Роберт Хайнеман

Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE

Robert Heinemann

PSPICE
Elektroniksimulation



Роберт Хайнеман

Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE

ДМК ПРЕСС
ИЗДАТЕЛЬСТВО
Москва

ББК 32.973.26-018.2
Х15

Хайнеман Р.
Х15 Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс. – 336 с.: ил.

ISBN 978-5-94074-436-8

PSPICE определяет промышленный стандарт программ-имитаторов и является самым популярным пакетом моделирования для OS/Windows как у профессионалов, так и у любителей по всему миру. Эта книга – лучшее на сегодняшний день учебное пособие по PSPICE. Курс построен по принципу «от простого к сложному». Первая часть посвящена основам работы с программой. В ней говорится о том, как строить и редактировать чертежи электронных схем, находить нужную информацию в выходном файле, моделировать цепи постоянного и переменного тока, строить диаграммы любой сложности, исследовать частотные характеристики схем. Во второй части подробно рассказывается о различных видах анализов, выполняемых с помощью PSPICE (анализ переходных процессов, параметрический анализ и т.д.). Также в ней содержится руководство по цифровому моделированию и использованию программы-осциллографа PROBE. Третья и четвертая части включают сведения об использовании PSPICE для расчета электрических цепей и цепей регулирования. Описывается, как создать и модифицировать модели компонентов схем.

Книга адресована пользователям различного уровня подготовки: в первую очередь инженерам и конструкторам, профессиональным разработчикам промышленных изделий (электронных схем, технологического оборудования, автомобилей и т.д.), студентам радиотехнических специальностей, а также радиолюбителям.

Прилагаемый к книге компакт-диск содержит рабочие версии программы PSPICE, подробный справочник по PSPICE (на английском языке), библиотеки компонентов, необходимые для работы с книгой, и учебные упражнения.

ББК 32.973.26-018.2

Authorized translation from the original German language edition published by Carl Hansen Verlag, Munich/FRG.

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

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 3-446-21336-8 (нем.)

ISBN 978-5-94074-436-8 (рус.)

Copyright © Carl Hansen Verlag, Munich/FRG. All rights reserved

© Перевод на русский язык, оформление ДМК Пресс

Содержание

Предисловие 11

Предисловие ко второму изданию 13

Введение 14

ЧАСТЬ I
ОСНОВЫ 17

Урок 1
Черчение схем 19

1.1. Поиск и позиционирование компонентов 20
1.1.1. Упражнения по начертанию схемы 21
1.1.2. Упражнения по работе с элементами схемы 25
1.2. Черчение электросхемы 27
1.3. Установка атрибутов 30
1.3.1. Упражнения по отображению электросхем 32
1.4. Кнопки редактора SCHEMATICS 33
1.4.1. Задание на закрепление материала 36
1.5. Руководство к действию 36

Урок 2
Моделирование цепи постоянного тока 41

2.1. Токи и напряжения в цепях постоянного тока 42
2.2. Выходной файл программы PSPICE 49
2.3. Руководство к действию 54

Урок 3
Анализ цепи переменного тока 57

3.1. Анализ AC Sweep в одной точке 58
3.1.1. Задания на закрепление материала 65
3.2. Руководство к действию 65

Урок 4
Анализ переходных процессов 67

4.1. Моделирование 68
4.2. Создание диаграмм в программе-осциллографе PROBE 71
4.3. Добавление второй координатной оси Y 78
4.4. Применение анализа переходных процессов: зарядка и разрядка конденсаторов 79
4.4.1. Задания на закрепление материала 81
4.5. Руководство к действию 83

Урок 5
Анализ частотных характеристик AC Sweep 85

5.1. Анализ AC Sweep с линейным и логарифмическим форматированием осей координат 86
5.2. Линейное и логарифмическое распределение контрольных точек 91
5.2.1. Упражнения по изменению координат 95
5.3. Объединение диаграмм, созданных на основе результатов моделирования разных схем 96
5.3.1. Задания на закрепление материала 97
5.4. Руководство к действию 98

ЧАСТЬ II
ВЫСШАЯ ШКОЛА 101

Урок 6
Работа с программой-осциллографом PROBE 103

6.1. Масштабирование координатной оси Y 104
6.2. Применение математических операций к результатам моделирования 107
6.3. Одновременное изображение диаграмм в отдельных системах координат 109
6.4. Масштабирование координатной оси X 114

6.5. Увеличение фрагментов диаграмм 115
6.5.1. Упражнение на масштабирование диаграмм 115
6.5.2. Задания на построение диаграмм 116
6.6. Курсор программы-осциллографа PROBE 116
6.6.1. Упражнения по работе с курсорами 120
6.6.2. Упражнения по вычислению координат 120
6.6.3. Задание на закрепление материала 121
6.7. Кнопки программы-осциллографа PROBE 122
6.8. Руководство к действию 124

Урок 7
Анализ цепи постоянного тока DC Sweep 127

7.1. Источник напряжения в качестве изменяемой переменной 128
7.1.1. Упражнение по проведению DC-анализа 132
7.2. Источник постоянного тока
в качестве изменяемой переменной 132
7.3. Температура компонентов
в качестве изменяемой переменной 135
7.4. Сдвоенный анализ DC Sweep 140
7.5. Значение сопротивления
в качестве изменяемой переменной 141
7.5.1.Задание на закрепление материала 148
7.6. Руководство к действию 149

Урок 8
Параметрический анализ 155

8.1. Параметрический анализ
как дополнительный к анализу DC Sweep 156
8.1.1. Упражнение по проведению параметрического анализа 159
8.2. Сопротивление в качестве параметра 159
8.3. Амплитуда напряжения в качестве параметра 163
8.3.1. Упражнения по анализу частотных характеристик 166
8.4. Параметрический анализ как дополнительный
к анализу переходных процессов 167

8.5. Коэффициенты в качестве глобальных параметров 171
8.5.1. Задание на закрепление материала 173
8.6. Руководство к действию 173

Урок 9
Специальные виды анализа 175

9.1. Анализ Фурье 176
9.1.1. Частотный спектр прямоугольного напряжения 176
9.1.2. Частотный спектр выходного напряжения усилителя 180
9.2. Шумы 185
9.3. Анализ эффективности моделирования 189
9.4. Вспомогательные средства для расчета рабочей точки 195
9.4.1. Анализ данных рабочей точки 195
9.4.2. Анализ передачи тока в режиме малого сигнала 196
9.4.3. Анализ чувствительности выходного напряжения цепи постоянного тока к разбросам параметров компонентов 196
9.5. Вероятностный анализ Монте-Карло 197
9.6. Анализ наихудшего случая 204
9.6.1. Общее представление об анализе наихудшего случая 205
9.6.2. Определение наихудшего случая активного фильтра 206
9.7. Руководство к действию 209

Урок 10
Цифровое моделирование 215

10.1. PSPICE как статический логический анализатор 216
10.1.1. Упражнение на цифровое моделирование схемы 219
10.1.2. Упражнение на определение наименьшего сопротивления 220
10.2. Динамическое цифровое моделирование: временные диаграммы 221
10.2.1. Обозначения узлов и отображение цифровых состояний в PROBE 221
10.2.2. Изображение неопределенных состояний в PROBE 225
10.2.3. Источники напряжения в цифровых схемах 227
10.3. Руководство к действию 234

ЧАСТЬ III
ВЗГЛЯДЫ, ВОЗМОЖНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ 237

Глава 11
Ограничения демонстрационной версии программы PSPICE 243

Глава 12
Моделирование и измерение схем 249

12.1. Эффективная полоса пропускания 250
12.2. Скорость нарастания фронта 251
12.3. Отношение сигнал/шум 253
12.4. Гармонические искажения 253
12.5. МОП-транзисторный усилитель как усилитель постоянного напряжения 255

Глава 13
Возможности применения программы PSPICE 257

13.1. Анализ высокочастотных помех при работе мостовой схемы на тиристорах 258
13.2. Компенсация реактивной мощности в трехфазной сети 262
13.3. Активные фильтры 264
13.4. Минимизация шума усилителя 267

Глава 14
PSPICE и техника автоматического регулирования 269

14.1. Регулируемые участки 270
14.1.1. PT1-участок 270
14.1.2. PT3-участок 272
14.2. Регулируемые цепи 274

14.2.1. Регулирование PT1-участка с помощью P-стабилизатора ... 274
14.2.2. Регулирование PT3-участка с помощью P-регулятора 276

ЧАСТЬ IV
ВВЕДЕНИЕ В ВЕРСИЮ 9.1 ПРОГРАММЫ PSPICE 279

Глава 15
Черчение схем в редакторе CAPTURE 283

15.1. Создание нового проекта 284
15.2. Поиск, позиционирование и проводной монтаж компонентов 286
15.3. Редактирование значений компонентов 290

Глава 16
Моделирование в версии 9.1 293

16.1. Создание профилей моделирования 294
16.2. Перекрестное исследование с помощью маркеров 298
16.3. Ответы на наиболее часто задаваемые вопросы 300

Приложение 301

Предметный указатель 318