются схем, изучаемых в начальных курсах по усилителям высокого уровня и ключевым схемам. Можно без проблем пропустить разделы, которые покажутся слишком сложными. Все главы включают простые и сложные схемы, позволяющие проиллюстрировать различные типы анализа. Не обязательно читать все подряд. Отдельные примеры связаны с определенными темами. Однако начинающим пользователям рекомендуется полностью прочесть 1-ю и 2-ю главы, чтобы научиться создавать и сохранять схемы, а также пользоваться программами Postprocessor и Grapher. В 1-й главе также рассматривается применение осциллографа, и поэтому с ней необходимо ознакомиться в первую очередь. Глава 6 посвящена анализу во временной области.

Такие инструменты Multisim, как Multimeter и Oscilloscope, описаны в соответствующих разделах. Всем пользователям рекомендуется изучить примеры в 3, 4 и 5-й главах, а также те примеры, которые относятся к более ранним темам. Первые примеры в этих главах рассмотрены очень подробно, так как они предназначены для демонстрации возможностей программы.

Примеры, рассмотренные в книге, относятся ко всему курсу теории цепей. Они отражают установившиеся процессы в схемах на постоянном и переменном токе и переходные процессы в цепях с одним конденсатором (или катушкой индуктивности) и ключом. Примеры демонстрируют все эти процессы. После их изучения читатель сможет моделировать похожие задачи. В общих курсах по электронике рассматриваются цепи смещения транзисторов, исследуются коэффициент усиления и амплитудно-частотные характеристики усилителей. В приведенных примерах используются соответствующие типы анализа.

В конце каждого раздела даны упражнения. В них приводятся схема и результаты, полученные во время моделирования. Студентам предлагается решить эти задачи, чтобы сравнить полученные ответы с приведенными в книге. Цель этих упражнений состоит не в изучении электрических схем, а в том, чтобы можно было попрактиковаться в работе с программой. По моему убеждению, программное обеспечение, моделирующее работу электрических схем, должно использоваться только для проверки расчетов. Во время своих лекций я предлагаю студентам задания, которые они должны сначала рассчитать вручную, затем смоделировать в программе Multisim, а потом проверить в лаборатории. Студенты сравнивают результаты эксперимента с расчетами, выполненными вручную, а также с результатами, полученными в программе Multisim. Без расчетов вручную невозможно убедиться, что моделирование Multisim было безошибочным.

Сопроводительное программное обеспечение

На сайте www.dmk-press.ru вы можете найти файлы для всех примеров данной книги. Если у вас возникла какая-либо проблема при моделировании схемы, вы сможете открыть файл с сайта и найти отличие.

Советы и предложения

Автор будет рад любым замечаниям или предложениям, которые могут появиться у читателей во время изучения этой книги. Особенно это относится к читателям-студентам. Пожалуйста, свяжитесь напрямую с автором по любому из приведенных адресов:

- **электронная почта:** Marc.Herniter@ieee.org
- **почта:** Rose-Hulman Institute of Technology, CM1123, 5500 Wabash Avenue, Terre Haute, IN 47803-3999

Благодарности

Я хотел бы поблагодарить своих студентов в Институте технологий Роз-Хульман за то, что они помогли мне в работе над данным руководством. Без их настойчивости и любознательности не возникла бы необходимость в этом руководстве.

Я благодарю Джозефа Кенига из компании Electronics Workbench и Денниса Уильямса из издательства Prentice Hall за их вклад в этот проект. Также я признателен Луису Альвесу (Luis Alves) и Тиену Фаму (Tien Pham) из компании Electronics Workbench за то, что они любезно отвечали на мои многочисленные вопросы. Наконец, я глубоко признателен моим жене и детям, которые больше не позволяют мне просиживать за компьютером двадцать четыре часа в сутки.

Предисловие к русскому изданию

В процессе разработки современных электротехнических и электронных устройств наряду с теоретическими и экспериментальными исследованиями широко применяется схемотехническое моделирование. И если ранее оно было доступно только хорошо оснащенным проектным организациям, то в настоящее время используется даже любителями.

Совершенно естественно, что схемотехническое моделирование с использованием виртуальных лабораторий на компьютере составляет и существенную часть учебного процесса в технических университетах. Пакет программ Multisim занимает достойное место среди ряда современных программных пакетов, таких как PSpice, MATLAB, Electronics Workbench и других. Этот инструмент позволяет, с одной стороны, сделать очень наглядным изучение теоретических дисциплин, а с другой стороны, подготовить студента к работе в реальной лаборатории, обучая его методике планирования и проведения экспериментов. Хотя в последнее время на российском рынке появился ряд методических пособий, позволяющих овладевать программами схемотехнического проектирования, но быстрое обновление программного обеспечения создает постоянный дефицит в таких работах. Данная книга позволяет частично восполнить этот пробел и познакомить студентов и разработчиков с обновленной версией программного обеспечения.

Аппарат исследования электронных схем, применяемый в программе Multisim 7, включает все современные методы, поэтому он достаточно обширен. Настоящая книга позволяет достаточно быстро овладеть различными методиками исследования, имеющимися в Multisim 7, поскольку в ней очень наглядно представлены результаты каждой операции, выполняемой пользователем. Хотя задачей книги не является изучение каких-либо разделов конкретных дисциплин, обучение проводится на примерах, взятых из курса теории цепей, читаемых в технических университетах.

Книга построена таким образом, что после усвоения двух первых глав можно приступить к изучению любого раздела, интересующего читателя, не читая всех разделов подряд.

Мы уверены, что книга будет полезна широкой студенческой аудитории и преподавательскому составу кафедр теории цепей, электротехники, радиоэлектроники, вычислительной техники, а также представителям многих смежных специальностей.

Научный редактор перевода

к. т. н., доц. В.С. Иванов

Оглавление

ГЛАВА 1. РЕДАКТИРОВАНИЕ БАЗОВОЙ СХЕМЫ	1
1.1. Запуск программы Multisim	1
1.2. Размещение компонентов	4
1.3. Исправление ошибок	25
1.4. Подключение компонентов	26
1.5. Заземление схемы	28
1.6. Удаление провода при ошибочном подключении	32
1.7. Разметка узлов	32
1.8. Вывод и модификация блока заголовка (штампа)	34
1.9. Трехмерные компоненты	38
1.10. Задачи	42
ГЛАВА 2. ФУНКЦИИ POSTPROCESSOR И GRAPHER	47
2.1. Создание одного графика	50
2.2. Создание двух графиков с кривыми	61
2.3. Создание трех графиков	66
2.4. Сохранение и загрузка страниц	76
2.5. Удаление объектов в программе Postprocessor	80
2.5.1. Удаление кривой из графика	80
2.5.2. Удаление графика со страницы	83
2.5.3. Удаление страницы	86
2.6. Изменение параметров графика в программе Grapher	87
2.6.1. Добавление сетки и легенды	88
2.6.2. Толщина, цвет и ярлык кривой	90
2.6.3. Изменение заголовков и ярлыков осей	95
2.6.4. Добавление второй оси у	98
2.7. Использование курсора	103
2.8. Увеличение и уменьшение масштаба	110
2.9. Сохранение и открытие страниц в программе Grapher	118
2.10. Задачи	121
ГЛАВА 3. ИЗМЕРЕНИЯ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ	123
3.1. Схемы с резисторами	123
3.1.1. Измерения с использованием индикаторов	123
3.1.2. Измерения с помощью мультиметра	133
3.1.3. Использование ваттметра	140
3.1.4. Анализ DC Operating Point Analysis	143
3.2. Анализ узловых напряжений в цепях с зависимыми источниками	147
3.3. Ток и напряжение диода	150
3.3.1. Изменение температуры, принятой при моделировании	154
3.4. Получение эквивалентных схем по теоремам Тевенина и Нортонa	156
3.5. Рабочая точка транзистора	161
3.6. Задачи	171

ГЛАВА 4. ВАРИАЦИИ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ	176
4.1. Основы анализа на постоянном токе	176
4.2. Вольтамперная характеристика диода	197
4.2.1. Получение вольтамперных характеристик диода с помощью IV-плоттера	201
4.3. Передаточные кривые на постоянном токе	204
4.3.1. Ограничитель на стабилитроне	204
4.3.2. Передаточная кривая для инвертора на транзисторах NMOS	207
4.4. Вложенный анализ DC Sweep. Характеристики биполярного транзистора ВJT	211
4.4.1. Получение вольтамперных характеристик биполярного транзистора ВJT с помощью IV-плоттера	214
4.5. Коэффициент усиления по току для ВJT	218
4.5.1. Зависимость коэффициента усиления H_{FE} от тока эмиттера	218
4.5.2. Зависимость коэффициента усиления H_{FE} от тока I_C при различных значениях V_{CE}	224
4.6. Задачи	229
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ МОДУЛЯ И ФАЗЫ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	233
5.1. Измерение модуля и фазы при одной частоте	234
5.1.1. Измерение модуля с помощью приборов	234
5.1.2. Измерение модуля и фазы с помощью функции AC Analysis	240
5.2. Графики Боде	252
5.2.1. Создание графиков Боде с помощью Боде-плоттера	252
5.2.2. Создание графиков Боде с помощью функции AC Analysis	257
5.3. Анализ коэффициента усиления усилителя	264
5.4. Коэффициент усиления операционного усилителя	269
5.5. Вариация параметров. Полоса пропускания ОУ	281
5.6. Мощность переменного тока и коррекция коэффициента мощности	287
5.6.1. Коррекция коэффициента мощности	290
5.7. Измерение полного комплексного сопротивления	292
5.7.1. Измерение активного сопротивления с помощью мультиметра	292
5.7.2. Измерение сопротивления в пассивной схеме с помощью анализа SPICE	294
5.7.3. Измерение сопротивления в активной схеме с помощью анализа SPICE	297
5.8. Задачи	301
ГЛАВА 6. АНАЛИЗ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ	315
6.1. Использование виртуального осциллографа	315
6.1.1. Временная развертка	319
6.1.2. Настройка масштаба напряжения для каналов А и В	321
6.1.3. Настройки синхронизации	326
6.1.4. Использование курсоров	330
6.2. Измерение фазы в емкостной схеме	335
6.3. Измерение фазы в индуктивной схеме	339
6.4. Последовательная резонансная RLC-цепь	344
6.5. Стабилизатор постоянного тока	353
6.5.1. Непрерывный стабилизатор. Моделирование в виртуальной лаборатории	356
6.5.2. Непрерывный стабилизатор напряжения. Моделирование с использованием функции SPICE Transient Analysis	365

6.6. Схема ограничителя на стабилитроне. Исследование с помощью SPICE Transient Analysis	378
6.7. Схема ограничителя на стабилитроне. Моделирование в виртуальной лаборатории	385
6.7.1. Получение передаточных характеристик	389
6.8. Размах напряжения на транзисторе	392
6.8.1. Анализ Фурье в программе Multisim	396
6.9. Интегрирующая схема на виртуальном ОУ	404
6.10. Триггер Шмитта на операционном усилителе	410
6.11. Многовариантный анализ. Скорость переключения инвертора	415
6.12. Вариация по температуре. Непрерывный стабилизатор	422
6.13. Компоненты с предельными параметрами	427
6.14. Задачи	432
ГЛАВА 7. ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	439
7.1. Цифровые индикаторы, генераторы сигнала и инструменты	439
7.1.1. Инструменты Word Generator и Logic Analyzer	440
7.1.2. Цифровой пробник и нешифрующие столбиковые индикаторы	454
7.1.3. Различные индикаторы сигналов	459
7.2. Схемы, содержащие аналоговые и цифровые модели	464
7.3. Моделирование схем, содержащих только цифровые компоненты	469
7.4. Схема с обнулением при запуске	472
7.5. Цифровое моделирование и задержки на логических элементах в идеальном и реальном режимах	475
7.5.1. Цифровое моделирование в идеальном режиме	475
7.5.2. Цифровое моделирование в реальном режиме	477
7.6. Задачи	480
8. ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	481