



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
(五年制) 高等职业教育电子信息类教学用书

21世纪高职高专系列规划教材

电子技术

主 编 廖 芳 冯 钟



北京师范大学出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
21世纪高职高专系列规划教材

电子技术

主 编 廖 芳 冯 钟



北京师范大学出版社

内容简介

本书以介绍的基础理论知识够用为度,注重对学生拓展能力、操作能力的培养。书中主要阐述了模拟电路、数字电路的基本工作原理和基本分析方法,以及相关电路的实验、实训操作内容。每章前有学习要点,每章后有小结、习题,书末附有各章的习题答案。

本书的主要内容包括:常用晶体管、基本放大电路、集成运算放大电路、振荡电路、功率放大电路、直流稳压电源、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数/模与模/数转换、电子技术基础实验等内容。

本书可作为高职高专电子、电信、计算机、电气、自动化等专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/廖芳,冯钟编著. —北京:北京师范大学出版社, 2005.12
(21世纪高职高专系列规划教材)
ISBN 7-303-07813-4

I. 电… II. ①廖…②冯… III. 电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 142148 号

北京师范大学出版社出版发行
(北京新街口外大街 19 号 邮政编码: 100875)

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

出版人: 赖德胜

北京东方圣雅印刷有限公司印刷 全国新华书店经销
开本: 185 mm × 260 mm 印张: 14.25 字数: 300 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1~3 000 定价: 19.00 元

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业学校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理等四个专业领域为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等职业、高等职业文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入地研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。其特点如下:

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。教育部等六部委联合发文确定紧缺型人才培养战略,并明确提出了高等职业教育将从3年制逐渐向2年制过渡。过渡时期具有新的教学要求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以2年制为基础,兼顾3年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知识,内容体系更趋合理。

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教

材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3.教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4.教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5.反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教育出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材是针对2/3年制编写的,同时也向教育部申报了“2004—2007年职业教育教材开发编写规划”,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司5年制高职推荐教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机等其他专业,以及工商管理、财会等方面教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业与成人教育事业部全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组
北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院

山东劳动职业技术学院

济宁职业技术学院

辽宁省交通高等专科学校

浙江机电职业技术学院

杭州职业技术学院

西安科技大学电子信息学院

西安科技大学机械学院

天津渤海职业技术学院

天津渤海集团公司教育中心

连云港职业技术学院

景德镇高等专科学校

徐州工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

江西信息应用职业技术学院

浙江商业职业技术学院

内蒙古电子信息职业技术学院

济源职业技术学院

河南科技学院

苏州经贸职业技术学院

浙江工商职业技术学院

温州大学

四川工商职业技术学院

常州轻工职业技术学院

河北工业职业技术学院

太原理工大学轻纺学院

浙江交通职业技术学院

保定职业技术学院

绵阳职业技术学院

北岳职业技术学院

天津职业大学

北京轻工职工职业技术学院

石家庄信息工程职业学院

襄樊职业技术学院

九江职业技术学院

青岛远洋船员学院

无锡科技职业学院

广东白云职业技术学院

三峡大学职业技术学院

西安欧亚学院实验中心

天津机电职业技术学院

漯河职业技术学院

济南市高级技工学校

沈阳职业技术学院

江西新余高等专科学校

赣南师范学院

前 言

本书在编写过程中,以注重实用、保持先进、强化应用、利于知识拓展为宗旨,精炼教材内容,强调理论与实践的结合,重视基础知识与实际案例、实践技能的沟通,突出高职高专教学的特色。

教材编写的主要特色如下:

- (1)常用晶体管以介绍其基本结构、类型特点、工作特性及应用场合为主。
- (2)对于模拟电路中分立元件电路部分,主要介绍了放大电路的3种基本连接方式,并通过对典型电路——共发射极电路、射极输出器电路的静态和动态分析,阐述了放大电路的基本分析方法——图解法和微变等效电路法。
- (3)模拟电路中具体电路的应用及实例,均以集成电路为主线进行论述,如负反馈的类型判别、振荡电路的组成及特性分析、集成运放的线性应用和非线性应用、集成稳压电路等,突出了当前电子技术的应用方向。
- (4)数字电路部分,以介绍中、小规模数字集成电路为主,适当介绍大规模集成电路。在内容编排上,压缩了集成电路的内部工作原理的分析,强化了集成电路的逻辑特性、工作特点及具体应用等方面的介绍。
- (5)本书列选了10个电子技术基础方面的实验、实训内容,其中包括:常用电子仪器的使用、晶体管的检测、单管放大电路的安装与调试、集成运算放大器的线性应用、集成运算放大器的非线性应用、集成稳压电源、常用逻辑门电路的测试、组合逻辑电路的简单设计、计数译码和显示电路、555时基电路及其应用等内容,目的在于培养学生对常规电子仪器、仪表的使用能力、将电子理论转换为实际电路的动手能力以及应用理论解决实际问题的能力。

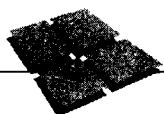
本书由江西信息应用职业技术学院廖芳老师、浙江商业职业技术学院冯钟老师担任主编,内蒙古电子信息职业技术学院杨打生老师担任副主编,贾洪波、唐战勇参与教材的编写。其中,杨打生完成第5、6章以及实验1、3、4、5、6的编写,冯钟完成第7、8、9章以及实验9、10的编写,唐战勇完成第10章的编写,廖芳、贾洪波完成第1、2、3、4章、实验概述、实验2、7、8以及教材的内容简介、前言的编写,廖芳承担全书的修改、统稿及审稿工作。在教材编写过程中,得到了廖明、何其贵、张晓文、熊增举等人员的关心和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平和经验有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2005年8月

目 录

第 1 章 常用晶体管	1	2.2.3 共发射极电路的动态分析 ...	26
1.1 半导体的基本知识	1	2.3 放大器的三种基本连接方法	
1.1.1 半导体的特点	1		33
1.1.2 半导体的类型及导电方式	1	2.3.1 共发射极电路	33
1.2 晶体二极管	3	2.3.2 共基极电路	34
1.2.1 PN 结	3	2.3.3 共集电极电路	34
1.2.2 晶体二极管及其特性曲线	4	2.3.4 放大器 3 种基本电路的性能比较	
1.2.3 其他常用的二极管类型	6		34
1.3 晶体三极管	7	2.4 射极输出器	35
1.3.1 晶体三极管的基本结构与分类		2.4.1 静态分析	35
.....	7	2.4.2 动态分析	35
1.3.2 晶体三极管的电流分配关系		2.4.3 射极输出器的特点和应用	37
.....	9	2.5 多级放大电路	38
1.3.3 晶体三极管的特性曲线	9	2.5.1 多级放大电路的耦合方式	38
1.3.4 晶体三极管的主要参数	11	2.5.2 多级放大电路的基本分析	39
1.4 场效应管	12	本章小结	40
1.4.1 结型场效应管	13	习题与思考题	42
1.4.2 绝缘栅场效应管	14	第 3 章 集成运算放大电路	46
1.4.3 单极极管与双极极管的比较		3.1 集成电路简介	46
.....	16	3.2 集成运算放大器简介	46
本章小结	18	3.2.1 集成运算放大器的组成	46
习题与思考题	19	3.2.2 运算放大器的主要参数和工作特点	47
第 2 章 基本放大电路	21	3.3 负反馈放大电路	50
2.1 放大电路的基本知识	21	3.3.1 负反馈电路的组成及分类	50
2.1.1 放大的概念	21	3.3.2 负反馈的基本组态及判别方法	51
2.1.2 放大电路的主要性能指标	21		51
2.2 共发射极放大电路	23	3.3.3 负反馈对放大器性能的影响	51
2.2.1 共发射极放大电路的组成	23		55
2.2.2 共发射极电路的静态分析	24		



3.4 集成运放的线性应用	57	第6章 直流稳压电源	104
3.4.1 反相比例运算电路	58	6.1 整流电路	105
3.4.2 同相比例运算电路	58	6.1.1 单相半波整流电路	105
3.4.3 加减运算电路	59	6.1.2 单相桥式全波整流电路	106
3.4.4 积分和微分电路	62	6.2 滤波电路	108
3.4.5 有源滤波器	63	6.2.1 电容滤波电路	108
3.5 集成运放的非线性应用	64	6.2.2 电感滤波电路	108
3.5.1 电压比较器及其传输特性	64	6.2.3 复合滤波电路	109
3.5.2 滞回电压比较器	66	6.3 直流稳压电路	110
本章小结	68	6.3.1 二极管稳压电路	110
习题与思考题	69	6.3.2 串联调整型稳压电路	111
第4章 振荡电路	74	6.3.3 集成稳压器	112
4.1 振荡电路的组成特点及工作原理	74	6.3.4 开关型稳压电路	115
4.1.1 振荡电路的组成特点	74	本章小结	117
4.1.2 振荡电路的基本工作原理	75	习题与思考题	118
4.2 正弦波振荡电路	76	第7章 数字电路基础	120
4.2.1 LC振荡电路	76	7.1 数字电路概述	120
4.2.2 RC振荡电路	81	7.1.1 数字信号的特点	120
4.3 石英晶体振荡电路	86	7.1.2 数制与码制	121
4.3.1 石英晶体的基本特性和等效电路	86	7.2 逻辑门电路	123
4.3.2 石英晶体振荡电路	87	7.2.1 逻辑的基本概念和基本逻辑门电路	123
本章小结	89	7.2.2 集成与非门电路	126
习题与思考题	90	7.2.3 集成门电路的其他类型	127
第5章 功率放大电路	93	7.2.4 集成逻辑门使用注意事项	129
5.1 功率放大器的类型及其特点	93	7.3 逻辑代数基础及逻辑函数化简	129
5.2 互补对称功率放大电路	94	7.3.1 逻辑函数的表示方法	129
5.2.1 OCL互补对称功率放大电路	94	7.3.2 逻辑运算的基本法则和定律	130
5.2.2 OTL互补对称功率放大电路	97	7.3.3 逻辑函数的化简	131
5.3 实用互补对称功率放大电路举例	98	本章小结	135
本章小结	102	习题与思考题	135
习题与思考题	102	第8章 组合逻辑电路	137
		8.1 组合逻辑电路的分析	137
		8.2 组合逻辑电路的设计	139

8.3 常用的组合逻辑电路	140	10.1.1 倒T形电阻网络 D/A 转换器	173
8.3.1 编码器	140	10.1.2 D/A 转换器的主要技术参数	174
8.3.2 译码器	142	10.2 模/数转换器	175
8.3.3 数据选择器和数据分配器	145	10.2.1 A/D 转换的一般步骤	175
8.3.4 数值比较器	147	10.2.2 逐次逼近型 A/D 转换器	177
8.3.5 加法器	147	10.2.3 主要技术参数	177
本章小结	149	本章小结	178
习题与思考题	150	习题与思考题	178
第9章 时序逻辑电路	152	第11章 电子技术基础实验	179
9.1 时序逻辑电路的基本单元——触发器	152	概述	179
9.1.1 基本 RS 触发器	152	实验一 常用电子仪器的使用	180
9.1.2 同步 RS 触发器和 D 触发器	154	实验二 晶体管的检测	185
9.1.3 同步 JK 触发器	156	实验三 单管放大器工作点的安装与调试	187
9.1.4 触发器功能的转换	158	实验四 集成运算放大器的线性应用电路	189
9.2 时序逻辑电路的分析方法	159	实验五 集成运算放大器的非线性应用	191
9.2.1 同步时序逻辑电路的分析	160	实验六 集成稳压电源	194
9.2.2 异步时序逻辑电路的分析	161	实验七 常用逻辑门电路的测试	196
9.3 计数器	163	实验八 组合逻辑电路的简单设计	199
9.3.1 异步计数器	163	实验九 计数、译码和显示电路	200
9.3.2 同步计数器	165	实验十 555 时基电路及其应用	202
9.3.3 集成计数器	166	部分习题与思考题参考答案	206
9.4 寄存器	168	附录 常用符号说明	213
9.4.1 数码寄存器	168	参考文献	215
9.4.2 移位寄存器	169		
本章小结	170		
习题与思考题	171		
第10章 数/模与模/数转换	173		
10.1 数/模转换器	173		

第1章 常用晶体管

本章要点

1. 半导体的特点、类型及导电方式。
2. 晶体二极管的结构、特点及伏安特性,常用二极管介绍。
3. 晶体三极管的放大特性、伏安特性及主要参数。
4. 场效应管的基本类型和特点。
5. 晶体三极管和场效应管性能的比较。

1.1 半导体的基本知识

晶体管是由半导体材料制成的,所以有时也将晶体管称为半导体管。

什么是半导体?导电能力介于导体和绝缘体之间的这一类物质称为半导体。常用的半导体材料有:硅、锗、硒、砷化镓以及一些硫化物、氧化物等。

1.1.1 半导体的特点

半导体主要有以下3大特点:

(1)热敏性。温度升高,半导体的导电能力大大增加,即半导体具有负的温度系数。

(2)光敏性。光照加强,半导体的导电能力大大增加。

(3)掺杂性。在纯净的半导体中,掺入微量的杂质,半导体的导电能力成百万倍的增加。

人们往往利用半导体的热敏性制成热敏元件,利用半导体的光敏性制成光敏元件,光敏元件和热敏元件常用于自动控制电路中,利用半导体的掺杂性制造出各种不同性质、用途的半导体器件。

1.1.2 半导体的类型及导电方式

1. 本征半导体

纯净的、不含杂质的半导体称为本征半导体。从原子结构来看,本征半导体的最外层有4个价电子,因此称其为4价元素。本征半导体为了获得最稳定的结构状态,通常其原子结构排列成整齐的晶体结构,如图1-1所示。因此由半导体制成的半导体管也称为晶体管。

本征半导体受热或光的激发会产生自由电子-空穴对,这种现象称为“本征激

发”，其中自由电子带负电，空穴带正电。由于自由电子和空穴都是运载电荷（电流）的带电粒子，因此称它们为载流子。

在外加电场作用下，本征半导体内的自由电子、空穴定向运动，形成半导体内的电流，即本征半导体的电流由电子电流和空穴电流两部分组成，如图 1-2 所示。

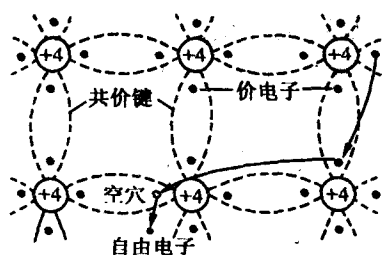


图 1-1 本征半导体的晶体结构

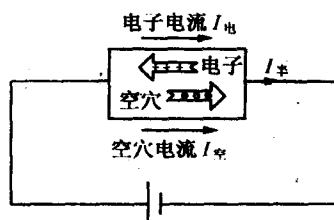


图 1-2 半导体中的电流

$$I_{\text{半}} = I_{\text{电}} + I_{\text{空}}$$

由于本征半导体中，自由电子和空穴是本征激发产生的自由电子-空穴对，因而自由电子和空穴的数目相等，由此产生的电子电流和空穴电流的大小也相等，即 $I_{\text{电}} = I_{\text{空}}$ 。

2. 杂质半导体

在本征半导体中掺入微量的杂质就形成杂质半导体。杂质半导体分为 N 型半导体和 P 型半导体两种。

(1) N 型半导体

在本征半导体中掺入微量的 5 价元素就形成 N 型半导体。由于每掺入一个 5 价元素，就有可能提供一个自由电子，因而 N 型半导体中电子载流子的数目大大增加，电子成为多数载流子（简称“多子”），空穴是少数载流子（简称“少子”），该半导体以电子导电为主，因此称其为“电子型半导体”，即 N 型半导体。N 型半导体中的电流 I_N 满足下列关系：

$$I_N = I_{\text{电}} + I_{\text{空}}$$

且

$$I_{\text{电}} \gg I_{\text{空}}$$

(2) P 型半导体

在本征半导体中掺入微量的 3 价元素就形成 P 型半导体。由于每掺入一个 3 价元素，就提供一个空穴，因而 P 型半导体中空穴载流子的数目大大增加，空穴成为多子，电子是少子，该半导体以空穴导电为主，因此称其为“空穴型半导体”，即 P 型半导体。P 型半导体中的电流 I_P 满足下列关系：

$$I_P = I_{\text{电}} + I_{\text{空}}$$

且

$$I_{\text{电}} \ll I_{\text{空}}$$

综上所述，无论是本征半导体还是杂质半导体，其参与导电的载流子均包括带负电的电子和带正电的空穴，这就是半导体与导体在导电方式上的本质区别。导体只

有电子一种载流子参与导电。

单纯的半导体仅仅是导电能力好于绝缘物质,并没有多少实际的应用价值。通常将不同类型的半导体巧妙地结合,可以构成功能强大、应用广泛的半导体器件。

1.2 晶体二极管

1.2.1 PN结

1. PN结的形成

PN结是构成晶体管的核心部分。当P型半导体与N型半导体紧密地结合在一起时,由于P型半导体(P区)中空穴多、自由电子少,N型半导体(N区)中自由电子多、空穴少,因而在P区和N区的交界面上,出现载流子的浓度差,导致载流子从浓度高的地方向浓度低的地方扩散,即P区中的空穴向N区扩散,N区中的电子向P区扩散,如图1-3(a)所示。由于多数载流子的扩散,P区失去带正电的空穴形成负离子区,N区失去带负电的电子形成正离子区,由P区、N区交界面上的正、负离子组成的空间电荷区称为PN结,如图1-3(b)所示。

空间电荷区产生由N区指向P区的电场称为内电场,它阻碍多数载流子的扩散,所以又称其为阻挡层,但它有利于少数载流子穿过PN结。为区别起见,将多数载流子的定向运动称为扩散运动,将少数载流子的定向运动称为漂移运动。

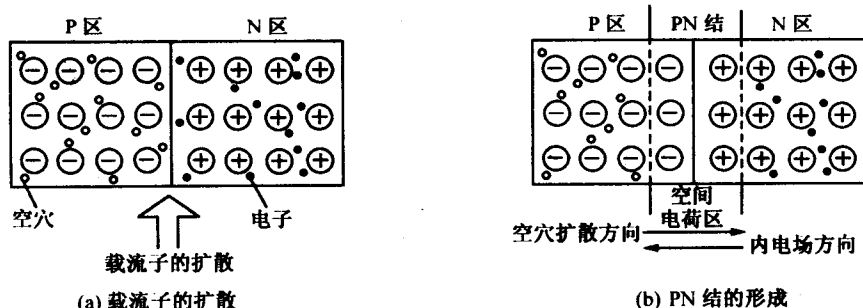


图1-3 PN结的形成

扩散运动使PN结变宽,内电场 $E_{内}$ 加强;漂移运动使PN结变窄,内电场 $E_{内}$ 削弱。当扩散和漂移运动平衡时,PN结不再变化,处于相对稳定状态。

2. PN结的单向导电性

当PN结外加不同极性的电压时,PN结出现不同的导电状态。

(1) PN结正向偏置时

外加电源的正极接P区、负极接N区的连接方式称为PN结正向连接(PN结正向偏置),如图1-4(a)所示。这时外电源产生的外电场 $E_{外}$ 与PN结的内电场 $E_{内}$ 方向相反,即外电场 $E_{外}$ 削弱了内电场 $E_{内}$,PN结变窄,多数载流子的扩散增强,形成

一个较大的扩散电流(正向电流),电流方向由 P 区指向 N 区。这时 PN 结呈现的电阻(称为正向电阻)很小,PN 结处于正向导通状态。

(2)PN 结反向偏置时

外加电源的正极接 N 区、负极接 P 区的连接方式称为 PN 结反向连接(PN 结反向偏置),如图 1-4(b)所示。这时外电场 $E_{\text{外}}$ 与 PN 结的内电场 $E_{\text{内}}$ 方向相同,即外电场 $E_{\text{外}}$ 加强了内电场 $E_{\text{内}}$,PN 结变宽,于是阻碍了多数载流子的扩散,增强了少数载流子的漂移,从而形成一个微小的漂移电流(反向电流),电流方向由 N 区指向 P 区。这时 PN 结呈现的电阻(称为反向电阻)很大,PN 结处于反向截止(不导通)状态。

由于形成反向电流的少数载流子是热激发产生的,所以当温度变化时,PN 结的反向电流也随之变化。

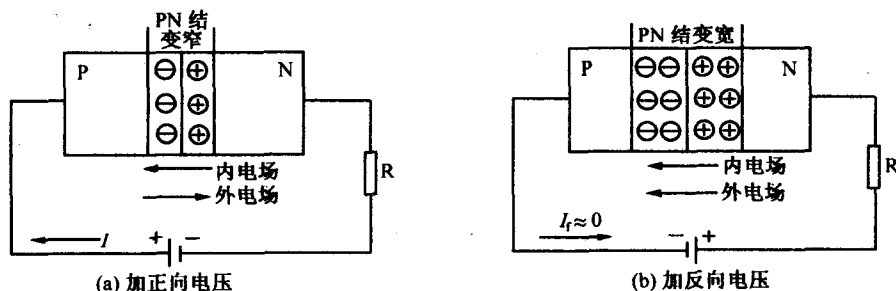


图 1-4 PN 结的单向导电性

可见,PN 结正向偏置(正偏)时导通,正向电流很大,正向电阻很小;PN 结反向偏置(反偏)时截止(不导通),反向电流很小,反向电阻很大;这就是 PN 结的单向导电性。

1.2.2 晶体二极管及其特性曲线

晶体二极管(简称二极管)由一个 PN 结加上相应的电极引线和外壳构成。二极管的外形及电路符号如图 1-5 所示,用字母“D”表示。

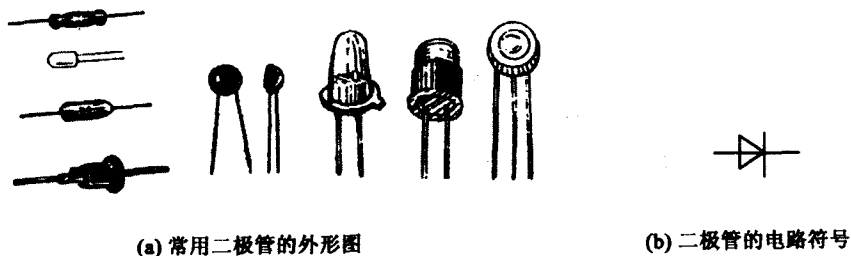


图 1-5 二极管的外形及电路符号

由于二极管的管芯是一个 PN 结,因此它具有单向导电性。

二极管的类型很多,可根据不同情况分类:根据制造二极管的材料分,可分为硅二极管、锗二极管等;根据二极管的结构分,可分为点接触型二极管、面接触型二极管

等;根据用途可分为:稳压二极管、整流二极管、检波二极管、开关二极管等。

1. 二极管的伏安特性

二极管两端的电压与流过二极管的电流之间的关系称为二极管的伏安特性,如图 1-6 所示。

二极管的伏安特性分 3 个部分。

(1) 正向特性

当加在二极管上的正向电压比较低时(OA段),因外电场还不足以克服内电场对多子扩散运动的阻挡作用,故正向电流很小,几乎等于零,这一段称为“死区”,A 点的电压 U_T 称为死区电压(又称门槛电压)。死区电压 U_T 的大小为

$$U_T \approx \begin{cases} 0.5\text{V(硅管)} \\ 0.2\text{V(锗管)} \end{cases}$$

当正向电压超过死区电压后,随着电压的升高,正向电流迅速增大,这时称二极管导通。二极管的导通电压 U_0 为

$$U_0 \approx \begin{cases} 0.7\text{V(硅管)} \\ 0.3\text{V(锗管)} \end{cases}$$

(2) 反向特性

二极管加反向电压时,少数载流子漂移形成一个很小的反向电流。由于少数载流子的数目有限,所以在一定的反向电压下,就能使少子全部通过 PN 结形成一个很小的反向电流,即使再增加反向电压,反向电流也基本不变,因而反向电流又称为“反向饱和电流”。

反向电流形成后,不随反向电压的变化而变化,但是它随温度的升高而迅速增长。一般锗管的反向饱和电流比硅管大得多,因此硅管的温度稳定性高于锗管。

根据二极管的正向特性和反向特性得出:二极管具有单向导电性,它是一个非线性元件。

(3) 反向击穿特性

当二极管的反向电压增加到一定数值时,半导体中的价电子被强行拉出来参与导电,导致反向电流急剧增大,这种现象称为二极管的“反向击穿”,此时的反向电压 U_{BR} 称为反向击穿电压,如图 1-6 所示。

普通二极管反向击穿后,失去了单向导电性,并且会因击穿时电流过大而烧坏二极管。因而二极管工作时的反向电压应小于反向击穿电压。

2. 二极管的主要参数

二极管的参数是用于描述二极管性能和安全运行范围的指标,可以作为选择和使用二极管的依据。二极管的主要参数包括:

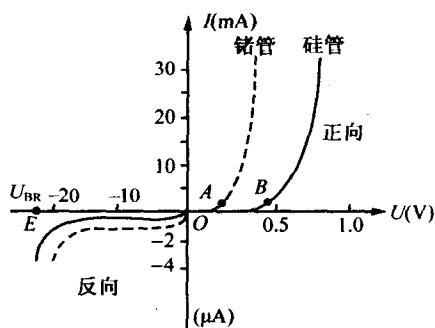


图 1-6 二极管的伏安特性

(1)最大正向电流

指二极管长时间工作时,所允许流过二极管的最大正向电流。二极管工作时,其正向工作电流不得超过此值,否则会使二极管内的 PN 结过热烧坏。

(2)最大反向电压

指二极管在使用时所允许加在其两端的最大反向电压。一般最大反向电压为反向击穿电压的一半或三分之二。

(3)最大反向饱和电流

指二极管未被击穿时的反向电流值。此电流越小越好。反向电流受温度的影响很大,使用时应注意。

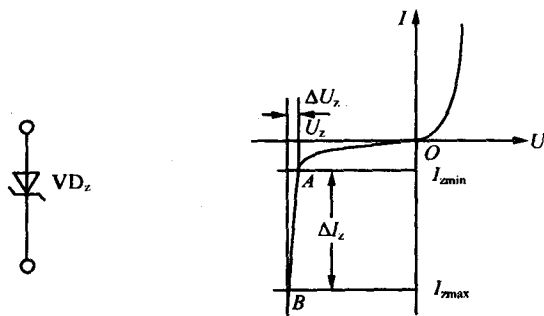
此外,二极管还有最高工作频率、最高使用温度和结电容等参数。

1.2.3 其他常用的二极管类型

除前述普通二极管外,二极管还有一些常用的类型,如稳压二极管、发光二极管、光电二极管和变容二极管等。

1. 稳压二极管

稳压二极管简称稳压管,是一种工作在反向击穿区、具有稳定电压作用的双二极管。稳压二极管的电路符号和伏安特性曲线如图 1-7 所示。



(a) 稳压管的电路符号

(b) 稳压管的伏安特性曲线

图 1-7 稳压二极管的电路符号和伏安特性曲线

如图 1-7 所示,当稳压管进入反向击穿区后,电流变化 ΔI_Z 很大,而电压变化 ΔU_Z 很小,趋于稳定的输出电压状态,即具有稳压作用。只要电流不超过 $\Delta I_{Zmin} \sim \Delta I_{Zmax}$ 的变化范围,稳压管就具有稳压作用,也不会发生热击穿而损坏。

2. 发光二极管(Light Emitting Diode)

发光二极管(简称 LED)是一种将电能转换成光能的特殊二极管,是一种新型的冷光源,常用于电子设备的电平指示、模拟显示等场合。它常采用砷化镓、磷化镓等半导体化合物制成。发光二极管的发光颜色主要取决于所用半导体的材料,可以发出红、橙、黄、绿等 4 种可见光。发光二极管的外壳是透明的,外壳的颜色表示了它的发光颜色。发光二极管的电路符号如图 1-8 所示。

发光二极管工作在正向区域。其正向导通(开启)工作电压高于普通二极管。外

加正向电压越大,LED 发光越亮,但使用中应注意,外加正向电压不能使发光二极管超过其最大工作电流,以免烧坏管子。



图 1-8 发光二极管



图 1-9 光电二极管

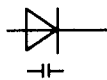


图 1-10 变容二极管

3. 光电二极管

光电二极管又称为光敏二极管,它是一种将光能转换为电能的特殊二极管,其管壳上有一个嵌着玻璃的窗口,以便于接受光线。光电二极管的电路符号如图 1-9 所示。

光电二极管工作在反向工作区。无光照时,光电二极管与普通二极管一样,反向电流很小(一般小于 $0.1\mu\text{A}$),光电管的反向电阻很大(几十兆欧以上);有光照时,反向电流明显增加,反向电阻明显下降(几千欧到几十千欧)。即反向电流(称为光电流)与光照成正比。

光电二极管可用于光的测量,可当做一种能源(光电池)使用。光电二极管作为传感器件可广泛应用于光电控制系统中。

4. 变容二极管

当二极管外加电压时,其两端存在着电容效应,通常用结电容表示。

变容二极管是一种结电容随反向电压变化而显著变化的二极管。变容二极管工作在反向工作区,当反向电压增加时,变容二极管的结电容明显减小,即其结电容与反向电压的大小成反比。在电路中,变容二极管是作为可变电容来使用的。变容二极管的符号如图 1-10 所示。

不同型号的变容二极管,其结电容的变化范围不同,一般呈现的电容量的最大值在几十到几百皮法之间,最大电容与最小电容之比约为 5:1。变容二极管主要用在高频电路中,作自动调谐、调频或调相用。

1.3 晶体三极管

晶体三极管简称三极管或晶体管。它具有放大、电子开关和控制作用,是电子电路与电子设备中广泛使用的基本元件。晶体三极管中有两种极性的载流子(电子、空穴)参与导电,故晶体三极管又称为双极性三极管。

1.3.1 晶体三极管的基本结构与分类

1. 三极管的基本结构

三极管由两个 PN 结、三根电极引线以及外壳封装构成。

组成三极管的半导体分三个区,即发射区、基区和集电区;从三个区分别引出三根电极引线称为发射极 e、基极 b 和集电极 c;两个 PN 结中,发射区和基区之间 PN