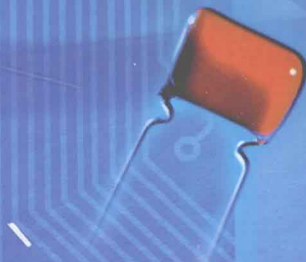


DIANZI JISHU

DIANZI JISHU

电子技术

主 编 李洪斌
副主编 谭有广 杨俊伟
主 审 林文华



哈尔滨地图出版社

电子技术

DIANZI JISHU

主 编 李洪斌

副主编 谭有广 杨俊伟

主 审 林文华

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

内 容 简 介

本书针对高等职业技术学院学生特点,内容安排合理,叙述简明扼要,通俗易懂。全书分2篇,共8章。第1篇为模拟电子技术,主要内容为半导体器件的特性、结构、主要参数,基本交流放大电路,集成运算放大电路,振荡电路,直流电源;第2篇为数字电子技术,主要内容有组合逻辑电路,时序逻辑电路,模拟量和数字量的转换电路。

本书力求在介绍必要的基本理论、基本知识、基本分析和基本技能的基础上,注重内容结构安排的合理性和系统性,注重理论与实践的紧密结合,以适应当前教学改革的需要。

本书可作为高等职业技术学院和高等专科院校的计算机类、电气类、电子类、自动化类专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/李洪斌主编.—哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2003.8

ISBN 7-80529-615-4

I.电... II.李... 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(2003)第063633号

哈尔滨地图出版社出版、发行

(地址:哈尔滨市南岗区测绘路2号 邮政编码:150086)

哈尔滨海天印刷设计有限公司印刷

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:15 字数:332千字

2003年8月第1版 2003年8月第1次印刷

印数:1~3 000 定价:19.80元

前 言

电子技术是人类文明和现代社会生活的重要技术基础。生活在现代社会中的每个人，特别是受过高等教育的人员都要不同程度地了解电子技术基础知识，掌握电子技术的基本技能。

本书是高等职业技术学院电子技术教材。在编写本教材的过程中，我们坚持以下原则：基本理论选取适当，概念清晰，水平适中，重点突出，易学易懂；习题适量，难易结合；体现新技术，突出实践性、实用性。其目的是在教学过程中注重培养学生职业岗位能力，注重职业技能的训练，注重提高学生解决问题的能力 and 自学能力。在把握高等职业技术教育“重在技术应用能力的培养”的基本特点时，特别防止了两个极端，即“只重学科体系，忽视技术应用能力”和“只重操作能力培养，忽视理论的倾向”。

本教材由李洪斌主编，谭有广和杨俊伟为副主编，林文华为主审。各部分的编写分工为：李洪斌编写第1，2，3章，谭有广编写第4，5，6章，杨俊伟编写第7，8章。林文华参加了本教材有关指导思想、体系结构、叙述结构的全部讨论，审阅修改了全书并撰写了前言。

由于电子技术学科发展迅速，课程改革也日益深入，虽然我们精心组织、认真编写，但受水平限制，加之编写时间比较仓促，书中难免有不妥之处，殷切希望使用本书的师生和其它读者给予批评指正。

编 者

2003年7月

目 录

第 1 篇 模拟电子技术.....	1
第 1 章 半导体器件.....	1
1.1 半导体的基本特性.....	1
1.1.1 本征半导体.....	1
1.1.2 N 型半导体和 P 型半导体.....	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.....	5
1.2.2 伏安特性.....	6
1.2.3 主要参数.....	7
1.3 稳压管.....	8
1.3.1 伏安特性.....	9
1.3.2 主要参数.....	9
1.4 半导体三极管.....	11
1.4.1 基本结构.....	11
1.4.2 三极管的电流放大作用.....	12
1.4.3 特性曲线.....	14
1.4.4 主要参数.....	16
习题.....	18
实验与技能操作训练 1.....	20
实训 1.1 常用电子仪器.....	20
实训 1.2 二极管、三极管的识别与简单测试.....	29
第 2 章 基本交流放大电路.....	31
2.1 基本共射放大电路.....	31
2.1.1 放大电路的组成原则及各元件的作用.....	31
2.1.2 基本共射放大电路的静态分析.....	32
2.1.3 基本共射放大电路的动态分析.....	34
2.2 分压式偏置放大电路.....	41
2.2.1 温度对静态工作点的影响.....	41
2.2.2 分压式偏置放大电路.....	42
2.3 射级输出器.....	46

2.3.1	静态与动态分析	46
2.3.2	射极输出器的应用	47
2.4	多级放大电路与频率特性	47
2.4.1	多级放大电路的组成与级间耦合方式	47
2.4.2	多级放大电路 A_v , r_i 和 r_o 的分析	49
2.4.3	阻容耦合放大电路频率特性的概念	52
2.5	负反馈在放大电路中的应用	53
2.5.1	反馈的基本概念与分类	53
2.5.2	负反馈对放大电路工作性能的影响	55
2.6	互补对称功率放大电路	57
2.6.1	对功率放大电路的基本要求	57
2.6.2	提高功率放大电路效率的主要途径	57
2.6.3	互补对称功率放大电路	58
	习题	64
	实验与技能操作训练 2	68
实训 2.1	基本放大电路	68
实训 2.2	分压偏置共发射极放大器	68
实训 2.3	射极输出器	70
第 3 章	集成运算放大器	71
3.1	差动放大电路	71
3.1.1	直接耦合放大器的特殊问题	71
3.1.2	差动放大电路的工作原理	72
3.2	集成运算放大器简介	81
3.2.1	集成运算放大器的组成	81
3.2.2	集成运算放大器的主要参数	82
3.2.3	运算放大器理想化的参数条件及电压传输特性	83
3.3	集成运算放大器的线性应用电路	84
3.3.1	比例运算电路	84
3.3.2	加法、减法运算电路	86
3.3.3	微分、积分运算电路	88
3.3.4	电流、电压转换电路	90
3.4	集成运算放大器的非线性应用电路	91
3.4.1	比较器	91
3.4.2	方波发生器	96

3.5 集成运算放大器在使用中的一些问题.....	97
3.5.1 合理选用集成运放型号.....	97
3.5.2 消振与调零.....	97
3.5.3 保护措施.....	97
习题.....	98
实验与技能操作训练 3.....	103
实训 3.1 集成运算放大器的基本运算电路.....	103
第 4 章 正弦波振荡电路.....	107
4.1 自激振荡.....	107
4.2 RC 振荡电路.....	108
4.3 LC 振荡电路.....	109
4.3.1 工作原理.....	109
4.3.2 三点式振荡电路.....	110
习题.....	111
实验与技能操作训练 4.....	113
实训 4.1 RC 正弦波振荡器.....	113
第 5 章 直流稳压电源.....	115
5.1 概述.....	115
5.2 整流电路.....	116
5.2.1 单相半波整流电路.....	116
5.2.2 单相桥式整流电路.....	117
5.2.3 三相桥式整流电路.....	119
5.3 滤波器.....	121
5.3.1 电容滤波器(C 滤波器).....	121
5.3.2 电感电容滤波器(LC 滤波器).....	123
5.3.3 π 形滤波器.....	124
5.4 直流稳压电源.....	124
5.4.1 稳压管稳压电路.....	125
5.4.2 串联稳压电路.....	126
5.4.3 集成稳压电源.....	127
5.5 晶闸管及可控整流电路.....	127
5.5.1 晶闸管.....	128
5.5.2 单相桥式半控整流电路(阻性负载).....	131

5.5.3 单结晶体管触发电路	133
习题	137
实验与技能操作训练 5	139
实训 5.1 单相整流电路	139
实训 5.2 直流稳压电源	140
实训 5.3 晶闸管的简易测试及其导通、关断条件	141
实训 5.4 晶闸管调压电路	143
第 2 篇 数字电子技术	145
第 6 章 组合逻辑电路	145
6.1 数字电路与基本逻辑门电路	145
6.1.1 数字电路及其特点	145
6.1.2 脉冲信号	146
6.1.3 数字电路的基本单元—逻辑门	147
6.1.4 分立元件门电路	151
6.1.5 集成元件门电路	155
6.2 逻辑函数及其化简	159
6.2.1 逻辑代数的运算法则	159
6.2.2 逻辑函数及其表示方法	160
6.2.3 逻辑函数式的化简	162
6.2.4 组合逻辑电路的设计	168
6.3 基本组合逻辑部件	170
6.3.1 加法器	170
6.3.2 编码器	173
6.3.3 译码器及其数字显示电路	175
习题	179
实验与技能操作训练 6	182
实训 6.1 门电路及其特性认识	182
实训 6.2 TTL 集成逻辑门的参数测试	183
实训 6.3 编码器	185
实训 6.4 译码器	185
实训 6.5 七段数码管译码显示电路	186
第 7 章 时序逻辑电路	187
7.1 概述	187

7.2	触发器.....	187
7.2.1	基本 RS 触发器.....	188
7.2.2	同步 RS 触发器.....	191
7.2.3	其它触发器及边沿触发方式.....	194
7.2.4	时钟触发器的一些实际问题.....	198
7.3	寄存器和移位寄存器.....	200
7.3.1	数码寄存器.....	201
7.3.2	移位寄存器.....	201
7.4	计数器.....	204
7.4.1	异步二进制计数器.....	204
7.4.2	同步二进制计数器.....	205
7.4.3	同步十进制计数器.....	206
7.5	单稳态触发器.....	207
7.5.1	555 定时器及其应用.....	208
7.5.2	用 555 定时器构成单稳态触发器.....	209
7.5.3	用 555 定时器组成的多谐振荡器.....	211
	习题.....	213
	实验与技能操作训练 7.....	216
	实训 7.1 触发器功能测试及应用.....	216
	实训 7.2 555 定时器的应用.....	218
第 8 章	模拟量和数字量的转换.....	219
8.1	概述.....	219
8.2	数-模转换器.....	219
8.2.1	T 形电阻网络数-模转换器.....	219
8.2.2	数-模转换器的主要技术指标.....	224
8.3	模-数转换器.....	225
8.3.1	逐次逼近型模-数转换器.....	225
8.3.2	模-数转换器的主要技术指标.....	228
	习题.....	228
	参考文献.....	229

第 1 篇 模拟电子技术

第 1 章 半导体器件

本章要点

- 半导体的基本特性和种类
- PN 结及其单向导电性
- 二极管的有关知识(结构、工作原理、特性曲线及主要参数)
- 三极管的有关知识(结构、工作原理、特性曲线及主要参数)

1.1 半导体的基本特性

人们在长期的实践中发现,有些物质如硅、锗、硒及大多数金属氧化物和硫化物等,其导电能力介于导体和绝缘体之间。这些物质统称为半导体。硅和锗是近代电子学中用得最多的半导体材料。

纯净的半导体,导电能力和绝缘能力都很差。然而,人们发现,改变外界条件,半导体的导电能力则有很大变化。例如:

(1) 若温度升高,某些半导体的导电能力明显增强,这种特点称为热敏效应。以此可制成半导体热敏元件。

(2) 若受光照,某些半导体的导电能力大为增强,这种特点称为光敏效应。以此可制成半导体光敏元件。

(3) 半导体的最突出特性在于,在纯净的半导体中掺入微量杂质,其导电能力可提高几十万倍乃至几百万倍,就是利用这种可贵的特点,才得以制成各种半导体器件。

存在上述特性的本质何在?我们可以从半导体的原子结构及导电机理中揭开其中的奥秘。

1.1.1 本征半导体

由单一元素组成并具有晶体结构的半导体就是本征半导体。硅和锗的原子结构如图 1-1 所示。将其提纯并使其原子在三维空间按一定规则整齐排列,这就是半导体的晶体结构,如图 1-2 所示。因此半导体又称晶体。

由图可知,硅和锗原子的最外层都是 4 个电子,属四价元素。最外层电子受原子核束缚力最小,称为价电子。半导体的导电性能与价电子密切相关。

原子在其最外层具有 8 个电子时,就处于较为稳定的状态。硅和锗最外层只有 4 个

电子，若要相对稳定，则每个原子的价电子必与相邻原子的价电子组成 1 个电子对，这个电子对为相邻原子所共有，这种结构称为共价键结构。

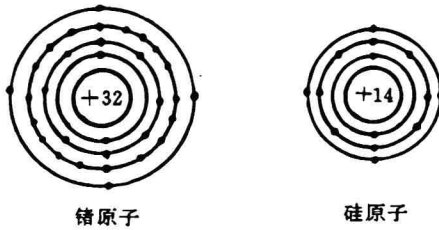


图 1-1 锗和硅原子结构

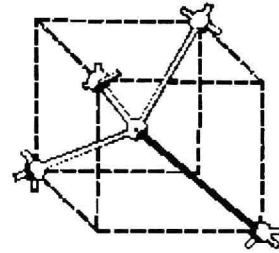


图 1-2 晶体中原子排列方式

共价键中的价电子受原子核的束缚并不很紧密，获得一定的能量便激发成自由电子。电子激发后，共价键中留下了一个空位，称为空穴。空穴的出现是半导体的一个重要特点。显然存在空穴的原子带正电。

如果半导体两端加上电场，带有空穴的原子便会吸引相邻原子中的价电子来填补空穴，相邻原子又出现了一个空穴，它再吸引另一相邻原子的价电子来填补，如此持续不断地填补，则带正电的空穴朝着自由电子运动的方向运动，形成空穴电流。

综上所述，可以得出两点结论：一是本征半导体中的原子获得能量后，价电子激发成自由电子，同时在原子中留下一个空穴。自由电子与空穴是成对出现的，如图 1-3 所示。二是在半导体两端加外电场时，半导体出现定向运动的电子电流和价电子依次递补空穴形成的空穴电流。

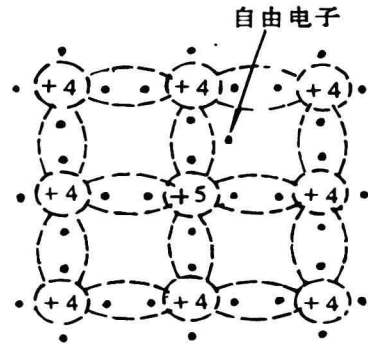


图 1-3 自由电子和空穴的形成

同时存在自由电子导电和空穴导电是半导体不同于金属导电的显著特点和本质区别。自由电子和空穴都参与导电，故二者统称为载流子。本征半导体热激发产生的自由电子，如能释放激发时能量，又会填充空穴，谓之复合。一定的温度下，产生和复合总是处在动态平衡状态，载流子的数量也维持在一定的值。温度升高，动平衡被破坏，载流子数量增多，半导体的导电能力也就增强，这就是温度对半导体导电性能有很大影响的根本原因。

1.1.2 N 型半导体和 P 型半导体

本征半导体中的载流子由热激发而产生，其数量极少，因而导电能力很差。如在本征半导体中掺入微量其它元素，成为杂质半导体，则其导电能力大为改观。正是由于这种原因，半导体获得极为广泛的应用。因掺杂物质不同形成了两大类型的杂质半导体。

1.1.2.1 N 型半导体

在单晶硅或单晶锗中掺入少量磷，磷原子在硅或锗的晶体点阵中的某些位置上取代硅原子或锗原子。磷原子的外层有 5 个价电子，其中的 4 个价电子与 4 个相邻的硅原子组成共价键，尚多余一个价电子，这个价电子只受磷原子核束缚，比共价键中的价电子受到的束缚力小得多，只要获得很小的能量，就能激发成为自由电子，且不在原子中产生空位，如图 1-4 所示。当磷原子的多余电子激发后，磷原子本身因失去 1 个电子而成为不能移动的正离子。这种半导体中，自由电子与正离子总是成对出现的。与本征半导体相比，这种杂质半导体产生的自由电子的数量大为增加，导电能力显著增强。自由电子占多数，是多数载流子，空穴是少数载流子，故称这种半导体为电子半导体或 N 型半导体。自由电子导电是 N 型半导体的主要导电方式。

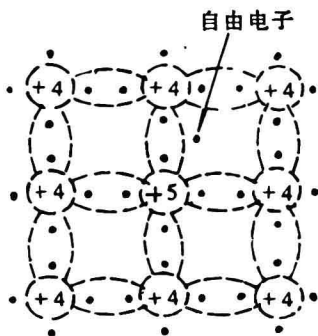


图 1-4 硅晶体中掺磷产生自由电子

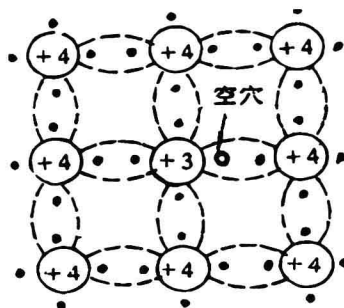


图 1-5 硅原子掺硼产生空穴

1. 1. 2. 2 P 型半导体

在单晶硅或单晶锗中掺入少量硼，硼原子外层只有 3 个价电子，在与周围 4 个硅原子组成共价键时，因缺少 1 个价电子而形成空位。如图 1-5 所示。当相邻共价键中的价电子获得热振动等能量后，就可能填补这个空位，于是相邻硅原子又因缺少 1 个价电子而产生了空穴，硼原子却因得到了 1 个价电子而成为不能移动的负离子。这种半导体中，空穴和负离子也是成对出现的。与本征半导体相比，这种杂质半导体产生的空穴大为增加，导电能力亦大为增强，空穴是这种半导体的多数载流子，自由电子则是少数载流子，故称这种半导体为空穴半导体或 P 型半导体。空穴导电是 P 型半导体的主要导电方式。

应该强调指出，杂质半导体中掺“杂”很少，不会改变原本征半导体的晶体结构；同时，尽管杂质半导体中一定存在一种多数载流子，但整个晶体的中性不会改变。因为掺入到中性本征半导体中的杂质也是中性，掺杂后，多数载流子总是与正离子或负离子成对出现。

1. 1. 3 PN 结及其单向导电性

如前所述，杂质半导体的导电能力大大提高了，但其意义远非如此。若在一块单晶片上，采用特殊工艺方法，两边分别掺入不同杂质，分别形成 P 型和 N 型半导体，两种半导体的交界面就形成了 PN 结，如图 1-6 所示。PN 结才是构成各种半导体器件的基础。

1.1.3.1 PN 结的形成

图 1-6 中的 P 型半导体和 N 型半导体通常称为 P 区和 N 区。由于 P 区存在大量空穴而 N 区存在大量自由电子，因而出现载流子浓度上的差别，于是产生扩散运动。扩散运动首先在交界面处进行，P 区空穴向 N 区扩散，P 区一边靠近交界面处留下不可移动的带负电的硼离子，形成负空间电荷区(如图 1-7 所示，图中“-”表示得到 1 个电子的硼离子)。同时 N 区中自由电子向 P 区扩散，在 N 区一边靠近交界面处留下不可移动的带正电的磷离子，形成正空间电荷区(图 1-7 中，“+”表示失去 1 个电子的磷离子)。这样，在 P 区和 N 区的交界面两边便形成了一个空间电荷区，这个空间电荷区就是 PN 结。空间电荷区内两种不同带电性质的离子建立起空间电荷区内的内电场，显然内电场的方向是由带正电的 N 区指向带负电的 P 区。

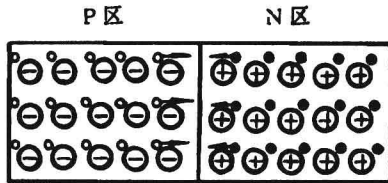


图 1-6 载流子的扩散运动

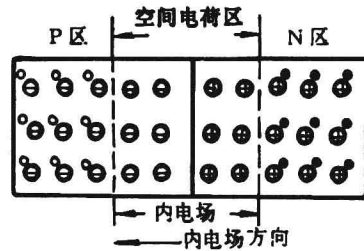


图 1-7 平衡状态下的 PN 结

随着扩散运动的进行，内电场不断加强，扩散运动又随着内电场的加强而削弱，因为内电场阻挡着多数载流子的扩散。与此相反的是，内电场对少数载流子的运动却起推动作用，使其分别进入对方区。少数载流子受内电场作用而有规则的运动称为漂移运动。扩散与漂移运动方向相反，随着扩散运动的削弱与漂移运动的加强，最后必然达到动态平衡状态，于是，空间电荷区的宽度也就固定下来。

流过空间电荷区的电流有两种，即多数载流子扩散运动形成的扩散电流(又称正向电流)及少数载流子漂移运动形成的漂移电流(又称反向电流)。瞬间流过空间电荷区截面的净电流则为正向电流和反向电流的代数和，当扩散与漂移达到动平衡时，净电流为零。PN 结实际上就是净电流为零时呈现的状态。

形成空间电荷区的正负离子，也称空间电荷。虽然它们都带电，但却不能移动，不参与导电，而空间电荷区内的多数载流子又已扩散到对方并复合掉了，因此空间电荷区内载流子非常少，故空间电荷区呈高阻率。

以上我们讨论的是 PN 结没有外加电压的情况。如果在 PN 结两边加上外加电压，情况又如何呢?下面将对此进行分析。

1.1.3.2 PN 结的单向导电性

(1) PN 结两边外加正向电压：这是指 P 区接外电源正极，N 区接外电源负极。这种接法又称正向偏置，简称正偏，如图 1-8 所示。由图可知，正偏时外电场与内电场方向相反。当正向电压足够大时，外电场驱使 P 区和 N 区的多数载流子进入空间电荷区，分别中和空间电荷区内的负空间电荷和正空间电荷，使空间电荷区变窄，即内电场被削

弱，这就有利于扩散运动的加强，于是多数载流子顺利通过 PN 结，形成较大的正向电流。正向电流包括空穴电流和电子电流两部分，二者载流子极性不同，运动方向相反，电流方向一致。在一定范围内，所加正向电压越高，正向电流越大。正向电流达到一定值时，PN 结呈低阻状态。这叫做导通。

(2) PN 结两边外加反向电压：这是指 P 区接外电源负极，N 区接外电源正极。这种接法又称反向偏置，简称反偏，如图 1-9 所示。由图可知，反偏时，外电场与内电场方向一致，外电场将空间电荷区两边的 P 区和 N 区中的空穴和自由电子拉走，空间电荷区变宽，内电场增强，这使多数载流子的扩散运动更加难以进行。另一方面，增强的内电场又使少数载流子的漂移运动得到加强，N 区和 P 区的少数载流子通过 PN 结，形成了反向电流。由于少数载流子数量很少，反向电流很小，PN 结呈高阻状态，这种情况称为截止。由于少数载流子的激发与温度有关，故温度对反向电流影响很大。

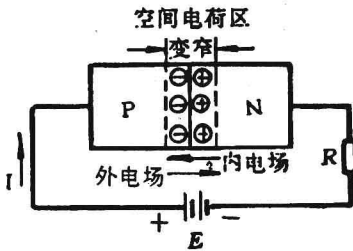


图 1-8 PN 结加正向电压

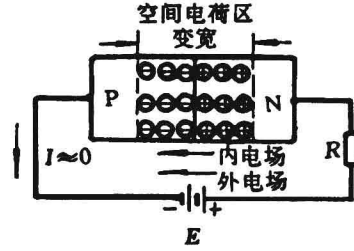


图 1-9 PN 结加反向电压

综上所述，PN 结加正向电压时导通，加反向电压时截止，这种特性就是 PN 结的单向导电性。

1.2 半导体二极管

1.2.1 基本结构

一个 PN 结，接出相应的电极引线，再加上管壳密封就是一只半导体二极管。为了防止使用时极性接错，管壳上标明有“ \rightarrow ”符号或色点，符号箭头指示电流方向为正向，色点则表示该端为正极。二极管极性接错，轻则电路无法正常工作，重则烧坏二极管及电路中其它元件。半导体二极管(以下简称二极管)外形及符号如图 1-10 所示。

二极管根据结构的不同分为点接触型和面接触型两类。

点接触型二极管(一般为锗管)是由一根很细的金属丝和一块 N 型锗片的表面接触，正方向通以大的瞬时电流，使触须和半导体牢固地熔接而构成 PN 结。如图 1-11(a)所示。这样做出的 PN 结面积很小，只能通过较小电流和承受较低的反向电压，但高频特性好，因此点接触型二极管主要用于高频和小功率工作以及用作数字电路中的开关元件。

面接触型二极管的 PN 结采用合金法或扩散法制造，如图 1-11(b)所示。由于 PN 结

的面积较大，能通过较大电流，但工作频率低，故面接触型二极管主要用作整流元件。

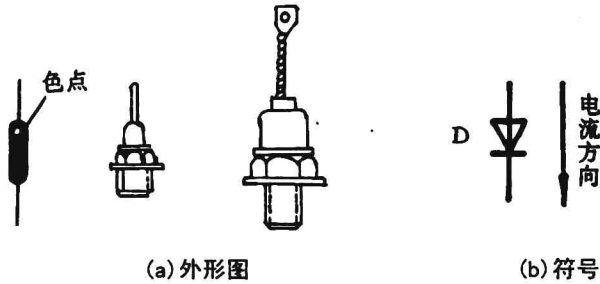


图 1-10 半导体二极管外形及符号

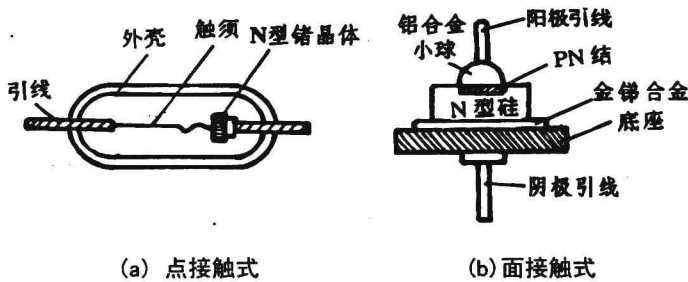


图 1-11 二极管结构示意图

1.2.2 伏安特性

二极管的伏安特性是指加在二极管两端的电压和流过二极管的电流之间的关系曲线，二极管伏安特性通常用来描述二极管的性能。图 1-12 给出的是实测的伏安特性曲线。下面对二极管伏安特性曲线进行分析。

1.2.2.1 正向特性

外加正向电压时的伏安特性称为正向特性。它对应于图 1-12 中的①段。正向特性的起始部分，正向电流几乎为零，特性曲线与横轴几乎重合，这是因为起始时，外加正向电压很小，外电场尚不足以克服 PN 结内电场的影响，多数载流子的扩散运动仍受内电场的阻挡，因而正向电流很小，二极管呈现很高的电阻。这段区域称为死区。随着外加正向电压的升高，外电场增强到足以克服内电场的影响时，正向电流开始上升，二极管开始导通。对应于二极管开始导通时的外加正向电压称为死区电压。锗管的死区电压约为 0.1 V，硅管的死区电压约为 0.5 V。

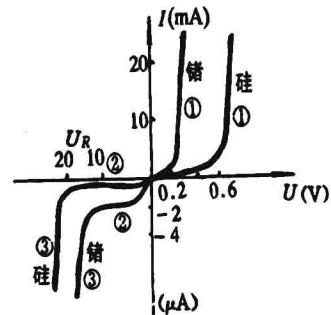


图 1-12 二极管伏安特性

外加正向电压超过死区电压后，内电场被大大削弱，正向电流增长很快。此时，正

向电流与外加正向电压近似成正比，伏安特性曲线近似为直线，这一区域称为线性区，这是二极管导通的正常工作区。正常情况下，锗管的正向导通压降为 $0.2\sim 0.3\text{ V}$ ，硅管的正向导通压降为 $0.6\sim 0.7\text{ V}$ 。

1.2.2.2 反向特性

外加反向电压时的伏安特性称为反向特性。它对应于图 1-12 中的②段。

外加反向电压不超过一定范围时，通过二极管的电流是少数载流子漂移运动所形成的很小的反向电流，故反向特性曲线与横轴靠得很近。反向电流有两个显著特点：一是受温度影响很大；二是反向电压不超过一定范围时，其大小基本不变，即与反向电压大小无关。因此反向电流又称为反向饱和电流。

1.2.2.3 击穿特性

击穿特性对应于图 1-12 中的③段。外加反向电压超过某一数值 U_R 后，反向电流突然增大，这种现象称为击穿， U_R 称为击穿电压。

发生击穿的过程很复杂。一般认为，外加反向电压过高时，强大的外电场将共价键中的价电子拉出，使少数载流子数量剧增；强电场使得通过空间电荷区的电子获得很大能量撞击晶体中的原子，产生新的自由电子和空穴，从而形成很大的反向电流。

1.2.3 主要参数

二极管的性能除了用伏安特性表示外，还可以用一些主要数据来表示。这些数据事先测定并归类汇集在手册中，称为参数。半导体器件的参数为满足不同应用范围选择器件提供了方便。二极管主要参数如下。

(1) 最大整流电流 I_{OM}

最大整流电流是指二极管长期工作时，允许通过的最大正向平均电流。电流超过允许值时，PN 结将因过热而烧坏。PN 结的面积越大，最大整流电流也越大。

(2) 最大反向电压 U_{RM}

最大反向电压是保证二极管不被击穿而给出的最高反向工作电压。有关手册上给出的最大反向电压约为击穿电压的一半，以确保二极管安全工作。点接触型二极管的最大反向电压约为数十伏，面接触型可达数百伏。

(3) 最大反向电流 I_{RM}

最大反向电流是指二极管加上最大反向电压时的反向电流。反向电流越大，说明二极管的单向导电性越差，且受温度影响也越大。硅管的反向电流较小，一般在几微安以下。锗管的反向电流较大，一般在几十微安至几百微安之间。

此外，还有最高工作频率、结电容、工作温度等参数，可在有关手册中查到。

【例 1-1】图 1-13(a) 所示电路中，设 $u_i = 10 \sin \omega t\text{ V}$ ， $E_1 = E_2 = 6\text{ V}$ ，二极管具有理想特性（正向导通压降为零，反向截止电阻为无穷大），试画出 u_o 波形。

解：当 u_i 处在正半周时， D_1 截止；且 $u_i < E_2$ 时， D_2 也截止，于是 u_o 随 u_i 变化而变化。当 $u_i \geq E_2$ 时， D_2 导通， $u_o = E_2 = 6\text{ V}$ 。同理， u_i 处在负半周时， D_2 截止；当 $u_i \leq E_1$ 时， D_1

导通, $u_o = -6\text{ V}$ 。这是一个正、反向的限幅电路, u_o 波形如图 1-13(b) 所示。

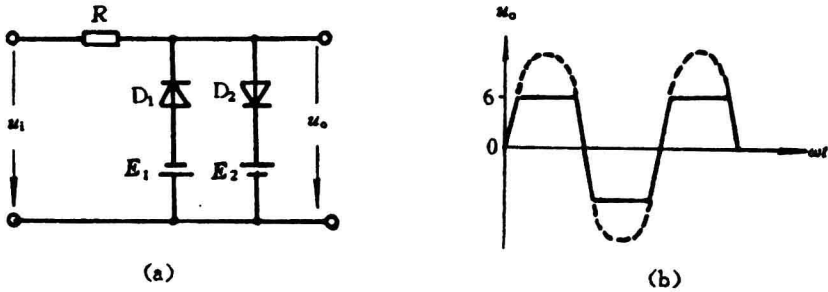


图 1-13 [例 1-1] 图

[例 1-2] 图 1-14(a) 所示电路中, D 为理想二极管。若 u_i 的波形如图 1-14(b) 所示, 试画出 u_o 的波形。

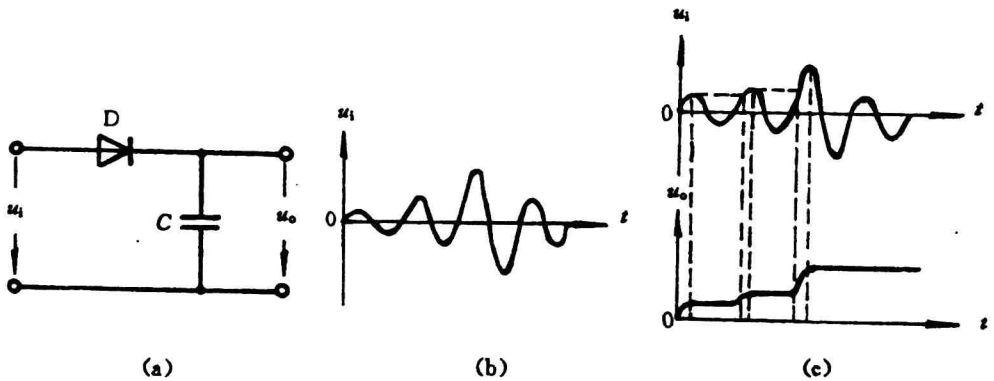


图 1-14 [例 1-2] 图

解: 当二极管 D 导通时, u_i 对 C 充电, 由于 D 为理想二极管, 故 C 上的充电电压紧随 u_i 上升。若 u_i 比 C 上的电压低时, D 截止, 因无放电回路, C 上的电压不变; 若 u_i 超过 C 上的电压时, D 又导通, u_i 又向 C 充电至另一电压值, 最后 u_o 固定在 u_{im} 上。 u_o 的波形如图 1-14(c) 所示。这是一个峰值耦合电路。

1.3 稳压管

稳压管是一种面接触型半导体硅二极管。其特殊之处: 一是采用特殊工艺制造, 使之工作在反向击穿状态时不致损坏; 二是其击穿是可逆的, 反向电压撤销后, 能恢复原来状态。稳压管的符号及伏安特性曲线如图 1-15 所示。