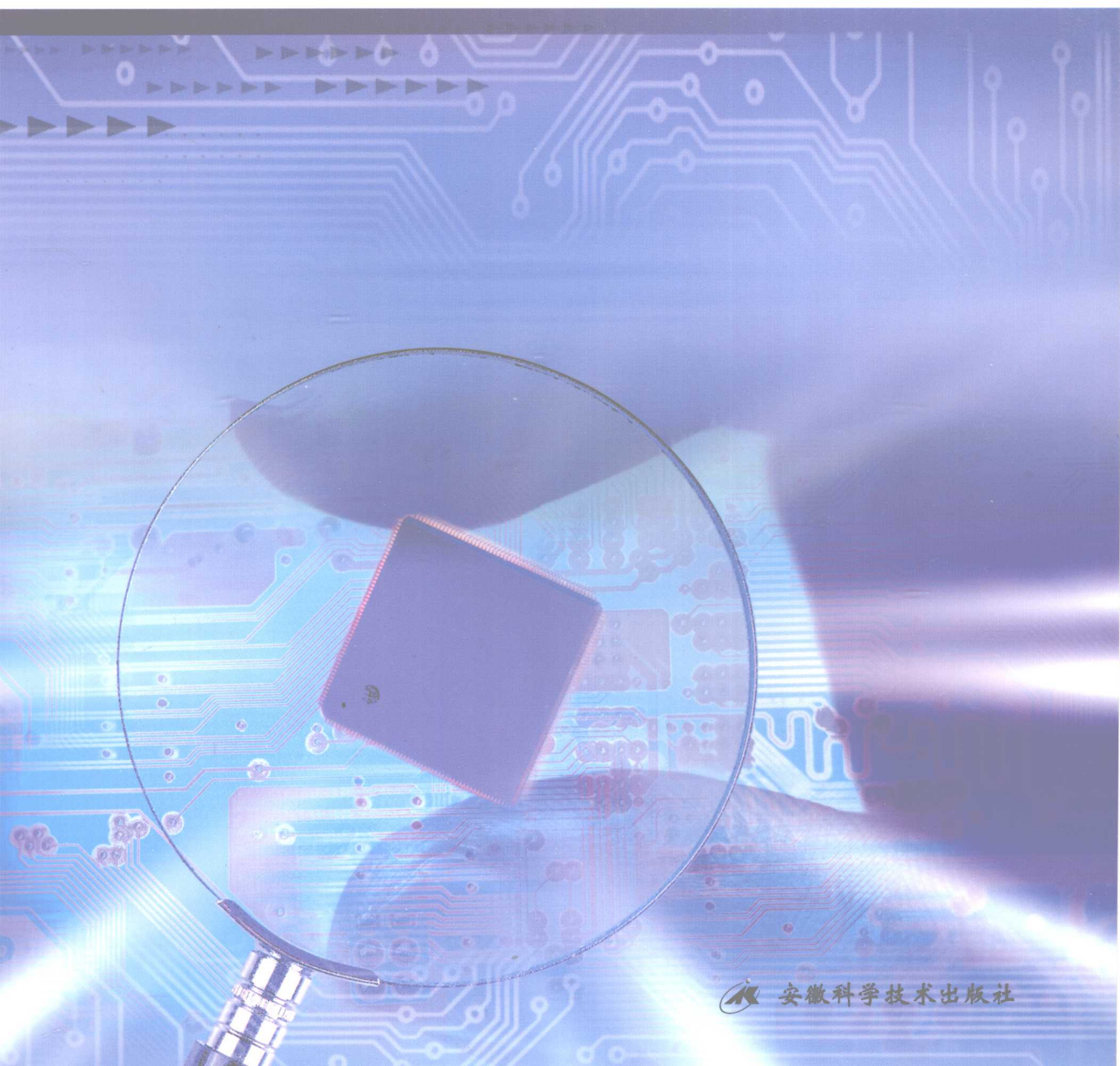


职业教育电工电子系列教材

电子技术

DIANZI JISHU

主编 / 游 平 张克东



 安徽科学技术出版社

职业教育电工电子系列教材

电子技术

主 编	游 平	张克东	
副主编	张 李		
编 者	游 平	张克东	马春雷
	冯忆红	李劲松	罗立新
	张 李	张婷婷	



安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/游平,张克东主编. —合肥:安徽科学技术出版社,2008.9

(职业教育电工电子系列教材)

ISBN 978-7-5337-4068-9

I. 电… II. ①游…②张… III. 电子技术-专业学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 138177 号

电子技术

游平 张克东 主编

出版人:朱智润

责任编辑:王菁虹 文字编辑:张枫

封面设计:王艳

出版发行:安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号
出版传媒广场,邮编:230071)

电话:(0551)3533330

网址:www.ahstp.net

E-mail:yougoubu@sina.com

经销:新华书店

排版:安徽事达科技贸易有限公司

印刷:合肥创新印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16

印张:12.25

字数:297 千

版次:2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

定价:21.80 元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

编 委 会

主 任(排名不分先后): 寿培聪 吴丁良 姚成秀

副主任(排名不分先后): 施正和 翟 敏 黄庭曙 包太平 姚志浩
郝登峰 任祖明 王礼义 李涤新 肖 山 王立升 陈爱娥
刘淑凤 刘树钢 开 俊 王亚平 石晓峰 丁士中 张 敏
王华君 唐久春 范铭祥 韩 云 王宏锦

委 员(排名不分先后): 徐 黎 刘纯根 李惠兰 江 涛 储立群
刘尚华 吴桂荣 邢良言 葛冬云 汪建安 徐万赋 姚卫宁
胡晓红 吴成群 张艺国 彭 建 刘 彦 陆伟生 张 李
魏 敏 吴晓东 李方显 朱晓华 张 强 周 斌 丁淑荃
汤 峰 陈洪金 顾 宏 周致远 陆思忠 朱振宇 窦祥国
潘 新 李国辉

前 言

本书在编写过程中着重考虑职业院校学生的基础知识现状、认知特点以及毕业生就业的岗位群,努力体现以全面素质教育为基础、以就业为导向、以职业能力为本位、以学生为主体的教学理念。在教学内容上,本着“必需、够用”的原则,不追求知识的系统性和完整性,着重在“基础”知识上下功夫,强调教学内容的实用性和实践性。努力培养学生较强的职业能力。

本教材编写的特点:

(1)与职业教育的培养目标相适应

职业教育定位在培养技能型、应用型人才和在生产、技术、服务、管理第一线的高素质劳动者。结合目前职业教育的发展情况,着重突出知识的应用,努力体现“必需、够用”的原则。教材内容上安排工农业生产、人们日常生活中所需的基础知识、基本技能。

(2)突出职业教育的技能培养的特点

本教材大量削减验证性实验,增设了 11 个技能训练项目,分散安排在相应章节之后,用技能训练项目培养学生的动手动脑能力,突出职业教育实践性强的特点,着重介绍与实际应用关系密切的理论知识。

(3)图文并茂,增强可读性

根据职业院校学生的认知特点,教材中使用了大量直观易懂的图表,力求教材易教易学,增强可读性。

本课程分为两个学期进行教学,建议总学时 140 学时,各章学时(含实训学时)分配建议如下。

内 容	建议学时数	内 容	建议学时数
第一章	10	第七章	10
第二章	12	第八章	12
第三章	14	第九章	12
第四章	12	第十章	16
第五章	10	第十一章	14
第六章	8	机 动	10

本书由马春雷编写第一、第五章,冯忆红编写第二章,李劲松编写第六章,游平、罗立新编写第三、第四、第十一章,张克东编写第七、第八、第九章,张婷婷编写第十章。全书由游平统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在错误与不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 半导体器件	1
第一节 半导体基本知识	1
一、半导体及其特性	1
二、N 型半导体和 P 型半导体	1
三、PN 结	1
第二节 晶体二极管	2
一、晶体二极管的结构和符号	2
二、晶体二极管的特性	3
三、二极管的命名和主要参数	4
四、二极管的测试	5
第三节 晶体三极管	5
一、晶体三极管的基本结构、符号和分类	6
二、晶体三极管的放大作用	7
三、三极管的特性曲线	8
四、三极管的主要参数	9
五、三极管的简易测试	10
第四节 场效应管	11
一、结型场效应管	11
二、绝缘栅型场效应管	12
三、场效应管和三极管的比较	14
第五节 晶闸管	15
一、晶闸管的外形、结构和符号	15
二、晶闸管的工作特性	15
三、晶闸管的主要参数	16
本章小结	17
习题	18
训练一 测试二极管、三极管	19
第二章 放大电路	21
第一节 放大电路概述	21
一、放大电路的作用	21
二、放大电路的基本要求	21
三、放大电路的输入	22
四、放大电路的输出	22
第二节 放大电路的基本组态	22
一、共发射极放大电路	22

二、共发射极单管放大电路的工作原理	23
三、共集电极放大电路	26
四、射极输出器的应用	26
五、共基极放大电路	27
第三节 静态工作点的稳定	27
一、温度对静态工作点的影响	27
二、静态工作点选择与波形失真	27
三、稳定静态工作点的方法	28
第四节 多级阻容耦合放大电路	29
一、耦合方式	29
二、多级阻容耦合放大电路	30
第五节 功率放大电路	30
一、功率放大器要求	31
二、互补对称功率放大器(OCL 电路)	31
三、功率放大电路的分类	32
本章小结	32
习题	33
训练二 调整低频放大器的静态工作点	35
第三章 正弦波振荡器	37
第一节 反馈的基本概念	37
第二节 反馈的判断方法及反馈的四种基本类型	37
一、反馈的判断	37
二、反馈的四种基本类型	39
第三节 正弦波振荡器的基本知识	41
一、振荡电路的组成	41
二、自激振荡的建立和幅度稳定	42
三、正弦波振荡产生的条件	42
第四节 LC 振荡器	43
一、LC 并联网络的选频特性	43
二、变压器反馈式振荡电路	43
三、电感三点式振荡电路	45
四、电容三点式振荡电路	45
第五节 石英晶体振荡器	47
一、石英晶体谐振器	47
二、典型应用电路	47
本章小结	48
习题	48
训练三 LC 振荡器的安装与调试	50
第四章 运算放大器	52

第一节 差动放大电路	52
一、简单的差动放大电路	52
二、带射极公共电阻的差动放大电路	55
三、具有恒流源的差动放大电路	56
四、差动放大器的输入、输出方式	57
第二节 集成运算放大器的应用	59
一、理想运算放大器的特点	59
二、工作在线性区的集成运算放大器	59
三、工作在非线性区的集成运算放大器	60
四、理想运放的三种输入方式	61
第三节 基本运算电路	64
一、加法运算电路	64
二、减法运算电路	65
三、积分运算电路	65
四、微分运算电路	65
第四节 电压比较电路	66
一、简单电压比较器	66
二、迟滞比较器	68
本章小结	70
习题	71
训练四 集成运算放大器应用	72
第五章 直流稳压电源	75
第一节 整流电路	75
一、单相半波整流电路	75
二、单相桥式整流电路	76
第二节 滤波电路	77
一、电容滤波电路	77
二、电感滤波电路	77
三、多级滤波电路	78
第三节 串联型稳压电路	78
第四节 集成稳压器	79
一、三端集成稳压器的结构	79
二、三端集成稳压器的分类	79
三、三端集成稳压器的典型应用	79
第五节 开关型稳压电路简介	80
本章小结	80
习题	80
训练五 焊接与调试直流稳压电源	81
第六章 晶闸管电路	83

第一节 晶闸管单相可控整流电路	83
第二节 晶闸管交流调压电路	84
第三节 晶闸管触发电路	85
一、单向晶闸管触发电路	85
二、其他类型的触发电路	86
第四节 晶闸管的应用	87
一、音乐彩灯控制器	87
二、安全感应开关电路	88
本章小结	89
习题	89
训练六 焊接与调试晶闸管调光电路	89
第七章 数字逻辑基础	92
第一节 数制及编码	92
一、数制	92
二、不同进制数之间的相互转换（仅讨论整数转换）	94
三、编码及常用的二进制代码	95
第二节 逻辑代数及逻辑函数化简	96
一、逻辑函数及逻辑变量	96
二、三种基本的逻辑关系	97
三、几种常用的复合逻辑函数	98
四、逻辑代数的基本公式和基本定理	100
五、逻辑函数的代数化简法	101
第三节 逻辑函数几种表示方法之间的转换	102
一、逻辑函数几种常用的表示方法	102
二、几种表示方法间的转换	103
本章小结	105
习题	106
第八章 逻辑门电路	108
第一节 基本半导体器件的开关特性	108
一、二极管的开关特性	109
二、三极管的开关特性	110
三、MOS管的开关特性	111
第二节 分立元件门电路	112
一、二极管与门	112
二、二极管或门	113
三、三极管非门	114
四、与非门	115
五、或非门	116
第三节 集成门电路	117

一、TTL 门电路	117
二、CMOS 门电路	121
本章小结	122
习题	123
训练七 使用集成逻辑门电路	124
第九章 组合逻辑电路	128
第一节 组合逻辑电路基本知识	128
一、组合逻辑电路的分析	128
二、组合逻辑电路的设计	129
第二节 常用的组合逻辑电路	130
一、加法器	131
二、数值比较器	133
三、编码器	133
四、译码器	136
本章小结	142
习题	142
训练八 使用组合逻辑电路	144
第十章 触发器与时序逻辑电路	148
第一节 RS 触发器	148
一、基本 RS 触发器	148
二、同步 RS 触发器	150
三、主从 RS 触发器	151
第二节 JK 触发器、D 触发器和 T 触发器	152
一、JK 触发器	152
二、D 触发器	154
三、T 触发器	155
四、触发器功能转换	155
第三节 寄存器	155
一、数码寄存器	156
二、移位寄存器	157
第四节 计数器	158
一、二进制计数器	159
二、十进制计数器	161
本章小结	163
习题	163
训练九 使用集成触发器	164
训练十 使用集成计数器	166
第十一章 脉冲波形	167
第一节 脉冲与 RC 电路	167

一、脉冲定义及波形	167
二、矩形脉冲波	167
三、RC 微分电路和积分电路	168
第二节 多谐振荡器	171
一、用非门组成的环形振荡器	171
二、石英晶体多谐振荡器	172
第三节 单稳态触发器	173
一、与非门组成的单稳态触发器	173
二、单稳态触发器的应用	174
第四节 施密特触发器	175
一、用与非门组成的施密特触发器	175
二、集成施密特触发器简介	177
三、施密特触发器的应用	177
第五节 555 定时器	179
一、555 定时器结构及工作原理	179
二、555 定时器的应用	180
本章小结	182
习题	182
训练十一 使用 555 定时器	182
参考文献	185

第一章 半导体器件

20 世纪中期发展起新型的电子器件——半导体器件,晶体二极管、晶体三极管、场效应管和晶闸管是最基本、最常用的半导体器件。

第一节 半导体基本知识

一、半导体及其特性

在自然界中,人们按物质导电能力的不同,将其分为导体、绝缘体和半导体。导电能力介于导体和绝缘体之间的这类物质,我们称之为半导体。常用的半导体材料是硅和锗。半导体能够得到广泛的应用,是因为它有非常奇特的导电性能。它的导电能力随着掺入杂质、输入电压(电流)、温度和光照条件的变化而发生很大变化,这就是半导体的导电特性。

二、N 型半导体和 P 型半导体

半导体和金属导体不同,金属导体由负电荷(即自由电子)导电,而半导体中负电荷(即自由电子)和正电荷(即空穴)同时参与导电。纯净的半导体中,导电的正负电荷数相等。

在纯净的半导体中掺入微量的不同元素后,得到两种导电特性不同的半导体。在这两种半导体中,导电的正负电荷数不相等。主要靠电子导电的半导体称为 N 型半导体。这类半导体中,多数载流子是电子,少数载流子是空穴。主要靠空穴导电的半导体称为 P 型半导体。这类半导体中,多数载流子是空穴,少数载流子是电子。

三、PN 结

将 P 型半导体和 N 型半导体经过特殊的工艺紧密地结合在一起,在它们的交界处就形成一个很薄的特殊区域,称为 PN 结。如图 1-1 所示。

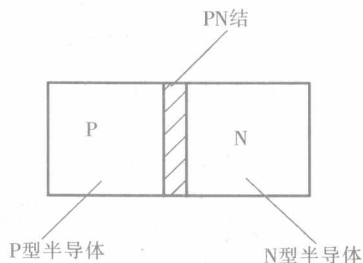


图 1-1 PN 结示意图

PN 结具有特殊的导电性能,可通过下面的实验得出。如图 1-2 所示。在 PN 结的两端加上电压,称为给 PN 结以偏置。在 PN 结两侧外加一个电压不低于一定值的电源,使 P 区接电源正极,N 区接电源负极,称为正向偏置,这时毫安表指针偏转很大,说明 PN 结内外电路形

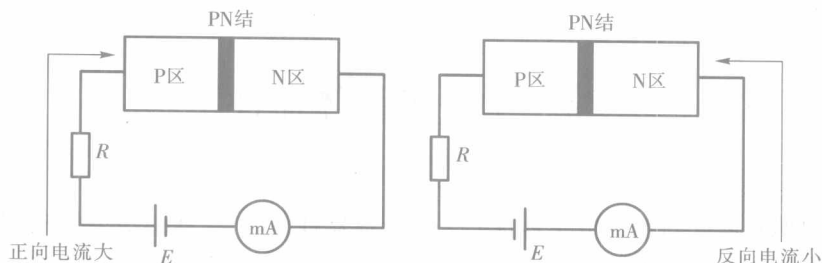


图 1-2 PN 结的单向导电性

成正向电流。这种现象称为 PN 结的正向导通。如果将电源的正负极反过来,使 P 区接电源负极,N 区接电源正极,称为反向偏置,这时毫安表指针几乎不动,说明 PN 结内外电路只能形成极小的反向电流。这种现象称为 PN 结的反向截止。

从以上实验可以得知:

PN 结加一定正向电压时导通,加反向电压时截止,这就是 PN 结的单向导电性。

PN 结两端外加的反向电压增加到一定值时,反向电流急剧增大,称为 PN 结的反向击穿。如果反向电流未超过允许值时,当反向电压撤除后,PN 结仍能恢复单向导电性。若反向电流增大到超过允许值,会使 PN 结烧坏,这时撤除反向电压后,PN 结不能恢复单向导电性,称为热击穿。

PN 结存在着电容,称为 PN 结的结电容。

第二节 晶体二极管

一、晶体二极管的结构和符号

用半导体做成的二极管称为晶体二极管,后续内容中二极管均指晶体二极管。它由管芯(主要是 PN 结),从 P 区和 N 区分别焊出的两根金属引线,以及将它们封装起来的外壳组成。P 区引出线称为正极,N 区引出线称为负极。

由于管芯结构的不同,二极管分为点接触型、面接触型和平面型,其结构如图 1-3 所示。点接触型二极管 PN 结接触面小,适宜在高频电路、开关电路等小电流状况下使用;面接触型和平面型二极管 PN 结接触面大、载流量大,适宜在整流电路中使用。按用途可分为普通二极管、稳压二极管、发光二极管、变容二极管等,通常所说的二极管是指普通二极管。

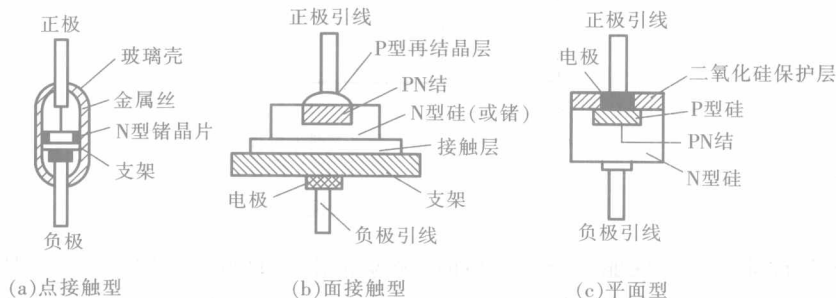


图 1-3 二极管的结构类型

二极管的文字符号为“VD”，图形符号如图 1-4 所示，箭头表示正向导通电流的方向。

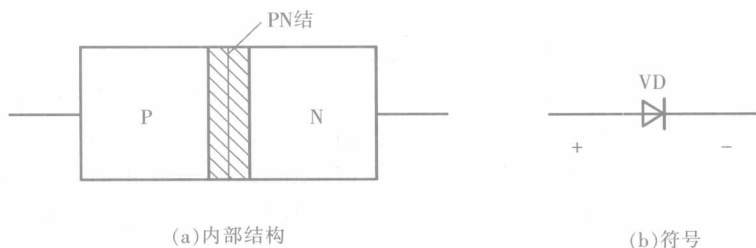


图 1-4 二极管的符号

二极管外壳除印有型号外，还印有极性的标志，如图 1-5 所示。大多数管壳上印有二极管图形符号表示正负极；有的在管壳一端印有色圈表示负极；有的在管壳一端印有“+”表示正极。使用时应注意识别。

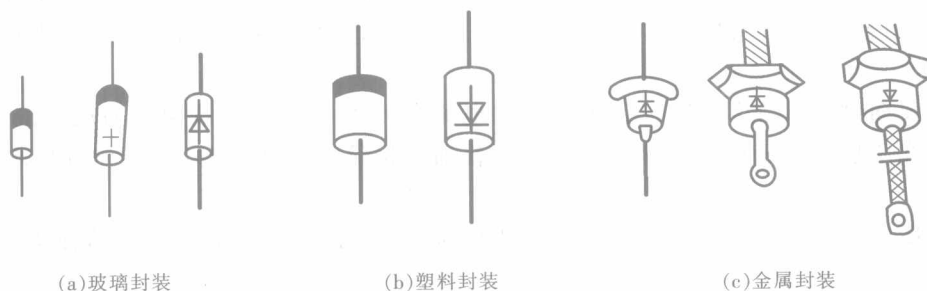


图 1-5 几种二极管的外形

二、晶体二极管的特性

二极管的核心是 PN 结，PN 结具有单向导电性，这是二极管的主要特性。

二极管的导电性能，由加在二极管两端的电压和流过二极管的电流决定，这两者之间的关系称为二极管的伏安特性。用于定量描述这两者关系的曲线称为伏安特性曲线，如图 1-6 所示。

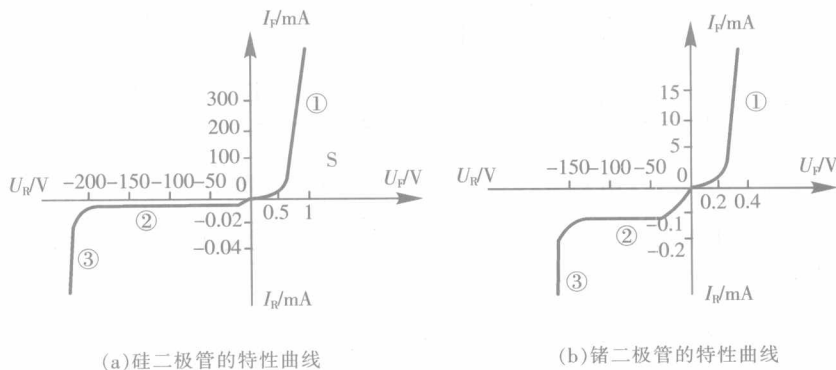


图 1-6 二极管伏安特性曲线

由图 1-6 可见,二极管的导电特性可分为正向特性和反向特性两部分。

1. 正向特性

指二极管加上正向电压时电流和电压的关系。

当二极管两端所加的正向电压由零逐渐增大时,开始时正向电流很小,几乎为零,二极管呈现很大的电阻,这个区域称为死区。硅二极管死区电压约为 0.5V ;锗二极管死区电压约为 0.2V 。在实际使用中,当二极管正偏电压小于死区电压时,视为其正向电流为零的状态。外加电压超过死区电压后,正向电流开始出现,直到等于导通电压,正向电流迅速增加,这时二极管处于正向导通状态。硅管的导通电压为 $0.6\sim 0.7\text{V}$,锗管的导通电压为 $0.2\sim 0.3\text{V}$ 。

2. 反向特性

指二极管加反向电压时电流和电压的关系。

当给二极管加反向电压时,形成的反向电流很小,而且在很大范围内基本不随反向电压的变化而变化,故这个区域称为反向截止区。反向截止时通过的电流称为反向饱和电流,通常硅管有几微安到几十微安;锗管有几十微安到几百微安。这个电流是衡量二极管质量优劣的重要参数,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。

如果反向电压不断增大到一定值时,反向电流会突然增大,这种现象称为反向击穿,这时二极管两端所加的电压称为反向击穿电压。普通二极管正常使用时,是不允许出现这种现象的。

综上所述,二极管具有加一定的正向电压导通,加反向电压截止的特性。这种特性称为单向导电性。

二极管的“导通”与“截止”,可以用理想开关的“闭合”与“断开”来模拟,但应清楚它们之间的差异。二极管正向导通时,相当于开关闭合;二极管反向截止时,相当于开关断开。但是二极管又不能简单地用开关模拟,一是因为二极管的“开关”特性具有方向性(单向导通),这是理想开关不具有的;二是正向导通的二极管两端存在一个压降,对硅管而言为 $0.6\sim 0.7\text{V}$;三是反向截止的二极管有反向漏电流存在,该电流因数值较小(μA 数量级)常忽略不计。因此,用开关模拟二极管可用图 1-7 所示电路示意。

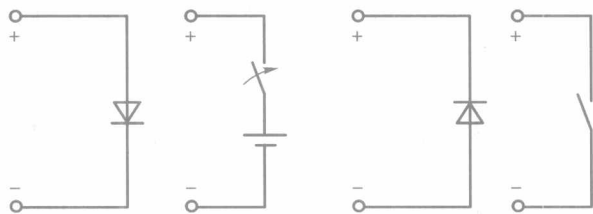


图 1-7 开关模拟二极管工作示意图

从二极管伏安特性曲线可以看出,二极管的电压和电流变化不呈线性关系,其内阻不是常数,所以二极管属于非线性器件。

三、二极管的命名和主要参数

1. 二极管的命名

国家对二极管的型号命名有统一规定,它由四部分组成:第一部分(数字)、第二部分(字

母)、第三部分(汉语拼音)、第四部分(数字、字母)。其命名方法如表 1-1 所示。

表 1-1 二极管的型号命名和含义

电极数目		材料和特性		二极管类型		同类管子的序号
符号	含义	符号	含义	符号	含义	
2	二极管	A	N 型锗	P	普通管	表示同类型管中某些性能参数上有差别
		B	P 型锗	Z	整流管	
		C	N 型硅	L	整流堆	
		D	P 型硅	W	稳压管	

如 2AP9 为 N 型锗材料普通二极管;2CZ52 为 N 型硅材料整流二极管。

2. 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_{FM}

指二极管长时间工作时允许通过的最大正向平均电流。使用二极管时,应注意流过二极管的正向电流平均值不能大于这个数值(它是二极管极限参数),否则可能损坏二极管。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM}

指二极管正常使用时所允许加的最高反向电压。使用中如果超过此值,二极管有被击穿的危险。

(3) 反向电流 I_R

指二极管在规定的反向电压和环境温度下测得的未击穿时的反向电流。如果该值较大,说明此二极管性能不良,是不能正常使用的。

二极管的参数反映二极管各方面的性能,是正确地选择和使用二极管的依据。二极管的参数主要是针对单向导电性提出来的。使用较多的是最大整流电流和最高反向工作电压。

四、二极管的测试

1. 二极管极性的判别

如果二极管性能良好,要判别二极管的正负极性,可以用指针式万用表的欧姆挡($R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡)测量其极性。

具体测试方法:红表棒一端插万用表“+”孔,黑表棒一端插万用表“-”或“*”孔,然后红、黑表棒另一端分别搭接在二极管的两个脚上。若测得的阻值很小(几千欧以下),则黑表棒所接的为二极管的正极,红表棒所接的为二极管的负极;若测得的阻值很大(几百千欧以上),则黑表棒所接的为二极管的负极,红表棒所接的为二极管的正极。

2. 二极管好坏的判别

用万用表的欧姆挡($R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡)测量二极管的正、反向电阻。如果测得的反向电阻很大(几百千欧以上),正向电阻很小(几千欧以下),则二极管性能良好;如果测得的反向电阻和正向电阻都很小,则二极管短路,已坏;如果测得的反向电阻和正向电阻都很大,则二极管断路,已坏。

第三节 晶体三极管

晶体三极管既具有放大作用,又具有开关作用,因此被广泛地应用于电子电路中。

一、晶体三极管的基本结构、符号和分类

晶体三极管由两个相距很近的 PN 结构成。两个 PN 结将整个半导体基片分成三个区域：发射区、基区和集电区，如图 1-8 所示。其中基区很薄，发射区和集电区很厚。从这三个区所引出的三个电极分别称为发射极、基极和集电极，用字母 e(E)、b(B)、c(C) 表示。发射区和基区之间的 PN 结，称为发射结；集电区和基区之间的 PN 结，称为集电结。

按照半导体基片材料的不同，三极管可分为 PNP 型和 NPN 型两种类型。图 1-8(a) 所示为 NPN 型三极管的结构和符号；图 1-8(b) 所示为 PNP 型三极管的结构和符号。两种符号用发射极箭头的不同方向以示区别。实际上发射极箭头方向就是发射极正向电流的方向。三极管的文字符号用“VT”来表示。

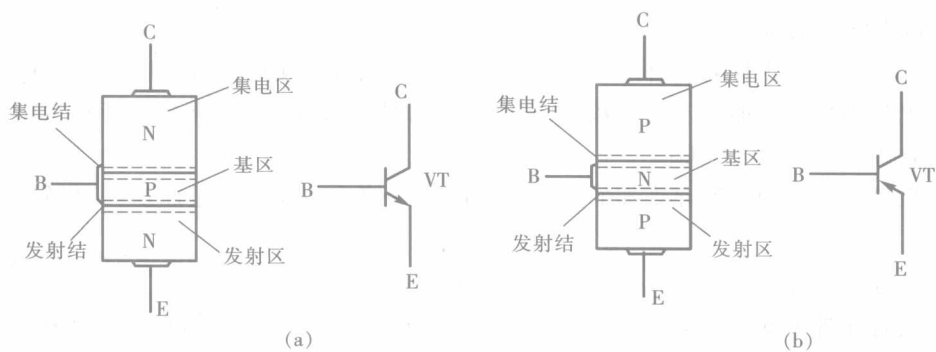


图 1-8 三极管的内部结构和符号

由于三极管的功率大小不同，它们的体积和封装形式也不一样。常用金属、玻璃、陶瓷环氧或塑料封装。常用三极管的外形如图 1-9 所示。

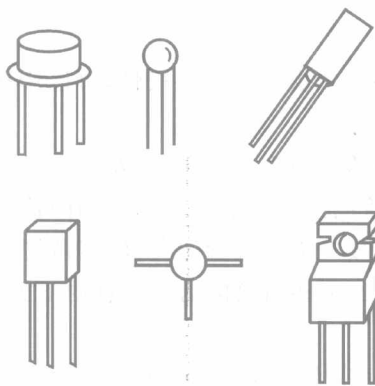


图 1-9 三极管的外形

三极管种类很多。按功率分为小功率管和大功率管；按工作频率分为低频管和高频管；按管芯所用材料分为硅管和锗管；按结构工艺分为合金管和平面管；按用途分为放大管和开关管等。