

A stylized illustration of a cityscape with buildings and a train on tracks, rendered in a digital, blocky style. The train is black with orange lights and a blue screen. The background is a gradient of purple and blue with abstract geometric shapes and lines.

# 电子技术基础简明教程 (电工学 II)

DIANZI JISHU JICHU  
JIANMING JIAOCHENG  
(DIANGONGXUE II)

主编 ● 王 英

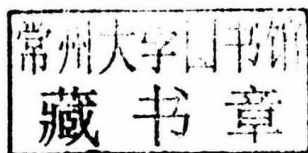
# 电子技术基础简明教程（电工学 II）

主 编 王 英

副主编 曹保江 陈曾川

参 编 曾欣荣 喻 劼 谢美俊

余 嘉 李冀昆



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

-----  
图书在版编目 ( C I P ) 数据

电子技术基础简明教程：电工学. II / 王英主编.

—成都：西南交通大学出版社，2019.1

ISBN 978-7-5643-6742-8

I. ①电… II. ①王… III. ①电子技术 - 高等职业教育 - 教材②电工 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TN②TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 017933 号

-----

电子技术基础简明教程 ( 电工学 II )

主编 王英

责任编辑 李芳芳

特邀编辑 李娟

封面设计 何东琳设计工作室

印张：16.75 字数：418 千

成品尺寸：185 mm × 260 mm

版次：2019 年 1 月第 1 版

印次：2019 年 1 月第 1 次

印刷：四川煤田地质制图印刷厂

书号：ISBN 978-7-5643-6742-8

出版发行：西南交通大学出版社

网址：<http://www.xnjdcbs.com>

地址：四川省成都市二环路北一段111号  
西南交通大学创新大厦21楼

邮政编码：610031

发行部电话：028-87600564 028-87600533

定价：45.00元

课件咨询电话：028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

# 前 言

本教材是为高职工工学校各专业编写的《电子技术基础简明教程》，主编参阅了大量“模拟电子技术”“数字电子技术”和“电子技术”等方面的教材和相关书籍，并结合几十年的教学经验和国家级教学成果奖，针对很多专业或学科在有限的学时条件下，传授电子技术理论的同时，更注重工程能力的培养的实际情况，本教材在内容上做了一些删减，将部分应用性很强的内容（例如： $RC$  正弦波振荡电路、方波-三角波-函数发生电路、双向移位寄存器、分频器、555 集成定时器、计数-译码-数码显示电路等），直接以实践项目的方式编写，以便于学生在实践中学习和掌握。为此，作者同时编写了与本教材配套的实践教材《电子技术基础实验与实训教程》。

本教材分为“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”两篇：第一篇“模拟电子技术基础”有 3 章：半导体及二极管应用、基本放大电路、集成运算放大电路；第二篇“数字电子技术基础”有 3 章：逻辑代数的基本概念、组合逻辑电路、时序逻辑电路。

本教材编写体系：以器件的伏安特性和逻辑功能入手，以经典应用模块电路为实例，展开结构、特性、功能等为一体的讨论。力求在保证基础知识的同时，由浅入深，简明扼要，理论融合实践。其教材特点是以电子技术内容为主线，以“学习指导”为开篇，以“理论知识”奠基础，以“例题求解”助拓展，以“常见问题”强概念，以“各章小结”示重点，并通过“选择题”加强基本概念的掌握，通过“习题”注重综合能力的提高，用较少的篇幅将模拟电子技术和数字电子技术融为一体，易教、易学、易实践，有助于学生掌握电子技术基础。本教材参考学时为 64~80 学时。

本教材由西南交通大学王英老师执笔主编，曹保江、陈曾川任副主编，曾欣荣、喻劼、谢美俊、余嘉、李冀昆等参编。在教材编写过程中，参考了众多优秀教材，受益匪浅，另外，很多同行也给予了大量的支持，在此编者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者 王英  
2019 年 1 月

# 目 录

## 第一篇 模拟电子技术基础

第 1 章 半导体及二极管应用 .....	2
1.1 学习指导 .....	2
1.2 半导体的基本知识 .....	2
1.3 半导体二极管及应用 .....	7
1.4 稳压二极管 .....	15
1.5 单相桥式整流滤波稳压电路 .....	18
本章小结 .....	27
选择题 .....	28
习 题 .....	30
第 2 章 基本放大电路 .....	35
2.1 学习指导 .....	35
2.2 基本放大器件晶体管 .....	36
2.3 三极管基本放大电路 .....	52
2.4 场效应管基本放大电路的动态分析 .....	69
2.5 阻容耦合放大电路简介 .....	72
本章小结 .....	78
选择题 .....	79
习 题 .....	81
第 3 章 集成运算放大电路 .....	84
3.1 学习指导 .....	84
3.2 集成运算放大器 .....	84
3.3 反馈电路的简介 .....	88
3.4 运算电路和电压比较器 .....	96
本章小结 .....	112
选择题 .....	115
习 题 .....	116

## 第二篇 数字电子技术基础

第 4 章 逻辑代数的基本概念 .....	122
4.1 学习指导 .....	122
4.2 基本概念及基本逻辑运算 .....	123
4.3 基本逻辑代数公式和定理 .....	132
4.4 逻辑函数表示方法之间的相互转换 .....	134
4.5 卡诺图化简逻辑函数 .....	139
本章小结 .....	154
选择题 .....	155
习 题 .....	158
第 5 章 组合逻辑电路 .....	161
5.1 学习指导 .....	161
5.2 组合电路的概述 .....	161
5.3 组合电路的分析和设计 .....	162
5.4 编码器和译码器 .....	170
5.5 数据选择器和分配器功能简介 .....	185
5.6 加法器和比较器 .....	190
本章小结 .....	194
选择题 .....	195
习 题 .....	198
第 6 章 时序逻辑电路 .....	202
6.1 学习指导 .....	202
6.2 触发器和集成计数器 .....	203
6.3 时序逻辑电路的分析与设计 .....	217
6.4 计数器电路的设计与分析 .....	228
6.5 寄存器简介 .....	240
本章小结 .....	243
选择题 .....	244
习 题 .....	248
部分习题参考答案 .....	256
参考文献 .....	262

# 第一篇 模拟电子技术基础

本篇主要介绍半导体的基本特性、载流子基本概念、PN 结的单向导电性；二极管、稳压管、三极管、场效应管和集成运算放大器的特性曲线、工作状态及线性微变等效电路；讨论了基本放大电路的静态工作点和动态参数的分析计算；集成运算放大电路的线性电路（比例器、加法器、减法器、积分器、微分器、反相器和跟随器等）和非线性电路（零压比较器和任意电压比较器）；简单介绍了单向桥式整流稳压电路工作原理、反馈的基本概念和多级阻容耦合放大电路。

# 第 1 章 半导体及二极管应用

## 1.1 学习指导

本章节讨论了两个问题：一是模拟电子技术的理论知识；二是半导体二极管的伏安特性及应用电路。其中，掌握 PN 结的单向导电性是学习半导体器件的基础。

### 1.1.1 内容提要

- (1) 半导体材料的基本概念，N 型和 P 型半导体的载流子特性，PN 结的单向导电性。
- (2) 半导体二极管和稳压管的工作原理、伏安特性及基本应用。
- (3) 单相桥式整流滤波稳压电路的工作原理。

### 1.1.2 重点与难点

#### 1. 重点

- (1) 掌握 PN 结的单向导电性，即 PN 结加正向电压导通、加反向电压截止。
- (2) 掌握二极管的伏安特性及测量方法；掌握稳压管的稳压特性。
- (3) 掌握单相桥式整流滤波稳压电路的工作原理。

#### 2. 难点

PN 结的单向导电性的判断与理解；二极管和稳压管的伏安特性的应用。

## 1.2 半导体的基本知识

20 世纪 50 年代，电子管逐步被半导体器件取代，特别是 1948 年晶体管（transistor）的发明，对电子技术的发展起到了决定性的作用，而半导体器件的集成化电路的产生，又使电子技术进入一个崭新的时代。从小规模集成电路（SSI）到中规模（MSI）、大规模（LSI）、超大规模集成电路（VLSI），集成电路工艺水平日新月异，成就了现代电子科学技术的发展。

在自然界中，物质按导电能力的强弱可分为导体、绝缘体、半导体三大类。

**导体：**容易传导电流的材料，如金属。

**绝缘体：**几乎不传导电流的材料，如橡胶、陶瓷、石英、塑料等。

**半导体：**导电能力介于导体和绝缘体之间的材料。由于绝大多数半导体的原子排列呈晶体结构，所以由半导体材料构成的管件也称晶体管，最常用的半导体材料有锗（Ge）和硅（Si）。

**半导体器件：**用半导体材料制成的电子器件。

半导体的导电性能特点：

（1）具有光敏性和热敏性。

半导体受到光照或热辐射时，其电阻率会发生很大的变化，导电能力将有明显的改善，利用这一特性可制造光敏元件和热敏元件。

（2）具有掺杂特性。

在纯净的半导体中掺入微量的其他元素，半导体的导电性能将大大增强。

可见，半导体的导电性能极其不稳定，这也就导致由半导体材料制造出的电子器件具有很强的非线性特性。所以，在讨论二极管、稳压管、三极管、场效应管和集成运算放大器等半导体器件的伏安特性时，常用  $u-i$  坐标图进行分析讨论。

### 1.2.1 本征半导体

按照半导体理论，将不含杂质的半导体单晶体称为**本征半导体**。

本征半导体在绝对温度下，且无外界能源施加能量（如光照等）时，是不导电的。但在温度增加或接受光照时，一些共价键中的价电子由于获得一定的能量，挣脱原子核的束缚，成为自由电子，这种现象称为本征激发（也称热激发）。原子核因失去电子，在共价键中出现了空位，这个呈现出正电性的空位称为**空穴**。空穴的出现是半导体的一个重要特点。如图 1.1 所示。

本征半导体中的自由电子和空穴是成对出现的，称之为**电子空穴对**。如果在半导体两端加上直流电源  $E$ ，如图 1.2 所示，则自由电子将向电源正端定向运动形成电子电流。空穴虽不移动，但因为带正电，故能吸收相邻原子中的价电子来填补，这样共价键中受束缚的价电子在晶体内不断地递补空位而间接产生空穴的定向移动，从而形成空穴电流。电子移动时是负电荷的移动，空穴移动时是正电荷的移动，**电子和空穴都能运载电荷**，所以它们统称为**载流子**。

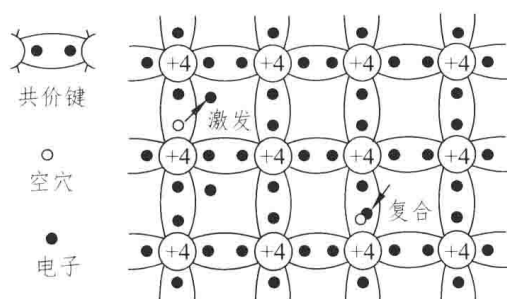


图 1.1 本征半导体的电子空穴对

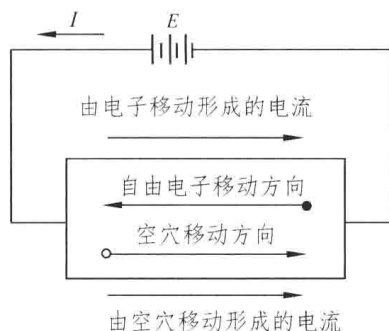


图 1.2 载流子在外电场作用下形成电流

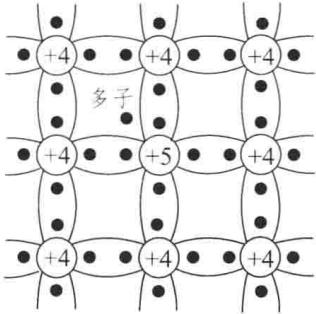
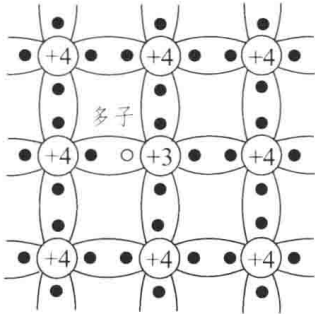
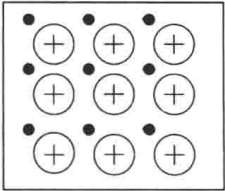
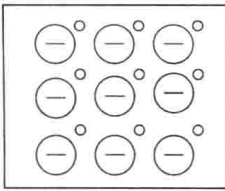
**双极型半导体器件：**具有电子、空穴两种载流子参与导电的器件。如二极管、稳压管和三极管都可以统称为双极型半导体器件。

**单极型半导体器件**：只具有一种载流子（电子或空穴）参与导电的器件。如场效应管就称为单极型半导体器件。

### 1.2.2 杂质半导体

在本征半导体中掺进微量的其他元素（称为“杂质”）称为**杂质半导体**，即N型半导体、P型半导体统称为杂质半导体，其结构和特性等如表 1.1 所示。

表 1.1 杂质半导体

项目	N 型半导体	P 型半导体
掺杂	五价元素（如：磷、砷）	三价元素（如：硼、铝）
结构示意图		
特点	多数载流子是电子，少数载流子是空穴	多数载流子是空穴，少数载流子是电子
示意图		

#### 1) 杂质半导体掺杂特性

在本征半导体中掺进**五价元素**（如磷、砷等），这些微量原子的外层有 5 个价电子，其中 4 个与本征半导体的外层电子组成共价键，多余的 1 个价电子则成为自由电子，由于自由电子为多数载流子，故称这类半导体为**N 型半导体**。

在本征半导体中掺进**三价元素**（如硼、铝等），这些微量原子的外层有 3 个电子，在组成共价键的过程中多出 1 个空位（即空穴），由于空穴为多数载流子，故称这类半导体为**P 型半导体**。

#### 2) 杂质半导体结构示意图

N 型半导体多余的 1 个价电子成为自由电子，即自由电子为多数载流子。

P 型半导体多出的一个空位成为空穴，即空穴为多数载流子。

#### 3) 杂质半导体特点

N 型半导体电子数目  $\gg$  空穴数目，即电子为多数载流子，空穴为少数载流子。

P 型半导体空穴数目  $\gg$  电子数目，即空穴为多数载流子，电子为少数载流子。

#### 4) 杂质半导体示意图

当五价杂质原子失去价电子时,成为带正电的杂质离子,用 $\oplus$ 表示 N 型半导体。

当三价杂质原子获得价电子时,成为带负电的杂质离子,用 $\ominus$ 表示 P 型半导体。

在杂质半导体中,多数载流子的数目与掺入杂质有关,掺入杂质越多,多数载流子的数目就越多;而少数载流子的数目则与温度有关,温度越高,少数载流子的数目就越多。应当注意,不论是哪一种掺杂半导体,虽然它们都有一种载流子占多数,但半导体中的正负电荷数是相等的,整个晶体仍然保持电中性。

### 1.2.3 PN 结的形成

PN 结是构成各种半导体器件的核心,许多半导体器件都是由不同数量的 PN 结构成的。所以,PN 结的理论是学习半导体器件的基础。

#### 1. 载流子的运动

##### (1) 扩散运动。

在电中性的半导体中,当同一种载流子出现浓度差别时,载流子将从浓度较高的区域向浓度较低的区域运动,这种由多数载流子形成的运动称为**扩散运动**。如图 1.3 (a) 所示。

##### (2) 漂移运动。

在电场的作用下,少数载流子(即 N 型半导体中的空穴, P 型半导体中的自由电子)的定向运动,称为**漂移运动**。如图 1.3 (c) 所示。

#### 2. PN 结的形成

在一块半导体晶体上,采取一定的掺杂工艺,使两边分别形成 P 型半导体和 N 型半导体,由于 N 型与 P 型半导体中浓度的不同,在交界处产生扩散运动。如图 1.3 (a) 所示。

扩散运动的结果: N 区侧因失去电子,留下带正电的杂质离子(用 $\oplus$ 表示); P 区侧因失去空穴,留下带负电的杂质离子(用 $\ominus$ 表示),形成了一个很薄的**空间电荷区**,这个空间电荷区就称为**PN 结**。如图 1.3 (b) 所示。

在内电场的作用下,少子产生漂移运动,最后扩散运动与漂移运动达到相对的稳定,PN 结(即空间电荷区)处于动态平衡。如图 1.3 (c) 所示。

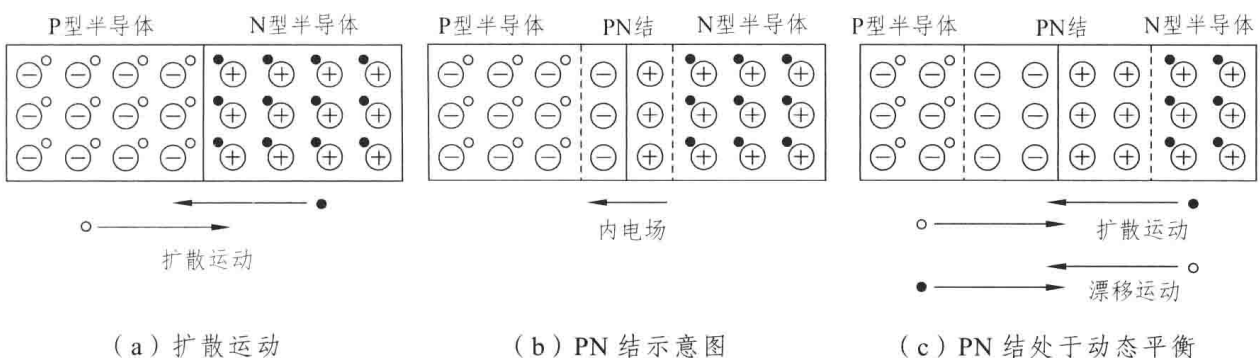


图 1.3 PN 结的形成

PN 结的形成过程为：

多子浓度的差别 → 扩散运动 → 杂质离子形成空间电荷区 → 内电场  $\begin{cases} \text{促使少子漂移} \\ \text{阻止多子扩散} \end{cases} \rightarrow \text{达到动态平衡}$

PN 结是构成各种半导体器件的核心，不同的半导体器件的 PN 结的结构或数量有所不同。如半导体器件二极管、稳压管的结构中只有一个 PN 结，三极管的结构中有两个 PN 结。

### 1.2.4 PN 结的单向导电性

PN 结通常处于动态平衡状态，当外加一定的电压时，将会破坏这种动态平衡状态，即外加电压极性不同，PN 结呈现的导电性能也不同，其导电性能如表 1.2 所示。

表 1.2 PN 结的单向导电性

项目	PN 结外加正向偏置电压（简称：正偏）	PN 结外加反向偏置电压（简称：反偏）
电路图		
PN 结电阻特性	内电场减弱，多子的扩散运动增强，PN 结呈现低电阻状态	内电场增强，主要少子漂移运动形成电流，PN 结呈现高电阻状态
PN 结导电特性	一定范围内，外电场越强，扩散电流越大，称 PN 结为导通状态	一定温度条件下，漂移电流很小很小，称 PN 结为截止状态

#### 1. PN 结外加正向偏置电压

在一定范围内，PN 结外加正向偏置越高，正向电流  $i$  则越大，这时 PN 结呈现低电阻状态，常称 PN 结处于导通状态。

#### 2. PN 结外加反向偏置电压

PN 结外加反向偏置电压时，空间电荷区加宽，扩散运动几乎不能进行，反向电流很小，这时 PN 结呈现高电阻状态，常称 PN 结处于截止状态。

综上所述，PN 结加正偏时，呈现低电阻状态，PN 结为导通状态；PN 结加反偏时，呈现高电阻状态，PN 结为截止状态。这种导电特性称为 PN 结的单向导电性。

## 1.2.5 常见问题讨论

(1) 双极型半导体器件与单极型半导体器件的参与导电的载流子没有区别。

解答：错。

双极型半导体器件参与导电的载流子为电子、空穴两种载流子。

单极型半导体器件参与导电的载流子为电子或空穴，即只有一种载流子参与导电。

(2) PN 结在什么条件下，显示其单向导电基本特性？

解答：在外加电压条件下。

PN 结的单向导电性只有在外加电压时才显示出来。

(3) 在有外加电压时，PN 结呈现的电阻特性不变。

解答：错。

PN 结外加正向电压时，呈低电阻状态，即导通状态；外加反向电压时，呈高电阻状态，即截止状态。

## 1.3 半导体二极管及应用

### 1.3.1 基本概念

#### 1. 基本结构

半导体二极管是由一个 PN 结加上相应的电极引线和管壳封装制成的。P 型半导体一端的电极为**阳极**（也称正极），N 型半导体一端的电极为**阴极**（又称负极）。如图 1.4（a）所示。

#### 2. 图形符号

根据半导体二极管基本结构，在电子电路中用图 1.4（b）所示符号表示半导体二极管。

#### 3. 伏安特性的测试

根据图 1.4（a）所示的二极管的基本结构和表 1.2 中的电路图可知，二极管是一个具有单向导电伏安特性的**双极型器件**；通过电路图 1.4（c）、（d）的实验测试，可得到如图 1.4（e）所示的伏安特性曲线，同时说明二极管是一个**非线性元件**。

##### 1) 正向特性测试

当二极管加正偏电压 [ 如图 1.4（c）所示 ] 时，调节电压源  $E$  值由  $0\text{ V}$  逐渐增加，同时用电压表和毫安表测量二极管上的正向电压和电流，得到二极管的正向伏安特性。

##### 2) 反向特性测试

当电压源反向连接 [ 即如图 1.4（d）所示二极管加反偏电压 ] 时，从  $0\text{ V}$  开始调节电压源  $E$  值，同时测量二极管的反向电压和电流，得到二极管的反向伏安特性。

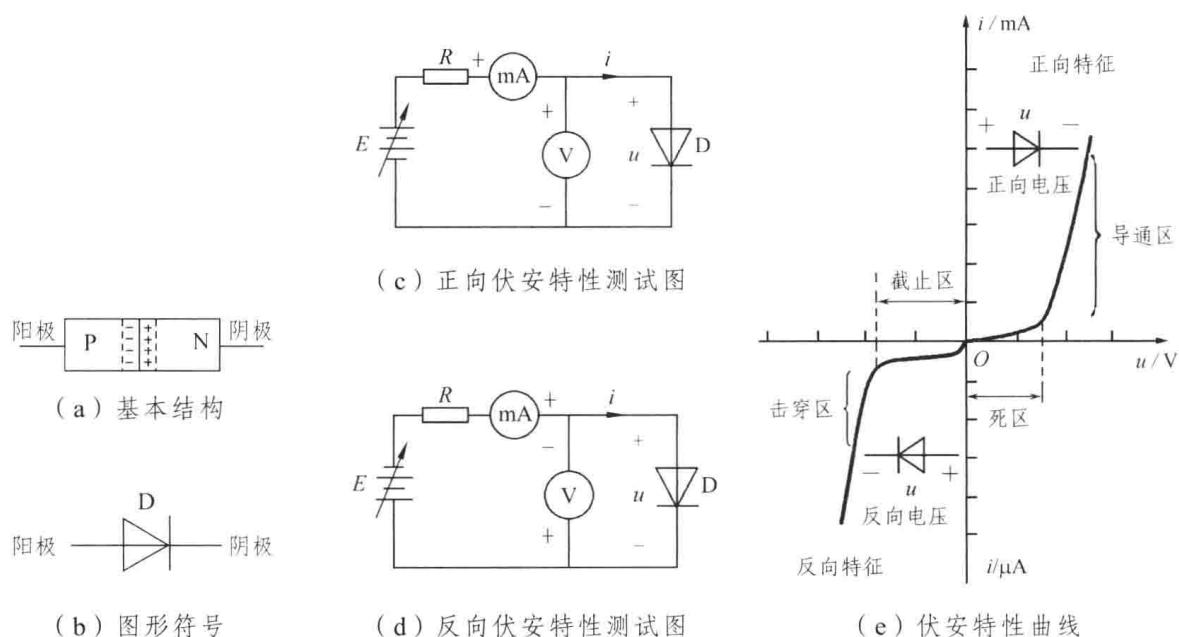


图 1.4 半导体二极管

#### 4. 伏安特性曲线的分析

不同的半导体二极管的伏安特性是有差异的, 由于基本结构中都仅存在一个 PN 结, 则伏安特性曲线的基本形状是相似的, 即都具有单向导电性, 并且是双极型器件。

##### 1) 正向特性

图 1.4 (e) 中第一象限内的曲线称为正向特性。

(1) 当二极管工作在“死区”状态下时, PN 结呈现高阻状态, 正向电流几乎为零。通常, 硅管的死区电压为  $0.6 \sim 0.7 \text{ V}$ , 锗管的死区电压为  $0.2 \sim 0.3 \text{ V}$ 。

(2) 当正向电压  $u$  大于死区电压时, PN 结呈现低阻状态, 正向电流增长很快。这时通常称二极管为“正向导通”状态。

##### 2) 反向特性

图 1.4 (e) 中第三象限内的曲线称为反向特性。

当外加反向电压不超过反向击穿电压时, PN 结呈现高阻状态, 称二极管为“反向截止”状态。

当外加反向电压过高而超过反向击穿电压时, 反向电流突然增大, 称二极管反向击穿。击穿后的二极管失去了单向导电性能, 即二极管损坏。

### 1.3.2 主要参数

二极管的特性可用两种方式来说明: 一种是用伏安特性曲线; 另一种是用一些数据, 这些数据就称为二极管的参数。参数一般可从半导体器件手册中查到。主要参数有:

### 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。使用时应注意流过二极管的平均电流值不大于  $I_{OM}$ ，否则将会使二极管中 PN 结的结温超过允许值而损坏。

### 2. 最大反向工作电压 $U_{DRM}$

它是指二极管不被击穿所允许的最高反向电压。一般规定最高反向工作电压  $U_{DRM}$  为反向击穿电压的  $1/2 \sim 2/3$ 。

### 3. 最大反向电流 $I_{RM}$

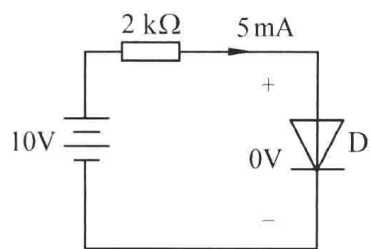
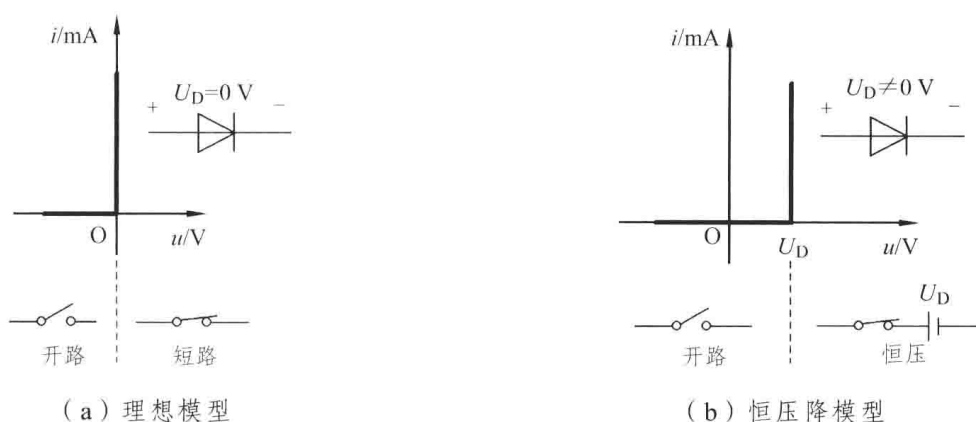
在规定的环境温度下，二极管加上最大反向工作电压时的反向电流。反向电流越小，管子的单向导电性能越好。

半导体二极管还有一些其他参数，如正向压降、最高工作频率等。

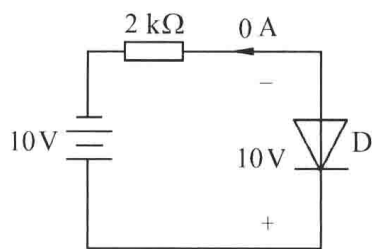
## 1.3.3 二极管基本模型及电路分析

### 1. 二极管正向特性模型

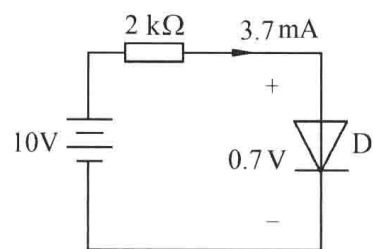
在分析二极管的应用电路时，可以根据不同的场合和使用条件，选择不同的模型来等效代替。本教材主要介绍理想模型和恒压降模型两种。如图 1.5 所示。



(c) 理想模型：D 正偏导通



(d) D 反偏截止



(e) 恒压降模型：D 正偏 0.7 V

图 1.5 二极管的等效模型图

### 1) 理想模型

二极管理想模型的伏安特性如图 1.5 (a) 所示, 即二极管 D 相当于一个理想开关, 正向导通, 反向截止。

(1) 二极管等效为“短路”。

当二极管外加正向电压大于零伏时, 忽略二极管的正向压降, 称二极管为“正向导通”状态。此时, 二极管等效为“短路”, 二极管两端的电压为 0 V, 如图 1.5 (c) 所示。

(2) 二极管截止。

当二极管外加反向电压时, 称二极管为“反向截止”状态。此时, 二极管等效为“开路”, 流过二极管的电流为 0 V, 如图 1.5 (d) 所示。

此模型主要用于低频大信号电路之中, 例如整流电路。

### 2) 恒压降模型

二极管恒压降模型的伏安特性如图 1.5 (b) 所示。

(1) 二极管等效为“恒压源”。

当二极管 D 外加正向电压  $u \geq$  死区电压  $U_D$  时, 忽略正向动态电阻, 二极管 D 等效为“恒压源  $U_D$ ”, 如图 1.5 (e) 所示。

(2) 二极管截止。

当  $u < U_D$  时, 二极管 D 为“反向截止”状态, 二极管 D 等效为“开路”, 通过二极管的电流为 0 V, 如图 1.5 (d) 所示。

此模型主要用于低频小信号电路。

## 2. 二极管电路分析

正确判断出二极管的工作状态是分析二极管电路的关键, 即判断二极管电路的工作状态是导通状态, 还是截止状态。

**【例 1.1】** 在图 1.6 (a) 所示的电路中, 已知二极管正向偏置电压为 0.7 V, 电压源为  $U_{S1} = 5$  V,  $U_{S2} = 10$  V, 电阻  $R_1 = R_2 = 10$  k $\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 5$  k $\Omega$ , 试判断二极管是导通还是截止, 并求流过二极管的电流。

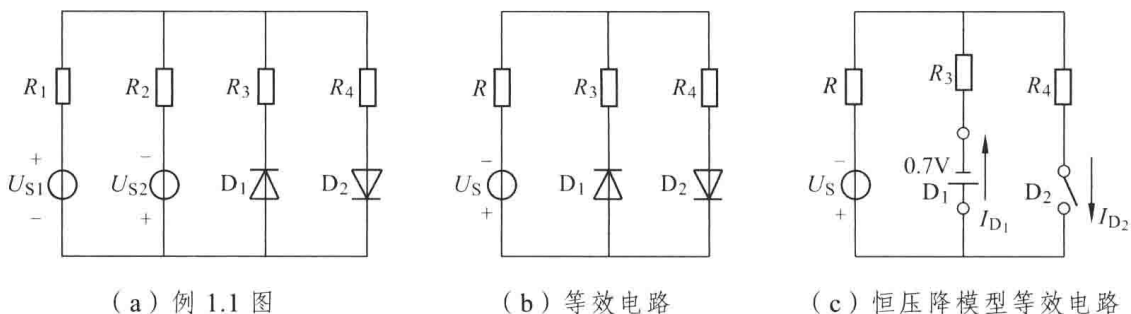


图 1.6 例 1.1 图及电路分析图

**分析:**

(1) 因二极管是非线性元件, 所以不能用叠加定理进行分析计算。但是, 两个电压源模型 (即电阻串联电压源支路) 是线性电路, 可以用戴维南定理或电源模型等效变换法化简电

路,如图 1.6 (b) 所示。

(2) 根据二极管正向偏置电压为 0.7 V, 用恒压降模型等效替代二极管, 如图 1.6 (c) 所示。

**解** 由戴维南定理计算图 (a) 得图 (b), 其参数为

$$R = R_1 // R_2 = \frac{10}{2} = 5 \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$U_S = \left( \frac{U_{S2}}{R_2} - \frac{U_{S1}}{R_1} \right) R = \left( \frac{10}{10 \times 10^3} - \frac{5}{10 \times 10^3} \right) \times 5 \times 10^3 = 2.5 \text{ (V)}$$

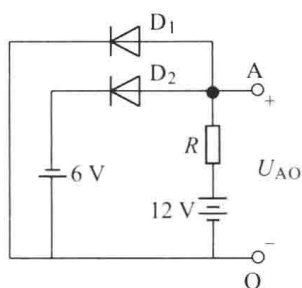
在图 (b) 中的电压源  $U_S$  作用下, 二极管  $D_1$  承受的是正向电压, 即  $D_1$  导通;  $D_2$  承受的是反向电压, 即  $D_2$  截止。其等效电路如图 (c) 所示, 则流过二极管的电流分别为

$$I_{D2} = 0 \text{ A}$$

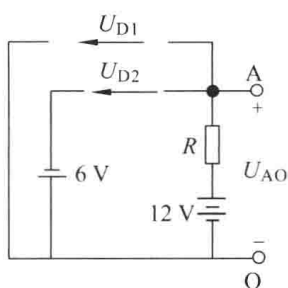
$$I_{D1} = \frac{U_S - 0.7}{R + R_3} = \frac{2.5 - 0.7}{(5 + 5) \times 10^3} = 0.18 \text{ (mA)}$$

**结论:** 二极管是非线性元件, 不能用叠加定理分析二极管电路; 当已知二极管正向偏置电压不为零时, 可用恒压降模型等效替代二极管。

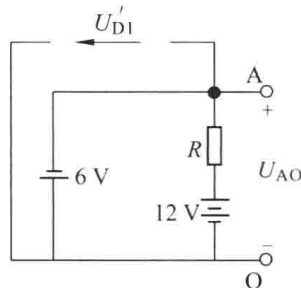
**【例 1.2】** 图 1.7 (a) 电路中, 已知二极管为理想元件, 试判断二极管的工作状态, 并求电压  $U_{AO}$ 。



(a) 例 1.2 图



(b) 二极管工作状态分析图



(c)  $D_2$  优先导通后电路

图 1.7 例 1.2 图及分析判断图

**分析:**

(1) 由二极管的伏安特性可知: 二极管由截止状态过渡到导通状态时, 要通过一个“死区”, 所以, 当若干个二极管同时处于正向偏置电压时, 正向偏置电压较大的二极管通过“死区”的时间较短而优先导通 (用“短路”等效替代); 其他的二极管是否导通, 须在优先导通二极管的条件下继续再做判断, 依此类推。

(2) 二极管正向偏置电压计算方法: 将二极管从电路图中移去形成开路, 并根据各个二极管在电路中的连接方式, 分别设正向偏置电压为开路电压, 最高的开路电压判断为优先导通的二极管。

**解** 设二极管正向偏置电压  $U_{D1}$ 、 $U_{D2}$  如图 (b) 所示, 得