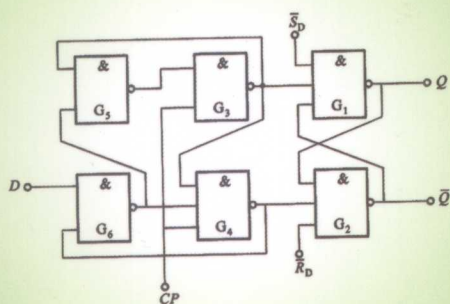


XUEDIANZI

王俊峰 主编

学电子技术入门到成才



成功者的秘诀
成才者的必由之路



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



学电子技术入门到成才

王俊峰 主编

目录

第一章

第一节

第二节

第三节

第四节

第五节

第六节

第七节

第八节

第九节

第十节

第十一节

第十二节

第十三节

第十四节

第十五节

第十六节

第十七节

第十八节

第十九节

第二十节

机械工业出版社

全书共 12 章,学电子技术概述、学电子技术入门、放大电路、振荡电路、直流稳压电源电路、逻辑电路、触发器电路、计数译码显示电路、A/D 与 D/A 转换电路、电子技术综合应用举例、电子技术技能训练及学电子技术的成才之道等内容。本书是学习电子技术的科技读物,它记录了成才者的秘诀,成功者的必由之路。

本书可供广大电子技术爱好者学习使用,也可供电子产品设计者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

学电子技术入门到成才/王俊峰主编. —北京:机械工业出版社, 2009.2

ISBN 978-7-111-26115-5

I. 学… II. 王… III. 电子技术—基本知识 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 013005 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:吉玲 责任编辑:吉玲 阚洪庆

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷 (兴文装订厂装订)

2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.5 印张 · 378 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-26115-5

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

电子技术无处不在、无处不用，我们生活在电子世界里。

电子技术的奥妙，一直在困扰着许多初学者，他们欲罢而不能，欲学而不知，常常在学习中遇到困难半途而废。本书正是为了使许多电子技术爱好者走出学习困境，掌握正确的学习方法，走向成才之道而编写的。

本书打破理论教材的学习模式，坚持理论与实践结合、以实践为主的原则，让读者学得快、学得会、记得牢、用得上，使读者不仅入门，将来还可能走上成才之路。

本书是在作者推出《学电工技术入门到成才》之后，推出的又一力作。全书共12章，分别为：学电子技术概述、学电子技术入门、放大电路、振荡电路、直流稳压电源、逻辑电路、触发器电路、计数译码显示电路、A/D与D/A转换电路、电子技术综合应用举例、电子技术技能训练、学电子技术成才之道等内容。

本书是学习电子技术的科技读物，它记录了学习电子技术的秘诀，是成才者的必由之路。通过本书的学习，我们希望广大电子爱好者能始之以爱好，继之以追求，终之以创造。

本书可供广大电子技术爱好者学习使用，也可供电子产品设计者参考。

本书由王俊峰主编，参加本书编写的还有：王娟、薛素云、李传光、薛鸿德、吴慎山、吴东芳、陈军、薛迪强、李建军、薛迪胜、薛迪庆、马备战、薛斌、杨桂玲、李晓芳等。

由于时间仓促，加上作者水平所限，书中难免有不足之处，欢迎读者提出宝贵意见。

主 编

目 录

第一章 学电子技术概述	1	第四节 倍压与相敏整流电路	48
第一节 电子技术概述	1	第五节 单相与三相可控整流电路	50
第二节 电子技术的学习方法	1	第六节 电源滤波电路	52
第二章 学电子技术入门	3	第七节 并联稳压电源	55
第一节 PN 结的形成与特性	3	第八节 串联稳压电源	56
第二节 二极管及其测量	5	第九节 三端固定稳压电源	57
第三节 晶体管及其测量	7	第十节 正负稳压电源	58
第四节 单结晶体管及其测量	8	第十一节 三端可调的稳压电源	58
第五节 晶闸管及其测量	10	第十二节 声光报警的直流稳压电源	59
第六节 双向晶闸管及其测量	11	第十三节 开关稳压电源	60
第七节 集成电路及其测量	13	第六章 逻辑电路	62
第八节 场效应晶体管及其测量	17	第一节 数字逻辑运算	62
第九节 光耦合器及其测量	19	第二节 分立元件逻辑门电路	63
第十节 电子元器件的选购方法	21	第三节 集成逻辑门电路	64
第三章 放大电路	23	第七章 触发器电路	70
第一节 晶体管放大功能简介	23	第一节 RS 触发器电路	70
第二节 晶体管的三种基本放大电路	24	第二节 JK 触发器电路	71
第三节 晶体管多级放大电路	25	第三节 D 触发器电路	72
第四节 反馈放大电路	26	第四节 触发器应用举例	74
第五节 功率放大电路	29	第八章 计数译码显示电路	76
第六节 场效应晶体管放大电路	31	第一节 计数器电路	76
第七节 集成放大电路	32	第二节 编码器电路	79
第八节 集成运算放大器的测试	34	第三节 译码器电路	80
第九节 直流差动放大电路	35	第四节 数码显示器 (LED)	81
第四章 振荡电路	38	第五节 液晶显示器 (LCD)	83
第一节 振荡器概述	38	第六节 移位寄存器	84
第二节 石英晶体振荡器	39	第七节 555 定时器及其应用	86
第三节 电感三点式振荡电路	40	第九章 A/D 与 D/A 转换应用电路	89
第四节 电容三点式振荡电路	40	第一节 A/D 转换电路	89
第五节 RC 振荡电路	41	第二节 A/D 转换器与计算机接口	92
第六节 多谐振荡电路	42	第三节 D/A 转换电路	94
第七节 振荡电路应用电路	43	第四节 D/A 转换器与计算机接口	96
第五章 直流稳压电源电路	46	第十章 电子技术综合应用举例	99
第一节 半波整流电路	46	第一节 电子技术在工业锅炉上的应用	99
第二节 全波整流电路	46	第二节 电子技术在电梯中的应用	102
第三节 桥式整流电路	47		

第三节	电子技术在提示病人及时服药上的应用	104	第二十五节	电子技术在造纸印刷行业上的应用	143
第四节	电子技术在遥控技术上的应用	105	第二十六节	电子技术在暖气集中供热上的应用	143
第五节	电子技术在节能技术上的应用	107	第二十七节	电子技术在卫生间的应用	148
第六节	电子技术在机器人上的应用	109	第二十八节	电子技术在灌溉、排灌上的应用	149
第七节	电子技术在面粉加工中的应用	111	第二十九节	电子技术在养殖种植业上的应用	151
第八节	电子技术在定时方面的应用	112	第三十节	电子技术在太阳能方面的应用	154
第九节	电子技术在交、直流调速方面的应用	114	第三十一节	电子技术在交通上的应用	155
第十节	电子技术在调光、调温上的应用	115	第十一章	电子技术技能训练	157
第十一节	电子技术在电解、电镀上的应用	116	第一节	电子元器件的老化方法	157
第十二节	电子技术在造酒生产线上的应用	116	第二节	快速制作印制电路板	160
第十三节	电子技术在广告技术上的应用	117	第三节	电子元器件的安装	164
第十四节	电子技术在纺织印花机上的应用	118	第四节	电子元器件的焊接	168
第十五节	电子技术在家用电器上的应用	124	第五节	电子装置的装配	176
第十六节	电子技术在健康保健上的应用	126	第六节	贴片式元器件的封装	178
第十七节	电子技术在防盗电上的应用	129	第七节	贴片式元器件的焊接技术	181
第十八节	电子技术在报警上的应用	131	第八节	电子装置的测量	183
第十九节	电子技术在家庭环保上的应用	133	第九节	电子装置的调试	185
第二十节	电子技术在测量技术上的应用	136	第十节	电子装置的质量检验	190
第二十一节	电子技术在农业生产中的应用	137	第十二章	学习电子技术的成才之道	193
第二十二节	电子技术在声控技术上的应用	138	第一节	电子制作是成才者的必经之路	193
第二十三节	电子技术在磁控光控技术上的应用	139	第二节	电子产品的设计原则与方法	193
第二十四节	电子技术在家庭除害上的应用	141	第三节	电子产品的电路设计	197
			第四节	单元电路的设计计算	204
			第五节	电子产品	212
			第六节	电子产品开发市场调研	213
			第七节	电子新产品开发	215
			第八节	新产品开发的程序	219
			第九节	祝贺你, 从入门到成才	222
			附录		224
			附录 A	电子元器件参数表	224
			附录 B	传感器参数表	233
			附录 C	常用电子公司网址	237
			参考文献		239

第一章 学电子技术概述

本章介绍什么是电子技术、电子技术包括的内容、学习电子技术的方法，这对任何一个电子技术爱好者来说，都会受到极大的启迪。

第一节 电子技术概述

1. 什么叫电子技术

概括地说，电子技术是研究电子运动规律及其应用的一门学科。

2. 电子技术包括的内容

电子技术的研究范围随着它本身的发展而日益扩大。凡是与电子的激发和运动、电子器件、电子电路、电磁波、电信息的处理等有关的技术，都可以称为电子技术。又因为它和无线电波的关系非常密切，所以有时也把研究电子技术的学科称为无线电电子学。

3. 电子技术的应用范围

电子技术无处不在、无处不用，我们生活在电子世界里。具体说来，电子技术的应用非常广泛，最主要的有通信、广播、电视、雷达、导航、电子计算机、自动检测、自动控制、遥感、激光、红外技术、粒子加速器等。还有许多大大小小的工业产品干脆就直接以“电子”来命名，例如电子显微镜、电子琴、电子秤、电子手表等。如果你稍微留意一下，就会发现：无论走到哪里——工厂、农村、机关、学校、医院、部队、科研单位……，几乎处处都在使用各式各样的电子设备或电子仪器。

第二节 电子技术的学习方法

1. 理论课学习不是惟一的方法

为什么有的人毕业了，分不清晶体管的 E、B、C 极？为什么有的人害怕叙述一个电路的工作原理？为什么学无线电的不会修理收音机？为什么有的学生毕业设计时连万用表都不会用？为什么设计电路时不会计算电路参数？……为什么有的人能自学成才？为什么有的人学了没有成才？为什么有的人被用人单位拒之门外？……种种迹象表明，这是理论严重脱离实际造成的结果，是综合能力缺乏的结果。

在学校里，我们主要学习理论，实践的机会很少。如能理论与实践结合，就不会出现上述的尴尬局面。

2. 干就是学习，是一种最好的学习方法

由于考试制度的误导和约束，许多学生对学习产生了误区。误认为学习就是拿着书本念，不知道干也是学习，而且是最好的学习方法。自古道“不登高山不知山之高也，不临深谷不知谷之深也”，事业和成就是干出来的。

3. 能力大于一切

社会不需要高分低能者。假如某一门课程考试,出几道填空题、选择题、问答题、计算题,即使考了100分,又能说明什么呢?难道这门课就学好了吗?华罗庚在中学期间,数学考试不及格,后来成了数学家,又说明了什么?一个人的能力是综合素质的体现,仅在学校是无法体现出来的。

4. 在实践中学习

实践是检验真理的唯一标准,实践出真知,这是颠扑不破的真理。社会是一个大课堂,是一部百科全书,是取之不尽用之不竭的知识源泉。不管我们在校学习,还是在实践中学习,最终的目的在于应用,在于解决实际问题,在于创造社会效益和经济效益。

深圳、广东、上海、浙江等地的高级技工比硕士研究生的工资还要高,正是说明了用人单位重视实践经验和解决问题的能力。

目前单位招聘人才,强调有工作经验和能力,虽然有点苛刻,但从另一个侧面说明对人的综合素质的重视。你不管在哪个职位,都必须胜任这个岗位的工作,为单位创造效益,体现自身的人生价值。

5. 在学习中获取新知识

电子爱好者要有较强的更新知识的能力,一是因为科学技术突飞猛进,知识很快就老化,必须重视知识更新,抛弃已老化的知识,这是市场经济的要求。市场就是战场,谁先将先进的科技用于生产,谁的产品就会在市场上独领风骚,否则,你将落后于时代。不论将来从事何种科研工作,求职者还应具备科技检索等获取最新知识信息的能力。学会了获取知识的方法,比学会有限的知识内容更为重要。

总之,对于任何一个人,都要坚持不断学习、不断提高、不断更新知识、不断实践的学习方法,才能取得成功。

第二章 学电子技术入门

在这琳琅满目的电子元器件中，你要学会识别元器件、测量元器件、购买元器件、使用元器件，还要学会电路的识图方法，学习电路原理图和印制板图等。本章可作为你的入门篇。

第一节 PN 结的形成与特性

世界上的物质按其导电性能可分为导体、绝缘体和半导体三类，导电性能良好的（电阻率 $\rho < 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ ）称为导体，例如各种金属及酸、碱、盐的水溶液等；不善于导电的（电阻率 $\rho > 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ ）称为绝缘体，例如玻璃、橡胶及陶瓷等；另外还有一类物质，它们的导电性能介于导体和绝缘体之间（电阻率 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} < \rho < 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ ），称为半导体，例如硅、锗等。

一、半导体的结构与特性

（一）半导体的结构

纯净的半导体又称为本征半导体。常用的半导体硅（Si）、锗（Ge）分别由硅、锗原子组成。在常温下，由于其为共价键结构而处于稳定状态，自由电子极少，所以它们的导电性能很差。由于某种原因（例如受热、光照），有的价电子由于吸收能量而内能增加，挣脱了原子核的束缚变为自由电子。电子离去后，原来的位置就留下一个空位，这个空位我们称它为“空穴”。

一个价电子的离去即可形成一个电子和一个空穴。这个空穴又可以被别的电子填补，这样就又产生了一个新的空穴。电子和空穴均为载流子。在电场的作用下，电子向高电位运动，空穴向低电位运动，形成电流。

（二）半导体的特性

1. 热敏特性

当半导体的温度升高时，电子、空穴增多，它的导电性能就会随着温度的升高而增强。半导体的这种特性，称为热敏特性。利用半导体的这种特性可制成热敏元件，如热敏电阻等。

2. 光敏特性

当半导体受到光的照射时，电子、空穴会增多，导电性能也会随光照的增强而增强。半导体的这种特性称为光敏特性。利用半导体的这种特性可制成光敏元件，如光敏电阻、光敏管等。

3. 掺杂特性

当我们有目的的往本征半导体中掺入微量五价或三价元素时，它的导电性能就会急剧增强。半导体的这种特性称为掺杂特性。利用半导体的这种特性，可以制成半导体材料。

二、半导体材料

当我们利用半导体的掺杂特性往本征半导体中掺入微量的五价或三价元素时，就得到了半导体材料。半导体材料有 N 型和 P 型两种。

(一) N 型半导体材料

在本征半导体中掺入微量的五价元素，就可得到 N 型半导体材料。这是由于五价元素的掺入使自由电子浓度增大，使得半导体的导电性能急剧增强的缘故。N 型半导体导电是以电子导电为主的，所以 N 型半导体又称为电子导电半导体。

(二) P 型半导体材料

往本征半导体中掺入微量的三价元素，就可得到 P 型半导体材料。这是由于三价元素的掺入使空穴浓度增大，使得半导体的导电性能急剧增强的缘故。在电场的作用下，电子依次填补“空穴”形成电流。P 型半导体导电是以空穴导电为主的，所以 P 型半导体又称为空穴导电半导体。

由于杂质的掺入，使得 N 型半导体和 P 型半导体内部的载流子数目远远大于本征半导体，所以半导体材料的导电能力比本征半导体有了极大的增强。但是，在本征半导体中掺入杂质的目的，不是为了单纯提高半导体的导电能力，而是通过控制掺杂量，制造出合乎要求的半导体材料，用来生产半导体器件。

三、PN 结及其特性

(一) PN 结

当把一块 P 型半导体和一块 N 型半导体以一定的工艺方法结合在一起时，P 型半导体中的空穴和 N 型半导体中的电子就会相互扩散、中和，在它们的界面就形成了一个带有电荷而无载流子的特殊薄层。P 型区由于失空穴得电子而带负电，N 型区由于失电子得空穴而带正电，这个薄层就叫作“PN 结”，所形成的电场称为 PN 结电场。由于 PN 结内的电子与空穴中和而无载流子，所以 PN 结又叫作“耗尽层”，如图 2-1 所示。

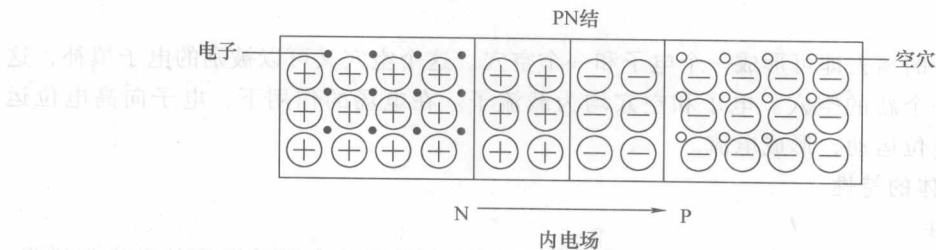


图 2-1 PN 结的形成

(二) PN 结的特性

PN 结具有单向导电特性。

1. PN 结正向导电

当给 PN 结加正向电压（P 端接高电位，N 端接低电位）时，外电场的方向与 PN 结电场的方向相反。由于外电场的加入，使 PN 结电场减弱，PN 结变薄，扩散能够继续进行而导电，如图 2-2a 所示。

2. PN 结反向不导电

当给 PN 结加反向电压（P 端接低电位，N 端接高电位）时，外电场的方向与 PN 结电场的方向相同。由于外电场的加入，使 PN 结电场增强，PN 结变厚，扩散不能进行而不导

电,如图 2-2b 所示。

PN 结的单向导电性具有很重要的理论和实用价值,它是分析二极管、晶体管工作原理的基础。

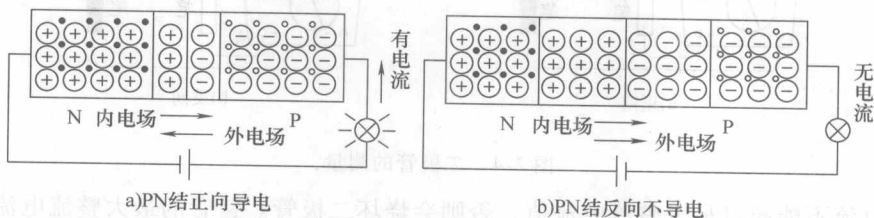


图 2-2 PN 结的单向导电特性

第二节 二极管及其测量

一、二极管

二极管的外形如图 2-3 所示。它由 PN 结、管壳、电极引线(管脚)等组成。图中所示二极管符号左端叫作阴极(或叫负极),右端叫作阳极(或叫正极)。在使用时,阳极接电源正极,阴极接电源负极,符号箭头表示正向电流方向。按材料分,有锗二极管和硅二极管;按结构分,有点接触型二极管和面接触型二极管;按用途分,有整流二极管、稳压二极管、发光二极管和光敏二极管等。

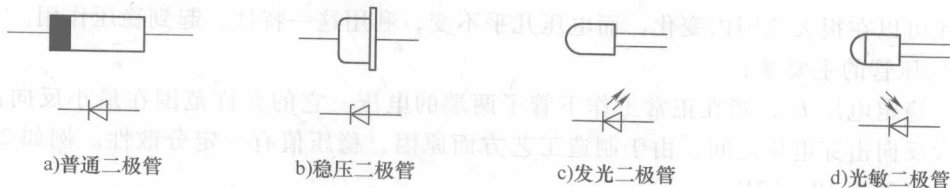


图 2-3 二极管的外形符号

1. 二极管的极性判别

通常根据管壳上标志的二极管符号来判别。如标志不清楚或无标志,可根据二极管正向电阻小、反向电阻大的特点,利用万用表欧姆挡来判别极性。具体方法是,先将万用表选择开关旋到 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡,然后分别用表笔正向、反向测量出两个电阻值:一个约几百欧,一个则为几百千欧。凡量出几百欧的,则与黑表笔相连的一端为正极,另一端为负极。凡量出几百千欧的,则与红表笔相连为正极,与黑表笔相连为负极,如图 2-4 所示。

2. 二极管的优劣判断

因为二极管是单向导通的器件,因此测量出来的正向电阻值与反向电阻值相差越大越好。如果相差不大,说明二极管性能不好或已损坏。如果测量时表针不动,说明二极管内部已断线。如果测出电阻为零,说明电极之间已短路。

3. 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_F : 是指在长期使用时,二极管能通过的最大正向平均电流值。通过

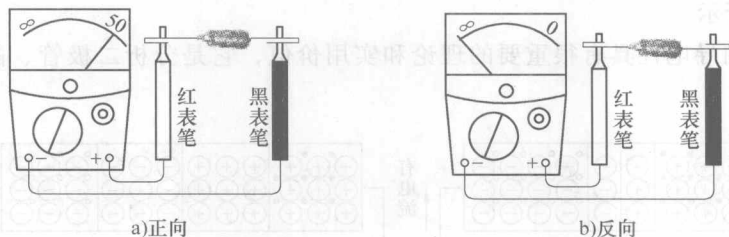


图 2-4 二极管的测量

二极管的电流不能超过最大整流电流值,否则会烧坏二极管。锗管的最大整流电流一般在几十毫安以下,硅管的最大整流电流可达数百安。

(2) 最大反向电流 I_R : 是指二极管的两端加上最高反向电压时的反向电流值。反向电流大,则二极管的单向导电性能差,这样的管子容易烧坏,整流效率也差。硅管的反向电流约在 $1\mu\text{A}$ 以下,大的有几十微安,大功率的管子也有高达几十毫安的。锗管的反向电流比硅管大得多,一般可达几百微安。

(3) 最高反向工作电压 U_R (峰值): 最高反向工作电压是指二极管在使用中所允许施加的最大反向电压 (峰值),它一般为反向击穿电压的 $1/2 \sim 2/3$ 。锗管的最高反向工作电压一般为数十伏以下,而硅管可达数百伏。

二、稳压二极管

稳压二极管对电子电路起稳定电压的作用。与一般二极管不同的是:稳压二极管工作在反向击穿状态,但不会被击穿而损坏。稳压二极管的符号如图 2-3b 所示,它工作在击穿区,反向电流可以在很大范围内变化,而电压几乎不变,利用这一特性,起到稳压作用。

1. 稳压管的主要参数

(1) 稳定电压 U_z , 指在正常工作下管子两端的电压。它的允许范围在最小反向击穿电压与最大反向击穿电压之间。由于制造工艺方面原因,稳压值有一定分散性。例如 2CW 稳压管的稳压值为 $10 \sim 12\text{V}$ 。

(2) 稳定电流 I_z , 只是作为一个参考数值,设计选用时要根据具体情况 (工作电流的变化范围) 来定。

(3) 耗散功率 P_z , 就是稳定电压 U_z 与稳定电流 I_z 的乘积。

(4) 电压温度系数 α , 为稳压管受温度变化的影响系数。

2. 稳压二极管使用注意事项

因稳压二极管工作在反向电压下,应注意极性不能反接。如果极性接错,造成电源短路,将产生过大电流烧坏稳压二极管。环境温度要控制在 50°C 以下,温度每升高 1°C ,稳压管的最大耗散功率降低 $1\% \sim 2\%$ 。稳压管可以串联使用,但不要并联使用。

三、发光二极管

发光二极管的发光原理是电致发光,通过电场或电流激发固体发光材料产生光辐射的现象,使电能直接转换成光能。发光二极管采用磷化镓 (GaP) 或磷砷化镓 (GaAsP) 等半导体材料制成,这类器件目前主要有发光二极管、半导体激光器等。发光二极管的光辐射是自发射,光谱较窄,相位不一致,但具有功耗低、体积小、色彩艳丽、响应速度快、抗振动、寿命长等优点,且可发出红、绿、黄、橙等单色光和多色光,因而被广泛用于电源指示

和音响电平指示。而激光器发出的光是受激发射的相干光,其光谱宽度比发光二极管的光谱宽度小1~2个数量级。本节主要介绍发光二极管的有关内容。普通和变色发光二极管的外形及符号如图2-3c所示。

发光二极管的参数如表2-1所示。

表2-1 发光二极管的参数表

颜色	波长 /nm	基本材料	正向电压/V (10mA 时)	光强 (10mA, 张角 $\pm 45^\circ$) /mcd	光功率/ μ W
红外	900	GaAs	1.3 ~ 1.5		100 ~ 500
红	655	GaAsP	1.6 ~ 1.8	0.4 ~ 1	1 ~ 2
鲜红	635	GaAsP	2.0 ~ 2.2	2 ~ 4	5 ~ 10
黄	583	GaAsP	2.0 ~ 2.2	1 ~ 3	3 ~ 8
绿	565	GaP	2.2 ~ 2.4	0.5 ~ 3	1.5 ~ 8

四、光敏二极管

光敏二极管的结构和二极管相似,装在透明的玻璃外壳中,管中的PN结可以受到光的照射。光敏二极管在电路中处在反向工作状态,在没有光照时,其反向电阻很大,可达几兆欧。有光照时,光敏二极管的反向电阻只有几百欧,反向电流约为几十微安。通常用在光电转换的自动控制仪器中,如图2-3d所示。

第三节 晶体管及其测量

1. 晶体管

晶体管由两个PN结组成,它有三个电极,即发射极E、集电极C、基极B,所以晶体管是具有三个极两个PN结的半导体器件。它分为NPN型与PNP型,如图2-5所示。

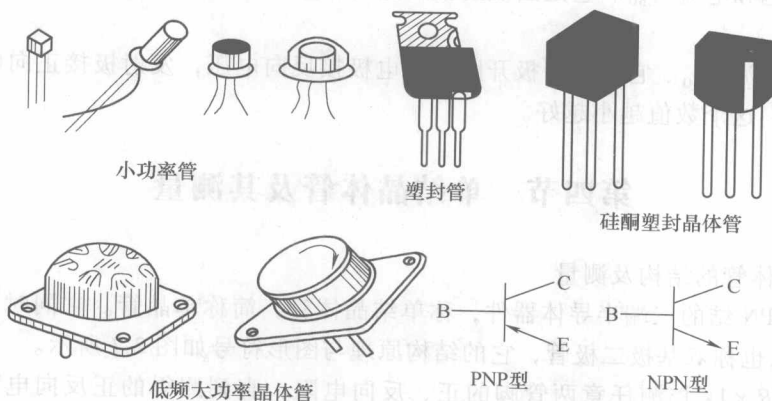


图2-5 晶体管的外形及符号

2. 识别晶体管的管型与电极

根据PN结的单向导电性,把万用表置 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡,分别测量两个PN结的正反

向电阻,即可判别管子的类型和基极。方法是:黑表笔接触被测管子的任一电极不动,红表笔分别接触另外两个电极,若被测电阻值为几百欧时,则被测管子为 NPN 型,黑表笔接触的电极是基极 B。在 C、B 间跨接一只 $100\text{k}\Omega$ 的电阻,两次测量(表笔对调一次)BC 间电阻,对应于阻值小的那一次,黑表笔接的是 C 极,另一个为 E 极。反之,红表笔与黑表笔交换,则被测管子是 PNP 型,红表笔接触的电极是 B 极,如图 2-6 所示。

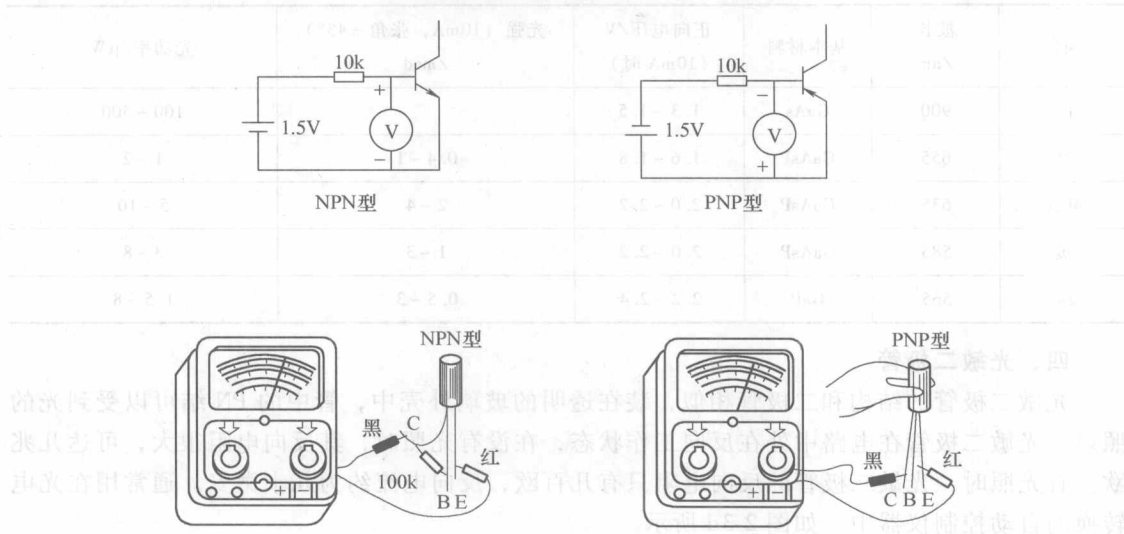


图 2-6 管型与电极的判别

3. 晶体管的主要参数

(1) 电流放大倍数 β 。它是衡量晶体管放大能力的一个主要参数,由集电极电流变化量与基极电流变化量的比值来表示,即 $\beta = \Delta i_c / i_b$, β 值约为 $20 \sim 100$ 。 β 值太高会使晶体管性能不稳定, β 值太低会导致放大作用不好。

(2) 反向饱和电流 I_{CBO} 。它是当发射极开路时,集电极与基极间的反向电流,这个数值越小越好。

(3) 穿透电流 I_{CEO} 。它是当基极开路,集电极接反向电压,发射极接正向电压时,流过集电极的电流,这个数值越小越好。

第四节 单结晶体管及其测量

1. 单结晶体管的结构及测量

只有一个 PN 结的三端半导体器件,称单结晶体管,简称单晶管。它同时引出两个基极 B_1 和 B_2 ,所以也称双基极二极管,它的结构原理与图形符号如图 2-7 所示。

用万用表 $R \times 1\text{k}$ 挡测任意两管脚的正、反向电阻,直到测得的正反向电阻不变时,则这两管脚分别是第一基极 B_1 和第二基极 B_2 (B_1 与 B_2 之间的阻值一般为 $3 \sim 12\text{k}\Omega$),而另一管脚则是发射极 E。然后再区别 B_1 和 B_2 ,由于 E 靠近 B_2 ,所以 E 与 B_1 间的正向电阻比 E 与 B_2 的正向电阻稍大一些。但在实际应用时,即使 B_1 、 B_2 接反了也不会损坏管子,只是发不出脉冲或脉冲很小。

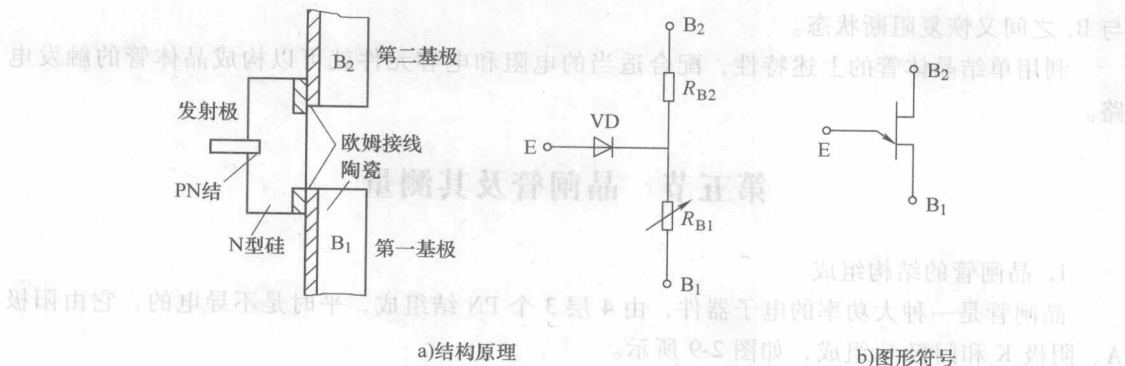


图 2-7 单晶体管的结构与图形符号

2. 单晶体管的主要参数如表 2-2 所示。

表 2-2 单晶体管的主要参数

参数名称		分压比 η	基极电阻 $R_{BB}/k\Omega$	峰点电流 $I_p/\mu A$	谷点电流 I_v/mA	谷点电压 U_v/V	饱和电压 U_{CES}/V	最大反 向电压 U_{EB2max}/V	反向漏电流 $I_{E0}/\mu A$	耗散功率 P_{max}/mW	
测试条件		$U_{BB}=20V$	$U_{BB}=3V$ $I_E=0$	$U_{BB}=0$	$U_{BB}=0$	$U_{BB}=0$	$U_{BB}=0$ $I_E=I_{Emax}$		U_{EB2} 为 最大值		
BT33	A	0.45 ~ 0.9	2 ~ 4.5	< 4	> 1.5	< 3.5	< 4	≥ 30	< 2	800	
	B							≥ 60			
	C	0.3 ~ 0.9	> 4.5 ~ 12			< 4	< 4.5	≥ 30			
	D							≥ 60			
BT35	A	0.45 ~ 0.9	2 ~ 4.5			< 3.5	< 4	≥ 30			500
	B							≥ 60			
	C	0.3 ~ 0.9	> 4.5 ~ 12			> 3.5	< 4	≥ 30			
	D							≥ 60			

3. 单晶体管的工作原理

单晶体管的工作原理如图 2-8 所示。

点划线框中 VD 表示 PN 结。 R_{B1} 和 R_{B2} 分别表示第一和第二基极电阻。当两个基极之外加 U_B 时 (B_2 接正、 B_1 接负)，发射极 E 所处的电位高低将决定于 R_{B2} 与 R_{B1} 的分压比

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

当发射极电位 U_E 比该点电位高出一个二极管的管压降 U_D 时，即 $U_E = \eta U_B + U_D$ 。

E 对 B_1 开始导通，导通后随着发射极电流 I_E 的增大， R_{B1} 迅速减小，E 与 B_1 之间进入低阻导通状态。当电位低于 U_E 时，E

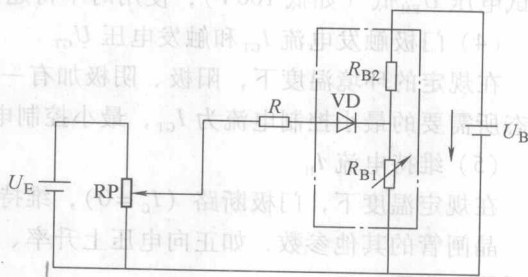


图 2-8 单晶体管原理图

与 B_1 之间又恢复阻断状态。

利用单结晶体管的上述特性,配合适当的电阻和电容元件就可以构成晶体管的触发电路。

第五节 晶闸管及其测量

1. 晶闸管的结构组成

晶闸管是一种大功率的电子器件,由4层3个PN结组成,平时是不导电的,它由阳极A、阴极K和门极G组成,如图2-9所示。

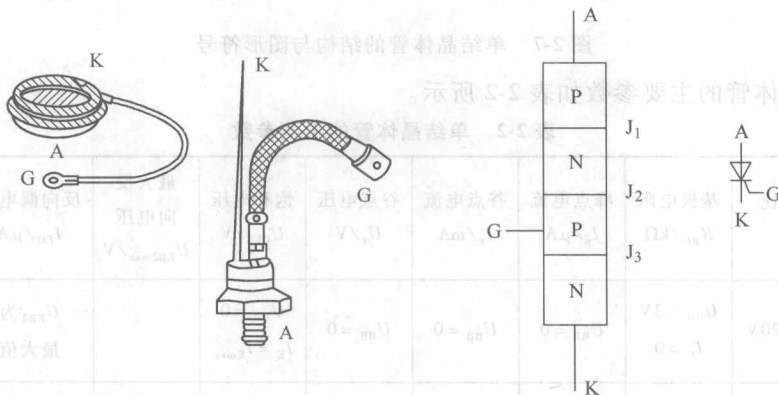


图2-9 晶闸管的实物、结构和符号

2. 晶闸管的主要参数

(1) 额定通态平均电流 I_T

I_T 为在一定条件下,阳极、阴极间可以连续通过的50Hz正弦波电流的平均值,使用时不得超过此值。

(2) 正向阻断峰值电压 U_{PF}

在触发信号为零 ($I_G = 0$) 时可以重复加在晶闸管两端(阳极、阴极)的正向峰值电压。这个电压比正向转折电压 U_{PM} 低(如低100V),使用时不得超过此值。

(3) 反向阻断峰值电压 U_{PR}

U_{PR} 当晶闸管按反向阻断时,可以反复加在晶闸管两端的反向峰值电压,它比反向最高测试电压 U_{PM} 低(如低100V),使用时不得超过此值。

(4) 门极触发电流 I_{GT} 和触发电压 U_{GT}

在规定的环境温度下,阳极、阴极加有一定的正向电压时,晶闸管从阻断状态转为导通状态所需要的最小控制电流为 I_{GT} ,最小控制电压为 U_{GT} 。

(5) 维持电流 I_H

在规定温度下,门极断路 ($I_G = 0$),维持晶闸管导通所必需的最小阳极正向电流为 I_H 。

晶闸管的其他参数,如正向电压上升率、正向电流上升率、开通时间、关断时间等都可 在手册上查到。

近年来,许多新型晶闸管器件相继问世,如适于高频应用的快速晶闸管,可以用正或负

的触发信号控制的双向晶闸管，可以用正触发信号使其导通、用负触发信号使其关断的可关断晶闸管等。

3. 晶闸管导通的必要条件

- 1) 阳极到阴极间加正向电压。
- 2) 门极加一定数量的脉冲。

在晶闸管导通以后，去掉门极触发信号，还能继续导通的原因有：

门极只是给晶闸管提供微小的触发信号，使晶闸管导通，一旦晶闸管导通以后，门极完成任务，将失去控制作用，无关断晶闸管的功能。因为晶闸管工作在导通或关断两个状态，二者必居其一，中间状态不能停留。当晶闸管处于导通时，即使去掉门极，晶闸管也一直保持导通状态。

4. 晶闸管的测量

将万用表置于 $R \times 10$ 挡，黑表笔（表内电池正极）接门极 G，红表笔接阴极 K，这时测量的是 PN 结的正向电阻，应有较小的阻值。对调两表笔后测其反向电阻，应比正向电阻大一些。

黑表笔仍接门极 G，红表笔改接至阳极 A，阻值应为 ∞ ，如图 2-10a 所示。对调表笔后再测，阻值仍应为 ∞ 。这是因为 G、A 间为两个 PN 结反向串联，正常情况下正、反向电阻均为 ∞ 。

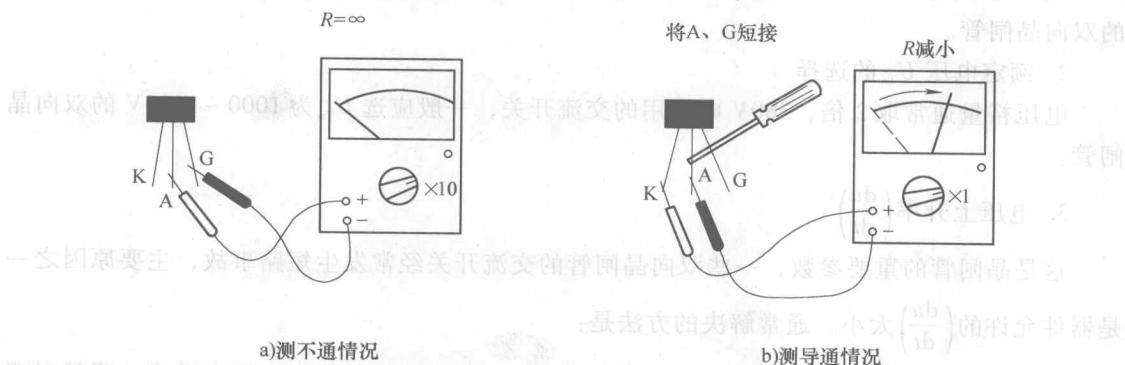


图 2-10 晶闸管的测量

5. 检测导通特性

用万用表 $R \times 1$ 挡，黑表笔接阳极 A，红表笔接阴极 K，表针指示应为 ∞ 。用螺钉旋具等金属物将门极 G 与阳极 A 短接一下（短接后即断开），表针应向右偏转并保持在十几欧姆处，如图 2-10b 所示；否则，说明该晶闸管已经损坏。

第六节 双向晶闸管及其测量

一、双向晶闸管的组成结构

双向晶闸管，在电路中用符号“VTH”来表示。双向晶闸管是一种 NPNPN 型五层半导体器件。如用普通晶闸管控制交流负载，需要两个普通晶闸管的反并联，两套触发电路，而双向晶闸管只需一套触发电路即可。除此之外，双向晶闸管能够双向导电，双向晶闸管的三