

21 世纪高职高专电子与信息类专业系列教材

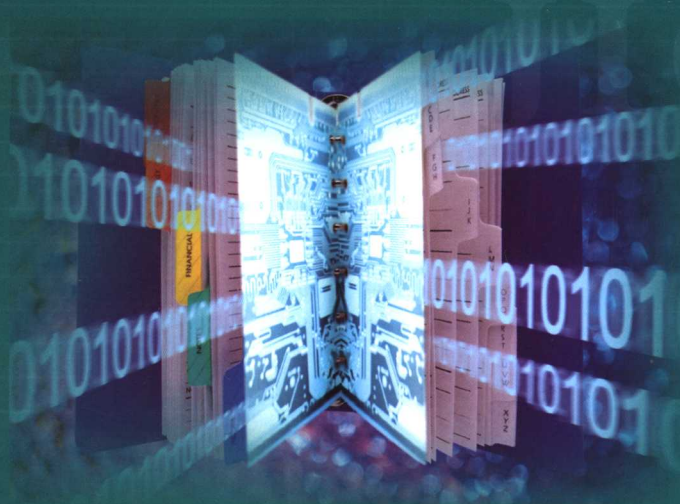


DIANZI JISHU JICHU

电子技术基础

主 编 黄 洁

主 审 陈 晴



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国高等院校计算机基础教育课程体系



国家规划教材 计算机专业 教材

电子技术基础

主 编 王 明 远

副 主 编 王 明 远

参 考 书 目

参 考 书 目

参 考 书 目

参 考 书 目

参 考 书 目

参 考 书 目

参 考 书 目

参 考 书 目

参 考 书 目

清华大学出版社

Beijing 100084

21 世纪高职高专电子与信息类专业系列教材

电子技术基础

主 编 黄 洁

副主编 魏汉勇 崔群凤

主 审 陈 晴

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/黄 洁 主编

武汉:华中科技大学出版社,2006年2月

ISBN 7-5609-3654-7

I. 电…

II. ①黄… ②魏… ③崔…

III. 电子技术-基础理论

IV. TN01

电子技术基础

黄 洁 主编

责任编辑:谢燕群

封面设计:潘 群

责任校对:朱 霞

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

印 刷:湖北科学技术出版社黄冈印刷厂

开本:787×960 1/16

印张:11.5

字数:200 000

版次:2006年2月第1版

印次:2006年2月第1次印刷

定价:16.80元

ISBN 7-5609-3654-7/TN·96

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

前 言

“电子技术基础”是一门重要的专业基础课,通信设备、计算机、家用电器、自动控制设备的开发研制都建立在电子技术的基础上。本教材在内容叙述上深入浅出,从初学者的实际水平出发,从最基本的概念和知识出发,力求反映初学者的认识规律。

电子技术是一门应用性很强的课程,本教材旨在突出职业教育特色,加强基础,强调应用,将知识点与能力点有机结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。本教材每章开头都有内容提要,每章结尾都有本章小结、思考题与习题。每章思考题与习题包括基本概念题(选择题、填空题)和一般练习题。

本教材编者都是高职高专院校的教师,长期从事电子技术课程的教学工作,积累了丰富的教学经验,对高职高专学生的知识接受能力有着深刻的了解,在编写本教材时做到了内容取舍得当,难易适中,突出技术性和应用性的特点,反映了教育部关于高职高专课程改革意见的精神。

本书参考教学时间为56~72学时,具体安排如下:第1章9~10学时;第2章9~10学时;第3章6~8学时;第4章6~8学时;第5章6~8学时;第6章8~10学时;第7章8~10学时,第8章6~8学时。学时使用者可根据具体情况增减学时。

本教材由武汉职业技术学院黄洁担任主编,武汉职业技术学院魏汉勇和武汉职业技术学院崔群凤担任副主编。第3、5、6、7、8章由黄洁编写,第1、2、4章由崔群凤编写,全书每章小结、思考题与习题由魏汉勇编写,并由黄洁负责全书的统稿。

本教材承蒙武汉职业技术学院陈晴副教授的认真审阅,提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于时间紧迫和囿于编者的水平,书中的错误和不妥在所难免,敬请读者提出批评指正。

编者

2005年12月

内 容 提 要

本书是21世纪高职高专电子与信息类专业系列教材之一。全书共分8章,内容包括:放大电路基础、负反馈放大电路、集成运算放大电路、直流稳压电源、数字逻辑基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数/模与模数转换等。每章都有本章小结、基本概念题及练习题。

本书紧密结合高职高专的特点,突出应用性、针对性。淡化电路内部结构和工作原理,叙述上深入浅出、通俗易懂,注重培养学生的实际应用能力。

本书可作为高等职业院校、高等专科院校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院计算机、电气电子、信息自动化、机电一体化及相关专业的教学用书,也适用于五年制高职、中职相关专业,并可作为社会从业人士的业务参考书及培训用书。

目 录

第1章 放大电路基础	(1)
1.1 PN 结	(1)
1.1.1 半导体基本知识	(1)
1.1.2 PN 结及其单向导电性	(2)
1.2 半导体二极管	(2)
1.2.1 二极管的基本结构	(2)
1.2.2 二极管的伏安特性	(3)
1.2.3 二极管的开关特性	(4)
1.2.4 二极管的主要参数	(6)
1.3 半导体三极管	(6)
1.3.1 三极管的结构及符号	(6)
1.3.2 三极管的电流放大作用	(7)
1.3.3 三极管的特性曲线及工作区域	(9)
1.3.4 三极管的开关特性	(11)
1.3.5 晶体管的主要参数	(12)
1.3.6 场效应管	(12)
1.4 基本放大电路	(15)
1.4.1 放大电路的基本组成	(15)
1.4.2 放大电路静态工作点的设置	(16)
1.5 放大电路的基本分析方法	(17)
1.5.1 直流通路与交流通路	(17)
1.5.2 静态工作点的估算	(18)
1.5.3 微变等效电路法	(18)
1.6 放大电路静态工作点的稳定	(21)
1.6.1 温度变化对静态工作点的影响	(21)
1.6.2 稳定静态工作点的措施	(22)
1.7 共集电极放大电路	(24)
1.7.1 电路组成	(24)
1.7.2 射极输出器的特点	(24)

1.7.3 射极输出器的应用	(26)
1.8 多级放大电路	(26)
1.8.1 放大电路的级间耦合方式	(27)
1.8.2 多级放大电路的分析	(27)
本章小结	(28)
思考题与习题	(29)
第2章 负反馈放大电路	(33)
2.1 概述	(33)
2.1.1 反馈的概念	(33)
2.1.2 反馈放大器的组成	(33)
2.1.3 反馈性质的判别	(34)
2.1.4 负反馈的类型	(35)
2.2 负反馈放大器的四种组态	(36)
2.2.1 电压串联负反馈	(37)
2.2.2 电流串联负反馈	(37)
2.2.3 电压并联负反馈	(37)
2.2.4 电流并联负反馈	(38)
2.3 负反馈对放大电路性能的影响	(38)
2.3.1 提高闭环增益的稳定性	(38)
2.3.2 减小非线性失真	(39)
2.3.3 展宽通频带,减小频率失真	(40)
2.3.4 改变输入电阻和输出电阻	(41)
2.4 低频功率放大电路	(42)
2.4.1 概述	(42)
2.4.2 乙类双电源互补对称功率放大电路(OCL 电路)	(43)
2.4.3 单电源互补对称功率放大电路(OTL 电路)	(45)
2.4.4 集成功率放大器	(46)
本章小结	(47)
思考题与习题	(47)
第3章 集成运算放大电路	(50)
3.1 集成运算放大电路	(50)
3.1.1 直接耦合放大电路和差动放大电路	(50)

3.1.2 集成运算放大电路	(53)
3.2 基本运算放大电路	(57)
3.2.1 反相输入运算电路	(57)
3.2.2 同相输入运算电路	(57)
3.2.3 差动输入运算电路	(58)
3.3 集成运算放大电路的应用	(59)
3.3.1 加法运算电路	(59)
3.3.2 积分运算电路	(59)
3.3.3 微分运算电路	(60)
3.3.4 电压比较电路	(60)
本章小结	(63)
思考题与习题	(64)
 第4章 直流稳压电源	(67)
4.1 半导体二极管单相整流电路	(67)
4.1.1 单相半波整流电路	(67)
4.1.2 单相全波整流电路	(69)
4.1.3 单相桥式整流电路	(71)
4.2 滤波电路	(73)
4.2.1 电容滤波电路	(73)
4.2.2 电感滤波电路	(75)
4.2.3 复式滤波电路	(75)
4.3 稳压电路	(76)
4.3.1 稳压管稳压电路	(76)
4.3.2 串联型晶体管稳压电路	(77)
4.4 集成稳压电源与开关稳压电源	(79)
4.4.1 集成稳压电源的特点及类型	(79)
4.4.2 三端式集成稳压电源	(80)
4.4.3 开关型稳压电源的特点	(82)
4.4.4 串联型开关稳压电路	(83)
本章小结	(85)
思考题与习题	(85)
 第5章 数字逻辑基础	(89)

5.1 概述	(89)
5.1.1 数字信号	(89)
5.1.2 二进制与码制	(90)
5.2 逻辑代数基础	(91)
5.2.1 逻辑关系	(91)
5.2.2 三种基本逻辑函数	(91)
5.2.3 复合逻辑函数	(93)
5.2.4 逻辑代数的公理和基本定律	(93)
5.2.5 逻辑函数的表示方法	(94)
5.3 逻辑函数的化简	(96)
5.3.1 逻辑函数的公式化简法	(96)
5.3.2 逻辑函数的卡诺图化简法	(97)
本章小结	(103)
思考题与习题	(104)
第6章 组合逻辑电路	(106)
6.1 逻辑门电路	(106)
6.1.1 基本逻辑门电路	(106)
6.1.2 集成逻辑门电路	(107)
6.1.3 逻辑门电路应用举例	(110)
6.2 常用组合逻辑电路	(114)
6.2.1 编码器	(115)
6.2.2 译码器	(116)
6.2.3 数据选择器及数据分配器	(120)
6.2.4 加法器	(122)
6.2.5 数值比较器	(123)
6.3 MSI 组合逻辑器件应用举例	(125)
6.3.1 用译码器实现逻辑函数	(125)
6.3.2 数据选择器实现组合逻辑函数	(126)
本章小结	(126)
思考题与习题	(127)
第7章 时序逻辑电路	(129)
7.1 触发器	(129)

7.1.1 RS 触发器	(129)
7.1.2 JK 触发器	(133)
7.1.3 D 触发器	(134)
7.2 计数器	(135)
7.2.1 计数器的功能和分类	(135)
7.2.2 二进制计数器	(136)
7.2.3 十进制计数器	(137)
7.2.4 任意 N 进制计数器	(139)
7.2.5 计数器应用实例	(145)
7.3 寄存器	(146)
7.3.1 寄存器的功能及工作过程	(146)
7.3.2 寄存器应用举例	(150)
本章小结	(152)
思考题与习题	(152)
 第8章 D/A 与 A/D 转换	(156)
8.1 概述	(156)
8.2 D/A 转换器	(157)
8.2.1 概述	(157)
8.2.2 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	(158)
8.2.3 集成 D/A 转换器举例	(159)
8.2.4 D/A 转换器的主要技术指标	(160)
8.3 A/D 转换器	(162)
8.3.1 A/D 转换的基本原理	(162)
8.3.2 A/D 转换器的类型	(165)
8.3.3 集成 A/D 转换器举例	(169)
8.3.4 A/D 转换器的主要技术指标	(171)
本章小结	(172)
思考题与习题	(172)
 参考文献	(174)

第1章 放大电路基础

【内容提要】 本章首先介绍了半导体的基本知识,然后介绍了常用的半导体二极管、晶体管和场效应管的基本结构、工作原理、特性曲线及主要参数,最后介绍晶体管低频放大电路的基本工作原理、性能指标及基本分析方法。本章所涉及的基本概念、基本电路、基本分析方法是电子线路分析的基本知识,是学习的重点。

1.1 PN 结

1.1.1 半导体基本知识

导电能力介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体。常用的半导体材料主要有硅、锗、硒和一些氧化物、硫化物等。纯净的、具有晶体结构的半导体称为本征半导体。

半导体的导电能力受外界影响很大,主要表现在以下几方面。

(1) 热敏性

半导体的导电能力对温度很敏感。当环境温度升高时,其导电能力增强。利用这种特性可以制成各种热敏器件,如热敏电阻等,可用来检测温度的变化以及对电路进行控制等。

(2) 光敏性

半导体的导电能力随光照的不同而不同,当光照加强时,其导电能力增强。利用这种特性可以制成各种光敏器件,如光电管、光电池等。

(3) 掺杂特性

如果在纯净的半导体中掺入微量的某些有用杂质,其导电能力将大大增加,可以增加几十万倍甚至几百万倍。利用这种特性可制成半导体二极管、晶体管、场效应管及晶闸管等很多不同用途的半导体器件。

本征半导体掺入微量元素后就成为杂质半导体。由于掺入的杂质不同,杂质半导体可分为N型半导体和P型半导体。N型半导体参与导电的多数载流子为带负电的“自由电子”,P型半导体参与导电的多数载流子为带正电的“空穴”。

1.1.2 PN 结及其单向导电性

在一块纯净的本征半导体中,通过不同的掺杂工艺,使其一边成为N型半导体,另一边成为P型半导体,那么就会在这两种半导体的交界处形成PN结,如图1.1所示。PN结是构成各种半导体器件的基础。

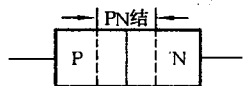


图 1.1 PN 结的内部
结构示意图

PN 结具有单向导电性。当P区接电源正极、N区接电源负极时,PN结处于正向偏置。这时,PN结呈现很小的正向电阻,有较大的正向电流,处于导通状态,如图1.2(a)所示。当P区接电源负极,N区接电源正极时,PN结处于反向偏置。这时,PN结呈现很大的反向电阻,有很小的反向电流,处于截止状态,如图1.2(b)所示。所以,PN结正偏时导通,PN结反偏时截止,这就是PN结的单向导电性。

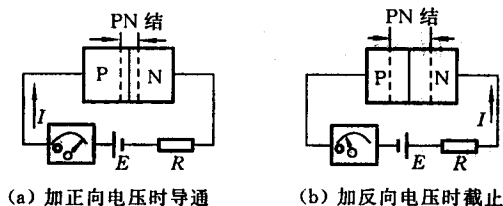


图 1.2 PN 结的单向导电性

1.2 半导体二极管

1.2.1 二极管的基本结构

半导体二极管也叫做晶体二极管,简称二极管。它是由一个PN结加上电极和引线用管壳封装而成的。按照制造二极管的材料不同,二极管可分为硅二极管和锗二极管;按照结构形式不同,二极管可分为点接触型二极管和面接触型二极管两类。

1. 点接触型二极管

点接触型二极管的结构如图1.3(a)所示。其特点是PN结的面积小,因而结电容小,适用于高频(几百兆赫兹)工作,但不能通过很大的电流,常用于高频检波、脉冲电路和小电流整流。

2. 面接触型二极管

面接触型二极管的结构如图1.3(b)所示。其特点是PN结的面积大,因而允许

通过较大的正向电流,但其结电容也大,只能在较低频率下工作。二极管的符号如图1.3(c)所示。

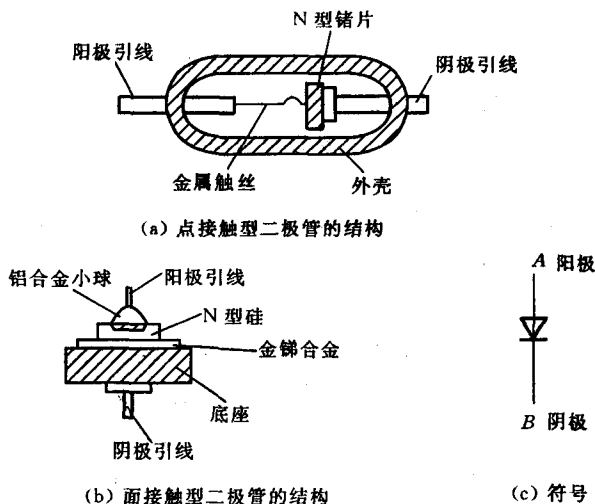


图1.3 二极管的结构及符号

1.2.2 二极管的伏安特性

半导体二极管本质上就是一个PN结,因此它具有单向导电性,这一特性可用伏安特性表示。所谓二极管的伏安特性曲线,就是指加在二极管两端的电压 U 与流过二极管的电流 I 之间的关系曲线。图1.4所示为一只二极管的实际特性曲线。

1. 正向特性

在二极管两端加以正向电压,就会产生正向电流。但是,当起始电压很低时,正向电流很小,几乎为零,管子呈高阻状态,这段区域称为死区。正向电压增大,使二极管导通的临界电压称为死区电压(又称门坎电压)。在常温下,硅管的死区电压一般约为0.5 V,而锗管则约为0.2 V。当二极管两端的电压大于死区电压后,管子开始导通,正向电流随着电压增加而迅速增大,管子呈低阻状态。从图1.4所示的特性可以看出,这时二极管的正向电流在相当大的范围内变化,而二极管两端的电压的变化不大(近似为恒压

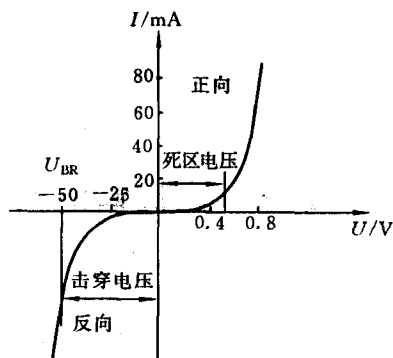


图1.4 二极管的伏安特性曲线

的。当二极管两端的电压大于死区电压后,管子开始导通,正向电流随着电压增加而迅速增大,管子呈低阻状态。从图1.4所示的特性可以看出,这时二极管的正向电流在相当大的范围内变化,而二极管两端的电压的变化不大(近似为恒压

特性),小功率硅管约为 $0.6\sim 0.8\text{ V}$,锗管约为 $0.2\sim 0.3\text{ V}$ 。

2. 反向特性

在二极管两端加以反向电压,由于PN结的反向电阻很高,因而反向电压在一定范围内变化时,反向电流非常小,且基本不随反向电压的变化而变化,这个电流称为反向饱和电流(正常情况下可忽略不计)。此时管子处于截止状态。

反向饱和电流是二极管的一个重要参数,反向饱和电流愈大,说明管子的单向导电性能愈差。硅二极管的反向饱和电流比锗二极管小,一般为纳安(nA)数量级;锗二极管的反向饱和电流为微安数量级。另外,反向饱和电流随温度的上升而急剧增长,通常,温度每增加 10°C ,其值约增加一倍。

3. 击穿特性

在图1.4所示中,当二极管的反向电压增大到一定数值后,其反向电流会突然增大,这种现象称为反向击穿。发生击穿时的电压称为反向击穿电压,用 U_{BR} 表示。二极管的击穿现象有电击穿与热击穿之分。发生了电击穿,如果将反向电压降至击穿电压以下,二极管仍能正常工作;发生了热击穿,二极管则会烧坏。在实际使用中,一般不允许二极管工作在击穿状态,但利用电击穿现象可以制成稳压二极管。

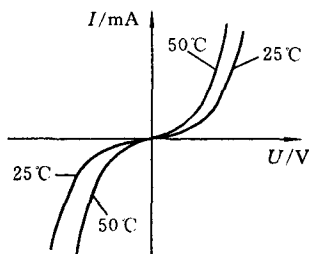


图1.5 温度对二极管特性的影响

4. 温度对特性的影响

由于半导体的导电性能与温度有关,所以二极管对温度很敏感,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,变化的规律是:在室温附近,温度每升高 1°C ,正向电压减小 $2\sim 2.5\text{ mV}$,即温度系数约为 $-2.5\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$;温度每升高 10°C ,反向电流约增大一倍,击穿电压也下降较多。

1.2.3 二极管的开关特性

在数字电路中,二极管和三极管大多工作于开关状态。它们在脉冲信号的作用下,时而导通,时而截止,相当于开关的“接通”和“断开”。

二极管的主要特性是单向导电性。当二极管两端加的正向电压大于一定值时,二极管就导通,如同一个闭合的开关。当二极管加反向电压(或零偏压)时,二极管截止,如同一个断开的开关。

二极管在电路中具有开关作用。但是,它不是一个理想的开关。图1.6(f)所示是二极管电路,其输入电压波形如图1.6(b)所示,输入电压为 $+U_F$ 时,VD导通,有正向电流 I_F 流过。在 t_1 时刻,输入电压由 $+U_F$ 跳变到 $-U_R$,在理想情况下,VD应立

刻截止,只有很小的反向饱和电流 I_R 。电流 i_D 的波形如图1.6(c)所示,两种状态的转换应不需要时间。但实际情况是,在 t_1 时刻,VD并不会立即截止,而是仍然导通,还在 t_1 时刻产生一个很大的反向电流,只有经过 t_{re} 时间后,二极管才恢复截止状态。电流 i_D 的实际波形如图1.8(d)所示。时间 t_{re} 称为反向恢复时间, t_{re} 一般为纳秒数量级,它是开关二极管特有的参数,用来衡量开关速度的快慢。 t_{re} 越小,开关速度越快,允许工作信号的频率越高。

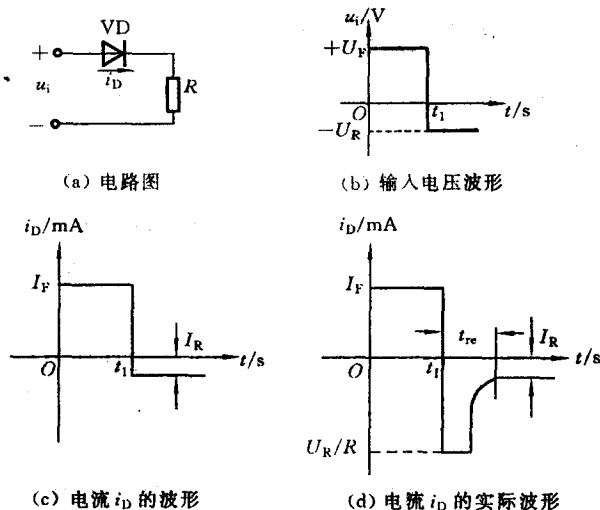


图 1.6 二极管作为开关时的反向恢复时间

例 1-1 电路如图 1.7(a)所示,输入电压的波形如图 1.7(b)所示,设二极管为

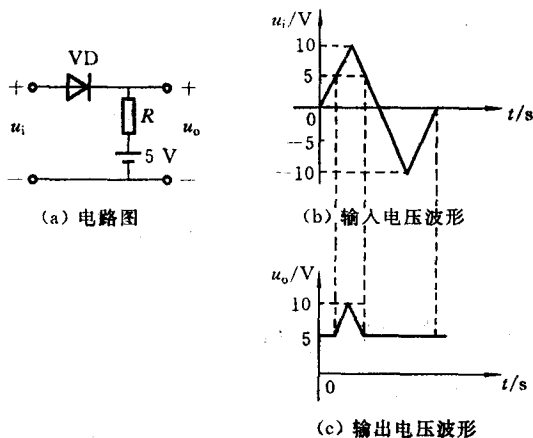


图 1.7 例 1-1 的电路图和电压波形

理想二极管,试绘出输出电压 u_o 的波形。

解 当理想二极管加正向电压时,二极管导通,其两端呈现的电阻为0;加反向电压时,二极管截止,其两端呈现的电阻为 ∞ 。所以当 $u_i > 5\text{ V}$ 时,二极管导通, $u_o = u_i$;当 $u_i < 5\text{ V}$ 时,二极管截止, $u_o = 5\text{ V}$ 。 u_o 的波形如图1.6(c)所示。该电路利用二极管的开关作用,把输入电压 $u_i < 5\text{ V}$ 的部分掩盖了,所以此电路称为削波电路,也称为下限限幅电路。如果改变二极管的连接极性,还可以构成上限限幅电路。

1.2.4 二极管的主要参数

二极管的参数是表征二极管的性能及其适用范围的数据,是选择和使用二极管的重要参考依据。二极管的主要参数有以下几个。

1. 最大整流电流 I_F

最大整流电流 I_F 是指二极管长期运行时,允许通过二极管的最大正向平均电流。在使用二极管时不能超过此值,否则将使二极管过热而损坏。

2. 最大反向工作电压 U_{RM}

最大反向工作电压 U_{RM} 是指二极管工作时两端所允许加的最大反向电压。为保证二极管安全工作、不被击穿,通常 U_{RM} 约为反向击穿电压 U_R 的一半。

3. 反向电流 I_R

反向电流 I_R 是指二极管加最高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。常温下,硅管的反向电流一般只有几微安;锗管的反向电流较大,一般在几十至几百微安之间。反向电流受温度影响较大,温度越高,其值越大,故硅管的温度稳定性比锗管的好。

4. 最高工作频率 f_M

由于PN结存在结电容,它的存在限制了二极管的工作频率,因此如果通过二极管的信号频率超过管子的最高工作频率 f_M ,则结电容的容抗变小,高频电流将直接从结电容上通过,管子的单向导电性变差。

1.3 半导体三极管

1.3.1 三极管的结构及符号

与二极管相比,三极管是由两个PN结构成的,其基本特性是具有电流放大作用。三极管按其结构不同,分为NPN型和PNP型两种。相应的结构示意图及电路符号如图1.8所示。