



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

电子技术基础

马 磊 主编 ●



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

电路基础与实践	李元庆
电路CAD	贾海瀛
电工学（第三版）	王 浩
应用电子技术实训	朱传琴
电工技术及应用	孙爱东
电工测试与实验基础（第二版）	李巧娟
电子技术基础	马 磊
电工基础与电子技术实验	马 磊
高级电工技能训练与考核	杨金桃
电力电子技术（第三版）	袁 燕
电机运行与检修	谢胜利
电机及拖动基础	莫莉萍
电机设备运行与维护	张秀阁
自动控制原理（第二版）	张志钢
自动控制原理与系统（第二版）	王诗军
单片机技术与应用	张晓峰
单片机应用技能教程	谢伟红
计算机控制技术	丁卫东
可编程控制器原理及应用	张 杰
过程控制与自动化仪表	王诗军
传感检测技术（第二版）	王晓敏
工厂供配电	庞丽芹
供配电技术（第三版）	夏国明
供配电技术	王艳华
电气设备运行与维护	吴 靓



中国电力出版社教材中心
教材网址 <http://jc.cepp.sgcc.com.cn>
服务热线 010-63412706 63412548

ISBN 978-7-5123-4071-8



定价：22.00 元



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

电子技术基础

主 编 马 磊
副主编 陈 梅
编 写 郑庆利
主 审 唐 忠



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。本书根据高职高专“电子技术”课程教学大纲编写而成，在内容取材和编排上，本着“必需、够用、会用”的编写思路，以提高学生的职业技能和应用能力为培养目标。本书共有10章，主要内容包括常用半导体器件、基本放大电路、电子电路中的反馈、集成运算放大器的应用、直流稳压电源、数字电路基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器电路和时序逻辑电路。

本书可作为高职高专院校电气类、机械类和计算机类“电子技术”课程的教学用书，也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

电子技术基础 / 马磊主编. —北京：中国电力出版社，
2013.2

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5123-4071-8

I. ①电… II. ①马… 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（2013）第 029587 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 280 千字
定价 22.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

本书根据高职高专“电子技术”课程教学大纲编写而成，在内容取材和编排上，本着“必需、够用、会用”的编写思路，以提高学生的职业技能和应用能力为培养目标。

为提高高职、高专学生的操作技能和职业能力，多数学校相对减少了专业基础课的理论课时。怎样利用有限的课时让学生了解和掌握“电子技术”课程中“必需且重要”的知识，并能应用这些知识解决实际问题是当前高职、高专理论教学中的一个难点问题。本书在这方面做了三点尝试：

（1）精选内容，以“必需”为特色。教材中介绍的相关知识对高职、高专工科学生来讲都是必需且重要的。学生通过对本教材的学习，可以获得电子技术方面的基本知识和理论。

（2）调整内容结构，以“够用”为度。本书在编排中，对分立元件构成的电子电路作了较大幅度删减，而把重点放在介绍常用集成电路的功能和应用上，以适应电子技术领域发展的方向。

（3）提高技能，以“会用”为目标。教材中对相关知识在讲清基本概念和理论的基础上，着重通过对典型例题的分析，培养学生利用理论知识解决实际问题的能力。

本书由上海电机学院马磊担任主编，并编写第6~10章和附录，郑庆利编写第1章，陈梅编写第2~5章。全书由马磊负责统稿。上海电力学院的唐忠教授作为主审审阅了全书内容，并提出了详细的修改建议，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，希望使用本书的老师和学生批评指正。

编者

2012年11月

目 录

前言

第1章 常用半导体器件	1
1.1 半导体的基本知识	1
1.2 半导体二极管	2
1.3 特殊二极管	5
1.4 半导体三极管	8
1.5 场效应管	14
本章小结	18
习题	18
第2章 基本放大电路	22
2.1 电压放大电路的工作原理	22
2.2 放大电路的静态分析和动态分析	24
2.3 静态工作点稳定电路	31
2.4 多级电压放大电路	35
2.5 功率放大电路	39
2.6 直流放大电路	41
2.7 集成运算放大器	45
本章小结	47
习题	48
第3章 电子电路中的反馈	53
3.1 反馈的基本概念	53
3.2 反馈电路的类型	56
3.3 负反馈对放大电路性能的影响	57
3.4 正弦波振荡电路简介	61
本章小结	64
习题	65
第4章 集成运算放大器的应用	68
4.1 集成运算放大器的线性应用	68
4.2 集成运算放大器的非线性应用	75
4.3 非正弦波发生器	79
4.4 运算放大器使用时应注意的问题	82
本章小结	83

习题	84
第 5 章 直流稳压电源	88
5.1 单相整流电路	88
5.2 滤波电路	91
5.3 稳压电路	94
本章小结	98
习题	99
第 6 章 数字电路基础	101
6.1 数字电路概述	101
6.2 不同进制数的相互转换	102
6.3 基本门电路	105
6.4 逻辑函数的公式化简法	109
6.5 逻辑函数的卡诺图化简法	111
本章小结	116
习题	117
第 7 章 集成逻辑门电路	119
7.1 TTL 集成门电路	119
7.2 CMOS 集成门电路	123
本章小结	126
习题	126
第 8 章 组合逻辑电路	128
8.1 组合逻辑电路的分析	128
8.2 组合逻辑电路的设计	129
8.3 编码器	132
8.4 译码器	137
8.5 数据选择器	142
本章小结	145
习题	145
第 9 章 触发器电路	148
9.1 基本 RS 触发器	148
9.2 边沿触发器	151
9.3 555 时基电路	155
本章小结	159
习题	160
第 10 章 时序逻辑电路	163
10.1 寄存器	163

10.2 计数器	167
本章小结	173
习题	174
附录 A 常用二极管、稳压管、三极管的型号和参数	177
参考文献	179

第1章 常用半导体器件

【本章提要】

常用半导体器件包括半导体二极管、稳压管、三极管和场效应管等，了解半导体器件的结构、功能是正确分析和使用的基础。本章主要介绍PN结的导电特性及二极管、稳压管、三极管的结构、功能、主要参数和基本应用电路。

1.1 半导体的基本知识

学习目标

- 了解半导体材料的类型和导电特点。
- 掌握PN结的单向导电原理。

1.1.1 半导体的导电特性

自然界的材料按其导电能力的差异，可分为导体、半导体和绝缘体三类。半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间，常温下半导体的导电能力很弱，但是在外界因素影响下，其导电能力会发生显著改变，主要体现在以下几个方面：

1. 热敏特性

有些半导体材料对温度变化反应灵敏，温度升高时，导电能力会显著提高。利用这种特性可以做成各种热敏元件，在自动检测等领域得到广泛应用。

2. 光敏特性

有些半导体材料对光照强度反应灵敏，光照强烈时，导电能力会显著提高。利用半导体的光敏特性可以制成各种光敏电阻、光敏电池等。

3. 掺杂特性

在半导体中掺入少量有用杂质，其导电能力也会显著提高。通过掺入不同种类和数量的杂质，可以控制半导体的导电能力并能制造不同类型的半导体器件，如半导体二极管、三极管等。

1.1.2 N型和P型半导体

硅和锗是最常用的半导体材料，它们都是四价元素（原子结构最外层轨道分布四个电子）。硅元素（锗元素）中的原子都是以共价键电子对的形式结合的，电子对中的电子（称为价电子）受原子核的吸引力较小，有少数价电子能够挣脱原子核的束缚成为自由电子（带负电），而在原来共价键电子对的位置上留下一个空穴（带正电）。在外加电压作用下，半导体中的电子和空穴都能参与导电，也称它们为载流子。常温下由于参与导电的载流子数量较少，所以半导体的导电能力很弱。但是掺入少量有用杂质后，其导电能力会显著提高。根据掺入杂质的不同，可得到N型和P型两种类型的半导体。

1. N 型半导体

在半导体硅（锗）中掺入少量的五价元素，例如磷（P）等。磷原子的最外层有五个价电子，当它和四个硅原子组成共价键时，多余的一个价电子很容易受激发成为自由电子。掺入磷元素越多，则自由电子数量越多，导电能力越强，这种掺入五价元素的半导体称为 N 型半导体，它主要靠自由电子导电。

2. P 型半导体

在半导体硅（锗）中掺入少量的三价元素，例如，硼（B）等。硼原子最外层有三个价电子，当它和四个硅原子组成共价键时，因缺少一个价电子而出现一个空穴。掺入硼元素越多，则空穴数量越多，导电能力越强，这种掺入三价元素的半导体称为 P 型半导体，它主要靠空穴导电。

1.1.3 PN 结及单向导电性

1. PN 结

N 型和 P 型半导体的导电能力虽然较高，但并不能直接用来生产半导体器件。若在一块半导体上通过掺杂工艺，使两侧形成不同类型的半导体，则在交接面上，会形成一个非常特殊的结构，即 PN 结，PN 结是构成半导体器件的基础。

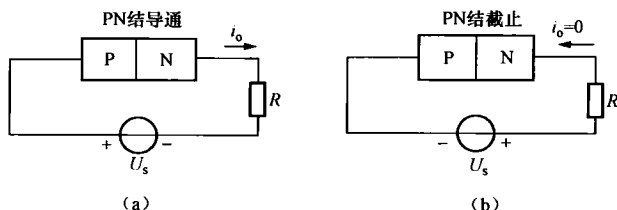


图 1.1 PN 结的单向导电性

(a) PN 结正向偏置；(b) PN 结反向偏置

2. PN 结的单向导电性

PN 结具有单向导电性，即给 PN 结加正向电压（P 区电位高于 N 区电位）时，如图 1.1 (a) 所示，PN 结处于正向导通状态，结电阻很小，正向电流 i_o 较大，称 PN 结正向偏置；加反向电压（P 区电位低于 N 区电位）时，如图 1.1 (b) 所示，PN 结处于反向截至状态，结电阻很大，反向电流 i_o 很小，称 PN 结反向偏置。

1.2 半导体二极管

学习目标

- 了解半导体二极管的结构和功能。
- 掌握二极管的伏安特性和主要参数。

1.2.1 二极管的结构和符号

半导体二极管从结构上讲包含一个 PN 结，因此也具有单向导电性。从 P 区引出的电极称为正极（阳极），从 N 区引出的电极称为负极（阴极）。符号如图 1.2 所示，箭头方向表示二极管正向导通时电流的方向。当电压 $U_D > 0$ 时，二极管正向偏置，处于导通状态；当电压 $U_D < 0$ 时，二极管反向偏置，处于截止状态。图 1.3 是常见二极管的外形图。

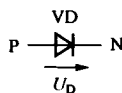


图 1.2 半导体二极管符号

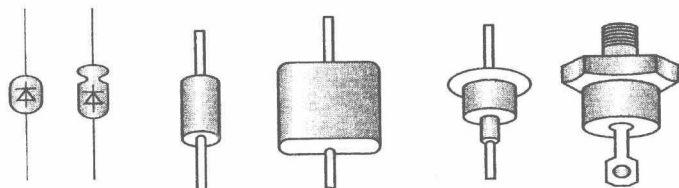


图 1.3 常见二极管的外形图

二极管按所用材料不同可分为锗管和硅管；按用途可分为整流二极管、检波二极管、稳压二极管等；按结构可分为点接触型和面接触型二极管。点接触型二极管 PN 结面积小，高频特性较好，一般用于高频小电流电路，适合用作检波器件；面接触型二极管 PN 结面积大，高频特性较差，一般用于低频大电流电路，适合用作整流器件。

1.2.2 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性反映的是二极管上的电压与通过的电流之间的关系，图 1.4 是通过实验测出的二极管伏安特性曲线，由图可见，二极管是非线性元件。

1. 正向特性

当二极管承受较低正向电压时，正向电流基本为零，这个电压称为死区电压，如图 1.4 中的①所示。硅管的死区电压约为 0.5V，锗管约为 0.1V。当二极管上所加正向电压大于死区电压后，二极管才真正处于导通状态，有较大的正向电流通过二极管，如图 1.4 中的②所示。这时二极管的正向压降（也称为管压降）硅管为 0.6~0.7V，锗管为 0.2~0.3V，正向压降的极性是阳极为正，阴极为负。

2. 反向特性

当二极管承受的反向电压小于击穿电压 U_{BR} 时，如图 1.4 中的③所示，二极管处于截止状态，有很小的反向电流通过二极管。反向电流有两个特点：一是随温度升高急剧增大；二是在一定反向电压范围内，基本为定值。硅管的反向电流比锗管小，一般在几十微安，锗管可达几百微安。当反向电压超过击穿电压 U_{BR} 后，反向电流将突然增大，这种现象称为反向击穿，如图 1.4 中的④所示，二极管被击穿后就失去了单向导电性，各类二极管的反向击穿电压数值不同，通常为几十到几百伏。

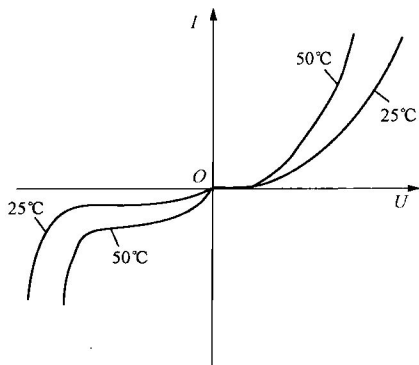


图 1.5 温度对二极管特性的影响

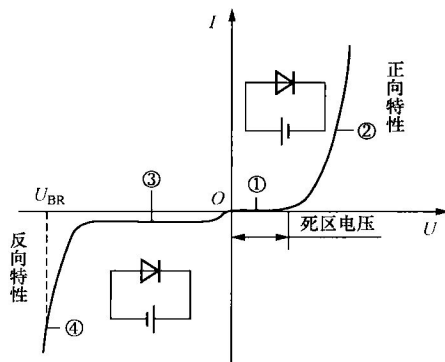


图 1.4 半导体二极管的伏安特性

温度对二极管的伏安特性影响很大，温度升高时二极管正向特性曲线向左移动，反向特性曲线向下移动，如图 1.5 所示。因此，随着温度的升高，二极管的反向电流将增大、正向电压和击穿电压将减小。

1.2.3 二极管的主要参数及选择

1. 二极管的主要参数

二极管的性能除了可以用伏安特性描述外，还可以用一组参数来表示。这些参数事先测定并汇集在半导体器件

手册中,它是正确使用和合理选择二极管的依据。主要参数如下:

(1) 最大正向平均电流 I_F 。

I_F 是指二极管工作时允许通过的最大正向平均电流,由 PN 结的面积和散热条件所决定,使用时不能超过此值,否则 PN 结会因过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM} 。

U_{RM} 是指允许加在二极管上的最大反向电压。超过此值二极管就有被反向击穿的危险。为安全起见,最高反向工作电压 U_{RM} 约为击穿电压 U_{BR} 的一半。

(3) 反向电流 I_R 。

I_R 是指二极管未被击穿时的反向电流。 I_R 越小,说明二极管的单向导电性能越好。由于温度升高时 I_R 将急剧增大,所以使用时要注意温度的影响。

(4) 最高工作频率 f_M 。

f_M 是由二极管的结电容大小所决定的参数。如果工作信号频率超过了 f_M ,在二极管截止时,高频电流将直接从结电容通过,使二极管的单向导电性能变差。

2. 二极管的选择

设计电路时,根据电路对二极管的要求查阅半导体器件手册,选择正确型号的二极管。

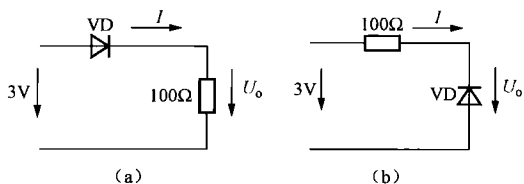


图 1.6 [例 1.1] 电路

所选型号的参数 I_F 、 U_{RM} 和 f_M 必须大于二极管的实际平均电流、反向电压和工作频率。并且锗管具有正向导通电压低,硅管具有反向电流小、受温度影响小、反向击穿电压高的特点。

【例 1.1】 电路如图 1.6 所示,设二极管的正向压降为 0.7V,判断二极管的状态并求电流 I 和电压 U_o 。

解 图 1.6 (a) 中,二极管承受正向电压,处于导通状态,电流 $I = \frac{3-0.7}{100} = 23(\text{mA})$,输出电压 $U_o = I \times 100 = 2.3(\text{V})$,或 $U_o = -0.7 + 3 = 2.3(\text{V})$ 。

图 1.6 (b) 中,二极管承受反向电压,处于截至状态,电流 $I = 0\text{A}$,输出电压 $U_o = 3\text{V}$ 。

【例 1.2】 电路如图 1.7 所示,设二极管的正向压降为 0.7V,判断二极管的状态并求输出电压 U_o ,结果记录表 1.1 中。

解 图中两个二极管采用共阴极接法,哪个二极管承受的正向电压大,哪个二极管优先导通。

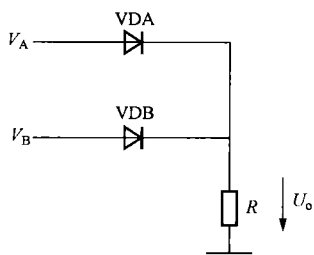


图 1.7 [例 1.2] 电路

表 1.1

[例 1.2] 二极管状态和输出电压

输 入		二极管状态		输出电压 U_o (V)	说明
V_A (V)	V_B (V)	VDA	VDB		
3	3	导通	导通	$-0.7+3=2.3$	
3	5	截止	导通	$-0.7+5=4.3$	VDB 优先导通
5	3	导通	截止	$-0.7+5=4.3$	VDA 优先导通
5	5	导通	导通	$-0.7+5=4.3$	

能力拓展

【例 1.3】 电路如图 1.8 (a) 所示, 输入电压 $u_i = 4\sin\omega t$ (V), 试画输出电压 u_o 的波形 (VD 为理想二极管)。

解 当输入电压 u_i 小于 2V 时, 二极管承受反向电压, 处于截止状态, 电阻 R 上无电流, 输出电压 $u_o = 0 \times R + u_i = u_i$; 当输入电压 u_i 大于 2V 时, 二极管承受正向电压, 处于导通状态, 输出电压 $u_o = 0 + 2 = 2$ (V)。输出电压波形如图 1.8 (b) 所示。

知识拓展

二极管的测试和性能判断:

二极管包含一个 PN 结, 具有单向导电性, 其正向电阻小 (一般为几百欧), 而反向电阻大 (一般为几百千欧)。用万用表的电阻挡可以测量二极管的极性。电阻挡等效电路如图 1.9 所示, 从图中可见红表笔接表内电池负极, 黑表笔接表内电池正极, 并且电阻挡具有反向标尺特点, 即 $\infty\Omega$ 在最左面, 0Ω 在最右面。测量时一般选用 $R \times 100\Omega$ (或 $R \times 1k\Omega$) 挡, 把二极管的两个电极分别接到万用表的两根表笔上, 如图 1.10 所示, 如果测出的电阻较小 (约几百欧), 那么与黑表笔连接的一端是正极, 另一端就是负极。相反, 如果测出的电阻较大 (约几百千欧), 那么与黑表笔连接的一端是负极, 另一端就是正极。一个二极管的正、反向电阻相差越大, 其性能越好。若反向电阻太小, 则二极管失去单向导电作用; 若正、反向电阻都趋于 ∞ , 则表明二极管内部已断路; 若正、反向电阻都为 0, 则表明二极管内部已短路。

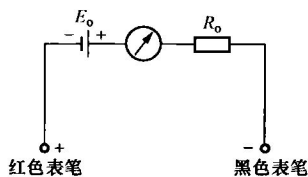


图 1.9 电阻挡等效电路

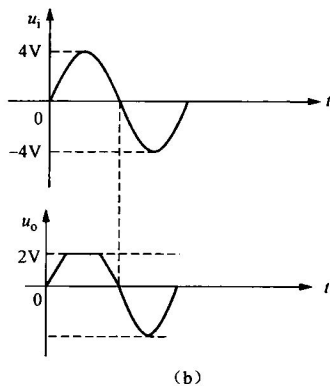
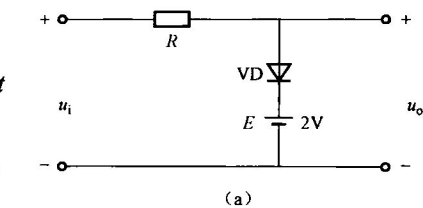


图 1.8 [例 1.3] 电路和波形

(a) 电路; (b) 波形

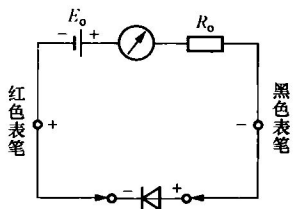


图 1.10 二极管极性测量电路

1.3 特殊二极管

学习目标

- 了解稳压管的结构、符号和伏安特性。
- 掌握稳压管的工作原理。
- 了解光电二极管和发光二极管的工作原理。

1.3.1 稳压二极管

稳压二极管（简称稳压管）是利用特殊工艺制成的面接触型硅半导体二极管，由于包含一个 PN 结，因此稳压管也具有单向导电性。与一般二极管的区别在于：稳压管的正常工作区域是反向击穿区，并且当反向电压撤除后，稳压管又能恢复单向导电性。符号和伏安特性如图 1.11 所示。

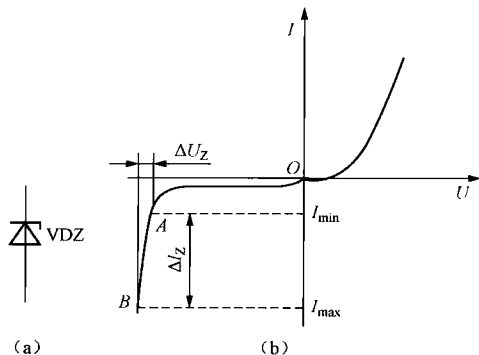


图 1.11 稳压管的符号和伏安特性

(a) 符号；(b) 伏安特性

1. 稳压管的伏安特性

稳压管的正向伏安特性曲线与二极管相似，死区电压约为 0.5V，正向压降为 0.6~0.7V。反向击穿特性比一般二极管更陡。稳压管正常工作区域是反向特性的 AB 段，在 AB 段上，流过稳压管的反向电流有很大变化，而两端电压基本不变，从而可以起到稳定电压的作用。

2. 稳压管的主要参数

(1) 稳定电压 U_Z 。

U_Z 是指稳压管在正常的反向击穿状态下管子两端的电压， U_Z 的极性是阳极为负，阴极为正。由于制造工艺方面的原因，既是同一型号的管子稳定电压也有差异，例如，型号 2CW55 稳压管的 U_Z 在 6~7.5V 之间，使用时要根据电路的实际要求，进行测试和选择。

(2) 稳定电流 I_Z 。

I_Z 是指工作电压等于稳定电压时的反向电流，其值必须在 $I_{\min} \sim I_{\max}$ 之间（见图 1.11）。当通过稳压管的电流小于 $I_{\min}$ 时，管子不能起到稳压作用，而大于 $I_{\max}$ 时管子会因过热而损坏。

(3) 动态电阻 r_z 。

r_z 是指稳压管正常工作时，稳压管两端电压变化量与相应电流变化量之比，即 $r_z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$ ， r_z 是反映稳压性能的重要指标，稳压管的反向伏安特性曲线越陡，动态电阻 r_z 越小，稳压性能越好。

(4) 额定功耗 P_Z 。

P_Z 是指稳压管工作时允许的最大功率损耗，由稳压管的温升来决定，其值约为最大工作电流和稳定电压的乘积，即 $P_Z = U_Z I_{Z\max}$ 。

【例 1.4】 电路如图 1.12 所示，已知稳压管 VDZ1、VDZ2 的稳定电压分别为 5V 和 3V，正向压降均为 0.7V，试判断两个稳压管的工作状态并求输出电压 U_o 。

解 根据输入电压正确判断稳压管的工作状态和稳定电压的极性是做题的关键。

图 1.12 (a) 中稳压管 VDZ1 工作在稳压状态，稳定电压 5V 为阴极正、阳极负；稳压管 VDZ2 工作在正向导通状态，正向压降 0.7V 为阴极负、阳极正。电压等效电路如图 1.12 (c) 所示。输出电压 $U_o = 5 + 0.7 = 5.7$ (V)。

图 1.12 (b) 中稳压管 VDZ1、VDZ2 均工作在稳压状态，电压等效电路如图 1.12 (d) 所示。输出电压 $U_o = 5 + 3 = 8$ (V)。

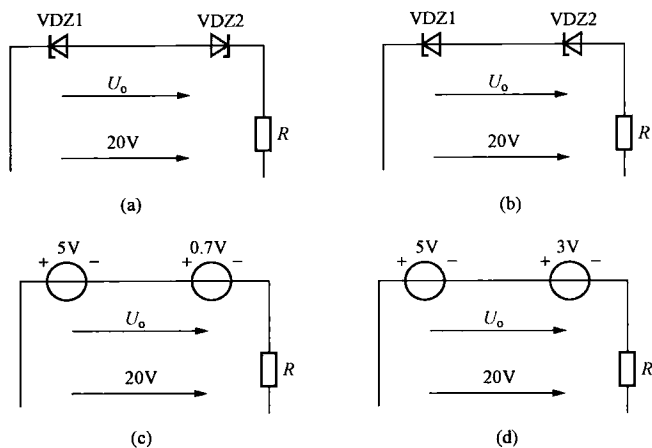


图 1.12 [例 1.4] 电路

1.3.2 光电二极管

光电二极管是利用二极管的光敏特性将光信号转换为电信号的特殊二极管，内部包含一个 PN 结，符号如图 1.13 所示。光电二极管是在反向电压下工作的，当无光照时，其反向电流很小（通常小于 $0.2\mu\text{A}$ ）；当有光照时，反向电流随光照强度的增加而上升，并且反向电流与光照强度成正比。光电二极管一般作为光电检测器件，应用于光电自动控制领域中。



图 1.13 光电二极管符号

1.3.3 发光二极管

发光二极管（简称 LED）是一种能把电能直接转换成光能的发光器件，内部包含一个 PN 结，符号如图 1.14 所示，它的正向导通电压一般为 $1\sim 2\text{V}$ 。



图 1.14 发光二极管的符号

当在发光二极管上加正向电压并有足够大的正向电流时，就能发出颜色各异的光，光的颜色由半导体的材料决定。发光二极管具有用电省、寿命长等优点，在显示电路中有着广泛的应用。



能力拓展

【例 1.5】 图 1.15 是用稳压管直接构成的稳压电路，试分析工作原理。

解 图中稳压管与负载 R_L 并联，能使负载电压 U_o 在 U_i 与 R_L 变化时基本稳定。

(1) 输入电压 U_i 变化时的稳压过程（设负载电阻 R_L 不变）：

$$U_i \uparrow \rightarrow U_o \uparrow (=U_Z \uparrow) \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_o \downarrow$$

当电网电压下降时，其稳压过程与上述相反。

(2) 负载变化时的稳压过程（设电网电压不变）：

$$R_L \downarrow \rightarrow U_o \downarrow (=U_Z \downarrow) \rightarrow I_Z \downarrow \rightarrow I_R \downarrow \rightarrow U_R \downarrow \rightarrow U_o \uparrow$$

由以上分析可知，稳压电路实际上是利用通过稳压管电流的增大和减小来调节能限流电阻 R 上的电压变化，以达到稳定输出电压的目的。

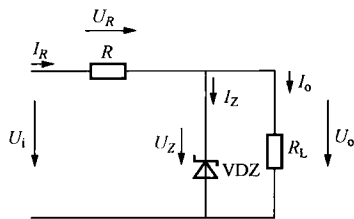


图 1.15 稳压管稳压电路

【例 1.6】 在图 1.15 所示稳压电路中，若稳压管 VDZ 接反，输出电压为多少？若电阻 $R=0$ ，电路是否具有稳压作用？

解 若稳压管 VDZ 接反, 输出电压 $U_o=0.7V$ 。

电阻 R 的作用是把 I_R 的变化转换为 U_R 的变化, 以达到稳定输出电压的目的。若电阻 $R=0$, 电路失去稳压作用。

1.4 半导体三极管

学习目标

- 了解半导体三极管的结构和符号。
- 理解三极管的电流分配和放大作用。
- 掌握三极管的输入、输出特性曲线。

1.4.1 三极管的结构和类型

三极管的外形如图 1.16 所示。

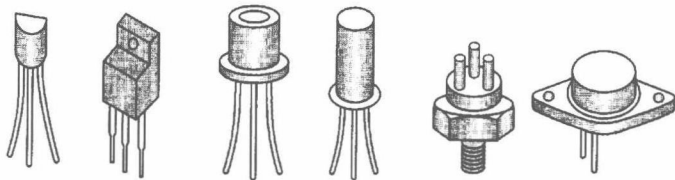


图 1.16 三极管外形图

按结构形式不同, 三极管有 NPN 和 PNP 两种类型, 内部结构及符号如图 1.17 所示。由

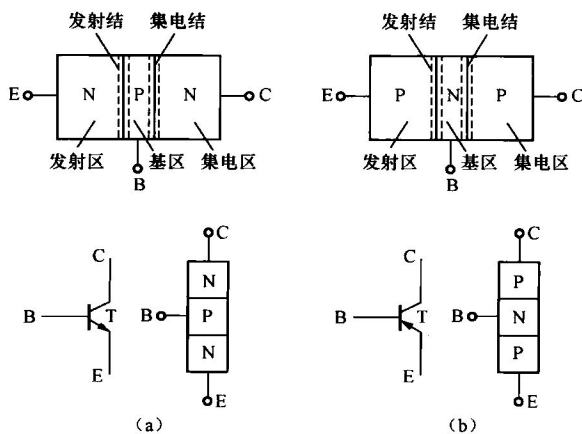


图 1.17 三极管的结构示意图和符号

(a) NPN 型; (b) PNP 型

图可见, 它们有三个区域, 分别为基区、集电区、发射区, 相应区域引出的电极分别为基极 B、集电极 C、发射极 E。基区与发射区之间的 PN 结称为发射结, 基区与集电区之间的 PN 结称为集电结。从符号可知, NPN 型管和 PNP 型管的区别在于发射极箭头的方向。

目前多数的 NPN 型管是在半导体硅材料上掺杂构成的, 多数的 PNP 型管是在半导体锗材料上掺杂构成的。虽然两种类型的三极管发射区与集电区掺杂元素相同, 但制造时发射区掺杂浓度较高, 集电区掺杂浓度较低。因此, 发射极与集电极不能

互换使用。

1.4.2 三极管的电流放大作用

三极管的电流放大作用, 可以通过测量图 1.18 所示电路中的基极电流 I_B 和集电极电流 I_C , 并分析相互关系而得到。

三极管处于电流放大状态的条件是: 发射结加正向电压, 集电结加反向电压。对于 NPN