



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
职业教育电力技术类专业教学用书

# 电子技术基础

## (上册) 模拟部分

王汉桥 主 编  
龚 敏 李保平 副主编



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
职业教育电力技术类专业教学用书

# 电子技术基础

## (上册) 模拟部分

主 编 王汉桥  
副主编 龚 敏 李保平  
编 写 董寒冰 王和平 宋廷臣  
主 审 谢自美 罗 杰



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

全书分为“模拟部分”、“数字部分”上下两册。上册内容主要包括：半导体二极管和三极管，基本放大电路，集成运算放大器及应用，直流电源，场效应晶体管及其放大电路，晶闸管及其应用电路，模拟电子电路实训；下册内容主要包括：数字电路基础，集成逻辑门电路与组合逻辑电路，触发器与时序逻辑电路，555 定时电路及其应用，A/D 和 D/A。

本书编者在教材编写宗旨上，即按照教育部颁发的相关专业的基本要求，又考虑到应用型人才培养的特殊性，力求教材在编撰体系、内容更新、能力培养等方面有所突破。在教材编写思路上，编者主张“教材内容精选、基础理论精练、重视元器件认识、课后练习对路适中、实训内容实用”等。

本书可作为电力类、动力类、工业自动化类、计算机等类专业开设的电子课程教材，适用于此类专业领域技能培训学员和五年制高职高专学生。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术基础. 上册, 模拟部分/王汉桥主编. —北京: 中国电力出版社, 2006

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7·5083-4549-5

I. 电... II. 王... III. ①电子技术—高等学校: 技术学校—教材②模拟电路—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 (2006) 第 089470 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.ccpp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 296 千字

印数 0001 3000 册 定价 18.20 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

# 前言

---

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材，是根据教育部审定的电力技术类专业主干课程的教学大纲编写而成的，并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审，又列为全国电力职业教育规划教材，作为职业教育电力技术类专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标；符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求；具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性；符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色；符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书，也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

《电子技术基础》是一门培养学生掌握电子技术方面知识和技能的基础课程，主要介绍常用的半导体器件组成的基本电子电路的原理和应用。

本书分“模拟部分”、“数字部分”上下两册。为了适应现代社会快速发展的需求，教材在内容上注重器件外特性的介绍和常用电路的分析；为了适应各种专业和层次的需要，教材在每册中又分“基础模块”和“选用模块”部分，便于使用者根据需要取舍。

在教材编写方针上：编者中注意总结多年教学实践经验，力求深入浅出，联系工程实际，讲清基本概念和基本分析方法，介绍常用的各种电路工作原理，并且注重元件识别、测试方法的介绍，使学生通过学习，掌握电子技术中各种基本电路的组成原理、工作原理、性能特点等，具备初步查阅电子元器件手册并合理选用元器件的能力，以及阅读和应用常见模拟电路及数字电路的基本技能。

在教材编写宗旨上：编者即按照教育部颁发的相关专业的基本要求，又考虑到应用型人才培养的特殊性，力求教材在编撰体系、内容更新、能力培养等方面有所突破。

在教材编写思路上：编者主张“教材内容精选、基础理论精炼、重视元器件认识、课后练习对路适中、实训内容实用”等。

总之，本教材有以下具体特点：

(1) 教材内容尽量做到简明易懂，讲述内容尽量抓住最基本、较广泛应用的知识说明上，给学生在读图、设计时以引导作用，便于自学。

(2) 尽量削减分立元件电路的内容，加强对集成电路的介绍，同时加强一些新知识、新器件的介绍，使教材具有一定的先进性。

(3) 为了加强本书的实用性，在介绍基本电路和与之相关的基本概念、基本原理、基本方法后，尽可能地联系实际介绍常见的、新颖的电路，着力提高学生的实际应用能力，体现应用型人才的培养思路。

(4) 为了有助于学生掌握所学内容，各章节配有合适的练习题或自测题。

(5) 实训部分一并编入教材，放在每册的最后一章，可作为相关专业实习训练时选择。

(6) 在编排上,对于加深和加宽的内容,均放在“选学模块”中,以便于选讲和读者自学。

本书可作为电力类、动力类、工业自动化类、计算机类专业开设的电子课程教材,适用于此类专业领域技能培训学员和五年制高职高专学生。

参与本教材编写工作的教师有:

武汉电力职业技术学院王汉桥(“模拟部分”第一、二章);

长沙电力职业技术学院龚敏(“模拟部分”第三章);

长沙电力职业技术学院董寒冰(“模拟部分”第四、五、六章);

山西电力职业技术学院王和平(“数字部分”第一、二、五章);

保定电力职业技术学院李保平(“数字部分”第三、四章);

武汉电力职业技术学院宋廷臣(“模拟部分”第七章,“数字部分”第六章)。

王汉桥担任该教材主编,并负责对各章节润色和定稿,龚敏、李保平担任副主编,分别对“模拟部分”和“数字部分”进行了初步统稿。

华中科技大学谢自美教授、罗杰副教授担任该教材主审。

由于编者学术水平及实践经验有限,书中不当和错误之处在所难免,敬请专家、同行和读者们批评指正。

编者

2006年5月

# 目 录

---

## (上 册) 模 拟 部 分

前言

### 基 础 模 块

<b>第 1 章 半导体二极管和三极管</b> .....	1
1.1 半导体的主要特性.....	1
1.2 半导体二极管 .....	3
1.3 半导体三极管 .....	13
自测题 .....	22
习题 .....	24
<b>第 2 章 基本放大电路</b> .....	26
2.1 放大电路的基本知识 .....	26
2.2 共发射极放大电路 .....	29
2.3 静态工作点的稳定 .....	36
2.4 微变等效电路分析法 .....	41
2.5 射极输出器 (共集电极放大电路) .....	46
2.6 功率放大电路 .....	48
2.7 多级放大电路 .....	56
自测题 .....	61
习题 .....	63
<b>第 3 章 集成运算放大器及应用</b> .....	68
3.1 直接耦合放大器 .....	68
3.2 差动放大电路 .....	70
3.3 集成运算放大器 .....	76
3.4 负反馈放大电路 .....	80
3.5 运算放大器的应用 .....	92
习题 .....	104

<b>第4章 直流电源</b> .....	109
4.1 二极管整流滤波电路.....	109
4.2 稳压管稳压电路.....	117
4.3 三端集成稳压电路.....	120
4.4 开关型稳压电源简介.....	121
习题.....	123

## 选 用 模 块

<b>第5章 场效应晶体管及其放大电路</b> .....	125
5.1 场效应晶体管特性.....	125
5.2 场效应管放大电路.....	129
习题.....	131
<b>第6章 晶闸管及其应用电路</b> .....	133
6.1 晶闸管基本特性.....	133
6.2 晶闸管可控整流电路.....	137
6.3 晶闸管简单触发电路.....	141
6.4 晶闸管的保护.....	146
6.5 全控型电力电子器件.....	147
6.6 逆变电路.....	153
6.7 交流调压.....	157
6.8 直流斩波.....	158
习题.....	159
<b>第7章 模拟电子电路实训</b> .....	161
7.1 常用元器件简介.....	161
7.2 模拟电子电路设计.....	167
7.3 晶体管放大电路设计.....	176
7.4 直流稳压电源电路设计.....	180
<b>参考文献</b> .....	190

# 基 础 模 块

## 第 1 章 半导体二极管和三极管

本章简单介绍半导体的基本知识，重点讨论半导体二极管、三极管的结构和外特性，为学习以后章节提供必要的基础知识。

### 1.1 半导体的主要特性

#### 1.1.1 半导体的“三敏”特性

自然界的物质按导电能力不同可分为导体、绝缘体和半导体。

导电能力特别强的物质叫导体，如银、铜、铝等，金属材料都是很好的导体。导电能力非常差的物质叫绝缘体，如橡胶、塑料、陶瓷等。而导电能力介于导体与绝缘体之间的物质叫半导体，常用的半导体材料有硅、锗、硒及许多金属氧化物和硫化物等。

半导体之所以得到广泛使用，并不是因为它的导电能力介于导体与绝缘体之间，而是由于它具有一些独特的导电性能。如有些半导体对温度的反应特别灵敏，当环境温度升高时，其导电能力增强，利用这一“热敏”特性可做成各种热敏元件。又如硫化镉半导体受到光照后，其导电能力变强，无光照时，变成了绝缘体，利用这一“光敏”特性可做成各种光电（传感）元件。如果在纯净的半导体中适当的掺进某些微量的杂质，它的导电性能会大大改善，正是利用这一“杂敏”特性才制造出各种半导体器件，如半导体二极管、三极管、场效应管及晶闸管等。

#### 1.1.2 半导体中有两种载流子

载流子就是物质内部运载电荷的粒子。物质的导电能力与物质内部的原子结构和能够运载电荷的粒子的多少有关，金属材料中只有一种载流子——自由电子，其数量多，所以导电能力强。半导体材料中有两种载流子，一种是带负电荷的自由电子，另一种是带正电荷的空穴。在外电场的作用下，它们都做定向移动，形成电流。如图 1.1.1 所示，带正电的空穴和带负电的自由电子运动方向相反，若用  $I_p$  表示空穴移动形成的电流，用  $I_n$  表示自由电子移动形成的电流，则总电流为两种载流子形成的电流之和，即  $I = I_p + I_n$ 。

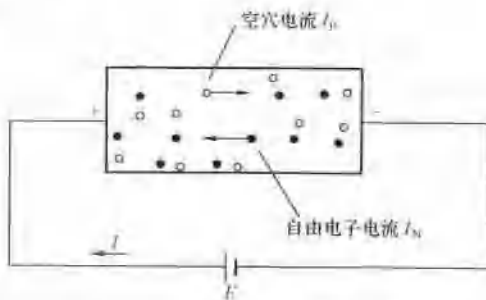


图 1.1.1 半导体中的导电方式

#### 1.1.3 半导体的分类

##### 1. 本征半导体

纯净的半导体称为本征半导体，其中自由电子和空穴数量相等。因为在一定温度下，纯净半导体中产生的电子、空穴数量很少，所以导电能力很差。当环境温度升高时，其载流子数目显著增加，导电性能明显提高，这就是半导体的导电性能随温度变化的原因。



## 2. 杂质半导体

利用半导体掺杂性能, 可以有控制、有选择地掺入有用杂质, 制成 P 型和 N 型两种类型的半导体。

(1) N 型半导体。N 型半导体中的自由电子数量比空穴数量多, 主要导电方式是电子导电, 故称为电子型半导体。例如在纯净的四价元素硅中掺入少量的五价元素磷 (P), 即可得到 N 型半导体。图 1.1.2 (a) 所示为 N 型半导体的共价键结构和 N 型半导体结构示意图。

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, 称为少子。

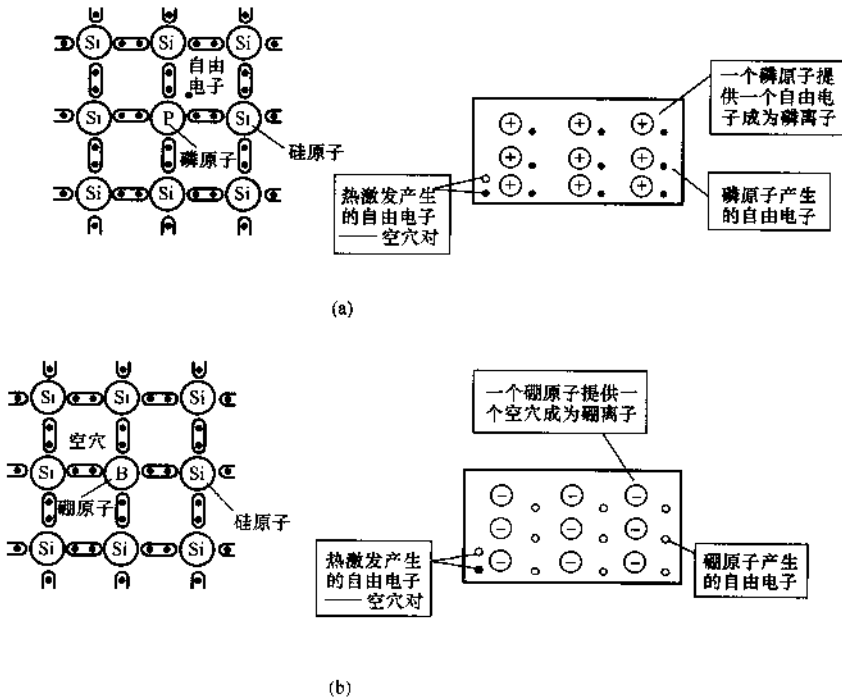


图 1.1.2 杂质半导体

(a) N 型半导体中共价键结构和 N 型半导体结构示意图,

(b) P 型半导体中共价键结构和 P 型半导体结构示意图

(2) P 型半导体。若在纯净的半导体硅或锗中, 掺入少量的三价元素硼 (B) 后, 可以得到 P 型半导体。P 型半导体中的空穴多, 自由电子少, 其主要导电方式是空穴, 因此称之为空穴型半导体或 P 型半导体, 它与 N 型半导体相反, 空穴是多数载流子, 电子是少数载流子。图 1.1.2 (b) 所示为 P 型半导体中共价键结构和 P 型半导体结构示意图。

### 1.1.4 PN 结

#### 1. PN 结的形成

一块 P 型半导体或 N 型半导体虽然已有了一定的导电能力, 但若将它接入电路中, 则只能起电阻作用, 实用价值不大。如果在一块本征半导体上, 利用掺杂工艺, 在半导体两边形成 P 型半导体和 N 型半导体, 在它们的交界处就会形成一个特殊的接触面, 称为 PN 结。

如图 1.1.3 是以硅材料为基础通过掺杂工艺得到的 PN 结结构示意图及内建电场等效图。PN 结是构成各种半导体器件的核心，它的作用使半导体器件得到越来越广泛地应用。

\* 如图 1.1.3 中，当 P 型半导体和 N 型半导体相互“接触”后，由于两类半导体中多数载流子电子和空穴浓度差的存在，在交界面附近出现 P 区多子空穴和 N 区多子电子都向对方区域扩散的运动，其结果是空穴和电子相遇而复合，剩下不能移动的正、负离子形成了空间电荷区薄层，即 PN 结。由于空间电荷区产生内建电场的存在，对 PN 结内空穴、电子的扩散运动起阻碍作用，所以 PN 结两边的多子扩散运动不会无限制进行下去。同时内电场有利于 PN 结内及附近 P 区和 N 区内的少子漂移运动，当多子的扩散运动和少子的漂移运动达到动态平衡状态时，PN 结就形成了。PN 结一般很薄，约为  $0.5\mu\text{m}$  左右。硅材料中形成的 PN 结内建电场约  $0.5\text{V}$  左右，锗材料中的内建电场约  $0.1\text{V}$  左右。

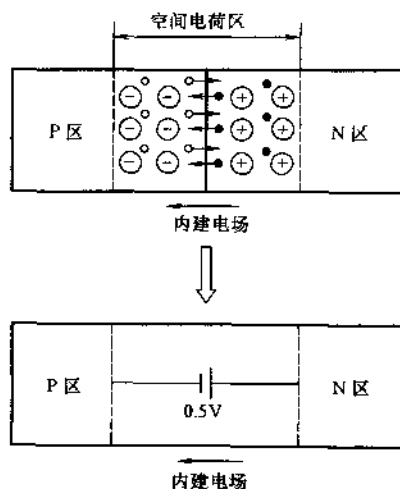


图 1.1.3 PN 结结构示意图及内建电场等效图

## 2. PN 结的单向导电性

如图 1.1.4 所示的实验原理电路，当 PN 结的 P 区接电源  $E$  的正极，N 区接电源负极时，外加电场方向与原内电场方向相反。当减小可变电阻  $R$ ，使 PN 结两端电压大于  $0.5\text{V}$  以后，图 1.1.4 (a) 中的灯会发光，说明外电场使内电场变弱，有利于多子扩散运动。PN 结中有较大电流通过，即为导通状态，此时称为 PN 结正向偏置，简称正偏。

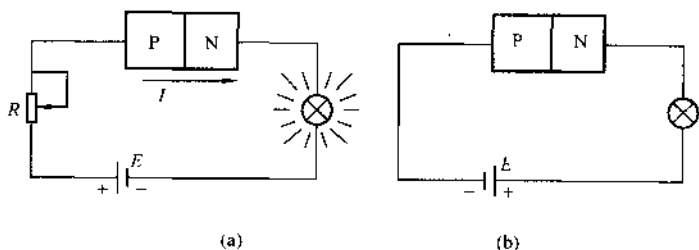


图 1.1.4 PN 结单向导电性实验原理

(a) PN 结正向偏置—导通；(b) PN 结反向偏置—截止

当 P 区接电源负极，N 区接正极时，外加电场方向与原内建电场方向一致，加强了内电场，更不利于多子运动，如图 1.1.4 (b) 所示。电路中的灯不发光，表示这时 PN 结中没有或仅有很小的由少子形成的电流，即为截止状态，称 PN 结反向偏置，简称反偏。

综上所述，PN 结正向偏置时，正向电阻小，正向电流大，处于导通状态；反向偏置时，反向电阻大，反向电流小，处于截止状态，这就是 PN 结的单向导电性。

## 1.2 半导体二极管

### 1.2.1 二极管的结构、符号、类型

#### 1. 结构和符号

半导体二极管就是由一个 PN 结构成的最简单的半导体器件。在一个 PN 结的 P 区和 N 区各接出一条引线，然后再封装在管壳内，就制成一只二极管。P 区引出端叫正极或阳极，

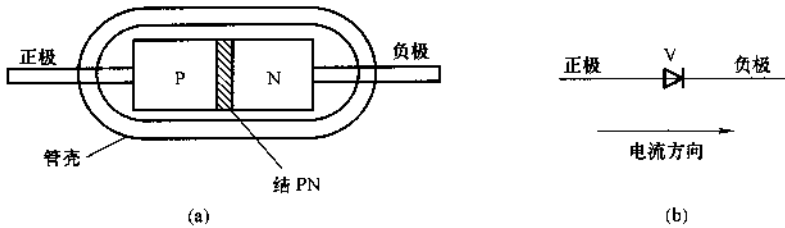


图 1.2.1 晶体二极管结构与符号  
(a) 晶体二极管结构; (b) 符号

N 区引出端叫负极或阴极, 如图 1.2.1 (a) 所示。

二极管的文字符号为“V”, 图形符号见图 1.2.1 (b)。在箭头的一边代表正极, 竖线一边代表负极, 箭头所指方向是 PN 结正向电流

方向, 它表示二极管具有单向导电性。

由于功能和用途的不同, 二极管大小不同, 外形和封装各异。图 1.2.2 中, 从左到右是小功率到大功率的几种常见二极管的外形。从二极管使用的封装材料来看, 小电流的二极管常用玻璃壳或塑料壳封装; 电流较大的二极管, 工作时 PN 结温度较高, 常用金属外壳封装, 外壳就是一个电极并制成螺栓形, 以便与散热器连接成一体。随着新材料、新工艺的应用, 二极管采用环氧树脂、硅酮塑料或微晶玻璃封装也比较常见。

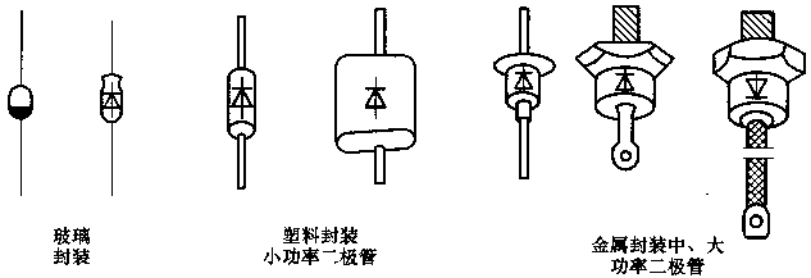


图 1.2.2 几种晶体二极管外形

二极管外壳上一般印有符号表示极性, 正、负极的引线 with 符号一致。有的在外壳一端印有色圈表示负极; 有的在外壳一端制成圆角形来表示负极; 但也有的在正极端打印标记或用红点来表示正极。这一点在使用时要特别注意。

2. 类型  
(1) 分类。

1) 依制造工艺分类, 二极管的内部结构大致分为点接触型、面接触型和平面型三种, 以适应不同用途的需要, 如图 1.2.3 所示。

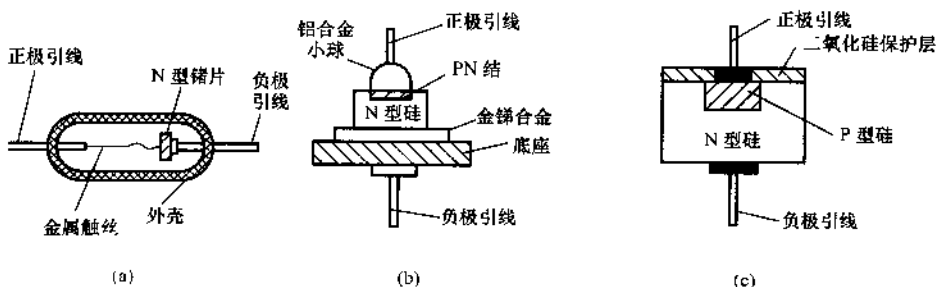


图 1.2.3 晶体二极管的内部结构示意图  
(a) 点接触型; (b) 面接触型; (c) 平面型

点接触型二极管的特点是：PN结的面积小，结电容小，只能通过较小的电流，适用于较高频率工作。

面接触型二极管的特点是：PN结的面积大，结电容也大，允许通过的电流较大，只能在较低频率下工作。

平面型二极管用特殊工艺制成，它的特点是：结面积较小时，结电容小，适用于在数字电路工作；结面积较大时，可以通过很大的电流。

2) 依据制作材料分类，二极管主要有锗二极管和硅二极管两大类。前者内部多为点接触型，允许的工作温度较低，只能在 $100^{\circ}\text{C}$ 以下工作；后者内部多为面接触型或平面型，允许的工作温度较高，有的可达 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

3) 依据用途分类，较常用的二极管有四类。

普通二极管：如2AP等系列，用于信号检测、取样、小电流整流电路等。

整流二极管：如2CZ、2DZ等系列，广泛使用在各种电源设备中做不同功率的整流。

开关二极管：如2AK、2CK等系列，用于数字电路和控制电路。

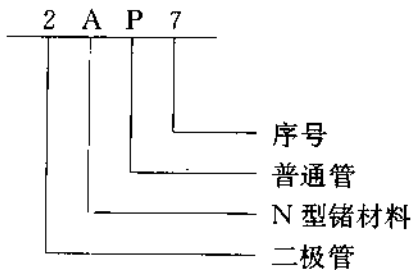
稳压二极管：如2CW、2DW等系列，用在各种稳压电源和晶闸管电路中。

(2) 型号。二极管品种很多，特性不一，为便于区别和使用，每种二极管都有一个型号。按照国际命名法GB249-74的规定，国产二极管的型号有五个部分组成，见表1.2.1。需要注意，第四部分数字是表示某系列二极管的序号，序号不同的二极管其特性不同。第五部分字母表示规格号，系列序号相同，规格号不同的二极管，特性差不多，只是某个或某几个参数不同。某些二极管型号没有第五部分。

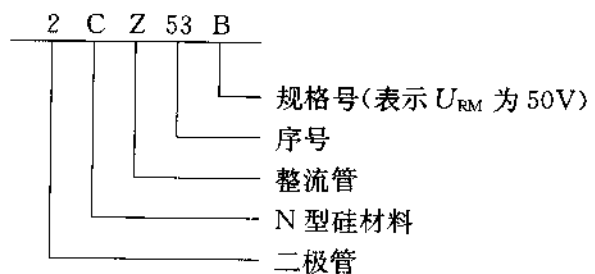
表 1.2.1 晶体二极管的型号

第一部分		第二部分		第三部分				第四部分	第五部分		
用数字表示器件的电极数目		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类型							
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	用数字表示器件的序号	用汉语拼音字母表示规格号		
2	二极管	A	N型锗材料	P	普通管	C	参量管				
		B	P型锗材料	Z	整流管	U	光电器件				
		C	N型硅材料	W	稳压管	N	阻尼管				
		D	P型硅材料	K	开关管	V	微波管				
		E	化合物	L	整流堆	S	隧道管				

例如：



例如：



### 1.2.2 半导体二极管伏安特性曲线

二极管最重要的特性就是单向导电性,这是由于在不同极性的外加电压下,内部载流子不同的运动过程形成的,反映到外部电路就是加到二极管两端的电压和通过二极管的电流之间的关系,即二极管的伏安特性。伏安特性曲线是定量描述这两者关系的曲线。图 1.2.4 为测试电路,测出的二极管典型的伏安特性曲线如图 1.2.5 所示。

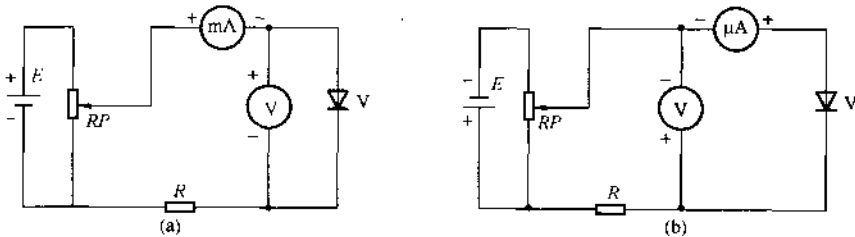


图 1.2.4 测量晶体二极管伏安特性

(a) 正向特性; (b) 反向特性

#### 1. 正向特性

(1) 不导通区 0A 段。当二极管两端的电压为零时,电流也为零。当电压开始升高时,电流很小且基本不变。这一段称作不导通区或死区,与它相对应的电压叫死区电压(或门槛电压),一般硅二极管约 0.5V,锗二极管约 0.1V。

(2) 导通区 AB 段。在这一区域,通过二极管的电流随加在两端的电压微小的增大而急剧增大,AB 段特性曲线陡直,电流与电压的关系近似于线性关系,这一段称作导通区,也称为线性区。导通后二极管两端的正向电压称为正向压降,一般硅二极管约为 0.6~0.8V,锗二极管约为 0.2~0.3V。由图 1.2.5 可见,这个电压比较稳定,几乎不随流过的电流大小而变化。

#### 2. 反向特性

(1) 反向截止区 0C 段。二极管承受反向电压,反向电压开始增加时,反向电流略有增加,随后在一定范围内不随反向电压增加而增大,保持在极小值,如曲线 0C 段,此处的反向电流通常称为反向饱和电流,0C 段称为反向截止区。常温下,硅二极管的反向电流为纳安级(nA),锗管的反向电流为微安级( $\mu\text{A}$ )。

由于反向电流是由少数载流子形成的,所以它会随温度的升高而增大,实际应用中,此值越小越好。

(2) 反向击穿区 CD 段。当反向电压增大到超过某个值时(图中 C 点),反向电流急剧加大,这种现象叫反向击穿。C 点对应的电压叫反向击穿电压  $U_{BR}$ ,CD 段称为反向击穿区,其特点是:反向电流变化很大,相对应的反向电压变化却很小。

通过特殊的制造工艺,反向击穿也可为人们利用,如后面要介绍的稳压二极管就是利用这一特点工作的。但在一般情况下,普通二极管反向击穿就破坏了单向导电性,PN 结可能因过热引起永久性损坏。所以二极管工作时,任何时候承受的反向电压不允许超过规定值,以免损坏。

通过上面分析对照图 1.2.5 硅二极管的伏安特性曲线和图 1.2.6 锗二极管的伏安特性曲线,可以看出,硅二极管和锗二极管,虽然它们制造的材料不同,结构特点不同,但伏安特性曲线基本形状是相似的,不是一条直线,所以它们都是一种非线性元件。但是它们的特性

之间有一定的差异:

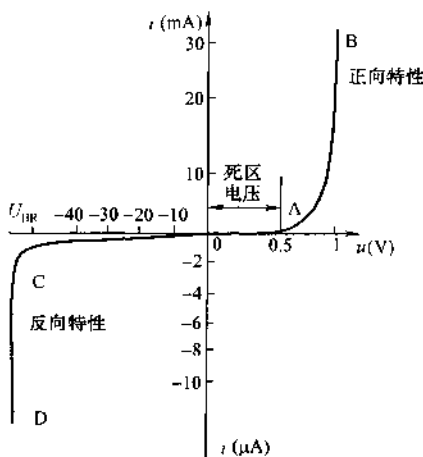


图 1.2.5 硅二极管伏安特性

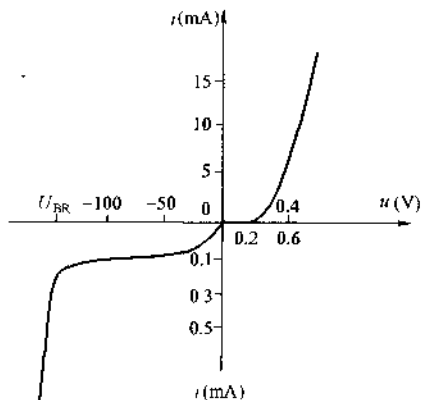


图 1.2.6 锗二极管的伏安特性曲线

(1) 锗二极管的死区较小, 正向电阻也小, 导通电压低 (约  $0.2\text{V}$ )。但受温度影响大, 反向电流也较大。击穿以后, 锗管两端电压变化较大, 无稳压特性。

(2) 硅二极管的死区较大, 正向电阻也较大, 导通电压较高 (约  $0.7\text{V}$ )。但受温度影响小, 反向电流也很小。击穿后, 硅管两端电压基本不变, 有稳压作用。

**【例 1.2.1】** 在图 1.2.7 中, 设  $V$  为硅二极管, 求  $U_{AB}$  分别为: (1)  $+14\text{V}$ ; (2)  $-14\text{V}$ ; (3)  $0\text{V}$  时的二极管两端电压和流过二极管的电流。

**解** (1) 当  $U_{AB} = +14\text{V}$  时, 硅二极管正偏导通, 它两端电压  $U_{AC} = 0.7\text{V}$  (正向压降)。流过二极管的电流为  $I = (14 - 0.7) / (7 \times 10^3) = 1.9\text{mA}$ 。

(2) 当  $U_{AB} = -14\text{V}$  时, 硅二极管反偏截止, 它两端电压  $U_{AC} = -14\text{V}$ , 流过二极管电流近似为 0。

(3) 当  $U_{AB} = 0\text{V}$  时, 二极管两端电压  $U_{AC} = 0\text{V}$ , 流过二极管电流为 0。

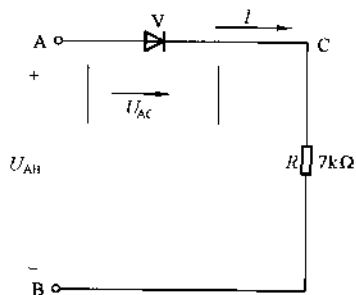


图 1.2.7 [例 1.2.1] 电路

### 1.2.3 半导体二极管的主要参数

由于各种二极管具体的功能不完全相同, 应用也不同, 因此通常用一些有代表性的数据来反映二极管的具体特性和使用中受到的限制, 这些数据就是参数。参数一般有特性参数和极限参数两类, 前者反映元器件的特性, 后者反映元器件所能承受的限额。在晶体管手册中有比较详细的参数表, 我们可依据这些参数来选择和使用二极管。二极管的主要参数有以下几个。

#### 1. 最大整流电流 $I_{FM}$

常称额定工作电流, 它是指长期使用时, 允许流过二极管的最大平均电流。这个电流与二极管两端正向压降的乘积, 就是使二极管发热的耗散功率, 所以正向电流不能无限制增加, 否则 PN 结会过热而烧毁。

应用时, 二极管的实际工作电流要低于规定的最大整流值。如对 2AP7, 实际工作电流

应小于 12mA。大电流工作的二极管，参数表给出的最大整流电流值是指带有规定散热器时的数值，如果散热器不符合规定，或者环境温度过高，散热条件不好，则实际工作电流要比最大整流电流小很多才能安全工作。

2. 反向击穿电压  $U_{BR}$

指二极管加反向电压时，当反向电流达到规定的数值时，二极管所加的反向电压就是反向击穿电压，它反映二极管反向击穿状态。对于 2AP7，就是反向电流达到 400mA 时，二极管所加反向电压即为反向击穿电压，这电压至少应等于 150V，且越大越好。

3. 最高反向工作电压 (峰值)  $U_{RM}$

常称额定工作电压，它是为了保证二极管不致反向击穿而规定的最高反向电压。晶体管手册中规定二极管最高反向工作电压为反向击穿电压的 1/2~1/3，以确保二极管安全工作。实际应用时，反向电压的峰值不能超过最高反向工作电压。如对 2AP7，反向工作电压峰值不能超过 100V。

此外，还有最大反向电流、最高工作频率、结电容等参数，都可以在相关手册中查到。

温度对半导体是有很大影响的，温度升高后二极管的参数会发生变化。在同样的正反向电压下，正、反向电流都会增加，管压降会降低，反向击穿电压也会降低，如图 1.2.8 所示。因此，在温度变化大的情况下，选择二极管的参数时要留有余地。

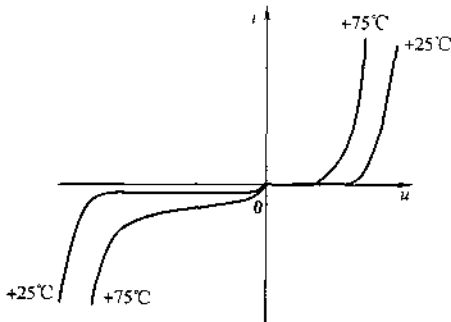


图 1.2.8 温度对晶体二极管伏安特性影响示意图

1.2.4 半导体二极管的选择

二极管有点接触型和面接触型两种类型，使用的材料有硅和锗两种，它们各具一定的特点，应根据实际要求选用。选择二极管的一般原则是：

- (1) 若要求导通后正向压降小时，选锗管；若要求反向电流小时，选硅管；
- (2) 要求工作电流大时选面接触型；要求工作频率高时选点接触型；
- (3) 要求反向击穿电压高时选硅管；
- (4) 要求耐高温时选硅管。

然后，根据实际电路的要求，估算二极管应具有的参数，并考虑适当的裕量，查手册确定管子的型号。

1.2.5 半导体二极管的应用举例

利用二极管的单向导电性，二极管在电路中有着广泛的应用，如整流、开关、钳位、限幅等应用电路，其中整流电路将在后续章节中详细论述，下面介绍几种其他用途。

1. 开关

理想二极管的模型是正向导通时，管压降忽略，视为 0；反向截止时，反向电流忽略，相当于开路。在数字电路中，常将二极管理想化，看成无触点开关器件。二极管正向导通时，相当于开关闭合；二极管反向截止时，相当于开关断开，如图 1.2.9 所示。

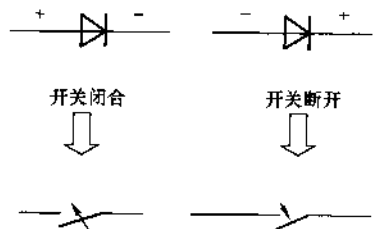


图 1.2.9 二极管开关模型

【例 1.2.2】 图 1.2.10 所示的两个电路中，二极管为理想二极管。试分析其工作情况，求出流过二

极管的电流。

解 图 1.2.10 (a) 中, 二极管正向偏置。将 V1 视为短路, 得到图 1.2.11 (a), 可求得流过二极管 V1 的电流:

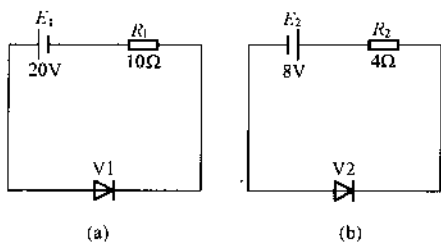


图 1.2.10 [例 1.2.2] 图

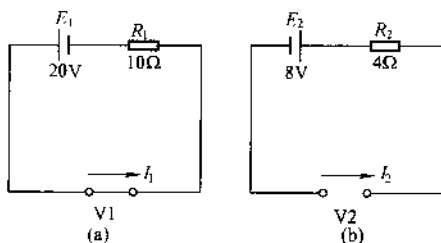


图 1.2.11 图 1.2.10 的等效电路

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1} = \frac{20}{10} = 2(\text{A})$$

图 1.2.10 (b) 中, 二极管反向偏置, V2 可视为开路, 得到图 1.2.11 (b), 可知

$$I_2 = 0(\text{A})$$

## 2. 钳位

将电路中某点的电位值钳制在选定的数值上, 而不受负载变动影响的电路叫钳位电路, 如图 1.2.12 所示。

只要二极管 V 处于导通状态, 不论负载  $R_L$  改变多少, 电路的输出电压  $u_o$  始终等于  $U_G + U_V$ , 其中  $U_V$  为二极管的导通电压。

**【例 1.2.3】** 设图 1.2.13 中的 V1、V2 都是理想二极管, 求电阻  $R(R=3\text{k}\Omega)$  中的电流和电压  $U_o$ 。

解 在两个电源  $E_1$  和  $E_2$  作用下, V1 和 V2 是正向偏置还是反向偏置不易看出, 可用下面的方法判断二极管的状态。

先把被判断的二极管从电路中取下, 然后比较两个开路端电位的高低, 即确定开路端电压的极性。若这个开路电压的极性对被判断的二极管是正向偏置的, 管子接回原处仍是正向偏置; 反之, 管子接回原处就是反向偏置的。

(1) 先判断 V1 的状态: 把 V1 从图中取下, 如图 1.2.14 (a) 所示, 因 V2 的正极接电源  $E_2$  的正极, 负极接电源  $E_1$  的负极, 所以 V 承受正向电压处于导通状态, 于是 8V 电源的正极接 A 端, 负极通过导通的 V2 管接至 B 端, A 点电位高于 B 点电位, 这个极性使 V1 反向偏置。

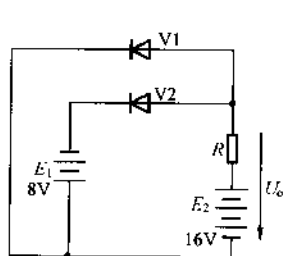


图 1.2.13 [例 1.2.3] 图

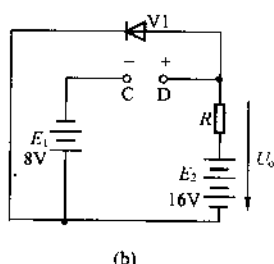
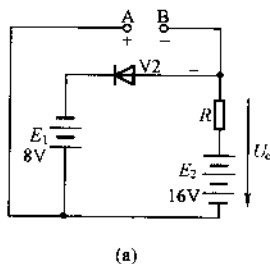


图 1.2.14 判别 V1、V2 的状态

(a) V1 的状态; (b) V2 的状态

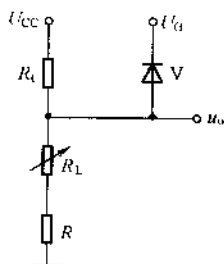


图 1.2.12 二极管钳位电路

(2) 再判断 V2 的状态: 把 V2 从图中取下, 如图 1.2.14 (b) 所示。因 V1 管的正极接  $E_2$  电源的正极, 其负极接  $E_1$  的负极, 所以 V 管正偏而导通, 于是 8V 电源的正极经 V1 接 D 端, 负极接 C 端, 即开路



端D点电位高于C点电位, 这个极性使 V2 正向偏置。

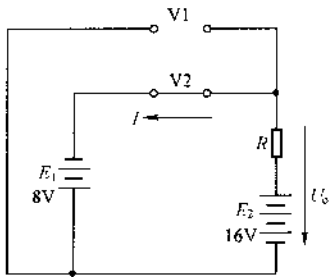


图 1.2.15 图 1.2.13 的等效电路

(3) 根据上述判断可以画出图 1.2.13 的等效电路, 如图 1.2.15 所示。

流过电阻 R 的电流

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R} = \frac{8 + 16}{3} = 8(\text{mA})$$

$$U_o = -E_1 = -8(\text{V})$$

$$U_o = 16 - 3 \times 8 = -8(\text{V})$$

或

### 3. 限幅

当输入信号幅度变化较大时, 限制输出信号幅度的电路称为限幅电路, 如图 1.2.16 所示。设 V 为理想二极管, 即忽略其正向压降和反向电流。若输入电压  $u_i$  为正弦波, 根据二极管的单向导电性,  $u_i$  正半周范围, 当  $u_i > E$  时, 二极管导通, 输出电压  $u_o = E$ ;  $u_i$  负半周时, 二极管截止, 相当于开路, 输出电压  $u_o = u_i$ 。从波形图中不难看出, 输出电压幅度被限制在 E 值。

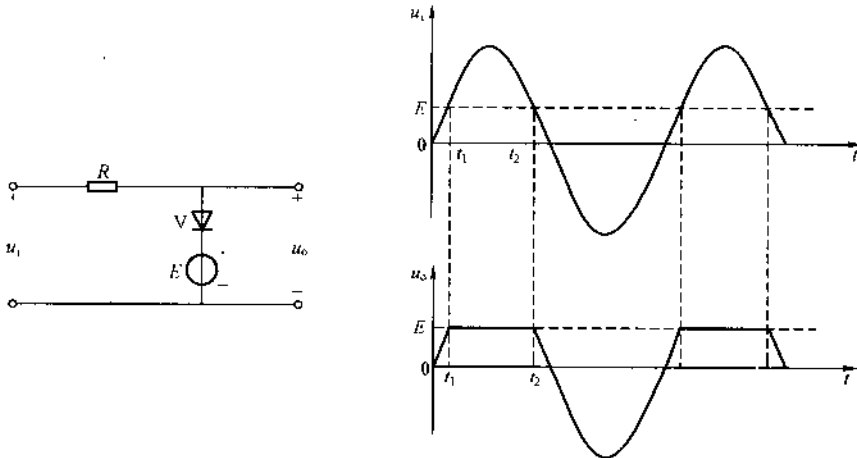


图 1.2.16 二极管限幅电路

## 1.2.6 特殊二极管

### 1. 稳压管

(1) 稳压管及其伏安特性。稳压管是一种用特殊工艺制造的面接触型硅二极管, 它在电路中能起稳定电压的作用。稳压管的电路符号与伏安特性如图 1.2.17 所示。由图可知, 稳压管的正向特性曲线与普通二极管相似, 但是它的反向击穿特性较陡。

稳压管通常工作在反向击穿区, 在这个区域流过稳压管的电流在很大范围内变化时, 管子两端的电压几乎不变, 从而可以获得一个稳定的电压。只要反向电流不超过允许范围, 稳压管就不会发生热击穿损坏。为此, 必须在电路中串接一个限流电阻。

(2) 稳压管的主要参数如下:

稳定电压  $U_Z$ : 指稳压管在正常工作时管子两端的反向击穿电压。

稳定电流  $I_Z$ : 指稳压管保持稳定电压  $U_Z$  时的工作电流值。

最大工作电流  $I_{ZM}$ : 指稳压管允许流过的最大反向电流。超过这个电流, 稳压管将因功率损耗过大, 发热烧坏。