

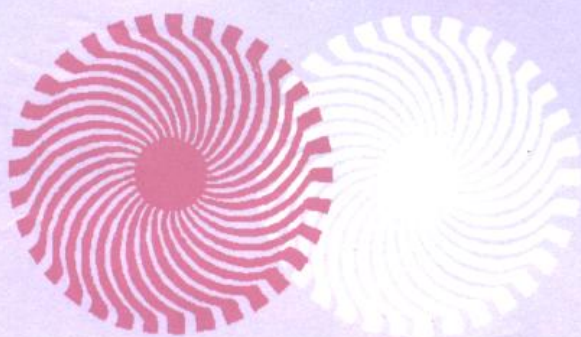
职业学校电子类教材（实用电子技术专业）

电子线路

●（第二版）

● 宋贵林 姜有根 编著

● 电子工业出版社



职业学校电子类教材(实用电子技术专业)

电子线路(第二版)

宋贵林 姜有根 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书内容包括模拟电路和数字电路两部分。模拟电路部分的主要内容有:半导体和半导体管、小信号放大器、负反馈在放大电路中的应用、正弦波振荡电路、直流放大电路、低频功率放大电路、直流稳压电源和无线电广播的发射与接收。数字电路部分的主要内容有:逻辑代数及基本门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路和脉冲整形电路等。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路/宋贵林,姜有根主编. —2版. —北京:电子工业出版社,1998,5

职业学校电子类教材 实用电子技术专业

ISBN 7-5053-4444-7

I. 电… II. ①宋… ②姜… III. ①模拟电路-专业学校-教材②数字电路-专业学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 03925 号

丛 书 名:职业学校电子类教材(实用电子技术专业)

书 名:电子线路(第二版)

著 者:宋贵林 姜有根 编著

责任编辑:刘文杰

印 刷 者:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社出版、发行、URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036 发行部电话 68214070

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印张:16.75 字数:432 千字

版 次:1998 年 6 月第 2 版 1998 年 6 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-4444-7
G·351

定 价:18.50 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换
版权所有·翻印必究

出版说明

职业技术教育是提高全民文化技术素质的重要手段,是经济发展的重要支柱。在现有教育体系下,为适应社会生产力发展的水平,必须大力发展职业技术教育事业,有效地对社会新成长的劳动力和全体职工者职业技能培训,以培养跨世纪的职业技术人才。

受国家教委的委托,电子工业出版社负责规划、组织出版全国中等职业技术学校实用电子技术和计算机技术两个专业的教材。电子工业出版社以电子工业为背景,以本行业的科技力量为依托,与教学第一线的优秀教师相结合,充分反映我国电子工业发展的实际情况,到目前已规划并组织出版两个专业的教材共60余个品种。这些教材深受广大职业技术学校师生的好评。为促进和大力发展我国的职业教育做出了积极的努力。

市场经济的发展要求职业学校进一步打破陈规,培养有创造性的、能适应新技术发展的、有实际技能的中级技术人才。根据《国务院关于大力发展职业技术教育的决定》、《职业教育法》及劳动部颁发的《职业技能鉴定规范》,电子工业出版社会同电子行业的专家学者、全国部分重点职业技术学校的领导和教师,在深入调查研究的基础上,制定了两个专业的指导性教学计划。教学计划强调了技能培养,并充分考虑到各个学校课程设置、师资力量、教学条件的差异,突出了“宽基础多模块,大菜单小模块”灵活办学的精神,为两个专业教材的配套与完善奠定了基础。

新一轮职业技术学校教材的出版有三个特点:

一、针对原有教材在内容、实用性等方面的不足,对原有教材进行了修编,一方面补充了新知识,一方面完善了内容和体系的衔接。

二、适应电子技术、特别是计算机技术日新月异的发展,与职业技术学校开设的新专业课相配套,推出了一批新教材。电子技术专业突出数字化、集成化技术;计算机技术专业内容涉及多种流行软件及实用技术。

三、教材的编写一改过去又深又厚的模式,突出“小模块”薄而精的特点,为不同学校依据自己的师资力量和办学条件灵活地选择不同的专业模块组合提供方便,同时也减轻了学生负担。

党中央、国务院提出实施科教兴国战略和可持续发展战略,教育体制改革必将进一步深化,加之科学技术的迅猛发展,编写职业技术学校教材始终是一个新课题。希望全国各地职业技术学校的广大师生多提宝贵意见,帮助我们紧跟职业技术教育和科学技术的发展,不断地提高教材的编写质量,以便更好地为广大师生服务。

全国职业高中电子类教材工作领导小组

组长:

姚志清(中国电子工业总公司教育局副局长)

副组长:(以下按姓氏笔划为序)

孙金兰(北京市教育局职教办副主任)

李群(黑龙江省教委职教处处长)

李步斗(江苏省教委职教处处长)

赵家鹏(机电部电子类专业教材办主任)

褚家蒙(四川省教委职教处副处长)

成员:

王仲伦(甘肃省教委职教处副处长)

刘志平(北京市职教中心教研员)

苏丹(新疆维吾尔自治区教委副主任)

张兆松(山东省教委职教处副处长)

李宏栋(天津市教育教研室职教室主任)

李启源(广西壮族自治区教委职教处副处长)

何肃波(吉林省教委中职处副处长)

张荫生(上海市中等职业教育中心副校长)

何雪涛(浙江省教委职教处主任科员)

杨玉民(北京市教育局副局长)

林春赞(湖北省教委职教处处长)

费爱伦(上海市教育局中职处副处长)

梁义(辽宁省教委中职处副处长)

葛玉刚(河北省教委职教处处长)

韩学理(陕西省教育科学研究所副所长)

翟汝直(河南省教委职教研究室主任)

秘书长:

邓又强(电子工业出版社副总编)

副秘书长:

王玉国(电子工业出版社编辑)

全国职业高中电子类教材编审委员会

主任委员:

杨玉民(北京市教育局副局长)

副主任委员:(以下按姓氏笔划为序)

刘志平(北京市职教中心教研员)

张萌生(上海市中等职业教育中心副校长)

[实用电子技术编审组]

组长:

刘志平(北京市职教中心教研员)

副组长:

李蕴强(天津市教育教研室教研员)

陈其纯(江苏省苏州市电子职业中学教研组长)

张晓明(黑龙江省教育学院职教部教研员)

组员:

白春章(辽宁省教育学院职教部教研员)

朱大海(河北省教科所研究室主任)

孙介福(四川省教科所职教室主任)

刘洪志(河南省新乡市机电部 22 所职高教师)

沈大林(北京市宣武职教中心副校长)

陈先铭(广西壮族自治区柳州市一职高教研组长)

吴恒丰(湖北省武汉市第一职教中心教务主任)

杜德昌(山东省教学研究室教研员)

张志强(甘肃省武威职业学校校长)

周金波(河南省郑州市教委职业教研室副主任)

金国砥(浙江省杭州市红星职业中学教研组长)

杨荫彪(河北省河北机电学校电子系主任)

俞兰浦(上海市静安职业学校校长)

徐洪吉(吉林省吉林大学机关学校教师)

[计算机技术编审组]

组长:

张萌生(上海市中等职业教育中心副校长)

副组长:

王森(河北省军械工程学院计算机副教授)

王道生(辽宁省沈阳工学院计算机系副教授)

史建军(山东省青岛市教育局教研员)

组员:

王世学(黑龙江省哈尔滨市职业学校教师)

刘永振(吉林省吉林大学计算中心副教授)
刘逢勤(河南省郑州市第三职业中专教研组长)
肖金立(天津市电子计算机职业中专教师)
陈文华(浙江省温州市职业技术学校教研组长)
严振国(江苏省无锡电子职业中学教务副主任)
吴清萍(北京市财经学校副校长)
钟葆(上海市中等职业教育中心 OA 教研组长)
戚文正(湖北省武汉市第一职教中心教师)

前 言

本书系全国职业学校电子类教材编审委员会实用电子技术编审组评审、推荐出版的,作为电子类专业《电子线路》课程的教材。

本书内容包括模拟电路和数字电路两部分。模拟电路部分由北京市宣武区职业教育中心学校宋贵林老师编写。数字电路部分由北京市宣武区职业教育中心学校姜有根老师编写,参加数字电路部分编写的还有北京市宣武区职业教育中心学校的苏永昌、张翠兰、马广月、李旭东四位老师和北京教育科学院职教所李焕贵同志。

本书注重职业教育的特点,着重基本概念、基本分析方法和基本计算方法等基础知识的讲解,并有些新的思路。重点在于培养学生分析问题、解决问题的能力,理论结合实际能力和实际操作能力。在学习基础知识和分立元件的基础上,较多的介绍了新型元器件和常用集成电路的有关知识。每章后均有小结、习题和实验。

由于编者水平所限,书中难免存在缺点和错误,请广大师生批评指正。

编 者
1997年9月6日

目 录

第一章 半导体和半导体管	(1)
第一节 半导体的基础知识	(1)
一、半导体的结构及其特性	(1)
二、半导体材料	(1)
三、PN 结及其特性	(2)
第二节 半导体二极管	(3)
一、二极管的结构与类型	(3)
二、二极管的特性	(3)
三、二极管的主要参数	(5)
四、硅稳压二极管	(6)
五、其它二极管	(7)
第三节 半导体三极管	(7)
一、三极管的结构与类型	(7)
二、三极管的电流放大作用	(9)
三、三极管的连接方法	(11)
四、三极管的伏安特性曲线	(12)
五、三极管的主要参数	(14)
第四节 场效应半导体管	(16)
一、结型场效应管	(16)
二、绝缘栅型场效应管	(18)
本章小结	(19)
习题一	(21)
实验一 半导体二极管与三极管	(22)
第二章 小信号放大器	(25)
第一节 放大器的基础知识	(25)
一、放大器的基本结构	(25)
二、放大器的分类	(25)
三、放大器的基本参数	(25)
四、放大器的工作原理	(27)
第二节 小信号放大器的直流分析	(30)
一、放大器直流通路的近似算法	(30)
二、放大器直流通路的图解法	(31)
第三节 小信号放大器的交流分析	(33)
一、简单偏置放大电路的交流通路	(33)
二、输入电阻的计算	(33)
三、输出电阻的计算	(34)
四、电压放大倍数的计算	(34)

第四节 几种常用的小信号放大器	(36)
一、分压式电流负反馈偏置电路	(36)
二、电压反馈式偏置电路	(38)
三、射极输出器	(39)
第五节 放大电路的频率特性	(41)
一、放大电路的频率特性	(41)
二、放大器频率特性产生的原因	(41)
第六节 多级放大器	(42)
一、多级放大器的耦合方式及其特点	(42)
二、多级放大器的性能	(43)
第七节 调谐放大器	(44)
一、LC 并联谐振电路的频率特性	(44)
二、简单调谐放大电路	(46)
三、调谐放大器的类型和应用	(46)
第八节 场效应管放大电路	(47)
一、自生偏压共源放大电路	(47)
二、分压偏置共源放大电路	(49)
三、源极输出器电路	(50)
本章小结	(51)
习题二	(52)
实验二 分压式电流负反馈偏置电路	(53)
第三章 负反馈放大电路	(55)
第一节 反馈的基本概念	(55)
一、反馈的定义	(55)
二、反馈的类型及其判断方法	(55)
第二节 负反馈放大电路的一般表达式	(57)
一、放大倍数	(57)
二、反馈深度	(58)
第三节 负反馈在放大电路中的应用	(59)
一、电流串联负反馈	(59)
二、电压串联负反馈	(60)
三、电压并联负反馈	(60)
四、电流并联负反馈	(61)
第四节 负反馈对放大电路的影响	(62)
一、降低放大倍数	(62)
二、提高放大倍数的稳定性	(62)
三、减小非线性失真	(62)
四、展宽频带	(63)
五、改变输入电阻和输出电阻	(63)
六、减小放大器的内部噪声	(64)
本章小结	(64)
习题三	(64)

实验三 负反馈放大器的研究	(65)
第四章 正弦波振荡电路	(68)
第一节 振荡电路的基础知识	(68)
一、振荡电路的组成	(68)
二、振荡电路的振荡条件	(68)
第二节 LC 正弦波振荡电路	(70)
一、变压器耦合振荡电路	(70)
二、三点式振荡电路	(72)
三、石英晶体振荡电路	(75)
第三节 RC 正弦波振荡电路	(76)
一、RC 串并联电路的频率特性	(77)
二、RC 桥式正弦波振荡电路	(77)
本章小结	(78)
习题四	(79)
实验四 LC 正弦波振荡器(变压器耦合式)	(80)
第五章 直流放大电路	(83)
第一节 直流放大电路的特殊问题	(83)
一、直接耦合	(83)
二、电位移动	(83)
三、零点漂移现象	(83)
第二节 差动放大电路	(84)
一、双端输入-双端出差动放大电路	(84)
二、其他形式的差动放大电路	(86)
第三节 集成运算放大器	(87)
一、集成电路概述	(87)
二、集成运算放大器的基础知识	(88)
三、运算放大器的基本运算功能	(88)
四、集成运算放大器的应用	(91)
本章小结	(93)
习题五	(94)
实验五 差动放大电路	(94)
第六章 功率放大电路	(97)
第一节 功率放大电路的基础知识	(97)
一、功率放大电路的特点和要求	(97)
二、功率放大电路的分类	(97)
第二节 乙类推挽功率放大电路	(98)
一、电路结构	(98)
二、工作原理	(98)
三、电路的主要参数	(99)
四、交越失真	(99)
第三节 无变压器功率放大电路	(100)

一、OTL 电路	(100)
二、采用复合管的 OTL 电路	(102)
三、OCL 电路	(103)
第四节 集成功率放大电路	(104)
一、LA4112 音频功率放大电路	(104)
二、BA535 双音频功率放大电路	(105)
本章小结	(105)
习题六	(106)
实验六 无变压器功率放大电路(OTL)	(107)
第七章 直流稳压电源	(109)
第一节 整流电路	(109)
一、半波整流电路	(109)
二、全波整流电路	(110)
三、桥式整流电路	(111)
四、倍压整流电路	(112)
五、整流电路性能的比较	(113)
第二节 滤波电路	(113)
一、电容滤波电路	(114)
二、电感滤波电路	(115)
三、 Γ 型滤波电路	(117)
四、 π 型滤波电路	(117)
五、滤波电路性能的比较	(118)
第三节 串联式稳压电路	(118)
一、简单的串联式稳压电路	(118)
二、具有放大环节的串联式稳压电路	(119)
第四节 集成稳压电路	(122)
一、W7800、W7900 三端固定集成稳压电路	(122)
二、W317、W337 三端可调集成稳压电路	(123)
第五节 串联式开关稳压电源	(124)
一、基本结构	(124)
二、基本工作原理	(124)
第六节 变换器电路	(124)
一、电感贮能式脉冲变换器	(124)
二、半桥式脉冲变换器	(125)
第七节 微型计算机电源	(126)
一、主机电源	(126)
二、不间断电源	(127)
本章小结	(127)
习题七	(128)
实验七 串联型稳压电源	(129)
第八章 无线电广播的发送与接收	(132)

第一节 无线电广播的基础知识	(132)
一、调制	(132)
二、解调	(132)
三、无线电广播发送与接收的基本过程	(132)
第二节 变频	(133)
一、变频及其作用	(133)
二、变频电路	(133)
第三节 检波与鉴频	(135)
一、检波	(135)
二、鉴频	(136)
本章小结	(138)
习题八	(139)
实验八 超外差式收音机的组装与调试	(139)
第九章 逻辑代数及基本逻辑门电路	(145)
第一节 二进制及编码	(145)
一、二进制	(145)
二、编码	(147)
第二节 基本逻辑运算和基本门电路	(150)
一、基本逻辑运算	(150)
二、逻辑运算法则和基本公式	(153)
三、基本门电路	(155)
第三节 逻辑函数的表示及其化简	(168)
一、逻辑函数的表示	(168)
二、逻辑表达式化简	(169)
三、逻辑表达式的变换	(177)
本章小结	(178)
习题九	(178)
实验九 门电路功能测试	(180)
附录一 数字电路实验设备制作	(182)
附录二 集成电路器件型号	(185)
第十章 组合逻辑电路	(188)
第一节 组合逻辑电路	(188)
一、加法器	(188)
二、比较器	(190)
三、编码器	(193)
四、译码器	(195)
第二节 竞争冒险现象及其消除	(200)
一、竞争冒险现象产生条件	(200)
二、竞争冒险的检查	(202)
三、竞争冒险的消除措施	(203)
本章小结	(204)

习题十	(205)
实验十 组合电路功能测试	(205)
第十一章 时序逻辑电路	(209)
第一节 触发器	(209)
一、基本 R-S 触发器	(209)
二、同步触发器	(212)
三、触发器功能转换	(216)
第二节 时序逻辑电路	(218)
一、寄存器	(218)
二、计数器	(222)
三、节拍器	(230)
四、分频器	(235)
本章小节	(239)
习题十一	(240)
实验十一 触发器和时序电路功能测试	(241)
第十二章 脉冲整形电路	(244)
第一节 555 定时器	(244)
一、电路组成	(244)
二、电路的基本功能	(245)
第二节 施密特触发器	(245)
一、用 555 定时器构成施密特触发器	(245)
二、集成电路中的施密特触发器	(246)
第三节 单稳态电路	(247)
一、集成单稳电路	(247)
二、用 555 定时器构成单稳态电路	(248)
第四节 矩形脉冲信号发生器(多谐振荡器)	(249)
一、非门多谐振荡器	(249)
二、用 555 定时器构成多谐振荡器	(249)
习题十二	(251)
实验十二 多谐振荡器和施密特触发器功能测试	(252)
参考文献	(254)

第一章 半导体和半导体管

半导体器件是电子电路的核心。电子电路的质量与所用半导体器件的质量关系非常密切。因此,学习电子电路必须首先了解半导体器件的构造,掌握它们的工作原理、特性和参数。半导体器件的种类很多,一般来说,由半导体材料制造的二极管、三极管及集成电路等,统称为半导体器件。本章要学习的主要是半导体二极管和三极管的基础知识。

第一节 半导体的基础知识

世界上有多种物质,按其导电性能可分为导体、绝缘体和半导体三类。导电性能良好的(电阻率 $\rho < 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$)称为导体,例如各种金属及酸、碱、盐的水溶液等;不善于导电的(电阻率 $\rho > 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$)称为绝缘体,例如玻璃、橡胶及陶瓷等;另外还有一类物质,它们的导电性能介于导体和绝缘体之间(电阻率 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} < \rho < 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$)称为半导体,例如硅、锗等。

一、半导体的结构及其特性

(一)半导体的结构

纯净的半导体又称为本征半导体。常用的半导体硅(Si)、锗(Ge)分别由硅、锗原子组成。在常温下,由于其为共价键结构而处于稳定状态,自由电子极少,所以它们的导电性能很差。由于某种原因(例如受热、光照),有的价电子由于吸收能量而内能增加,挣脱了原子核的束缚变为自由电子。电子离去后,原来的位置就留下一个空位,这个空位我们称它为“空穴”。

一个价电子的离去即可形成一个电子和一个空穴。这个空穴又可以被别的电子填补,这样就又产生了一个新的空穴。电子和空穴均为载流子。在电场的作用下,电子向高电位运动,空穴向低电位运动,形成电流。

(二)半导体的特性

1. 热敏特性

当半导体的温度升高时,电子、空穴增多,它的导电性能就会随着温度的升高而增强。半导体的这种特性,称为热敏特性。利用半导体的这种特性可制成热敏元件。

2. 光敏特性

当半导体受到光的照射时,电子、空穴也会增多,导电性能也会随光照的增强而增强。半导体的这种特性称为光敏特性。利用半导体的这种特性可制成光敏元件。

3. 掺杂特性

当我们有目的的往本征半导体中掺入微量五价或三价元素时,它的导电性能就会急剧增强。半导体的这种特性称为掺杂特性。利用半导体的这种特性,可以制成半导体材料。

二、半导体材料

当我们利用半导体的掺杂特性往本征半导体中掺入微量的五价或三价元素时,就得到了半导体材料。半导体材料有N型和P型两种。

(一)N型半导体材料

往本征半导体中掺入微量的五价元素,就可得到N型半导体材料。这是由于五价元素的

掺入使自由电子浓度增大、使得半导体的导电性能急剧增强的缘故。N 型半导体导电是以电子导电为主的,所以 N 型半导体又称为电子导电半导体。

(二)P 型半导体材料

往本征半导体中掺入微量的三价元素,就可得到 P 型半导体材料。这是由于三价元素的掺入使空穴浓度增大,使得半导体的导电性能急剧增强的缘故。在电场的作用下,电子依次填补“空穴”形成电流。P 型半导体导电是以空穴导电为主的,所以 P 型半导体又称为空穴导电半导体。

由于杂质的掺入,使得 N 型半导体和 P 型半导体内部的载流子数目远远大于本征半导体,所以半导体材料的导电能力比本征半导体有了极大的增强。但是,在本征半导体中掺入杂质的目的,不是为了单纯提高半导体的导电能力,而是通过控制掺杂量,制造出合乎要求的半导体材料,用来生产半导体器件。

三、PN 结及其特性

(一)PN 结

当我们把一块 P 型半导体和一块 N 型半导体以一定的工艺方法结合在一起时,P 型半导体中的空穴和 N 型半导体中的电子就会相互扩散、中和,在它们的界面就形成了一个带有电荷而无载流子的特殊薄层。P 型区部分由于失空穴得电子而带负电,N 型区部分由于失电子得空穴而带正电,这个薄层就叫作“PN 结”,所形成的电场称为 PN 结电场。由于 PN 结内的电子与空穴中和而无载流子,所以 PN 结又叫做“耗尽层”,如图 1-1 所示。

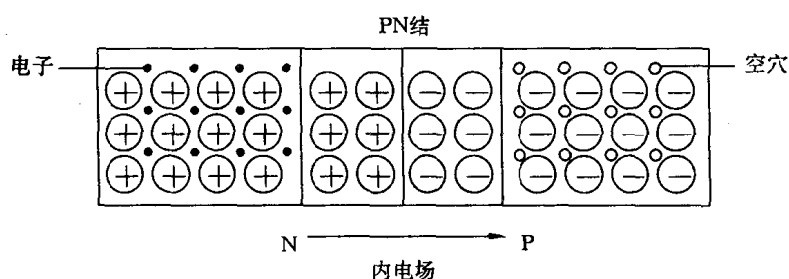


图 1-1 PN 结的示意图

(二)PN 结的特性

PN 结具有单向导电特性。

1. PN 结正向导电

当给 PN 结加正向电压(P 端接高电位,N 端接低电位)时,外电场的方向与 PN 结电场的方向相反。由于外电场的加入,使 PN 结电场减弱,PN 结变薄,使得扩散能够继续进行而导电,如图 1-2(a)所示。

2. PN 结反向不导电

当给 PN 结加反向电压(P 端接低电位,N 端接高电位)时,外电场的方向与 PN 结电场的方向相同。由于外电场的加入,使 PN 结电场增强,PN 结变厚,使得扩散不能进行而不导电,如图 1-2(b)所示。

PN 结的单向导电性具有很重要的理论和实用意义,它是分析半导体二极管、三极管工作原理的基础。

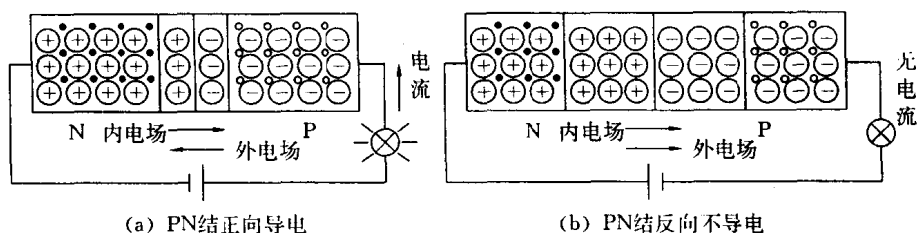


图 1-2 PN 结的单向导电特性

第二节 半导体二极管

半导体二极管是电子电路中常用的一种半导体器件,它主要用于整流、稳压、检波、钳位及补偿等。在本书中,如无特殊指定,“二极管”均指半导体二极管。

一、二极管的结构与类型

(一)二极管的结构

一个二极管是由一个 PN 结加上引线经封装而构成的,如图 1-3(a)所示。P 区接出的引线为二极管的正极,N 区接出的引线为二极管的负极。二极管在电路中常用一个专用符号来表示,如图 1-3(b)所示。带箭头的一端为二极管的正极,带竖线的一端为二极管的负极。

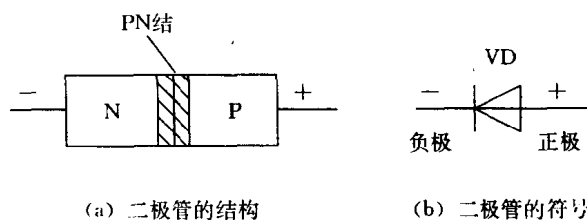


图 1-3 二极管的结构与符号

(二)二极管的类型

按构成二极管的半导体种类,可分为硅管和锗管;按二极管的耗散功率,可分为大功率管和小功率管;按二极管的工作频率,可分为高频管和低频管;按二极管的用途可分为普通管、整流管、变容管、开关管、稳压管和阻尼管等。

二、二极管的特性

前面我们已经学过,PN 结具有单向导电性,这只是对二极管两端所加电压与通过二极管的电流所做的粗略描述。为了对二极管的单向导电性做具体的分析,我们必须细致的研究二极管的电压-电流关系,即二极管的伏安特性曲线。

(一)二极管伏安特性曲线的作法

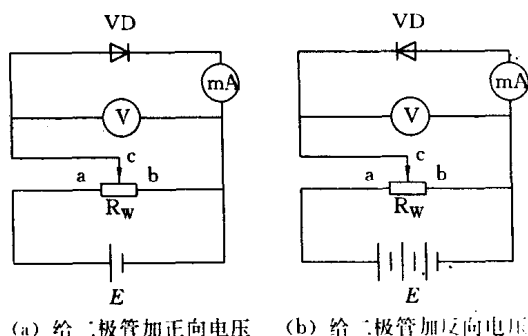


图 1-4 二极管伏安特性曲线的测试电路

分别按图 1-4(a)、(b)连接电路,(a)是给二极管加正向电压,(b)是给二极管加反向电压。改变二极管两端电压的高低,并分别测出通过二极管的电流。根据所测得的数据在坐标纸的横坐标上标明各电压值,在纵坐标上标明各相应的电流值,再把各个电压、电流的交点连接成圆滑的曲线,即可得到二极管的伏安特性曲线,如图 1-5 所示。

(二)二极管的伏安特性曲线