

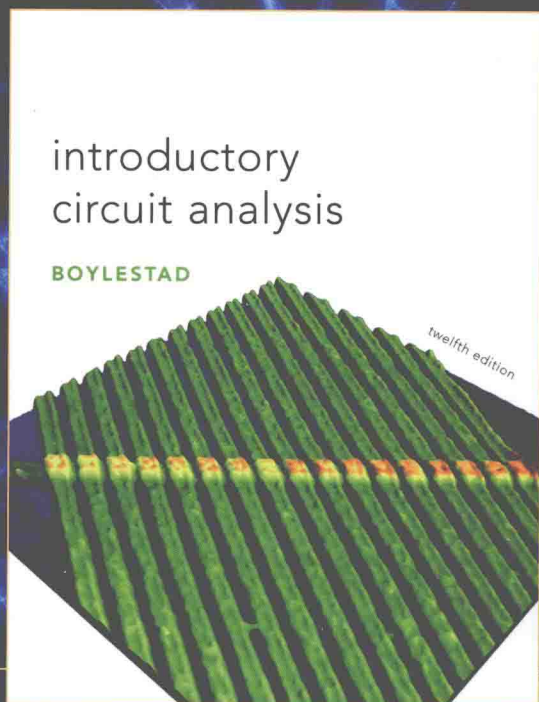
PEARSON

电路分析导论

(原书第12版)

[美] Robert L. Boylestad 著
陈希有 张新燕 李冠林 等译

*Introductory
Circuit Analysis
12th Edition*



第12版 | 12th Edition

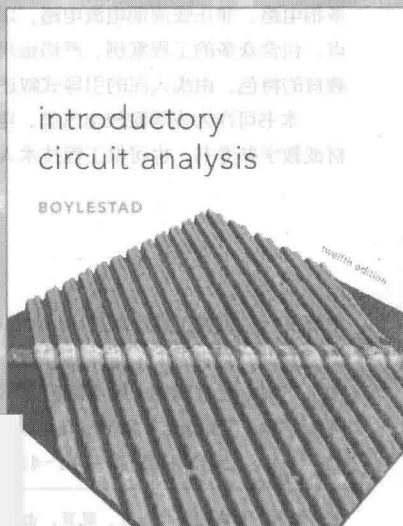
电路分析导论

(原书第12版)

[美] Robert L. Boylestad 著

陈希有 张新燕 李冠林 等译

*Introductory
Circuit Analysis
12th Edition*



机械工业出版社
China Machine Press

北京机械工业出版社
地址：北京市机械工业出版社
电话：(010) 88379331 88379332
网址：http://www.cmpbook.com

图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析导论 (原书第 12 版) / (美) 鲍利斯塔 (Boylestad, R. L.) 著; 陈希有等译. —北京: 机械工业出版社, 2014.3

(国外电子与电气工程技术丛书)

书名原文: Introductory Circuit Analysis, Twelfth Edition

ISBN 978-7-111-45359-8

I. 电… II. ①鲍… ②陈… III. 电路分析—高等学校—教材 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 321101 号

本书版权登记号: 图字: 01-2013-1393

Authorized translation from the English language edition, entitled Introductory Circuit Analysis, 12E, 9780137146666 by Robert L. Boylestad, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2010.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Chinese Simplified language edition published by Pearson Education Asia Ltd., and China Machine Press Copyright © 2014.

本书中文简体字版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括中国台湾地区和中国香港特别行政区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

本书是电路分析的入门教材, 主要内容包括: 电压与电流、电阻、电容、电感、磁路、变压器、串并联交直流电路的等效化简、含独立电源电路方程的求解、交直流电路中的网络定理、交直流电路的功率、谐振电路、滤波器与伯德图、 RC 电路对独立电源的响应、 RC 电路对周期脉冲电源的响应、多相电路、非正弦周期电流电路, 以及系统的端口分析等。本教材具有理论分析与工程应用相结合的特点, 包含众多的工程案例、严格运用计量单位、经常使用元件参数标称值等, 处处体现了教材面向工程教育的特色。由浅入深的引导式叙述、活泼亲和的教材语言、精美形象的插图, 会让自学者倍感愉悦。

本书可作为高等院校电气类、电子信息类、自动化类专业本科生“电路理论”、“电路分析”课程教材或教学参考书, 也可供工程技术人员和电路爱好者参考。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 谢晓芳

责任校对: 殷虹

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

版次: 2014 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm × 260mm 1/16

印张: 48

书号: ISBN 978-7-111-45359-8

定价: 135.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

出版者的话

文艺复兴以降，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的传统，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，信息学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅肇划了研究的范畴，还揭示了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的信息产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对我国教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下，美国等发达国家在其信息科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀教材将对我国教育事业的发展起到积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与 Pearson, McGraw-Hill, Elsevier, John Wiley & Sons, CRC, Springer 等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从他们现有的数百种教材中甄选出 Thomas L. Floyd、Charles K. Alexander、Behzad Razavi、John G. Proakis、Stephen Brown、Allan R. Hambley、Albert Malvino、Mark I. Montrose、David A. Johns、Peter Wilson、H. Vincent Poor、Dikshitu K. Kalluri、Bhag Singh Guru、Stephane Mallat 等大师名家的经典教材，以“国外电子与电气工程技术丛书”为总称出版，供读者学习、研究及珍藏。这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也越来越被实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着电气与电子信息学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外电气与电子信息教材的需求和应用都将步入一个新的阶段，我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方式如下：

华章网站：www.hzbook.com

电子邮件：hzsj@hzbook.com

联系电话：(010) 88379604

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



机械工业出版社 华章科技图书出版中心

译者序

诞生于1968年,具有40余年历史,现由Pearson出版社出版的电路课程教材:《Introductory Circuit Analysis》是一本在国际上有着持续而广泛影响的优秀教材。主要参与人数合计超过60人,他们来自多所大学和著名公司,已被译成6种语言。这些足以说明该教材广受欢迎的程度。本次翻译的是该教材的第12版,由Robert L. Boylestad (CUNY-Queensborough Community College, 纽约城市大学皇后社区学院)主编,于2010年出版。无论与国内还是与国外同类教材相比,本书都有着鲜明的特色。对教师和学生、对课堂教学和教材编写,都有着极好的学习和借鉴作用。因此,能够有机会将这本优秀教材译成中文,让广大的中国读者认识它、使用它,译者倍感使命的光荣和责任的重大。在翻译过程中,无论在教材的内容上、结构上,还是在阐述知识的方法上,译者处处都感到耳目一新,受益匪浅。在此愿将该教材的主要特点与读者分享。

1. 从好的绪论开始

本书大跨度地将电气电子技术的发展时代划分成:电磁之初、真空电子时代和固态电子时代。在每一发展时代,作者不仅列出重要事件的时间表,还简单地介绍了发现主要电磁现象的背后故事。并一再指出,电气电子技术的发展速度几乎是指数规律的。本书更是着眼于近代的发展,对高清电视、智能手机、iPod和双核处理器的提及,增强了教材的时代感和新鲜度。

绪论(第1章)的另一个特点是,详尽地介绍了物理量的计量单位制,包括物理量单位的有趣定义、基准单位的保存、国际单位制(SI)的由来等。在国内同类教科书中,这些内容都不常见。本书通篇严格遵守物理量单位的使用,很少有缺省现象,这有利于培养学生严谨的科学态度,因为没有单位的数值是没有物理意义的。

2. 用物理现象引出电路规律

根据铜的原子结构和电荷之间的作用力规律,从更微观的角度引出电压的概念,并以此解释铜善于导电的原因;根据运动电荷受到的阻力因素,得出电阻的计算公式;从电场现象引出电容的定义及计算;从磁场现象引出电感和磁路的概念。这些都能使电路规律建立在扎实的电磁学基础上,也说明了作者具有广博的学科基础理论知识。

3. 贴近身边的应用案例

对初学电路的学生,还没有复杂工程的体验。因此本书用极其贴近身边的案例,让学生理解所学知识在实际中的运用情况。大量的案例不仅来自每章后面的“应用”一节,还来自正文。从下面这些题目便可看出作者的精心选择:电池、微波炉、节日灯、荧光灯、汽车电气系统、家居布线、触摸屏、浪涌保护器、漏电保护器、传声器、安全用电、商业意识、电加热器、音响中的图形均衡器和参数均衡器、烟雾报警器、遥控器、调光灯、电阻的色环编码、电阻材质等。这些应用既可以作为趣味丰富的案例教学资源,也可让学生自由阅读。

4. 像介绍实验指导一样介绍电工测量

本书在恰当的地方介绍了模拟万用表、数字万用表、安培计、伏特计、瓦特计、示波器等,包括它们的原理、使用方法。尤其介绍了测量仪表的负载效应,这对培养学生的工程意识非常重要。因为所有测量仪表并不像我们为简化分析所做的假设那样理想,所以它们都要对被测对象产生或大或小的影响。测量对象包括电压、电流、功率、电阻、电感、电容、阻抗、增益等。电气电子技术的发展离不开测量,通过对这些测量仪表的介绍,可以提高学生的实际测量能力。

5. 以科学家素描铭记电工发展史

在电磁学中,许多物理量的单位都是用科学家的名字命名的。本教材在首次出现电磁单位的地方,或者涉及某个卓越成就时,都对与之相关的科学家、发明家或工程师进行了简单介绍,包括他们的国籍、主要贡献、兴趣爱好、生平轶事等。既彰显了对历史上科学巨匠们的敬仰,又能帮助读者理解他们的贡献对当今电气电子领域的影响。所提供的图片大都说明了来源,以确保史料的准确性,并充分显示了作者对版权的格外尊重。

这些人物包括安培、库仑、伏特、欧姆、瓦特、基尔霍夫、西门子、焦耳、戴维南、诺顿、法拉第、特斯拉、亨利、斯泰因梅茨等数十位科学家或发明家。

6. 及时反映学科最新进展

2008年惠普公司科研人员利用纳米技术发现了第4种电学基本无源元件——忆阻器,仅仅时隔两年,在本书第12版第3章便对该器件进行了简要介绍,并将忆阻器图片作为教材封面。目前,与忆阻器相关的理论和应用还处于研究阶段,反映忆阻器的教材更不多见。本书虽然仅用几页的篇幅来做介绍,但是也会引起读者对这种器件的新奇特性和应用前景的关注。这说明本书作者对新技术有着快速的跟踪意识。

7. 划分细致的教材章节

本书对章节的划分十分细致,符合循序渐进的原则。电阻、串联、并联、串并联、电容、电感、变压器等各成一章,并且把电路定理分成了直流电路中的定理和交流电路中的定理;把串联、并联也同样分成直流电路和交流电路两种情况。

8. 对某些内容的详细介绍

本书详细分析了RC电路在单个脉冲和周期脉冲作用下的响应;详细介绍了多绕组变压器、带抽头变压器和自耦变压器的原理;特别讨论了品质因数大于10的谐振情况,并将线圈与电容的并联谐振区分成单位功率因数谐振和最大阻抗谐振;根据交流电路的电磁现象,专门讨论了有效电阻;详细介绍了温度对电阻的影响和“导出绝对零度”的概念,以及各种敏感电阻等。

本书用专门一章对分贝、滤波器、频率特性和伯德图进行了详细介绍。从人耳对声音的感觉,到功率放大关系和电压放大关系,循序渐进地介绍了分贝的概念,以及分贝数大小与人的感觉之间的关系,生动有趣。对伯德图中采用对数刻度的益处,以及伯德图的绘制方法等,也都做了通俗易懂的阐述。

在我国同类教材中,上述内容都是不多见的。

9. 其他特点

本书在文字叙述上极具亲和力,流畅自然,阅读起来感觉就像是在与作者当面交流,作者是在徐徐地阐述知识,因而能够拉近作者与读者的距离。经常使用 in other words (换句话说),不断使用人称代词,显得十分亲切。翻译时尽量保持了这种亲切平和的叙述方式。

采用科学计数法,数和量的单位运用方法规范严密;使用电路元件的标称值进行分析,增强学生的工程能力;每章末附有词汇表,总结该章出现的主要术语的含义,便于回顾要点;插图精致细腻,生动活泼。

该教材的上述特点给我们诸多启示:对重要内容的阐述要尽量细腻,多从简单示例引出一般道理,做到深入浅出,减少一些硬性定义或命题性的陈述;语言要朴实亲切,从而使读者乐于接受教材内容,不要让读者感到作者是居高临下;作者必须具备丰富的实践经验,使教材内容符合工程需求;作者还要具备广泛的知识结构,能够了解电磁技术在各学科发展中所起的作用,从而使举例更加丰富生动;出版部门和作者要力求使教材插图的表达性、美观性、活泼性、布局和视觉效果等达到完美。

与国内同类教材相比,本书在内容上还存在欠缺,例如,电路的拉普拉斯变换分析、卷积积分、冲激响应、二阶电路、非线性电路、状态方程、网络图论、特勒根定理、运算放大器、均匀传输线等。另外,本书在阐述基尔霍夫定律时没有使用“集中参数电路”这样的条件,对电路定理的陈述也没有使用“唯一解”的条件。这些都是由国内外不同的课程体系和教材的不同定位决定的。

结合我国高等学校实际,本次翻译时删掉了纯数学的内容,例如,复数和三角函数的运算、矩阵与行

列式的运算、小数与乘方的转换等；删掉了计算机辅助分析的相关内容，读者可在其他专门教材中学习；保留了大部分应用案例。

感谢机械工业出版社花大力气引进这套优秀教材，使教材的出版语种又增加了重要的汉语，这是读者人数众多的语种。

参加本书编译的单位和人员按照章节次序是，大连理工大学陈希有（第1~3章）、王宁（第4章、第5章、第19章）、李冠林（第6~9章）、刘蕴红（第10~12章）、章艳（第13章、第14章、第18章）、董维杰（第15~17章）；新疆大学张新燕（第20~26章）。全书由陈希有复核统稿。尽管大部分译者都有双语教学能力，或有国外进修经历，但面对知识面如此广泛的教材，翻译欠准之处仍恐难免。敬请雅正，这是对本教材的最佳爱护，意见请直接发送至译者邮箱：chenxy@dut.edu.cn。

陈希有

在章林陈的整理版后记

陈希有译者的内容目录表

点林陈

本书第1版于40年前出版,至今已翻译成6种语言,发行超过了100万册。所以,我很高兴为该教材的第12版再写前言,并首先对本教材出版过程的所有参与者,以及那些认为本教材满足了学科需求的全体使用者致以诚挚的谢意。

新版内容的变化

- 像以前版本的做法一样,这一版也增加了一些新内容,以确保教材始终带有新鲜气息。然而,这一版的新内容非常特殊,它涉及了刚刚问世的第4种电学元件,称为忆阻器(memristor),它是由惠普公司发明的,英文版的封面设计用的就是这种电学元件。关于忆阻器,人们采用不同的方法进行了长时间的研究,最终由于纳米技术的到来才使其成为现实。在这一版中,另外的扩展内容包括:平板电脑、荧光灯与白炽灯照明、真有效值仪表、锂电池、燃料电池、太阳能电池、电容器的串联等效电阻、分贝和数字示波器等。
- 这次修订中最引人关注的是每章后面的习题,在内容、类型和完整性等方面都有所改进。在以前的版本中,在一个题目下可能包含三个或四个问题,在这一版中,同一题目下问题的数量被减少到一个或两个,以便获得一种从较简单到较复杂的过度。为了在不同难度级别上提供可选的习题,这一版新增了更具挑战性的习题。此外,有更多的习题使用了标准的元件参数值,不再是为简化计算而采用虚构的元件参数值。
- 这一版的另一个主要变化是增加了第26章,用以介绍系统分析。尽管是导论性的介绍,但是也能使读者了解当今工程上所用的封装系统的工作原理。该内容在后续许多课程中会得到广泛应用,例如“运算放大器及工业设计与应用”课程等。
- 计算机仿真工具 PSpice 和 Multisim 仍然保留,且在本教材所附 DVD 中加入了 Cadence OrCAD 16.2 的演示版。该 DVD 软件包可以被快速下载,使用者按照本教材的详细引导即可操作。为使用 Multisim 10.1 这一优秀软件,教材中提供了详细的引导。在这一版中,还增加了关于下载过程和某些特殊配置下使用方法的说明。
- 教材中有超过 80 个对上述软件包详细描述的例子。这些例子是在假设读者完全不了解这些软件的情况下写成的。提供的详细说明不能简单地用于其他目的。新版本删除了在以前版本中包含的 MathCAD 的相关内容,因为它的用途越来越少,并且 MathLAB 似乎是使用者的一种类似选择,是否增加 MathLAB 的内容,有待下一版再做考虑[⊖]。
- 由于德州仪器公司已不再生产 TI-86 计算器,因此原来贯穿全书的 TI-86 计算器在新版本中被删除了,取而代之的是 TI-89 计算器。对 TI-89 的介绍能够帮助初学者尽快掌握操作方法。起初,为了完成某种运算可能需要花费较多的时间,例如,极坐标到直角坐标转换,或者计算行列式等。但是,经过一些例子的练习之后,使用者便会感觉过程非常简单,因而能够快速应用[⊖]。
- 重新安排了一些章节的内容,以便符合从易到难的顺序。为此,一些章节全部删除,取而代之的是新的例子;重新设计了表格,以便看上去更加易懂;扩展的一些推导步骤更有助于读者对教材内容的理解。
- 在过去,紧密围绕教材内容开发了实验说明。这次通过 Franz Monssen 教授的积极努力,又增加了 4 个新的实验,以便让读者有更多的选择。

新增内容

为了加强过程学习,本教材进行了全面的增补,它对使用这本书的学生和老师都适用。增补内容

⊖ 考虑到学生可以在其他专门的教材中学到更详细的使用方法,故在本翻译版中完全删掉了与 PSpice 和 Multisim 有关的内容。——译者注

⊖ 因计算器的使用不属于电路分析的主要内容,故在本翻译版中删掉了此内容。——译者注

包括：

学生资源

- 实验手册，ISBN 0-13-506014-1。
- 相应网站（学生学习的指导）为 www.pearsonhighered.com/boylestad 。

教师资源

为了在线获取补充的材料，教师需要申请一个教师登录代码。方法是，登录 www.pearsonhighered.com ，单击 Instructor Resources，再单击 Download Instructor Resources，最后请求 IRC 登录。申请 48 小时后，将收到一个用来确认的电子邮件，其中包括教师登录代码。一旦收到这个代码，打开这个网站并登录，便可以使用那里的全部资料，例如：

- 教师资源说明，包括文本形式的问题解答。
- PowerPoint 电子课件。
- TestGen，计算机化的试题库。

致谢

本书的每个版本都凝聚着学术界同仁为之成功而做出的重要贡献。我的好朋友 Louis Nashelsky 教授，在软件设计和打印输出方面花费了难以数计的时间，以确保结果的准确性和正确性。有着丰富经验的 Jerry Sitbon，一直致力于为我提供实用性很强的素材。我要十分感谢 Monssen 教授，他花了许多时间来更新实验手册的内容。

本书的每次修订都离不开精干的审校者，他们提出的建议与批评对确保教材质量十分重要。对于这个版本，我要特别感谢希尔斯布鲁社区大学（Hillsborough Community College）的 Tracy Barnes、贝和学院（Behrend College）的 Ron Krahe 和 Penn Sate Erie，以及皇后社区学院（Queensborough Community College）的 Peter Novak。

同时，我还要感谢以下公司及其员工对本书所做的支持，他们是：

德州仪器公司（Texas Instruments Inc.）的 Jim Donateli；惠普公司（Hewlett Packard Corp.）的 Nicole Gummow；爱迪生电力研究所（Edison Electric Institute）的 Erica Kaleda 和 Peggy Suggs；德州仪器公司（Texas Instruments Inc.）的 Cara Kugler、Sabari Raja，Terri C. Viana，Jo Walton；SolarDirect 公司的 Kirk A. Maust；Cadence Design Systems 公司的 Josh Moorev；EMA 设计自动化公司（EMA Design Automation, Inc.）的 Rosemary Moore 和 Greg Roberts；美国国家仪器公司（National Instruments Inc.）的 Shas Nautiyal、Mallory Thompson 和 Mark Walters；美国技术公司（American Technology Corp.）的 Robert Putnam；田村公司（Tamura Corp.）的 Barbara Shoop；尼普尔电子设备公司（Nippur Electronics）的 Tibor Toth；泰克公司（Tektronix Inc.）的 Debbie Van Velkinburgh。

最后，我要感谢 Peggy Kellar，她在手稿编辑和版面校样上花费了大量时间，从而确保了我的工作进度；感谢 Philip Koplin 在文字编辑过程中的努力；感谢 Kelly Barber 为编写求解手册所完成的大量工作。同时，诚挚地感谢我的编辑 Wyatt Morris 处理了所有事务性问题，从而保证了编写过程的顺利进行。我一直很幸运，我的好友 Rex Davidson 这些年作为编辑，始终能够使文字保持我所喜欢的风格。

⊖ 该网址为英文原书提供的网址，在国内可能无法直接下载，若需要下载相关教辅资源，请联系 Service.CN@Pearson.com，网址：www.pearsonhighered.com/educator。——编辑注

⊖ 同上。

目 录

出版者的话

译者序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 电气与电子工业	1
1.2 电气与电子发展简史	2
1.3 测量单位与单位制	5
1.4 计算机辅助分析	7
习题	7
词汇表	8
第 2 章 电压和电流	9
2.1 引言	9
2.2 原子及其结构	9
2.3 电压	11
2.4 电流	13
2.5 电压源	15
2.6 安时数	20
2.7 电池寿命因素	21
2.8 导体和绝缘体	22
2.9 半导体	23
2.10 安培计和伏特计	23
2.11 应用	24
习题	26
词汇表	28
第 3 章 电阻	29
3.1 引言	29
3.2 圆形截面导线的电阻	29
3.3 标准导线表	32
3.4 温度对电阻的影响	34
3.5 电阻器的类型	37
3.6 色环与标准电阻标称值	41
3.7 电导	44
3.8 欧姆表	45
3.9 公制下的电阻	46

3.10 忆阻器	46
3.11 超导体	48
3.12 热敏电阻	49
3.13 光敏电阻	50
3.14 压控电阻	50
3.15 应用	51
习题	54
词汇表	57
第 4 章 欧姆定律、功率和能量	58
4.1 引言	58
4.2 欧姆定律	58
4.3 绘制欧姆定律图	60
4.4 功率	62
4.5 电能	64
4.6 效率	66
4.7 断路器、漏电开关和熔断器	68
4.8 应用	69
习题	72
词汇表	75
第 5 章 串联直流电路	76
5.1 引言	76
5.2 电阻的串联	77
5.3 串联电路	78
5.4 串联电路的功率分配	82
5.5 电压源的串联	83
5.6 基尔霍夫电压定律	84
5.7 串联电路的分压定律	88
5.8 串联元件位置互换	91
5.9 表示电源和电压的符号	91
5.10 电压调整率和电压源内阻	95
5.11 安培计的负载效应	98
5.12 原型电路接插板	99
5.13 应用	100
习题	104
词汇表	112

第 6 章 并联直流电路	113	8.11 桥式电路	205
6.1 引言	113	8.12 星形联结和三角形联结的 等效变换	207
6.2 电阻的并联	113	8.13 应用	212
6.3 并联电路	119	习题	215
6.4 并联电路的功率分配	123	词汇表	223
6.5 基尔霍夫电流定律	125	第 9 章 网络定理	224
6.6 并联电路的分流定律	128	9.1 引言	224
6.7 电压源的并联	132	9.2 叠加定理	224
6.8 开路和短路	132	9.3 戴维南定理	229
6.9 伏特计的负载效应	136	9.4 诺顿定理	238
6.10 串联和并联对偶关系列表	138	9.5 最大功率传输定理	241
6.11 故障排查技术	139	9.6 弥尔曼定理	248
6.12 原型电路接插板	139	9.7 置换定理	251
6.13 应用	140	9.8 互易定理	251
习题	143	习题	252
词汇表	152	词汇表	258
第 7 章 串并联直流电路	153	第 10 章 电容	259
7.1 引言	153	10.1 引言	259
7.2 串并联网络	153	10.2 电场	259
7.3 化简和反推方法	154	10.3 电容	260
7.4 分块法	156	10.4 电容器	264
7.5 举例练习	159	10.5 RC 电路的瞬态响应: 充电过程	271
7.6 梯形网络	165	10.6 RC 电路的瞬态响应: 放电过程	277
7.7 分压器的空载和有载	166	10.7 初始值和稳态值对瞬态 过程的影响	281
7.8 有载电位器	168	10.8 瞬态响应与时间的相互 计算	283
7.9 安培计、伏特计和欧姆表的 设计	170	10.9 用戴维南等效电路分析 RC 瞬态响应	284
7.10 应用	173	10.10 电容电流	286
习题	175	10.11 电容的串联和并联	288
词汇表	182	10.12 电容储存的能量	290
第 8 章 直流电路分析方法	183	10.13 杂散电容	291
8.1 引言	183	10.14 应用	291
8.2 电流源	183	习题	296
8.3 电源的等效变换	185	词汇表	301
8.4 电流源的并联	186	第 11 章 电感	302
8.5 电流源的串联	188	11.1 引言	302
8.6 支路电流分析法	188		
8.7 网孔分析法 (一般方法)	191		
8.8 网孔分析法 (格式化方法)	195		
8.9 节点分析法 (一般方法)	197		
8.10 节点分析法 (格式化方法)	202		

11.2	磁场	302	13.4	正弦波形	361
11.3	电感值	306	13.5	正弦波形的数学表示	365
11.4	感应电压	312	13.6	正弦波形的相位关系	367
11.5	RL 电路的瞬态响应: 储能过程	314	13.7	周期量的平均值	371
11.6	初始值和稳态值对瞬态 过程的影响	316	13.8	周期量的有效值	377
11.7	RL 电路的瞬态响应: 能量释放过程	318	13.9	各种交流电表	381
11.8	利用戴维南等效电路求 时间常数	320	13.10	应用	383
11.9	瞬态响应与时间的相互 计算	322	习题	385	
11.10	感应电压的平均值	323	词汇表	390	
11.11	电感的串联和并联	324	第 14 章 正弦电路的元件和 相量	391	
11.12	稳态值的计算	325	14.1	引言	391
11.13	电感储存的能量	326	14.2	导数的复习	391
11.14	应用	327	14.3	RLC 元件对正弦电压、 电流的响应	392
习题	329	14.4	RLC 元件阻抗的频率响应	398	
词汇表	335	14.5	平均功率与功率因数	403	
第 12 章 磁路	336	14.6	正弦量的相量表示	407	
12.1	引言	336	习题	411	
12.2	磁场	336	词汇表	414	
12.3	磁阻	337	第 15 章 串联与并联正弦电路	415	
12.4	磁路的欧姆定律	337	15.1	引言	415
12.5	磁场强度	337	15.2	阻抗与相量图	415
12.6	磁滞现象	339	15.3	阻抗的串联	420
12.7	安培环路定律	341	15.4	阻抗串联分压	425
12.8	磁通	342	15.5	串联电路的频率响应	427
12.9	对串联磁路求磁动势	342	15.6	串联正弦交流电路小结	433
12.10	带有空气隙的磁路	345	15.7	导纳和电纳	433
12.11	串并联磁路	347	15.8	并联正弦交流电路	437
12.12	已知磁动势求磁通	348	15.9	阻抗并联分流	442
12.13	应用	350	15.10	并联电路的频率响应	443
习题	353	15.11	并联正弦交流电路小结	447	
词汇表	355	15.12	串联与并联的等效电路	447	
第 13 章 正弦交流波形	356	15.13	相位差的测量	451	
13.1	引言	356	15.14	应用	454
13.2	正弦交流电压的特性 和定义	356	习题	457	
13.3	电磁频谱	359	词汇表	464	
			第 16 章 串并联正弦电路	465	
			16.1	引言	465
			16.2	分析举例	465
			16.3	梯形网络	471

16.4	接地问题	472	20.3	品质因数	555
16.5	应用	474	20.4	Z_T 随频率的变化	557
	习题	476	20.5	选择性	558
	词汇表	478	20.6	电压与频率的关系	560
第 17 章	正弦电路分析方法及		20.7	串联谐振例题	561
	相关专题	479	20.8	并联谐振电路	563
17.1	引言	479	20.9	并联谐振电路的选择性	565
17.2	独立电源与受控电源	479	20.10	高品质因数对谐振的影响	567
17.3	电源等效变换	480	20.11	总结列表	570
17.4	网孔分析法	482	20.12	并联谐振例题	571
17.5	节点分析法	486	20.13	应用	575
17.6	正弦交流电桥	491		习题	578
17.7	Δ -Y 和 Y- Δ 变换	495		词汇表	581
	习题	498	第 21 章	分贝、滤波器和	
	词汇表	503		伯德图	582
第 18 章	正弦电路的网络定理	504	21.1	引言	582
18.1	引言	504	21.2	分贝	582
18.2	叠加定理	504	21.3	滤波器	586
18.3	戴维南定理	509	21.4	RC 低通滤波器	587
18.4	诺顿定理	518	21.5	RC 高通滤波器	591
18.5	最大功率传输定理	523	21.6	带通滤波器	593
18.6	替代定理、互易定理和		21.7	带阻滤波器	597
	弥尔曼定理	526	21.8	双调谐滤波器	598
	习题	526	21.9	伯德图	599
第 19 章	正弦电路的功率	531	21.10	伯德图的绘制	604
19.1	引言	531	21.11	具有有限衰减特性的低通	
19.2	一般性描述	531		滤波器	608
19.3	纯电阻电路	532	21.12	具有有限衰减特性的高通	
19.4	视在功率	533		滤波器	610
19.5	纯电感电路和无功功率	534	21.13	伯德图的其他特性	613
19.6	纯电容电路	537	21.14	交叉式分频网络	618
19.7	功率三角形	538	21.15	应用	620
19.8	总的 P 、 Q 和 S	540		习题	621
19.9	功率因数校正	543		词汇表	627
19.10	数字式功率表	546	第 22 章	变压器	628
19.11	有效电阻	546	22.1	引言	628
	习题	549	22.2	互感	628
	词汇表	552	22.3	铁心变压器	630
第 20 章	谐振电路	553	22.4	反射阻抗和功率	633
20.1	引言	553	22.5	阻抗匹配、隔离及位移	
20.2	串联谐振电路	554		测量	635

22.6	铁心变压器的等效电路	638	第 24 章	脉冲波形和 RC 电路	
22.7	变压器的频率特性	640		的响应	681
22.8	耦合线圈的串联	641	24.1	引言	681
22.9	空心变压器	644	24.2	理想脉冲与实际脉冲	681
22.10	变压器的铭牌数据	645	24.3	脉冲重复频率和占空比	684
22.11	变压器的类型	646	24.4	脉冲波形的平均值	685
22.12	带有抽头和接有多负载的 变压器	648	24.5	RC 电路的瞬态响应	686
22.13	含耦合线圈电路的网孔 分析	649	24.6	方波脉冲作用下的 RC 电路瞬态响应	688
22.14	应用	650	24.7	示波器衰减器和探头补偿	692
	习题	651	24.8	应用	693
	词汇表	654		习题	695
第 23 章	多相电路	655		词汇表	697
23.1	引言	655	第 25 章	非正弦电路	698
23.2	三相发电机	656	25.1	引言	698
23.3	Y 联结的发电机	657	25.2	傅里叶级数	698
23.4	Y 联结发电机的相序	658	25.3	非正弦电压作用下电路的 响应	704
23.5	Y-Y 联结的三相系统	659		习题	709
23.6	Y- Δ 联结的三相系统	661		词汇表	711
23.7	Δ 联结的发电机	663	第 26 章	系统端口分析简介	712
23.8	Δ 联结发电机的相序	664	26.1	引言	712
23.9	Δ - Δ 联结和 Δ -Y 联结的 三相系统	664	26.2	输入阻抗和输出阻抗	714
23.10	三相电路的功率	666	26.3	空载与有载电压增益	717
23.11	三瓦特计法测量三相 电路功率	669	26.4	电流增益及功率增益	719
23.12	二瓦特计法测量三相 电路功率	670	26.5	二端口网络的级联	722
23.13	不对称三相四线 Y 联结 负载	672	26.6	阻抗参数	724
23.14	不对称三相三线 Y 联结 负载	673	26.7	导纳参数	728
	习题	675	26.8	混合参数	730
	词汇表	680	26.9	用网络参数描述输入和 输出阻抗	733
			26.10	参数间的相互转换	734
				习题	735
				词汇表	738
			附录	部分奇数编号习题答案	739

本章目标

- 了解电气和电子工业的历史和快速发展概况。
- 掌握测量单位的使用，理解被代入方程的数值与方程中其他量单位相匹配的重要性。
- 熟悉在电气和电子工业中广泛使用的国际单位制(SI)。
- 能够熟练地进行不同单位制之间的单位换算。

1.1 电气与电子工业

在过去的几十年里，各种电气和电子技术几乎按指数规律发展变化着。开发新产品、改进现有产品，以及开辟新兴市场等，又加速了这种变化，使得电气和电子技术变得异常活跃和令人兴奋：新的信息存储方式和集成电路制造方法日新月异，开发基于输入数据可进行“思考”并且包含软件的硬件也有了一定的进展。

技术变化总是推动人类进步的重要因素。就在几年以前，平板电视刚刚兴起，转眼高清电视就登场了。高清电视的图像如此清晰逼真，看上去几乎是立体的现场，使得这些平板电视黯然失色。

电子系统的快速发展得益于微型化技术。最初像笔记本那样大小的移动电话，现在比扑克牌盒还要小。而且，这些新的移动电话还能够记录视频、传输照片、发送文本消息，并且兼有日历、备忘录、计算器、游戏、常用电话号码等功能。由于电子系统体积的显著减小，一系列新产品或改进产品不断问世，例如，可以装在口袋里的 iPod，一个 iPod 能够存储 30000 首歌曲或 25000 幅照片，它取代了播放磁带的手提式录放机；几乎完全隐藏在耳蜗内的较大功率助听器；仅有 1in(英寸)屏幕的电视机等。

电子系统的微型化源于 1958 年集成电路(IC)的发明。现在的集成电路工艺可以小于 50nm。由于需要在纳米尺度上进行测量，所以导致了纳米技术的诞生和发展。参照集成电路的产品命名惯例，这种芯片便称为纳米芯片。为了理解纳米尺度，在 1in 范围画 100 条等间距平行线，接着在该范围内试着画出 1000 条等间距平行线。50nm 相当于在 1in 长度内均匀画出 500000 条平行线后的线间距离。图 1.1 所示的集成电路就是 Intel® Core 2 Extreme 四核处理器，它的每对双核处理器大约含有 2.91 亿个晶体管。因此，一个四核处理器大约有 6 亿个晶体管，而封装后尺寸仅相当于三枚邮票的大小，真是难以置信！

然而，在对电子系统进行微型化之前，必须对系统进行设计和验证，以确保能够按集成电路模式构建。在电子设计中没有理想器件，设计过程要求工程师必须考虑每一个器件固有特性和工作条件的局限性，确保它们在正常温度和振动等环境下能可靠地工作，为此必须从理解器件的基本特性入手，这些都涵盖在本书中。本书的目的之一就是阐述理想器件如何工作，以及它们在电网络中的功能；另一目的就是阐述在什么条件下这些器件变得不再理想。

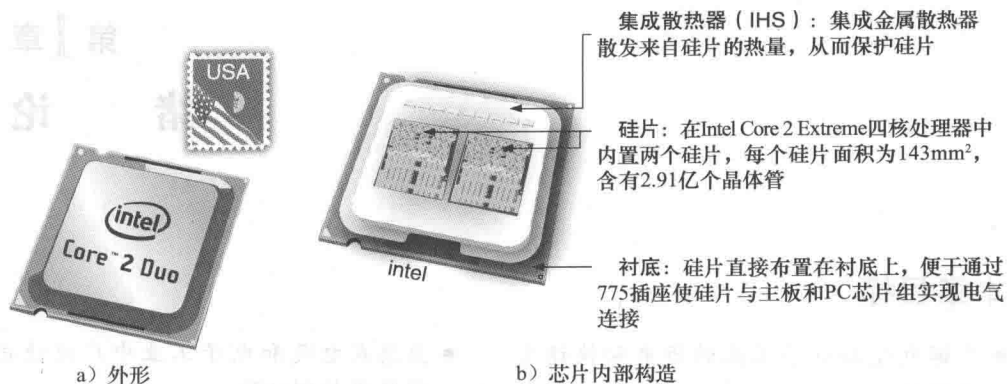


图 1.1 Intel Core 2 Extreme 四核处理器

在学习电气和电子电路的过程中, 一旦清楚地理解了一个概念或一种方法, 一旦掌握了某个定律或公式, 无论工业发展到何种水平, 都不会因电气系统变得更加先进和复杂而被另一个公式所取代。例如, 本书首先介绍的欧姆定律, 它描述了电压、电流与元件参数之间的关系。无论电路变得多么复杂, 这个关系总是正确的。事实上, 它只是在系统设计中以某种形式被应用的一个公式。基本定律的用途可能因电路功能的不同而发生变化, 但基本定律本身不会改变, 总是适用的。

电路分析方法的学习过程是循序渐进的, 前几章为后续各章奠定必要的基础。如果不能正确理解开篇几章的内容, 必将增加学习后续各章的难度。第1章简单地介绍了电气和电子的发展历史, 随后又概要性地介绍一些理解电路分析必须掌握的数学内容。

1.2 电气与电子发展简史

在科学上, 一旦一个假说被人们证实和接受, 它就会变成它所在的研究领域的一种积木块。通过积木效应, 它又会给这个领域带来新的探索内容, 并展示新的发展机遇。从自然规律上看, 遇到的难题越多, 通往解答的林荫大道就越敞亮。历史已经证明并且还在证明, 单一领域的发展可能会导致“蘑菇效应”[⊖], 这种效应会给人们带来需要理解和掌握的新的科学问题, 自然也会给人类发展带来新的冲击力。

在学习电路分析之初, 能够唤起学习兴趣的最好方法就是阅读一下记载电气和电子领域发展历史的出版物。阅读内容是相当广泛的, 但本书在这里只限于简单回顾。虽然是简述, 但仍然涉及了许多有突出贡献的科学家与发明家, 他们的毕生努力对解释那些极为重要的概念与现象提供了关键的答案。

综观历史, 根据人们对电气和电子兴趣的关注点和专门技术的发展情况, 电气和电子的发展历程可以划分成不同的阶段。例如, 在1700~1800年之间, 各种发明、发现, 以及相关理论到来得非常迅猛。每一个新的概念都开辟了可能的应用领域, 并且它对该领域的促进作用一直持续到出现其他挑战技术, 直至被取而代之为止。在绪论中无线电、电视机和计算机的发展就是这样。在电报、电话、发电、摄影、电器等方面, 情况也是如此。

当阅读伟大的科学家、发明家的事迹时, 往往存在一种片面的定势, 认为他们的贡献完全是个人努力的结果。然而, 在许多事件中情况并非如此。事实上, 许多伟大的科学家都有诸多的朋友或合作者, 这些朋友或合作者在他们探索各种科学奥秘的过程中, 为其提供支持或鼓励。阅读时, 要特别注意在快速发展时期, 一些事件的日期非常靠近。此外,

⊖ mushrooming effect. 蘑菇长在阴暗的角落, 得不到阳光, 也没有肥料, 自生自灭。只有长到足够高时才会被人关注, 可此时它自己已经能够接受阳光了。这种现象称之为“蘑菇效应”。——译者注

某位科学家的卓越贡献能够带动其他科学家一道努力，解决关键问题。

在电气电子技术发展的初期阶段，科学家们没有电气、电子或计算机领域之分，不像今天分得这样清楚。在许多场合，他们可能是物理学家、化学家、数学家，甚至是哲学家，或同时兼属若干学科的科学家的科学家。此外，他们所属国籍众多，并不限于一两个国家。为表示敬仰，在后续章节中专门介绍科学家时，特意提到了他们的国籍，简要说明了每一位科学家的贡献对发现电路基本规律所产生的深远影响。

随着对本书后续各章的学习，你会发现一些物理量的计量单位大都是用该领域的科学家的名字命名的。例如，伏特(Count Alessandro Volta, Volta 用做电压的单位，记做 V)、安培(André Ampère, Ampère 用做电流的单位，记做 A)、欧姆(Georg Ohm, Ohm 用做电阻的单位，记做 Ω)等，这是为了表示对他们的赞誉和敬仰，因为他们的贡献导致了不同研究领域的诞生。

图 1.2 是少数主要成就的时序图，主要是为了说明快速发展的特殊时期，并显示了在过去的几十年里，电气、电子技术向前迈进得多么迅速。但从本质上讲，现在的技术水平离不开 250 年前人们所做出的努力。但发展速度最快的还属最近 100 年，这期间的发展速度几乎是呈指数规律的。

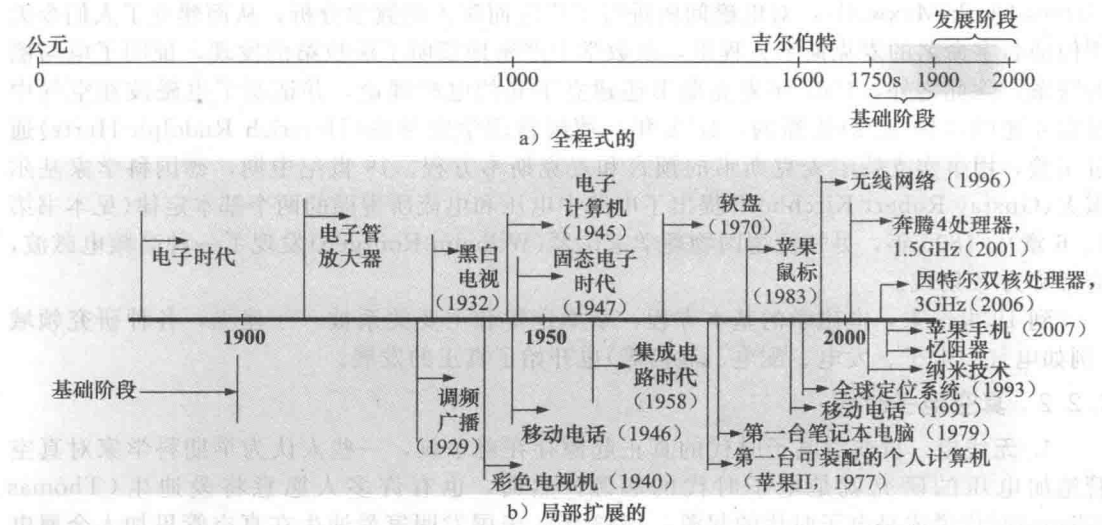


图 1.2 电学发展的时间图

在你阅读下面概述内容时，要努力使自己感受到对这一领域的兴趣与热情在不断增长，而这些兴趣与热情不应是肤浅的，必须能够带来新的启示。在阅读时尽管你会暂时遇到一些陌生的术语，但也不要心存畏惧，在后续各章中会详细解释这些术语。

1.2.1 电磁之初

静电现象在历史上曾激起了人们的兴趣。希腊人发现某些琥珀能够用来证明静电现象的存在，但直到英国女王的侍医官吉尔伯特(William Gilbert)于 1600 年对静电开展进一步研究之前，希腊人没有对这一现象进行专门研究。在后来的岁月里，才有许多人对静电开展持续研究，成果不断。例如格里克(Otto von Guericke)发明了第一个能产生大量电荷的机器；格雷(Stephen Gray)能够使电荷沿着真丝线传输很远；杜菲(Charles DuFay)证明了电荷之间或者相斥、或者相吸，由此他认为电荷有两种类型，即我们今天所说的正电荷与负电荷。

许多人认为电气时代真正开始于穆申布鲁克(Pieter van Musschenbroek)和富兰克林(Benjamin Franklin)。1745 年，穆申布鲁克发明了能够储存电荷的莱顿瓶(第一个电容