

中等专业学校教材

电子线路习题集

龙飞 华永平

黑龙江科学技术出版社

责任编辑: 张丽生
封面设计: 张秉顺
版式设计: 邹旭昌

电子线路习题集
龙 飞 华 永 平

黑龙江科学技术出版社出版
(哈尔滨市南岗区建设街35号)
长春市南大铸字厂排版 长春市全安印刷厂印刷
黑龙江省新华书店发行

787×1092毫米 16开本 11.75印张 260千字
1989年11月第1版·1989年11月第1次印刷
印数: 1—2600册 定价: 2.20元
ISBN 7-5388-0601-6/TN·8

前 言

本习题集系由电子工业部中专电子类教材编审委员会无线电技术编审小组审定，并推荐出版。

本习题集由淮阴电子工业学校龙飞和南京无线电工业学校华永平合编。龙飞编写习题集的上篇部分，华永平编写习题集的下篇部分。上海电子技术学校张佩茵担任主审。

本习题集是武汉无线电工业学校陈继生主编的《电子线路》(高等教育出版社出版)、辽宁电子工业学校宁世新主编的《低频电子线路》(电子工业出版社出版)和南京无线电工业学校俞家琦主编的《高频电子线路》(西北电讯工程学院出版社出版)的辅助教材，可与这三本教材配套使用。其内容丰富，涉及面广，类型多，特别是收集了一定数量的具有应用价值的实际电路和相当数量的集成电路，具有较强的实用性。编者力求按一定顺序，由低频到高频，由简单到复杂，从解题的角度帮助学生掌握电子线路的基本概念，常用公式，以及分析计算电路的技巧。

本习题集按上述配套教材的顺序编写，每章包括概要、例题、习题，最后还有部分习题的答案，供读者参考。

书中有些例题和习题具有一定的深度和难度，可作为教师的补充教学内容或作辅导之用。

本习题集的书写符号与《低频电子线路》和《高频电子线路》教材的符号一致。

编者认为，本习题集主要起辅助教材之用，教师可以根据教学大纲规定的内容适当选择针对性例题和习题。

本习题集由大连电子工业学校张绪华担任责任编委，他在审阅过程中提出了许多宝贵意见。大连电子工业学校、武汉无线电工业学校、南京无线电工业学校、北京无线电工业学校、辽宁电子工业学校、上海电子工业学校等单位有关同志参加了本习题集的大纲审定，并对本书提出过许多宝贵意见。对以上单位和个人，编者表示深切的谢意。

由于水平有限，书中可能还有不少不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

上 篇

第一章	晶体二极管和三极管	1
第二章	低频小信号放大电路	12
第三章	场效应管放大器	35
第四章	负反馈放大器	47
第五章	直流放大器	59
第六章	线性集成运算放大器	72
第七章	低频功率放大器	89
第八章	晶体管直流稳压电源	97

下 篇

第一章	晶体管高频等效电路	106
第二章	宽频带放大器	111
第三章	小信号调谐放大器	118
第四章	正弦波自激振荡器	125
第五章	非线性电路的分析方法	134
第六章	高频功率放大器	138
第七章	振幅调制及其解调	147
第八章	混频与倍频	157
第九章	角度调制及其解调	166
第十章	锁相环路	176

上 篇

第一章 晶体二极管和三极管

概 要

1. 不管半导体中是否有杂质的存在, 电子和空穴两种载流子的浓度总保持一定数值:

$$P_i \cdot N_i = P_n \cdot N_D$$

式中 P_i —本征半导体中空穴浓度;

N_i —本征半导体中电子浓度。在常温下, 硅 $P_i = N_i = 1.42 \times 10^{10}/\text{cm}^3$, 锗 $N_i = P_i = 2.5 \times 10^{13}/\text{cm}^3$;

P_n —掺入杂质后的空穴浓度;

N_D —掺入杂质后的电子浓度。

2. 本征载流子浓度随温度发生变化, 硅温度每上升 8°C 增加一倍, 锗每上升 12°C 增加一倍, 而在杂质半导体中, 多数载流子浓度主要由杂质浓度本身决定, 与温度无关。

3. 二极管的理想、理论、实际 $V-A$ 特性曲线分别如图1—1(a)、(b)、(c)所示。

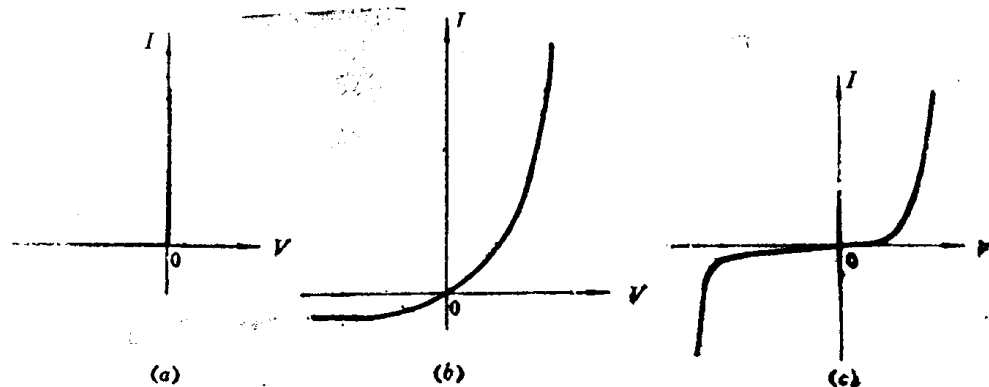


图 1—1

二极管理论 $V-A$ 特性曲线是根据 PN 结的 $V-A$ 特性曲线方程 $I = I_s(e^{V/V_T} - 1)$ 描绘出来的, 在常温下 $V_T \approx 26\text{mV}$

4. 三极管的电流分配关系:

$$I_E = I_B + I_C$$

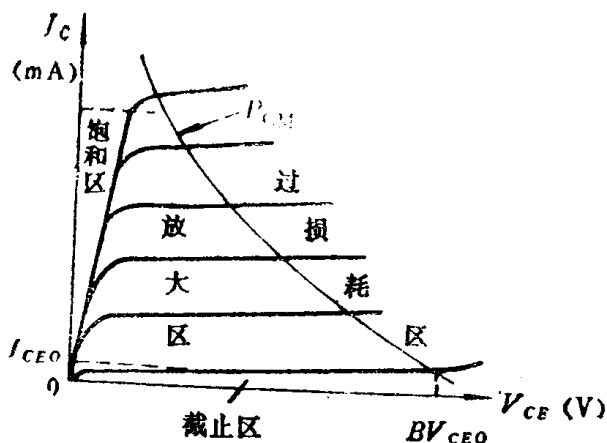


图 1-2

$$\beta = I_C / I_B$$

$$I_C = \beta I_B + I_{CE0}$$

5. 温度每上升 10°C 三极管反向饱和电流将增加一倍, 即

$$I_{CBO(T)} = I_{CBO}(25^\circ\text{C}) \times 2^{\frac{T-25^\circ\text{C}}{10^\circ\text{C}}}$$

式中: T 为某时晶体管的温度。

6. 三极管的特性曲线和参数, 如图 1—2 所示。

例 题

例 1.1 在一锗片中:

(1) 掺入施主杂质, 其浓度为 $N_D = 2 \times 10^{14}/\text{cm}^3$, 求此锗材料在室温 300K 时的电子和空穴浓度属什么类型半导体。

(2) 若进行 (1) 题中的过程后再掺入受主杂质, 其浓度为 $P_D = 3 \times 10^{14}/\text{cm}^3$, 问此锗材料是 N 型半导体还是 P 型半导体, 并求其中的电子浓度和空穴浓度。

(3) 在进行 (2) 题中的过程后, 使该锗材料温度再上升 24°C 时, 该材料的电子、空穴浓度将发生什么变化? 此锗材料这时是什么类型半导体?

本题要求了解杂质和温度都可能对半导体性质有影响, 杂质半导体的类型是由多数载流子决定的。因此解这类题目要分清杂质半导体中的空穴和电子哪个多。

解 根据理论分析和计算, 在室温 300K 条件下, 锗材料中的载流子浓度

$$N_i = P_i = 2.5 \times 10^{13}/\text{cm}^3$$

因此可解得:

$$(1) N_D \cdot P_n = N_i^2 = P_i^2$$

$$P_n = \frac{N_i^2}{N_D} = \frac{(2.5 \times 10^{13})^2}{2 \times 10^{14}} = 3.13 \times 10^{12}/\text{cm}^3$$

因为 $P_n < N_D$, 即 $2 \times 10^{14}/\text{cm}^3 > 3.13 \times 10^{12}/\text{cm}^3$, 所以此时锗材料是 N 型半导体。

$$(2) \because P_D > N_D$$

$$\therefore P_D' = P_D - N_D = 3 \times 10^{14}/\text{cm}^3 - 2 \times 10^{14}/\text{cm}^3 = 1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$$

$$N_p = \frac{N_i^2}{P_D'} = \frac{(2.5 \times 10^{13})^2}{1 \times 10^{14}} = 6.25 \times 10^{12}/\text{cm}^3$$

因为 $P_D' > N_p$, 所以此时锗片已变为 P 型半导体。

(3) 本征激发的载流子浓度与温度有密切的关系, 在室温附近, 温度每升高 12°C , 锗材料中的载流子数量 N_i (或 P_i) 就增加一倍。所以把该锗片的温度再提高 24°C , 其 N_i 增加为

$$N_i = N_i \times 2^{\frac{T_2 - T_1}{12^\circ\text{C}}} = 2.5 \times 10^{13} \times 2^{\frac{24^\circ\text{C} + 300\text{K} - 300\text{K}}{12^\circ\text{C}}} = 10^{14} / \text{cm}^3$$

在杂质半导体中, 传递电流的主要是多数载流子, 而多数载流子的浓度又主要由杂质浓度本身决定, 与温度无关, 则此时

$$N_P = \frac{n_i^2}{P_D} = \frac{(1 \times 10^{14})^2}{1 \times 10^{14}} = 1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$$

因为 $N'_P = P'_D$, 所以此时该材料因温度的上升而变为本征半导体。

例1.2 图1—3所示电路中, D 为理想二极管, e 为正弦波信号源, 其峰值 E_m 大于电池电压, 画出输出电压波形。

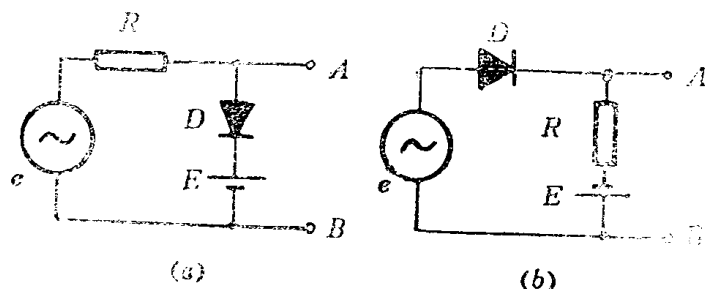


图 1-3

本题题意是要了解限幅(即输出波形仅为输入波形的一部分, 以实现波形的变换)电路的原理。分析该电路时一定要弄清加在二极管两端的电压, 或流过其中的电流情况。

解 对于图1—3(a), 首先用图解法求电阻 R 两端的电压降波形。

加在二极管 D 两端的电压是电池电压迭加上输入电压 e 后的电压, 即 $v_D = -E + e$ 。把它们画在理想二极管伏安特性曲线的下方, 如图1—4(a)所示。从而得到如图1—4(b)

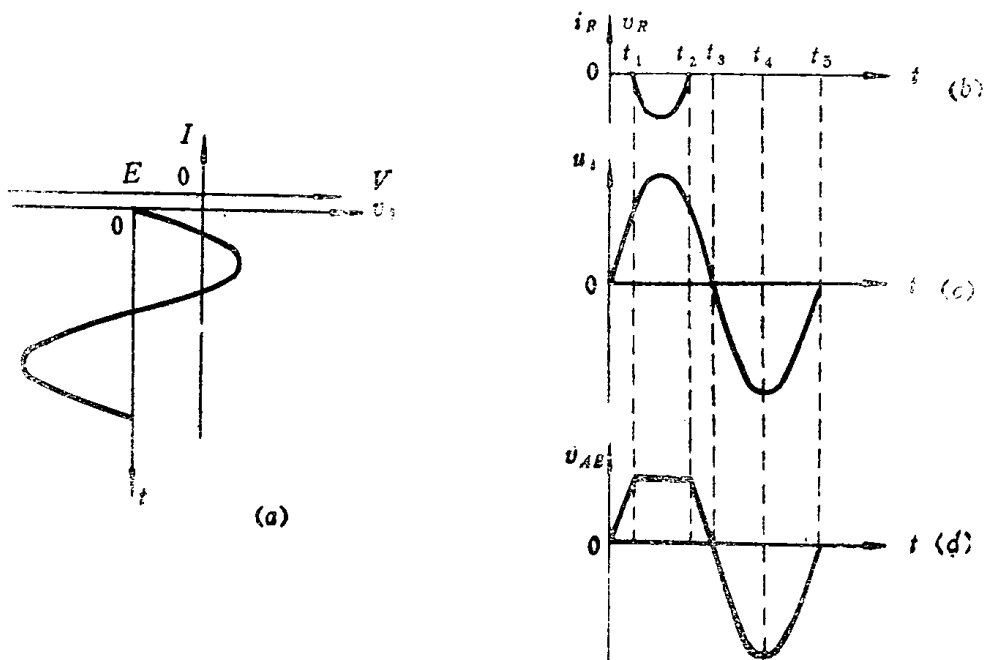


图 1-4

所示的流过二极管的电流波形。该电流流过电阻 R 时产生电压降的波形如图1—4(c)所示。

然后, 根据 KVL 求得 u_{AB} 波形。

在输入电压 $e = E_m \sin \omega t$ 的 $t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$ 时刻, 电阻 R 上的电压分别是

$U_{R1}, U_{R2}, \dots$ 。根据 KVL , $U_{AB} = e + v_R$, 从而得到相应于 $t_0, t_1, \dots$ 时刻的 v_{AB} 瞬时电压。在 $v_{AB}(t)$ 坐标上得到的 v_{AB} 波形如图 1-4(d) 所示。

对于图 1-3(b), 首先用图解法求出加在理想二极管两端的电压波形图。

加在理想二极管两端电压是直流电压 E 和输入信号电压 e , 即 $v_D = E + e$ 。把它们都画在 $I-V$ 曲线下方, 见图 1-5(a), 可得到如图 1-5(b) 所示的加在二极管上的电压波形。

然后, 根据 KVL 求得 v_{AB} 波形。

在输入电压 $e = E_m \sin \omega t$ 的 $t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$ 时刻, 二极管两端电压分别是 $v_{D0}, v_{D1}, v_{D2}, \dots$ 。根据 KVL , $v_{AB} = e + v_D$ 得到相应于 $t_0, t_1, \dots$ 时刻的 v_{AB} 瞬时电压。 $v_{AB}(t)$ 的波形如图 1-5(d) 所示。

小 结

① 本题图 1-3(a) 以 D, E 支路, 图(b) 以 R, E 支路, 应用与此类似方法, 亦能得到同样结论。但分析复杂电路时则以 e 支路求解较为简单, 参见习题 1.16(i)。

② 如果求 AB 电压所选用的某支路中有电路, 则应求流过二极管的电流。

③ 这类题若采用针对 $|e_m| \leq E, |e_m| > E$ 等 4 种情况分别讨论的方法, 也可以得到同样结论, 但不及图解法直观、迅速。

例 1.3 在室温 300K 条件下, 一只硅二极管的反向电流是 $0.1\mu A$, 一只锗二极管的反向电流是 $10\mu A$, 把它们串联起来接入电路中, 流过它们的电流是 $1mA$, 求:

(1) 加在它们两端的电压各是多少?

(2) 若在室温提高 $60^\circ C$, 在流过它们的电流仍保持 $1mA$ 条件下, 这两只二极管两端电压降各多少?

该题要求了解温度对锗、硅二极管的影响。解这一类题, 除了给定几个电压、电流值外, 一般都是引用二极管方程。

解 根据二极管 $V-I$ 特性方程有:

$$I = I_S (e^{\frac{V}{V_T}} - 1)$$

$$V = V_T \ln \left(\frac{I}{I_S} + 1 \right)$$

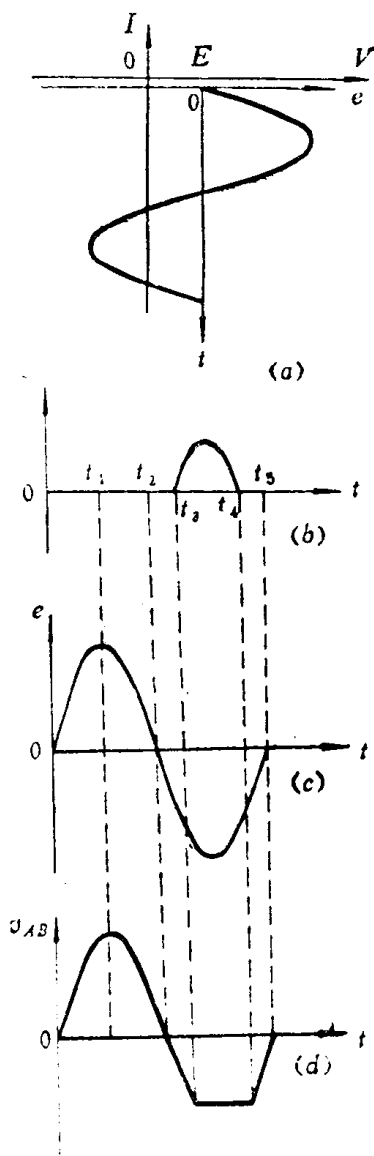


图 1-5

$$(1) \text{ 硅管: } V = V_T \ln \left(\frac{I}{I_S} + 1 \right) = 26 \text{mV} \ln \left(\frac{1 \text{mA}}{0.1 \times 10^{-6} \text{A}} + 1 \right) = 239 \text{mV}$$

$$\text{锗管: } V = V_T \ln \left(\frac{I}{I_S} + 1 \right) = 26 \text{mV} \ln \left(\frac{1 \text{mA}}{0.1 \times 10^{-6} \text{A}} + 1 \right) = 120 \text{mV}$$

$$(2) V_T = \frac{K_T}{q} = \frac{(300 + 60) \text{K} \times 1.39 \times 10^{-23} \text{J/K}}{1.6 \times 10^{-19} \text{库仑}} = 3.1 \text{mV}$$

硅管: 根据温度每上升 8°C 反向电流增加一倍的情况,

$$I'_S = I_S \times 2^{\frac{T' - T}{8^\circ\text{C}}} = 0.1 \mu\text{A} \times 2^{\frac{60^\circ\text{C} + 300\text{K} - 300\text{K}}{8^\circ\text{C}}} = 18.1 \mu\text{A}$$

$$V = V_T \ln \left(\frac{I}{I'_S} + 1 \right) = 31 \text{mV} \ln \left(\frac{1 \text{mA}}{18.1 \mu\text{A}} + 1 \right) = 124.9 \text{mV}$$

$$\text{锗管: } I'_S = I_S \times 2^{\frac{T' - T}{12^\circ\text{C}}} = 10 \mu\text{A} \times 2^{\frac{60^\circ\text{C} + 300\text{K} - 300\text{K}}{12^\circ\text{C}}} = 320 \mu\text{A}$$

$$V = V_T \ln \left(\frac{I}{I'_S} + 1 \right) = 31 \text{mV} \ln \left(\frac{1 \text{mA}}{0.32 \text{mA}} + 1 \right) = 43.9 \text{mV}$$

该题结果是理论值, 与实际情况有差异。

例1.4 一只工作在放大状态的晶体管, 其直流放大系数 $\beta = 60$, 基极电流 $I_B = 20 \mu\text{A}$ 温度 25°C 时, 其 $I_{CBO} = 3 \mu\text{A}$ 。求:

(1) 25°C 时的集电极电流 I_C 。

(2) I_{CBO} 因温度每升高 10°C 要增1倍, 求 70°C 时该管的集电极 I_C (温度升高而 β 不变)。

该题题意是应了解温度变化所引起的 I_C 变化, 解该题时要抓住 I_{CEO} 的大小及方向。

解 (1) 三极管各极电流流过情况如图1—6所示。

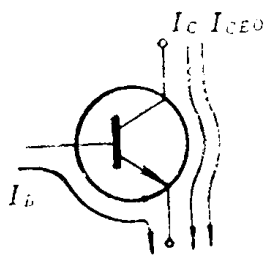


图 1—6

$$\therefore I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO}$$

$$\begin{aligned} \therefore I_C &= \beta I_B + (1 + \beta) I_{CBO} \\ &= 60 \times 20 \mu\text{A} + (60 + 1) \times 3 \mu\text{A} \\ &= 1.38 \text{mA} \end{aligned}$$

$$(2) I_{CBO}(70^\circ\text{C}) = I_{CBO}(25^\circ\text{C}) \times 2^{\frac{T'(70^\circ\text{C}) - T(25^\circ\text{C})}{10^\circ\text{C}}}$$

$$= 3 \mu\text{A} \times 2^{\frac{70^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}{10^\circ\text{C}}} = 67.9 \mu\text{A}$$

$$I_C(70^\circ\text{C}) = \beta I_B + (1 + \beta) I'_{CBO} = 60 \times 20 \mu\text{A} + (60 + 1) \times 67.9 \mu\text{A} = 5.34 \text{mA}$$

小结: 在开始分析晶体管这类参数时, 最好把各个电流从管子的一极到另一极分别画出来, 这样可以一目了然。

练 习 题

1.1 杂质半导体中的少数载流子是由本征激发所产生的, 所以杂质半导体中的少

数载流子浓度与本征半导体中少数载流子浓度是_____。

- (1) 相等的；(2) 比较大的；(3) 比较小的。

选择正确答案填入空白处并说明原因。

1.2 当PN结的宽度不再变化时，扩散载流子数_____漂移载流子数。

- (1) 大于；(2) 小于；(3) 等于；(4) 正比于；(5) 反比于。

选择正确答案填入空白处并说明原因。

1.3 图1—7所示电路中二极管导通时电压降为0.7V，击穿电压为50V，估算图中

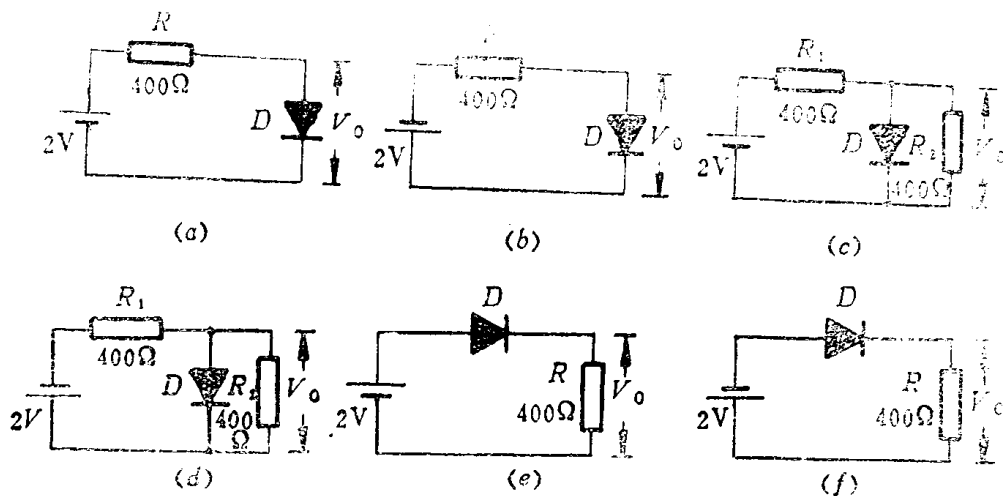


图 1—7

各电路中的 $V_o = ?$

1.4 在_____情况下，PN结的单向导电性遭到破坏。

- (1) 热击穿；(2) 电击穿；(3) 频率过高；(4) 温度增加。

选择正确答案并说明原因。

1.5 PN结两端加上正向电压时，扩散电容_____势垒电容。

- (1) 大于；(2) 小于；(3) 等于。

选择正确答案并说明原因。

1.6 3只无标志的三极管，用万用表 $R \times k\Omega$ 档次测得各管脚的电阻值如表1-1所示。A、B、C分别表示3只管脚。试判断哪只管脚是基极，三极管是锗管还是硅管，是PNP型还是NPN型，其中有无坏管子。

表1—1

接管	红笔脚	接管	黑笔脚	电 阻 值		
				1*管	2*管	3*管
	A		B	∞	200k Ω	∞
	B		A	1.5k Ω	45k Ω	∞
	B		C	1.5k Ω	500k Ω	5k Ω
	C		B	∞	800k Ω	∞
	C		A	∞	1k Ω	∞
	A		C	∞	500k Ω	∞

1.7 晶体管的集电极反向饱和电流 I_{CEO} 是温度的敏感函数, 所以锗管的 I_{CEO} 随温度变化比硅管 。

(1) 强; (2) 弱; (3) 相差无几; (4) 不好判断。

选择合适的答案并说明原因。

1.8 图1-8中示出了7种三极管的特性曲线, 说明它们各自的缺点。

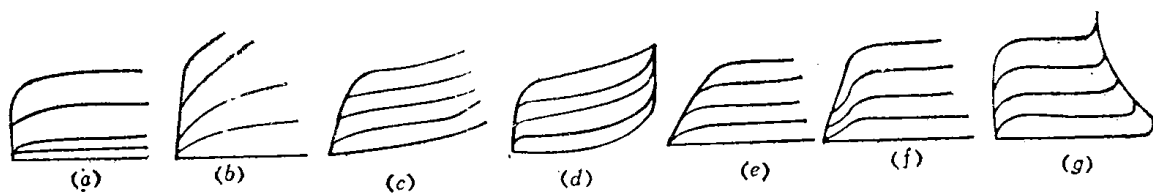


图 1-8

1.9 如果有一锗片, 在 $T = 300\text{K}$ 时, $N_i = P_i = 2.5 \times 10^{13}/\text{cm}^3$, 掺入的施主杂质浓度为 $N_D = 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 。假设所有施主原子都电离, 求锗片中的自由电子和空穴浓度, 该片是 N 型还是 P 型半导体?

1.10 硅单晶材料中:

(1) 掺入磷杂质浓度 $1.1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$, 求室温下该材料的电子、空穴浓度, 此材料是 P 型半导体或是 N 型半导体。

(2) 做完掺磷工艺后, 再掺入硼杂质, 其浓度为 $1.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, 问在室温 (300K) 下该材料此时的电子、空穴浓度及其属于什么杂质半导体。

1.11 (1) 计算在室温 300K 条件下, 二极管两端电压和流过二极管的电流关系:

$V(\text{V})$	-5	-1	-0.1	-0.01	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
$I(\text{A})$													

(2) 绘出该二极管的伏安特性曲线。

(3) 若加在二极管的两端电压为 1.5V , 问流过二极管的电流为多大? 这与实际情况相符吗?

1.12 当 $T = 290\text{K}$ 时, 锗和硅二极管的反向饱和电流分别是 $1\mu\text{A}$ 和 $0.5 \times 10^{-12}\text{A}$ 。如果二极管串联连接, 则有 1mA 的正向电流流过, 求它们的结电压各是多少?

1.13 图1-92(a) 所示电路中二极管2CP10的伏安特性如图1-9(b)所示。

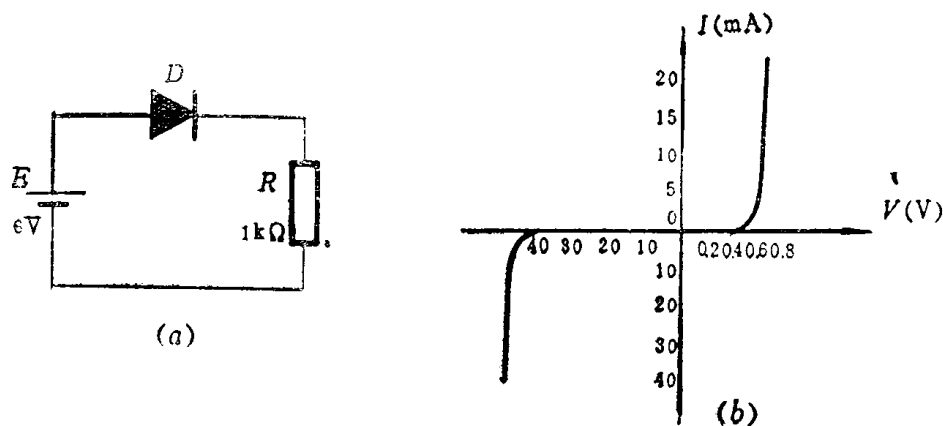


图 1-9

- (1) 用图解法求回路的电流。
- (2) 设二极管导通后有 0.7V 的恒定压降, 求回路中电流。
- (3) 设二极管是理想的 (即正向导通电压降为 0), 求回路中电流。
- (4) (2)、(3) 小题中的近似分析与(1) 中的精确分析误差是多少?
- (5) 若 $E = 2\text{V}$, 重复做(1)、(2), (3), 然后讨论一下在什么条件下可以把二极管当做理想的?

1.14 图1—10所示电路中二极管导通电压为 0.7V , 问各二极管是导通或是截止, 并计算 V_{AB} 值。

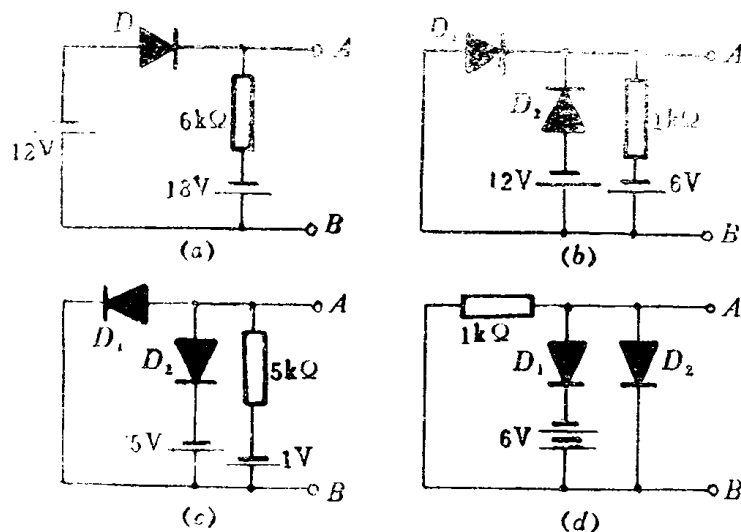


图 1-10

1.15 由二极管 D_1 、 D_2 组成有两个输入端的与门如图 1—11所示。设二极管是理想的, 在下列各条件下, 求 V_o 的大小。

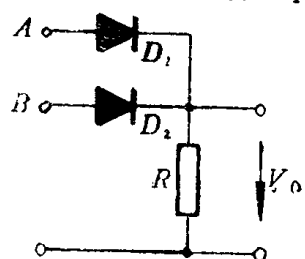
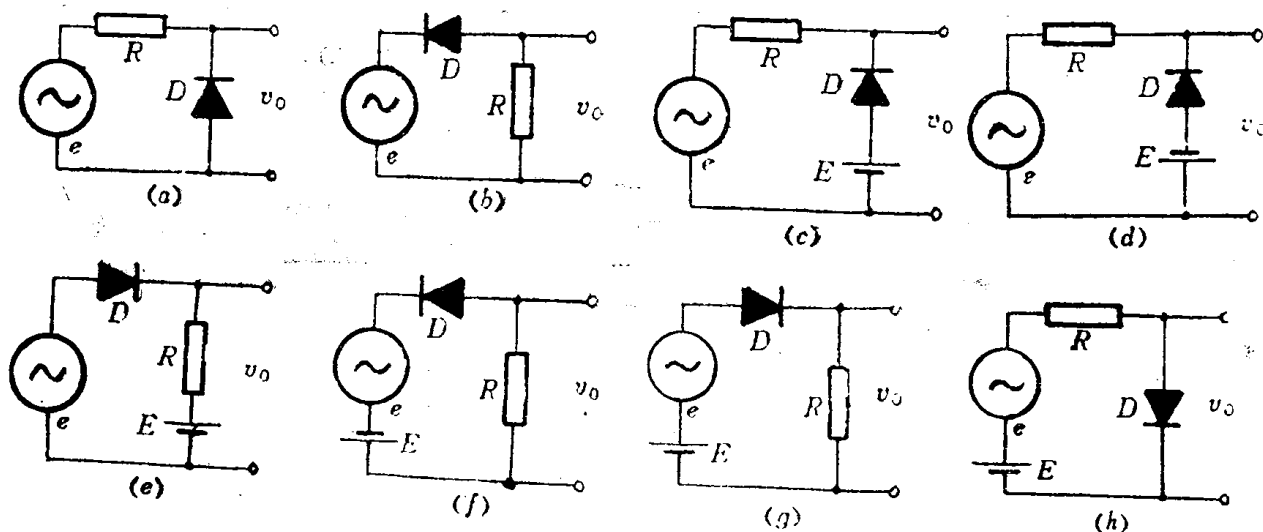


图 1-11

- (1) $V_{AO} = V_{BO} = 0\text{V}$
- (2) $V_{AO} = 10\text{V}$ $V_{BO} = 0\text{V}$
- (3) $V_{AO} = 0\text{V}$ $V_{BO} = 10\text{V}$
- (4) $V_{AO} = V_{BO} = 10\text{V}$
- (5) $V_{AO} = 5\text{V}$ $V_{BO} = 10\text{V}$

1.16 图1-12中所示各电路中, e 为正弦波, 二极管为理想管, 在 E 小于信号电压峰值情况下, 画出输出电压 U_o 的



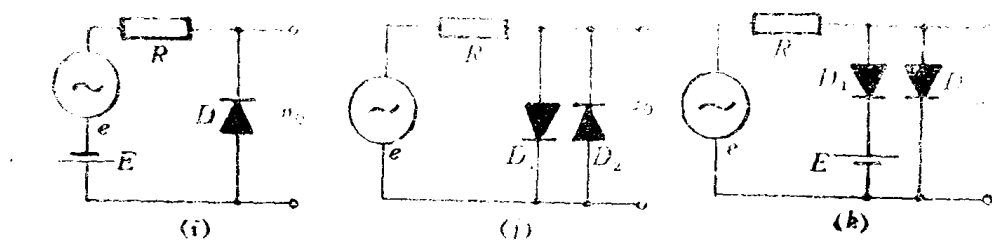


图 1-12

波形图。

1.17 一个小功率二极管，当正向电压为0.6V时，它的正向电流 I 是10mA，当正向电压为0.66V时（即增加10%），下列三种结论哪个正确？设温度当量 $V_T = 26\text{mV}$ 。

(1) I 不变；(2) I 也增加10%，即为11mA；(3) I 增加约10倍。

1.18 图1-13所示各电路中，稳压管 D_{z1} 、 D_{z2} 的稳压值分别是7V和13V，正向压

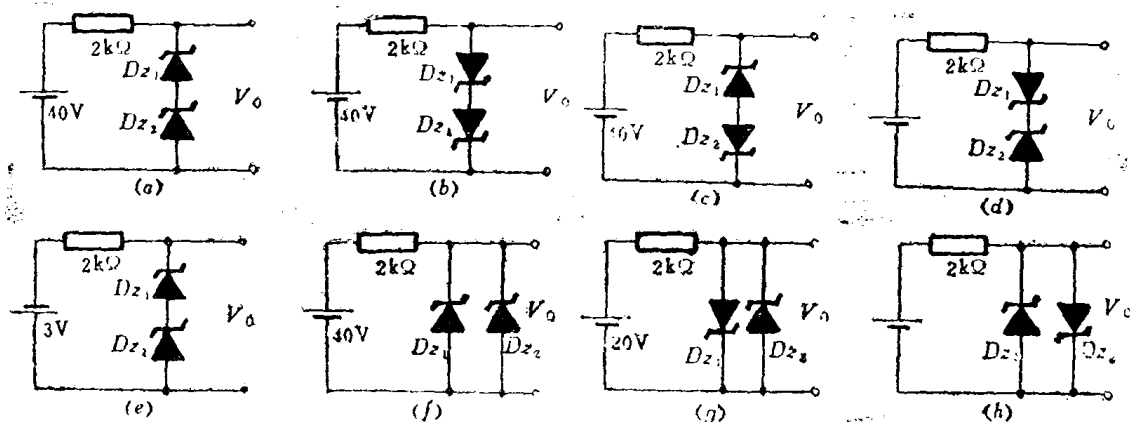


图 1-13

降都为0.7V，稳定电流都是5mA，求各个电路的 V_o 。

1.19 图1-14(a) 所示硅稳压二极管电路中， V 和 I 的关系如图1-14(b) 中所示，

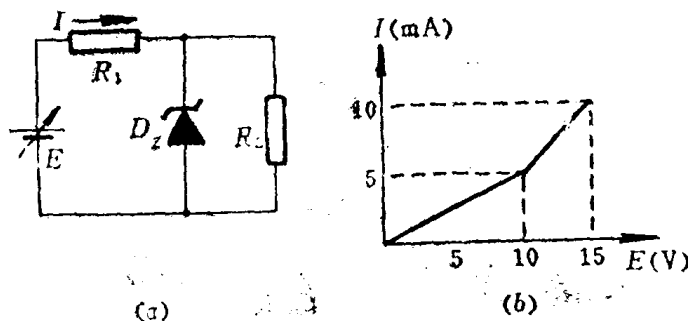


图 1-14

怎样利用该曲线判断 R_1 、 R_L 的数值和稳压管 D_z 的击穿电压。

1.20 在图1-15(a) 所示稳压二极管电路中，已知 $R = 1\text{k}\Omega$ ， V_i 的波形如 (b)、(c)、(d) 所示， $V_z = 6\text{V}$ ，分别画出对应于 (b)、(c)、(d) 输入电压波形的输出电压波形。

1.21 在图1-16所示电路中,若发射极电流 $I_E = 10.2\text{mA}$,基极电流 $I_B = 0.2\text{mA}$,求:

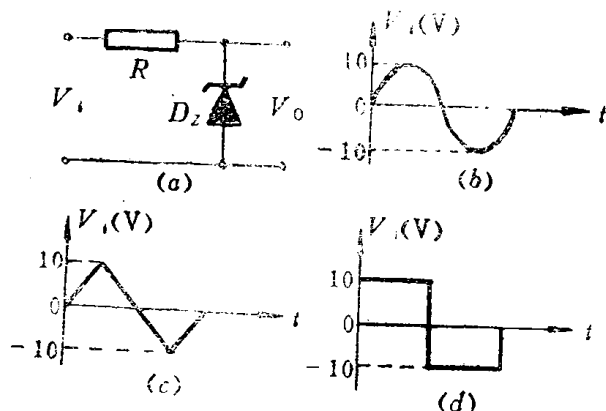


图1-15

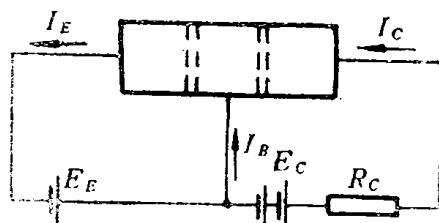


图1-16

- (1) 集电极电流 I_C 。
- (2) 共基极电流放大系数 $\bar{\alpha}$ 。
- (3) 共发射极电流放大系数 $\bar{\beta}$ 。

(4) 若在集电极回路中串一个电阻 R_C ,三极管仍工作在放大状态, I_C 和 I_B 的直流电流分配关系是否会显著变化?

1.22 在室温下测得一锗管集电极反向饱和电流 $I_{CBO} = 10\mu\text{A}$,在电路中工作在放大状态下,基极电流 I_B 为 $40\mu\text{A}$ 时,发射极电流 I_E 是 5mA 。求:

(1) 该管的集电极电流和电流放大系数及穿透电流各是多少?

(2) 如果温度上升了 48°C 后,管子的电流放大系数保持不变,此时它的集电极电流是多少?

1.23 已知某三极管在 25°C 时 I_{CBO} 为 μA , $\beta = 20$, I_{BQ} 为 $50\mu\text{A}$,如果结温从 25°C 升高到 70°C ,而温度每升高 10°C , I_{CBO} 将增加一倍, β 与温度关系为 $\frac{1}{\beta} \frac{\Delta\beta}{\Delta T} = 0.5\%/1^\circ\text{C}$

求 75°C 时在相同 I_{BQ} 条件下的 I_{CQ} 是多少(三极管工作在放大区)?

1.24 求如图1-17所示连接的晶体管电路中的 I_{B1} ,与 I_{E2} 及 I_{B1} 与 $(I_{E1} + I_{C2})$ 之间的关系。

1.25 一只三极管 $I_{CBO} = 10\mu\text{A}$,当 $I_E = 3\text{mA}$ 时, $I_C = 2.98\text{mA}$ 。如果调 $B-E$ 之间正向电压,使 $I_B = 30\mu\text{A}$,求此时的发射极电流 I_E 和该管的 I_{CEO} 。

1.26 已知三极管3DG6的极限参数,最大允许耗散功率 P_{CM} 为 100mW , BV_{CBO} 是 30V , BV_{CEO} 是 15V , I_{CM} 为 20mA ,求:

(1) 如果接到电路中, V_{CE} 为 1V ,集电极电流是否可以工作在 100mA ?

(2) 如果集电极电流是 10mA ,则最大允许集电极电

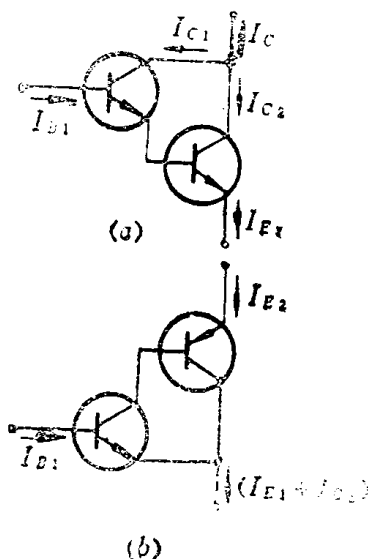


图1-17

压是多少伏?

1.27 根据图1-18所示的晶体管3DX31A输出特性曲线, 求:

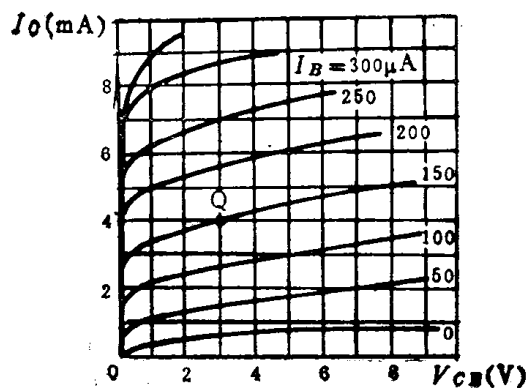


图 1-18

- (1) Q点($\bar{\beta}V_{CEQ} = 3V$, $I_{CQ} = 4mA$, $I_{BQ} = 15\mu A$) β 和 β 值。
- (2) 根据上述的 β 换算出共基极电流放大系数 $\bar{\alpha}$ 。

参 考 答 案

- 1.9 $N_i = 110^{17}/cm^3$ $P_n = 6.25 \times 10^9/cm^3$
- 1.10 (1) $N_i = 1.1 \times 10^{18}/cm^3$ $P_n = 1.83 \times 10^2/cm^3$
(2) $N_i = 1 \times 10^{18}/cm^3$ $P_n = 2 \times 10^2/cm^3$
- 1.11 (3) $I = 2.27 \times 10^{14}(A)$
- 1.12 Ge 180mV S_i 557mV
- 1.13 (2) 5.3mA (3) 6mA (5) $I_{(0.7V)} = 1.3mA$ $I_{(0V)} = 2mA$
- 1.15 (1) 0V (2) 10V (3) 10V (4) 10V (5) 10V
- 1.19 $R_1 = 1k\Omega$ $R_2 = 1k\Omega$ $E = 5V$
- 1.21 (1) 10mA (2) 0.98 (3) 50
- 1.22 (1) $I_C + 4.96mA$, $I_{CEO} = 1mA$ (2) $I_C = 20mA$
- 1.23 1.45mA
- 1.24 $I_{E2} = (1 + \beta_1)(1 + \beta_2)I_{B1}$ $I_{E1} + I_{C2} = (1 + \beta_1 + \beta_1\beta_2)I_{B1}$
- 1.25 $I_E = 4mA$ $I_{CEO} = 1mA$

第二章 低频小信号放大电路

概 要

一、放大电路的基本概念

1. 凡是直流电流能通过的支路均为直流通路, 求直流通路时, 所有电容视为开路, 所有电感视为短路, 负载视为0。

2. 凡是交流信号电流能通过的支路均为交流通路, 求交流通路时, 耦合电容, 旁路电容, 直流电源皆视为短路。但直流电源内阻保留。

3. 在放大器设计和调整中, 必须保证信号不产生非线性失真, 其重要条件之一是给晶体管设置正确的工作点, 使信号摆动的整个范围限制在晶体管特性的线性运用范围之内。晶体管合适工作设置条件为:

不产生截止失真条件为 $I_{CQ} \geq I_{cm} + I_{CEO}$;

不产生饱和失真条件为 $V_{CEQ} \geq V_{cem} + V_{ces}$ 。

当晶体管所处环境温度上升时, 晶体管的 β 、 I_{CEO} 增加, V_{BE} 下降, 这是造成晶体管工作点不稳定的最突出因素, 故放大器采用了反馈和补偿两种方式稳定Q点。

二、放大电路分析方法

1. 图解法。图解法的优点是能较清楚地看到Q点选择是否合适, 动态范围大小。缺点是不准确, 尤其是小信号, 图解过程麻烦、复杂。图解过程分以下几步:

(1) 画直流通路。以公式 $E_C = I_{BQ}R_B + V_{BEQ}$ 在 $i_B \sim v_{BE}$ 曲线上作直流负载线, 得到Q点, 求出 I_{BQ} 和 V_{BEQ} 。若无 $i_B \sim v_{BE}$ 曲线, 可用 $I_{BQ} \approx E_C/R_B$ 确定。

(2) 以公式 $E_C = I_{CQ}R_C + V_{CEQ}$, 在 $i_C \sim v_{CE}$ 曲线上作直流负载线, 得到Q点, 求出 I_{CQ} 和 V_{CEQ} 。

(3) 画交流通路。根据 $R'_L = R_C \parallel R_L$, $\tan \alpha = 1/R_L$, 过Q点作出交流负载线。也可以根据公式 $V_{CE} = V_{CEQ} - (i_C - I_{CQ})R_L$ 作出交流负载线。

(4) 在 $i_B = v_{BE}$ 曲线上, 根据 V_{BEQ} 和 v_i 作出 i_b 的波形。

(5) 根据 $i_C = v_{CE}$ 曲线和 i_b 波形画 i_c 和 v_{CE} 波形, 并查出交流分量振幅值 V_{cem} 、 I_{cm} , 求 K_v 、 K_i 。

2. 等效电路法。在小信号下工作的晶体管, 可视其为线性化。这样, 电子电路可转化为有源线性网络, 因此就可应用电工学中网络分析计算方法, 使复杂电子电路分析大为简化。用等效电路分析放大器的步骤是:

(1) 画出直流通路, 求出静点工作点。

(2) 求出静态工作点附近的微变参数

$$r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_{EQ}(\text{mA})}^{\circ}$$

(3) 画出交流通路。

(4) 用微变等效电路代替晶体管。

(5) 列出方程求解。

三、放大电路三种基本组态

放大电路三种基本组态如表2—1所示。

表2—1

	共射极电路	共集电极电路	共基极电路
电路形式			
静态工作点	$I_{BQ} = \frac{E_B - V_{BEQ}}{R_B + (1 + \beta)R_E}$ 式中: $E_B = E_C R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2})$ $R_B = R_{B1} // R_{B2}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $V_{CEQ} \approx E_C - I_{CQ}(R_C + R_E)$	$I_{BQ} = \frac{E_C - V_{BEQ}}{R_B + (1 + \beta)R_E}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $V_{CEQ} \approx E_C - I_{CQ}R_E$	$I_{BQ} = \frac{E_C - V_{BEQ}}{R_{B1} + (1 + \beta)R_E}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $V_{CEQ} \approx E_C - I_{CQ}(R_C + R_E)$
微变等效电路			
Kv	$-\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$	$\frac{(1 + \beta)R'_L}{r_{be} + (1 + \beta)R'_L}$	$\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$