



21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

电子技术基础

主编 任大宝



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

电子技术基础

主 编 任大宝

副主编 朱远清

北京邮电大学出版社

• 北 京 •

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/任大宝主编. —北京:北京邮电大学出版社, 2008. 2

ISBN 978 - 7 - 5635 - 1640 - 7

I. 电... II. 任... III. 电子技术 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 010254 号

书 名 电子技术基础

主 编 任大宝

责任编辑 周 堃 赵延玲

出版发行 北京邮电大学出版社

社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876

经 销 各地新华书店

印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787 mm×960 mm 1/16

印 张 22.5

字 数 461 千字

版 次 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5635 - 1640 - 7

定 价 34.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系 电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

版权所有 侵权必究

出版说明

随着国家经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高,一些高档的电子产品,如数码照相机、摄像机、家庭影院、空调器、电子计算机等纷纷进入普通百姓家庭,为人们的文化、物质生活提供优越的条件。我国作为世界上最大的制造业基地,其中电子产品加工业所占份额在逐年提高。电子产业的发展,带动了人才需求的增长,电子加工企业需要大批从事装配、调试、维修及生产一线的管理人员。为了适应新形势下中等职业学校人才培养模式,依据电子电器应用与维修专业教学计划和部分专业课教学大纲,结合目前中等职业学校在校学生的知识现状,我们组织几位多年来一直从事电子电器应用与维修专业课教学的高级教师编写了本书。

本书内容包括模拟电子技术和数字电子技术两大部分。在介绍理论知识部分,力求用通俗易懂的语言,深入浅出地进行讲述,以期读者更容易掌握电子电器应用与维修所必需的理论知识。为了增强学生对电子技术的感性认识和培养学生动手操作能力,本书还增加了技能训练实习项目。

本书由全国优秀教师、全国中小学德育先进工作者、中学高级教师、安徽省宣城市职业教育中心任大宝担任主编,并编写了第2章、第3章、第4章、第6章、第7章;湖南省专业带头人常德工业学校的宋祥弟编写了第1章;宣城市职业教育中心的刘云编写了第5章和第14章;宣城市职业教育中心的朱远清编写了第8章、第9章、第10章、第11章、第12章、第13章。

本书在编写过程中得到了安徽省宣城市职业教育中心领导的大力支持,在此表示衷心的感谢。同时,对所引有关文献和参考资料的作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之编者水平和经验有限,书中的错误、遗漏和不当之处难以避免,恳请广大读者提出宝贵意见,以使本教材能够逐步完善。

附：各篇章参考课时

章 节	课时数	章 节	课时数
绪 论	2	第八章	6
第一章	8	第九章	6
第二章	6	第十章	8
第三章	16	第十一章	8
第四章	6	第十二章	6
第五章	8	第十三章	6
第六章	8	第十四章	6
第七章	10	技能训练	30
合 计	140		

编 者

目 录

绪 论	1
第一章 半导体二极管	3
第一节 普通半导体二极管	3
第二节 特殊二极管及其应用	11
本章小结	16
思考与练习	18
第二章 半导体三极管	20
第一节 三极管的结构和类型	20
第二节 三极管的放大原理	22
第三节 三极管的简单测试	28
本章小结	32
思考与练习	34
第三章 基本放大电路	36
第一节 基本放大电路简介	36
第二节 放大电路的基本参数	40
第三节 放大电路的分析方法	41
第四节 具有稳定工作点的放大电路	45
第五节 几种常见的基本放大电路	48
第六节 调谐放大电路	50
第七节 多级放大电路	53
* 第八节 场效应管及其放大电路	56
本章小结	62
思考与练习	66
第四章 负反馈放大电路	71
第一节 反馈的基本概念	71
第二节 负反馈对放大电路的影响	75
第三节 振荡电路	78

本章小结	94
思考与练习	96
* 第五章 集成运放电路及其应用	100
第一节 差分放大电路	100
第二节 集成运算放大器	103
第三节 集成运算放大器构成的运算电路	106
第四节 集成运算放大器的应用	110
本章小结	114
思考与练习	115
第六章 功率放大电路	117
第一节 功率放大电路的基本知识	117
第二节 低频功率放大电路	119
第三节 集成功率放大电路	127
本章小结	131
思考与练习	132
第七章 直流稳压电源	135
第一节 整流电路	135
第二节 滤波电路	142
第三节 晶体管稳压电路	146
第四节 集成稳压电路	150
* 第五节 开关型稳压电路	155
本章小结	158
思考与练习	159
第八章 晶闸管及其应用	162
第一节 晶闸管的结构和工作原理	162
第二节 晶闸管触发电路	168
* 第三节 晶闸管应用电路	172
* 第四节 晶闸管保护	175
本章小结	178
思考与练习	179
第九章 数字电路基础知识	181
第一节 数字电路的特点与脉冲基础知识	181

第二节	晶体管的开关特性	188
第三节	数制与码制	193
第四节	逻辑代数	197
本章小结	.....	206
思考与练习	.....	207
第十章	逻辑门电路	211
第一节	基本的逻辑门电路	211
第二节	集成 TTL 门电路	217
本章小结	.....	227
思考与练习	.....	228
第十一章	组合逻辑电路	231
第一节	组合逻辑电路的特点和分析	231
第二节	编码器和译码器	234
第三节	显示译码器	240
* 第四节	加法器和比较器	245
第五节	数据分配器和数据选择器	249
本章小结	.....	252
思考与练习	.....	253
第十二章	触发器和时序逻辑电路	257
第一节	RS 触发器	257
第二节	边沿触发器	260
第三节	寄存器	265
第四节	计数器	272
本章小结	.....	279
思考与练习	.....	281
第十三章	脉冲波形的产生与变换	288
第一节	施密特触发器	288
第二节	单稳态触发器	293
第三节	多谐振荡器	297
第四节	555 定时器及其应用	299
本章小结	.....	304
思考与练习	.....	305

第十四章 数模和模数转换器	308
第一节 数/模转换器 DAC	309
第二节 模/数转换器 ADC	311
本章小结	316
思考与练习	317
第十五章 实践部分	318
技能训练 1 常用的电子仪器的使用	318
技能训练 2 晶体管的简单测试	320
技能实训 3 放大电路的测试和调整	323
* 技能训练 4 集成运算放大器的应用	326
技能实训 5 集成功率放大电路的应用	328
技能实训 6 集成直流稳压电源的组装和测试	329
技能训练 7 晶闸管的性能测试	331
技能训练 8 门电路的逻辑功能测试	333
技能训练 9 计数、译码、显示电路	336
技能训练 10 数据选择器与分配器	338
技能训练 11 集成 JK 触发器逻辑功能的测试	341
技能训练 12 计数器	343
* 技能训练 13 计算机仿真测试电路逻辑功能	345

(注:打“*”的章节为选学内容,供不同的专业和文化基础程度不同的学生选用。)

绪 论

电子技术是一门研究电子器件、电子电路及其应用的科学。它作为一门新兴学科,发展历史不过一百多年。可是它的应用范围却极其广泛,几乎渗透到人类生产和生活的各个方面。当今,95%的行业以电子技术为基础,98%的行业与电子技术密切相关。可以这样说,人类已经无法离开电子技术。无论你将来是否会从事电子技术方面的工作,学习和掌握一些电子技术方面的知识,对你今后的工作和生活都是非常有益的。

电子技术出现之初,主要应用在通信方面,它突破了时空的局限性,使地球成为了“村落”,让我们能够及时了解世界各地的信息。随着生产和科学技术发展的需要,电子技术在空间技术、生物医学、信息处理、远程遥控等高科技领域越来越起到主导作用,从而开创了电子技术发展和应用的新阶段。

电子技术的发展和电子器件的更新换代息息相关。每一次电子器件的重大改进和发明,都会让电子技术的发展产生一次飞跃。回顾电子技术这一百多年的发展历史,可划分为三个重要阶段:

1. 电子管技术时代。电子管是人类历史上第一种电子放大器件,它是利用电场原理来工作的。电子管以工作稳定、带负载能力强等优点为电子技术的发展立下了汗马功劳,但电子管也存在制造成本高、工艺复杂、体积大、功耗大等诸多缺点,因此,我国从20世纪70年代中期基本上就停止了电子管的生产和应用。

2. 晶体管技术时代。1947年,贝尔实验室几位技术人员用半导体材料做成了第一只晶体管,当时称为“半导体器件”(或“固体器件”)。晶体管与真空管比较具有体积小、耐用、耗电少及效率高等优点。晶体的出现,为电子技术人员设计更复杂的电子线路提供了物质基础。

3. 集成电路技术时代。1958年,世界上第一块集成电路的出现,标志着电子技术进入了一个新时代。同传统的电子元件设计和生产方式相比较,集成电路的结构形式上存在着本质的不同,它实现了材料、元件、电路三者合一。随着集成电路制作工艺的不断改进,集成电路的集成度越来越高,出现了大规模和超大规模集成电路。

本课程是电子技术方面的基础课程。主要包括模拟电子技术、数字电子技术及应用实践三部分内容。模拟电子技术是整个电子技术的基础。这部分内容我们将主要介绍半导体器件的特性,和相关电子电路的工作原理及基本分析方法等。在数字电子技术部分,主要介绍数字信号以及数字电路的工作原理等。当然,本课程所介绍的是电子技术中最初步、最基

础的知识,学习的目的主要是为今后从事与电子技术相关的工作打下一个良好的基础。

电子技术是一门综合性很强的学科,刚开始学习时会有一定的难度,只要大家刻苦努力,掌握正确的学习方法,就一定能够学好。为此,下面我们就介绍学习电子技术的一些方法。

1. 了解常用电子元件的结构、电路符号、特性、用途和好坏的检测方法。
2. 掌握分析电路的方法。学会“模块化”看待电路,不要拘泥在对某个元器件的分析上。这样有利于从整体上把握电路的功能,以及各部分电路的作用和组成特点。
3. 理论和实践相结合。动手实践不仅有利于加深对电子技术理论知识的理解,而且有利于培养动手操作能力和解决实际问题的能力。
4. 会使用新的学习工具。计算机不仅为我们获取电子技术方面的信息提供了方便,而且可以实现很多电子仿真试验。

第一章 半导体二极管

【学习目标】

1. 了解半导体的导电特性和 P 型半导体和 N 型半导体的区别,知道特殊二极管的性能差异和应用。
2. 理解 PN 结的单向导电性,熟悉半导体二极管的结构、型号、主要参数和伏安特性。
3. 掌握二极管的单向导电性及二极管的检测方法。

自 1947 年,美国贝尔实验室的三位科学家,巴丁、布拉顿和肖克莱三人通力合作,制造出世界上第一只具有实用价值的晶体管以来,经过全世界电子技术方面的专家几十年的共同努力,研制并开发出一系列特性各异的半导体器件。半导体器件主要包括半导体二极管、半导体三极管、场效应管以及集成电路等。

第一节 普通半导体二极管

一、半导体基础知识

电子技术中常用的半导体器件都是由半导体材料制成的。半导体材料用的最多的是硅和锗,其次还有硒和一些金属氧化物以及硫化物等。

半导体是自然界中的一种特殊材料。在通常情况下,它的导电性能介于导体和绝缘体之间。随着半导体内掺入“杂质”或外界温度、光照、压力等条件的变化,其导电性能会发生很大的改变。正因为半导体具有如此“奇特”的性能,因此成为制作各种半导体器件的核心材料。

1. N 型半导体和 P 型半导体

通常情况下,纯净的半导体内有两种携带电荷的“粒子”,一种是带负电的自由电子,另一种是带正电的“空穴”。由于纯净半导体中的自由电子和“空穴”的数量都较少,所以导电性能很弱。

在制作晶体管时,为了提高半导体的导电性能,需要在纯净的半导体中“掺入”微量的三价或五价元素,这种工艺叫掺杂。

若在纯净的半导体硅(Si)中掺入五价的元素磷(P)。由于每个磷原子的最外层都有五个电子,当每个磷原子与周围四个硅原子形成稳定的共价键之后,就多出一个自由电子,因此,这

种半导体内部的自由电子的数量远大于空穴的数量,导电性能可以提高几十万倍。这种半导体主要依靠自由电子导电,所以称之为电子型半导体(或N型半导体),如图1.1.1所示。

若在纯净的半导体硅(Si)中掺入三价的元素硼(B)。由于每个硼原子的外层只有三个电子,当每个硼原子与周围四个硅原子形成共价键时,都会产生一个“空穴”,因此,这种半导体内部“空穴”的数量远大于自由电子的数量,导电性能也可以提高几十万倍。这种半导体主要依靠“空穴”导电,所以称之为“空穴”型半导体(或P型半导体),如图1.1.2所示。

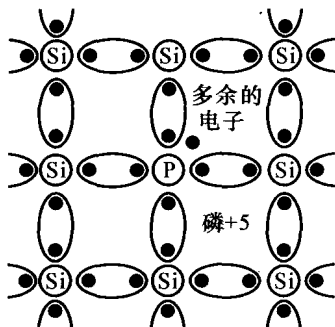


图 1.1.1 N 型半导体

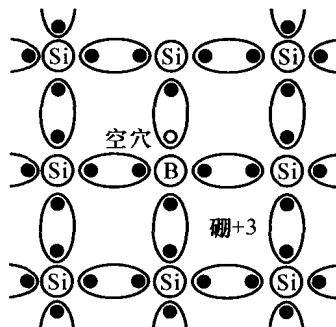


图 1.1.2 P 型半导体

2. PN 结

在同一片半导体基片上,用不同的掺杂工艺使其一边为P型半导体,另一边为N型半导体。由于P型半导体中的多数载流子为“空穴”,N型半导体中的多数载流子为电子,因此在两种半导体交界的区域,载流子浓度不同,P型半导体中的“空穴”将越过交界面向N型半导体内扩散,N型半导体中的电子将越过交界面向P型半导体内扩散,扩散的结果使P这一边因失去“空穴”,留下带负电的离子,N这一边因失去电子,留下带正电的离子,这样在交界面附近就形成了一个很薄空间电荷区,该电荷区称之为PN结,如图1.1.3所示。PN结实际上就是一个内电场,内电场的方向由N区指向P区,它有阻碍多数载流子进一步扩散的作用,所以又称之为阻挡层。

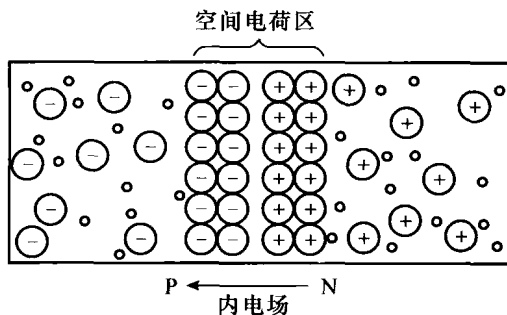


图 1.1.3 PN 结的形成

3. PN 结的单向导电性

(1) PN 结上加正向电压

PN结上加正向电压,就是将PN结的P区接电源的正极,N区接电源的负极,又称之为PN结正向偏置。此时电源的外加电场方向与PN结的内电场方向相反,削弱了内电场,使阻挡层变薄。P区中的“空穴”重新向N区中扩散,N区中的电子重新向P区扩散,这样使得

多数载流子能顺利通过 PN 结形成正向电流。正向电流由于是多数载流子扩散而形成的, 因此电流较大, PN 结对外电路呈现的电阻(称之为正向电阻)值较小, 这时的状态称之为 PN 结导通, 如图 1.1.4(a)所示。

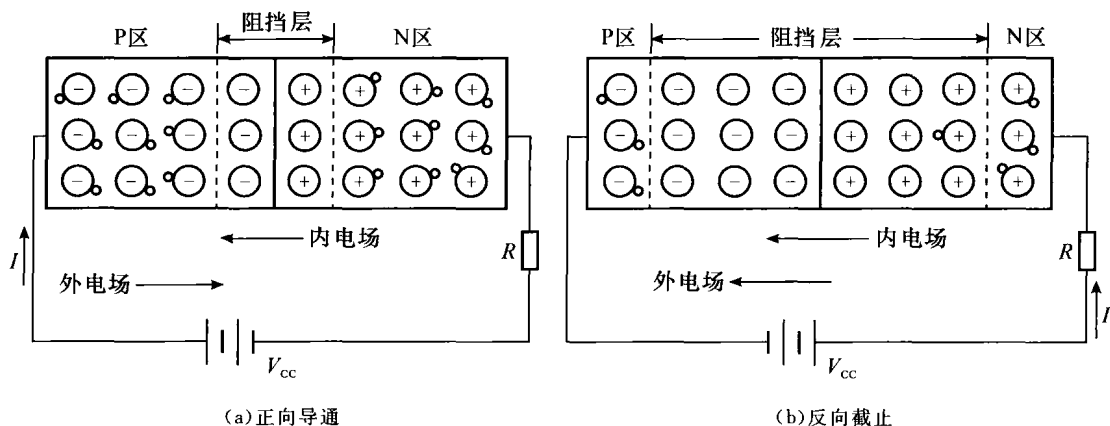


图 1.1.4 PN 结的单向导电性

(2) PN 结上加反向电压

PN 结上加反向电压, 就是将 PN 结的 P 区接电源的负极, N 区接电源的正极, 又称之为 PN 结反向偏置。此时电源的外加电场方向与 PN 结的内电场方向相同, 加强了内电场, 使阻挡层变厚。P 区中的少数载流子电子向 N 区中漂移, N 区中的少数载流子“空穴”向 P 区漂移, 这样使得少数载流子能顺利通过 PN 结形成反向电流。反向电流由于是少数载流子漂移而形成的, 因此电流较小。PN 结对外电路呈现的电阻(称之为反向电阻)阻值很大, 这时的状态称之为 PN 结截止, 如图 1.1.4(b)所示。

二、半导体二极管

1. 二极管的结构

PN 结是构成所有半导体元器件的基础。从 PN 结的 P 区和 N 区分别引出一根电极, 再将 PN 结用外壳封装起来, 就构成了一只半导体二极管, 简称为二极管, 如图 1.1.5(a)所示。与 P 区相连的电极称之为正极(或阳极), 用“+”表示, 与 N 区相连的电极称之为负极(或阴极), 用“-”表示。在电子线路图中, 二极管的图形符号和文字符号, 如图 1.1.5(b)所示。

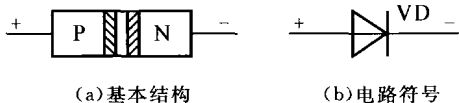


图 1.1.5 二极管的结构和电路符号

2. 二极管的分类

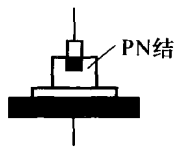
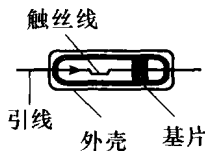
(1) 按所用材料不同, 可分为硅二极管和锗二极管两大类。

(2) 按制作工艺不同, 可分为点接触型和面接触型两大类。

像国产的 2AP 型、2AK 型的二极管, 就是点接触型。由于其 PN 结是点接触型结构, 因

此结电容较小,允许的工作温度较低,一般不能超过 100°C 。常用在电流较小,频率较高的电路中,如图 1.1.6(a)所示。

像国产的 2CZ 型、2CP 型的二极管,就是面接触型二极管。由于 PN 结是面接触型结构,因此结电容较大,允许较高的工作温度,一般可达 $150^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。常用在电流较大,频率较低的整流电路中,如图 1.1.6(b)所示。



(a)点接触型结构

(b)面接触型结构

图 1.1.6 二极管的内部结构示意图

(3)按用途的不同,可分为整流二极管、稳压二极管、检波二极管和发光二极管等。其中比较常用的是整流二极管和稳压二极管。

【知识拓展】

自 1904 年美国物理学家弗莱明发明了二极真空电子管后,曾出现了 3~8 极的电子管,型号达一万多种,从而把人类生活带入电气化的文明时代。但是真空电子管也具有几个致命的弱点:第一,体积庞大。比如美国第一台电子管计算机用了 18800 只电子管,总重量达 30 吨,所占地的面积也达到 170 平方米,相当于 10 个房间那么大。这对器件小型化是一个不足之处。第二,真空电子管寿命短,功率消耗高,易碎及不能在雷达频率下工作的缺点,因此更激起自第二次世界大战后对交流电整流及信号放大新式武器的研究。在这种背景下,1947 年 12 月 23 日,美国贝尔实验室的三位科学家,巴丁、布拉顿和肖克莱三人通力合作,终于制造出世界上第一只具有实用价值的晶体管。由于晶体管具有的深远意义,他们共同获得了 1956 年度的诺贝尔物理学奖。

3. 二极管的型号

二极管的品种很多,每种二极管都有一个型号。不同的国家在半导体器件上的命名都有本国的标准,导致目前市场上的二极管型号十分混乱。下面首先介绍我国二极管的型号的规则和含义。

按国家标准 GB249-89 的规定,国产的二极管型号由五部分组成,如图 1.1.7 所示。

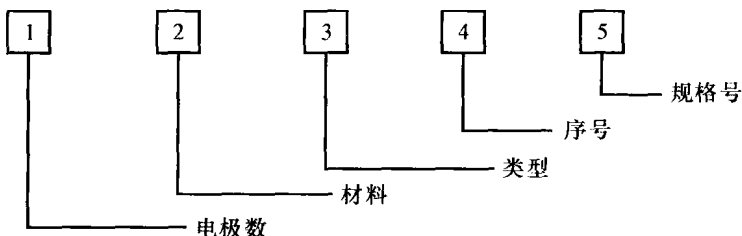


图 1.1.7 二极管的型号组成

第一部分表示二极管的电极数,数字“2”表示二极管。

第二部分表示二极管的材料,用大写英文字母表示:“A”为 N 型锗管,“B”为 P 型锗管,

“C”为 N 型硅管,“D”为 P 型硅管。

第三部分表示二极管的类型,用汉语拼音的首字母表示:“P”为普通二极管,“Z”为整流二极管,“W”为稳压管,“K”为开关管。

第四部分表示二极管的序号,用于区别二极管的特性。

第五部分表示二极管的规格号,用汉语拼音的首字母表示。若两只二极管型号中除规格号不同外,其他部分相同,表示这两只管子主要特性相似,仅仅只是一个或少数几个参数略有不同。规格号有时被省略。

例如,型号 2AP9:表示 N 型锗材料制成的普通二极管;型号 2CZ50:表示 N 型硅材料制成的整流二极管;型号 2CW56:表示 N 型硅材料制成的稳压二极管;型号 2CK84:表示 N 型硅材料制成的开关管。

【知识拓展】

我国半导体型号的命名方法受电子产品发展历史的影响,目前很多电子企业依然习惯采用美国和日本一些国家半导体命名规则。例如 1N4001、1S1885 等。凡型号以“1N”开头的,均为美国生产的或以美国专利在其他国家生产的二极管,并在美国电子协会注册登记。凡型号以“1S”开头的,均为日本生产或以日本专利在其他国家生产的二极管,并在日本电子工业协会注册登记。其中“1”表示为一个 PN 结。

4. 常见二极管的外形

二极管的外形和体积相差很大,通常用塑料、玻璃或金属材料作为封装外壳。外壳上一般都印有标记,以便使用者区分二极管的正、负电极(少数二极管以特殊的外形标识正负电极)。靠近印有标记的电极为正极,如图 1.1.8 所示是一些常见二极管的外形图。

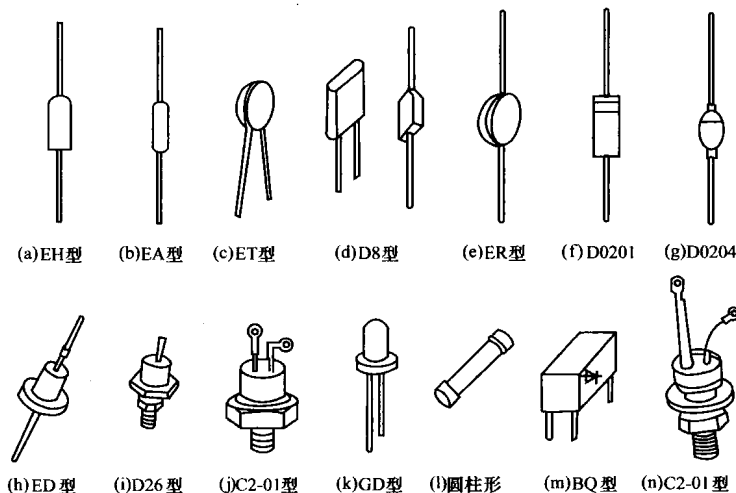


图 1.1.8 一些常见二极管的外形

5. 二极管的简易测试

在实际工作中使用二极管时,经常需要判别二极管的极性和质量的好坏。最简单的方法就是使用万用表来进行检测。

(1) 二极管极性的判别

普通万用表处在电阻挡时,红表笔接表内电池的负极,黑表笔接表内电池的正极。当用处在电阻挡的万用表的黑表笔接二极管的正极,红表笔接二极管的负极时,二极管处于正向偏置,电阻应较小。反之二极管处于反向偏置,电阻应较大,如图 1.1.9 所示。测量时,首先将万用表欧姆挡的量程拨到 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡位置(为防止测量时损坏二极管,一般不使用 $R \times 1$ 和 $R \times 10k$ 挡),然后将万用表的红、黑表笔分别与二极管的两极相接,测出此时的电阻值。再对调红、黑表笔与二极管两极的连接,重新测量其电阻值,如图 1.1.10 所示。由于二极管的正向电阻值一般为几百欧姆至几千欧姆,反向电阻为几十千欧姆到几百千欧姆。因此,当所测得二极管两极之间的电阻值较小的一次,黑表笔所接的电极是二极管的正极,红表笔所接的电极就是二极管的负极。注意,用不同的电阻挡测量同一只二极管的正、反向电阻时,阻值会有一定的差别,这是由于二极管是非线性器件造成的。

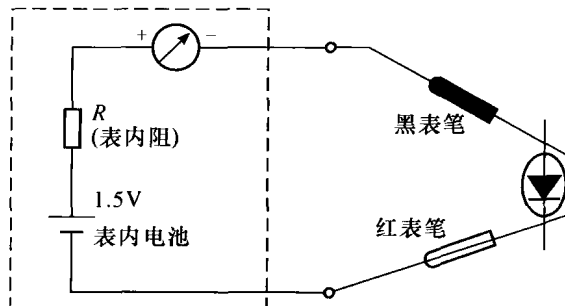
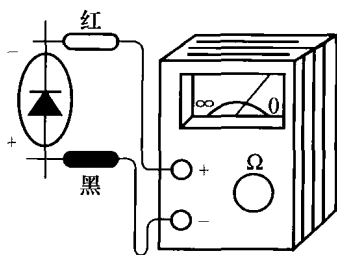
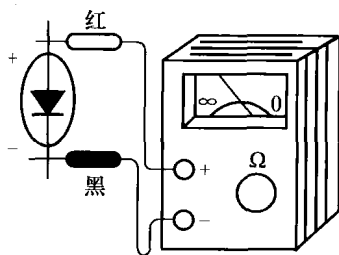


图 1.1.9 二极管极性的判断



(a) 测正向电阻



(b) 测反向电阻

图 1.1.10 万用表检测二极管

(2) 二极管好坏的判别

实践中,一般用万用表测量二极管的正反向电阻的方法来判别二极管的好坏。若所测得的二极管正反向电阻悬殊很大,则可判定该二极管具有单向导电性,质量良好;若测得的正、反向电阻值相差不多,可判定该二极管性能差,一般情况下不能使用;若所测量的正、反向电阻均为 ∞ ,则可判定二极管内部已经断路;若所测量的正、反向电阻均为零,则可判定二极管内部已经击穿短路。二极管出现断路和短路时,都说明二极管已经损坏,不能继续使用。