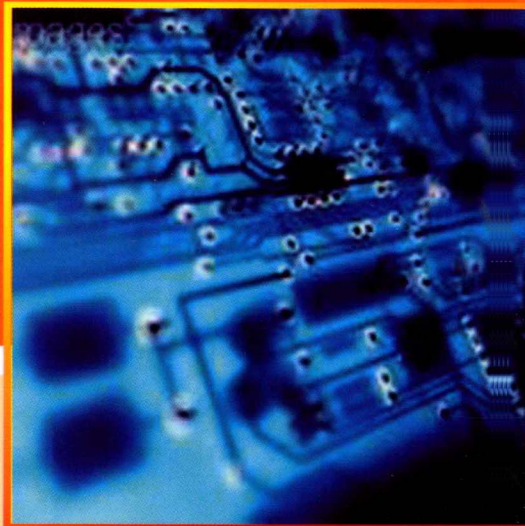


“十二五”高等职业教育机电类专业规划教材

电子电路分析与实践

DIANZI DIANLU FENXI YU SHIJIAN

张明金 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

“十二五”高等职业教育机电类专业规划教材

电子电路分析与实践

张明金 主 编
范爱华 副主编
贾伟伟 参 编
王成琪 主 审
吴兴中 主 审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是根据高职高专人才培养的目标,并结合当前多数高职高专院校进行项目化、理实一体化、任务驱动等教学方法的改革,以“工学结合;项目引导;任务驱动;‘做中学,学中做,学做一体,边学边做’一体化”为原则编写的。以工作任务引领的方式将相关知识点融入到完成工作任务所必备的工作项目中,使学生掌握必要的基本理论知识,并使学生的实践能力、职业技能、分析问题和解决问题的能力不断提高。

全书共6个项目:整流滤波电路的分析与测试、信号放大电路的分析与测试、直流稳压电路的分析与测试、组合逻辑电路的分析与测试、时序逻辑电路的分析与测试、数-模转换和模-数转换的认识与测试。各项目分成若干任务,并精选了有助于建立概念、掌握方法、联系实际应用的例题和习题。

本书适合作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校的非电类专业的教材,也可供相关行业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路分析与实践/张明金主编. —北京:中国铁道出版社, 2013. 12

“十二五”高等职业教育机电类专业规划教材
ISBN 978-7-113-17511-5

I. ①电… II. ①张… III. ①电子电路—电路分析—
高等职业教育—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第248109号

书 名: 电子电路分析与实践

作 者: 张明金 主编

策 划: 王春霞

读者热线: 400-668-0820

责任编辑: 王春霞

编辑助理: 绳 超

封面设计: 付 巍

封面制作: 白 雪

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

版 次: 2013年12月第1版

2013年12月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 13.75 字数: 367千

印 数: 1~3000册

书 号: ISBN 978-7-113-17511-5

定 价: 28.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

前 言

本书是根据高职高专人才培养的目标,并结合当前多数高职高专院校进行项目化、理实一体化、任务驱动等教学方法的改革,以“工学结合;项目引导;任务驱动;‘做中学,学中做,学做一体,边学边做’一体化”为原则编写的。以工作任务引领的方式将相关知识点融入到完成工作任务所必备的工作项目中,使学生掌握必要的基本理论知识,并使学生的实践能力、职业技能、分析问题和解决问题的能力不断提高。

本书是编者将多年的高职高专的教育教学经验、积累和收集的资料整理汇编,并在中国铁道出版社的组织和大力支持下,编写而成。

本书共6个项目:整流滤波电路的分析与测试、信号放大电路的分析与测试、直流稳压电路的分析与测试、组合逻辑电路的分析与测试、时序逻辑电路的分析与测试、数-模转换和模-数转换的认识与测试。

在编写过程中,本着“精选内容,打好基础,培养能力”的精神,力求讲清基本概念,本书精选了有助于建立概念、掌握方法、联系实际应用的例题和习题。

本书适合作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校的非电类专业的教材,也可供工程技术人员参考。总学时为60~70学时。

本书由徐州工业职业技术学院张明金担任主编,负责制订编写大纲。扬州工业职业技术学院范爱华担任副主编,徐州工业职业技术学院贾伟伟、徐州经贸高等职业学校王成琪参与编写。其中,项目1、项目2由张明金编写,项目3、项目4由范爱华编写,项目5由贾伟伟编写,项目6由王成琪编写。全书由张明金统稿。

江苏丙辰电子有限公司吴兴中高级工程师担任本书主审,他对书稿进行了认真仔细地审阅,提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到了编者所在单位的各级领导和同事们的支持与帮助,在此表示感谢。同时对书后所列参考文献的各位作者表示深深的感谢。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请各位读者提出宝贵意见。

编 者

2013年5月

目 录

项目 1 整流滤波电路的分析与测试	1
任务 1.1 二极管的识别、检测与选用	1
子任务 1 普通二极管的特性测试	2
子任务 2 特殊二极管的特性测试	7
任务 1.2 二极管整流电路的分析与测试	12
子任务 1 单相半波整流电路的分析与测试	12
子任务 2 单相桥式全波整流电路的分析与测试	14
任务 1.3 滤波电路的分析与测试	18
子任务 1 电容滤波电路的分析与测试	18
子任务 2 电感滤波电路的分析与测试	20
思考题与习题	22
项目 2 信号放大电路的分析与测试	25
任务 2.1 三极管的认识与测试	26
子任务 1 三极管各极电流关系及特性曲线的测试	26
子任务 2 三极管的主要参数、识别与检测	31
任务 2.2 单管放大电路的分析与测试	36
子任务 1 单管共射放大电路的分析与测试	36
子任务 2 单管共集放大电路的分析与测试	46
任务 2.3 多级放大电路和反馈放大电路的分析与测试	50
子任务 1 多级放大电路的分析与测试	50
子任务 2 反馈放大电路的分析与测试	54
任务 2.4 集成运算放大器应用电路的分析与测试	64
子任务 1 集成运算放大器的认识与测试	64
子任务 2 集成运算放大器应用电路的分析与测试	69
任务 2.5 功率放大电路的分析与测试	75
子任务 1 分立功率放大电路的分析与测试	75
子任务 2 集成功率放大器的应用与测试	80
思考题和习题	82
项目 3 直流稳压电路的分析与测试	91
任务 3.1 分立式直流稳压电路的分析与测试	91
子任务 1 硅稳压管并联型直流稳压电路的分析与测试	92
子任务 2 晶体管串联型直流稳压电路的分析与测试	96
任务 3.2 集成稳压器应用电路的分析与测试	100
任务 3.3 开关型直流稳压电路的认识	107

思考题和习题	109
项目 4 组合逻辑电路的分析与测试	112
任务 4.1 集成门电路的认识与功能测试	112
子任务 1 逻辑代数基础	113
子任务 2 集成门电路的认识与功能测试	120
任务 4.2 组合逻辑电路的分析与设计	130
任务 4.3 中规模组合逻辑器件的认识与应用	134
子任务 1 编码器和译码器的认识与应用	134
子任务 2 数据选择器的认识与应用	141
子任务 3 加法器和数值比较器的认识与应用	144
思考题和习题	149
项目 5 时序逻辑电路的分析与测试	155
任务 5.1 集成触发器的认识与测试	155
子任务 1 RS 触发器的认识与测试	156
子任务 2 集成 JK 触发器和集成 D 触发器的认识与测试	160
任务 5.2 集成计数器的应用与测试	165
子任务 1 集成同步计数器的应用与测试	165
子任务 2 集成异步计数器的应用与测试	170
任务 5.3 寄存器的应用与测试	173
子任务 1 数据寄存器的认识与测试	173
子任务 2 移位寄存器的应用与测试	175
任务 5.4 集成 555 定时器的应用与测试	179
思考题和习题	185
项目 6 数-模转换和模-数转换的认识与测试	190
任务 6.1 数-模转换电路的分析与测试	190
任务 6.2 模-数转换电路的分析与测试	197
思考题和习题	203
附录	205
附录 A 半导体分立器件型号命名方法	205
附录 B 部分国外半导体器件的命名方法	206
附录 C 某些半导体二极管的参数	207
附录 D 国产某些硅稳压管的主要参数	208
附录 E 国产三极管参数	209
附录 F W7800 系列三端集成稳压器的主要性能参数	210
附录 G 部分数字集成电路一览表	210
参考文献	212

项目1



整流滤波电路的分析与测试

项目内容

- 半导体的特性、导电方式、PN 结的形成及其单向导电特性。
- 半导体二极管的结构、伏安特性、主要参数及使用常识。
- 特殊二极管的结构、工作原理及作用。
- 半导体二极管的在整流电路中的应用。整流电路和滤波电路的组成和工作原理,主要参数的计算,整流元件和滤波元件的选择和电路测试。

知识目标

- 了解半导体及其导电特性、PN 结的形成过程;掌握 PN 结的单向导电特性。
- 了解普通二极管的结构及分类;理解二极管的伏安特性;掌握二极管的符号、单向导电特性、主要参数。
- 了解特殊二极管的特点及应用;掌握稳压二极管的符号、工作原理。
- 熟悉整流电路和滤波电路的结构;理解整流电路和滤波电路的工作原理;掌握整流电路和滤波电路的计算方法,会选用整流二极管和滤波元件。

能力目标

- 能利用万用表识别与检测二极管。
- 能正确地使用示波器等常用电子仪器仪表,测试整流电路和滤波电路的特性。

任务 1.1 二极管的识别、检测与选用

任务引入

二极管是整流电路中的关键器件,二极管的种类很多,应用十分广泛,识别常用二极管的种类,掌握检测质量及选用方法是学习电子技术必须掌握的一项基本技能。

任务目标

了解半导体的特性及其导电特性,PN 结的形成过程;掌握 PN 结的单向导电特性;了解普通二极管的结构及分类;理解二极管的伏安特性;掌握二极管的符号、单向导电特性、主要参数;学会检测二极管;了解特殊二极管的特点及应用;掌握稳压二极管的符号、工作原理。

子任务1 普通二极管的特性测试



【器件认识】——认一认

观察图 1.1 所示的普通二极管的外形。

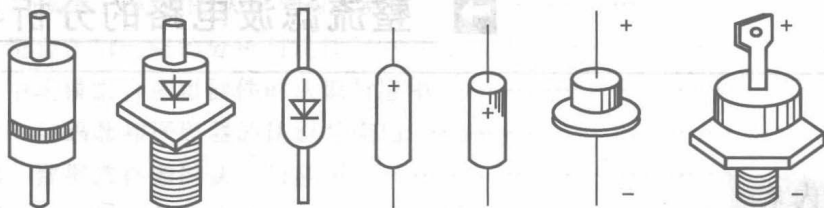


图 1.1 普通二极管的外形



【现象观察】——看一看

按图 1.2 所示电路接线,合上开关 S,逐渐增大 U_s 的值(不超过 20 V),观察灯泡发光情况;断开开关 S,将电源 U_s 反接(即上负下正),逐渐增大 U_s 的值(不超过 30 V),观察灯泡发光情况;你能解释所观察到的现象吗?

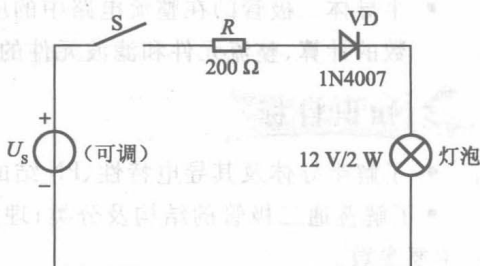


图 1.2 二极管单向导电特性测试图



【相关知识】——学一学

1. 半导体的基础知识

根据导电能力的强弱,可将自然界中的各种物质分为导体、绝缘体和半导体。半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间,如硅、锗、硒、一些氧化物和硫化物等。半导体具有热敏特性、光敏特性和掺杂特性。利用半导体的光敏特性可制成光电二极管、光电晶体管及光敏电阻器;利用半导体的热敏特性可制成各种热敏电阻器;利用半导体的掺杂特性可制成各种不同性能、不同用途的半导体器件,如二极管、三极管和场效应晶体管等。

在电子器件中,用得最多的材料是硅(Si)和锗(Ge)。硅和锗都是 4 价元素,最外层原子轨道上具有 4 个电子,称为价电子。

(1)本征半导体。本征半导体是指完全纯净的、结构完整的半导体。本征半导体中,由于晶体中共价键具有很强的结合力,在热力学零度(相当于 -273.15°C)时,价电子没有能力挣脱共价键的束缚成为自由电子,因此,这时晶体中没有自由电子,半导体是不导电的。但随着温度的升高,如室温条件下,少数价电子因受热激发而获得足够大的能量,挣脱共价键的束缚成为自由电子,在共价键中将留下一个空位,称为空穴。自由电子在电场的作用下定向移动形成了电流,称为漂移电流。

一旦出现空穴,附近共价键中的电子就比较容易地填补进来,而使该共价键中也留下一个新空位,这个空位会由它附近的价电子来填补,再次出现空位。就这样不断地填补,相当于空穴在运动一样。为了和自由电子的运动区别开来,把这种运动称为空穴运动。也可以把空穴看成一种带正电的载流子,它所带的电荷和电子相等,符号相反。由此可见,本征半导体中存在两种载流子,即电子和空穴。而金属导体中只有一种载流子,即电子。本征半导体在外电场作用下,两种载流子的运动方向相反而形成的电流方向相同。

在本征半导体中,电子和空穴总是成对出现的,称为电子-空穴对,它在半导体受热或光照等作用下都会产生。但不会一直不断增多,因为在电子-空穴对产生的同时,还有另外一种现象

的出现,即运动中的电子如果和空穴相遇,电子会重新填补掉空穴,两种载流子就会同时消失,这个过程称为复合。在一定温度下,电子-空穴对在不断产生的同时,复合也在不停地进行,最终会处于一种平衡状态,使载流子的浓度一定。可以证明,本征半导体的载流子的浓度除和半导体材料性质有关外,还与温度有很大关系,载流子的浓度随着温度的升高近似按指数规律增加。

(2) 杂质半导体。在本征半导体中,因其载流子的浓度很低,所以导电能力很差。但是如果在在本征半导体中掺入微量的其他元素(杂质)就会使半导体的导电能力得到显著的变化。把掺入杂质的半导体称为杂质半导体。根据掺入杂质的不同,分为 N 型半导体和 P 型半导体两类。

① N 型(电子型)半导体。如果在硅或锗的晶体中掺入 5 价元素,如磷、砷、锑等,会多出电子。这多出的电子,在室温下就可以被激发为自由电子,同时杂质原子变成带正电荷的离子。此时,杂质半导体中的电子的浓度会比本征半导体中的电子浓度高出很多倍,很大程度上加强了半导体的导电能力。这种半导体主要靠电子导电,故称为电子型半导体或 N 型半导体。N 型半导体中电子浓度远远大于空穴浓度,所以 N 型半导体中电子是多数载流子(简称多子),空穴是少数载流子(简称少子)。

② P 型(空穴型)半导体。如果在硅或锗晶体中掺入 3 价元素,如硼、铝、镓等。掺入杂质后,形成空穴。空穴在室温下可以吸引附近的电子来填补,杂质原子变成带负电荷的离子。这就使得半导体中的空穴的数量增多,导电能力增强,这种半导体主要是依靠空穴来导电,故称为空穴型半导体或 P 型半导体。P 型半导体中空穴是多数载流子,电子是少数载流子。

杂质半导体中,多数载流子的浓度取决于掺杂浓度,少数载流子的浓度取决于温度。实际对本征半导体进行掺杂时,常常 N 型、P 型杂质都有,谁的浓度大就体现出谁的类型。

2. PN 结及其单向导电特性

使用一定的工艺让半导体的一端形成 P 型半导体,另外一端形成 N 型半导体,在这两种半导体的交界处就形成了一个 PN 结。PN 结是构成各种半导体器件的核心。

(1) PN 结的形成。如图 1.3(a) 所示,左边为 P 区,右边为 N 区。由于 P 区中的空穴浓度很大,而 N 区中的电子浓度很大,形成了两边的两种载流子的浓度差。这时 P 区的空穴会向 N 区运动,而 N 区的电子会向 P 区运动,这种因浓度差引起的运动称为扩散运动。扩散到 P 区的电子会与空穴复合而消失,同样扩散到 N 区的空穴也会与电子复合而消失。复合的结果是在交界处两侧出现了不能移动的正负两种杂质离子组成的空间电荷区,这个空间电荷区称为 PN 结,如图 1.3(b) 所示。在交界处左侧出现了负离子区,在右侧出现了正离子区,形成了一个由 N 区指向 P 区的内电场。随着扩散的进行,空间电荷区越来越宽,内电场也越来越强。但不会无限制地加宽加强。内电场的产生对 P 区和 N 区中的多数载流子的相互扩散运动起阻碍作用。同时,在内电场的作用下 P 区中的少数载流子——电子, N 区中的少数载流子——空穴则会越过交界面向对方区域运动,这种在内电场的作用下少数载流子的运动称为漂移运动。漂移运动使空间电荷区重新变窄,削弱了内电场强度。多数载流子的扩散运动和少数载流子的漂移运动最终达到动态平衡,PN 结的宽度一定。由于空间电荷区内没有载流子,所以又把空间电荷区称为耗尽层。

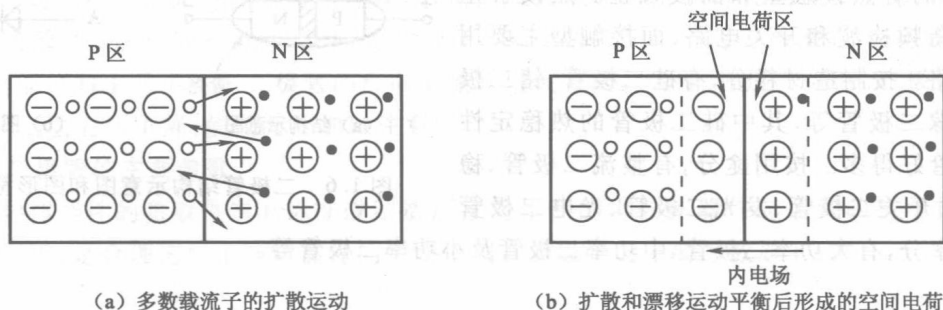


图 1.3 PN 结的形成过程

(2) PN 结的单向导电特性。PN 结是构成各种半导体器件的基本单元,使用时总是加有一定的电压。在 PN 结两端外加电压,称为给 PN 结加偏置电压。

在 PN 结上外加正向电压,即 P 区接高电位,N 区接低电位,此时称 PN 结为正向偏置(简称正偏),如图 1.4 所示。

由于外加电压产生的外电场与 PN 结产生的内电场方向相反,所以削弱了内电场,使 PN 结变窄,有利于两区的多数载流子向对方扩散,形成正向电流 I_F ,此时 PN 结处于正向导通状态。

在 PN 结上外加反向电压,即 P 区接低电位,N 区接高电位,此时称 PN 结为反向偏置(简称反偏),如图 1.5 所示。

此时外加电场与内电场方向一致,因而加强了内电场,使 PN 结变宽,阻碍了多子扩散运动。两区的少数载流子在回路中形成极小的反向电流 I_R ,则称 PN 结反向截止,这时 PN 结呈高阻状态。

应当指出:少数载流子是由于热激发产生的,因而 PN 结的反向电流受温度影响很大。

综上所述,PN 结具有单向导电特性,即正向偏置时呈导通状态,反向偏置时呈截止状态。

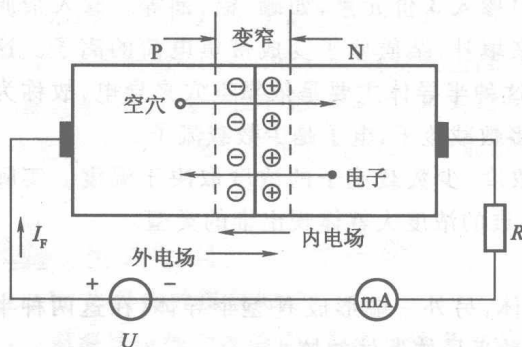


图 1.4 PN 结加正向电压

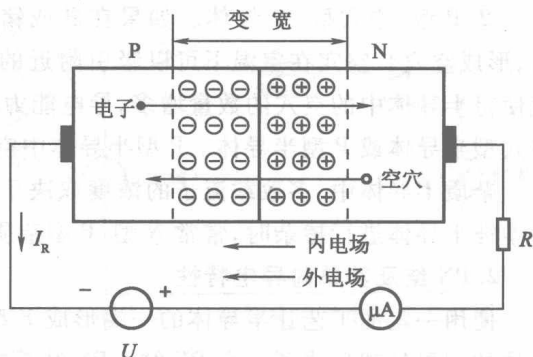


图 1.5 PN 结加反向电压

3. 二极管的结构和类型

(1) 二极管的结构。二极管是各种半导体器件及其应用电路的基础,二极管由一块 PN 结加上相应的引出端和管壳构成。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)。普通二极管的外形如图 1.1 所示,结构示意图如图 1.6(a)所示,图形符号如图 1.6(b)所示。电路符号中的三角形实际上是一个箭头,箭头方向表示二极管导通时电流的方向。在二极管的外形图中,生产厂家都在二极管的外壳上用特定的标记来表示正负极。最明确的表示方法是在外壳上画有二极管的符号,箭头指向一端为二极管的负极;螺栓式二极管带螺纹的一端是二极管的负极,它是一种工作电流很大的二极管;许多二极管上画有色环,带色环的一端则为二极管的负极。

(2) 二极管的类型。二极管的种类很多,按结构分,常见的有点接触型和面接触型。点接触型主要用在高频检波和开关电路,面接触型主要用在整流电路。按制造材料分,有硅二极管、锗二极管和砷化镓二极管等,其中硅二极管的热稳定性比锗二极管好得多。按用途分,有整流二极管、稳压二极管、开关二极管、发光二极管、光电二极管等。按功率分,有大功率二极管、中功率二极管及小功率二极管等。

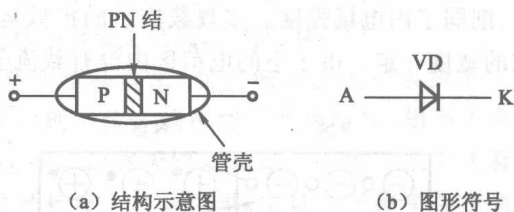


图 1.6 二极管结构示意图和图形符号

4. 二极管的伏安特性

二极管的管芯是一块 PN 结, 它的特性就是 PN 结的单向导电特性。为了形象地描述二极管的单向导电特性, 常用伏安特性曲线来表示。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。由晶体管特性图示仪测出二极管的伏安特性曲线如图 1.7 所示。下面对二极管的伏安特性曲线加以说明。

(1) 正向特性。二极管两端加正向电压很小时, 正向电压的外电场还不足以克服内电场对扩散运动的阻力, 正向电流很小, 几乎为零, 这部分区域称为“死区”, 相应的 A(A') 点的电压称为死区电压或阈值电压, 硅管的死区电压约为 0.5 V, 锗管的死区电压约为 0.1 V, 如图 1.7 中的 OA(OA') 段。

当外加的正向电压超过死区电压时, 正向电流就会急剧增大, 二极管呈现很小电阻而处于导通状态。导通后二极管两端的电压变化很小, 基本上是个常数。通常硅管的正向压降为 0.6~0.7 V, 锗管的正向压降约为 0.2~0.3 V, 如图 1.7 中的 AB(A'B') 段。

(2) 反向特性。二极管两端加上反向电压时, 在开始很大范围内, 二极管相当于非常大的电阻, 反向电流很小, 且基本上不随反向电压的变化而变化。此时的电流称为反向饱和电流 I_R , 如图 1.7 中的 OC(OC') 段。

二极管的反向电压增加到一定数值时, 反向电流急剧增大, 这种现象称为反向击穿。此时对应的电压称为反向击穿电压, 用 U_{BR} 表示, 如图 1.7 中的 CD(C'D') 段。

由以上分析可知: 二极管的本质就是一块 PN 结, 它具有单向导电特性, 是一种非线性器件。

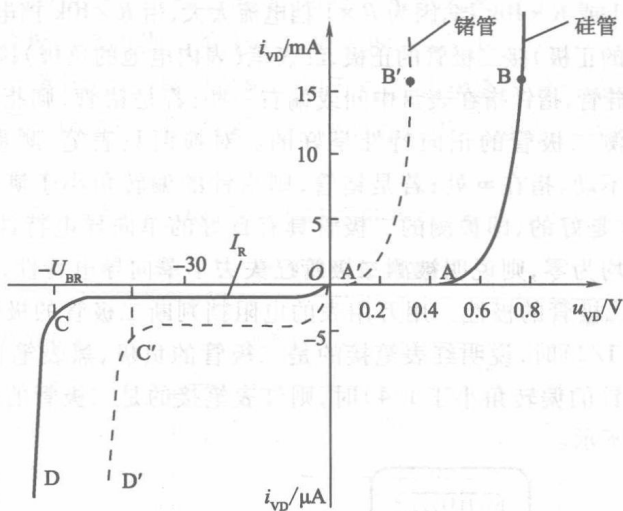


图 1.7 二极管的伏安特性曲线

(3) 温度对二极管的特性的影响。二极管的管芯是一块 PN 结, 它的导电性能与温度有关, 温度升高时二极管正向特性曲线向左移动, 正向压降减小。反向特性曲线向下移动, 反向电流增大。实验表明: 在同一正向电流的情况下, 温度每上升 1℃, 二极管的正向压降约减小 2.5 mV; 温度每上升 10℃, 二极管的反向电流约增大一倍。另外, 温度升高时, 二极管的反向击穿电压 U_{BR} 会有所下降, 使用时要加以注意。

5. 二极管的主要参数

半导体器件的参数是国家标准或制造厂家对生产的半导体器件应达到的技术指标所提供的技术要求, 是合理选用半导体器件的重要依据。二极管的主要参数如下:

最大整流电流 I_{FM} :是指在规定的环境温度(如 25 ℃)下,二极管长期工作时,允许通过的最大正向平均电流值。使用时应注意电流不能超过此值,否则会导致二极管过热而烧毁。对于大功率二极管必须按规定安装散热装置。

最高反向工作电压 U_{RM} :是指允许加在二极管上的反向电压的峰值,也就是通常所说的耐压值。器件手册中给出的最高反向工作电压 U_{RM} 通常为反向击穿电压的一半左右。

最大反向电流 I_{RM} :是指给二极管加最大反向电压时的反向电流值。其值越小,表明二极管的单向导电性越好。最大反向电流受温度影响大。硅管的反向电流一般在几微安以下,锗管的反向电流较大,为硅管的几十到几百倍。

二极管的直流电阻 R :是指加在二极管两端的直流电压与流过二极管的直流电流的比值。二极管的正向电阻较小,为几欧到几千欧;反向电阻很大,一般可达零点几兆欧,甚至更高。

最高工作频率 f_M :是指二极管正常工作时的上限频率值,它的大小与 PN 结的结电容有关,超过此值,二极管的单向导电特性变差。

6. 二极管的使用常识

(1) 二极管的选用原则。首先保证选用的二极管的参数能满足实际电路的要求,然后考虑经济实用。一般情况下整流电路首选热稳定性好的硅管,高频检波电路才选锗管。

(2) 用万用表检测二极管的质量和极性。在实际电路中,由于二极管的损坏而造成的故障是很常见的。因此,会用万用表判别二极管的好坏和极性是二极管应用中的一项基本技能。

① 用万用表检测二极管的好坏。对于小功率二极管,测量时,将万用表的电阻挡置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡(一般不用 $R \times 1$ 或 $R \times 10k$ 挡,因为 $R \times 1$ 挡电流太大,用 $R \times 10k$ 挡电压太高,都易损坏二极管)。黑表笔(表内电池的正极)接二极管的正极,红表笔(表内电池的负极)接二极管的负极,测量二极管的正向电阻。若是硅管,指针指在表盘中间或偏右一些;若是锗管,则指针指在表盘右端靠近满刻度处,这样表明被测二极管的正向特性是好的。对换两只表笔,测量二极管的反向电阻。若是硅管,则指针基本不动,指在 ∞ 处;若是锗管,则指针的偏转角小于满刻度的 $1/4$,这表明被测二极管的反向特性也是好的,即被测的二极管具有良好的单向导电特性。如果测得二极管的正、反向电阻均为 ∞ 或均为零,则说明被测二极管已失去了单向导电特性,不能使用。

② 用万用表判断二极管的极性。用万用表的电阻挡判断二极管的极性时,若测得的电阻较小(指针的偏转角大于 $1/2$)时,说明红表笔接的是二极管的负极,黑表笔接的是二极管的正极;若测得的电阻较大(指针的偏转角小于 $1/4$)时,则红表笔接的是二极管的正极,黑表笔接的是二极管的负极,如图 1.8 所示。

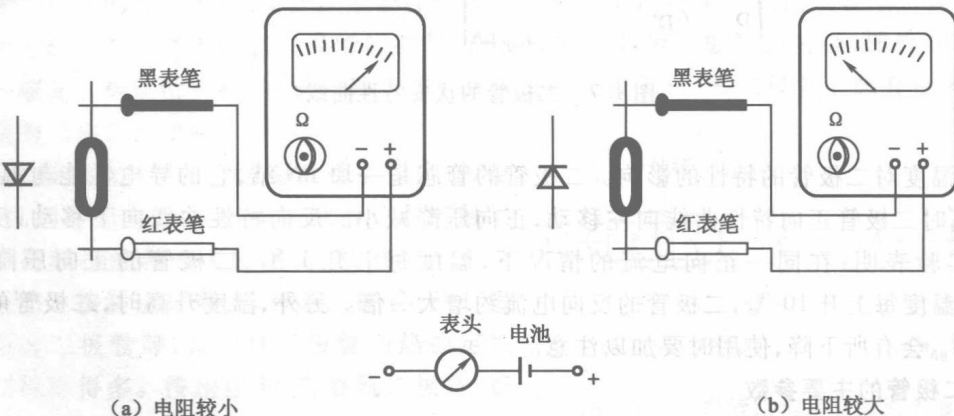


图 1.8 万用表简易测试二极管示意图

(3) 二极管使用注意事项。二极管使用时,应注意以下事项:二极管应按照用途、参数及使

用环境选择;使用二极管时,正、负极不可接反。通过二极管的电流,承受的反向电压及环境温度等都不应超过手册中所规定的极值;更换二极管时,应使用同类型或高一级的代替;二极管的引线弯曲处距离外壳端面应不小于 2 mm,以免造成引线折断或外壳破裂;焊接时应使用 35 W 以下的电烙铁,焊接要迅速,并用镊子夹住引线根部,以助散热,防止烧坏二极管;安装时,应避免靠近发热元件,对功率较大的二极管,应注意良好散热;二极管在容性负载电路中工作时,二极管整流电流 I_{FM} 应大于负载电流的 1.2 倍。

【实践操作】——做一做

1. 实践操作内容

普通二极管的识别与检测。

2. 实践操作要求

- (1) 认识和熟悉普通二极管的外观与型号;
- (2) 学会用万用表判别普通二极管的正、负极及质量;
- (3) 撰写检测报告。

3. 设备器材

- (1) 模拟式万用表,1 块;
- (2) 普通二极管(硅管、锗管),各 1 只。

4. 实践操作步骤

- (1) 直观识别二极管的极性。二极管的正、负极一般都在外壳上标注出来,标有色点的一端是正极,标志环一端是负极。试识别所给定的二极管的正、负极。
- (2) 用万用表检测二极管的正、反向电阻。用万用表的欧姆挡 $R \times 100$ 或 $R \times 1\text{ k}$ 挡,分别测量两个二极管的正向电阻和反向电阻,判断二极管的好坏及二极管的极性,将二极管的型号及测试结果填入表 1.1 中。
- (3) 查阅电子器件手册,查出给定的二极管的有关参数,填入表 1.1 中。

表 1.1 普通二极管的测试

二极管的正向电阻、反向电阻			二极管的质量	二极管的主要参数		
				I_{FM}	U_{RM}	I_{RM}
硅管	正向电阻					
	反向电阻					
锗管	正向电阻					
	反向电阻					

5. 注意事项

测量二极管时注意万用表欧姆挡的量程及表笔的极性。

【问题思考】——想一想

二极管的导通、截止状态与电路中的开关器件有何相似之处?有何区别?

子任务 2 特殊二极管的特性测试

【器件认识】——认一认

观察图 1.9 所示的特殊二极管的外形。

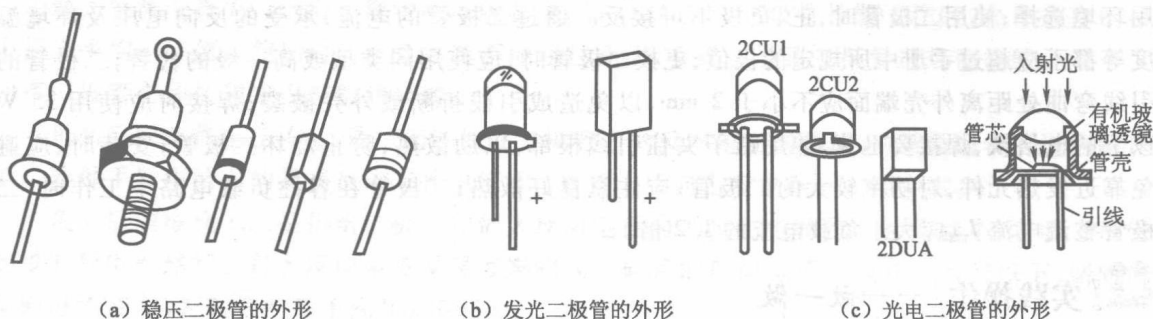


图 1.9 特殊二极管的外形

【现象观察】——看一看

(1) 按图 1.10 所示电路连接线路,图中的 U_1 由直流稳压电源 ($0 \sim 30 \text{ V}$) 提供,稳压管 VD_z 的型号为 1N47,电阻 R 为 $470 \Omega/1 \text{ W}$ 。测量当输入电压 U_1 分别为 20 V 、 25 V ,负载电阻 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 不变时的输出电压 U_o 的值;测量当输入电压 $U_1 = 20 \text{ V}$ 不变,负载电阻 R_L 分别为 $10 \text{ k}\Omega$ 、 $5 \text{ k}\Omega$ 时的输出电压 U_o 的值。根据测量的结果,总结输出电压变化的情况。

(2) 按图 1.11 所示电路连接线路,图中的电阻 $R = 1 \text{ k}\Omega$ 。接入电源电压 U ,并使 U 由 0 V 逐渐增大,直至发光二极管开始发光,继续增大输入电压,观察发光二极管发光强度随输入电压增大而变化的情况;将发光二极管反接,观察此时发光二极管的发光情况。

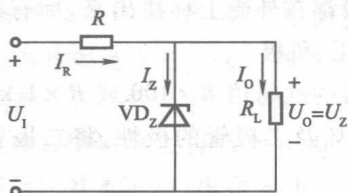


图 1.10 稳压管测试电路

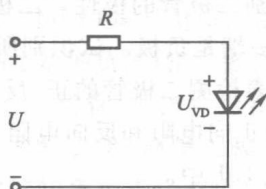


图 1.11 发光二极管测试电路

【相关知识】——学一学

除普通二极管外,还有一些特殊用途的二极管,如稳压二极管、发光二极管、光电二极管等。

1. 稳压二极管

稳压二极管是一种特殊的硅材料二极管,由于在一定的条件下能起到稳定电压的作用,故称为稳压二极管,常用于基准电压、保护、限幅和电平转换电路中。

稳压二极管的符号如图 1.12 所示。

(1) 稳压二极管的工作特性。稳压二极管的制造工艺采取了一些特殊措施,使它能够得到很陡直的反向击穿特性,并能在击穿区内安全工作。硅稳压二极管的伏安特性曲线如图 1.13 所示,它是利用二极管反向击穿时电流在很大范围内变化,而二极管两端的电压几乎不变的特点,实现稳压的。因此,稳压二极管正常工作时,工作于反向击穿状态,此时的击穿电压称为稳定工作电压,用 U_z 表示。

(2) 稳压二极管的主要参数:

稳定工作电压 U_z : 稳定工作电压 U_z 即反向击穿电压。由于击穿电压与制造工艺、环境温度及工作电流有关,因此在手册中只能给出某一型号稳压二极管的稳压范围,例如:2CW21A 的稳定工作电压 U_z 为 $4 \sim 5.5 \text{ V}$;2CW55A 的稳定工作电压 U_z 为 $6.2 \sim 7.5 \text{ V}$ 。但是,对于某一只具体的稳压二极管, U_z 是确定的值。

稳定工作电流 I_Z ：稳定工作电流 I_Z 是指稳压二极管工作在稳压状态时流过的电流。当稳压二极管反向电流小于最小稳定电流 I_{Zmin} 时，没有稳压作用；当稳压二极管反向电流大于最大稳定电流 I_{Zmax} 时，稳压二极管因过流而损坏。

最大耗散功率 P_{ZM} 和最大工作电流 I_{ZM} ： P_{ZM} 和 I_{ZM} 是为了保证稳压二极管不被热击穿而规定的极限参数，由稳压二极管允许的最高结温决定， $P_{ZM} = I_{ZM} U_Z$ 。

动态电阻 r_z ：动态电阻 r_z 是指稳压范围内电压变化量与相应的电流变化量之比，即 $r_z = \Delta U_Z / \Delta I_Z$ ，如图 1.13 所示。 r_z 值很小，约几欧到几十欧。 r_z 越小越好，即反向击穿特性曲线越陡越好，也就是说， r_z 越小，稳压性能越好。

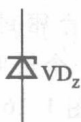


图 1.12 稳压二极管的符号

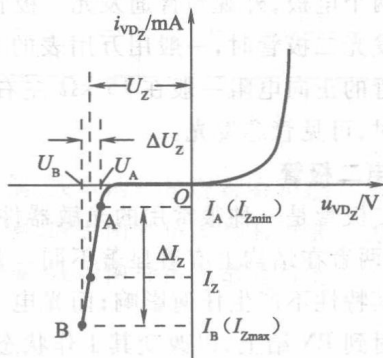


图 1.13 稳压二极管的伏安特性曲线

(3) 稳压二极管的使用。稳压二极管的极性判断方法与普通二极管的判断方法相同。

稳压二极管使用时应注意以下几点：稳压二极管的正极要接低电位，负极接高电位，保证工作在反向击穿区（除非用正向特性稳压）。为了防止稳压二极管的工作电流超过最大稳定电流 I_{Zmax} 而发热损坏，一般要串联一个限流电阻 R 。稳压二极管不能并联使用，以免因稳压值的差异造成各稳压二极管电流不均，导致稳压二极管过电流而损坏。

2. 发光二极管

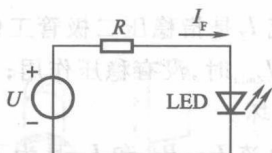
发光二极管，英文缩写为 LED。与普通二极管一样，也是由 PN 结构成的，同样具有单向导电特性，但在正向电流达到一定值时会发光，所以它是一种把电能转换成光能的半导体器件。它具有体积小、工作电压低、工作电流小、发光均匀稳定、响应速度快和寿命长等优点，其缺点是功耗较大。发光二极管常用作显示器件，如指示灯、七段显示器和矩阵显示器等。由于构成发光二极管的材料、封装形式、外形不同，因而它的类型很多，如单色发光二极管、变色发光二极管、闪烁发光二极管、电压型发光二极管、红外发光二极管、激光发光二极管等。

单色发光二极管的发光颜色有红、绿、黄、橙、蓝等，几乎所有设备的电源指示灯、手机背景灯、七段数码显示器件都是使用的单色发光二极管。单色发光二极管的符号如图 1.14 所示。单色发光二极管的两根引脚中，长引脚是正极，短引脚是负极。

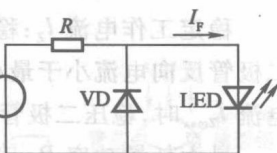
发光二极管的正向工作电压为 2~3 V，工作电流为 5~20 mA，一般 $I_{VD} = 1$ mA 时启辉。随着 I_{VD} 的增加，亮度不断增加。当 $I_{VD} \geq 5$ mA 以后，亮度并不显著增加。当流过发光二极管的电流超过极限值时，会导致发光二极管损坏。因此，发光二极管在使用时，必须在电路中串联限流电阻，如图 1.15(a) 所示。用交流电源驱动时，电路如图 1.15(b) 所示，二极管 VD 的作用是避免 LED 承受高的反向电压。



图 1.14 单色发光二极管的符号



(a) 直流驱动



(b) 交流驱动

图 1.15 LED 的驱动电路

目前有一种 BTV 系列的电压型发光二极管,它将限流电阻集成在管壳内,与发光二极管串联后引出两个电极,外观与普通发光二极管相同,使用更为方便。

检测发光二极管时,一般用万用表的 $R \times 10k$ 挡,方法和普通二极管的一样。正常情况下,发光二极管的正向电阻一般在 $15 k\Omega$ 左右,反向电阻为无穷大。灵敏度高的发光二极管,在测正向电阻时,可见管芯发光。

3. 光电二极管

光电二极管是一种很常用的光敏器件。与普通二极管相似,它也是具有一个 PN 结的半导体器件,但两者在结构上有着显著不同。普通二极管的 PN 结是被严密封装在管壳内的。光线的照射对其特性不产生任何影响;而光电二极管的管壳上则开有一个透明的窗口,光线能透过此窗口照射到 PN 结上,以改变其工作状态。光电二极管的符号如图 1.16 所示。

光电二极管工作在反偏状态,它的反向电流随光照强度的增加而上升,用于实现光电转换功能。光电二极管广泛用于遥控接收器、激光头中。当制成大面积的光电二极管时,能将光能直接转换成电能,也可当作一种能源器件,即光电池。

光电二极管的检测方法是:将万用表的欧姆挡置于 $R \times 1k$ 挡,用手捂住或用一黑纸片遮住光电二极管的窗口,用黑表笔接正极,红表笔接负极,测得的正向电阻值为 $10 \sim 20 k\Omega$;交换表笔,指针不动,测得的反向电阻为无穷大。当受到光线照射时,反向电阻显著变化,正向电阻不变。在上述测量中,若正、反向电阻都很小或都很大,则说明光电二极管已经击穿或内部开路。



图 1.16 光电二极管的符号



【实践操作】——做一做

1. 实践操作内容

特殊二极管的识别与检测。

2. 实践操作要求

- (1) 学会用万用表判别稳压二极管的正、负极及质量;
- (2) 学会用万用表判别发光二极管的正、负极及质量;
- (3) 撰写检测报告。

3. 设备器材

- (1) 模拟式万用表,1 块;
- (2) 稳压二极管、发光二极管,各 1 只。

4. 操作步骤

(1) 稳压二极管的识别与检测。直观识别所给定的稳压二极管的正、负极。然后将万用表的欧姆挡置于 $R \times 10k$ 挡,测量二极管的反向电阻,若此时的阻值变得较小,说明该二极管是稳压二极管,将结果填入表 1.2 中。

(2) 发光二极管的识别与检测。直观识别所给定的发光二极管的正、负极。然后将万用表

的欧姆挡置于 $R \times 10k$ 挡,测量发光二极管的正、反向电阻,判断其正、负极。用万用表外接 1 节 1.5 V 的电池,万用表的量程置 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡,黑表笔接电池的负极,红表笔接发光二极管的负极,电池正极接发光二极管的正极,发光二极管若能正常发光则表示其质量合格。将结果填入表 1.2 中。

表 1.2 稳压二极管、发光二极管的检测与参数

序号	标志符号	万用表量程	正向电阻值	反向电阻值	类型判别	质量判别
1						
2						
3						



【问题思考】——想一想

- (1) 稳压二极管正常工作时,其偏置是正偏还是反偏,或者两种情况都有可能?为什么?
- (2) 发光二极管正常工作时,其偏置是正偏还是反偏,或者两种情况都有可能?为什么?
- (3) 光电二极管正常工作时,其偏置是正偏还是反偏,或者两种情况都有可能?为什么?