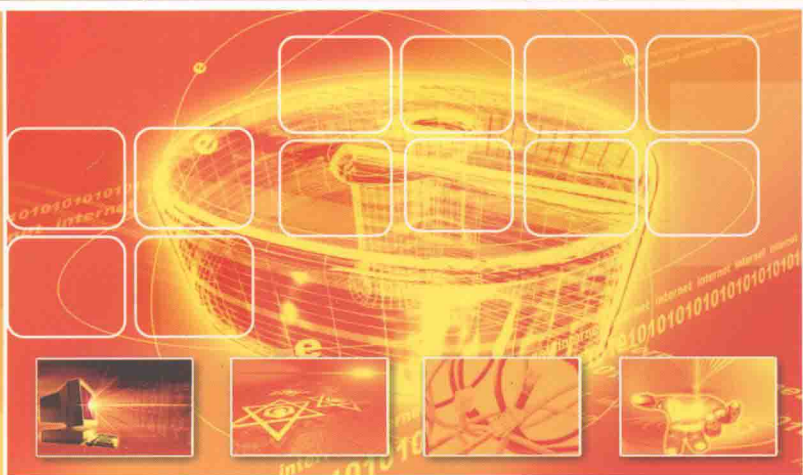




高等职业教育“十二五”规划教材
高职高专电子信息类系列教材

电子技术基础与应用



陈希球 主编



免费提供
电子课件



科学出版社

高等职业教育“十二五”规划教材

高职高专电子信息类系列教材

电子技术基础与应用

陈希球 主编

余佑财 张业明 刘胜奇 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍了常用电子电路的基础知识及一些应用电路实例,内容涵盖了模拟电子电路和数字电子电路的有关知识。其中,模拟电子部分介绍了半导体、集成运放、集成稳压电源、集成功放等元器件及其相关电路;数字电子部分介绍了组合逻辑电路和时序逻辑电路的设计和分析方法。

本书既可作为高职高专院校工科机电类专业的基础课教材,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础与应用/陈希球主编. —北京:科学出版社,2012
ISBN 978-7-03-033280-6

I. ①电… II. ①陈… III. ①电子技术-高等职业教育-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 001282 号

责任编辑:赵丽欣 郭丽娜 戴 薇 / 责任校对:耿 耘
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 2 月第一次印刷 印张:9

字数:213 000

定价:20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<路通>)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62134021

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

本书坚持“够用、实用、能用”的基本原则，在机电类课程改革的大背景下，依据高等职业院校机电类专业电子技术基础的教学要求编写而成。

电子技术基础是工科机电类专业的职业基础性课程。该课程的教学目标是通过理论联系实际，使学生在获得必要的基础知识的同时获得解决实际问题的能力，并通过技能训练培养学生的综合实践能力。

根据对机电类专业学生完成典型工作任务所需知识和基本技能的要求，本书分为两篇：模拟电子技术和数字电子技术。模拟电子技术部分主要介绍二极管、晶体管、集成运放、集成稳压电源和集成功放等元器件，同时也介绍了相关电路，如放大电路、负反馈电路、运算电路、电源电路等，在介绍时列举了一些实际应用例子。数字电子技术部分介绍了组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类，并介绍了电路的设计和分析方法，列举了实际应用中的典型电路。

本书力求简单明了、内容清晰、实用性强，做到理论联系实际。每章之后均附有习题，可帮助读者自我检测或复习、巩固所学内容。

本书由陈希球任主编，余佑财、张业明、刘胜奇任副主编，李星活、湛茂溪、陈玉、张莲、袁方、李慧参与了编写。

为了方便教学，本书配有免费电子课件，有需要的读者请到科学出版社网站 www.abook.cn 下载。

由于编者水平有限，错误与不妥之处在所难免，敬请读者不吝批评指正。

目 录

第 1 篇 模拟电子技术基础

第 1 章 半导体基础知识	3
1.1 二极管	4
1.1.1 二极管的分类	4
1.1.2 二极管的电路符号与外形	4
1.1.3 二极管的主要参数	5
1.1.4 二极管的伏安特性	5
1.1.5 二极管的检测	6
1.2 稳压二极管	7
1.2.1 稳压二极管的伏安特性	7
1.2.2 稳压二极管的主要参数	8
1.2.3 稳压二极管的检测	9
1.3 晶体管	9
1.3.1 晶体管的分类	9
1.3.2 晶体管的结构和符号	10
1.3.3 晶体管的放大概念和三种连接方式	10
1.3.4 晶体管的特性曲线	11
1.3.5 晶体管的主要参数	13
习题	14
第 2 章 整流与滤波电路	15
2.1 单相半波整流电路	15
2.2 单相桥式整流电路	16
2.3 滤波电路	18
习题	19
第 3 章 基本放大电路	20
3.1 放大器概述	20
3.1.1 放大器原理	20
3.1.2 放大器性能要求	20
3.2 基本放大电路的组成及工作原理	22
3.2.1 放大电路的组成	22

3.2.2 放大电路的工作过程	23
3.3 放大器的动态分析方法	25
3.3.1 交流通路	25
3.3.2 放大器的电压增益、输入和输出电阻	26
3.4 稳定工作点的放大电路	27
3.4.1 温度对静态工作点的影响	28
3.4.2 分压式偏置电路	28
3.5 放大电路的三种接法	30
3.5.1 共集电极放大电路	30
3.5.2 共基极放大电路	31
3.6 多级放大器	32
3.6.1 多级放大器的常用耦合方式	32
3.6.2 多级放大器的分析	33
习题	34
第4章 负反馈放大器	36
4.1 负反馈的基本概念	36
4.1.1 反馈	36
4.1.2 反馈放大器的组成	36
4.1.3 反馈放大器的基本关系式	37
4.2 反馈放大器的分类	37
4.3 负反馈对放大器的影响	40
习题	41
第5章 直流稳压电源	43
5.1 稳压管组成的稳压电路	43
5.1.1 电路结构	43
5.1.2 稳压过程的分析	43
5.1.3 电路参数的选择	44
5.2 晶体管串联型稳压电路	44
5.2.1 电路结构	44
5.2.2 稳压过程的分析	45
5.3 集成稳压电路	46
5.3.1 三端固定式稳压器	46
5.3.2 实用电路举例	47
5.3.3 可调式三端稳压器	48
5.3.4 集成稳压器的主要参数	49
习题	49

第 6 章 功率放大器	51
6.1 概述	51
6.1.1 功率放大器的要求	51
6.1.2 功率放大器的分类	52
6.2 互补对称式功率放大器	52
6.2.1 单管甲类功率放大器	53
6.2.2 乙类功率放大器	53
6.3 集成功率放大器	56
6.3.1 小功率通用型集成功率放大器 LM386	56
6.3.2 集成电路 BTL 功率放大器 LM1875	57
6.4 典型功率放大电路的分析	59
习题	60
第 7 章 集成运算放大器	61
7.1 差分放大器	61
7.1.1 直接耦合放大器的组成及零点漂移现象	61
7.1.2 差分放大电路	63
7.2 集成运放的基础知识	64
7.2.1 集成运放的电路组成及各部分的作用	65
7.2.2 集成运放的图形符号	65
7.2.3 集成运放的主要参数	65
7.2.4 理想集成运放	66
7.3 集成运放的应用电路	67
7.3.1 反相比例运算放大器	67
7.3.2 同相比例运算放大器	68
7.3.3 反相加法运算电路	69
7.3.4 减法运算电路	70
7.3.5 信号转换电路	70
7.4 集成运放的使用常识	71
7.4.1 集成运放的保护措施	71
7.4.2 集成运放常见的故障分析	72
习题	73

第 2 篇 数字电子技术基础

第 8 章 数字电路基础知识	77
8.1 数字电路概述	77
8.1.1 数字信号与数字电路	77

8.1.2 数制	78
8.2 半导体器件的开关特性	81
8.2.1 理想普通开关的特性	81
8.2.2 二极管与晶体管的开关特性	81
习题	83
第9章 逻辑代数基础	84
9.1 基本逻辑运算和法则	84
9.1.1 逻辑运算及法则	84
9.1.2 逻辑代数基本定律	85
9.2 逻辑函数的表示方法	85
9.2.1 真值表表示法	86
9.2.2 表达式表示法	86
9.2.3 卡诺图表示法	87
9.3 逻辑函数的化简	87
9.3.1 并项法	87
9.3.2 吸收法	87
9.3.3 配项法	88
习题	88
第10章 逻辑门电路	90
10.1 基本逻辑关系	90
10.1.1 逻辑与	90
10.1.2 逻辑或	90
10.1.3 逻辑非	91
10.2 典型的逻辑门电路	91
10.2.1 与门	91
10.2.2 或门	91
10.2.3 非门	92
10.2.4 与非门	92
10.2.5 或非门	92
10.2.6 与或非门	93
10.2.7 异或门	93
习题	94
第11章 组合逻辑电路	95
11.1 组合逻辑电路的分析和设计	95
11.1.1 组合逻辑电路的特点	95
11.1.2 组合逻辑电路的分析	95

11.1.3 组合逻辑电路的设计	96
11.2 半加器与全加器	98
11.3 编码器	99
11.4 译码器	104
11.5 LED 数码显示器	107
习题	110
第 12 章 触发器	112
12.1 RS 触发器	112
12.1.1 基本 RS 触发器	112
12.1.2 时钟控制的 RS 触发器	114
12.2 主从 JK 触发器	116
12.2.1 D 触发器	118
12.2.2 T 触发器和 T' 触发器	119
习题	119
第 13 章 时序逻辑电路	121
13.1 时序逻辑电路概述	121
13.2 寄存器	122
13.3 计数器	124
13.4 集成计数器的应用方法和举例	127
习题	131
参考文献	133

第 1 篇

模拟电子技术基础

第 1 章

半导体基础知识

半导体是构成半导体器件的重要基础，半导体器件是半导体电路的核心部分。学习半导体电路，必须首先了解半导体器件的工作原理，掌握它的工作特性和参数。半导体器件的种类有很多，本章只讨论半导体器件中的二极管和晶体管。

导电能力介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体，如硅、锗、砷化镓等。半导体的导电特性（电阻率）受到温度、光照、掺杂浓度等各种因素的影响。

（1）热敏特性

温度升高，大多数半导体的电阻率将下降。例如，温度每升高 10°C ，纯锗的电阻率就会减少到原来的一半左右。由于半导体的电阻率对温度特别敏感，利用这种特性就可以做成各种热敏元器件。

（2）光敏特性

许多半导体受到光照辐射后，电阻率会下降。例如，硫化镉在没有光照时，电阻值高达几十千欧，受到光照时电阻值可降到几十欧。利用这种特性可制成各种光电元器件，如光电池等。

（3）掺杂特性

在纯净的半导体中掺入微量的某种杂质后，它的导电能力将大大增强。例如，在纯硅中掺入百万分之一的硼后，硅的电阻率就从大约 $2 \times 10^3 \Omega \cdot \text{m}$ 减小到 $4 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{m}$ 左右。利用这种特性制成两种类型的掺杂半导体，以这两种半导体为基础的 PN 结，构成了系列的半导体器件，如二极管、双极型晶体管、场效应晶体管等。

纯净的半导体掺入微量元素后就成为杂质半导体。杂质半导体内有两种运载电荷的粒子：电子（带负电）和空穴（带正电）。电子和空穴如果相碰，电子和空穴都会消失，称为复合。掺入少量硼元素的半导体就可以形成 P 型半导体。P 型半导体主要靠空穴导电，多数载流子是空穴，自由电子是少数载流子。掺入少量磷元素的半导体可以形成 N 型半导体，N 型半导体主要靠电子导电，多数载流子是自由电子，空穴是少数载流子。P 型或 N 型半导体的导电能力增强，但与金属的导电能力相比仍有很大差距。

将 P 型半导体和 N 型半导体经过特殊的工艺加工紧密结合在一起，在两者的交界处便形成了一个特殊的接触面，称为 PN 结。

实验证明，PN 结具有单向导电的特性，即 PN 结加正向电压（电源的正极接 P

区, 负极接 N 区) 时导通, 加反向电压 (电源的正极接 N 区, 负极接 P 区) 时截止。

1.1 二极管

二极管是由一个 PN 结组成的半导体器件, 有两个电极, 从 P 型半导体引出的极为正极, 从 N 型半导体引出的为负极。二极管具有单向导电性。

1.1.1 二极管的分类

- 1) 按照材料分: 锗二极管、硅二极管、砷化镓二极管。
- 2) 按照结构分: 点接触二极管、面接触二极管、平面型二极管, 其结构如图 1-1。
- 3) 按照用途分: 稳压二极管、变容二极管、发光二极管、光电二极管。
- 4) 按照组装方式分: 插装二极管、贴片二极管。

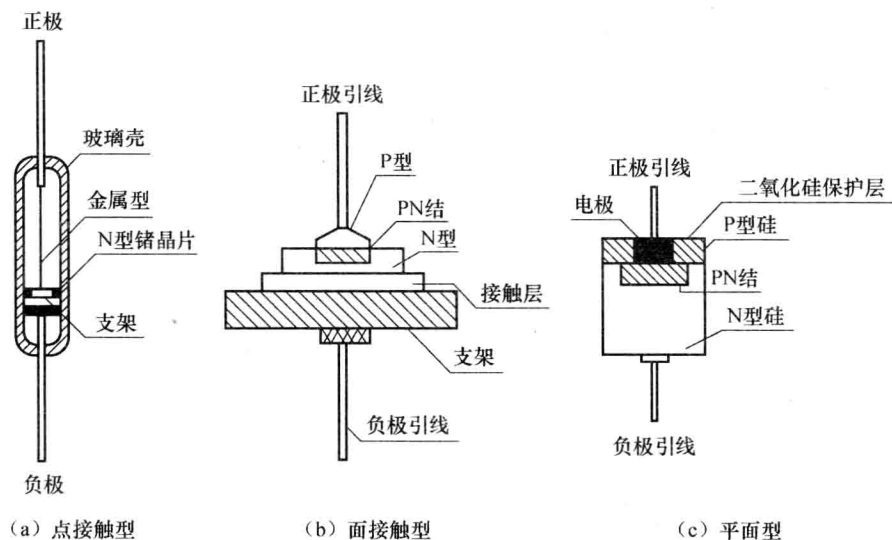


图 1-1 二极管的结构

1.1.2 二极管的电路符号与外形

- 1) 常用二极管的电路符号如图 1-2 所示。

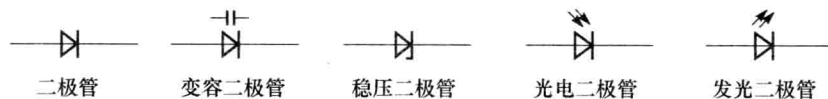


图 1-2 二极管的电路符号

- 2) 常用二极管实物如图 1-3 所示。

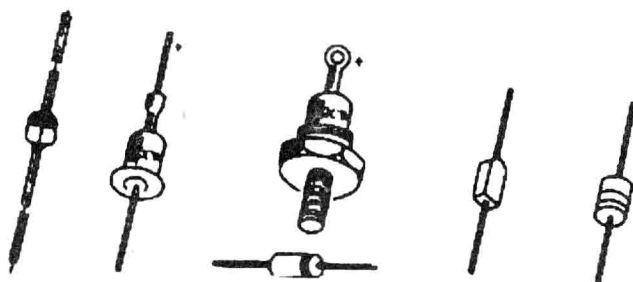


图 1-3 常用二极管实物

1.1.3 二极管的主要参数

器件的参数是定量描述器件性能、质量和安全工作范围的重要数据，是合理选择和正确使用器件的依据。半导体二极管的主要参数和意义如下。

- 1) 最大整流电流 I_F ：指二极管长期运行时，允许通过的最大正向平均电流。
- 2) 最高反向工作电压 U_{RM} ：指二极管工作时允许加的最大反向电压。超过此值，二极管就容易发生反向击穿。
- 3) 反向电流 I_R ：指二极管未击穿时的反向电流。 I_R 越小，二极管的单向导电性能越好。 I_R 对温度很敏感，使用时要注意环境温度条件。
- 4) 最高工作频率 f_M ： f_M 与 PN 结电流有关，工作频率超过 f_M 时，反向电流很大，二极管的单向导电性变差。

1.1.4 二极管的伏安特性

二极管最基本的特性就是单向导电性（大于死区电压之后会导通，加反向电压之后会使二极管处于截止状态），可以用伏安特性曲线来描述这一特性。伏安特性曲线就是器件所承受电压与流过的电流之间的函数关系。二极管的伏安特性曲线如图 1-4 所示。

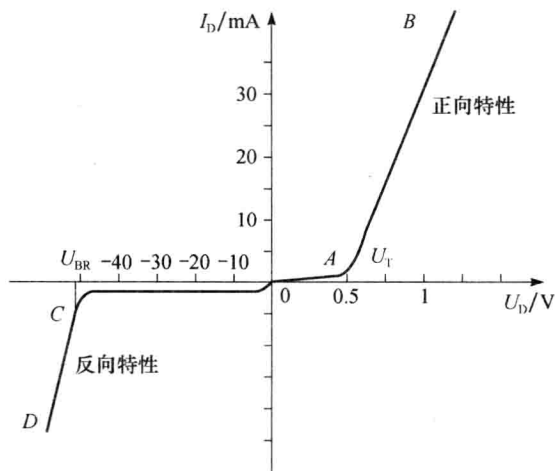


图 1-4 二极管的伏安特性曲线

1. 正向特性曲线

当二极管的正向电压很小时,几乎没有电流通过二极管,这一电压称为死区电压。其中,硅管的死区电压为 0.7V 左右,锗管的死区电压为 0.3V 。当二极管的正向电压大与死区电压后,正向电流迅速增加,二极管呈导通状态,如图中 AB 段,我们把此范围叫做正向导通区。

2. 反向特性曲线

当二极管加上反向电压时,只有极小的反向电流不随反向电压的变化而变化。二极管呈截止状态,如图中 OC 段,此范围叫做反向截止区。继续加大反向电压,当增大到一定数值时,反向电流急速增加二极管进入反向击穿状态,如图 CD 段,此区域叫做反向击穿区,此数值称为反向击穿电压。因为二极管在较大的反向电流作用下是很容易损坏的,所以一般普通的二极管应避免工作在反向击穿区。

1.1.5 二极管的检测

1. 标志法

大多数小功率二极管靠近负极的外壳上标有一个色环,有些二极管外壳上有二极管符号,依次表示二极管的正极和负极。发光二极管的正极和负极可从引脚长短来识别,长脚为正极,短脚为负极。二极管的极性显示如图 1-5 所示。

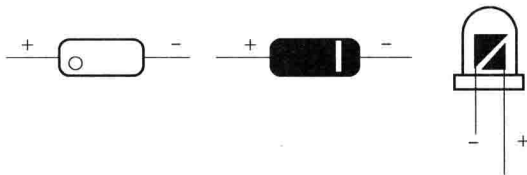


图 1-5 二极管极性

2. 测量法

二极管具有单向导电性,即正向导通、反向截止,因此可以用万用表的欧姆挡来判别二极管的正极和负极以及 PN 结的好坏。将指针万用表拨至 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡测量。由于二极管是非线性器件,用不同量程的欧姆表或不同型号的万用表测量同一个二极管时,测出的二极管正向电阻值(或反向电阻值)是不同的。但是质量好的二极管正向电阻很小,反向电阻很大,正反向电阻值相差可达几百倍。二极管极性的判断方法如图 1-6 所示,通过测量正反向电阻值可以准确地判断出二极管的极性。

【例 1-1】 电路如图 1-7 所示,试确定二极管是正偏还是反偏。设二极管正偏时的正向压降为 0.7V ,估算 U_A 、 U_B 、 U_C 、 U_D 、 U_{AB} 、 U_{CD} 。

解: 图 1-7(a) 中,二极管两端加的电压为反偏电压,二极管处于截止状态,电路在二极管处类似断开。故 $U_A=10\text{V}$, $U_B=0\text{V}$, $U_{AB}=10\text{V}$ 。

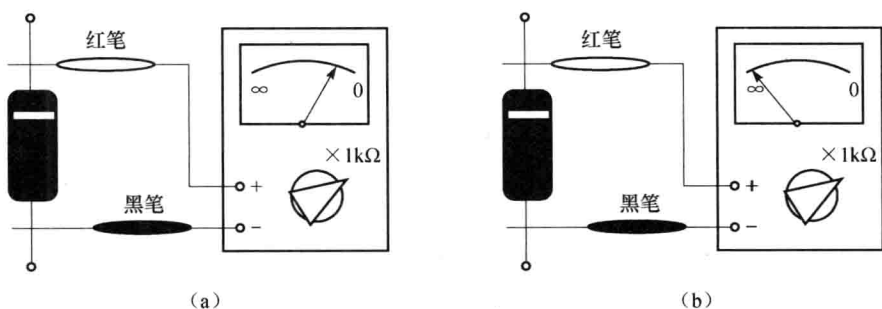


图 1-6 测量法判断二极管极性

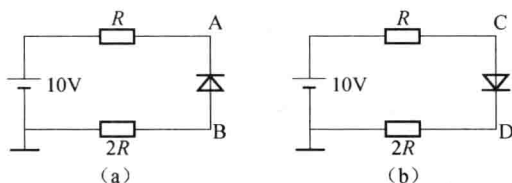


图 1-7 例 1-1 用图

图 1-7(b) 中, 二极管两端电压为正偏电压, 二极管处于导通状态, 两端压降为 0.7V , 故两电阻串联分压 R 两端电压为 $(10 - 0.7) \div 3 = 3.1\text{V}$ 。

$$U_C = 10\text{V} - 3.1\text{V} = 6.9\text{V}$$

$$U_D = 6.9\text{V} - 0.7\text{V} = 6.2\text{V}$$

$$U_{CD} = 0.7\text{V}$$

1.2 稳压二极管

稳压二极管又称齐纳二极管, 它是一种用特殊工艺制造的面接触型硅半导体二极管, 是用来稳压的二极管。其特点是二极管反向击穿时, 其两端电压值几乎不随流过二极管的电流变化而变化, 在使用时其接法和普通二极管正好相反, 即二极管处于反向偏置, 工作在反向击穿状态, 利用反向击穿特性来稳定直流电压。其符号如图 1-8 所示。



图 1-8 稳压二极管

稳压二极管的击穿电压值就是它的稳定电压值。利用这个特性, 可以用来保持电路中电压的稳定。把稳压二极管接入电路以后, 如果电源电压发生波动或由于其他原因造成电路中各点电压变动, 稳压二极管可以使负载两端的电压基本保持不变。稳压二极管常被作为电压基准器件或过压保护器件来使用。

1.2.1 稳压二极管的伏安特性

图 1-9 是稳压二极管的伏安特性曲线。它的正向特性与普通二极管的相似。稳压二极管工作在反向击穿区的 A 点与 B 点之间, 特性曲线陡峭, 二极管两端的变化很小, 具有恒压性能, 利用这一点可以实现稳压作用。

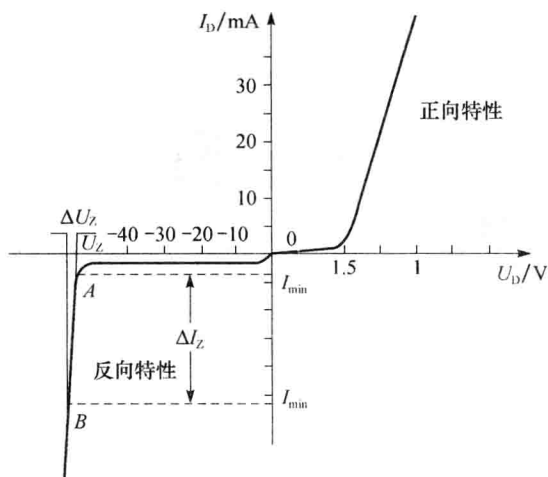


图 1-9 稳压二极管的伏安特性曲线

1.2.2 稳压二极管的主要参数

1) 稳定电压 U_Z : 指稳压二极管在正常工作状态下两端的电压。由于工艺制造原因, 即使同一型号的稳压二极管, 其 U_Z 的分散性也较大。例如 2CW54 型稳压管, 测试电流为 10mA 时, U_Z 为 5.5~6.5V。

2) 额定功耗 P_Z 是由稳压二极管的温度来决定的参数, 其值为它允许的最大工作电流 I_{Zmax} 和稳压 U_Z 的乘积, 在使用过程中若超过此值, 稳压二极管将被烧坏。

3) 稳定电流 I_Z 是稳压管工作时的电流参考值。

4) 最小稳定电流 I_{Zmin} : 指稳压管工作时, 反向电流必须大于 I_{Zmin} , 否则不能稳压。

5) 最大稳定电流 I_{Zmax} : 指稳压管长期工作允许通过的最大反向电流。稳压管工作电流应小于 I_{Zmax} 。

6) 动态电阻 R_Z 是稳压二极管两端电压的变化量和稳定电流变化量之比。

7) 温度系数 C_{TV} 是稳定电压受温度影响的参数, 其值为温度每升高 1℃ 时, 稳定电压的相对变化量。 C_{TV} 越小, 稳压二极管性能越好。

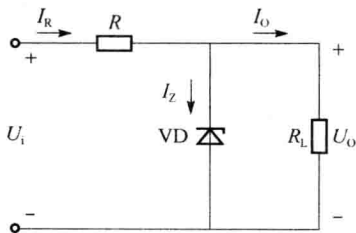


图 1-10 稳压二极管稳压电路

以上过程可表示如下:

$$U_i \uparrow \rightarrow U_O \uparrow \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_O \downarrow$$

【例 1-2】 稳压二极管常用稳压电路如图 1-10 所示。稳压二极管并联在负载 R_L 的两端, 能使负载的两端电压 U_O 在 U_i 与 R_L 变化时基本保持稳定。稳压二极管工作在击穿区, 试分析其稳压过程。

解: 1) 当 R_L 不变, 而 U_i 升高时, 引起输出电压的 U_O 也升高, 并联在负载两端的稳压二极管电压升高后, 导致 I_Z 大大增加, 为负载串联的电阻 R 上的压降 $U_R = (I_O + I_Z)R$ 也随之增加, 从而使输出电压下降。