



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 应用电子技术专业

低频电子线路

刘树林 主 编

高卫斌 副主编
尹卫平

高树德 主 审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材 · 应用电子技术专业

低频电子线路

刘树林 主 编

高卫斌 副主编
尹卫平

高树德 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书从电子信息类专业学生对电子技术知识的实际需求出发,以“淡化理论,够用为度”为指导原则,通俗流畅地介绍了常用半导体器件及其所组成电路的原理和基本分析方法;为加强对学生实际动手能力的训练,每章后面均附有实用性很强的实训实例,以供实验课参考。

本书共分8章,内容包括:半导体二极管及其应用、三极管及其放大电路、放大电路中的反馈、低频功率放大电路、多级放大电路与集成运算放大器、波形发生器、直流电源和电子线路读图。每章的开始以表格形式清晰地呈现了本章的主要概念、特点和要掌握的重点难点内容,每章的后面有思考题和习题。

本书可作为机械和电子信息类专业的高职高专教材,也可作为其他相关专业的教材,亦可供从事电子技术工作的工程技术人员学习参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

低频电子线路/刘树林主编. —北京:电子工业出版社, 2003.8

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

ISBN 7-5053-9073-2

I. 低… II. 刘… III. 低频—电子电路—高等学校:技术学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 074063 号

责任编辑:陈晓明

印 刷:北京彩艺印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:371 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:19.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职业院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

全国高职高专教育教材建设领导小组
电子工业出版社

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院

江西信息应用职业技术学院

江西蓝天职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

保定职业技术学院

安徽职业技术学院

杭州中策职业学校

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

福建工程学院

湖北汽车工业学院

广州铁路职业技术学院

台州职业技术学院

重庆工业高等专科学校

济宁职业技术学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

连云港职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆职业技术学院

重庆工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北孝感职业技术学院

江西工业工程职业技术学院

四川工程职业技术学院

广东轻工职业技术学院

西安理工大学

辽宁大学高职学院

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

包头职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

郑州工业高等专科学校

泉州黎明职业大学

浙江财经学院信息学院

南京理工大学高等职业技术学院

南京金陵科技学院

无锡职业技术学院

西安科技学院

西安电子科技大学

河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院
三峡大学职业技术学院
桂林电子工业学院高职学院
桂林工学院
南京化工职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
江西工业职业技术学院
江西渝州科技职业学院
柳州职业技术学院
邢台职业技术学院
漯河职业技术学院
太原电力高等专科学校
苏州工商职业技术学院
金华职业技术学院
河南职业技术师范学院
新乡师范高等专科学校
绵阳职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
河北师范大学职业技术学院
常州轻工职业技术学院
常州机电职业技术学院
无锡商业职业技术学院
河北工业职业技术学院
天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院
浙江工商职业技术学院
河南机电高等专科学校
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西交通职业技术学院
沈阳电力高等专科学校
温州职业技术学院
温州大学
广东肇庆学院
湖南铁道职业技术学院
浙江工商职业技术学院
宁波高等专科学校
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
成都航空职业技术学院
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
天津渤海职业技术学院
驻马店师范专科学校
郑州华信职业技术学院
浙江交通职业技术学院

前 言

本教材是电子信息类各专业的一门专业技术基础课，是研究半导体器件及其应用的学科，内容抽象，理论性和实践性都较强。如何将本教材编好，以激发学生的学习兴趣和学习热情，是编者多年的夙愿，恰好电子工业出版社给编者提供了这样的机会。为适应现代社会发展对应用型和技能型人才的需求，实现高等教育、尤其是高职高专教育的培养目标，书中融入了编者多年从事电子线路教学工作及应用研究的经验和体会，并注意从以下几个方面突出本教材的特色。

一、编写本书的指导思想

编写本书的指导思想是：以半导体分立元件为基础，集成电路及其应用为重点，在介绍半导体二极管、三极管的基础上，着重介绍集成电路及其应用，如集成功率放大器、集成运算放大器、集成波形（函数）发生器、集成三端稳压器和单片开关电源集成控制器等。

二、本书的编写原则

编写原则是：淡化理论，够用为度；浅入深出，注重实用；语言流畅，条理清晰。在对具体问题进行分析时，避免采用繁琐的公式推导，力求结合图、表和波形，用通俗流畅的语言对一些难于理解的问题进行由浅入深的分析。

三、本书的编写特点

1. 整体内容安排

二极管及其应用→三极管及其放大电路→放大电路中的反馈→低频功率放大电路→多级放大电路与集成运算放大器→波形发生器→直流电源→电子线路读图。

2. 本书内容编排说明

（1）将常用半导体元器件的介绍融入到各章节的具体应用电路中，半导体元器件本身的介绍后紧跟着就讲授由它组成的各种应用电路，内容连贯性好，学生学习起来更容易。

（2）从基本放大电路引出多级放大电路，多级放大电路重点强调直接耦合电路，再从直接耦合电路的问题引出差动放大电路（即集成运算放大器的输入级）。

（3）从放大电路引出反馈放大电路（集成运算放大器的应用）。

（4）从基本放大电路引出功率放大电路（即集成运算放大器的输出级）。

（5）将多级放大电路、直接耦合电路、差动放大电路一同放在第 5 章与运算放大器一起讲授，这样做的好处是：运算放大器实际上就是一多级放大电路，将他们放在一起很自然地就从分立元件过渡到集成电路，大家更容易了解集成电路的优点，从而强调了集成电路的重要性。

以上的内容安排，均围绕一个重点——集成运算放大器。集成运算放大器以前的章节相当于在讲授它的内部电路，以后的章节相当于在介绍它的应用。

（6）有了基本放大电路和集成运算放大器的基础知识后，再讲授波形发生器（正弦波振

荡器和非正弦波发生电路),可以集成电路为主来讲授、也可以分立元件来讲授,内容编写更灵活,学生也更容易接受。

(7) 电子线路读图是本书所学内容的一个综合。通过对实用电路的分析,可使学生了解所学知识的用途和重要性,同时可提高学生分析问题和解决问题的能力。

3. 各章节内容的具体安排

(1) 各章开始的内容提要,采用表格的形式将本章的主要内容、难点和重点列出,该章所要掌握的知识一目了然。

(2) 各章的实训内容就安排在本章后面,实训的内容和实训本身有助于加深学生对本章所学知识的理解。书中共收集了十个实训题目,因此本书还可作为实验教材。

(3) 各章节对应的一些常用元器件及其参数就在元器件的介绍后面给出,目的是直观,更便于学生了解相关元器件知识和选用元器件。因此,本书还可作为一简单的元器件手册。

本教材建议学时数为 80~100(包括实训),可根据各院校的具体情况而定。

本书第 1、2、5、8 章由刘树林编写,第 4、6 章由高卫斌编写;第 3、7 章由尹卫平和孙龙杰(孙龙杰编写了第 3 章的 1~3 节和第 7 章的 5~7 节。)共同编写,刘树林负责全书的统稿和最后定稿。

本书由吉林交通职业技术学院高树德教授主审,高教授仔细审阅了全部初稿,提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,得到了西安科技大学电控学院、通信学院、电子信息学院和微电子研究所同志们的大力支持与热情帮助,他们为本书的编写提供了许多宝贵资料,程红丽副教授还给本书提出了许多有价值的建议,在此表示感谢。

同时向所有关心和帮助本书编写、出版的同志一并表示谢意。

由于编写时间仓促和水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者指正。

编 者

2003 年 5 月于西安

常用符号说明

一、电流和电压

- I_B 、 U_{BE} —— 大写字母、大写下标表示直流电流和直流电压
 I_b 、 U_{be} —— 大写字母、小写下标表示交流电流和电压有效值
 $\dot{I}_b$ 、 $\dot{U}_{be}$ —— 大写字母上面加点、小写下标表示电流和电压正弦相量
 i_B 、 u_{BE} —— 小写字母、大写下标表示总电流和电压瞬时值
 i_b 、 u_{be} —— 小写字母、小写下标表示交流电流和电压分量瞬时值
 U_{CC} 、 U_{EE} 、 U_{DD} 、 U_{BB} —— 直流电源电压
 U_{REF} —— 参考电压
 I_+ 、 U_+ —— 集成运放同相输入端的电流、电压
 I_- 、 U_- —— 集成运放反相输入端的电流、电压
 I_f 、 U_f —— 反馈电流、电压
 I_i 、 U_i —— 输入电流、电压
 I_o 、 U_o —— 输出电流、电压

二、放大倍数或增益

- A —— 放大倍数或增益的通用符号
 A_c —— 共模电压放大倍数
 A_d —— 差模电压放大倍数
 A_i —— 电流放大倍数
 A_u —— 电压放大倍数、增益
 A_{uf} —— 有反馈时(闭环)电压放大倍数、增益
 A_{us} —— 考虑信号源内阻时的电压放大倍数、增益
 A_{usf} —— 有反馈且考虑信号源内阻时的电压放大倍数、增益
 α —— 共基电流增益
 β —— 共射电流增益

三、电阻、电容和电感

- R —— 固定电阻通用符号
 RP —— 电位器通用符号
 R_i —— 输入电阻
 R_o —— 输出电阻
 R_L —— 负载电阻
 R_S —— 信号源内阻
 R_F —— 反馈电阻
 R_T —— 热敏电阻

C —— 电容通用符号

C_i —— 输入电容

C_o —— 输出电容

C_F —— 反馈电容

L —— 电感通用符号

四、半导体元件及其相关参数

VT —— 双极型三极管、场效应管、晶闸管通用符号

VD —— 半导体二极管通用符号

VZ —— 稳压二极管通用符号

A、K —— 二极管的阳极、阴极

B、C、E —— 三极管的基极、集电极、发射极

D、G、S —— 场效应管的漏极、栅极、源极

f_T —— 三极管特征频率

I_{CM} —— 集电极最大容许电流

I_{DSS} —— 场效应管饱和漏极电流

I_S —— 二极管反向饱和电流

I_Z —— 稳压管稳定电流

P_{CM} —— 三极管集电极最大允许耗散功率

P_{DM} —— 场效应管漏极最大允许耗散功率

U_{BR} —— 二极管反向击穿电压

U_{CES} —— 三极管集电极-发射极间的饱和压降

U_{CEO} —— 三极管基极开路时集电极-发射极间的反向击穿电压

U_Z —— 稳压二极管稳定电压

U_P —— 耗尽型场效应管夹断电压

U_T —— 增强型场效应管开启电压

五、其他符号

Q —— 静态工作点

F —— 频率通用符号

P —— 功率通用符号

P_o —— 输出功率

P_{om} —— 输出功率最大值

F —— 反馈系数通用符号

T、t —— 时间、周期、温度

τ —— 时间常数

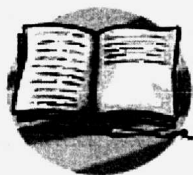
ω —— 角频率

φ —— 相位差、相角

BW —— 频带宽度

η —— 效率

K_{CMR} —— 共模抑制比



Contents

第1章 半导体二极管	(1)
1.1 半导体与二极管	(1)
1.1.1 半导体(Semiconductor)	(1)
1.1.2 二极管及其伏安特性	(2)
1.1.3 二极管的主要参数	(3)
1.2 二极管的分类和应用	(5)
1.2.1 普通整流二极管及其应用	(5)
1.2.2 稳压二极管及其应用	(6)
1.2.3 光电二极管及其应用	(9)
1.2.4 发光二极管及其应用	(9)
实训一 二极管的测试和判别	(10)
思考题和习题1	(13)
第2章 三极管及其放大电路	(14)
2.1 双极型三极管	(14)
2.1.1 三极管的结构和分类	(14)
2.1.2 三极管的外部连接要求	(15)
2.1.3 三极管的电流分配与放大作用	(15)
2.1.4 三极管的伏安特性和主要参数	(18)
2.2 放大电路基础	(23)
2.2.1 放大电路原理框图	(23)
2.2.2 放大的概念	(23)
2.2.3 放大电路的主要性能指标	(24)
2.3 共射放大电路的组成和工作原理	(25)
2.3.1 共射放大电路的构成和各元件的作用	(25)
2.3.2 共射放大电路的放大原理	(26)
2.3.3 放大电路的组成原则	(27)
2.4 放大电路的分析方法	(28)
2.4.1 直流通路和交流通路	(28)
2.4.2 静态工作点	(29)
2.4.3 图解分析法	(30)
2.4.4 微变等效电路分析法	(37)



2.5 静态工作点稳定放大电路	(41)
2.5.1 温度对静态工作点的影响	(41)
2.5.2 稳定静态工作点放大电路	(42)
2.6 基本放大电路的三种组态	(45)
2.6.1 共基放大电路	(45)
2.6.2 共集放大电路	(48)
2.6.3 三种基本放大电路的比较	(51)
*2.7 场效应管放大电路	(52)
2.7.1 场效应管简介	(52)
2.7.2 基本共源极放大电路	(57)
2.7.3 分压式自偏压共源极放大电路	(58)
2.7.4 共漏极放大电路	(60)
*2.8 放大电路的频率响应	(62)
2.8.1 频率响应概述	(62)
2.8.2 三极管的频率特性	(63)
2.8.3 单管共射放大电路的频率响应	(66)
实训二 三极管的测试和极性判别	(69)
实训三 单管共射放大电路及参数测试	(72)
思考题和习题 2	(75)
第 3 章 放大电路中的反馈	(79)
3.1 反馈的概念	(79)
3.2 反馈的分类及其判别	(80)
3.2.1 正、负反馈及其判别	(80)
3.2.2 电压、电流反馈及其判别	(81)
3.2.3 串联、并联反馈及其判别	(81)
3.2.4 负反馈的四种组态及其判别	(82)
3.3 负反馈放大电路的一般分析方法	(84)
3.3.1 反馈的方框图	(84)
3.3.2 反馈的一般关系式	(85)
3.4 负反馈对放大电路性能的影响	(86)
3.4.1 负反馈对放大倍数稳定性的影响	(86)
3.4.2 负反馈对输入和输出电阻的影响	(87)
3.4.3 负反馈可减小非线性失真	(88)
3.4.4 负反馈可展宽通频带	(88)
*3.5 负反馈放大电路的稳定性问题	(88)
3.5.1 负反馈放大电路的自激振荡问题	(89)
3.5.2 防止振荡的措施	(89)
实训四 负反馈放大电路的应用	(90)
思考题和习题 3	(92)



第 4 章 低频功率放大电路	(95)
4.1 功率放大电路的特点和分类	(95)
4.1.1 对功率放大电路的要求	(95)
4.1.2 功率放大器的分类	(96)
4.2 互补对称功率放大电路	(97)
4.2.1 乙类双电源互补对称功率放大电路 (OCL 电路)	(97)
4.2.2 甲乙类互补对称功率放大器	(100)
4.2.3 单电源互补对称功率放大器 (OTL 电路)	(101)
4.3 集成功率放大器	(102)
4.3.1 集成功率放大电路分析	(102)
4.3.2 集成功率放大电路的主要性能指标	(103)
4.3.3 集成功率放大电路的应用	(104)
实训五 集成功率放大器安装与测试	(107)
思考题和习题 4	(108)
第 5 章 多级放大电路与集成运算放大器	(111)
5.1 多级放大电路	(111)
5.1.1 多级放大电路及其耦合方式	(111)
*5.1.2 多级放大电路的分析方法	(113)
5.2 差动放大电路	(115)
5.2.1 概述	(115)
5.2.2 基本的差动放大电路	(115)
5.2.3 射极耦合差动放大电路	(117)
5.2.4 恒流源式差动放大电路	(120)
5.2.5 差动放大电路的输入输出连接方式	(121)
5.3 集成运算放大器	(122)
5.3.1 概述	(122)
5.3.2 集成运算放大器及其组成	(122)
5.3.3 集成运算放大器的符号及其外特性	(123)
5.4 理想运算放大器	(124)
5.4.1 理想运算放大器的技术指标	(124)
5.4.2 理想运算放大器工作在线性区的特点	(124)
5.4.3 理想运算放大器工作在非线性区的特点	(125)
5.5 集成运放的技术指标和分类	(126)
5.5.1 集成运算放大器主要技术指标	(126)
5.5.2 集成运算放大器的分类	(127)
5.6 集成运放的线性应用	(128)
5.6.1 比例运算电路	(128)
5.6.2 加法和减法运算	(132)
5.6.3 积分和微分运算	(133)



5.6.4 有源滤波器·····	(134)
5.7 集成运放的非线性应用·····	(136)
5.7.1 简单电压比较器·····	(136)
5.7.2 双限比较器·····	(137)
5.7.3 滞回比较器·····	(138)
5.8 集成运放应用需注意的几个问题·····	(141)
5.8.1 集成运放参数的测试·····	(141)
5.8.2 集成运放使用中可能出现的问题·····	(141)
5.8.3 集成运放的保护·····	(142)
实训五 差动放大器及参数测试·····	(143)
实训六 运放的线性应用——各类运算电路·····	(145)
实训七 运放的非线性应用——电压比较器·····	(148)
思考题和习题 5·····	(151)
第 6 章 波形发生器·····	(154)
6.1 振荡电路概述·····	(154)
6.1.1 产生正弦波振荡的条件·····	(154)
6.1.2 振荡电路的组成·····	(155)
6.1.3 正弦波振荡电路的分析·····	(155)
6.2 RC 桥式正弦波振荡电路·····	(156)
6.2.1 RC 串并联网络的选频特性·····	(156)
6.2.2 RC 桥式正弦波振荡电路的振荡频率和起振条件·····	(158)
6.2.3 稳幅措施·····	(159)
6.2.4 频率的调节·····	(159)
6.3 LC 正弦波振荡电路·····	(160)
6.3.1 LC 选频放大电路·····	(160)
6.3.2 变压器反馈式振荡电路·····	(161)
6.3.3 电感三点式振荡电路·····	(163)
6.3.4 电容三点式振荡电路·····	(164)
6.4 石英晶体振荡电路·····	(165)
6.4.1 正弦波振荡电路的频率稳定问题·····	(165)
6.4.2 石英晶体的基本特性与等效电路·····	(166)
6.4.3 石英晶体振荡电路·····	(167)
6.5 非正弦波产生电路·····	(168)
6.5.1 矩形波发生器·····	(168)
6.5.2 三角波发生器·····	(169)
6.5.3 锯齿波发生器·····	(170)
6.5.4 集成函数发生器 8038 简介·····	(171)
实训八 RC 桥式振荡电路·····	(173)
实训九 方波、三角波发生器·····	(175)

思考题和习题 6	(177)
第 7 章 直流电源	(181)
7.1 直流电源的组成	(181)
7.2 单相整流电路	(182)
7.2.1 单相半波整流电路	(182)
7.2.2 单相全波整流电路	(183)
7.2.3 单相桥式全波整流电路	(184)
7.2.4 倍压整流电路	(185)
7.3 单相可控整流电路	(186)
7.3.1 可控硅(晶闸管)简介	(186)
7.3.2 单相半波可控整流电路	(188)
7.3.3 单相桥式可控整流电路	(189)
7.4 滤波电路	(191)
7.4.1 电容滤波电路	(191)
7.4.2 电感滤波电路	(193)
7.4.3 组合滤波电路	(193)
7.5 晶体管稳压电路	(194)
7.5.1 基本串联型稳压电路	(194)
7.5.2 带有放大环节的串联型稳压电路	(195)
7.5.3 具有过载保护环节的稳压电路	(196)
7.6 集成稳压器	(197)
7.6.1 固定三端稳压器	(197)
7.6.2 可调三端稳压器	(197)
7.7 开关电源	(198)
7.7.1 概述	(198)
7.7.2 开关电源的组成和工作原理	(199)
7.7.3 实用的开关电源	(201)
实训十 三端集成稳压器的测试与应用	(204)
思考题和习题 7	(207)
第 8 章 电子线路读图	(210)
8.1 概述	(210)
8.2 读图方法	(210)
8.2.1 读图的一般方法	(210)
8.2.2 读图步骤	(210)
8.3 LM78XX 系列三端集成稳压器	(211)
思考题和习题 8	(214)
参考文献	(215)

第 1 章 半导体二极管

序号	本章要点	特 点		重点和难点
1	半导体(Si、Ge)	杂敏性、热敏性、光敏性		P型和N型半导体、PN结
2	二极管	普通二极管	在PN结两端引出电极而形成	单向导电性、整流、钳位
		发光二极管	由化合物半导体GaAs、GaP形成	正向应用,可发红、黄、绿等光
		稳压二极管	反向应用	典型电路,限流电阻的选择
		光电二极管	反向应用	反向电流与光照强度成正比

1.1 半导体与二极管

1.1.1 半导体(Semiconductor)

自然界中的物质按导电能力强弱的不同,可以分为三大类:导体、绝缘体和半导体。导体是导电能力特别强的物质,例如一般的金属、碳和电解液等;绝缘体是导电能力特别差,几乎不导电的物质,例如胶木、橡胶和陶瓷等;半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质,常用的半导体材料有锗(Ge)、硅(Si)和砷化镓(GaAs)等,大多数半导体器件所用的主要材料就是锗和硅。

尽管半导体的导电性能不如导体,绝缘性能又不如绝缘体,但半导体却得到广泛的应用。现代电子技术的发展实际上就是半导体技术的发展,为什么半导体技术会有如此之大的影响力呢?主要在于半导体具有如下一些奇妙特性。

(1) 杂敏性: 半导体对杂质很敏感。在半导体硅中只要掺入亿分之一的硼(B),电阻率就会下降到原来的几分之一。人们就用控制掺杂的方法,精确地控制半导体的导电能力,制造出各种不同性能、不同用途的半导体器件,如普通半导体二极管、三极管、晶闸管、电阻和电容等。

而且,在半导体中不同的部分掺入不同的杂质就呈现不同的性能,再采用一些特殊工艺,将各种半导体器件进行适当的连接就可制成具有某一特定功能的电路——集成电路,甚至系统,这是半导体最具魅力之处。

(2) 热敏性: 半导体对温度很敏感。温度每升高 10°C , 半导体的电阻率就减小为原来的二分之一。这种特性对半导体器件的工作性能有许多不利的影响,但利用这一特性可制成自动控制中有用的热敏电阻,热敏电阻可以感知万分之一摄氏度的温度变化。

把热敏电阻装在机器的各个重要部位,就能集中控制和测量它们的温度。用热敏电阻制作的恒温调节器,可以把环境温度稳定在上下不超过 0.5°C 的范围。在农业上,热敏电阻制成的感测装置能准确地测出植物叶面的温度和土壤的温度。它还能测量辐射,几百米远人体发出的热辐射或 1km 外的热源都能方便地测出。



(3) 光敏性: 半导体对光照很敏感。半导体受光照射时, 它的电阻率会显著减小。例如, 一种硫化镉(CdS)的半导体材料, 在一般灯光照射下, 它的电阻率是移去灯光后的几十分之一或几百分之一。自动控制中用的光电二极管、光电三极管和光敏电阻等, 就是利用这一特性制成的。

应用光电器件可以实现路灯、航标灯的自动控制, 制成火灾报警装置, 可以进行产品自动计数, 实现机器设备的人身安全保护等。

在纯净的半导体(又称为本征半导体)中掺入杂质就成了杂质半导体, 根据其内部掺入杂质的不同, 可将杂质半导体分为两类:

(1) P 型半导体, 又称为空穴型半导体。它是在半导体中掺入三价元素, 多子为空穴, 少子为电子。

(2) N 型半导体, 又称为电子型半导体。它是在半导体中掺入五价元素, 多子为电子, 少子为空穴。

电子带负电, 空穴带正电, 因此电子和空穴的定向运动就形成了电流。电子和空穴同时参与导电, 是半导体与导体导电的本质区别。

如果在半导体的一侧掺入三价元素, 另一侧掺入五价元素, 则半导体的一侧为 P 型, 另一侧为 N 型, 在 P 型与 N 型的交界处就形成了一介特殊的区域, 成为 PN 结。PN 结具有单向导电性, 正是利用了 PN 结具有单向导电性这一奇妙的特性, 人们制造出了如二极管、三极管、场效应管、晶闸管等众多的半导体器件, 甚至电路。本章主要介绍二极管的特性及其应用。

1.1.2 二极管及其伏安特性

在 PN 结的两端引出两个电极, 并在外面装上管壳, 就成为半导体二极管。

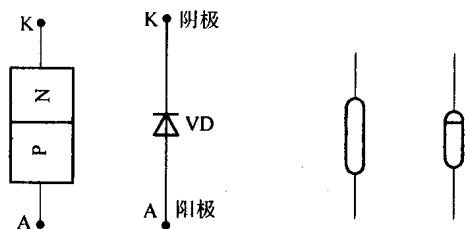


图 1.1 半导体二极管的结构、符号和外形

1. 二极管的结构和符号

二极管的结构、符号和外形如图 1.1 所示。接在 P 区的引出线称为二极管的阳极, 用 A 表示; 接在 N 区的引出线称为二极管的阴极, 用 K 表示。

2. 二极管的伏安特性

加在二极管两端的电压和流过二极管电流的关系称为二极管的伏安特性, 二极管两端电压与流过二极管的电流可用如图 1.2 (a) 和图 1.2 (b) 所示电路进行测试。

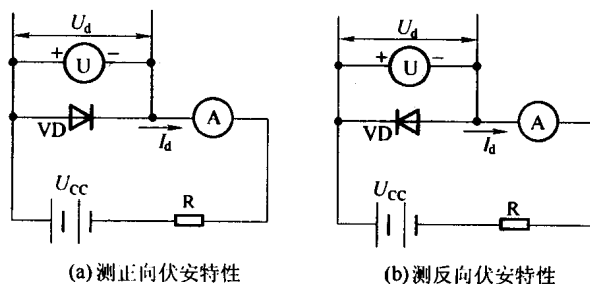


图 1.2 测试二极管伏安特性电路