

教育部规划教材

中等职业学校机电一体化专业
(含岗位培训行业中级技术工人等级考核)

电子技术

全国中等职业学校机电一体化专业教材编写组 编
石小法 邓红 主编

高等教育出版社

教育部规划教材
中等职业学校机电一体化专业
(含岗位培训行业中级技术工人等级考核)

电子技术

全国中等职业学校机电一体化专业教材编写组 编

石小法 邓红 主编

高等教育出版社

内容简介

本书系中等职业学校(三、四年制)机电一体化专业电子技术基础课教材,是教育部规划教材。

全书包括数字电路和模拟电路的基本内容,主要有:半导体器件、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、存储器和可编程逻辑器件、放大器基础、集成运算放大器、低频功率放大器、波形产生与变换电路、直流电源、D/A 和 A/D 转换器、电力电子器件及其应用等。各章均有简明提要 and 适量习题,书末附有实验和有关资料。

本书深入浅出、通俗易懂,可作为中等职业学校机电一体化、工业自动化、计算机应用和电工等专业电子技术课程的教材,也可作为通信、仪表、家用电器等行业生产和维修人员的培训及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/石小法,邓红主编. —北京:高等教育出版社,2000.7(2005重印)

ISBN 7-04-008174-1

I. 电… II. ①石… ②邓… III. 电子技术-技术学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 22463 号

电子技术

全国中等职业学校机电一体化专业教材编写组 编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京宏信印刷厂

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

开 本 787×1092 1/16

印 张 21.5

字 数 510 000

版 次 2000年7月第1版

印 次 2005年11月第8次印刷

定 价 24.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 8174-00

前 言

本书系中等职业学校机电一体化专业电子技术基础课教材，是教育部规划教材。本书以江苏省职教中心机电一体化专业现代化建设试点教学计划和《电子技术》教学大纲为依据编写。

全书包括数字电路和模拟电路的基本内容，知识深度和广度以三年制中等职教为基准，兼顾四年制。编写原则是：确保基础、精选内容、加强概念、面向更新、联系实际、利于教学、启发思考、引导创新。

为了适应电子技术的发展，在教学上处理好电工技术、电子技术、单片机和可编程控制器几门课程之间的衔接关系，本书打破了传统的编写方法，加强了集成电路的应用知识，简化了分立元器件的叙述。在编排顺序上则把数字电路放在模拟电路之前，以便于教学计划的实施。本课程教学学时数为162课时，各章参考学时见教学课时分配表。

教学课时分配表

内 容	课 时 数
第一章 半导体器件	10
第二章 数字电路基础	16
第三章 组合逻辑电路	10
第四章 时序逻辑电路	12
第五章 存储器和可编程逻辑器件	6
第六章 放大器基础	14
第七章 集成运算放大器	9
第八章 低频功率放大器	4
第九章 波形产生与变换电路	8
第十章 直流电源	8
第十一章 D/A 和 A/D 转换器	6
第十二章 电力电子器件及其应用	10
实 验	34
机动与复习考试 ^②	15
总 计	162

②：机动与复习考试的课时可根据教学需要灵活使用。

本书还设有选修内容(☆)，在教学中，教师可根据情况选讲。

本书由江苏省无锡职教中心石小法(编写第一、六、七、八章)和无锡无线电工业学校邓红(编

写第四、五、十章)担任主编,苏州铁路机械学校马祥兴编写第二、三、十二章,苏州高级工业学校曹振平编写第九、十一章。

本书由苏州高级工业学校特级教师陈其纯担任主审,特致谢意,同时感谢教育部职教司、江苏省教委及各有关学校对本书编写工作的指导和支持。

电子技术日新月异,教学改革任重道远。由于编者水平有限,恳请读者对本书的缺点和错误多加指正。

编者

1999年10月

符号说明

1. 电压符号

v 、 V	电压通用符号
v_I	输入电压瞬时值
V_I	输入电压
v_O	输出电压瞬时值
V_O	输出电压
e_s	信号源电压
V_{CC}	电源电压
V_{DD}	电源电压(一般用于 MOS 器件)
V_f	反馈电压
V_Q	电压静态值
V_R	基准电压(或参考电压)
V_+	集成运放同相输入电压
V_-	集成运放反相输入电压
V_{IC}	共模输入电压
V_{ID}	差模输入电压
V_{IH}	输入高电平
V_{IL}	输入低电平
V_{OH}	输出高电平
V_{OL}	输出低电平
V_T	晶体管导通电压或门电路的阈值电压
V_{T+}	施密特触发特性的正向阈值电压
V_{T-}	施密特触发特性的负向阈值电压

2. 电流符号

i 、 I	电流通用符号
I_I	输入电流
I_O	输出电流
I_L	负载电流
I_Q	静态电流
I_+	集成运放同相输入电流
I_-	集成运放反相输入电流

3. 功率

P	功率通用符号
p	瞬时功率

P_o 输出功率
 P_T 晶体管消耗的功率
 P_V 电源消耗的功率

4. 频率

f 频率通用符号
 ω 角频率通用符号
 f_{BW} 通频带
 f_H 放大电路的上限频率
 f_L 放大电路的下限频率
 f_o 振荡频率

5. 元件符号

R_i 、 r_i 电路的输入电阻
 R_{if} 、 r_{if} 有反馈时电路的输入电阻
 R_L 负载电阻
 R_o 、 r_o 电路的输出电阻
 R_{of} 、 r_{of} 有反馈时电路的输出电阻
 R_s 、 r_s 信号源内阻
 R_{on} 器件导通时内阻
 R_{off} 器件截止时内阻
 C 电容通用符号
 L 电感通用符号
 T 变压器通用符号

6. 增益或放大倍数

A 增益或放大倍数通用符号
 A_C 共模电压放大倍数
 A_D 差模电压放大倍数
 A_V 电压放大倍数通用符号
 F 反馈系数通用符号

7. 脉冲参数符号

t_r 上升时间
 t_f 下降时间
 t_w 脉冲宽度
 V_m 脉冲幅度
 q 占空比

8. 器件参数符号

N 电子型半导体
 P 空穴型半导体
 V 晶体管
 b 基极
 c 集电极

e	发射极
v_{BE} 、 V_{BE}	三极管 b-e 间的电压
v_{CE} 、 V_{CE}	三极管 c-e 间的电压
$\bar{\beta}$	共射接法下, 不考虑穿透电流时, I_C 与 I_B 的比值
β	共射接法下, 集电极电流的变化量与基极电流的变化量之比, 即 $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$
r_{be}	共射接法下基射极之间的微变电阻
r_{ce}	共射接法下集射极之间的微变电阻
I_{CBO}	发射极开路时 c-b 间的反向电流
I_{CEO}	基极开路时 c-e 间的穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
$V_{(BR)}$	二极管的击穿电压
$V_{(BR)CBO}$	射极开路时 e-b 间的击穿电压
V_{CES}	三极管饱和时 c-e 间的电压
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
r_z	稳压管动态电阻
V_z	稳压管稳定电压
S	MOS 管源极
D	MOS 管漏极
G	门电路或 MOS 管栅极
v_{GS} 、 V_{GS}	MOS 管 G-S 间的电压
v_{DS} 、 V_{DS}	MOS 管 D-S 间的电压
TG	传输门
F	触发器
A	放大器
9. 其他符号	
K_{CMR}	共模抑制比
Q	品质因数
T	温度、周期
η	效率
τ	时间常数
φ	初相角
θ	相位角
t_{on}	导通时间
t_{off}	截止时间
CP	时钟脉冲

目 录

第一章 半导体器件	(1)	应注意的问题	(52)
第一节 半导体二极管	(1)	第四节 逻辑代数的基本公式和定律	(53)
一、PN 结	(1)	一、基本公式	(54)
二、二极管的结构和符号	(3)	二、基本定律(又称基本定理)	(54)
三、二极管的伏安特性	(4)	三、逻辑代数的三个基本规则	(55)
四、二极管的主要参数	(6)	四、常用公式	(55)
第二节 半导体三极管	(7)	第五节 逻辑函数的代数法化简	(56)
一、三极管的结构和分类	(7)	一、化简的概念	(56)
二、三极管的工作电压和 基本组态	(8)	二、公式化简法	(57)
三、三极管的电流分配和 放大作用	(9)	第六节 逻辑函数的卡诺图化简法	(58)
四、三极管的伏安特性	(12)	一、逻辑函数的最小项	(58)
五、三极管的主要参数	(15)	二、逻辑函数的卡诺图表示法	(59)
第三节 场效应管	(18)	三、逻辑函数的卡诺图化简法	(60)
一、结型场效应管	(19)	四、具有约束的逻辑函数的化简	(63)
二、绝缘栅场效应管	(21)	本章小结	(64)
三、场效应管的主要参数	(25)	习题二	(65)
四、场效应管和三极管的比较	(26)	第三章 组合逻辑电路	(70)
本章小结	(27)	第一节 组合逻辑电路分析与设计	(70)
习题一	(27)	一、组合逻辑电路特点	(70)
第二章 数字电路基础	(31)	二、组合逻辑电路分析	(70)
第一节 数字电路概述	(31)	三、组合逻辑电路设计	(71)
一、数字电路的特点	(31)	第二节 编码器	(73)
二、脉冲信号及脉冲波形的参数	(31)	一、二进制编码器	(73)
三、数制与码制	(32)	二、二—十进制编码器	(74)
第二节 逻辑门电路	(35)	三、8421BCD 码优先编码器	(75)
一、逻辑电路及其规定	(35)	第三节 译码器	(76)
二、逻辑门电路基础	(36)	一、二进制译码器	(77)
三、集成逻辑门电路	(40)	二、二—十进制译码器	(78)
第三节 接口电路	(49)	三、显示译码器	(79)
一、接口电路	(49)	第四节 运算器	(84)
二、TTL 和 CMOS 电路在使用中		一、半加器和全加器	(85)

第五节 数据选择器与分配器	(87)	第六章 放大器基础	(134)
一、数据选择器	(87)	第一节 放大器的基本概念	(134)
二、数据分配器	(89)	一、放大器	(134)
本章小结	(90)	二、放大倍数	(134)
习题三	(91)	第二节 单级低频小信号放大器	(136)
第四章 时序逻辑电路	(93)	一、放大器的组成	(137)
第一节 集成触发器	(93)	二、放大器的直流通路和交流	
一、基本 RS 触发器	(93)	通路	(138)
二、同步触发器	(94)	三、放大器的静态工作点	(138)
三、边沿触发器	(96)	四、共发射极放大器的放大和	
第二节 寄存器	(100)	反相作用	(140)
一、代码寄存器	(100)	五、放大器的非线性失真和静态	
二、移位寄存器	(101)	工作点的调整	(141)
三、寄存器的应用	(104)	六、放大器的主要参数和测试	
第三节 计数器	(104)	方法	(142)
一、计数器的逻辑功能	(104)	第三节 放大器的偏置电路	(146)
二、集成计数器介绍	(108)	一、温度变化对静态工作点的	
三、用集成计数器构成任意		影响	(146)
进制的方法	(111)	二、分压式偏置电路	(148)
四、计数器应用举例	(115)	第四节 多级放大器	(149)
本章小结	(119)	一、级间耦合方式	(149)
习题四	(119)	二、多级放大器的基本参数	(151)
第五章 存储器和可编程逻辑		三、多级放大器的频率特性	(153)
器件	(123)	第五节 反馈放大器	(155)
第一节 只读存储器	(123)	一、反馈及其分类	(155)
一、ROM 的结构	(123)	二、负反馈对放大器性能的影响	(158)
二、固定只读存储器	(124)	三、射极输出器	(161)
三、可编程只读存储器	(125)	本章小结	(164)
第二节 随机存取存储器	(127)	习题六	(164)
一、静态 RAM 基本存取存储		第七章 集成运算放大器	(172)
电路	(127)	第一节 差分放大器	(172)
二、常用 RAM 芯片	(127)	一、电路组成和静态工作点	(172)
第三节 可编程逻辑器件简介	(129)	二、差模信号和共模信号	(173)
一、PLD 的基本原理	(129)	三、电压放大倍数	(174)
二、PAL 和 GAL 简介	(131)	四、共模抑制比	(176)
三、PLD 的开发过程	(132)	第二节 集成运算放大器及其理想	
本章小结	(132)	特性	(177)
习题五	(132)	一、集成运算放大器的电路组成	(177)

二、集成运算放大器的外形和符号	(179)	一、门电路构成的多谐振荡器	(214)
三、集成运算放大器的主要参数	(180)	二、集成运算放大器构成的多谐振荡器	(216)
四、集成运算放大器的理想特性	(182)	第三节 单稳态触发器	(216)
第三节 集成运算放大器应用举例	(182)	一、门电路构成的单稳态触发器	(217)
一、运算电路	(182)	二、集成单稳态触发器	(217)
二、电压比较电路	(187)	三、单稳态触发器应用举例	(219)
三、信号检测电路	(188)	第四节 施密特触发器	(220)
第四节 集成运算放大器使用常识	(190)	一、门电路构成的施密特触发器	(220)
一、调零	(190)	二、集成运算放大器构成的施密特触发器	(221)
二、消除自激振荡	(190)	三、集成施密特触发器	(222)
三、保护电路	(190)	四、施密特触发器应用举例	(222)
四、单电源供电	(192)	第五节 555 集成定时器	(224)
本章小结	(192)	一、555 电路的结构和功能简介	(224)
习题七	(193)	二、555 电路的典型应用	(226)
第八章 低频功率放大器	(195)	本章小结	(229)
第一节 概述	(195)	习题九	(229)
一、功率放大器的特点	(195)	第十章 直流电源	(235)
二、功率放大器的基本要求	(195)	第一节 直流电源的组成	(235)
三、功率放大器的分类	(195)	第二节 整流电路	(235)
第二节 互补对称功率放大器	(196)	一、单相半波整流电路	(235)
一、提高输出功率和效率的措施	(196)	二、单相桥式整流电路	(237)
二、乙类互补对称 OTL 功放电路	(198)	第三节 滤波电路	(239)
三、甲乙类互补对称 OTL 功放电路	(200)	一、电容滤波电路	(239)
四、互补对称 OCL 功放电路	(202)	二、其他形式的滤波电路	(240)
第三节 集成功率放大器	(202)	第四节 稳压管稳压电路	(241)
一、D2006 集成功放简介	(202)	一、稳压管的伏安特性	(241)
二、D2006 集成功放的典型应用	(204)	二、稳压管的主要参数	(242)
本章小结	(206)	三、稳压管稳压电路	(242)
习题八	(206)	第五节 串联型稳压电路	(243)
第九章 波形产生与变换电路	(207)	一、串联稳压的基本原理	(243)
第一节 正弦波振荡器	(207)	二、串联型稳压电路	(243)
一、正弦波振荡器的基本原理	(207)	第六节 三端式集成稳压电源	(245)
二、RC 振荡器	(209)	一、输出固定的稳压电路	(246)
三、LC 振荡器	(209)	二、输出正、负电压的稳压电路	(246)
四、石英晶体正弦波振荡器	(212)	三、输出电压可调的稳压电路	(246)
第二节 多谐振荡器	(214)	四、扩大输出电流的稳压电路	(247)

第七节 开关电源	(247)	二、功率 MOSFET 的驱动电路	(286)
一、开关电源的基本组成和 工作原理	(247)	三、功率 MOSFET 的保护	(286)
二、开关电源电路举例	(249)	第四节 绝缘栅双极晶体管 (IGBT)	(287)
本章小结	(250)	一、IGBT 的结构与特点	(287)
习题十	(250)	二、IGBT 的工作原理与 工作特性	(288)
第十一章 D/A 和 A/D 转换器	(252)	三、栅极驱动电路及保护	(289)
第一节 D/A 转换器	(252)	本章小结	(291)
一、D/A 转换器的基本原理	(252)	习题十二	(292)
二、D/A 转换器的主要技术指标	(254)	实验一 常用仪器、仪表的使用	(294)
☆三、DAC0832 集成 D/A 转换器	(255)	实验二 稳压二极管伏安特性曲线的 测绘	(295)
第二节 A/D 转换器	(258)	实验三 半导体三极管共发射极电路 伏安特性曲线的测绘	(297)
一、A/D 转换的一般步骤	(258)	实验四 门电路逻辑功能的测试	(298)
二、A/D 转换器的工作原理	(260)	实验五 组合电路的功能测试	(300)
三、A/D 转换器的主要技术指标	(262)	实验六 触发器逻辑功能的测试	(303)
☆四、ADC0809 集成 A/D 转换器	(262)	实验七 计数器	(305)
本章小结	(266)	实验八 单级低频小信号放大器	(308)
习题十一	(266)	实验九 两级阻容耦合放大器	(309)
第十二章 电力电子器件及其 应用	(268)	实验十 负反馈放大电路	(311)
第一节 晶闸管及其应用	(268)	实验十一 对称式差分放大电路	(312)
一、单向晶闸管及其应用	(268)	实验十二 运算放大器的运算 电路	(314)
二、双向晶闸管及其应用	(279)	实验十三 正弦波发生器	(316)
第二节 功率晶体管(GTR)及其 应用	(281)	实验十四 多谐振荡器	(317)
一、GTR 的特点	(282)	实验十五 施密特触发器	(319)
二、GTR 的驱动电路	(282)	实验十六 直流电源	(321)
三、GTR 的保护电路	(283)	实验十七 晶闸管应用电路	(324)
第三节 功率场效应管(功率 MOSFET)	(284)	附录	(326)
一、功率 MOSFET 的特点	(284)		

第一章 半导体器件

电子线路种类繁多、应用甚广，它们都是由电子器件和交、直流电路两部分组成的。现代电子线路的核心是半导体器件。研究电子线路不仅需要交、直流电路的基本知识，而且还要熟悉半导体器件的特性和主要参数。本章介绍半导体二极管、三极管和场效应管等电子器件。

第一节 半导体二极管

一、PN 结

1. 半导体的导电特性

自然界一切物质的导电性能，是由它内部含载流子的多少和载流子的迁移速度决定的。所谓载流子，就是可以传导电流的带电粒子。电线内芯使用的铜或铝等物质，它们内部存在大量带负电荷的载流子——自由电子，在外电场的作用下可以作定向运动形成电流，导电能力强，称为导体。电线外皮所使用的橡胶或塑料等物质，内部几乎没有载流子，不易传导电流，即使外加很高电压，仍然基本无电流，称为绝缘体。

硅和锗等物质的导电性能介于导体和绝缘体之间，称为半导体。半导体内存在两种载流子：一种是带负电荷的自由电子，一种是带正电荷的空穴。在常温下，纯净半导体(纯度在99.999999%以上,简称9个9)内自由电子和空穴成对出现，称为电子—空穴对，但数量很少，如图1-1所示。所以半导体的导电性能优于绝缘体而又不如导体。在外电场作用下，自由电子和空穴将作反向运动，形成电子电流和空穴电流，总电流为两者之和。

半导体之所以得到广泛应用，是因为其导电性能具有如下两个显著的特点：

- (1) 纯净半导体受热或光照时，电子—空穴对的数量将大量增加，导电能力显著提高；
- (2) 在纯净半导体中掺入微量的其他元素(称为杂质元素)，其导电能力将显著提高。例如，在纯净硅晶体中只要掺入千万分之一($1/10^7$)的杂质，其导电能力就可提高十几倍。

人们正是利用半导体的这些独特的导电性能，制造出各种不同功能的电子器件，如半导体管、集成电路、热敏器件和光敏器件等。

2. 杂质半导体

在纯净半导体中掺入不同性质的杂质元素，将生成两种不同导电类型的半导体。

(1) P型半导体 在纯净硅或锗中掺入微量三价元素硼或铟，则硅或锗中的空穴数量将大大增加，空穴成为传导电流的多数载流子，简称多子；而自由电子因与空穴相遇而复合(消失)的机会增多，其数量反而减少，称为少数载流子，简

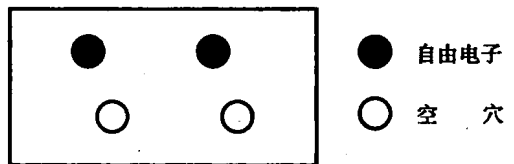


图1-1 纯净半导体

称少子，如图 1-2a 所示。这种以空穴导电为主的半导体称为空穴型半导体或 P 型半导体。

(2) N 型半导体 在纯净硅或锗中掺入微量五价元素磷或砷，则硅或锗中的自由电子数量将大大增加，电子成为传导电流的多数载流子(多子)；而空穴数比掺杂前的还要少，成为少数载流子(少子)，如图 1-2b 所示。这种以电子导电为主的半导体称为电子型半导体或 N 型半导体。

P 型半导体和 N 型半导体统称杂质半导体。

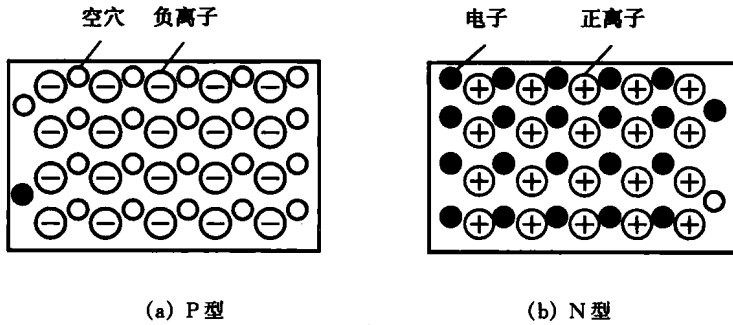


图 1-2 杂质半导体

在 P 型半导体中，空穴为多子，电子为少子，还有被晶格固定不能移动的负离子。在 N 型半导体中，电子为多子，空穴为少子，还有被晶格固定不能移动的正离子。无论是 P 型还是 N 型半导体，正电荷的数量和负电荷的数量总是相等的，因而整个半导体保持电中性。

少子浓度很低，但它对温度非常敏感，是影响半导体器件性能的一个重要因素。多子的浓度约等于杂质的浓度，基本不受温度的影响。

3. PN 结的形成及其导电特性

在一块纯净硅(或锗)片上，运用掺杂工艺，使其一部分形成 P 型半导体，另一部分形成 N 型半导体。在 P 型区和 N 型区的交界面上将形成一个不导电的薄层，称 PN 结，如图 1-3 所示。

(1) PN 结的形成 由于 P 型区的空穴浓度大于 N 型区的空穴浓度，N 型区的电子浓度大于 P 型区的电子浓度，因此在交界面附近，P 型区的空穴和 N 型区的自由电子将相向扩散、相遇复合而消失，只剩下很薄一层不能移动的负离子和正离子，形成“空间电荷区”，即 PN 结。空间电荷区产生的由正离子区指向负离子区的“内电场”，对两侧多子的扩散运动起阻碍作用，故 PN 结又称阻挡层。内电场阻碍两侧多子继续扩散的同时，却推动了两侧少子作相向运动，这种在内电场作用下少子的定向运动称为漂移运动。当多子的扩散运动和少子的漂移运动达到动态平衡时，PN 结的宽度即相对稳定，一般约几微米。PN 结内的多子因扩散和复合而被“消耗殆尽”，故 PN 结又称耗尽层，耗尽层的电阻率很高。

(2) PN 结的导电特性

给 PN 结加电压，称为偏置。如果 P 型区接电源正极，N 型区接电源负极，称为正向偏置，简称正偏。正偏电压产生的外加电场，其方向与 PN 结的内电场相反，削弱了内电场及内电场对多子扩散运动的阻碍作用，阻挡层变薄，如图 1-4a 所示。P 型区的多子空穴和 N 型区

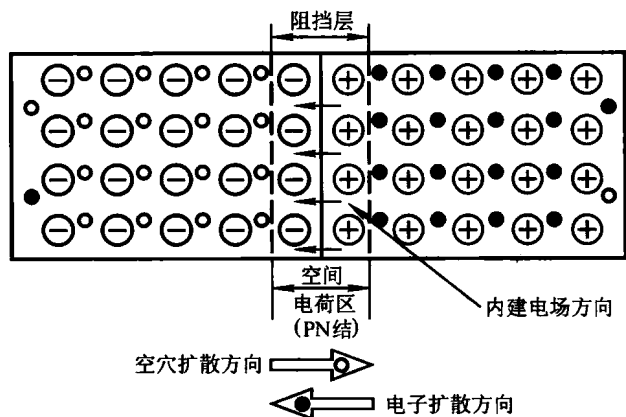


图 1-3 PN 结

的多子电子将不断相向扩散，形成空穴扩散电流和电子扩散电流。这种在正偏电压作用下，主要由多子扩散运动形成的电流称为正向电流。正偏电压越高，阻挡层越薄，正向电流也越大。PN 结的这种现象称为正偏导通。

如果将 PN 结的 P 型区接电源负极，N 型区接电源正极，称为反向偏置，简称反偏。此时，反偏电压形成的外加电场与内电场方向一致，加强了内电场及内电场对多数载流子扩散的阻碍能力，阻挡层加厚，如图 1-4b 所示。因此，P 型区和 N 型区的多子扩散运动更难进行，仅有少子在反偏电压作用下作漂移运动形成很小的反向电流，一般为纳安 (nA) 或微安 (μA) 数量级。PN 结的这种现象称为反偏截止。

以上“正偏导通、反偏截止”的导电特性，称为 PN 结的单向导电性。

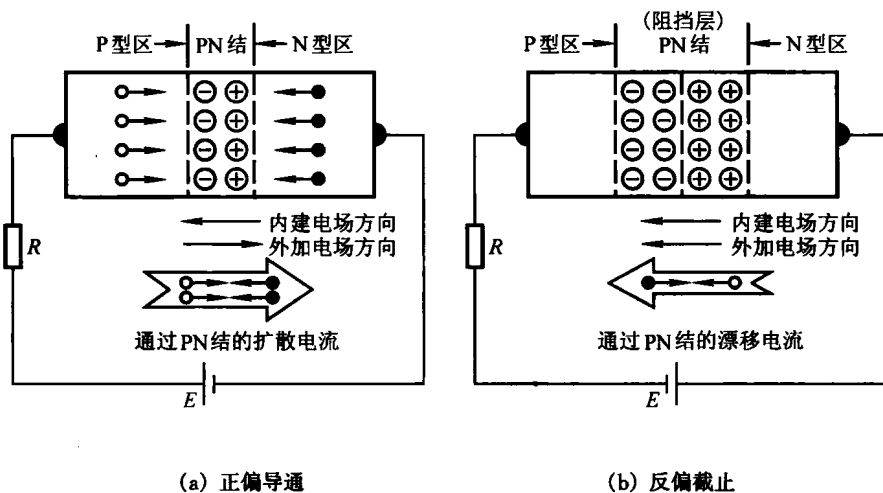


图 1-4 PN 结的导电特性

二、二极管的结构和符号

半导体二极管简称二极管，由 PN 结、两条电极引线和管壳构成。半导体二极管有以下几

种分类：

- (1) 根据使用材料分 有硅二极管和锗二极管两种；
- (2) 按照 PN 结的结构特点分 有点接触型和面结合型两种，如图 1-5 所示；
- (3) 根据用途分 有普通二极管、整流二极管、稳压二极管、开关二极管、发光二极管、热敏二极管和光敏二极管等。

各种类型的二极管，国内外均采用规定型号的方法来相互区分。我国国产半导体器件使用国家标准 GB/T 249—1989 的规定，详见书末附录一。

点接触型二极管 PN 结的结面积小，因而结电容小，允许通过的电流也小，适用于小电流整流和高频、小电流检波电路。

面结合型二极管 PN 结的结面积大，因而结电容大，允许通过的电流也大，适用于低频、大功率电路。

图 1-5c 所示的是二极管的图形符号，箭头一端表示二极管的正极(内接 P 型区)，另一端表示二极管的负极(内接 N 型区)，箭头所指的方向即二极管正偏导通时的电流方向。

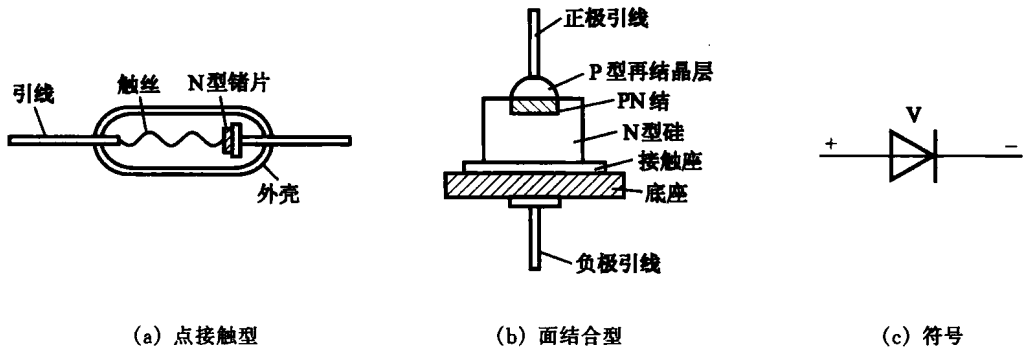


图 1-5 二极管的结构和符号

三、二极管的伏安特性

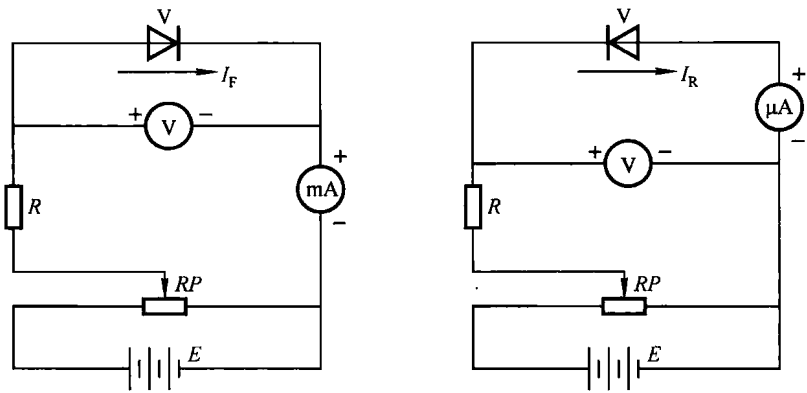
加在二极管两端的电压 V 与通过二极管的电流 I 间的关系，称为二极管的伏安特性。图 1-6 为测量二极管伏安特性的实验电路。

图 1-6a 所示电路用来测量二极管的正向特性。待测二极管 V 的正极通过限流电阻 R 和调压电位器 RP 与电源 E 的正极相连，它的负极通过毫安表 (mA) 与电源 E 的负极连接。调节 RP 使二极管两端的正向电压从零开始逐点增加，读出每一点电压表和电流表指示的正向电压 V_F 、正向电流 I_F 数据对，列出正向特性数据表。

图 1-6b 所示电路用来测量二极管的反向特性。与图 a 相比，二极管的正负极对调了位置，加在二极管两端的是反向电压 V_R ；毫安表 (mA) 由外接改为微安表 (μA) 内接，以减小测量误差。通过逐点测量，记录下各点反向电压 V_R 、反向电流 I_R 数据对，列出反向特性数据表。

根据以上两个数据表，以横坐标表示电压 V 、纵坐标表示电流 I 作出的光滑曲线，即为二极管的伏安特性曲线，如图 1-7 所示。

1. 正向特性



(a) 测量正向特性 (b) 测量反向特性

图 1-6 二极管的伏安特性测量电路

位于图 1-7 第一象限的是二极管的正向特性曲线，在起始部分，由于正向电压较小，不足以克服 PN 结阻挡层的障碍，因此正向电流几乎为零，称为死区，好像有一个门坎，使二极管处于截止状态，呈现高阻值。当正向电压超过“门坎电压”或“死区电压”（硅管约为 0.5 V、锗管约为 0.2 V）后，阻挡层逐渐消失，二极管电阻逐渐变小，正向电流开始显著增长，进入导通状态。二极管正向导通后，其电流 I_F 与电压 V_F 呈非线性关系。正向电流较大时，二极管的正向压降随电流而变化的范围很小，近似于定值，硅管约为 0.7 V，锗管约为 0.3 V。

2. 反向特性

位于图 1-7 第三象限的为二极管的反向特性曲线，在起始部分，随着反向电压从零开始增大，PN 结阻挡层逐渐增宽，由少子漂移形成的反向电流也由零开始略有增加。当反向电压大于一定数值（约为 -1 V）后，少子已全部参与漂移，反向电流不再随反向电压的增加而变化，称为反向饱和电流。在室温下，硅二极管的反向饱和电流约为 $1 \mu\text{A}$ 到几十微安，而锗二极管的反向饱和电流要大得多，但一般不应超过几百微安。当反向电压超过某值时，PN 结阻挡层被击穿，反向电流急剧增大，这种现象称为反向电击穿，击穿时的反向电压值称为反向击穿电压。二极管击穿时，很大的击穿电流将使 PN 结迅速升温、烧熔，电击穿转为热击穿，造成永久性损坏，在使用中，一般不允许出现这种情况。但是若采用特殊的制造工艺，使用中又注意限流保护，则可以利用二极管反向击穿后，管电流大幅度变化而管压降却变化很小的特点，制成能够工作在反向击穿状态下的稳压二极管。

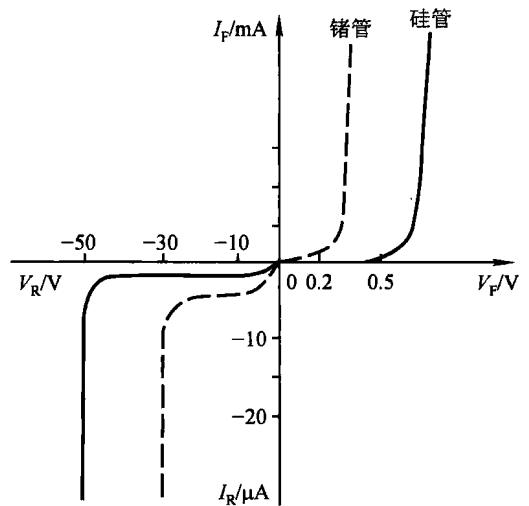


图 1-7 二极管的伏安特性曲线