

TURING

图灵电子与电气工程丛书

Mc  
Graw  
Hill

Education

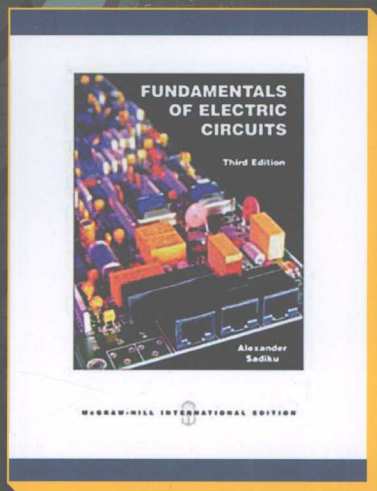
# 电路基础 (第3版)

## Fundamentals of Electric Circuits (Third Edition)

[美] Charles K. Alexander 著  
Matthew N.O. Sadiku

关欣 宋晓炜 等译  
杨雷 杨爱萍

李锴 审校



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

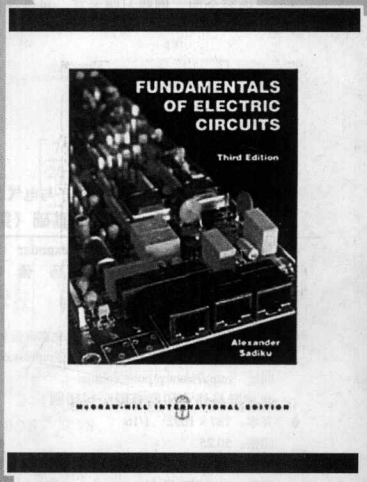
图灵电子与电气工程丛书

# 电路基础 (第3版)

Fundamentals  
of Electric Circuits  
(Third Edition)

[美] Charles K. Alexander 著  
Matthew N.O. Sadiku

关欣 宋晓炜 等译  
杨蕾 杨爱萍  
李 锵 审校



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电路基础: 第3版/ (美) 亚历山大 (Alexander, C. K. ),  
(美) 萨迪库 (Sadiku, M. N. O. ) 著; 关欣等译. —北京:  
人民邮电出版社, 2009. 9

(图灵电子与电气工程丛书)

书名原文: Fundamentals of Electric Circuits

ISBN 978-7-115-20121-8

I. 电… II. ①亚… ②萨… ③关… III. 电路理论  
IV. TM13

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第 124260 号

## 内 容 提 要

本书讲述了电路分析的基本理论, 共分为三篇: 直流电路、交流电路以及高级电路分析。第一篇直流电路主要讲述电路分析的基本定律和定理、无源元件、有源元件以及一阶/二阶电路的分析方法; 第二篇交流电路主要讲述相量、正弦稳态分析、交流功率分析、三相电路、磁耦合电路以及频率响应等; 第三篇高级电路分析主要讲述拉普拉斯变换及其应用、傅里叶级数与傅里叶变换以及双口网络等。

本书意趣盎然, 内容全面, 例题习题丰富, 可供高校电子电气类专业师生使用, 也可供科研人员和技术人员参考。

## 图灵电子与电气工程丛书 电路基础 (第3版)

◆ 著 [美] Charles K. Alexander Matthew N. O. Sadiku  
译 关欣 宋晓炜 杨蕾 杨爱萍 等  
审校 李镛  
责任编辑 舒立

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 50.25

字数: 1487千字

2009年9月第1版

印数: 1-3000册

2009年9月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2007-3015号

ISBN 978-7-115-20121-8/TN

定价: 129.00元

读者服务热线: (010) 51095186 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

# 前 言

## 本书的特点

### 前一版的保留特色

本书的主要目标与第1版和第2版相同——以较其他教科书更为清晰、更为有趣、更易于理解的方式讲授电路分析，同时帮助学生从一开始就培养对工程学的“兴趣”。这一目标的实现有赖于如下若干途径。

#### 章节开场白与本章小结

每一章开始都会讨论如何增强解决问题技能，并探讨电子工程子学科的成功职业或职业取向。之后的引言部分将本章内容与前面章节的内容衔接起来，同时提出本章学习的主要目的。各章结尾总结了本章要点和相关的公式。

#### 解决问题的方法论

第1章介绍了贯穿本书的电路分析六步法，以及促进问题求解的补充资料。

#### 面向学生的友好写作风格

书中所有的基本原理均以清晰、条理、渐进的方式予以说明，尽可能避免赘述，避免讲述过多可能掩盖概念、妨碍整体内容理解的细节。

#### 公式框与关键词语

教材中的重要公式均加以方框，以帮助学生分清主次，同时，可以确保学生清楚地理解关键问题。关键词语均给以明确的定义，并用突出的字体表示出来。

#### 典型例题

每一节的后面都给出了若干典型例题，它们是本教科书的重要组成部分，并对每道例题作出了清楚的讲解。这些典型例题可以帮助学生更好地理解解题过程，有助于培养学生独立解决问题的自信心。部分例题给出了二三种解法，以便学生比较不同的解题方法，加深对所学内容的理解。

#### 练习题

为了给学生提供实践的机会，紧接典型例题安排了一道提供答案的练习题，学生可以按照例题中的步骤来求解练习题，无需到别处查阅或者翻看书末的答案。这样安排的练习题还可以检查学生对前述例题的理解程度，从而在学习下一节内容之前进一步加强对本节内容的掌握。学生可以通过ARIS获得练习题的完整求解过程。

#### 应用

各章的最后一节专门介绍与本章概念相关的实际应用，每一章至少提供一两个实际应用问题或实际器件，帮助学生了解如何将所学概念应用于实际系统中。

#### 复习题

每一章的结尾还给出了带有答案的多项选择题作为复习题。这些复习题的目的是提供典型例题或章末习题中未涉及的一些解题的小“窍门”，可以将其作为自测练习，同时也可以帮助学生了解自己对本章内容的掌握程度。

#### 计算机工具

按照ABET®对集成计算机工具的要求，鼓励学生使用PSpice、MATLAB以及电路KCIDe等计算机辅助分析软件。本教材较早地介绍了PSpice软件，帮助学生熟练掌握这一软件，本教材通篇使用

该软件。本教材也介绍了MATLAB软件。电路的KCID平台对本书而言是全新的，该软件是一款先进的软件系统，用于帮助学生提高其成功解题的可能性。

#### 史料精选

全书的历史评注描述了电子工程相关的重要先驱人物和历史事件。

#### 运算放大器的较早讨论

本教材较早介绍了构成电路的基本元件——运算放大器 (op amp)。

#### 傅里叶变换与拉普拉斯变换

为了方便读者从电路课程向信号与系统课程的过渡，本书简明而全面地介绍了傅里叶变换与拉普拉斯变换。感兴趣的教师可以从讲述一阶电路求解的内容过渡到第15章，这样也就非常自然地拉普拉斯变换过渡到交流傅里叶分析。

### 第3版的新特色

电路分析课程可能是电子工程专业学生的第一门专业基础课，这一版包括了若干新的特征，以帮助学生掌握本课程的主要内容。

#### 扩展的例题

按照六步解法介绍的典型例题为学生提供了解题的统一途径，每章至少有一道例题以这种方式讲解。

#### EC 2000章节开场白

根据ABET最新技能标准3，各章的开场白专门讨论学生应该如何掌握今后能够有效拓展工程师职业生涯所需的技能。因为这些技能对于学生在校和今后的工作中都是非常重要的，因此这部分内容采用标题“增强技能，拓展职业生涯”。

#### 课后习题

第3版新增了300余道课后习题，帮助学生更好地掌握关键概念，同时为学生提供了更多的练习。

#### 课后习题图标

与工程设计有关的习题以及能够利用PSpice或MATLAB求解的习题均采用图标予以标识。

### 教材的组织结构

本书可以作为两或三学期的线性电路分析课程的教材。教师也可以选择适当的章节，将其用作一学期课程的教材。全书可以分为三个部分。

□ 第一部分包括第1~8章，主要介绍直流电路，包括电路的基本定律与定理，电路分析方法以及有源元件与无源元件等内容。

□ 第二部分包括第9~14章，主要介绍交流电路，包括相量、电路的正弦稳态分析、交流功率、交流电的有效值、三相系统以及频率响应等内容。

□ 第三部分包括第15~19章，主要介绍高级网络分析方法，对拉普拉斯变换、傅里叶级数、傅里叶变换以及双口网络分析等内容。

这三部分所包含的内容已超出了两学期课程的需要，因此教师应根据需要选择必要的章节。书中带剑号(†)的各节内容可以略去不讲或者简要讲解，也可以作为学生的作业。省略这些并不会影响内容的连贯性。各章都安排有按节编排的大量习题，教师可以选择其中一些作为课堂例题，另外一些作为课后作业。

如前所述，这一版教材采用了三种图标。PSpice图标标识需要利用PSpice求解的习题，这类习题的电路比较复杂，利用PSpice后可以使求解过程变得更容易。另外，需要利用Pspice验证结果正确性的习题也标有PSpice图标。MATLAB图标标识需要利用MATLAB求解的习题、使用MATLAB求解更

有效的复杂习题，以及需利用MATLAB验证结果正确性的习题。最后，设计图标标识有助于培养学生工程设计技能的习题。难度较大的习题前都标有星号(\*)。综合性习题安排在每章最后，它们绝大多数是应用性问题，需要利用本章学到的各种解题技能。

## 对先修课程的要求

作为电路分析的基础课程，在学本书之前需要先修物理学与微积分学。虽然熟悉有关复数的知识对学习本书后半部分内容有所帮助，但它并不是必须掌握的内容。本书最重要的优势在于，学生需要掌握的所有数学公式以及物理基本原理都包括在其中。

## 补充资源

麦格劳-希尔 ARIS (Assessment, Review, and Instruction System) ——评价、复习与教学系统。这是一套完整的具有在线辅导、电子作业以及课程管理功能的系统，使用起来较现有的其他系统更方便。教师可以免费使用该系统，并与其他教师共享课程资料与作业，也可以编辑问题与算法，输出各自的内容，发表公告以及提交作业的日期。ARIS 系统具有作业、测试与试验的自动评分与报告功能。学生注册课程后，在麦格劳-希尔 ARIS 系统内的所有活动都将被自动记录下来，而且教师可以通过可下载为 Excel 的全集成评价手册获取这些记录。另外，ARIS 系统中还包括习题解答手册、教材图片文件、教学指导、网络分析辅导、软件下载、练习题的完整解答、FE 考试问题、抽认卡以及网站链接。可访问网站 [www.mhhe.com/alexander](http://www.mhhe.com/alexander)。

电路的知识捕获集成设计环境 (KCIDE, Knowledge Capturing Integrated Design Environment)。这款由 NASA 资助、克利夫兰州立大学 (Cleveland State University) 开发的软件，利用教材中的六步问题求解方法帮助学生学习电路问题。电路 KCIDE 软件允许学生利用 PSpice 和 MATLAB 解决电路问题，跟踪解题过程，并存储解题过程供以后参考。另外，该软件可以自动生成 Word 文件以及 PowerPoint 演示文件。更多例题参见 ARIS 提供的链接网站 <http://kcide.fennresearch.org/>。该软件包也可以免费下载。

解题变得更容易。希望练习求解问题方法的学生可以通过 ARIS 获得与本书配套的练习册，该练习册包括问题求解方法的讨论，以及 150 道含完整解答过程的习题。

虽然本教材编写的目的不言而喻是作为学生学习的指导，但并没有遗忘教学过程中的个别辅导。希望本书及补充资料能够为教师提供有效组织教学所需的全部教辅工具。

## 致谢

在本书出版之际，我们首先要感谢来自妻子 (Hannah 与 Kikelomo)、女儿 (Christina、Tamara、Jennifer、Motunrayo、Ann 和 Joyce)、儿子 (Baixi) 以及其他家庭成员的鼎力支持。

接下来要感谢为本书的编辑、出版付出辛勤工作的麦格劳-希尔出版集团的朋友，他们是出版人 Suzanne Jeans，高级责任编辑 Michael Hackett，高级策划编辑 Michelle Flomenhoft 与 Katie White，项目经理 Peggy Lucas 与 Joyce Watters，排版人员 Carrie Burger，设计师 Rick Noel，以及 GTS 公司的自由撰稿人 Pamela Carley、George Watson 和 Vijay Kataria。同时，要感谢阿克伦大学 (University of Akron) 的 Tom Hartley 为本书各部分的细致评价所付出的努力。

我们要对 Yongjian Fu 和由他的学生 Bramarambha Elka、Saravaran Chinniah 组成的杰出团队为开发电路 KCIDE 软件所付出的努力致以诚挚的谢意，正是他们的辛勤劳动才使该软件能够不断改进。再次表示衷心的感谢。

本书第3版的顺利出版在很大程度上还得益于以下审校专家 (按字母顺序排列) 的详细审核。Jean Andrian，佛罗里达国际大学 (Florida International University)

- Jorge L. Aravena, 路易斯安那州立大学 (Louisiana State University)
- Les Axelrod, 伊利诺伊理工学院 (Illinois Institute of Technology)
- Alok Berry, 乔治梅森大学 (George Mason University)
- Tom Brewer, 佐治亚理工学院 (Georgia Institute of Technology)
- Susan Burkett, 阿肯色大学 (University of Arkansas)
- Rich Christie, 华盛顿大学 (University of Washington)
- Arunsi Chuku, 塔斯基吉大学 (Tuskegee University)
- Thomas G. Cleaver, 路易斯维尔大学 (University of Louisville)
- Randy Collins, 克莱姆森大学 (Clemson University)
- David Dietz, 新墨西哥大学 (University of New Mexico)
- Bill Diong, 得克萨斯大学埃尔帕索分校 (The University of Texas at El Paso)
- Shervin Erfani, 温莎大学 (University of Windsor)
- Alan Felzer, 加利福尼亚州立理工大学波莫纳分校 (California State Polytechnic University, Pomona)
- Bob Grondin, 亚利桑那州立大学 (Arizona State University)
- Bob Hendricks, 弗吉尼亚理工大学 (Virginia Polytechnic Institute and State University)
- Sheila Horan, 新墨西哥州立大学 (New Mexico State University)
- Hans Kuehl, 南加利福尼亚大学 (University of Southern California)
- Jack Lee, 得克萨斯大学奥斯汀分校 (University of Texas, Austin)
- Long Lee, 圣地亚哥州立大学 (San Diego State University)
- Sam Lee, 俄克拉荷马大学 (University of Oklahoma)
- Jia Grace Lu, 加利福尼亚大学欧文分校 (University of California, Irvine)
- Hamid Majlessein, 南方大学农工学院 (Southern University & A&M College)
- Frank Merat, 西储大学 (Case Western Reserve University)
- Shayan Mookherjea, 加利福尼亚大学圣地亚哥分校 (University of California, San Diego)
- Mahmoud Nahvi, 加利福尼亚州立理工大学圣路易斯-奥比斯波分校 (California Polytechnic State University, San Luis Obispo)
- Scott Norr, 明尼苏达大学德卢斯分校 (University of Minnesota, Duluth)
- Barbara Oakley, 奥克兰大学 (Oakland University)
- Tamara Papalias, 圣何塞州立大学 (San Jose State University)
- Owe Petersen, 密尔沃基工程学校 (Milwaukee School of Engineering)
- Craig Petrie, 杨百翰大学 (Brigham Young University)
- Michael Polis, 奥克兰大学 (Oakland University)
- Aleksandar Prodic, 多伦多大学 (University of Toronto)
- Ceon Ramon, 华盛顿大学 (University of Washington)
- Prentiss Robinson, 加利福尼亚州立理工大学波莫纳分校 (California State Polytechnic University, Pomona)
- Raghu Settaluri, 俄勒冈州立大学 (Oregon State University)
- Marwan Simaan, 匹兹堡大学 (University of Pittsburgh)
- Robin Strickland, 亚利桑那大学 (University of Arizona)
- Kalpathy Sundaram, 中佛罗里达大学 (University of Central Florida)
- Russell Tatro, 加利福尼亚州立大学 (California State University)
- Xiao Bang Xu, 克莱姆森大学 (Clemson University)

与此同时，我们还要向本书前几版的审校专家致以诚挚的谢意，他们为本书的成功出版作出了重要的贡献。

Bogdan Adamczyk, 格兰谷州立大学 (Grand Valley State University)  
Keyvan Ahdut, 哥伦比亚特区大学 (University of the District of Columbia)  
Hamid Allamehzadeh, 东新墨西哥大学 (Eastern New Mexico University)  
Jorge L. Aravena, 路易斯安那州立大学 (Louisiana State University)  
Idir Azouz, 南犹他大学 (Southern Utah University)  
John A. Bloom, 比奥拉大学 (Biola University)  
Kiron C. Bordoloi, 路易斯维尔大学 (University of Louisville)  
James H. Burghart, 克利夫兰州立大学 (Cleveland State University)  
Phil Burton, 利默瑞克大学 (University of Limerick)  
Edward W. Chandler, 密尔沃基工程学校 (Milwaukee School of Engineering)  
Amit Chatterjea, 普度大学韦恩堡分校 (Purdue University, Fort Wayne)  
Erik Cheever, 斯沃斯莫尔学院 (Swarthmore College)  
Fow-Sen Choa, 马里兰大学巴尔的摩分校 (University of Maryland, Baltimore County)  
Chiu H. Choi, 北佛罗里达大学 (University of North Florida)  
Thomas G. Cleaver, 路易斯维尔大学 (University of Louisville)  
Michael J. Cloud, 劳伦斯技术大学 (Lawrence Technological University)  
Mehmet Cultu, 甘农大学 (Gannon University)  
Saswati Datta, 马里兰大学巴尔的摩分校 (University of Maryland, Baltimore County)  
Mohamed K. Darwish, 英国布鲁奈尔大学 (Brunel University, United Kingdom)  
Shirshak Dhali, 南伊利诺伊大学 (Southern Illinois University)  
Kevin D. Donohue, 肯塔基大学 (University of Kentucky)  
Fred Dreyfus, 佩斯大学 (Pace University)  
Amelito G. Enriquez, 加拿大学院 (Cañada College)  
Ali Eydgahi, 马里兰大学东岸分校 (University of Maryland, Eastern Shore)  
Gary K. Fedder, 卡内基梅隆大学 (Carnegie Mellon University)  
Cynthia J. Finelli, 凯特灵大学 (Kettering University)  
Rob Frohne, 沃拉沃拉学院 (Walla Walla College)  
Andreas Fuchs, 宾夕法尼亚州立大学 (Pennsylvania State University Erie)  
Tayeb A. Giuma, 北佛罗里达大学 (University of North Florida)  
Chandrakanth H. Gowda, 塔斯基吉大学 (Tuskegee University)  
Duane Hanselman, 缅因大学 (University of Maine)  
Reza Hashemian, 北伊利诺伊大学 (Northern Illinois University)  
Hassan Hassan, 劳伦斯技术大学 (Lawrence Technological University)  
Rod Heisler, 沃拉沃拉学院 (Walla Walla College)  
Amelito G. Henriquez, 新奥尔良大学 (University of New Orleans)  
H. Randolph Holt, 北肯塔基大学 (Northern Kentucky University)  
Reza Iravani, 多伦多大学 (University of Toronto)  
Richard Johnston, 劳伦斯技术大学 (Lawrence Technological University)  
William K. Kennedy, 新西兰坎特伯雷大学 (University of Canterbury, New Zealand)  
Albert M. Knebel, 门罗社区学院 (Monroe Community College)  
William B. Kolasa, 劳伦斯技术大学 (Lawrence Technological University)



- Roger A. Kuntz, 宾夕法尼亚州伊利学院 (Penn State Erie, The Behrend College)  
Sharad R. Laxpati, 伊利诺伊大学芝加哥分校 (University of Illinois at Chicago)  
Choon Sae Lee, 南教会大学 (Southern Methodist University)  
Venus Limcharoen, 泰国国立法政大学 (Thammasat University)  
Bin-Da Lio, 中国台湾成功大学 (National Cheng Kung University, Taiwan China)  
Joseph L. LoCicero, 伊利诺伊理工学院 (Illinois Institute of Technology)  
Emeka V. Maduikwe, 纽约理工学院 (New York Institute of Technology)  
Claire L. McCullough, 田纳西大学查塔努加分校 (University of Tennessee at Chattanooga)  
José Medina, 纽约州立大学德里工学院 (State University of New York, College of Technology at Delhi)
- Damon Miller, 西密歇根大学 (Western Michigan University)  
Martin Mintchev, 卡尔加里大学 (University of Calgary)  
Philip C. Munro, 扬斯敦州立大学 (Youngstown State University)  
Sarhan M. Musa, 普雷里维农工大学 (Prairie View A&M University)  
Ahmad Nafisi, 加利福尼亚州立理工大学圣路易斯-奥比斯波分校 (California Polytechnic State University, San Luis Obispo)
- Nader Namazi, 美国天主教大学 (The Catholic University of America)  
Sudarshan Rao Nelatury, 维拉诺瓦大学 (Villanova University)  
Habib Rahman, 圣路易大学 (Saint Louis University)  
V. Rajaravivarma, 中康涅狄格州立大学 (Central Connecticut State University)  
Hadi Saadat, 密尔沃基工程学校 (Milwaukee School of Engineering)  
Robert W. Sherwood, 盖尔曼纳社区学院 (Germanna Community College)  
Elisa H. Barney Smith, 博伊西州立大学 (Boise State University)  
Terry L. Speicher, 宾夕法尼亚州立大学 (Pennsylvania State University)  
James C. Squire, 弗吉尼亚军事学院 (Virginia Military Institute)  
David W. Sukow, 华盛顿和李大学 (Washington and Lee University)  
Fred Terry, 基督兄弟大学 (Christian Brother University)  
Les Thede, 北俄亥俄大学 (Ohio Northern University)  
Constantine Vassiliadis, 俄亥俄大学 (Ohio University)  
Sam Villareal, 得克萨斯大学达拉斯分校 (The University of Texas at Dallas)  
Promos Vohra, 北伊利诺伊大学 (Northern Illinois University)  
Chia-Jiu Wang, 科罗拉多大学科罗拉多泉分校 (University of Colorado at Colorado Springs)  
Xingwu Wang, 阿尔弗雷德大学 (Alfred University)  
Sandra A. Yost, 底特律大学 (University of Detroit, Mercy)  
Hewlon Zimmer, 美国商船学院 (U.S. Merchant Marine Academy)
- 最后, 我们要感谢使用本书前两版的教师和学生给我们提供的反馈, 希望本书也能得到这样的反馈, 可随时给我们发送电子邮件, 或者直接与出版商联系。Charles Alexander 的联系方式是 c.alexander@ieec.org, Matthew Sadiku 的联系方式是 sadiku@ieec.org。

# 版 权 声 明

**Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku: *Fundamentals of Electric Circuits*, 3e**  
(ISBN: 978-0-07-110582-8).

Copyright © 2006 by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or distributed in any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Authorized Chinese-simplified language edition co-published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and POSTS & TELECOM PRESS. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SARs and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文版由人民邮电出版社和美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司合作出版。此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾)销售。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。

# 目 录

## 第一篇 直流电路

第 1 章 基本概念	2
1.1 引言	2
1.2 计量单位制	3
1.3 电荷与电流	4
1.4 电压	6
1.5 功率与能量	7
1.6 电路元件	10
1.7 †应用	12
1.7.1 电视显像管	12
1.7.2 电费账单	13
1.8 †解题方法	14
1.9 本章小结	16
复习题	17
习题	17
综合题	20
第 2 章 基本定律	21
2.1 引言	21
2.2 欧姆定律	21
2.3 †节点、支路与回路	26
2.4 基尔霍夫定律	27
2.5 串联电阻及其分压	32
2.6 并联电阻及其分流	33
2.7 †Y- $\Delta$ 转换	39
2.7.1 $\Delta$ -Y 转换	40
2.7.2 Y- $\Delta$ 转换	41
2.8 †应用	44
2.8.1 照明系统	45
2.8.2 直流电表的设计	46
2.9 本章小结	50
复习题	51
习题	52
第 3 章 分析方法	64
3.1 引言	64
3.2 节点分析法	64
3.3 包括电压源的节点分析法	70
3.4 网孔分析法	74
3.5 包括电流源的网孔分析法	78
3.6 †基于观察法的节点分析与网孔分析	80
3.7 节点分析法与网孔分析法的比较	84
3.8 用 PSpice 软件包进行电路分析	84
3.9 †应用: 直流晶体管电路	86
3.10 本章小结	91
复习题	91
习题	92
综合题	103
第 4 章 电路定理	104
4.1 引言	104
4.2 线性性质	105
4.3 叠加原理	107
4.4 电源变换	110
4.5 戴维南定理	113
4.6 诺顿定理	119
4.7 †戴维南定理与诺顿定理的推导	122
4.8 最大功率传递定理	123
4.9 利用 PSpice 软件验证电路定理	125
4.10 †应用	128
4.10.1 电源建模	128
4.10.2 电阻测量	130
4.11 本章小结	133
复习题	133
习题	134
综合题	144
第 5 章 运算放大器	146
5.1 引言	146
5.2 运算放大器	147
5.3 理想运算放大器	150
5.4 反相放大器	151
5.5 同相放大器	153
5.6 加法放大器	154
5.7 差分放大器	156
5.8 级联运算放大器电路	159
5.9 利用 PSpice 软件分析运算放大器电路	161

5.10 †应用	163	8.2 初值与终值的确定	266
5.10.1 数-模转换器	163	8.3 无源激励 RLC 串联电路	270
5.10.2 仪器放大器	164	8.4 无源激励 RLC 并联电路	276
5.11 本章小结	166	8.5 RLC 串联电路的阶跃响应	280
复习题	167	8.6 RLC 并联电路的阶跃响应	284
习题	168	8.7 一般二阶电路	286
综合题	178	8.8 二阶运算放大器电路	291
<b>第 6 章 电容器与电感器</b>	180	8.9 RLC 电路的 PSpice 分析	293
6.1 引言	180	8.10 †对偶原理	296
6.2 电容器	180	8.11 †应用	298
6.3 电容器的串联与并联	186	8.11.1 汽车点火系统	298
6.4 电感器	189	8.11.2 平滑电路	300
6.5 电感器的串联与并联	193	8.12 本章小结	301
6.6 †应用	196	复习题	302
6.6.1 积分器	196	习题	303
6.6.2 微分器	198	综合题	312
6.6.3 模拟计算机	199		
6.7 本章小结	202	<b>第二篇 交流电路</b>	
复习题	203	<b>第 9 章 正弦交流电路与相量</b>	314
习题	203	9.1 引言	314
综合题	212	9.2 正弦信号	315
<b>第 7 章 一阶电路</b>	213	9.3 相量	319
7.1 引言	213	9.4 电路元件的相量关系	325
7.2 无源 RC 电路	214	9.5 阻抗与导纳	327
7.3 无源 RL 电路	218	9.6 †频域中的基尔霍夫定律	330
7.4 奇异函数	224	9.7 阻抗合并	330
7.5 RC 电路的阶跃响应	231	9.8 †应用	335
7.6 RL 电路的阶跃响应	236	9.8.1 移相器	335
7.7 †一阶运算放大器电路	240	9.8.2 交流电桥	337
7.8 利用 PSpice 软件进行瞬态分析	243	9.9 本章小结	340
7.9 †应用	247	复习题	340
7.9.1 延时电路	247	习题	341
7.9.2 闪光灯单元	248	综合题	348
7.9.3 继电器电路	249		
7.9.4 汽车点火电路	251	<b>第 10 章 正弦稳态分析</b>	350
7.10 本章小结	251	10.1 引言	350
复习题	252	10.2 节点分析法	351
习题	253	10.3 网孔分析法	353
综合题	263	10.4 叠加原理	356
<b>第 8 章 二阶电路</b>	265	10.5 电源变换	359
8.1 引言	265	10.6 戴维南等效电路与诺顿等效电路	360
		10.7 交流运算放大器电路	364

10.8 基于 PSpice 的交流电路分析	365	13.2 互感	466
10.9 †应用	369	13.3 耦合电路中的能量	472
10.9.1 电容倍增器	369	13.4 线性变压器	475
10.9.2 振荡器	370	13.5 理想变压器	480
10.10 本章小结	372	13.6 理想自耦变压器	486
复习题	372	13.7 †三相变压器	488
习题	373	13.8 基于 PSpice 的磁耦合电路分析	490
<b>第 11 章 交流功率分析</b>	<b>385</b>	13.9 †应用	495
11.1 引言	385	13.9.1 隔离变压器	495
11.2 瞬时功率与平均功率	385	13.9.2 匹配变压器	497
11.3 最大平均功率传输	390	13.9.3 电力配送	498
11.4 有效值	392	13.10 本章小结	500
11.5 视在功率与功率因数	395	复习题	500
11.6 复功率	397	习题	501
11.7 †交流功率守恒	400	综合题	512
11.8 功率因数的校正	403	<b>第 14 章 频率响应</b>	<b>513</b>
11.9 †应用	405	14.1 引言	513
11.9.1 功率测量	405	14.2 传递函数	514
11.9.2 电费的计算	408	14.3 †分贝表示法	516
11.10 本章小结	409	14.4 伯德图	518
复习题	410	14.5 串联谐振电路	527
习题	410	14.6 并联谐振电路	531
综合题	419	14.7 无源滤波器	534
<b>第 12 章 三相电路</b>	<b>421</b>	14.7.1 低通滤波器	535
12.1 引言	421	14.7.2 高通滤波器	535
12.2 对称三相电压	423	14.7.3 带通滤波器	536
12.3 对称 Y-Y 连接	426	14.7.4 带阻滤波器	537
12.4 对称 Y- $\Delta$ 连接	429	14.8 有源滤波器	539
12.5 对称 $\Delta$ - $\Delta$ 连接	431	14.8.1 一阶低通滤波器	539
12.6 对称 $\Delta$ -Y 连接	432	14.8.2 一阶高通滤波器	540
12.7 对称系统中的功率	435	14.8.3 带通滤波器	540
12.8 †非对称三相系统	439	14.8.4 带阻(陷波)滤波器	541
12.9 三相电路的 PSpice 分析	442	14.9 †比例转换	544
12.10 †应用	447	14.9.1 模的比例转换	544
12.10.1 三相功率测量	447	14.9.2 频率比例变换	545
12.10.2 住宅供电线路	451	14.9.3 模与频率比例转换	546
12.11 本章小结	454	14.10 利用 PSpice 确定频率响应	547
复习题	454	14.11 利用 MATLAB 确定频率响应	550
习题	455	14.12 †应用	551
综合题	463	14.12.1 无线电接收机	552
<b>第 13 章 磁耦合电路</b>	<b>465</b>	14.12.2 按键式电话机	553
13.1 引言	466	14.12.3 交叉网络	555

14.13 本章小结	556	17.6 指数形式的傅里叶级数	658
复习题	557	17.7 基于 PSpice 的傅里叶分析	663
习题	557	17.7.1 离散傅里叶变换	664
综合题	565	17.7.2 快速傅里叶变换	664
<b>第三篇 高级电路分析</b>			
<b>第 15 章 拉普拉斯变换简介</b>	568	17.8 $\dagger$ 应用	668
15.1 引言	568	17.8.1 频谱分析仪	668
15.2 拉普拉斯变换的定义	569	17.8.2 滤波器	669
15.3 拉普拉斯变换的性质	571	17.9 本章小结	671
15.4 拉普拉斯逆变换	580	复习题	672
15.4.1 单极点形式	581	习题	673
15.4.2 重极点形式	581	综合题	681
15.4.3 共轭复极点形式	582	<b>第 18 章 傅里叶变换</b>	682
15.5 卷积积分	586	18.1 引言	682
15.6 拉普拉斯变换在微积分		18.2 傅里叶变换的定义	683
方程求解中的应用	593	18.3 傅里叶变换的性质	687
15.7 本章小结	595	18.4 傅里叶变换在电路分析中的	
复习题	595	应用	698
习题	596	18.5 帕塞瓦尔定理	700
<b>第 16 章 拉普拉斯变换的应用</b>	601	18.6 傅里叶变换与拉普拉斯变换	
16.1 引言	601	之比较	702
16.2 电路元件模型	602	18.7 $\dagger$ 应用	703
16.3 电路分析	607	18.7.1 幅度调制	703
16.4 传递函数	611	18.7.2 采样	705
16.5 状态变量	615	18.8 本章小结	706
16.6 $\dagger$ 应用	620	复习题	706
16.6.1 网络稳定性	620	习题	707
16.6.2 网络综合	623	综合题	713
16.7 本章小结	627	<b>第 19 章 双口网络</b>	714
复习题	628	19.1 引言	714
习题	629	19.2 阻抗参数	715
综合题	634	19.3 导纳参数	719
<b>第 17 章 傅里叶级数</b>	636	19.4 混合参数	722
17.1 引言	636	19.5 传输参数	727
17.2 三角函数形式的傅里叶级数	637	19.6 $\dagger$ 几组参数之间的关系	730
17.3 对称周期函数的频谱分析	644	19.7 双口网络的互连	734
17.3.1 偶对称周期函数的频谱	644	19.8 利用 PSpice 计算双口网络参数	739
17.3.2 奇对称周期函数的频谱	646	19.9 $\dagger$ 应用	741
17.3.3 半波对称周期函数的		19.9.1 晶体管电路分析	741
频谱	647	19.9.2 阶梯网络综合	746
17.4 傅里叶级数在电路分析中的		19.10 本章小结	748
应用	652	复习题	749
17.5 平均功率与均方根值	655	习题	750
		综合题	760
		<b>附录 奇数编号习题的答案</b>	761

第一篇

直流电路

# 第1章 基本概念

在漫长的人生历程中，我领悟到这样一个道理：所有依据事实得出的科学都是原始而又童真的，而这恰恰是我们所拥有的最珍贵的东西。

——阿尔伯特·爱因斯坦

## 增强技能，拓展职业生涯

ABET EC 2000标准 (3. a)，“应用数学、科学和工程知识的能力”

作为学生，需要学习数学、科学与工程知识，从而达到能够应用所学知识解决工程问题的目的。这里所说的技能就是利用相关领域的基础知识解决实际问题的能力。那么，如何发展并增强这样的技能呢？

最佳方法是在所学的全部课程中完成尽可能多的习题。然而，要想真正掌握这样的技能，就必须利用相当的时间分析难以轻易得到正确答案的情况以及原因。你会惊异地发现，你所求解的大部分问题都会用到数学知识，而不是对基本理论的理解，而且还会发现，开始求解问题很快。花时间考虑问题以及求解问题的方法最终会为你节省大量的时间，同时避免失败。

对于我而言，解决问题的最佳方法是六步解法。之后我会仔细地确定解题过程中在哪儿遇到困难，但实际的问题通常在于自己对问题的理解不够以及正确运用数学原理的能力不足。这时我就会去翻阅数学教材，认真复习相关的章节，有些情况下还会演算数学教材中的某些例题。于是我的另一个重要的经验是：将所有基本的数学、科学以及工程教材放在手边。

不断查阅在先修课程中已经掌握的知识的过程，初看是非常乏味的，然而，随着技能的提高和知识的增加，这一过程会变得越来越容易。恰恰是通过这一过程，使我从一名中等以下的学生成长为一名博士，并成为一名成功的研究员。



查尔斯·亚历山大拍摄

## 1.1 引言

电路理论和电磁理论是电子工程的两大基础理论，电子工程的所有分支学科均是在此基础上发展起来的。电源、电机、控制、电子学、通信以及电子仪器等许多分支都是基于电路理论而发展形成的，因此，电路理论基础课程是电子工程专业最重要的课程，也是初学电子工程专业的学生的最佳起点。学习电路理论对于其他理工科专业学生也是很有意义的，因为电路通常是研究能量系统的一种很好的模型，而且其中包含了应用数学、物理学和拓扑学等诸多内容。

在电子工程中，通常要研究从一点到另一点的通信或能量传递，为此，就需要将若干电子器件相互连接起来实现这一功能。这种由电子器件相互连接构成的总体称为电路 (electric circuit)，电路中的每个组成部分称为元件 (element)。

电路是指由电子元件相互连接构成的总体。

一个简单的电路如图1-1所示，由三个基本元件组成，电池、灯泡和连接导线。这样一个简单的电路可以单独存在，它有一

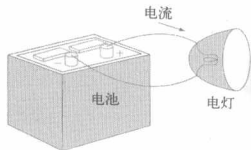


图 1-1 一个简单的电路



些应用，比如手电筒、探照灯等。

一个复杂的真实电路图1-2所示，该电路是无线电收音机的电路原理图。虽然它看起来很复杂，但利用本书介绍的方法就可以对该电路进行分析。本书的目标是学习用于描述诸如此类电路的各种分析方法和计算机软件应用方法。

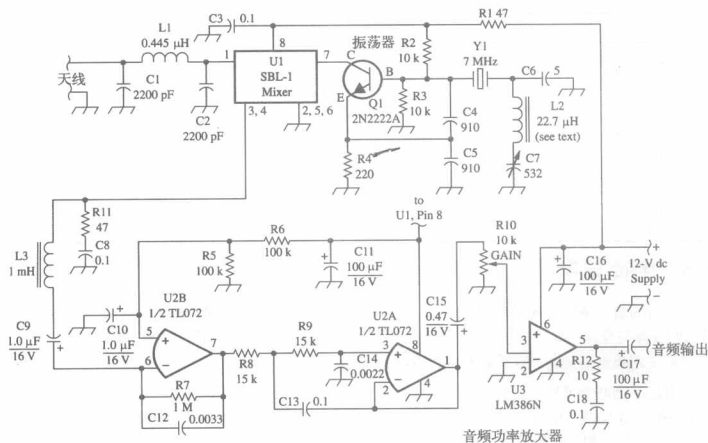


图 1-2 无线电收音机电路原理图 (经 QST 许可后复制, 1995 年 8 月, 第 23 页)

在大量电子系统中利用各种电路可以完成不同的任务。本书的目的并不是研究各种电路的不同应用，而是专注于电路的分析。通过对电路的分析来研究电路的特性，例如，电路在给定输入信号作用下是如何响应的？电路中相互连接的元件和器件是如何相互作用的？

在开始学习之前，首先定义的一些电路的基本概念，包括电荷、电流、电压、电路元件、功率和能量等。而在定义这些概念之前，必须先建立本书所采用的计量单位制。

## 1.2 计量单位制

电气工程师需要处理很多可测量，但是无论测量是在哪个国家完成的，必须采用所有专业人士都能够明白的标准语言来表示测量结果。这种国际计量语言就是国际单位制 (International System of Unit, SI)。国际单位制是在1960年国际度量会议上确定采用的。该计量单位制包括六个基本单位，由此可以推导出其他所有物理量的单位。表1-1给出了这六个基本单位、符号及其所表示的物理量。

表 1-1 六个基本的国际单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流	安培	A
热力学温度	开尔文	K
发光强度	坎德拉	cd