

DIANGONG
DIANGONG

全国中等职业技术学校电工类专业通用教材

电子 技术基础

(第三版)



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校
电工类专业通用教材

电子技术基础

(第三版)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

版权所有 翻印必究

简介

本书根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的《电子技术基础教学大纲》(2000)编写,主要内容包括常用半导体器件、放大和振荡电路、集成运算放大器、直流电源、晶闸管电路、门电路及组合逻辑电路、触发器及时序电路等。

本书在内容上突出“电工技术”的特点,从电工技术的发展和生产实际需要出发,注重基础知识的教学和基本技能的培养,具有实用性和先进性。

本书为中等职业技术学校电工类专业教材,也可作为职工培训教材及自学用书。

本书由诸林裕、朱国良、倪士俊编写,诸林裕主编;姜林、吕璟、刘桂平审稿,姜林主审;王佳审校。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/诸林裕编. —3版. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2001

全国中等职业技术学校电工类专业通用教材

ISBN 7-5045-3087-5

I. 电…

II. 诸…

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 25610 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京印刷三厂印刷

新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 379 千字

2001 年 7 月第 3 版 2001 年 8 月第 2 次印刷

印数: 30100 册

定价: 18.00 元

读者服务部电话: 64929211

发行部电话: 64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

说 明

为了更好地适应全国技工学校的教学需求,劳动和社会保障部培训就业司于1999—2000年组织全国有关学校的高级讲师、生产实习指导教师以及行业专家,对技工学校电工类专业的教学计划及相关课程的教学大纲进行了修订。根据新的教学计划和教学大纲,我们组织了相应教材的修订(新编)工作。

这次教材修订(新编)工作的重点主要在以下几个方面。

第一,坚持以能力为本位,重视实践能力的培养,突出职业技术教育特色。根据电工类专业毕业生所从事职业的实际需要,确定学生应具备的能力培构与知识结构。对教材内容的深度、难度作了较大程度的调整,较多地采用定性分析,弱化了定量分析计算。在保证学生具有必备的专业基础知识的同时,加强实践性教学内容,为培养学生的实际工作能力提供了条件。

第二,吸收和借鉴各地技工学校教学改革的成功经验,部分专业深教材的编写采用了理论知识与技能训练一体化的模式,使教材内容更加符合学生的认知规律,保证理论与实践的密切结合。

第三,大力更新教材内容,使之具有时代特征。根据科学技术发展对劳动者素质提出的新的要求,在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,体现教材的先进性。

第四,贯彻国家关于职业资格证书与学业证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的政策精神,教材内容涵盖有关国家职业标准(中级)的知识、技能要求,确实保证毕业生达到中级技能人才的培养目标。

这次教材的修订(新编)工作得到北京、上海、天津、辽宁、江苏、浙江、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、四川、陕西等省、市劳动和社会保障厅(局)以及有关学校的大力支持,我们表示诚挚的谢意。

劳动和社会保障部教材办公室

2001年4月

目 录

绪言	(1)
第一章 常用半导体器件	(3)
§ 1—1 半导体的基本知识	(3)
§ 1—2 二极管	(5)
§ 1—3 三极管	(9)
§ 1—4 场效应管	(16)
§ 1—5 其他半导体器件	(20)
习题一	(22)
第二章 放大和振荡电路	(25)
§ 2—1 低频电压放大电路	(25)
§ 2—2 共发射极放大电路的分析	(30)
§ 2—3 静态工作点的稳定	(41)
§ 2—4 多级阻容耦合放大电路	(45)
§ 2—5 放大电路中的负反馈	(48)
§ 2—6 功率放大器	(57)
§ 2—7 正弦波振荡器	(61)
习题二	(68)
第三章 集成运算放大器	(70)
§ 3—1 直接耦合放大电路	(70)
§ 3—2 差动放大电路	(72)
§ 3—3 集成运算放大器简介	(78)
§ 3—4 基本集成运算放大电路	(82)
§ 3—5 集成运算放大器的应用	(86)
习题三	(95)
第四章 直流电章	(98)
§ 4—1 单相整流电路	(98)
§ 4—2 三相整流电路	(103)
§ 4—3 滤波电路	(111)

§ 4—4 整流器件的选用·····	(115)
§ 4—5 稳压电路·····	(121)
§ 4—6 集成稳压器·····	(128)
§ 4—7 开关型稳压电源·····	(133)
习题四·····	(137)
第五章 晶闸管电路·····	(140)
§ 5—1 晶闸管·····	(140)
§ 5—2 晶闸管单相可控整流电路·····	(144)
§ 5—3 晶闸管三相可控整流电路·····	(147)
§ 5—4 负载类型对晶闸管整流的影响·····	(153)
§ 5—5 晶闸管的触发电路·····	(155)
§ 5—6 晶闸管的选用和保护·····	(161)
§ 5—7 逆变和交流调压·····	(164)
习题五·····	(168)
第六章 门电路及组合逻辑电路·····	(170)
§ 6—1 门电路·····	(170)
§ 6—2 MOS 集成门电路·····	(176)
§ 6—3 数制转换·····	(179)
§ 6—4 逻辑代数及逻辑函数的化简·····	(181)
§ 6—5 逻辑电路图、真值表与逻辑函数间的关系·····	(183)
§ 6—6 组合逻辑电路及逻辑部件·····	(185)
习题六·····	(195)
第七章 触发器及时序电路·····	(197)
§ 7—1 RS 触发器·····	(197)
§ 7—2 JK 触发器·····	(201)
§ 7—3 D 触发器和 T 触发器·····	(203)
§ 7—4 寄存器·····	(205)
§ 7—5 计数器·····	(209)
§ 7—6 数—模 (D/A) 与模—数 (A/D) 转换器简介·····	(213)
习题七·····	(220)
实验一 三极管的特性曲线·····	(222)
实验二 低频小信号电压放大电路·····	(223)
实验三 负反馈对放大器性能的影响·····	(225)
实验四 集成功率放大器的测试·····	(226)
实验五 运算放大器的测试·····	(227)
实验六 串联型稳压电源·····	(229)

实验七	“与非”门电路(分立元件)	(230)
实验八	计数、译码、显示电路实验	(231)
附录 1	国产集成运算放大器部分产品型号	(233)
附录 2	整流设备的型号与意义	(234)
附录 3	小功率单相整流电路的电量关系	(235)
附录 4	ZP 型硅整流管参数	(236)
附录 5	部分 KP 型晶闸管主要参数	(237)

绪 言

一、电子技术基础课程的性质

电子技术研究怎样通过各种半导体管以及由它们组成的电路将微弱的电信号进行放大、变换或重新组合,然后应用到各个领域。随着对器件的深入开发,电路功能的不断完善和创新,目前,电子技术已成为一门具有很强的时代性、先进性和应用性的学科。

电子技术基础课主要介绍半导体器件的结构、工作原理和功能等,进而说明各种基本电路的应用范围、效率和形式。随着集成电路的日臻完善,这些微型化电路的广泛应用使自动控制技术、计算机技术和近代测量技术都有很大的发展。

由此可见,电子技术的发展在高新技术领域占有重要的地位,而电子技术基础又是掌握电子技术必不可少的知识。

二、电子技术基础课程的内容

1. 半导体器件

二极管、三极管、场效应管等是最常用的半导体器件,本书重点介绍二极管、三极管、场效应管的结构、工作原理、特性和主要参数,以及它们的简单检测方法。

2. 放大和振荡电路

放大电路的放大功能是电子技术的重要理论依据,结合电工类专业的特点和需要,本书以低频电压放大、功率放大电路为主,通过对基本典型电路的组成、工作原理及分析方法的论述,为进一步学习其他电子电路和相关专业技术奠定基础。

在实际应用的放大电路中几乎无一例外地采用反馈。反馈有正反馈和负反馈两种,负反馈能稳定工作点、稳定动态性能,正反馈用在振荡电路中,所以对正、负反馈电路作了比较详细的分析。

多级放大电路的末级一般要求输出一定的信号功率去推动负载。如扬声器、仪表的指示装置等。电压放大电路一般工作在小信号线性范围,而功率放大电路为了输出足够大的信号功率,它工作在大信号非线性范围,这是功率放大电路的特点。本书主要介绍实际应用的互补对称功率放大电路,并且把重点放在集成功率放大器上。

3. 集成运算放大器

本书在介绍集成运算放大器时,为便于分析,特将其视为理想的,分析的重点是它的外部特性和简单应用。

在自动控制技术中,作为控制信号,例如温度、压力等的变化都可以通过传感器变换为电信号。而这样的电信号大多是缓慢变化的。要放大这些缓慢变化的电信号必须用直流放大器(直接耦合放大电路)来完成。直流放大器便于集成化,它是集成运算放大器的基础。事实上集成运算放大器就是一个多级直接耦合放大电路。

4. 直流电源

在生产、科学实验等很多领域里,许多电气设备和装置需要直流电源。获得直流电最经济、最简单的方法是将交流电网提供的正弦交流电变换为直流电,即整流。整流后的直流电要平滑稳定,还要在整流后加滤波和稳压电路。本书在介绍用分立元件组成的串联型稳压电路的基础上比较详细地讲了集成稳压电源。

5. 晶闸管电路

晶闸管(过去俗称可控硅)是20世纪50年代末出现的,它具有半控型的特性。晶闸管的反向耐压高,由它组成的可控整流电路具有输出电压可调、输出电流大等一系列优点。20世纪70年代以来出现了一系列新型的特殊用途的晶闸管,它既能控制导通,又能控制关断,这种具有全控型特性的器件成为变流技术的基础而广泛应用在逆变、直流斩波等领域。考虑到学生的基础,这部分只介绍了普通晶闸管的结构、工作原理、基本特性、主要参数、单相三相可控整流,至于逆变和交流调压只介绍了基本概念,目的是为进一步接触和学习变流技术作准备。

6. 门电路及组合逻辑电路

数字电路是以电子技术为重要基础,近年来发展迅速、应用广泛的新型电路,所以在本书中用较大篇幅介绍数字电路的一些基本理论和分析方法。

逻辑门电路是数字电路的基本单元,其逻辑关系可以用真值表、逻辑函数式和逻辑符号表示。这部分内容重点是掌握基本门电路的特性和功能。

7. 触发器和时序电路

触发器的特殊功能是具有存放和记忆信息的能力。它具有两种稳定状态:在触发信号的作用下,电路的状态会发生翻转;触发信号消失后,电路的状态保持不变。触发器中最简单、最基本的电路称时序电路,寄存器和计数器是两种典型的时序电路。

三、课程目的和学习方法

通过本课程教学,使学生获得电气维修和企业供电专业方面必要的理论知识,为学习专业技术打下良好的基础。

1. 了解二极管、三极管、场效应管、晶闸管、集成运算放大器等元器件的基本结构、工作原理、特性及应用,会使用简单仪表对它们进行检测。了解组合逻辑电路和时序电路的工作原理及应用。

2. 理解放大电路、整流、滤波、稳压等电路的基本组成、工作原理和分析方法。

3. 掌握单级小信号低频电压放大电路的组成、工作原理和分析方法,单相、三相简单整流电路的计算,基本门电路的符号及逻辑功能,基本触发器的符号及逻辑功能。

“电子技术基础”虽然是专业理论基础,但它具有很强的实践性。学习时一定要从实际出发,对基本概念、基本器件、典型电路务必搞清楚。

要重视实验课,在实验中多提问题、多动手、多思考,激发学习兴趣,培养动手和创新能力,加深对理论知识的理解。

第一章 常用半导体器件

§ 1—1 半导体的基本知识

在自然界中，存在着很多不同的物质，用其导电能力来衡量，可以分为三大类：一类是导体（如银、铜、铝等）；另一类是几乎不能导电的物质，叫绝缘体（如塑料、橡胶、陶瓷等）；还有一类是半导体，其导电能力介于导体和绝缘体之间（如锗、硅、砷化镓等）。

物质导电能力的差异是由于物质内部的结构不同。物质是由原子组成的，原子又是由带正电的原子核和带负电的电子组成，它们的电量相等。

原子核外面电子的分布类似太阳和行星的模型，即电子是分层围绕原子核运动的，其内层的电子受原子核的束缚很强，最外层的电子（称它为价电子）则受原子核的束缚较弱。对导体来说，原子核对价电子的束缚很弱，有大量的价电子可挣脱原子核的束缚成为自由电子。这些自由电子在外电场力作用下作定向运动而形成电流，所以表现出良好的导电性。对绝缘体来说，原子核对价电子束缚很强，因此只有极少的价电子挣脱原子核的束缚而成为自由电子，所以表现为绝缘性。

一、半导体的导电特性

在半导体中，原子的结构比较特殊，以常用的半导体材料锗和硅来说，它们的原子核最外层有 4 个价电子。这样的分布状态使价电子既不像导体那样容易挣脱原子核的束缚而成为自由电子，又不像绝缘体那样受到原子核的紧紧束缚，这就决定它的导电能力介于导体和绝缘体之间，因此，半导体既不能用作导体，也不能用作绝缘体。

通常情况下硅和锗是多晶体，即原子的排列无规则、不整齐。在制作半导体器件之前必须使这样的硅和锗在单晶炉里形成单晶体，使它的原子排列由无规则、不整齐状态变成有规律且排列整齐的状态。如果其中有缺陷，则制作的半导体器件将不合格。

排列整齐的硅原子的最外层有 4 个价电子，根据原子结构理论，原子最外层要有 8 个价电子才是稳定状态，所以每个硅（或锗）原子必须和四周相邻的 4 个原子组成 4 对共用的价电子（称为共价键结构），才能组成稳定状态。这样的单晶硅（或锗）温度低到绝对零度和没有外界光或热的能量激发时，共价键中的电子是一种束缚电子，其特性相当于绝缘体。但是在常温下，少数价电子受热或光照像获得一定的能量后使可能挣脱原子核的束缚而成为自由电子，与此同时，共价键位置上留下了一个空位，称为空穴。显然，有一个自由电子出现，使相应地有一个空穴出现。因此常温下单晶半导体中存在着一定数量的电子—空穴对。空穴的出现，是半导体区别于其他导体的一个重要特点。

由于含空穴的原子失去了带负电的电子，因而带正电，它将吸取相邻原子中的价电子，并使它挣脱原来共价键的束缚去填补前面的空穴，从而又出现了新的空穴。这样当电子按某

一方向连续填补空穴时，其效果完全等同于带正电的空穴向相反方向移动。从这个意义上看，电子和空穴一样都是一种运载电荷的粒子，也称载流子，在外电场作用下，空穴和电子作定向移动，移动方向相反，但形成同一方向的电流，如图 1—1 所示。

二、N 型和 P 型半导体

在纯净的半导体（本征半导体）中，虽然有自由电子和空穴两种载流子，但常温下其数量很少，导电性很差，不能直接用来制造半导体器件。如果在纯净的半导体中掺入某些微量杂质元素，可使半导体的导电性能显著增强。根据所掺入杂质元素的不同，掺杂半导体可分为两类。

1. N 型半导体

在硅（或锗）晶体中掺入微量的五价元素磷 P（或锑 Sb、砷 As），磷原子的 5 个价电子中有 4 个电子和硅原子组成共价键，多出一个电子很容易脱离原子核的束缚而成为自由电子，同时磷原子也就成为带正电的离子。这样，由于磷元素的掺入，使硅晶体中自由电子的数目大大增加。当然硅原子由于热激发也产生少量的电子—空穴对。这种半导体的导电主要是靠电子，所以称它为电子半导体，简称 N 型半导体。

在 N 型半导体中，自由电子是多数载流子，空穴是少数载流子。多数载流子的浓度取决于掺杂数目，少数载流子的浓度则取决于温度。N 型半导体的结构如图 1—2 所示。

2. P 型半导体

在硅（或锗）晶体中掺入微量的三价元素硼 B（或镉 In、铝 Al），硼原子有 3 个价电子，它与硅原子组成共价键时缺少一个价电子而形成空穴，在高温下这些空穴吸引相邻近的价电子来补充。这样硼原子获得了一个价电子而变成带负电的离子。每掺入一个硼原子，都提供了一个空穴，从而使硅晶体中的空穴数目大大增加。当然硅原子由于热激发仍然会产生少量的电子—空穴对，但在掺入硼元素后，空穴的浓度比电子的浓度大得多。这种半导体的导电主要是靠空穴，所以称它为空穴半导体，简称 P 型半导体。

在 P 型半导体中，空穴是多数载流子，电子是少数载流子，P 型半导体的结构如图 1—3 所示。

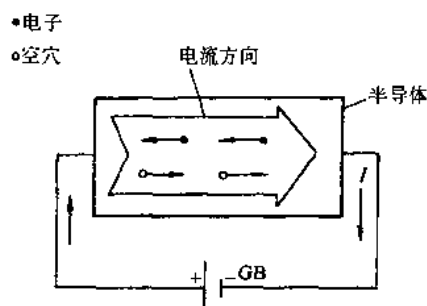


图 1—1 半导体中载流子运动示意图

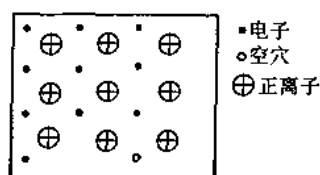


图 1—2 N 型半导体的结构

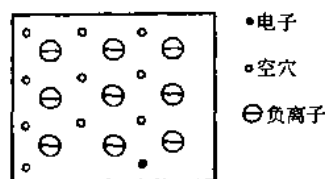


图 1—3 P 型半导体的结构

三、PN 结及其单向导电性

将纯净的半导体掺杂得到了 P 型和 N 型半导体，这并非最后目的。对制造半导体器件来说，最重要的是得到通过特殊工艺所形成的 P 型和 N 型半导体交界面——PN 结。

1. PN 结的形成

当N型半导体和P型半导体结合在一起时,由于P型半导体中空穴浓度高、电子浓度低,而N型半导体中电子浓度高、空穴浓度低,因此在交界面附近电子和空穴都要从浓度高的地方向浓度低的地方扩散。P区的空穴要扩散到N区,且与N区的电子复合,在P区一侧就留下了不能移动的负离子空间电荷区。同样,N区的电子要扩散到P区,且与P区的空穴复合,在N区一侧就留下了不能移动的正离子空间电荷区,如图1—4所示。

空间电荷区形成了一个方向由N区指向P区的内电场,内电场的作用是阻碍多数载流子的继续扩散,故也称此空间电荷区为阻挡层。空间电荷区中没有载流子,所以也叫耗尽层,它的宽度一般为几微米。

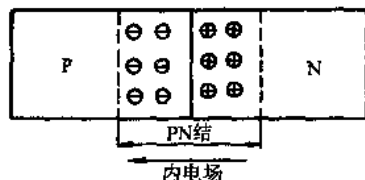


图1—4 PN结的形成

2. PN结的单向导电性

(1) 正向偏置PN结导通 将P区接电源的正极,N区接电源的负极,如图1—5所示。这时,加在PN结上的电压叫做正向电压或正向偏置(简称正偏)。PN结正偏时外电场的方向和内电场的方向相反,因而削弱了内电场,使阻挡层变薄,N区的电子和P区的空穴顺利地通过PN结,形成正向电流,这一电流等于空穴电流和电子电流之和,且随正向电压增大而增大。所以PN结正偏导通时,意味着PN结的电阻很小。

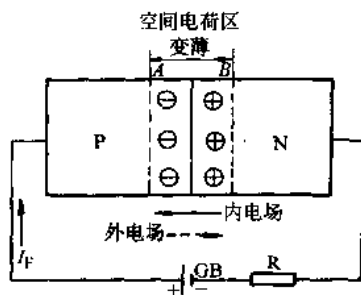


图1—5 PN结外加正向电压

(2) 反偏时PN结截止 将P区接电源的负极,N区接电源的正极,如图1—6所示。这时,加在PN结上的电压叫做反向电压或反向偏置(简称反偏)。PN结加反偏时外电场方向和内电场方向相同,阻挡层变厚,多数载流子的扩散难以进行。这时P区和N区的少数载流子越过PN结,形成反向电流。因为少数载流子浓度低,并在温度一定时基本不变,所以反向电流很小,并且不随反向电压增大而增大,故也称它为反向饱和电流。

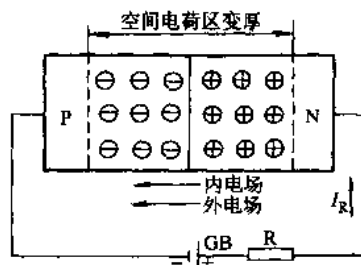


图1—6 PN结外加反向电压

综上所述,当PN结正偏时,电阻很小,正向电流较大;当PN结反偏时,反向电阻很大,反向电流很小,粗略地假设为没有电流通过,可认为PN结是截止的。这就是PN结的一个重要特性——单向导电性,即正偏导通、反偏截止。

§1—2 二极管

一、二极管的结构、符号和类型

1. 结构和符号

二极管实质上就是一个PN结,从P区和N区各引出一条引线,然后再封装在一个

管壳内，就制成了一个二极管，如图 1—7a 所示。P 区的引出端叫正极（或阳极），N 区的引出端叫负极（或阴极），其文字符号为 V，图形符号如图 1—7b 所示。箭头指向为 PN 结正向电流的方向。

由于功能和用途的不同，二极管的大小、外形、封装各异。小电流的二极管常用玻璃壳或塑料壳封装。电流较大的二极管，工作时温度较高，因此常用金属外壳封装，且外壳就是一个极，并制成螺栓形，以便与散热器连成一体。二极管外壳上一般印有符号表示极性，正、负极的符号和引线一致。有的在外壳一端印有色圈表示负极，还有一些其他的表示方法，在使用时要注意。图 1—8 是几种常见的二极管的外形。

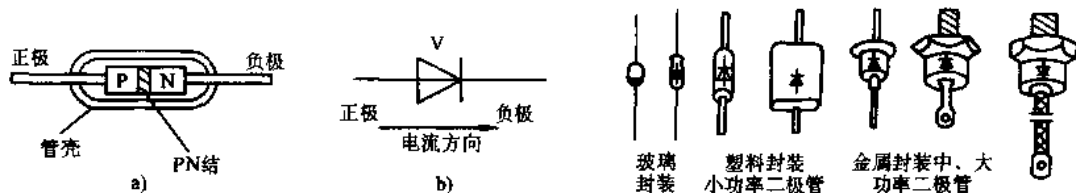


图 1—7 二极管结构与符号

图 1—8 几种常见的二极管的外形

按二极管制造工艺的不同，二极管可分为点接触型、面接触型和平面型三种，如图 1—9 所示。

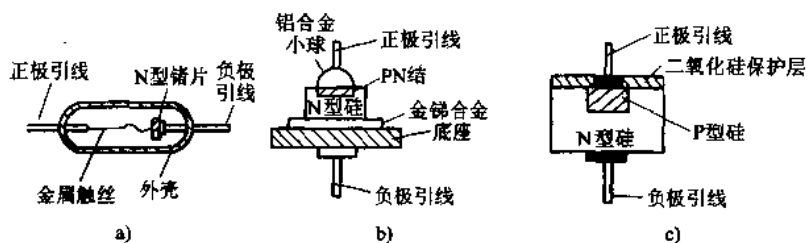


图 1—9 二极管结构类型

a) 点接触型 b) 面接触型 c) 平面型

点接触型二极管的特点是：PN 结面积小，因而结电容小，通过的电流小，常用于高频、检波等。

面接触型二极管的特点是：PN 结面积大，结电容较大，只能在低频下工作，允许通过的电流较大，常用于整流等。

平面型二极管的特点是：PN 结面积较小时，结电容小，可用于脉冲数字电路中；PN 结面积较大时，通过电流较大，可用于大功率整流。

2. 类型

二极管根据外形、结构、材料、功率和用途可分成各种类型，按国标 GB 249—74 的规定，国产二极管的型号命名方法见表 1—1。

二、二极管的电压电流特性

加到二极管两端的电压和流过二极管的电流两者之间存在一定的关系，这种关系常用二极管的电压、电流特性曲线来描述。绘制二极管电压、电流特性曲线的方法是以电流为纵坐标，电压为横坐标，改变电源电压，测出相应的电流，将测得的各点连接起来，便可得到较

表 1—1

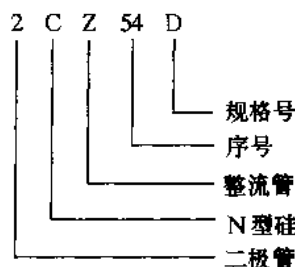
二 极 管 的 型 号

第一部分		第二部分		第三部分				第四部分	第五部分
用数字表示器件的电极数目		用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型				用数字表示器件的序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N型锗材料	P	普通管	C	参量管		
		B	P型锗材料	Z	整流管	U	光电器件		
		C	N型硅材料	W	稳压管	N	阻尼管		
		D	P型硅材料	K	开关管	BT	半导体特殊器件		
		E	化合物	L	整流堆				

例 1—1



例 1—2



直观的二极管特性曲线，如图 1—10 所示。

1. 正向特性

图 1—10 中第一象限的图形是二极管正偏时的电压电流特性曲线，简称正向特性。

由图可见，当外加电压较小时，外电场还不足以克服 PN 结内电场对多数载流子的阻力，这一范围称为“死区”，相应的电压称为死区电压。硅二极管的死区电压为 0.5 V（特性曲线的 OA 段），锗二极管的死区电压为 0.2 V。

当正向电压上升到大于死区电压时，PN 结内电场被削弱，因而电流增加很快（图中 AB 段），二极管正向导通。导通后，正向电压的微小增加都会引起正向电流的急剧增大。在 AB 段曲线陡直，电压和电流关系近似成正比（线性关系）。导通后二极管的正向电压称为正向压降（或管压降）。一般正常工作时，硅管的正常导通压降约 0.7 V，锗管的正常导通压降约为 0.3 V。

2. 反向特性

当二极管承受反向电压时，加强了 PN 结的内电场，使二极管呈现很大电阻。但在反向电压作用下，少数载流子很容易通过 PN 结形成反向电流。由于少数载流子是有限的，使这种反向电流在外加反向电压增高时无明显增大，故通常称它为反向饱和电流（曲线 OC 段）。通常硅管的反向电流是几微安到几十微安，锗管则可达到几百微安。这个电流是衡量二极管

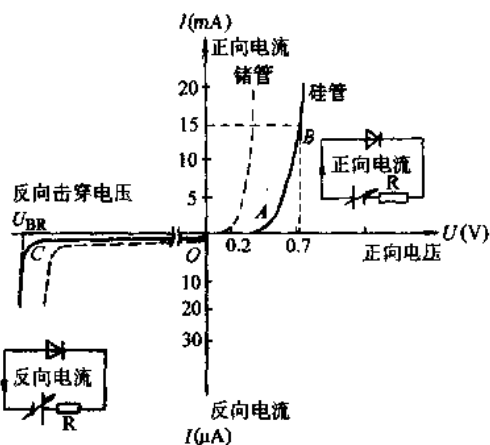


图 1—10 二极管的电压、电流特性曲线

质量优劣的重要参数,其值越小,二极管的质量越好。

当反向电压增大到超过某一值时(图中C点),反向电流会突然增大,这种现象称为反向击穿。与C点对应的电压叫反向击穿电压 U_{BR} 。此时若有适当的限流措施,把电流限制在二极管能承受的范围内,二极管便不会损坏。如果没有适当的限流措施,流过二极管的电流过大而导致过热——热击穿,则二极管将永久损坏。

由图1—10所示二极管特性曲线可知,不同材料、不同结构的二极管电压电流特性曲线虽然有些区别,但形状基本相似,都不是一条直线,故二极管是非线性元件。

在图1—11中,电源电压为30V,二极管的 $U_{BR}=20$ V,电源电压反向加在二极管上并高于击穿电压,结果二极管被击穿。二极管击穿电压为20V,其余10V降在R上,此时反向电流为 $I=(30-20)/R=10/R$ 。若 $R=10\text{ k}\Omega$, $I=1\text{ mA}$;若 $R=100\text{ }\Omega$,则 $I=100\text{ mA}$ 。由此可见,如果选择适当的限流电阻R,在二极管反向击穿后,能把电流限制在二极管能承受的范围内,二极管不会损坏。

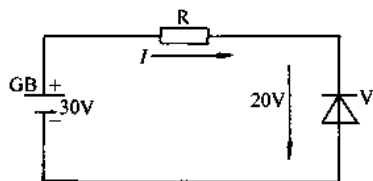


图1—11 计算反向击穿电压的电流

三、二极管的主要参数

二极管的参数是反映其性能和质量的一些数据。由于各种二极管具体的功能不同,应用场合不同,因此通常用一些有代表性的数据来反映二极管的具体特性和使用中受到的限制,这些数据就是参数。二极管的参数在出厂时都必须在规定的条件下测试,在使用时可以根据实际需要在晶体管手册中来选取。

二极管参数较多,但应用时最主要的是下面几个参数。

1. 最大整流电流 I_{FM}

二极管长期使用的允许通过的最大正向平均电流为最大整流电流,常称为额定工作电流。它由PN结面积和散热条件决定。这个电流与二极管两端的正向压降的乘积,就是二极管发热的耗散功率。应用时二极管的实际工作电流要低于规定的最大整流电流值。

2. 最大反向工作电压 U_{RM}

最大反向工作电压是保证二极管不被击穿而规定的最高反向电压,常称额定工作电压。一般手册上给出的最大反向工作电压约为击穿电压的一半,以确保二极管安全工作。

3. 最大反向电流 (I_{RM})

最大反向电流是最大反向工作电压下的反向电流,此值越小,二极管的单向导电性越好。

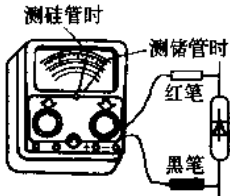
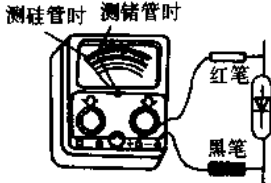
四、二极管的识别和简易检测方法

在生产实践中,常用万用表的电阻挡来测量二极管的电阻以判别它的极性及其质量好坏。万用表的红笔(正端)接表内电池的负极,黑笔(负端)接表内电池的正极。测试前应选好倍率挡,一般可选择 $R\times 100$ 或 $R\times 1\text{ k}$ 挡,并先将两表棒短接调零。具体测试见表1—2。

要注意的是,由于二极管正向特性曲线起始端的非线性,PN结的正向电阻是随外加电压的变化而变化的,所以同一二极管用 $R\times 100$ 和 $R\times 1\text{ k}$ 挡时测得的正向电阻读数是不一样的。

表 1—2

二极管的简易测试方法

测试项目	测试方法	正常数据		极性判断
		硅管	锗管	
正向电阻		表针指示在中间偏右一点	表针偏右靠近满度，而又不到满度	万用表黑笔连接的一端为二极管的阳极
		(几百欧~几千欧)		
反向电阻		表针一般不动	表针将启动一点	万用表黑笔连接的一端为二极管的阴极
		(大于几百千欧)		

§1—3 三 极 管

一、三极管的结构、符号和类型

1. 结构和符号

在一块极薄的硅或锗基片上通过一定的工艺制作出两个 PN 结就构成了三层半导体，从三层半导体上各引出一根引线就是三极管的三个电极，再封装在管壳里就制成了三极管。

三个电极分别叫做发射极 e、基极 b、集电极 c，对应的每层半导体分别称为发射区、基区和集电区。发射区和基区交界的 PN 结称为发射结，集电区和基区交界的 PN 结称为集电结。按基片是 N 型半导体还是 P 型半导体划分，三极管有 NPN 型和 PNP 型两种组合形式，它们的基本结构如图 1—12a 所示。

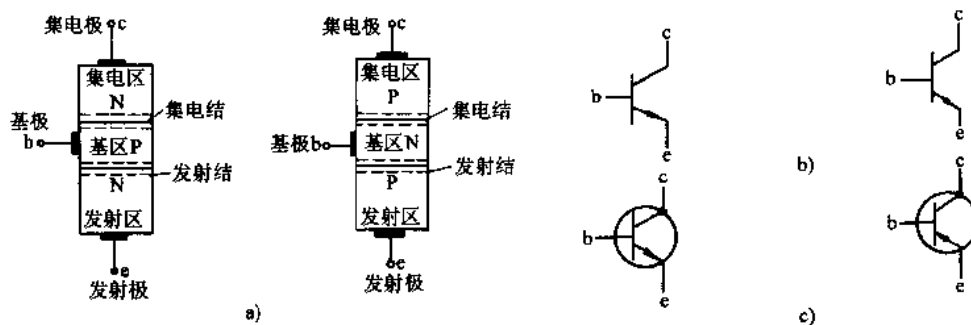


图 1—12 三极管的结构和符号

a) 结构 b) 符号 c) 大功率管集电极接外壳

三极管的文字符号为 V，图形符号如图 1—12 中 b 和 c 所示。两种符号的区别在于发射极箭头的方向不同，箭头的方向就是发射结正向偏置时电流的方向。

功率大小不同的三极管有着不同的体积和封装形式，多数中小功率的三极管采用金属外

壳封装，但近年来越来越多地采用硅酮塑料封装；大功率的三极管多采用金属外壳封装，其集电极接管壳，且制成螺栓状，以便于和散热器连结在一起。图 1—13 是常见的几种国产三极管的封装和外形。

根据制造工艺的不同，从三极管的内部结构来分，可以分为合金管和平面管两类。不论哪一种结构都具有下面的特点：

- (1) 发射区的掺杂浓度远大于基区的掺杂浓度。
- (2) 基区非常薄（约几微米到几十微米）。
- (3) 集电区掺杂浓度较小，集电结的面积比发射结的面积大。

由于三极管的内部结构具有上述特点，所以三极管在一定的外部条件下就具有电流放大作用。三极管的发射极和集电极不能互换使用。

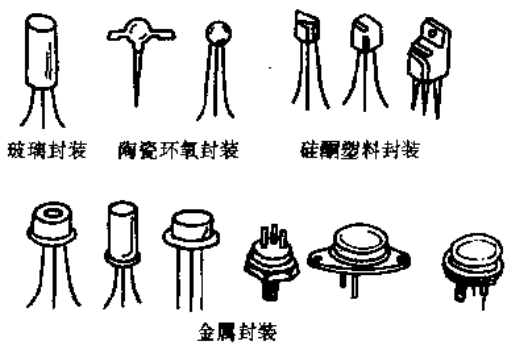


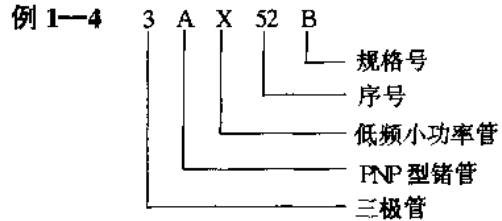
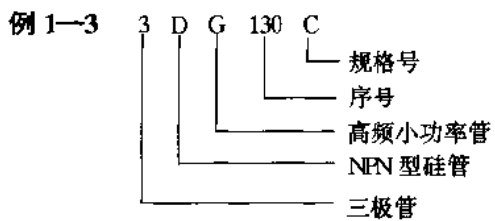
图 1—13 几种三极管的外形和封装

2. 类型

(1) 按国家标准 GB 249—74 的规定，国产三极管的型号由五部分组成，每部分的意义见表 1—3。

表 1—3 三 极 管 的 型 号

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用数字表示器件的电极数目		用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型		用数字表示器件的序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
3	三极管	A	PNP 型锗材料	X	低频小功率管	例：130	例：B
		B	NPN 型锗材料	G	高频小功率管		
		C	PNP 型硅材料	D	低频大功率管		
		D	NPN 型硅材料	A	高频大功率管		
				U	光电器件		
				K	开关管		
				CS	场效应管		



(2) 三极管通常按以下几个方面进行分类：

1) 依据制造材料的不同，分为锗管和硅管。硅管受温度影响小，性能稳定，所以用得较为广泛。