

普通高等教育“十一五”国家级规划教材修订版
(高职高专教育)

模拟电子技术基础

(第 3 版)

陈梓城 主编

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材修订版

(高职高专教育)

模拟电子技术基础

Moni Dianzi Jishu Jichu

(第3版)

陈梓城 主编

夏敏磊 吴忠 副主编

王小海 主审



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书由普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)《模拟电子技术基础》(第2版)修订而成。全书共分7章:半导体二极管及其应用、半导体三极管及其应用、集成运算放大器基础及负反馈电路、集成运算放大器的应用、功率放大电路、信号产生电路、直流稳压电源。

在修订过程中,以培养电子技术应用能力为主线,本着“降低难度、培养能力、加强创新、突出应用”的原则,在“浅”、“用”、“新”上下工夫,突出集成电路应用和光电子器件应用,以实用产品引领,讲解通俗易懂,加强创新思维和创新意识培养。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校及民办高校电类专业“模拟电子技术基础”课程的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础 / 陈梓城主编. --3 版. --北京: 高等教育出版社, 2013. 1
ISBN 978-7-04-036496-5

I. ①模… II. ①陈… III. ①模拟电路-电子技术- 高等职业教育-教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 277425 号

策划编辑 王莉莉 责任编辑 王莉莉 封面设计 于文燕 版式设计 童丹
插图绘制 尹莉 责任校对 孟玲 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京玥实印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2003 年 12 月第 1 版
印 张	18.25		2013 年 1 月第 3 版
字 数	450 千字	印 次	2013 年 12 月第 3 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	29.30 元
咨询电话	400-810-0598		

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 36496-00

第3版前言

本教材第1版为新世纪高职高专教改项目成果教材,第1版于2003年出版。本次修订后的第2版被批准为普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)。

在修订过程中,力求以电子技术应用能力培养为主线,在“浅”、“用”、“新”上下工夫,体现针对性、实用性、先进性、适用性、浅显性。

(1) 增强实用性 修订版增加了场效应晶体管应用常识、光耦合器件选用常识、集成电压比较器应用示例、低压差集成稳压器应用、常用的PWM开关电源控制器及其应用、集成光电隔离放大器应用示例等教学内容。

(2) 突出教学内容的先进性 为使教学内容适应电子技术飞速发展的新形势,突出集成电路及其应用,修订版中增加了集成比较器、集成测量放大器、集成隔离放大器、集成有源滤波器、单片三端开关电源、低压差集成稳压器及其应用等内容。

(3) 适用性与浅显性 为增强教材的适用性,知识传授尽量建立在物理概念的基础上,降低难度,化解难点。在保证实用性强、适应科技形势发展和职业能力培养基础上,力求做到通俗易懂。如删除了载流子运动部分,对场效应晶体管原理、差分电路原理等难点部分进一步降低了难度。同时对教学内容的安排作了适当调整:把集成光电隔离放大器移至光电子器件及其应用一章,并把这一章前移,将应用光耦合器知识的直流稳压电源一章放在后面介绍等。使之符合认知规律,化解难点,增强系统性。

(4) 考虑到高职院校在学完“模拟电子技术基础”课程后,一般不开设“模拟集成电路及其应用”课程,故编入集成测量放大器、集成隔离放大器、集成有源滤波器、UC3842组成的PWM开关电源等内容。

(5) 为方便本课程应用“项目导向、案例教学”理念,根据编者教学研究心得,编写了附录B“模拟电子报警器及其应用”,详尽地介绍模拟电子报警器的制作、调试方法及其在教学中的应用。各章节包括绪论,凡涉及模拟电子报警器及其单元电路的内容均有介绍,与之呼应。

(6) 为增强教材的适用性,增加第九章晶闸管及其应用电路。

(7) 首次出现的专业术语加英语标注。

(8) 每章编有自我检测题,便于自测知识掌握情况。习题中增加具有实用价值和有利于增强分析问题、解决问题能力培养的题目。

(9) 立体化配套 本教材为集纸质教材与电子教案、课件于一体的立体化教材。同时为教师提供习题解答、授课计划、教案首页、试卷库、复习提纲、教学体会及建议等教学文件资料,供教学时参考。凡采用本教材的学校可直接向高等教育出版社高等职业教育研究与出版中心市场部索取(登录高职高专教学资源网 hv.hep.com.cn 查看联系方式)。

本教材的教学时数为82课时左右,书中打*标记的为选学内容,供各校教学时选取。课时分配表见下表,供参考。

II 第3版前言

括绪论,凡涉及模拟电子报警器及其单元电路的内容均点题介绍,与之呼应;附录中还列有丰富的课程综合实训课题,可作为课外兴趣小组或课程设计(课程综合实训)课题。

(6)为增强知识衔接性,改编过程中把第2版第7章“光电子器件及其应用”的主要内容列入第1章、第2章进行介绍。

(7)每章后编有“自我检测题”,用于学生自我检测知识掌握情况。每章后编有习题,为作业题。本书的客观题是参照“中级电工考工考试指南”的应知考评要求编写,选用了考工题库中模电部分的习题,为实现双证制参加考工打基础。

(8)首次出现的专业术语附英文标注。

(9)教材立体化配套 为方便教学,本教材附赠习题详解(包括“自我检测题”、“习题”、“想一想”、“算一算”、“问题与讨论”、“复习与思考”的详细参考答案);授课计划、试题库、复习提纲、电子课件、创新教学案例教学设计、课程综合实训设计课题设计说明、教学体会建议论文;提供每章实用电路安装调试项目,包括电路图、印制电路、装配图、安装后实物照片、电路调试实测数据资料、考证题汇编等一整套教学文件资料,以及每章关键电路的虚拟测试案例汇总等供教学时参考。凡采用本教材的学校可直接向高等教育出版社编辑索取以上资料。本教材为浙江省精品课程“电子技术基础”主教材,通过浙江省精品课程《电子技术基础》网络平台(网址:<http://jp.zime.edu.cn:8080/2010/dzjs/>)上传除习题详解外的上述资料和在线答疑等;提供优质教学服务,为教师教学、学生学习提供方便。

本教材由浙江机电职业技术学院陈梓城教授任主编,浙江机电职业技术学院夏敏磊副教授、江西财经大学邓海老师、中控科技集团国自机器人技术有限公司吴忠高级工程师任副主编,上饶职业技术学院徐敏老师参编。邓海制作全部电子教案。浙江大学王小海教授任主审,他对本次修订稿进行认真细致地审阅,提出了许多宝贵意见和建议,在此一并表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,错误与不妥之处在所难免,恳请同行和读者指正。

编者
2012年6月

第2版前言

本教材第1版为新世纪高职高专教改项目成果教材,第1版于2003年出版。本次修订后的第2版被批准为普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)。

在修订过程中,力求以电子技术应用能力培养为主线,在“浅”、“用”、“新”上下工夫,体现针对性、实用性、先进性、适用性、浅显性。

(1) 增强实用性 修订版增加了场效应晶体管应用常识、光耦合器件选用常识、集成电压比较器应用示例、低压差集成稳压器应用、常用的PWM开关电源控制器及其应用、集成光电隔离放大器应用示例等教学内容。

(2) 突出教学内容的先进性 为使教学内容适应电子技术飞速发展的新形势,突出集成电路及其应用,修订版中增加了集成比较器、集成测量放大器、集成隔离放大器、集成有源滤波器、单片三端开关电源、低压差集成稳压器及其应用等内容。

(3) 适用性与浅显性 为增强教材的适用性,知识传授尽量建立在物理概念的基础上,降低难度,化解难点。在保证实用性强、适应科技形势发展和职业能力培养基础上,力求做到通俗易懂。如删除了载流子运动部分,对场效应晶体管原理、差分电路原理等难点部分进一步降低了难度。同时对教学内容的安排作了适当调整:把集成光电隔离放大器移至光电子器件及其应用一章,并把这一章前移,将应用光耦合器知识的直流稳压电源一章放在后面介绍等。使之符合认知规律,化解难点,增强系统性。

(4) 考虑到高职院校在学完“模拟电子技术基础”课程后,一般不开设“模拟集成电路及其应用”课程,故编入集成测量放大器、集成隔离放大器、集成有源滤波器、UC3842组成的PWM开关电源等内容。

(5) 为方便本课程应用“项目导向、案例教学”理念,根据编者教学研究心得,编写了附录B“模拟电子报警器及其应用”,详尽地介绍模拟电子报警器的制作、调试方法及其在教学中的应用。各章节包括绪论,凡涉及模拟电子报警器及其单元电路的内容均有介绍,与之呼应。

(6) 为增强教材的适用性,增加第九章晶闸管及其应用电路。

(7) 首次出现的专业术语加英语标注。

(8) 每章编有自我检测题,便于自测知识掌握情况。习题中增加具有实用价值和有利于增强分析问题、解决问题能力培养的题目。

(9) 立体化配套 本教材为集纸质教材与电子教案、课件于一体的立体化教材。同时为教师提供习题解答、授课计划、教案首页、试卷库、复习提纲、教学体会及建议等教学文件资料,供教学时参考。凡采用本教材的学校可直接向高等教育出版社高等职业教育研究与出版中心市场部索取(登录高职高专教学资源网 hv.hep.com.cn 查看联系方式)。

本教材的教学时数为80课时左右,书中打*标记的为选学内容,供各校教学时选取。课时分配表见下表,供参考。

II 第2版前言

章 号	章 标 题	参 考 时 数
	绪 论	0.5
第一章	半导体二极管及其应用	7.5
第二章	半导体三极管与分立元件放大电路	17
第三章	集成运算放大器基础及负反馈电路	10
第四章	集成运算放大器的应用	12
第五章	功率放大电路	7
第六章	正弦波振荡电路	7
第七章	光电子器件及其应用	7
第八章	直流稳压电源	8
第九章	晶闸管及其应用电路	6
	合 计	82

修订版由陈梓城教授任主编并负责统稿,江西财经大学电子学院方勤教授任副主编,江西财经大学电子学院邓海、浙江机电职业技术学院夏敏磊参编。其中方勤编写了第五章、第七章;邓海编写了第二章、第三章;夏敏磊编写了第六章、第九章;陈梓城、邓海编写了附录 B;其余各章由陈梓城编写。邓海、夏敏磊担任电子教案、课件的主编,浙江机电职业技术学院戎小戈副教授、王燕老师参加电子教案、课件的制作。

修订版由天津科技大学王朝玉教授和江西财经大学电子学院柳大川副教授审阅,他们认真、仔细地审阅了全稿,并提出修改意见。在修订过程中,得到浙江机电职业技术学院和江西财经大学电子学院领导、浙江机电职业技术学院教务处和电子信息系领导及同事们的大力支持。在此一并表示衷心的感谢!在修订过程中参阅了大量的参考文献,对作者表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,错误和不当之处在所难免,敬请同行和读者指正。

编 者
2007年5月

第1版前言

本教材为新世纪高职高专教改项目成果教材,根据高职高专教育《模拟电子技术基础课程教学基本要求》编写而成。

本教材编写过程中,力求做到以培养电子技术应用能力为主线,体现针对性、实用性、先进性、适用性、浅显性。

(1) 加强针对性 教材内容针对电类专业高等技术应用性人才岗位(群)所需的知识、能力来编写。为培养常用元器件选用能力、电子电路基本分析能力、常用电子电路读图能力、常用电路设计能力、电路简单故障分析排除能力等来编写,使本课程不仅为专业课学习打好基础,为培养再学习能力服务,而且直接地为培养职业能力服务。

(2) 增强实用性 编写过程中力图使教学内容与企业社会现状基本相符,做到理论联系实际,学以致用。淡化公式推导,重在教学生学会元器件、电子电路在实际中的应用和掌握基本分析工具、基本分析方法。元器件重在外特性、引脚识别、使用注意事项、性能简易测试等实用知识的阐述。电子电路在讲清工作原理后即介绍应用示例、元器件选择计算、故障排除等。

(3) 突出教学内容先进性 为使教学内容适应电子技术飞速发展的新形势,突出集成电路及其应用,如集成运放、集成稳压器、集成功放等。在传统教材的基础上增加了集成开关电源,开关电容滤波器等器件及其应用等;简介微型二极管、三极管;光电子器件及其应用单独成章等。

(4) 为增强教材的适用性,知识传授尽量建立在物理概念的基础上,在通俗易懂、降低难度上下工夫,删除传统教材中载流子运动部分;为降低负反馈电路难度,将集成运放基础知识与负反馈合编一章,重点介绍集成运放构成的负反馈电路,简介分立元件负反馈电路。

(5) 每章编有自我检测试题,便于自测知识掌握情况。习题中增加具有实用价值和有利于增强分析问题、解决问题能力培养的题目。

(6) 首次出现的专业术语加英语标注。

本教材教学时数为78课时左右,*部分为选学内容,教学过程中可根据专业的不同和各校实际情况选用。课时分配表如下:

序 号	章节标题	参考时数
	绪论	
第一章	半导体二极管、三极管	6
第二章	分立元件放大电路	17
第三章	集成运放基础及负反馈电路	10
第四章	集成运算放大器的应用	12
第五章	功率放大电路	7
第六章	正弦波振荡电路	7
第七章	直流稳压电源	12
第八章	光电子器件及其应用	7
	合计	78

II 第1版前言

本教材由陈梓城教授任主编,方勤副教授任副主编,赵未莲讲师参编。其中方勤编写了第五章、第八章,赵未莲编写了第二章、第三章,陈梓城编写了绪论、第一章、第四章、第六章、第七章及附录,并负责统稿工作。

本教材由江西工业职业技术学院柳大川副教授任主审,他对编写提纲及书稿进行了认真审阅,并提出了许多宝贵意见和建议,在此致以诚挚的谢意!

由于编者水平有限,错误与不妥之处在所难免,恳请同行和读者指正。

编者

2003年7月

本书常用符号表

A	增益、放大倍数	I_{CEO}	基极开路, c-e 间反向饱和电流
$A(a)$	整流元件的阳极(正极)	I_i, i_i	输入电流
A_u	电压增益	I_o, i_o	输出电流
A_i	电流增益	I_L	负载电流
A_{ud}	差模电压增益	$I_{L(AV)}$	负载电流(平均值)
A_{uc}	共模电压增益	I_{IB}	输入偏置电流
A_{od}	开环差模电压增益	I_{IO}	输入失调电流
A_{of}	闭环电压增益	I_F	输入整流电流
BJT	晶体管	I_R	反向电流
B(b)	BJT 的基极	I_{ZM}	稳压二极管最大稳定电流
C_e	发射极的旁路电容	K_{CMR}	共模抑制比
C_{be}	基极-发射极电容	L	电感
C_{bc}	基极-集电极电容	M	互感
C_f	反馈电容	P_o	输出功率
C(c)	BJT 的集电极	P_{om}	最大输出功率
D(d)	场效应晶体管漏极	P_C	集电极耗散功率
D	占空比	P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
E(e)	BJT 的发射极	P_V	电源功率
F	反馈系数	R_b, R_e, R_c	接于 BJT 基极、发射极、集电极的电阻
FET	场效应晶体管	R_s	信号源电阻
f	频率	R_L	负载电阻
BW	频带宽度(通频带)	R_p	电位器
BW_G	单位增益带宽, 增益带宽积	r_{be}	共射接法下, b-e 间的微变电阻
f_L	放大器下限频率	R_i	放大电路交流输入电阻
f_H	放大器上限频率	R_o	放大电路交流输出电阻
f_M	最高工作频率	R_f	反馈电阻
f_o	中心频率, 电路特征频率	R_{th}	热阻
f_T	BJT 特征频率	S	开关
f_α	BJT 共基极截止频率	S_u	电压调整率
f_β	BJT 共射极截止频率	S_i	电流调整率
G(g)	场效应晶体管的栅极	S_V	稳压系数
g_m	跨导	S_R	放大电路转换速率
GND	地	S_r	稳压电源的纹波抑制比
I, i	电流	T	温度
I_{CBO}	发射极开路, c-b 间反向饱和电流	T	变压器

II 本书常用符号表

t	时间	$U_{(BR)CEO}$	基极开路,集电极-发射极反向击穿电压
THD	非线性失真系数	U_{CES}	BJT 饱和压降
U, u	电压	U_Z	稳压二极管稳压值
U_F	二极管导通正向电压	V_{CC}	接 BJT 的集电极电源
U_s, u_s	信号源电压	V_{EE}	接 BJT 的发射极电源
U_i, u_i	输入电压	V_{BB}	接 BJT 的基极电源
U_o	直流输出电压	V_{DD}	接 FET 的漏极电源
u_o	输出电压	α	BJT 共基接法的电流放大系数
$U_{O(AV)}$	输出电压平均值	β	BJT 共射接法的电流放大系数
U_T	温度的电压当量	η	效率
U_{th}	死区电压、开启电压	φ	相角
U_{REF}	参考电压	τ	时间常数
U_T	阈值电压、门限电压	ω	角频率
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路,集电极-基极反向击穿电压		

电压和电流符号规定 (以 BJT 为例)

项 目	静态值(直流)	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	
集电极电压	U_C	u_c	U_c	\dot{U}_c	$u_C = U_C + u_c$
集电极电流	I_C	i_c	I_c	\dot{I}_c	$i_C = I_C + i_c$
基极电压	U_B	u_b	U_b	\dot{U}_b	$u_B = U_B + u_b$
基极电流	I_B	i_b	I_b	\dot{I}_b	$i_B = I_B + i_b$
发射极电压	U_E	u_e	U_e	\dot{U}_e	$u_E = U_E + u_e$
发射极电流	I_E	i_e	I_e	\dot{I}_e	$i_E = I_E + i_e$

目 录

本书常用符号表

绪论	1
第1章 半导体二极管及其应用	5
教学目标	5
引言	5
1.1 半导体二极管	6
1.1.1 半导体与PN结、二极管基础知识	6
1.1.2 二极管的结构、类型、电路符号	8
1.1.3 二极管的单向导电性及伏安特性	8
1.1.4 温度对二极管特性的影响	10
1.1.5 二极管的主要参数	10
1.1.6 二极管引脚识别及性能简易测试	11
1.1.7 二极管的应用	12
1.2 特种二极管	14
1.2.1 稳压二极管	15
1.2.2 变容二极管	16
1.2.3 肖特基二极管	16
1.2.4 快速恢复二极管	17
1.2.5 发光二极管及其应用	17
1.2.6 光电二极管及其应用	20
1.2.7 SMT与微型二极管简介	22
1.3 二极管整流电路	24
1.3.1 单相半波整流电路	24
1.3.2 单相全波整流电路	25
1.3.3 单相桥式整流电路	27
1.4 滤波电路	30
1.4.1 电容滤波电路	30
1.4.2 电感电容滤波电路	32
1.4.3 RC- π 形滤波电路	33
1.4.4 整流滤波电路应用及其故障分析	33
引言案例分析 LED充电式手电筒电路分析	34
本章小结	36
自我检测题	37
习题	37

第2章 半导体三极管及其应用	41
教学目标	41
引言	41
2.1 晶体管与光电三极管	42
2.1.1 晶体管的结构、图形符号及分类	42
2.1.2 晶体管的电流放大作用	43
2.1.3 晶体管的输入、输出伏安特性	44
2.1.4 晶体管的主要参数及其选用	46
2.1.5 晶体管的管脚判别与性能粗测	49
2.1.6 微型晶体管简介	50
2.1.7 光电三极管及其应用	51
2.2 共射基本放大电路	52
2.2.1 放大电路的基本要求及主要性能指标	52
2.2.2 共射基本放大电路的组成及工作原理	54
2.2.3 直流通路与交流通路	55
2.2.4 共射基本放大电路的静态工作点	57
2.3 晶体管开关电路与恒流源电路	58
2.3.1 晶体管开关电路	58
2.3.2 恒流源电路及其应用	59
2.4 分压式工作点稳定电路	61
2.4.1 温度对静态工作点的影响	61
2.4.2 分压式工作点稳定电路的组成	61
2.4.3 分压式工作点稳定电路的工作原理	61
2.5 分立元件放大电路的分析方法	63
2.5.1 放大电路的图解分析	63
2.5.2 微变等效电路分析法	66
2.6 共集电路与共基电路	70
2.6.1 共集电路的组成、工作原理及其应用	70
2.6.2 共基电路	72
2.7 场效应晶体管及其放大电路	73
2.7.1 增强型绝缘栅场效应晶体管的结	

II 目 录

构、图形符号及其工作原理	73
2.7.2 耗尽型绝缘栅场效应晶体管的结 构、图形符号及其工作原理	74
2.7.3 结型场效应晶体管简介	75
2.7.4 各类场效应晶体管的比较	76
2.7.5 场效应晶体管的主要参数及使用 注意事项	76
2.7.6 场效应晶体管的偏置电路	77
2.7.7 场效应晶体管放大电路及其性能 指标估算	78
2.8 多级放大电路	79
2.8.1 级间耦合方式	79
2.8.2 多级放大电路性能参数的估算	84
2.9 共射放大电路的频率特性	84
2.9.1 频率响应的基本概念和波特图	84
2.9.2 共射电路中电容的选择	87
2.9.3 多级放大电路的频率特性	87
引言案例分析 直放式收音机电路分析	89
本章小结	90
自我检测题	92
习题	93
第3章 集成运算放大器基础及负反馈 电路	101
教学目标	101
引言	101
3.1 差分放大电路	102
3.1.1 差分放大电路的组成与静态分析	102
3.1.2 共模信号、差模信号及其放大倍数	103
3.1.3 差分放大电路的动态分析与共模 抑制比	104
3.1.4 采用恒流源的差分放大电路	107
3.1.5 失调及温漂	108
3.2 集成运算放大器	108
3.2.1 集成运算放大器简介	108
3.2.2 集成运放的内部电路框图	110
3.2.3 理想运放特性	110
3.3 负反馈放大电路及其应用	111
3.3.1 反馈放大器的基本概念	111
3.3.2 反馈的分类及判别方法	112
3.3.3 负反馈对放大电路性能的影响	116
3.3.4 负反馈放大电路的自激振荡及其 消除	117
3.3.5 深度负反馈放大电路的特点及 闭环增益的估算	119
引言案例分析 集成运放反馈式音调控制 电路分析	121
本章小结	122
自我检测题	123
习题	124
第4章 集成运算放大器的应用	128
教学目标	128
引言	128
4.1 集成运放应用概述	129
4.1.1 集成运放电压传输特性和主要 性能参数	129
4.1.2 典型的双运放和四运放简介	131
4.1.3 集成运放理想化条件和线性应用 条件	132
4.2 集成运放放大、运算电路	133
4.2.1 反相输入放大电路	133
4.2.2 同相输入放大电路	134
4.2.3 差分输入放大电路	135
4.2.4 加法运算电路	136
4.2.5 积分和微分电路	137
4.3 集成测量放大器与集成隔离放大器	140
4.3.1 测量放大器电路	140
4.3.2 典型集成测量(精密)放大器 应用简介	141
4.3.3 用光耦合器与运放组成的隔离 放大器	141
4.3.4 集成隔离放大器简介	144
4.3.5 典型集成光隔离放大器应用	144
*4.4 有源滤波器	147
4.4.1 滤波器的功能及其分类	147
4.4.2 一阶低通滤波器	148
4.4.3 一阶高通滤波器	149
4.4.4 二阶有源滤波器	149
4.4.5 带通滤波器和带阻滤波器	151
4.5 集成运放的非线性应用	155
4.5.1 集成运放非线性应用的条件及 特点	155

4.5.2 电压比较器	156	教学目标	201
4.5.3 集成电压比较器及其应用	160	引言	201
4.6 集成运放应用常识与应用实例	162	6.1 正弦波振荡电路	202
4.6.1 集成运放应用常识	162	6.1.1 产生自激振荡的条件	202
4.6.2 集成运放线性应用实例	166	6.1.2 振荡电路的起振与稳幅	202
4.6.3 比较器应用实例——延时控制 电路	169	6.1.3 振荡电路的组成与分析方法	203
引言案例分析 数字万用表自动关机电路 分析	170	6.2 文氏桥式 RC 正弦波振荡电路	204
本章小结	171	6.2.1 文氏桥式 RC 正弦波振荡电路 组成	204
自我检测题	171	6.2.2 RC 串并网络的频率特性	204
习题	173	6.2.3 文氏桥式 RC 正弦波振荡电路分析	206
第 5 章 功率放大电路	178	6.2.4 文氏桥式 RC 正弦波振荡电路 应用示例	208
教学目标	178	6.3 LC 正弦波振荡电路	208
引言	178	6.3.1 LC 并联回路的频率特性	208
5.1 功率放大电路概述	179	6.3.2 变压器反馈式 LC 正弦波振荡器	210
5.1.1 功率放大电路的特点和要求	179	6.3.3 电感三点式振荡电路	211
5.1.2 功率放大电路的分类	179	6.3.4 电容三点式振荡电路	212
5.1.3 低频功率放大电路的主要 技术指标	180	6.4 石英晶体振荡器	213
5.2 乙类互补对称功率放大电路	181	6.4.1 石英晶体谐振器	213
5.2.1 OCL 电路	181	6.4.2 晶体振荡电路	215
5.2.2 OTL 电路	184	*6.5 非正弦信号产生电路	217
5.2.3 复合管在互补对称功率放大电路 中的应用	185	6.5.1 方波发生器	217
*5.2.4 BTL 电路	187	6.5.2 占空比可调的矩形波发生器	219
5.3 集成功率放大器	188	6.5.3 三角波发生器	220
5.3.1 LM386 集成功率放大器及其应用	189	6.5.4 锯齿波发生器	221
5.3.2 TDA2030 集成功率放大器及其应用	191	引言案例分析 简易调频无线话筒电路 分析及制作	223
5.3.3 集成功率放大器使用注意事项	193	本章小结	224
5.4 功放管和功率器件的安全使用	194	自我检测题	225
5.4.1 功放管的二次击穿及其保护	194	习题	226
5.4.2 功放管和功率器件的散热	195	第 7 章 直流稳压电源	230
引言案例分析 漫步者 R201T II 有源音箱 电路分析	195	教学目标	230
本章小结	197	引言	230
自我检测题	198	7.1 直流稳压电源主要性能指标和分立 元件稳压电路	230
习题	198	7.1.1 直流稳压电源及其主要性能 指标	230
第 6 章 信号产生电路	201	7.1.2 并联稳压电路的组成及其工作 原理	232
		7.1.3 并联稳压电路元器件的选择	233

IV 目 录

7.1.4 串联反馈型稳压电路	235
7.2 三端线性集成稳压电路	237
7.2.1 三端固定式集成稳压器	237
7.2.2 三端固定式集成稳压器应用电路	238
7.2.3 三端可调式集成稳压器	241
7.2.4 三端可调式集成稳压器基本应用 电路	242
7.3 开关稳压电源	243
7.3.1 开关稳压电源基本原理	243
7.3.2 开关集成稳压器及其应用	244
引言案例分析 简易恒流充电器电路分析 ..	248
本章小结	249
自我检测题	249
习题	250
附录 A	253
表 A.1 半导体器件型号命名方法	253
表 A.2 国产硅半导体整流二极管主要参数 ..	253
表 A.3 2CW、2DW 型稳压二极管的主要 参数	254
表 A.4 2EF 系列发光二极管主要参数	255
表 A.5 几种典型晶体管主要参数	255
表 A.6 通用 9011~9018、8050、8550 晶体 管的主要参数	256
表 A.7 精密电阻器的标称阻值	257
表 A.8 电阻器(电位器)的标称阻值	258
表 A.9 几种常用集成运放常用参数	258
附录 B 模拟电子报警器的应用与课程 综合实训	259
B.1 模拟电子报警器电路框图	259
B.2 可燃气体报警器	260
B.3 可燃气体报警器单元电路及其元器件 选取	265
B.4 烟雾报警器	267
B.5 红外报警器放大、比较电路简介	267
B.6 课程综合实训课题建议	268
附录 C 创新教学案例梗概	270
C.1 集成稳压器组成稳压电源电路创新 教学案例——不同类型输出电压可调 电路的实现	270
C.2 比较器应用创新教学案例——简易 晶体管 β 值粗筛选电路设计	271
本书部分习题参考答案	273
参考文献	275

绪 论

自英国物理学家麦克斯韦(J. C. Maxwell)1865年发表了第一篇有关电磁场的论文和德国物理学家赫兹(H. R. Hertz)1887年用实验验证了电磁波的存在,一门新兴的学科——无线电电子学(简称电子学)就诞生了。在短短的一个多世纪内,电子学得到迅速发展,作为研究和应用电子学的电子技术也突飞猛进地发展。

一、电子技术的发展与应用概况

电子技术是研究电子器件、电子电路及其应用的技术。电子技术最早应用于通信领域。随着电子技术的不断发展,尤其是近十余年来,以信息技术为中心的包括计算机技术、生物基因工程、光电子技术、军事电子技术、生物电子学、新型材料、新型能源、海洋开发工程技术等高新技术群的兴起,引起人类从生产到生活各个方面的巨大变革。电子技术是其他高新技术发展的基础和龙头,它的发展带动其他高新技术的发展。因此,当今世界没有一个国家不把发展电子信息技术摆在优先地位。

各种电子设备都是由电子线路构成的。电子线路是由电子器件(又称有源器件,如电子管、半导体二极管、半导体三极管、集成电路等)和电子元件(又称无源器件,如电阻器、电容器、电感器、变压器等)组成的具有一定功能的电路。电子器件是电子线路的核心,电子器件的发展促进了电子技术的发展。同时,生产力提高和科技进步对电子技术的新要求,又促进了电子器件的改进和新型器件的发明。

1904年电子管的发明,使电子技术进入了第一个电子时代——电子管时代。从此,无线电通信、电视、广播、雷达、导航电子设备和计算机等逐渐问世,并得到迅速发展。

1948年贝尔(Bell)实验室发明半导体器件后,使电子技术进入半导体器件时代,拉开了人类社会步入信息时代的序幕。半导体器件的广泛应用,开创了电子设备朝小型化、微型化发展的新局面。

1958年,得克萨斯仪器公司发明了集成电路,使电子技术进入集成电路时代。它的出现打破了由电子管、半导体器件等分立电子器件和元件构成的分立元件电路(discrete component circuit)的传统观念,使电子技术的发展与应用有了新的突破。集成电路芯片是通过一系列特定的加工工艺,将晶体管、二极管等有源器件和电阻、电容等无源器件,按照一定的电路互连,“集成”在一块半导体单晶片上,实现特定的电路或系统功能。它具有外部连线少,可靠性高,便于安装与调试等优点。集成电路的集成度以年增长46%的速率持续发展,已从20世纪60~70年代的小、中规模进入80~90年代的大规模和超大规模集成电路。而产品价格却直线下降,因而应用范围迅速扩大。当前已进入系统集成芯片SoC(system on chip)的时代,可将整个系统或子系统集成在一个硅芯片上。进一步发展,可与特种物理的、化学的和生物的敏感器(完成信息获取功能)和执行器与信息处理系统集成在一起,从而完成信息获取、处理、存储、传输和执行的系统功能,这是一个更广义的系统集成芯片。可以认为这是电子技术又一次革命性变革。

2000年以集成电路为基础的电子信息产业已成为世界第一大产业。电子信息产业的发展在国民经济发展中具有十分重要的战略意义。现代经济发展的数据表明,GDP每增长100元,需要10元左右电子工业产值和1~3元集成电路产值的支持。几乎所有的传统产业只要与电子技术结合,用集成电路进行智能改造,就会使传统产业重新焕发青春。例如,汽车的电子化导致汽车工业的革命,目前现代化的汽车,电子装备已占其总成本的70%。进入信息化社会,集成电路成为军事领域的基本组成单元,于是电子战、智能武器应运而生。雷达的精确定位和导航、战略导弹的减重增程、战术导弹的精确制导、巡航导弹的图形识别与匹配,以及各类卫星的有效载荷和寿命的提高,等等,其核心技术都是微电子技术。

最近美国工程技术界评出20世纪世界最伟大工程技术成就,在谈到电子技术时指出,“从真空管到半导体、集成电路已成为各行各业智能工作的基石。”由于集成电路的原料是硅,它改变着社会的生产方式和人们的生活方式,不仅成为现代产业和科学技术的基础,而且正在创造着代表信息时代的硅文化(silicon culture)。因此,有科学家认为,人类继石器、青铜器、铁器时代之后,将进入硅石时代。

我国工业和信息化部2012年2月24日发布《电子信息制造业“十二五”发展规划》,2010年,我国规模以上电子信息制造业销售收入达63945亿元,较2005年(31010亿元)翻一番,五年间年均增速超过15%;出口占全国外贸出口的比重一直保持在30%以上;彩电、微型计算机、手机等主要整机产品产量分别达1.2亿台、2.5亿台和10亿部,均占全球总产量40%以上,五年间年均增速分别为7.4%、24.9%和26.9%;规模以上电子信息制造业从业人员达880万人,比2005年增长329万人,占全国工业从业人员比重从2005年的8%提高到10%。

“十二五”期间,我国规模以上电子信息制造业销售收入年均增速保持在10%左右,2015年超过十万亿元;工业增加值年均增长超过12%;电子信息制造业中的战略性新兴领域销售收入年均增长25%。在集成电路、新型显示器件、关键元器件、重要电子材料及电子专用设备仪器等领域突破一批核心关键技术。集成电路产品满足国内市场需求近30%,芯片制造业规模生产技术达到12英寸、32/28纳米工艺;平板电视面板自给率80%以上。

我国是集成电路消费大国,目前已成为全球最大电子信息产品制造基地,预计2020—2050年中国将成为集成电路产业强国。

二、课程的性质和任务

本课程是高职高专电类专业通用的技术基础课,也是实践性较强的一门主干课。在本专业人才培养过程中具有重要的地位和作用。

通过本课程的理论教学和实验、课程设计等实践教学,使学生获得电子元器件和功能电路及其应用的基本知识,掌握电子技术基本技能,培养学生创新意识和实践能力,以适应电子技术发展的形势,为后续课程的学习和形成职业能力打好基础。

通过本课程及其实践环节的教学使学生获得以下知识和能力:

- (1) 熟悉常用电子元器件的性能特点及其应用常识,具有查阅手册、合理选用、测试常用电子元器件的能力。
- (2) 掌握常见功能电路的组成、工作原理、性能特点及其分析计算方法,具有常见低频电路读图能力。
- (3) 熟悉常见电路的调试方法,具有简单电路故障分析、排除能力。