



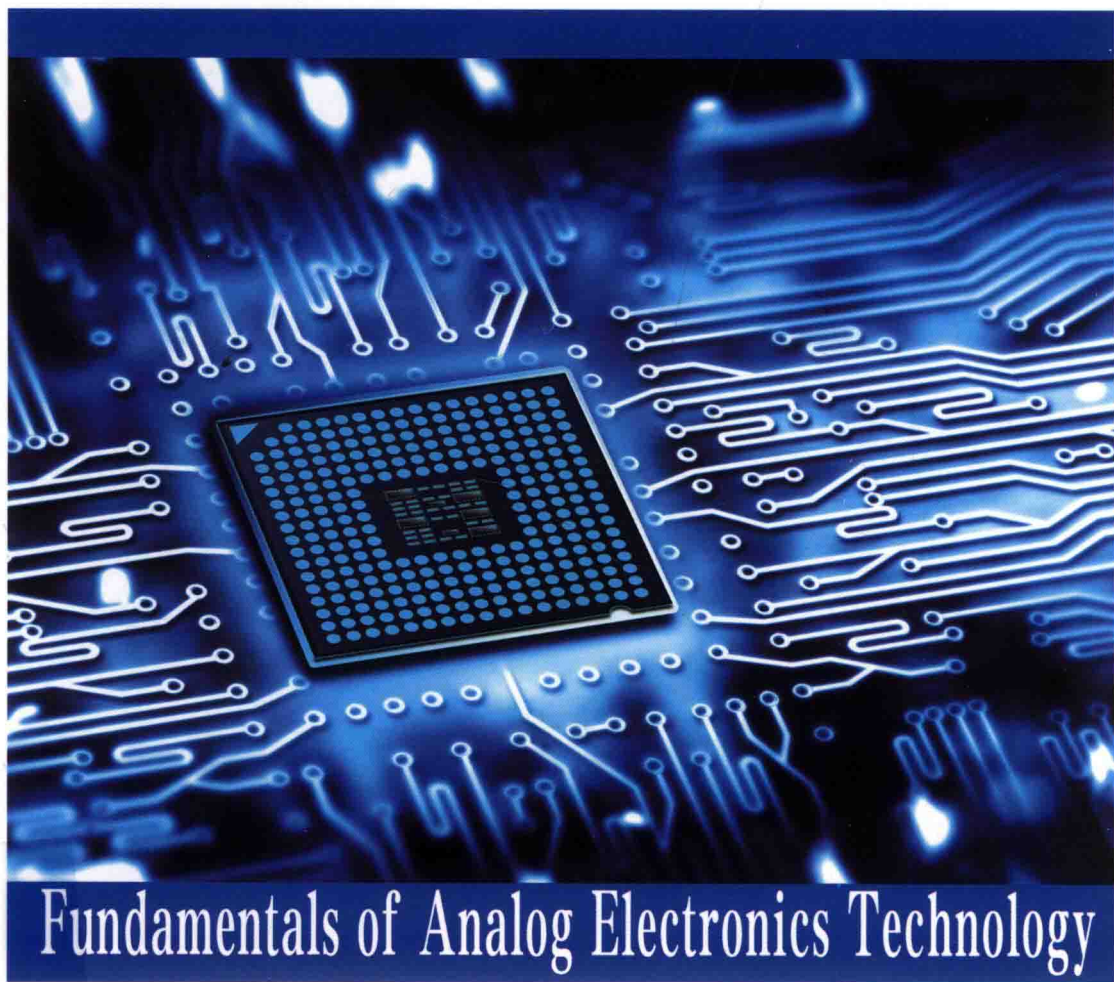
“十三五”江苏省高等学校重点教材

新世纪电子信息与电气类系列规划教材

模拟电子技术基础

(第3版)

主编 王振宇 成立



Fundamentals of Analog Electronics Technology



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS



“十三五”江苏省高等学校重点教材(2017-1-046)



新世纪电子信息与电气类系列规划教材

模拟电子技术基础

(第3版)

主 编 王振宇 成
参 编 孟翔飞 唐
陈 勇 汪



 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内 容 简 介

本书第3版的修订者参考了国家教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会2004年制定的“模拟电子技术基础课程教学基本要求(修订稿)”,结合长期执教电子技术课程的教学经验,根据第1、2版教材的使用情况,对全书进行了认真的修改和补充。书中内容仍以模拟集成电路为主,但保留了作为分立元件电路和集成电路共同基础的重要内容。本书在编写过程中,采取了突出重点、分散难点、适宜制作PPT课件的做法。全书共分为9章,第1~8章配备有适量的例题和习题,另外还配套编写了学习指导及习题解答书。

本书适用于理工科高校相关专业(包括自动化、电气工程及其自动化、电子信息工程、电子信息科学与技术、生物医学工程、通信工程、计算机科学与技术、物联网工程、测控技术与仪器、机械电子工程、光信息技术等)“模拟电子技术基础”课程的教学,也可供有关工程技术人员自学及参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础/王振宇,成立主编.—3版.

—南京:东南大学出版社,2019.4

新世纪电子信息与电气类系列规划教材

ISBN 978-7-5641-7093-6

I. 模… II. ①王… ②成… III. 模拟电路—电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN710.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第027783号

模拟电子技术基础(第3版) Moni Dianzi Jishu Jichu

主 编 王振宇 成 立
出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼2号
邮 编 210096
网 址 <http://www.press.seu.edu.cn>

经 销 全国各地新华书店
印 刷 江苏扬中印刷有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 23.5
字 数 602千字
版 次 2006年2月第1版 2019年4月第3版
印 次 2019年4月第1次印刷
印 数 1—2500册
书 号 ISBN 978-7-5641-7093-6
定 价 66.00元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830)

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

第3版前言

近十多年来,微电子和电子电路的研究开发日新月异,其应用领域已经渗透到生产、生活的各个领域。智能制造、智能手机、移动电脑、智能家电和消费电子产品的更新换代对电子技术的发展提出了更快、更高的要求,尤其是国内对于集成电路芯片的自主设计、研发及制造的呼声越来越高。此外,国家对于电子相关产业发展的扶持力度持续加大,迫切要求高校培养出微电子电路、集成电路芯片研发、创新与应用型人才。

第3版教材是在第2版教材的基础上修订而成的。为了顺应当前微电子技术、电子信息行业发展的新形势以及电气、机电信息类本科人才培养的新要求,此次修订结合江苏省“十三五”重点教材编写的基本要求,并贯彻执行教育部《电子技术基础(A)课程基本要求》,对课程涉及的主要知识点进行了全面的梳理,汲取了江苏大学电子技术课程组教师和使用教材的兄弟院校主讲教师近年来在教学实践中的一些有益经验,充分考虑了学生在课程学习中的切实需求,尽量做到了遵从本科生的认知能力和认知规律。

在此次修订改版的过程中,编者的主要思路与做法是:

(1) 教材修订注重反映当代课程建设与学科发展最新成果,体现现代教育思想,紧跟科技进步,对第2版各章节知识点内容及叙述方式进行了精选优化,纳入了一些行业发展的新知识,主要是结合微电子及其工艺的发展,穿插介绍了部分MOS器件及其工艺制作的新内容。

(2) 厘清基本概念、核心器件、基本电路的工作原理和基本分析方法,各章的主要修订情况如下:第1章补充了二极管电路与双极型晶体管类型判别分析举例以及肖特基二极管介绍;第2章专门将放大电路组态判别及直流、交流通路分析作为基础知识点单独编写,并补充了共集电极和共基极的解题实例;第3章补充了光电耦合多放连接方式和威尔逊电流源以及电流源的应用,修改补充了差放分析举例;第4章增加反馈类型的概念与对应判别的方法;第5章补充了各类运放的简化符号以及线性应用分析综合举例;第7章补充了D类功放的内容,第8章重新编写了开关电源;为了便于课程设计用书,重新编写了第9章,增加了综合设计与仿真实例。

(3) 既立足于基础技术课程的特点,强化学生对于简单的电子电路的近似计算、分析方法的掌握,也注重运用现代教育技术、方法与手段,引导学生借助于PC

机及相应软件开展较复杂的电路的仿真分析和辅助设计,解决了实物实验效率低、成本高的不足。

(4) 为提高学生对于基本电路的分析问题、解决问题的能力,养成科学合理的思维方法,在主要章节增补了典型例题,并详细指点了解题思路。

(5) 针对学生对于较抽象的课程内容学习困难的实际情况,补绘了部分电路分析的示意图,也相应提出了实用的分析技巧、举一反三的思路。

(6) 吸取了课程主讲教师长期提炼、经过教学实践证明是有效的教学经验和学生学习中反馈的有益意见,可以对今后的课程教学起到示范作用。

第3版教材的编写人员分工如下:江苏大学成立教授和王振宇副教授担任主编;成立教授编写前言、目录、主要符号表并负责统稿、修改和定稿等,王振宇副教授编写第3章、第5章,孟翔飞副教授编写第2章(除第2.7节)、第1章,姜岩讲师编写第9章、第7.4~7.5节,陈勇讲师编写第4章,唐平讲师编写第6章、第7.1~7.3节,秦云副教授编写第8章,汪洋副教授编写第2.7节。

由于我们的编写水平有限,新版教材中可能会出现一些错误及疏漏之处,诚恳希望使用教材的高校师生和其他读者,给予批评指正,并向使用本教材第1版、第2版的兄弟院校老师,给予我们的帮助和支持表示真诚的感谢。

编者

2018年10月于江苏大学

第2版前言

“模拟电子技术”第1版教材自2006年2月出版以来,至今已有近9年的时间。在此9年的时间内,第1版教材曾先后5次印刷,印数超过20 000册,并于2009年被评为江苏省高等学校精品教材。此外,作为江苏省精品课程“模拟和数字电子技术”的主要支撑材料,第1版教材2013年曾相继获得江苏大学教学成果奖、江苏省教学成果奖。凡此种种,编者深受激励和鼓舞,并感受到修订新版教材所肩负的责任。

首先,此次修订工作基于“模拟电子技术”在电气信息大类技术基础课程中的地位和作用,在新版教材书名上增加了“基础”两个字。其次,编者根据技术基础课程应予完成的教学任务和第1版教材出版以来的用书情况,本着教材内容应符合21世纪电子技术飞速发展的形势,经过参编教师多次讨论,逐渐形成了以下的修订原则:

(1) 进一步加强基础,突出“模拟电子技术基础”教材内容的主线——讲清楚各种基本放大电路的组成原则、分析方法和性能特点。为此,调整了各章的顺序,把原来处于相对滞后且略显孤独的“放大电路的频率响应”一章提前一个章节,编入第2.7节,并进行了此部分内容的精心写作。

(2) 从实际应用出发,增加了一些特殊半导体器件和实用的电子电路的内容,如发光二极管、光电二极管、光电三极管、FET电流源电路、源极耦合差动放大电路和开关电容滤波电路等。

(3) 考虑到电类专业本科生参加全国、省、校共3级电子设计制作竞赛、参与科研活动(例如大学生科研立项)以及开展课程设计的需要,增加了用Multi-sim10.0软件工具进行电子电路设计、仿真和分析的有关内容,以适当介绍新技术、新工具、新方法的实际应用知识。因此,第2版教材增编了第9章:“Multi-sim10.0软件工具及其仿真应用”的内容。

(4) 调整了各章的习题,适当去掉了一些较难的题目,增加了一些有助于牢固掌握基本概念和基本方法的练习题,同时配套编写了第2版教材的学习指导与习题解答书籍。编者认为这样做比较切合当前“模拟电子技术基础”课程的教学实际。

(5) 根据最近修订的2012版专业培养计划和“模拟电子技术基础”课程教学大纲,编者参考了兄弟院校的一些通常做法,精心编写了第2版教材及其“学习指

导与习题解答”书的全部内容。第2版新教材的适用学时数范围为:45~60,实验学时数扣除在外。

第2版教材由江苏大学成立和王振宇担任主编,负责提出修订原则、组织修订等工作。各章的具体编写工作由江苏大学和常熟理工学院的教师合作完成,其中江苏大学成立教授负责拟定编写大纲、校稿、定稿及前言、目录、文字符号说明、附录等的编写工作、常熟理工学院孟翔飞讲师编写第1、2章,江苏大学陈勇讲师编写第4、9章和第7.1节、第7.2节,江苏大学王振宇副教授编写第3、5、6章,江苏大学汪洋副教授编写第7.3节、第7.4节,江苏大学秦云副教授编写第8章。

希望新教材能够为从事“电子技术基础课程”教学工作的师生以及有关专业技术人员自学和参考提供有效的帮助。我们热诚欢迎用书者和同行们对第2版教材中的错误、缺点和如何作出深度改进,提出宝贵的意见和建议。

编者

2014年10月于江苏大学

第1版前言

自从20世纪70年代末以来,在国内电气类、电子信息类和自动化类专业“模拟电子技术”课程已经出版了一些教材,这些教材使用范围广,有的已经数次修订,深受高校工科电类专业广大师生的欢迎,有的已荣获国家级奖励或部、省级奖励。在这种情况下,还有没有必要在同一门课程上再编写新教材?如有必要,新教材又应该具有怎样的特色?这是两个首先涉及的问题。

对于同一门课程,我们认为,应该允许和鼓励教师编写不同风格的教材。由于不同风格的教材有的内容详尽且完备,有的处理得体而精练,所以适合于高校工科电类专业使用。从推陈出新、相得益彰的角度出发,编写不同风格的教材也是加强教材建设和提高教材质量的有效措施。多年来,教育部正是这样做的。许多教师在长期教学实践中的共同感受是:“模拟电子技术”这门课程,不仅内容与学时的矛盾很尖锐,而且内容繁杂,难教难学。某些现有的教材虽编写水平较高,但篇幅过长,教与学都感到不便;有的教材内容陈旧,甚至已经落伍;有的教材差错较多,学生意见较大。因此,编写一本既内容精练、时代气息较强,又能较好地满足教学需要的“模拟电子技术”教材,是我们多年来的愿望。

经过长达半年紧张而有序的工作,编写出了这本教材。它与国内同类教材相比,具有如下几个特点:

(1) 紧扣大纲,培养学生电子信息素质和处理信息知识的能力。我们紧紧扣住2004年教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会整理出的“模拟电子技术基础”课程教学基本要求(讨论稿),注重在培养学生分析问题和解决问题的能力、实验动手和设计技能、实际应用能力,以及实行启发式教学,归纳小结、互动性教学和精讲多练等方面下了工夫。

(2) 处理得当,精工细作,打造精品。所编教材易教易学,具有一定的可教性、可读性和可操作性。例如:对于例题和习题的选配,加大了互动性教学和精讲多练的力度;对于学生能够看懂的内容,提供给学生课外阅读,这样既可培养学生的自学能力,又可节省课内学时数;因为新编教材可供制作多媒体课件之用,所以编写时在教材的条理性、图文并茂以及基本概念和分析方法的提炼与归纳上下了工夫。

(3) 精选例题和习题。所编教材的主要知识点都配备有例题,为学生课后阅读和练习提供了分析和解题的思路。另外,精选了一定数量的习题供学生练习,

书后给出了各章部分习题答案。

全书共分为9章。书中带“*”的章节和习题为任选内容。讲授本书所需的总学时数为75,其中各章的学时数建议分配如下:

章号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	实验
学时	9	9	8	6	9	9	6	5	3	11

教材编写的具体分工如下:江苏大学成立教授和王振宇副教授担任主编;成立教授编写第1、2、5章和前言、目录、主要符号表并负责统稿、修改和定稿等,杨建宁副教授编写第3、4、6章,王振宇副教授编写第7章7.1节、7.2节、7.3节,第8章和附录,秦云副教授编写第7章7.4节、7.5节和第9章。在本教材的修订印刷过程中,成立教授负责第1~5章的修订工作,王振宇副教授负责第6~9章的修订工作,两人同时完成了大量的计算机图文处理和习题充实、完善工作。

本书由东南大学无线电系顾宝良教授担任主审。顾宝良教授认真、仔细地审阅了全书的文稿和图稿,提出了许多宝贵的意见和建议,给编者修改书稿以启示。主编教师随即重新修改,仔细斟酌,这对于提高教材质量起到了重要作用。值此教材修订印刷之际,编者衷心感谢顾宝良教授、东南大学出版社领导和编辑给予本教材的热情支持和帮助。

限于编者的水平,所编教材还存在着许多不完善之处,恳请各位老师和广大读者给予批评指正。

编者

2005年10月于江苏大学

主要符号表

A	增益	g	微变电导
A_f	反馈放大电路的闭环增益	g_m	双口有源器件的跨导
A_i	电流增益	g	场效应管的栅极
A_u	电压增益	H	二端口网络的混合参数
A_{od}	开环电压增益	$h_{11e}, h_{12e}, h_{21e}, h_{22e}$	BJT 共射接法的 4 个 H 参数
A_{uc}	共模电压增益	I, i	电流
A_{ud}	差模电压增益	I_s	信号源电流
A_{uf}	闭环电压增益	I_i	输入电流
B	势垒	I_o	输出电流
b	BJT 的基极	I_L	空载电流
C	隔直、耦合电容	I_{IB}	输入偏置电流
C_B	势垒电容	I_{IO}	输入失调电流
$C_{b'c}$	基极-集电极电容	I_S	反向饱和电流
$C_{b'e}$	基极-发射极电容	I_{OM}	最大输出电流
C_D	扩散电容	I_{OS}	输出短路电流
C_E	发射极旁路电容	I_R	参考电流(基准电流)
C_F	反馈电容	J	电流密度
C_i	输入电容	K	热力学温度的单位(开尔文)
C_j	结电容	k	玻耳兹曼常数
C_o	输出电容	K_{CMR}	共模抑制比
c	BJT 的集电极	L	自感系数, 电感
D	扩散系数	l	长度
VD	二极管	M	互感系数
d	场效应管的漏极	N	电子型半导体
d	宽度	N	绕组匝数
E	能量	N_F	噪声系数
e	电子的电荷量	n_i	电子载流子浓度
e	BJT 的发射极、自然对数的底	P	功率
E_R	硅(锗)的激活能	P	空穴型半导体
F	反馈系数	p_i	空穴载流子浓度
F_u	电压反馈系数	Q, q	电荷、品质因数
f	频率	Q	静态工作点
f_{BW}	通频带、频谱宽度、带宽	R	电阻(直流电阻或静态电阻)
f_L	放大电路的下限频率	R_B, R_C, R_E	BJT 的基极、集电极、发射极电阻
f_H	放大电路的上限频率	R_G, R_D, R_S	FET 的栅极、漏极、源极电阻
f_T	特征频率, 开关频率	R_s	信号源内阻
f_β	BJT 的共射截止频率	R_L	负载电阻
G	电导		



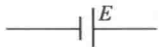
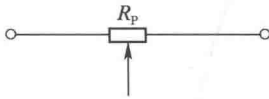
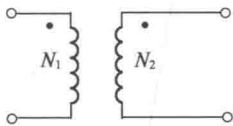

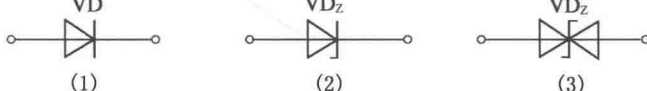

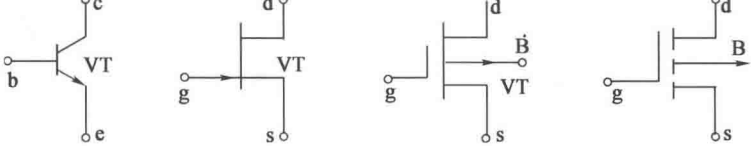
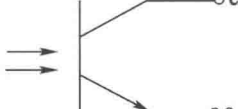
R_P	电位器(可变电阻)	$U_{(BR)EBO}$	集电极开路,发射极-基极反向击穿电压
r	动态电阻	$U_{(BR)CEO}$	基极开路,集电极-发射极反向击穿电压
r_{be}	BJT的输入电阻	U_T	温度电压当量
r_{ce}	BJT的输出电阻	U_R	参考电压(基准电压)
R_{ds}	漏-源极之间的沟道电阻	$U_{GS(off)}$	JFET、耗尽型 MOS 管的夹断电压
R_i	直流输入电阻	$U_{GS(th)}$	增强型 MOS 管的开启电压
R_O	直流输出电阻	V_{CC}	BJT 放大电路的正电源电压
R_i	放大电路的交流输入电阻	V_{DD}	FET 放大电路的正电源电压
R_o	放大电路的交流输出电阻	$-V_{CC}、-V_{EE}$	负电源电压
R_F	反馈电阻	$X、x$	电抗、反馈电路中的信号量
S	面积	$Y、y$	导纳
S	开关	$Z、z$	阻抗
s	复频率变量	α	BJT 共基接法的电流放大系数、稳压管的温度系数
s	场效应管的源极	β	BJT 共射接法的电流放大系数
S_R	转换速率	η	效率
T	温度(热力学温度以 K 为单位,摄氏度用 $^{\circ}C$ 表示)	ϵ	半导体材料的介电常数
T	变压器	ϵ_{in}	PN 结内电场
t	时间	ϵ_{out}	外加电压产生的外电场
$U、u$	电压	μ_r	BJT 的内部电压反馈系数
U_{bd}	PN 结内电场产生的电位差	ρ	电阻率
U_{IO}	输入失调电压	σ	电导率
U_i	输入电压	φ	相位角
U_o	输出电压	Φ	磁通
U_s	信号源电压	τ	时间常数、PN 结中非平衡少数载流子被复合前的平均存在时间
U_{th}	二极管、BJT 或电压比较器的阈值电压	ω	角频率
U_{on}	二极管的正向导通电压降		
U_{BR}	反向击穿电压		
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路,集电极-基极反向击穿电压		

在电子电路原理图中,以双极型晶体三极管(BJT)为例,各电压和电流的符号规定如下表所示。

电压/电流	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}	U_C	u_c	U_c	\dot{U}_c	$u_C = U_C + u_c$
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}	U_B	u_b	U_b	\dot{U}_b	$u_B = U_B + u_b$
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}	U_E	u_e	U_e	\dot{U}_e	$u_E = U_E + u_e$
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微变等效电路中,各元器件的电流、电压均标交流分量;当输入为正弦波信号时,标注 $\dot{U}_i、\dot{I}_b$ 等;当输入为非正弦波信号,且电路当零输入零输出时,则标 $u_i、u_o$ 等;对于输入为非正弦波信号,且当电路为零输入非零输出时,则标为 $\Delta u_i、\Delta u_o$ 等。

本书所用的部分元器件的图形符号如下：

序号	元器件名称	图形符号
1	电压源 (1) 独立 (2) 受控	 <p>(1) (2)</p>
2	电流源 (1) 独立 (2) 受控	 <p>(1) (2)</p>
3	电池组	
4	电位器	
5	变压器	 <p>电压比 $n = N_1/N_2$ “•”为同名端</p>
6	带极性的电容器 (一般为电解电容器)	
7	(1) 二极管 (2) 稳压管 (3) 双向稳压管	 <p>(1) (2) (3)</p>
8	(1) 发光二极管 (2) 光电二极管	 <p>(1) (2)</p>
9	晶体管	 <p>双极型晶体管 结型场效应管 耗尽型 MOS 管 增强型 MOS 管</p>
10	光电晶体管	

目 录

主要符号表	(1)
1 半导体器件	(1)
1.1 半导体的基础知识	(1)
1.1.1 本征半导体	(1)
1.1.2 杂质半导体	(4)
1.1.3 PN 结及其特性	(6)
1.2 半导体二极管	(12)
1.2.1 二极管的结构和类型	(12)
1.2.2 二极管的伏安特性	(13)
1.2.3 二极管的参数	(14)
1.2.4 二极管的型号及其选择	(15)
1.2.5 二极管应用电路及其分析方法	(15)
1.2.6 硅稳压管	(18)
1.2.7 其他类型的二极管	(20)
1.3 双极型晶体三极管(BJT)	(23)
1.3.1 BJT 的结构	(23)
1.3.2 BJT 的电流分配与放大作用	(24)
1.3.3 共射接法 BJT 的特性曲线	(27)
1.3.4 BJT 的主要参数及其安全工作区	(32)
1.3.5 BJT 的类型、型号和选用原则	(35)
1.4 光电晶体管	(36)
1.5 场效应晶体管(FET)	(37)
1.5.1 结型场效应管	(37)
1.5.2 绝缘栅场效应管	(41)
1.5.3 FET 的主要参数	(45)
1.5.4 FET 与 BJT 的比较	(46)
1.6 集成电路(IC)	(47)
* 1.6.1 IC 制造工艺	(47)
1.6.2 IC 的特点	(49)
习题 1	(50)

2	基本放大电路	(54)
2.1	晶体管放大电路的组成及其工作原理.....	(54)
2.1.1	放大的概念与放大电路的组成.....	(54)
2.1.2	放大电路的三种组态.....	(55)
2.1.3	共射基本放大电路组成及其工作原理.....	(56)
2.1.4	直流通路和交流通路.....	(57)
2.2	图解分析法.....	(58)
2.2.1	静态工作情况分析.....	(58)
2.2.2	动态工作情况分析.....	(60)
2.2.3	静态工作点的选择.....	(63)
2.3	微变等效电路分析法.....	(65)
2.3.1	BJT的低频小信号模型及其参数.....	(65)
2.3.2	用BJT的微变等效电路法分析共射基本放大电路.....	(69)
2.3.3	两种分析方法的比较.....	(72)
2.4	其他基本放大电路.....	(72)
2.4.1	分压式偏置稳定的共射放大电路.....	(72)
2.4.2	BJT共集放大电路(射极输出器).....	(78)
2.4.3	BJT共基放大电路.....	(83)
2.4.4	三种组态的BJT基本放大电路的比较.....	(85)
2.5	场效应管放大电路.....	(86)
2.5.1	FET放大电路的直流偏置及静态分析.....	(86)
2.5.2	用微变等效电路法分析FET放大电路.....	(88)
2.5.3	三种组态场效应管(FET)基本放大电路比较.....	(91)
2.6	组合放大单元电路.....	(91)
2.6.1	共集-共射放大电路.....	(92)
2.6.2	共集-共集放大电路.....	(92)
2.6.3	共射-共基放大电路.....	(93)
2.7	放大电路的频率响应.....	(94)
2.7.1	频率响应的基本概念.....	(94)
2.7.2	单时间常数RC电路的频率响应.....	(95)
2.7.3	BJT的高频小信号模型及频率参数.....	(98)
2.7.4	基本共射放大电路的频率响应.....	(104)
2.7.5	放大电路的增益-带宽积.....	(109)
2.7.6	多级放大电路的频率响应.....	(110)
	习题2	(112)

3	多级放大电路和集成运算放大器	(120)
3.1	多级放大电路	(120)
3.1.1	级间耦合方式	(120)
3.1.2	直接耦合多级放大电路的 Q 点配置和零点漂移问题	(123)
3.1.3	多级放大电路的分析	(125)
3.2	电流源电路	(128)
3.2.1	BJT 电流源电路	(129)
3.2.2	FET 电流源电路	(131)
3.2.3	电流源作放大电路有源负载的应用举例	(132)
3.3	差动放大电路	(134)
3.3.1	差动放大电路的一般结构	(134)
3.3.2	射极耦合差动放大电路	(136)
3.3.3	源极耦合差动放大电路	(143)
3.4	集成运算放大器	(146)
3.4.1	集成运放的组成	(146)
3.4.2	集成运放的主要性能指标	(147)
3.4.3	典型的集成运算放大器	(148)
	习题 3	(151)
4	反馈放大电路	(156)
4.1	反馈的基本概念和类型	(156)
4.1.1	反馈的基本概念	(156)
4.1.2	交流负反馈的组态及其判别方法	(158)
4.2	反馈放大电路的框图表示法	(164)
4.2.1	反馈放大电路的框图	(164)
4.2.2	框图中各信号量的含义及其量纲	(165)
4.2.3	闭环增益 \dot{A}_f 的一般表达式	(166)
4.2.4	反馈深度 $ 1 + \dot{A}\dot{F} $	(166)
4.3	负反馈对放大电路性能的影响	(167)
4.3.1	提高闭环增益 A_f 的稳定性	(167)
4.3.2	展宽通频带	(168)
4.3.3	减小非线性失真, 抑制干扰和噪声	(169)
4.3.4	负反馈对输入电阻和输出电阻的影响	(171)
4.4	负反馈的正确引入	(174)
4.5	负反馈放大电路的分析计算	(176)
4.5.1	深度负反馈放大电路的本质特点	(176)

4.5.2	深度负反馈放大电路的分析估算举例	(177)
4.6	负反馈放大电路中的自激振荡及其消除	(182)
4.6.1	产生自激的原因及其条件	(182)
4.6.2	负反馈放大电路的稳定性及自激振荡的消除	(183)
习题4		(187)
5	集成运算放大器的线性应用电路	(193)
5.1	集成运放的应用分类与分析方法	(193)
5.1.1	集成运放的应用分类	(193)
5.1.2	集成运放的电压传输特性	(193)
5.1.3	集成运放应用电路的分析方法	(194)
5.1.4	运算电路中集成运放的输入方式	(195)
5.2	基本运算电路	(195)
5.2.1	比例运算电路	(195)
5.2.2	加法和减法运算电路	(198)
5.2.3	积分和微分运算电路	(201)
5.2.4	对数和指数运算电路	(204)
5.2.5	乘法和除法运算电路	(207)
5.3	集成运放组合电路分析举例	(213)
5.4	有源滤波电路	(219)
5.4.1	滤波电路的功能、分类和主要参数	(219)
5.4.2	有源滤波电路的分析方法	(221)
5.4.3	有源滤波电路举例	(221)
*5.5	开关电容滤波电路	(227)
5.5.1	基本原理	(227)
5.5.2	开关电容滤波电路的非理想效应	(228)
习题5		(229)
6	信号产生电路	(233)
6.1	正弦波振荡器的自激条件及其一般问题	(233)
6.1.1	正弦波振荡器产生振荡的条件	(233)
6.1.2	正弦波振荡器的组成及分析方法	(234)
6.2	RC桥式正弦波振荡器	(235)
6.2.1	RC串并联网络的选频特性	(235)
6.2.2	RC桥式正弦波振荡器的分析	(236)
6.3	LC正弦波振荡器	(239)
6.3.1	LC谐振回路的选频特性	(239)