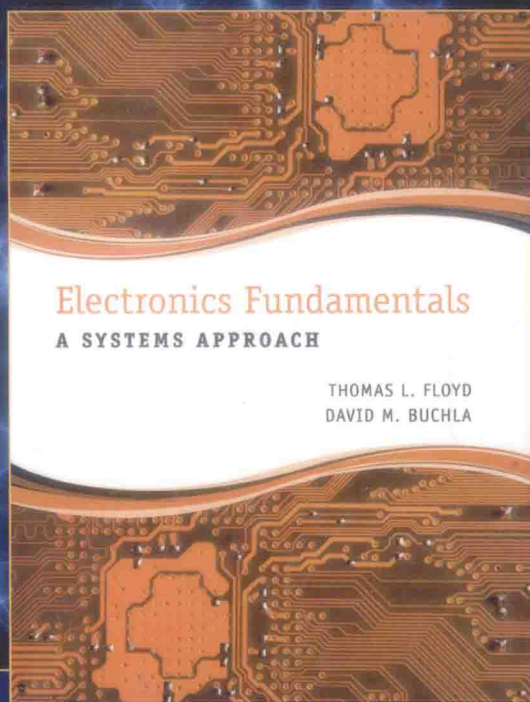


电路分析基础 系统方法

[美] 托马斯 L. 弗洛伊德 (Thomas L. Floyd) 著
大卫 M. 布奇拉 (David M. Buchla)
周玲玲 蒋乐天 译

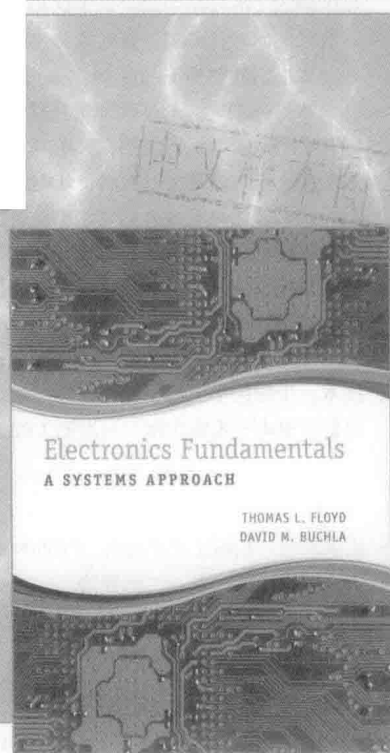
*Electronics
Fundamentals
A Systems Approach*



电路分析基础 系统方法

[美] 托马斯 L. 弗洛伊德 (Thomas L. Floyd) 著
大卫 M. 布奇拉 (David M. Buchla)
周玲玲 蒋乐天 译

*Electronics
Fundamentals
A Systems Approach*



图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析基础: 系统方法 / (美) 托马斯 L. 弗洛伊德 (Thomas L. Floyd), (美) 大卫 M. 布奇拉 (David M. Buchla) 著; 周玲玲, 蒋乐天译. —北京: 机械工业出版社, 2016.8
(国外电子与电气工程技术丛书)

书名原文: Electronics Fundamentals: A Systems Approach

ISBN 978-7-111-54354-1

I. 电… II. ①托… ②大… ③周… ④蒋… III. 电路分析 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 168003 号

本书版权登记号: 图字: 01-2013-9374

Authorized translation from the English language edition, entitled Electronics Fundamentals: A Systems Approach, 9780133143638 by Thomas L.Floyd, David M.Buchla, 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。

本书强调电路的基本理论及其与实际直流 / 交流固态电路的关联性, 以现实生活中与课程基本概念相关联的基本系统为实例, 介绍基本概念在实际生活中的具体应用, 使得电子学相关的基本概念不再晦涩难懂, 而是非常接近生活, 使电路和器件理论的传授过程变得更加直观和生动。

本书较为全面地介绍了电路分析的基本概念, 包括基尔霍夫电压定律、基尔霍夫电流定律的基本原理及其应用, 一阶电路和二阶电路的瞬态响应等内容, 同时还增加了电子元器件及其基本电路的分析, 包括二极管、三极管、运算放大器的基本工作原理、基本电路特点和应用电路等, 本书还介绍了故障诊断和排除的基本方法。

本书可作为各类大专院校自动化、电气工程及其自动化、应用电子技术、通信工程、计算机科学与技术、生物医学工程、轨道交通控制、测控技术及机电一体化等专业的电路分析和电子电路的教材, 也可供从事电子电路应用与开发的工程技术人员参考。

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 张梦玲

责任校对: 董纪丽

印刷: 三河市宏图印务有限公司

版次: 2016 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm × 260mm 1/16

印张: 44.5

书号: ISBN 978-7-111-54354-1

定价: 139.00 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，不仅规划了研究的范畴，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，我们的联系方法如下：

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



华章科技图书出版中心

译者序

本书是一本侧重于工程应用、以电路分析为主的教材。特别强化了电路的基本理论及其与实际直流/交流固态电路的关联性。因此，在每一章的概念阐述中都通过一个基本系统的实例来完成讲解。比如：电流源、负载测试箱、电动机起动器、电流表的并联、分立元件放大器的分压式偏置、报警系统、晶体管放大器、开关模式电源、EMI 滤波器、基本的金属探测器、基本直流电源、看门狗计时器、汽车充电系统中的二极管、液面检测系统、麦克风前置放大器、水过滤系统等，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，使读者加深对概念的直观理解，又使电路和器件理论知识的传授过程变得更加直观和生动。

本书相比于国内的电路分析教材，增加了 6 章与电子元器件相关的内容，包括二极管、三极管、运算放大器等，从电路分析的角度分析了由相关电子元器件组成的基本电路的特点及其应用。本书还特别强调故障诊断和排除，几乎每一章都含有故障诊断这一小节的内容，目的是强调测试或者测量在故障诊断中的必要性。

本书对读者的前修课程要求不高，所需要的数学知识是基本的代数运算及对正弦、余弦、正切等三角函数的正确理解，并不涉及过于复杂的数学概念，另外相量也是正弦稳态电路分析的常用工具，利用图解分析方法能够方便地证明电压、电流等相量之间的相互关系。用相量方法能很好地解释电路中存在的相位差，但却不会让读者陷入复杂数学公式的推导中。因此本书也是一本非常适合读者自学的教材。

在本书中，作者还结合当今电路设计技术的发展，引入了计算机辅助分析和设计软件 Multisim，且编排了针对 Multisim 的例题和习题等内容，便于读者课后练习。

本书的前言、第 1~15 章由周玲玲翻译，第 16~21 章、附录由蒋乐天翻译。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

2016 年 1 月

于上海交通大学

前 言

《电路分析基础：系统方法》第1版相对于大多数标准书籍以更宽广的视野阐述了电路的基本原理。本书通过强调实际系统中直流/交流、固态电路的应用说明了电路相关的基本理论。由于涉及了电子学的内容，因此需要学习元器件的故障诊断，同时对系统模块、接口、输入/输出信号等的理解需求也同步提升了，这些在每一章的概念阐述中都通过一个基本系统实例和注释来完成。作者精心挑选实例、注释以实现和说明对应章节的主题及学习目标。大多数章含有故障诊断这一节，目的是强调测试或者测量在故障诊断中的必要性。


本书所需要的数学基础是基本的代数运算以及对正弦、余弦、正切等三角函数的正确理解，并不需要用到过于复杂的数学概念，向量的相互关系可以利用图解方法证明。用这种方法可很好地解释电路中相位差的形成原因和重要性，而不需要陷入完整的复杂数学公式推导中。

特点

- 通过专门的系统实例引入直流/交流的基本定律。
- 有6章的内容与基本的电子元器件相关，说明它们在系统中的使用。
- 各章的所有系统实例与系统注释都与各章的学习目标一致。
- 详细阐述了示波器和数字万用表及其使用方法，用一整章的内容叙述测量、变换和控制。
- 针对 Multisim 有专门挑选的例题、参数、习题等，目的是提供电路、系统故障的仿真和诊断实践。
- 用许多实践例题阐释基本概念，相关问题还为这些示例提供了额外的实践操作机会。
- 系统注释展示了有趣的事实及信息。
- 解题技巧(HOT)提供的是有用的实践信息。
- 每一章以目标、引言开始。
- 每一节以内容简介以及针对这一节的学习目标开始。
- 每一节都以小节测试题结尾。
- 大多章以总结、重要公式、是非测试题、自测题、故障诊断测试、按小节划分的习题集结尾。
- 章结尾大多提供各章小节测试题、例题相关问题、是非测试题、自测题、故障诊断测试题的答案。
- 本书相关附录、奇数编号的习题答案和术语表可从 www.hzbook.com 上下载。
- 相关网站 <http://pearsonhigenered.com/floyd> 提供习题以及例题的 Multisim 文档。

学生学习资源

- **Lab Manual** 《Experiments in DC/AC Fundamentals: A Systems Approach》(ISBN 0132989867)，作者为 David Buchla。该教师手册上有对应实验练习的文档和解答。
- 《Introduction to Multisim for the DC/AC Course》(ISBN 013508041X)，作者为 Gary Snyder，该书详细全面地介绍 Multisim 在直流/交流电路分析中的使用方法。

- **网站提供 Multisim 文件** 在 www.pearsonhighered.com/ 上可以查询到带 [ MULTISIM] 的习题所涉及的最新版本的 Multisim 电路仿真文件。为使用 Multisim 电路文件, 你必须在计算机上安装 Multisim 软件, 该软件可在 www.ni.com/Multisim 网站下载。虽然 Multisim 电路文件看起来对完成课堂内、教材实验室内等的学习很有帮助, 但对成功学习本教材而言却不止是仅仅只需要这些就够了。

从教师资源中心下载教师手册

为得到在线的补充资料, 主讲教师可以在 www.pearsonhighered.com/irc 上面申请账号, 48 小时内完成注册, 则会得到包含教师账号的电子邮件, 一旦收到该账号, 即可登录网站以下载所需要的教学资料。

教师资源

- **在线的 PPT 文档** (ISBN 013314352X) 包含本教材上的图片以及讲义集, 相关讲义对重要的基本概念有特别标注。
- **在线教师手册** (ISBN 0133143708) 包含每一章的习题解答以及实验手册。
- **在线的 TestGen® 计算机化的测试库** (ISBN 0133142620) 可以为使用者定制课堂练习、测验和考试的题目。

其他特点

每章结尾 各章结尾含有以下全部或大部分内容。

- 总结
- 重要公式
- 是非测试题
- 自测题
- 故障诊断习题
- 按小节分类的习题
- 小节测试题答案、例题相关问题的答案、是非测试题答案、自测题答案

给学生的建议

对于任何职业生涯的培训都需要付出努力, 电子/电气领域也不例外。学习一项新技术的最佳方法是阅读、思考和实践。本教材将教会你沿着这条道路去理解电路相关基本定理在真实世界中的应用。

仔细阅读每一小节的内容并深入思考, 有时候还需要多次反复阅读同一小节的内容。在解答与例题相关的问题之前, 请一步一步地深入理解例题的内容, 认真完成每一小节后的测试题, 相关问题和测试题的答案罗列在本章的结尾部分。

复习各章的总结和重要公式, 完成是非测试题、多项选择自测题和故障诊断题的练习, 并与各章结尾处的答案比对, 最后完成章后习题并与教材结尾处的习题答案对照, 验证解题是否正确。

全面完整地理解直流/交流定律和概念的重要性是不言而喻的, 这在处理复杂电路或者系统的时候将被证明是很有价值的。大多数的雇主都愿意雇用那些既掌握了全面基础知识, 又有迫切的意愿和能力学习新概念、新技术的员工。如果受雇者在基础知识方面经过了良好的培训, 那么雇主只需提供专业的培训则可。

电子领域的职业生涯

电子和电气专业的就业面很广, 在多个领域都有职业发展机会。接受过电子与电气技

术培训的人员能够胜任多种类型的工作，如今很多领域，如生物技术、医学技术等也都需要电子方面的专业技能，最近新能源再生领域对电子方面的专业技能需求也持续高涨，因为这可以帮助他们在研发、制造、安装以及技术支持方面有所提升。一个新兴的领域被称为“机电科技”，它是将机械和电子有机结合在一起的领域。机电科技的研究对象是机器人和其他一些需要机械和电子技术的系统，其他需要具备电子技术的工作人员还包括控制、客服或客户培训、科普作家和技术销售等。

电子学的里程碑

让我们简要介绍一下电子学发展过程中的里程碑事件，很多先驱的名字至今仍在电子学的物理量或单位中出现，比如：欧姆、安培、伏特、法拉、亨利、库仑、奥斯特和赫兹的名字就是很好的例证。富兰克林和爱迪生的名字如雷贯耳，这也足以说明他们在电子学发展史上所做出的巨大贡献。

电子学起源 涉及电流的电子学早期实验可追溯到真空管。Heinrich Geissler(1814—1879年)发现抽去玻璃管中大量的空气后，当管子中有电流流过时管子会发光。之后William Crookes(1832—1919年)发现真空管中的电流是由粒子形成的。Thomas Edison(1847—1931年)用碳丝、灯泡和金属平板做实验，发现电流会从发热的碳丝流向带正电荷的平板，他有了这个想法，却一直没有实践。

早期还有一个测量真空管中粒子性质的实验也很重要，Joseph Thompson(1856—1940年)测出了这些粒子的性质，后来这些粒子被称为电子。

虽然无线电报通信要回溯到1844年，但电子学却是20世纪真空管放大器发明之后才开始形成的概念。早期的真空管只允许电流在一个方向上流过，这一特性是由John A. Fleming在1904年发现的，与之对应的弗莱明阀是真空二极管的先驱。1907年，Lee deForest在真空管中增加了栅极，这种新的器件被称为“audiotron”，它能够放大微弱的信号，通过在器件中增加控制元件，Lee deForest开启了电子学革命的历程。他对所设计器件的性能不断改进，使得横跨大陆的电话服务和无线电通信成为可能。1912年，美国加利福尼亚州圣何塞市的一名业余无线电广播爱好者做到了定期的音乐广播。

1921年，美国商务部长Herbert Hoover签发了第一张广播电台许可证，之后的两年内，该许可证的发放数量超过了600张。到20世纪20年代末，无线电收音机已经在许多家庭中普及。由Edwin Armstrong发明的一种新的“超外差接收机”解决了高频通信的问题；1923年美国研究员Vladimir Zworykin发明了第一块电视显像管；1927年，Philo T. Farnsworth为他的一整套电视系统申请了专利。

到了20世纪30年代，无线电通信取得了很多发展成果，包括金属壳电子管、自动增益控制、袖珍收音机(Midget Set)和定向天线等，就在这10年中，第一台电子计算机开始研发。现代计算机的起源可以追溯到爱荷华州州立大学的John Atanasoff的研究工作，1937年，他设想的能够执行复杂数学计算工作的二进制机器问世，到了1939年，他和研究生Clifford Berry组装了一台称为ABC的计算机(Atanasoff Berry Computer)，该计算机采用真空管实现逻辑运算，用电容器作为存储器。同样在1939年，Henry Boot和John Randall在英国发明了磁控管，这是一种微波振荡器。同年，Russell和Sigurd Varian在美国发明了微波速调管。

第二次世界大战期间，电子学得到了飞速的发展，借助于微波振荡器和调速管，雷达和高速通信成为可能，阴极射线管被应用在雷达中，这期间，计算机研发工作仍然持续着。到了1946年，John von Neumann在宾夕法尼亚州大学发明了第一台能存

储程序的计算机，即 Eniac。而这 10 年却是以最重大的发明之一——晶体管的出现结束的。

固态电子学 早期收音机中使用的晶体检波器可以看成是现代固态电子器件的前身，但是固态电子学的元年却是 1947 年，贝尔实验室发明了晶体管，发明者是 Walter Brattain、John Bardeen 和 William Shockley。印制电路(PC)板同样诞生于发明晶体管的 1947 年。晶体管的商业制造起始于 1951 年美国宾夕法尼亚州艾伦镇。

在 20 世纪 50 年代，最重要的发明是集成电路。1958 年 9 月 12 日，德州仪器(Texas Instruments)公司的 Jack Kilby 发明了第一块集成电路。集成电路的发明真正开创了现代计算机时代，使得医药业、通信业、制造业和娱乐业发生了横扫一切的变化。自此以后，数十亿块“芯片”(集成电路也称为芯片)被人们生产出来。

进入 20 世纪 60 年代，空间战的开始促进了器件小型化和计算机技术的发展。空间战是电子学随后发生急剧变化的驱动力。1965 年，仙童半导体公司(Fairchild Semiconductor)的 Bob Widlar 成功设计了第一款集成“运算放大器”。这款运算放大器名叫 $\mu A709$ ，是一个非常成功的运算放大器，但是它存在门锁效应和其他问题。之后，仙童半导体公司推出了曾经风靡一时的运算放大器 741。这款运算放大器成为了行业标准，并且影响着运算放大器持续多年的设计规范。

到了 1971 年，由仙童半导体公司的一组人创立了一个新公司，推出了第一款微处理器。这个新公司就是 Intel 公司，而该产品就是 4004 芯片，它与 Eniac 计算机具有相同的处理能力。同年的晚些时候，Intel 公司宣布第一个 8 位处理器 8008 面世。1975 年，Altair 公司推出了第一台个人计算机，并作为《Popular Science》杂志的封面，同时在 1975 年 1 月出版的那期杂志上进行了特别报道。20 世纪 70 年代还推出了袖珍计算器，经历了光集成电路(Optical Integrated Circuit)的新发展。

进入 20 世纪 80 年代，一半以上的美国家庭都用有线电视网取代了电视天线。电子学的可靠性、速度和小型化始终贯穿了整个 20 世纪 80 年代，包括印刷电路板的自动测试和校准。计算机成为了仪器的一部分，并出现了虚拟仪器。至此，计算机成为了工作台上的标准工具。

到了 20 世纪 90 年代，互联网得到了广泛应用。1993 年只有 130 个网站，现在已有数百万个网站。各公司争先恐后地建立公司主页，无线电广播早期的许多发展成果也在互联网的发展过程中得到了并行展现。1995 年，联邦通讯委员会(FCC)为一种叫作数字音频无线电业务(Digital Audio Radio Service)的新业务分配了频谱空间。1996 年，FCC 采纳了数字电视标准，并将其作为美国的下一代广播电视标准。

21 世纪最主要的技术话题之一仍是持续、爆炸性增长的互联网。无线宽带接入技术似乎是互联网急速增长的助推剂，计算机处理器的运算速度在稳步提升，存储器容量同样在急速增加，碳纳米管有可能成为下一代计算机芯片，并最终取代晶体管技术。

在 21 世纪最初的 10 年中，通信网络较多地转向了光纤网，以尽量获得更大的数据量。水下光缆的铺设对电视、电话和互联网的全球通信网络覆盖起了很大的作用。计算机处理速度、能力的提升以及蓝牙等新技术的应用使得各种设备之间高速、短距离的无线电通信成为可能，例如免提式手机、计算机、GPS 接收机等无线网络设备。

21 世纪的第 2 个 10 年，先进的电子技术依然持续带给人们新器件、新技术应用的惊喜，尤其是在机器人装配与自动化领域。近年来，可替代能源的探索也在深入进行，如在电池、太阳能、燃料电池、风能等自动化技术和效率方面也取得了一些进步。医学领域的进步将引领修复学取得更大的进展，或许某天，假肢的运动可以由人们所穿的衣服来控制，由可生长神经纤维的生物相容性材料制成的假肢还可以具有触觉和感觉。客户不断提出最新的需求，制造商就得尽力应用最新的技术去满足这种需求，可以预见，电子学领域的前进将持续地为人们的生活创造精彩。

致谢

基于系统方法的系列课程概念来源于 Pearson 高等教育的 ITT 学院和 Vern Anthony, Pearson 教育的同仁们为这本书的出版付出了极大的努力。Lois Porter 对手稿进行了详细的修改,并给出了大量的修改意见,更对细节倍加关注。Rex Davidson 在出版印刷的各个环节展现出了专业的协调能力,由此才使得大家看到了现在的作品。

策划编辑 Lindsey Prudhomme Gill、项目编辑 Dan Trudden 为本项目的顺利运行提供了高效的指导,我们同样还要感谢国家仪器公司的 Mark Walters 先生,他为附录 Multisim 相关内容的准备提供了帮助。

Thomas L. Floyd

David M. Buchla

目 录

出版者的话
译者序
前言

第 1 章 系统、物理量和单位	1
1.1 电子行业	1
1.2 电子系统简介	3
1.3 电路类型	5
1.4 科学和工程记数法	7
1.5 单位和国际单位制词头	11
1.6 国际单位换算	12
1.7 测量数据	14
1.8 用电安全	16
总结	19
是非测试题	19
自测题	19
习题	20
小节测试题答案	21
例题相关问题的答案	22
是非测试题答案	22
自测题答案	22
第 2 章 电压、电流和电阻	23
2.1 原子	23
2.2 带电粒子	25
2.3 电压	27
2.4 电流	32
2.5 电阻	34
2.6 电路	41
2.7 基本电路测量	47
总结	52
重要公式	53
是非测试题	53
自测题	53
习题	54
小节测试题答案	57
例题相关问题的答案	58
是非测试题答案	58
自测题答案	58

第 3 章 欧姆定律、能量和功率	59
3.1 欧姆定律	59
3.2 欧姆定律的应用	62
3.3 能量和功率	66
3.4 电路中的功率	68
3.5 电阻器的额定功率	70
3.6 能量转换和电阻器上的电压降	73
3.7 电源和电池	74
3.8 故障诊断简介	76
总结	79
重要公式	79
是非测试题	80
自测题	80
故障诊断：故障表现和原因	80
习题	81
小节测试题答案	84
例题相关问题的答案	85
是非测试题答案	85
自测题答案	85
故障诊断答案：故障表现和原因	85
第 4 章 串联电路	86
4.1 电阻器的串联	86
4.2 串联总电阻	88
4.3 串联电路中的电流	91
4.4 欧姆定律的应用	92
4.5 电压源的串联	95
4.6 基尔霍夫电压定律	98
4.7 分压器	100
4.8 串联电路中的功率	105
4.9 电压测量	106
4.10 故障诊断	109
总结	112
重要公式	113
是非测试题	113
自测题	113
故障诊断：故障表现和原因	114
习题	114

小节测试题答案	120	是非测试题答案	193
例题相关问题的答案	121	自测题答案	193
是非测试题答案	122	故障诊断答案: 故障表现和原因	193
自测题答案	122	第 7 章 磁与电磁	194
故障诊断答案: 故障表现和原因	122	7.1 磁场	194
第 5 章 并联电路	123	7.2 电磁	199
5.1 电阻器的并联	123	7.3 电磁设备	202
5.2 并联总电阻	125	7.4 磁滞现象	207
5.3 并联电路中的电压	129	7.5 电磁感应	209
5.4 欧姆定律的应用	131	7.6 直流发电机	212
5.5 基尔霍夫电流定律	133	7.7 直流电动机	215
5.6 分流器	136	总结	219
5.7 并联电路中的功率	139	重要公式	219
5.8 故障诊断	140	是非测试题	219
总结	144	自测题	220
重要公式	144	习题	220
是非测试题	145	小节测试题答案	222
自测题	145	例题相关问题的答案	222
故障诊断	146	是非测试题答案	222
习题	146	自测题答案	222
小节测试题答案	151	第 8 章 交流电流和电压简介	223
例题相关问题的答案	152	8.1 正弦波	223
是非测试题答案	152	8.2 正弦电压和电流值	227
自测题答案	152	8.3 正弦波的角度测量	230
故障诊断答案	152	8.4 正弦波公式	233
第 6 章 串并联电路	153	8.5 交流电路的分析	236
6.1 串并联电路的识别	153	8.6 交流发电机(AC 发电机)	239
6.2 电阻性串并联电路的分析	156	8.7 交流电动机	243
6.3 带电阻性负载的分压器	161	8.8 非正弦波	245
6.4 电压表的负载效应	165	8.9 示波器	250
6.5 惠斯通电桥	167	8.10 信号源	255
6.6 戴维南定理	171	总结	259
6.7 最大功率传输定理	177	重要公式	259
6.8 叠加定理	178	是非测试题	260
6.9 故障诊断	182	自测题	260
总结	184	故障诊断	261
重要公式	185	习题	261
是非测试题	185	小节测试题答案	266
自测题	185	例题相关问题的答案	267
故障诊断	186	是非测试题答案	267
习题	186	自测题答案	267
小节测试题答案	192	故障诊断答案: 故障表现和原因	267
例题相关问题的答案	193		

第 9 章 电容器	268	11.3 电感器的串联和并联	348
9.1 基本电容器	268	11.4 直流电路中的电感器	350
9.2 电容器的类型	273	11.5 交流电路中的电感器	358
9.3 电容器的串联	277	11.6 电感器的应用	363
9.4 电容器的并联	280	总结	364
9.5 直流电路中的电容器	282	重要公式	365
9.6 交流电路中的电容器	288	是非测试题	365
9.7 电容器的应用	294	自测题	365
总结	298	故障诊断: 故障表现和原因	366
重要公式	298	习题	366
是非测试题	299	小节测试题答案	368
自测题	299	例题相关问题的答案	368
故障诊断: 故障表现和原因	300	是非测试题答案	368
习题	300	自测题答案	368
小节测试题答案	303	故障诊断答案: 故障表现和原因	368
例题相关问题的答案	304	第 12 章 RL 电路	369
是非测试题答案	304	12.1 RL 电路的正弦响应	369
自测题答案	304	12.2 串联 RL 电路的阻抗和相角	370
故障诊断答案: 故障表现和原因	304	12.3 串联 RL 电路的分析	371
第 10 章 RC 电路	305	12.4 并联 RL 电路的阻抗和相角	377
10.1 串联 RC 电路的正弦响应	305	12.5 并联 RL 电路的分析	379
10.2 串联 RC 电路的阻抗和相角	306	12.6 串并联 RL 电路的分析	381
10.3 串联 RC 电路的分析	308	12.7 RL 电路中的功率	383
10.4 并联 RC 电路的阻抗和相角	315	12.8 RL 滤波器	386
10.5 并联 RC 电路的分析	316	12.9 故障诊断	388
10.6 串并联 RC 电路的分析	319	总结	390
10.7 RC 电路的功率	323	重要公式	390
10.8 基本应用	326	是非测试题	390
10.9 故障诊断	331	自测题	390
总结	335	故障诊断: 故障表现和原因	391
重要公式	335	习题	392
是非测试题	336	小节测试题答案	395
自测题	336	例题相关问题的答案	395
故障诊断: 故障表现和原因	336	是非测试题答案	395
习题	337	自测题答案	395
小节测试题答案	341	故障诊断答案: 故障表现和原因	395
例题相关问题的答案	341	第 13 章 RLC 电路与谐振	396
是非测试题答案	342	13.1 串联 RLC 电路的阻抗和相角	396
自测题答案	342	13.2 串联 RLC 电路的分析	397
故障诊断答案: 故障表现和原因	342	13.3 串联谐振	400
第 11 章 电感器	343	13.4 串联谐振滤波器	406
11.1 基本电感器	343	13.5 并联 RLC 电路	411
11.2 电感器的分类	347	13.6 并联谐振	415

13.7 并联谐振滤波器	422	习题	487
13.8 谐振电路的应用	426	小节测试题答案	490
总结	429	例题相关问题的答案	491
重要公式	429	是非测试题答案	491
是非测试题	429	自测题答案	491
自测题	429	第 16 章 二极管及其应用	492
习题	430	16.1 半导体简介	492
小节测试题答案	432	16.2 二极管	498
例题相关问题的答案	433	16.3 二极管特性	502
是非测试题答案	433	16.4 二极管整流器	505
自测题答案	433	16.5 电源	514
第 14 章 变压器	434	16.6 特种二极管	520
14.1 互感	434	16.7 故障诊断	529
14.2 基本变压器	435	总结	535
14.3 升压和降压变压器	439	重要公式	535
14.4 二次侧接负载	442	是非测试题	535
14.5 反射负载	444	自测题	536
14.6 阻抗匹配	445	习题	537
14.7 变压器额定功率及特性	448	小节测试题答案	540
14.8 抽头及多绕组变压器	451	例题相关问题的答案	541
14.9 故障诊断	455	是非测试题答案	541
总结	456	自测题答案	541
重要公式	456	第 17 章 晶体管及其应用	542
是非测试题	457	17.1 双极型晶体管的直流	
自测题	457	工作原理	542
习题	457	17.2 A 类 BJT 放大器	546
小节测试题答案	461	17.3 B 类 BJT 放大器	555
例题相关问题的答案	461	17.4 BJT 的开关特性	559
是非测试题答案	461	17.5 场效应晶体管的直流	
自测题答案	461	工作原理	561
第 15 章 电抗电路的时间响应	462	17.6 FET 放大器	567
15.1 RC 积分器	462	17.7 反馈振荡器	572
15.2 RC 积分器对单脉冲的响应	464	17.8 故障诊断	576
15.3 RC 积分器对重复脉冲的响应	467	总结	580
15.4 RC 微分器对单脉冲的响应	471	重要公式	580
15.5 RC 微分器对重复脉冲的响应	475	是非测试题	581
15.6 RL 积分器对脉冲输入的响应	477	自测题	581
15.7 RL 微分器对脉冲输入的响应	480	习题	582
15.8 积分器和微分器的应用	483	小节测试题答案	587
15.9 故障诊断	485	例题相关问题的答案	588
总结	487	是非测试题答案	588
是非测试题	487	自测题答案	588
自测题	487		

第 18 章 运算放大器	589	20.3 运算互导放大器(OTA).....	657
18.1 运算放大器简介	589	20.4 有源二极管电路	661
18.2 差分放大器	591	20.5 电流源和转换器	665
18.3 运放参数	597	总结	667
18.4 负反馈	601	重要公式	667
18.5 负反馈运放电路的结构	603	是非测试题	667
18.6 运放电阻	606	自测题	667
18.7 故障诊断	609	习题	668
总结	611	小节测试题答案	671
重要公式	612	例题相关问题的答案.....	671
是非测试题	612	是非测试题答案	671
自测题	612	自测题答案	671
习题	613	第 21 章 测量、转换和控制	672
小节测试题答案	617	21.1 温度测量	672
例题相关问题的答案.....	617	21.2 应变、压力和流速测量	679
是非测试题答案	617	21.3 运动测量	683
自测题答案	617	21.4 采样和保持电路.....	685
第 19 章 基本运放电路	618	21.5 模数转换器.....	688
19.1 比较器	618	21.6 功率控制电路.....	690
19.2 加法放大器	621	总结	694
19.3 积分器和微分器	624	重要公式	694
19.4 振荡器	628	是非测试题	694
19.5 有源滤波器	633	自测题	695
19.6 稳压器	639	习题	696
总结	644	小节测试题答案	697
重要公式	644	例题相关问题的答案.....	698
是非测试题	645	是非测试题答案	698
自测题	645	自测题答案	698
习题	646	附录 A 标准电阻值表 [⊖]	
小节测试题答案	649	附录 B 电容器色码和标记	
例题相关问题的答案.....	649	附录 C 诺顿定理和密尔曼定理	
是非测试题答案	649	附录 D 现场可编程模拟阵列	
自测题答案	649	附录 E NI 公司的电路仿真软件	
第 20 章 专用运放电路	650	奇数编号习题答案	
20.1 仪表放大器	650	术语表	
20.2 隔离放大器	654		

目标

- 电子行业的通用术语描述。
- 系统的属性描述。
- 电路的一般属性。
- 物理量的科学计数法表示。
- 电气单位和国际单位制词头的运用。
- 用国际单位制词头进行单位换算。
- 测量数据的有效位数表示。
- 认识电气危害和实施正确的安全措施。

引言

电子技术已经将分立电路的元件级故障诊断提升到系统级的组装和测试层面，相比过去，技术人员需要了解更多系统集成的概念，目的就是理解系统是如何运作的。任何从事技术领域工作的人员都需要有扎实的基本功。本章从电子行业的概貌和系统、电路的属性讲起，然后介绍电子学领域的基本单位、电气物理量以及数据的工程和科学记数法。

1.1 电子行业

参与电子产品商业制造和市场竞争的公司成就了现在的电子行业。由于激烈的市场竞争，每天都会有新的创新和新产品的出现。电子行业的一个变化是有较小市场占有率的小型专业公司在不断成长。

学完本小节，读者应该能够：

- 描述电子行业的通用术语。
- 简要描述工程师设计和测试新电路的流程。
- 说明公司的垂直架构和水平架构的差别。
- 引用一个例子说明技术人员服务系统工作时所需要的技能。
- 讨论拥有特别领域资格证书的优势。

电子行业见证了技术革命带来的进步，尤其是在半导体方面。这些进步改变了电路开发、制造和修理的方方面面。电路[⊖]是针对所需要的结果而实现的电子元器件之间的相互连接，相比过去，现在的电路更紧凑、更可靠。现今的工程师在工作站上用电路设计软件设计新的电路。软件对电路性能进行仿真，寻找可能存在的问题（如时序问题、热噪声问题等）。计算机仿真使用最小花费实现了电路的优化。一旦仿真结果符合了最初的设计要求，计算机将自动在印制电路板上完成布线并提供完整电路清单，此后，在 48 小时或更少的时间内，即可由专门的公司制造完成样机的印制电路板。接着工程师进行样机电路的测试、修改设计或者通过其他团队的量产认证。

除了计算机辅助设计和仿真外，近年来，电子公司的关注度已经从产品设计生产的垂

⊖ 所有黑体字都可在书后的术语表中查询到。

直架构(从原材料到成品只在一家公司完成)转向**水平架构**的组织结构,所谓水平架构指的是公司的决策是分散的,但是更专业。公司不再提供与公司专业不直接相关的资源。具有水平架构的公司的一个重要方面是许多小型企业涉及生产最终产品的各个中间件,专业制造公司负责集成各中间件。而这些小型化的专业公司一般在地域上相对集中,目的是减少装运和仓储成本。某些产品的专门供应商和组装公司还会选择在其他的国家,因为那里的制造成本更低。因此,相当多的产品并不产自单一的国家或地区。

1.1.1 主要部门

电子行业中的公司有两个主要的部门:服务部门和制造部门。服务部门为所有制造部门和客户提供支持。制造部门的结构如图 1-1 所示,可见制造部门的基础是元器件和半导体制造商以及印制电路板制造商。系统制造商用最基本的元器件印制电路板集成系统。系统制造商(图 1-1 中下部区域)将元器件组装成完整的系统,这些制造商包括生产通信设备(含广播)、计算机、再生能源系统等的公司。

当代所有电子产品的制造过程都具有很高的自动化程度。组装过程涉及大量的集成电路和印制电路板。**集成电路**是一个复杂电路,它将电阻、晶体管和其他电子元器件互连在一起成为一个单独的部件,实现多个分立元器件连接后能够达到的功能。自动化生产的结果是使消费者能够买到更便宜的产品,

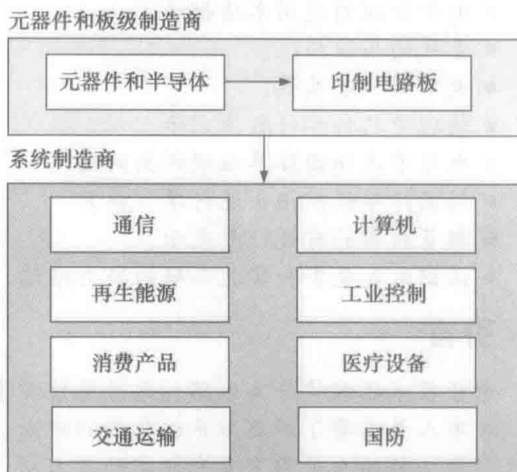


图 1-1 电子制造行业

而且产品在速度、可靠性和性能方面可得到持续的技术提升。

如前所述,产品可靠性的提升实现了产品服务阶段以故障诊断和维修为主到系统解决方法的转变。在服务部门,绝大多数的技术人员需要具备识别故障电路板、快速验证其错误并更换故障板的能力,对他们的技能要求远比过去传统维修工所需要的宽广。在制造部门,技术人员同样需要掌握可编程逻辑控制器(PLC)、计算机、机器人以及装配机械的使用,有技能的技术人员往往被要求能够把装配、维修、故障诊断和排查作为一个整体系统来考虑。这些工作通常涉及一门新的工程领域,称为“机械电子学”,即机械学和电子学有机结合的新学科。

令人吃惊的是,服务部门比制造部门提供了更多的就业岗位,虽然两个部门之间有重叠(制造工厂需要有维修机器的岗位),这是因为服务部门的工作对技能的要求更广泛。例如,针对太阳能电力系统的装配和维修,技术人员必须具备电气、电子的系统知识,同时还要能运用电气和机械的知识对模块、连接件、过电流设备、接地设备、泵等进行装配,他(她)还必须能够能够对系统进行测试和故障诊断,以保证整个系统在电气和机械两方面的安全运行。

在制造行业工作的人都会和机器系统打交道,如食品制造业,公司通常会使用专门的机器对食材进行分类、称重、打包,这些机器由电子系统控制,图 1-2 所示是在食品行业中被广泛使用的测重秤,秤只是整个包装系统的一个设备,连接这台秤的还有其他的子设备,它们会将从秤上得到的数据送给计算机,让计算机去判断数值是否在设定范围之内。如果包装尺寸发生变化,那么技术人员需要重新设定控制器可接受的参数范围。

服务部门也同样需要具有电子技术技能的员工以从事多种不同的工作,包括安装和修