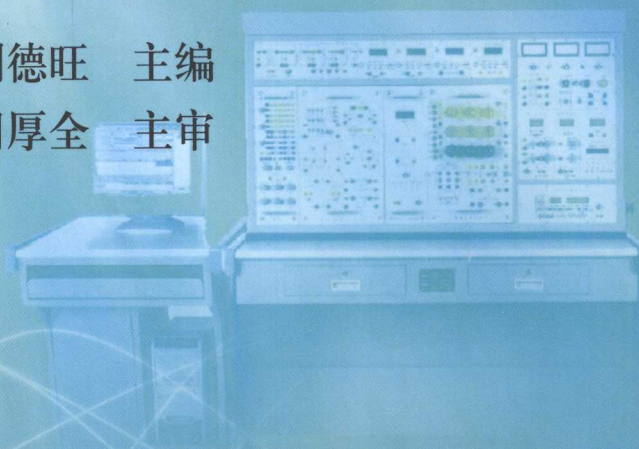


高职高专机电类专业统编教材
全国水利水电高职教研会组编

DIANZI JISHU JICHU

电子技术基础

肖春芳 刘德旺 主编
周厚全 主审



黄河水利出版社

高职高专机电类专业统编教材
全国水利水电高职教研会组编

电子技术基础

主 编	肖春芳	刘德旺
副主编	张艳凤	殷晓安
参 编	贾 磊	宋雪臣
	石 杨	梁小流
主 审	周厚全	

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是高职高专机电类专业统编教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的《电子技术基础》课程教学大纲编写完成的。全书共分9章,主要介绍模拟电子技术和数字电子技术方面的基本原理、典型电路、基本应用电路,具体内容包括:基本电压放大电路、集成运算放大器及其应用、功率放大器、直流电源、晶闸管及其电路、数字电路基础、组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路等。

本书是以介绍应用知识为主的实践性教材,可作为高职高专机电类、材料类、动力能源类、计算机类等非电子信息类专业的教材,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/肖春芳,刘德旺主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.7

高职高专机电类专业统编教材

ISBN 978-7-80734-655-5

I. 电… II. ①肖… ②刘… 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(2009)第 107044 号

策划组稿:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwlp@126.com
简 群 66026749 w_jq001@163.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:16.5

字数:380 千字

印数:1—4 100

版次:2009 年 7 月第 1 版

印次:2009 年 7 月第 1 次印刷

定价:30.00 元

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,由全国水利水电高职教研会组织编写的机电类专业统编教材。

本书是为高等职业技术学院机电专业编写的电子技术教材,也可以作为发配电、输电线路、自动控制等专业的电子技术教材。高等职业教育是高等教育的一个重要方面,近年来在我国得到蓬勃发展。其目标是培养具有高尚职业道德、具有大学专科理论水平、具有较强动手操作能力,工作在职业现场第一线的技术人员和管理人员。

电子技术是一门实践性很强的课程,学生通过本课程的学习不但应该掌握必要的基础理论知识,而且还应在分析问题、解决问题和实际动手等能力方面得到锻炼和提高。对于这些能力的培养,理论教学与实践性教学环节必须密切联系、互相配合,才会取得比较好的效果。本书主要从以下几个方面来加强这些能力的培养:

(1)在分析问题方法上,注重讲清基本电路的基本原理,然后通过实验验证理论的正确性,增加感性认识,体会抽象概念的实际含义。在联系实际方面,不过多地分析具体细节,着重引导学生分析电路,并进行电路性能估算,掌握选择电路的元器件。

(2)注重与实践课程相配合。理论教学主要介绍基本原理、典型电路、基本应用电路等,而相关电路的调试、测试的方法以及元器件的参数选择在电子技术实践教学中得到认识和提高,故这方面的内容本书没有作深入的探讨。

(3)各章均有一定数量的习题,力求突出本课程的特点和基本要求,尽量做到与实践相结合。

本书编写人员及编写分工如下:第 1 章由湖南水利水电职业技术学院殷晓安编写,第 2 章由黄河水利职业技术学院贾磊编写,第 3 章由山东水利职业学院宋雪臣编写,第 4 章由浙江同济科技职业学院石杨编写,第 5、9 章由三峡电力职业学院肖春芳编写,第 6 章由广西水利电力职业技术学院梁小流编写,第 7 章由沈阳农业大学高等职业技术学院张艳凤编写,第 8 章由福建水利电力职业技术学院刘德旺编写。本书由肖春芳、刘德旺担任主编,由张艳凤、殷晓安担任副主编,由三峡电力职业学院的周厚全副教授担任主审。

本书编写过程中得到相关学院领导的大力支持和帮助,在此一并致以衷心的感谢。

限于编者的水平,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009 年 2 月

目 录

前 言

第1章 基本电压放大电路	(1)
1.1 PN结	(1)
1.2 晶体二极管	(3)
1.3 特殊二极管	(6)
1.4 晶体三极管	(8)
1.5 基本放大电路	(12)
1.6 微变等效电路法	(14)
1.7 多级放大器及频率特性	(18)
1.8 光电耦合器	(21)
1.9 场效应晶体管放大电路	(22)
1.10 VMOS管简介	(25)
本章小结	(27)
实训1 常用电子仪器的认识与使用	(28)
实训2 简单电路的构成与测量	(28)
习 题	(29)
第2章 放大电路中的反馈和集成运算放大器及其应用	(32)
2.1 反馈的基本原理	(32)
2.2 差分放大电路	(40)
2.3 集成运算放大器	(50)
2.4 集成运算放大器的线性应用	(54)
2.5 集成运放在信号处理方面的应用	(61)
2.6 集成运放在信号产生方面的应用	(69)
本章小结	(78)
实训3 运放组成的波形发生器电路设计	(79)
习 题	(80)
第3章 功率放大器	(84)
3.1 功率放大电路的特点和分类	(84)
3.2 互补对称推挽功率放大电路	(85)
3.3 集成功率放大器	(88)
本章小结	(91)
实训4 低频功率放大器——OTL功率放大器	(91)

习 题	(94)
第4章 直流电源	(97)
4.1 整流电路	(97)
4.2 滤波电路	(101)
4.3 串联型稳压电路	(105)
4.4 集成稳压器	(107)
本章小结	(109)
实训5 三端集成稳压器	(109)
习 题	(111)
第5章 晶闸管及其电路	(112)
5.1 晶闸管结构及其工作原理	(112)
5.2 其他一些电力电子器件	(121)
5.3 单相可控整流电路	(124)
5.4 晶闸管逆变技术	(137)
5.5 晶闸管的简易触发电路	(138)
5.6 晶闸管的保护	(141)
5.7 晶闸管的交流开关电路	(142)
5.8 交流调压电路	(144)
5.9 应用实例	(146)
本章小结	(147)
实训6 晶闸管的简易测试及其导通、关断条件	(148)
习 题	(150)
第6章 数字电路基础	(153)
6.1 基本逻辑运算及其门电路	(153)
6.2 逻辑代数与逻辑函数	(157)
本章小结	(167)
实训7 交通灯监视电路的设计	(168)
习 题	(169)
第7章 组合逻辑电路	(171)
7.1 集成门电路	(171)
7.2 组合逻辑电路的分析和设计	(181)
7.3 组合逻辑电路的应用	(186)
7.4 组合逻辑电路中存在的特殊问题	(207)
本章小结	(209)
实训8 集成门电路逻辑功能测试	(209)
实训9 组合逻辑电路实验分析	(210)
实训10 组合逻辑电路的设计与测试	(211)
习 题	(212)

第 8 章 触发器和时序逻辑电路	(215)
8.1 触发器概述	(215)
8.2 触发器间的相互转换	(222)
8.3 555 定时器	(223)
8.4 时序逻辑电路的一般分析方法	(229)
8.5 计数器	(231)
本章小结	(248)
实训 11 触发器逻辑功能测试	(248)
习 题	(250)
第 9 章 课题设计	(254)
9.1 带有扫描显示数字电子钟的定时开启温度 2 位控制器设计	(254)
9.2 设计并制作一个模拟的出租车计价器	(254)
参考文献	(256)

第1章 基本电压放大电路

学习指导

半导体器件是构成电子电路的重要器件,只有掌握半导体器件的结构、性能、工作原理,才能正确分析电子电路的工作原理,正确选择和合理使用半导体器件。本章在介绍二极管的原理、主要参数的基础上,着重讨论二极管伏安特性曲线。本章主要学习晶体三极管的原理、特性曲线及主要参数,以共发射极放大电路为主,着重介绍放大电路的微变等效电路法,对多级放大电路作必要介绍。场效应管是一种新型的半导体器件,它是利用电场来控制半导体中的多数载流子运动的,又称为单极型晶体管。根据结构不同,场效应管分成两大类:结型场效应管(JFET)和绝缘栅型场效应管(MOSFET),本章着重介绍场效应管的结构、基本特性及其放大电路的基本工作原理。

1.1 PN 结

1.1.1 半导体的导电特性

物质按其导电能力可分为导体、绝缘体和半导体。导体的导电性能很好,如金、银、铜等;绝缘体导电性能很差,如塑料、云母、陶瓷等;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硅、锗和砷化镓等。

半导体之所以得到广泛应用是因为其具有以下特性:

(1)热敏性。半导体对温度很敏感,电阻率随温度升高而减小,呈负温度系数特性。利用半导体的热敏特性,可制造热敏元件。

(2)光敏性。半导体对光照也很敏感,其电阻率随光照而变化,利用半导体的光敏性,可制造光敏元件。

(3)可掺杂性。半导体的电阻率随掺入的微量杂质而发生显著变化。利用这一特性,通过工艺手段,可以制造出各种性能和用途的半导体器件。

除以上三个主要特性之外,压力、磁场、电场等都对半导体的导电性能有影响,利用这些特性,可以制成热敏、光敏、磁敏、压敏等半导体器件,广泛应用于电子技术的各个领域。

1.1.2 PN 结及其单向导电特性

1.1.2.1 P 型半导体和 N 型半导体

常温下,本征半导体中载流子(带负电的自由电子和带正电的空穴)的浓度很低,其导电能力很弱(本征半导体是指纯净的、不含杂质且以晶体结构存在的半导体)。但是如果选择地加入某些其他元素(称为杂质),就会使它的导电能力大大增强,这样的半导体称为杂质半导体。

如果在半导体硅、锗中掺入微量三价元素(硼),就会产生大量空穴。半导体中的多数载流子是空穴,少数载流子是自由电子。这种半导体主要是带正电的空穴参与导电,所以称其为空穴型半导体,或P型半导体。

如果在半导体硅、锗中掺入微量五价元素(磷),将会使自由电子大量增加。半导体中多数载流子是自由电子,少数载流子是空穴。半导体主要依靠自由电子导电,这种半导体称为电子型半导体,或N型半导体。

1.1.2.2 PN结的形成

在一块本征半导体硅或锗上,采用掺杂工艺,使一边形成N型半导体,另一边形成P型半导体。由于P区空穴浓度比N区空穴浓度大,N区自由电子浓度比P区自由电子浓度大,在N型半导体和P型半导体的界面,产生多数载流子的扩散运动。由于载流子的扩散运动,P区一侧失去空穴,剩下负离子;N区一侧失去自由电子,剩下正离子。结果在界面形成一个空间电荷区,这个空间电荷区就是PN结,如图1-1所示。

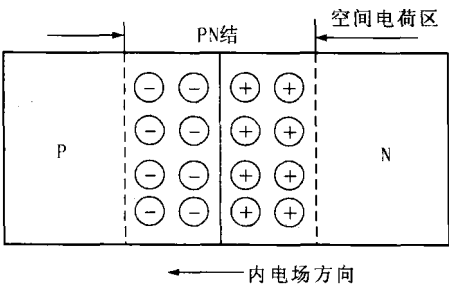


图 1-1 PN 结的形成

1.1.2.3 PN结的单向导电性

当PN结外加正向电压时,有较大电流通过PN结,而且通过的电流随外加电压的升高而迅速增大;而当PN结外加反向电压时,通过PN结的电流非常微小,而且电流几乎不随外加电压的增加而变化。这就是PN结的单向导电性。

(1)PN结的正向导通特性。当PN结正向偏置(简称正偏),即把电源正极接P区,电源负极接N区。这时外电场与内电场方向相反,PN结变窄,N区的多数载流子自由电子和P区的多数载流子空穴进行扩散运动,在回路中形成较大的正向电流 I_F 。PN结正向导通,呈低阻状态,如图1-2(a)所示。

(2)PN结的反向截止特性。当PN结为反向偏置(简称反偏),即把电源正极接N区,电源负极接P区。这时外电场与内电场方向相同,PN结变宽,N区的少数载流子空穴和P区的少数载流子自由电子,在强电场作用下,在回路中形成非常小的反向电流 I_R 。PN结反向截止,呈高阻状态,如图1-2(b)所示。

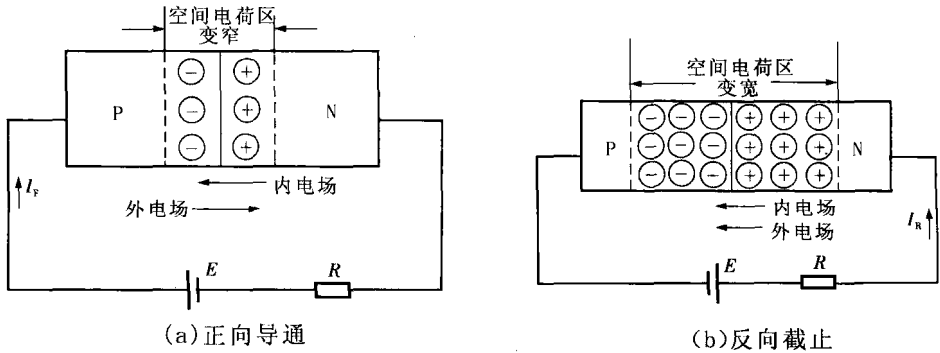


图 1-2 PN 结的单向导电性

综上所述,外加正向电压时,PN 结的正向电阻较小,正向电流 I_F 较大;外加反向电压时,PN 结的反向电阻很大,反向电流 I_R 很小,即 PN 结具有单向导电性。

1.2 晶体二极管

1.2.1 晶体二极管的结构、符号和类型

晶体二极管由一个 PN 结,加上电极引线和管壳构成。它有两个电极,由 P 区引出的是正极(又称阳极),由 N 区引出的是负极(又称阴极)。二极管结构和符号如图 1-3 所示。

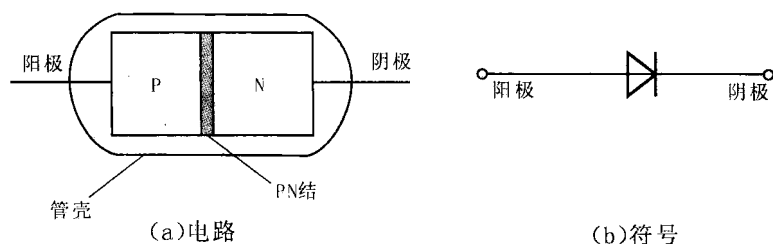


图 1-3 二极管的结构和符号

二极管的类型较多,按制作二极管的半导体材料分为硅二极管和锗二极管,按结构分为点接触型二极管和面接触型二极管。点接触型二极管的特点是:接触面小,不能通过大电流,但是结电容小,适用于高频电路,主要用于高频检波、脉冲电路和小电流整流等。面接触型二极管因为接触面大,可以通过较大电流,但结电容大,不宜在高频电路中使用,主要用于低频大电流整流。

小功率二极管多采用玻璃或塑料封装,大功率二极管一般使用金属外壳,并制作成螺栓式或平板压接式。图 1-4 从左至右是从小功率到大功率的各种二极管封装形式。

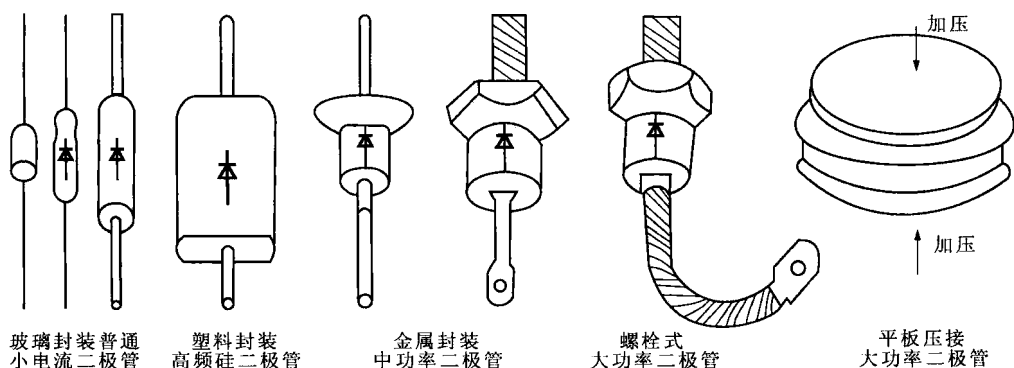


图 1-4 二极管的常见封装形式

1.2.2 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指通过二极管的电流与其两端电压之间的关系。二极管的伏安特性,可以用图 1-5 所示电路测定。改变电位器 R_w ,从电压表和电流表上可以读出二极管两端的电压和电流值,每改变一次电位器,可以读出一组对应电压、电流值,把若干组数值绘制在 $I-U$ 直角坐标系中,就可以得到二极管的伏安特性曲线,如图 1-6 所示。

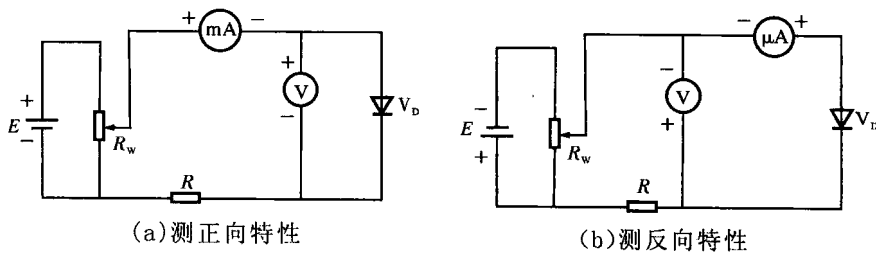


图 1-5 测试二极管伏安特性电路

1.2.2.1 正向特性

在正向特性曲线的起始段 (OA 段),由于正向电压较小,外电场不足以克服内电场的作用。正向电流很小,称为死区。通常将 A 点对应的电压称为死区电压,硅管死区电压约为 0.5 V ,锗管死区电压约为 0.1 V 。当正向电压超过死区电压后,外电场抵消了内电场,正向电流迅速增大,二极管正向电阻变得很小,二极管导通,二极管导通后两端的电压变化很小,基本上是个常数,通常硅管电压降约为 0.7 V ,锗管约为 0.3 V 。

1.2.2.2 反向特性

在反向电压的作用下,反向电流极小,二极管反向截止。反向电流越小,二极管的反向电阻越大,反向截止性能越好。硅管的反向电流比锗管小得多(通常硅管约为几微安到几十微安,锗管可达几百微安)。

当外加反向电压增大到一定值时,反向电流突然增大,二极管被反向击穿。这时所加的反向电压值称为反向击穿电压 U_B 。

二极管的特性随温度变化很敏感。当温度升高时,正、反向电流都随之增大。温度每升高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,二极管的反向电流约增大一倍。另外,二极管的反向击穿电压会随温度升高而变化。

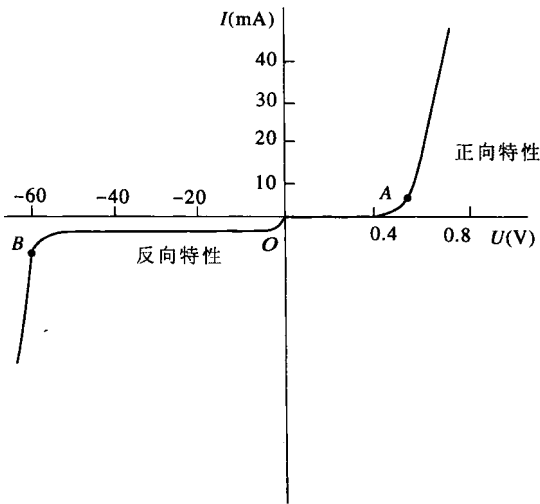


图 1-6 二极管伏安特性曲线

1.2.3 二极管的主要参数和使用常识

1.2.3.1 二极管的主要参数

二极管的主要参数可从晶体管手册中查到。二极管有以下主要参数：

(1)最大整流电流 I_{FM} 。 I_{FM} 是指在规定的环境温度下,二极管长期运行时允许通过的最大正向电流的平均值。使用时不能超过此值,否则会导致二极管过热烧坏。在选用二极管时,工作电流不允许超过 I_{FM} 。

(2)最高反向工作电压 U_{RM} 。 U_{RM} 是指允许加在二极管上的最大反向电压。为了防止二极管因反向击穿而损坏,通常将 U_{RM} 规定为反向击穿电压 U_B 的一半。

1.2.3.2 二极管的型号

二极管的品种很多,各类二极管用不同型号来表示,国产二极管的名称由五部分组成,其符号意义见表 1-1。

表 1-1 二极管型号的表示意义

第一部分 (数字)	第二部分 (汉语拼音字母)	第三部分 (汉语拼音字母)	第四部分 (数字)	第五部分 (汉语拼音字母)
电极数目: 2—二极管	材料与极性: A—N 型锗 B—P 型锗 C—N 型硅 D—P 型硅	二极管类型: P—普通管 W—稳压管 Z—整流管 K—开关管 B—发光管	二极管序号: 表示同一类型 中某些性能与参 数的差别	规格号: 表示同型号中 的挡别

例如:2DP6 是 P 型硅普通二极管,2AK6 是 N 型锗开关二极管。

1.2.3.3 二极管的检测

在实际电路中,二极管损坏是常见的故障,在使用二极管时,必须注意极性不能接错。因此,用万用表判别二极管的好坏和管脚极性是二极管应用中的一项基本技能。

(1)判别二极管的好坏。将万用表的电阻挡置 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 量程(一般不用 $R \times 1$ 或 $R \times 10k$),如果测得二极管的正向电阻为几百欧到几千欧,反向电阻在几百千欧以上,则可确定二极管是好的;如果测得正、反向电阻均很小,则管子内部短路;如果测得正、反向电阻差别不大,则管子性能变坏;如果测得正、反向电阻均很大,则管子内部开路。

需要说明的是,使用万用表的不同量程测量同一只二极管时,测得的正向电阻是有一定差异的。这是因为二极管是一种非线性器件,其正向电阻值与流过它的电流有关,电流愈大,电阻愈小。万用表不同量程对应的电流不同,所以测出的电阻也就不同。另外,如果用 $R \times 1$ 或 $R \times 10k$ 挡测量小功率二极管,有可能损坏管子。

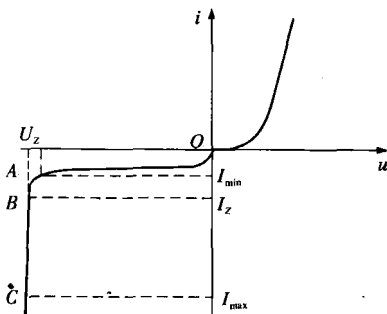
(2)判别二极管的管脚极性。用万用表 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡测量二极管的正、反向电阻,当测得电阻较小时,黑表笔所接的是二极管正极,红表笔所接的是二极管负极。反过来,当测得电阻很大时,红表笔所接的是二极管正极,而黑表笔所接的是二极管负极。

1.3 特殊二极管

具有某种特殊用途的二极管称为特殊二极管,如稳压二极管、发光二极管、光电二极管及变容二极管等。

1.3.1 稳压二极管

稳压二极管是用特殊工艺制成的硅平面二极管。它的正向特性与普通二极管相似,但其反向击穿特性比一般的二极管陡直。稳压管通常工作在反向击穿状态,为了防止稳压管热击穿而损坏,电路中要串联限流电阻。由反向击穿特性可知,当流过稳压管的反向电流在一定范围内有较大变化时,管子两端的反向电压却变化很小,利用这一恒压特性可以实现稳压。稳压管的伏安特性曲线和符号如图 1-7 所示。常用的稳压管有 2CW 和 2DW 系列。



(a) 伏安特性曲线



(b) 符号

图 1-7 稳压管的伏安特性曲线和符号

稳压管的主要参数有:

(1) 稳定电压 U_Z 。 U_Z 是稳压管反向击穿时的稳定工作电压, U_Z 随工作电流不同略有变化。管子型号不同, U_Z 也不同,即使是同一型号的管子, U_Z 值也会略有差异。

(2) 稳定电流 I_Z 。 I_Z 是稳压管保持稳定电压 U_Z 值时的电流,工作电流若小于 I_Z ,稳压管性能较差。

(3) 动态内阻 r_z 。 r_z 是指稳压管两端电压的变化量 ΔU_Z 与相应电流变化量 ΔI_Z 之比,即

$$r_z = \Delta U_Z / \Delta I_Z \quad (1-1)$$

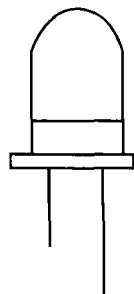
r_z 是稳压管的重要参数, r_z 越小稳压性能越好。

(4) 最大耗散功率 P_{ZW} 。 P_{ZW} 是由管子允许温升决定的最大损耗功率,一般稳压管的最大耗散功率为几百毫瓦到几瓦。稳压管消耗的电功率超过 P_{ZW} 时,管子将过热损坏。

1.3.2 发光二极管

1.3.2.1 普通发光二极管

发光二极管由磷砷化镓等半导体材料制成,是一种将电能转换成光能的半导体器件,管芯仍是一个 PN 结,通常用透明塑料封装,简称“LED”。外形及符号如图 1-8 所示。发光二极管加正向电压,且电流达到一定值(几毫安至几十毫安)时就能正常发光,正向压降一般为



(a) 外形



(b) 符号

图 1-8 发光二极管外形及符号

2~3 V。发光二极管所发光的颜色由其材料决定,通常有红色、绿色、蓝色、橙色等。一般管脚引线较长的为正极,较短的为负极。

发光二极管用途很广泛,可作为电源指示,还可用多只发光二极管构成数码管,用于各种数显装置中。

1.3.2.2 红外发光二极管

红外发光二极管是一种能将电信号转换成红外光信号的半导体器件。其外形和发光二极管相似,电路符号相同。用红外发光二极管发射的红外线去控制相应的受控装置,即可实现遥控(如电视机中的遥控电路)。

1.3.2.3 激光二极管

激光二极管是一种能将电能转换成激光的半导体器件,简称 LD。激光二极管类似于普通发光二极管,都是由 PN 结构成的,但由于两者材料以及工艺不同,前者发出的是单一波长的激光束。如 VCD 和 DVD 等数字视听设备,应用光头中的激光二极管发射的激光束来读取光盘上记录的数字音视频信息。

1.3.3 光电二极管和变容二极管

1.3.3.1 光电二极管

光电二极管也称光敏管。它是一种将光信号转换成电信号的半导体器件,符号如图 1-9 所示。

光电二极管正常工作时,需加反向电压,当无光照射管子时,暗电流很小,有光照射时,亮电流较大,并且光照越强,电流越大。

图1-10是光电二极管的简单应用电路,无光照时, R 上无电压,有光照时,亮电流在 R 上产生电压。由于亮电流随光的强弱变化,所以 R 上的电压 u_R 也随光的强弱变化,实现了光信号到电信号的转换。光电管主要用于光电控制系统中。

使用光电管时应注意以下几点:

(1)为了使光电流与光强度保持一定线性关系,加在光电二极管上的反向电压不得小于 5 V。

(2)光电管的外壳或窗口应保持清洁,否则光电灵敏度会下降。

1.3.3.2 变容二极管

由于 PN 结存在电容效应,类似一个平行板电容器,利用 PN 结的这种电容效应,可制成变容二极管。当加在变容二极管两端的反向电压在 0~30 V 范围变化时,变容二极管的电容量可在几百皮法到几十皮法之间改变,反向电压越大,电容量越小。变容二极管的符号如图 1-11 所示。电视中的高频调谐器,就是用 0~30 V 的调谐电压来调节变容二极管的电容,从而改变振荡电路的频率,达到选择电视信号的目的。



图 1-9 光电二极管的符号

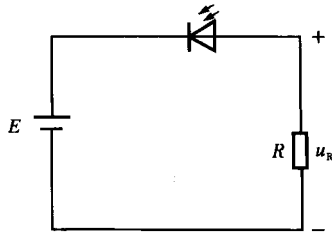


图 1-10 光电二极管的应用

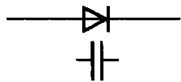


图 1-11 变容二极管符号

1.4 晶体三极管

1.4.1 三极管的结构和分类

1.4.1.1 三极管的结构、符号

晶体三极管是构成放大电路的关键元器件,它的主要作用是放大电流。三极管分为NPN型和PNP型两种结构,结构和符号如图1-12所示。NPN型和PNP型三极管符号的区别是发射极箭头的方向不同。箭头方向代表发射结正偏时发射极的电流方向。

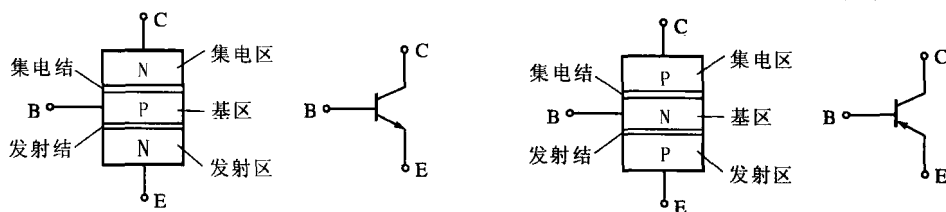


图 1-12 三极管的结构与符号

三极管有三个区:集电区、基区和发射区,分别从这三个区引出三个电极:集电极C、基极B和发射极E,它还有两个PN结:集电区与基区之间的PN结称为集电结,基区与发射区之间的PN结称为发射结。三极管的结构特点是:基区很薄,发射区掺杂浓度高,集电区面积较大。在使用三极管时,发射极和集电极不能互换,否则三极管的放大能力会下降。

1.4.1.2 三极管的分类和型号

1. 分类

按制造材料的不同,三极管分为硅管和锗管两类,硅管的热稳定性比锗管好,所以在电子电路中多用硅管。根据功率大小差异,三极管分为小功率管、中功率管和大功率管三类。根据工作频率的高低,三极管又可以分成低频管和高频管。常见三极管的外形如图1-13所示。

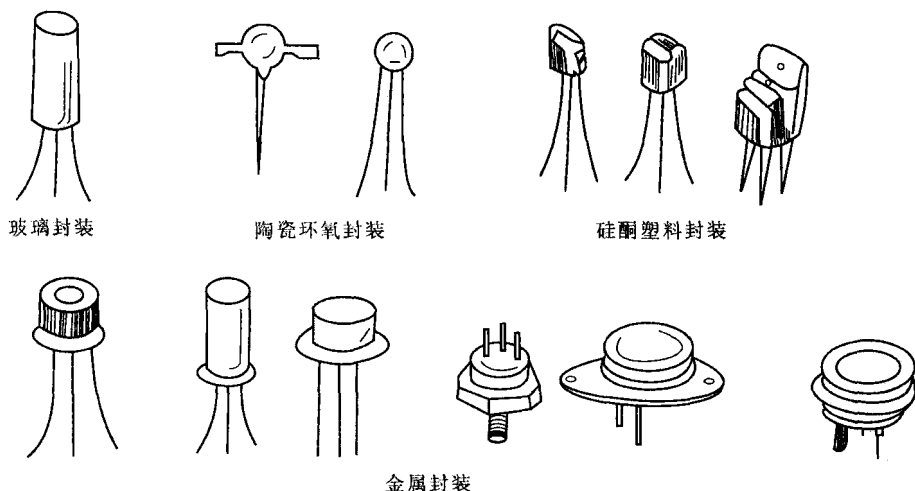


图 1-13 常见三极管的外形

2. 三极管的型号

按照国家标准 GB 249—74 的规定,国产三极管的型号由五部分组成,各部分的意义见表 1-2。

表 1-2 三极管型号的表示意义

第一部分 (数字)	第二部分 (汉语拼音字母)	第三部分 (汉语拼音字母)	第四部分 (数字)	第五部分 (汉语拼音字母)
电极数目: 3—三极管	材料与极性: A—PNP 型锗 B—NPN 型锗 C—PNP 型硅 D—NPN 型硅 K—开关管	三极管类型: X—低频小功率管 A—高频大功率管 G—高频小功率管 D—低频大功率管 U—光电器件	三极管序号: 表示某些性能 与参数的差别	规格号: 表示同型号中的 挡别

例如:3DG100A 是 NPN 型高频小功率硅管,3AD50A 是 PNP 型低频大功率锗管。

1.4.2 三极管的电流放大作用

三极管的电流放大作用是指三极管基极电流的微小变化,将引起其集电极电流较大的变化,也就是集电极电流的变化量 ΔI_C 比引起它变化的基极电流的变化量 ΔI_B 要大许多倍。

1.4.2.1 三极管的电流分配关系

三极管要具有一定的放大作用,其外部条件是发射结正向偏置,集电结反向偏置。只要满足这个条件,三极管内部载流子就会按一定的规则运动,载流子的运动,就形成集电极电流 I_C 、基极电流 I_B 和发射极电流 I_E 。图 1-14 为测量三极管电极电流的实验电路。电源 U_B 、 R_W 使三极管发射结正偏, U_C 、 R_C 使集电结反偏,三极管处于放大状态。调整 R_W 可以调节基极电流 I_B 。三只电流表分别测量三个电极的电流。实验数据如表 1-3 所示。

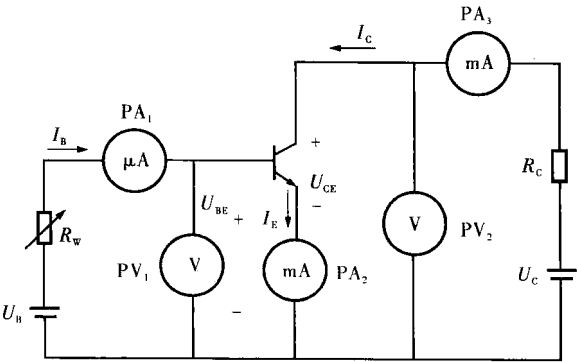


图 1-14 测量三极管电极电流的实验电路

表 1-3 三极管电极电流测量数据

电流(mA)	测量次数				
	1	2	3	4	5
I_B	0	0.01	0.02	0.04	0.06
I_C	0.2	0.96	1.95	3.96	5.98
I_E	0.2	0.97	1.97	4.00	6.04

由表 1-3 可知,每一组数据都满足以下关系式:

$$I_E = I_B + I_C \quad (1-2)$$

式(1-2)说明流入三极管的电流等于流出三极管的电流,满足基尔霍夫电流定律。

1.4.2.2 三极管的电流放大作用

从表 1-3 的数据看,当基极电流 I_B 由 0.02 mA 上升到 0.04 mA 时,集电极电流 I_C 由 1.95 mA 上升到 3.96 mA,则集电极电流的变化量与基极电流变化量之比为

$$\Delta I_C / \Delta I_B = (3.96 - 1.95) / (0.04 - 0.02) \approx 100$$

这说明 I_C 的变化量近似为 I_B 变化量的 100 倍,也就是说, I_B 的微小变化可以控制 I_C 的较大变化。这就是三极管的电流放大作用。三极管是一种电流控制器件。

$\Delta I_C / \Delta I_B$ 反映了三极管放大能力的强弱,该比值越大,放大能力越强,反之越弱,定义三极管的共发射极交流电流放大系数 β 为

$$\beta = \Delta I_C / \Delta I_B \quad (1-3)$$

β 是三极管主要参数之一。小功率三极管的 β 值通常在几十至几百。 β 表征三极管放大交流电流的能力,而三极管放大直流电流的能力则用共发射极直流电流放大系数 $\bar{\beta}$ 来表示,即

$$\bar{\beta} = I_C / I_B \quad (1-4)$$

一般情况下, β 与 $\bar{\beta}$ 差异很小,可以认为 $\beta \approx \bar{\beta}$ 。

1.4.3 三极管的特性曲线

三极管的特性曲线分输入特性曲线和输出特性曲线,这两种曲线都能用晶体管特性图示仪直接观察。

1.4.3.1 输入特性曲线

输入特性曲线是指当集电极与发射极间的电压 U_{CE} 为常量时,基极电流 I_B 与基极和发射极的电压 U_{BE} 之间的关系曲线。图 1-15 是用晶体管特性图示仪观察到的三极管(3DG141A)的输入特性曲线。

由图 1-15 可知,输入特性与二极管的正向特性相似。当电压 U_{BE} 小于三极管的死区电压(硅管约为 0.5 V,锗管约为 0.1 V)时,基极电流 I_B 几乎为零。当 U_{BE} 大于死区电压后,基极电流 I_B 才随 U_{BE} 迅速增大,三极管导通。管子导通后,硅管的发射结电压 U_{BE} 约为 0.7 V,锗管 U_{BE} 约为 0.3 V。