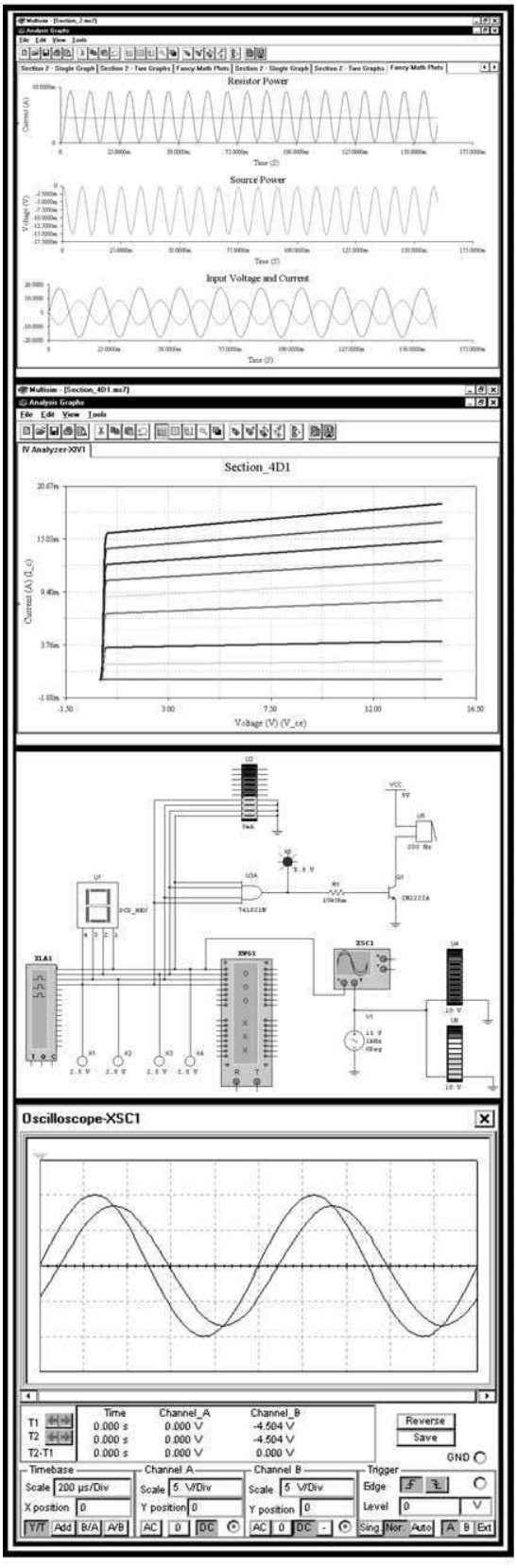
# ЭЛЕКТРОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В Multisim®

## + DVD




**Марк Е. Херниттер**
(Marc E. Herniter)

ДМК ПРЕСС
издательство

Москва, 2010

**УДК 621.396.6**
**ББК 32.872**
**Х39**

**Хернитер Марк Е.**
Х39 Электронное моделирование в Multisim® + DVD. (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 488 с.: ил.

**ISBN 978-5-94074-509-9**

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 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.

На прилагаемом к книге DVD представлены:
- NI Multisim 10.1Trial
- NI Multisim 10.1Educational Edition
- NI Circuit Design Suite 10.1
- пробная версия русификатора для Multisim
- руководства пользователя и описания продуктов от компании National Instrumens
- учебные курсы по радиоэлектронике и электротехнике
- примеры из книги

**ББК 32.872**
**УДК 621.396.6**

Authorized translation from the English language edition, entitled Schematic Capture with Multisim 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 неприменимостью любых материалов данной книги.

ISBN 0-13-118755-4 (анг.)
ISBN 978-5-94074-509-9(рус.)
Copyright © by Pearson Education, Inc.
© Перевод на русский язык, оформление, ДМК Пресс, 2010

Эта книга была написана как самоучитель по программе Multisim 7, разработанной компанией Electronics Workbench. Были приложены все усилия к тому, чтобы книга было максимально полной и точной. Основной принцип книги заключается в том, чтобы представить читателям информацию такой, «какая она есть», то есть так, как она появляется на дисплее.

Автор и издательство Prentice Hall не несут ответственности перед частными лицами и организациями за возможные потери, понесенные в результате использования данной книги и прилагаемых к ней дисков или программ.

# Авторские права

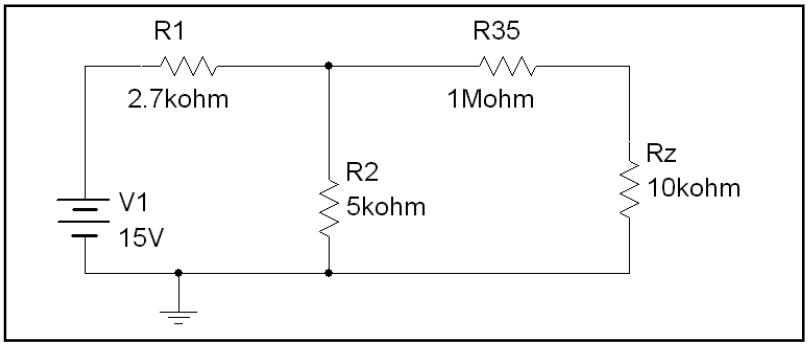

- «Adobe» и «Acrobat» являются зарегистрированными торговыми марками компании Adobe Systems Incorporated.
- «Multisim» и «Electronics Workbench» являются зарегистрированными торговыми марками компании Interactive Image Technologies Limited.
- «Microsoft», «Win32s», «MS-DOS» и «Windows» являются зарегистрированными торговыми марками компании Microsoft Corporation.
- «IBM» является зарегистрированной торговой маркой компании International Business Machines Corporation.
- «Sun» является зарегистрированной торговой маркой компании Sun Microsystems Incorporated.
- «Open Windows» является торговой маркой компании Sun Microsystems Incorporated.

**Посвящается**

моей жене Корене,
моим дочерям Катарине Алексис Сиерра, Лайне Калиста Дине, Дарриан Илиана Франческа,
моим родителям,
а также моим кошкам Типпер, Кеннеди, Блэйз и Бетховену,
собакам Саманте, Сэйдж и Вулфи,
самым большим рыбкам — Седоне, Флаундеру, Джуэл,
и остальным, которых мои дочери еще не назвали,
и моей лошади Хиктарис Линкс (Хикки)

# 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, CMI123, 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 постоянных 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

# Перед тем как приступить

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Предполагается, что вы работаете с двух- или трехкнопочной мышью. Слова «***ЛЕВАЯ* (*ПРАВАЯ*)** кнопка» относятся, соответственно, к левой и правой кнопкам мыши. (Слово «щелкнуть» без уточнения какой именно кнопкой мыши относится по умолчанию к левой кнопке. — *От ред.*)
- Весь текст, выделенный **полужирным шрифтом**, относится к пунктам в меню, например: команды **File** и **Run**.
- Весь текст, выделенный прописными буквами, относится к клавишам на клавиатуре. Например: «нажмите клавишу **ENTER**».
- ***Если текст выделен другим шрифтом, это значит, что он отображается на экране монитора. Это относится ко всему тексту, кроме команд в меню.***
- `Если текст выделен листингом, это значит, что нужно ввести его в программе.`
- Слово «выбрать» означает «щелкнуть мышью по ...».
- Стрелка ⇒ означает, что действия выполняются последовательно в указанном порядке. (*От ред.*)

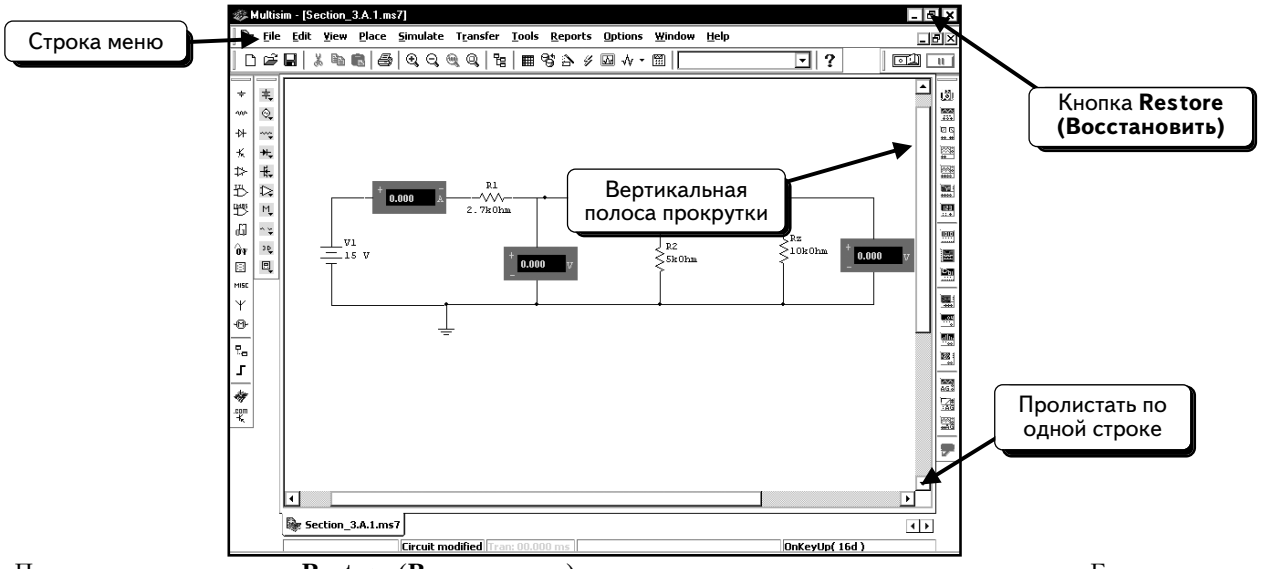
## КОМБИНАЦИИ КЛАВИШ

В этой книге приведен ряд комбинаций клавиш, которые представляют собой ссылки на различные команды меню. Их описания будут приведены позднее. Помните о том, что данные комбинации заменяют команды меню:

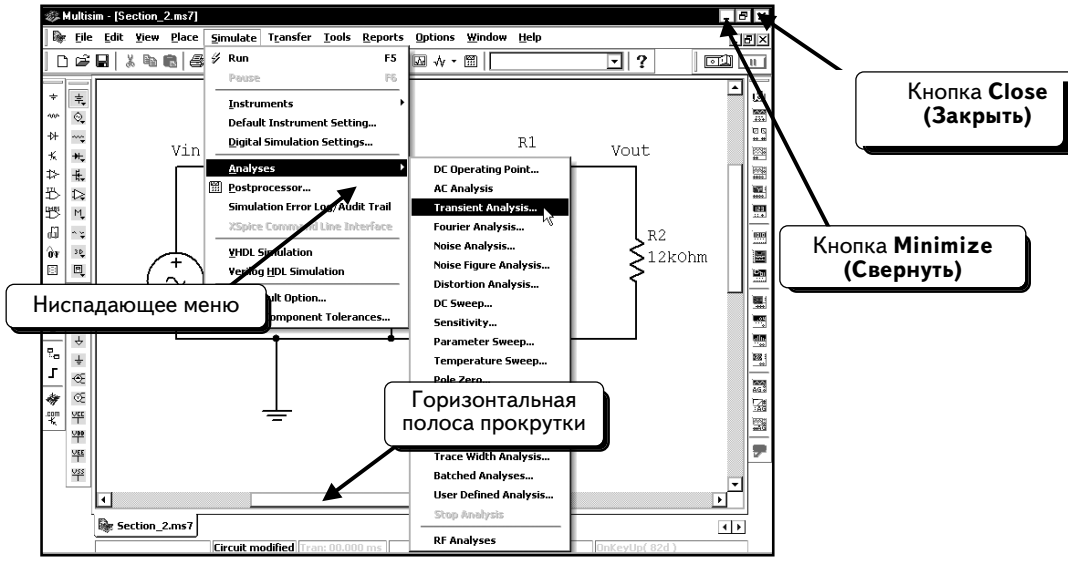
- Для выполнения многих команд применяется клавиша **«CTRL»**. Например, комбинация **«CTRL+R»** означает: «удерживая нажатой клавишу **«CTRL»**, нажмите клавишу **«R»**, комбинация **«CTRL+A»** — «удерживая нажатой клавишу **«CTRL»**, нажмите клавишу **«A»**. Клавиатуры могут быть разными: на некоторых клавиша **«CTRL»** может обозначаться как **«Control»**.
- Комбинация **«ALT+TAB»** в среде Microsoft Windows используется для переключения между активными окнами. Комбинация **«ALT+TAB»** означает: «удерживая нажатой клавишу **«Alt»**, нажмите клавишу **«Tab»**.

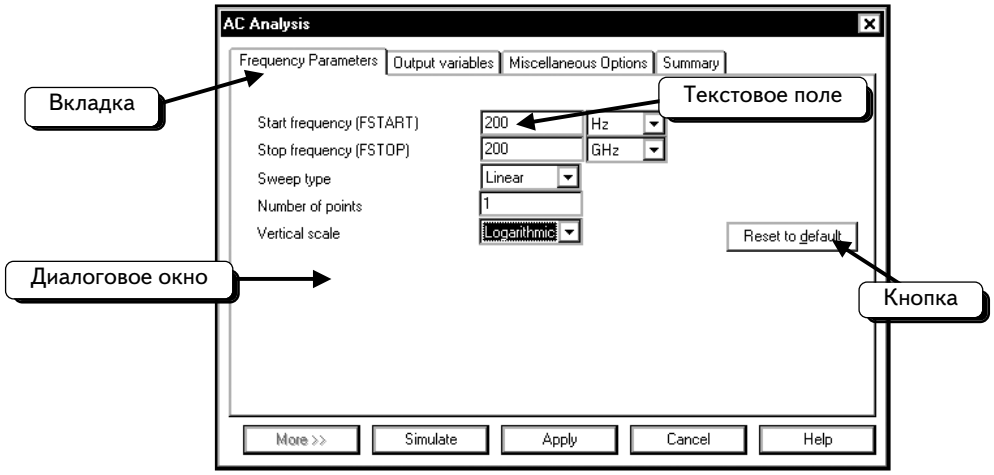
### Термины Windows, используемые в книге

В книге использовано большое количество терминов, связанных с работой в среде Windows. Часть терминов приведена ниже:




Примечание: вид кнопки **Restore (Восстановить)** изменяется в зависимости от размеров окна. Если кнопка имеет вид , то она используется для уменьшения размера окна, если же вид , то применяется для развертывания окна на весь экран.


Multisim - [Section_2.ms7]
File Edit View Place Simulate Transfer Tools Reports Options Window Help
Run F5
Pause F6
Instruments
Default Instrument Setting...
Digital Simulation Settings...
Analyses
Postprocessor...
Simulation Error Log/ Audit Trail
XSpice Command Line Interface
VHDL Simulation
Verilog HDL Simulation
Component Tolerances...
DC Operating Point...
AC Analysis
Transient Analysis...
Fourier Analysis...
Noise Analysis...
Noise Figure Analysis...
Distortion Analysis...
DC Sweep...
Sensitivity...
Parameter Sweep...
Temperature Sweep...
Trace Width Analysis...
Batched Analyses...
User Defined Analysis...
Stop Analysis
RF Analyses
Vin
R1
Vout
R2
12kOhm
Section_2.ms7
Circuit modified
Кнопка Close (Закрыть)
Кнопка Minimize (Свернуть)
Ниспадающее меню
Горизонтальная полоса прокрутки


AC Analysis
Frequency Parameters
Output variables
Miscellaneous Options
Summary
Start frequency (FSTART)
200
Hz
Stop frequency (FSTOP)
200
GHz
Sweep type
Linear
Number of points
1
Vertical scale
Logarithmic
Reset to default
More >>
Simulate
Apply
Cancel
Help
Вкладка
Текстовое поле
Диалоговое окно
Кнопка

# 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 y . . . . . 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 Нортона** . . . . . 156
**3.5. Рабочая точка транзистора** . . . . . 161
**3.6. Задачи** . . . . . 171