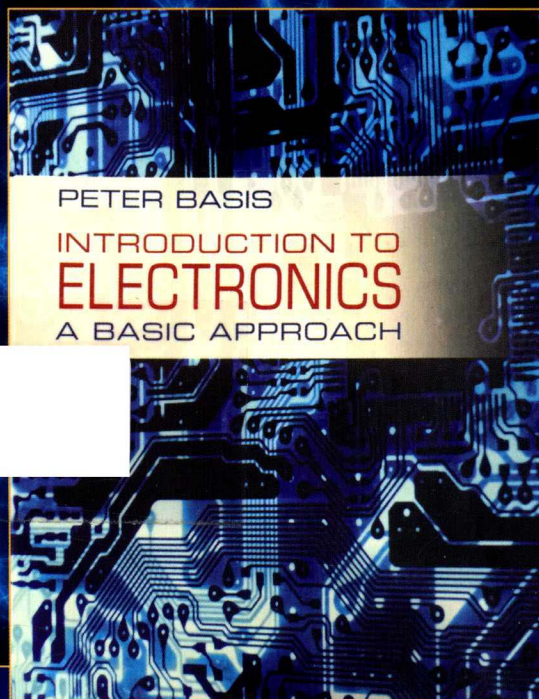


PEARSON

电路原理

[美] 皮特·巴锡 (Peter Basis) 著
苏育挺 宫霄霖 于洁潇 等译

*Introduction to
Electronics
A Basic Approach*



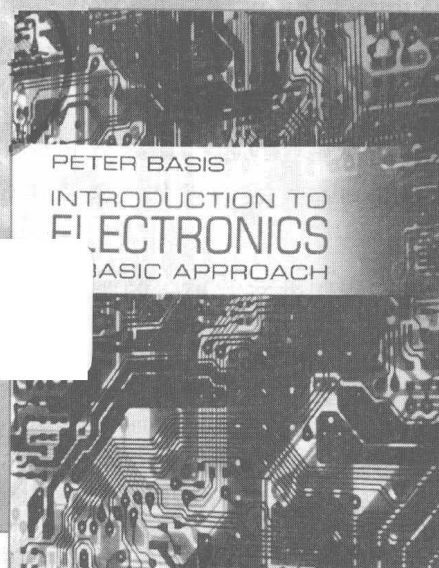
机械工业出版社
China Machine Press

电路原理

[美] 皮特·巴锡 (Peter Basis) 著

苏育挺 宫霄霖 于洁潇 等译

*Introduction
to Electronics
A Basic Approach*



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目(CIP)数据

电路原理 / (美) 巴锡 (Basis, P.) 著; 苏育挺等译. —北京: 机械工业出版社, 2015.9
(国外电子与电气工程技术丛书)

书名原文: Introduction to Electronics: A Basic Approach

ISBN 978-7-111-51339-1

I. 电… II. ①巴… ②苏… III. 电路理论 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 207633 号

本书版权登记号: 图字: 01-2013-7577

Authorized translation from the English language edition, entitled Introduction to Electronics: A Basic Approach, 1E, 978-0-13-277022-4 by Peter Basis, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2014.

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 © 2016.

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、澳门特别行政区) 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, 主要包括基本电路变量、欧姆定律与功率、串联与并联电路、电源、基本测量仪器、网络定理、电容、电感、半导体基础知识、交流电波形、串并联交流电路、交流功率、交流电路的网络定理、滤波器和波特图、谐振、变压器、非正弦波形、电线与电缆、故障与诊断等内容。

本书可作为高等院校电气类、电子信息类及自动化类专业的“电路基础”和“电路分析”教材或教学参考书, 也可供相关专业的师生和工程技术人员参考。

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: 王 颖

责任校对: 殷 虹

印 刷: 北京诚信伟业印刷有限公司

版 次: 2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm×260mm 1/16

印 张: 20.25

书 号: ISBN 978-7-111-51339-1

定 价: 75.00 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: hzsj@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

文艺复兴以来,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,不仅擘划了研究的范畴,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、Dikshitulu 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多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: hzjsj@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



华章科技图书出版中心

译者序

本书以电路知识和电路分析方法为主体，辅以典型例题和 Multisim 教学软件仿真，是一本侧重于电路基本理论和基本方法的优秀教材。

全书分为直流电路和交流电路两部分，涵盖大学工科电类本科生所应掌握的基本电路知识。本书内容清晰明了、编排与体系结构合理，宜教宜学。

与国内外已有类似教材相比，该书覆盖范围广泛，同时内容简明扼要，没有过多的复杂定理推导和证明，所选例题和习题难易程度适中。另外，本书将课程内容、计算机辅助设计（CAD）和分析工具紧密联系在一起，在重要章节引入了基于 Multisim 教学软件的实现，实现了理论与实际的结合。因此，该书特别适合作为国内高等职业技术学院电气工程类以及电子信息类专业的电工及电子学教材。

本书编排美观、公式清晰、图表准确、内容精炼、篇幅适中，是一本非常适合读者自学的教材。

天津大学电子信息工程系“电路分析”课程组的宫霄霖、张承乾、王建、于洁潇、马永涛等老师参与了该书的翻译工作，由苏育挺教授审阅全书。

本书译稿虽经多次审阅和修正，但难免有不妥和疏漏之处，恳请广大读者不吝指正。

苏育挺

本书旨在帮助读者轻松地掌握电路理论。我写这本书的原因就是目前电路分析领域的一些权威书籍的表述太过复杂晦涩，市面上没有一本书能用简单易懂的方式把电路原理讲清楚。本书是一本电路知识入门教材，使用了网站 www.esyst.org 中概述的系统方法。它可以用于工科学校、职业学校以及两年制的大学授课中。eSyst 从系统角度强调了电子技术教育所需要的内容。

本书特色如下。

- 简洁明了的主题。
- 每道例题都包含需要读者去完成的练习。
- 每一章结尾都有本章小结、重要公式、自测题、简答题。
- 一些章节中包含 Multisim 仿真。
- 附录包括 Multisim 仿真、示波器以及函数发生器（均使用 Tektronix 公司产品）的使用方法，以及自测题、练习以及每章结尾的习题的答案。

本书内容安排如下。

第 0 章概述电子行业的各种职业。

第 1 章指出历史上电子工程行业的发展情况以及知名人物，同时定义了系统。

第 2 章介绍库仑定律，并介绍电流、电压以及电阻。

第 3 章介绍欧姆定律、功率、能量及效率。

第 4 章介绍基尔霍夫电流和电压定律、串联电路与并联电路的求解方法及复杂电路的实例。

第 5 章完整地介绍电源。

第 6 章给出一个复杂电路的实例。

第 7 章完整地介绍模拟仪表的基本构造。

第 8 章介绍线性系统和叠加定理、戴维南定理、最大功率传输以及直流负载线。

第 9 章介绍直流电路电容充电或放电过程中，已知初始条件和最终状态，电容暂态响应的公式。

第 10 章同样介绍直流电路中电感储存能量和能量衰减的暂态响应公式。

第 11 章介绍半导体理论，包括半导体理论、二极管、晶体管以及晶体管偏置的基础知识。

第 12 章简要说明复数和复数代数运算。

第 13 章给出串联和并联电路的求解方法，还介绍等效电路。

第 14 章介绍串并联电路和 Δ -Y 变换。

第 15 章介绍平均功率、无功功率和视在功率。

第 16 章介绍交流电路的叠加定理、戴维南定理和最大功率传输定理。

第 17 章通过角频率 ω 给出低通和高通 RC 和 RL 滤波器，包括波特图。

第 18 章介绍理想和实际电路以及近似电路。

第 19 章介绍电压、电流以及阻抗变换。

第 20 章为使非正弦波的内容更容易掌握，利用一个较简单的方法，避开复杂的积分

运算而采用“诀窍”的形式，更便于读者理解。

第 21 章介绍不同类型的电线和电缆以及它们的特性。

第 22 章介绍直流电路和交流电路的故障排除方法。

配套资源^①

本书的实验手册由 Massimo Mitolo 和 Fabio Freschi 编写，ISBN: 0132954788。

- TestGen (计算机化测试库): 测试习题的电子库可以用于开发定制的测验、测试等。
- 在线幻灯片演示文稿。
- 在线教师资源手册。

为获得配套资源，教师需要先获取教师访问码。在 www.pearsonhighered.com/ire 注册即可获得教师访问码。注册后 48 小时之内，你将会收到一封确认的电子邮件，其中包含教师访问码。一旦收到了访问码，就可登录网站并下载所需材料。

致谢

首先，感谢妻子 Jenny Hantzios Basis 的耐心和对手稿的帮助，感谢女儿 Helen Basis 理解我在这本书上所花费的时间，感谢我好朋友 Henry Kiel 和 Massino Mitolo 博士的帮助和支持。还要感谢 Code Blue 的 Daniel Mabrito 和 John Borgia。最后一点同样很重要，感谢建议我写这本书的老朋友和同事 George Paulos。

感谢 Pearson 教育出版团队给予我写本书的机会。特别感谢在 Pearson 工作的 Wyatt Morris、Daniel Trudden、Lindsey Gill (Prudhomme) 以及 Rex Davidson，还要感谢 Peggy Kellar 和 Marianne L'Abbate。这本书的成功出版离不开这些人的努力。

① 关于本书教辅资源，用书教师可向培生教育出版集团北京代表处申请，电话：010-57355169/57355171，电子邮件：service.cn@pearson.com。——编辑注

目 录

出版者的话
译者序
前言

第 0 章 电子行业及相关职业简介	1
0.1 电子行业概况	1
0.2 工作和职业	1
第 1 章 引言	3
1.1 历史背景	3
1.2 国际标准单位制	4
1.3 科学计数法与工程符号	5
1.4 系统的定义	7
第 2 章 基本电量	9
2.1 电荷和库仑定律	9
2.2 原子结构	10
2.3 电流	12
2.4 电压	13
2.5 导体、绝缘体、半导体	14
2.6 电阻	14
2.7 导线的电阻	15
2.8 电阻色码	16
2.9 电导	18
2.10 基本的电路测量	18
第 3 章 欧姆定律和功率	22
3.1 欧姆定律	22
3.2 分压器和变阻器	24
3.3 功率	24
3.4 能量	25
3.5 效率	26
第 4 章 串联和并联电路	30
4.1 定义	30
4.2 基尔霍夫电压定律	30
4.3 基尔霍夫电流定律	32
4.4 理想电压源	33
4.5 理想电流源	34
4.6 串联电路	34
4.7 并联电路	38

4.8 实例	42
4.9 Multisim 仿真	45
第 5 章 关于电源的更多内容	52
5.1 电源等效	52
5.2 理想电源的串联和并联	53
5.3 实际电源	54
5.4 电压调整率	56
第 6 章 串并联电路	59
6.1 串并联电路	59
6.2 惠斯通电桥	60
6.3 电气主接线图	61
6.4 应用实例	61
6.5 Multisim 仿真	63
第 7 章 基本测量仪的构造	67
7.1 安培表	67
7.2 伏特表	68
7.3 欧姆表	70
7.4 瓦特表	70
第 8 章 网络定理	72
8.1 线性定理	72
8.2 叠加定理	73
8.3 戴维南定理	77
8.4 最大功率传输定理	80
8.5 直流负载线	82
8.6 Multisim 仿真	82
第 9 章 电容器	89
9.1 电容	89
9.2 电容器的串联和并联	91
9.3 电压限制条件	93
9.4 初值和终值	93
9.5 时间常数	95
9.6 电容器的暂态	96
9.7 电容器中储存的能量	102
9.8 Multisim 仿真	102
第 10 章 电感器	108
10.1 磁场	108
10.2 电感	109

10.3	电感器的串联和并联	110	15.4	功率三角形和复功率	187
10.4	电流限制条件	110	15.5	总平均功率 P 、无功功率 Q 和 视在功率 S	189
10.5	初值和终值	110	15.6	功率因数校正	190
10.6	时间常数	112	第 16 章	交流电路的网络定理	193
10.7	电感器的暂态	113	16.1	叠加原理	193
10.8	电感器中存储的能量	118	16.2	戴维南定理	194
10.9	Multisim 仿真	118	16.3	最大功率传输定理	196
第 11 章	半导体基础知识	123	16.4	Multisim 仿真	197
11.1	半导体理论	123	第 17 章	滤波器和波特图	203
11.2	二极管	125	17.1	RC 滤波器	203
11.3	整流器	127	17.2	RL 滤波器	208
11.4	特殊二极管	129	17.3	波特图	211
11.5	电源基础	129	17.4	Multisim 仿真	217
11.6	双极结型晶体管介绍	130	第 18 章	谐振	225
11.7	实际例子	131	18.1	串联谐振	225
11.8	Multisim 仿真	133	18.2	并联谐振	229
第 12 章	交流电波形: 基本参量	138	18.3	Multisim 仿真	234
12.1	基本定义	138	第 19 章	变压器	241
12.2	相位关系	140	19.1	互感	241
12.3	平均值	143	19.2	各种变换	242
12.4	方均根值或有效值	145	19.3	变压器的应用	244
12.5	复数	147	第 20 章	非正弦波形	248
12.6	复数代数	150	20.1	傅里叶级数	248
12.7	相量	151	20.2	输入为非正弦波的电路分析	252
12.8	R 、 L 和 C 在电路中的作用	152	20.3	Multisim 仿真	253
第 13 章	串联和并联交流电路	161	第 21 章	电线和电缆	258
13.1	阻抗	161	21.1	电线的种类和规格	258
13.2	交流电源及其等效	162	21.2	电缆的种类	259
13.3	受控源	164	第 22 章	故障诊断	263
13.4	串联电路	164	22.1	故障诊断的步骤	263
13.5	导纳	166	22.2	直流/交流电路的故障诊断 方法	263
13.6	并联电路	167	附录 A	最大功率传输定理的推导	267
13.7	等效电路	169	附录 B	Multisim 仿真程序	268
13.8	Multisim 仿真	170	附录 C	示波器的 XYZ 轴轨迹	279
第 14 章	交流电路串并联	175	附录 D	函数发生器的 XYZ 轴 轨迹	291
14.1	串并联电路	175	附录 E	练习答案	300
14.2	三角形和星形变换	177	附录 F	自测题答案	305
14.3	Multisim 仿真	179	附录 G	习题答案	307
第 15 章	交流功率	183			
15.1	平均功率和功率因数	183			
15.2	无功功率	184			
15.3	视在功率	187			

电子行业及相关职业简介

0.1 电子行业概况

19 世纪开始的发电, 这推动了种类繁多的基于电的发明创造。这些发明就是 20 世纪早期出现的电子行业的开端。电子行业由涉及电子产品和元件的制造、设计、开发、组装和维修服务的各种行业组成。迄今为止, 世界电子行业产值已达数十亿美元。

现代社会大量使用多种电子设备, 这些设备由电子行业下的自动化工厂制造。工业电子学是应用电子和电气科学来改进工业和制造工艺的学科。消费性电子产品是指那些日常使用的电子设备, 其主要功能是娱乐、通信和提高办公效率。

随着生活和工作变得越来越自动化, 电子行业要与时俱进以满足这种需求。这就需要寻求更高效、创新的方式来使电子技术融入我们的日常生活。

电子行业的产品包括电子计算机、通信设备、医药设备、控制系统、工业自动化设备、电子装备和器件以及农业、交通运输、安保、防御和导航方面的设备。这些领域的设备应用于我们生活的各个方面。

电子行业当前雇用了大量人力, 例如工程师、技术专家和技术人员等。这些工作者大多专门研究一种或几种电子系统。这些专业化知识的公共领域有通信电子学、电信、计算机/数字电子技术、工业电子学、航空电子学和生物医学电子学等。

通信电子学包括旨在传输或接收信息的通信系统。常见的通信系统包括调幅(AM)或调频(FM)发射机与接收机、广播和有线电视的发射机、接收机及收发器。

电信是在通信中处理声音、数据和视频信息发送与接收问题的特定领域。最广为人知的一种电信系统是因特网。电话线路、卫星连接、电缆和光纤是用来提供电信终端之间通信的工具。

计算机/数字电子系统用来存储和处理信息。常见的计算机系统有个人计算机、文字处理机、打印机和主机。

工业电子学涉及工业和制造业环境中所用的系统设计。工业电路的常见例子有控制电路、机器人系统和电动机控制系统。

航空电子学(其英文名称 avionics 是由单词 aviation 和 electronics 组合而成)专门研究航空飞行器、航天器、导弹通信和导航系统、飞机和天气雷达系统以及机载仪器和数据系统。

生物医学电子学专门研究用于诊断、检查和测试医学问题的电子系统, 如心电图仪(EKG)、X 光机、激光手术系统和诊断跑步机。

0.2 工作和职业

电子行业雇用了各种训练有素的专业人员; 主要的技术职责由电子工程师、技术专家和技术人员来承担。他们专门研究电子系统的常见类型, 作为一个团队协作解决问题并实施解决方案。工程师使用理论和设计来开发产品和系统。这些设计之后交付技术专家, 由他们将概念转化成产品。然后技术人员测试设备以确保其结构完整性并按照设计规范运作。每个团队成员的参与程度随项目而变化。

电子工程师

电子工程师设计电子系统、设备、元器件和电路。他们开发电子技术的新应用，协助技术人员解决技术问题，并监督产品样机的制造和测试。

工程技术人员

工程技术人员协助电子系统、设备、元器件和电路的设计、开发和生产工作。他们在工程师的监督下，使用所提供的规格来制造、测试、维修、排除故障、维护和检查这些电子系统、设备、元器件和电路。他们同时监督电子技术人员的工作。

电子技术人员

电子技术人员负责安装新系统并协助进行操作测试。他们排除电子系统、设备、元器件和电路的故障，并具体负责电路的保养与维修。

航空电子技术人员

航空电子技术人员负责对用于导航、通信、飞行器控制以及航空器和航天器上其他功能的设备进行安装、测试、修理、故障排除和保养工作。基本上，他们负责修理和维护供给航空飞行器动力的技术，是地面航空团队的主要组成部分。

计算机和办公机器售后服务人员

计算机和办公机器维修服务人员负责对应用于工业、航空、医疗设施和许多其他商业领域的计算机及其外部设备、办公机器和专业电子设备进行安装、测试、排除故障以及维护。

生物医学设备技术服务人员

生物医学设备技术服务人员根据医学标准指导原则负责设计、安装、检查、维护、修理、校准和修改生物医学设备并对系统的运行提供技术支持。他们经常工作于医院、诊所、私人部门和军队。

电子设备售后服务人员

电子设备售后服务人员的主要职责是安装、维修、排除故障和维护家庭娱乐设备，如电视、DVD 和 CD 播放器、视频设备以及录音机。他们的服务也可以延伸到家庭安保系统、卫星电视和家庭影院系统。

电器售后服务人员

电器售后服务人员的职责是电器和燃气器具的安装、维修、排除故障以及维护其正常工作，如洗衣机、烘干机、冰箱以及相关范畴。一些维修人员专攻某一类型的电器，而另一些则从事各种用于家庭和商业设施中的电器的维修工作。

第1章 引言

本章将介绍与一些电气工程密切相关的著名事件。但本章不准备详细介绍近几个世纪以来发生的事件和发现。此外，本章还介绍与国际单位制(SI)、科学和工程学符号相关的内容。

1.1 历史背景

琥珀，这种清澈的黄褐色古松树化石树脂，早期曾被用作珠宝和装饰。人们发现将琥珀与羊毛摩擦后，琥珀可以吸引细小纸片和线头。这种现象称为静电引力(electrostatic attraction)。琥珀在希腊语中称为电子(electron)，因此从这个词衍生出了导电的(electric)和电(electricity)等词。

我们知道被地球自然磁化的铁氧化物可以吸引铁，比如天然磁石或者磁铁矿。反过来铁也显示出相同的吸引力。由于这种矿物采自希腊的氧化镁之乡塞萨利，因此磁铁的名字(在希腊是 magnitis)来源于该省和该省居民的名称。

希腊人首先解释了琥珀和磁石相互吸引的本质。大约在公元前 600 年，“米利都派”的哲学家泰勒斯认为这些物质是有“灵魂”的。我们现在知道琥珀里有静电引力，磁石里有磁力(magnetic attraction)。从泰勒斯的简单解释到开始针对这两种现象的认真研究，这期间经历了将近 2200 年的时间。

下面按时间顺序介绍一些重要的事件、发现以及在电力工程领域的代表性人物。为了表彰这些人物的卓越贡献，他们中部分人的名字或经稍微修改被命名为电气单位。

- 1600 威廉·吉尔伯特(1544—1603)在《Des Magnete》上发表了所有有关磁学的内容，他认为地球是一块磁体。他发现磁石在加热时会失去磁性，在冷却后又恢复磁性。他还发现其他物质在摩擦时与琥珀有一样的表现。
- 1746 本杰明·富兰克林(1706—1790)讨论了正负电荷。他提出了电流方向的概念，认为电流方向对应正电荷的运动。我们现在知道电流是由于负电荷——电子的运动形成的。
- 1785 查尔斯·奥古斯丁·库仑(1736—1806)发现了电荷定律。电荷的单位库仑就是以他的名字命名的。
- 1796 亚历山德罗·伏特(1745—1827)发明了第一块电池，伏特堆。电压的单位伏特就是以他的名字命名的。
- 1820 汉斯·克里斯钦·奥斯特(1777—1851)发现磁针会受到附近导体中电流的影响。由此，他推断出电流在导体周围产生磁场。
- 1820 安德烈·玛丽·安培(1775—1854)指出两根载有电流的平行导线间相互吸引或排斥，受到的是吸引力还是排斥力取决于电流的相对方向；如果电流方向相同，则两导线相互吸引；如果电流方向相反，两导线相互排斥。电流的单位安培就是以他的名字命名的。
- 1827 乔治·西蒙·欧姆(1789—1854)提出了电学最基本的定律：欧姆定律，将电流、电压和电阻用下式关联在一起： $V=IR$ 。他还指出导体的电阻取决于材料的种类、横截面积、长度和温度。电阻的单位欧姆就是以他的名字命名的。

- 1831 迈克尔·法拉第(1791—1867)发现了电磁感应现象,奠定了感应线圈、变压器和发电机的基础。电容的单位法拉就是以他的名字命名的。
- 1832 约瑟夫·亨利(1797—1878)发现了自感现象。电感的单位亨利是以他的名字命名的。
- 1845 古斯塔夫·罗伯特·基尔霍夫(1824—1887)提出了电学中另外两个基本定律:基尔霍夫电压定律和电流定律。他还发现了电流以光速流经导体。
- 1865 詹姆斯·克拉克·麦克斯韦(1831—1879)在假定光学电磁理论的前提下,提出了统一的电磁理论。
- 1887 海因里希·鲁道夫·赫兹(1857—1894)提出产生和检测电磁波(无线电波)的方法。频率的单位赫兹就是以他的名字命名的。
- 1888 尼古拉·特斯拉(1856—1943)发明了多相感应电动机。磁通密度单位特斯拉就是以他的名字命名的。
- 1901 伽利尔摩·马可尼(1874—1937)被认为是无线电之父,发送了第一个无线电信号(从英格兰到纽芬兰)。
- 1904 约翰·安布罗斯·弗莱明(1849—1945)发明了第一个电子器件,即二极管。
- 1907 李·德·福雷斯特(1873—1961)发明了三极管,它可用于放大微弱的电信号。
- 1946 埃尼阿克(电子数字积分计算机)是世界上第一台计算机,制造于宾夕法尼亚大学。
- 1948 贝尔实验室的科学家发明了晶体管,这是电子行业的一次革命,标志着电子学从此进入了固态时代。固态的名称来自固体材料,例如硅的应用(取代了真空管),利用固体材料构建放大信号的元件。
- 1958 第一个集成电路(IC)由德州仪器制造。
- 1961 第一个商业集成电路由仙童公司生产。

我们不可能用很少的几页内容涵盖所有的细节和发现。电学的历史本身就可以写成一本书,因为电学和电子行业的应用从 20 世纪开始已经呈指数级增长。

1.2 国际标准单位制

SI 的缩写来自法语,意为国际标准单位制。这些单位源于物理单位的公制。1960 年在巴黎第 11 届国际度量衡大会上采纳了国际标准单位制。电气和电子工程师协会(IEEE),一个总部设在纽约的国际组织,也于 1965 年采纳了这些单位。七个基本单位是:

- 1) 米(m),用于衡量长度。
- 2) 千克(kg),用于衡量质量。
- 3) 秒(s),用于衡量时间。
- 4) 安培(A),用于衡量电流。
- 5) 开尔文度数(K),用于衡量热力学温度。
- 6) 坎德拉(cd),用于衡量光强度。
- 7) 摩尔(mol),用于衡量物质的量。

国际标准单位制也称为 MKSA 单位制(源于米、千克、秒、安培的首字母)。二级单位是由这七个基本单位推导出的。第三类单位称为补充单位,包括弧度和球面度,分别用于衡量平面和立体的角度。七个基本单位定义如下:

米:光在真空中 $1/299792458s$ 的时间间隔内所经路程的长度。

千克:保存在法国塞夫勒市国际度量衡局的铂铱合金圆柱体的质量。

秒:铯 133 原子在基态的两个超精细能阶间跃迁对应辐射的 9192631770 个周期的持续时间。

安培：在真空中相距为 1m 的两根导线通过电流，当每米导线上所受作用力为 $2\times10^{-7}\text{N}$ 时，各导线上的电流为 1A。

开尔文度数：开尔文温度以绝对零度为零度(0K)，将水的三相点固定为 273.15K。水的三相点为冰、液态水、水蒸气处于平衡态时的温度和压强。

坎德拉：光源在给定方向上的发光强度，该光源发出频率为 $540\times10^{12}\text{Hz}$ (周期每秒)，而且在此方向上的辐射强度为 1/683W 每球面度。

摩尔：与 0.012kg 的碳 12 所含原子数一样多的物质的量。

二级单位称为导出量，是按照七个基本单位定义的，包括电荷、电势差(电动势)、频率、功和能、功率、电容、电阻、电导、磁通量和磁通密度。这些只是本书要讨论的一小部分物理量。表 1-1 列出了其中的一些单位。

表 1-1 国际标准单位制的基本单位和其他单位的导出量

导出量	名称	符号	国际标准单位制基本单位 或其他国际单位的推导	导出量	名称	符号	国际标准单位制基本单位 或其他国际单位的推导
力	牛顿	N	m kg s^{-2}	电阻	欧姆	Ω	V/A
电荷	库仑	C	$\text{A}\cdot\text{s}$	电导	西门子	S	A/V
功和能	焦耳	J	$\text{N}\cdot\text{m}$	磁通量	韦伯	Wb	$\text{V}\cdot\text{s}$
功率	瓦特	W	J/s	磁通密度	特斯拉	T	Wb/m^2
电势	伏特	V	W/A	电感	亨利	H	Wb/A
电容	法拉	F	C/V	频率	赫兹	Hz	s^{-1}

1.3 科学计数法与工程符号

科学计数法是将非常大或非常小的数用 10 的幂次进行符号表示。假设你需要写出组成 1 库仑电荷所需的电子数：

6 2 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 . 0
↑ 小数点

这是一个写起来很尴尬的数字，因为需要数出零的个数。另外，这个数字不适合以这种形式写入计算器中。一种更好地书写该数字的方法是用科学计数法，如下：

6.24×10^{18}

向左移动十进制小数点，直到小数点左边只剩下一个非零数字。小数点向左位移的位数决定 10 的幂次：

6 2 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 . 0
↑ 小数点
6 . 2 4 0 . 0
↑ 小数点 ← 向左移 ← ↑ 小数点

小数点移动 18 个位置，使其左边只剩下一个非零数字。因此，这个数的科学计数法为：

6.24×10^{18}

当处理非常小的数字时，采用相似的方法。此时，只需在小数点左边留下一个非零数字；而对于非常小的数字，向右移动小数点。小数点向右位移的位数决定了科学计数法需要写下的 10 的负幂次数。假设一个电子的电荷用库仑表示如下：

0 . 0 1 6
↑ 小数点
0 . 0 1 . 6
↑ 小数点 → 向右移动 → ↑ 小数点

小数点向右位移 19 位，直到只有一个非零数字在小数点的左边。因此，科学计数法

表示的数字是：

1.6×10^{-19}

例 1-1 用科学计数法表示以下数字：

- (a) 0.00015 (b) 502000

解：(a) $0.00015 = 1.5 \times 10^{-4}$

↑ 小数点 ↑ 向右移 4 个位置

(b) $5.02000 = 5.02 \times 10^5$

↑ 小数点 ↑ 向左移 5 个位置

练习 1-1 用科学计数法表示 135000。

例 1-2 用科学计数法表示下列数字：

- (a) 125.2 (b) 0.9354

解：(a) 小数点向左移两位，结果是 1.252×10^2 。

(b) 小数点向右移一位，结果是 9.354×10^{-1} 。

练习 1-2 用科学计数法表示 0.0076。

例 1-3 用科学计数法表示下列数字：

- (a) 1822 (b) 0.01005

解：(a) 小数点向左移三位，结果是 1.822×10^3 。

(b) 小数点向右移两位，结果是 1.005×10^{-2} 。

练习 1-3 用科学计数法表示 145.3。

类似于科学计数法，工程计数法也是以 10 的幂次来表示的。但是工程计数法中 10 的幂次只用 3 的倍数表示。工程计数法的优点在于，这些 10 的幂次有特定的名称和前缀。见表 1-2，该表可以用于简写。在工程计数法中，小数点以 3 的倍数向左或向右移位。

表 1-2 工程计数法的幂次和前缀

10 的幂次	前缀	名称	10 的幂次	前缀	名称	10 的幂次	前缀	名称
10^{24}	Y	尧	10^6	M	兆	10^{-12}	P	皮
10^{21}	Z	泽	10^3	K	千	10^{-15}	F	飞
10^{18}	E	艾	10^{-3}	m	毫	10^{-18}	a	阿
10^{15}	P	拍	10^{-6}	μ	微	10^{-21}	Z	仄
10^{12}	T	太	10^{-9}	N	纳	10^{-24}	y	幺
10^9	G	吉						

例 1-4 用工程计数法表示下列数量：

- (a) 15750Ω 的电阻 (b) 0.00057A 的电流

解：(a) ↓ 小数点移动三位

$15.750 = 15.75 \times 10^3 \Omega$

↑ 小数点

$= 15.75k\Omega$

小数点移动了三位，所以用了前缀 k。工程计数法没有设定小数点左边有多少位非零数字的限制，也可能在小数点左边剩余一个零。

(b) ↓ 小数点

$0.00057 = 0.57 \times 10^{-3} A$

↑ 小数点移动三位

$= 0.57mA$

或者小数点可以移动更多位：

$0.000570 = 570 \times 10^{-6} A$

↑ 移动 6 位

$= 570\mu A$

 练习 1-4 用工程计数法表示 0.00076A。

例 1-5 (a) 将 5000Hz 转换为 kHz。 (b) 将 150000pF 转换为 μF 。

(c) 将 1200mA 转换为 A。 (d) 将 500kHz 转换为 MHz。

解: (a) $5000\text{Hz} = 5 \times 10^3 \text{Hz} = 5\text{kHz}$

(b) $150000 \times 10^{-12} \text{F} = 0.15 \times 10^6 \times 10^{-12} \text{F} = 0.15 \times 10^{-6} \text{F} = 0.15 \mu\text{F}$

(c) $1200 \times 10^{-3} \text{A} = 1.2 \times 10^3 \times 10^{-3} \text{A} = 1.2 \text{A}$

(d) $500 \times 10^3 \text{Hz} = 0.5 \times 10^3 \times 10^3 \text{Hz} = 0.5 \times 10^6 \text{Hz} = 0.5 \text{MHz}$

 练习 1-5 将 1250k Ω 转换为 M Ω 。

1.4 系统的定义

系统(system)这个词源于希腊语的 systema,意思是“放在一起”,本章将系统定义如下:

系统是一个集成装置,它将一组具有特定功能的分散元器件组合在一起工作,并得到预期的结果。

每个系统都被设计用来完成一个特定的结果。在蓝图中预先设定一个目标(如产品、结果),系统需要运行来实现预先设定的目标。一个系统由相互作用的更小部分组成,这些更小的部分称为子系统。每个子系统由离散的(个别的)部件组成。每个子系统用来实现特定的任务。各子系统(部分)协同工作来实现系统的总目标。输入系统和输出系统是子系统的两种类型。同时还有处理子系统,通过该子系统,处理输入并得到输出。输入元器件进入输入子系统。然后它们经过各处理子系统的处理,最终通过输出子系统产生预先设计好的输出。

如今的技术人员更愿意替换一个子系统,而不是替换一个子系统中的元器件。在很多年前,技术人员如果评估某个系统不工作了,通常会替换某个出现故障的元器件。如今,随着工艺的微型化,系统中很少有独立的部件了,大部分元器件集成到集成电路(IC)里面。如今技术人员通常会从子系统中移除包含故障集成电路的整个卡或者子插件板。系统的故障可能是由软件而不是硬件导致的;在这种情况下,就需要重写导致故障的程序。

在电子技术中,实验室现成的直流电源是一个系统的例子。它的元器件包含电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管和集成电路等。

图 1-1 所示为直流电源的独立子系统。输入是以插头插入插座的形式呈现的。其他元器件包括一个将电压降至安全水平的变压器、一个纠正输入正弦曲线的桥式整流器和一个产生具有纹波的直流电压的电容滤波器。最后,稳压器(IC)会产生一个没有脉冲的恒定直流电压作为输出。这里提到的所有子系统会在后面章节给出定义,并详细解释产生直流电源的每个子系统的功能。

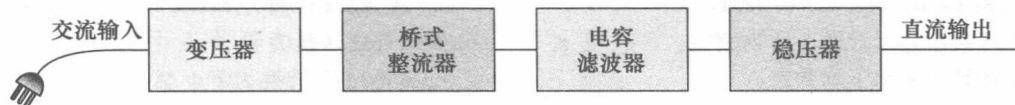


图 1-1 系统(直流电源)的框图

本章小结

- 国际标准单位制源于物理单位的公制。1960 年在巴黎第 11 届国际度量衡大会上采纳了国际标准单位制。总部设在纽约的国际组织电气与电子工程师协会(IEEE),也于 1965 年采纳了该单位制。国际标准单位制也称为 MKSA 单位制(来自米、千克、秒、安培的首字母)。其他二级单位是由这七个基本单位推导出来的,这七个基本单位是:米(m)、千克(kg)、秒(s)、安培(A)、开尔文度数(K)、坎德拉(cd)和摩尔(mol)。

- 科学计数法是一种利用 10 的幂次来表示非常大或者非常小的数的方法。工程计数法与科学计数法类似，都用到了 10 的幂次。但是工程计数法只用 10 的幂次中 3 的倍数幂次。工程计数法不关注小数点左边有几位非零数字。工程计数法的优点在于这些 10 的幂次有特殊的名称和前缀(见表 1-2)，可以用于简化表示。在工程计数法中，小数点以 3 的倍数位向左或向右移动。
- 系统是将一组具有特定功能的分散元件组合在一起工作，并得到预期结果的集成装置。一个系统由相互作用的称为子系统的更小部分组成。每个子系统由分散的(独立的)元件组成。每个子系统完成特定的任务。如今技术人员更可能替换一个子系统，而不是替换一个子系统元件。
- 在电子行业中，实验室里现成的直流电源可以看作是一个系统的例子。它由电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管、集成电路等元器件组成。

自测题

1. 用科学计数法表示 15.34 是：
 - (a) 153.5×10^{-1}
 - (b) 0.153×10^2
 - (c) 1.535×10^1
 - (d) 以上都不是
2. 用工程计数法表示 15.35V：
 - (a) $15350 \times 10^{-3} \text{ V}$
 - (b) $0.01535 \times 10^3 \text{ V}$
 - (c) 0.01535 kV
 - (d) 以上均是
3. 以下哪个是国际标准单位制的导出量？
 - (a) 瓦特
 - (b) 千克
 - (c) 秒
 - (d) 以上都不是
4. 以下哪个不是单位或者国际标准单位制的导出量？
 - (a) 牛顿
 - (b) 英寸
 - (c) 米
 - (d) 以上都不是
5. $1500 \text{ k}\Omega$ 转换成 $\text{M}\Omega$ 是：
 - (a) $1.5 \text{ M}\Omega$
 - (b) $15 \text{ M}\Omega$
 - (c) $0.15 \text{ M}\Omega$
 - (d) 以上都不是
6. 将 5 mA 转换成安培，得到：
 - (a) 0.5 A
 - (b) 0.05 A
 - (c) 0.005 A
 - (d) 500 A

简答题

1. 七个基本国际标准单位是什么？
2. 说出几个国际标准单位制的导出单位。
3. 简述如何用科学计数法写非常小的数和非常大的数。
4. 简述如何用工程计数法写非常小的数和非常大的数。
5. 与科学计数法相比，工程计数法有哪些优点？
6. 用你自己的话定义系统。

习题

1. 用科学计数法表示下列数字。
 - (a) 100500000 Hz
 - (b) 0.0000008 F
 - (c) 0.05032 A
 - (d) 1968 m
 - (e) $0.0823 \times 10^{-2} \text{ s}$
 - (f) 0.023 H
2. 用工程计数法表示习题 1 所列数字。
3. 用科学计数法表示下列数字。
 - (a) $150 \times 10^2 \Omega$
 - (b) $0.75 \times 10^4 \text{ V}$
 - (c) $1275 \times 10^5 \text{ Hz}$
 - (d) 125 s
 - (e) 1000000 W
 - (f) 0.0000005 F
4. 用工程计数法表示习题 3 所列数字。
5. 将下列数量转换成 kHz ：
 - (a) 300 Hz
 - (b) 3000 Hz
 - (c) 55000 Hz
 - (d) $1.5 \times 10^5 \text{ Hz}$
6. 将下列数量转换为安培(A)：
 - (a) 100 mA
 - (b) 3 kA
7. 将下列数量转换为千欧($\text{k}\Omega$)：
 - (a) $12 \text{ M}\Omega$
 - (b) $2.5 \text{ M}\Omega$
 - (c) 392000Ω
 - (d) 1225Ω
8. 求以下各项用工程计数法所表示的数值的等效值：
 - (a) 205 kHz 转换为 MHz
 - (b) $47 \text{ k}\Omega$ 转换为 Ω
 - (c) $15000 \mu\text{F}$ 转换为 F
 - (d) 5 H 转换为 mH
 - (e) 1.25 MHz 转换为 kHz
9. 用工程计数法表示下列数字：
 - (a) 0.000067 F
 - (b) 0.044 H
 - (c) 1240 A
 - (d) 0.000000029 s
 - (e) 9780000000 Hz
10. 用工程计数法表示以下数字：
 - (a) 12350Ω
 - (b) 1825 W
 - (c) 35000 V
 - (d) 0.0003 A
 - (e) 0.000001 F