



全国高等专科教育自动化类专业规划教材

电子技术

陈瑞 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



全国高等专科学校教育自动化类专业规划教材

电 子 技 术

主 编 陈 瑞

副主编 王瑞兰

参 编 秦 雯 董蕴华 刘 舟

主 审 周良权



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据教育部制定的《高等学校工程专科电子技术课程教学基本要求》编写的。在内容安排上注重实践应用及基本技能的训练环节,注重培养学生的职业素质和创新精神,即以应用为目的,以必须、够用为原则。

全书共12章,覆盖了“模拟电子技术”和“数字电子技术”两部分的内容,包括半导体器件、基本放大电路、放大电路中的负反馈、集成运算放大器的应用、正弦波振荡电路、直流电源、数字电路基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、半导体存储器和可编程逻辑器件、数模与模数转换器。为帮助学生归纳和巩固学习要点,本书在每章首、尾加入了“内容提要”和“小结”的环节,并在每章最后设计了一些典型的习题,部分习题还在书后附加了答案。

本书可作为高等专科学校、高等职业学院,成人高等教育学院,应用型本科院校和民办高校的计算机类、机电一体化、数控技术等专业的教材,也可供工程技术人员学习参考。

为方便教学,本书配有免费电子教案及模拟试题库,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电索取,咨询电话:010-88379758。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/陈瑞主编. —北京:机械工业出版社,
2006.7

全国高等专科学校教育自动化类专业规划教材
ISBN 7-111-19451-9

I. 电... II. 陈... III. 电子技术—高等学校—教材
IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第070243号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于宁高倩 责任编辑:高倩

责任校对:陈延翔 版式设计:冉晓华

封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2006年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.25印张·276千字

0001—4000册

定价:17.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是参照教育部制定的《高职高专教育电子技术基础课程教学基本要求》，集合全国数十所高等专科学校骨干教师多年的教学实践经验编写而成。突出实用性是编写本教材的指导思想，按照高职高专培养目标的要求，书中一方面对电子技术的基本概念、基本理论和基本方法都作了必要的、适当的阐述；另一方面也充分考虑到目前高职高专类学生的就业特点，即在生产第一线从事安装、调试、维护及维修等工作，因而为提高学生的实际应用能力，在重要章节末介绍了一些实际工程应用电路。在介绍工程应用电路的过程中，将课本中单元电路的分析与实际电路分析结合起来，系统地介绍电子电路的分析方法。考虑到器件辨识、电路调试方法等技能训练方面的内容，在有些章节中加入了器件测试使用的常识、电路调试方法等内容，帮助学生总结出一套行之有效的经验和技巧。同时，本书在分析电路时设计了一些故障点，并采取由表及里、由整体到局部，再到元器件的分析思路，叙述故障分析及元器件测试过程，并在习题中体现这一部分内容的训练，以求达到培养学生独立分析问题，解决问题的能力。

在编写的思路，考虑到电子技术的基本内容是各种基本单元电路的组成原理和工程分析方法，而这些基本内容是从事电子技术工作的技术人员所必须具备的知识，所以作了简单的介绍，对某些公式避免繁琐的推导，直接给出结果。在编写的内容上，考虑到目前电子技术的飞速发展，国内外电子器件的生产和应用不断趋向集成化，本书以分立元器件为基础，以集成电路为重点，加强数字电路内容，主要介绍性能优越的 CMOS HC 系列和 TTL LS 系列。本教材紧扣基本内容的同时突出了应用，尤其加强了集成器件应用的介绍，从而使电路的分析内容大为简化。

本书由兰州工业高等专科学校陈瑞担任主编，山东潍坊学院王瑞兰担任副主编，兰州工业高等专科学校秦雯、河南机电高等专科学校董蕴华和西安航空技术高等专科学校刘舟参加编写。第 1 章、第 4 章和第 2 章的 2.6 ~ 2.8 节由王瑞兰编写，第 3 章和第 2 章的 2.1 ~ 2.5 节由陈瑞编写，第 5 章、第 6 章和第 9 章由刘舟编写，第 7 章、第 8 章和第 11 章由董蕴华编写，第 10 章和第 12 章由秦雯编写，全书由陈瑞负责统稿。

本书承蒙上海理工大学周良权副教授的认真审阅。对本书的结构、内容提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢！

由于编者的教学经验和学术水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

> III <

目 录

前言

第 1 章 半导体器件	1
1.1 半导体的基础知识	1
1.1.1 本征半导体	1
1.1.2 杂质半导体	2
1.1.3 PN 结的形成及特性	2
1.2 半导体二极管	4
1.2.1 半导体二极管的结构和类型	4
1.2.2 半导体二极管的特性	4
1.2.3 半导体二极管的主要参数	5
1.2.4 半导体二极管的应用	5
1.2.5 半导体二极管的使用常识	6
1.2.6 特殊二极管	8
1.3 晶体管	9
1.3.1 晶体管的结构及类型	9
1.3.2 晶体管的电流分配关系和放大作用	9
1.3.3 晶体管的特性曲线	10
1.3.4 晶体管的主要参数	12
1.4 场效应晶体管	12
1.4.1 场效应晶体管的特点和分类	12
1.4.2 绝缘栅型场效应晶体管	13
1.4.3 场效应晶体管的主要参数	15
1.4.4 场效应晶体管与晶体管的比较	16
1.5 半导体器件的测试	16
1.5.1 利用万用表测试半导体二极管	16
1.5.2 利用万用表测试小功率晶体管	17
本章小结	18
习题	18
第 2 章 基本放大电路	21
2.1 放大电路的基本概念	21
2.2 共发射极放大电路	21

2.2.1 共发射极放大电路的组成	21
2.2.2 共发射极放大电路的工作原理	21
2.2.3 放大电路的分析	22
2.2.4 工作点的稳定电路	27
2.3 共集电极放大电路	29
2.4 场效应晶体管放大电路	31
2.4.1 场效应晶体管放大电路的静态分析	31
2.4.2 场效应晶体管放大电路的动态分析	32
2.5 多级放大电路	33
2.5.1 多级放大电路的耦合方式	33
2.5.2 多级放大电路的指标	33
2.6 差动放大电路	34
2.6.1 直接耦合放大电路的特殊问题	34
2.6.2 差动放大电路工作原理及分类	34
2.6.3 差动放大电路的四种接法	36
2.7 集成运算放大器	36
2.7.1 集成运算放大器的外形及符号	36
2.7.2 集成运算放大器的主要参数	38
2.7.3 集成运算放大器的传输特性	39
2.7.4 理想集成运算放大器的特点	39
2.8 功率放大电路	40
2.8.1 功率放大电路的分类	40
2.8.2 乙类互补对称功率放大电路	41
2.8.3 集成功率放大器	42
本章小结	43
习题	44
 第3章 放大电路中的负反馈	 48
3.1 反馈的基本概念	48
3.1.1 反馈的分类及判断	48
3.1.2 负反馈的四种组态	50
3.2 负反馈对放大电路性能的影响	52
3.2.1 提高放大倍数的稳定性	53
3.2.2 减小非线性失真	53
3.2.3 展宽频带	53
3.2.4 改变输入电阻和输出电阻	54
3.3 负反馈的应用实例	55
本章小结	56
习题	56

第4章 集成运算放大器的应用	59
4.1 集成运算放大器的应用原理分析	59
4.1.1 集成运算放大器的线性应用	59
4.1.2 集成运算放大器的非线性应用	63
4.2 集成运算放大器的应用实例	66
4.2.1 仪表用放大器	66
4.2.2 数字式温度计电路	67
4.3 集成运算放大器使用中的实际问题	68
本章小结	69
习题	69
第5章 正弦波振荡电路	72
5.1 振荡电路的基本概念	72
5.1.1 定义	72
5.1.2 产生正弦波振荡的条件	72
5.1.3 正弦波振荡电路的组成	73
5.2 RC 正弦波振荡电路	73
5.2.1 RC 串并联网络	73
5.2.2 RC 正弦波振荡电路	73
5.3 LC 正弦波振荡电路	74
5.3.1 变压器反馈式振荡电路	74
5.3.2 电感三点式 LC 振荡电路	75
5.3.3 电容三点式 LC 振荡电路	75
5.4 石英晶体振荡电路	76
5.5 实用的振荡电路	78
本章小结	79
习题	79
第6章 直流电源	81
6.1 直流电源的组成	81
6.2 单相整流及滤波电路	81
6.2.1 单相桥式整流电路	81
6.2.2 滤波电路	82
6.3 直流稳压电路	83
6.3.1 稳压管稳压电路	83
6.3.2 串联型可调稳压电路	85
6.3.3 开关型稳压电路	85
6.3.4 集成稳压器及其应用	86

本章小结	88
习题	89
第 7 章 数字电路基础	90
7.1 数字电路概述	90
7.1.1 数字电路的主要特点	90
7.1.2 数制与码制	90
7.2 逻辑代数基础	93
7.2.1 逻辑变量与逻辑函数	93
7.2.2 逻辑代数的三种基本运算	93
7.2.3 几种常用复合逻辑运算	95
7.2.4 逻辑代数的基本定律	96
7.3 逻辑函数的几种表示方法及其相互转换	97
7.4 逻辑函数的化简	98
7.4.1 逻辑表达式的一般形式	99
7.4.2 逻辑函数的代数法化简	99
本章小结	100
习题	101
第 8 章 集成逻辑门电路	102
8.1 TTL 集成逻辑门	102
8.1.1 典型的 TTL 与非门	102
8.1.2 TTL 与非门的特性和参数	103
8.1.3 集电极开路门和三态门	104
8.1.4 常用集成电路芯片	105
8.2 MOS 集成逻辑门电路	106
8.2.1 常用 CMOS 集成逻辑门电路	106
8.2.2 集成逻辑门电路应用举例	107
8.3 集成逻辑门电路使用中的几个实际问题	108
8.4 数字集成电路器件的非在线检测方法	110
8.5 数字集成电路资料的查找方法	110
本章小结	111
习题	111
第 9 章 组合逻辑电路	113
9.1 概述	113
9.2 组合逻辑电路的分析与设计	113
9.2.1 组合逻辑电路的分析	113
9.2.2 组合逻辑电路的设计	114

9.3 常用中规模集成组合逻辑器件及其应用	115
9.3.1 编码器	115
9.3.2 集成编码器	116
9.3.3 译码器	118
9.3.4 数据选择器	120
本章小结	123
习题	123
第10章 时序逻辑电路	125
10.1 概述	125
10.2 触发器	125
10.2.1 RS 触发器	125
10.2.2 JK 触发器	128
10.2.3 D 触发器	129
10.2.4 T 触发器和 T' 触发器	130
10.3 寄存器	131
10.3.1 数据寄存器	131
10.3.2 移位寄存器	132
10.3.3 集成寄存器	133
10.4 计数器	134
10.4.1 同步计数器	134
10.4.2 异步计数器	136
10.4.3 任意进制计数器	137
10.5 555 定时器及其应用	140
10.5.1 555 定时器的组成与功能	140
10.5.2 555 定时器的典型应用	141
本章小结	143
习题	144
第11章 半导体存储器与可编程逻辑器件	148
11.1 半导体存储器	148
11.1.1 只读存储器	148
11.1.2 随机存取存储器	150
11.1.3 存储器容量的扩展	151
11.2 可编程逻辑器件	152
11.2.1 可编程逻辑阵列器件	153
11.2.2 可编程阵列逻辑器件	153
11.2.3 通用阵列逻辑器件	153
本章小结	155

习题	155
第 12 章 数模与模数转换器	157
12.1 D/A 转换器	157
12.1.1 倒置 T 形 D/A 转换器	157
12.1.2 D/A 转换器的主要技术指标	158
12.1.3 集成 D/A 转换器及其应用	159
12.2 A/D 转换器	161
12.2.1 A/D 转换器的基本原理	161
12.2.2 逐次比较型 A/D 转换器	163
12.2.3 A/D 转换器的主要技术指标	163
12.2.4 集成 A/D 转换器及其应用	163
本章小结	165
习题	166
 部分习题答案	 167
 参考文献	 170

第 1 章 半导体器件

本章提要：本章主要介绍半导体的基本知识、PN 结的形成和单向导电性，以及半导体二极管、晶体管和场效应晶体管的工作原理、特性曲线和主要参数。

1.1 半导体的基础知识

物质按导电性能可分为导体、绝缘体和半导体。半导体的导电性能介于导体和绝缘体之间。常用的半导体材料有锗、硅、硒、砷化镓及大多数金属氧化物和硫化物。

1.1.1 本征半导体

纯净晶体结构的半导体称为本征半导体。

常用的半导体材料是硅和锗，它们都是 4 价元素，在原子结构中最外层轨道上有 4 个价电子。在晶体中，每个原子都和周围的 4 个原子以共价键的形式互相紧密地联系起来，如图 1-1 所示。

共价键中的价电子由于热运动而获得一定的能量，其中少数能够摆脱共价键的束缚而成为自由电子，同时在共价键中留下空位，称为空穴，空穴带正电，如图 1-2 所示。

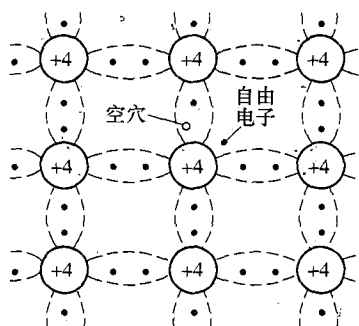
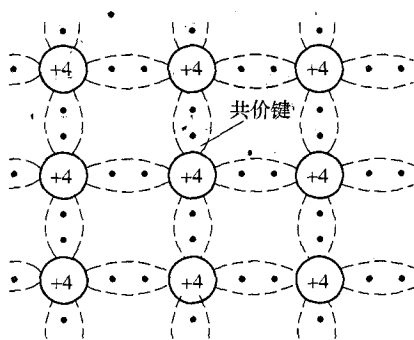


图 1-1 本征半导体共价键结构示意图

图 1-2 本征半导体中的自由电子和空穴

在外电场作用下，自由电子产生定向移动，形成电子电流；另一方面，价电子也按一定方向依次填补空穴，即空穴也产生了定向移动，形成所谓的空穴电流。

由此可见，半导体中存在着两种载流子：带负电的自由电子和带正电的空穴。本征半导体中自由电子与空穴是同时成对产生的，因此，它们的浓度是相等的。

价电子在热运动中获得能量摆脱共价键的束缚，产生电子-空穴对。同时自由电子在运动过程中失去能量，与空穴相遇，使电子-空穴对消失，这种现象称为复合。在一定的温度下，载流子的产生与复合过程是相对平衡的，即载流子的浓度是一定的。本征半导体中的载流子浓度，除了与半导体材料本身的性质有关以外，还与温度有关，而且随着温度的升高，

基本上按指数规律增加,所以半导体载流子的浓度对温度十分敏感。

1.1.2 杂质半导体

本征半导体中虽然存在两种载流子,但因本征半导体载流子的浓度很低,所以它们的导电能力很差。当人为地、有控制地掺入少量的特定杂质时,其导电性将产生质的变化。掺入杂质的半导体称为杂质半导体。

1. N型半导体

N型半导体是在本征半导体中掺入微量5价元素,如磷、锑、砷等。杂质原子的最外层有5个价电子,因此它与周围4个硅(锗)原子组成共价键时,由于存在多余的价电子而产生大量的自由电子,如图1-3所示。这类半导体主要靠电子导电,称为电子半导体,简称N型半导体。在N型半导体中,自由电子为多数载流子(多子),空穴为少数载流子(少子)。

2. P型半导体

P型半导体是在本征半导体中,掺入微量3价元素,如硼、镓、铟等。杂质原子的3个价电子与周围的硅原子形成共价键时,由于缺少价电子而形成大量空穴,如图1-4所示。这类半导体主要靠空穴导电,称为空穴半导体,简称P型半导体。在P型半导体中空穴是多数载流子(多子),而自由电子是少数载流子(少子)。

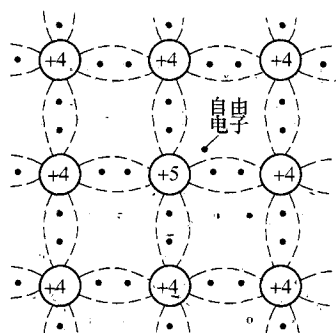


图 1-3 N型半导体

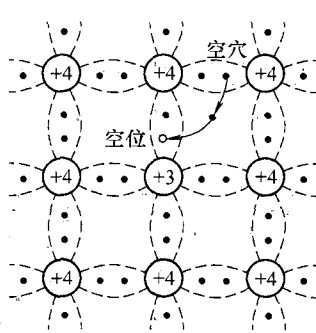


图 1-4 P型半导体

1.1.3 PN结的形成及特性

在一块本征半导体上,用某种工艺使其一边形成N型半导体,另一边形成P型半导体,则在两种半导体的交界处便形成了PN结。PN结是构成其他半导体器件的基础。

1. PN结的形成

在P型半导体和N型半导体的交界面两侧,由于自由电子和空穴的浓度相差悬殊,因而将产生扩散运动。自由电子由N区向P区扩散时,在交界面N区剩下不能移动的带正电的离子;空穴由P区向N区扩散时,在交界面P区剩下不能移动的带负电的离子,于是形成了空间电荷区,即在P区和N区的交界面处形成了电场(称为内电场)。在内电场的作用下,扩散运动受到阻碍,少数载流子将在电场力的作用下运动,称为漂移运动。当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时,形成了宽度稳定的空间内电荷区,这就是PN结。由于空间内电荷区中多数载流子扩散到对方复合而耗尽了,故又称为耗尽层。另外,由于PN结内电场

阻止多子的继续扩散, 故又称之为阻挡层, 上述过程如图 1-5 所示。

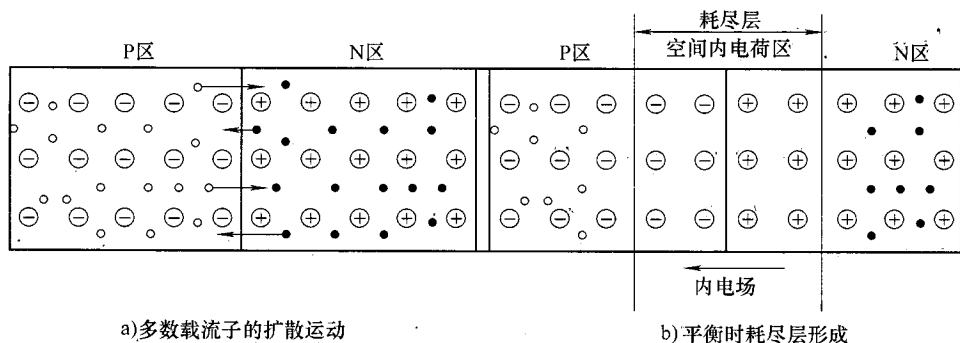


图 1-5 PN 结的形成

2. PN 结的单向导电特性

在 PN 结外加不同方向的电压, PN 结将呈现出单向导电特性。

(1) PN 结外加正向电压 若将电源的正极接 P 区, 负极接 N 区, 则称此种接法为正向接法或正向偏置, 如图 1-6a 所示。外加电压在阻挡层内形成的电场与内电场方向相反, 因此削弱了内电场, 使阻挡层变窄。多数载流子扩散运动加强, 形成较大的扩散电流, 称此电流为正向电流。此时, PN 结处于导通状态, 它所呈现出的电阻为正向电阻, 其阻值很小, 正向电压愈大, 正向电流愈大。为了限制过大的电流, 回路中串入了限流电阻 R 。

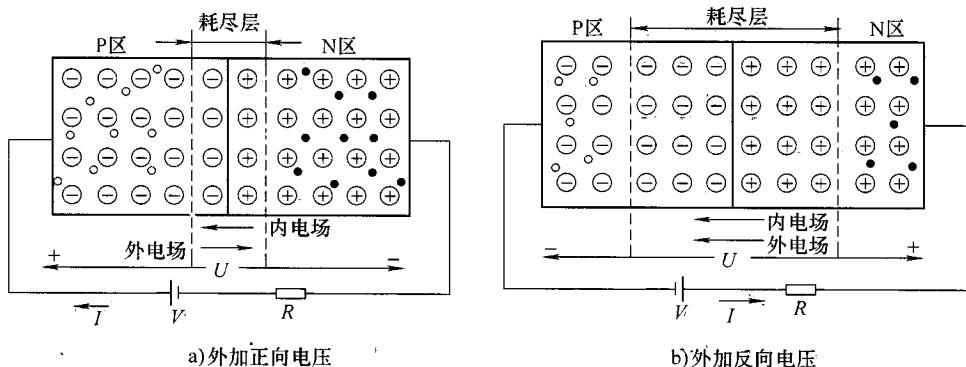


图 1-6 PN 结的单向导电特性

(2) PN 结外加反向电压 若将电源的正极接 N 区, 负极接 P 区, 则称此种接法为反向接法或反向偏置, 如图 1-6b 所示。外加电压在阻挡层内形成的电场与内电场方向相同, 因此增强了内电场, 使阻挡层变宽。此时漂移作用大于扩散作用, 少数载流子在电场作用下作漂移运动, 由于电流方向与外加正向电压时相反, 故称为反向电流。由于反向电流是由少数载流子所形成的, 故反向电流很小, 而且当外加电压超过零点几伏时, 少数载流子基本上全被电场拉过去形成漂移电流, 此时, 即使反向电压再增加, 载流子数也不会增加, 因此反向电流也不会增加。由于反向电流很小, 因此 PN 结处于截止状态, 呈现出的电阻称为反向电阻, 其阻值很大, 高达几百千欧以上。

可见, PN 结加正向电压, 处于导通状态; 加反向电压, 处于截止状态, 即 PN 结具有

单向导电特性。

1.2 半导体二极管

1.2.1 半导体二极管的结构和类型

半导体二极管是由 PN 结加上引线和管壳构成的。

二极管的种类很多,按制造材料分,有硅二极管和锗二极管。按结构来分,有以下几种类型。

(1) 点接触型二极管 点接触型二极管的结构如图 1-7a 所示,它的特点是结面积小,因而结电容小,适用在高频条件下工作。主要应用于小电流的整流和高频时的检波、混频等。

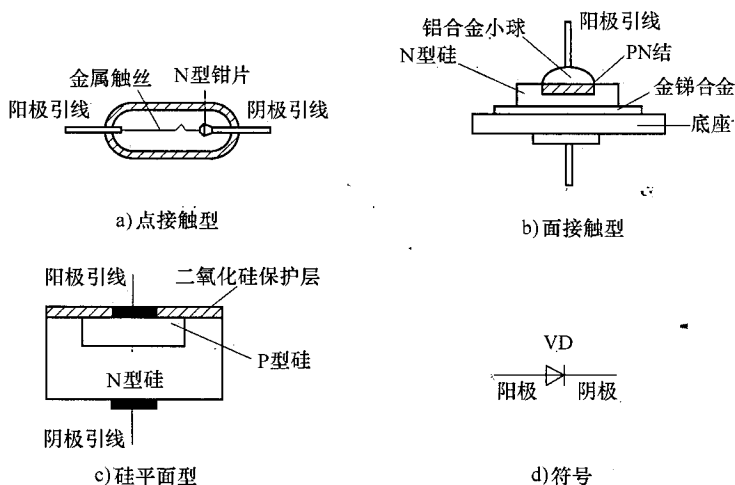


图 1-7 半导体二极管的结构和符号

(2) 面接触型二极管 面接触型二极管的结构如图 1-7b 所示,它的特点是结面积大,因而能通过较大的电流,但其结电容也大,只能在较低的频率下工作,可用于整流。

(3) 硅平面型二极管 硅平面型二极管的结构如图 1-7c 所示,结面积大的,可通过较大的电流,适用于大功率整流;结面积小的,结电容也小,适用于在脉冲数字电路中作开关管。

二极管的图形及文字符号如图 1-7d 所示。

1.2.2 半导体二极管的特性

二极管的性能可用其伏安特性来描述。典型的硅二极管伏安特性曲线如图 1-8 所示。

1. 正向特性

当加在二极管两端的正向电压低于某一数值时,正向电流很小;只有当正向电压高于某一值

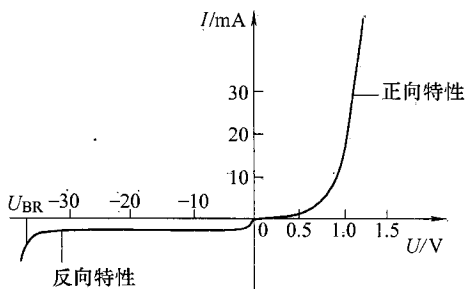


图 1-8 硅二极管的伏安特性曲线

后,才有明显的正向电流。该电压称为导通电压,又称为门限电压或死区电压,用 U_{on} 表示。在室温下,硅管的 U_{on} 约为 $0.5V$,锗管的 U_{on} 约为 $0.1V$ 。当正向电压超过死区电压以后,PN 结内电场被大大削弱,电流急剧增加,二极管处于正向导通状态。此时,二极管电阻变得很小,其压降也很小,一般硅管的正向压降约为 $0.6 \sim 0.8V$ (通常取 $0.7V$),锗管约为 $0.1 \sim 0.3V$, (通常取 $0.3V$)。

2. 反向特性

二极管加反向电压时,反向电流数值很小,且基本不变,称为反向饱和电流,用 I_s 表示。在室温下,硅管的反向饱和电流比锗管小得多。当反向电压超过某一电压值时,反向电流急剧增加,产生击穿。这个电压限称为反向击穿电压 U_{BR} 。

1.2.3 半导体二极管的主要参数

描述器件的物理量,称为器件的参数。它是对器件特性的定量描述,也是选择器件的主要依据。各种器件的参数可由产品手册查得。二极管的主要参数有以下几个。

(1) 最大整流电流 I_F 它是二极管长期工作时允许通过的最大正向平均电流。二极管工作时应使平均工作电流小于 I_F ,如超过 I_F ,则二极管将会因过热而烧毁。 I_F 的大小取决于 PN 结的面积、材料和散热情况。

(2) 最大反向工作电压 U_R 这是二极管工作时所能承受的最大反向电压,当反向电压超过此值时,二极管可能被击穿。为了留有余地,通常取反向击穿电压的一半作为 U_R 。

(3) 反向电流 I_R 指二极管未击穿时的反向电流值。此值越小,二极管的单向导电性越好,由于反向电流是由少数载流子形成,所以 I_R 值受温度的影响很大。

除上述主要参数以外,最高工作频率、结电容、工作温度等参数也是二极管较为重要的参数。

1.2.4 半导体二极管的应用

二极管的应用基础,就是二极管的单向导电特性。因此,在涉及到应用二极管电路中,关键是判断二极管的导通或截止。二极管导通时一般用电压源 $U_{VD} = 0.7V$ (锗管用 $0.3V$) 代替,或近似用短路线代替。截止时,一般将有二极管的支路视为断路,即认为二极管反向电阻为无穷大。

(1) 限幅电路 当输入电压在一定范围内变化时,输出电压随输入电压作相应的变化;当输入电压超出该范围时,输出电压保持不变,这就是限幅电路。

图 1-9 所示为由半导体二极管组成的限幅电路,当输入 u_i 的幅值为 U_m 的正弦波时,其波形图如图 1-10 所示。

1) 若 $V = 0V$,限幅电平为 $0V$ 。当 $u_i > 0V$ 时,二极管导通, $u_o = 0V$; 当 $u_i < 0V$ 时,二极管截止, $u_o = u_i$ 。

2) 若 $0 < V < U_m$,则限幅电平为 $+V$ 。当 $u_i > V$ 时,二极管导通, $u_o = V$; 当 $u_i < V$,二极管截止, $u_o = u_i$ 。

3) 若 $-U_m < V < 0$,则限幅电平为 $-V$ 。当 $u_i > -V$ 时,二极管导通, $u_o = -V$; 当 $u_i < -V$ 时,二极管截止, $u_o = u_i$ 。

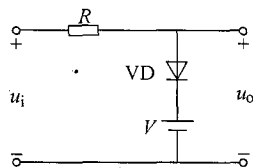


图 1-9 二极管组成的限幅电路

(2) 二极管组成的门电路 二极管组成门电路, 可实现一定的逻辑运算。如图 1-11 所示, 该电路中只要有一路输入信号为低电平, 输出即为低电平; 仅当全部输入为高电平时, 输出才为高电平, 这在逻辑运算中称为“与”运算。

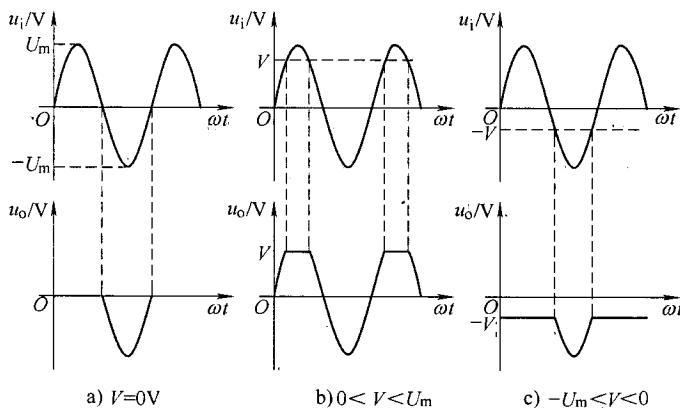


图 1-10 波形图

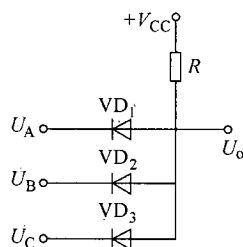
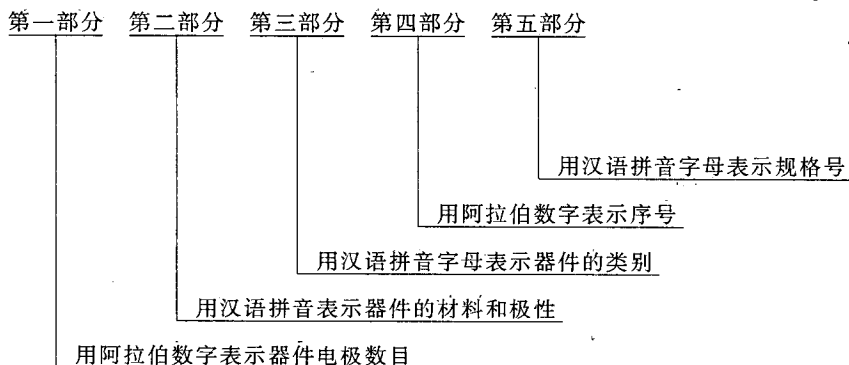


图 1-11 二极管与门电路

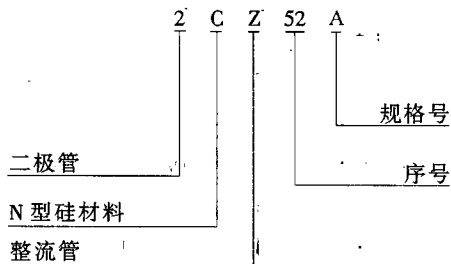
1.2.5 半导体二极管的使用常识

1. 二极管的型号

国家标准(GB/T 249—1989)规定, 半导体分立器件型号名称由五部分组成。



如, 硅整流二极管 2 C Z 52 A



对于场效应晶体管、复合管、激光器件和半导体特殊器件的型号命名只有第三、第四、第五部分。对于组成型号各部分的符号及其意义, 如表 1-1 所示。

表 1-1 国产半导体器件型号组成部分的符号及意义

第一部分		第二部分		第三部分	
用阿拉伯数字表示 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别	
符 号	意 义	符 号	意 义	符号	意 义
2	二极管	A	N 型, 锗材料	P	小信号管
		B	P 型, 锗材料	V	混频检波管
		C	N 型, 硅材料	W	电压调整管和电压基准管
		D	P 型, 硅材料	C	变容管
3	三极管	A	PNP 型, 锗材料	Z	整流管
		B	NPN 型, 锗材料	L	整流堆
		C	PNP 型, 硅材料	S	隧道管
		D	NPN 型, 硅材料	K	开关管
		E	化合物材料	X	低频小功率晶体管($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)
第三部分				第四部分	第五部分
用汉语拼音字母表示器件的类别				用数字表 示器件	用汉语拼音 字母表示规格号
符 号	意 义	符 号	意 义		
G	高频小功率晶体管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)	QL	硅桥式整流器		
		SX	双向三极管		
D	低频大功率晶体管 ($f_a \geq < 3\text{MHz}$, $P_c \geq 1\text{W}$)	DH	电流调整管		
		SY	瞬态抑制二极管		
A	高频大功率晶体管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c \leq 1\text{W}$)	GS	光电子显示器		
		GF	发光二极管		
T	闸流管	GR	红外发射二极管		
Y	体效应管	GJ	激光二极管		
B	雪崩管	GD	光敏二极管		
J	阶跃恢复管	GT	光敏晶体管		
CS	场效应晶体管	GH	光耦合器		
BT	特殊晶体管	GK	光开关管		
FH	复合管	GL	摄像线阵器件		
PIN	PIN 管	GM	摄像面阵器件		
ZL	整流管阵列				

2. 二极管的选管规则

首先要保证所选器件安全可靠工作, 也就是被选用的器件在使用时流过的正向电流不能超过最大整流电流, 器件承受的反向电压不能超过最高反向工作电压, 并留有一定余量, 而且所选用的器件应具有良好的性能。此外, 根据不同的技术要求, 应结合不同材料和结构的