

教育部推荐用书

中等职业教育电类专业系列教材



电子技术基础

第三版

重庆市中等职业学校电类专业教研协作组 组编

● 聂广林 任德齐 主编

DIANZI JISHU JICHU



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

内容简介

本书是根据教育部 2000 年 7 月颁发的《中等职业学校电子技术基础教学大纲》,以国家对电类专业中级人才的要求为依据编写的中等职业学校电类专业基础理论课教材,可与《电子技能与训练》实训教材互相配套,但各有侧重而又自成体系。

主要内容有:半导体二极管和整流滤波电路、半导体三极管和放大电路、负反馈放大器、调谐放大器与正弦波振荡器、直流放大器与集成运算放大器、功率放大器、直流稳压电源、无线电广播基本知识、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数字电路在脉冲电路中的应用、数-模和模-数转换技术。本书内容丰富,深入浅出,实用性强,注重基本知识的传授,为学习电类专业的其他专业课程打下良好的基础。

本书可作为城市、农村中等职业学校电类专业基础理论课教材;也可供军地两用人才或职业上岗培训班使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/聂广林,任德齐主编. —3 版. —重庆:
重庆大学出版社,2016. 1
中等职业教育电类专业系列教材
ISBN 978-7-5624-9404-1

I. ①电… II. ①聂…②任… III. 电子技术—中等专业学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 191157 号

中等职业教育电类专业系列教材

电子技术基础

(第三版)

重庆市中等职业学校电类专业教研协作组 组编

聂广林 任德齐 主 编

责任编辑:章 可 版式设计:王 勇

责任校对:费 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:381 千

2001 年 8 月第 1 版 2016 年 1 月第 3 版 2016 年 1 月第 28 次印刷

印数:125 001—127 000

ISBN 978-7-5624-9404-1 定价:29.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

序 言

为了贯彻第三次全国教育工作会议精神,落实《中共中央、国务院关于深化教育改革和全面推进素质教育的决定》,教育部在全国范围开展调研,对原有中等职业教育的普通中专、成人中专、职业高中、技工学校进行并轨,颁发了《关于制订中等职业学校教学计划的原则意见》(教职成[2000]2号文件),又将原有中专、职高、技工校的千余个专业归并成12个大类270个专业,在其中又确定了83个重点建设专业。成立了由国家相关部、委、局领导的32个行业职业教育教学指导委员会,组织专家组开发这83个重点建设专业的教学改革方案,制定出教学计划,相继开发各专业主干课程的教学大纲,并组织编写教材。根据最新《中等职业学校专业目录》,原称的“电子电器”专业定为“电子电器应用与维修”专业,属于加工制造大类。该专业文化基础课程和专业课程的设置,沿用了“九五”期间三年制职业高中电子电器专业的结构方案。但对人才培养规格则响亮提出了“培养高素质劳动者和中、初级专门人才”,而不是原有的“中级技工”,这是面对21世纪知识经济对人才的高标准要求而提出的。

重庆市中等职业学校电类专业协作组在市教委、市教科院领导下,在抓好全市该专业教学教研的同时,决定配合教育部的大行动,贯彻“一纲多本”的精神,组织一批专家和教学第一线的骨干教师,在部颁教学大纲指导下,组织开发中等职业学校电类(含电子电器应用与维修、电子与信息技术、电子技术应用、通信技术、电力机车运用与维修、电气运行与控制、机电技术应用、数控技术应用、电厂及变电站电气运行等)重点建设专业的主干专业课教材,供中等职业学校相关专业选用。

按最新部颁教学计划规定:电类的上述专业,特别是电子电器应用与维修专业仍执行双轨积木式教学计划,即同门专业课分为理论课与实训课,二者并列称为“双轨”,各自有独立的大纲、教材、课时。但两类课程互相配合,同步进行。这样有利于在打好专业知识基础的前提下,抓好实训,提高学生动手能力,便于综合素质的提高。根据部颁教学计划要求,我们在专业基础课程中选用了“双轨制”,首批开发出专业基础理论教材《电工基础》与《电子技术基础》,并于2001年秋由重庆大学出版社出版。专业主干课程因知识、技术含量更高则实行“单轨制”,将理论课与实训课并轨施教,列为第二期开发教材,有《现代音响原理与维修》、《电视机原理

与维修》,决定于 2002 年由重庆大学出版社出版。

本系列教材具备如下特点:

1. 进一步突出了教材的实用性。

面向现代化,特别是面向 21 世纪各行各业对电类专业人才的要求,在保证基础知识的传授和基本技能训练的基础上,力求选择实用内容施教,不过分强调学科知识的系统性和严密性。

2. 考虑了国家相关专业中级人才标准,进一步适应“双证制”考核。

本系列教材在知识、技能要求的深度和广度上,以国家技能鉴定中心颁发的相关专业中级人才技能鉴定要求为依据,突出这部分知识的传授和专业技能训练,力求使学生获取毕业证的同时,又能获取本专业中、初级技术等级证。

3. 增加了教材使用的弹性。

该系列教材分为两部分:一部分为必修内容,是各地、校必须完成的教学任务;另一部分为选修内容,提供给条件较好的地区和学校选用,在书中用“★”注明。

4. 深入浅出,浅显易懂。

根据当前及今后若干年中职学生情况及国外教材编写经验,本系列教材删去了艰深的理论推导和繁难的数学运算,内容变得浅显,叙述深入浅出,使学生易于接受,便于实施教学。

该系列教材的开发,是对教育部最新教学计划、大纲的落实,欢迎职教同行在使用中提出宝贵意见,大家参与、共同编写出一套更为实用的电类专业中职教材。

重庆市中等职业学校电类专业教研协作组

2001 年 1 月

第三版前言

本教材于 2001 年发行第一版,2003 年进行了首次修订。问世近 15 年来,绝大多数中职学校第一线的教师们认为该教材在编写思路、编写体系、所选内容、知识点间的衔接及深难度的把握等方面都满足中职学校电类专业教师及学生的需要,受到高度好评。但 2010 年新一轮国家规划教材启用后,按上级要求,使用该教材的学校逐渐减少。

2012 年重庆市召开了高规格的职业教育工作会,市委、市政府出台关于大力发展职业教育的决定等一系列文件。特别是市教委、市人力资源和社会保障局《关于构建职业技术教育人才成长“立交桥”的实施意见》(渝教发【2012】2 号)颁发以来,中职教育实现了从中职到高职、应用技术本科、专业学位研究生的纵向衔接,各中职学校将人才培养的目标从单一的向企业输送一线技能型人才转向了既培养企业一线所需的技术工人,又要向高一级学校输送新生的双向培养目标,因此,中职的高考工作得到了足够的重视。为了有利于中职学校电类专业搞好高考班专业课的教学和复习,我们在一定范围内对教材的使用情况进行了调研,很多学校老师认为本教材最适合高考班学生使用,因此,应广大中职学校教师的要求,我们对本教材进行了第三次修定。

由重庆市渝北区教师进修学校的范文敏、重庆市渝北职业教育中心的刘宇航、龚先进等老师进行修定。本次修定保留了原有的所有内容和特色,仅对习题进行了重新编写,这是为了适应高考的需要,在题量、题型、深难度的把握上尽量与高考接轨,有利于教师搞好高考班教学和复习工作。

编 者

2015 年 10 月

第二版前言

为了确保中等职业学校双向培养目标的实现,根据全市各中等职业学校的普遍要求,重庆市中等职业学校电类专业中心教研组,在市教委、市教科院的指导下,依据教育部颁发的教学大纲,编写了这套适应我市中等职业学校电类专业需要的专业课系列教材。

本教材第一版组稿于 2000 年春,其中第一章、第二章由重庆市渝北区教研室聂广林编写,第三章、第四章由重庆市渝北职教中心邓朝平编写,第五章、第六章由重庆市渝北职教中心赵争召编写,第七章由重庆市龙门浩职中邹开跃编写,第八章由重庆市龙门浩职中王英编写,第九章至第十三章由重庆市电子职业技术学院任德齐编写,由聂广林、任德齐担任主编。全书由聂广林制定编写大纲和负责编写的组织工作及统稿,重庆市渝北职教中心曾祥富研究员担任主审。本书于 2001 年 8 月由重庆大学出版社出版。

在本教材第一版问世后的近两年中,经各校使用,证明它的编写体例和大多数教学内容,基本符合我市中等职业学校电类专业的教学实际,但也存在一些问题。为了在教材中进一步体现素质教育和能力本位的理念,在第一版的基础上,由聂广林老师和渝北职教中心刘兵老师执笔,根据教育部最新大纲的要求,对该教材做了较大调整和增删。

根据最新颁发的本专业双轨积木式教学计划和要求,本教材与高等教育出版社出版的《电子技能与实训》是姊妹篇。使用中应注意两本教材的衔接,并尽可能同步开设。《电子技能与实训》主要是根据电子行业工人技术等级标准中的技能要求,进行专业技能训练。而本书每章末的验证性实验,则应在本课程中完成。这样,理论与技能课分工明确,有利于提高教学质量。

本课程教学时数为 150 学时左右,各章课时安排建议如下:

章 次	课时数	章 次	课时数	章 次	课时数
1	12	6	10	11	12
2	26	7	8	12	10
3	10	8	6	13	4
4	12	9	12	机动	4
5	14	10	10		

由于我们对新大纲的领会有一个不断深入的过程,若本书编写中存在错误缺点,恳请读者多提宝贵意见,以便进一步修改。

编 者
2003 年 1 月

目 录

MU LU

第一篇

模拟电路基础

第一章	半导体二极管和整流滤波电路	3
第一节	半导体二极管	3
第二节	单相整流电路	8
第三节	滤波电路	11
小结一		14
习题一		15
实验一	二极管伏安特性曲线的测试	17
第二章	半导体三极管和放大电路	19
第一节	半导体三极管	19
第二节	基本放大电路	26
第三节	分压式偏置电路	33
第四节	放大器的频率特性	36
第五节	多级放大器	37
第六节	放大器的 3 种组态	39
第七节	场效应管及其放大电路简介	40
小结二		44
习题二		45
实验二	用万用表测试二极管和三极管	48
实验三	基本放大电路有关参数的测试	51
实验四	多级放大器有关参数的测试	53
第三章	负反馈放大器	55
第一节	反馈的基本概念	55
第二节	反馈的类型及其判断	56
第三节	负反馈对放大器性能的影响	61

小结三	63
习题三	63
实验五 负反馈对放大器性能的影响	67
第四章 调谐放大器与正弦波振荡器	69
第一节 调谐放大器	69
第二节 振荡的基本概念与原理	74
第三节 LC 振荡器	76
第四节 RC 振荡器	79
第五节 石英晶体振荡器	83
小结四	85
习题四	86
实验六 LC 调谐放大器的调试	89
实验七 LC 正弦波振荡器的调试	90
第五章 直流放大器与集成运算放大器	92
第一节 直流放大器	92
第二节 集成运算放大器简介	94
第三节 基本集成运算放大电路	100
第四节 集成运算放大器的应用	102
第五节 使用集成运放的注意事项	105
小结五	106
习题五	107
实验八 集成运放的主要应用	110
第六章 功率放大器	114
第一节 功率放大器的基本概念	114
第二节 功率放大电路	115
第三节 复合管 OTL 功放实用电路	118
第四节 集成功率放大器	120
小结六	122
习题六	122
实验九 分立元件 OTL 功放的调试	125
第七章 直流稳压电源	127
第一节 晶体管串联型稳压电源	127

第二节	集成稳压电源	130
第三节	开关型稳压电源简介	133
小结七		136
习题七		136
实验十	串联型稳压电源的测试	138

第八章	无线电广播基本知识	141
第一节	无线电波及其传播	141
第二节	调幅与检波	143
第三节	调频和鉴频简介	144
第四节	晶体管超外差式收音机	145
小结八		147
习题八		148

第二篇

数字电路

第九章	数字电路基础	153
第一节	数制及代码	154
第二节	门电路	156
第三节	逻辑代数的基本定律	165
第四节	逻辑电路图、逻辑表达式与真值表之间的互换	168
小结九		170
习题九		171
实验十一	门电路逻辑功能测试	173

第十章	组合逻辑电路	177
第一节	组合逻辑电路的定义及分析方法	177
第二节	编码器	180
第三节	译码器	182
小结十		184
习题十		184
实验十二	译码显示电路	187

第十一章	时序逻辑电路	190
第一节	时序电路的定义及分类	190
第二节	RS 触发器	191

第三节 主从 JK 触发器	193
第四节 D 触发器	195
第五节 寄存器	196
第六节 计数器	200
小结十一	203
习题十一	204
实验十三 集成 JK 触发器逻辑功能测试	206
第十二章 数字电路在脉冲电路中的应用	208
第一节 概述	208
第二节 施密特电路	212
第三节 单稳电路	214
第四节 多谐振荡器	215
第五节 555 时基电路及应用	219
小结十二	222
习题十二	223
实验十四 555 定时器电路及应用	224
第十三章 数-模和模-数转换技术	226
第一节 数-模转换(D/A)	226
第二节 模-数转换(A/D)	228
小结十三	230
习题十三	231

模拟电路基础

- 半导体二极管和整流滤波电路
- 半导体三极管和放大电路
- 负反馈放大器
- 调谐放大器与正弦波振荡器
- 直流放大器与集成运算放大器
- 功率放大器
- 直流稳压电源
- 无线电广播基本知识

电子技术是现代高新科学技术极其重要的组成部分之一,应用十分广泛,它包括模拟电子技术和数字电子技术两大部分。其中模拟电子技术是研究在平滑的、连续变化的电压或电流——模拟信号下工作的电子电路及其技术;而数字电子技术则是研究在离散的、断续变化的电压或电流——数字信号下工作的电子电路及其技术。本篇将介绍模拟电子技术的基础知识。

半导体二极管和整流滤波电路

第一节 半导体二极管

一、半导体概述

人们常用电导率 γ (单位是 $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) 来衡量物质导电能力的强弱。电导率越大,表示该物质的导电能力越强。物质按其导电能力的强弱可分为:

导体——容易导电的物质,其电导率为 $10^4 \sim 10^6 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$,如金、银、铜、铝、铁等。

绝缘体——不导电的物质,其电导率为 $10^{-10} \sim 10^{-12} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$,如陶瓷、云母、塑料、橡胶等。

半导体——导电能力介于导体和绝缘体之间的物质,其电导率为 $10^{-9} \sim 10^3 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$,如锗、硅、硒及大多数金属氧化物。

电子技术中的二极管、三极管都是用半导体材料制成的,为什么要用半导体材料来制成二极管、三极管呢?是因为它有以下三方面的特性:

- 热敏特性 半导体的导电能力随温度的变化而变化。人们利用这种特性,制成热敏元件,如热敏电阻等。

- 光敏特性 半导体的导电能力与光照有关。人们利用这种特性,制成光敏元件,如光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等。

- 掺杂特性 在半导体中掺入微量杂质后其导电能力要发生很大变化。利用这一特性,可制成半导体二极管、三极管、集成电路等。

1. 本征半导体

不含杂质的纯净半导体叫本征半导体,如锗、硅等。它们的原子在空间有规则地排列,又称为晶体,所以人们常常称半导体二极管、三极管为晶体管。它们的原子外层都有 4 个价电子,每个原子的价电子与相邻原子的价电子“手拉手”地形成共价键结构(原子的稳定结构),所以在没有外界影响的情况下它们的导电能力很差;但在外界能量(如光照、升温)激发下,一些价电子就会逃出共价键结构而成为带负电荷的自由电子,在其原来的位置就留下一个带正电荷的空穴,从而产生电子—空穴对。电子和空穴都可用来运载电流,又叫载流子,如图 1-1 所示。

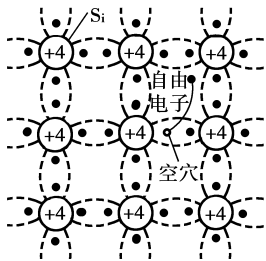


图 1-1 硅(锗)的共价键及电子空穴对应示意图

2. N 型半导体

用特殊工艺向本征半导体硅(或锗)中掺入少量五价元素磷(或砷),就得到 N 型半导体。每掺入 1 个五价元素的原子,其 5 个价电子中的 4 个与硅原子的价电子形成共价键,剩下的 1 个就成为自由电子。掺入的五价元素越多,自由电子的数量就越大,从而增强了导电能力。因为 N 型半导体主要是靠电子导电,所以 N 型半导体又称为电子型半导体。

3. P 型半导体

用特殊工艺向本征半导体硅(或锗)中掺入少量三价元素硼(或铝),就得到 P 型半导体。每掺入 1 个三价元素的原子,其 3 个价电子与硅原子的价电子形成共价键后还差一个电子,便多出一个空穴。掺入的三价元素越多,空穴的数量就越大,从而也增强了导电能力。因为 P 型半导体主要是靠带正电荷的空穴导电,所以 P 型半导体又称为空穴型半导体。

二、PN 结及其单向导电性

在一块完整的本征半导体硅或锗材料上,采用特殊掺杂工艺,使一边形成 N 型半导体区域,另一边形成 P 型半导体区域。在这两个导电性能相反(N 区电子多,空穴少,P 区空穴多,电子少,电子带负电,空穴带正电)的半导体交界面处形成载流子浓度的差异,于是 N 区的电子要向 P 区扩散,扩散到 P 区的电子要去占空穴的位置(叫复合)。结果使 N 区一侧失去电子而带正电,P 区一侧失去空穴而带负电,从而产生从 N 区指向 P 区的内电场,内电场的作用又将阻止 N 区电子的继续扩散,最后形成稳定的空间电荷区,这个空间电荷区又称为耗尽层。那么,这个稳定的空间电荷区就叫 PN 结,如图 1-2 所示,它是构成半导体元件的基础。

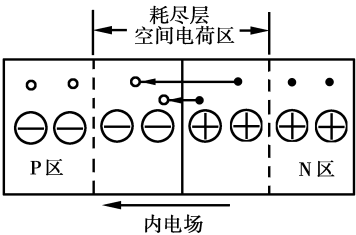


图 1-2 PN 结形成示意图

在 PN 结两端加上电压,称为给 PN 结以偏置。如果使 P 区接电源正极,N 区接电源负极,称为正向偏置,简称正偏。这时外加电压对 PN 结产生的电场与 PN 结内电场方向相反,削弱了内电场,使 PN 结变薄而形成正向电流,这种现象称为 PN 结正向导通,如图 1-3(a)所示。

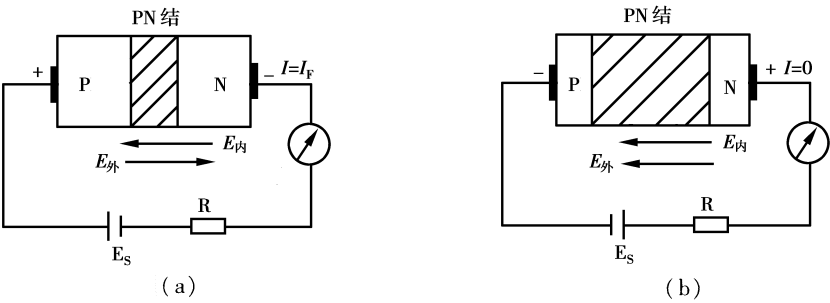


图 1-3 PN 结的单向导电性

(a) PN 结加正向电压导通;(b) PN 结加反向电压截止

如果使 P 区接电源负极, N 区接电源正极,称为反向偏置,简称反偏。这时外加电压对 PN 结产生的电场与 PN 结内电场方向相同,增强了内电场,使 PN 结增厚,电流极小,这种现象称为 PN 结反向截止,如图 1-3(b)所示。

PN 结加正向偏压时导通(相当于开关接通),加反向偏压时截止(相当于开关断开),这就叫 PN 结的单向导电性。

三、二极管的结构与符号

从 PN 结的 P 区引出一个电极,称正极,也称为阳极;从 N 区引出一个电极,称负极,又叫阴极。用金属、玻璃或塑料将其封装就构成一只半导体二极管。显然,它是具有一个 PN 结的半导体元件,也具有单向导电性。图 1-4(a)是二极管的结构示意图,图 1-4(b)是二极管的符号。符号中的箭头方向表明,二极管的电流只能从正极流向负极,不能从负极流向正极,这也是为了表达它的单向导电性。

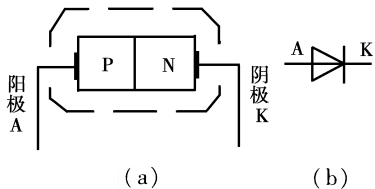


图 1-4 二极管结构示意图与符号
(a)示意图;(b)符号

四、二极管的特性

二极管的单向导电性是二极管的主要特性,但要完整地理解二极管的特性还得用伏安特性曲线来描述。

晶体二极管两端所加的电压与流过管子的电流的关系特性称为二极管的“伏安特性”。为了便于直接观察,又常把测得的电压、电流对应点数据,在坐标系中描点绘出曲线来,这样的

曲线称为“伏安特性曲线”。

图 1-5 是硅和锗二极管的典型伏安特性曲线,对于它的特性下面分段加以说明。

1. 正向特性

当外加电压为零时,电流也为零,故曲线经过原点。当二极管加上正向电压且较低时,电流非常小,如 OA,OA'段,通常称这个区域为死区。硅二极管的死区电压约为 0.5V,锗二极管的死区电压约为 0.2V。在实际应用中,通常近似认为在死区电压

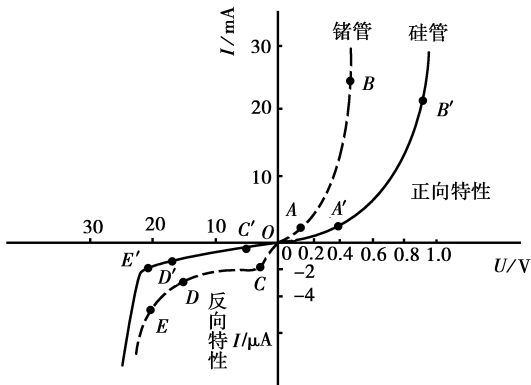


图 1-5 二极管的伏安特性曲线

范围内,二极管的正向电流为零,不导通。

当正向电压大于死区电压之后,正向电流明显增加,如图 1-5 中的 AB 和 A'B'段所示。此时二极管即为正向导通,二极管正向导通时,二极管两端的管压降(二极管两端的电压)变化不大,硅管为 0.6~0.8V,锗管为 0.2~0.3V。

可见二极管正向导通是有条件的,并不是加上正向电压就导通,而是加上正向电压且正向电压值大于死区电压时二极管才导通。

2. 反向特性

在二极管两端加上反向电压时,有微弱的反向电流,如图 1-5 中的 OCD 和 $OC'D'$ 段所示。硅管的反向电流一般为几至几十 μA , 锗管的反向电流一般为几十至几百 μA , 此时二极管即为反向截止。在一定范围内反向电流与所加反向电压无关,但它随温度上升而增加很快。反向电流也称反向饱和电流。它的大小是衡量二极管质量好坏的一个重要标志,其值越小,二极管质量越好。一般情况下可以忽略反向饱和电流,认为二极管反向不导通。

当反向电压继续增大到一定数值后,反向电流会突然增大,这时二极管失去了单向导电性,这种现象称为二极管反向击穿,此时二极管两端所加的电压称为反向击穿电压。二极管反向击穿后(也可以叫电压击穿),只要采取限流措施使反向电流不超过允许值,降低或去掉反向电压后,二极管可恢复正常;如不采取限流措施,很大的反向电流流过二极管会迅速发热,将导致二极管热击穿而永久性损坏。

可见二极管的击穿有电压击穿和热击穿之分。电压击穿后二极管可恢复正常,而热击穿后二极管不能恢复正常。

二极管的特性曲线不是直线,这说明二极管不是一个线性元件,这也是二极管的一个重要特性。

五、主要参数与选用依据

为了正确使用二极管,必须了解它的主要参数。

- 最大整流电流 I_{OM} 在规定散热条件下,二极管长期运用时,允许通过二极管的最大正向电流。

- 最高反向工作电压 U_{RM} 保证二极管不被击穿的最高反向峰值电压,通常规定为击穿电压的 $1/2$ 。

选用二极管的依据是

$$\begin{cases} I < I_{OM} \\ U_R < U_{RM} \end{cases}$$

式中, I 为二极管的实际工作电流; U_R 为实际工作反向电压。

二极管常用于整流、开关、检波、限幅、箝位、保护、隔离等许多场合,今后将逐步介绍。

六、稳压、发光、光电二极管简介

1. 稳压二极管

稳压二极管简称稳压管,它是利用 PN 结的反向击穿特性,采用特殊工艺方法制造的,在规定反向电流范围内可以重复击穿的硅二极管。它的符号和伏安特性如图 1-6 所示。它的正向伏安特性与普通硅二极管的正向伏安特性相同;其反向伏安特性非常陡直。用限流电阻将流过稳压管的反向击穿电流 $I_{V_{DZ}}$ 限制在 $I_{V_{DZmin}} \sim I_{V_{DZmax}}$ 时,稳压管两端的电压 $U_{V_{DZ}}$ 几乎不变。利用稳压管的这种特性,就能达到稳压的目的。图 1-7 就是一个简单的稳压管稳压电路。稳压管 V_{DZ} 与负载 R_L 并联,属并联稳压电路。显然,负载两端的输出电压 U_o 等于稳压管的稳定电压 $U_{V_{DZ}}$ 。

稳压管的主要参数有:

- 稳定电压 $U_{V_{DZ}}$ 稳压管正常工作时,管子两端的反向电压。由于制造原因,即使是同一