

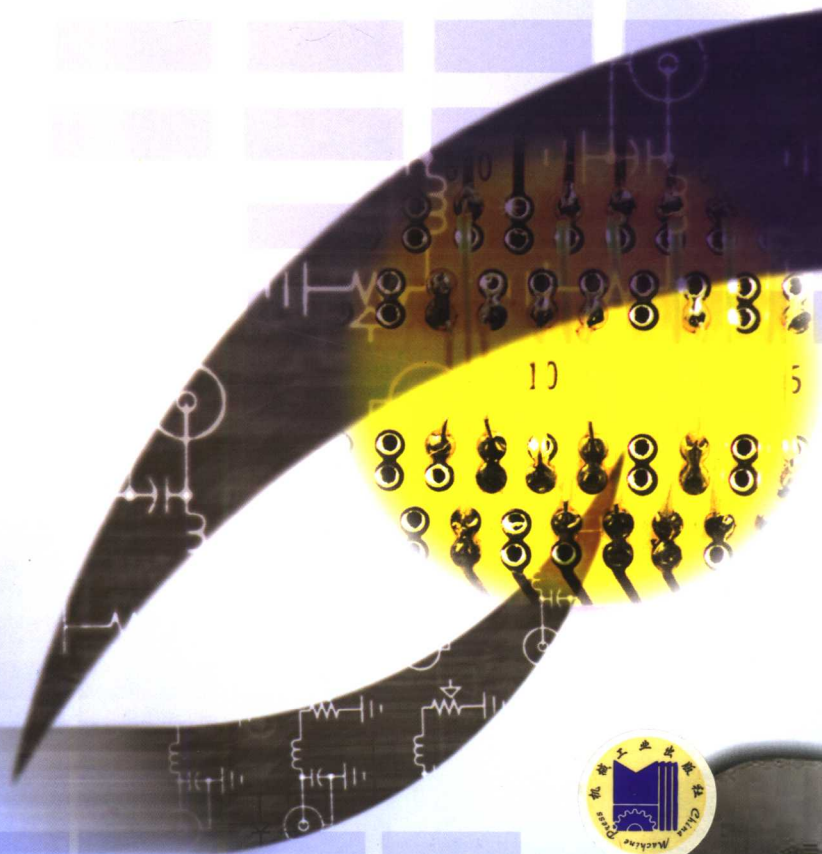


中等职业教育“十一五”规划教材

(电子信息类专业)

电子线路

林理明 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



附光盘

中等职业教育“十一五”规划教材
(电子信息类专业)

电子线路

主 编 林理明
参 编 邹彩梅 叶振华 欧丽娅 杨正红
光盘制作 黄敏琪、黄炯生
主 审 余任之



机械工业出版社

本书是中等职业学校教材,参考教育部颁布的电子线路教学大纲,同时根据目前中职生源的现状,重新进行内容整合而编写。内容简洁、重点突出。每章开始都列出明确的知识点和能力点,每节有大量简单的练习题,每章的末尾有测验题,以确保每章的能力和知识训练达到基本要求。同时采用“工程应用”、“你知道吗”、“聪明小博士”、“提示”等生动活泼的图标栏目,对电路的具体应用和实践中的具体问题加以介绍,突出电子线路的具体应用。本书还附有配套的教学光盘。

本书分二部分。第一部分为基础知识,其中模拟电子线路的主要内容有:半导体器件、放大电路基础、放大电路中的正、负反馈、集成运算放大电路及应用、低频功率放大器、直流稳压电源、无线电通信系统、无线电发送设备、无线电接收设备。

数字电子线路的主要内容有: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、A/D 和 D/A 转换。

第二部分为实验与实训,内容包含了低频、高频、数字电子线路的常用实验。

本书可供中等职业学校电子电器专业、电子信息类专业、通信专业使用,也可作为岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路/林理明主编. —北京:机械工业出版社,
2006.8
中等职业教育“十一五”规划教材
ISBN 7-111-19582-5
I. 电... II. 林... 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(2006)第 078315 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:于宁 版式设计:张世琴 责任校对:刘志文
封面设计:马精明 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·21.5 印张·530 千字
0001—4000 册
定价:34.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
编辑热线电话(010)68354423
封面无防伪标均为盗版

前 言

本书的编写依据是教育部颁发的中等职业教育《电子线路教学大纲》，包括了低频、高频、数字电路的基本内容。可供3年制中等职业技术学校电子信息专业技术类专业学生使用。

近年来我国职业教育蓬勃发展，但中职教育的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、职业技术人才短缺；另一方面是中职学生的文化素质不断下降。针对这一现状，本书在编写过程中力图体现以下的特点：

1. 按照“实用、有效、够用”的原则，重新进行内容整合。例如：将负反馈和正弦振荡器的内容合并为一章，将高频电路的内容合并为三章（通信概述、发送、接收）。删除教学大纲中规定但又不必要的重复交叉和学而无用的内容。例如：①删去共射基本放大电路，直接引入分压式偏置稳定电路，用此常用电路介绍放大电路的工作原理、静态工作点的概念及分析方法；②使用框图介绍负反馈的极性和类型的判别方法，减少了比较难的负反馈习题；③删去传统的直流放大器的内容，将集成运放作为直流放大器借以理解和应用；④删去高频丙类功率放大器工作状态的分析，改为手机中的功放模块等等。

2. 全书考虑到现在的生源素质和教学实际，在降低理论知识的难度和深度的同时，又设计了大量的练习，每节有习题，每章有测验。将习题和测验设计成填空、判断、选择的题型，只有极少的计算，从而降低学生作业的难度，有利于快速掌握电子线路的基本概念。同时还花费不少的篇幅，介绍各种电路的应用举例，以培养学生对电子线路的兴趣。

3. 考虑到阅读对象为14~15岁的初中毕业生，阅读能力较差，长篇累牍的大块文章很难读懂和读下去。本书在版式设计上进行了积极探索和尝试，采用“工程应用”、“提示”、“聪明小博士”等小图标栏目，并插入一些漫画图片，突出电子线路的具体应用。用图文并茂、生动活泼的排版方式来提高学生的阅读兴趣和阅读效率。

4. 在实验和实训的内容中，注意实验项目的连贯性、衔接性，避免重复性。使用尽量少的焊接元件，把每个实验项目都连贯起来，掺进少量的课外知识（例如驻极体传声器、音乐片集成电路），最后由学生自己经过简单的连接，便可成



为一个比较实用的电器设备。例如在低频部分，先是做共射放大电路和共集电路的实验，然后构成共射共集级联电路，加少量元件又成为负反馈放大电路，由负反馈放大构成传声器放大电路，再和加法器、功放电路连接，就成为带卡拉 OK 混响器的简易扩音机。这些内容我们都综合在一块电子线路实验板上，并给出了使用说明。

5. 配合本书的电子线路实验板，我们**精心制作了视频录像光盘**，借助多媒体的手段，由老师手把手地教学生如何使用电子仪器，如何测量半导体器件，如何完成各项实验和实验报告，解决学生在实验中无从下手的问题，希望能得到大家的喜欢。

本书由广东省电子技术学校高级讲师林理明任主编，负责全书的策划构思、选稿和统稿工作，并编写了实验与实训部分内容。参加编写工作的有邹彩梅、叶振华、欧丽娅、杨正红老师，邹彩梅编写第1~5章，叶振华编写第10~12章和第15章，欧丽娅编写第7~9章，杨正红编写第6、13、14章，随书附送的光盘由黄敏琪、黄炯生老师制作。余任之任主审，伍湘彬副校长领导了光盘的制作。两位专家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，加上编写时间十分紧迫，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。意见和要求可联系电子邮箱：lin.liming@tom.com。

编 者

目 录

前言

第 1 部分 基础知识

第 1 章 半导体器件 2

1.1 晶体二极管 2

1.1.1 半导体的基本知识 2

1.1.2 晶体二极管的结构和特性 3

1.1.3 晶体二极管器件的参数及分类 5

1.1.4 特殊二极管及它们的应用 6

1.2 晶体三极管 9

1.2.1 晶体三极管的结构和类型 9

1.2.2 三极管的电流分配关系和放大作用 10

1.2.3 三极管的特性曲线 12

1.2.4 三极管的主要参数 14

1.3 场效应晶体管 16

1.3.1 结型场效应晶体管 16

1.3.2 绝缘栅型场效应晶体管 17

1.3.3 场效应晶体管的主要参数 18

1.4 片状元器件 20

1.4.1 片状二极管 20

1.4.2 片状三极管 21

本章小结 22

测验 1 23

第 2 章 放大电路基础 25

2.1 分压式偏置放大电路 25

2.1.1 放大电路的基本概念 25

2.1.2 分压式偏置放大电路的基本构成 26

2.1.3 放大器的工作原理 27

2.1.4 静态工作点的稳定 29

2.2 放大电路的分析方法 33

2.2.1 放大电路的主要性能指标 33

2.2.2 估算分析法 34

2.2.3 图解分析法 36

2.2.4 静态工作点与波形失真关系的图解 38

2.3 放大电路的三种基本接法 39

2.3.1 共集放大电路 39

2.3.2 共基极放大电路 41

2.3.3 三种基本放大电路的比较 41

2.3.4 共源、共漏、共栅放大器 42

2.4 多级放大电路 43

2.4.1 多级放大电路的级间耦合方式 43

2.4.2 多级放大电路性能分析 45

2.5 放大电路应用举例 47

2.5.1 触摸门铃 47

2.5.2 助听器 48

本章小结 49

测验 2 49

第 3 章 放大器中的负反馈和正弦振荡器 52

3.1 反馈的基本概念 52

3.1.1 反馈放大电路的组成 52

3.1.2 反馈的分类 52

3.2 负反馈对放大器性能的影响 55

3.2.1 负反馈使放大倍数下降,增益的稳定性提高 55

3.2.2 负反馈减少非线性失真 56

3.2.3 负反馈可扩展通频带 56

3.2.4 负反馈对输入、输出电阻的影响 57

3.3 四种负反馈放大器 58

3.3.1 反馈类型的判断方法 59

3.3.2 四种负反馈放大电路分析 60

3.4 负反馈放大器的应用举例 64

3.4.1 直放式收音机 64

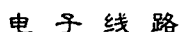
3.4.2 演示激光传输的接收装置 65



3.5 正弦波振荡器的条件及基本组成	65	(OCL 电路)	108
3.5.1 正弦波振荡器	65	5.2.2 单电源互补对称功率放大电路 (OTL 电路)	111
3.5.2 自激振荡过程	66	5.2.3 实用的 OTL 功放电路	112
3.5.3 自激振荡的条件	67	5.2.4 复合互补对称功放电路	113
3.6 LC 正弦波振荡器	68	5.3 集成功率放大器	115
3.6.1 变压器耦合式 LC 振荡器	68	5.3.1 电路组成	115
3.6.2 三点式 LC 振荡器	69	5.3.2 典型应用电路	116
3.7 石英晶体振荡器	73	5.4 功率放大器实际应用举例	117
3.7.1 石英晶体	73	5.4.1 简易家用有线对讲机	117
3.7.2 石英晶体振荡器的基本电路	74	5.4.2 高保真音频功率放大器	118
3.8 RC 振荡器和压控振荡器	76	本章小结	119
3.8.1 RC 桥式振荡器	76	测验 5	120
3.8.2 压控振荡器	77	第 6 章 直流稳压电源	122
本章小结	78	6.1 整流与滤波电路	123
测验 3	79	6.1.1 整流电路	123
第 4 章 集成运算放大电路及应用	82	6.1.2 电容滤波电路	125
4.1 差分放大器	82	6.2 集成稳压电源	129
4.1.1 直接耦合电路存在的问题	82	6.2.1 稳压电路简介	129
4.1.2 差分放大电路	83	6.2.2 集成串联型稳压电路	130
4.2 集成运算放大器	88	6.2.3 三端固定输出稳压电路	131
4.2.1 集成运放的组成、符号和外形	89	6.2.4 三端可调式输出稳压电路	132
4.2.2 集成运放的主要参数	91	6.3 开关型稳压电源简介	134
4.2.3 集成运放的特点	92	6.4 直流稳压电源实际应用举例	136
4.3 集成运算放大器的应用	94	6.4.1 低压输出电路	136
4.3.1 比例运算	94	6.4.2 从 0V 起连续可调的稳定输出电压的电路	137
4.3.2 加、减法运算	97	本章小结	137
4.4 集成运算放大器实际应用举例	99	测验 6	137
4.4.1 简单的直流电压放大电路	99	第 7 章 无线电通信系统	140
4.4.2 防盗报警器	100	7.1 无线电波	140
本章小结	101	7.1.1 无线电波的特点	140
测验 4	102	7.1.2 无线电波的传播	141
第 5 章 低频功率放大器	105	7.1.3 无线电波段的划分	141
5.1 低频功率放大器的基本要求和分类	105	7.2 调制与解调	142
5.1.1 功率放大电路的基本要求	105	7.2.1 调制	142
5.1.2 功率放大器的分类	106	7.2.2 解调	144
5.2 互补对称功率放大器	108	7.3 无线电发送与接收设备的工作过程	144
5.2.1 双电源互补对称功率放大电路			



7.3.1 发送设备	145	本章小结	181
7.3.2 接收设备	145	测验 9	182
7.4 乘法器及其频率变换作用	146	第 10 章 数字电路基础知识	184
7.4.1 乘法器的基本工作原理	146	10.1 数制与码制	184
7.4.2 乘法器的频率变换作用	146	10.1.1 数制	184
本章小结	147	10.1.2 不同数制之间的互相转换	186
测验 7	148	10.1.3 码制	187
第 8 章 无线电发送设备	149	10.2 逻辑门电路	188
8.1 调幅和调频	149	10.2.1 基本逻辑门电路	189
8.1.1 调幅	149	10.2.2 复合逻辑门电路	193
8.1.2 调频	151	10.2.3 数字集成门电路	196
8.2 高频功率放大器	155	10.3 逻辑代数的基本定律和逻辑函数 的化简	198
8.2.1 丙类高频谐振功率放大器	155	10.3.1 逻辑代数的基本公式	198
8.2.2 高频宽带功率放大器	158	10.3.2 逻辑函数的常用公式	199
8.2.3 丙类倍频器	159	10.3.3 逻辑函数的化简法	199
本章小结	160	本章小结	203
测验 8	160	测验 10	204
第 9 章 无线电接收设备	163	第 11 章 组合逻辑电路	206
9.1 高频小信号调谐放大器	163	11.1 组合逻辑电路的基础知识	206
9.1.1 主要性能指标	163	11.2 组合逻辑电路的分析和设计 方法	207
9.1.2 单调谐放大器	164	11.2.1 组合逻辑电路的分析方法	207
9.1.3 集成调谐放大器	166	11.2.2 组合逻辑电路的设计方法	208
9.2 混频器	167	11.3 常见的组合逻辑电路	211
9.2.1 混频的作用	168	11.3.1 编码器	212
9.2.2 混频电路框图和输入、输出间的 频率关系	168	11.3.2 译码器	215
9.2.3 混频电路的工作原理	169	11.3.3 数据选择器和分配器	219
9.3 检波器	171	本章小结	223
9.3.1 检波电路的功能	171	测验 11	223
9.3.2 二极管大信号包络检波器	172	第 12 章 集成触发器	226
9.3.3 同步检波	174	12.1 RS 触发器	226
9.4 鉴频器	175	12.1.1 基本 RS 触发器	227
9.4.1 斜率鉴频器	176	12.1.2 时钟 RS 触发器	229
9.4.2 集成鉴频电路	177	12.2 JK 触发器	232
9.5 反馈控制电路	177	12.3 D 触发器和 T 触发器	234
9.5.1 自动控制电路的分类	178	12.3.1 D 触发器	234
9.5.2 自动增益控制 (AGC) 电路	178	12.3.2 T 触发器	235
9.5.3 自动频率控制 (AFC) 电路	178	12.3.3 触发器的选择	236
9.5.4 锁相环路	179		

VII

第 1 部分

基础知识

- 第 1 章 半导体器件
- 第 2 章 放大电路基础
- 第 3 章 放大器中的负反馈和正弦振荡器
- 第 4 章 集成运算放大电路及应用
- 第 5 章 低频功率放大器
- 第 6 章 直流稳压电源
- 第 7 章 无线电通信系统
- 第 8 章 无线电发送设备
- 第 9 章 无线电接收设备
- 第 10 章 数字电路基础知识
- 第 11 章 组合逻辑电路
- 第 12 章 集成触发器
- 第 13 章 时序逻辑电路
- 第 14 章 脉冲波形的产生和变换
- 第 15 章 A/D 和 D/A 转换

第1章 半导体器件

教学目的

掌握：晶体二极管的基本特性；晶体二极管(以下简称“二极管”)和晶体三极管(以下简称“三极管”)器件的外形和电路符号；三极管的电流分配关系。

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。

了解：三极管、场效应晶体管的结构，场效应晶体管的分类。

技能要求

掌握：用万用表判别二极管和三极管的质量和电极的方法。

了解：场效应晶体管的保存、取用和焊接的操作要领。

你知道吗？ 硅是地壳中最常见的元素，许多石头的主要成分都是二氧化硅，它同时也是半导体材料之一，然而，由它做出来的半导体器件(二极管、三极管、场效应晶体管)，却是构成集成电路、电子线路的基本元件。电视、电话、电脑、手机、数码电器中这些半导体器件无时无刻不在为我们服务。把石头变成半导体器件的过程真可谓是一项点石成金的成就，近代科学的奇迹呀！

1.1 晶体二极管

1.1.1 半导体的基本知识

1. 什么是半导体？

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。能很好导电的金属等材料称为导体，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)。半导体是介于导体和非导体之间的物质(如硅和锗)。与导体和绝缘体具有能或不能传导电流那样非常明显的性质相比，半导体的导电能力则会根据周围状态(或条件)改变其性质。如温度升高、光照增强、掺杂质等均会使半导体的导电能力大为增强。

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

纯净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。其内部参与导电的载流子数量不多，导电性能很差，不能用来制造半导体器件。因此在纯净半导体中掺入杂质元素后，使导电性能增强的半导体，称为杂质半导体；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。

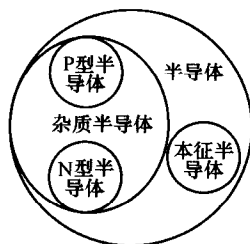


图 1-1 各种半导体之间的关系

(1) N型半导体 在硅的本征半导体中，将微量元素(磷)作为杂质掺入，就形成N型半导体。N型半导体的特点是：自由电子数量多，空穴数量少，参与导电的主要是带负电的自由电子。

(2) P型半导体 在硅本征半导体中，用元素(硼)作为杂质掺入，就形成P型半导体。P型半导体的特点是：空穴数量多，自由电子数量少，参与导电的主要是带正电的空穴。

1.1.2 晶体二极管的结构和特性

1. 二极管的结构和电路符号

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1-2a所示。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，就构成了晶体二极管。二极管意味着带有两个电极，一个称为正极(阳极)，一个称为负极(阴极)，其结构和符号见图1-2b。二极管具有单向导电性，符号上的箭头表示二极管导通时电流的方向。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。

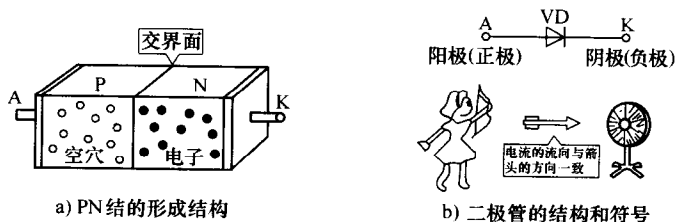


图 1-2 二极管的结构和符号

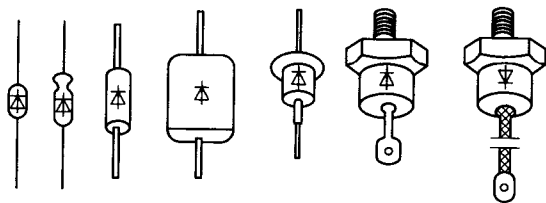


图 1-3 常见的二极管的外形

2. 二极管的单向导电性



小实验 二极管导电性

为了观察二极管的导电特性，让我们先做个小实验。将二极管串接到由电池和指示灯组成的电路中，按图连接电路。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，有足够电流通过小灯泡，则灯泡发光。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 1-4a 图连接电路，观察到灯泡亮，而把二极管反过来连接，如 1-4b 图所示，灯泡不亮。

实验表明：当电流由二极管的正极流入，负极流出时，灯泡亮，表明二极管的电阻很小，比较容易导电；若电流从负极流入正极时，灯泡不亮，表明此时二极管的电阻很大，反向几乎不导电，与绝缘体相似。

我们在二极管的两端外加电压，称为给二极管加偏置。当 P 区电位高于 N 区电位时称为正向偏置，简称正偏；反之，当 N 区电位高于 P 区电位时称为反向偏置，简称反偏。

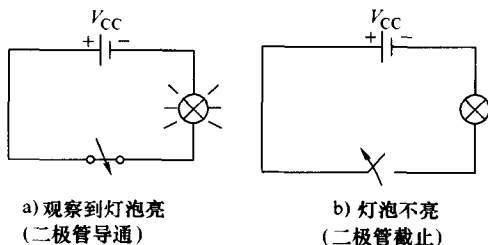


图 1-4 二极管导电性实验



提示：由此我们得出二极管的重要特性：二极管具有单向导电性。即二极管加正向偏压时导通，加反向偏压时截止。

二极管正偏时，内部呈现较小的电阻，有较大的电流流过，称之为正向导通状态；反偏时，二极管内部呈现较大的电阻，几乎没有电流流过，称之为反向截止状态。



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用来逆止水的一道阀门，当如图 1-5a 所示的水流方向时，阀门打开；当如图 1-5b 所示的水流方向时，阀门关闭。不同的水流方向，阀门的开关状态是不同的。

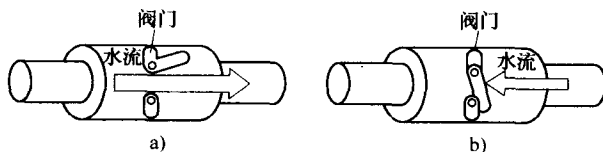


图 1-5 二极管的特性似阀门

3. 二极管的伏安特性曲线

加在二极管两端的电压 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。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 1-6 所示。



(1) 二极管的正向特性 二极管的正向特性曲线如图 1-6 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, 二极管几乎处于截止状态(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坎电压, 通常用 V_{th} 表示。硅二极管为 $0.5V$, 锗二极管为 $0.1V$ 。

◆ 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 $0.7V$, 锗管约为 $0.3V$, 称之为正向饱和压降。

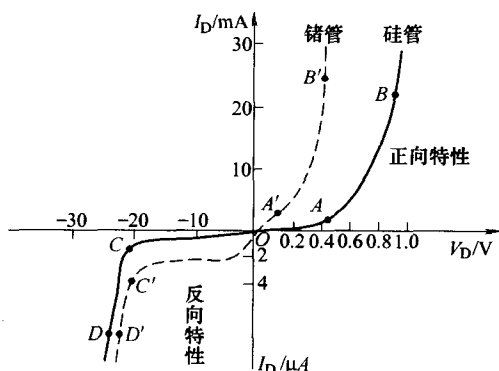


图 1-6 二极管的伏安特性曲线

(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。

◆ 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。

1.1.3 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} 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} 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 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。



工程应用

锗二极管和硅二极管的特性曲线形状相似，且均为非线性，但其特性存在一定的差异，在电路中不能互相替换。锗二极管死区电压较小，通常用于高频小信号的检波电路，以提高检波灵敏度；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常使用硅二极管。通常利用硅管和锗管正、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，硅管的阻值均大于锗管的阻值。

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1-7所示。

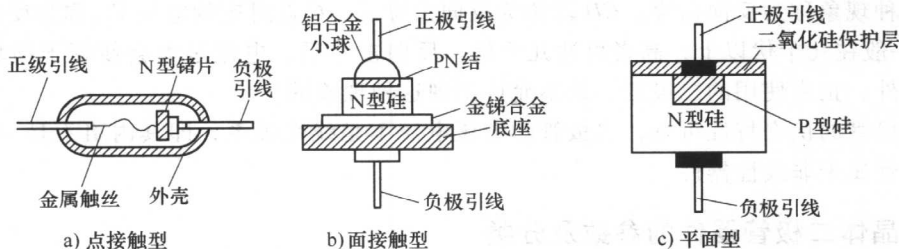


图 1-7 点接触型和面接触型二极管

- 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。

1.1.4 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1-8所示。

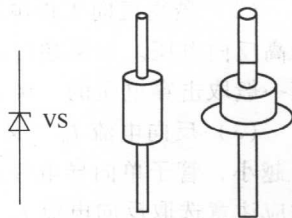


图 1-8 稳压管的电路符号和外形



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几乎保持不变,故称为稳压二极管,稳压二极管的伏安特性曲线如图1-9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1-10所示为稳压二极管常用的稳压电路示意图。

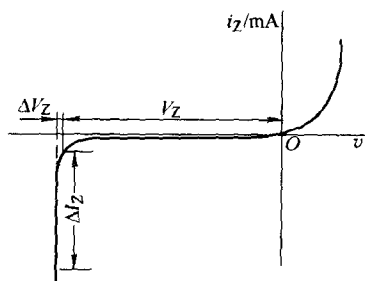


图1-9 稳压二极管的伏安特性曲线

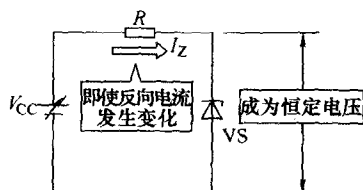


图1-10 稳压二极管的应用

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,电容量约在5~300pF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。变容二极管被应用于无线传声器和电视机的高频头电路等方面。图1-12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 C_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。

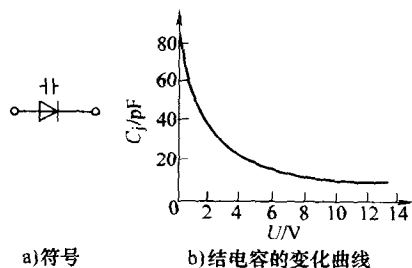


图1-11 变容二极管的符号和结电容的变化

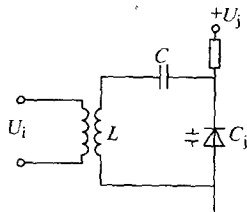


图1-12 电调谐的电路

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1-13a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,它还可当作发光源使用。如图1-13b所示。

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1-14所示。光敏

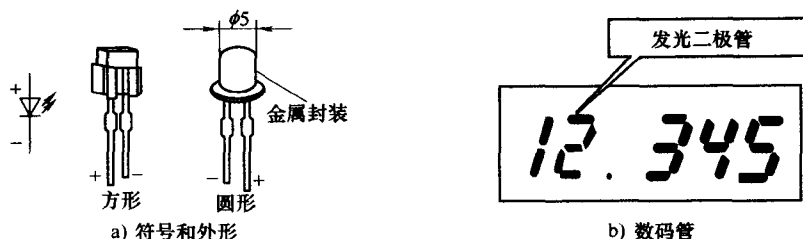


图 1-13 发光二极管的符号、外形和应用

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 1-15 所示。

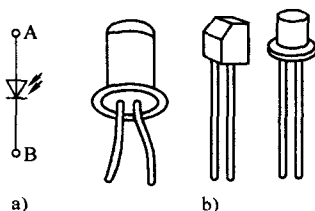


图 1-14 光敏二极管的符号和外形

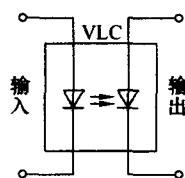


图 1-15 光耦合器

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。



本节习题

一、填空题

1. 物质按导电能力的强弱可分为_____、_____和_____三大类，最常用的半导体材料是_____和_____。
2. 根据在纯净的半导体中掺入的_____元素不同，可形成_____型半导体和_____型半导体。
3. 晶体二极管具有_____的特性，即加正向电压时，二极管_____，加反向电压时，二极管_____。一般硅二极管的开启电压约为_____V，锗二极管的开启电压约为_____V；二极管导通后，一般硅二极管的正向饱和压降约为_____V，锗二极管的正向饱和压降约为_____V。