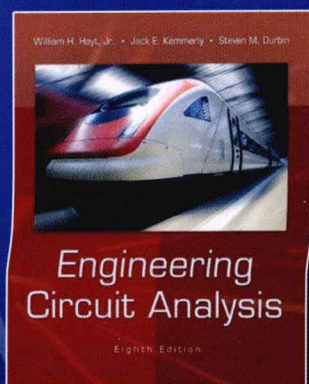


国外电子与通信教材系列

Mc
Graw
Hill Education

工程电路分析 (第八版)

Engineering Circuit Analysis
Eighth Edition



[美] William H. Hayt, Jr.
Jack E. Kemmerly 著
Steven M. Durbin

周玲玲 蒋乐天 译



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国外电子与通信教材系列

工程电路分析

(第八版)

Engineering Circuit Analysis

Eighth Edition

William H. Hayt, Jr.

[美] Jack E. Kemmerly 著

Steven M. Durbin

周玲玲 蒋乐天 译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书首版于1962年,目前已是第八版。作者从3个最基本的科学定律推导出电路分析中常用的分析方法及分析工具。书中首先介绍电路基本参量及基本概念,然后结合基尔霍夫电压和电流定律,介绍节点和网孔分析法及叠加定理、电源变换等常用电路分析方法,并将运算放大器作为电路元件加以介绍;交流电路的分析开始于电容、电感的时域电路特性,然后分析RLC电路的正弦稳态响应,并介绍交流电路的功率分析方法,接着还对多相电路、磁耦合电路的性能分析进行了介绍;本书还介绍了复频率、拉普拉斯变换和s域分析、频率响应、傅里叶分析、二端口网络等内容。作者注重将理论和实践相结合,无论例题、练习、章后习题还是正文中的应用实例,很多都来自于业界的典型应用,这也是本书的一大特色。

本书理论体系严谨、内容深入浅出并紧密联系工程实际,可作为电子信息类、电气工程类、计算机类和应用物理类本科生的教学用书,也可作为从事电子技术、电气工程、通信工程领域工作的工程技术人员的参考书。

William H. Hayt, Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin: **Engineering Circuit Analysis, Eighth Edition.**

ISBN: 978-0-07-352957-8, Copyright © 2012 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and Publishing House of Electronics Industry. This edition is authorized for sale in China Mainland.

Copyright © 2012 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc. and Publishing House of Electronics Industry.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和电子工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中国大陆销售。

版权 © 2012 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与电子工业出版社所有。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2012-2865

图书在版编目(CIP)数据

工程电路分析:第8版/(美)海特(Hayt, W. H.), (美)凯默利(Kemmerly, J. E.), (美)德宾(Durbin, S. M.)著;周玲玲,蒋乐天译. —北京:电子工业出版社,2012.9

书名原文:Engineering Circuit Analysis, Eighth Edition

国外电子与通信教材系列

ISBN 978-7-121-17723-1

I. ①工… II. ①海… ②凯… ③德… ④周… ⑤蒋… III. ①电路分析-高等学校-教材 IV. ①TM133

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第169036号

策划编辑:马 岚

责任编辑:周宏敏

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:42.5 字数:1292千字

印 次:2012年9月第1次印刷

定 价:85.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

作者简介

William H. Hayt, Jr. 于美国普度大学获理学学士和硕士学位，于伊利诺伊大学获哲学博士学位。Hayt 教授曾在相关行业中工作过 4 年，而后他再次回到普度大学担任电子工程学院教授及学院负责人，直至 1986 年获得名誉教授称号并退休。除了本书以外，Hayt 教授还撰写了其他 3 本教材，其中 *Engineering Electromagnetic* 一书现已由 McGraw-Hill 公司出版至第八版。Hayt 教授加入了 Eta Kappa Nu、Tau Beta Pi、Sigma Xi、Sigma Delta Chi 等科研团体，同时也是 IEEE 会士、美国工程教育协会 (ASEE) 和美国高校广播台协会 (NAEB) 会员。Hayt 教授的在普度大学任教期间，获得了包括“最佳教师奖” (Best Teacher Award) 在内的诸多教学荣誉。Purdue's Book of Great Teachers (普度最伟大教师名册) 亦于 1999 年 4 月 23 日收录了他的名字。这份被刻在普度纪念堂的展示板上永久展示的名册，汇集了 225 位在普度就职的老师，其中有些仍在世，有些已经离我们而去。正是由于他们将毕生的精力都投入在教书育人和学术科研上，他们的学生和同事才推举他们作为最优秀的教育者。

Jack E. Kemmerly 以优异成绩获得美国天主教大学理学学士学位，丹佛大学硕士学位及普度大学博士学位。Kemmerly 教授曾担任福特汽车公司航空电子部门首席工程师，在此之前在普度大学任教。而后被加州大学富勒顿分校聘为教授，担任电子工程系主任和工程部部长，并获得荣誉教授称号。Kemmerly 教授加入了 Eta Kappa Nu、Tau Beta Pi、Sigma Xi、美国工程教育协会等团体，同时也是 IEEE 资深会员。除了专业领域颇有建树，Kemmerly 教授还致力于少年棒球队和童子军的管理领导。

Steven M. Durbin 于普度大学西拉法叶分校获电子工程学士、硕士和博士学位。先后加入佛罗里达大学电子工程系及佛罗里达农业与机械大学，又于 2000 年前往新西兰坎特伯雷大学。2010 年 8 月，Durbin 教授接受了纽约大学布法罗分校物理系和电子工程系的联合任命，讲授电路、电子、电磁、固态电子和纳米技术，而他的科研方向主要为开发以氮氧化物为代表的新型半导体材料及探索光电子器件新结构。Durbin 教授一手创立了新西兰国家卓越研究中心之一的麦克迪尔米德高级材料与纳米工艺研究中心。此外，他还是百余册技术出版物的联合作者。Durbin 教授为 IEEE 资深会员，也是 Eta Kappa Nu、电子设备协会、材料研究协会、AVS (前身为美国真空协会)、美国物理协会以及新西兰皇家学会的会员。

译 者 序

《工程电路分析(第八版)》是一本侧重于工程应用的电路分析教材。作者在每一章都给出了与本章概念相关联的实际应用的例子,比如:接地问题,数字万用表的设计,汽车悬挂系统的建模,音响系统的均衡器设计,光纤对讲机系统的设计,图像处理,等等,这样的编排便于读者在学习基本概念的同时,能够了解概念应用的场合,既使读者加深了对概念的直观理解,又使电路理论的传授过程变得更加直观和生动,这一特点也是本书作者一直以来提倡的观点,即帮助学生培养对线性电路分析的直观理解。

本书的第二个特点是作者对基本概念的阐述非常详细,特别注重从多个方面、多个层次进行讲解,如一阶电路的分析。在讲述基本概念的时候,适当地穿插一些历史背景的介绍或是以小故事的形式表述抽象的基本概念,这在其他的电路分析书中是很难见到的。这对读者理解基本概念很有帮助。

本书对读者的前修课程要求不高,数学上只需要具备微积分的知识,物理上也不需要电磁场的概念,因此本书也成为读者自学的一本非常合适的教材。在本书中作者还结合当今电路设计技术的发展,引入了 PSpice 和 MATLAB 等软件工具,在正文中加入了计算机辅助分析的内容,课后练习中适度增加了相关的习题,便于读者检查学习效果。

本书的第 1 章至第 8 章由蒋乐天翻译,前言、第 9 章至第 18 章、附录 1 至附录 7 由周玲玲翻译。周玲玲对全书译稿做了统一校订。

由于译者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者给予批评和指正。

译 者
2012 年 8 月
于上海交通大学

前 言

一本书的目标读者群影响着这本书的各个方面，而且左右着编者大大小小的决定，尤其是书的节奏把握和整体风格。因此，身为作者，我们在做出任何决定前，首先明确的一点就是这部书是写给学生，而不是教师们看的。无论读者是否能厘清书中的技术细节，我们希望这不会影响他们阅读这本书时的愉悦心情，这也是我们最基本的理念。回顾《工程电路分析》第一版，很明显，与其说它是对一系列指定基本命题枯燥而无聊的论述，倒不如说它是一段生动的对话更贴切。为了保持这种对话的风格，我们在本书的更新上下了很大的功夫，以期增加与世界范围内更多不同学生的交流。

在许多大学和学院中，总是将介绍电磁基本概念的物理课程安排在电气工程课程之前或与其同时进行，并且往往是从场的角度来介绍电磁概念。尽管如此，这些课程也并不需要这本专业的电路分析书籍。在修完了电路入门课程之后，不少学生会对三条简单的科学定理能衍生出如此多的分析工具感到惊奇。而这三条神奇的定理就是欧姆定律、基尔霍夫电压定律和基尔霍夫电流定律。本书的前6章要求读者掌握代数和联合方程组的相关知识；之后的章节对微积分的知识有一定要求。除此以外，我们已尽量提供足够的细节来帮助读者独立阅读此书。

你也许要问，本书究竟为学生设计了哪些主要的特色呢？我们将各个独立的篇章串联成相对短小的章节，每一小节都只阐述一个重要概念。阐述的语言简单、流畅。每一个新的基本概念和术语的提出，都会同时给出直接相关的例题以及解题方法，紧随其后的是相关概念的练习，以便于学生在完成章后习题前，通过练习巩固基本概念的理解。章后习题根据顺序，难度由浅入深，并按照小节内容编排在一起，单数编号的习题答案可通过本书的配套网站 www.mhhe.com/haytdurbin8e 查询。

工程学科的学习密度较高，学生们往往面临高强度的作业负担，通常作业又是有截止日期限制的。即便如此，也不意味着课本内容就一定是枯燥乏味的，或不能含有任何的快乐成分。事实上，成功的解题过程通常就是一种快乐，学会如何去做本身也是一种快乐。在课本内容范围内如何做得最好是一个不断继续的过程。作者不断采纳学生的反馈意见。这些学生都来自于普度大学、加州大学富勒敦分校、路易斯堡学院和新西兰坎特伯雷大学和纽约大学布法罗分校，以及佛罗里达大学和佛罗里达农业与机械大学的联合工程项目。本版采纳了来自世界范围内的主讲教师和学生的评论、修正、建议及意见。


《工程电路分析》第一版由 Bill Hayt 和 Jack Kemmerly 合作编写，这两位工程领域的教授十分享受教学的过程，在与学生的互动中，培养了一代又一代的未来工程师。得益于本书紧凑的结构、“直白”的写作风格，在基本理论引出以及数学推导过程中一点不晦涩。为帮助学生理解，细节的设计也直接明了，从不为了理论的阐述而阐述，而是将他们多年积累的想法贯通于整本书的写作中，他们的热情跃然纸上。

第八版的主要特点


第七版中很好的一些特色在第八版中被保留下来，其中包括连续章节的编排以及版面设计、字里行间的文字基本表述风格、大量来自于实际的例题以及相关的练习、根据每一小节内容

编排的章后习题等等。变换内容集中在各自的独立章节中，但复频率的概念紧随相量概念引出，不再从拉普拉斯积分变换中得出。本书仍然选用了从第六版就开始使用的图标：

 容易犯的常见错误

 值得注意的地方

 提示属于设计类的问题，没有唯一答案

 需要计算机辅助分析的问题

本书中基于工程分析和设计的软件只是对理解和记忆基本概念的一种辅助方法，绝不能取代学习过程，因此计算机图标通常只是对习题答案的一种验证，并不能简单地依靠 MATLAB 或者 PSpice 提供答案。

第八版中显著变化的地方包括：

- 第 16 章增加了全新的一小节内容：多级巴特沃思滤波器的分析和设计。
- 超过 1000 道新增和修改的章后习题。
- 习题编排的总体原则是将每一小节的相关习题编排在一起，这些习题的内容和相对应的例题以及练习相似，出现在测试读者技能的综合习题之前。
- 增加了每一章最后的综合习题部分，为方便讲课者和学生，习题编排是按照小节内容组合在一起的。但在每一章的最后，精心挑选了一些综合习题，目的是提供一些机会，在布置作业时尽可能减少确定解题方法（比如网孔分析或者节点分析）的题目，同时也可以对每一章内的内容有更深入和透彻的认识。
- 更新了计算机辅助软件的截图和文字描述。
- 新增了例题和练习。
- 更新了实际应用部分，开拓了每一章的相关内容和各工程概念之间的关联，内容涵盖放大器的失真、汽车减震系统的建模、物理接地端的实现方法、极点和稳定性的关系、电阻和忆阻器。
- 精简内容，尤其是例题，使其尽快直达基本要点。
- 奇数编号的习题答案可通过本书配套网站查询：www.mhhe.com/haytdurbin8e

我从 1999 年起参与此书的编写，但遗憾的是一直没能有机会和 Bill 及 Lack 谈论修改的事宜，幸运的是我在普度大学做学生的时候聆听了 Bill Hayt 的课程。作为《工程电路分析》一书的合作作者，受益匪浅，在整个编写过程中，我的基本原则是使读者获益最大。我很感谢给本书之前版本提出意见的读者，不管这些意见是正面的还是负面的，同样欢迎其他读者一如既往地给予帮助，可以通过出版社或者直接给我本人 (durbin@ieee.org) 提出建议。

当然，本书的成功是全体同仁共同努力的结果。但我要特别感谢 Rahu Srinivasan (全球出版商)、Peter Massar (文字编辑)、Curt Reynolds (市场经理)、Jane Mohr (项目经理)、Brittney-Corrigan-McElroy (项目经理)、Brenda Rolwes (设计师)、Tammy Juran (媒体项目经理) 和极其重要的资深编辑 Darlene Schuller，她在细节、琐事、截止日期、各种难题上给了我许许多多的帮助。她绝对是最好的，我对来自 McGraw-Hill 出版公司的团队表示衷心的感谢。同样还要感谢 McGraw-Hill 的各代表处，特别是 Nazier Hassan，只要在校园里遇到，他总和我打招呼，并关心写书的进展。感谢至今还与我保持联系的前编辑 Catherine Shultzhe 和 Michael Hackett。还要感谢在辅助软件方面给予帮助的 Cadence 公司和 Mathworks 公司。我的一些同事也慷慨地为本书提供了不少图片和

技术细节,对此我非常感谢。他们是:Waseda 大学的 Masakazu Kobayashi、Wade Enright 博士、Pat Bodger 教授、Rick Millane 教授、Gary Turner 先生和 Canterbury 大学的 Richard Blaikie 教授,佛罗里达农业与机械大学的 Reginald Perry 教授和佛罗里达大学的 Jim Zheng 教授。

以下的个人是要单独给予感谢的,他们在手稿的审阅上花费了很多时间:

Chong Koo An, *The University of Ulsan*

Mark S. Andersland, *The University of Iowa*

Marc Cahay, *University of Cincinnati*

Claudio Canizares, *University of Waterloo*

Teerapon Dachokiatawan, *King Mongkut's University of Technology North Bangkok*

John Durkin, *The University of Akron*

Lauren M. Fuentes, *Durham College*

Lalit Goel, *Nanyang Technological University*

Rudy Hofer, *Conestoga College ITAL*

Mark Jerabek, *West Virginia University*

Michael Kelley, *Cornell University*

Hua Lee, *University of California, Santa Barbara*

Georges Livanos, *Humber College Institute of Technology*

Ahmad Nafisi, *Cal Poly State University*

Arnost Neugroschel, *University of Florida*

Pravin Patel, *Durham College*

Jamie Phillips, *The University of Michigan*

Daryl Reynolds, *West Virginia University*

G. V. K. R. Sastry, *Andhra University*

Michael Scordilis, *University of Miami*

Yu Sun, *University of Toronto, Canada*

Chanchana Tangwongsan, *Chulalongkorn University*

Edward Wheeler, *Rose-Hulman Institute of Technology*

我还要感谢圣地亚哥大学的 Susan Lord 教授,弗吉尼亚大学的 Archie L. Holmes 教授,佛罗里达大学的 Arnost Ne 教授,迈阿密大学的 Michael Scordilis 教授,他们对章后的综合习题进行了验算,保证了正确性。

最后,对第八版直接或间接付出辛劳的其他人员表示感谢。首先是我的妻子 Kristi 和我们的儿子 Sean,他们的耐心、理解、轻松的娱乐以及有益的建议对我帮助极大。每天和同事及朋友之间的交谈,无论是要谈论什么、怎么交谈、谈通了什么都十分令人愉悦。特别是 Martin Allen、Richard Blaikie、Alex Cartwright、Peter Cottrell、Wade Enright、Jeff Gray、Mike Hayes、Bill Kennedy、Susan Lord、Philippa Martin、Theresa Mayer、Chris McConville、Reginald Perry、Joan Redwing、Roger Reeves、Dick Schwartz、Leonard Tung、Jim Zheng 以及其他所有人给了我很多颇有深度的建议,包括我的父亲——毕业于印地安那理工学院的电器工程师。

Steven M. Durbin
Buffalo, New York

目 录

第1章 概论	1
1.1 本书概要	2
1.2 电路分析与工程的关系	4
1.3 分析和设计	5
1.4 计算机辅助分析	5
1.5 成功解题策略	7
深入阅读	7
第2章 基本元件和电路	8
2.1 单位和尺度	8
2.2 电荷、电流、电压和功率	10
2.3 电压源和电流源	15
2.4 欧姆定律	20
总结和复习	24
深入阅读	25
习题	25
第3章 电压和电流定律	32
3.1 节点、路径、回路和支路	32
3.2 基尔霍夫电流定律	33
3.3 基尔霍夫电压定律	35
3.4 单回路电路	38
3.5 单节点对电路	40
3.6 电源的串联和并联	42
3.7 电阻的串联和并联	44
3.8 分压和分流	49
总结和复习	52
深入阅读	53
习题	53
第4章 基本节点和网孔分析	63
4.1 节点分析	63
4.2 超节点	70
4.3 网孔分析	73
4.4 超网孔	78
4.5 节点分析和网孔分析的比较	80

4.6 计算机辅助电路分析	81
总结和复习	85
深入阅读	86
习题	87
第5章 常用电路分析方法	96
5.1 线性和叠加	96
5.2 电源变换	103
5.3 戴维南和诺顿等效电路	109
5.4 最大功率传输	117
5.5 Δ -Y 转换	119
5.6 选择一种方法:各种方法的总结	121
总结和复习	122
深入阅读	123
习题	123
第6章 运算放大器	134
6.1 背景	134
6.2 理想运放:生动简介	135
6.3 级联	142
6.4 电压源和电流源电路	145
6.5 实际考虑	148
6.6 比较器和仪表放大器	156
总结和复习	158
深入阅读	159
习题	160
第7章 电容和电感	167
7.1 电容	167
7.2 电感	173
7.3 电感和电容的组合	181
7.4 线性推论	184
7.5 含有电容的简单运放电路	185
7.6 对偶	187
7.7 用 PSpice 对电容和电感建模	189
总结和复习	191
深入阅读	192
习题	192
第8章 基本 RL 和 RC 电路	202
8.1 无源 RL 电路	202
8.2 指数响应特性	207

8.3	无源 RC 电路	211
8.4	更一般的观察方法	213
8.5	单位阶跃函数	218
8.6	受激 RL 电路	222
8.7	自由响应和受迫响应	224
8.8	受激 RC 电路	229
8.9	连续开关电路的响应预测	233
	总结和复习	239
	深入阅读	240
	习题	240
第 9 章	RLC 电路	249
9.1	无源并联电路	249
9.2	过阻尼并联 RLC 电路	252
9.3	临界阻尼响应	258
9.4	欠阻尼并联 RLC 电路	262
9.5	无源串联 RLC 电路	268
9.6	RLC 电路的完全响应	272
9.7	无损耗 LC 电路	278
	总结和复习	280
	深入阅读	281
	习题	281
第 10 章	正弦稳态分析	287
10.1	正弦波特性	287
10.2	正弦函数激励下的受迫响应	290
10.3	复激励函数	292
10.4	相量	296
10.5	阻抗和导纳	301
10.6	节点分析和网孔分析	305
10.7	叠加定理、电源变换和戴维南定理	309
10.8	相量图	313
	总结和复习	317
	深入阅读	318
	习题	318
第 11 章	交流电路的功率分析	327
11.1	瞬时功率	327
11.2	平均功率	330
11.3	电流和电压的有效值	337
11.4	视在功率和功率因数	341

11.5 复功率	343
总结和复习	348
深入阅读	350
习题	350
第 12 章 多相电路	357
12.1 多相系统	357
12.2 单相三线系统	360
12.3 三相 Y-Y 形接法	363
12.4 Δ 形接法	367
12.5 三相系统的功率测量	372
总结和复习	379
深入阅读	380
习题	380
第 13 章 磁耦合电路	385
13.1 互感	385
13.2 能量考虑	392
13.3 线性变压器	395
13.4 理想变压器	401
总结和复习	409
深入阅读	410
习题	410
第 14 章 复频率和拉普拉斯变换	418
14.1 复频率	418
14.2 衰减正弦激励函数	421
14.3 拉普拉斯变换的定义	423
14.4 简单时间函数的拉普拉斯变换	425
14.5 逆变换方法	428
14.6 拉普拉斯变换的基本定理	433
14.7 初值定理和终值定理	441
总结和复习	443
深入阅读	443
习题	444
第 15 章 s 域电路分析	449
15.1 $Z(s)$ 与 $Y(s)$	449
15.2 s 域节点分析与网孔分析	454
15.3 其他电路分析方法	459
15.4 零极点和传输函数	462
15.5 卷积	463

15.6	复频率平面	471
15.7	自由响应和 s 平面	474
15.8	电压比 $\mathbf{H}(s) = \mathbf{V}_{out}/\mathbf{V}_{in}$ 的综合方法	479
	总结和复习	481
	深入阅读	482
	习题	482
第 16 章	频率响应	489
16.1	并联谐振	489
16.2	带宽和高 Q 值电路	496
16.3	串联谐振	500
16.4	其他谐振形式	503
16.5	缩放	509
16.6	伯德图	512
16.7	简单滤波器设计	525
16.8	高阶滤波器设计	533
	总结和复习	537
	深入阅读	538
	习题	538
第 17 章	二端口网络	544
17.1	单端口网络	544
17.2	导纳参数	548
17.3	一些等效网络	553
17.4	阻抗参数	560
17.5	混合参数	563
17.6	传输参数	567
	总结和复习	570
	深入阅读	571
	习题	571
第 18 章	傅里叶电路分析	580
18.1	傅里叶级数的三角函数形式	580
18.2	对称性的应用	588
18.3	周期激励函数的完全响应	592
18.4	傅里叶级数的复数形式	594
18.5	傅里叶变换的定义	599
18.6	傅里叶变换的性质	602
18.7	一些简单时间函数的傅里叶变换对	605
18.8	一般周期时间函数的傅里叶变换	609
18.9	频域的系统函数和响应	610

18.10 系统函数的物理意义	615
总结和复习	620
深入阅读	621
习题	621
附录1 网络拓扑简介	627
附录2 联立方程求解	636
附录3 戴维南定理的证明	642
附录4 PSpice 指南	644
附录5 复数	648
附录6 MATLAB 使用简介	656
附录7 拉普拉斯变换补充定理	661

第1章 概 论

主要概念

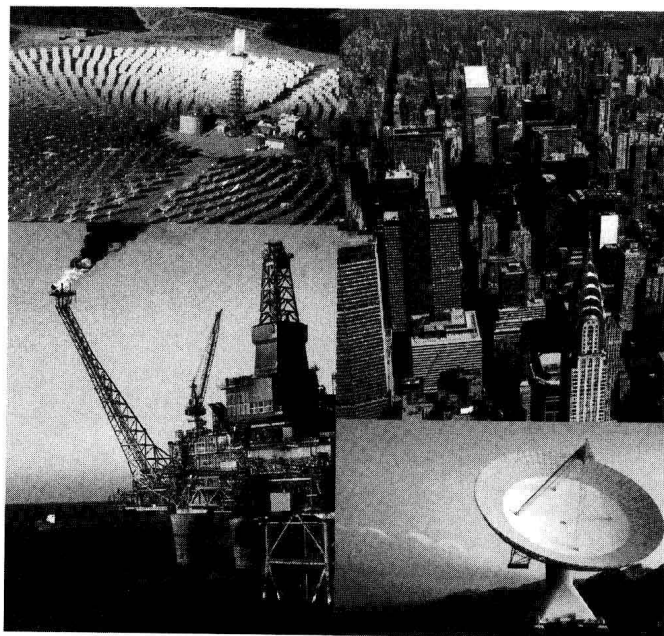
- 线性电路与非线性电路
- 电路分析的四个主要内容：
 - ◇ 直流分析
 - ◇ 瞬态分析
 - ◇ 交流分析
 - ◇ 频率响应
- 电路之外的分析
- 分析和设计
- 工程软件的使用
- 解题方法

引言

尽管工程领域有明确的专业区分，但所有的工程师都分享相当数量的共同知识，特别是在解决问题的时候。事实上，许多工程师都发现他们可以从事各种不同的工作，有些甚至会超出他们的传统专业范围，因为他们的知识和技能可以在不同的环境下进行转换。今天的工科毕业生会从事各种不同的工作，从单个器件和系统的设计到辅助解决各种社会经济问题，如空气和水污染治理、城市规划、通信、大规模交通、电力开发和传输、自然资源的有效利用和保护等。

很长一段时间以来，电路分析一直是从工程角度来对解决问题的方法进行传统的介绍，甚至对那些兴趣不在电气工程的人也是如此。原因很多，但其中最重要的原因之一是在当今社会中，任何工程师都不可能碰到一个不包含电路的系统。随着电路变得越来越小以及功耗越来越低，同时电源也不断减小，价格越来越便宜，嵌入式电路变得随处可见。大多数的工程在某些阶段需要团队工作，因此具备电路分析的知识有助于同项目中的每个人进行有效的沟通。

因此，本书不仅从工程角度来介绍电路分析，而且也会介绍解决问题的基本方法，这些方法可以解决工程师可能会碰到的很多情况。此外，我们还会从通用的角度来介绍一些对电路的直观理解，并且我们经常可以通过与电路的比较来理解一个复杂系统。本章是对本书将要涉及的技术问题的预览，其中简要讨论了分析与设计的关系以及现代电路分析中计算机工具所发挥的重要作用。



不是所有的电气工程师都使用电路分析,但是在他们的职业生涯中,经常会用到早期学到的分析和解决问题的技巧。电路分析课程是接触这些概念最早的课程之一(Solar Mirrors: © Corbis; Skyline: © Getty Images/PhotoLink; Oil Rig: © Getty Images; Dish: © Getty Images/J. Luke/PhotoLink)

1.1 本书概要

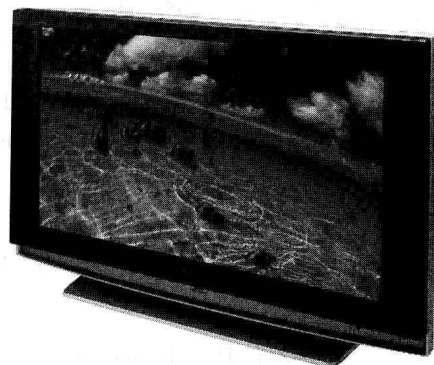
本书的基本主题是线性电路分析,这可能会使读者产生疑问:

“是否有非线性电路分析?”

答案当然是肯定的。我们每天都会碰到非线性电路:电视和收音机信号的接收和解码电路,微处理器中每秒百万次的运算电路,电话线上语音到电信号的转换电路,以及我们视野范围外的实现其他许多功能的电路。在设计、测试和实现这些非线性电路时,详细的分析是不可避免的。读者可能会问:

“为什么要学习线性电路分析?”

一个非常好的问题!简单的事实是没有任何一个实际系统(包括电子电路)是完全线性的,但庆幸的是大量的系统在有限范围内均以非常好的线性方式工作,这就使人们可以为其建立线性系统的模型,只是要牢记限制范围。



电视机包含许多非线性电路,但是这些电路的大多数都可以用线性模型来理解和分析(© Sony Electronics, Inc.)

例如,考虑下面的函数:

$$f(x) = e^x$$

对该函数的线性近似为

$$f(x) \approx 1 + x$$

下面进行测试。表 1.1 给出了一定范围内 $f(x)$ 的精确值和近似值。有趣的是,在 $x=0.1$ 之前线性近似值非常精确,相对误差始终小于 1%。虽然许多工程师可以使用计算器进行快速计算,但是毫无疑问,任何方法都不会比简单地加 1 来得快。

表 1.1 e^x 的线性模型与精确值的比较

x	$f(x)$ *	$1+x$	相对误差 **
0.0001	1.0001	1.0001	0.000 000 5%
0.001	1.0010	1.001	0.000 05%
0.01	1.0101	1.01	0.005%
0.1	1.1052	1.1	0.5%
1.0	2.7183	2.0	26%

* 4 位有效位

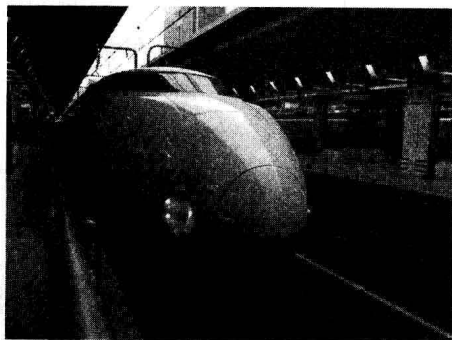
$$** \text{ 相对误差} \triangleq \left| 100 \times \frac{e^x - (1+x)}{e^x} \right|$$

由于线性问题本质上比非线性问题容易解决,因此我们通常为实际情况寻找合理精确的线性近似(或模型)。线性模型更容易处理和理解,从而使设计成为更加直接的过程。

在后面几章中所涉及的电路都是实际电子电路的线性近似。适当的时候,我们会对存在的误差或模型的局限性进行简单讨论,但一般说来会认为线性近似对大多数应用已足够精确。当实际情况需要更高的精度要求时,将采用非线性模型,当然这将显著增加解题的复杂性。第 2 章将详细讨论线性电子电路的组成。

线性电路分析可以分为 4 部分内容:(1)直流分析,其中电源不随时间变化;(2)瞬态分析,其中某些事件会发生快速变化;(3)交流分析,适用于交流电源和交流信号分析;(4)频率响应,它是 4 部分内容中最一般的情况,但通常假定某事件随时间变化。本书将从电阻电路开始,它包括一些简单的例子,如手电筒或烤面包机。这可以让我们有很好的机会来学习许多强有力的工程电路分析方法,比如节点分析、网孔分析、叠加定理、电源变换、戴维南定理、诺顿定理以及几种串并联元件网络的简化方法。电阻电路一个最重要的特点是任何变量的时间相关性都不影响分析过程。换句话说,如果要求得到电阻电路某一时刻的参数值,不必对电路做所有时刻的分析。所以,我们首先只考虑直流电路——这些电路的参数不随时间变化。

虽然诸如手电筒或汽车后窗除雾器等直流电路在日常生活中发挥着重要的作用,但是突然发生的变化更会引起人们的兴趣。在电路分析中,我们把研究突然加上能量或去掉能量的电路技术称为瞬态分析。为了使这种电路更有意思,需要在电路中增加对电气变量的变化率产生响应的元件,这些元件的加入将导致电路方程中包含导数和积分。幸运的是,可以使用本



现代火车用电力机车驱动,分析这些电力系统的最好方法就是交流或相量分析技术(授权使用。图片版权© 2010 M. Kobayashi,保留所有版权)