

浙江大学出版社

实用电子技术教程

宋水孝 王植鑫 编 著



DIANZI JISHU JIAOCHENG

内 容 简 介

这是一本着眼于实际应用的电子技术基础教材，内容包括模拟电路和数字电路两大部分。全书贯穿“分立为集成服务”的指导思想，介绍了半导体器件放大原理、负反馈技术、信号产生、频率变换、功率输出、电视接收技术、数字系统的单元电路以及微电脑的基本硬件等。在叙述方法上，以定性分析为主，定量分析为辅，力求简明扼要。每章都精选一定数量的习题，用以巩固概念、掌握重点及作为相应章节内容的补充。

本书可用作大专院校理工科非电类专业、高等师范院校物理专业的电子技术教材；也可作为教育学院、电视大学、夜大学、职工大学和高等职业学校的教材；还可作为培养军、地两用人才的教材。对于希望更新知识的在职科技人员也有一定的参考价值。

实 用 电 子 技 术 教 程

宋水孝 王植鑫 编著

责任编辑 应伯根

* * *

浙江大学出版社出版

浙江大学印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

* * *

开本787×1092 1/16 印张：26.125 字数：602千字

1987年9月第1版 1987年10月第1次印刷

印数：1—5 000

ISBN 7-308-00046-X

TN·003 定价：4.32元

(统一书号：15337·039)

前 言

本教程立足于智能开发,以探讨信号加工和处理的基本方法为线索,介绍了信号的发生、放大、变换和控制等基本“电子积木块”。并以电视接收机为例,综合介绍各种“电子积木块”的搭接方法。这样可以使读者获得电子技术的基础知识,掌握它的基本分析方法,了解它的发展特点,善于举一反三地解决电子技术方面的实际问题。

本书言简意明,既有助于教师在授课时灵活应用,也有利于学生的课后快节奏复习。各章均附一定的阅读材料(节名前标有“*”的部分),目的是训练学生的自学能力,扩大知识面,让学生通过思考、讨论、答疑或借助其他资料去获取所需的知识。

器件、电路和系统日趋模糊是电子技术发展的一个特点,本书因侧重于电子技术的应用,因此没有把电子器件作为独立的部分来介绍,而是有意识地把器件、电路和系统混在一起。在介绍器件时,着重于器件的外特性和它们的使用方法。

集成化是电子技术发展的另一个特点,所以把分立元件电路作为集成功能块的一个单元电路来处理。介绍分立元件电路主要是为了使读者能更好地理解集成功能块的框图意义。对于电子技术的应用者来说,熟悉功能块的框图、外特性、使用条件及引脚的意义也已足够了。

数字化是电子技术发展的又一个特点。数字电路和模拟电路是电子技术的两大分支,缺一不可。当前的电子设备往往是数、模共存的,它们既有区别,又有联系。在分析方法上,数字电路则从逻辑关系上自成体系。本书的数字电路内容比模拟电路内容相对少一些。但这并不意味着数字电路对本书的读者不重要,而是因为通过模拟电路的学习,读者对电子电路的基本理论和基本分析方法,已有一定的基础,数字电路的分析方法又比模拟电路简单。书中所介绍的数字电路内容对于应用基本数字功能块已能满足。

在编写过程中,承蒙浙江大学姚庆栋教授的帮助和指导,中国计量学院焦治平副教授审阅了全书,提出许多指导性意见,我们在此表示衷心感谢。

书稿虽经多年使用,数次修改,但难免会存在一些缺点和错误,恳请读者批评指正。

编著者

1987年6月

符号说明

A	放大倍数(增益)
$A_u(A_i, A_r, A_g)$	电压(电流、互阻、互导)增益
$A_{od}(A_d, A_c)$	运算放大器的开环(差模、共模)增益
ABL(ACC)	自动亮度(色度)限制(控制)
ADC	模数转换器; 自动消磁电路
AFC(AFT)	自动频率控制(微调)
AGC(ALC)	自动增益(电平)控制
ANC	自动消噪电路
BJT	双极型晶体三极管
BU_{CEO}	基极开路时的集电极—发射极反向击穿电压
BU_{CER}	基极—发射极间接入电阻时的集电极—发射极反向击穿电压
BU_{CES}	基极—发射极间短路时的集电极—发射极反向击穿电压
BU_{EBO}	集电极开路时的发射极—基极反向击穿电压
BU_{DS}	漏极—源极反向击穿电压
$C_N(C_u)$	中和电容(变容二极管电容)
$C_\pi(C_{ob}, C_\mu)$	发射结(集电结)等效电容
CB(CC, CE)	共基(共集、共射)组态
CLR	清零端
CMOS	互补型金属—氧化物—半导体管
CMRR	共模抑制比
CP	控制(时钟)脉冲输入端
CPU	中央处理单元
CTV	彩色电视
$D_E(D_C)$	单结晶体管(变容二极管)
D_Z	稳压管
DAC	数模转换器
DIN	送数端
E_C	集电极直流电源电压
E_r	限幅切割电平; 钳位基准电平
EHT	极高压
F_u	电压反馈系数
$f_c(f_B, f_S)$	载频(伴音、图象载频)
$f_H(f_V)$	行频(场频)
$f_h(f_L)$	上限(下限)频率
$f_M(f_O)$	最高振荡(振荡中心)频率
f_T	特征频率
$f_c(f_\beta)$	共基(共射)截止频率

FA	全加器
FBAS	彩色全电视信号
FET	场效应管
G_p	功率增益(dB)
$g(g_m)$	微变电导(跨导)
HA	半加器
HTL	高阈值晶体管逻辑门
I	正弦电流有效值; 直流电流
$I_{BQ}(I_{CQ})$	基极(集电极)静态电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
I_{CRO}	发射极开路时集—基间的反向饱和电流
I_{CEO}	基极开路时集—射间的穿透电流
I_{CFR}	基—射间接入电阻时的集电极电流
I_{CS}	集电极饱和电流
$I_B(I_{OS})$	运算放大器(失调电流)输入偏置电流
$i_B(i_C, i_E)$	基极(集电极, 发射极)总电流瞬时值
$\bar{i}_D$	整流电路负载电流的平均值
$\bar{i}_F$	整流电路二极管正向电流的平均值
i_m	励磁电流
IGFET	绝缘栅场效应管
JFET	结型场效应管
LB	滤波器
LOAD	数据装入端
LSB	最低有效位
LSI	大规模集成电路
$m(m_f)$	调幅系数(调频指数)
MSB	最高有效位
MSI	中规模集成电路
N_F	噪声系数
NTSC	平衡调幅正交制
OC	集电极开路与非门
$P_C(P_{CM})$	集电极(最大允许)耗散功率
$P_O(P_E)$	输出功率(电源提供的直流功率)
p	瞬时功率; 接入系数
PIF	图象中频
PAL	逐行倒相制
$Q(Q_L)$	静态工作点; 线圈的品质因数; 触发器输出端(有载品质因数)
$Q^n(Q^{n+1})$	触发器输出原态(次态; 新态)
R_d	场效应管漏—源间的直流电阻
$R_L(R'_L)$	负载电阻(交流负载电阻)
$r_{bb'}(r_b' e)$	基区体电阻(发射结电阻)
r_p	二极管的增量电阻

r_{ds}	场效应管漏极输出电阻
r_z	稳压管的增量电阻
r_s	信号源内阻
ROM(RAM)	只读(随机)存储器
$S_r(S_N)$	稳压系数(信噪比)
SAWF	声表面波滤波器
SCR	晶闸管(可控硅)
SHL(SH)	移位寄存左(右)移信号端
$T(T_B)$	绝对温度; 周期; (回扫期)
$T_H(T_V)$	行扫描(场扫描)周期
$t(t^0)$	时间(温度)
$t_d(t_s)$	延迟时间(存贮时间)
$t_f(t_r)$	下降时间(上升时间)
$t_{on}(t_{off})$	开通时间(关闭时间)
$t_w(t_p)$	脉冲宽度(间歇时间)
$2t_{pd}$	触发器的最小更新时间
U	直流电压; 正弦电压有效值
$\dot{U}_i(\dot{U}_o)$	输入(输出)正弦电压复数量
$U_{od}(U_{oc})$	差模(共模)输出电压
$U_{os}(U_f)$	失调电压(反馈电压)
$U_p(U_T)$	夹断电压(开启电压; 温度的电压当量)
U_v	阈值电压(门阈电压、死区电压)
U_{io}	本机正弦振荡电压有效值
$u_{CE}(u_{ce})$	集—射总电压瞬时值(集—射交流电压分量)
u_o	稳压器输出直流电压; 整流输出平均值
$u_i(u_o)$	输入(输出)交流电压分量
$V_\Sigma(V_\Sigma')$	运算放大器反相端(同相端)对地电位
$v_B(v_G)$	基极(栅极)对地总瞬时电位
VHF(UHF)	甚高频段(超高频段)
$x_i(x_i', x_o, x_f)$	输入(净输入, 输出, 反馈)信号
Z	阻抗; 逻辑门输出端
$\alpha(\beta)$	共基(共射)电流放大系数
$\Sigma(\Sigma')$	反相(同相)端
ϕ	初相角; 时钟信号
$\omega_c(\omega_o)$	载波角频率(谐振角频率)

目 录

第一章 二极管及其基本电路

§1-1	PN结和结型二极管	1
1.1.1	概述	1
1.1.2	二极管的主要特性	3
1.1.3	特殊用途的二极管	6
	复习参考题	7
§1-2	二极管整流电路	7
1.2.1	整流电路	7
1.2.2	平滑滤波器	10
	复习参考题	13
§1-3	二极管限幅和钳位电路	13
1.3.1	限幅电路	13
1.3.2	钳位电路	16
	复习参考题	18
*§1-4	双基极二极管(注)	18
*§1-5	真空二极管	19
	习题一	20

第二章 放大器基础

§2-1	概述	25
§2-2	放大器件	28
2.2.1	双极型晶体三极管(BJT)	28
2.2.2	单极型晶体三极管(FET)	33
	复习参考题	38
§2-3	双极型晶体管(BJT)放大器	38
2.3.1	静态分析	39
2.3.2	动态分析	43
	复习参考题	52
§2-4	场效应管(FET)放大器	53
2.4.1	基本电路	53
2.4.2	分析要点	54

复习参考题	56
§2-5 放大器的频率响应	56
2.5.1 简化 π 型等效电路	56
2.5.2 放大器的频响剖析	56
复习参考题	60
§2-6 放大器件的高频应用	60
2.6.1 分析基础	60
2.6.2 单谐振放大器	64
2.6.3 双谐振放大器	67
复习参考题	69
*§2-7 晶闸管	69
*§2-8 真空三极管	70
习题二	72

第三章 高增益放大系统

§3-1 放大器的级联	83
3.1.1 级联的静态问题	83
3.1.2 级联的动态问题	87
3.1.3 差分放大器	92
复习参考题	100
§3-2 集成运算放大器	100
3.2.1 集成运放的组成	101
3.2.2 理想的集成运算放大器	108
复习参考题	112
*§3-3 集成功能块概况	113
*§3-4 单片集成电路工艺简述	113
3.4.1 硅平面工艺	113
3.4.2 集成电路制作中的特殊问题	116
习题三	118

第四章 负反馈技术

§4-1 反馈的一般概念	125
§4-2 负反馈原理	126
4.2.1 负反馈的类型	126
4.2.2 负反馈的一般表达式 ^{[1],[2]}	128
4.2.3 深负反馈放大系统增益的估算	130

4.2.4	负反馈对放大器性能的改善	133
	复习参考题	137
§4-3	负反馈在集成运放中的应用	138
4.3.1	三种基本负反馈电路	138
4.3.2	线性运算电路	139
	复习参考题	143
§4-4	负反馈系统的稳定性	143
4.4.1	自激的原因和判别	144
4.4.2	自激的抑制	144
*§4-5	简单负反馈放大器的计算	145
	习题四	147

第五章 信号发生器

§5-1	正弦波振荡器	153
5.1.1	基本工作原理	153
5.1.2	LC 正弦振荡器	155
5.1.3	桥式 RC 正弦振荡器	159
5.1.4	晶体振荡器	162
	复习参考题	163
§5-2	脉冲波发生器	164
5.2.1	脉冲波和电子开关	164
5.2.2	自激式脉冲波发生器	166
5.2.3	外触式锯齿波(时基)发生器	172
	复习参考题	175
*§5-3	集成运放式施密特触发器	175
	习题五	176

第六章 频率变换原理

§6-1	正弦波的调制	183
6.1.1	调幅	183
6.1.2	调频	186
§6-2	检波和鉴频	187
6.2.1	调幅波的解调——检波	187
6.2.2	调频波的解调——鉴频	190
	复习参考题	194
§6-3	变频和混频	194

6.3.1	变频原理	194
6.3.2	混频器	196
	复习参考题	198
§6-4	模拟相乘器在频率变换中的应用	198
6.4.1	相乘器构成的调幅器	199
6.4.2	相乘器构成的检波器和鉴频器	200
6.4.3	相乘器构成的混频器	202
	复习参考题	202
*§6-5	固体滤波器	202
*§6-6	双平衡模拟相乘器	205
	习题六	208

第七章 功率输出电路

§7-1	低频功率放大器	210
7.1.1	功率放大器的特点	210
7.1.2	乙类推挽功率放大器	212
7.1.3	集成功率放大器	219
7.1.4	功率场效应管 (VMOS)	220
	复习参考题	220
§7-2	稳压器	221
7.2.1	简单稳压器	221
7.2.2	串联型稳压器	222
7.2.3	三端集成稳压器	227
	复习参考题	229
*§7-3	乙类推挽变压器式功率放大器	230
*§7-4	开关式稳压电源	230
	习题七	233

第八章 电视接收技术

§8-1	概述	238
8.1.1	图象的传送原理	238
8.1.2	单色全电视信号	239
8.1.3	射频电视信号	241
8.1.4	单色电视信号的频谱	242
8.1.5	电视接收机的框图	245
	复习参考题	245

§8-2 公共通道	245
8.2.1 调谐器(高频头).....	246
8.2.2 图象中频放大器.....	249
8.2.3 视频检波器和预视放电路.....	250
8.2.4 自动增益控制(AGC)电路.....	253
8.2.5 公共通道的集成.....	255
复习参考题.....	256
§8-3 图象和伴音通道	257
8.3.1 单色电视机中的图象通道.....	257
8.3.2 伴音通道.....	258
复习参考题.....	260
§8-4 同步扫描系统	260
8.4.1 同步分离电路.....	260
8.4.2 场扫描电路.....	262
8.4.3 行扫描电路.....	266
8.4.4 扫描系统的集成.....	276
8.4.5 单色显象管的附属电路.....	276
复习参考题.....	277
§8-5 彩色电视的基本原理	277
8.5.1 彩色全电视信号的编码.....	277
8.5.2 PAL解码器.....	285
8.5.3 彩色显象管的特点.....	289
复习参考题.....	290
*§8-6 盒式收录机基本原理	290
8.6.1 收音电路.....	291
8.6.2 录放电路.....	298
习题八.....	309

第九章 数字集成电路

§9-1 数制与逻辑函数	314
9.1.1 常用的数制和代码.....	314
9.1.2 基本逻辑关系.....	318
9.1.3 逻辑函数的简化.....	322
复习参考题.....	328
§9-2 无记忆逻辑单元(集成逻辑门)	328
9.2.1 晶体管集成逻辑门.....	329
9.2.2 CMOS集成逻辑门.....	336

复习参考题.....	339
§9-3 记忆逻辑单元 (集成触发器)	339
9.3.1 触发器基础.....	339
9.3.2 逻辑电路的模拟应用.....	346
复习参考题.....	349
§9-4 基本数字系统	349
9.4.1 寄存器.....	349
9.4.2 计数器.....	352
9.4.3 加法器.....	355
9.4.4 编码器.....	357
9.4.5 译码器.....	360
9.4.6 数模与模数转换器概述.....	364
复习参考题.....	367
习题九.....	367

第十章 微电脑的基本硬件简介

§10-1 微处理器	377
10.1.1 概述.....	377
10.1.2 CPU的基本结构.....	379
复习参考题.....	386
§10-2 存贮系统	386
10.2.1 随机存贮单元(RAM)	386
10.2.2 只读存贮器(ROM)	392
10.2.3 外存贮器.....	395
复习参考题	396
§10-3 输入/输出 (I/O)接口	396
10.3.1 简单功能接口	397
10.3.2 多功能接口	398
复习参考题.....	403
习题十.....	404

参 考 文 献

第一章 二极管及其基本电路

半导体二极管是由一个PN结加上接触电极构成的。PN结的导电机理是半导体器件的基础。

§1-1 PN结和结型二极管

1.1.1 概述

不含天然和人为杂质的半导体称为**本征半导体**。其中用得最多的半导体材料是硅(Si)、锗(Ge)、砷化镓(GaAs)和碳化硅(SiC)等。它们都是共价键结构,原子外层的价电子所受到的束缚力没有绝缘体里的电子那样大。因此,在室温下总有少数价电子挣脱出束缚,而成为带负电的自由电子。与此同时,失去价电子的共价键则带上了正电荷,并留下了空位,称为“空穴”。由于热运动的结果,不断产生新的自由电子和空穴,而原来的空穴又不断被其他自由电子所复合。所以,虽然失去价电子的共价键不能移动,但从效果来看却在作相对运动。由于电子和空穴都能对电流的形成作出贡献,故称它们为载流子。在本征半导体中,电子和空穴的数目总是相等的,并称它们为本征载流子。

由此可见,在本征半导体中有两种载流子:电子和空穴,它们总是成对产生的——称为本征激发。电子—空穴对不断产生、又不断复合,在一定温度下必将达到相对平衡——称为热平衡。当温度升高或受光照后,原来的平衡破坏,电子—空穴对增多,复合的机会也相应增多,最后又达到新的平衡。所以,电子—空穴对的数量与温度有密切关系。

在本征半导体中,载流子的浓度与半导体自身的原子密度相比是微乎其微的。例如,硅半导体的原子密度约 $5.0 \times 10^{22} \text{cm}^{-3}$,而在室温下其内的本征载流子浓度为 $1.5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ [16]。所以,本征半导体的导电性能是差的。

半导体所以能广泛地用来制造各种电子器件,一方面在于它的电阻率具有随温度或光照而变化的特性,利用这一特性可用它来制造热敏电阻和光敏电阻;另一方面——也是最重要的——在于它的掺杂特性:如在本征半导体中有选择地掺入适量杂质,就可使其导电性能显著提高,并能改变其导电类型,这是当今制造各种半导体器件的基础。掺杂后的半导体称为**杂质半导体**。

在本征硅半导体中掺入少量三价元素(硼、铝、镓、铟等),例如掺入一亿分之一的硼,这时整个硅晶体的结构基本不变,每个硼原子与硅原子组成共价键时,就形成一个空穴。在一立方厘米硅中,一亿分之一的硼可以形成 5.0×10^{14} 个空穴,这就远大于本征载流子浓度,从而大大改善了导电性能。由于这类杂质起着接受电子的作用,所以称它为受主杂质。这种杂质半导体主要靠空穴导电,故叫做**空穴半导体或P型半导体**。在P型半导体中,空穴数远大于电子数,因此把这种半导体中的空穴称为多数载流子,简称多子;而把这

种半导体中的电子称为少数载流子，简称少子。

如在本征硅半导体中掺入少量五价元素（磷、砷、锑等），就获得所谓**电子半导体或N型半导体**。这时，其内的电子称为多子，空穴称为少子，并把这类杂质叫做施主杂质，因为它起着提供电子的作用。

用掺杂工艺使一块本征半导体的一部分成为N型半导体，另一部分成为P型半导体，这时在这两种杂质半导体的交界面上，由于载流子浓度的显著差异，就会发生扩散现象。扩散的结果，P区的空穴和N区的电子减少。失去了空穴的P型杂质原子成为负离子；失去了电子的N型杂质原子成为正离子。这样，在交界面上形成了由正负离子构成的**空间电荷区**，它就是PN结，见图1-1。空间电荷构成的内电场，方向由N区指向P区。

在这个内电场作用下，使得扩散运动削弱；同时又使移到PN结边沿上的少子产生定向运动，即所谓漂移运动。显然，扩散运动方向和漂移运动方向是相反的，而且不断地在进行着，直到扩散运动的削弱和漂移运动的增强达到动态平衡为止。这时空间电荷区的宽度就固定下来，流过PN结的电流总和为零。

因为空间电荷区内的载流子全部“耗尽”，所以空间电荷区又称**耗尽层**。对于扩散运动来说，内电场起了阻挡多子扩散的作用，因而又把空间电荷区叫做**阻挡层**。

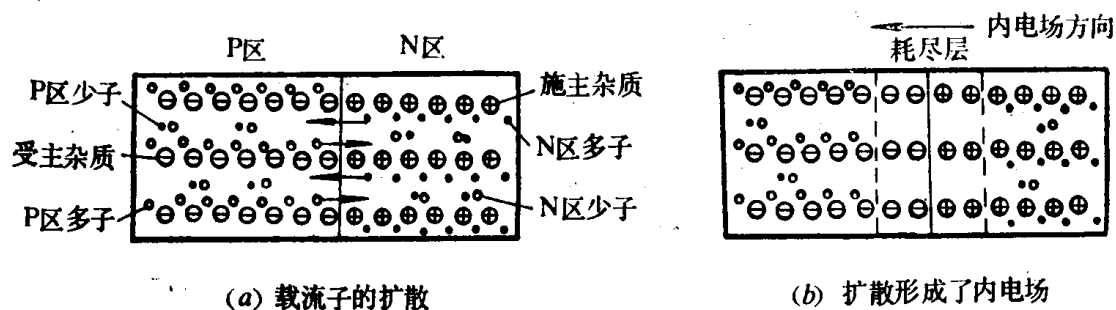


图1-1 PN结的形成

PN结的特点是单向导电。如对PN结加上正向偏压（电源正极接P区，负极接N区），见图1-2(a)，这时由于外电场与内电场方向相反，从而使内电场削弱——耗尽层变窄（即阻挡层变薄）——导致扩散运动增强。这样，**多子**较多地越过PN结，形成正向电流 I 。而且，随着外加正偏压的增加，正向电流将迅速上升。

如果加上反向偏压，则外电场将加强内电场，导致耗尽层变宽（即阻挡层变厚），见图1-2(b)。结果，多子的扩散很难进行，而少子的漂移加强，形成漂移电流 I_s 。由于**少子**

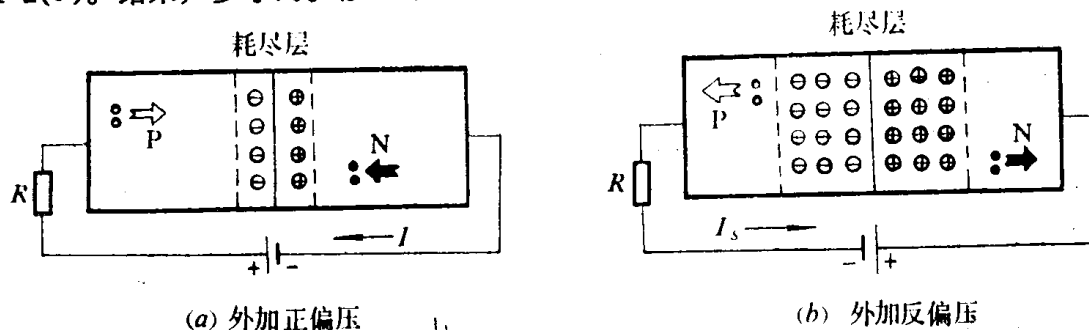


图1-2 PN结的单向导电特性

数量不多，所以 I_s 很小（其大小仅与温度有关）。因为 I_s 与反向偏压的高低无关，故又称它为反向饱和电流。

PN结中杂质分布一般分两类情况：一类是N型和P型中杂质浓度分布是均匀的，另一类是两边杂质浓度相差很多。对于后者常用 P^+N 或 PN^+ 来表征。以 P^+N 结为例，这时P型中的受主杂质浓度比N型中的施主杂质浓度高得多。在 P^+N 结处于动态平衡（即扩散运动与漂移运动平衡）时，正施主离子的数量应和负受主离子的数量相等，结果造成P型中的耗尽层厚度远薄于N型中的耗尽层厚度。同理，对于 PN^+ 结来说，P型中的耗尽层厚度远厚于N型中的耗尽层厚度。

如果把一个PN结接上相应的电极线，就构成了晶体二极管（下简称二极管）。对于分立型二极管来说，还要把PN结用管壳密封。

图1-3(a)是分立型二极管的外形，图1-3(b)是二极管的符号，图1-3(c)是点接触型和面接触型两大类二极管的结构示意图，前者多用于检波，后者适用做整流器件。

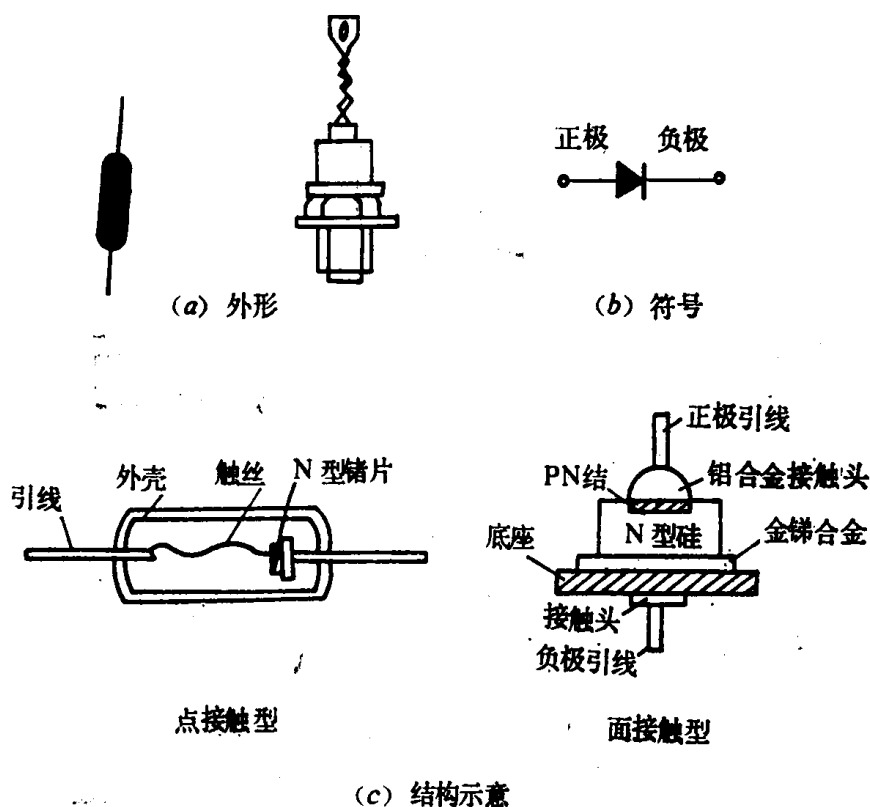


图1-3 分立型二极管

1.1.2 二极管的主要特性

二极管的主要特性就是单向导电，它可以用伏安特性曲线和参数等来描述。

一、伏安特性曲线

当二极管的正向电压小于“死区电压” U_d 时（硅管 $U_d \approx 0.5V$ ，锗管 $0.1V$ ），外加电压还不足以克服内电场对载流子扩散运动所造成的阻力，故正向电流几乎为零。尔后，正

向电流随着正向电压的增加而增加, 见图1-4(c)。一般, 在正常工作情况下, 锗二极管的正向导通电压约为0.2~0.3V, 硅二极管的正向导通电压约为0.6~0.8V。

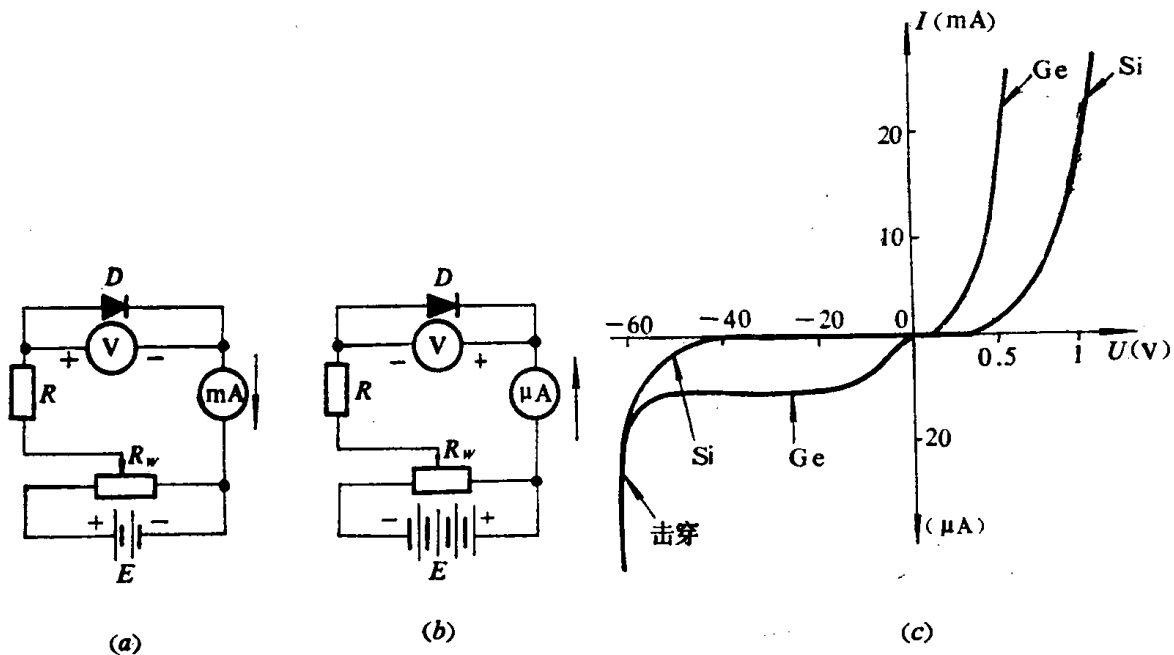


图1-4 二极管的伏安特性

当二极管反向偏置时, 反向饱和电流 I_s 的大小几乎与反向偏压的数值无关。因为 I_s 是由少子构成的, 故只有温度升高时, I_s 才跟着增加。如果反向电压继续增加, 在某个反向电压下, 反向饱和电流会突然剧增, 出现所谓反向击穿现象, 如图1-4(c)所示。发生击穿时的电压叫做反向击穿电压 U_R 。如对反向击穿后的电流加以限制, PN结就不会损坏。但若采取限制措施, PN结将因过热而烧坏。

可以用数学表达式来模拟图1-4(c)所示曲线^[16]:

$$I = I_s \left[\exp \left(\frac{U}{U_T} \right) - 1 \right] \quad (1-1-1)$$

式中: $U_T = kT/q$, 称为温度的电压当量, k 是波尔兹曼常数, q 是电子的电荷量, T 为绝对温度。若环境温度为300K, 则 $U_T \approx 26\text{mV}$ 。

从图1-4(c)或式(1-1-1)可以看出, 二极管是一个非线性器件。在正向区, 电流是呈指数式上升的, 在负向区电流近似为零。

二、主要参数

1. 直流电阻 (视在电阻) R_D

$$R_D = \frac{U_D}{I_D} \quad (1-1-2)$$

R_D 的几何意义是伏安特性曲线上某点与原点连接所得直线斜率的倒数, 见图1-5(a)。

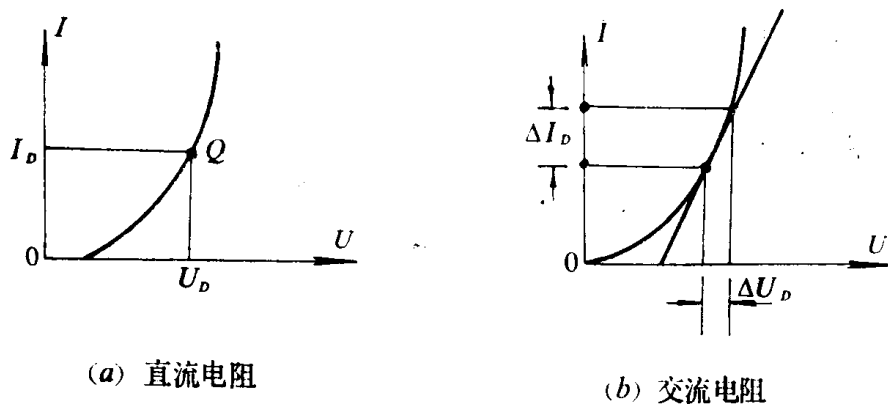


图1-5 R_D 和 r_D 的几何意义

当用万用表欧姆挡测量 R_D 时,由于各挡的内阻不同,使得各挡测出的 R_D 也是不一样的。通常,二极管的正向电阻约为几十至几千欧姆,反向电阻大于几十至几百千欧姆。正反向电阻相差越大,表明二极管的单向导电性能越好。一般在一千倍以上。

2. 交流电阻(增量电阻) r_D

这是指工作点 Q 附近电压的变化量与相应的电流变化量之比(工作点 $\rightarrow$ 不加交流信号时所对应的二极管电压和电流):

$$r_D = \frac{\Delta U_D}{\Delta I_D} \quad (1-1-3)$$

它的几何意义见图1-5(b)。显然, r_D 的数值和工作点的位置有关。在大信号工作区, r_D 一般为几欧姆到几十欧姆。

3. 最大平均整流电流 I_{FM}

这是指二极管允许通过的最大直流电流。 I_{FM} 与PN结的材料、面积及散热条件有关,可由手册查得。

4. 最高反向电压 U_{RM}

这是保证二极管不被击穿的最高安全反向电压。

5. 结电容

由于载流子运动的惯性,PN结工作在较高频率时呈现出电容效应^[1]。点接触型二极管中的结电容约0.5~1pF,面接触型二极管中的整流管其结电容约在几十到几百皮法范围内。

三、二极管的开关等效

由于二极管的导通电压和反向饱和电流都比较小,故在大信号工作时可以把它们忽略。这种理想的二极管伏安特性如图1-6(a)所示。理想二极管相当于一个电子开关,它的等效电路见图1-6(b)^[16]。