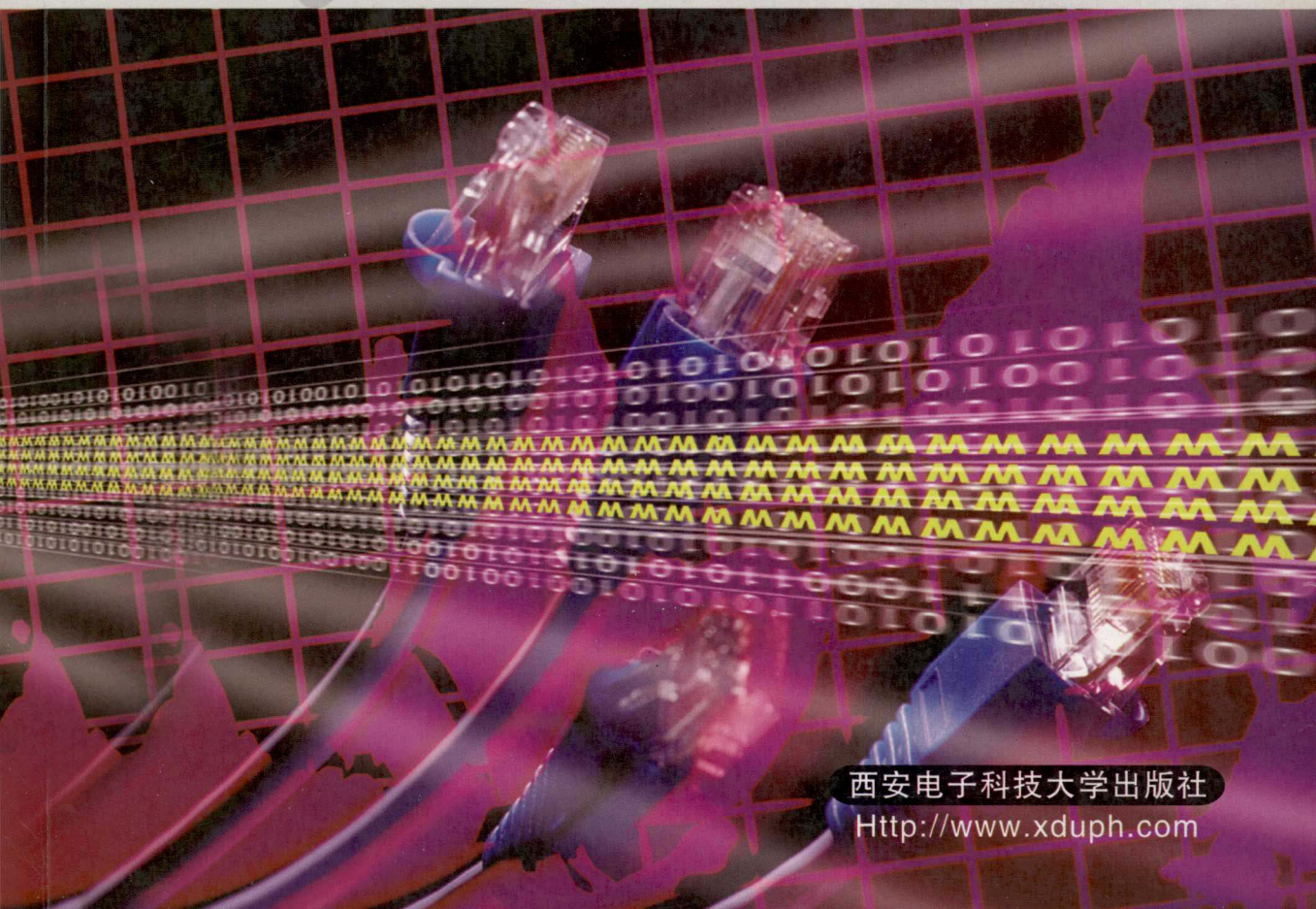


电子线路

学习指导

孙肖子 杨颂华 编著



西安电子科技大学出版社

[Http://www.xduph.com](http://www.xduph.com)

电子线路学习指导

孙肖子 杨颂华 编著

西安电子科技大学出版社

2004

内 容 简 介

本书共两篇,第1篇分9章介绍了模拟电子线路,第2篇分8章介绍了数字电子线路。在书中,作者总结和提炼出了模拟和数字电路的主要内容、重点和难点,介绍了解题的方法及技巧,用以帮助读者掌握和灵活运用模拟和数字电子线路的基本概念和分析方法。

本书是为本科院校“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”两门课编写的学习指导书,同时,也可作为自学这两门课程的自考生的学习指导书,还可供考研复习使用。

电子线路学习指导

孙肖子 杨颂华 编著

责任编辑 李惠萍 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88227828 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 西安文化彩印厂

版 次 2004年1月第1版 2004年6月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印张 18.25

字 数 360千字

印 数 1~4 000册

定 价 24.00元

ISBN 7-5606-1077-3/TN·0191

XDUP 1348A01-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”也称“电子线路基础”和“脉冲与数字电路”，是电子信息类专业的两门十分重要的技术基础课程。这两门课程对学生今后从事各种研究工作和技术开发工作都将产生深远的影响，所以，许多院校都将其列为攻读硕士学位研究生入学考试的科目之一。

“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”是实践性、工程性和应用性很强的课程，概念多，电路千变万化，特别是模拟电路很难掌握。因此，作者编写本书的宗旨是：结合编者多年来的教学科研实践，通过各章重点、难点、考点的讲述，典型例题的分析和自测题的练习，总结、提炼了两门课程最本质、最重要的内容和其基本规律，以期达到使此课程由多变少，由繁变简，由难变易的目的。从而使读者更好地掌握这两门课的基本概念和基本分析方法，增强读者的综合设计能力，并能使读者运用所学知识，回答和解决一些最基本的工程实际问题。

编者将本书献给那些有志报考硕士研究生的同学和朋友们，期待本书对实现他们的美好愿望能有所帮助。编者也希望本书对正在学习模拟电子线路和数字电路的本科生和大专生朋友们起到较好的指导作用。

本书共分两篇，第1篇介绍模拟电子技术基础的主要内容，共9章，由孙肖子编写。第2篇介绍数字电子技术基础，共8章，由杨颂华编写。附录中选编了部分高校硕士研究生入学考试试题，供读者参考。

限于时间与水平，书中不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2003年10月

目 录

第 1 篇 模拟电子技术基础

第 1 章 半导体二极管及其基本电路	1
1.1 重点、难点、考点	1
1.1.1 半导体基础及 PN 结	1
1.1.2 晶体二极管	5
1.1.3 二极管和稳压管的基本应用电路	8
1.2 典型例题分析	8
1.3 自测题	12
第 2 章 晶体三极管及其基本电路	15
2.1 重点、难点、考点	15
2.1.1 晶体三极管特性与参数	15
2.1.2 晶体三极管的静态工作点估算、判断、 设置及图解分析法	16
2.1.3 晶体三极管低频小信号模型	19
2.1.4 三种基本组态放大器	20
2.1.5 放大器级联及多级放大器的分析计算	23
2.2 典型例题分析	24
2.3 自测题	33
第 3 章 场效应管及其基本电路	36
3.1 重点、难点、考点	36
3.1.1 场效应管的特性与参数	36
3.1.2 场效应管低频小信号模型	38
3.1.3 场效应管放大器分析与设计	39
3.2 典型例题分析	42
3.3 自测题	46
第 4 章 集成运算放大器电路	48
4.1 重点、难点、考点	48
4.1.1 集成电路中的恒流源电路	48
4.1.2 差分放大器	50
4.1.3 互补跟随输出级电路	52
4.1.4 MOS 集成电路单元电路	53

4.1.5 集成运算放大器的主要参数	56
4.2 典型例题分析	56
4.3 自测题	64
第5章 频率响应	70
5.1 重点、难点、考点	70
5.1.1 频率响应概念	70
5.1.2 晶体管的频率参数、高频等效电路及放大器高频特性分析	72
5.1.3 场效应管放大器频率响应	75
5.1.4 建立时间与小信号带宽的关系	76
5.1.5 组合电路对改善总体频率响应的好处	77
5.1.6 放大器低频响应	78
5.2 典型例题分析	79
5.3 自测题	85
第6章 反馈	88
6.1 重点、难点、考点	88
6.1.1 反馈的基本框图及反馈基本方程	88
6.1.2 负反馈放大器的类型及对放大器性能的影响	89
6.1.3 反馈类型判别	91
6.1.4 反馈放大器的分析方法	92
6.1.5 反馈放大器的稳定性判别及基本消振方法	93
6.2 典型例题分析	95
6.3 自测题	100
第7章 模拟集成电路系统	105
7.1 重点、难点、考点	105
7.1.1 理想运放条件及“虚短路”概念	105
7.1.2 理想运放在基本运算电路中的应用	106
7.1.3 有源RC及开关电容滤波器	108
7.1.4 精密二极管电路	111
7.1.5 比较器及弛张振荡器	114
7.1.6 运算放大器非理想特性的影响及实际应用中的选择	118
7.2 典型例题分析	118
7.3 自测题	124
第8章 现代模拟集成电路技术	127
8.1 重点、难点、考点	127
8.1.1 电流模电路的特点	127
8.1.2 跨导线性及跨导线性环(TL)原理	127

8.1.3 电流模运放特点及应用	129
8.1.4 跨导运算放大器及应用	131
8.2 典型例题分析	134
8.3 自测题	137
第9章 功率电路及系统	139
9.1 重点、难点、考点	139
9.1.1 低频功率放大器	139
9.1.2 整流与稳压电路	144
9.1.3 高精度基准电压源	147
9.1.4 功率管及其安全工作区	147
9.2 典型例题分析	147
9.3 自测题	152

第2篇 数字电子技术基础

第10章 逻辑代数基础	157
10.1 重点、难点、考点	157
10.1.1 逻辑代数的基本公式、定理和规则	157
10.1.2 逻辑函数表达式的形式与变换	160
10.1.3 逻辑函数的化简	161
10.2 典型例题分析	163
10.3 自测题	167
第11章 集成逻辑门	169
11.1 重点、难点、考点	169
11.1.1 几种典型的 TTL 门电路	169
11.1.2 TTL 与非门的主要外部特性和参数	171
11.1.3 CMOS 门电路的主要特点	172
11.2 典型例题分析	174
11.3 自测题	179
第12章 组合逻辑电路	181
12.1 重点、难点、考点	181
12.1.1 组合逻辑电路的分析与设计方法	181
12.1.2 常用 MSI 组合逻辑器件	182
12.1.3 组合电路中的竞争与冒险	184
12.2 典型例题分析	184

12.3 自测题	192
第 13 章 触发器	195
13.1 重点、难点、考点	195
13.1.1 触发器的逻辑功能分类	195
13.1.2 触发器的电路结构类型及其特点	196
13.1.3 集成触发器的使用	197
13.2 典型例题分析	198
13.3 自测题	203
第 14 章 时序逻辑电路	206
14.1 重点、难点、考点	206
14.1.1 时序电路的基本概念	206
14.1.2 同步时序电路的分析方法	206
14.1.3 同步时序电路的设计方法	207
14.1.4 典型同步时序电路	208
14.2 典型例题分析	211
14.3 自测题	221
第 15 章 脉冲波形的产生与变换	227
15.1 重点、难点、考点	227
15.1.1 555 集成定时器的基本功能	227
15.1.2 555 定时器的典型应用	227
15.2 典型例题分析	228
15.3 自测题	233
第 16 章 半导体存储器和可编程逻辑器件	235
16.1 重点、难点、考点	235
16.1.1 半导体存储器	235
16.1.2 可编程逻辑器件 PLD	237
16.1.3 高密度可编程逻辑器件	239
16.2 典型例题分析	240
16.3 自测题	247
第 17 章 数模转换和模数转换	248
17.1 重点、难点、考点	248
17.1.1 D/A 转换器的主要技术指标	248
17.1.2 A/D 转换器的基本原理和主要指标	249
17.1.3 A/D 转换器的主要电路形式	249
17.2 典型例题分析	250
17.3 自测题	251

附录：部分高校电子线路(模拟与数字)硕士研究生入学考试试题选编

一、2000 年西安电子科技大学攻读硕士学位研究生入学考试试题	253
二、2001 年西安电子科技大学攻读硕士学位研究生入学考试试题	257
三、2000 年北京工业大学硕士研究生入学考试试题	263
四、1999 年北京理工大学硕士研究生入学考试试题	265
五、1999 年上海交通大学硕士研究生入学考试试题	270
六、北京邮电大学 2000 年硕士研究生入学试题	275
七、2002 年西安电子科技大学攻读硕士学位研究生入学考试试题	279
参考文献	286

第 1 篇 模拟电子技术基础

第 1 章 半导体二极管及其基本电路

1.1 重点、难点、考点

- 本征半导体、N 型半导体、P 型半导体的特点，半导体中的载流子及电流。
- PN 结形成原理，PN 结伏安特性，PN 结温度特性，PN 结击穿特性，PN 结电容特性。
- 二极管的交流电阻及直流电阻，门限(死区)电压，极限参数。
- 二极管的基本应用：开关，门电路，限幅，整流，箝位等。
- 稳压管原理及基本电路。

1.1.1 半导体基础及 PN 结

1. 半导体基础

半导体的导电性能介于导体和绝缘体之间，受温度、光照和掺杂影响极大。

1) 本征半导体——纯净的半导体

(1) 硅(Si)和锗(Ge)。硅和锗是常用的半导体材料，均为 4 价元素。其原子结构和能级图如图 1-1(a)~(d)所示。硅和锗原子组成十分严密的共价键结构，共价键中的电子(价电子)能量小，不能参与导电。

(2) 本征激发和复合。当本征半导体受到光照或加温，价电子得到足够的能量而摆脱共价键的束缚时，会产生电子—空穴对。从能量角度看，此过程就是价电子获得足够的能量，从“价带”跃迁到“导带”，成为可以参与导电的载流子——自由电子，而同时在价带中留下空位，形成另一种载流子——空穴的过程。这种过程称为本征激发。本征激发随温度增加而急剧增大。由于硅原子的外层电子离原子核比锗近，受原子核束缚力强(禁带宽度

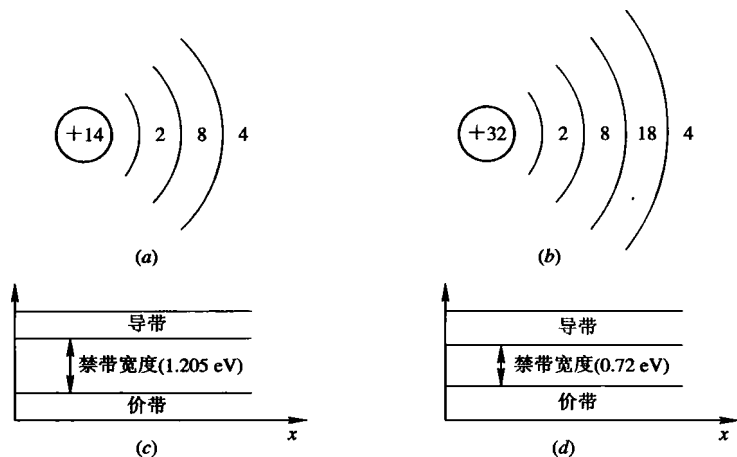


图 1-1 硅和锗原子结构及能级图

(a) 硅原子结构；(b) 锗原子结构；(c) 硅能级分布；(d) 锗能级分布

E_{G_0} 比锗宽)，因此，在同样温度下，硅的本征激发比锗小，故硅的温度稳定性比锗好。

本征激发产生电子—空穴对。而相反的过程，即自由电子失去能量，回到“价带”，电子—空穴对消失，称为“复合”。在一定温度条件下，本征激发和复合达到动态平衡，从而使半导体中的载流子浓度为

$$n_i = p_i = A_0 T^{3/2} e^{-E_{G_0}/2kT} \quad (1.1)$$

2) 杂质半导体

用一定的工艺，在本征半导体中掺入其他元素，就形成了杂质半导体。

(1) N 型半导体——掺入 5 价元素(磷、锑等)。在常温下，施主全部电离而产生自由电子和正离子，所以，在 N 型半导体中，自由电子浓度远大于空穴浓度，故称自由电子为多数载流子，空穴为少数载流子，即

$$\text{载流子:} \quad n_N \gg p_N \quad (1.2)$$

式中， n_N 为 N 型半导体中的自由电子浓度； p_N 为 N 型半导体中的空穴浓度。但 N 型半导体并不带“负电”，而仍保持电中性，这是因为

$$n_N = p_N + N_d \quad (1.3)$$

式中， N_d 为正离子浓度，等于 5 价元素的掺杂浓度。

(2) P 型半导体——掺入 3 价元素(铟、硼等)。在常温下，受主全部电离而产生空穴和负离子，所以，在 P 型半导体中，空穴浓度远大于自由电子浓度，故称空穴为多数载流子，自由电子为少数载流子，即

$$\text{载流子:} \quad p_P \gg n_P \quad (1.4)$$

式中， p_P 为 P 型半导体中的空穴浓度； n_P 为 P 型半导体中的自由电子浓度。这并不意味着 P 型半导体带“正电”，因为

$$p_p = n_p + N_A \quad (1.5)$$

式中, N_A 为负离子浓度, 等于 3 价元素的掺杂浓度。

由于多数载流子主要是靠“掺杂”产生的, 因而与温度关系不大。而少数载流子是由本征激发引起的, 对温度十分敏感。

3) 半导体中的电流

(1) 漂移电流——电场(即电位差)作用下载流子定向运动所形成的电流, 即

$$i_{(\text{漂移})} = -qn_N\mu_N E + qP_N\mu_P E \quad (1.6)$$

式中, E 为电场强度(或电位梯度); μ 为迁移率(即单位电场作用下的载流子运动速度)。

由于自由电子在共价键外运动, 而空穴在共价键内运动(即价电子的反方向递补运动), 所以有

$$\mu_N > \mu_P \quad (1.7)$$

(2) 扩散电流——浓度差作用下载流子定向运动所形成的电流, 即

$$i_{(\text{扩散})} = qD_N \frac{dn}{dx} \quad (1.8a)$$

或

$$i_{(\text{扩散})} = -qD_P \frac{dp}{dx} \quad (1.8b)$$

式中, D_N 为电子扩散系数; D_P 为空穴扩散系数; $\frac{dn}{dx}$ 为电子浓度梯度; $\frac{dp}{dx}$ 为空穴浓度梯度。

可见, 漂移电流与载流子浓度以及电场强度(电位梯度)成正比, 而扩散电流与浓度梯度成正比, 而与载流子浓度的大小无直接关系。

2. PN 结

1) PN 结的形成

通过一定的工艺, 使 N 型半导体和 P 型半导体接触, 则会由于双边载流子浓度的差异形成载流子的扩散运动, 使交界面上各自显露出正负离子, 从而产生自建电场(该电场方向由 N 型指向 P 型)。自建场的出现, 会阻止多数载流子扩散, 而有利于少数载流子向反方向漂移, 当扩散力与漂移力趋于动态平衡时, 便形成了 PN 结。

- PN 结又称阻挡层、空间电荷区等。PN 结内存在电场, PN 结外仍为电中性区。

- PN 结宽度与掺杂浓度有关。掺杂浓度越高, PN 结越薄, 若两边掺杂浓度不等, 则 PN 结宽度将不对称。

2) PN 结伏安特性

(1) PN 结加正偏压时(P 区为正, N 区为负), PN 结变薄, 势垒变低, 有利于多数载流子扩散, 不利于少数载流子漂移, 从而产生正向电流。

(2) PN 结加反偏压时(P 区为负, N 区为正), 则 PN 结变厚, 不利于多数载流子扩散,

有利于少数载流子漂移,从而产生反向电流。由于反向电流是由少数载流子漂移引起的,所以非常小,且对温度十分敏感。

(3) PN 结电流与外加结电压成指数关系,即

$$i = I_s(e^{\frac{u}{U_T}} - 1) \quad (1.9)$$

式中, U_T 为热电压或温度电压当量, $U_T = \frac{kT}{q}$, 常温下, $U_T \approx 26 \text{ mV}$; I_s 为反向饱和电流, 硅材料约为 nA 数量级, 锗材料要大些。

当 PN 结加正向偏压, 且有 $u \gg U_T$ 时, 则

$$i \approx I_s e^{\frac{u}{U_T}} \quad (1.10a)$$

而当 PN 结加反向偏压, 且有 $|u| \gg U_T$ 时, 则

$$i \approx -I_s \quad (1.10b)$$

故 PN 结伏安特性如图 1-2 所示。

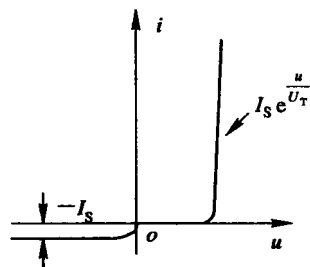


图 1-2 PN 结伏安特性

3) PN 结击穿特性

当反向偏压加得很大, 超过某一极限值时, 反向电流突然猛增, 这种现象称为“击穿”。击穿机理有两种: 雪崩击穿和齐纳击穿。

(1) 雪崩击穿: 少数载流子在高反压加速下, 以很大的能量与 PN 结共价键中的价电子发生碰撞, 从而产生许多新的电子—空穴对, 此种使反向电流剧增的击穿机理称为“雪崩击穿”。雪崩击穿大多发生在掺杂浓度较小, PN 结较宽, 反压较高的 PN 结中。

(2) 齐纳击穿: 当掺杂浓度很大, PN 结较薄时, 在反压不太大的情况下, 空间电荷区就会产生很强的电场, 将共价键中的价电子直接吸引出来而产生大量电子—空穴对, 这种击穿机理为“齐纳击穿”。如前所述, 齐纳击穿的击穿电压比雪崩击穿要低些。

4) PN 结的温度特性

(1) PN 结结电压为负温度系数, 即温度升高时, 结电压下降。

$$\frac{\Delta u}{\Delta T} = - (2.0 \sim 2.5) \text{ mV/}^\circ\text{C} \quad (1.11)$$

(2) 反向饱和电流 I_s 随温度升高而迅速增大。

$$I_s(T_2) = I_s(T_1) 2^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \quad (1.12)$$

(3) 雪崩击穿电压为正温度系数, 即温度升高, 雪崩击穿电压将增大。齐纳击穿电压为负温度系数, 即温度升高, 齐纳击穿电压反而减小。

5) PN 结的电容特性

(1) PN 结势垒电容 C_T 。势垒电容反映 PN 结内部的电荷存贮效应。类似于平板电容

器,如图 1-3(a)所示,其电容为

$$C_T = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{\epsilon S}{d} \quad (1.13a)$$

式中, S 为 PN 结面积, d 为 PN 结宽度(距离), ϵ 为介电系数。由于 PN 结宽度 d 是 PN 结偏置电压的函数,反向偏压 u 越大,宽度 d 变宽,势垒电容 C_T 将减小,推导结果,得 C_T 和反偏压的关系式为

$$C_T = \frac{dQ}{du} = \frac{C_{T0}}{\left(1 - \frac{u}{U_B}\right)^n} \quad (1.13b)$$

可见, C_T 是一个非线性电容,如图 1-3(b)所示。利用 PN 结的势垒电容特性,人们研制成一种有特殊用途的“变容二极管”。

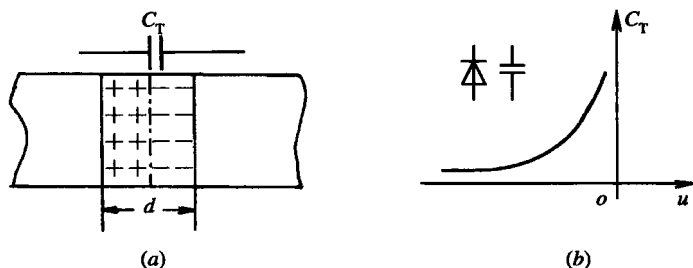


图 1-3 势垒电容及“变容”特性

(a) PN 结势垒电容; (b) 势垒电容与反压关系曲线

(2) PN 结扩散电容 C_D 。扩散电容反映 PN 结正向偏置时, PN 结外的电荷存储效应如图 1-4 所示。扩散电容 C_D 与正向电流的关系为

$$C_D = \frac{dQ}{du} \approx \frac{\tau I_D}{U_T} \quad (1.14)$$

可见,正向电流越大,扩散电容也越大。

PN 结总电容应是势垒电容和扩散电容之和。当 PN 结反偏时, $C_D = 0$, PN 结电容主要取决于势垒电容;而当 PN 结正偏时,由于扩散电容远大于势垒电容,所以 PN 结电容主要由扩散电容决定。

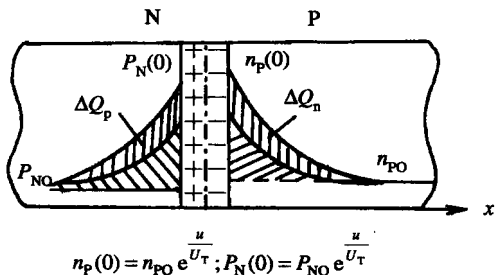


图 1-4 扩散电容

1.1.2 晶体二极管

晶体二极管实质上就是一个 PN 结。PN 结的所有特性，晶体二极管都是具备的。再补充如下几点。

1. 死区电压(导通电压或门限电压 U_{on})

实践证明，当正向电压大于某一死区电压(门限电压)时，二极管才出现较为明显的正向电流，对硅材料二极管， $U_{on}=0.6\sim 0.7\text{ V}$ 左右，而对于锗材料二极管， $U_{on}=0.2\sim 0.3\text{ V}$ 左右，如图 1-5 所示。

2. 直流电阻及交流电阻

1) 直流电阻 R_D

$$R_D = \frac{U_{DQ}}{I_{DQ}} \quad (1.15)$$

工作点电流 I_{DQ} 越大， R_D 越小。

2) 交流电阻 r_d

$$r_d = \left. \frac{du}{di} \right|_Q$$

因为

$$i_D = I_S e^{\frac{u_D}{U_T}}$$

所以

$$r_d = \frac{U_T}{I_{DQ}} = \frac{26\text{ mV}}{I_{DQ}} \quad (1.16)$$

I_{DQ} 越大， r_d 越小，且有 $r_d \ll R_D$ 。

3. 二极管模型

1) 理想开关模型

导通时(正偏)，管压降为零($U_D \approx 0$ ， R_D 、 $r_d \approx 0$)，电流 I_D 由外电路决定。断开时(反偏)， R_D 、 $r_d \rightarrow \infty$ ， $I_D \approx 0$ ，反向管压降由外电路决定，二极管理想开关模型如图 1-6(a) 所示。

2) 考虑死区电压的影响

导通时，硅管 $U_{D(on)}=0.7\text{ V}$ ，锗管 $U_{D(on)}=0.3\text{ V}$ ， R_D 、 $r_d=0$ ， I_D 由外电路决定。断开时， $I_D=0$ ， R_D 、 $r_d \rightarrow \infty$ ，管压降由外电路决定。故考虑死区电压影响的等效模型如图 1-6(b) 所示。

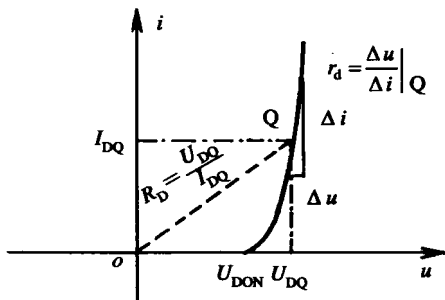


图 1-5 死区电压及二极管等效电阻的含义

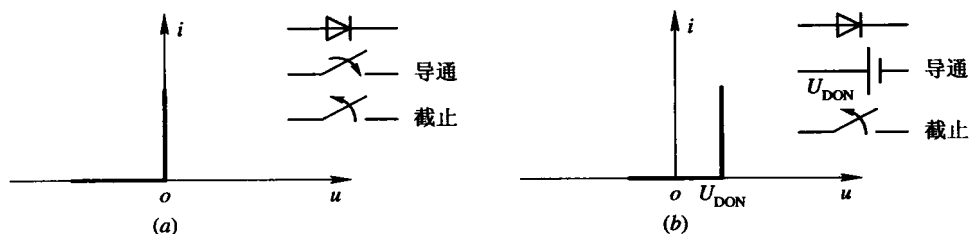


图 1-6 二极管模型

(a) 理想开关模型；(b) 考虑死区电压影响的等效模型

3) 二极管的极限参数

- 最大电流 I_{DM} 。
- 最大功耗 $P_{DM} = I_{DM} \cdot U_D$ 。
- 最大允许反压 U_{BRO} (击穿电压)。
- 最大工作频率 (与 PN 结电容有关)。

4. 稳压二极管

稳压二极管是利用反向击穿特性来达到稳定电压之目的的一种二极管。其符号及特性如图 1-7(a)所示。对稳压二极管的主要要求有 3 点。

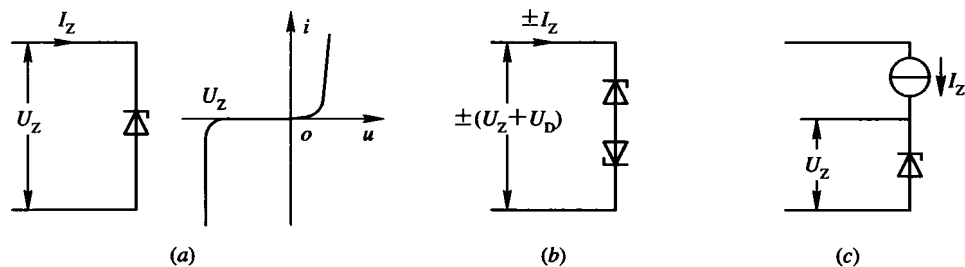


图 1-7 稳压二极管

(a) 符号及特性；(b) 具有温度补偿的稳压管；(c) 恒流供电的稳压管

(1) 反向击穿电压 U_Z 稳定。

① 温度系数小。方法之一是使一管内兼有雪崩击穿和齐纳击穿两种击穿机理，正负温度系数互相抵消，使 U_Z 的稳定性提高。通常 U_Z 在 5~7 V 之间，温度系数最小。方法之二是采用两管对接，让反向雪崩击穿的负温度系数和正向导通的负温度系数互为补偿，以达到减小温度系数之目的，如图 1-7(b)所示。

② 击穿特性的动态电阻 r_z 要小, 即 $r_z = \frac{\Delta U_z}{\Delta I_z}$ 要小。为减小 r_z 的影响, 有时采用恒流供电, 如图 1-7(c) 所示。

(2) 击穿要彻底(即 I_z 一般要大于 $2 \sim 3 \text{ mA}$)。

(3) 功耗不要超过最大功耗(即 $P_z = I_z U_z < P_{ZM}$)。

1.1.3 二极管和稳压管的基本应用电路

(1) 二极管的最重要的应用是作为“开关”。由此而引申出来的有整流、限幅、门电路、箝位等诸多方面的应用。在任何应用电路中, 最核心的问题是如何判断二极管是处于导通或是截止状态。如果是导通的, 二极管即可视为短路或 0.7 V (锗材料为 0.3 V), 反之, 是截止的, 即可视为开路。那么, 如何判断二极管是导通或截止呢? 办法是先假设二极管断开, 再观察二极管两端电压, 若是正偏, 立即认为导通; 若为反偏, 即可认为截止而断开。状态判断完毕后, 再根据电路的连接与结构判断输出电压的波形和数值。在所有二极管的应用电路中, 是不允许反向击穿的。

(2) 稳压管的主要应用是稳压和限幅。其分析电路的关键是判断稳压管是否反向击穿。方法是先假设稳压管不工作(既不反向击穿, 也不正向导通)而断开, 然后判断其管压降是否可能超过其稳定电压 U_z , 如果超过, 则可进入稳压状态, 若不够, 则仍保持截止。

下面我们将通过典型例题分析, 来进一步说明之。

1.2 典型例题分析

例 1 由二极管组成的电路如图 1-8(a)~(e) 所示, 试分别指出其传输特性; 若输入为正弦波 $u_i = 10 \sin \omega t \text{ (V)}$, 试分别给出相应的输出波形。

解: 在分析传输特性和输出波形之前, 必须仔细观察电路, 如二极管极性, 偏压 E 的方向等。然后, 先假设二极管不导通, 看二极管的开路电压是否构成正偏? 什么时候构成正偏? 如果正偏, 则二极管导通(短路), 如反偏, 二极管截止(开路)。最后看输出电压如何。对于(a)图, 是一个串联限幅电路。该电路若二极管导通, 则 $u_o = u_i$; 若二极管截止, 则 $u_o = E$ 。偏压 E 对二极管构成反偏, u_i 为正时, u_i 和 E 叠加后使 V_D 变为反偏, V_D 截止, 则 $u_o(t) = E = -3 \text{ V}$ 。只有当 u_i 为负, 且超过 -3 V 以后, V_D 才正偏导通, 一旦 V_D 导通(相当于短路), 则 $u_o(t) = u_i(t)$ 。所以, 该电路是一个上限幅电路, 其传输特性和输出波形分别如图 1-8(a) 所示。