

高等职业技术教育电子电工类规划教材

★ 陕西省普通高等学校优秀教材奖

★ 陕西省普通高等学校精品课程配套教材

模拟电子技术（第四版）

主 编 周 雪

21世纪

高级应用型人才



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

高等职业技术教育电子电工类规划教材

模拟电子技术

(第四版)

主 编 周 雪

副主编 张慧玲

参 编 阮黎君 吕红娟 肖志锋

主 审 江晓安 张俊峰

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书依据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,历经了2002年第1版、2005年第2版及2012年第3版,根据高等职业教育发展需要,弃旧扬新,再次修订出版。全书在内容的安排上以“半导体器件的认识和应用”为主线,以“管为路用”为基准,以对学生“技术应用能力的培养”为目的,以“必须”和“够用”为度,以讲清概念、强化应用为重点,大大削减分立元件,突出集成电路的特性及应用,在讲解基本理论的基础上增加了新器件、新知识。

全书共分10章。内容包括:半导体二极管的认识及其应用、半导体三极管的认识及其放大电路、场效应管的认识及其应用、集成运算放大器的认识及其选择、负反馈放大器、集成运算放大器的基本应用、波形发生电路、功率放大器、直流稳压电源、晶闸管的认识及其应用电路。书中有大量的思考题和习题,供读者思考和练习。

本书在每个章节增加了知识点和技能点,以方便教师的教学和学生的学习。

本书通过贯穿全书的教学演示,突出了电子技术的应用性、实践性,强化了实际应用能力的培养。

本书内容覆盖面广,安排灵活。可作为三年制、二年制高等职业教育电子、通信、信号、计算机、自控、电气等专业的教材,也可作为五年制高等职业教育相应专业的教材,还可作为中等专业学校有关专业的提高教材,亦可作为自学考试、网络教育、函授教育、在职培训或电子技术工程人员学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术/周雪主编. —4版. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.1

ISBN 978-7-5606-4195-9

I. ①模… II. ①周… 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(2016)第 317282 号

策 划 马乐惠

责任编辑 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2017年1月第4版 2017年1月第21次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 16

字 数 368千字

印 数 119 001~122 000册

定 价 28.00元

ISBN 978-7-5606-4195-9/TN

XDUP 4487004-21

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

本世纪以来,我国高等职业技术教育经历了精品课程(2003年起)、精品资源共享课(2012年起),到目前正在进行的在线开放课程建设的发展历程,教学内容、教学方法、教学模式和教学管理机制也在不断改革,为适应不断发展的教学改革对教材的要求,特对第三版教材进行修订,具体内容如下:

1. 在每个章节之后增加了知识点和技能点。

教师对知识点和技能点的提炼反映了教师对课程内容的把握程度,学生对知识点和技能点的理解反映了学生对学习内容的掌握程度。在国家精品资源共享课的建设中,要求课程内容能够涵盖课程相应领域的基本知识、基本概念、基本原理、基本方法、基本技能、典型案例、综合应用、前沿专题、热点问题等内容,具有基础性、科学性、系统性、先进性、适应性和针对性等特征,因此要求课程建设必须提炼知识点和技能点的内容;在在线开放课程的建设中,也必须要认真梳理知识点和技能点的内容,以视频、动画课件等多种媒体方式来表现教学内容。这些都说明知识点和技能点的重要性,故本次修订着重对教材的知识点和技能点做了认真的分析和提炼,以帮助教师在教学中参考,并引领学生在学习的过程中运用。

2. 对于一些知识点的名词不能在教材中找到出处的部分进行了补充,使教材更加通俗易懂。

3. 修改了部分内容。

4. 增加了部分思考题。

本教材自出版以来,得到了许多老师的关注和支持,特别是得到了兄弟省份院校的认可,在此,对于一直关心和使用本教材的老师、学生及兄弟院校表示衷心的感谢,希望大家多提宝贵意见,使教材更加适合高职教育教学改革的需要,方便教师教学、利于学生学习。

在本教材的出版过程中,西安电子科技大学出版社有关编校人员对此书进行了认真的编辑、审核和校对,使本书的出错率降到了最低,保证了本教材的出版质量。在此,向他们表示最衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016年5月

第一版前言

本书是依据 1999 年 8 月教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》的精神,参照陕西省职业技术教育学会电子电工教学委员会组织讨论并确定的高等职业院校电子电工类专业“模拟电子技术”教学大纲编写的。

本书可作为高等职业教育电子、通信、计算机、自控、电气等专业的教材,也可作为中等专业学校有关专业的提高教材,还可作为自学考试自学或从事电子技术的工程人员学习用书。

本书在教材编写过程中,认真分析了现行电子教学内容,摈弃了陈旧知识,补充了电子新技术,在内容取材及安排上,与现有一些《模拟电子技术》教材相比,具有以下特点:

1. 削减分立,突出集成。例如,负反馈一章全部讲集成运放组成的负反馈放大器,对于分立元件反馈放大电路只是出现在习题练习中。

2. 增加了新器件、新型电子电路。例如,红外发射二极管、激光二极管、双基极二极管、双向触发晶闸管等,新型电子电路有:由集成运放组成的压控振荡器、集成函数发生器 8038 等。

3. 增加了“集成模拟乘法器在频率变换电路中的应用”一章。利用集成模拟乘法器的应用,将调制与解调、倍频、分频等高频电子电路中的内容作了介绍,为需要学习高频电子电路的专业选用。我们认为这样处理基本满足这些专业的要求,且用时少、内容新。

4. 全书贯穿了教学演示,突出了电子技术的应用性,实践性,强化了实际应用能力的培养。

5. 为突出学生实际动手能力的培养,对每一种器件都有管脚测试及质量检测的方法。

6. 在电路图中对关键元器件的作用进行了标注说明,使读者更简单、更直观地了解电路的性能。

7. 为方便各学校、各专业的使用,本书分必修及选修内容,其中,选修内容以“*”作为标记。

8. 在三极管放大电路部分具有自己独特的处理方式。采用了“先直流偏置后交流输入,先放大条件后放大对象”的方法,具体表现在:先介绍直流偏置方式,保证三极管起放大作用,在此基础上介绍交流信号在三极管上的输入、输出方式,由于公共端的不同,构成了共 e、共 c、共 b 电路,并逐步分析其交流性能,因为不管是共 e、共 b、共 c 电路,其直流偏置方式可以是相同的,这样做,可以避免传统模式上的每种电路的直流偏置方式都进行分析的重复现象。教材经这样处理后,概念清楚,方法简单,所用学时少,且易学易懂。

全书内容共分 11 章,按照理论教学 100 学时左右编写,每小节有思考题,每章有习题,供读者思考及练习。

本书由周雪担任主编，张慧玲担任副主编；第1、9章由贺歆昉执笔，第2章由张慧玲执笔，第3、8章由肖志锋执笔，第5章由吕红娟执笔，第6、7章由阮黎君执笔，绪论及第4、10、11章由周雪执笔。周雪对全书做了统稿及修改。

扉页参编人员署名按姓氏笔画排序。

本书承蒙西安电子科技大学江晓安教授审稿，并提供了详尽的修改意见，在此表示衷心的感谢。

为了方便教学，本书配有电子教案，任课教师可与西安电子科技大学出版社发行部联系，免费索取，联系电话：(029)8202945。

由于作者水平有限，书中难免有错漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2001年9月

常用符号一览表

1. 器件(分立元件)

1) 器件名称

V	二极管、三极管、晶闸管、场效应管
A	放大器
S	开关
T	变压器
RP	电位器

2) 器件管脚名称

本书采用小写英文字母表示各管脚名称(个别除外)

b	三极管基极
c	三极管集电极
e	三极管发射极, 单结晶体管发射极
g(G)	场效应管栅极, 晶闸管控制极
d(D)	场效应管漏极
s(S)	场效应管源极
a	晶闸管阳极
k	晶闸管阴极
b ₁ 、b ₂	单结管第一基极、第二基极

2. 电压与电流

1) 电源电压

(1) 符号规定

大写的英文字母 U , 下角标采用大写的英文字母, 并双写该字母。

(2) 符号使用

U_{BB}	晶体三极管基极电源电压, 单结晶体管的电源电压
U_{CC}	晶体三极管集电极电源电压
U_{EE}	晶体三极管发射极电源电压
U_{GG}	场效应管栅极电源电压, 晶闸管控制极电源电压
U_{DD}	场效应管漏极电源电压
U_{AA}	晶闸管阳极电源电压

2) 电压与电流

(1) 符号规定

英文小写字母符号 $u(i)$, 其下标若为英文小写字母, 则表示交流电压(电流)瞬时值

(例如, u_o 表示输出交流电压瞬时值)。

英文小写字母符号 $u(i)$, 其下标若为英文大写字母, 则表示含有直流的电压(电流)瞬时值(例如, u_o 表示含有直流的输出电压瞬时值)。

英文大写字母符号 $U(I)$, 其下标若为英文小写字母, 则表示正弦电压(电流)有效值或幅值(例如, U_o 表示输出正弦电压有效值)。

英文大写字母符号 $U(I)$, 其下标若为英文大写字母, 则表示直流电压(直流)(例如, U_o 表示输出直流电压)。

若在英文大写字母符号 $U(I)$ 之前加符号“ Δ ”, 则表示直流电压(电流)的变化量。

(2) 符号使用

$U_B、U_C、U_E$	基极、集电极、发射极的直流电压
U_{BE}	三极管基射极间的直流电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时三极管集射极间的反向击穿电压
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时三极管射基极间的击穿电压
u_i	交流输入电压
u_o	交流输出电压
$U_i、U_o$	交流输入、输出电压的有效值
U_{CE}	三极管集射极间直流电压
U_{CES}	三极管的集射极间饱和压降
u_s	信号源电压
i_B	基极含有直流成分的瞬时电流
i_C	集电极含有直流成分的瞬时电流
i_E	发射极含有直流成分的瞬时电流
i_b	基极交流电流
i_c	集电极交流电流
i_e	发射极交流电流
I_b	基极交流电流的有效值
I_c	集电极交流电流的有效值
I_e	发射极交流电流的有效值
$I_{BQ}、I_{CQ}、I_{EQ}$	基极、集电极、发射极的静态工作电流
I_{BS}	临界基极饱和电流
I_{CS}	临界集电极饱和电流
I_{CBO}	发射极开路时的集基极间的反向饱和电流
I_{CEO}	基极开路时的集射极间的穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
$U_{GS(th)}$	场效应管开启电压
$U_{GS(off)}$	场效应管夹断电压
U_{GS}	场效应管栅源极间的直流电压
U_{rs}	栅源极间的交流电压(有效值)
I_D	漏极直流电流

U_{DS}	漏源极间的直流电压
U_{ds}	漏源极间的交流电压(有效值)
I_A	流过晶闸管阳极的直流电流
i_a	流过晶闸管阳极的交流电流
U_{GK}	晶闸管控制极至阴极间的直流电压
u_f	反馈电压
u_{id}	差模输入电压, 净输入电压
u_{ic}	共模信号电压
$U_+、I_+$	运放同相端的输入电压、输入电流
$U_-、I_-$	运放反相端的输入电压、输入电流
$U_Z、I_Z$	稳压二极管的稳定电压、稳定电流
I_F	最大整流电流
U_{RM}	最大反向工作电压
I_R	二极管的反向电流
f_M	二极管的最高工作频率
U_{REF}	电压比较器的参考电压
U_{TH}	阈值电压或门限电压
$U_{TH1}、U_{TH2}$	上门限电压、下门限电压
ΔU_{TH}	回差电压

3. 功率

P_{CM}	集电极最大耗散功率
P_{DC}	直流电源提供的功率
P_C	三极管耗散功率
P_O	输出功率
P_{Omax}	最大输出功率

4. 电阻、电容、电感

R_b	基极偏置电阻
R_c	集电极电阻
R_e	发射极电阻
R_L	负载电阻
r_i	输入交流电阻
r_{be}	基射极间的交流输入电阻
r_o	输出交流电阻
r_s	信号源内阻
r_{id}	差模输入电阻
r_{od}	差模输出电阻
r_{if}	具有反馈时的输入电阻

r_{of}	具有反馈时的输出电阻
R_g	场效应管的栅极电阻
R_d	场效应管的漏极电阻
R_s	场效应管的源极电阻
C	电容
L	电感

5. 频率参数

f_H	放大电路的上限截止频率
f_L	放大电路的下限截止频率
BW	通频带
f_0	振荡频率
ω_0	谐振角频率
f_{Hf}	具有反馈时的上限截止频率
f_{Lf}	具有反馈时的下限截止频率
f_s	晶体的串联谐振频率
f_p	晶体的并联谐振频率

6. 性能参数

$\bar{\beta}$	共发射极直流电流放大倍数
β	共发射极交流电流放大倍数
A_u	交流电压放大倍数
A_{us}	源电压放大倍数
A_i	电流放大倍数
g_m	场效应低频跨导
η	效率
A_{ud}	差模电压放大倍数
$A_{ud1}(A_{ud2})$	单端输出差模电压放大倍数
A_{uc}	共模电压放大倍数
K_{CMR}	共模抑制比
A	开环放大倍数
A_{uf}	闭环电压放大倍数
γ	稳压系数
s	纹波电压
δ	占空比
S_T	温度系数
φ_A	放大电路的相位移
φ_F	反馈网络的相位移

目 录

绪论	1	2.1.2 三极管的电流分配与放大作用 ...	26
0.1 课程的研究对象	1	2.1.3 三极管的特性曲线	28
0.2 电子技术的发展概况	2	2.1.4 三极管的主要参数及温度的影响	30
0.3 电子技术的应用领域	2	2.1.5 三极管的命名及判别方法	31
0.4 课程的特点	3	2.1.6 特殊三极管简介	35
0.5 课程的基本要求	3	知识点	36
第1章 半导体二极管及其应用电路	5	技能点	36
1.1 PN结	5	思考题	36
1.1.1 半导体的基础知识	5	2.2 放大电路的基本知识	37
1.1.2 PN结及其单向导电特性	8	2.2.1 放大电路的基本概念	37
知识点	9	2.2.2 放大电路的工作状态分析	39
技能点	9	知识点	41
思考题	9	技能点	41
1.2 半导体二极管	9	思考题	41
1.2.1 半导体二极管的结构、符号、实物图及类型	9	2.3 放大电路的失真现象分析	42
1.2.2 半导体二极管的伏安特性	10	知识点	43
1.2.3 半导体二极管的主要参数	12	技能点	43
1.2.4 二极管的简易测试	13	思考题	43
1.2.5 二极管使用注意事项	13	2.4 放大电路的偏置方式	43
1.2.6 半导体二极管的命名方法	13	知识点	47
1.2.7 半导体二极管的应用举例	14	技能点	47
知识点	15	思考题	47
技能点	16	2.5 放大电路性能指标的估算	47
思考题	16	2.5.1 放大电路的动态性能指标	47
1.3 特殊二极管	16	2.5.2 共发射极放大电路性能指标的估算	48
知识点	21	2.5.3 共集电极、共基极放大电路的性能指标	52
技能点	21	2.5.4 三种基本放大电路的性能比较 ...	55
思考题	21	知识点	56
本章小结	21	技能点	56
习题	21	思考题	56
第2章 半导体三极管及其放大电路 ...	24	2.6 多级放大电路	57
2.1 半导体三极管	24	2.6.1 多级放大电路的组成	57
2.1.1 三极管的结构与分类	24	2.6.2 多级放大电路的性能指标估算 ...	59

2.6.3 放大电路的频率特性	59	思考题	95
知识点	62	4.3 集成运算放大器的主要参数及其	
技能点	62	选择	95
思考题	62	4.3.1 集成运算放大器的主要参数	95
本章小结	62	4.3.2 集成运算放大器的选择	97
习题	63	知识点	98
第3章 场效应管及其应用	68	技能点	98
3.1 场效应管	68	思考题	98
3.1.1 结型场效应管	68	本章小结	98
3.1.2 绝缘栅型场效应管	70	习题	98
3.1.3 场效应管的主要参数及使用		第5章 负反馈放大器	101
注意事项	73	5.1 反馈的基本概念	101
知识点	76	知识点	105
技能点	76	技能点	106
思考题	76	思考题	106
3.2 场效应管放大电路	76	5.2 负反馈对放大器性能的影响	106
3.2.1 共源放大电路	76	知识点	109
3.2.2 共漏放大电路	79	技能点	109
3.2.3 场效应管放大电路的应用	80	思考题	109
知识点	81	5.3 深度负反馈放大电路的分析	110
技能点	81	知识点	112
思考题	81	技能点	112
本章小结	81	思考题	112
习题	82	本章小结	112
第4章 集成运算放大器	84	习题	113
4.1 差动放大电路	84	第6章 集成运算放大器的基本	
4.1.1 电路组成与性能分析	84	应用	115
知识点	87	6.1 概述	115
技能点	88	知识点	116
思考题	88	技能点	116
4.1.2 差动放大电路的输入输出方式	88	思考题	116
知识点	90	6.2 基本运算电路	116
技能点	90	6.2.1 比例运算	117
思考题	90	6.2.2 加法运算	119
4.2 集成运算放大器	90	6.2.3 减法运算	119
4.2.1 集成运算放大器件的识读	90	6.2.4 微积分运算	121
4.2.2 集成运放的组成及其符号	91	* 6.2.5 乘法运算电路	122
4.2.3 集成运算放大器的分类	93	知识点	124
4.2.4 模拟集成电路的型号命名方法	94	技能点	124
知识点	95	思考题	125
技能点	95		

* 6.3 有源滤波和精密整流电路	125
6.3.1 有源滤波电路	125
6.3.2 精密整流电路	128
知识点	129
技能点	129
思考题	129
6.4 电压比较器	130
6.4.1 单门限电压比较器	130
6.4.2 滞回电压比较器	131
知识点	132
技能点	132
思考题	132
6.5 集成运算放大器的使用常识	133
知识点	135
技能点	135
思考题	135
本章小结	136
习题	136

第7章 波形发生电路

7.1 正弦波振荡电路	141
7.1.1 正弦波振荡电路的基础知识	141
7.1.2 RC 正弦波振荡电路	143
7.1.3 LC 振荡电路	145
7.1.4 晶体振荡电路	149
知识点	151
技能点	151
思考题	152
7.2 非正弦信号发生器	152
7.2.1 矩形波发生器	152
7.2.2 三角波发生器	153
7.2.3 锯齿波发生器	154
知识点	155
技能点	155
思考题	155
7.3 集成函数发生器 8038 简介	155
知识点	157
技能点	157
* 7.4 压控振荡器	157
知识点	160
技能点	160
本章小结	160
习题	161

第8章 功率放大器

8.1 功率放大器的特点和分类	164
知识点	165
技能点	165
思考题	165
8.2 乙类互补对称功率放大电路 (OCL 电路)	165
知识点	167
技能点	167
思考题	168
8.3 单电源互补对称功率放大电路 (OTL 电路)	168
知识点	169
技能点	169
思考题	169
8.4 复合互补对称功率放大电路	169
8.4.1 复合管	169
8.4.2 电路举例	170
知识点	171
技能点	171
思考题	172
8.5 集成功率放大器	172
知识点	174
技能点	174
思考题	174
本章小结	174
习题	175

第9章 直流稳压电源

9.1 概述	177
9.1.1 演示电路	177
9.1.2 稳压电源	178
知识点	179
技能点	179
思考题	179
9.2 整流滤波电路	179
9.2.1 整流电路	179
9.2.2 滤波电路	182
知识点	186
技能点	186
思考题	187
9.3 硅稳压管稳压电路	187
知识点	188

技能点	188	知识点	209
思考题	188	技能点	209
9.4 串联型线性稳压电路	189	思考题	209
知识点	190	10.2 单相可控整流电路	209
技能点	190	10.2.1 单相半波可控整流电路	209
思考题	191	10.2.2 单相半控桥式整流电路	211
9.5 三端集成稳压器	191	知识点	214
9.5.1 三端固定式集成稳压器	191	技能点	214
9.5.2 三端可调集成稳压器	194	思考题	215
9.5.3 三端集成稳压器的使用注意 事项	196	10.3 单结晶体管触发电路	215
知识点	196	10.3.1 单结晶体管的结构及其性能	215
技能点	196	10.3.2 单结晶体管张弛振荡器	217
思考题	196	10.3.3 单结晶体管同步触发电路	218
9.6 开关稳压电源	196	知识点	219
知识点	198	技能点	219
技能点	198	思考题	219
思考题	198	10.4 双向晶闸管及其应用电路	220
本章小结	198	10.4.1 双向晶闸管	220
习题	199	10.4.2 触发二极管	222
		10.4.3 双向晶闸管的应用电路	223
		知识点	224
		技能点	224
		思考题	224
		本章小结	224
		习题	225
* 第 10 章 晶闸管及其应用电路	201	附录	226
10.1 单向晶闸管	201	部分习题参考答案	239
10.1.1 单向晶闸管的实物图及其 性能演示	201	参考文献	242
10.1.2 单向晶闸管的内部结构及 工作原理	203		
10.1.3 单向晶闸管的伏安特性曲线 及其主要参数	204		
10.1.4 晶闸管的型号	206		
10.1.5 单向晶闸管质量粗测	207		

绪 论

几乎所有的人都收听过收音机。收音机是如何把人耳听不见、眼睛看不见的电磁波接收下来并且变换成听得见的声音信号的呢？

开大会时，我们总是看见讲话人面前放着一个话筒，而我们从喇叭里就能听得见讲话人的声音，这里边有什么奥妙呢？它是如何把小声音变成全场都能听得见的大声音呢？实际上，话筒的作用是把声音信号转换成微弱的电信号，再经过扩音机把这个信号放大，然后向扬声器提供一定的功率信号。扩音机示意图如图 0.1 所示。

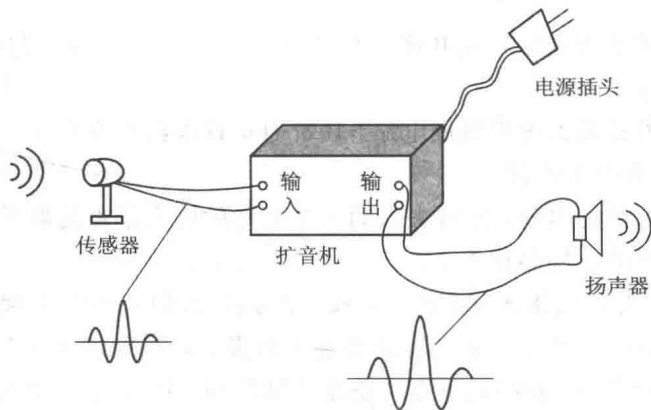


图 0.1 扩音机示意图

在上述收音机及扩音机的例子中，其内部都有放大电路，它们放大的都是随声音连续变化的电信号，将此类电路称之为模拟电子电路。我们所说的“模拟电子技术”就是讲述“模拟电子电路”（或者称之为“电子线路”）技术的一门课程。该课程的研究对象、基本内容、应用领域、特点是什么呢？在没有进行新课之前应对此有所了解。

0.1 课程的研究对象

电子技术就是应用电子元器件来达到某种特定目的或完成某项特定任务的技术。电子技术研究的对象是电子元器件和由电子元器件构成的各种基本功能电路，以及由某些基本功能电路所组成的有各种用途的装置或系统。电子技术按照其处理信号的不同，可分为模拟电子技术和数字电子技术两部分。取值随时间连续变化的信号是模拟信号，产生、传输和处理模拟信号的电路统称为模拟电子电路，简称为模拟电路；时间上和数值上都不连续的信号是数字信号，产生、传输和处理数字信号的电路称为数字电路。两种电路中电子元

器件的工作状态不同,电路的分析方法也不同。

0.2 电子技术的发展概况

电子元器件对电子线路来说,就像人的心脏一样,人无心脏不能维持生命,电路无“心脏”则不能正常工作。电子元器件的演变和发展推动了电子技术的发展。

第一代电子器件是电子管。1904年,英国科学家佛莱铭发明了真空二极管。1907年,美国学者德福雷斯创制真空三极管的成功,标志着人类控制电子、驯服电子和驾驭电子的开始。1925年以后,陆续出现了性能更加完善的真空四极管、五极管及复合管,从而使得短波无线电通信迅速发展。

第二代电子器件是晶体管。1948年,美国科学家巴丁、布莱廷和肖克莱发明了世界上第一只晶体管,开创了电子器件和电子设备小型化的新纪元。

第三代电子器件是集成电路。20世纪60年代初集成电路的问世,标志着人类进入了微电子时代。

第四代电子器件是大规模集成电路。20世纪60年代末已出现了包含1000个以上晶体管和元件的单块晶片。

第五代电子器件是超大规模集成电路。1977年,日本科学家在 $6.1\text{ mm} \times 5.8\text{ mm}$ 的硅片上,集成了15万多个晶体管。

超大规模集成电路的出现,使过去占满一个大厅的庞大笨重的电子设备现在可以缩小到衬衣钮扣那样大小的一块晶片上了。

根据摩尔定律,芯片的集成度每隔18~24个月就会增加一倍。这就相当于计算机的计算能力每年会增加50%~60%。但芯片之路还十分漫长,至少还有一个世纪的发展潜力。

随着电子技术的发展,新的电子器件也在不断出现。1991年日本东京大学试制成功了钻石晶体管,这种晶体管不仅具有钻石特有的硬度,而且在 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温下也能正常工作。1991年,仅有26岁的我国留法博士生彭学舟试制成功了全塑晶体管,这种晶体管具有柔性,可制作比液晶显示屏幕更大的屏幕,且成本低,经济效益高。

0.3 电子技术的应用领域

电子技术的应用是相当广泛的,现在还找不出哪一门学科或技术是与电子学无缘的。

在天文学方面,与电子学结合得最好的例子就是射电天文学,其中利用了高灵敏度的毫米波或远红外的接收机来探测宇宙中各物质所辐射的谱线,使人们进一步了解宇宙中所存在的自然现象及其规律。

在地质学方面,普遍采用电子学中的遥感技术对地面、海面、地下、水下的资源、外貌和其它特性进行探测。

在生物学研究中,与电子学密切结合的是仿生电子学,机器人就是一例。1997年,由日本本田技术研究所开发的机器人,拥有和人一样的外形,能够自如行走并可上下台阶,还可以用脚停住和踢开滚来的球等。

在工业生产和工程施工方面,电子技术的应用主要是生产和施工的综合自动化,实际上也就是电子计算机化。

在交通运输的控制和自动化管理方面,电子技术应用于行车的调度、客票的预约等。

在医学方面,电子技术的应用包括诊、断、治三个方面。利用“CT 技术”可观察人体内部的病变;目前已经投入使用的最先进的 256 排 CT 扫描机,装有 256 个摄像头,每个探头都可捕获器官或组织一层的信号,探头越多,图像的显像度就越好。256 排 CT 扫描机能够检测血流中精细的变化或心脏及脑部直径不粗于 1.5 mm 的血管中形成的微小血栓,1 秒钟内完成对大脑的显像,在一次心跳间隔时间内就可完成对心脏的全部成像,因此在症状出现之前或出现永久器官损害之前,能够发现受限血流最早期的迹象。此外,利用计算机还可开出治疗方案和医嘱,利用 X 射线、激光等照射人体可以治疗癌症。

现代战争也是电子战、信息战,无人驾驶飞机实际上就是电子遥控飞机。

日常生活中的电视机、录音机、录像机、电风扇、洗衣机等哪一项都离不开电子技术。

0.4 课程的特点

1. 特殊的电路规律

例如:电路课中基本上只讨论线性元件和电路,而电子技术则主要与非线性器件打交道,如不加分析地搬用某些电路原理,就会引起错误,如欧姆定律就不适用于非线性电路;又如电路课中对直流电路和交流电路是分开研究的,而电子线路几乎是交直流共存于同一电路之中,既有直流通路,又有交流通路,它们既相互联系,又相互区别,增加了分析问题的复杂性;再如电路课中研究网络输出对于输入的依赖关系,不涉及输出对于输入的反作用,而实际的电子电路中却几乎都有这样那样的反馈,从而构成了学习中的又一个难点。

2. 特殊的分析方法

为了突出主要矛盾,简化实际问题,经常采用近似的方法。为了在一定条件下实现矛盾的转化(如将非线性器件转化为线性电路,或将复杂的线性网络转化为简单的电压源),经常采用等效的方法。为了直观形象地分析全局,确定工作状态或研究变化趋势,经常采用图解的方法。

3. 课程的实践性强

课本中所介绍的器件均是实际中所用的器件,所介绍的原理电路都是实际电路的一部分;要真正掌握这些器件的性能及电路的功用,就必须实际搭接安装这些电路,挑选元器件,调试电路,改进电路,提高解决实际问题的能力。

4. 内容庞杂繁多

课程的这一特点具体表现在:器件种类多,电路形式多,概念方法多。

0.5 课程的基本要求

(1) 掌握各类电子器件的符号、特性、参数、使用方法。

(2) 掌握由电子器件构成的各种常用电路,会分析工作原理,会计算电路参数。对于