



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

电子技术基础

模拟部分 (第四版)

华中理工大学电子学教研室编

康华光 主 编

陈大钦 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础：模拟部分/康华光主编；华中理工大学电子学教研室编。—4版。—北京：高等教育出版社，1999.6
高等学校教材
ISBN 7-04-007241-6

I. 电… II. ①康… ②华… III. ①电子技术-基础理论-高等学校-教材②模拟电路-高等学校-教材 IV. TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 31519 号

电子技术基础：模拟部分（第四版）
康华光 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009

电 话 010—64054588

传 真 010—64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 中国科学院印刷厂

纸张供应 山东高唐纸业集团总公司

版 次 1991年5月第1版

开 本 787×960 1/16

1999年6月第4版

印 张 34.5

印 次 1999年6月第1次印刷

字 数 620 000

定 价 35.60 元

凡购买高等教育出版社图书，如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

717
11-0

404382

内 容 简 介

本书是“九五”国家级重点教材，前版获国家级优秀教材特等奖及国家科技进步二等奖。为适应电子信息时代的新形势和培养跨世纪电子技术人才的迫切需要，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。精选了常规内容，增加了电子系统与信号的基本知识以及新器件、新技术方面的内容，其中包括应用 PSPICE 软件对电子电路进行分析与设计的新方法。改编了例题、复习思考题和习题，以便于教学。

本书分模拟和数字两部分出版。模拟部分包括：绪论（电子系统与信号）、半导体二极管及其基本电路、半导体三极管及放大电路基础、场效应管放大电路、功率放大电路、集成电路运算放大器、反馈放大电路、信号的运算与处理电路、信号产生电路、直流稳压电源和电子电路的计算机辅助分析与设计。数字部分包括：数字逻辑基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路的分析和设计、常用组合逻辑功能器件、触发器、时序逻辑电路的分析和设计、常用时序逻辑功能器件、存储器和可编程逻辑器件、脉冲的产生与整形、模数与数模转换器和数字系统的分析与设计。

本书经东南大学衣承斌教授主审。

本书可作为高等学校电气信息类（1998 年颁布的本科目录，包括原电气类、电子类等）专业“电子技术基础”课程的教材，亦可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

第四版序

在电子技术日新月异的形势下，为了培养跨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。对其主要的技术指标，采用工程近似方法进行计算。至于更全面的分析或设计，则可借助PSPICE^①软件来实现，这将有利于读者开拓思路。具体考虑如下：

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、现场可编程门阵列（FPGA）器件等，以适应新技术发展的需要。

3. 将三端有源器件（BJT、FET）的六种电路组态（共射、共集、共基和共源、共漏、共栅）归结为三种通用的电路组态，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；数字部分增设了数字系统的分析与设计一章，为电子电路的仿真与设计自动化作了入门性的介绍。

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。同时也改编了具有启发意义的复习思考题和习题，并附有少量的PSPICE例题及习题供各院校师生灵活选用。

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

^① 见附录A。

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章及附录A、B)、邹寿彬(第2、3、4、5章)、杨华(第6、7章)、李玲和张林(第8章)、彭容修(第9、10章)、秦臻和罗杰(第11章及附录C)。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,杨华同志负责改编模拟部分第2、3、7章的习题和第1章的校订工作;张林同志协助有关各章的编者,完成了PSPICE例题及习题的解答工作。

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,编者谨此一并致以衷心的感谢。

编 者

1998年8月于武汉华中理工大学

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

本书常用符号表

A 增益	D 扩散系数
a 整流元件的阳极（正极）	D 二极管
A_F 反馈放大电路的闭环增益	d 场效应管的漏极
A_V 电压增益	E 能量
A_I 电流增益	e 电子的电荷量
A_{VC} 共模电压增益	e BJT 的发射极，自然对数的底
A_{VD} 差模电压增益	\mathcal{E} 电场强度
A_{VO} 开环电压增益	F 反馈系数
A_{VF} 闭环电压增益	F_V 电压反馈系数
B 势垒	f 频率
b BJT 的基极	f_L 放大器的下限频率
BW 频谱宽度，带宽	f_H 放大器的上限频率
C 电容	f_T 特征频率
C_b 隔直电容（耦合电容）	f_α BJT 共基极截止频率
C_e 发射极旁路电容	G 电导
C_{bc} 基极-集电极电容	g 微变电导
C_{be} 基极-发射极电容	g_m 双口有源器件的互导（跨导）
C_B 势垒电容	g 场效应管的栅极
C_D 扩散电容	H 双口网络的混合参数
C_j 结电容	$h_{ie}, h_{re}, h_{fe}, h_{oe}$ BJT 共射接法的
C_F 反馈电容	h 参数
C_i 输入电容	I, i 电流
C_o 输出电容	I_s 信号源电流
C_L 负载电容	I_i 输入电流
c BJT 的集电极	I_o 输出电流
	I_{CC} 空载正电源电流

I_{DD} 空载漏电源电流	r 电阻 (交流电阻或动态电阻)
I_{EE} 空载负电源电流	r_{be} BJT 的输入电阻
I_L 负载电流	r_{ce} BJT 的输出电阻
I_{IB} 输入偏置电流	R_i 直流输入电阻
I_{IO} 输入失调电流	R_i 放大电路交流输入电阻
I_{OM} 最大输出电流	R_o 放大电路交流输出电阻
I_{OO} 输出失调电流	R_F 反馈电阻
I_{OS} 输出短路电流	S 面积
I_{REF} 参考电流 (基准电流)	S 开关
J 电流密度	s 复频率变量
K 热力学温度的单位 (开尔文)	s FET 的源极
k 玻耳兹曼常数	S/N 信噪比
k 整流元件的阴极 (负极)	S_R 转换速率
K_{CMR} 共模抑制比	T 温度 (热力学温度以 K 为单位, 摄氏温度用 $^{\circ}\text{C}$ 表示)
L 自感系数, 电感	T 双口有源器件 ^①
L 负载	T_r 变压器
l 长度	t 时间
M 互感系数	V, v 电压
N 电子型半导体	V_s 信号源电压
N 绕组匝数	V_i 输入电压
N_F 噪声系数	V_{th} 二极管、BJT 的门坎电压
P 功率	V_T 场效应管的开启电压
P 空穴型半导体	V_T 温度的电压当量
Q, q 电荷, 品质因数	V_P 场效应管的夹断电压
Q 静态工作点	V_{CC}, V_+ 正电源电压
R 电阻 (直流电阻或静态电阻)	V_{DD} 正电源电压
R_b, R_c, R_e BJT 的基极、集电极、发射极电阻	V_{EE}, V_- 负电源电压
R_g, R_d FET 的栅极、漏极电阻	V_{OO} 输出失调电压
R_s 信号源内阻	V_{REF} 参考电压 (基准电压)
R_L 负载电阻	$V_{(BR)CBO}$ 发射极开路, 集电极-基极反向击穿电压
R_p 电位器 (可变电阻)	

① 双口有源器件指半导体三极管、场效应管等。

$V_{(BR)EBO}$ 集电极开路, 发射极-基极反向击穿电压	系数	γ 稳压系数
$V_{(BR)CEO}$ 基极开路, 集电极-发射极反向击穿电压	η 效率	θ 整流元件的导电角
$V_{(BR)DS}, V_{(BR)GD}, V_{(BR)GS}$ 分别为漏源击穿电压、栅漏击穿电压和栅源击穿电压	μ BJT 的内部电压反馈系数	ρ 电阻率
X, x 电抗, 反馈电路中的信号量	σ 电导率	φ 相角
Y, y 导纳	ϕ 时钟脉冲	τ 时间常数
Z, z 阻抗	Ω 电阻的单位 (欧姆)	Ω, ω 角频率
α BJT 共基极接法的电流放大系数		
β BJT 共射极接法的电流放大		

在电路原理图中, 以 BJT 为例, 各电压和电流的符号规定如下表所示。

项 目	电源	静态值	交流或随时间变化的分量			总量 (直流+交流)
			瞬时值	有效值	相量	瞬时值
集电极电压	V_{CC}	V_C	v_c	V_c	\dot{V}_c	$v_C = V_C + v_c$
集电极电流	I_{CC}	I_C	i_c	I_c	\dot{I}_c	$i_C = I_C + i_c$
基极电压	V_{BB}	V_B	v_b	V_b	\dot{V}_b	$v_B = V_B + v_b$
基极电流	I_{BB}	I_B	i_b	I_b	\dot{I}_b	$i_B = I_B + i_b$
发射极电压	V_{EE}	V_E	v_e	V_e	\dot{V}_e	$v_E = V_E + v_e$
发射极电流	I_{EE}	I_E	i_e	I_e	\dot{I}_e	$i_E = I_E + i_e$

注: 在电子电路的交流通路和小信号等效电路中, 各元器件的电流、电压均标交流分量; 对于输入信号为正弦波的, 标为 \dot{V}_i 、 \dot{I}_b 等; 对于输入信号为非正弦波的, 而且电路在零输入时为零输出, 则标为 v_i 、 v_o 等; 对于输入为非正弦波信号, 而且在电路为零输入时非零输出, 则标为 Δv_i 、 Δv_o 等。

目 录

1 绪论	1
引言	1
1.1 电子系统与信号	1
1.1.1 电子系统	1
1.1.2 信号及其频谱	4
1.1.3 模拟信号和数字信号	7
1.2 放大电路的基本知识	10
1.2.1 模拟信号放大	11
1.2.2 放大电路模型	12
1.2.3 放大电路的主要性能指标	15
小结	23
习题	23
2 半导体二极管及其基本电路	26
引言	26
2.1 半导体的基本知识	26
2.1.1 半导体材料	26
2.1.2 半导体的共价键结构	27
2.1.3 本征半导体、空穴及其导电作用	27
2.1.4 杂质半导体	29
2.2 PN 结的形成及特性	31
2.3 半导体二极管	39
2.3.1 半导体二极管的结构	39
2.3.2 二极管的 $V-I$ 特性	40
2.3.3 二极管的参数	41
2.4 二极管基本电路及其分析方法	45
2.4.1 二极管正向 $V-I$ 特性的建模	45
2.4.2 模型分析法应用举例	47
2.5 特殊二极管	53

2.5.1 齐纳二极管	53
*2.5.2 变容二极管	55
*2.5.3 光电子器件	56
2.5.3.1 光电二极管	56
2.5.3.2 发光二极管	57
2.5.3.3 激光二极管	58
小结	59
习题	60
*PSPICE 例题及习题	64
3 半导体三极管及放大电路基础	67
引言	67
3.1 半导体 BJT	67
3.1.1 BJT 的结构简介	67
3.1.2 BJT 的电流分配与放大作用	69
3.1.3 BJT 的特性曲线	74
3.1.4 BJT 的主要参数	76
3.2 共射极放大电路	82
3.3 图解分析法	85
3.3.1 静态工作情况分析	85
3.3.2 动态工作情况分析	87
3.4 小信号模型分析法	92
3.4.1 BJT 的小信号建模	92
3.4.2 用 H 参数小信号模型分析共射极基本放大电路	97
3.5 放大电路的工作点稳定问题	101
3.5.1 温度对工作点的影响	102
3.5.2 射极偏置电路	102
3.6 共集电极电路和共基极电路	106
3.6.1 共集电极电路	106
3.6.2 共基极电路	111
3.7 放大电路的频率响应	116
3.7.1 单时间常数 RC 电路的频率响应	116
3.7.2 单级放大电路的高频响应	119
3.7.3 单级放大电路的低频响应	131
3.7.4 多级放大电路的频率响应	133
*3.8 单级放大电路的瞬态响应	135
小结	140
习题	140
*PSPICE 例题及习题	152

4 场效应管放大电路	155
引言	155
4.1 结型场效应管	155
4.1.1 JFET 的结构和工作原理	155
4.1.2 JFET 的特性曲线及参数	160
*4.2 砷化镓金属-半导体场效应管	165
4.3 金属-氧化物-半导体场效应管	168
4.3.1 N 沟道增强型 MOSFET	168
4.3.2 N 沟道耗尽型 MOSFET	171
4.3.3 各种 FET 的特性比较及使用注意事项	172
4.4 场效应管放大电路	176
4.4.1 FET 的直流偏置电路及静态分析	176
4.4.2 FET 放大电路的小信号模型分析法	178
4.5 各种放大器件电路性能比较	184
小结	189
习题	190
*PSPICE 例题及习题	195
5 功率放大电路	197
引言	197
5.1 功率放大电路的一般问题	197
5.2 乙类双电源互补对称功率放大电路	200
5.2.1 电路组成	200
5.2.2 分析计算	201
5.2.3 功率 BJT 的选择	203
5.3 甲乙类互补对称功率放大电路	205
5.3.1 甲乙类双电源互补对称电路	206
5.3.2 甲乙类单电源互补对称电路	207
*5.4 集成功率放大器	210
5.5 功率器件	212
5.5.1 功率 BJT	212
*5.5.2 功率 MOSFET	216
*5.5.3 功率模块	218
小结	219
习题	220
*PSPICE 例题及习题	224
6 集成电路运算放大器	227
引言	227
6.1 集成电路运算放大器中的电流源	228

6.2 差分式放大电路	231
6.2.1 基本差分式放大电路	232
6.2.2 FET 差分式放大电路	237
6.2.3 差分式放大电路的传输特性	241
6.3 集成电路运算放大器	242
6.3.1 简单的集成电路运算放大器	242
6.3.2 通用型集成电路运算放大器	246
6.4 集成电路运算放大器的主要参数	249
* 6.5 专用型集成电路运算放大器	253
* 6.6 放大电路中的噪声与干扰	259
6.6.1 放大电路中的噪声	259
6.6.2 放大电路中的干扰	262
6.6.3 低噪声放大电路举例	266
小结	268
习题	268
* PSPICE 例题及习题	275
7 反馈放大电路	277
引言	277
7.1 反馈的基本概念与分类	277
7.1.1 反馈的基本概念	277
7.1.2 四种类型的反馈组态	278
7.2 负反馈放大电路的方框图及增益的一般表达式	286
7.2.1 负反馈放大电路的方框图	286
7.2.2 负反馈放大电路增益的一般表达式	287
7.3 负反馈对放大电路性能的改善	289
7.3.1 提高增益的恒定性	289
7.3.2 减少非线性失真	291
7.3.3 抑制反馈环内噪声	292
7.3.4 扩展频带	293
7.3.5 对输入电阻和输出电阻的影响	294
7.4 负反馈放大电路的分析方法	296
7.4.1 深度负反馈条件下的近似计算	296
* 7.4.2 小信号模型分析法	301
7.5 负反馈放大电路的稳定问题	306
7.5.1 负反馈放大电路的自激及稳定工作的条件	306
* 7.5.2 频率补偿技术	310
小结	314
习题	314