



21世纪高职高专规划教材·电子信息系列

电工电子技术(下册)

电子技术

熊幸明 主编

刘国荣 主审

3



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

21 世纪高职高专规划教材·电子信息系列

电工电子技术(下册)

电子技术

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书共十一章,内容包括常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、正弦波振荡电路、直流稳压电源、晶闸管及其应用、逻辑代数与集成门电路、组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路、模拟量与数字量之间的转换、存储器和可编程逻辑器件。相对以往传统教材而言,本书着重加强电子技术的应用及一些新技术的介绍,具有保证基础、突出集成、加强应用的特点。电路以定性分析为主。基本理论以必须、够用为度。书中每节后附有练习与思考,每章后有小结和习题,书末提供了部分习题答案。

本书可作为高职高专教育和成人教育非电类专业“电工学”课程的教材,也可供相关专业的工程技术人员参考。

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,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术.下册,电子技术/熊幸明编著.—北京:电子工业出版社,2003.4

21世纪高职高专规划教材.电子信息系列

ISBN 7-5053-8595-X

I.电... II.熊... III.①电工技术—高等学校:技术学校—教材②电子技术—高等学校:技术学校—教材
IV.TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 018819 号

责任编辑:束传政 朱怀永

印 刷:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <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:17 字数:435 千字

版 次:2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:22.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

前 言

本书(上、下册)是根据教育部(前国家教育委员会)1995年颁布的高等工业学校“电子技术(电工学Ⅱ)”课程的基本要求和电子工业出版社2001年4月在广西桂林召开的“全国高职、高专教学研究与教材建设”工作会议精神,由湖南省高校电子技术教学研究会组织部分本、专科学校教师在多年教学研究和教材建设的基础上编写而成的。

本册与曹才开主编的《电工电子技术》上册“电工技术”相配套,作为电工学课程教材,亦可作为电子技术教材单独使用。本册教材参考学时为55~68学时。若学时少,可根据实际情况选讲部分内容。标有*号的章节为本书拓宽选学内容。

考虑到新世纪电子技术的飞速发展和日新月异的实际情况,根据确保基础、突出集成、加强应用的指导思想和机电类等非电专业技术进步的实际需要,本册中适当减少了模拟电子的比重,增加了数字电子的分量;模拟部分以集成运放为核心,数字部分以中、大规模集成部件为主体;压缩分立元件电路内容,加强运算放大器等模拟集成电路的应用。此外,增加了反映现代电子技术发展水平且在机电类专业中应用广泛的新器件、新技术,如大功率场效应晶体管、特殊晶闸管、可编程逻辑器件等内容,较好地处理了教学内容继承与更新、先进性与实用性的关系。书中每节都附有“思考与练习”,每章有小结和习题,书末提供了部分习题答案,方便学生课后复习或自学,也是教师督促和检查学生理解所学内容的重要资料和依据。

本册由熊幸明担任主编,王新辉、李圣清担任副主编。参加本册编写工作的有:熊幸明(第1、6章,附录A、B、C、D及前言等部分)、李圣清(第2章)、雷美艳(第3章)、杨元芳(第4、5章)、陈爱萍(第7章)、邓木生(第8、9章)、王新辉(第10、11章)。本册由刘国荣教授主审。在本册的编写过程中,得到了湖南省高校电子技术教学研究会和长沙大学的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间比较仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请各位读者提出宝贵意见。

编 者
2003年4月

目 录

第 1 章 常用半导体器件	1
1.1 半导体的导电特性	1
1.1.1 本征半导体	1
1.1.2 杂质半导体	2
1.1.3 PN 结及其单向导电性	3
1.2 半导体二极管	5
1.2.1 基本结构和分类	5
1.2.2 伏安特性	5
1.2.3 主要参数	6
1.2.4 常用电路举例	6
1.2.5 特殊二极管	7
1.3 双极型晶体管	10
1.3.1 基本结构	10
1.3.2 电流分配关系和放大原理	10
1.3.3 特性曲线	12
1.3.4 主要参数	14
1.3.5 简化小信号模型	15
* 1.4 场效应晶体管	17
1.4.1 基本结构和工作原理	17
1.4.2 主要参数	20
1.4.3 简化小信号模型	21
1.4.4 功率场效应晶体管	21
本章小结	22
习题	23
第 2 章 基本放大电路	26
2.1 共发射极放大电路	26
2.1.1 电路组成	26
2.1.2 工作原理	27
2.1.3 静态工作点的稳定	32
2.1.4 微变等效电路分析法	34
2.2 射极输出器	36
2.2.1 电路结构	36
2.2.2 工作原理	37
2.3 多级放大电路	39
2.3.1 多级放大电路的级间耦合方式	40
2.3.2 多级放大电路的电压放大倍数	41
2.4 差动放大电路	43

2.4.1 差动放大电路的工作原理	44
2.4.2 典型差动放大电路	45
2.5 功率放大电路	50
2.5.1 电路特点	50
2.5.2 互补对称功率放大电路	51
2.5.3 集成功率放大器	55
* 2.6 场效应晶体管放大电路	56
2.6.1 自给偏压偏置电路	56
2.6.2 分压式偏置电路	57
本章小结	59
习题	60
第3章 集成运算放大器	67
3.1 集成运放的组成和基本特性	67
3.1.1 集成运放的组成和主要参数	67
3.1.2 集成运放的电压传输特性	70
3.1.3 集成运放的理想模型	70
3.2 放大器中的负反馈	72
3.2.1 负反馈的概念与判别	72
3.2.2 负反馈对放大器性能的影响	79
3.3 信号运算电路	83
3.3.1 比例运算电路	83
3.3.2 加法、减法运算电路	85
* 3.3.3 积分与微分运算电路	87
3.4 信号处理和信号测量电路	90
3.4.1 电压比较器	90
3.4.2 有源滤波器	92
3.4.3 采样-保持电路	94
* 3.4.4 测量放大电路	95
3.5 集成运放的使用	96
3.5.1 集成运放的选用原则	96
3.5.2 使用集成运放应注意的几个问题	96
* 3.6 应用举例	98
3.6.1 电子温度计电路	98
3.6.2 电阻在线测量电路	99
3.6.3 电压、电流的测量	99
本章小结	101
习题	101
第4章 正弦波振荡电路	106
4.1 自激振荡	106
4.1.1 自激振荡的条件	106
4.1.2 起振及其稳定过程	107
4.1.3 正弦波振荡电路的分类	107
4.2 RC 振荡电路	107

4.2.1	RC 串并联网络的选频特性	107
4.2.2	文氏电桥振荡电路	108
* 4.3	LC 振荡电路	109
4.3.1	电容三点式振荡电路	109
4.3.2	电感三点式振荡电路	110
	本章小结	110
	习题	111
第 5 章	直流稳压电源	113
5.1	单相整流电路	113
5.1.1	单相半波整流电路	113
5.1.2	单相桥式整流电路	114
5.2	滤波电路	116
5.2.1	电容滤波器	116
5.2.2	电感电容滤波器	117
5.2.3	RC- π 型滤波器	117
5.3	稳压电路	118
5.3.1	稳压管稳压电路	118
5.3.2	串联型稳压电路	119
5.4	集成稳压器	120
* 5.5	开关型稳压电源	122
	本章小结	123
	习题	123
* 第 6 章	晶闸管及其应用	125
6.1	晶闸管	125
6.1.1	基本结构	125
6.1.2	工作原理	125
6.1.3	伏安特性	126
6.1.4	主要参数	127
6.2	单相可控整流电路	128
6.2.1	单相半波可控整流电路	128
6.2.2	单相半控桥式整流电路	131
6.2.3	晶闸管的保护	133
6.3	晶闸管触发电路	134
6.3.1	对触发电路的要求	134
6.3.2	单结晶体管	135
6.3.3	单结晶体管触发电路	136
6.4	特殊晶闸管	138
6.4.1	双向晶闸管	138
6.4.2	可关断晶闸管	139
6.4.3	光控晶闸管	140
6.5	晶闸管应用举例	141
6.5.1	简易调光电路	141
6.5.2	直流伺服电动机调速电路	141

本章小结	142
习题	143
第7章 逻辑代数与集成门电路	145
7.1 逻辑代数	145
7.1.1 逻辑代数运算规则	145
7.1.2 逻辑函数的表示方法	146
7.1.3 逻辑函数的化简	149
7.2 晶体管的开关特性	150
7.3 分立元件门电路	152
7.3.1 门电路的基本概念	152
7.3.2 二极管“与”门电路	152
7.3.3 二极管“或”门电路	153
7.3.4 晶体管“非”门	154
7.4 TTL 门电路	155
7.4.1 TTL“与非”门电路	155
7.4.2 其他类型的 TTL 门电路	158
7.4.3 TTL 门电路使用注意事项	161
7.5 CMOS 门电路	161
7.5.1 CMOS 反相器	161
7.5.2 CMOS 传输门电路	162
7.5.3 CMOS 门电路使用注意事项	163
*7.6 应用举例	163
本章小结	164
习题	164
第8章 组合逻辑电路	168
8.1 组合逻辑电路的分析与设计	168
8.1.1 组合逻辑电路的分析	168
8.1.2 组合逻辑电路的设计	170
8.2 加法器	171
8.2.1 二进制	171
8.2.2 半加器	172
8.2.3 全加器	173
8.3 编码器	175
8.3.1 二进制编码器	175
8.3.2 二-十进制编码器	177
8.4 译码器	178
8.4.1 二进制译码器	178
8.4.2 二-十进制译码器	179
8.4.3 显示译码器	180
*8.5 应用举例	182
8.5.1 厕所照明延时开关	182
8.5.2 交通信号灯故障检测电路	182
本章小结	184

习题	184
第 9 章 时序逻辑电路	187
9.1 集成触发器	187
9.1.1 RS 触发器	187
9.1.2 JK 触发器	189
9.1.3 D 触发器	192
9.1.4 触发器逻辑功能的转换	192
9.2 寄存器	193
9.2.1 数码寄存器	193
9.2.2 移位寄存器	194
9.3 计数器	196
9.3.1 二进制计数器	196
9.3.2 十进制计数器	199
9.3.3 集成计数器	200
9.4 555 定时器	204
9.4.1 555 定时器组成及工作原理	204
9.4.2 555 定时器构成的多谐振荡器	205
9.4.3 555 定时器构成的单稳态触发器	206
* 9.5 应用举例	207
本章小结	208
习题	209
* 第 10 章 模拟量与数字量之间的转换	212
10.1 数/模(D/A)转换器	212
10.1.1 倒 T 型网络 D/A 转换器	212
10.1.2 集成 D/A 转换器	214
10.2 模/数(A/D)转换器	215
10.2.1 逐次逼近型 A/D 转换器	215
10.2.2 双积分型 A/D 转换器	219
10.3 应用举例	222
10.3.1 集成 D/A 转换器的应用	222
10.3.2 A/D 转换器的应用	223
本章小结	225
习题	226
* 第 11 章 存储器和可编程逻辑器件	227
11.1 半导体存储器	227
11.1.1 只读存储器	227
11.1.2 随机存取存储器	231
11.2 可编程逻辑器件	234
11.2.1 可编程只读存储器	235
11.2.2 可编程逻辑阵列	236
11.2.3 可编程阵列逻辑	236
11.2.4 通用阵列逻辑	237
11.3 应用举例	238

11.3.1 ROM 的应用.....	238
11.3.2 PROM 的应用	239
11.3.3 PLA 的应用	242
本章小结	242
习题	243
附录 A 国产半导体器件型号及命名方法	245
附录 B 常用半导体器件参数	247
附录 C 常用模拟集成组件	251
附录 D 国产晶闸管型号命名法及电参数	252
部分习题答案	255
参考文献	261

第 1 章 常用半导体器件

半导体二极管和双极型晶体管(BJT)、场效应晶体管(FET)等是常用的半导体器件,PN结是构成半导体器件的基础。本章在介绍半导体导电特性、PN结形成机理的基础上,讨论二极管、晶体管的基本结构、工作原理、伏安特性及主要参数,为后面学习各种电子电路打下基础。

1.1 半导体的导电特性

自然界的半导体主要为硅(Si)和锗(Ge)。许多金属氧化物和硫化物,如氧化亚铜、硫化镉等也属于半导体。半导体的电阻率介于导体和绝缘体之间,并具有许多独特的性能。主要表现在:

① 半导体的电阻率对温度反应特别灵敏,当环境温度升高时,其电阻率迅速下降,导电能力显著提高。

② 半导体的导电能力随光照发生显著变化,当有光照时,电阻率变得很小,导电能力变得很强;而无光照时,电阻率很大,甚至像绝缘体那样不导电。

③ 半导体的导电能力对杂质非常敏感。在纯净的半导体中掺入微量的其他元素(杂质),其导电能力可以成百万倍地提高。例如在纯硅中掺入百万分之一的硼(B),其电阻率就可从 $214\,000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 下降到 $0.4\ \Omega\cdot\text{cm}$,其导电能力提高了50多万倍。

半导体的导电特性是由其内部的原子结构和原子间的结合方式决定的。以用得最多的半导体元素硅、锗为例,其原子结构最外层轨道都是四个价电子,都是四价元素。提纯后的单晶体,其原子按一定规律整齐排列,组成晶格点阵,是共价键结构,如图1.1所示。共价键使两个相邻的原子牢牢地结合在一起。

1.1.1 本征半导体

不含任何杂质、结构完整的单晶半导体称为本征半导体。

物质导电能力的大小取决于物质结构中参与导电的粒子——载流子的多少。例如金属中自由电子很多,故其导电能力强。在本征半导体中,当温度为绝对零度时,共价键中的电子被束缚得很紧,不存在自由电子,这时的半导体不能导电,相当于绝缘体。当半导体的温度升高或受到外界因素的影响(如光照)时,共价键中的电子获得能量。当一部分价电子获得足够的能量时,便摆脱键的束缚成为自由电子,这个过程称为激发。被冲破的键失去一个电子后,在它原来所在的共价键位置留下了一个空位,这个空位叫做空穴,如图1.2所示。由于空穴是共价键失去电子的结果,故呈正电性。空穴很容易被附近另一共价键中的价电子填充,从而又在移出电子的键中产生新的空穴。如此继续,就好像带正电的粒子(空穴)在运动,其方向与价电子运动方向相反。因此,如有外加电压作用,半导体中就会出现两部分电流:一是自由电子逆电场方向运动形成的电子电流;二是空穴顺电场方向运动形成的空穴电流。可见,半导体中存在两种载流子——自由电子和空穴,其电流是电子电流和空穴电流的总和。

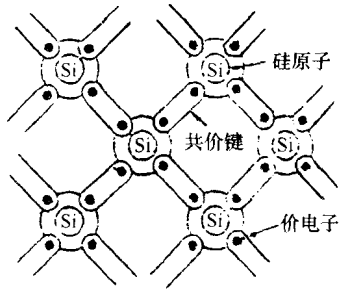


图 1.1 硅单晶中的共价键

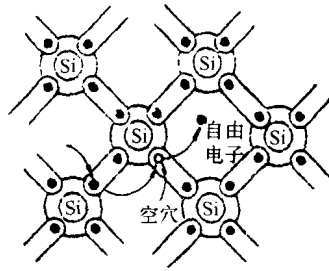


图 1.2 空穴和自由电子的形成

在本征半导体中,受激后自由电子和空穴总是成对产生的,称为电子-空穴对。自由电子在运动中如果和空穴相遇,可以放出多余的能量而填补这个空穴,二者同时消失,这种现象称为复合。在一定温度下,激发与复合达到动态平衡,载流子维持一定的数量。常温下,本征半导体中的载流子数量很少,其导电性能很差。随着环境温度升高,载流子数量按指数规律增加。温度越高,载流子数量越多,导电性能越好。

1.1.2 杂质半导体

在本征半导体中加入某些其他元素即杂质,导电能力可显著提高。这种掺入杂质的半导体,称为杂质半导体。按照掺杂的不同,杂质半导体分为两类:N型半导体和P型半导体。

1. N型半导体

在本征半导体中掺入微量的五价元素,例如磷(P),就可得到N型半导体。由于掺入杂质数量很少,整个晶体的结构不变,只是在某些位置上,原来的硅(或锗)原子被磷原子取代。磷原子有五个价电子,其中的四个价电子与相邻的四个硅原子组成共价键,但还多出一个电子,这个电子在室温下可脱离磷原子成为自由电子,如图 1.3 所示。磷原子由于丢失一个价电子成为带正电荷的磷离子。磷离子不能移动,故不参与导电。因正离子数目与自由电子数目相等,半导体仍然是中性的。本征半导体中还有原来因激发产生的数量不多的自由电子和空穴。掺杂后,自由电子总数大大超过空穴数目。因此,在N型半导体中,自由电子是多数载流子,简称多子。空穴是少数载流子,简称少子。这种半导体主要靠自由电子导电,故又称为电子型半导体。

2. P型半导体

在本征半导体中掺入微量三价元素,例如硼(B),就得到P型半导体。硼原子只有三个价电子,与相邻的三个硅原子组成三对完整的共价键,还有一个共价键因缺少一个价电子而形成空位。在常温下,邻近原子的价电子很容易过来填补这个空位,这就使邻近原子中形成一个新的空穴,如图 1.4 所示。硼原子因获得一个电子成为带负电的硼离子,它不能移动也不参与导电。因此,在P型半导体中,空穴是多数载流子,电子是少数载流子,它主要靠带正电的空穴进行导电,故又称为空穴型半导体。

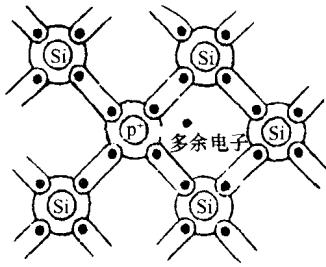


图 1.3 硅晶体中掺磷出现自由电子

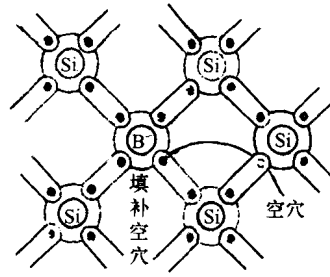


图 1.4 硅晶体中掺硼出现空穴

1.1.3 PN 结及其单向导电性

1. PN 结的形成

如果采取工艺措施,在一块本征半导体中掺入不同的杂质,一边做成 N 型,另一边做成 P 型,则在 P 型和 N 型的交界面附近就形成了 PN 结,如图 1.5 所示。许多半导体器件都含有 PN 结。

如前所述,在 N 型半导体中,存在着多数载流子——自由电子和少数载流子——空穴,以及不能移动的正离子;在 P 型半导体中,存在着多数载流子——空穴和少数载流子——自由电子,以及不能移动的负离子。因此,在 P 型和 N 型半导体的交界面两边,由于电子和空穴的浓度都不相等,空穴要从 P 区向 N 区扩散,自由电子要从 N 区向 P 区扩散。这种运动首先在 P-N 交界面附近进行,如图 1.5(a)所示。图 1.5(a)中,为简化,P 区和 N 区的少数载流子未画出。P 区侧的空穴向 N 区扩散并与 N 区的电子复合,在 P 区侧留下带负电的杂质离子;N 区侧的自由电子向 P 区扩散并与 P 区的空穴复合,在 N 区侧留下带正电的杂质离子。于是在 P-N 交界面两边,形成了一边带正电荷,另一边带负电荷的一层很薄的空间电荷区,这就是 PN 结。在此区间只有一些不能移动的离子,几乎没有载流子,相当于载流子都消耗尽了,故也称它为耗尽层。空间电荷区的正负电荷产生一个内电场,其方向由 N 区指向 P 区,如图 1.5(b)所示。在空间电荷区以外的 P 区和 N 区,由于不存在空间电荷,所以仍然是中性不带电的,不存在电场。

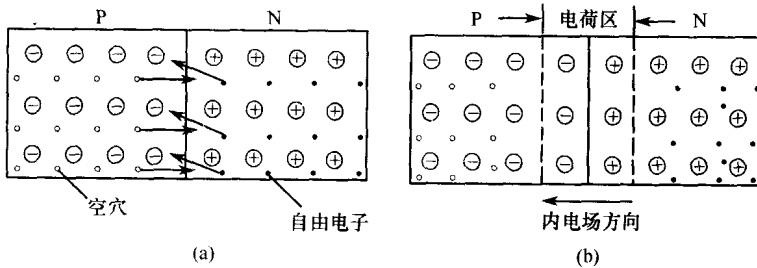


图 1.5 PN 结的形成

内电场阻挡多数载流子继续扩散,并推动少数载流子越过空间电荷区进入对方区域,这种少数载流子的移动称为漂移。显然,载流子的漂移运动方向是与扩散运动相反的。

在PN结形成过程中,扩散与漂移是同时存在的两种载流子运动。开始时扩散占优势,空间电荷区逐渐变宽,内电场增强。随着内电场的增强,多数载流子的扩散运动逐渐减弱,少数载流子的漂移运动逐渐加强。最后,扩散与漂移达到动态平衡。即从N区向P区扩散多少电子,同时就有同样多的电子被拉回N区;空穴的情况也是如此。这时,空间电荷区的宽度就稳定下来了。

由于空间电荷区对多数载流子的扩散具有阻挡作用,故也称它为阻挡层。

2. PN结的单向导电性

实际工作中的PN结,总加有一定的电压。当外加电压的极性不同时,PN结的情况也明显不同。

① 外加正向电压时,正向电流较大。PN结加正向电压的情况如图1.6所示,即直流电源正极接P区,负极接N区。外加电压在PN结上形成的外电场方向与内电场相反,使空间电荷区变窄,内电场削弱,打破了PN结内部的动态平衡,使多数载流子的扩散运动不断进行,形成较大的正向电流。此时,PN结处于导通状态,导电方向从P区到N区,PN结呈现的电阻称为正向电阻,其值很小,一般为几欧到几百欧。

② 外加反向电压时,反向电流很小。PN结外加反向电压的情况如图1.7所示,即直流电源正极接N区,负极接P区。外加电压在PN结上形成的外电场方向与内电场相同,空间电荷区变宽,内电场增强,使多数载流子的扩散很难进行,只有少数载流子的漂移形成数值很小的反向电流,PN结基本上处于截止状态。此时的电阻称为反向电阻,其值很大,一般为几千欧至十几千欧。

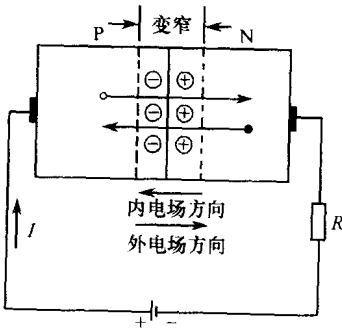


图 1.6 PN结外加正向电压

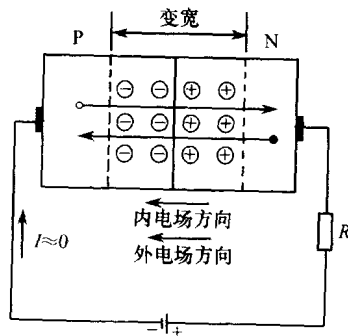


图 1.7 PN结外加反向电压

综上所述,PN结外加正向电压时,正向扩散电流较大,PN结呈导通状态,结电阻小;PN结外加反向电压时,反向漂移电流很小,PN结呈截止状态,结电阻很大。所以说,PN结具有单向导电性。

思考与练习

- 1.1.1 什么叫半导体、本征半导体和杂质半导体? 各有何特点?
- 1.1.2 N型半导体中的自由电子多于空穴,而P型半导体中的空穴多于自由电子,是不是N型半导体带负电? P型半导体带正电?
- 1.1.3 PN结是如何形成的? 它为什么具有单向导电性?

1.2 半导体二极管

1.2.1 基本结构和分类

将一个PN结的两端加上电极引线并用外壳封装起来,就构成一只半导体二极管,简称二极管(Diode)。常用二极管的外形如图1.8(a)所示。

不论何种型号、规格的二极管,都有两个电极:由P区引出的电极,称为阳极(也叫正极);由N区引出的电极,称为阴极(也叫负极)。其图形符号如图1.8(b)所示,符号箭头表示正向电流的方向。

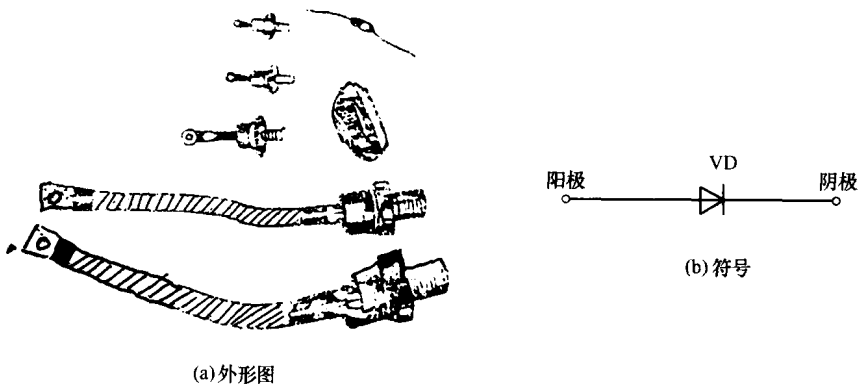


图 1.8 半导体二极管

二极管的种类很多。按制造材料分,主要有硅二极管和锗二极管;按用途分,主要有整流二极管、检波二极管、稳压二极管、开关二极管等;按结构分,主要有点接触型二极管和面接触型二极管等,其型号及命名方法见附录A。

1.2.2 伏安特性

所谓伏安特性,就是二极管两端所加电压与流过管子的电流之间的关系曲线,如图1.9所示。图1.9中给出了2CP12(硅管)和2AP9(锗管)的伏安特性曲线。

由图1.9可见,当外加正向电压很低时,由于外电场不能克服内电场对多数载流子扩散运动的阻力,正向电流几乎为零。只有在外加电压大于某一数值时,正向电流才明显增加,这个电压称为死区电压。硅管的死区电压约0.5V,锗管约0.2V。当外加电压超过死区电压后,管子处于正向导通状态,其正向压降很小,硅管的正向压降约为0.6~0.7V,锗管约为0.2~0.3V。因此,使用二极管时,如果外加电压较大,应串接限流电阻,防止过电流烧坏PN结。

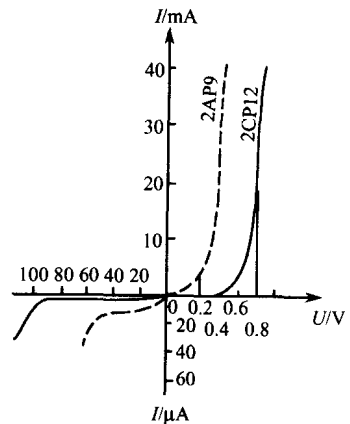


图 1.9 二极管伏安特性

当在二极管上加反向电压时,少数载流子漂移所形成的反向电流很小。由于少数载流子数目在一定温度下为常数,不随外加电压变化,故又称该反向电流为反向饱和电流。在同样温度下,硅管的反向电流比锗管小得多。当外加反向电压超过某一定值时,反向电流急剧增大,这种现象称为反向击穿。对应的反向电压称为二极管反向击穿电压。

从图 1.9 还可看出,二极管的伏安特性不是直线,而是曲线。因此,二极管是非线性电阻元件。其正向电阻是工作点的函数,其大小随工作点的改变而变化,反向电阻则近似为无穷大。

1.2.3 主要参数

二极管的参数和曲线一样,都是用来表征二极管的性能和适用范围。其主要参数有:

1. 最大整流电流 I_{OM}

最大整流电流指二极管长时间使用时,允许流过二极管的最大正向平均电流。它的大小取决于 PN 结的面积、材料和散热情况。点接触型二极管的 I_{OM} 一般在几十毫安以下;面接触型二极管的 I_{OM} 较大,一般在几百毫安以上。

2. 最高反向工作电压 U_{RM}

最高反向工作电压是指二极管上允许加的反向电压最大值。若工作时所加反向电压值超过此值,管子就有可能反向击穿而失去单向导电性。点接触型二极管的 U_{RM} 一般为数十伏,面接触型二极管则可达到数百伏。

3. 最大反向电流 I_{RM}

最大反向电流是指在二极管上加最高反向工作电压时的反向电流值(又称为反向饱和电流)。反向电流越小,二极管的单向导电性越好。反向电流受温度影响较大,常温下,硅管的反向电流一般在几微安以下,锗管的反向电流一般在几十至几百微安之间。

二极管的参数很多,实际应用时,可查阅半导体器件手册。附录 B 列出了部分常用二极管的参数。

1.2.4 常用电路举例

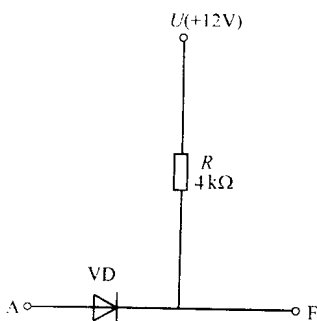


图 1.10 二极管的钳位作用

二极管的应用范围很广,常用于整流、检波、钳位、限幅、开关等电路中。此外,在稳压、变容、温度补偿等方面也有应用。关于整流,我们将在第 5 章中进行讨论,下面介绍其他几种常用电路。

1. 钳位

二极管正向导通时,由于正向压降很小,故阳极与阴极的电位基本相等,利用这个特点可对电路中某点进行钳位。以图 1.10 所示电路为例,若 A 点电位 $V_A = 0\text{ V}$,则二极管正向导通,将 F 点电位钳制在 0 V 左右,即 $V_F \approx 0\text{ V}$ 。

2. 限幅

利用二极管导通后,两端电压基本不变的特点(硅管约为 0.7 V),可组成限幅电路,如图 1.11 所示。

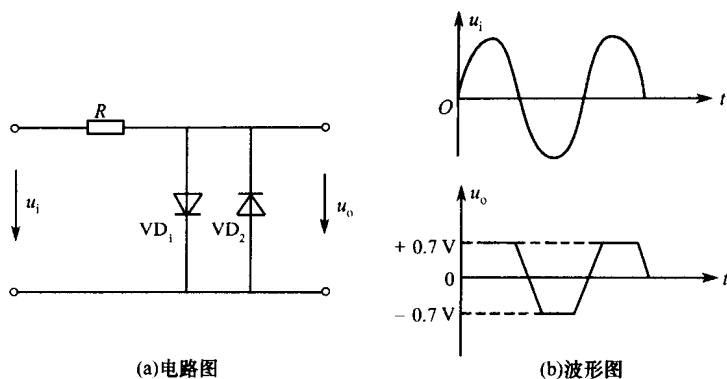


图 1.11 二极管限幅电路

设输入电压 u_i 为正弦波,其幅值大于 0.7 V 和 VD_1 和 VD_2 为硅二极管。当 u_i 处于正弦波的正半周,且 $u_i < 0.7\text{ V}$ 时, VD_1 和 VD_2 均截止,输出电压 $u_o = u_i$; 当 $u_i \geq 0.7\text{ V}$ 时, VD_1 导通, $u_o = 0.7\text{ V}$ 。当 u_i 处于正弦波的负半周,且 $u_i > -0.7\text{ V}$ 时, VD_1 和 VD_2 均截止,输出电压 $u_o = u_i$; 当 $u_i \leq -0.7\text{ V}$ 时, VD_2 导通,输出电压 $u_o = -0.7\text{ V}$,其波形如图 1.11(b)所示。

可见,由于二极管 VD_1 和 VD_2 的作用,输出电压正负半周的幅值均受到限制。这种电路常用于某些放大器输入端,对放大器起保护作用。

3. 稳压

利用二极管正向导通时,在一定电流范围内,管子两端电压变化不大的特点,可组成正向稳压电路,如图 1.12 所示。

二极管 VD_1 和 VD_2 正向串联后并联于负载两端,因硅管的正向压降为 0.7 V 左右,在负载 R_L 上可得到约 1.4 V 的稳定电压。图 1.12 中 R 为限流电阻。该电路结构简单,适用于负载电压不高,取用电流不大的场合。

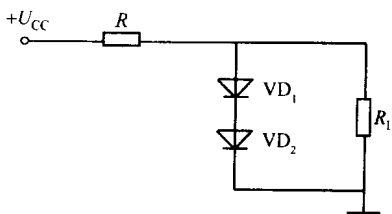


图 1.12 二极管正向稳压电路

1.2.5 特殊二极管

1. 稳压二极管

稳压二极管(Zener diode)是一种特殊的面接触型半导体硅二极管,具有稳定电压的作用。