



职业教育课程改革创新教材
机械工业职业教育专家委员会审定

电子技术基础与技能

林理明 主编



附习题册



配 助教资源包
配 助学资源包



职业教育课程改革创新教材
机械工业职业教育专家委员会审定

电子技术基础与技能

主编 林理明

参编 邹彩梅 刘文辉 唐新灿 谭乃聪

主审 余任之



机械工业出版社

本书为职业教育课程改革创新教材。主要内容包括：常用半导体器件；放大电路基础；常用的放大器；直流稳压电源及晶闸管电路；正弦波振荡器；高频信号处理电路；数字电路基础知识；组合逻辑电路；集成触发器；时序逻辑电路；脉冲波形的产生和变换；模/数转换和数/模转换等。在编写时有意识地将技能考核的内容融入教材，做到每节有练习，每章有测验，同时按照技能考核职业鉴定的题型方式组织练习题和测验题，降低教学和学习的难度，突出知识点和应用技能，提高学习兴趣和可阅读性。习题与测验另装成册，避免了学生重新抄题的麻烦。

本书配有免费电子教案，凡选择此书作为授课教材的学校可登录 www.cmpedu.com 进行注册、下载。

图书在版编目（CIP）数据

电子技术基础与技能/林理明主编. —北京：机械工业出版社，2011.2
职业教育课程改革创新教材

ISBN 978-7-111-32707-3

I. ①电… II. ①林… III. ①电子技术-专业学校-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 018359 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：高倩 责任编辑：王娟 责任校对：刘志文

封面设计：姚毅 责任印制：杨曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 23 印张 · 560 千字

0 001 — 3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-32707-3

定价：39.50 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者服务部：(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书的编写依据是教育部最新颁发的《电子技术基础与技能教学大纲》，包括了低频、高频、数字电路的基本内容，可供电子信息类、通信类专业学生使用。

近年来我国职业教育蓬勃发展，教学特点和教学环境也发生了巨大的变化：一方面是科学技术迅猛发展，而另一方面是职业技术应用型人才短缺。针对这一现状，本书在编写过程中力图体现以下特点：

1. 在内容和体系构架上，基本以新的教学大纲为依据进行编写。新的教学大纲是在新的职业教育形势下，由国内专家反复研讨制定的，既考虑到了技术发展的要求和职业教育的培养目标，同时又对基本技能提出了更高的要求，较为接近生产实际和生源素质。本书的内容和体系构架以新教学大纲为依据，将电子技术的基本原理与生活生产中的实际应用相结合，注重实践技能的培养。每节还增加“学习任务”栏目，给学生提出具体学习的重点、难点，让学生心中有数。

2. 根据电子技术在各行业内的实际应用情况，简化了分立元器件的应用，突出集成电路的应用。

3. 全书考虑到现在的生源素质和教学实际，删除繁杂的数学推导和理论分析，降低理论知识的难度和深度。力求内容简洁、精练、重点突出。

4. 体现能力本位的职教特色，采用“小提示”、“工程应用”、“聪明小博士”三个小栏目，使教材具有针对性，突出电子技术应该掌握的知识点与应用技能。在编写时有意识地将技能考核的内容融入教材，做到每节有练习，每章有测验，同时按照技能考核职业鉴定的题型方式组织练习题和测验题，降低教学 and 学习的难度。习题与测验另外装订，学生可以在习题册上做练习，免去了重新抄题的麻烦。

5. 在技能训练项目中，边学边做，在动手过程中学习电子技术基础知识。技能训练的前后安排都注重由易到难、由简到繁的原则，使老师的教和学生的学不产生脱节。同时在模拟电路中将各单元电路连接成卡拉 OK 混响放大器，加强了整体电路的概念。

本课程的参考学时数为 154 学时，各章（包含技能训练）的学时分配见下表。

内 容	学时数	内 容	学时数
第 1 章 半导体器件	12	第 8 章 组合逻辑电路	12
第 2 章 放大电路基础	14	第 9 章 集成触发器	12
第 3 章 常用的放大器	20	第 10 章 时序逻辑电路	12
第 4 章 直流稳压电源及晶闸管电路	10	第 11 章 脉冲波形的产生和变换	12
* 第 5 章 正弦波振荡器	8	第 12 章 模/数转换和数/模转换	6
* 第 6 章 高频信号处理电路	14	机动与复习考试	10
第 7 章 数字电路基础知识	12	总计	154

本书由林理明任主编，负责全书的策划构思和统稿工作并编写其中的第2、12章及技能训练、附录部分。参加编写的还有邹彩梅、刘文辉、唐新灿、谭乃聪，其中邹彩梅编写第3、5、6章，刘文辉编写第8、9、10、11章，唐新灿编写第1、7章，谭乃聪编写第4章并对技能训练电路改进验证工作。余任之任主审，他对全书提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有缺点和不妥之处，诚恳希望读者给予批评指正。如有意见和建议可联系电子邮箱：lin.liming@tom.com。

编 者

目 录

前言

第一部分 基础知识

第 1 章 半导体器件	2
1.1 二极管	2
1.2 三极管	9
1.3 场效应晶体管	14
1.4 半导体器件的选用	17
本章小结	20
第 2 章 放大电路基础	22
2.1 分压式偏置放大电路	22
2.2 放大电路的分析	28
2.3 放大电路的三种基本接法	32
2.4 多级放大电路	35
2.5 常用放大电路	39
本章小结	41
第 3 章 常用的放大器	43
3.1 集成运算放大器	43
3.2 低频功率放大器	62
*3.3 谐振放大器	72
本章小结	76
第 4 章 直流稳压电源及晶闸管电路	78
4.1 整流与滤波电路	79
4.2 集成稳压电源	84
4.3 开关型稳压电源	88
4.4 一般晶闸管及其应用电路	90
4.5 特殊晶闸管及其应用	94
4.6 调光台灯电路	95
本章小结	96
*第 5 章 正弦波振荡器	98
5.1 正弦波振荡器的基本概念	98
5.2 LC 正弦波振荡器	100
5.3 石英晶体振荡器	106
5.4 RC 振荡器	108

5.5 正弦波振荡器的实际应用	110
第6章 高频信号处理电路	113
6.1 高频信号处理电路基本知识	113
6.2 调幅和检波	118
6.3 调频和鉴频	123
6.4 混频器	128
本章小结	131
第7章 数字电路基础知识	133
7.1 模拟信号与数字信号	133
7.2 数制和码制	135
7.3 逻辑门电路	138
7.4 逻辑代数的基本定律和逻辑函数的化简	147
本章小结	150
第8章 组合逻辑电路	151
8.1 组合逻辑电路的基础知识	151
8.2 常见的组合逻辑电路	155
本章小结	165
第9章 集成触发器	166
9.1 RS 触发器	166
9.2 JK 触发器	171
9.3 D 触发器	174
本章小结	176
第10章 时序逻辑电路	178
10.1 寄存器	178
10.2 计数器	183
本章小结	189
第11章 脉冲波形的产生和变换	190
11.1 概述	190
11.2 单稳态触发器	193
11.3 多谐振荡器	197
11.4 施密特触发器	200
11.5 555 时基电路及其应用	204
本章小结	208
第12章 模/数转换和数/模转换	209
12.1 模/数 (A/D) 转换	209
12.2 数/模 (D/A) 转换	213
本章小结	217

第二部分 技能训练

技能训练 1	用万用表测二极管、三极管	220
技能训练 2	常用电子仪器的使用	224
技能训练 3	单管共射极放大电路的安装与调试	231
技能训练 4	加法运算放大器的安装与调试	234
技能训练 5	传声器放大电路的安装与调试	236
技能训练 6	音频功率放大器的安装与调试	238
技能训练 7	中频放大电路的安装与调试	241
技能训练 8	直流稳压电源的安装与调试	244
技能训练 9	RC 正弦波振荡器的安装与调试	246
技能训练 10	调幅与检波电路	248
技能训练 11	调幅/调频收音机的安装和调试	251
技能训练 12	数字电路实验箱及使用	257
技能训练 13	门电路的逻辑功能及测试	260
技能训练 14	制作三人多数通过表决电路	263
技能训练 15	编码器、译码器基本功能测试	265
技能训练 16	触发器逻辑功能的测试	267
技能训练 17	四人抢答器电路的安装与调试	271
技能训练 18	计数电路的安装与调试	274
技能训练 19	555 时基电路的应用	278
技能训练 20	数/模与模/数转换器的使用	282
附录	模拟电子技术技能训练电路板使用说明	285
参考文献	287

第一部分 基础知识



你知道吗?

硅是地壳中最常见的元素，石头的主要成分就是二氧化硅，图 1-1 所示为石头经过一步步加工提炼出硅材料的过程。硅是常用半导体材料之一。由半导体材料做成的半导体器件（二极管、三极管、场效应晶体管），是构成集成电路、电子电路的基本器件。在电视机、电话机、计算机、手机、数码产品中，这些半导体器件起着重要作用。

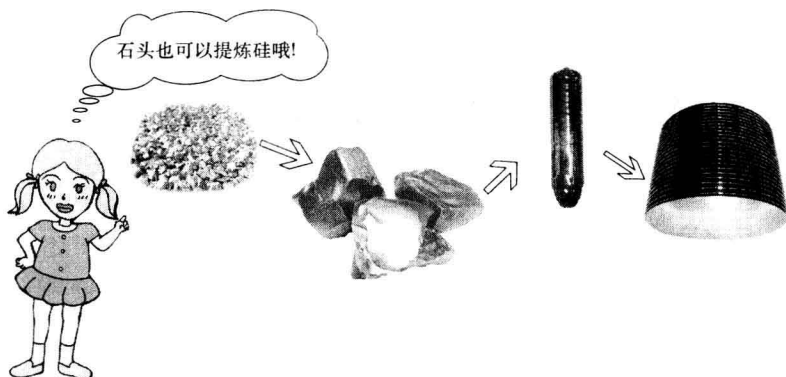


图 1-1 由石头提炼硅的过程

1.1 二极管

学习任务

1. 了解二极管的单向导电性；
2. 了解二极管的结构、电路符号、管脚；
3. 了解二极管的伏安特性曲线和主要参数，会在实践中合理使用二极管；
4. 了解特殊二极管的外形特征、功能及其实际应用。

1.1.1 半导体的基本知识

1. 半导体的概念

自然界的物质按导电能力的强弱可分为三大类：导体、绝缘体和半导体。



容易导电的物质称为导体，电流几乎不能通过的物质称为绝缘体。导体的导电性能最强（如铜），绝缘体的导电性能最差（如塑料）。半导体是导电性能介于导体和绝缘体之间的物质（如硅和锗）。它的导电能力则会根据周围状态（或条件）的改变而改变，如温度、光照、掺杂质等。

用半导体材料做成的器件称为半导体器件。

2. 半导体的分类

纯净的半导体称为本征半导体。

在纯净半导体中掺入杂质元素，就形成杂质半导体。这种半导体的导电性能明显增强。根据掺入杂质元素的不同，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1-2所示。

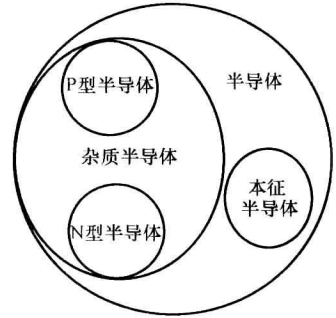
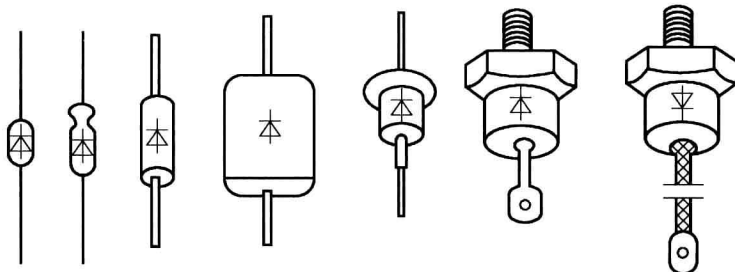
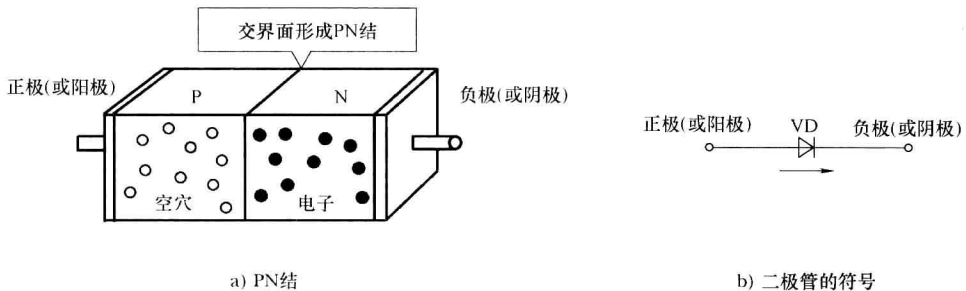


图 1-2 各种半导体之间的关系

1.1.2 二极管的结构和特性

1. 二极管的结构和电路符号

如果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，则在这两种半导体的交界面上，将形成一个特殊的接触面，称为PN结，如图1-3a所示。将PN结用外壳封装起来，并从P区引出电极作为正极，从N区引出电极作为负极，就构成了二极管。



二极管，顾名思义，带有两个电极，一个称为正极（或阳极），一个称为负极（或阴极），通常用字母 VD 表示，其符号如图 1-3b 所示。二极管具有单向导电性，其符号上的箭头表示导通时电流的方向。常见的二极管的外形如图 1-4 所示。

2. 二极管的单向导电性



小实验

为了观察二极管的导电特性，先来做个小实验。将二极管串联到由电池和指示灯组成的电路中，按图 1-5 所示连接电路。我们都知道，小灯泡是无极性之分的，不管电源电压的极性如何，只要小灯泡和电源构成一个回路，有足够的电流流过，灯泡都会发光。但当在小灯泡的回路中串入一个二极管后，情况就发生了变化。按图 1-5a 连接电路，可观察到灯泡亮；而把二极管反过来连接，如图 1-5b 所示，灯泡则不亮。

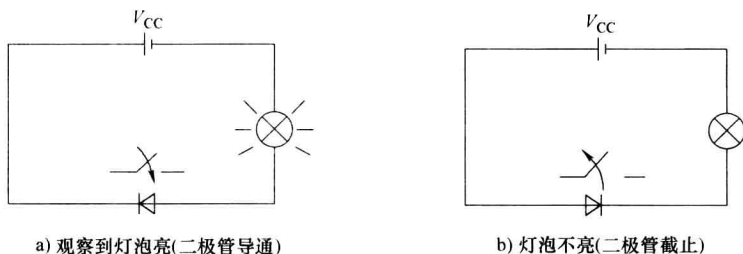


图 1-5 二极管导电性实验

上述实验表明：当二极管正极电位高、负极电位低（即二极管加正向电压）时，灯泡亮，表明二极管此时有电流流过，即二极管导通；若二极管负极电位高、正极电位低（即二极管加反向电压）时，灯泡不亮，表明此时二极管中没有电流流过，即二极管截止。

在二极管的两端外加电压，称为给二极管加偏置。当正极电位高于负极电位时称为正向偏置，简称正偏；反之，当负极电位高于正极电位时称为反向偏置，简称反偏。



小提示

由此可得出二极管的重要特性：

二极管具有单向导电性，即二极管正偏时，内部呈现较小的电阻，有较大的电流流过，称为二极管正向导通；反偏时，二极管内部呈现较大的电阻，几乎没有电流流过，称为二极管反向截止。



聪明小博士

二极管的特性似阀门

二极管的这种特性类似于一道单向阀门，当水流方向如图 1-6a 所示时，阀门打开；当水流方向如图 1-6b 所示时，阀门关闭。不同的水流方向，可令阀门开或者关。

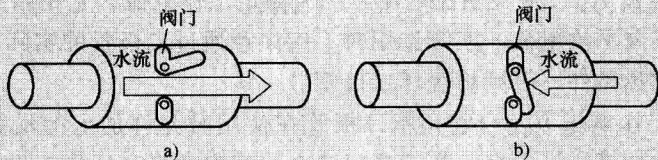


图 1-6 二极管的特性似阀门

3. 二极管的伏安特性曲线

加在二极管两端的电压 U 与流过二极管的电流 I 的关系曲线称为二极管伏安特性曲线。利用晶体管特性图示仪可以很方便地测出二极管的伏安特性曲线，如图 1-7 所示。

(1) 二极管的正向特性 二极管的正向特性曲线如图 1-7 (第一象限) 所示。它的主要特点是 (根据采用的材料不同, 分为硅二极管及锗二极管两类):

1) 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, 正向电流很小, 二极管几乎处于截止状态 (OA 段), 通常称这一段为死区。相应于 A 点的电压称为死区电压或门坎电压, 通常用 U_{th} 表示。硅二极管的死区电压约为 $0.5V$, 锗二极管的死区电压约为 $0.1V$ 。

2) 当正向电压超过 U_{th} 后, 电流才随电压的增加迅速增长 (A 点以上部分), 二极管导通。正向电流开始急剧增大时二极管两端电压降 (称为导通压降) 变化不大, 硅二极管的导通压降约为 $0.7V$, 锗二极管的导通压降约为 $0.3V$ 。二极管的导通压降通常也称为正向导通电压。

(2) 二极管的反向特性 二极管的反向特性曲线如图 1-7 (第三象限) 所示。它的主要特点是:

1) 加反向电压时, 二极管反偏, 形成很小的反向电流 I_R , 如图中 OC 段。在室温下, 硅二极管的 I_R 约为纳安 ($10^{-9}A$) 量级, 锗二极管的 I_R 约为微安 ($10^{-6}A$) 量级。

2) 反向击穿特性。当反向电压增大到超过某一个值时 (如图 1-7 中的 C 点), 反向电流突然急剧增大, 这种现象称为反向击穿。伏安特性曲线的 CD 段称为二极管的反向击穿区。 C 点对应的电压 U_{BR} 称为反向击穿电压。 U_{BR} 一般在几十伏以上, 高者可达几千伏。不同型号的二极管, 反向击穿电压是不同的。反向击穿后, 会因电流过大导致管子损坏。因此除稳压二极管外, 正常使用的二极管不允许出现反向击穿。

从伏安特性曲线可见, 二极管的电压和电流不是线性关系, 即其内阻不是一个常数, 所以二极管属于非线性器件。

1.1.3 二极管的主要参数

二极管的参数是反映二极管质量的指标, 在使用二极管时, 根据不同的使用条件来选择不同型号的二极管。

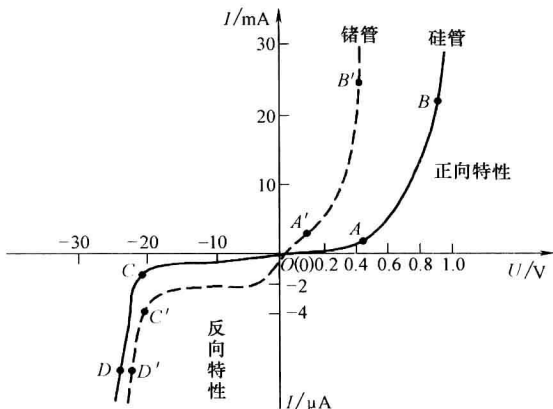


图 1-7 二极管的伏安特性曲线



(1) 最大整流电流 I_{FM} 最大整流电流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应超过此值，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 U_{RM} 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，规定的最高反向工作电压一般为击穿电压的一半。

(3) 反向电流 I_R 反向电流又称为反向漏电流，它是指二极管两端加反向电压时的电流值。 I_R 越小，二极管单向导电性越好。此值还会随温度升高而增大。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 是指保证二极管单向导电性的最高工作频率。如果通过二极管的电流频率大于该值，它将影响二极管单向导电的特性。



小提示

1) 二极管的 PN 结还具有电容的特性，这个电容称为结电容。结电容的容量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，特别是当工作频率高到一定的值时，二极管不再具有单向导电性。

2) 锗二极管和硅二极管的特性曲线形状相似，但存在一定的差异，在电路中不能互相替换。锗二极管死区电压较小，通常用于高频电路；硅二极管的反向饱和电流较小，受温度的影响较小，在电源整流及电工设备中常使用硅二极管。通常利用硅二极管和锗二极管正、反向阻值不一样的特点来判断是硅管还是锗管，即用万用表相同的档位测硅管和锗管的正、反向阻值，硅管均大于锗管。

1.1.4 特殊二极管及其应用

按用途不同，二极管一般分为普通二极管和特殊二极管。普通二极管利用其单向导电性在电子技术中得到了广泛的应用。为了适应各种不同的要求，还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、光敏二极管等。它们的应用也非常广泛，下面分别加以介绍。

1. 稳压二极管及其应用

稳压二极管是一种用特殊工艺制造的硅二极管，它工作于反向击穿区。只要反向电流不超过极限电流，二极管工作在击穿区并不会损坏，且它两端的电压也几乎保持不变，故称为稳压二极管。稳压二极管与普通二极管的破坏性击穿是截然不同的。稳压二极管的电路符号和外形如图 1-8 所示。

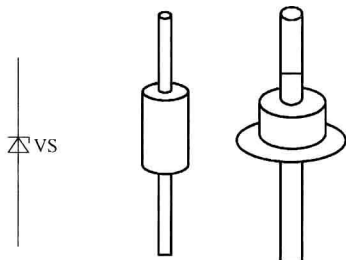


图 1-8 稳压二极管的电路符号和外形

稳压二极管的伏安特性曲线如图 1-9 所示。不同型号的稳压二极管，其稳定电压也不相同。稳压二极管通常使用在要求输出电压变化很小的稳压电源中，图 1-10 所示为稳压二极管实现的常用稳压电路示意图。在图 1-10 中，稳压二极管串联了一个电阻 R ，它的作用是限流，防止流过稳压二极管的反向电流超过其极限电流。

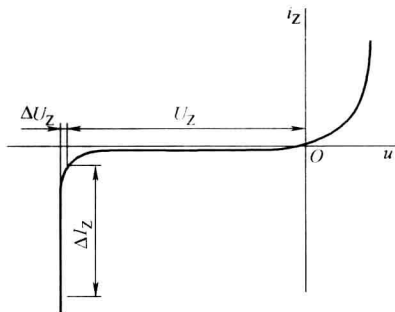


图 1-9 稳压二极管的伏安特性曲线

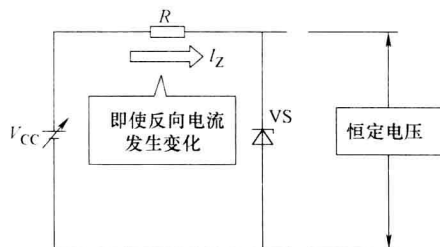


图 1-10 稳压二极管的应用

2. 变容二极管及其应用

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灵敏变化的特殊二极管。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 1-11 所示。变容二极管应用于无线传声器和电视机的高频头等电路中。图 1-12 所示是一个利用变容二极管实现的电调谐电路。改变变容二极管上的电压，结电容 C_j 变化，LC 并联谐振电路中的电容容量发生变化，谐振频率随之改变，达到利用电压的变化使谐振频率变化的目的。

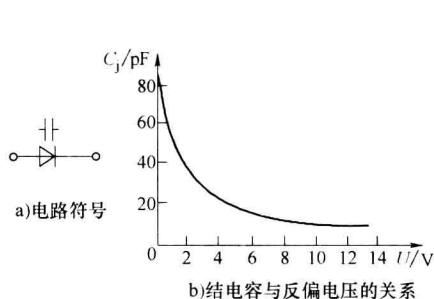


图 1-11 变容二极管的电路符号以及结电容与反偏电压的关系

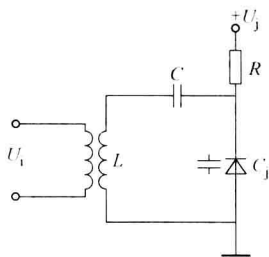


图 1-12 电调谐电路

3. 发光二极管及其应用

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，但与普通二极管不一样的是它的正向饱和压降为 $1.5 \sim 3\text{V}$ 。由于采用了特殊的半导体材料，当它正向导通的时候，PN 结会把多余的能量以光的形式释放出来，从而把电能直接转换为光能。根据材料的不同，发光二极管除能发出红、绿、黄、橙、蓝、白等几种颜色的可见光外，还能发出人眼看不见的红外光。

发光二极管的电路符号和外形如图 1-13a 所示。它耗用极小的功率，便可获得很高亮度的光线。另外，因为能够快速亮灭，所以除了作指示灯外，它还可当作发光源使用。自高亮度白光 LED 问世后，由于它具有发光效率高、节电效果好及无污染、寿命长的特



点,可当作照明灯使用,并将逐渐取代传统照明灯。发光二极管的具体应用如图 1-13b、c 所示。

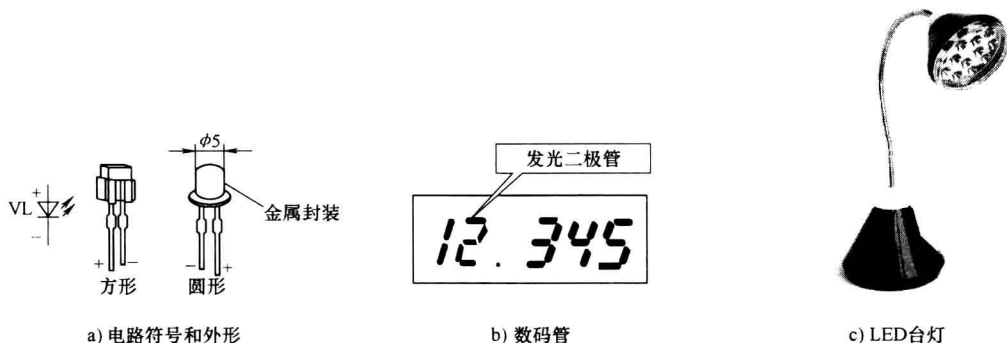


图 1-13 发光二极管的电路符号、外形和应用

4. 光敏二极管与应用

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 1-14a 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(称为暗电流)很小;当受到光照时,激发了大量的载流子参与导电,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电路中。当我们把发光器件(发光二极管)和光敏器件(光敏二极管)封装在一起,就组成了另外一种器件——光耦合器,如图 1-15 所示。其内部通过“电—光—电”的转换,将电信号从输入端送到输出端。由于光充当了信号的传输介质,因此可以十分理想地完成系统的隔离、电路接口等多种功能。

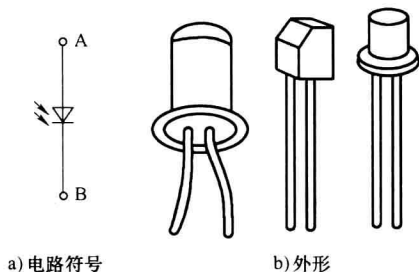


图 1-14 光敏二极管的符号和外形

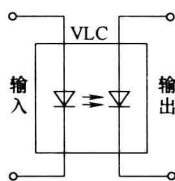


图 1-15 光耦合器



小提示

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,如果条件不符合,就不能发挥其特殊功效。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。

1.2 三极管

学习任务

1. 掌握三极管的结构、类型及符号；
2. 了解三极管的电流放大特性；
3. 了解三极管的输入和输出特性曲线；
4. 了解三极管的主要参数。

1.2.1 三极管的结构和类型

1. 三极管的结构

三极管又称为半导体三极管（本书所述的三极管均指三极管大类中的晶体管），它是具有三个电极（即三个管脚）的半导体器件，三个电极分别称为发射极、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，可以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。根据结构的不同，三极管分为 NPN 型和 PNP 型。发射结和集电结形成两个二极管，如图 1-16b 和图 1-17b 所示。

NPN 和 PNP 型三极管结构示意图及电路符号如图 1-16a、c 和图 1-17a、c 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。

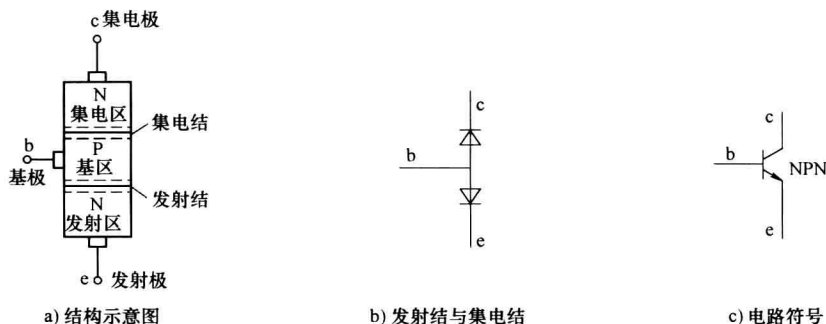


图 1-16 NPN 型三极管结构示意图及电路符号

2. 三极管的类型

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。