



“十二五”普通高等教育
本科国家级规划教材



“十三五”江苏省高等学校
重点教材

模拟电子技术 基础

Fundamentals of Analog Electronics

第三版

主 编 耿苏燕 周正 胡宴如
副主编 赵静



高等教育出版社



“十二五”普通高等教育
本科国家级规划教材



“十三五”江苏省高等学校
重点教材

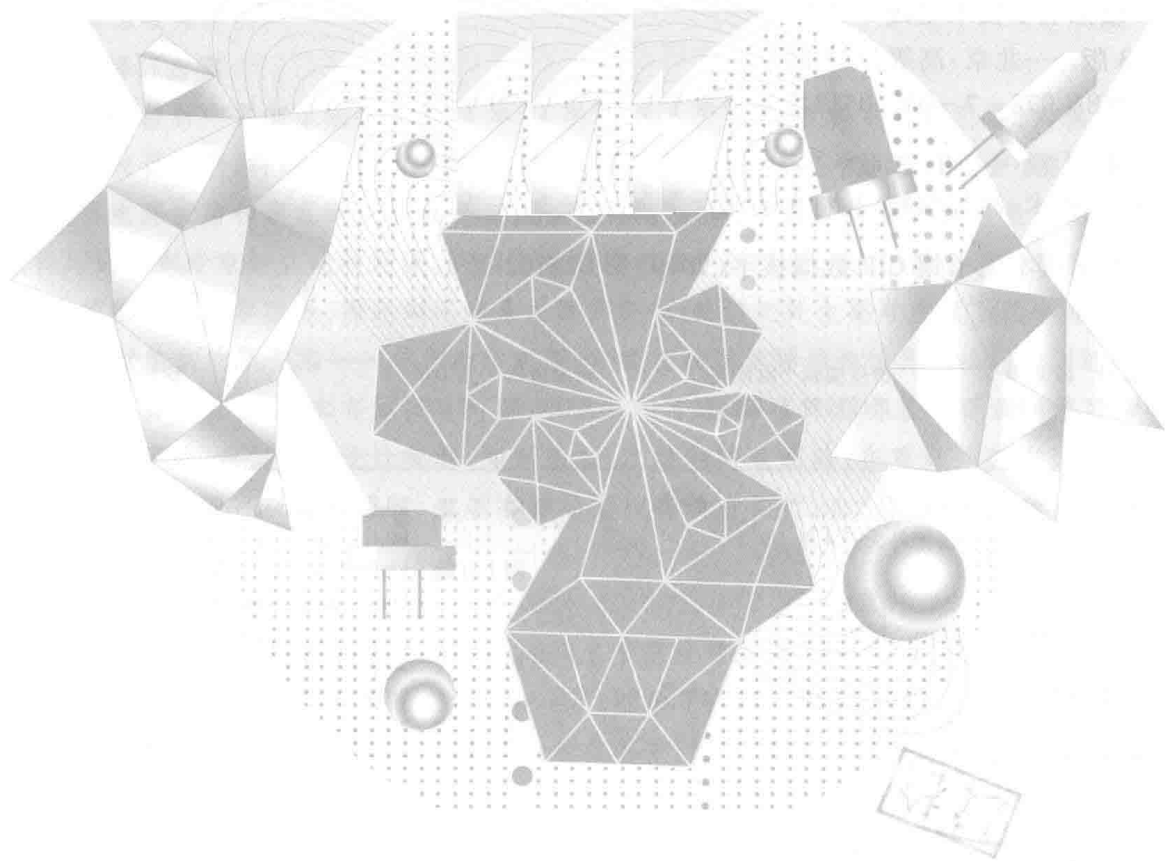
2016-1-144

模拟电子技术 基础

Fundamentals of Analog Electronics

第三版

主 编 耿苏燕 周正 胡宴如
副主编 赵静



高等教育出版社·北京

内容提要

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材和“十三五”江苏省高等学校重点教材,是在第2版的基础上,根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会最新修订的“模拟电子技术基础课程教学基本要求”修订而成。全书由半导体二极管及其基本应用、半导体三极管及其基本应用、放大电路基础、负反馈放大电路、放大电路的频率响应、集成放大器的应用、信号发生电路、直流稳压电源等8章和附录组成。

本书力求深入浅出、思路清晰、概念准确、重点突出、难点分散、注重应用。每章开篇有引言,章末有知识结构图、小课题和习题;每节开篇有基本要求和学习指导,节后有仿真实验、典型电路设计实例、知识拓展、小结和随堂测验;针对重点,配有讨论题,宛若有辅导老师与读者同行。

本书可作为高等学校电气类、电子信息类、自动化类和计算机类各专业模拟电子技术基础类课程的教材,也可作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础 / 耿苏燕,周正,胡宴如主编

—3版. —北京:高等教育出版社,2019.9

ISBN 978-7-04-051342-4

I. ①模… II. ①耿… ②周… ③胡… III. ①模拟电路-电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第024702号

策划编辑 欧阳舟
插图绘制 于博

责任编辑 欧阳舟
责任校对 马鑫蕊

封面设计 张申申
责任印制 赵义民

版式设计 徐艳妮

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 100120
印刷 北京盛通印刷股份有限公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 29
字数 620千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2004年7月第1版
2019年9月第3版
印 次 2019年9月第1次印刷
定 价 58.00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 51342-00

前 言

一、修订原因

本书是在第2版的基础上修订而成的。第2版得到了较好的认可,为不少高校采用,并被评为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材和“十三五”江苏省高等学校重点教材,不少读者表示很喜欢此教材的特别的体系、思路和讲法,也提出了宝贵的改进意见,使我们深受鼓舞,想要努力改进和完善教材。自第2版出版以来,我们一直关注国内外的同类教材的新动态,并进行教改研究,所主持的“电子技术基础”课程,于2016年获国家级精品资源共享课称号,并于2017年在中国大学MOOC上线,本版拟融入新的教改成果和在线教学的经验,力求写成一本符合学习心理学和认知科学的、教学内容先进实用的、教学方法先进科学的新形态教材。

二、修订方案

第2版教材中贯彻了依据认知规律对学习过程进行学习和思维的引导,对典型单元电路介绍设计实例,将静态和工作点等问题提前至二极管电路中交代清楚,提出了集成运放的单电源应用和集成运放高频参数及其应用等方案,考虑了仿真实验与教学同步等举措,得到同行和专家的认同和好评,这些方案都将在第3版保留。由于第2版的编写思路也符合当前倡导的教学理念,因此知识体系未做大变动,修订之处主要考虑以下两个方面。

1. 教材结构的新形态——导学助学式架构、微视频同步辅导和仿真实验同步训练

每章开篇有引言,章末有知识结构图、小课题和习题;每节开篇有基本要求和学习指导,节后有仿真实验、典型电路设计实例、知识拓展、小结和随堂测验;在重点处配有讨论题;用手机扫描二维码即可观看微视频,宛若有辅导老师与读者同行;全书采用双色套印,用彩色来突出重点内容,提高可读性。

2. 教学内容的与时俱进与精炼完善

(1) 鉴于MOSFET的应用日趋广泛,在2.3节适度增加对FET器件的讨论深度;增加了“3.4.5 MOS管甲乙类互补对称功率放大电路”;增加了“3.5.4 MOS型集成运算放大器”,并将集成电路中常用的单级MOS放大电路也放在其中讨论;增加了“5.2.2场效应管放大电路的频率响应”。

(2) 鉴于EDA技术的广泛应用,将仿真分析法提到与非线性电路分析法中其他方法并列的地位加以介绍,增加了1.3.3节专门介绍仿真分析法,并针对重点电路,配以同步的仿真

实例与分析。

(3) 鉴于从系统的高度来学习各单元电路,会使读者易于理解和应用,因此在每章开篇的引言中,要求讲清本章的知识脉络,单元电路在模拟电子系统中的位置、作用、要求和应用等;在每章末,总结画出该章的知识结构树,并依据生活中的热点电子系统精选出体现本章电路应用的小课题,用微视频展示并指导读者动手练习。

本书建议的教学学时数为 56~64,书中打“*”号的内容可视专业不同选学。

本书由耿苏燕、周正、胡宴如共同主编,耿苏燕、胡宴如负责全书的统稿,周正负责数字资源的统稿,赵静任副主编,协助周正负责数字资源创作。胡宴如编写第 8 章,耿苏燕编写第 1、2、4、6 章(除 6.1 和 6.3)以及附录 B,赵静编写第 3 章和 6.1、6.2,周正编写第 5、7 章和本书中所有有关 Multisim 仿真的章节。微视频资源的创作由周正、赵静和耿苏燕共同完成。胡旭峰、马丽祥等同志协助完成讨论题、习题以及图稿等的编写工作。

本书承蒙国家级教学名师南京航空航天的王成华教授仔细严谨地审阅,并提出了很多宝贵的修改意见;在编写过程中得到王琪教授等教学团队老师的指正,在小课题设计过程中得到刘静波高级实验师的帮助,谨在此一并致以衷心感谢!

书中若存在错漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2018 年 9 月

第2版前言

本书是根据教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会制订的《电子技术基础课程教学基本要求》编写的普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在第1版基础上,总结近年来教学改革的经验教训并吸取各方面的建议和意见修订而成的,适合作为高等院校电气信息、电子信息类各专业模拟电子技术基础课程的教材,也可作为工程技术人员的参考书。本次修订仍遵循第1版的编写思想,进一步精选内容,突出重点,注重实用电路的分析、设计与仿真,适度引入新器件和新技术。

与第1版相比,本版主要作了如下变动:

(1) 全书由原9章调整为8章,取消了原第7章集成模拟乘法器及其应用,将其中模拟乘法器的工作原理及其在运算电路中的应用等内容并入第6章,删去模拟乘法器调制与解调电路等内容。新增了附录用于介绍 Multisim10 的使用,并提供常用元器件参数供参考。

(2) 全书采用双色套印,将重要名词、概念、公式、基本电路、结论等用绿色标志,将图中需要注意或区别之处也用绿色标志,既突出重点,提高可读性,又增加了教材的新鲜感。

各节前新增了学习要求和学习指导,以便于读者自学。

各章后新增自测题,以帮助读者自我检查是否已掌握了该章最基本的知识。

在章节后新增了知识拓展内容,提供与该节内容相关的新技术信息、应用电路设计方法与设计实例或加深拓宽的知识,供读者阅读参考。有利于培养读者具备较强的模拟电路工程应用能力。

在章节后新增了适量的 Multisim 仿真实例,以帮助读者生动形象地理解教材的重点和难点,提高调整、测试、分析电路的技能,培养自主学习的兴趣与能力。

(3) 对场效应管,从应用角度出发,删去了对结构与工作原理过细的分析,加强了基本应用电路的讨论,增加了 CMOS 集成运放的介绍。对原第6章,从提高集成放大器应用能力的角度出发,改革了内容与叙述方式,以利于读者理解运用运放来构成实用电路、满足工程需求的方法,提高设计与创新能力。另外,适度介绍了电流模集成运放、丁类音频集成功放、集成函数发生器、直接数字合成(DDS)波形发生器等新技术。

(4) 本书力求将理论讲授、自学、讨论、习题、仿真、实验和自测等教学环节有机结合,形成优化的教学体系,便于实施启发引导、教学互动,提高教学效果。

本书共8章,第1至4章分别为半导体二极管及其基本应用、半导体三极管及其基本应

用、放大电路基础和负反馈放大电路,这些是本课程的基本内容。通过这一部分的教学使读者建立模拟电子技术的基本概念,掌握基本电路和基本分析方法。第5章为放大电路的频率响应,重点对放大电路的高频响应、负反馈放大电路的自激与频率补偿进行讨论,并较详细地介绍了集成运放的频率特性及高频参数。第6章为集成放大器的应用,除了重点介绍集成运放的基本应用电路及其分析方法外,还介绍了集成功放和其他多种常用集成放大器的应用。该章内容视不同专业可适当取舍。第7章为信号发生电路,主要介绍正弦波和非正弦波发生电路的工作原理,并对频率合成技术作适当介绍。第8章为直流稳压电源,主要介绍直流稳压电路的组成、桥式整流电容滤波电路及其工作原理、线性与开关集成稳压器的应用,本章内容可结合实践课来完成。书中“知识拓展”和打“*”号的内容可供选学。

本书由胡宴如和耿苏燕共同主编,耿苏燕负责全书的统稿,并编写第1、2、4、6章中除了Multisim仿真以外的全部内容以及附录B;胡宴如编写第3、5、8章中除了Multisim仿真以外的全部内容;周正编写第7章、附录A以及本书中所有有关Multisim仿真的章节,胡旭峰、马丽祥、李晓明等同志协助完成讨论题、习题以及图稿等的编写工作。

本书承蒙南京航空航天大学王成华教授认真细致地审阅,并提出了很多宝贵的修改意见,在此谨致以衷心感谢。书中可能存在错漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2009年8月

第1版前言

本书是教育科学“十五”国家级规划课题研究成果。随着我国高等教育的迅速发展,为了满足高等学校应用型人才培养需要,在全国高等学校教学研究中心以及高等教育出版社的支持下,根据长期教学改革和实践的经验,我们编写了此书。它适用于本科电气信息和电子信息类专业,作为“模拟电子技术基础”“线性电子线路”等课程的教材或教学参考书,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

模拟电子技术是本科电气信息和电子信息类专业重要的技术基础课,它内容丰富,应用广泛,新技术、新器件发展迅速。考虑到应用型本科人才培养的特点,本书在编写中特别注意以下几点:

(1) 保证基础,突出重点,难点分散,加强基本概念、基本理论和基本分析方法的讨论。

(2) 注重应用,加强理论与工程应用的结合,加强电路的构成与应用方法的介绍,加强集成电路应用技术的介绍。

(3) 注意内容的适度更新,适当引入新器件和新技术。

(4) 力图深入浅出,简单明了,概念清楚,层次分明,利于教学。

本书的第1至4章分别为半导体二极管及其电路分析、半导体三极管及其电路分析、放大电路基础和负反馈放大电路,这些是本课程的基本内容。通过这一部分的教学使学生建立模拟电子技术的基本概念,掌握其基本理论、基本分析方法。在第1章和第2章中加强了二极管和三极管应用电路及其基本分析方法的讨论,使器件与电路的结合更为紧密,并使学生比较容易适应电子电路的基本分析方法,以利读者“入门”。将三种组态放大电路、差放大电路、互补对称放大电路、多级放大电路及集成运算放大器等合并为第3章,着重于放大电路的基本工作原理、基本特性的分析,尽量精简分立元器件电路的内容,压缩集成器件内部电路的分析,并使集成运算放大器的介绍提前,便于后续各章更多地涉及集成运算放大器的应用。第4章中以集成运算放大器构成的反馈放大电路为主进行反馈的分析,突出深度负反馈放大电路的特点,使反馈概念清楚、简明,易于理解。

第5章为放大电路的频率响应。该章从最简单的 RC 电路频率响应入手,介绍放大电路的频率响应,重点对放大电路的高频响应进行分析。为了分散难点,加强应用,将负反馈放大电路的自激与频率补偿也列入该章讨论。通过该章的教学,使学生了解频率响应的分析方法、半导体器件极间电容对放大电路特性的影响,认识集成运放内部或外部频率补偿电路

的作用,理解集成运放高频参数的含义。第6章为模拟集成放大器的线性应用,除了重点介绍通用集成运放的应用外,还介绍了其他多种常用集成放大器和一些新型集成器件的应用。该章附录中还对集成运放应用中的一些实际问题进行了说明。该章内容视专业不同可适当取舍。第7章为集成模拟乘法器及其应用,可作为选学内容,对于开设“非线性电子线路”或“高频电子线路”的专业,本章可以不学。第8章为信号发生电路,主要介绍正弦波和非正弦波振荡电路的工作原理,同时对电压比较器、锁相频率合成技术作适当介绍。第9章为直流稳压电源,主要介绍线性和开关集成稳压器的应用,本章内容可结合实践课来完成。

关于本书的符号在这里做一点说明。研究电子电路时,在一定的频率范围内可以忽略管子结电容及电路中电抗元件的影响,而把它作为电阻性电路进行分析。由于在线性电阻性电路中,其输出信号具有与输入信号相同的波形,仅幅度和极性有所变化,因此,为了使电路关系表示更为简洁,不论是直流信号还是交流信号,是正弦信号还是非正弦信号,凡是信号本书均用瞬时值表示。在实际应用中,某些场合必须考虑各种电抗元件对电子电路性能的影响,例如,放大电路中晶体管极间电容和分布电容对其上限频率的影响,耦合电容和旁路电容对其下限频率的影响,在这些场合,输出信号与输入信号之间不仅有幅度的变化,而且还有附加相移的变化,因此,这些电路中的电流、电压均采用相量表示。

本书每节后均编有讨论题,可作为课堂讨论用;部分章后编有应用知识附录,可供课堂讲授,也可布置学生自学。本书课堂教学约60学时,书中打“*”号的内容可视专业不同选学。

本书由胡宴如和耿苏燕共同主编,第3、5、7、8、9章由胡宴如负责,第1、2、4、6章由耿苏燕负责,胡旭峰、马丽祥、李晓明等同志协助主编完成附录、讨论题、习题以及图稿等的编写工作。

本书承蒙教育部电气与电子信息类基础课教学指导委员会委员、南京航空航天大学王成华教授百忙之中认真细致地审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵意见和建议,在此,谨致以衷心的感谢。

书中错漏和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2004年2月

本书常用符号说明

(一) 符号表示的一般规定

1. 基本参数的通用符号

参数名称	电流	电压	功率	电位	放大倍数	电阻	电导	电抗	阻抗	电感	电容
通用符号	I, i	U, u	P, p	V, v	A	R, r	G, g	X	Z	L	C
参数名称	时间	周期	频率	角频率	带宽	相位	反馈系数	时间常数	热力学温度	效率	
通用符号	t	T	f	ω	BW	φ	F	τ	T	η	

2. 下标含义

下标符号	含 义	
i, i	输入; 电流	例如: R_i 为输入电阻, u_i 为输入电压, i_i 为输入电流; A_i 为电流放大倍数
O, o	输出	例如: R_o 为输出电阻, u_o 为输出电压, i_o 为输出电流
u	电压	例如: A_u 为电压放大倍数
L	负载	例如: R_L 为负载电阻
F, f	反馈	例如: A_f 为加有反馈时的放大倍数, u_f 为反馈电压, R_f 为反馈电阻
m	振幅; 最大值; 中频	例如: U_{om} 为输出电压振幅; P_{om} 为最大不失真输出功率; A_{um} 为中频电压放大倍数
M	最大值	例如: I_{CM} 为集电极最大允许电流, P_{CM} 为集电极最大允许耗散功率
REF	基准	例如: I_{REF} 为基准电流, U_{REF} 为基准电压
B, b	基极	例如: i_b 为基极电流, R_B 为基极电阻
E, e	发射极	例如: i_e 为发射极电流, R_E 为发射极电阻
C, c	集电极; 共模	例如: i_c 为集电极电流, u_{ce} 为集电极和发射极之间的电压; u_{ic} 为共模输入电压
D, d	漏极; 差模; 二极管	例如: i_D 为漏极电流或二极管电流; u_{id} 为差模输入电压, A_{id} 为差模电压放大倍数

续表

下标符号	含 义	
G、g	栅极;电导	例如: V_G 为栅极电位; A_g 为互导放大倍数
S、s	源极;信号源;饱和	例如: I_{CS} 为集电极饱和电流, I_{BS} 为基极临界饱和电流, U_{CES} 为晶体管饱和和压降; u_s 为源极电压或信号源电压; A_{us} 为源电压放大倍数
H	上限	例如: f_H 为上限频率, ω_H 为上限角频率; U_{TH} 为上门限电压; U_{OH} 为输出高电平电压
L	下限	例如: f_L 为下限频率, ω_L 为下限角频率; U_{TL} 为下门限电压; U_{OL} 为输出低电平电压
Z	稳压二极管	例如: U_Z 、 I_Z 为稳压二极管的稳定电压和稳定电流; P_{ZM} 、 I_{ZM} 为稳压二极管最大耗散功率和最大工作电流。
AV	平均值	例如: $U_{O(AV)}$ 为输出电压平均值, $I_{D(AV)}$ 为二极管电流平均值
on	导通电压	例如: $U_{D(on)}$ 为二极管导通电压, $U_{BE(on)}$ 为晶体管导通电压

3. 电压、电流的表示规律

表示规律	含义	示例
参数和下标都大写	直流量	U_{BE} : 基极和发射极之间的直流电压
参数和下标都大写,且下标有Q	静态量	U_{BEQ} : 基极和发射极之间的静态电压
参数和下标都小写	动态量(信号量)的瞬时值	u_{be} : 基极和发射极之间电压变化量的瞬时值
参数小写,下标大写	总量的瞬时值	u_{BE} : 基极和发射极之间总电压的瞬时值
参数大写,下标小写	交流量的有效值	U_{be} : 基极和发射极之间交流电压的有效值
参数大写且上面加点,下标小写	正弦相量	\dot{U}_{be} : 基极和发射极之间的正弦电压相量
参数大写,下标小写且加m	交流量的幅值	U_{bem} : 基极和发射极之间交流电压的幅值
大写V,下标双字重复且为大写	直流供电电压	V_{CC} : 集电极直流供电电压 V_{DD} : 漏极直流供电电压,或二极管直流供电电压

(二) 其他常用符号

符号	含义	符号	含义
U_T	温度电压当量, 常温下约为 26 mV	I_{CBO}	集电极-基极反向饱和电流
U_{th}	二极管死区电压	I_{CEO}	晶体管穿透电流
$U_{(BR)}$	二极管反向击穿电压	β	共发射极交流电流放大系数
U_{RM}	二极管最高反向工作电压	$U_{(BR)CEO}$	基极开路时, 集电极-发射极间的击穿电压
I_F	二极管最大整流电流	r_{be}	共发射极输入电阻
R_D	二极管的直流电阻, 或漏极电阻	r_{ce}	共发射极输出电阻
r_d, r_D	二极管的交流电阻(也称动态电阻), 二极管导通电阻	$r_{bb'}$	晶体管基区体电阻, 对低频小功率管近似为 200 Ω
$U_{GS(th)}$	场效应管开启电压	$C_{b'e}$	发射结电容
$U_{GS(off)}$	场效应管夹断电压	$C_{b'c}$	集电结电容
I_{DSS}	漏极饱和电流	f_T	晶体管特征频率
g_m	低频跨导	f_β	共发射极截止频率
r_{ds}	漏源动态电阻	u_{oi}	空载输出电压
BW_C	集成运放的单位增益带宽	f_0	振荡频率或谐振频率
K_{CMR}	共模抑制比	U_{omm}	最大不失真输出电压振幅
S_R	集成运放的转换速率, 也称摆率	\dot{A}_u	考虑电抗元件影响时的电压放大倍数

目 录

第 1 章 半导体二极管及其基本应用	1
引言	1
1.1 半导体基础知识	1
基本要求	1
学习指导	1
1.1.1 本征半导体	2
1.1.2 杂质半导体	3
1.1.3 PN 结	4
知识拓展	7
小结	8
随堂测验	8
1.2 二极管及其特性	9
基本要求	9
学习指导	9
1.2.1 二极管的结构与类型	9
1.2.2 二极管的伏安特性	10
1.2.3 二极管的主要参数	12
知识拓展	12
小结	14
随堂测验	14
1.3 二极管基本应用电路及其分析方法	14
基本要求	14
学习指导	14
1.3.1 理想模型分析法和恒压降模型分析法	15
1.3.2 图解分析法和小信号模型分析法	21
1.3.3 仿真分析法	25
小结	28
随堂测验	29

1.4 特殊二极管	29
基本要求	29
学习指导	29
1.4.1 稳压二极管	30
1.4.2 发光二极管和光电二极管	32
1.4.3 变容二极管和肖特基二极管	33
知识拓展	34
小结	35
随堂测验	35
本章知识结构图	36
小课题	36
习题	36
<hr/>	
第2章 半导体三极管及其基本应用	41
引言	41
2.1 晶体管及其特性	41
基本要求	41
学习指导	41
2.1.1 晶体管的结构	41
2.1.2 晶体管的工作原理	43
2.1.3 晶体管的伏安特性	46
2.1.4 晶体管的主要参数	49
知识拓展	51
小结	54
随堂测验	54
2.2 晶体管基本应用电路及其分析方法	55
基本要求	55
学习指导	55
2.2.1 晶体管直流电路及其分析	56
2.2.2 晶体管开关电路及晶体管工作状态的判断	58
2.2.3 晶体管基本放大电路及其分析	60
2.2.4 晶体管应用电路仿真	70
知识拓展	73
小结	75
随堂测验	75

2.3 场效应管及其应用与分析	77
基本要求	77
学习指导	77
2.3.1 MOS 场效应管的结构、工作原理及伏安特性	77
2.3.2 结型场效应管的结构、工作原理及伏安特性	84
2.3.3 场效应管的主要参数	86
2.3.4 场效应管基本应用电路及其分析方法	87
知识拓展	91
小结	94
随堂测验	95
本章知识结构图	96
小课题	96
习题	97
<hr/>	
第 3 章 放大电路基础	102
引言	102
3.1 放大电路的基础知识	102
基本要求	102
学习指导	102
3.1.1 放大电路的组成	102
3.1.2 放大电路的主要性能指标	104
小结	108
随堂测验	108
3.2 基本组态放大电路	108
基本要求	108
学习指导	109
3.2.1 共发射极放大电路	109
3.2.2 共集电极放大电路	115
3.2.3 共基极放大电路	118
3.2.4 场效应管放大电路	120
3.2.5 基本组态放大电路仿真	124
知识拓展——共发射极放大电路设计	129
小结	131
随堂测验	131
3.3 差分放大电路	133

基本要求	133
学习指导	133
3.3.1 基本差分放大电路	133
3.3.2 电流源与具有电流源的差分放大电路	138
3.3.3 差分放大电路的输入、输出方式	143
3.3.4 差分放大电路的差模传输特性及应用	148
3.3.5 差分放大电路仿真	149
小结	154
随堂测验	154
3.4 互补对称功率放大电路	156
基本要求	156
学习指导	156
3.4.1 功率放大电路的特点与分类	156
3.4.2 乙类双电源互补对称功率放大电路	157
3.4.3 甲乙类双电源互补对称功率放大电路	161
3.4.4 单电源互补对称功率放大电路	164
3.4.5 MOS管甲乙类互补对称功率放大电路	166
3.4.6 功率放大电路仿真	166
小结	168
随堂测验	168
3.5 多级放大电路	169
基本要求	169
学习指导	169
3.5.1 多级放大电路的组成与性能指标的估算	170
3.5.2 组合放大电路	173
3.5.3 BJT型集成运算放大器	176
3.5.4 MOS型集成运算放大器	179
3.5.5 集成运算放大器的特性与基本应用	186
知识拓展	191
小结	194
随堂测验	194
本章知识结构图	196
小课题	197
习题	197

第4章 负反馈放大电路	207
引言	207
4.1 反馈放大电路的组成与基本类型	207
基本要求	207
学习指导	207
4.1.1 反馈放大电路的组成及基本关系式	207
4.1.2 反馈的分类与判断	208
知识拓展	216
小结	217
随堂测验	217
4.2 负反馈对放大电路性能的影响	219
基本要求	219
学习指导	219
4.2.1 提高放大倍数的稳定性	219
4.2.2 扩展通频带	220
4.2.3 减小非线性失真	220
4.2.4 改变输入电阻和输出电阻	221
4.2.5 负反馈对放大电路性能影响的仿真	222
小结	225
随堂测验	226
4.3 负反馈放大电路应用中的几个问题	226
基本要求	226
学习指导	226
4.3.1 放大电路引入负反馈的一般原则	226
4.3.2 深度负反馈放大电路的特点与性能估算	227
4.3.3 负反馈放大电路的稳定性	231
小结	231
随堂测验	232
本章知识结构图	233
小课题	233
习题	233
第5章 放大电路的频率响应	237
引言	237