



中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

电子线路

dianzi xianlu

■ 主编 孙成林 杨晓剑



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

电 子 线 路

主 编 孙成林 杨晓剑

副主编 刘知良 张文兵

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

职业教育培养的是面向生产的技术型人才,本课程是电子技术应用专业的一门重要基础理论课,主要任务是学习后续的相关专业课程和从事电子技术应用工作打好基础。根据中等职业学校学生情况及国内外教材编写经验,为更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,本书严格按照国家教育部最新颁发的教学大纲编写,编写过程中删去了较深的理论推导和复杂的数学运算,突出基本概念与应用,叙述深入浅出,力求做到“通俗易懂、好教好学”。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子线路/孙成林,杨晓剑主编. —北京:北京理工大学出版社,2009.8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2586 - 1

I. 电… II. ①孙…②杨… III. 电子电路 - 专业学校 - 教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 137387 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10.75

字 数 / 275 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 17.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想。主要从以下三个角度切入:

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把就业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

中取职业教育的专业课程都有其内核的稳定性,这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

前 言



职业教育培养的是面向生产的技术型人才,本课程是电子技术应用专业的一门重要基础理论课,主要任务是为学习后续的相关专业课程和从事电子技术应用工作打好基础。根据中等职业学校学生情况及国内外教材编写经验,为更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,本书严格按照国家教育部最新颁发的教学大纲编写,编写过程中删去了较深的理论推导和复杂的数学运算,突出基本概念与应用,叙述深入浅出,力求做到“通俗易懂、好教好学”。

该书分两大部分,分别全面、系统地介绍了模拟电路与数字电路的基础知识。模拟电路部分主要包括半导体二极管和三极管、基本放大电路、集成运算放大电路、放大电路中的反馈、模拟运算放大电路、正弦波振荡电路、功率放大器、直流稳压电源等知识;数字电路部分包括数字电路基础、触发器、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形电路等知识。

在本书编写过程中参考了大量的文献资料,在此对其作者一并表示感谢。由于作者水平有限,加上时间仓促,书中难免存在不足之处,恳请读者多提宝贵意见,以便进一步修改。

编者

目 录

第一章 半导体器件	1
第一节 晶体二极管	1
第二节 晶体三极管	7
第三节 场效应晶体管	12
第二章 放大电路基础	16
第一节 放大器的基本概念	16
第二节 单级低频小信号放大器	18
第三节 放大电路的分析方法	23
第四节 放大电路的三种基本接法	27
第五节 多级放大电路	30
第三章 集成运算放大电路	35
第一节 差分放大器	35
第二节 集成运算放大器	39
第四章 放大电路中的反馈	44
第一节 反馈的基本概念	44
第二节 负反馈对放大器性能的影响	47
第三节 四种负反馈放大电路分析	50



第五章 模拟信号运算电路	54
第六章 正弦波振荡器	59
第一节 自激振荡器的基本原理	59
第二节 LC 正弦波振荡器	61
第三节 石英晶体振荡器	66
第四节 RC 振荡器和压控振荡器	69
第七章 低频功率放大器	73
第一节 低频功率放大器的基本要求和分类	73
第二节 互补对称功率放大器	76
第三节 集成功率放大器介绍	80
第八章 直流稳压电源	82
第一节 直流稳压电源概述	82
第二节 两种类型的稳压电路概述	83
第三节 整流与滤波电路	86
第四节 集成稳压电源	89
第九章 数字电路基础知识	93
第一节 数制与码制	93
第二节 门电路	96
第三节 $CMOS$ 门电路	100
第四节 数字集成门电路	104
第十章 逻辑代数基础	107
第一节 逻辑电路的几个规定	107
第二节 逻辑代数的基本定律和逻辑函数的化简	108



第十一章 组合逻辑电路	114
第一节 组合逻辑电路的分析和设计方法.....	114
第二节 编码器.....	118
第三节 译码器.....	121
第四节 数据选择器与分配器.....	124
第十二章 集成触发器	128
第一节 RS 触发器	128
第二节 JK 触发器	131
第三节 D 触发器和 T 触发器.....	133
第四节 触发器的功能转换.....	135
第十三章 时序逻辑电路	138
第一节 时序逻辑电路的特点和分类.....	138
第二节 计数器.....	139
第三节 寄存器.....	145
第十四章 脉冲波形的产生和变换	149
第一节 概 述.....	149
第二节 单稳态触发器.....	153
第三节 多谐振荡器.....	155
第四节 施密特触发器.....	156
第五节 555 时基电路	159

半导体器件



本章概述

物质存在的形式多种多样, 固体、液体、气体、等离子体, 等等。我们通常把导电性和导热性差或不好的材料, 如金刚石、人工晶体、琥珀、陶瓷等, 称为绝缘体。而把导电、导热都比较好的金属如金、银、铜、铁、锡、铝等称为导体。可以简单地把介于导体和绝缘体之间的材料称为半导体。与导体和绝缘体相比, 半导体材料的发现是最晚的, 直到 20 世纪 30 年代, 当材料的提纯技术改进以后, 半导体的存在才真正被学术界认可。

硅是半导体材料之一, 它做出来的半导体器件(二极管、三极管、场效应晶体管), 可以构成集成电路、电子线路的基本元件。而这些器件正渐渐改变我们的日常生活, 为我们的衣食住行提供方便, 让我们由此走入电子的世界。



教学目标

1. 掌握: PN 结的基本原理及其特性; 晶体二极管的基本特性; 晶体二极管和晶体三极管器件的外形和电路符号; 三极管的电流分配关系。
2. 理解: 二极管的伏安特性曲线和主要参数; 三极管的放大作用和主要参数。
3. 了解: 半导体的基本物理知识; 三极管、场效应晶体管的结构、场效应晶体管的分类。

* * * * *

第一节

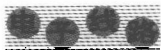
一、半导体的基本知识

1. 什么是半导体

半导体, 简言之, 就是电阻率介于金属和绝缘体之间并有负的温度系数的物质。用半导体材料做成的器件称为半导体管, 通常也叫做晶体管。

2. 半导体的分类

按化学成分可分为元素半导体和化合物半导体两大类:



锗和硅是最常用的元素半导体；化合物半导体包括Ⅲ - V族化合物（砷化镓、磷化镓等）、Ⅱ - VI族化合物（硫化镉、硫化锌等）、氧化物（锰、铬、铁、铜的氧化物），以及由Ⅲ - V族化合物和Ⅱ - VI族化合物组成的固溶体（镓铝砷、镓砷磷等）。

不含杂质且无晶格缺陷的半导体称为本征半导体。这种半导体有两种数目相等的载流子参与导电，一种是带负电荷的自由电子，一种是带正电荷的空穴，将它们合称为电子空穴对，这种由于电子 - 空穴对的产生而形成的混合型导电称为本征导电。

通过扩散工艺，在本征半导体中掺入少量合适的杂质元素，可得到杂质半导体。根据掺入杂质的不同，可得到两种不同类型的半导体：N型半导体和P型半导体。各种半导体之间的关系如图1-1所示。

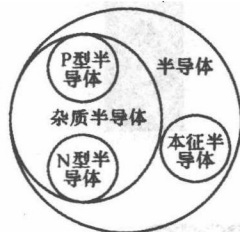


图 1-1 各种半导体之间的关系

(1) N型半导体 在纯净的硅晶体中掺入五价元素（如磷），使之取代晶格中硅原子的位置，就形成了N型半导体。N型半导体的特点是：自由电子数量远多于空穴数量，参与导电的主要是带负电的自由电子。

(2) P型半导体 在纯净的硅晶体中掺入三价元素（如硼），使之取代晶格中硅原子的位置，形成P型半导体。P型半导体的特点是：空穴远多于自由电子数量，参与导电的主要是带正电的空穴。

二、PN结和晶体二极管的结构和特性

1. PN结

如果在硅或锗本征半导体中采用掺杂工艺，使半导体的一边形成P型半导体，另一边形成N型半导体，则在这两种导电性能相反的半导体交界面上，将形成一个特殊的接触面，称为PN结。如图1-2(a)所示。将P型半导体与N型半导体制作在同一块硅片上，在无外电场和其他激发作用下，参与扩散运动的多子数目等于参与漂移运动的少子数目，从而达到动态平衡，形成PN结。

P端接电源的正极，N端接电源的负极称之为PN结正偏。此时PN结如同一个开关合上，呈现很小的电阻，称之为导通状态。P端接电源的负极，N端接电源的正极称之为PN结反偏，此时PN结处于截止状态，如同开关打开。结电阻很大，当反向电压加大到一定程度，PN结会发生击穿而损坏。这就是PN结的单向导电性。这一特性我们将在二极管部分进行详细讲解。

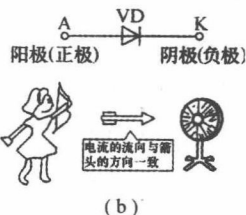
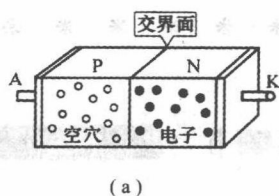


图 1-2 二极管的结构和符号

(a) PN结的形成结构；(b) 二极管的结构和符号

2. 晶体二极管的结构和电路符号

晶体二极管又称半导体二极管，简称二极管。它是将PN结用外壳封装起来，并从P区引出电极为正极，从N区引出电极为负极构成的。二极管有两个电极，通常称它们为正极

(阳极)和负极(阴极),其结构和符号见图1-2(b)。二极管通常用字母VD表示。常见的二极管的外形如图1-3所示。

3. 二极管的单向导电性

前面讲到,PN结具有单向导电性,二极管同样具有这个特性,符号上的箭头表示二极管导通时电流的方向。

(1) 正向特性 在电子电路中,将二极管的正极接在高电位端,负极接在低电位端,二极管就会导通,这种连接方式,称为正向偏置。必须说明,当加在二极管两端的正向电压很小时,二极管仍然不能导通,流过二极管的正向电流十分微弱。只有当正向电压达到某一数值(这一数值称为“门槛电压”,锗管约为0.2 V,硅管约为0.6 V)以后,二极管才能真正导通。导通后二极管两端的电压基本上保持不变(锗管约为0.3 V,硅管约为0.7 V),称为二极管的“正向压降”。

(2) 反向特性 在电子电路中,二极管的正极接在低电位端,负极接在高电位端,此时二极管中没有电流流过,此时二极管处于截止状态,这种连接方式,称为反向偏置。二极管处于反向偏置时,仍然会有微弱的反向电流流过二极管,称为漏电流。当二极管两端的反向电压增大到某一数值,反向电流会急剧增大,二极管将失去单方向导电特性,这种状态称为二极管的击穿。

4. 二极管的伏安特性曲线

加在二极管两端的电压 V_D 与流过二极管的电流 I_D 的关系曲线称为伏安特性曲线。

(1) 二极管的正向特性 二极管的正向特性曲线如图1-4中第一象限所示。它的主要特点是:

二极管两端加正向电压时,产生正向电流。当正向电压较小时,此时正向电流很小,二极管处于截止状态(OA段),通常称这一段为死区。相应于A点上的电压称为开启电压或门槛电压,通常用 V_{th} 表示。硅二极管为0.5 V,锗二极管为0.1 V。

当正向电压超过 V_{th} 后,电流才随电压迅速增长(A点以上部分),管子导通。正向电流开始急剧增大时管子两端电压降变化不大,硅管约为0.7 V,锗管约为0.3 V,称之为正向饱和压降。

(2) 二极管的反向特性 二极管的反向特性曲线如图1-6中第三象限所示。它的主要特点是:二极管加反向电压时,PN结反偏,形成很小的反向电流 I_R ,如图中OC段。在室温下,硅二极管 I_R 约为纳安(10^{-9} A)量级,锗二极管 I_R 约为微安量级。

(3) 反向击穿特性 当反向电压增大到超过某一个值时(图中C点),反向电流突然急

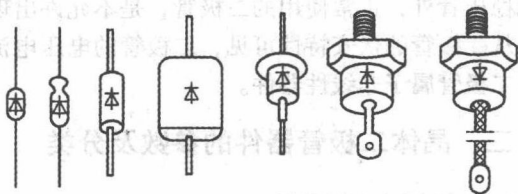


图1-3 常见的二极管的外形

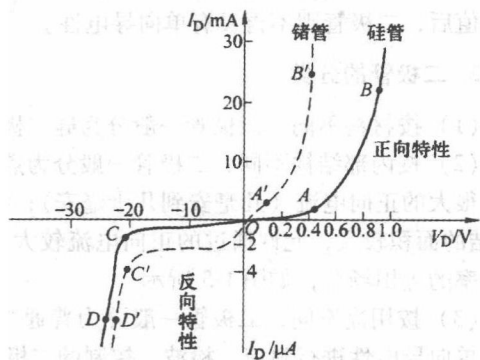


图1-4 二极管的伏安特性曲线



剧增大,这种现象称为反向击穿。 CD 段称为反向击穿区, C 点对应的电压 V_{BR} 称为反向击穿电压。 V_{BR} 一般在几十伏以上,高者可达几千伏。反向击穿后,电流过大会使管子损坏。因此除稳压管外,正常使用的二极管,是不允许出现这种现象的。

从二极管的伏安特性可见,二极管的电压电流不是线性关系,即其内阻不是一个常数。所以二极管属于非线性器件。

三、晶体二极管器件的参数及分类

1. 二极管的主要参数

二极管的参数是反映二极管的质量指标,供在使用二极管器件时,根据不同的使用条件选择不同型号的二极管。

(1) 最大整流电流 I_{FM} 其又称为额定工作电流,它是指二极管长期运行时所允许通过的最大正向平均电流。实际选用时,应注意通过二极管的实际工作电流不超过此值,并要满足其散热条件,否则将烧坏二极管。

(2) 最高反向工作电压 V_{RM} 其又称为额定工作电压,它是指二极管在使用时允许加上的最高反向电压。如果超过此值,二极管就有可能被击穿。为了确保安全,规定的最高反向电压一般取击穿电压的一半。

(3) 反向电流 I_R 其又称为反向漏电流,它是指二极管两端加上反向电压时的电流值。 I_R 越小,管子单向导电性越好。此值与少数载流子浓度有关,所以受温度影响很大。使用时应注意选取反向电流 I_R 较小的二极管。

(4) 最高工作频率 f_M f_M 是指保证二极管能起单向导电性时的最高工作频率。如果通过二极管的电流的频率大于该值,它将影响二极管的单向导电的特性。

注:二极管的PN结同时具有电容的特性,称之为结电容。结电容的容量大约在几微法至几百微法之间变化,它的充放电会影响二极管的单向导电性,特别是当工作频率升高到一定的值后,二极管则不再具有单向导电性。

2. 二极管的分类

(1) 按材料不同,二极管一般分为硅二极管和锗二极管。

(2) 按内部结构不同,二极管一般分为点接触型和面接触型。前者PN结面积小,不能通过很大的正向电流(几毫安到几十毫安);结电容小,适于高频(几百兆赫)工作。后者PN结的面积较大,允许通过的正向电流较大(几百毫安到几安);结电容大,只能用于较低频率的应用场合,如图1-5所示。

(3) 按用途不同,二极管一般分为普通二极管和特殊二极管。普通二极管是利用二极管的单向导电性进行整流、检波、控制的二极管,包括整流二极管、检波二极管和开关二极管等;为了适应各种不同的要求,生产出许多具有特殊性能的二极管,如稳压二极管、变容二极管、发光二极管和光敏二极管等。它们的应用也非常广泛,下面分别加以介绍。

四、特殊二极管及它们的应用

1. 稳压二极管与应用

稳压二极管也称为齐纳二极管,它是一种用特殊工艺制造的硅二极管,当它的反向电压逐步增大到一定数值时反向电流激增的现象称为齐纳现象。也就是说稳压二极管是使用反向

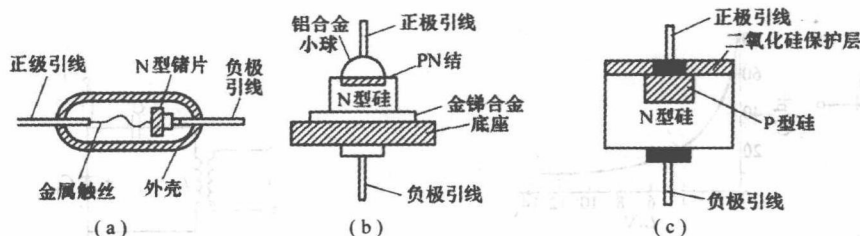


图 1-5 点接触型和面接触型二极管

(a) 点接触型; (b) 面接触型; (c) 平面型

电流工作的元件。只要反向电流不超过极限电流,管子工作在击穿区并不会损坏,这与普通二极管的破坏性击穿是截然不同的。其电路符号和外形如图 1-6 所示。

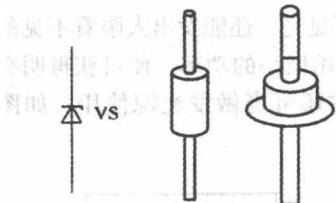


图 1-6 稳压管的电路符号和外形

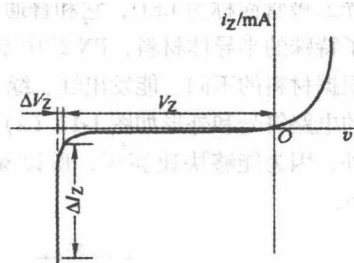


图 1-7 稳压二极管的伏安特性曲线

在发生齐纳现象的范围内,即使流过二极管的电流变化很大,二极管两端的电压也保持不变,故称为稳压二极管,稳压二极管的伏安特性曲线如图 1-7 所示。稳压二极管通常使用在要求输出电压变化极小的稳压电源装置中,图 1-8 所示为稳压二极管常用的稳压电路示意图。

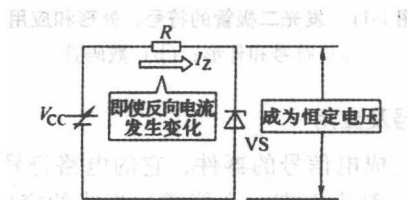


图 1-8 稳压二极管的应用

2. 变容二极管与应用

变容二极管也叫可变电容二极管,它是利用 PN 结的电容效应,采用特殊工艺使结电容随反向电压变化比较灵敏的特殊二极管。正常工作时,变容二极管两端应接反向电压,当反向电压变化时,电容量在 $5 \sim 300 \text{ pF}$ 之间变化。变容二极管的电路符号以及结电容与反偏电压的关系如图 1-9 所示。变容二极管被应用于无线传声器和电视机的高频头电路等方面。图 1-10 所示是一个利用变容二极管实现电调谐的电路。改变变容二极管上的电压,结电容 G_j 变化, LC 并联谐振电路中的电容变化,谐振频率改变,达到利用电压的变化使谐振频率变化的目的。

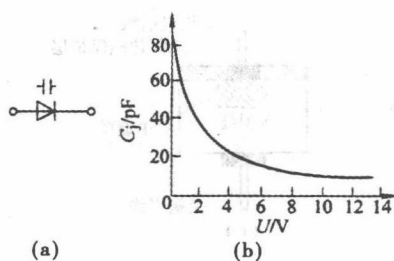


图 1-9 变容二极管的符号和结电容的变化

(a) 符号; (b) 结电容的变化曲线

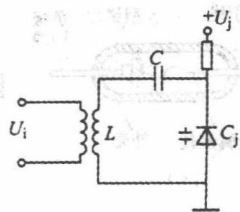


图 1-10 电调谐的电路

3. 发光二极管与应用

发光二极管简称为 LED，它和普通二极管一样，具有单向导电性能。当它正向导通时，由于采用了特殊的半导体材料，PN 结中空穴和电子互相扩散时会发生碰撞，碰撞时产生的能量发光。根据材料的不同，能发出红、绿、黄等几种颜色的可见光，还能发出人眼看不见的红外光。它的电路符号和外形如图 1-11 (a) 所示。发光二极管用极小的功率，便可获得明亮的光辉，另外，因为能够快速亮灭，所以除了作指示灯外，它还可当做发光源使用。如图 1-11 (b) 所示。

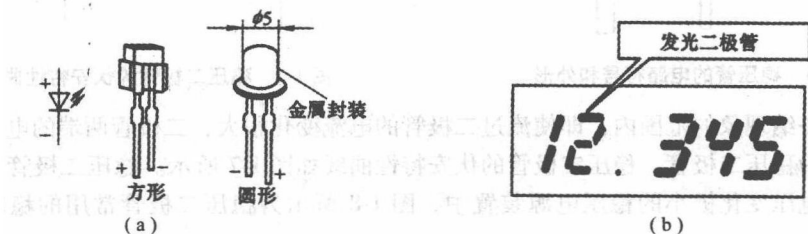


图 1-11 发光二极管的符号、外形和应用

(a) 符号和外形; (b) 数码管

4. 光敏二极管和光耦合器及应用

光敏二极管是将光信号变成电信号的器件，它的电路符号和外形如图 1-12 所示。光敏二极管在反向电压下工作，管壳上有一个能透过光线的窗口，当不受光照时，通过二极管的反向电流很小；当光照时，激发了大量的载流子参与导电，使反向电流显著增加，这个电流称为光电流，它的大小与光照的强度和波长有关。光敏二极管主要用在自动控制中。

当我们把发光元件（发光二极管）和光敏元件（光敏二极管、光敏三极管）封装在一起，就组成了另外一种器件——光耦合器。其内部通过“电 - 光 - 电”的转换，将电信号从输入端送到输出端。因为信号只能单向传输，可以十分理想地完成系统的隔离、电路接口等多种功能。光耦合器广泛地应用于测量检测、通信和计算机领域，如图 1-13 所示。

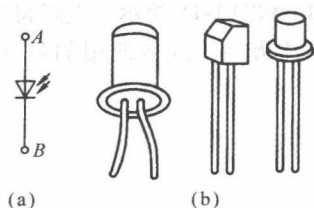


图 1-12 光敏二极管的符号和外形

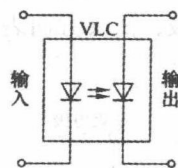


图 1-13 光耦合器



其他种类二极管

特殊的二极管除了以上四种外, 其他种类还有很多, 在实际应用中, 特别要注意的是每一种二极管的工作条件, 有的需要正向偏置, 有的需要反向偏置, 有的需要反向击穿, 等等, 如果条件不符合, 就不能发挥特殊功效。另外, 每一种特殊二极管都有相应的参数, 可以在半导体器件技术手册中查到。

第二节 晶体三极管

一、晶体三极管的结构和类型

晶体三极管又称为半导体三极管。它是具有三个电极的半导体器件, 三个电极分别叫发射极、基极和集电极, 分别用字母 e 、 b 和 c 表示。

三极管内部有两个 PN 结, 通过一定的工艺方法使这两个 PN 结相距很近, 这两个 PN 结把整个半导体基片分成三个区域: 发射区、基区和集电区。其中发射区和基区之间的 PN 结称为发射结, 基区与集电区之间的 PN 结称为集电结。根据结构不同, 三极管分为 NPN 型和 PNP 型。无论是哪种类型的三极管, 发射区和集电区都采用同一种半导体, 而基区为另一种半导体。如 NPN 型三极管的发射区和集电区为 N 型半导体, 基区为 P 型半导体。发射结和集电结形成两个背靠背的二极管, 如图 1-14 (b) 所示。

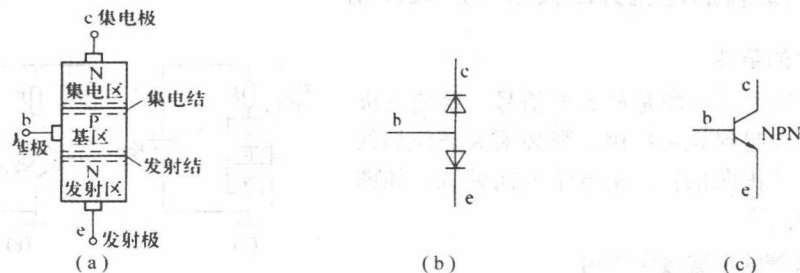
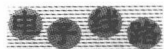


图 1-14 NPN 型三极管示意图及电路符号

(a) 结构示意图; (b) 发射结与集电结; (c) 电路符号



NPN 和 PNP 型三极管结构示意图及电路符号如图 1-14 和图 1-15 所示。电路符号中带有箭头的是发射极，箭头方向表示发射结正向偏置时的电流方向。经常使用的是 NPN 型三极管。

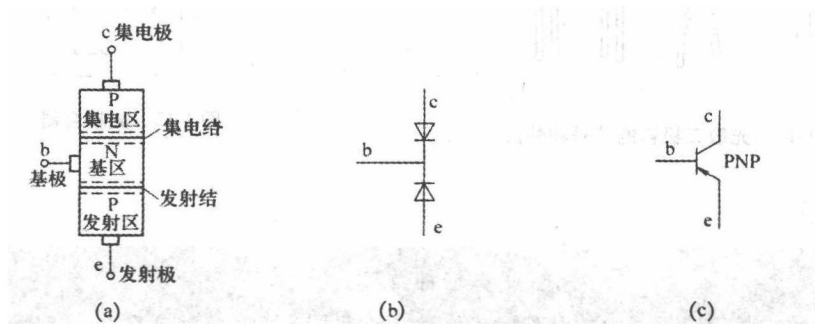


图 1-15 PNP 型三极管示意图及电路符号

(a) 结构示意图；(b) 发射结与集电结；(c) 电路符号

三极管的种类很多。按工作频率分，有高频管、低频管；按功率分，有小功率管、大功率管；按用途分，有放大管、开关管；按半导体材料分，有硅管、锗管等。

由于三极管的功率大小不同，因此它的体积和封装形式也不同。三极管常采用玻璃、陶瓷、金属或塑料进行封装。常用三极管的外形如图 1-16 所示。

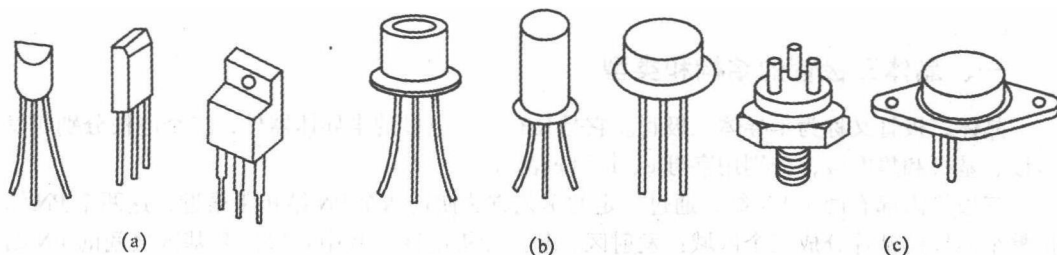


图 1-16 几种晶体三极管的外形和封装

(a) 硅塑塑料封装；(b) 金属封装小功率管；(c) 金属封装大功率管

二、三极管的电流分配关系和放大作用

1. 放大的条件

三极管的主要功能是放大电信号。要使三极管对微小信号起到放大作用，则必须保证外加的电压使发射结正向偏置，集电结反向偏置。如图 1-17 所示的接线。

2. 三极管的电流放大作用

为了观察三极管各极电流的流向和大小关系，让我们先做个实验（以 NPN 管为例）。三极

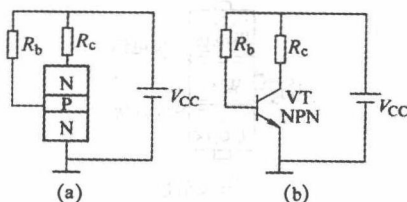


图 1-17 NPN 管工作时的供电
(a) 供电示意图；(b) 供电电路