



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 电子技术基础


数字部分（第五版）

华中科技大学电子技术课程组 编

主编 康华光

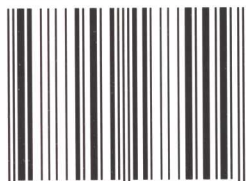
副主编 邹寿彬 秦臻



 高等教育出版社

电子技术基础 数字部分 (第五版)  
电子技术基础 数字部分 (第五版) 习题全解  
电子技术基础 数字部分 (第五版) 电子教案  
电子技术基础 (数字部分) 重点难点 题解指导 考研指南  
电子技术基础 模拟部分 (第五版)  
电子技术基础 模拟部分 (第五版) 习题全解  
电子技术基础 模拟部分 (第五版) 电子教案  
电子技术基础 (模拟部分) 重点难点 题解指导 考研指南

ISBN 7-04-017790-0



9 787040 177909 >

定价 39.90 元



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 电子技术基础

数字部分(第五版)

华中科技大学电子技术课程组编

主 编 康华光

副主编 邹寿彬

秦 臻

高等教育出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础. 数字部分/康华光主编; 华中科技大学  
大学电子技术课程组编. —5版. —北京: 高等教育出版  
社, 2006. 1

ISBN 7-04-017790-0

I. 电... II. ①康... ②华... III. ①电子技术-高  
等学校-教材②数字电路-电子技术-高等学校-教材  
IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第146108号

策划编辑 韩颖 责任编辑 李刚 封面设计 刘晓翔  
责任绘图 朱静 版式设计 王莹 责任校对 俞声佳  
责任印制 陈伟光

---

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000  
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 涿州市星河印刷有限公司  
开 本 787×960 1/16  
印 张 35.25  
字 数 660 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>  
版 次 1980年1月第1版  
2006年1月第5版  
印 次 2006年1月第1次印刷  
定 价 39.90元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究  
物料号 17790-00

# 初 版 序

本书是根据高等学校工科基础课电工、无线电类教材编写会议(1977年11月合肥会议)所制订的“电子技术基础”(电力类)教材编写大纲编写的。在编写过程中,我们力图以马列主义、毛泽东思想为指导,运用辩证唯物主义观点和方法来阐明本学科的规律。

“电子技术基础”是电力工程类各专业的一门技术基础课,它是研究各种半导体器件的性能、电路及其应用的学科。从本学科内容大的方面来划分,本书上、中两册属模拟电子技术,下册属数字电子技术;前者主要是讨论线性电路,后者则着重讨论脉冲数字电路。

教材中注意总结我们近年来的教学实践经验,加强了基础理论,如加强了半导体的物理基础和电路的基本分析方法;同时也注意吸取国内外的先进技术,如加强了线性集成电路和数字集成电路(包括中、大规模集成电路)的原理和应用,新增了电子电路的计算机辅助分析等内容。

在内容的安排上,注意贯彻从实际出发,由浅入深、由特殊到一般、从感性上升到理性等原则。通过各种半导体器件及其电路来阐明电子技术中的基本概念、基本原理和基本分析方法。对于基本的和常用的半导体电路(包括脉冲数字电路),除了作定性的分析外,还介绍了工程计算或设计方法。为了加深对课堂知识的理解,列举了若干电路实例,并配有一定数量的例题、思考题和习题。

在使用本教材时,请注意下列几点:

(1) 本课程是在学完普通物理学和电工原理的大部分内容之后开

设的，课程之间的相互配合和衔接非常重要。例如，在第一章用能带理论来解释半导体内两种载流子——电子和空穴的导电规律时，应以普通物理学中讲的固体能带理论为基础；又如在分析放大器时，既讨论了稳态分析(频域)，也介绍了瞬态分析(时域)，在“运算放大器”一章中，又有积分、微分电路以及其他应用，这些内容应以电工原理中的无源线性电路的瞬态分析为基础，只有配合得好，才能取得满意的效果。

(2) 本教材是按课程总学时数约 200(包括实验课等环节)而编写的，除了基本内容之外，还编入了部分较深入的内容，这些内容均在标题前注有星号(\*)或用小字排印，自成体系。不同专业可按学时多少，由教师灵活选择，也可供读者自学参考。

(3) 课程中各个教学环节的配合十分重要，除了课堂讲授外，还必须通过习题课和实验课等环节加以补充，有些内容可以把这几个环节有机地结合起来。对于实验课，必须予以高度重视，通过实验课，不仅可以验证理论，加深对理论知识的理解，更重要的是，可以学会电子测试技术，使理论紧密结合实践。

参加本书编写工作的有汤之璋(第一章)、陈婉儿(第一、二、九章)、陈大钦(第三、五、十章)、康华光(第四、十一章)、王岩(第六、七、十三章)、林家瑞(第六章)、邹寿彬(第八、十二章)、周劲青(第十一章)和江庚和(第十三章)等同志，最后由康华光同志定稿。在编写过程中，张瑾、朱立群、赵月怀、肖锡湘、杨华、石友惠、汪菊华、罗玉兰以及其他同志参加了许多工作，给予很大支持。

本书由南京工学院李士雄副教授主审，参加主审工作的还有江正战、张志明、衣承斌、陈黎明和丁康源等同志。

在武汉和南京举行的审稿会上，承西安交通大学沈尚贤教授、清华大学童诗白教授、浙江大学邓汉馨副教授、上海交通大学徐俊荣副教授以及重庆大学、山东工学院、沈阳机电学院、合肥工业大学、大连工学院、湖南大学、华南工学院、同济大学、哈尔滨工业大学、天津大学、太原工学院和昆明工学院等兄弟院校的教师代表对初稿进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵的意见。

在编写本书第八章(电子电路的计算机辅助分析)的过程中，承中国科学院湖北岩体土力学研究所计算机室协助解题。

对所有为本教材进行审阅并提出宝贵意见以及在编写出版过程中给予热情帮助和支持的同志们，我们在此一并表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，加之时间比较仓促，书中错误和不妥之处，在所难免，殷切希望使用本教材的师生及其他读者，给予批评指正。

编者  
1979年3月

## 第二版序

本书是在第一版的试用基础上，并按照高等工业学校《电子技术基础教学大纲》(草案)(四年制自动化类和电力类专业试用)，总结提高、修改增删而成的。主要做了下列几方面的工作；(1)从本课程的目的和任务出发，在保证打好基础的前提下，精选了内容，例如删去了“电子电路的计算机辅助分析”一章，适当精简了器件内部的物理过程、放大器的频率特性分析、分立元件电路以及设计方面的内容等，在篇幅上有较大的缩减；(2)删繁就简改写了第二、四、六章的大部分内容。同时，将第一版的第九、十章各分为两章，以利于教学；(3)增加了部分新内容，如集成运算放大器的应用电路，中规模数字集成电路等；(4)加强了电路分析方法，如用“虚短”的概念分析集成运算放大器的线性应用电路；在数字电路中，突出了组合逻辑与时序逻辑电路的分析方法；(5)近几年来，由于大规模集成电路的飞速发展，出现了微处理机对各个科学技术领域的渗透，为此，我们充实了“MOS数字集成电路”一章的内容；(6)重新整理并增删了各章所附的思考题和习题。此外，在编排上，把基本内容排大字，选讲内容排小字，自学参考内容既排小字，又带\*号。

本版各章基本上由原编者修订，参加的人员有汤之璋、康华光、陈婉儿、王岩、陈大钦、邹寿彬、朱立群等同志，全书由康华光同志定稿。在修订过程中，得到了汤之璋教授的帮助与指导，陈婉儿同志协助校阅了第一至第六章的书稿，肖锡湘、陈晓天、丘小云、石友惠、罗玉兰以及其他同志参加了许多工作。

本书由南京工学院李士雄教授主审，参加审阅工作的还有陈天授、



陈黎明、皇甫正贤、郑虎申等同志；在本书第一版的试用期间，承全国有关兄弟院校的师生寄来不少宝贵意见和建议，编者在此深表谢忱。

本版内容虽有所改进，但离教学要求尚有差距，恳请使用本教材的师生和其他读者予以批评指正，以便不断提高。

编者

1982年10月于武汉

## 第三版序

自本书第一版问世以来，已经历了近十年。在这期间，电子技术领域发生了迅猛而巨大的变化。新技术革命和教学改革的不深入，促使本教材不断改进完善，第三版现在与读者见面了。

新版是在第二版的基础上，经过改革试验、总结提高、修改增删而成的。在修订工作中，依照 1987 年经国家教委批准的《高等工业学校电子技术课程教学基本要求》，在保证基本教学内容的前提下，为适应电子技术不断发展的新形势和教学上的灵活性以及因材施教的需要，本版适当增加了部分加宽加深的选讲内容，具体考虑如下：

1. 新版在体系上作了较大的调整。在模拟部分中，将“模拟集成电路”一章的位置提前，以致有可能在“反馈放大器”以及后续各章中，均以模拟集成电路为对象进行讨论，这就形成了以模拟集成电路为主干的体系。数字部分则直接以小规模数字集成电路引路，逐步向中大规模集成电路深入，几乎大部分内容都纳入“组合逻辑”和“时序逻辑”两大类电路之中。

2. 在保证基本理论完整性的原则下，删去或精简了一些分立元件电路内容，增强了集成电路的应用，并引入模拟乘法器、开关电容滤波器、压控振荡器、锁相环、直流变换器、门阵列、算术逻辑单元、动态存储器、集成 A/D 与 D/A 转换器等新技术内容。

3. 为了开拓学生的知识广度，新增了“调制与解调”一章。

4. 本书数字部分的内容安排与讲述方法，注意到了与“微处理器基础”的密切联系，以利于压缩学时，提高教学效果。

5. 为了贯彻理论联系实际的原则，书中以不同的方式，安排了一定数量的电路实例，并注意阅读电子电路图和查阅电子器件手册的训练。

6. 教材正文与例题、习题紧密配合。例题是正文的补充。某些内容则有意地让读者通过习题来掌握，以调节教学节律，利于理解深化。

7. 在编排上，对于加宽加深的内容，均注有\*号，以便于教师选讲和读者自学参考。

本版仍沿用从模拟到数字的体系，若有需要，亦可按从数字到模拟的体系讲授，只需将模拟部分的“半导体二极管和三极管”一章移到数字部分之前讲授即可。

参加新版模拟部分修订工作的有汤之璋(第1章)、康华光(第1、2、6、7章)、王岩(第5、8、11章)和陈大钦(第3、4、8、9、10章及附录A)等同志。参加数字部分修订工作的有康华光(第1、2章)、邹寿彬(第3、4、7章)和赵德宝(第5、6章及附录A)等同志。康华光同志为主编，负责全书的组织和定稿。陈大钦和邹寿彬同志分别为模拟和数字部分的副主编，协助主编工作。在修订过程中，得到了汤之璋教授的支持与帮助。赵德宝、瞿安连、肖锡湘同志协助校订了模拟部分的原稿。陈大钦、瞿安连同志协助校订了数字部分的原稿。丁素芳、罗杰、杨晓安和汪菊华等同志绘制了全书的插图。教研室的其他同志也参加了部分工作。

本书由南京工学院李士雄教授主审，负责组织审稿工作的为衣承斌副教授，参加审阅的，模拟部分为衣承斌、陈黎明、陈天授副教授，李桂安讲师；数字部分为丁康源副教授，郑虎申、严振祥、皇甫正贤讲师。在第二版发行期间，承全国许多师生给我们以鼓励，寄来了不少宝贵意见和建议，编者谨此一并致以谢忱。

本版虽有所改进提高，但离教学改革的要求尚远。敬希读者予以批评指正。

编者

1987年8月于武昌华工园

## 第四版序

在电子技术日新月异的形势下，为了培养面向 21 世纪的电子技术人才，本书在第三版的基础上，经过教学改革与实践，对其内容作了较大的修改和更新，使之更符合电子信息时代的要求。在修订过程中，依照 1995 年教育部（原国家教委）颁发的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》，提出了如下的总思路：精选内容，推陈出新；讲清基本概念、基本电路的工作原理和基本分析方法。对主要的技术指标，采用工程近似方法进行计算，至于更全面的分析与设计则可借助 CAD 技术来实现。这将有利于读者开拓思路。具体考虑有如下几点：

1. 加强电子系统与信号的概念，为学习模拟电路和数字电路提供了引导性的背景知识。

2. 增加了部分新器件的内容，如砷化镓场效应管（MSFET）、VMOS 功率器件、BiCMOS 门电路、现场可编程逻辑器件（如 CPLD、FPGA）等，以适应新技术发展的需要。

3. 将三端有源器件（BJT、FET）的 6 种电路组态（共射、共集、共基和共源、共漏、共栅）归结为 3 种通用的电路组态，即反相电压放大器、电压跟随器和电流跟随器，这就有利于电子电路的分析与综合，也为学习和使用 BiFET 和 BiCMOS 等一类新型集成电路器件奠定了基础。

4. 根据当前教学上的需要与设备条件的可能性，模拟部分增设了“电子电路的计算机辅助分析与设计”一章；为电子电路仿真与设计作了引导性的介绍，并利用 PSPICE 软件解题；数字部分增设了“数字系统设计基础”一章，将硬件描述语言 ABEL 和 ISP Synario 软

件作为数字系统设计的入门性工具，并附有设计实例。

5. 为便于读者深入理解教材内容，加强了例题，其中部分电路具有实用性。同时也重编了具有启发意义的复习思考题和习题，并附有少量的 CAD 例题和习题供各校师生灵活选用。

参加本版模拟部分修订工作的有瞿安连(第1章)、康华光(第2、3、7章)、陈大钦(第4、5、8、9章)、王岩(第6、8、10章)、张林(第11章及附录)等同志。参加数字部分修订工作的有康华光(第1、2章及附录A、B、C、E、F、G)、邹寿彬(第3、4、5章)、杨华(第6、7章)、张林、李玲(第8章)、彭容修(第9、10章)、秦臻(第11章)、罗杰(附录D和第8章的部分内容)。康华光同志为主编，负责全书的策划、组织和定稿。陈大钦和邹寿彬同志分别为模拟部分和数字部分的副主编，协助主编工作。此外，杨华同志负责重编了模拟部分第2、3、7章的习题和第1章的校订工作；张林和罗杰二位同志协助有关各章的编者，完成了全书的 CAD 例题和习题的解答工作。

本书由东南大学衣承斌教授主审，参加审阅的，模拟部分为刘京南教授、李桂安副教授；数字部分为皇甫正贤教授、戴义宝副教授。第三版发行期间，承全国各兄弟院校师生给我们以鼓励，寄来了不少宝贵意见和建议，编者在此一并致以衷心的感谢。

编 者

1998年7月于武汉华中理工大学

# 第五版序

当代电子技术的迅速发展，为人们的文化、物质生活提供了优越的条件，数码摄像机、家庭影院、空调、电子计算机等，都是典型的电子技术应用实例，可谓琳琅满目、异彩纷呈。至于电子技术在科技领域的应用，更是起着龙头作用，例如通信工程、测控技术、空间科学等比比皆是。而计算机的普及，也为大学生们提供了良好的学习平台。

本版是在前版的基础上修订而成，在修订过程中，参考了教育部组织编写的《电子技术基础(A)课程基本要求》，提出了如下的思路：精选内容，推陈出新；讲清基本概念、基本电路的工作原理和基本分析方法。对于较简单的电路，可用手工的方法进行近似计算；对于较复杂的电路，则可利用计算机及相应的软件进行仿真分析和设计。具体考虑有如下几点：

1. 简述信号与电子系统的概念，为学习模拟电路和数字电路提供引导性的背景知识。
2. 由于微电子学与制造工艺的进步，特别是在数字电路中，与双极型器件的性能相比，MOS器件具有明显的优势。
3. 在模拟电路中增加了器件建模的内容，并利用SPICE软件对电路作具体的仿真分析与设计。在数字电路中增加了用Verilog语言建模的内容，借助Quartus II集成开发软件对电路进行仿真分析与设计。

现在，硬件与软件之间的界限越来越模糊，模拟电路或数字电路均属硬件，在利用软件对电路进行辅助设计时，不能轻视硬件，应

引导学生全面发展。

4. 重新改编了例题、复习思考题和习题，以便读者深入理解教材内容。SPICE 部分和 Verilog 语言部分的内容，供各院校师生灵活选用。

参加本版模拟部分修订工作的有张林(第 1、3、11 章及附录 A、B、C)、王岩(第 2、6、10 章)、杨华(第 4、7 章)、陈大钦(第 5、8、9 章)等。参加数字部分修订工作的有秦臻(第 1、3、4、10 章及附录 A、C、D)、罗杰(第 2 章及附录 B)、瞿安连(第 5、6 章)、张林(第 7 章)、彭容修(第 8、9 章)等。康华光为主编，负责全书的策划、组织和定稿。陈大钦、张林为模拟部分的副主编，邹寿彬、秦臻为数字部分的副主编，协助主编工作。此外，张林还完成了模拟电路的 SPICE 分析；罗杰还完成了数字电路的 Verilog 语言描述。

本书由哈尔滨工业大学蔡惟铮教授主审，参加模拟部分审阅的为王淑娟教授，数字部分审阅的为杨春玲教授，在此表示衷心的感谢。第四版发行期间，承全国各兄弟院校师生给我们以鼓励，寄来了不少宝贵意见和建议，编者在此一并致以谢忱。

**康华光**

2005 年 7 月于武汉华中科技大学

# 目 录

<b>1 数字逻辑概论</b> .....	1
1.1 数字电路与数字信号 .....	2
1.1.1 数字技术的发展及其应用 .....	2
1.1.2 数字集成电路的分类及特点 .....	4
1.1.3 模拟信号和数字信号 .....	7
1.1.4 数字信号的描述方法 .....	9
1.2 数制 .....	13
1.2.1 十进制 .....	13
1.2.2 二进制 .....	14
1.2.3 十-二进制之间的转换 .....	17
1.2.4 十六进制和八进制 .....	19
1.3 二进制数的算术运算 .....	21
1.3.1 无符号二进制数的算术运算 .....	21
1.3.2 带符号二进制数的减法运算 .....	23
1.4 二进制代码 .....	25
1.4.1 二-十进制码 .....	26
1.4.2 格雷码 .....	27
1.4.3 ASCII 码 .....	28
1.5 二值逻辑变量与基本逻辑运算 .....	29
1.6 逻辑函数及其表示方法 .....	33
小结 .....	35
习题 .....	36
<b>2 逻辑代数与硬件描述语言基础</b> .....	39
2.1 逻辑代数 .....	40



2.1.1	逻辑代数的基本定律和恒等式 .....	40
2.1.2	逻辑代数的基本规则 .....	41
2.1.3	逻辑函数的代数化简法 .....	42
2.2	逻辑函数的卡诺图化简法 .....	46
2.2.1	最小项的定义及其性质 .....	46
2.2.2	逻辑函数的最小项表达式 .....	47
2.2.3	用卡诺图表示逻辑函数 .....	48
2.2.4	用卡诺图化简逻辑函数 .....	52
2.3	硬件描述语言 Verilog HDL 基础 .....	56
2.3.1	Verilog 的基本语法规则 .....	57
2.3.2	变量的数据类型 .....	59
2.3.3	Verilog 程序的基本结构 .....	61
2.3.4	逻辑功能的仿真与测试 .....	63
小结	.....	64
习题	.....	64
<b>3</b>	<b>逻辑门电路</b> .....	<b>67</b>
3.1	MOS 逻辑门电路 .....	68
3.1.1	数字集成电路简介 .....	68
3.1.2	逻辑电路的一般特性 .....	70
3.1.3	MOS 开关及其等效电路 .....	75
3.1.4	CMOS 反相器 .....	76
3.1.5	CMOS 逻辑门电路 .....	79
3.1.6	CMOS 漏极开路门和三态输出门电路 .....	82
3.1.7	CMOS 传输门 .....	88
3.1.8	CMOS 逻辑门电路的技术参数 .....	90
3.1.9	NMOS 门电路 .....	91
3.2	TTL 逻辑门电路 .....	93
3.2.1	BJT 的开关特性 .....	93
3.2.2	基本 BJT 反相器的动态性能 .....	95
3.2.3	TTL 反相器的基本电路 .....	96
3.2.4	TTL 逻辑门电路 .....	97
3.2.5	集电极开路门和三态门电路 .....	98
3.2.6	BiCMOS 门电路 .....	99
3.2.7	改进型 TTL 门电路——抗饱和 TTL 电路 .....	100
*3.3	射极耦合逻辑门电路 .....	102
*3.4	砷化镓逻辑门电路 .....	105
3.5	逻辑描述中的几个问题 .....	107
3.5.1	正负逻辑问题 .....	107