

高等学校教材

电 工 学



电子技术

第二版

◎ 刘润华 主编

中国石油大学出版社



高等学校教材

1278126

图例(910)目録附录

电工学



电子技术

第二版

◎主 编 刘润华

副主编 王焱

王晓红



淮阴师院图书馆1278126



中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学/刘润华,成谢锋等主编. —东营:中国石油大学出版社,2004.3(2007.7重印)

ISBN 978-7-5636-1226-0

I. 电… II. ①刘… ②成… III. ①电工技术 ②电子技术
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 46248 号

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。

电工学 II

电 子 技 术

(第二版)

刘润华 主编

责任编辑:宋秀勇(电话 0546—8396155)

封面设计:九天设计

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址:<http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱:yibian@hdpu.edu.cn

印 刷 者:山东省东营市新华印刷厂

发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0546—8392139)

开 本:170×230 印张:23.5 字数:455 千字

版 次:2007 年 7 月第 2 版第 6 次印刷

定 价:全套定价 49.00 元,本册定价 25.00 元

本书封面覆有中国石油大学出版社标志的激光防伪膜。

本书封面贴有中国石油大学出版社标志激光防伪标签,无标签者不得销售。

目 录

第 1 章 半导体分立器件及其基本电路	(1)
1.1 半导体的基本知识与 PN 结	(1)
1.1.1 半导体的基本知识	(1)
1.1.2 PN 结及其单向导电性	(3)
1.2 半导体二极管及其应用电路	(4)
1.2.1 半导体二极管	(4)
1.2.2 二极管应用电路	(6)
1.2.3 特殊二极管	(6)
1.3 放大电路的基本概念及其性能指标	(9)
1.3.1 放大电路的基本概念	(9)
1.3.2 放大电路的性能指标	(10)
1.4 三极管及其放大电路	(13)
1.4.1 三极管	(13)
1.4.2 共发射极放大电路	(19)
1.4.3 射极输出器	(28)
1.5 场效应管及其放大电路	(29)
1.5.1 绝缘栅型场效应管	(30)
1.5.2 共源极放大电路	(34)
1.5.3 源极输出器	(37)
1.6 多级放大电路	(37)
习 题	(40)
第 2 章 模拟集成电路及应用	(44)
2.1 集成运算放大器	(44)
2.1.1 集成运算放大器的组成	(44)
2.1.2 集成运算放大器的符号和参数	(47)
2.1.3 集成运算放大器的电压传输特性、理想模型和分析依据	(49)
2.2 放大电路中的负反馈	(51)
2.2.1 反馈的基本概念	(51)
2.2.2 反馈放大电路的分类及判别	(52)
2.2.3 负反馈放大电路的四种组态	(54)

2.2.4 负反馈对放大电路性能的影响	(57)
2.3 集成运算放大器的线性应用	(60)
2.3.1 比例运算电路	(60)
2.3.2 加法运算电路	(62)
2.3.3 减法运算电路	(63)
2.3.4 积分运算电路	(65)
2.3.5 微分运算电路	(67)
2.4 集成运算放大器的非线性应用	(68)
2.4.1 单门限电压比较器	(68)
2.4.2 迟滞比较器	(71)
2.5 模拟集成乘法器及其应用	(72)
2.5.1 除法运算电路	(72)
2.5.2 平方根运算电路	(73)
2.6 模拟集成功率放大器及其应用	(74)
2.6.1 功率放大器的分类	(74)
2.6.2 互补对称功率放大电路	(75)
2.6.3 集成功率放大器	(77)
习 题	(77)
第3章 数字电路基础	(83)
3.1 逻辑运算和逻辑函数化简	(83)
3.1.1 概述	(83)
3.1.2 基本逻辑运算和逻辑门	(84)
3.1.3 逻辑代数基本运算规则和基本定律	(89)
3.1.4 逻辑函数的表示方法	(89)
3.1.5 逻辑函数的化简	(91)
3.2 集成逻辑门	(97)
3.2.1 TTL 与非门电路	(97)
3.2.2 CMOS 门电路	(100)
3.2.3 三态门	(101)
3.2.4 使用集成门注意事项	(103)
习 题	(103)
第4章 组合逻辑电路	(105)
4.1 组合逻辑电路的分析	(105)
4.2 组合逻辑电路的设计	(107)
4.3 常用集成组合逻辑电路及其应用	(110)
4.4 综合应用举例	(119)

4.4.1 交通信号灯故障检测电路	(119)
4.4.2 压力、温度信号分时显示电路	(121)
习 题	(121)
第5章 时序逻辑电路	(124)
5.1 集成触发器	(124)
5.1.1 R-S 触发器	(124)
5.1.2 J-K 触发器	(127)
5.1.3 D 触发器	(129)
5.1.4 触发器应用举例	(131)
5.2 常用时序逻辑电路	(133)
5.2.1 寄存器	(133)
5.2.2 计数器	(136)
5.3 半导体存储器	(147)
5.3.1 只读存储器	(148)
5.3.2 随机存储器	(150)
5.4 综合应用举例	(152)
习 题	(155)
第6章 波形的产生与变换	(159)
6.1 正弦波振荡器	(159)
6.1.1 自激振荡	(159)
6.1.2 RC 正弦波振荡器	(161)
6.2 多谐振荡器	(162)
6.2.1 用运放构成的多谐振荡器	(163)
6.2.2 石英晶体多谐振荡器	(165)
6.3 555 定时器及其应用	(166)
6.3.1 555 定时器	(166)
6.3.2 555 定时器的应用	(167)
* 6.4 集成函数发生器 8038 及其应用	(172)
习 题	(175)
第7章 信号的测量与调理	(177)
7.1 电量的测量	(177)
7.1.1 电压的测量	(177)
7.1.2 电流的测量	(179)
7.1.3 功率的测量	(180)
7.1.4 频率的测量	(181)
7.2 非电量的测量	(183)

7.2.1 温度的测量	(184)
7.2.2 压力的测量	(186)
7.2.3 转速的测量	(190)
7.2.4 物位的测量	(192)
7.2.5 其他量的测量	(194)
7.3 信号调理电路	(197)
7.3.1 测量放大器	(197)
7.3.2 隔离放大器	(199)
7.3.3 电压-电流转换器	(200)
7.4 滤波器	(203)
7.4.1 无源 RC 滤波器	(204)
7.4.2 有源滤波器	(205)
* 7.5 智能传感器简介	(206)
习 题	(207)
第 8 章 数据采集系统	(210)
8.1 一般工业测控系统的组成	(210)
8.2 多路模拟开关	(211)
8.3 采样保持器	(212)
8.4 数模转换器	(213)
8.5 模数转换器	(217)
8.6 数据的采集与处理	(221)
8.6.1 采样定理	(221)
8.6.2 数据采集模块简介	(222)
8.6.3 测量数据的处理	(223)
* 8.7 数据采集系统实例	(225)
习 题	(227)
第 9 章 直流稳压电源	(229)
9.1 直流稳压电源的组成	(229)
9.2 单相整流滤波电路	(230)
9.2.1 单相桥式整流电路	(230)
9.2.2 滤波电路	(232)
9.3 串联型线性集成稳压电源	(236)
9.3.1 串联型线性集成稳压电源的工作原理	(236)
9.3.2 三端固定式输出集成稳压器及其应用	(237)
9.4 开关型稳压电源	(240)



9.4.1 串联降压型开关稳压电源	(240)
9.4.2 无工频变压器型开关稳压电源	(242)
习 题	(243)
第 10 章 功率电子技术	(246)
10.1 常用功率电子器件	(246)
10.1.1 晶闸管	(246)
10.1.2 可关断晶闸管	(248)
10.1.3 功率晶体管和功率场效应管	(248)
10.1.4 绝缘栅双极型晶体管	(249)
10.1.5 MOS 控制的晶闸管	(250)
10.2 功率变换电路	(251)
10.2.1 可控整流电路(AC/DC)	(251)
10.2.2 交流调压器(AC/AC)	(258)
10.2.3 逆变器(DC/AC)	(258)
10.2.4 斩波器(DC/DC)	(261)
10.3 功率电子应用系统	(261)
10.3.1 交流电动机变频调速系统	(261)
10.3.2 不停电电源(UPS)	(263)
习 题	(263)
第 11 章 电子设计自动化	(265)
11.1 可编程模拟器件(PAC)与编程技术	(265)
11.1.1 ispPAC 的结构	(266)
11.1.2 ispPAC 的接口与缓冲电路	(271)
11.1.3 ispPAC 的编程与应用	(273)
11.2 可编程逻辑器件(PLD)与编程技术	(280)
11.2.1 PLD 的基本概念和逻辑符号	(280)
11.2.2 PLD 的基本结构	(282)
11.2.3 PLD 的编程与应用	(290)
11.3 EWB 及其应用	(292)
11.3.1 EWB 的基本界面	(293)
11.3.2 EWB 的工具栏	(293)
11.3.3 EWB 的元器件库与仪器库	(294)
11.3.4 EWB 的操作使用	(299)
11.3.5 EWB 的仪器操作	(304)
11.3.6 电子电路的仿真操作过程	(308)
11.3.7 子电路的生成与使用	(309)

11.3.8 网表文件转换和印刷电路板设计	(310)
11.3.9 EWB的分析功能	(312)
11.3.10 仿真举例	(314)
习 题	(319)
第12章 智能建筑信息系统	(321)
12.1 信息通信系统中的程控数字用户交换机系统	(321)
12.1.1 电话交换技术	(321)
12.1.2 电话交换站	(322)
12.1.3 电话电缆线路的配接与线路的敷设	(324)
12.1.4 配套设备	(327)
12.2 共用天线电缆电视系统	(328)
12.2.1 共用天线电缆电视系统主要设备	(328)
12.2.2 CATV系统的设计与计算	(332)
12.2.3 高层建筑的CATV系统	(334)
12.3 防盗与保安系统及其应用	(335)
12.3.1 防盗系统的种类及其应用	(335)
12.3.2 保安系统	(337)
12.3.3 自动门在防盗保安系统中的应用	(340)
12.3.4 现代民用建筑中的智能保安系统	(341)
12.4 民用建筑的消防系统	(343)
12.4.1 火灾的形成与防护方法	(343)
12.4.2 火灾报警探测器	(344)
12.4.3 火灾报警控制器	(346)
12.4.4 消防联动控制系统	(349)
12.4.5 消防系统设备的安装与系统的布线	(351)
12.5 建筑设备管理自动化系统	(354)
12.5.1 建筑设备管理自动化系统的组成	(354)
12.5.2 BAS系统的传输网络	(355)
12.5.3 BAS系统的电源	(357)
12.6 设计案例	(357)
12.6.1 智能小区布线系统工程案例	(357)
12.6.2 智能小区综合管理网络系统设计案例	(360)
部分习题参考答案	(365)
主要参考文献	(368)

第1章 半导体分立器件及其基本电路

半导体器件是近代电子学的重要组成部分,由于半导体器件具有体积小、重量轻、使用寿命长、输入功率小、功率转换效率高等优点而得到广泛的应用。本章首先介绍半导体的基本知识和PN结,然后介绍半导体二极管、三极管和场效应管以及由它们组成的基本电路。学习本章内容时,重要的是掌握半导体器件的外部特性,电路的基本概念和基本分析方法。

基本要求:

- (1) 掌握PN结的单向导电性;
- (2) 了解二极管、稳压管、晶体管的基本构造、工作原理和特性曲线,理解主要参数的意义,熟练掌握晶体管的电流分配和放大作用;
- (3) 理解共射极单管放大电路的结构和工作原理,熟练掌握用工程估算法和微变等效电路法分析放大电路,理解放大电路的图解法;
- (4) 理解射极输出器的基本特点和用途;
- (5) 理解放大电路的频率特性;
- (6) 了解多级放大器的级间耦合方式。

1.1 半导体的基本知识与PN结

1.1.1 半导体的基本知识

在自然界中,存在着许多不同的物质,有的物质很容易传导电流,称为导体。金属一般都是导体。也有的物质几乎不传导电流,称为绝缘体,如橡胶、陶瓷和塑料等。此外还有一类物质,它的导电性能介于导体和绝缘体之间,称它为半导体,如锗、硅、砷化镓、一些硫化物和氧化物等。

在近代电子学中,用的最多的半导体是锗和硅,在它们的原子结构中,最外层都有4个电子,所以它们都是四价元素。电子器件所用的半导体都要提纯为单晶体结构,所以有时把半导体叫做晶体。在这种晶体结构中,原子与原子之间形成了所谓的共价键结构。在绝对零度(即 $T=0\text{ K}$)时,电子被共价键束缚得很紧,不能自由移动,因此不能导电。

当电子受到一定能量的外界激发(如受热或受光),由于电子动能增强,就能

挣脱共价键的束缚成为**自由电子**；同时，在这些自由电子原来的位置上便留下一个空位，这个空位叫做**空穴**。因原子是电中性的，因此，失去电子的原子带正电，称为**正离子**。由于正负电的相互吸引，空穴附近的电子便会填补这个失去电子的空穴，又产生新的空穴或正离子，同样又会有相邻的电子来递补……，如此进行下去，形成所谓的空穴运动。由外界激发而产生的自由电子和空穴是成对出现的。自由电子和空穴分别带负电和正电，它们都称为**载流子**。

因此，半导体材料在外加电压作用下所形成的电流是由自由电子和空穴两种载流子的运动形成的。这是半导体导电与金属导体导电机理的本质区别。

半导体具有下列特性：

(1) 热敏性。当环境温度变化时，半导体中自由电子和空穴的数量发生变化，因此导电性能也发生变化。基于半导体的这种热敏特性，可制成各种温度敏感元件，如热敏电阻等。

(2) 光敏性。当受到外界光照时，半导体中自由电子和空穴的数量会增加，导电性能增强。基于半导体的这种光敏特性，可制成各种光敏元件，如光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管和光敏电池等。

(3) 掺入杂质后使半导体的导电能力发生显著的变化。纯净半导体中的自由电子和空穴是成对出现的，在常温下其数量有限，导电能力不强。若在纯净半导体中掺入某些微量杂质，其导电能力将大大增强。

在硅(或锗)的晶体内掺入少量五价元素，如磷(或锑)等，它们有五个价电子，与相邻的硅原子组成共价键后还多余一个价电子，该电子很容易挣脱磷(或锑)原子核的束缚而成为自由电子。每掺入一个磷(或锑)原子，就有一个自由电子，于是在半导体中有大量自由电子。这种半导体主要靠多数载流子自由电子导电，因此称为**电子型半导体**或**N型半导体**。热激发形成的空穴为少数载流子。

在硅(或锗)的晶体内掺入少量三价元素，如硼(或铝)等，它们有三个价电子，与相邻的硅原子组成共价键后因缺少一个电子而产生一个空位。当相邻硅(或锗)原子中的价电子受到热或其他的激发获得能量时，很容易填补这个空位，而在相邻的硅(或锗)原子中便产生一个空穴。每掺入一个三价原子便提供一个空穴，于是在半导体中产生大量空穴。这种半导体主要靠多数载流子空穴导电，因此称为**空穴型半导体**或**P型半导体**。热激发形成的自由电子为少数载流子。

除上述特性之外，有些半导体还具有压敏、气敏、磁敏等特性，利用这些特性，可以分别制造非常有用的压敏、气敏、磁敏器件。

1.1.2 PN 结及其单向导电特性

在一块半导体基片的两边,采用一定工艺制成 P 型半导体和 N 型半导体,如图 1.1.1 所示。图中 $\oplus$ 代表失去一个电子的五价杂质(如磷)的正离子, $\ominus$ 代表得到一个电子的三价杂质(如硼)的负离子。由于 P 区的空穴浓度大,而 N 区的自由电子浓度大,因此,N 区的自由电子向 P 区扩散,在界面附近的 N 区留下带正电的五价杂质正离子,形成正空间电荷区;P 区的空穴向 N 区扩散,在界面附近的 P 区留下带负电的三价杂质负离子,形成负空间电荷区。这样,在界面处形成了一个很薄的空间电荷区,这就是 PN 结。空间电荷区中的正负电荷形成一内电场,其方向是从带正电荷的 N 区指向带负电荷的 P 区。显然,内电场将阻止多数载流子的进一步扩散,但对 P 区(或 N 区)的少数载流子电子(或空穴)的漂移到 N 区(或 P 区)起推动作用,漂移运动的方向与扩散运动的方向相反。在一定条件下,漂移和扩散达到动态平衡时,PN 结处于相对稳定状态。



图 1.1.1 PN 结

当 PN 结外加正向电压(也称正向偏置)时,即高电位端接 P 区,低电位端接 N 区,如图 1.1.2(a)所示。外加电场与 PN 结内电场方向相反,因而削弱了内电场,空间电荷区变薄,多数载流子的扩散加强,形成正向扩散电流 I_F ,外加电压越大,正向电流就越大。

当 PN 结外加反向电压(也称反向偏置)时,即高电位端接 N 区,低电位端接 P 区,如图 1.1.2(b)所示。外加电场与 PN 结内电场方向相同,因而增强了

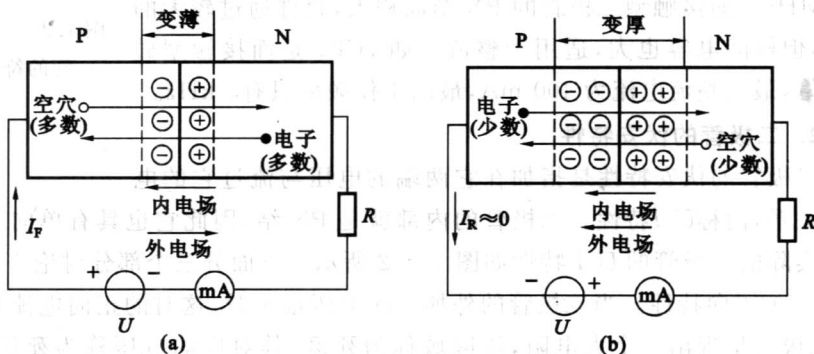


图 1.1.2 PN 结外加电压

(a) 外加正向电压; (b) 外加反向电压

内电场,空间电荷区变厚,少数载流子的漂移加强,形成反向漂移电流 I_R 。由于少数载流子的数量很少且与温度有关,所以 I_R 很小且与温度有关,而几乎与外加电压无关。

综上所述,当 PN 结外加正向电压时,有较大的正向电流,PN 结导通,呈现一低电阻;当 PN 结外加反向电压时,电流很小,PN 结截止,呈现一高电阻,这就是它的单向导电性。PN 结是组成各种半导体器件的基础单元。

【练习与思考】

1.1.1 什么是 P 型半导体? 什么是 N 型半导体?

1.1.2 什么是 PN 结? 其主要特性是什么?

1.2 半导体二极管及其应用电路

1.2.1 半导体二极管

1. 二极管的符号

在 PN 结两端各引出一条电极引线,再把其封装在管壳里就构成二极管,也称晶体二极管。与 P 区相连的电极称为阳极,与 N 区相连的电极称为阴极,二极管的符号如图 1.2.1 所示。

二极管种类繁多,按其制造材料可分为硅二极管和锗二极管;按其结构可分为点接触型和面接触型二极管。点接触型二极管的 PN 结面积很小,因而极间电容小,适用于做小电流高频检波和脉冲数字电路里的开关元件。如 2AP1 是点接触型锗二极管,最大整流电流为 16 mA,最高工作频率是 150 MHz。面接触型二极管的 PN 结面积大,允许通过较大的电流,但极间电容也大,适用于整流。如 2CP1 是面接触型硅二极管,最大整流电流为 400 mA,最高工作频率只有 3 kHz。

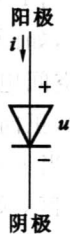


图 1.2.1 二极管的符号

2. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指加在它两端的电压与流过它的电流的关系,简称 $U-I$ 特性。二极管的内部就是 PN 结,因此它也具有单向导电特性。实际的二极管的 $U-I$ 特性如图 1.2.2 所示。下面分三个部分讨论。

(1) 正向特性。当二极管的外加正向电压很小时,这时的正向电流几乎为零,二极管呈现出一个大电阻,该区域称为死区,其对应的电压称为死区电压。硅管的死区电压约为 0.5 V,锗管的死区电压约为 0.1 V。

当正向电压大于死区电压时,内电场被大大削弱,电流 i 因而增长很快,二

极管呈现出一个小电阻。当二极管充分导通后,其正向电压基本维持不变,称为正向导通电压 U_F 。一般硅二极管的 U_F 约为 0.7 V, 锗二极管的 U_F 约为 0.3 V。该区域称为正向导通区。

(2) 反向特性。当二极管外加反向电压时,仅有很小的反向饱和电流 I_R 。一般硅管的 I_R 为纳安级,锗管的 I_R 为微安级。该区域称为反向截止区。

温度升高时,由于少数载流子增加,反向电流将随之增加。但由于少数载流子的数目很少,所以反向饱和电流仍然是很小的。

(3) 反向击穿特性。当反向电压增加到一定值时,反向电流剧增,这叫做二极管的反向击穿。击穿时所对应的电压称为反向击穿电压 $U_{(BR)}$ 。该区域称为反向击穿区。反向击穿后,由于反向电流剧增,如不加以限制,将造成二极管发热而烧坏,失去单向导电特性。因此,反向击穿区为禁止使用区!

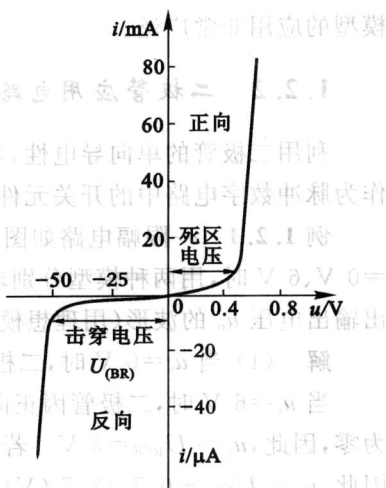


图 1.2.2 二极管的伏安特性

3. 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_{FM} 。指管子长期运行时,允许流过的最大正向平均电流。实际工作时,管子通过的电流不应超过该值,否则将会使管子过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{DRM} 。管子不被反向击穿所允许外加的电压。一般手册上给出的 U_{DRM} 约为击穿电压的一半。

(3) 最大反向电流 I_{RM} 。管子在常温下承受最高反向工作电压 U_{DRM} 时的反向饱和电流,其值愈小,则管子的单向导电性愈好。由于温度增加, I_{RM} 会增加,所以在使用二极管时要注意温度的影响。

4. 二极管的模型

二极管是一非线性器件,一般应采用非线性电路的分析方法。但在近似计算时可将其简化,下面介绍在近似计算中常用的两种模型。

(1) 理想模型。所谓理想模型,是指在正向偏置时,其管压降为零,相当于开关的闭合。当反向偏置时,其电流为零,阻抗为无穷,相当于开关的断开。具有这种理想特性的二极管也叫做理想二极管。在实际电路中,当外加电源电压远大于二极管的管压降时,利用该模型分析是可行的。

(2) 恒压降模型。所谓恒压降模型,是指二极管在正向导通时,其管压降为恒定值,硅管的管压降约为 0.7 V, 锗管的管压降约为 0.3 V。在实际电路中,该

模型的应用非常广泛。

1.2.2 二极管应用电路

利用二极管的单向导电性,可组成整流、检波、限幅、箝位、保护等电路,还可作为脉冲数字电路中的开关元件,应用非常广泛。

例 1.2.1 一限幅电路如图 1.2.3(a)所示, $R=1\text{ k}\Omega$, $U_{\text{REF}}=3\text{ V}$ 。(1)当 $u_i=0\text{ V}$ 、 6 V 时,用两种模型分别求输出电压 u_o 的值;(2)当 $u_i=6\sin\omega t\text{ V}$ 时,画出输出电压 u_o 的波形(用理想模型)。

解 (1) 当 $u_i=0\text{ V}$ 时,二极管因反向偏置而截止,因此, $u_o=0\text{ V}$ 。

当 $u_i=6\text{ V}$ 时,二极管因正向偏置而导通。若用理想模型,二极管导通压降为零,因此, $u_o=U_{\text{REF}}=3\text{ V}$ 。若用恒压降模型,则二极管的导通压降为 0.7 V ,因此, $u_o=U_{\text{REF}}+0.7=3.7\text{ (V)}$ 。

(2) 当输入 $u_i=6\sin\omega t\text{ V}$ 的电压时,只有 u_i 的瞬时值大于 $U_{\text{REF}}=3\text{ V}$ 时,二极管才承受正向电压而导通,此时, $u_o=U_{\text{REF}}=3\text{ V}$ 。当 u_i 的瞬时值小于 $U_{\text{REF}}=3\text{ V}$ 时,二极管因承受反向电压而截止,此时, $u_o=u_i=6\sin\omega t\text{ V}$ 。其输出波形如图 1.2.3(b)所示。

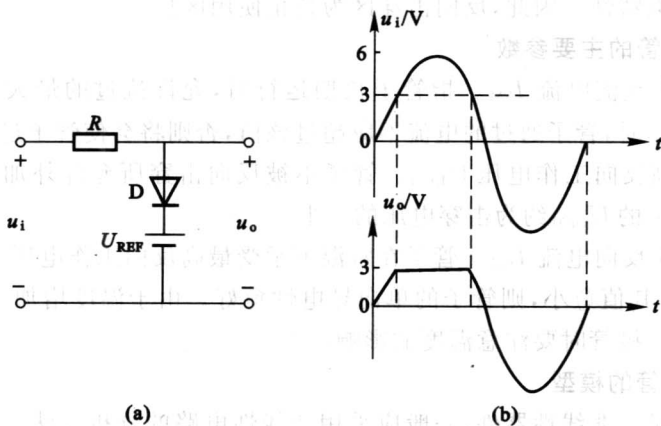


图 1.2.3 例 1.2.1 的图和波形

1.2.3 特殊二极管

除了上面介绍的普通二极管外,还有若干种具有特殊用途的特殊二极管,现分别介绍如下。

1. 稳压二极管

稳压二极管是一种用特殊工艺制造的面接触型硅二极管。它的外形和内部

结构与普通二极管相似,也有两个电极(阳极和阴极)。

稳压二极管的伏安特性和符号如图 1.2.4 所示。从特性曲线来看,其正向特性和普通二极管一样,而反向击穿特性曲线很陡,电流在很大范围内变化而电压基本恒定。因此,稳压二极管在实际应用中,主要利用这段特性进行稳压。稳压二极管的反向电压达到击穿电压 U_Z 后,由于制造工艺的特殊性,稳压二极管并不因击穿而损坏。但如果反向电流太大,超过允许的最大值,或者管子的功率损耗超过允许值,那么管子便产生不可逆的热击穿,稳压二极管就烧坏了。为此,稳压二极管在使用时必须串联一个适当的限流电阻。

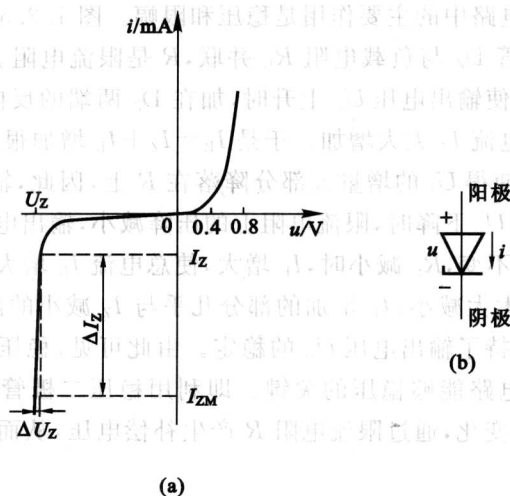


图 1.2.4 稳压二极管的伏安特性与符号

稳压二极管的主要参数有:

- (1) 稳定电压 U_Z 。即稳压二极管反向击穿后稳定工作的电压。
- (2) 稳定电流 I_Z 。工作电压等于稳定电压时的工作电流,即为管子的正常工作电流。
- (3) 动态电阻 r_Z 。在稳定电压范围内,管子两端电压的变化量与工作电流的变化量之比,即

$$r_Z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} \quad (1.2.1)$$

从图 1.2.4 可见, r_Z 和击穿特性曲线的斜率有关,曲线愈陡, r_Z 就愈小,稳压性能就愈好。

- (4) 温度系数 α_U 。当稳压二极管中的电流等于稳定电流 I_Z 时,环境温度改变 1°C ,稳定电压变化的百分比称为温度系数 α_U 。例如,2CW21G 的电压温度系

数为 $0.06\%/^{\circ}\text{C}$ 。若 $U_Z=7\text{ V}$ ，则环境温度升高 1°C 时，稳定电压将增加 $\Delta U_Z=0.06\%/^{\circ}\text{C}\times 7=4.2\text{ (mV)}$ 。

通常温度系数和稳定电压之间有一定的关系。当 $U_Z<5.6\text{ V}$ 时，具有负温度系数；当 $U_Z>5.6\text{ V}$ 时，具有正温度系数，而 U_Z 接近 5.6 V 左右时，温度系数接近于零。

(5) 最大耗散功率 P_M 。管子不致产生热击穿的最大功率损耗。 $P_M=U_Z I_{ZM}$ ，已知 P_M 就可求出最大工作电流 $I_{ZM}=P_M/U_Z$ ，随着环境温度的升高，极限参数 P_M 和 I_{ZM} 将下降。

稳压二极管在电路中的主要作用是稳压和限幅。图 1.2.5 为稳压二极管稳压电路。稳压二极管 D_Z 与负载电阻 R_L 并联， R 是限流电阻。稳压原理如下：若输入电压 U_i 上升使输出电压 U_o 上升时，加在 D_Z 两端的反向电压略有增加，随之稳压二极管的电流 I_Z 大大增加。于是 $I_R=I_Z+I_L$ 增加很多，在限流电阻 R 上的压降 U_R 增加，使得 U_i 的增量大部分降落在 R 上，因此，输出电压 U_o 基本维持不变。反之，当 U_i 下降时，限流电阻上的压降减小，输出电压也基本维持不变。当输入电压 U_i 不变， R_L 减小时， I_L 增大，使总电流 I_R 增大，输出电压 U_o 降低，流过 D_Z 的电流大大减小， I_L 增加的部分几乎与 I_Z 减小的部分相等，使总电流几乎不变，从而保持了输出电压 U_o 的稳定。由此可见，稳压二极管的电流调节作用是这种稳压电路能够稳压的关键。即利用稳压二极管端电压的微小变化，引起电流较大的变化，通过限流电阻 R 产生补偿电压，从而使输出电压基本保持不变。

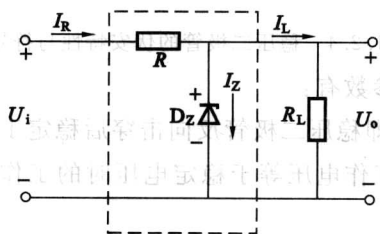


图 1.2.5 稳压二极管稳压电路

2. 发光二极管

发光二极管是一种将电能转换成光能的特殊二极管(发光器件)，简写成 LED，其符号如图 1.2.6 所示。其基本结构是一个 PN 结，但正向导通电压比普通二极管高，一般为 $1\sim 2\text{ V}$ ，且具有普通二极管没有的发光能力。当这种管子通以正向电流时将发出光来，这是由于电子与空穴直接复合而释放能量的结果。发光二极管常采用砷化镓、磷化镓等化合物半导体制成，其发光颜色主要取决于