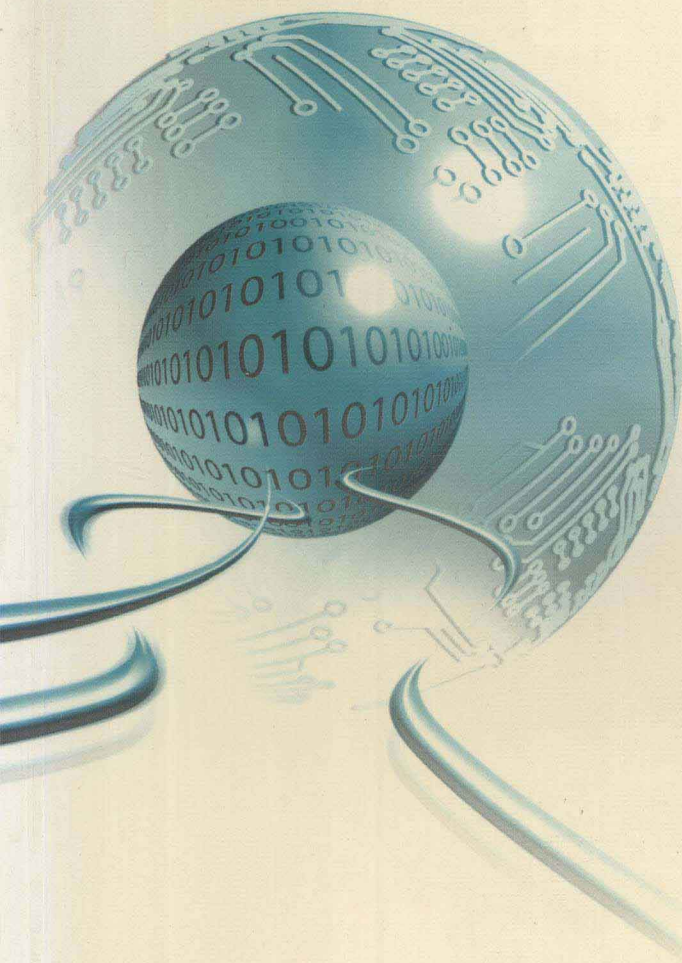


21 世纪中等职业教育“2+1”模式规划教材



电子技术基础

DIANZI
JISHU
JICHU

主编 丁卫民
主审 李高斗

术基础 电子技术基础 电子技术基础 电子技术基础 电子技术基础



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪中等职业教育“2+1”模式规划教材

电子技术基础

主 编 丁卫民

西南交通大学出版社
• 成都 •

内 容 提 要

本书作为 21 世纪中等职业教育“2+1”模式规划教材,具有鲜明的时代气息和较强的实用性。

本书共分 7 章。内容包括:常用半导体器件、三极管放大电路、整流电路、数字电路基础、组合逻辑电路、触发器和常用时序逻辑电路。

本书内容简明,文字叙述详细,阐述严谨,例题、习题丰富。可作为中等职业学校机电、数控、空调、运输等非电类专业“电子技术基础”课程的教材;也可供高等职业技术学院、职工培训或工程技术人员、技术工人等作为教材、参考书或自学之用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础 / 丁卫民主编. — 成都:西南交通大学出版社, 2008.8
21 世纪中等职业教育“2+1”模式规划教材
ISBN 978-7-5643-0026-5

I. 电… II. 丁… 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(2008)第 129598 号

21 世纪中等职业教育“2+1”模式规划教材

电 子 技 术 基 础

主 编 丁 卫 民

*

责任编辑 高 平

特邀编辑 张 阅

封面设计 翼虎书装

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 7.75

字数: 194 千字 印数: 1—3 000 册

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0026-5

定价: 13.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是依据中等职业学校非电类专业（机电、数控、空调、运输等专业）教学计划对电工学基础课程（包括电工技术基础和电子技术基础两门课程）教学的基本要求，并参照相应教学大纲，根据中等职业技术教育人才培养目标的要求而编写的。本书主要以作者二十多年的教学教案和教学随笔为基础，并且考虑到目前中职学生的水平状况和中职教材现状，对近几年的教学状况进行了分析、探讨和总结，还查阅了大量的参考资料，积极汲取各种现有教材的精华，进行了合理的组织和归纳。

本书作为 21 世纪中等职业教育“2+1”模式规划教材，在编写过程中，以服务专业、服务后续课程、服务应用、服务市场为宗旨，本着“必须、够用”的原则，使本书具有以下特点：

- (1) 大大降低了理论深度，省略了内部物理过程和特性的讨论，强化了外特性和实际应用，达到了复杂问题的简单化；理论问题的实用化。
- (2) 语言通俗，简洁明了，内容深入浅出、循序渐进，易于自学。
- (3) 习题易多难少，类型数量较多。适宜学后复习巩固。
- (4) 采用了最新的图形符号、字母符号和国际标准单位。
- (5) 内容的讨论尽量以定性为主、定量为辅。
- (6) 例题、习题贴近实际生活，让学生在做题的同时走进生活、走进实际，受到教育，提高素质，培养能力。

本书可作为中等职业技术学校非电类专业（机电、数控、空调、运输等专业）“电子技术基础”课程的教学用书或教学参考。也可供高等职业技术学院、职工培训或工程技术人员、技术工人等作为教材、参考书或自学之用。

全书共分 7 章，每章配有习题（包括填空、判断、简答、分析计算等类型）。

本书与作者编著的《电工技术基础》（西南交通大学出版社，2008 年）配套使用可作为中等职业学校非电类专业电工学基础课程的教材，本教材可供 50~68 学时教学使用。在讲授中，由于各学科专业的要求不同，各校可根据具体的授课学时和专业要求对教材中的内容作适当的调整 and 选择。

本书承山西综合职业技术学院李高斗教授主审并提出宝贵意见，特此表示衷心感谢！

由于作者水平有限和编写时间仓促，书中错误或不妥之处在所难免，恳请各位专家和广大读者批评指正。

编 者
2008 年 5 月

目 录

绪 论	1
第一章 常用半导体器件	3
第一节 半导体	3
一、纯净半导体	3
二、掺杂半导体	3
三、PN 结及其单向导电性	4
第二节 半导体二极管	5
一、二极管的结构和符号	5
二、二极管的伏安特性	5
三、二极管的主要参数	6
四、特殊二极管	7
第三节 半导体三极管	8
一、半导体三极管的结构	8
二、三极管的作用	9
三、三极管的特性曲线	11
四、三极管的主要参数	12
第四节 晶闸管	13
一、晶闸管的结构	13
二、晶闸管的工作特性	14
三、晶闸管的主要参数	15
习 题	16
第二章 三极管放大电路	20
第一节 单管电压放大电路	20
一、电路组成及各元器件作用	20
二、放大电路的静态	21
三、放大电路的动态	22
四、放大电路的图解分析及波形失真	23
五、放大电路中的特性指标	26
第二节 放大电路中的负反馈	28

一、负反馈的概念	28
二、工作点稳定的分压式电流负反馈电路	29
第三节 功率放大电路	30
一、功率放大电路的一般要求及解决措施	30
二、OCL 电路	31
三、OTL 电路	32
第四节 多级放大电路	33
一、放大电路的级间耦合方式	33
二、两级阻容耦合放大电路	34
第五节 集成运算放大器	35
一、集成运算放大器的结构和特性	35
二、集成运算放大器的应用	37
习 题	41
第三章 整流电路	46
第一节 单相整流电路	46
一、单相半波整流电路	46
二、单相桥式整流电路	48
第二节 滤波电路	50
一、电容滤波	50
二、电感滤波	51
三、复式滤波器	52
四、有源滤波	52
第三节 稳压电路	53
一、稳压管并联型稳压电路	53
二、晶体管串联型稳压电路	54
三、集成稳压器	55
第四节 调压电路	57
一、直流调压电路	57
二、交流调压电路	59
习 题	59
第四章 数字电路基础	62
第一节 数字信号与数字电路	62
一、数字信号	62
二、数字电路的特点	63
第二节 数制与码制	64
一、数 制	64

二、码制	69
第三节 逻辑门电路	70
一、3种基本逻辑关系	70
二、基本逻辑门电路	71
三、复合逻辑门电路	73
四、逻辑函数及表示	76
第四节 逻辑代数及逻辑函数的化简	78
一、逻辑代数	78
二、逻辑函数的化简	78
第五节 逻辑电路图、状态表与逻辑表达式的关系	79
一、已知逻辑函数表达式,列真值表、画逻辑图	79
二、已知逻辑图,写出逻辑函数表达式	80
三、已知真值表,写出逻辑函数表达式	81
第六节 集成 TTL 与非门电路	81
习 题	83
第五章 组合逻辑电路	88
第一节 组合逻辑电路的分析	88
第二节 常用组合逻辑电路简介	91
一、编码器	91
二、译码器	92
三、数据选择器	94
习 题	96
第六章 触发器	97
第一节 RS 触发器	97
一、基本 RS 触发器	97
二、同步 RS 触发器	99
第二节 JK 触发器	100
第三节 D 触发器和 T 触发器	102
一、D 触发器	102
二、T 触发器	103
习 题	103
第七章 常用时序逻辑电路	106
第一节 计数器	106
一、异步二进制加法计数器	106
二、集成计数器	108
第二节 寄存器	109

一、数码寄存器	109
二、移位寄存器	110
第三节 数字电路应用举例	111
一、半导体存储器	111
二、电子数字钟同步时序控制器	112
习 题	115
参考文献	116

绪 论

一、电子技术基础课程的性质、目的与要求

电子技术研究如何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。

本课程是中等职业学校非电类专业(包括机电、数控、空调、运输等专业)的一门技术基础课程,是理论性和实践性都较强的课程。其任务是使学生具备从事近电工作的高素质劳动者和初、中级专门人才所必需的电子技术的基本理论和基本技能,并为培养学生的创新能力和全面素质打下良好的基础。本课程主要包括模拟和数字两部分。模拟部分包括:半导体二极管、三极管、晶闸管,基本放大电路、集成运算放大电路、信号运算及处理、功率放大,整流、滤波、稳压和直流电源等。数字部分包括逻辑门电路、数制及逻辑代数、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路等。

通过理论和实践教学,使学生掌握电子技术中各种基本功能电路的工作原理、基本功能、性能特点及应用实例;熟悉常用电子仪器的正确使用方法;初步掌握查阅电子元器件手册并合理选用元器件的能力;具备应用常见模拟电路和数字电路的能力;具备测试常用电子线路的功能、性能及排除简单故障的能力;初步具有应用集成电路的能力,从而培养学生的辩证唯物主义观点,实事求是的科学态度,良好的职业道德,以及分析问题和解决问题的能力。

教学时,内容安排可参照下表(50~68课时)。

课 时 分 配 表

章	课题内容	学时 小计	课 时 分 配				
			讲课	实验	习题	现场教学	机动
第一章	常用半导体器件	6~8	4~6	2			
第二章	三极管放大电路	12~18	10~16	2			
第三章	整流电路	6~8	4~6	2			
第四章	数字电路基础	12~14	8~10	4			
第五章	组合逻辑电路	4~6	4~6				
第六章	触发器	6~8	4~6	2			
第七章	常用时序逻辑电路	4~6	4	0~2			
总课时	50~68	50~68	38~54	12~14			

二、学习电子技术基础课程的方法

电子技术的内容很广泛，理论性和系统性也很强，学生在学习时会感到内容抽象、枯燥乏味、难以理解。为了让学生消除困惑、尽快入门、最终学好本课程，下面对学习方法的提几点建议：

(1) 学习时对基本概念一定要搞清楚，尤其是对各种电子器件的学习，要特别注意特性的掌握，对内部机制了解即可，要搞清楚元件在电路中的应用、作用。这对学好后续内容非常重要。

(2) 在学习各种电子电路时，要把重点放在输出与输入的关系上，从各种形式上理解、认识和掌握。搞清元件、单元电路和组合电路的量值关系和特性联系。对不同的部件要注意进行总结对比，找出它们在基本结构及工作原理上的异同之处，认清它们各自的特点和本质区别，防止张冠李戴、混淆不清。

(3) 课后要及时复习并仔细阅读教科书和有关参考书，遇到不理解的问题应及时解决；要在搞清公式的物理意义及应用条件的基础上再去完成作业，防止盲目套用公式。

此外，还必须认真地进行实验，通过实验可以使学到的理论知识得到验证和巩固、熟悉电子设备的使用和操作方法、掌握实验技能、培养分析问题和解决问题的能力。只要认真学习并注意改进学习方法，就一定会取得好的学习效果。

第一章 常用半导体器件

常用半导体器件主要包括半导体二极管、三极管、场效应管、晶闸管等。半导体器件具有体积小、重量轻、耗电省、寿命长、工作可靠、价格低廉等优点，因而得到广泛的应用。

本章主要介绍半导体二极管、三极管、晶闸管的结构、符号、特性及使用方法。

第一节 半导体

在自然界中，存在着许多不同的物质，有的物质很容易传导电流，称为导体，金属一般都是导体，如常用的铜、铝、银等。也有的物质几乎不传导电流，称为绝缘体，如橡胶、陶瓷、塑料、石英等。此外还有一类物质，它的导电性能介于导体和绝缘体之间，称为半导体，如四价元素硅、锗、硒等都是常用的半导体材料。因此，我们一般用导电能力很强的导体作为传输电流的材料，如导线线芯、半导体器件的管脚；用导电能力很差的绝缘体作为电路和电气设备中的绝缘材料，如导线绝缘外皮等；而用半导体材料通过特殊工艺做成半导体器件，构成电子电路，如二极管、三极管等。

一、纯净半导体

只含有一种元素的半导体称为纯净半导体，纯净的半导体材料在常温下导电能力很差。因为它的原子最外层有 4 个价电子（如单晶硅中的每个原子），用它的 4 个价电子与相邻的 4 个硅原子中的 1 个价电子结合组成共价键，使每个硅原子最外层电子达到 8 个电子的稳定结构，电子被束缚在原子周围而不能自由移动。半导体中共价键的束缚力较弱，常因热运动或光照等能量激发使部分价电子获得足够大的能量，摆脱原子束缚而成为自由电子，使半导体导电能力增强。这就是半导体材料热稳定性差的原因。

二、掺杂半导体

如果在纯净的半导体中掺入少量杂质元素，其导电能力将会显著增强。若在硅（Si）半导体中掺入五价元素如磷（P）、砷（As）等，由于这些杂质元素原子最外层是 5 个电子，在

与硅原子形成共价键时，多出 1 个电子不能结合在共价键内，这个多余的电子就容易摆脱原子束缚成为自由电子。每掺入 1 个五价杂质原子就能形成 1 个自由电子，掺入杂质越多，导电能力就越强，这就是以自由电子导电为主的半导体，称为 N 型半导体。若掺入少量的三价元素如硼（B）等，在形成共价键时，杂质原子最外层形成 1 个空位，称为空穴，这就形成了以空穴导电为主的半导体，称为 P 型半导体。

显然自由电子带负电，空穴带正电，它们均可参与导电，这就是半导体导电的基本特征。

三、PN 结及其单向导电性

PN 结是构成半导体二极管、三极管、大规模集成电路等许多半导体器件的基本单元。在一块完整的半导体芯片上（如硅或锗），通过不同的掺杂工艺，使其一边形成 N 型半导体，另一边形成 P 型半导体，在这两中杂质半导体的界面处会形成一个具有特殊性质的薄层，这个特殊的薄层就是 PN 结，如图 1.1 所示。

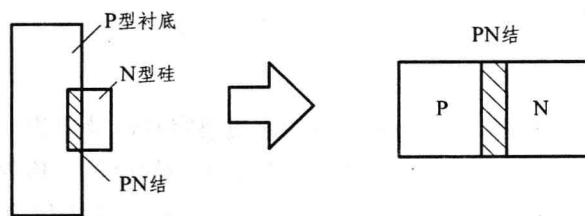


图 1.1 PN 结结构

在不同极性外加电压的作用下，流过 PN 结的电流大小是不同的。

如图 1.2 (a) 所示，在 PN 结上加正向电压，即 P 区接电源正极，N 区接电源负极。这种接法使 PN 结处于正向偏置状态，PN 结正向导通，呈现低电阻特性，电路中形成较大电流，串联在电路中的小电珠发光。

如图 1.2 (b) 所示，在 PN 结上加反向电压，即 P 区接电源负极，N 区接电源正极。这种接法使 PN 结处于反向偏置状态，PN 结反向截止，呈现高电阻特性，电路中几乎没有电流，小电珠不亮。

由此可见，PN 结正向偏置时导通，反向偏置时截止，因此，PN 结具有单向导电性。

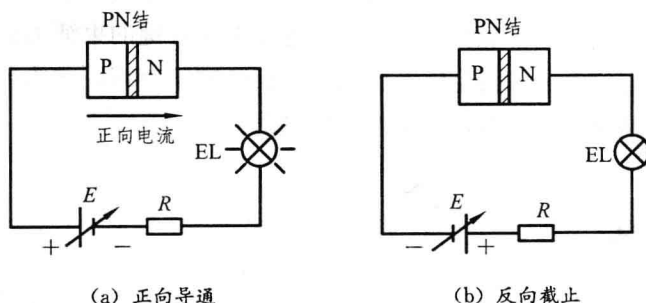


图 1.2 PN 结的单向导电性

第二节 半导体二极管

一、二极管的结构和符号

在一个 PN 结的两侧分别引出电极引线，再用管壳封装就可制成半导体二极管，它的管芯就是一个 PN 结。半导体二极管的两个电极分别称为阳极（或正极）和阴极（或负极）。阳极从 P 区引出，阴极从 N 区引出。二极管用字母“D”表示，如图 1.3 所示为二极管结构示意图和符号。

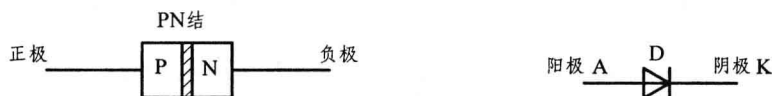


图 1.3 二极管结构示意图和符号

按芯片材料的不同，二极管主要有硅二极管和锗二极管两种。硅材料反向电流小，工作温度和温度稳定性高，因此，大功率整流管几乎都采用硅管。锗管的工作频率高，常用于高频整流与检波电路。

二、二极管的伏安特性

二极管的主要特性就是 PN 结的特性，也就是正向导通、反向截止的单向导电性，可用伏安特性曲线来直观描述。伏安特性曲线是指流过二极管的电流 I 与加在二极管两端的电压 U 之间的关系曲线，如图 1.4 所示，分为正向特性和反向特性两部分。

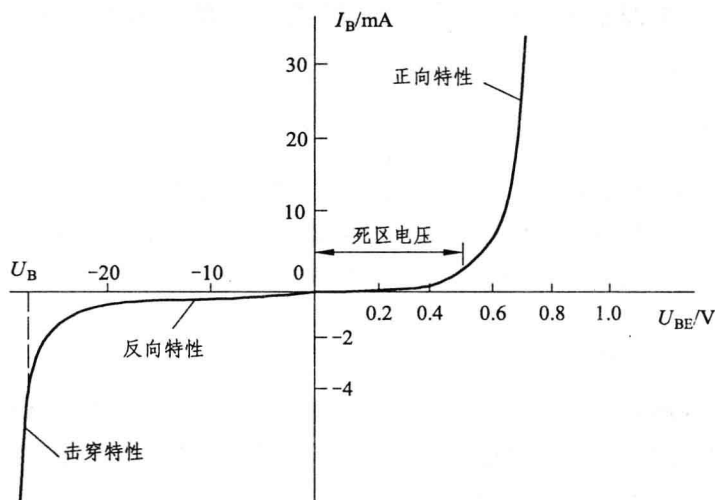


图 1.4 二极管的伏安特性

1. 二极管的正向特性

从正向曲线知,当加于二极管两端的正向电压很小且小于某一数值时,二极管中的正向电流很小,近似为零,此电压值称为死区电压,这段区域称为二极管的死区。硅管的死区电压约为 0.5 V ,锗管的死区电压约为 0.2 V 。

当正向电压超过死区电压后,二极管开始导通,正向电流随电压增大而迅速增大。二极管导通后,电流在一定范围内变化,正向电压降(阳极与阴极的电位差)却几乎维持不变,该电压降称为二极管的导通电压,也即正向管压降。在常温下,硅管的正向管压降约为 0.7 V ,锗管的正向管压降约 0.3 V 。

2. 二极管的反向特性

当二极管两端加上反向电压时,由于二极管反向偏置时呈高阻特性,只有极小的反向电流,约为几到几十微安。当反向电压小于某一数值时,反向电流大小基本恒定,不随反向电压的增大而增大,故称为反向饱和电流,二极管处于截止状态。当反向电压超过某一数值时,反向电流突然急剧增加,管子不再截止而失去单向导电性,这种现象称为反向击穿,对应的反向电压称为反向击穿电压。二极管一旦发生反向击穿,由于电流、电压值均很大,将使管子过热甚至损坏。所以在使用二极管时,所加反向电压应远小于其反向击穿电压,以保证二极管可靠工作。

在分析电路时,常将二极管理想化,即忽略死区、管压降和反向饱和电流,认为正向导通时正向压降为 0 ,相当于开关闭合;在反向截止时反向电流为 0 ,相当于开关断开,这样有利于简化分析过程。

三、二极管的主要参数

二极管的参数是定量描述二极管性能的质量指标。只有正确理解这些参数的意义,才能合理选用二极管。

1. 最大整流电流 I_{FM}

I_{FM} 是指二极管长期运行时允许通过的最大正向平均电流值,其数值与PN结的材料、面积及散热条件有关。实际使用时,流过二极管的最大平均电流值不能超过 I_{FM} ,否则二极管会因过热而损坏,这是表征二极管极限运用的参数。

2. 最高反向工作电压 U_{RM}

U_{RM} 是指二极管在使用时所允许加的最大反向电压,通常以二极管反向击穿电压的一半左右作为二极管的最高反向工作电压。二极管在实际使用时所承受的最大反向电压不应超过此值,否则,二极管就会有反向击穿的危险。这也是表示二极管极限运用的参数。

此外还有最大反向电流、正向管压降、工作频率等参数,选用二极管时,可根据需要给予考虑。

四、特殊二极管

前面介绍的是普通二极管，除此以外还有一些特殊用途的二极管，如稳压管、发光二极管、光电二极管等。

1. 稳压管

稳压管实质上也是一种二极管，它是用特殊工艺制作，使其反向击穿电压很低（一般为几到十几伏）。使用时，它的阴极接外加电压的正端，阳极接负端，管子反向偏置，工作在反向击穿状态，利用它的反向击穿特性稳定直流电压。为了与一般二极管区别，它的符号如图 1.5 (a) 所示，并标为 D_Z 。

稳压管的主要用途是稳定电压，我们通过它的伏安特性来说明。如图 1.5 (b) 所示是稳压管的伏安特性曲线，它通常工作在反向击穿特性的 A、B 点之间。当通过稳压管的反向电流 I_Z 。

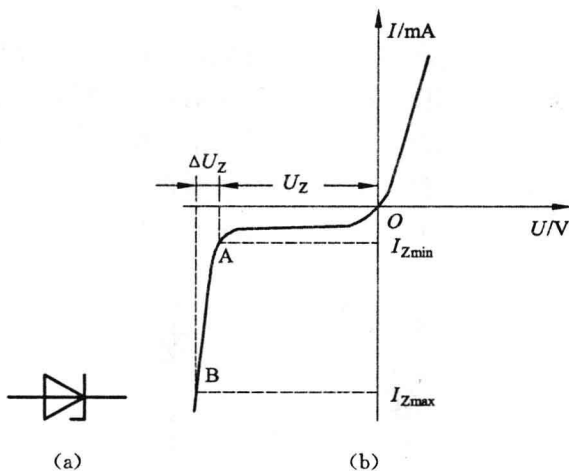


图 1.5 稳压管的电路符号及伏安特性

在 $I_{Zmin} < I_Z < I_{Zmax}$ 之间变化时，两端电压 U_Z 基本保持稳定，稳压管正是利用这一点实现稳压作用。稳压管被反向击穿不一定会损坏，只要限制流过管子的反向电流就可保证不因过热而损坏。

在使用稳压管时，要注意以下两个参数：

(1) 稳定电压 U_Z ：指稳压管中电流为规定电流时，两端的工作电压。

(2) 工作电流 I_Z ：指管子正常工作时，允许流过的电流值，即 $I_{Zmin} < I_Z < I_{Zmax}$ 。若流过稳压管的电流小于 I_{Zmin} ，管子不能正常工作，起不到稳压作用；若大于 I_{Zmax} 时，管子将过热损坏。

2. 发光二极管

发光二极管 (LED) 是一种把电能转换成光能的发光元件，如图 1.6 所示为几种常见的发光二极管外形及其图形符号。

它与普通二极管一样，管芯是 PN 结，具有单向导电性。当给发光二极管加上正向电压时，它能发出一定颜色的光。光的颜色取决于制作二极管的材料，不同的材料可使二极管发红光、绿光、黄光。发光二极管可用作电子设备的通断指示灯、数字电路中的数码及图形显示等。

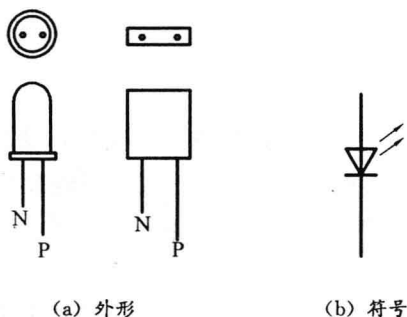


图 1.6 发光二极管外形及图形符号

3. 光电二极管

光电二极管也由一个 PN 结组成，具有单相导电性。它是一种光控器件，它的管壳上有一个玻璃窗口，以便接受光照，如图 1.7 所示为常见的光电二极管外形及其图形符号。

光电二极管工作在反向偏置状态，当在 PN 结上加上反向电压，再用光照射到 PN 结上时，就能形成反向的光电流，光电流大小与光照强度成正比。

光电二极管用途广泛，可用于光的测量、光电编码、光电池等。

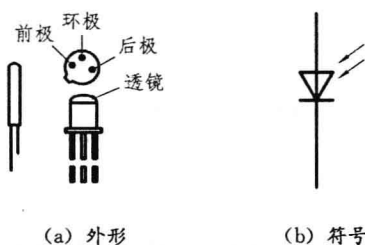


图 1.7 光电二极管外形及图形符号

第三节 半导体三极管

一、半导体三极管的结构

在一块半导体芯片上，通过掺杂等工艺形成 3 个大小不等的导电区域和两个 PN 结，分别从 3 个区引出电极引线，加上管壳封装，就制成三极管了。

如图 1.8 所示是三极管的结构示意图和图形符号。图中两个 PN 结的公共区域叫基区，基区两侧面积较大的区叫集电区，另一个是发射区，引出的电极分别叫基极 (B)、集电极

(C)、发射极 (E)。两个 PN 结分别称为发射结和集电结。根据组成 3 个区的 P 型和 N 型的排列顺序的不同, 三极管分为 PNP 型和 NPN 型两类。

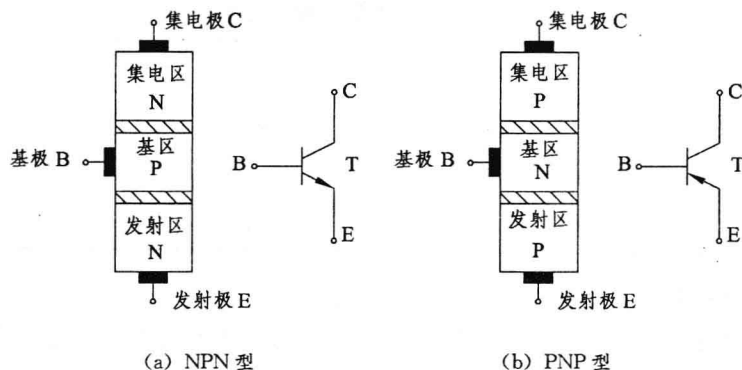


图 1.8 三极管的结构示意图和图形符号

三极管按芯片材料的不同, 有硅管和锗管两种, 两种又各有 PNP 型和 NPN 型两种。两种管型的工作原理相同, 但在构成电路时, 外接直流电源的极性不同, 管内各极电流方向不同。为讨论方便, 我们以 NPN 型三极管为例。

二、三极管的作用

三极管在不同的外部电压作用条件下, 可呈现出 3 种特性, 也就是具有 3 种工作状态, 这也反映了三极管的 3 种作用。

1. 电流放大作用

当满足以下工作条件, 三极管工作在放大状态, 起电流放大作用。这就是在发射结 (BE 两极间) 加正向电压, 同时在集电结 (BC 两极间) 加反向电压。具体地说就是使其基极电位高于发射极电位而低于集电极电位, 即发射结正向偏置, 集电结反向偏置。

三极管具有电流放大作用, 即当基极有 1 个较小的电流变化时, 集电极就随着有大的电流变化。为更深刻地理解三极管的电流放大作用, 我们将三极管组成如图 1.9 所示的电路来分析。

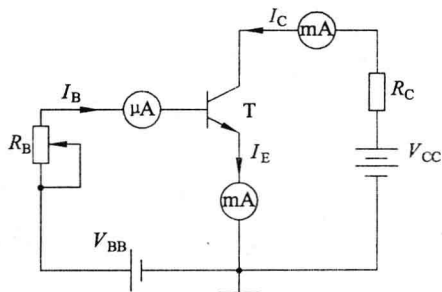


图 1.9 三极管各极电流分配

在图 1.9 中, 当基极电阻 R_B 变化时, 基极电流 I_B 发生变化, 我们使 I_B 分别为 $0 \mu\text{A}$ 、