

教育部规划教材



中等职业学校电子信息类教材 实用电子技术专业

模拟电路

(第二版修订本)

廖爽 主编 刘志平 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

教育部规划教材

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

模 拟 电 路

(第二版修订本)

廖 爽 主编 刘志平 主审

電 子 工 業 出 版 社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为全国职业学校电子类教材编审委员会评审并推荐并出版。全书共分八章:半导体二极管和三极管;晶体管交流放大器;放大电路中的反馈;直流放大电路与集成运放;低频功率放大电路;正弦波振荡电路;直流稳压电源;调制、解调与变频。每章后均有小结和习题。

本书注重职业教育的特点,重点突出,简练通俗,着重基本概念、基本分析方法等基础知识的讲解,重点在于培养学生分析问题、解决问题的能力、理论结合实际的能力和实际操作能力。

本书可作职高、中专、技校实用电子技术专业教材,也可作其他同专业的技术培训教材,并可供技术人员参考选用。

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,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电路(第二版修订本)/廖爽主编. - 北京:电子工业出版社,2000.5

(中等职业学校电子信息类教材.实用电子技术专业)

ISBN 7-5053-5721-2

I.模... II.①廖... III.模拟电路-专业学校-教材 IV.TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14990 号

丛 书 名: 中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

书 名: 模拟电路(第二版修订本)

主 编: 廖 爽

主 审: 刘志平

责任编辑: 刘文杰

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京东光印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <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: 11.75 字数: 297 千字

版 次: 2000 年 5 月第 2 版 2000 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5721-2
G·486

印 数: 12000 册 定价: 16.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

出版说明

职业教育的教育质量和办学效益,直接关系到我国 21 世纪劳动者和专门人才的素质,关系到经济发展的进程。要培养具备综合职业能力和全面素质,直接在生产、服务、技术和管理第一线工作的跨世纪应用型人才,必须进一步推动职业教育教学改革,确立以能力为本位的教学指导思想。在课程开发和教材建设上,以社会和经济需求为导向,从劳动力市场和职业岗位分析入手,努力提高教育质量。

电子工业出版社受国家教育部的委托,负责规划、组织并出版全国中等职业技术学校计算机技术与实用电子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,与教研、教学第一线的教研人员和教师相结合,已组织编写、出版计算机技术专业 and 实用电子技术专业的教材 70 余种,受到了广大职业学校师生的好评,为促进职业教育做出了积极的努力。

随着科学技术水平日新月异,计算机和电子技术的发展更是突飞猛进,而职业教育直接面向社会、面向市场,这就要求教材内容必须密切联系实际,反映新知识、新技术、新工艺和新方法。好的教材应该既要让学生学到专业知识,又能让学生掌握实际操作技能,而重点放在学生的操作和技能训练方面。在这一思想指导下,电子工业出版社根据《职业教育法》及劳动部颁发的《职业技能鉴定规范》,在教育部等相关部门的领导下,会同电子行业的专家、教育教研部门研究人员以及广大职业学校的领导和教师,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。该计划强调技能培养,充分考虑各学校课程设置、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”灵活办学的宗旨。

新版教材具有以下突出的特点:

1. 发挥产业优势,以本行业的科技力量为依托,充分适应职业学校推行的学业证书和职业资格证书的双证制度,突出教材的实用性、先进性、科学性和趣味性。

2. 教材密切反映电子技术、特别是计算机技术的发展,不断推陈出新。实用电子技术专业教材突出数字化、集成化技术;计算机技术专业教材内容涉及多种流行软件及实用技术。

3. 教材与职业学校开设的专业课程相配套,注意贯穿能力和技能培养于始终,精心安排例题、习题,在把握难易、深广度时,以易懂、广度优先,理论原理为操作技能服务,够用即可。

4. 教材的编写一改过去又深又厚的模式,突出“小模块”的特点,为不同学校依据自己的师资力量和办学条件灵活选择不同专业模块组合提供方便。

另外,为满足广大职业学校教师的教学需要,我们还将根据每种教材的具体情况推出配套的教师辅助参考书以及供学生使用的上机操作/练习指导书。

随着教育体制改革的进一步深化,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。希望全国各地职业学校的广大师生多提宝贵意见,帮助我们紧跟职业教育和科学技术的发展,不断提高教材的编写质量,以便更好地为广大师生服务。

全国职业高中电子信息类教材工作领导小组

1998 年 12 月

全国职业高中电子信息类教材工作领导小组

组长：

姚志清(原电子工业部人事教育司副司长)

副组长：

牛梦成(教育部职成教司教材处处长)

蔡继顺(北京市教委职教处副处长)

李 群(黑龙江省教委职教处处长)

王兆明(江苏省教委职教办主任)

陈观诚(福建省职业技术教育学会副秘书长)

王 森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

吴金生(电子工业出版社副社长)

成员：

褚家蒙(四川省教委职教处副处长)

尚志平(山东省教学研究室副主任)

赵丽华(天津市教育局职教处处长)

潘效愚(安徽省教委职教处处长)

郭菊生(上海市教委职教处)

翟汝直(河南省教委研究室主任)

李洪勋(河北省教委职教处副处长)

梁玉萍(江西省教委职教处处长)

吴永发(吉林省教育学院职教分院副院长)

王家诒(上海现代职业技术学校副校长)

郭秀峰(山西省教委职教处副处长)

彭先卫(新疆教委职教处)

李启源(广西教委职教处副处长)

彭世华(湖南省职教研究中心主任)

许淑英(北京市教委职教处副处级调研员)

姜昭慧(湖北省职教研究中心副主任)

张雪冬(辽宁省教委中职处副处长)

王志伟(甘肃省教委职教处助理调研员)

李慕瑾(黑龙江教委职教教材站副编审)

何雪涛(浙江省教科院)

杜锡强(广东省教育厅职业与成人教育处副处长)

秘书长：

林 培(电子工业出版社)

全国职业高中电子信息类教材编审委员会

名誉主任委员：

杨玉民(原北京市教育局副局长)

主任委员：

马叔平(北京市教委副主任)

副主任委员：

邢 晖(北京市教科院职教所副所长)

王家诒(上海现代职业技术学院副校长)

王 森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

韩广兴(天津广播电视大学高级工程师)

[实用电子技术编审组]

组长：

刘志平(北京市职教所教研部副主任)

副组长：

陈其纯(苏州市高级工业学校特级教师)

杜德昌(山东省教学研究室教研员)

白春章(辽宁教育学院职教部副主任)

张大彪(河北师大职业技术学院电子系副主任)

王连生(黑龙江省教育学院职教部副教授)

组员：

李蕴强(天津市教育教研室教研员)

孙介福(四川省教科所职教室主任)

沈大林(北京市回民学校教师)

朱文科(甘肃省兰州职业中专)

郭子雄(长沙市电子工业学院高级教师)

金国砥(杭州中策职业高级中学教研组长)

李佩禹(山东省家电行业协会副秘书长)

邓 弘(江西省教委职教处助理调研员)

刘 杰(内蒙古呼和浩特市第一职业中专教师)

高宪宏(黑龙江省佳木斯市职教中心)

朱广乃(河南省郑州市教委职教室副主任)

黄新民(上海现代职业技术学校)

[计算机技术编审组]

组长：

吴清萍(北京市财经学校副校长)

副组长：

史建军(青岛市科协计算机普及教育中心副主任)

钟 葆(上海现代职业技术学校教研组长)

周察金(四川省成都市新华职业中学教研组长)

组员：

刘逢勤(郑州市第三职业中专教研组长)

戚文正(武汉市第一职教中心教务主任)

肖金立(天津市电子计算机职业中专教师)

严振国(无锡市电子职业中学教务副主任)

魏茂林(青岛市教委职教室教研员)

陈民宇(太原市实验职业中学教研组长)

徐少军(兰州市职业技术学校教师)

白德淳(吉林省冶金工业学校高级教师)

陈文华(温州市职业技术学校教研组长)

邢玉华(齐齐哈尔市职教中心学校主任)

谭枢伟(牡丹江市职教中心学校)

谭玉平(石家庄第二职教中心副校长)

要志东(广东省教育厅职业教育研究室教研员)

[通信技术编审组]

组长：

徐治乐(广州市电子职业高级中学副校长)

副组长：

陶宏伟(北京市西城电子电器职高主任)

陈振源(厦门教育学院职业教育教研室高级教师)

组员：

赖晖煜(福建省厦门电子职业中专学校主任)

许林平(石家庄市职业技术教育中心主任)

邱宝盛(山东省邮电学校副校长)

邹开跃(重庆龙门浩职业中学主任)

再版前言

随着职业教育的改革与发展,特别是国家教委职教 017 号文件“关于制定职业高级中学(三年制)教学计划的意见”的颁布和电子工业部、劳动部关于家用电子产品维修工“职业技能鉴定规范”的颁布以及五天工作制的实施,为了既保证职业高中的教学水平,又保证学生考取中级技术工人证书,迫切需要制定新的“实用电子技术”专业教学计划,并按照新的教学计划对教材进行修订。

全国电子类职业高中教材编审委员会先后组织编写了“电子线路”、“模拟电路”两个版本的职业高中教材。前者内容较庞杂,由于职业高中学生水平和课时数所限,教师讲课时要删掉部分内容;后者又过于简单,内容有脱节现象,在一定程度上影响了知识的系统性,教师讲课时必须补充一部分内容。根据新的实用电子技术专业教学计划,基于上述两个原因,此次重编照顾到知识的系统性、完整性,又克服了内容庞杂,篇幅过长等问题,从职业高中的教学实际和考工需要重编了“模拟电路”一书。

本书重点突出了电子工业部、劳动部颁布的家用电子产品维修工“职业技能鉴定规范”初、中级工考核的有关知识、技能及要求,同时又保证了电路知识的系统性、连贯性,较广泛的适用性和较强的针对性。本书注重实际应用,突出基础知识和基本概念的讲述与练习。

本书从职业高中学生实际出发,力求突出职业高中特点,特别注重理论联系实际,注重对学生能力的培养,为学生学习后续课程和考取“双证书”打下坚实的基础。

参加本书编写工作的有北京市团结湖一中秦燕宾(第一章)、北京市崇文区电子技术职业教育中心董风云(第二、八章)、北京市西城区电子电器职业高中廖爽(第三、四、六章及实验)、北京市职教中心姜丽萍(第五章),北京市团结湖一中赵燎原(第七章)。廖爽同志担任主编。

本书由北京市职教中心刘志平担任主审,首都师范大学物理系李锦萍副教授审阅了全书,并对部分章节进行了编写。

本书编写过程中得到了北京市崇文区电子技术职教中心、北京市西城区电子电器职业高中、北京市团结湖一中、北京市职教中心的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2000 年 2 月

目 录

第一章 半导体和半导体管	(1)
第一节 半导体基础知识	(1)
一、导体、绝缘体和半导体	(1)
二、半导体材料分类	(1)
三、PN 结及其单向导电性	(2)
第二节 半导体二极管	(3)
一、半导体二极管的结构	(3)
二、二极管的伏安特性	(3)
三、温度对二极管特性的影响	(5)
四、二极管的主要参数	(5)
五、二极管的开关特性	(5)
第三节 硅稳压二极管	(6)
一、稳压管的电路符号、伏安特性及稳压作用	(6)
二、稳压二极管的主要参数	(6)
第四节 发光二极管、光敏二极管	(8)
一、发光二极管	(8)
二、光敏二极管	(9)
第五节 半导体三极管	(10)
一、三极管的结构、电路符号及类型	(10)
二、三极管的电流放大作用	(11)
三、三极管放大的概念和三种联接方式	(12)
四、三极管的伏安特性曲线	(12)
五、三极管的主要参数	(14)
六、三极管参数与温度的关系	(15)
第六节 场效应晶体管	(16)
一、结型场效应管	(16)
二、绝缘栅型场效应管	(17)
本章小结	(19)
习题一	(20)
第二章 晶体管交流放大器	(21)
第一节 放大器概述	(21)
一、概述	(21)
二、放大器的分类	(21)
三、放大器的主要参数	(21)
四、放大器的工作原理	(22)

第二节 固定偏置共发射放大电路	(24)
一、电路构成	(24)
二、固定偏置共发射放大电路静态工作点的计算	(24)
三、固定偏置共发射放大电路交流参数的计算	(25)
四、放大电路的图解法	(26)
第三节 分压式直流负反馈放大电路	(28)
一、工作点的稳定	(28)
二、分压式直流负反馈放大电路的计算	(29)
第四节 射极输出器	(31)
一、电路结构	(31)
二、射极输出器的静态工作点	(31)
三、射极输出器交流参数的计算	(32)
第五节 阻容耦合放大电路的频率特性	(33)
一、放大器的频率特性	(33)
二、单极阻容耦合放大电路的频率特性	(33)
第六节 多级放大电路	(34)
一、级间耦合方式	(34)
二、阻容耦合多级放大器的计算	(35)
第七节 调谐放大电路	(35)
一、LC 并联谐振回路的频率特性	(35)
二、简单调谐放大器	(37)
三、典型调谐放大电路和调谐放大电路的应用	(37)
第八节 场效应晶体管放大电路	(38)
一、电路构成	(38)
二、电路静态工作点的计算	(38)
三、电路交流参数的计算	(39)
本章小结	(40)
习题二	(40)
第三章 放大电路中的反馈	(43)
第一节 反馈的基本概念	(43)
第二节 反馈放大器的分类	(44)
一、正反馈和负反馈	(44)
二、电压反馈和电流反馈	(44)
三、串联反馈和并联反馈	(44)
四、直流反馈和交流反馈	(44)
五、本级反馈和级间反馈	(45)
第三节 反馈放大器的判断	(45)
一、确定反馈元件	(45)
二、判断反馈类型	(46)
三、判断反馈极性	(46)

第四节 负反馈对放大电路性能的影响	(47)
一、提高放大电路增益的稳定性	(48)
二、展宽通频带	(49)
三、改善非线性失真	(49)
四、抑制放大器内部噪声	(49)
五、对输入电阻和输出电阻的影响	(50)
本章小结	(50)
习题三	(50)
第四章 直流放大电路与集成运放	(53)
第一节 直流放大电路的几个特殊问题	(53)
一、直接耦合	(53)
二、零点漂移问题	(55)
第二节 差动放大电路	(57)
一、双端输入—双端出差动放大电路	(57)
二、其他形式的差动放大电路	(62)
第三节 集成运算放大器的基本概念	(64)
一、集成电路概述	(64)
二、集成电路特点	(65)
三、集成运算放大器的构造与符号	(65)
四、集成运放的主要性能与参数	(68)
五、理想集成运放	(68)
第四节 集成运放的基本运算功能	(69)
一、反相比例放大电路	(69)
二、同相比例放大电路	(70)
三、加法运算电路	(71)
四、减法运算电路	(72)
第五节 集成运放应用举例	(73)
一、电压比较器	(73)
二、信号变换电路	(74)
本章小结	(75)
习题四	(76)
第五章 低频功率放大电路	(78)
第一节 功率放大电路的特点及分类	(78)
一、功率放大电路的特点	(78)
二、功率放大电路的分类	(79)
第二节 甲类功率放大电路	(80)
一、电路结构及工作原理	(80)
二、功率、效率和管耗	(81)
第三节 乙类推挽功率放大电路	(82)
一、电路的结构及工作原理	(82)

二、功率、效率和管耗	(84)
三、交越失真	(86)
第四节 无变压器功率放大电路	(87)
一、双电源互补对称电路	(87)
二、单电源互补对称电路	(88)
三、采用复合管的互补对称电路	(89)
第五节 集成功率放大电路	(90)
一、TDA2002 8W 音频功率放大电路	(91)
二、LM386 型集成功率放大器	(91)
三、集成功率驱动电路	(92)
本章小结	(93)
习题五	(93)
第六章 正弦波振荡电路	(96)
第一节 振荡电路的基本原理	(96)
一、概述	(96)
二、振荡器的工作原理	(96)
第二节 LC 振荡器	(98)
一、变压器反馈式振荡器	(98)
二、三点式 LC 振荡器	(99)
第三节 RC 振荡器	(102)
一、串并联 RC 电路的选频特性	(102)
二、RC 桥式振荡器	(104)
第四节 振荡器的频率稳定	(105)
一、振荡器的频率稳定度	(105)
二、影响频率稳定的因素	(105)
三、提高频率稳定度的方法	(106)
第五节 石英晶体振荡器	(106)
一、石英晶体的特性及等效电路	(106)
二、石英晶体振荡器	(107)
本章小结	(108)
习题六	(108)
第七章 直流稳压电源	(110)
第一节 整流电路	(110)
一、单相半波整流电路	(110)
二、单相全波整流电路	(112)
三、单相桥式整流电路	(114)
四、单相倍压整流电路	(115)
第二节 滤波电路	(117)
一、电容滤波器	(118)
二、电感滤波器	(120)

三、复式滤波器	(121)
第三节 硅稳压管稳压电路	(123)
一、硅稳压管	(123)
二、硅稳压管稳压电路	(124)
三、电路设计	(124)
第四节 串联型稳压电源	(126)
一、晶体管串联型固定式稳压电源	(126)
二、晶体管串联型可调式稳压电源	(127)
三、提高稳压电源性能的措施	(128)
第五节 集成稳压器	(134)
一、W1-1202 型稳压器组件	(134)
二、三端式固定输出集成稳压器	(134)
三、三端式可调集成稳压器	(137)
本章小结	(138)
习题七	(138)
第八章 调制、解调与变频	(140)
第一节 调制与解调的基本概念	(140)
一、载波的调制与解调	(140)
二、无线电广播的基本原理	(141)
三、无线电广播的接收原理	(141)
第二节 检波	(142)
一、检波方式	(142)
二、检波器的工作原理	(143)
三、典型电路应用	(143)
第三节 变频电路	(144)
一、变频电路的作用和要求	(144)
二、变频原理	(145)
三、本机振荡	(145)
四、混频	(146)
五、典型电路分析	(146)
六、超外差收音机	(147)
第四节 鉴频器	(148)
一、频偏	(148)
二、对鉴频器的基本要求	(149)
三、鉴频电路	(150)
本章小结	(152)
习题八	(153)
实验	(154)
实验一 晶体管单级共发分压式放大电路的调测	(154)
实验二 负反馈对放大器性能的影响	(155)

实验三	差动放大电路的测试	(156)
实验四	乙类推挽功率放大电路的交越失真	(158)
实验五	OTL 功率放大电路	(159)
实验六	LC 正弦波振荡电路	(160)
实验七	串联型直流稳压电源	(161)
附录		(163)
附录 A	国产半导体器件型号命名方法及示例	(163)
附录 B	常用半导体器件参数选录	(165)
附录 C	国产集成运算放大器型号组成及主要参数	(169)

第一章 半导体和半导体管

半导体器件是组成半导体电路的核心元件。它具有体积小、重量轻、寿命长等优点,在电子技术中得到了广泛的应用。半导体器件的特性和参数关系着电路的性能,学习模拟电路必须先了解半导体器件的工作原理,掌握其特性和参数。本章只讨论二极管和三极管。

第一节 半导体基础知识

一、导体、绝缘体和半导体

物质按其性能可分为三类。导电性能良好的物质称为导体,例如金、银、铜、铝、铁等。几乎不导电的物质称为绝缘体,例如陶瓷、橡胶、塑料、玻璃等。导电性能介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体。制作半导体器件的常用材料有半导体硅和锗。

半导体中存在着两种导电的粒子,叫做载流子,一种是带负电荷的自由电子,另一种是带正电荷的空穴。载流子在外电场的作用下可作定向移动形成电流。半导体材料得到广泛的应用,是因为它的导电能力具有独特的性质:其一是,纯净的半导体受热或受光照时,其导电率会显著增加。其二是,在纯净半导体材料中掺入微量的“杂质”元素,其导电率会成千上万倍地增长。

二、半导体材料分类

1. 纯净半导体

纯净半导体又称为本征半导体,这种半导体只含有一种原子,并且原子按一定规律整齐排列。例如:单晶硅和单晶锗等都是纯净半导体。它们在常温下,载流子数量少,导电率低,导电性能差。随着纯净半导体所处环境温度上升,载流子的浓度按指数规律增加。由此可见,温度对纯净半导体材料导电性能影响很大。

2. 杂质半导体

为了控制半导体的导电性能,在纯净半导体中掺入微量有用的杂质元素所形成的半导体,称为杂质半导体。利用杂质半导体可制成半导体器件。根据掺入杂质元素的不同,杂质半导体可分为两类。

(1)N 型半导体:

在纯净的单晶硅或单晶锗中掺入微量的五价磷元素所得到的杂质半导体称为 N 型半导体,如图 1-1(a)所示。在 N 型半导体中,自由电子是多数载流子,空穴是少数载流子,因此又称其为电子型半导体。

(2)P 型半导体:

在纯净的单晶硅或单晶锗中掺入微量的三价硼元素所得到的杂质半导体称为 P 型半导体。在 P 型半导体中,空穴是多数载流子,自由电子是少数载流子,因此又称其为空穴型半导体。

N 型半导体和 P 型半导体中的多数载流子的浓度主要取决于掺入杂质元素的多少,少数载流子的浓度取决于温度的影响。

三、PN 结及其单向导电性

1. PN 结的形成

应用半导体制造工艺把一块半导体加工成一半 N 型半导体一半 P 型半导体时,二者的界面两边产生很大的载流子浓度差。因为 P 型区内空穴载流子浓度高,N 型区内自由电子浓度高,所以界面处载流子由浓度高处向浓度低处扩散,结果在 P 型半导体和 N 型半导体交界面上形成一个特殊的薄层,即 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“耗尽层”,如图 1-1 所示。

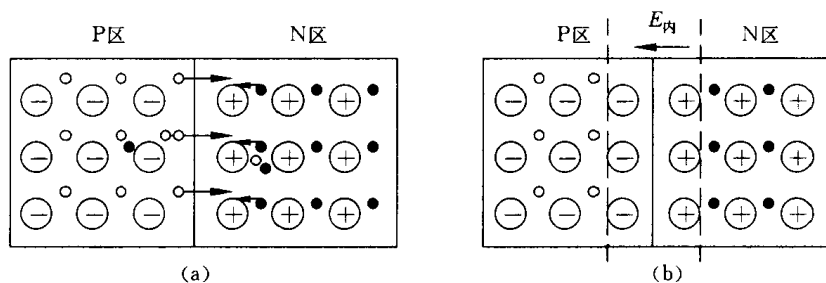


图 1-1 PN 结的形成

2. PN 结的单向导电性

(1)外加正向电压 PN 结导通:

在 PN 结两端加正向电压,即 P 区接电源正极,N 区接电源负极,如图 1-2(a)所示。在外加正向电压的作用下 PN 结变窄,有利于扩散运动的进行。多数载流子在外加电压作用下将越过 PN 结形成较强的正向电流,这时的 PN 结处于导通状态。

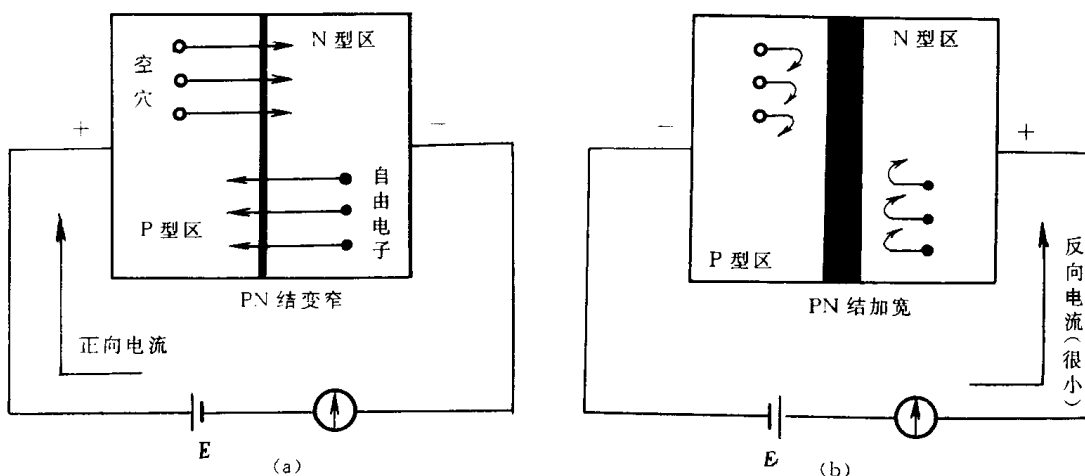


图 1-2 PN 结的单向导电特性

(2)外加反向电压 PN 结截止：

在 PN 结两端加反向电压，即 P 区接电源负极，N 区接电源正极，如图 1-2(b)所示。在外加反向电压的作用下 PN 结变宽，阻碍多数载流子的扩散运动。少数载流子在外加电压作用下形成微弱电流，由于电流很小，可忽略不计，所以 PN 结处于截止状态。

应当指出，少数载流子是由于热激发产生的，所以 PN 结的反向电流与温度有关，必须注意较大的温度变化会对半导体器件有影响。

综上所述，PN 结具有正向导通（呈低电阻）、反向截止（呈高电阻）的导电特性，这叫做 PN 结的单向导电性，其导电方向是由 P 区到 N 区。

第二节 半导体二极管

一、半导体二极管的结构

半导体二极管一般由一个 PN 结和两条引出线组成，将其封装在一个密封的壳体中。二极管构成如图 1-3(a)所示，P 区引出线为二极管正极，N 区的引出线为二极管负极。二极管在电路中的符号如图 1-3(b)所示，图中箭头方向为二极管单向导电时的电流方向。在现行国际标准中，二极管用 VD 表示。二极管的外形如图 1-3(c)所示。一般在二极管的外壳上标有图形符号，有的用标有黑环或色点的一端来表示二极管的负极，对于符号不明的二极管可用万用表欧姆挡来判断。

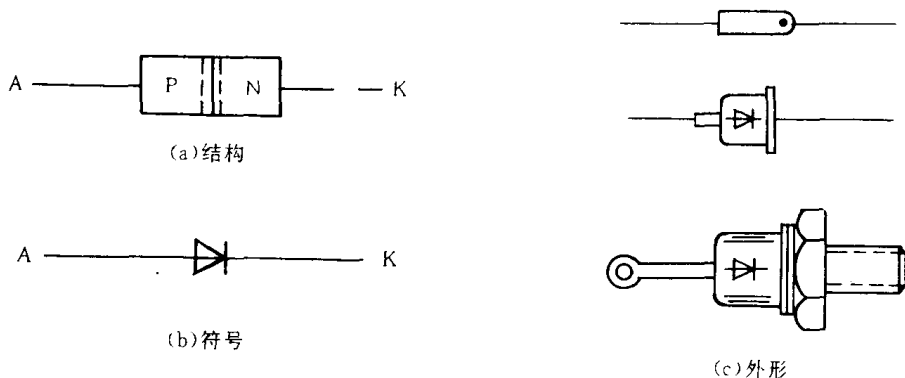


图 1-3 二极管构造示意图、电路符号和外形图

二、二极管的伏安特性

通过二极管中的电流与其两端外加电压的变化规律，可应用如图 1-4 所示的测试电路测试。根据测出的电压及与之对应的电流数值描绘出电流随电压变化的曲线，称为二极管的伏安特性曲线。

二极管的型号很多，参数不尽相同，但它们的伏安特性曲线的形状大致相似。二极管的伏安特性曲线如图 1-5 所示。