



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4版)

周良权 傅恩锡 李世馨 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
(高职高专教育)

模拟电子技术基础

(第4版)

周良权 傅恩锡 李世馨 编

高等教育出版社



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4版)

周良权 傅恩锡 李世馨 编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）。本次修订是在第2、3版教材基础上，根据高等教育出版社2006年召开的高职高专电类基础课“十一五”国家级规划教材编写会文件精神进行修订。修订后的教材叙述简明、概念清晰、通俗易懂、重点突出、便于掌握，并注重技能和应用能力的培养。

全书内容有：半导体二极管及其基本应用电路、半导体三极管及其基本放大电路、多级放大电路与频率特性、集成运算放大器及其应用基础、负反馈放大电路、集成运算放大器在信号处理方面的应用，信号发生电路、功率放大电路、直流稳压电源、电力电子电路等。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办职业学校的电气电子、信息自动化、机电一体化等专业的基础课教材，也可供从事电子技术的工程技术人员学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

模拟电子技术基础/周良权，傅恩锡，李世馨编. —4
版. —北京：高等教育出版社，2009.8
ISBN 978-7-04-027298-7

I. 模… II. ①周…②傅…③李… III. 模拟电路-电子技术-高等学校：技术学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 096193 号

策划编辑 孙 杰 责任编辑 魏 芳 封面设计 张志奇 责任绘图 吴文信
版式设计 王艳红 责任校对 胡晓琪 责任印刷 朱学忠

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
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司

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.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本	787×1092 1/16	版 次	1993 年 10 月第 1 版
印 张	17		2009 年 8 月第 4 版
字 数	410 000	印 次	2009 年 8 月第 1 次印刷
		定 价	20.40 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 27298-00

第4版前言

本书根据2006年11月高等教育出版社召开的高职高专电类基础课“十一五”国家级规划教材编写会文件《专业基础“十一五”规划教材建设的思考》提出的“以技能培养为核心、落实应用”的精神,本着“教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展”的编写原则,吸取各校师生使用本书的反馈信息中的意见和建议,同时考虑到电工等级考核的内容要求,在第2、3版教材基础上进行修订。修订后的教材叙述简明、概念清晰、通俗易懂、重点突出、便于掌握,并注重技能和应用能力的培养,具有高职高专教材特色。由于各专业的教学内容要求和教学时数存在差异,因此在节号前注有*号的内容可作为选学内容。具体修订了以下几方面主要内容:

1. 对各基本单元电路,大多引入具体参数值进行计算举例,以便更好地理解该电路的性能特点及利于提高工程实践应用能力。

2. 在放大电路频率特性分析中,对其较复杂的内容和难点进行化解,用简明复数函数式来说明其波特图的形成及特点,使概念易于理解和掌握。同时也为分析有源滤波电路的频率特性建立一定基础。

3. 为顾及模拟电子的实验和实训内容要求,对第2版原有的分立元器件负反馈放大电路的四种组态、双运放组成的锯齿波和三角波发生电路作了简要介绍。另外还介绍了XR-2206型单片集成高精度函数发生器的应用,这在工程上具有一定的实用价值。

4. 本书在各章适量列举了应用电路,以利于读者对知识点用途的理解,拓宽其应用能力。

5. 对各章节中的重要知识点,大多作了重点提示,有助于提醒读者对该重点的掌握,也是在学习方法方面的强调和提示,利于提高学习效率。

本书修订者为湖南工程学院傅恩锡(第1、2章)、上海理工大学周良权(第3、6章、第7章中7.2节和第8~10章及附录一、二)、杭州应用工程技术学院李世馨(第4、5章和第7章中7.1节)。全书由周良权负责统稿。

本书由上海第二工业大学顾永杰副教授主审,他对全部书稿进行了认真、细致、负责的审阅,并提出了许多宝贵的意见和建议。另外,承德石油高等专科学校廖先芸教授为本书制作多媒体电子教案、自我检测题、试题题库和全部题解的光盘供任课教师教学参考使用。在此一并表示诚挚的谢意。

限于编者水平,本次修订与目前高职高专教育发展形势的要求难免存在一定差距,书中也难免有不妥和差错之处,敬请读者不吝指正。

与本书配套的教材有:《数字电子技术基础》(第3版)(教育部2008年度精品教材,周良权,方向乔编,高等教育出版社,2008年),《电子技术综合应用创新实训教程》(孔凡才,周良权编,高等教育出版社,2008)。

编者

2009年5月

第3版前言

本书是教育部普通高等教育“十五”国家级规划教材（高职高专教育）。编者在第二版基础上，根据长期教学实践和改革经验，并收集使用本教材师生提出的宝贵意见和建议，在高等教育出版社高等职业教育中心指导下进行修订。鉴于目前电子技术发展极为迅速，在模拟电路电子产品中，广泛地采用各种专用集成电路，另外考虑教学时数的压缩，为此作了如下修改：

一、建立以分立器件及其基本单元应用电路为专用集成电路服务的指导思想，简要讲清分立器件及其单元电路的基本概念，除了必要的基本技术指标参数计算以外，减少某些电路的理论分析和复杂计算，如频率特性以定性分析为主；低、高通有源滤波器以一阶为主，SW3524脉宽调制器内部电路不作具体分析，着重应用。

二、对某些专用集成电路参数结合其使用方法介绍，以便使用该器件时确定其外围元件参数值时参考。

三、为了使学生了解各种器件和电路的用途，适量介绍其简易和实用的应用电路，以拓宽应用思路。

四、将每章原有教学基本要求的“掌握、熟悉、了解”改为“要知道、会计算、能画出、会判断”等，使学生在学时对要掌握的侧重点更直观和明确。

本次修订由上海理工大学周良权任主编并负责全书统稿和定稿，湖南工程学院傅恩锡任副主编，杭州应用工程技术学院李世馨参加修订。具体修订编写章节分工为：傅恩锡修订第1章及第2章中2.1~2.7节，周良权修订第2章中2.8节、第5章、第6章中6.2节和第7~9章，李世馨修订第3、4章和第6章中6.1节。

本书由上海第二工业大学郭维芹教授主审，他对书稿进行了仔细审阅，并对书稿内容提出了建设性的宝贵意见和建议；广大兄弟院校也对本书修订提出了很好建议，在此一并表示诚挚谢意。

由于编者教学经验和学术水平有限，修订中难免有错误和不妥之处，敬请广大师生和读者批评指正。

编者

2005年2月

第2版前言

本书是教育部“九五”规划修订教材，编者在第一版的基础上，根据多年教学实践和经验总结，并听取了众多使用本教材师生们提出的宝贵意见和建议，依照2000年教育部组织制订的《高职高专模拟电子技术基础课程教学基本要求》，在“必需、够用”为度的原则下修订而成。修订后的教材更切合电气、电子类专业高职高专教学层次，更适应规定的教学时数，从内容和编写上更便于教和学，使学生能较好掌握必要的模拟电子技术的基础知识和提高应用能力，具体修订有以下几个方面：

一、保持原有体系结构特点，即器件与电路紧密结合，做到管为路用。对某些特殊器件仅作知识性介绍。

二、基础理论的编写安排更趋符合教学规律，更便于接受和理解。如对BJT的三个工作区域与放大电路非线性失真相结合、对频率特性的三个频段定量分析更趋相互关联等。

三、对高职高专层次某些不必要的定量分析，采用定性分析来获得其基本知识。如负反馈放大电路输入、输出电阻及消除自激振荡的方法以定性分析为主。

四、在保持分立器件电路原理为集成电路服务的原则和不影响理解使用方法的前提下，删除了如集成功放器、集成三端式稳压器内部电路的复杂分析。而对某些如8038函数发生器、3524脉宽调制器等集成器件内部电路以原理框图进行简练分析，以有利于掌握其使用方法。

五、鉴于目前层出不穷的专用集成电路日益取代由分立器件组成的电路。另外也为了保证在有限的教学时数内学习和掌握必要的基础知识，删除了一些陈旧的分立器件应用电路和读图练习。

六、为扩大知识面和了解电子技术发展动向，本次修订中适量简略介绍了某些场效应管新器件、开关电容滤波器、函数发生器、脉宽调制器及新型电力半导体器件等一些基本知识。

七、在修订中将原附录的典型器件参数表列入正文，以便于讲解器件参数时可结合对照参考，并借此培养查阅手册能力。

八、在练习题方面补充了自我检验题，并适量保留原有思考题和计算题，便于学生自己检验和了解巩固所学知识及基本概念。

本书修订是在高等教育出版社高职高专教育编辑室指导下完成的。由上海理工大学周良权任主编并负责全书统稿，湖南工程学院傅恩锡任副主编，杭州应用工程技术学院李世馨参加修订。具体修订编写章节分工为：傅恩锡同志编写第1、2、3章，周良权同志编写第4、7、8（第2节）、9、10、11章，李世馨同志编写第5、6、8（第1节）章。

本书修订承蒙南京工程学院胡宴如副教授任主审，他对书稿进行仔细审阅，并提出不少宝贵意见及建议，广大兄弟院校同行对本书的修订也提出了很好的建议，在此一并表示衷心的感谢。

在这次修订中，由于编者教学经验和学术水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请师生和读者批评指正。

编者

2001 年 5 月

第 1 版前言

本书是根据国家教育委员会 1990 年 7 月制订的《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》和 1990 年 11 月武汉会议审定通过的《高等学校工程专科电子技术基础教材编写大纲》进行编写的。与本教材配套的有《数字电子技术基础》和《电子技术基础实验》。

根据高等学校工程专科培养目标的要求,本书编写力求在保证必要的基本理论、基本知识、基本分析方法和技能的基础上,避免繁琐的公式推导;贯彻理论与工程实践相结合;以应用为目的、以必需够用为度和掌握概念、强化应用等原则,突出高等工程专科教学的特色。

本书的编写思路是:

一、遵循教学规律,力求由浅入深,由易到难,由简到繁,循序渐进。

二、由于目前电子技术的飞速发展,国内外电子器件的生产和应用不断趋向集成化,因此,在教材编写内容上,对分立元件所组成单元电路工作原理的介绍作了适当精简,加强了模拟集成电路内容的介绍,并贯彻分立电路原理为集成器件服务的原则。

三、鉴于目前电子新器件不断涌现,本书也介绍了常用的最新模拟集成电路,除了集成运算放大器(以下简称运放)以外,还介绍了集成模拟乘法器、集成功率放大器、集成三端式稳压器、集成接近开关等;并介绍新的常用电子器件,如发光二极管、光电二极管、变容二极管、光电三极管、光电耦合器和大功率 VMOS 场效应管等。

四、对器件及其基本单元电路,在各章中列举了典型应用电路,使读者了解其应用规律和使用方法,以求取得学用结合,并强调各种器件的使用注意点。

五、为了便于学习,适量例举了各基本电路的分析和计算方法。最后一章的读图练习,使读者了解模拟电子电路的读图方法,以培养分析问题和解决问题的能力。

六、本书每章开始,根据《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》归纳出的该章教学基本要求,都经过国家教育委员会高等学校工程专科电子技术基础教材编审组讨论认定,目的是使学生在学习过程中便于检查对照。在每章末列有思考题与习题,书后附有部分计算习题的答案。书后的器件参数附录表仅列出了部分典型器件,便于了解查阅和选用器件的方法。

本书教学参考学时范围根据《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》规定为 55~70 学时(不包含第十一章晶闸管电路及其应用教学学时数)。其中下限教学时数仅适用于各章教学基本要求的内容;上限教学时数包含基本要求以外的教学内容。各章中所介绍的实用电路,可根据各校专业要求及学时数情况酌情取舍。加星注的为基本要求以外的内容。第十一章可供后续课无晶闸管内容课程的专业选用。

本书由国家教育委员会高等工程专科电子技术基础教材编审组推荐为高等工程专科学校电气、电子类专业电子技术基础课程的通用教材。本书也被选定为机械电子工程师机电一体化工程专科电子技术课程的自学考试教材,也可作为普通高校大专班和职工大学电气、电子类专业

的电子技术基础课程教材。还可供中等专业学校或普通高校本科有关专业或从事电子技术的工程技术人员参考。

本书是在国家教育委员会组织的高等学校工程专科电子技术课程编审组和高等教育出版社指导下编写完成的。由上海机械高等专科学校周良权同志任主编，湘潭机电高等专科学校傅恩锡同志和杭州高等专科学校李世馨同志参加编写。由华中理工大学陈大钦教授主审，参加审阅的还有杨华和彭容修副教授。教材具体编写分工如下：傅恩锡同志编写第一、二、三章，周良权同志编写第四、七、九、十、十一、十二章，李世馨同志编写第五、六、八章。

参加 1991 年 7 月在集美召开的审稿会的有南通职业大学陈卜锁副教授、沈阳电力高等专科学校熊宝辉副教授、江汉大学易沅陵副教授、集美航海学院黄国庆讲师、华北航天工业学院高璘副教授等同志。

主审陈大钦教授和杨华、彭容修副教授对本教材书稿进行了认真、负责和仔细的审阅，提出了许多宝贵意见和修改建议。参加审稿会的同志对初稿进行认真审阅和提出许多宝贵意见。在此一并表示衷心的感谢。

电子技术日新月异，教学改革任重道远，我们的能力与所提出的要求相比，还有一定的差距。由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请使用本书的师生和读者批评指正。

编者

1992 年 6 月

本书常用符号说明

A	电流量的单位（安培）、运放器件	f_L	放大电路的下限频率
A	放大倍数、增益	f_0	谐振频率、中心频率
A_f	反馈放大电路的增益、反馈放大电路的放大倍数	f_T	特征频率
A_i	电流增益、电流放大倍数	f_α	半导体三极管共基极的截止频率
A_{uo}	开环电压增益、开环电压放大倍数	f_β	半导体三极管共发射极的截止频率
A_u	带载电压增益、带载电压放大倍数	G	电导
A'_u	空载电压增益、空载电压放大倍数	g	微变电导
A_{uc}	共模电压增益、共模电压放大倍数	g	场效应管的栅极
A_{ud}	差模电压增益、差模电压放大倍数	g_m	跨导
A_{uf}	闭环电压增益、闭环电压放大倍数	I, i	电流
A_{um}	中频区电压增益、中频区电压放大倍数	I_C （下标大写）	集电极静态电流、直流电流
A_{us}	考虑信号内阻时的源电压放大倍数	I_c （下标小写）	集电极电流交流分量有效值
a	整流元件的阳极（正极）	I_{cm}	集电极电流交流分量幅值
BW	频带宽度、通频带	ΔI_C	集电极电流变化量
b	半导体三极管的基极	I_D	二极管静态电流、漏极静态电流
C	电容	I_F	二极管正向电流平均值
C_b	隔直电容（耦合电容）	I_1, i_1	输入电流
$C_{b'c}$	基极-集电极结电容	I_{IB}	输入偏置电流
$C_{b'e}$	基极-发射极结电容	I_{IO}	输入失调电流
C_e	发射极旁路电容	I_i	输入电流有效值
C_f	反馈电容	I_L, i_L	负载电流
c	半导体三极管的集电极	I_o	输出电流有效值
D	二极管	I_{OAV}	输出电流平均值
D_Z	稳压二极管	I_{OM}	最大输出电流
d	场效应管的漏极	I_{OS}	输出短路电流
e	半导体三极管的发射极	I_R	二极管反向电流
$\dot{F}$	反馈系数	I_S	信号源电流、二极管反向饱和电流
F_u	电压反馈系数	I_+, i_+	运放同相端输入电流
f	频率	I_-, i_-	运放反相端输入电流
f_H	放大电路的上限频率	i_C （下标大写）	集电极总电流

i_c (下标小写) 集电极电流交流分量
 i_F 反馈电流
 i_i 总输入电流
 K 热力学温度单位
 KA 继电器
 K_{CMR} 共模抑制比
 k 玻耳兹曼常数
 k 整流元件的阴极 (负极)
 L 自感系数、电感
 M 互感系数、互感
 N 电子型半导体
 N 绕组的匝数比
 P 功率
 P 空穴型半导体
 Q 静态工作点、品质因数
 q 电子的电荷量
 R 电阻
 R_b 、 R_c 、 R_e 半导体三极管放大电路的基极、集电极、发射极电阻
 R_d 、 R_g 场效应管放大电路的漏极、栅极电阻
 R_f 反馈电阻
 R_i 直流输入电阻
 R_i 放大电路的交流输入电阻
 R_L 负载电阻
 R_o 放大电路交流输出电阻
 R_s 场效应管放大电路的源极电阻
 R_p 电位器 (可变电阻)
 r 微变电阻 (交流电阻或动态电阻)
 r_{be} 半导体三极管的输入电阻
 r_{ce} 半导体三极管的输出电阻
 S 开关
 SB 按钮开关
 S_R 转换速率
 S_r 稳压系数
 s 场效应管源极
 T 温度

T 双口有源器件 (半导体三极管、场效应管、晶闸管等)
 Tr 变压器
 t 时间
 U 、 u 电压 (下标含义与 I 、 i 的下标含义相同)
 $U_{(BR)CBO}$ 发射极开路, 集电极-基极反向击穿电压
 $U_{(BR)CEO}$ 基极开路, 集电极-发射极反向击穿电压
 $U_{(BR)EBO}$ 集电极开路, 发射极-基极反向击穿电压
 $U_{(BR)DS}$ 、 $U_{(BR)GD}$ 、 $U_{(BR)GS}$ 分别为漏-源极、栅-漏极和栅-源极击穿电压
 U_D 二极管导通时压降
 $U_{GS(off)}$ 场效应管的夹断电压
 $U_{GS(th)}$ 场效应管的开启电压
 U_H 回差电压
 U_i 直流信号输入电压
 U_{ic} 共模输入电压
 U_{id} 差模输入电压
 U_i 输入电压有效值
 U_{id} 净输入电压
 U_{on} 二极管、三极管的门限 (起始导通) 电压
 U_p 单结晶体管的峰点电压
 U_{REF} 参考电压、基准电压
 U_s 信号源电压有效值
 U_T 温度的电压当量
 U_{T+} 上限阈值电压
 U_{T-} 下限阈值电压
 U_V 单结晶体管的谷点电压
 U_Z 稳压二极管的稳定电压
 U_+ 、 u_+ 运放同相端的输入电压
 U_- 、 u_- 运放反相端的输入电压
 u_F 反馈电压

V_{BB}	半导体三极管放大电路的基极电源		大系数、晶闸管的控制角
V_{CC}	半导体三极管放大电路的集电极电源	β	半导体三极管共发射极接法的电流放大系数
V_{DD}	场效应管放大电路的漏极电源	θ	整流器件的导通角（二极管、三极管、晶闸管等）
V_{EE}	半导体三极管放大电路的发射极电源	η	效率、单结晶体管的分压比
V_{GG}	场效应管放大电路的栅极电源	φ	相位角、相移
V_{SS}	场效应管放大电路的源极电源	τ	时间常数
X	电抗、反馈电路中的信号量	τ_c	充电时间常数
Z	阻抗	τ_d	放电时间常数
α	半导体三极管共基极接法的电流放大系数	ω	角频率

目 录

第 1 章 半导体二极管及其基本

应用电路 1

1.1 PN 结的基本知识 1

1.1.1 N 型半导体和 P 型半导体 1

1.1.2 PN 结的形成 2

1.1.3 PN 结的单向导电性 3

1.2 半导体二极管 4

1.2.1 半导体二极管的结构和类型 4

1.2.2 半导体二极管的伏安特性 5

1.2.3 半导体二极管的使用常识 7

1.3 半导体二极管的电路模型 9

1.4 半导体二极管的基本应用 11

1.4.1 单相桥式整流滤波电路 12

1.4.2 硅高压整流堆简介 17

1.4.3 限幅电路 19

1.5 特殊二极管 20

1.5.1 稳压二极管 20

1.5.2 变容二极管 22

1.5.3 光电器件 22

本章小结 25

自我检验题 26

思考题与习题 27

第 2 章 半导体三极管及其基本

放大电路 30

2.1 双极型三极管 30

2.1.1 BJT 的结构 30

2.1.2 BJT 的电流分配与放大原理 32

2.1.3 BJT 的特性曲线 33

2.1.4 BJT 的使用常识 34

2.2 共发射极基本放大电路 37

2.2.1 共发射极放大电路各元件的 作用 37

2.2.2 共发射极放大电路的静态分析 38

2.2.3 用图解法分析动态工作情况 40

2.2.4 BJT 的三个工作区域及放大 电路的非线性失真 42

2.2.5 用小信号模型法分析动态 工作情况 45

2.3 稳定静态工作点的放大电路——

射极偏置电路 50

2.3.1 温度对静态工作点的影响 50

2.3.2 射极偏置电路 51

2.4 共集电极放大电路和共基极

放大电路 53

2.4.1 共集电极放大电路 53

2.4.2 共基极放大电路 56

2.5 场效应管及其基本放大电路 59

2.5.1 绝缘栅场效应管 59

2.5.2 结型场效应管 64

2.5.3 场效应管的主要参数、特点及 使用注意事项 66

2.5.4 FET 的偏置电路及静态分析 68

2.5.5 FET 放大电路的小信号模型 分析法 69

2.6 三极管及场效应管放大电路和

开关电路的应用举例 71

2.7 特殊三极管 73

2.7.1 光电三极管 73

2.7.2 光电耦合器 74

本章小结 76

自我检验题 77

思考题与习题 78

第 3 章 多级放大电路与频率

特性 83

3.1 多级放大电路的组成及分析方法	83	5.1.2 反馈的性质与类型	129
3.1.1 概述	83	5.2 负反馈放大电路的方框图及增益分析方法	132
3.1.2 多级放大电路的耦合方式及动态参数分析	84	5.2.1 负反馈放大电路的方框图	132
3.1.3 共射-共基直接耦合放大电路分析	85	5.2.2 负反馈放大电路增益的一般表达式	132
3.2 放大电路的频率特性	86	5.2.3 负反馈对放大电路性能的影响	133
3.2.1 频率特性的基本概念	86	5.2.4 四种深度负反馈放大电路的分析方法	137
3.2.2 频率特性分析及其指标	87	5.2.5 负反馈放大电路应用举例——简易助听器电路	140
3.2.3 对数频率特性曲线——波特图	89	5.3 负反馈放大电路的稳定性问题	141
3.2.4 BJT 的频率参数	94	5.3.1 产生自激振荡的原因	141
* 3.2.5 多级放大电路的频率特性	95	5.3.2 消除自激振荡的常用方法	142
* 3.2.6 多级放大电路的应用举例	96	本章小结	143
本章小结	97	自我检验题	143
自我检验题	98	思考题与习题	144
思考题与习题	98		
第4章 集成运算放大器及其应用基础	100	第6章 集成运算放大器在信号处理方面的应用	147
4.1 差分放大电路	100	6.1 有源滤波电路	147
4.1.1 双端输入的基本差分放大电路	100	6.1.1 基本概念	147
4.1.2 单端输入的差分放大电路	105	6.1.2 低通滤波电路 (LPF)	148
4.2 恒流源	106	6.1.3 高通滤波电路 (HPF)	152
4.2.1 差分放大电路中恒流源的作用	106	6.1.4 带通滤波电路和带阻滤波电路	153
* 4.2.2 集成运放中的电流源	107	6.2 精密仪用放大电路	156
4.3 集成运算放大器	108	6.2.1 精密差分测量放大电路	156
4.3.1 集成运算放大器的基本结构及内部电路简介	108	6.2.2 集成精密测量放大器及应用举例	157
4.3.2 集成运放一些特殊参数含义	111	6.3 高精度整流电路	159
4.4 集成运算放大器的分析方法及其基本运算电路	114	* 6.4 模拟乘法器	160
4.4.1 理想集成运放及其传输特性	114	6.4.1 模拟乘法器的基本电路及其工作原理	160
4.4.2 基本运算电路	115	6.4.2 集成模拟乘法器的应用	162
本章小结	122	* 6.5 集成隔离放大器	163
自我检验题	123	6.6 集成运放在使用中的一些问题	165
思考题与习题	124	本章小结	168
第5章 负反馈放大电路	128	自我检验题	169
5.1 反馈的基本概念	128	思考题与习题	169
5.1.1 反馈的概念	128		

第 7 章 信号发生电路	172	9.4 稳压电路的质量指标	222
7.1 正弦波振荡电路	172	9.5 集成三端式稳压器	223
7.1.1 正弦波振荡电路的基本概念	172	9.5.1 概述	223
7.1.2 RC 正弦波振荡电路	174	9.5.2 三端式固定输出集成稳压器	223
7.1.3 LC 正弦波振荡电路	177	9.5.3 三端式可调集成稳压器	226
7.1.4 石英晶体振荡电路	183	9.6 开关型稳压电源	228
7.2 非正弦信号发生电路	186	9.6.1 开关型稳压电源的特点和类型	228
7.2.1 电压比较器	186	9.6.2 他激式开关型稳压电源的基本 工作原理	228
7.2.2 方波发生电路	190	* 9.6.3 SW3524——单片集成脉宽调制式 开关稳压电源	230
* 7.2.4 XR-2206 单片集成函数发生器 及其应用	194	本章小结	232
本章小结	196	自我检验题	232
自我检验题	197	思考题与习题	233
思考题与习题	198	第 10 章 电力电子电路	235
第 8 章 功率放大电路	202	10.1 概述	235
8.1 功率放大电路的特殊问题	202	10.2 晶闸管的结构和工作原理	235
8.2 乙类互补对称功率放大电路	203	10.2.1 晶闸管的符号和外形	235
8.2.1 双电源基本互补对称功率放大 电路 (OCL) 及其工作原理	203	10.2.2 晶闸管的工作原理	236
8.2.2 乙类双电源功率放大电路功率 参数分析计算	204	10.2.3 晶闸管的主要参数及型号	237
8.3 甲乙类互补对称功率放大电路	206	10.3 单相可控整流电路及触发电路	238
8.3.1 实用的甲乙类双电源互补对称 功率放大电路	206	10.3.1 电阻性负载的单相半控桥式 整流电路	238
8.3.2 甲乙类单电源互补对称功率放大 电路 (OTL)	210	10.3.2 触发电路	240
8.4 集成功率放大器及其应用	211	* 10.3.3 晶闸管、单结晶体管电路 应用举例	243
* 8.5 功率放大电路应用举例	213	本章小结	245
8.6 功率管的散热问题	214	自我检验题	245
本章小结	215	思考题与习题	246
自我检验题	215	附录一 美国、日本生产的半导 体器件型号命名方法	247
思考题与习题	216	附录二 国外常用稳压二极管 型号及稳压值	249
第 9 章 直流稳压电源	218	部分习题答案	251
9.1 概述	218	参考文献	255
9.2 硅稳压二极管稳压电路	219		
9.3 具有放大环节的串联型稳压电路	220		

第 1 章

半导体二极管及其基本应用电路

本章教学基本要求

要知道：N 型和 P 型半导体的区别、PN 结和二极管的正偏和反偏概念及单向导电性特点、硅和锗二极管阈值电压和正向导通电压值、温度对反向饱和电流影响、光电及变容二极管以及倍压整流使用要点。

会画出：单相桥式整流电容滤波电路、二极管及稳压二极管限幅电路输出波形。

会计算：理想和恒压模型的二极管电路参数；单相桥式整流以及电容滤波电路的输出电压；变压器、二极管、滤波电容等参数；发光二极管电路中的限流电阻。

会确定：选用二极管、稳压二极管所依据的主要参数。

会判断：电路中二极管的导通和截止状态、用万用表电阻挡检测二极管管脚极性和质量好坏。

会分析：单相桥式整流电容滤波电路中的故障原因。

1.1 PN 结的基本知识

1.1.1 N 型半导体和 P 型半导体[☆]

在物理学中已知，常用的四价元素硅和锗等纯净半导体（称本征半导体）中的载流子^①为自由电子（带负电荷）和空穴（带正电荷），是在常温下激发出来的（称为热激发或本征激发），其数量很少，故导电能力微弱，介于导体和绝缘体之间。在本征半导体中，自由电子和空穴总是成对出现，因此两种载流子的浓度是相等的。本征半导体中的载流子浓度除了与半导体材料的性质有关外，还与温度密切相关，而且随着温度的升高（在热辐射或光照下）基本上按指数规律增加。所以，本征载流子的浓度对温度十分敏感。

在本征半导体硅或锗中掺入微量五价元素，如磷或砷（称为杂质）等，可使自由电子的浓度大大增加，自由电子成为多数载流子（简称多子），空穴成为少数载流子（简称少子）。这种以电子导电为主的半导体称为 N 型半导体^②，其示意图如图 1.1.1（a）所示。图中⊕表示五价元素杂质原子因提供了一个自由电子而成为带正电荷的离子（简称正离子）。

☆ 重点提示 掌握 N 型半导体和 P 型半导体的区别及本征半导体掺杂后对其导电能力的影响。

① 运载电荷的粒子称为载流子。

② 由于电子带负电，故用 N（Negative）表示。