



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子技术

主编 张友汉



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电 子 技 术

主 编 张友汉
责任主审 刘蕴陶
审 稿 沈振宇 赖荣宗



高等教育出版社

内容简介

本书根据 2000 年 8 月教育部颁发的中等职业学校(3、4 年制)非电类相关专业通用电子技术教学大纲编写,同时参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。

本书主要内容有:模拟电子技术、数字电子技术、电力电子技术。具体包括:常用半导体元器件;数字电路基本知识;组合逻辑电路;触发器与时序逻辑电路;基本放大电路;运算放大器及其应用;信号的产生、采集、处理与传输;电子控制技术;电力电子技术等。

本书采用模块式编写方式,有配套的实验实训指导书,可供中等职业学校(3、4 年制)非电类相关专业使用,也可作为岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术 / 张友汉主编. —北京:高等教育出版社, 2001 (2005 重印)

ISBN 7-04-009524-6

I. 电… II. 张… III. 电子技术-专业学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 07893 号

电子技术
张友汉 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landraco.com
			http://www.landraco.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司		
排 版	高等教育出版社照排中心		
印 刷	高等教育出版社印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2001 年 7 月第 1 版
印 张	13 5	印 次	2005 年 1 月第 7 次印刷
字 数	310 000	定 价	13.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 9524-00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年五月

前 言

本书根据 2000 年 8 月教育部颁发的中等职业学校(3、4 年制)非电类相关专业通用电子技术教学大纲编写。供中等职业学校非电类相关专业使用。

为适应电子技术高速发展及各行各业对高素质劳动者及中初级专门人才的知识能力的要求,按照宽、新、用、精的选材原则,本书对分立元件电路及模拟电路理论作了较大精简;对集成运算放大器及其应用和数字电路有所加重;较多地增加了高新技术及其应用的篇幅;为更符合工农业及各行各业的需要,本书尽可能选用新产品、新技术、新工艺及很多应用实例。为加强技能的训练,引入了半导体元器件的“查表法”,组合逻辑电路“搭积木”法。全书信息量大,知识面宽,技术新,理论与实际联系紧密。

为了适应各类学校的教学需要,本书采用模块式结构。选用模块的内容,在章节前加了*号,各专业可根据需要选用。本书还从应用的角度介绍了变频调速技术和变频器,体现了近年来我国在控制技术上的改革成果。

参加本书编写的人员有:株洲铁路电机学校黄旭编写了本书第一、二章;上海市机电学校夏奇兵编写了本书第七章;吉林化工学校于占和编写了第九章。其他由张友汉编写,张友汉任主编。本书由北京理工大学刘蕴陶教授主审,在此表示感谢。

编者

2000 年 9 月

目 录

第一章 常用半导体元件	1	第一节 触发器	58
第一节 PN 结与二极管	1	第二节 触发器的分类及应用举例	66
第二节 特殊二极管	5	第三节 计数器	67
第三节 半导体三极管	7	第四节 寄存器	72
* 第四节 MOS 场效晶体管	10	* 第五节 半导体存储器	75
第五节 集成电路	12	* 第六节 时序逻辑电路应用设计	76
第六节 半导体元器件及集成电路的命名法	14	本章小结	77
本章小结	19	实作练习	78
实作练习	19	思考与习题	79
思考与习题	20	第五章 基本放大电路	82
第二章 数字电路的基本知识	22	第一节 共射放大电路	82
第一节 概述	22	第二节 放大电路的基本性能指标	88
第二节 基本逻辑门	26	第三节 射极输出器	90
第三节 复合逻辑门及其运算	31	第四节 其他放大电路	91
第四节 集成“与非”门电路	33	* 第五节 场效晶体管共源放大电路	94
第五节 逻辑门电路应用举例	38	第六节 低频功率放大器	95
本章小结	39	本章小结	100
实作练习	40	实作练习	100
思考与习题	41	思考与习题	101
第三章 组合逻辑电路	42	第六章 运算放大器及其应用	104
* 第一节 逻辑运算法则	42	第一节 运算放大器的结构与性能特点	104
第二节 逻辑电路的分析	44	第二节 反相放大器和同相放大器	106
* 第三节 逻辑电路应用“搭积木”法	46	第三节 电子电路的负反馈	107
第四节 几种常用组合逻辑电路	48	第四节 负反馈对放大器性能的影响	
第五节 数字显示器件	52		
本章小结	54		
思考与习题	55		
第四章 触发器与时序逻辑电路	58		

.....	110
第五节 信号运算电路	112
第六节 电压、电流和电阻的精密测量电路	116
第七节 非线性应用	119
第八节 集成运放 F741	120
本章小结	123
实训练习	124
思考与习题	124
* 第七章 信号的产生、采集、处理与传输	128
第一节 正弦波振荡器	128
第二节 矩形波发生器	132
第三节 脉冲信号的变换与整形	134
第四节 数据采集系统	137
第五节 数/模转换器	139
第六节 模/数转换器	141
第七节 现代通信信号的处理、发送和接收	144
第八节 现代通信系统	147
本章小结	155
思考与习题	156

第八章 电子控制技术	159
第一节 概述	159
第二节 非电量控制与传感器	159
* 第三节 PID 调节器	163
第四节 变频调速	166
第五节 工业控制计算机	169
第六节 可编程控制器(PC)简介	172
* 第七节 PC 的指令与编程	177
本章小结	180
思考与习题	181
第九章 电力电子技术	182
第一节 大功率电子器件	182
第二节 直流电源电路	185
第三节 晶闸管可控整流电路	192
第四节 单相交流调压电路	194
* 第五节 无源逆变器	195
* 第六节 直流调压电路	198
本章小结	200
思考与习题	201
附录 日本、美国、西欧半导体元件及集成电路命名法	202
参考书目	205

第一章 常用半导体元件

常用半导体元件,长期以来主要是指半导体二极管、稳压管、三极管、场效晶体管等分立元件。近些年来,人们将部分集成电路也视为常用半导体元件。常用半导体元件门类繁多,各成系列,产品品种数以千万计(见表 1-1)。

表 1-1

类 别	系 列 名 称
分立元件	半导体二极管
	半导体三极管
	场效晶体管
集成电路	数字集成电路
	模拟集成电路
	接口集成电路
	混合集成电路

由于半导体元件具有重量轻、体积小、耗电少、品种齐全、工作可靠和寿命长等突出优点,所以应用极为广泛。常用半导体分立元件即使是在中大规模、超大规模集成电路普遍应用的今天,在许多场合,包括在集成电路的一些外部电路中,仍然是必不可少的重要部件。

根据本课程的任务和要求,本书在介绍这些元件时,把注意力放在如何应用这些元件上,注重讨论的是把它们作为电路元件在其外引线端表现出来的电压-电流及输入-输出关系,而对各种元件的内部结构及工作时的内部物理过程则不视为本书所要解决的问题。

第一节 PN 结与二极管

一、PN 结及其单向导电性

对纯净的硅、锗等半导体材料按特别的“掺杂”工艺加工,可以制成 PN 结。所谓掺杂就是将其他微量元素通过一定的工艺掺入纯净的半导体晶体中。具体制作时,若是掺入五价元素如锑、铅等,就形成以“自由电子”导电为主的半导体,称为 N 型半导体;若是掺入三价元素如硼等,则形成以正离子(称为空穴)导电为主的 P 型半导体。PN 结实际上是 P 型和 N 型两种半导体在其结合面上形成的一种特殊结构的薄层,如图 1-1 所示。

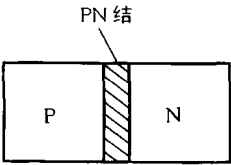


图 1-1 PN 结结构

要了解 PN 结的导电性能,可以按图 1-2 将 PN 结的两端(P 区端和 N 区端)各连接一段导线,接入电源作通电测试。

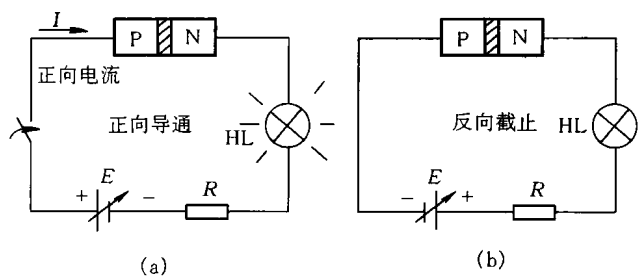


图 1-2 PN 结的导电性能测试

观察图 1-2 所示实验:PN 结 P 区接电源正极,N 区接电源负极,串接在电路中的小灯泡发光,表示 PN 结导通;若将电源反接,即 PN 结的 N 区接电源正极,P 区接电源负极,小灯泡不亮,表示 PN 结截止。

通过观察以上实验证实,PN 结具有单向导电性:串联在电路中的小灯泡发光说明,在 PN 结上加正向电压(P 区接电源正极,N 区接电源负极),称这种连接为 PN 结正向偏置,此时 PN 结处于导通状态,呈现低阻性,电路有较大电流通过;反之,接入反向电压(即反向偏置)时,PN 结处于反向截止状态,呈现高阻性,电流则很难通过。

二、半导体二极管的结构

将一个 PN 结的两端各引出一个电极,外加玻璃或塑料的管壳封装即制成半导体二极管。它是电子电路中最常用的元件之一。

半导体二极管的电路符号如图 1-3(a)所示。

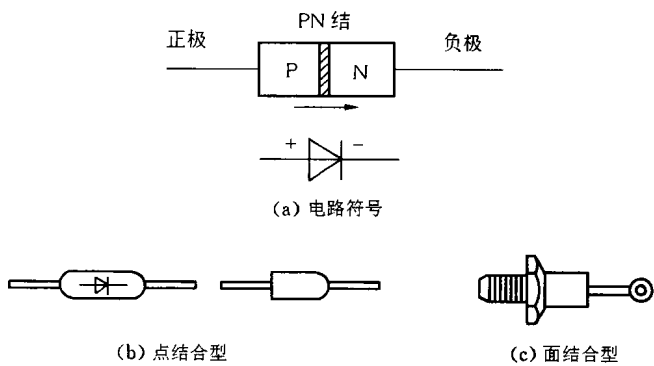


图 1-3 半导体二极管的结构

图中“+”表示半导体二极管的 P 端,称为二极管的正极端,简称正极(或阳极端,简称阳极);“-”表示二极管的 N 端,称为二极管的负极端,简称负极(或称为阴极端,简称阴极)。图 1-3(a)中,箭头所指的方向是二极管正方向,亦即 PN 结正向导通的电流方向。

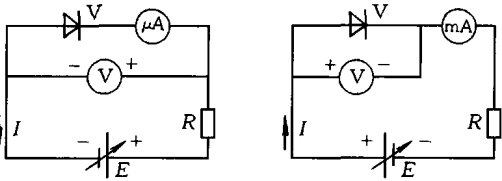
根据所用半导体材料的不同,二极管可分为硅二极管和锗二极管两大类。根据通过电流大小的需要不同,二极管的结构类型也不同,又可分为点结合型[如图 1-3(b)]和面结合型[如图 1-3(c)所示]等多种。

三、半导体二极管的电压电流关系

二极管的电压电流关系,是指通过二极管的电流 I 与加在二极管两端的电压 U 之间的关系,可用图 1-4(a)所示电路进行测试,图中 V 为硅二极管。图 1-4(b)所示曲线是测试结果。

(一) 正向特性

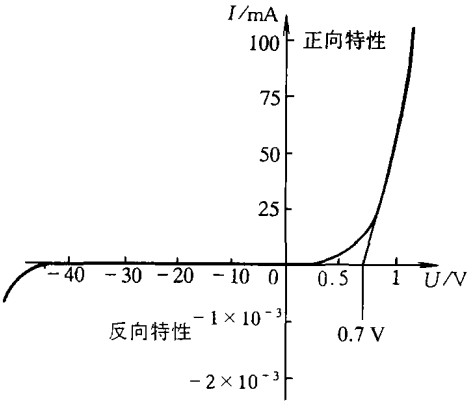
在给二极管加正向电压时,有电流通过二极管。当外加电压很小时(对硅管小于 0.5 V,对锗管小于 0.1 V),电流很小,近似为零,称为死区。只有当外加电压大于一定数值后,电流随电压迅速增大,此时二极管导通。只要电流值不超过规定范围,二极管的正向电压降几乎维持不变,该电压值称为二极管正向压降。常温下硅管正向压降视为 0.7 V,锗管正向压降视为 0.3 V。



(a) 测试电路

(二) 反向特性

图 1-4(b)所示曲线的反向区表示当二极管两端加反向电压时,由于二极管的反向电阻很大,电路中只有极小的电流(小功率硅管小于几微安,而锗管为几十微安),当反向电压不超过某一限度时,反向电流几乎不变;当反向电压超过某一限度时,电路中反向电流突然增大,此后,二极管的特性非常陡峭,二极管失去单向导电性,这种现象称为反向击穿,此时的电压值称为反向击穿电压。二极管被击穿后将可能造成永久性损坏,所以在使用二极管时,加在二极管上的反向电压应小于其反向击穿电压值。注意作这种反向特性测试时,只有在经过特殊处理的二极管上才能进行。



(b) 特性曲线(硅管)

图 1-4 半导体二极管的电压电流关系

二极管在应用时,为简化分析,常将其理想化为一个开关,即二极管导通时,正向压降为 0 V,相当于开关闭合;加在二极管两端的电压 $U < 0.5$ V 时,视其反向电流为 0,相当于开关断开,如图 1-5 所示。

四、二极管的主要参数

二极管的工作性能,可以用参数来表示。以整流二极管为例,其主要参数有两个。

(一) 最大整流电流 I_{CM}

是指二极管长期工作时,允许通过二极管的最大正向平均电流,当电流超过该值时,将使二极管因过热而损坏。

(二) 最高反向工作电压 U_{RM}

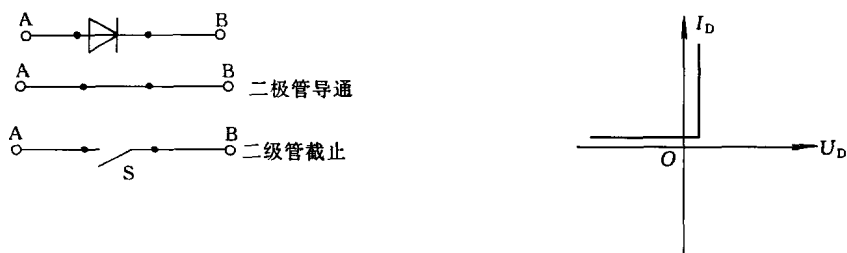


图 1-5 将二极管理想化为一个开关

这是指二极管所能承受的最大反向电压,一般取反向击穿电压的 $1/3$ — $1/2$ 值作为最高反向工作电压,以确保二极管的安全使用。

二极管的种类繁多,用途不一,对其参数的要求也不一样,选用二极管时,可按需要查阅有关手册。

五、应用举例

二极管因具有单向导电性,所以成为整流电路的主要元件,整流的有关知识将在第九章中讨论,下面介绍几种其他应用举例。

(一) 箝位

在图 1-6 所示电路中,输入端 A 的电位 $U_A = 0\text{ V}$,输入端 B 的电位 $U_B = 3\text{ V}$,输出端 Y 的电位应为多少呢?

假定二极管为理想二极管,即其正向导通时,管压降为 0 V ,反向截止时,相当于开路。

因为 A 端电位比 B 端低,因此二极管 V1 优先导通,则 V1 正极端 C 电位也应与 A 端相同,即 $U_C = 0\text{ V}$,V2 此时负极端电位 $U_B = 3\text{ V}$,正极端电位为 0 V ,承受反向电压,因而截止。

这里 V1 起箝制电位的作用,把输出 Y 端的电位箝制在 0 V 。二极管这种作用称为箝位。

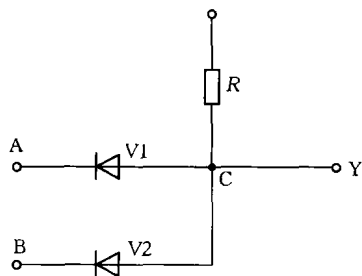


图 1-6 二极管箝位作用

(二) 隔离

在以上电路中,注意到 V2 两边的电位不同,V2 把输入端和输出端两边隔离开来,V2 在这里的作用称为隔离,即把两种不同电位的电路隔离开来,互不影响,电子电路中常常要用到这一点。

(三) 限幅

二极管的限幅作用是指将电路的输出信号幅度限制在某一电平,而不允许高出该电平值的一种作用。

图 1-7 所示电路中,仍假定二极管是理想的,当输入电压 u_i 为正半周时,且 $U_{im} > E_s$,二极管 V 导通将输出 U_o 的幅度限制在 $U_{om} = E_s$ 上,当 $U_i < E_s$ 二极管承受反向电压而截止,二极

管 V 两端相当于开路。

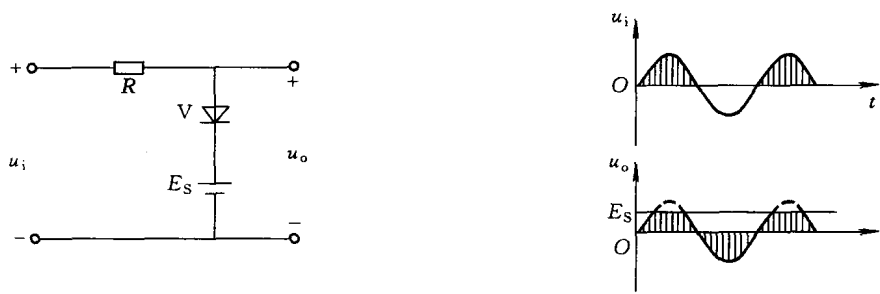


图 1-7 二极管的限幅作用

二极管将电路输出限制在 $U_{om} \leq E_s$, 这种作用称为限幅。

第二节 特殊二极管

用作箝位、隔离、限幅以及整流等用途的二极管都是普通二极管,除此以外还有一些特殊用途的二极管,如稳压管、光电二极管、发光二极管等。

一、稳压管

稳压管实质上也是一种二极管,经过特殊工艺制作,使其反向击穿电压很低,而且能允许通过较大的电流,当反向电流在允许的范围内变化时,稳压管两端的电压 U_z 基本保持稳定,即所谓“稳压”。

小型稳压管与二极管外型无异,区别其为稳压管还是二极管可以用简便的方法判定,读者可以自行测试。稳压管的电路符号如图 1-8(a)所示。

图 1-8(b)为测试稳压管特性的电路原理图。

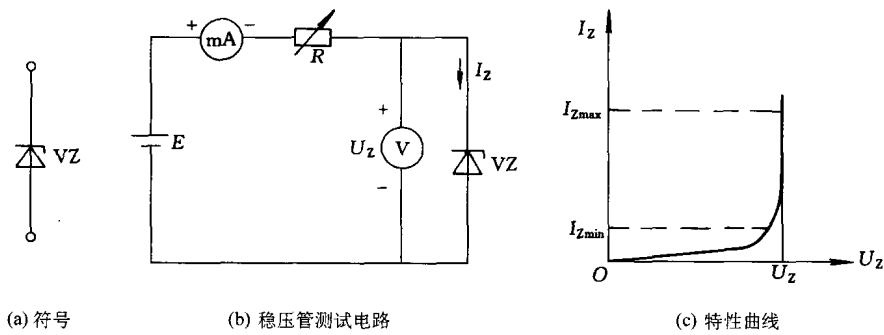


图 1-8 稳压管特性

图中 VZ 为稳压管,电阻 R 起限流作用,使流过稳压管的电流不至于过大。稳压管有两个主要的应用参数:

1. 稳定电压 U_Z 稳压管正常工作时,管子两端的电压值;

2. 工作电流 I_Z 指管子能起正常稳压作用时,允许流过管子的电流范围,即 $I_{Zmin} < I_Z < I_{Zmax}$,如图 1-8(c)。若流过稳压管的电流小于 I_{Zmin} ,管子不能正常工作,起不到稳压的作用,电流大于 I_{Zmax} 时管子将过热损坏。

二、发光二极管

半导体发光二极管是一种把电能直接转换成光能的固体发光元件,图 1-9 是几种常见的发光二极管及其电路图形符号。

发光二极管与普通二极管一样,由 PN 结构成,具有单向导电性。所不同的是,当发光二极管加上正向电压时能发出一定波长的光。

发光二极管的发光波长除与制作使用材料有关外,还与 PN 结所掺“杂质”有关,一般用磷砷化镓材料制成的发光二极管发红光,磷化镓材料制成的发光二极管发绿光或黄光。

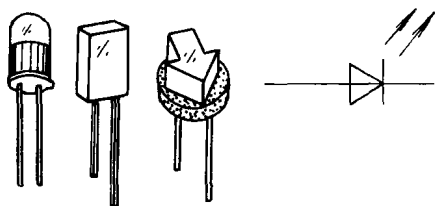


图 1-9 半导体发光二极管

发光二极管可用作电子设备的通断指示灯,数字电路的数码及图形显示,也可作为快速光源,以及光电耦合器中的发光元件。

另外,还有一种红外发光二极管,国产系列产品有 HG400、HG401、HG500 型,主要用于光电自动控制及光电耦合器的红外光源。

三、光电二极管

光电二极管也由一个 PN 结构成,具有单向导电性,但光电二极管管壳上有一个能射入光的窗口,这个窗口用有机玻璃透镜封闭,入射光通过透镜正好射在管上。其外形结构及电路图形符号如图 1-10 所示。

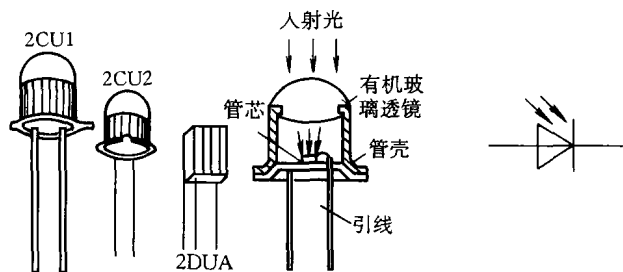


图 1-10 光电二极管外形结构及图形符号

光电二极管工作在反向偏置状态。当在 PN 结上加反向电压,再用光照射 PN 结时,能形成反向光电流,光电流的大小与光照射强度成正比。光电二极管用途很广,一般常用作传感器的光敏电元件,在光电输入机上用作光电读出器件。

第三节 半导体三极管

半导体三极管是由两个 PN 结构成的三端半导体元件,简称为三极管。

一、两类三极管

在一块半导体基片上经过一定的工艺制成的两个互相反向的 PN 结,并从相应的区域引出三个电极,所引出的三个电极分别称为发射极 E,基极 B 和集电极 C,并称基极和发射极之间的 PN 结为发射结,集电极和基极之间的 PN 结为集电结。由于两个 PN 结是反向的,根据中间公共区是 P 区还是 N 区,三极管分为 PNP 型和 NPN 型两大类。三极管类别、外形结构、符号及 B、C、E 各个电极排列如图 1-11 所示。

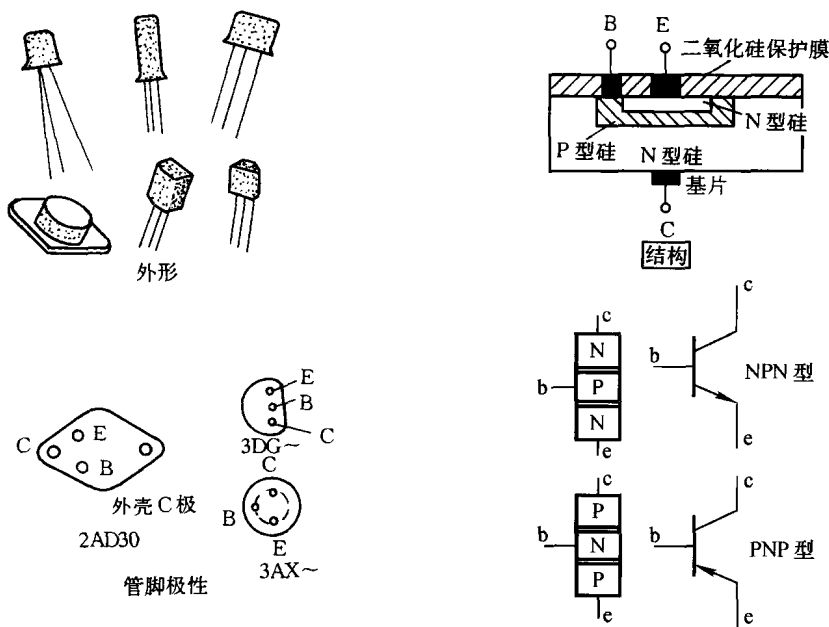


图 1-11 半导体三极管

三极管有硅管和锗管之分,这是根据制作的基片材料来划分的,用硅基片制成的称为硅管,用锗基片制成的称为锗管。由于硅管性能优于锗管,故当前生产和使用的三极管多为硅管。根据管子的功能特性又可分为普通管、功率管、高频管、低频管等。

二、三极管的电流放大及开关作用

三极管有三种工作状态,这就是放大状态、截止状态和饱和状态。这反映了三极管的电流放大及开关作用。

(一) 电流放大作用

要使三极管起电流放大作用,必须满足其放大工作条件,即工作在放大状态。这就是在 BE 两极间加正向电压,使发射结处于正向偏置,同时使集电结处于反向偏置,现以 NPN 型的 3DG6 管为例用实验来加以说明。

实验过程如下:按图 1-12 所示连接电路。

调节 R_B 使 I_B 依次为 0, 20, 40, 60 μA , 同时,读出与各 I_B 相对应的 I_C 、 I_E 值, I_B 、 I_C 、 I_E 分别称为基极、集电极、发射极电流,记于表 1-2。

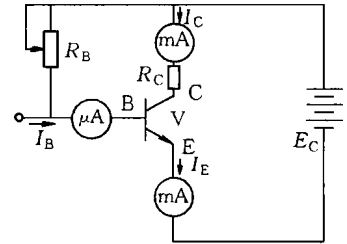


图 1-12 三极管的电流放大作用测试电路

表 1-2

实验序号	$I_B/\mu\text{A}$	I_C/mA	I_E/mA	$\beta = I_C/I_B$
1	0	0.01	0.01	
2	20	0.71	0.73	35
3	40	1.41	1.45	35
4	60	2.11	2.17	35

分析以上测量数据,可以得出以下四点结论:

1. 三极管各电极间电流分配关系

$$I_E = I_C + I_B \quad \text{且} \quad I_C \gg I_B \tag{1-1}$$

2. 基极电流 I_B 增大时, I_C 成正比例相应增大, I_C 与 I_B 的比值称为三极管的直流电流放大系数,以 $\bar{\beta}$ 表示

$$\bar{\beta} = I_C/I_B \quad \text{或} \quad I_C = \bar{\beta} I_B \tag{1-2}$$

$\bar{\beta}$ 称为三极管的直流电流放大系数,即集电极电流 I_C 为基极电流 I_B 的倍数,它体现了三极管的直流电流放大能力。三极管的直流电流放大系数,在手册上用 H_{FE} 表示。

3. 当基极电流发生微小变化时,集电极电流产生较大变化。集电极电流变化量 ΔI_C 与基极电流相应变化量 ΔI_B 的比值称为三极管的交流电流放大系数,以 β 表示,在手册上用 h_{FE} 表示。

比较表 1-1 中第三列和第四列数据:

$$\begin{aligned} \Delta I_C &= (2.1 - 1.4) \text{ mA} = 0.7 \text{ mA} \\ \Delta I_B &= (0.06 - 0.04) \text{ mA} = 0.02 \text{ mA} = 20 \mu\text{A} \\ \beta &= \Delta I_C / \Delta I_B = 0.7 / 0.02 = 35 \end{aligned}$$

可见 $h_{FE} = \Delta I_C / \Delta I_B$

这个结果表示,三极管基极电流发生微小变化时,会引起集电极电流的较大变化。这种以小电流控制大电流的作用,就是三极管的电流放大作用。

一般情况下 $\beta = \bar{\beta}$, 即 $H_{FE} = h_{FE}$

4. 基极开路电流 $I_B = 0$, $I_C = 0.01 \text{ mA}$, 这个微小的集电极电流称为穿透电流并用 I_{CEO} 表示,这是衡量三极管质量的一个重要参数,此值越小,三极管的质量越好。

(二) 三极管的开关作用

按图 1-13 连接电路。

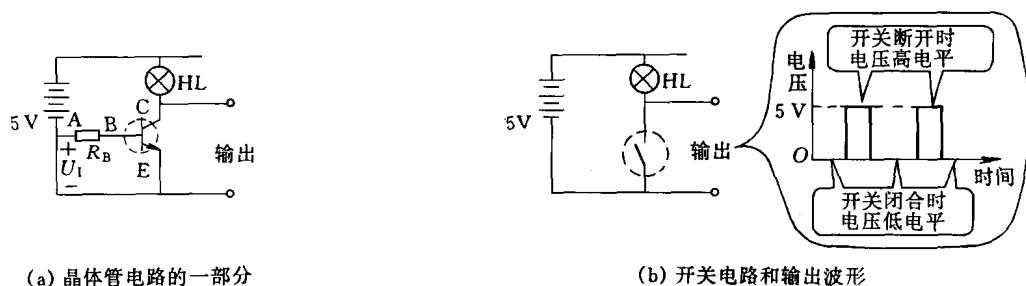


图 1-13 测试三极管的开关作用

由 A 输入 $U_i = 3\text{V}$ 的信号, 连接于集电极的小灯泡发亮, 增大 U_i 灯泡亮度并无改变, 此时三极管处于饱和状态。

三极管处于饱和状态时, $U_o = U_{CE} \leq 0.3\text{V}$, 可以近似看成 0V , 故此输出为低电平。

于是可以推导出三极管处于饱和状态时的条件是:

$$I_{CS} = (U_{CC} - 0.3) / R_C \quad (1-3)$$

$$I_{CS} \approx U_{CC} / R_C \quad (1-4)$$

$$I_{BS} = I_{CS} / \beta \approx U_{CC} / \beta R_C \quad (1-5)$$

式(1-4)和式(1-5)中 I_{CS} 、 I_{BS} 称为临界饱和电流。

图 1-13 电路中 $I_B = (U_i - 0.7) / R_B$ 。

只要满足 $I_B \geq I_{BS}$, 则三极管处于饱和状态。

改变输入 U_i , 使 $U_i \leq 0\text{V}$, 连接于集电极的小灯泡不亮, 说明三极管处于截止状态。三极管处于截止状态时 $U_o = U_{CE} \approx 5\text{V}$, 故此输出为高电平。

本实验中的三极管相当于一个开关, 前者相当于开关闭合, 后者相当于开关断开。称这种作用为三极管的开关作用。

三极管处于截止状态的条件是 $U_i \leq 0\text{V}$ 。实际上, $U_i < 0.5\text{V}$ 即可认为三极管处于截止状态。

改变 U_i , 使其或为 3V 或为 0V , 交替变化, 这相当于不断闭合(ON)和断开(OFF)一个开关, 输出相应为 0V 或 5V , 如图 1-13 中的输出框图所示。

例 1-1 图 1-14 所示电路中, 试判断电路输入分别为 $u_i = 3\text{V}$, $u_i = 1\text{V}$ 和 $u_i = -1\text{V}$ 时, 电路处于何种工作状态。其中 $R_B = 20\text{k}\Omega$, $R_C = 2\text{k}\Omega$ 。

$$\text{解: } I_{CS} = \frac{U_{CC}}{R_C} = \frac{12}{2} \text{ mA} = 6 \text{ mA}$$

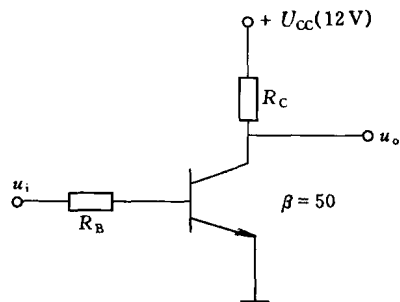


图 1-14

$$I_{BS} = I_{CS}/\beta = \frac{4}{50} \text{ mA} = 0.08 \text{ mA}$$

$$\text{当 } u_i = 3 \text{ V 时} \quad I_B = \frac{3 - 0.7}{20} \text{ mA} = 0.115 \text{ mA}$$

$$I_B > I_{BS} \quad \text{电路处于饱和状态}$$

$$\text{当 } u_i = 1 \text{ V 时} \quad I_B = \frac{(1 - 0.7)}{20} \text{ mA} = 0.015 \text{ mA}$$

$$I_B < I_{BS} \quad \text{电路处于放大状态}$$

$$\text{当 } u_i = -1 \text{ V 时}$$

$$I_B \leq 0 \quad \text{电路处于截止状态}$$

例 1-2 图 1-14 所示电路中, 当 $u_i = 3 \text{ V}$ 时若要电路工作在放大状态, R_B 的取值最小应是多少?

$$\text{解: } I_{BS} = U_{CC}/\beta R_C = 0.08 \text{ mA}$$

$$\text{要使 } I_B < I_{BS} \quad \text{则 } I_B = \frac{3 - 0.7}{R_B} < 0.08 \text{ mA}$$

$$R_B > 28.7 \text{ k}\Omega$$

三、三极管的主要参数

三极管的性能用参数表示, 这是选用三极管的依据。主要参数如下:

1. 电流放大系数 β 电流放大系数是表示三极管的电流放大能力的参数。常用三极管的 β 值一般在 20~200 之间。由于制造工艺的离散性, 即使同一型号的三极管, 其值也有很大的差别, 使用前应予以测试。

2. 穿透电流 I_{CEO} 穿透电流 I_{CEO} 是指基极开路 ($I_B = 0$)、集电结反向偏置时, 集射两极间的反向电流。在选用三极管时, I_{CEO} 愈小, 管子对温度的稳定性愈好, 工作愈稳定。

3. 集电极最大允许电流 I_{CM} 集电极电流 I_C 上升趋势近某一定值时, 三极管 β 值就要下降, 为了使 β 值下降不超过正常允许值时的集电极的最大允许电流。

4. 反向击穿电压 $U_{CEO(BR)}$ 基极开路时, 在集射极之间的最大允许电压值, 称为集射极反向电压。当 U_{CE} 超过此值时, 晶体管会被击穿而损坏。温度升高时, $U_{CEO(BR)}$ 值会下降。

5. 集电极最大允许耗散功率 P_{CM} 集电极电流通过晶体管时引起功耗, 并使集电结发热, 结温升高, 为了限制温度不超过允许值。而规定集电极功耗的最大值, 称为集电极最大允许耗散功率 P_{CM} 。

* 第四节 MOS 场效晶体管

场效晶体管在结构、制造工艺及性能特性上与半导体三极管有很大的差异, 并具有极大的优越性, 是应用十分广泛的另一类三极管。

一、外部结构特点

场效晶体管与半导体三极管一样, 也具有三个电极, 它们分别称为源极 S、漏极 D 和栅极 G,