

HZ BOOKS

电子工程丛书

(第2版)

电子电路 原理

PRINCIPLES OF
ELECTRONIC CIRCUITS
(Second Edition)

(美) Stanley G. Burns Paul R. Bond 著
董平 陈梦 黄汝激 译

上册



机械工业出版社
China Machine Press

PWS Publishing Company

电子工程丛书

电子电路原理

(第2版)

上册

(美) Stanley G. Burns Paul R. Bond 著
董平 陈梦 黄汝激 译
黄汝激 审校



机械工业出版社
China Machine Press

本书是电气、电子、自动化或计算机等本科专业电子电路原理课程的教材。全书分上、下两册共四篇。上册包括：第一篇，介绍各种半导体器件与基本电路；第二篇，介绍各种线性模拟电路。下册包括：第三篇，介绍各种数字电路；第四篇，介绍半导体器件制造工艺。

本书全面采用 SPICE 程序工具，反映有关的最新技术。它含有大量的电子电路分析与设计实例、丰富的例题习题、详尽的图表资料，内容较新，讲解透彻，编排灵活，是广大师生的优秀教材，也可供有关学科的技术人员自学或参考。

Stanley G. Burns Paul R. Bond; PRINCIPLES OF ELECTRONIC CIRCUITS, Second Edition.

Original edition copyright © 1997 by PWS Publishing Company, a division of International Thomson Publishing Inc.

All rights reserved.

本书中文简体字版由美国 Thomson 公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

本书版权登记号：图字：01-1999-2358

图书在版编目(CIP)数据

电子电路原理(上)/(美)彭斯(Burns, S. G.), 邦德(Bond, P. R.)著;
董平等译. —北京:机械工业出版社, 2001. 4

(电子工程丛书)

书名原文: Principles of Electronic Circuits, Second Edition.

ISBN 7-111-07586-2/TP. 1214

I. 电… II. ①彭… ②邦… ③董… III. 电路—原理

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: 翟 谦 李 端

北京市昌平环球印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年4月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·36印张

印数: 0 001~5000册

定价: 49元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换

译者序

“电子电路”是研究各种电子器件(主要是半导体器件)的性能及其组成的电路(主要是集成电路)与应用的学科。它是电气与电子(特别是信息)科学技术的一个基础。“电子电路原理”或“电子技术基础”是电子、电气、计算机与自动化等工程类各专业的一门技术基础课。

由美国衣阿华州立大学 Stanley G. Burns 和 Paul R. Bond 教授合著的《电子电路原理》(第 2 版)是美国大学本科的一本内容较新、形式很适合于教学工作的新教材。它的第 1 版曾被美国 40 多所工科大学使用过。第 2 版对第 1 版的内容与编排作了较大修改(超过 80%),反映了最新技术与教学趋势,可为面向 21 世纪的学生提供电子电路方面的基本知识,因此值得译成中译本。

中译文《电子电路原理》(第 2 版)共分四篇上、下两册。上册主要是模拟电路部分,包括:第一篇介绍各种半导体器件与基本电路,第二篇介绍各种线性模拟电路。下册主要是数字电路部分,包括:第三篇介绍各种数字电路,第四篇介绍各种半导体元器件的制造工艺,附录 A~F 介绍符号表、物理常数与换算系数、数制和布尔代数、SPICE 程序、二端口网络模型与习题答案。它可供我国大专院校电气、电子、计算机与自动化等专业的有关课程的教师和学生选作教材或教学参考书,也可供有关学科方面的科技人员自学或参考。

本书特点:(1)叙述由浅入深,从简到繁,论证严谨,系统性强,便于阅读。(2)器件与电路的理论分析紧密联系了它们的现代制造工艺实际情况,电路分析紧密结合了电路设计,并全面采用 SPICE 程序作为分析与设计的工具,便于实际应用。(3)每章节中除了一些带有求解过程的例题外,还有带有答案的简单的课堂练习题以及对关键内容进行澄清与扩展的注释;每节末有检验学生听课效果的检验题;每章前有“本章重要概念”,后有总结、检查问题、大量习题、参考文献和推荐读物,便于学生学习和教师进行教学工作。(4)本书第一篇是公共基础,其余三篇相对独立,可以灵活编排使用,以供不同专业不同学时课程的教学需要(参考前言)。

为了保持原书的风貌,在翻译中对不符合我国新国家标准的图形符号和文字符号未予改正。为了有助于贯彻国家标准,中译本中凡第一次出现与国家标准不一致的均作了译注。

本书上册由北京科技大学自动化系的黄汝激教授、董平副教授和陈梦讲师翻译(黄汝激译第 2、3 章,陈梦译第 4、5、12 章,董平译第 1、6、7、8、9、10、11 章);下册由黄汝激教授翻译。全书译稿内容由黄汝激教授审阅并校正。限于水平,译稿中难免有不妥和错误之处,欢迎读者批评指正。

译者

2001 年 1 月

于北京科技大学

前 言

《电子电路原理》(第2版)为电气或计算机工程专业本科二年级和三年级学生的入门教材。本书第2版与第1版相比在编排与内容方面有明显的改进,以反映最新技术与教学趋势并为面向21世纪的学生提供电子电路方面的基本知识。

本版本的新颖之处

本书的第1版已在40多所工科大学使用过。第2版的原稿已由几百名学生和教授试用过。第2版与第1版相比修改之处超过80%,在内容与教学法方面都有变动。

编排 第2版内容分为四篇,由18章构成,便于根据电气工程和计算机工程课程的不同授课安排进行调整。

1000多个分析与设计习题 选择的习题答案在附录F中给出。

综合利用 SPICE 程序 特别要注意的是在本书中一直综合利用 SPICE 程序并强调有关 MOS 晶体管电路的分析与设计。SPICE 程序的使用包括 SPICE 模型的推导和证明以及将 SPICE 模型并入一些带注释的分析与设计例子中。由 SPICE 得出的结果将与由分析方法得出的结果进行比较。

CD 与其他辅助资料 第2版包括一张含有一套电子工具的 CD-ROM,该 CD-ROM 附在本书下册的后面。CD-ROM 包含:

- 由 Micro Sim 公司出版的以 Windows[®](视窗)为基础进行计算机运算的 pspice[®]计算版本[⊖]。
- 所有在本书中列出的 SPICE 程序清单的电子拷贝,以及一些额外的能说明重要概念的拷贝。
- 节选自 Burns/Bond SPICE 文件的采样电子学工作台(Sample Electronics Workbench)电路模型,与电子学 Workbench[®](工作台)学生版本一起使用。(该学生版本可由 PWS 公司得到)
- 幻灯片(Quicktime[®]/视窗电影录像带)和用于视窗的电子学工作台软件的演示版本。
- 节选 Burns/Bond 课本说明的 Acrobat[®]投影胶片(提供有适于 Macintosh 与 Windows 计算机的 Acrobat 读者)。可用于教师在课堂上显示课本中的说明,或者作为学生在家上机的学习助于。

特点

当代电子电路分析与设计使用 CAD 工具,特别是 SPICE 软件。在本书中,基于 SPICE 程序的解综合贯穿于本教材中,SPICE 模型应用于第3章中的二极管、第4章中的双极型晶体管和第5章中的场效应管。把 SPICE 程序得出的解与近似的“计算器得出的”代数解进行了比较,这样

⊖ Windows 为 Microsoft 公司的注册商标,Electronics Workbench 为 Interactire Image Technologies 公司的注册商标,Acrobat 为 Adobe Systems 公司的注册商标,Quicktime 为 Apple Computer 公司的注册商标,PSICE 为 Microsim 公司的商标

可对电子电路特性有深入了解。几乎所有的 SPICE 程序版本使用相同的模型和句法,尽管在某些地方,尤其是在输出格式和使用者方便方面有差异。本书中列出的 SPICE 程序清单是以 PSPICE[®]为基础的,没有使用图形输入。作者相信学生能自己写出电路的程序清单,尽管图形输入比较机械,易于使用。附录 D 提供了用于书写程序清单的 SPICE 句法和格式。

为了与在技术文献中普遍混合使用的 CGS($\text{cm}\cdot\text{g}\cdot\text{s}$),MKS($\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}$)单位和英制单位保持一致,我们将使用这些混合单位惯例,必要时会对两者的换算予以注释。主要的单位换算系数列于附录 B 中。

大量经过筛选的习题列于每章的末尾处。这些习题分为分析题和设计题,有些题需要使用 SPICE 程序。

每章的末尾提供有参考文献和推荐读物。附录 A 列出了符号表。本书中所选的厂家数据表使得教师布置设计问题更为容易。

概述和编排

第 2 版的重点和编排适用于各种课程表。书中所要讲述的内容编排成四部分。第 1 篇“半导体器件与基本电路”,由第 1 章至第 5 章构成;第 2 篇“线性电子电路”,由第 6 章至第 12 章构成;第 3 篇“数字电路”,由第 13 章至第 17 章构成;第 4 篇“半导体工艺”仅包含一章即第 18 章“基本制造工艺和器件约束”。我们在下面即将介绍的图 1 至图 4 说明了如何根据各学期教学计划来编排各章内容。

书中假设本科二年级工程与物理系学生已具备了基本的微积分和物理学基础知识,以及利用基尔霍夫定律求解交流与直流电路的技能,其中几个重要电路概念在第 1 章中作了复习。第 1 章“电子电路基础”,复习基本电路分析方法并概述作为系统构造单元的运算放大器。第 2 章简要概述半导体器件物理学,以使学生对本书中使用的器件模型的有效性有深入的理解。对那些有更正式的固体物理课程的学生来讲,第 2 章可以作为参考内容。我们假设学生可以接触到计算机并有上机操作知识,因为本书一直要用 SPICE 程序辅助对电子电路的分析和设计。

鉴于大多数大学中专设一门课程讲解数字系统,该课程会介绍数制、布尔代数、时序逻辑理论和逻辑化简,况且这一些内容对我们的学习目的来说不是必需的,因此,本书不专设章节来讨论这些内容。在第 3 篇的第 13 章至第 15 章中归纳了一些重要术语,因为这些术语对于那些从前没有接触过这些内容的学生来讲是必需弄懂的。在附录 C 中汇集了数制和布尔代数的内容。

微处理器已成为几乎所有电子系统的中心。几乎所有的电子系统确实都很“聪明”,也就是说系统中包含了微处理器与关联的逻辑和存储器电路。我们不对微处理器的内部结构或特性作深入讨论,因为这些内容应有一门单独的课程来研究。不过,在第 15 章和第 16 章中讲到有关系统设计和系统总线接口时,我们对微处理器已有初步讨论。

课程内容编排

两学期编排 本书可以适应几种课程表,如图 1 至图 4 所示。图 1 表明本书用于两学期,而每学期三个学分的顺序。大多数学校也会把实验成绩作为每学期的一个附加学分。第一学期从第 1 章“电子电路基础”开始。根据学生的基础和兴趣,第 2 章“半导体介绍”的内容可以

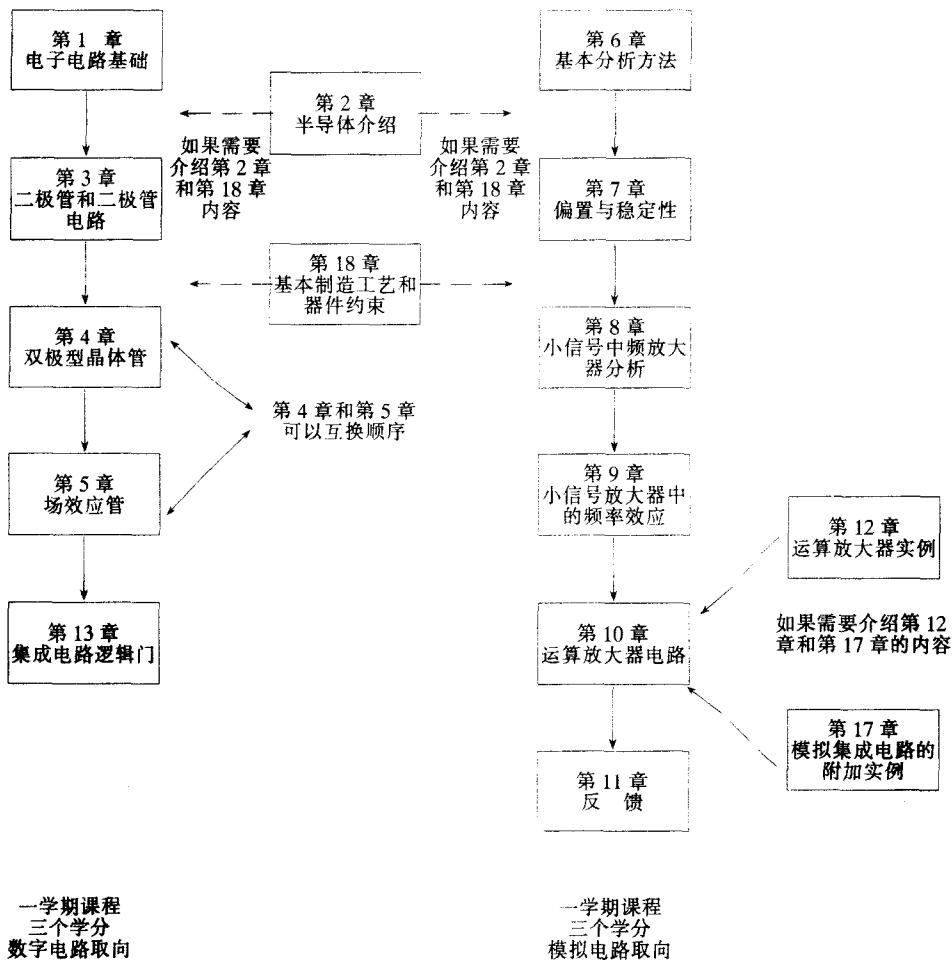


图1 两学期课程内容编排

作为任选。第2章介绍电子的两种主要运动方式即漂移与扩散,并对半导体材料和器件具有重要意义的基本概念和定义加以概述。很可能大多数学生在物理课或高级半导体课程中将更深入地学习这些内容,然而第2章中的内容仍是适宜的。

课程的重点始于第3章“半导体二极管和二极管电路”。该章介绍了半导体器件的pn结理论、pn结特性、模型以及节选的有代表性的二极管电路的应用。二极管的应用包括电源整流器电路和在集成电路中经常作为子系统的各种信号调整与开关电路。该章还介绍了一种适用于二极管的SPICE模型关用在一些例子中,第4章“双极型晶体管”介绍了双极型晶体管的原理,推导出了截止区、放大区和饱和区模型,并对有代表性的电路组态作了讨论,介绍了一种SPICE模型并应用在一些例子中,同时讨论了温度效应、内部结电容和开关速度以便理解器件结构的局限性。同样,第5章“场效应管”介绍了MOS场效应管和结型场效应管的工作、模型、SPICE模型和电路组态(接法)。尽管了解结型场效应管的工作有助于理解金属-半导体场效应管,限于课时也可以删掉结型场效应管的学习内容。本章强调叙述了CMOS门的传输特性。有些教师在教学时可能会互换第4章和第5章的次序,即使这么做也仍可保持书中内容的连续性和清晰性。

因为本课程两学期教学的第一学期重点是数字电路,所以我们以第三篇“数字电路”中第13章“集成电路逻辑门”作为第一学期学习的结束。第13章对各种数字集成电路系列作了研究和比较,重点是CMOS,尽管对CMOS、TTL和ECL都作了一些详尽的讨论,以便使学生对有源电路分析有所体验并使学生熟悉端口特性和厂家数据表。本章对扇出和噪声容限以及3态总线和开路式集电极(漏极)接法均作了讨论。器件性能,受到所有制造工艺的约束,因此第4篇“半导体工艺”的第18章“基本制造工艺和器件约束”可以作为参考文献使用,以便对集成电路的设计与制造有所深入了解。通常第18章内容被包括在电子材料与器件的更高级理论和实验课程中。

第二学期学习第2篇“线性电路”。该篇的重点是线性电子电路的分析、设计和应用。我们从第6章“基本分析方法”开始。该章的内容包括:运算放大器的技术指标、运算放大器的简化SPICE模型、用Bode图表示的网络频率特性和一般反馈的定义和概念。第7章“偏置与稳定性”讨论双极型晶体管和场效应管电路的偏置与直流稳定性。该章介绍了电流源,特别强调了简单的以及Widlar和Wilson拓扑结构的电流源,它们都是集成电路的主要偏置单元。第8章“小信号中频放大器分析”使用混合 π 模型和其它模型分析与频率无关的双极型晶体管放大器、场效应管放大器和BiMOS管放大器。其中应用了第7章讲过的偏置概念,并使用了SPICE程序仿真来说明许多放大器实例。第9章“小信号放大器中的频率效应”讲述了高频和低频条件下的双极型晶体管放大器MOS放大器和BiCMOS放大器的设计与分析,并广泛使用了第6章讲过的Bode图,以及用SPICE软件进行复杂的代数计算。第10章“运算放大电路”介绍发射极耦合对和源极耦合对(第7章讲过的电流源作为它们的有源负载)以及A类、B类和AB类功率输出级的分析和设计,这些不同内部拓扑结构的运算放大器的端口特性已在第1章中讲过。尽管反馈概念曾在第1章使用并在第6章定义过,但反馈理论及其在电路中的应用在第11章“反馈”作了更全面的介绍。其中包括负反馈,它不仅应用于单级和多级放大器,而且应用于运算放大电路内部和以运算放大器为基础的系统;采用Bode图方法介绍稳定性分析;对振荡器的概述说明了稳定性和正反馈的应用。教师可以减少第11章的讲授内容而选用第12章“运算放大器的实例”中的某些内容,该章将前面几章讲过的基本构造单元电路结合应用到基于CA3096晶体管阵列的运算放大器的设计中。之后将这些分析结果应用到 μ A741双极型晶体管运算放大器和CA3140BiMOS运算放大器。如果课时允许,其他任选电路和应用,包括在第17章“模拟集成电路的附加实例”中介绍的调压器、模拟乘法器和锁相环,可以编排在课程表中。

一学期编排

如图2所示,本书可以用于四个或五个学分,供一学期使用的电子学课程。仍假设可将实验学分作为附加分。该课程对第3章至第8章内容作深入探讨。与两学期编排顺序一样,第1章对以前所学电路课程进行复习。第4章和第5章如同在两学期课程编排中那样可以互换。第2章和第18章内容由教师决定取舍。例如,可以删除第5章中的结型场效应管的内容,而第9章、第10章和第13章中的内容基本上可以全选;可是,第9章中的低频效应和第10章中的结型场效应管源极耦合对内容可以略去。同样,教师可以将重点放在第13章中的CMOS逻辑门电路上而对其它逻辑门电路系列可一带而过。第6章中有关反馈的讨论可由第11章中更详尽的分析而扩大。对第9、10、11和13章中内容涉及的深度和广度取决于该课程

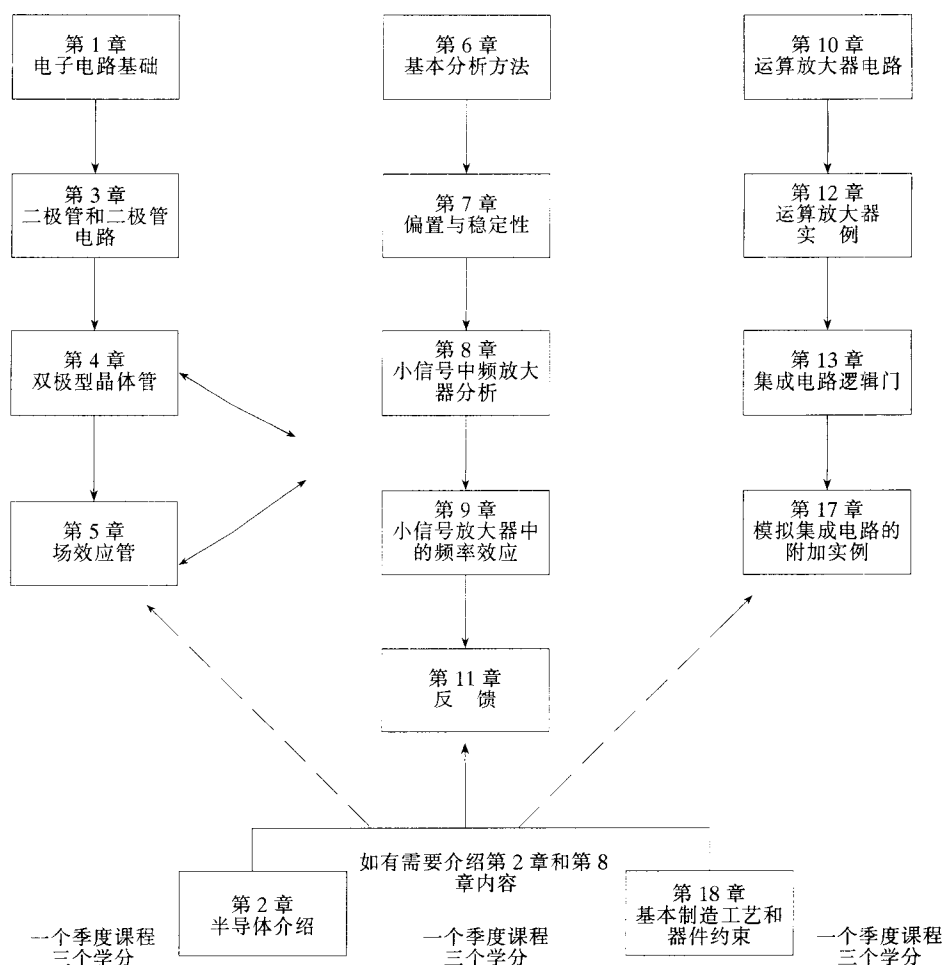


图3 三个季度课程内容编排

之后转入第13章“集成电路逻辑门”。第14章“小数字子系统”介绍节选的中等规模集成(MSI)电路的结构,包括组合逻辑电路与时序逻辑电路。应用实例包括并行与串行数据传输系统。半导体存储器在第15章中讨论,出发点是它们在微处理器中的应用,并通过只读存储器(ROM)、静态随机存取存储器(RAM)、动态随机存取存储器(DRAM)和电可改写可程序型只读存储器(EEPROM)结构的例子说明了当前的VLSI工艺,其中的重点是MOS工艺。另外也讨论了用于直接光学图像处理的电荷耦合器件(CCD)。此时介绍一些第18章的内容是有益的。模-数(A/D)和数-模(D/A)转换技术在第16章中讲述,该章还介绍了比较器的应用。

我们相信所有电子学课程都应包括重要的实验,因为这样可以综合学生的分析知识基础、计算机模型与仿真工具和实验设计与测量试验能力。

谢言

我们非常感谢使用本书第1版和试用第2版原稿的学生与教师提出许多宝贵的评论和建议。我们还要特别感谢退休教授 Thomas M. Scott,他详细阅读了原稿,提供教学方面的反馈

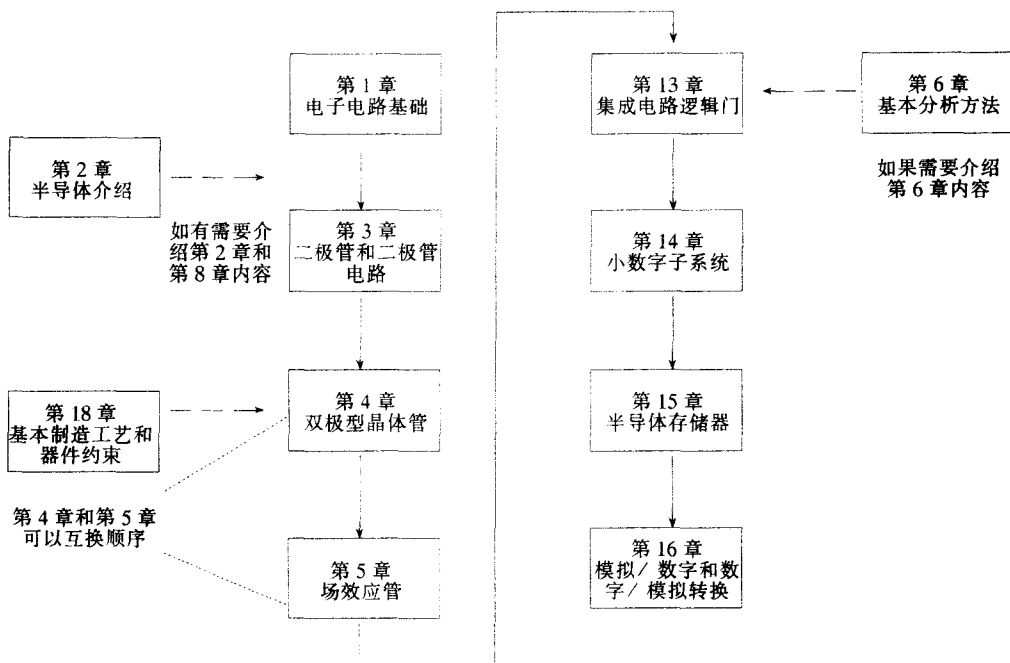


图4 以数字电路为重点的一个学期课程内容编排

意见并整理答案手册。

我们也在感谢下列评论者为改进本书所作的评论：

Professor Mary R. Anderson	Arizona State University
Professor Ronald L. Carter	University of Texas at Arlington
Professor Roy H. Cornely	New Jersey Institute of Technology
Professor W. T. Easter	North Carolina State University
Professor Mahmoud El Nokali	University of Pittsburgh
Professor B. J. Farbrother	Rose-Hulman Institute of Technology
Professor Robert D. Hatch	Lawrence Technological University
Professor Ted Higman	University of Minnesota
Professor Marian K. Kazimierczuk	Wright State University
Professor Mohan Krishnan	University of Detroit, Meroy
Professor Satish M. Mahajan	Tennessee Technological University
Professor David H. Navon	University of Massachusetts, Amherst
Dr. V. Rajaravivarma	North Carolina A&T State University

当然,不用说我们的夫人 Janice Burns 和 Donna Bond, 给予我们的工作极大的支持并热切盼望本书能及时圆满完成和早日出版。

Stanley G. Burns 和 Paul R. Bond

致 学 生

本书的目的是向电气和计算机工程的学生介绍电子电路的广泛范围——既有分立电路也有集成电路,既有模拟电路也有数字电路。我们的意图是开发学生系统地分析和设计各种电子电路的能力,具体措施是指导学生分析和设计各种从简单到复杂、从经典到现代的电路实例。

我们的步骤是首先介绍适度的物理概念,以使学生对半导体结的特性有所了解;之后解释半导体器件(如:二极管、双极型晶体管和场效应管)的模型,重点是从实际电路的角度研究器件模型的特性,其目的是使学生了解用于各种器件的模型精度及其有效应用范围。

本书分为四篇,第1篇“半导体器件与基本电路”;第2篇“线性电子电路”;第3篇“数字电路”;第4篇“半导体工艺”。第1篇之后,其他几篇可以任何顺序进行学习。

你必须已学过线性电路分析入门课程,已掌握基尔霍夫电流与电压定律,并具有简单微积分等数学基础;你还应该熟悉计算机电路仿真程序,如 SPICE 程序。对于第三篇的学习,如果你已经接触过逻辑系统和二进制数制将会是有所帮助的。

我们希望能培养你解决问题的能力。教育研究人员懂得,解决问题的能力不一定仅从常规地求解大量问题而获得,而使用被证实了的解决问题的对策和方法可以大大地加速这种能力的培养。在本前言的后面部分我们将讨论学习技术资料 and 解决问题的有效办法。

你将会看到,当这种有效办法可以成立时,我们会喜欢做简化假设和快捷近似计算。这样做可以培养对电路性能的“感觉”。你也将会看到什么时候更为精确的计算机仿真更好。采用 SPICE 软件的电子电路计算机仿真在一些实例中被作为有力的分析工具。虽然可以得到应用“图形输入”的仿真程序,我们发现当学生第一次写输入文件时可以注意到许多细节。我们的例子显示典型的输入文件和模型语句。

你将会使用本书提供的 CD-ROM 中的某些资源(CD-ROM 内容的描述见前言)。

构筑你的研究和学习框架

你可能认为工科学学习很难。实话讲确实难!可是,困难的某些方面可能是由于不恰当的或不够有效的学习方法造成的。为了培养良好的学习习惯,你可能需要在学习中增加学习构架和纪律概念。你可能会从使用正规的学习方法受益,因为这种方法能极大地增加你的学习效率。为改善你的研究和学习,你可以试试以下的方法:阅读、笔记、解题和评定你自己学到的东西。可是最终你必须确定哪种方法对你有效。如果你解决了培养很有力的学习方法这一问题,那么你在成为工程师——问题解决者的路上已迈出了第一步。

下面概述的学习方法不全都是我们自己的,而是对众多作者和教育家对学生学习经验的

总结,在此我们感谢他们所做的贡献。在由 Stice^①编写的书中我们可以发现有关有效的教与学的新见识。

阅读:SQ3R 方法

阅读课本以求理解的过程与阅读小说以求娱乐的过程是不同的。一般人在阅读小说时通常不会先浏览一下小说以获得关键要点,并跳至书末找出结局如何,之后再回过头来补读空白点。这种方法会使阅读小说的目的变得毫无意义。可是,当你阅读的是教科书时,这正是你应该采用的方法,这样可以使你的理解和记忆的潜能最大程度地发挥出来。一种已被证实的能极其有效地改善对教科书的阅读理解(因此也可以提高学习成绩)的正规步骤是 SQ3R 方法,此方法是由 Francis Robinson^②发明的。符号 S-Q-R-R-R 代表 Survey(浏览)Question(问题)/Read(阅读)Recite(详述)和 Review(复习)。下面讨论这五个步骤。

浏览 在开始详细阅读之前先浏览一下阅读任务。此时仅阅读文章标题、插图说明和各章的总结。另外应注意有强调标记的内容和其他表示主题思想的重点。你应该对阅读任务有个总的展望,这样在阅读前你会知道你的目的是什么。

问题 通过你对每一章节阐述想要提问和回答的问题将阅读任务(作业)分解成易处理的小部分,使用各章节的标题、插图说明等等作为指向来就阅读内容提出问题。问题需尽可能具体和明确。可以题纲形式草草地记下问题并为以后要书写答案留出空间。这个步骤的意图是开创一个构架以便将你在阅读时学到的详细东西保存起来(记下来)。本书留出了充足的页边为笔记和写问题提供空间。你应该充分地使用这些页边^③。

阅读 通过浏览和提问题已为你吸取新知识做好了准备。下一步是详细阅读。每次阅读一小段内容。如果所读的内容在第一次阅读后感觉困难或者混淆,不要继续往下读了,而要回头重新阅读这部分内容,每次可能只读一段或两段。

详述 在你读完一节,停一下并详述你已读过的内容,设法回答你自己提出的问题,并在你的提纲上记笔记。如果你起初的问题不完整,可提出(和回答)更多的问题。只有在你能以自己的语言归纳出中心思想之后才能继续阅读下一节内容。

对每一节都要重复问题、阅读和详述,直到你已经完成了阅读任务。

复习 在你已读完全部阅读任务后,再将其浏览一下,复习一下笔记,并再次提出和回答问题。设法以教科书中没有讨论过的方式来应用阅读内容。如果可能,与同伴一起学习并互相就阅读内容提问。

在电子电路课程中,有时就某一特殊题目或章节要花几课时才能讲完全部内容,这样你也不必在一次自学时间内读完整个内容。事实上,用几个较短的自学时间来完成一章或一节的阅读对你来讲可能是最佳方案,这会给你机会更频繁地考虑和复习阅读内容。

我们将本书编排得易于使用 SQ3R 方法。在每一章的开头,引语提供了该章的概述和全面展望,分别在章首和章末列出了每章的重要概念和检查问题以指导你的阅读;可是,我们鼓

① Stice, J. E., *Developing Critical Thinking and Problem-Solving Abilities*, New Directions for Teaching and Learning, No.30, San Francisco: Jossey-Bass, June 1987.

② Robinson, F. P., *Effective Behavior*, New York: Harper & Row, 1941.

③ 中译本没有采用这种排版形式。

励你实施你自己的浏览以及提出你自己的问题。本书列举了许多示意图、电路图、曲线图和图表,它们均与本书密不可分。方程式和图表均系统地编号,故一旦推导出来,可以在全书的任何地方很容易地注明位置。

CHECKUP(检验)插在每节的末尾以提醒你对所学内容进行详述。这个机会可以用来回答你自己提出的问题和我们整理出的一些短小问题。这也是完成你的提纲的机会。另外,书中的新名词以下加注黑点印刷,定义以及重要概念加有注。在每章的结尾,有该章的总结和习题供你浏览和做复习练习。

笔记

你在课堂上做笔记的任务与法庭速记员做记录的任务有极大的区别。速记员必须记录下法庭上所讲的每一句话。你的目标是捕捉课堂上教师所讲的主题思想,所做的笔记要足够准确和编排合理以便今后它可以成为学习的助手。有效做笔记的一些简单提示为:

课前做好准备 课前要完成教师分派的阅读任务并将你的 SQ3R 笔记带在身上。当教师讨论使你感到迷惑的话题时,应向教师提问,并将教师给出的答案记在提纲处。

设想你在为你最好的朋友做笔记,因为你的朋友无法来上课 你的目的是为你朋友提供一份编排合理的笔记,它记录下课堂上的重点。你的课堂笔记可以成为你的 SQ3R 笔记的补充。

注意听重点词 因为它预兆中心思想(三个主要原因为……),一种另外的解释(换句话说……),一个总结性语句(最后我们可以说……),或者语句方向改变(反之……)。

不要假设教师会在黑板上写出所有你希望知道的东西 阅读书上所写的每个字并注意听教师所说的每一句话;但你在做笔记时要有所选择。

课后(但应在下节课之前)将你的 SQ3R 笔记和课堂笔记重写成一个单一的、编排合理的单元 这是另一次复习所学内容并巩固你对所学内容理解的机会。

培养解决问题能力

在我们讨论如何成为更好的解决问题者之前,我们应该先确定什么叫解决问题。以下定义由 D. R. Woods^①提出并适合我们在此使用:“解决问题是对一个新问题获得满意解决的过程,或至少这一问题的解决者以前没有见到过”。该定义的含义是解决问题绝不是仅仅照着书本上的例子做家庭作业,真正的解决问题是要求我们使用已有的知识对论据与原理的理解,以及应用这些论据与原理的能力和领悟新情况的理解力。有了这些我们就能解决新问题,尽管这些问题我们不能一下子就看出解决办法。

解决问题的一个重要环节是遵循一个有机的对策。我们在此概述由 Polya^②发明而由 Woods 改良的对策。开始时重要的是密切注意每一个步骤,之后当你变得更有经验和成功时,你将能培养自己对对策的改变。但是就目前而言,当你在解决问题时应设法遵循以下步骤:

定义 对实际问题进行定义。经常出现的情况是给出的或收集到的信息是不需要的、不正确的或是引入歧途的,这样就可能会分散你对真实问题的注意。

① Woods, O. R. et al., “Teaching Problem-Solving Skills,” *Engineering Education*, 66(3):238-243, December 1975.

② Polya, G., *How to Solve It*, 2nd Ed., Princeton: Princeton University Press, 1971.

想一下 在没有“熟悉”问题的情况下,不要急于得出结论。要认清问题的特征,对已知情况进行汇总和组织,画出示意图。想想涉及到了什么知识领域?你有足够的信息来解决问题吗?你以前解决过类似问题吗?

计划 流程图表示解决问题的过程。明确从哪儿开始?什么样的一些步骤可以得出解?问题能分解成易处理的一些小问题以便每次解决一个小问题吗?碰到困难时考虑其他可能的解题方案。

实施计划 遵循你的计划来解决问题。

回顾 你解决的是被提问的问题呢?还是解决了其他问题?你的解合理吗?你犯有任何数学方面的差错吗?检查答案的符号、小数点位置、移位位数等等是否正确。你是将解和答案以符合逻辑和可读的方式表达的吗?

本书中我们在大量的例子中始终包括逐步解决问题的步骤。

评价方法

评价是我们弄清楚在学习什么和学得如何这一过程。当我们想到评价时,通常想的是考试。可是,有几种其他评价方法我们能够(和应该)不断地采用以检测我们的学习。我们已改编了一段 Angelo^①的评价方法作为检测家庭作业习题的手段。下面概述这种方法。记住使用评价方法本身有助于加强学习。

有文字说明的问题解答 当你在解决问题时,得出正确答案是不够的!你还必须理解问题是如何解决的,以及这种解决方法如何能适应其他情况。有文字说明的问题解答能帮助你对此加以理解。其方法是在答案中加入详细的文字说明,对你所得答案的过程加以解释。重要的是你要清楚地说明你所采取的每一步骤以及为什么你作出了某些决策。当然,在你做家庭作业习题时参看例题是有好处的。可是,简单地将你的习题语句与例题语句加以比较,然后盲目地遵循例题中采用的解题步骤是不好的。

定向解释 一个工程师所面对的最困难的任务之一,是将高度技术性问题和特殊信息以日常语言加以表述使非技术人员(买主、顾客、朋友、父母等)能够理解。定向解释是一种你用自己的语言对某一特殊听众的特殊需要解释某种概念性东西的技巧。定向解释有助于培养你语言交流能力。此外,用你自己的语言来解释某种概念会有助于你获得对该概念更完整的理解。

学生出的测试问题 求解每章结尾的家庭作业习题的过程基本上是一种被动响应。这就是说,你一般只是回答习题中提出的问题,而不会将结论扩展至超出要求的范围。理想地讲,你的学习应包括更主动地提出有关问题和回答问题。提出你自己的测试问题的过程是一种有价值的手段,它使你收集到的许多论据编排得有条理并将其综合成为你自己创造的东西。之后你可以着手求解自己出的考题作为对教材内容的练习。这也是一个检查自己对教材内容中哪些方面尚未理解的机会。当你为自己出测试题时,实际上是为即将来临的考试做准备。你必须识别什么概念是最重要的,有关这些概念的知识是如何通过试题展现出来的,以及怎样能构成一个完整的问题解答。出好的测试问题是一项很困难的任务。如果你严肃地对待这些

① Angelo, T. A. and Cross, K. P., Classroom Assessment Techniques: A Handbook for College Teachers, 2nd Ed., San Francisco: Jossey-Bass, 1993.

练习,你会对所学内容有更深刻的理解并在实际考试时会取得优异成绩。

最后的话

古人云:“听到的,我会忘记;看到的,我可能会记住;经历过的,我终生不忘。”工科学生一般为直观的、感性的学习者。鉴于此,本书大量地用电路图、传输特性曲线、同步波形和计算机产生的图形来帮助你观察电子电路中正在发生什么过程。我们鼓励你积极地参与进去以便你能够体验电子学的激动人心之处,并将学到的知识应用到实际生活中并终生不忘。我们已尽了我们的全部可能来使你迈出坚实的第一步,其余的就靠你自己了。现在就伴随着我们对你成功的良好祝愿开始你的电子电路学习吧!

目 录

译者序	III
前言	IV
致学生	XI
第 1 篇 半导体器件与基本电路	1
第 1 章 电子电路基础	2
1.1 历史回顾	2
1.2 电子信号	5
1.3 放大概念	10
1.4 理想运算放大器	12
总结/检查问题/习题/	15
第 2 章 半导体介绍	20
2.1 固体中的带电粒子:漂移与迁移率	21
2.2 电导率	22
2.3 扩散	25
2.4 固体的能带理论概述	28
2.5 半导体材料	31
2.6 本征硅的性质	32
2.7 掺杂硅的性质	35
2.8 漂移与扩散的实验研究	39
总结/检查问题/习题/参考文献/推荐读物/	43
第 3 章 半导体二极管和二极管电路	50
3.1 平衡状态的 pn 结	52
3.2 外加偏压的 pn 结	56
3.3 二极管方程	60
3.4 实际二极管特性	61
3.5 负载线和分段线性二极管模型	65
3.6 动态电阻	68
3.7 整流电路	69
3.8 击穿(Zener)二极管稳压器	76
3.9 二极管波形整形电路	77
3.10 二极管逻辑(门)电路	81
3.11 二极管模拟开关	81
3.12 二极管电容和开关时间	83
3.13 金属-半导体结	86
3.14 光子二极管和微波二极管	87