

21

世纪高职高专课程与教学改革系列教材

电子技术基础

DIANZIJIISHUJICHU

叶 莎 主编



科学出版社

www.sciencep.com



电子技术基础

电子技术基础

电子技术基础



清华大学出版社

21 世纪高职高专课程与教学改革系列教材

电子技术基础

叶 莎 主编

科学出版社

北 京

TNo1

194

内 容 简 介

本套《电工技术基础》、《电子技术基础》及其实训教材是根据教育部最新制订和颁布的《高职高专教育基础课程教学基本要求》编写的。在编写过程中,坚持理论知识够用、基础知识管用、专业知识适用的编写原则,是21世纪高职高专课程与教学改革系列教材之一。

本书为“电子技术基础”课程教材,共9章。编写重点放在最基本的电路上。对于电子器件,则重点介绍其外部性能,以及如何用于电路中。对于分立电路和集成电路,则以分立为基础,集成是重点,分立为集成服务。

本教材是高等职业教育机电技术及应用、机电一体化、数控技术、化工机械、计算机、水电、制药、建筑、经济、管理等专业的“电子技术基础”课程教材,也可作为中等职业学校的同类课程教材,还可以作为中高职资格与就业培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/叶莎主编. - 北京:科学出版社,2005.5
(21世纪高职高专课程与教学改革系列教材)
ISBN 7-03-015415-0

I.电… II.叶… III.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(2005)第037538号

责任编辑:杨瑰玉

责任印制:高 嵘/封面设计:王立革

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>

湖北北京山德新印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005年7月第一次印刷 印张:12 1/4

印数:1~8 000 字数:294 000

定价:18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本套《电工技术基础》、《电子技术基础》及其实训教材是根据国家教育部最新制定和颁布的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和高等职业教育培养目标与课程教学改革的基本要求编写的,是新世纪高职高专人才培养规划及其教学改革的系列教材之一,是高等职业教育机电技术及应用、机电一体化、数控技术、化工机械、计算机、水电、制药、建筑、经济、管理等专业的电工电子基础课程教材,也可作为相关专业相同课程的培训教材。

本套教材在编写过程中,充分参照有关行业最新颁发的职业鉴定规范及其高级技工等级标准所要求的专业基础,坚持理论知识够用、基础知识管用、专业知识适用的编写原则,以培养专业素质和职业应用技能为教材编写重点,将教材中的教学内容与职业培养目标紧密结合,淡化理论推导,弱化各类复杂电路分析和计算,注重专业基础和专业综合素质教学,强化专业应用训练,讲述简捷,推导直观,力求实用。

本书为“电子技术基础”课程教材。电子技术中的管(电子器件)、路(电子电路)、用(实际应用)三者的关系是,管、路、用相结合,管为路用,以路为主,故本书把重点放在最基本的电路上。对于电子器件,则重点介绍其外部性能,以及如何用于电路中。对于分立电路和集成电路,其原则是:分立为基础,集成是重点,分立为集成服务。在教材编写和选材上,本教材打破以往教材过于“系统化”的倾向,围绕基础应用,强化教学内容,巩固专业知识训练,将一些复杂而又难以理解的内容简单化,提炼出简单易学的分析方法,将理论的实际应用以例题形式引入。带“*”号为选学内容,供不同专业选用。各章后列有思考练习题。

本教材是高等职业教育机电技术及应用、机电一体化、数控技术、化工机械、计算机、水电、制药、建筑、经济、管理等专业的《电子技术基础》课程教材,也可作为中等职业学校的同类课程教材,还可以作为中高级职业资格与就业培训用书。

本教材由叶莎(武汉船舶职业技术学院)主编,汤维华、钟守兵任副主编,刘继清(武汉船舶职业技术学院)主审。本书编写者均为教学经验丰富的“双师型”教师,其中第一章由张清战编写,第二章由钟守兵编写,第三、四章由周锐(武汉船舶职业技术学院)编写,第五、八、九章由汤维华、黄卫红编写,第六、七章由叶莎编写,最后由叶莎统稿,叶莎、刘继清定稿。

电子技术基础是一门较为成熟的专业基础课,本教材在诸多方面进行了创新。由于对各专业教学改革方向存在理解上的差异,加之水平有限,因此总有不尽人意之处,衷心地欢迎广大读者和同行批评指正,与我们一起把高职高专教材建设做得更好!

编 者

2005年3月

目 录

第一章 半导体器件	1
1.1 PN 结	1
1.1.1 半导体基础知识	1
1.1.2 PN 结	3
1.2 半导体二极管	4
1.2.1 基本结构和表示符号	4
1.2.2 伏安特性	5
1.2.3 主要参数	5
1.2.4 稳压管	7
1.3 半导体三极管	8
1.3.1 三极管的结构、符号、分类	9
1.3.2 三极管的电流放大原理	9
1.3.3 特性曲线	11
1.3.4 三极管的主要参数	12
1.4 场效应晶体管	14
1.4.1 基本结构	14
1.4.2 工作原理	15
本章小结	16
习题	17
第二章 基本放大电路	21
2.1 基本放大电路的组成和电压放大原理	21
2.1.1 放大电路的分类	21
2.1.2 基本放大电路的组成和电压放大原理	21
2.2 放大电路的分析	25
2.2.1 放大电路的静态分析	25
2.2.2 放大电路的动态分析	26
2.3 放大器静态工作点的稳定	31
2.3.1 静态工作点的稳定	31
2.3.2 分压式电流负反馈偏置电路	32
2.4 共集电极放大电路	34
2.4.1 静态分析	35
2.4.2 动态分析	35
2.5 多级放大电路	37
2.5.1 直接耦合	38
2.5.2 阻容耦合	38

2.5.3 多级放大电路的分析	38
2.6 差分放大电路	40
2.6.1 差分放大电路的结构和工作原理	40
2.6.2 差分放大电路分析	41
*2.7 共源极放大电路	44
2.7.1 增强型 MOS 管共源放大电路	44
2.7.2 耗尽型 MOS 管共源放大电路	45
2.8 功率放大电路	46
2.8.1 概述	46
2.8.2 功率放大电路的效率问题	47
2.8.3 互补对称功率放大电路	48
本章小结	51
习题	52
第三章 模拟集成放大电路及应用	55
3.1 集成放大电路基础知识	55
3.1.1 集成放大器概述	55
3.1.2 集成放大器的电路组成、符号及参数	55
3.1.3 理想集成放大器	56
3.2 负反馈放大电路	57
3.2.1 反馈的基本概念	58
3.2.2 负反馈对放大器性能的改善	60
3.3 集成放大器的应用	62
3.3.1 集成放大器的线性应用	62
3.3.2 集成放大器的非线性应用	68
本章小结	69
习题	70
第四章 直流稳压	72
4.1 整流电路	72
4.1.1 单相半波整流电路	72
4.1.2 单相桥式整流电路	73
4.1.3 可控整流电路	74
4.2 滤波电路	77
4.2.1 电容滤波电路	78
4.2.2 电感滤波电路	79
4.2.3 复合滤波电路	79
4.3 直流稳压电路	80
4.3.1 串联型稳压电路	80
4.3.2 集成稳压器	81
本章小结	83
习题	83

第五章 振荡电路	85
5.1 正弦波振荡电路	85
5.1.1 自激振荡的概念	85
5.1.2 正弦振荡电路的基本原理	85
5.2 RC 振荡器	86
5.2.1 RC 振荡电路的组成	86
5.2.2 典型 RC 振荡电路	86
5.3 LC 振荡电路	89
5.3.1 LC 振荡电路的组成	89
5.3.2 典型 LC 振荡电路	89
*5.4 石英晶体振荡电路	91
5.4.1 石英晶体的基本特性和等效电路	91
5.4.2 石英晶体振荡电路	92
*5.5 LC 振荡电路的应用举例	93
5.5.1 接近开关	93
5.5.2 电视机本机振荡电路	94
本章小结	94
习题	94
第六章 数字逻辑电路基础	97
6.1 数字逻辑电路概述	97
6.1.1 数字信号与模拟信号	97
6.1.2 数字逻辑电路的特点和类型	97
6.1.3 脉冲波形及其参数	98
6.2 数制和码制	99
6.2.1 数制	99
6.2.2 码制	100
6.3 逻辑代数	101
6.3.1 逻辑代数中的三种基本运算	101
6.3.2 逻辑代数的运算法则	102
6.3.3 逻辑函数及其表示方法	103
6.3.4 逻辑函数的代数化简法	106
*6.3.5 用卡诺图化简逻辑函数	107
6.4 基本逻辑门电路	111
6.4.1 二极管与门电路	111
6.4.2 二极管或门电路	112
6.4.3 非门电路	113
6.5 集成复合门电路	114
6.5.1 或非门电路与 CMOS 或非门	114
6.5.2 与非门电路与 TTL 与非门	115
本章小结	119

习题	119
第七章 组合逻辑电路	122
7.1 组合逻辑电路的分析和设计	122
7.1.1 组合逻辑电路的分析	122
7.1.2 组合逻辑电路的设计	125
7.2 常用组合逻辑电路	127
7.2.1 加法器	127
7.2.2 编码器	129
7.2.3 译码器和数据显示	131
*7.2.4 数据选择器与数据分配器	136
*7.2.5 数值比较器	137
本章小结	137
习题	138
第八章 时序逻辑电路	141
8.1 双稳态触发器	141
8.1.1 基本 RS 触发器	141
8.1.2 同步 RS 触发器	142
8.1.3 负边沿触发的 JK 触发器	144
8.1.4 正边沿触发的 D 触发器	145
8.2 时序逻辑电路分析	147
8.2.1 时序逻辑电路的分析步骤	147
8.2.2 时序逻辑电路分析举例	147
8.3 寄存器	150
8.3.1 数码寄存器	150
8.3.2 移位寄存器	151
8.4 计数器	152
8.4.1 二进制计数器	152
8.4.2 十进制计数器	155
8.5 集成定时器	157
8.5.1 555 集成定时器	157
8.5.2 用 555 集成定时器构成的单稳态触发器	158
8.5.3 用 555 集成定时器构成的多谐振荡器	161
*8.5.4 用 555 集成定时器构成的施密特触发器	162
本章小结	164
习题	164
第九章 模拟信号与数字信号的相互转换	167
9.1 数/模 (D/A) 转换器	167
9.1.1 T 型电阻 D/A 转换器	167
9.1.2 集成 D/A 转换器举例	170
9.2 模/数 (A/D) 转换器	170

9.2.1 逐次逼近型 A/D 转换器	171
*9.2.2 数字电路应用举例——数字钟、数字测速系统	172
本章小结	174
习题	174
附录	176
附录 I 电阻器、电容器的标称系列值	176
附录 II 国产半导体器件型号命名法	177
附录 III 小电流低电压硅整流二极管	177
附录 IV 2CW 系列稳压管部分型号和主要参数	178
附录 V 国标半导体集成电路型号命名方法	179
附录 VI 部分集成运算放大器主要技术指标	179
附录 VII 部分数字集成电路外引线排列图	180
部分练习题答案	182
主要参考文献	184

第一章 半导体器件

半导体 PN 结是各种半导体器件的基本结构,它最主要的特性是单向导电性。常用的半导体器件有晶体二极管、晶体三极管和场效应管等,这些器件是近代电子学的重要组成部分。它们具有体积小、重量轻、耗能少和使用寿命长的优点。本章主要介绍半导体的导电规律,PN 结的单向导电原理,二极管的伏安特性及主要参数,三极管的电流分配、放大作用、特性曲线、主要参数,最后介绍场效应管的结构和工作原理。

1.1 PN 结

1.1.1 半导体基础知识

自然界中的物质,按其导电性能可分为三大类,即导体、绝缘体和半导体。导体是指导电能力很强的物质,如金、银、铜、铝等金属材料;绝缘体是指那些导电能力极弱、几乎不导电的物质,如塑料、陶瓷、玻璃等;半导体则是导电性能介于导体和绝缘体之间的物质,如硅、锗、砷化镓等常用半导体材料。由于绝大多数半导体都是晶体,所以用半导体材料制造的二极管和三极管也常称为晶体二极管和晶体三极管。

利用半导体材料可以制成各种半导体器件,半导体具有以下特性:

- (1) 热敏性:半导体的导电能力随外界温度升高而显著增加。
- (2) 光敏性:半导体的导电能力随光照强度不同而显著变化。

利用光敏特性可以制成光敏元件,利用热敏特性可以制成热敏元件。

(3) 掺杂性:往纯净的半导体中掺入微量的杂质,其导电能力将成百万倍地增加。利用掺杂特性可以制成晶体二极管、晶体三极管和场效应管。

1. 纯净的半导体——本征半导体

物质中可以自由运动的带电粒子在电场力的作用下作定向移动,就形成了电流。我们将这些自由运动的带电粒子称为载流子。物质导电能力的大小,主要取决于物质内部载流子的浓度。

纯净的半导体称为本征半导体。在本征半导体中,有两种载流子,一种是电子载流子,另一种是空穴载流子。

锗和硅是常用的半导体材料,它们都是四价元素,其共同的特点是原子最外层的电子都是 4 个。我们将原子的外层电子称为价电子。在本征半导体的晶体结构中,每一个原子的价电子分别与相邻的 4 个原子的价电子结成共用电子对,形成共价键结构,价电子既受电子核对它的吸引力,同时又受到共价键对它的束缚力,如图 1.1.1 所示。

在一定温度下,由于热运动,本征半导体中少数电子挣脱原子核和共价键的束缚而成为自由电子——电子载流子。共有电子挣脱束缚而成为自由电子后,就留下一个空位,如图 1.1.2 所示。空位的出现,会使附近的共有电子移过来进行填补,从而形成共有电子的运动。这种运行,就好像一个带正电荷的空位在移动,称为空穴运动。空位子就叫做“空穴”,空穴也

是一种载流子。

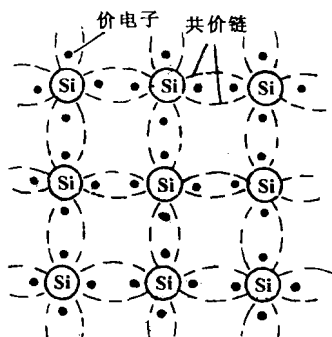


图 1.1.1 硅晶体结构的共价键示意图

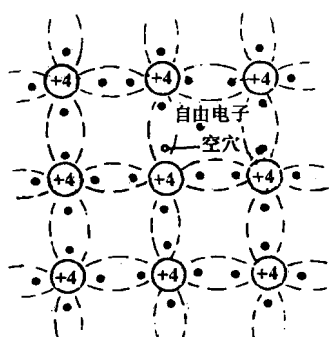


图 1.1.2 本征半导体晶体结构

在本征半导体中，电子和空穴是成对出现的，称为电子空穴对。所以，本征半导体中具有电子载流子和空穴载流子两种类型的载流子。

半导体因为热运动而不断产生自由电子，同时出现相应数量的空穴。另一方面，自由电子在运行中又会与空穴重新结合而消失，这种相反的过程叫做复合。在一定的温度下，电子空穴对的产生和复合达到动态平衡，使电子空穴对维持一定的数目。

2. 掺入杂质的半导体——N 型半导体和 P 型半导体

(1) N 型半导体。在本征半导体硅(或锗)中掺入少量五价元素磷(或砷、锑)，硅原子和磷原子组成共价键后，磷原子外层的 5 个电子中，4 个电子组成共价键，还剩余 1 个价电子，它受原子核的束缚很小，很容易形成自由电子。因此，在这种半导体中，电子载流子的数目多，是多数载流子(简称多子)；空穴载流子的数目少，是少数载流子(简称少子)，主要靠电子导电，故将这种半导体称为电子半导体，简称 N 型半导体，如图 1.1.3 所示。

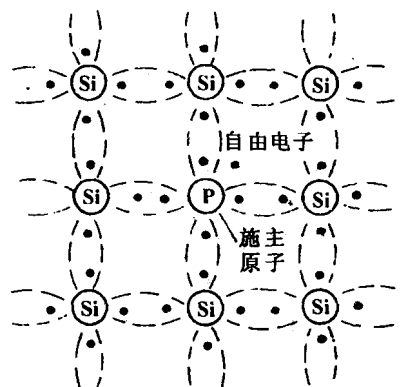


图 1.1.3 N 型半导体结构

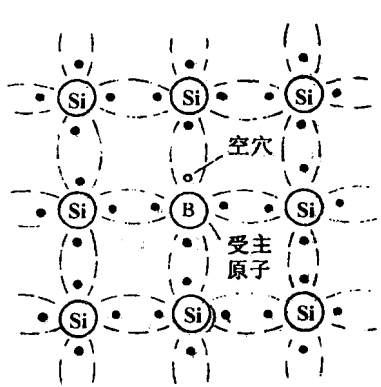


图 1.1.4 P 型半导体结构

(2) P 型半导体。如果在本征半导体硅(或锗)中掺入少量三价元素硼，因为硼原子的最外层只有 3 个价电子，它同周围 4 个硅(或锗)原子组成共价键时，尚缺少一个价电子，这样就会形成一个空穴。在这种半导体中，空穴是多数载流子，自由电子是少数载流子，主要靠空穴导电，故将这种半导体称为空穴半导体，简称 P 型半导体，如图 1.1.4 所示。

1.1.2 PN 结

如果用一定的工艺方法使一块半导体的一部分做成 P 型，另一部分做成 N 型，那么，在 P 型半导体和 N 型半导体的交界面上便形成 PN 结。PN 结是构成各种半导体器件的基础。

1. PN 结的形成

图 1.1.5 表示用上述方法形成的相互接触的两种半导体。其界面左侧是 P 型半导体，多数载流子是空穴。界面右侧是 N 型半导体，多数载流子是电子。由于 P 型区内空穴的浓度大，N 型区内自由电子的浓度大，它们将越过交界面向对方区域扩散。这种多数载流子因浓度上的差异而形成的运动称为扩散运动。多数载流子扩散到对方区域后被复合而消失，但在界面的两侧分别留下了不能移动的正负离子，呈现出一个空间电荷区，这个空间电荷区就称为 PN 结。

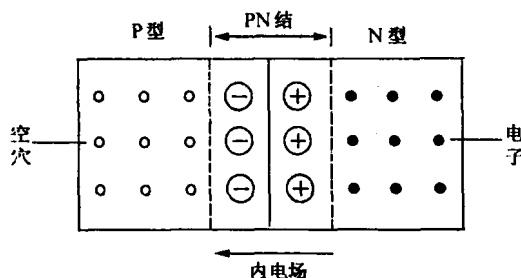


图 1.1.5 PN 结的形成

PN 结内的正、负离子将产生一个方向由 N 型区指向 P 型区的电场，称为内电场。内电场反过来对多数载流子的扩散运动又起着阻碍作用。同时，N 型区和 P 型区内的少数载流子在内电场作用下，必然会越过交界面向对方区域运动，这种运动称为漂移运动。在无外加电压的情况下，当多子的扩散运动速度和少子的漂移运动速度相等时，扩散运动和漂移运动达到了平衡，PN 结的宽度保持一定而处于稳定状态。

2. PN 结的特性

PN 结的特性主要是单向导电性。如果在 PN 结两端加上不同极性的电压，PN 结便会呈现出不同的导电性能。PN 结上外加电压的方式通常称为偏置方式，所加电压称为偏置电压。

(1) PN 结外加正向电压。PN 结外加正向电压即 PN 结正向偏置，是指将外部电源的正极接 P 端，负极接 N 端[图 1.1.6(a)]。若 $E_{\text{外}} > E_{\text{内}}$ 时，由于外加电压在 PN 结上所形成的外电场与内电场方向相反，破坏了原来的平衡，使扩散运动强于漂移运动，外电场驱使 P 型区的空穴和 N 型区的自由电子分别由两侧进入空间电荷区，中和空间电荷，使空间电荷区变窄，内电场被削弱，这样，多数载流子的扩散运动大为增强，从而形成较大的扩散电流。由于外部电源不断地向半导体提供电荷，使该电流得以维持。这时 PN 结所处的状态称为正向导通。正向导通时，通过 PN 结的电流(正向电流)大，而 PN 结呈现的电阻(正向电阻)小。倘若 $E_{\text{外}} \leq E_{\text{内}}$ 又会怎样呢？(读者可自行分析)

(2) PN 结外加反向电压。PN 结外加反向电压即 PN 结反向偏置，是指将外部电源的正极接 N 端，负极接 P 端[图 1.1.6(b)]。这时，由于外电场与内电场方向相同，阻碍了多子的扩散运动，使得 PN 结变厚，扩散运动几乎难以进行，漂移运动却被加强，从而形成反向的漂移电流。由于少数载流子的浓度很小，故反向电流很微弱。PN 结这时所处的状态称为反向截

止。反向截止时,通过PN结的电流(反向电流)小,而PN结呈现的电阻(反向电阻)大。

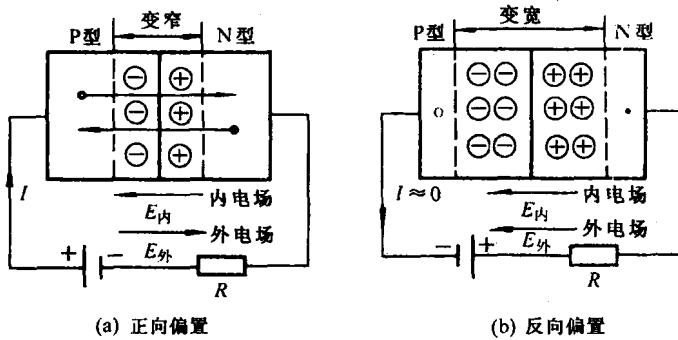


图 1.1.6 PN 结的单向导电性

1.2 半导体二极管

半导体二极管也称晶体二极管或二极管,是电子线路中的常用器件之一,通常应用于整流、稳压、钳位、检波等电路当中。

1.2.1 基本结构和表示符号

将PN结加上相应的电极引线 and 管壳,就成为半导体二极管。按结构分,二极管有点接触型和面接触型两类。点接触型二极管(一般为锗管)如图1.2.1(a)所示,它的PN结面积很小,不能通过较大电流,但其高频性能好,故一般适用于高频和小功率的工作,也用作数字电路中的开关元件。面接触型二极管(一般为硅管)如图1.2.1(b)所示,它的PN结面积大,可以通过较大电流,但其工作频率较低,一般用作整流。图1.2.1(c)是二极管的表示符号。普通二极管(本书中若无特别说明,所述均为普通二极管)用D来描述,它的两个电极分别称为阳极A和阴极K,其符号如图1.2.1(c)所示。

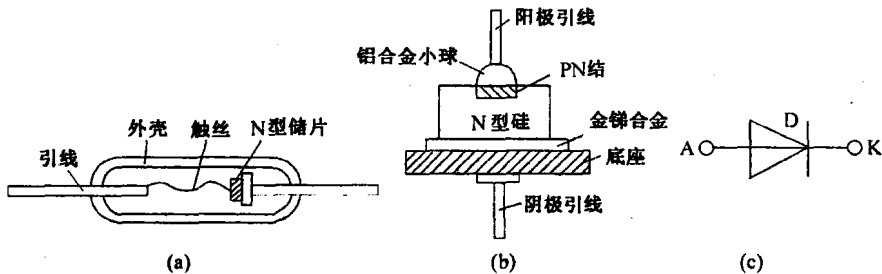


图 1.2.1 二极管

除此之外,按照所用材料的不同,二极管可分为硅管和锗管;按照工作频率的不同,可分为低频管和高频管;按照耗散功率的大小,可分为小功率管、中功率管和大功率管;按照用途的不同,可分为普通二极管、整流二极管、变容二极管、稳压二极管、光电二极管等。

1.2.2 伏安特性

加在二极管两端的电压和流过二极管电流之间的关系称为二极管的伏安特性,包括正向特性和反向特性,如图 1.2.2 所示。 U_F 表示正向电压, I_F 表示正向电流, 曲线 OAB 表示正向特性; U_R 表示反向电压, I_R 表示反向电流, 曲线 OCD 表示反向特性。

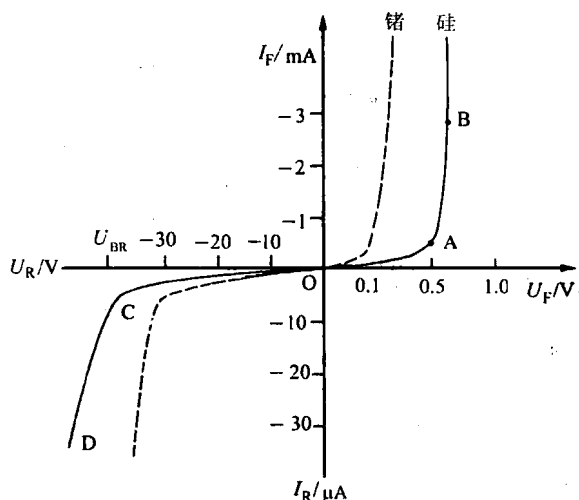


图 1.2.2 二极管的伏安特性曲线

1. 正向特性分析

正向特性反映了二极管外加正向电压时电流与电压的关系。在 OA 段, 当正向电压较小时, 正向电流很小, 几乎没有, 这一段称为死区, 这一段所对应的电压称为门槛电压 U_{th} (又称死区电压)。通常, 硅管的 $U_{th} \approx 0.5V$, 锗管的 $U_{th} \approx 0.1V$ 。在 AB 段, 当外加正向电压大于 U_{th} 时, 电流增长很快, 这时的二极管导通。由于这一段特性很陡, 在正常工作范围内, 二极管两端的电压几乎恒定。通常, 硅管约为 $0.6 \sim 0.7V$, 锗管约为 $0.2 \sim 0.3V$, 称之为二极管的正向导通电压。

2. 反向特性分析

反向特性反映了二极管外加反向电压时电流与电压的关系。在 OC 段, 反向电流 I_R 很小, 基本不随反向电压变化, 称为反向饱和电流。在 CD 段, 当反向电压增大到一定值时, 反向电流会急剧增大, 这种现象称为反向击穿。C 点对应的电压称为反向击穿电压 (U_{BR})。普通二极管被击穿后, PN 结会失去单向导电性, 而且不可能再恢复其原有性能, 将造成永久性损坏, 使用二极管时应加以避免。

综上所述, 当二极管外加正向电压大于死区电压时, 二极管导通, 导通后的正向电压降则恒等于 $0.6 \sim 0.7V$ (硅管) 或 $0.2 \sim 0.3V$ (锗管)。当二极管外加正向电压小于死区电压或外加反向电压时, 二极管截止, 电流等于零。对于理想二极管外加正向电压时, 正向电压降和正向电阻等于零, 此时, 二极管相当于短路; 加反向电压时, 二极管截止, 反向电流等于零, 反向电阻等于无穷大, 此时, 二极管相当于开路。

1.2.3 主要参数

二极管的参数是正确选择和使用二极管的依据。主要参数有:

1. 最大整流电流 I_{FM}

最大整流电流是指二极管长期正常工作时, 允许通过的最大正向平均电流。当实际电流超过该值时, 二极管将因 PN 结过热而损坏。大功率二极管在使用时, 按规定加装规定尺寸的散热片才能在该值下工作。

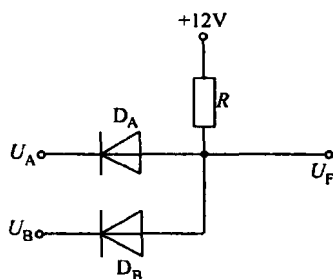


图 1.2.3 例 1.2.1 的电路

2. 最高反向工作电压 U_{RM}

最高反向工作电压指保证二极管不被击穿所允许施加的最大反向电压, 一般规定为反向击穿电压的 1/2 或 2/3。

3. 最大反向电流 I_{RM}

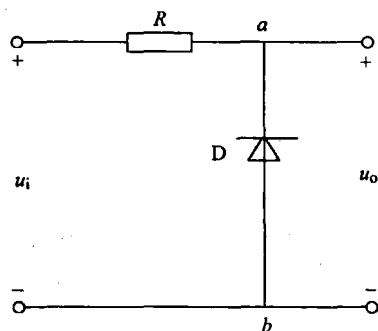
最大反向电流指二极管加上最高反向工作电压时的反向电流。所选用的管子反向电流愈小, 则其单向导电性愈好。当温度升高时, 反向电流会显著增加, 使用时应特别注意。

【例 1.2.1】 已知电路如图 1.2.3 所示, D_A 和 D_B 为硅二极管, 求下列两种情况下输出的电压 U_F : (1) $U_A = U_B = +5V$; (2) $U_A = +5V$, $U_B = 0V$ 。

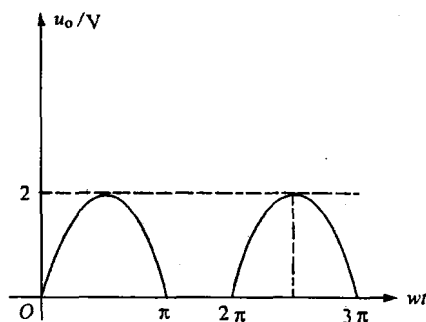
解 (1) 二极管 D_A 和 D_B 的阳极通过 R 接在 +12V 的电源上, 而它们的阴极分别接输入端, 其电位 U_A 和 U_B 都是 +5V, 所以 D_A 和 D_B 上的电压是大小相等的正向电压, 因而将同时导通。设硅二极管的正向电压降 $U_D = 0.7V$, 则 $U_F = U_A + U_D = (+5 + 0.7)V = +5.7V$ 。

(2) 由于 $U_A > U_B$, 即加在二极管 D_B 上的正向电压比加在二极管 D_A 上的正向电压大, 所以 D_B 抢先导通, 因而 $U_F = U_B + U_D = (0 + 0.7)V = 0.7V$ 。 D_B 导通后, 使得 D_A 承受反向电压而截止, 从而隔断了 U_A 对 U_F 的影响, 使 U_F 被钳制在 0.7V, 这时, D_B 起着钳位作用, 而 D_A 起隔离作用。

【例 1.2.2】 在图 1.2.4(a)所示电路中, $u_i = 2\sin \omega t V$, D 为理想二极管, 求输出电压 u_o 的波形。



(a) 例 1.2.2 的电路



(b) 例 1.2.2 的波形

图 1.2.4 例 1.2.2 的电路和波形

解 由于 D 为理想二极管, (1) 在 u_i 的正半周内, D 外加反向电压截止, ab 开路, $i = 0$, $u_R = Ri = 0$, 所以 $u_o = u_i - u_R = u_i$; (2) 在 u_i 的负半周内, D 外加正向电压导通, ab 短路, 所以 $u_o = 0$ 。输出电压 u_o 的波形如图 1.2.4(b)所示。

由于该电路将输入的正弦交流电变为直流电, 二极管 D 起整流作用, 这种电路称为整流

电路。

【例 1.2.3】 在图 1.2.5(a)所示电路中, $E=6\text{V}$, $u_i=10\sin\omega t\text{V}$, 二极管的正向压降可忽略不计, 试画出输出电压 u_o 的波形。

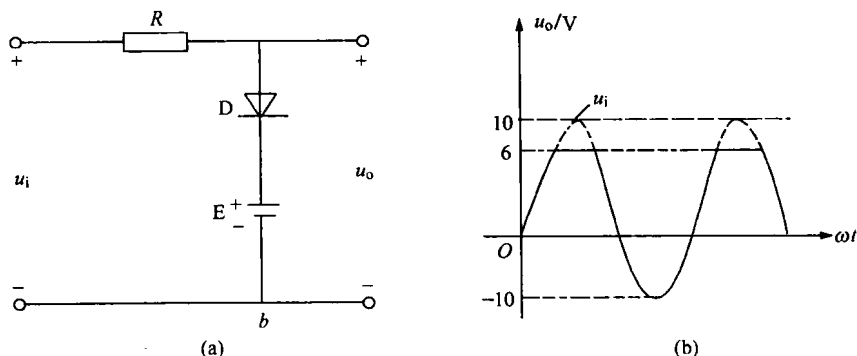


图 1.2.5 例题 1.2.3 用图

解 对图 1.2.5(a)所示电路有

$$u_o = u_i - u_R = u_D + E = E$$

(1) 当 $u_i \geq E$ 时, u_i 为电源, E 为负载, 二极管外加 E 向电压导通, $u_o = E = +6\text{V}$ 。

(2) 当 $u_i < E$ 时, E 为电源, u_i 为负载, 二极管外加反向电压截止, $i=0$, $u_o = u_i - u_R = u_i - iR = u_i$ 。

u_o 波形如图 1.2.5(b)所示。

从此题可以看出, 二极管 D 具有限幅作用。

1.2.4 稳压管

1. 结构、表示符号和伏安特性

稳压二极管简称稳压管, 它是一种特殊的面接触型半导体硅二极管, 在电路图中的符号如图 1.2.6(a)所示。

稳压管的伏安特性与普通二极管相似[图 1.2.6(b)], 它一般工作在反向击穿区域, 其正向特性与普通二极管相同。由于采取了特殊的设计和工艺, 只要反向电流在一定范围内, PN 结的温度不会超过允许值, 不会造成永久性击穿。

稳压管在反向击穿区的伏安特性十分陡峭, 电流在较大范围内变化时, 稳压管两端的电压变化很小, 让稳压管工作在伏安特性的这一部分, 就能起稳压作用。这时稳压管两端的电压 U_Z 称为稳定电压。由伏安特性可知, 稳压管的稳压范围是 $I_{Z\min} \sim I_{Z\max}$ 。如果电流小于最小稳定电流 $I_{Z\min}$, 则电压不能稳定; 如果电流大于最大稳定电流 $I_{Z\max}$, 稳压管将会过热损坏。因此, 使用时要根据负载和电源电压的情况设计好外部电路, 以保证稳压管工作在这一范围内。

【例 1.2.4】 有两个稳压管 D_{Z1} 和 D_{Z2} , 其稳定电压分别是 5.5V 和 8.5V , 正向压降都是 0.5V 。如果要得到 0.5V , 3V , 6V , 9V 和 14V 几种稳定电压, 这两个稳压管应该如何连接? 画出各电路。

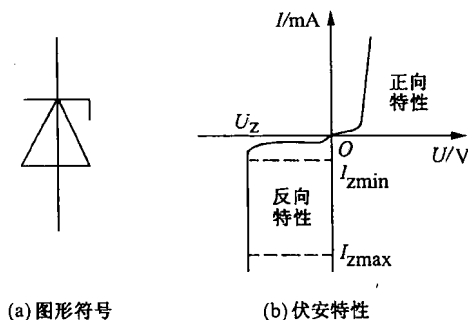


图 1.2.6 稳压管的图形符号和伏安特性