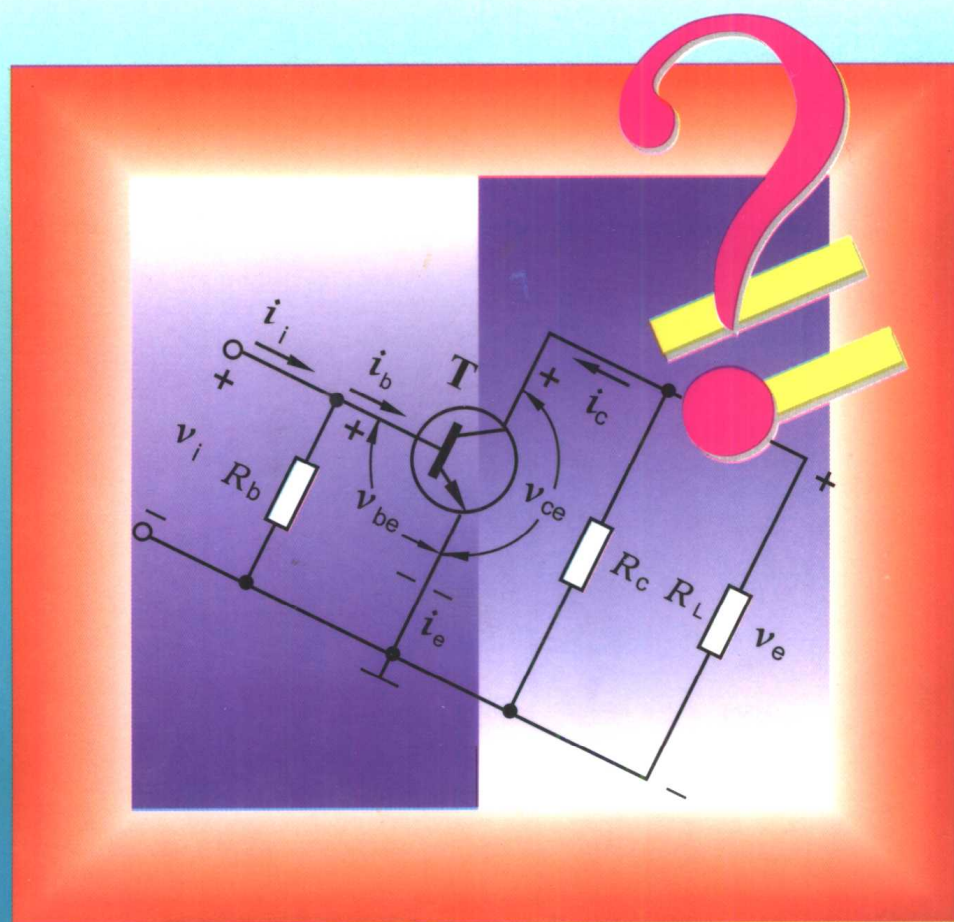


高等师范电子系列教材

电子技术基础解题指导

鬲淑芳 主编

黄庆元 主审



陕西师范大学出版社

高等师范电子系列教材

电子技术基础解题指导

主 编	鬲淑芳			
副主编	李宗领	张正喜	王时建	王立刚
编 委	杨世平	行小帅	裴幼强	胡庆华
	文宇庄	刘庆祥	段新文	彭 勇
	吴伶锡	马学坤	罗维亮	兰学忠
	张茂松	郑景华		

陕西师范大学出版社

1280/13

图书代号:JC141400

高等师范电子系列教材
电子技术基础解题指导
高淑芳 主编

陕西师范大学出版社出版发行
(西安市陕西师大 120 信箱 邮政编码 710062)
新华书店经销 蓝田县立新印刷厂印刷
开本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 393 千
2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 次印刷
印数:1~6000
ISBN 7-5613-1958-4/O·63
定价:19.00 元

开户行:西安工行小寨分理处 账号:216-144610-44-815
读者购书、书店添货或发现印刷装订问题,请与发行科联系、调换。
电话:(029)5251046(传真) 5233753 5307864

高等师范电子系列教材编审委员会

主任委员	黄庆元			
副主任委员	鬲淑芳	钱如竹	王佰铭	任来宝
	廖运策	裴幼强	曾祥富	
委	曾昌禄	李宗领	黄良侠	文字庄
员	行小帅	张茂松	郑景华	兰学忠
	王希英	吴伶锡	李良波	廖晓伟
	马学坤	李元华	冯乃光	方晓红
	崔汉荣	谭建军	刘庆祥	朱永金
	刘文寿	胡玉娟	杜凯	赵宏音
	叶凡			

前 言

本书是为高等师范电子系列教材中《模拟电子技术基础》和《数字电子技术基础》配套编写的解题指导。书中除对这两本教材中各章的练习题作了较为详细地解答之外,还补充了相关的一些综合性练习题,以期使学生在学电子技术基础课程时,能通过练习加深对基本概念、基本理论和基本分析方法的理解和应用,提高分析问题和解决问题的能力。

本书不仅可供使用高师电子系列教材的院校和学生参考,而且其他学习电子技术基础课程的学生,如理工科非电类专业、继续教育电子类、自学考试电子类、电子爱好者等均可作为学习参考书。

书中错漏之处请读者及时指正,在此表示谢意。

作者

1999年11月

于西安

目 录

模拟电子技术基础部分

第一章	半导体二极管及其应用·····	(1)
第二章	晶体管及其基本放大电路·····	(7)
第三章	单极型晶体管及其基本放大电路和多级放大电路 ·····	(35)
第四章	放大电路中的反馈 ·····	(49)
第五章	模拟集成电路基础 ·····	(63)
第六章	集成运算放大电路及其应用 ·····	(80)
第七章	振荡电路·····	(106)
第八章	无线电广播与接收机基础·····	(117)
第九章	直流电源电路·····	(120)

数字电子技术基础部分

第一章	数字电路基础·····	(133)
第二章	逻辑门电路·····	(155)
第三章	组合逻辑电路·····	(170)
第四章	触发器·····	(193)
第五章	时序逻辑电路·····	(206)
第六章	半导体存储器·····	(222)
第七章	D/A 和 A/D 转换 ·····	(235)
第八章	脉冲波形的产生和整形电路·····	(241)

第一章 半导体二极管及其应用

1-1 二极管伏安特性如图 1-1 所示,试求:

(1) $I_D = 4\text{mA}$ 时的直流电阻 R_D 和交流电阻 r_d ;

(2) 若把一节电压为 1.5V ,内阻为 0.5Ω 的干电池正向加于二极管两端,会出现什么问题?为什么?

(3) 若把一个 300V 的蓄电池反向加于二极管的两端,会出现什么问题?为什么?

解 (1) 根据二极管直流电阻的定义,在图 1-1 的特性曲线上找出 $I_D = 4\text{mA}$ 时的工作点 $Q(0.6\text{V}, 4\text{mA})$,则

$$R_D = \frac{V_{DQ}}{I_{DQ}} = \frac{0.6}{4 \times 10^{-3}} = 150(\Omega)$$

同样,根据交流电阻的定义,过 Q 点作特性曲线的切线,在 Q 点附近的切线上取两点 $A(0.65, 5)$ 和 $B(0.55, 3)$,则

$$r_d = \frac{\Delta v_D}{\Delta i_D} = \frac{0.65 - 0.55}{(5 - 3) \times 10^{-3}} = 50(\Omega)$$

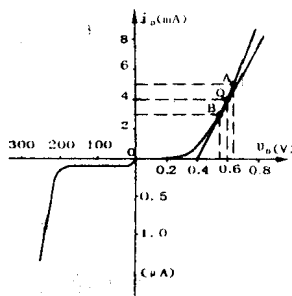


图 1-1

(2) 若将一个 1.5V ,内阻 0.5Ω 的干电池正向加于该二极管的两端,则二极管会被烧坏。其理由是,正偏二极管的直流电阻与干电池的内阻均很小,将 1.5V 干电池正向加于二极管的两端,将有非常大的电流流过二极管,超过其最大平均整流电流 $I_{F(AV)}$ 的值,故导致二极管烧坏。

另外,若忽略干电池内阻,从特性曲线上查出其反向饱和电流 $I_{R(sat)} \approx 0.1\mu\text{A}$,则利用二极管方程可近似估算出在室温下流过二极管的正向电流近似为

$$\begin{aligned} i_D &= I_{R(sat)}(e^{v_D/V_T} - 1) \\ &\approx 0.1 \times 10^{-6} e^{1.5 \times 10^3 / 26} \\ &\approx 10^{-7} e^{58} (\text{A}) \\ &\approx 10^{18} (\text{A}) (\text{数量级}) \end{aligned}$$

可见正向电流如此之大,二极管肯定会被烧毁的。

(3) 若将电压为 300V 的蓄电池反向加于该二极管的两端,二极管将被击穿。其理由是:由图 1-1 所示特性曲线可以看出该二极管的反向击穿电压大约在 220V 右,加上 300V 反压,肯定会被击穿的。

1-2 已知二极管的伏安特性如图 1-2-1 所示,试分别求出 A 、 B 两点的直流电阻 R_D 和交流电阻 r_d 。

解 根据二极管直流电阻的定义,由图 1-2-1 可求出 A 、 B 两点的直流电阻分别为:

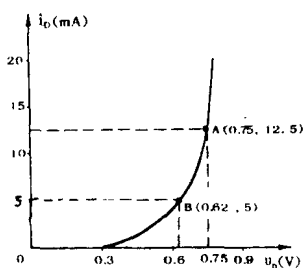


图 1-2-1

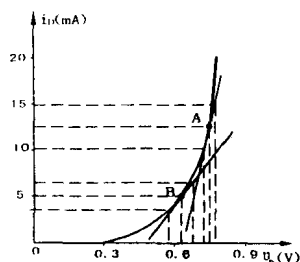


图 1-2-2

$$R_{DA} = \frac{V_{DB}}{I_{DB}} = \frac{0.75}{12.5 \times 10^{-3}} = 58(\Omega)$$

$$R_{DB} = \frac{V_{DA}}{I_{DA}} = \frac{0.62}{5 \times 10^{-3}} = 125(\Omega)$$

根据二极管交流电阻的定义,由图 1-2 中可求出 A、B 两点的交流电阻(作法见图 1-2-2)分别为:

$$r_{dA} = \frac{\Delta v_{DB}}{\Delta i_{DB}} = \frac{0.8 - 0.7}{(15 - 10) \times 10^{-3}} = 20(\Omega)$$

$$r_{dB} = \frac{\Delta v_{DA}}{\Delta i_{DA}} = \frac{0.66 - 0.58}{(8 - 3.5) \times 10^{-3}} = 18(\Omega)$$

1-3 二极管电路如图 1-3 所示,试判断电路中的二极管是导通还是截止,并求出 A、B 间的端电压 V_{AB} 。

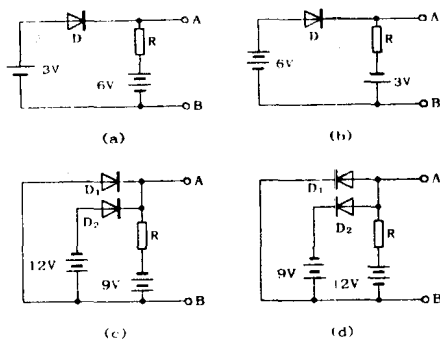


图 1-3

解 将图 1-3 各电路中的二极管均视为理想二极管。

图(a)中 D 反偏截止, A、B 间的端电压为 $V_{AB} = 6V$;

图(b)中 D 正偏导通, A、B 间的端电压为 $V_{AB} = 6V$;

图(c)中 D_1 正偏导通, D_2 反偏截止, $V_{AB} = 0V$;

图(d)中 D_2 先正偏导通,使 D_1 反偏截止, $V_{AB} = -9V$ 。

1-4 二极管电路如图 1-4-1 所示, 已知输入电压为 $v_i = 3\sin 100\pi t$ (V), 二极管视为理想二极管, 试画出输出电压 v_o 的波形。

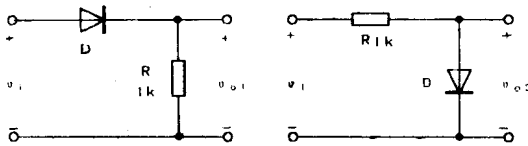


图 1-4-1

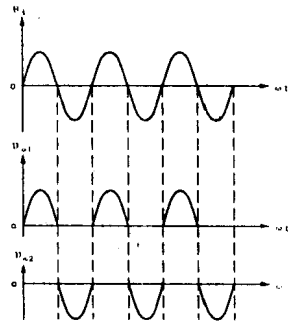


图 1-4-2

解 根据二极管的单向导电性可画出图中各输出电压的波形如图 1-4-2 所示。

1-5 两只硅稳压二极管的稳压值分别为 $V_{Z1} = 6\text{V}$, $V_{Z2} = 9\text{V}$, 把它们串联相接可得到几种稳压值? 把它们并联相接可得到几种稳压值? 各稳压值分别是多少伏?

解 两只稳压管串、并联相接共有如图 1-5 所示的 8 种形式, 其中 (a) ~ (d) 为串联形式, (e) ~ (h) 为并联形式, 它们的稳压值分别为:

- (a) $V_Z = V_{Z1} + V_{Z2} = 15\text{V}$;
- (b) $V_Z = V_{Z1} + V_{D2} = 6.7\text{V}$;
- (c) $V_Z = V_{D1} + V_{Z2} = 9.7\text{V}$;
- (d) $V_Z = V_{D1} + V_{D2} = 1.4\text{V}$;
- (e) $V_Z = V_{Z1} = 6\text{V}$;
- (f) $V_Z = V_{D1} + V_{D2} = 0.7\text{V}$;
- (g) $V_Z = V_{D2} = 0.7\text{V}$;
- (h) $V_Z = V_{D1} = 0.7\text{V}$ 。(硅稳压管正向压降设为 0.7V)

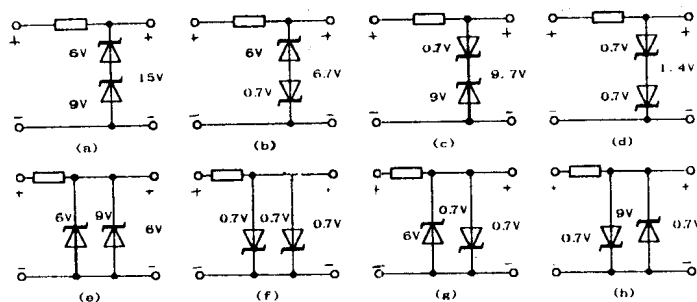


图 1-5

1-6 图 1-6 中稳压管 D_{Z1} 、 D_{Z2} 的稳压值分别为 7V 和 13V, 稳定电流相同, 试求各电路的输出电压。

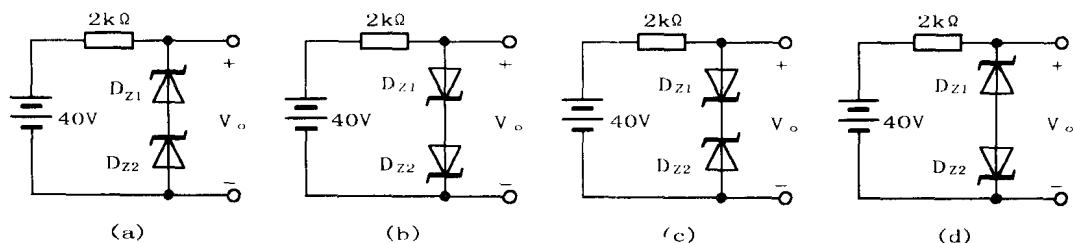


图 1-6

解 硅稳压管的正向压降均设为 0.7V。图 1-6 中各电路的输出电压分别为:

$$(a) V_o = V_{Z1} + V_{Z2} = 7 + 13 = 20(\text{V})$$

$$(b) V_o = V_{D1} + V_{D2} = 0.7 + 0.7 = 1.4(\text{V})$$

$$(c) V_o = V_{D1} + V_{Z2} = 0.7 + 13 = 13.7(\text{V})$$

$$(d) V_o = V_{Z1} + V_{D2} = 7 + 0.7 = 7.7(\text{V})$$

1-7 试分析图 1-7 所示电路中二极管的工作状态(是导通还是截止), 并确定输出电压 v_o 的大小, 填入表中。

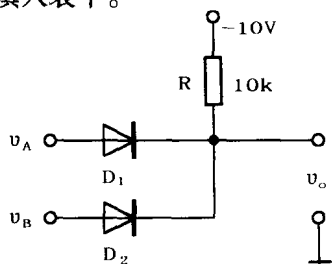


图 1-7

v_A	v_B	D_1	D_2	v_o
0	0	导通	导通	0
0	5	截止	导通	5
5	0	导通	截止	5
5	5	导通	导通	5

(D_1 、 D_2 视为理想二极管)

解 图中二极管均视为理想二极管, 其工作状态及输出电压大小填入图 1-7 的表中。

补充题

1-8 二极管的伏安特性方程为 $i_D = I_{R(sat)}(e^{v_D/V_T} - 1)$, 试推导正向导通时二极管交流电阻 r_d 的形式, 并估算室温下 $i_D = 2\text{mA}$ 时其正向导通交流电阻的大小。

解 二极管正向导通时其伏安特性方程可近似为:

$$i_D \approx I_{R(sat)} e^{v_D/V_T}, \text{ 根据二极管交流电阻的定义有}$$

$$\begin{aligned} r_d &= \frac{dv_D}{di_D} = \frac{dv_D}{dI_{R(sat)} e^{v_D/V_T}} \\ &= \frac{dv_D}{I_{R(sat)}/V_T e^{v_D/V_T} V_T} \\ &= \frac{V_T}{I_{R(sat)} e^{v_D/V_T}} \\ &= \frac{V_T}{i_D} \end{aligned}$$

若在室温下 $V_T = 26\text{mV}$, 故当 $i_D = 2\text{mA}$ 时,

$$r_d = \frac{26\text{mA}}{2\text{mA}} = 13\Omega$$

1-9 二极管限幅电路如图 1-9-1 所示,试画出 $v_i = 5\sin\omega t(\text{V})$ 时各电路的输出电压波形。

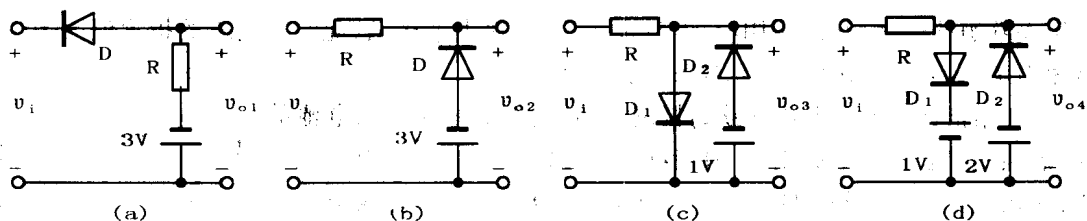


图 1-9-1

解 图中二极管均视为理想二极管。对应于输入电压的波形分别画出各电路输出电压的波形如图 1-9-2 所示。

1-10 电路如图 1-10 所示,试确定二极管 D 是正偏还是反偏,设二极管正偏时压降为 0.7V ,并计算 v_x 、 v_y 的值。

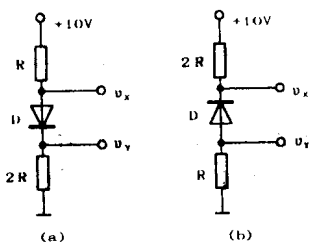


图 1-10

解 图 1-10(a) 中二极管 D 正偏导通,故

$$\begin{aligned} v_x &= \frac{2R(10 - 0.7)}{R + 2R} & v_x &= v_y + 0.7\text{V} \\ &= \frac{2 \times 9.3}{3} & &= 6.9(\text{V}) \\ &= 6.2(\text{V}) \end{aligned}$$

图 1-10(b) 中二极管 D 反偏截止,

$$\begin{aligned} \text{故} \quad v_x &= 10\text{V} \\ v_y &= 0\text{V} \end{aligned}$$

1-11 试求图 1-11 中流过二极管 D 的电流 I_D , 设二极管正向导通时的压降为 0.7V 。

解 由图 1-11 可看出:

图(a) 中 D 反偏截止, 故 $I_D = 0$;

图(b) 中 D 正偏导通, 利用回路

定律和迭加原理, 可求得:

$$2 \times 10^3 I_D' + 0.7 - 10 = 0$$

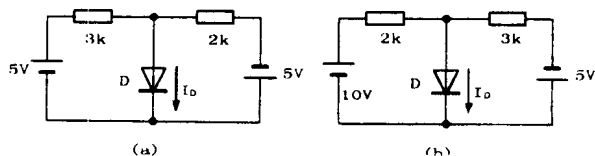


图 1-11

$$I'_D = 4.65\text{mA}$$

$$3 \times 10^3 I''_D + 0.7 + 5 = 0 \quad I''_D = -1.9\text{mA}$$

$$I_D = I'_D + I''_D = 4.65 - 1.9 = 2.75\text{mA}$$

1-12 在图 1-12 所示电路中,二极管 D_1 、 D_2 可视为理想二极管,电阻 $R = 6\Omega$,用普通万用表欧姆档测 A、B 端电阻时,若红表笔接 B,黑表笔接 A,此时万用表的指示值为多少?若将图中 D_1 反接,万用表的指示值又将是多少?

解 用指针式普通万用表欧姆档测电阻时,红表笔接表内电池的负极,黑表笔接表内电池的正极。故当红接 B,黑接 A 时,相当于 A 接正电压, B 接负电压,二极管 D_1 、 D_2 均反偏截止,欧姆表读数应是图中三个电阻之和,即 $6 \times 3 = 18\Omega$;

若将图中 D_1 反接,则 D_1 正偏导通, D_2 仍反偏截止,万用表的读数为一个 R 的大小,即 6Ω 。

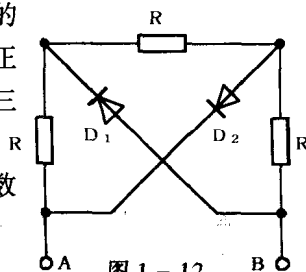


图 1-12

1-13 图 1-13-1 为两种测量二极管伏安特性的电路,为保证测量的精度,试问这两种电路分别适用于测量二极管的正向特性还是反向特性?并标出直流电源和测量仪表的极性,确定电流表是用 μA 表还是 mA 表。

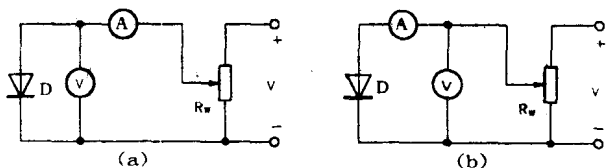


图 1-13-1

解 由图中电流表与电压表的连接情况可以判定图(a) 适合于测二极管的正向特性;图(b) 适合于测二极管的反向特性。各仪表及电压源极性如图 1-13-2 中所示。

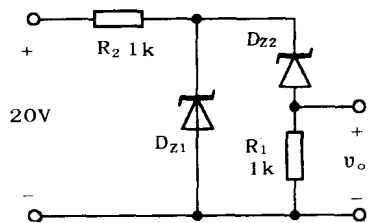


图 1-14

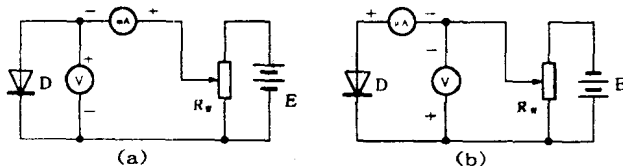


图 1-13-2

1-14 设稳压二极管 D_{Z1} 、 D_{Z2} 的稳压值分别为 7V 和 6V ,且具有理想特性,试求图 1-14 中输出电压 v_o 的值。

解 由图可以求出

$$v_o = V_{Z1} - V_{Z2} = 7 - 6 = 1(\text{V})$$

第二章 晶体管及其基本放大电路

2-1 图 2-1-1 所示各放大电路有无正常的电压放大作用,为什么?怎样改动才能使之具有电压放大作用?

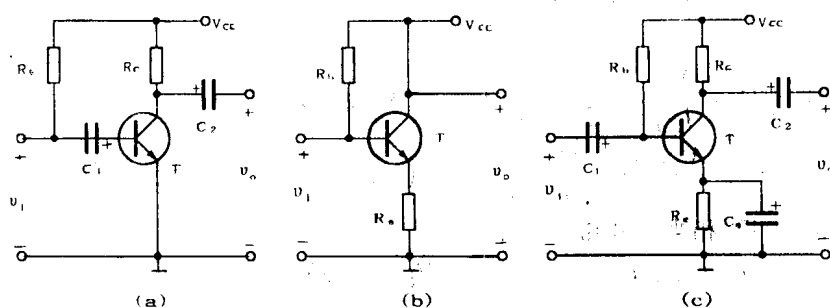


图 2-1-1

解 图(a)无电压放大能力。这是由于 C_1 的隔直流作用使晶体管 T 的发射结不能获得正偏电压,使 $I_B = 0$,发挥不了正常的电流放大作用,从而导致放大电路无正常的电压放大作用。将 C_1 移至 R_b 的左边即可,如图 2-1-2(a) 所示。

图(b)无电压放大作用。这是因为集电极交流接地($R_c = 0$),使输出电压 $v_o = 0$ 所致。只要给晶体管集电极加入合适的集电极负载电阻 R_c 即可,如图 2-1-2(b) 所示。

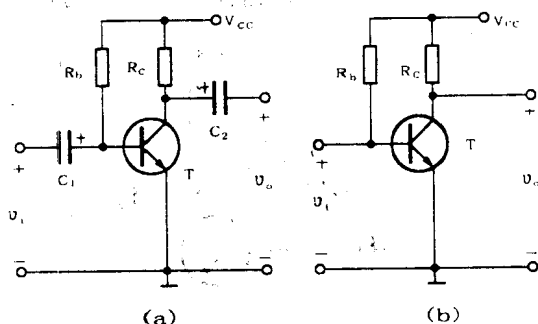


图 2-1-2

图(c)具有正常的电压放大能力。只要电路各参数选择合适,即可作到发射结正偏,集电结反偏,使晶体管发挥其电流放大作用,经集电极电阻 R_c 的转化即可实现正常的电压放大作用。

2-2. 放大电路如图 2-2 所示,已知 $R_b = 400\text{k}\Omega$, $R_c = 3\text{k}\Omega$, $V_{CC} = 12\text{V}$, NPN 型晶体管的 $\beta = 50$, $I_{CEO} = 0$ 。

- (1) 估算静态工作点;
- (2) 若想将 I_C 调到 2mA , R_b 应取多大?
- (3) 若想将 V_{CE} 调到 6V , R_c 应取多大?

(4) 若 R_b 虚焊, 静态工作点的值变为多大?

(5) 若 R_b 短路, 将会出现什么问题?

(6) 若 R_c 开路, 将会出现什么问题?

解 (1) 估算 Q 点:

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b} & I_C &= \beta I_B + I_{CEO} \\ &\approx \frac{V_{CC}}{R_b} & &= 30 \times 50 \\ &= \frac{12}{400 \times 10^3} = 30(\mu A) & &= 1.5(\text{mA}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_c \\ &= 12 - 1.5 \times 3 \\ &= 7.5(\text{V}) \end{aligned}$$

$$(2) R_b = \frac{V_{CC}}{I_B} = \frac{V_{CC}}{I_C/\beta} = \frac{12}{2 \times 10^{-3}/50} = 300(\text{k}\Omega)$$

$$(3) R_c = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{12 - 6}{1.5 \times 10^{-3}} = 4(\text{k}\Omega)$$

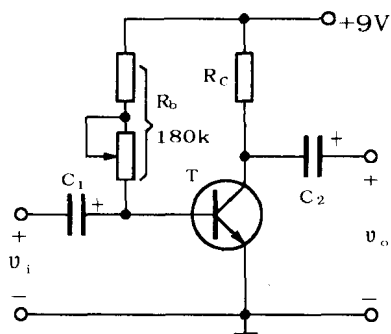
(4) 若 R_b 虚焊(相当于开路), Q 点变为

$$I_B = 0, I_C = 0, V_{CE} = V_{CC} = 12\text{V}.$$

(5) 若 R_b 短路, 此时 $V_{CC} = 12\text{V}$ 直接加到晶体管的发射结上, 势必引起过大的电流而烧坏晶体管。

(6) 若 R_c 开路, 则晶体管集电结无反偏压, 将不能正常工作。

2-3 放大电路和晶体管 3DG6 的特性曲线如图 2-3 所示。



(a)

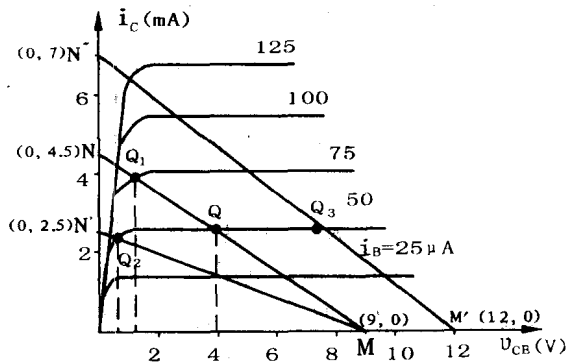


图 2-3

(b)

(1) 作直流负载线, 找出静态工作点 Q ;

(2) 当 R_b 由 $180\text{k}\Omega$ 减小到 $120\text{k}\Omega$ 时, Q 点移到何处?

(3) 当 R_c 由 $2\text{k}\Omega$ 增加到 $3.6\text{k}\Omega$ 时, Q 点移到何处?

(4) 当 V_{CC} 由 9V 增大到 12V 时, Q 点移到何处?

解 (1) 依据 $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b} \approx \frac{V_{CC}}{R_b} = \frac{9}{180 \times 10^3} = 50(\mu A)$

和直流负载线方程 $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c$ 直接在图 2-3(b) DG6 的输出特性曲线坐标平面上作直流负载线 $M(9,0)N(0,4.5)$, MN 与 $I_B \approx 50\mu A$ 的交点即为 Q 点。查出 Q 点的坐标为 $I_C \approx 2.5mA$, $V_{CE} = 4V$ 。

(2) 当 R_b 由 $180k\Omega$ 减少到 $120k\Omega$ 时,

$$I_B = \frac{9}{120 \times 10^3} = 75(\mu A)$$

Q 点沿直流负载线 MN 上移至 Q_1 , 查得 Q_1 的坐标为 $I_C \approx 4mA$, $V_{CE} \approx 1V$ 。

(3) 若 R_c 由 $2k\Omega$ 增至 $3.6k\Omega$ 时, 直流负载线变为 MN' , 由 $R_c = 3.6k\Omega$ 时的直流负载线方程可求得 $N'(0,2.5)$, MN' 与 $I_B = 50\mu A$ 对应的那条特性曲线的交点为 Q_2 , 查得 Q_2 的坐标为 $I_C \approx 2.2mA$, $V_{CE} \approx 0.3V$, 即 Q 点移至 Q_2 。

(4) 当 V_{CC} 由 $9V$ 增大到 $12V$ 时, 直流负载线 MN 平移至 $M'(12,0)N''(0,7)$, $M'N''$ 与 $I_B = 50\mu A$ 那条曲线的交点为 Q_3 , 查得 Q_3 的坐标为 $I_C \approx 2.8mA$, $V_{CE} \approx 7.5V$, 即 Q 点移至 Q_3 。

2-4 放大电路和晶体管的特性曲线如图 2-4 所示。若 $V_{CC} = 12V$, $R_c = 2k\Omega$, $I_B \approx 100\mu A$, 输入信号为 $i_b = 50\sin\omega t(\mu A)$ 的正弦波。

(1) 画出 i_b 、 i_c 、 v_{be} 和 v_{ce} 的波形, 并说明它们之间的关系;

(2) 用图解法求电压放大倍数 A_v ;

(3) 若放大电路带上 $R_L = 2k\Omega$ 的负载时, 再用图解法求它的电压放大倍数 A_v 。

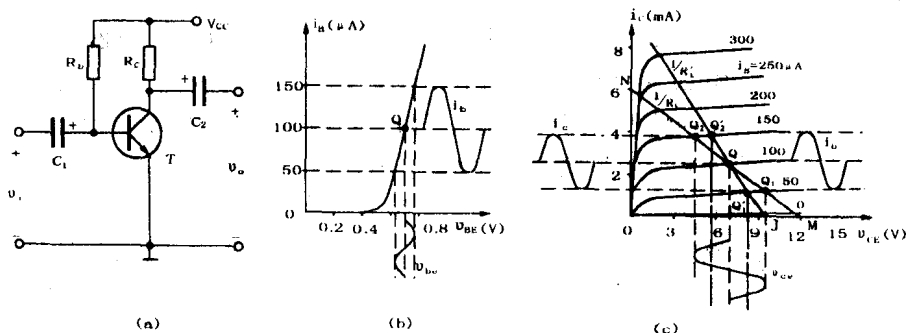


图 2-4

解 在图 2-4 给出的晶体管输入、输出特性曲线坐标平面上进行图解分析。

(1) 依直流负载线方程 $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c$ 作直流负载线 $M(12,0)N(0,6)$, MN 与 $I_B \approx 100\mu A$ 那条输出特性曲线的交点即静态工作点 Q , 查得 Q 点处的 $I_C \approx 2.5mA$, $V_{CE} = 7V$ 。

(2) 在输入特性曲线坐标平面上根据 $I_B = 100\mu A$ 和 $i_b = 50\sin\omega t(\mu A)$ 画出 v_{be} 、 i_b 的波形如图(b)中所示; 在输出特性曲线的坐标平面上根据 $I_B = 100\mu A$, $i_b = 50\sin\omega t(\mu A)$ 先画出 i_b 的波形, 再以 Q 点为基点(中心)对应 i_b 波形画出 i_c 、 v_{ce} 的波形, 如图(c)中所示。由各波形可以看出, i_b 、 v_{be} 和 i_c 三者波形相位相同, 而 v_{ce} 波形则与它们相位相反。

(3) 在输入、输出特性曲线坐标轴上查出 v_{be} 、 v_{ce} 的变化范围值, 即可求出该放大电路的电压放大倍数为

$$A_v = -\frac{v_{cep-p}}{v_{bep-p}} \approx -\frac{5}{0.1} = -50$$

v_{CE} 轴上找出 $V_J = V_{CE} + I_C R'_L = 7 + 2.5 \times \frac{2 \times 2}{2 + 2} = 9.5(\text{V})$ 的 J 点, 过 J 、 Q 的直线即为交流负载线。再根据 i_b 的变化范围对应于交流负载线上工作点的变化范围确定出 v_{ce} 的变化范围 (见图(c)), 即可求得此时的电压放大倍数为

$$A_v = -\frac{v_{cep \sim p}}{v_{bep \sim p}} \approx -\frac{3}{0.1} = -30$$

2-5 放大电路仍如图 2-4(a) 所示,用示波器观察其输出波形如图 2-5 所示,试判断它们分别产生了哪种非线性失真?如何采取措施消除这些失真?

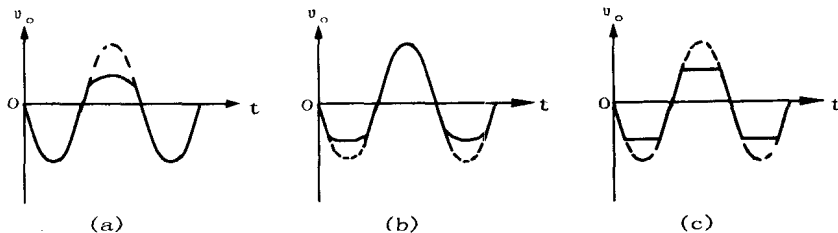


图 2-5

解 图 2-4(a) 所示放大电路使用的是 NPN 型晶体管, 其输出电压波形的顶部失真为截止失真, 底部失真为饱和失真。故图 2-5(a) 属截止失真, 图(b) 属饱和失真, 图(c) 两种失真同时出现。消除上述失真的方法是, 图(a): 调偏流电阻 R_b (换成电位器串限流电阻), 使晶体管的静态工作点上移 (即 R_b 中电位器的滑动头向下移, R_b 减小, I_B 增大, I_C 增大), 直至截止失真消除为止; 图(b) 的情况与图(a) 相反, 即调 R_b 使晶体管的静态工作点下移, 直至饱和失真消除; 图(c) 是输入交变信号幅度过大, 减小输入信号的幅度, 直至输出电压波形不产生明显的截止失真与饱和失真为止。

2-6 放大电路如图 2-6-1 所示, 设 $V_{CC} = 15V$, $R_b = 560k\Omega$, $R_c = 4k\Omega$, 晶体管的 $\beta = 50$, $I_{CEO} = 0$ 。

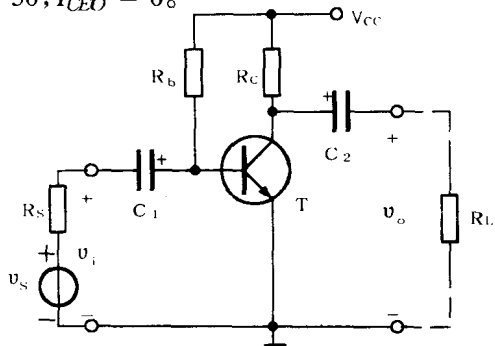


图 2-6-1

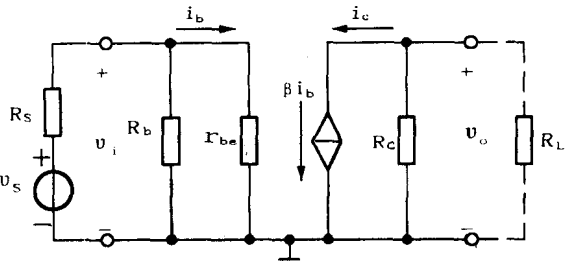


图 2-6-2

- (1) 确定静态工作点;
- (2) 画出简化 h 参数微变等效电路;
- (3) 求出电压放大倍数 A_v ;

- (4) 若带上 $R_L = 4\text{k}\Omega$ 的负载, A_v 变为多少?
 (5) 若信号源内阻 $R_s = 1\text{k}\Omega$, 则源电压放大倍数 A_{us} 是多少?
 (6) 若将晶体管换成 $\beta = 100$ 的管子, A_v 是否增大 1 倍, 为什么?
 (7) 若将 R_c 换成 $10\text{k}\Omega$, A_v 变成多少?
 (8) 若将 I_C 调成 2mA , A_v 又变成多少?

解 (1) 确定 Q :

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b} \approx \frac{V_{CC}}{R_b} = \frac{15}{560 \times 10^3} \approx 27(\mu\text{A})$$

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO} = \beta I_B = 27 \times 50 = 1.35(\text{mA})$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c = 15 - 1.35 \times 4 = 9.6(\text{V})$$

(2) 画出简化 h 参数微变等效电路如图 2-6-2 所示。

(3) 放大倍数为

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{\beta R_c}{r_{be}} = - \frac{\beta R_c}{300 + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_E(\text{mA})}} \\ &= - \frac{50 \times 4 \times 10^3}{300 + (1 + 50) \times \frac{26(\text{mV})}{1.35(\text{mA})}} \\ &\approx -150 \end{aligned}$$

(4) 若带上 $R_L = 4\text{k}\Omega$ 的负载后放大倍数为

$$A_v = - \frac{\beta R_c // R_L}{r_{be}} \approx - \frac{50 \times \frac{4 \times 4}{4 + 4}}{1.3} \approx -75$$

(5) 当信号源内阻 $R_s = 1\text{k}\Omega$ 时, 则源电压放大倍数为

$$A_{us} = - \frac{\beta R_c}{R_s + r_{be}} = - \frac{50 \times 4}{1 + 1.32} \approx -87$$

(6) 若将晶体管 β 换成 100 的管子, 此时电压放大倍数为

$$A_v = - \frac{\beta R_c}{r_{be}} = - \frac{100 \times 4 \times 10^3}{300 \times (1 + 100) \frac{26(\text{mV})}{100 \times 27 \times 10^{-3}(\text{mA})}} \approx -300$$

可见 A_v 比 $\beta = 50$ 时增大了 1 倍。这是由于当 $\beta = 100$ 时的 r_{be} 与 $\beta = 50$ 时 r_{be} 的数值基本未变, 因而 $-\frac{\beta R_c}{r_{be}}$ 随 β 增大而增大了约 1 倍。

(7) 若将 R_c 换成 $10\text{k}\Omega$, 放大倍数变为

$$\begin{aligned} A_v &= - \frac{\beta R_c}{r_{be}} \\ &\approx - \frac{50 \times 10}{1.3} \\ &\approx -38 \end{aligned}$$

(8) 若将 I_C 调成 2mA , A_v 变成

$$A_v = - \frac{\beta R_c}{r_{be}}$$