

模拟电子技术基础 第1章作业 (2024春)

班级 自动化7	姓名 彭尚品	学号 220320726	成绩
---------	--------	--------------	----

1.3 电路如图 P1.3 所示, 已知 $u_i = 5\sin \omega t$ (V), 二极管导通电压 $U_D = 0.7V$ 。试画出 u_i 与 u_o 的波形, 并标出幅值。

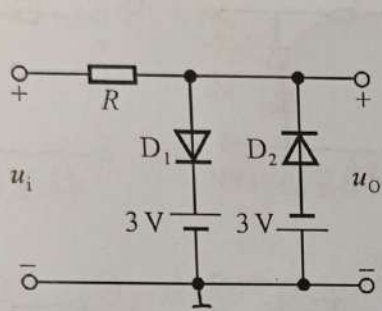


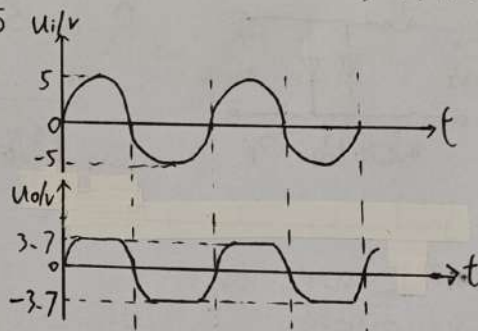
图 P1.3

解: 设 u_i 负极为地, D_1 阴极 3V, D_2 阳极 -3V

① 当 $u_i > 3.7V$ 时, D_1 导通, 此时 $u_o = 3.7V$, D_2 截止

② 当 $u_i < -3.7V$ 时, D_2 导通, 此时 $u_o = -3.7V$, D_1 截止

③ $-3.7V \leq u_i \leq 3.7V$ 时, D_1, D_2 均截止, $u_o = u_i$



1.4 电路如图 P1.4 所示, 二极管导通电压 $U_D = 0.7V$, 常温下 $U_T \approx 26mV$, 电容 C 对交流信号可视为短路; u_i 为正弦波, 有效值为 $10mV$ 。

试问二极管中流过的交流电流有效值为多少?

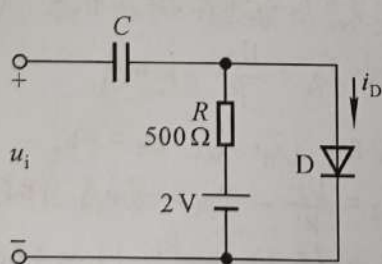


图 P1.4

解: 先求静态工作点

$$I_D = \frac{2V - U_D}{R} = 2.6mA$$

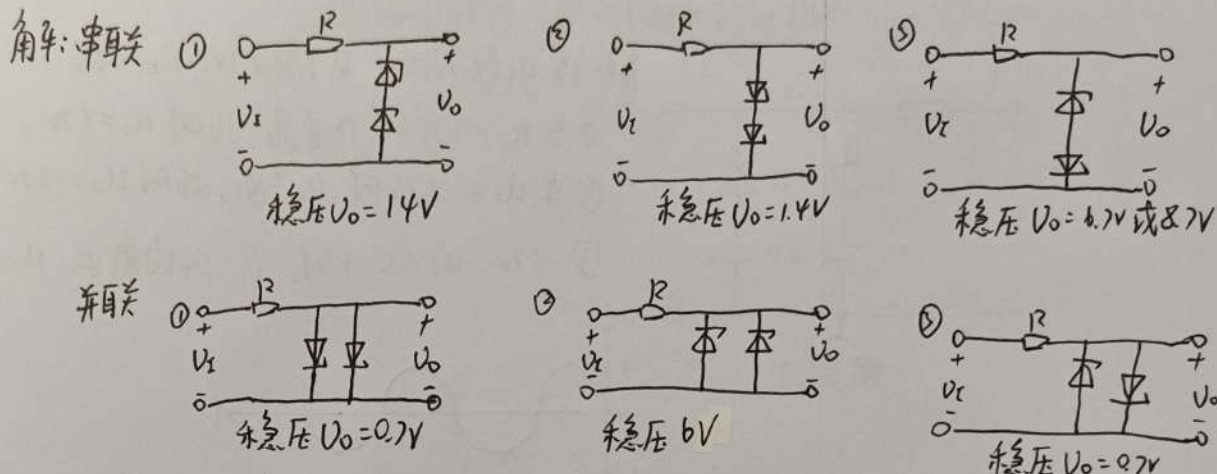
$$\text{动态电阻 } r_d \approx \frac{U_T}{I_D} = \frac{26mV}{2.6mA} = 10\Omega$$

$$\text{交流电流有效值 } I_d = \frac{u_i}{r_d} = 1mA$$

1.5 现有两只稳压管，它们的稳定电压分别为 6V 和 8V，正向导通电压为 0.7V。试问：

(1) 若将它们串联相接，则可得到几种稳压值？各为多少？

(2) 若将它们并联相接，则又可得到几种稳压值？各为多少？



答：串联：4种，1.4V，1.4V，0.7V，8.7V

并联：2种，0.7V，6V。

1.6 已知图 P1.6 所示电路中稳压管的稳定电压 $U_Z = 6V$ ，最小稳定电流 $I_{Zmin} = 5mA$ ，最大稳定电流 $I_{Zmax} = 25mA$ 。

(1) 分别计算 U_I 为 10V、15V、35V 三种情况下输出电压 U_O 的值；

(2) 若 $U_I = 35V$ 时负载开路，则会出现什么现象？为什么？

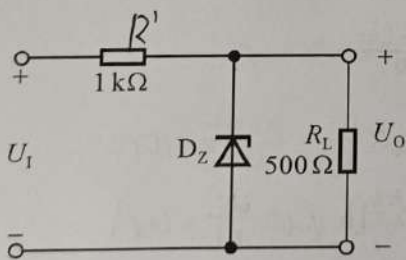


图 P1.6

解：(1) 假定稳压管处在稳压状态， $U_{RL} = U_Z = 6V$
 此时 $I_{RL} = \frac{U_{RL}}{R_L} = 12mA$

① $U_I = 10V$ 时， $U_{R'} = U_I - U_Z = 4V$ ，
 $I_{DZ} = \frac{U_{R'}}{R'} - I_{RL} = -8mA$ 假设不成立
 D_Z 截止，使 $U_O = \frac{R_L}{R_L + R'} U_I = 3.33V$

② $U_I = 15V$ 时， $U_{R'} = U_I - U_Z = 9V$
 $I_{DZ} = \frac{U_{R'}}{R'} - I_{RL} = -3mA$ 假设不成立
 D_Z 截止， $U_O = \frac{R_L}{R_L + R'} U_I = 5V$

③ $U_I = 35V$ 时， $U_{R'} = U_I - U_Z = 29V$
 $I_{DZ} = \frac{U_{R'}}{R'} - I_{RL} = 17mA$ ，假设成立
 由于 $I_{Zmin} < I_{DZ} < I_{Zmax}$
 此时 $U_O = U_Z = 6V$

(2) 负载开路时，

$$U_{R'} = U_I - U_{DZ} = U_I - U_Z = 29V$$

$$I = \frac{U_{R'}}{R'} = 29mA$$

$I > I_{Zmax}$ ，稳压管电流大于其最大稳定电流，会因结温升高而损坏。

220320726
彭尚品

1.9 测得放大电路中六只晶体管的直流电位如图 P1.9 所示。在圆圈中画出管子，并分别说明它们是硅管还是锗管。

硅: $U_{on} \approx 0.5V$ $U_b = 0.7V$
锗: $U_{on} \approx 0.1V$ $U_D = 0.2V$

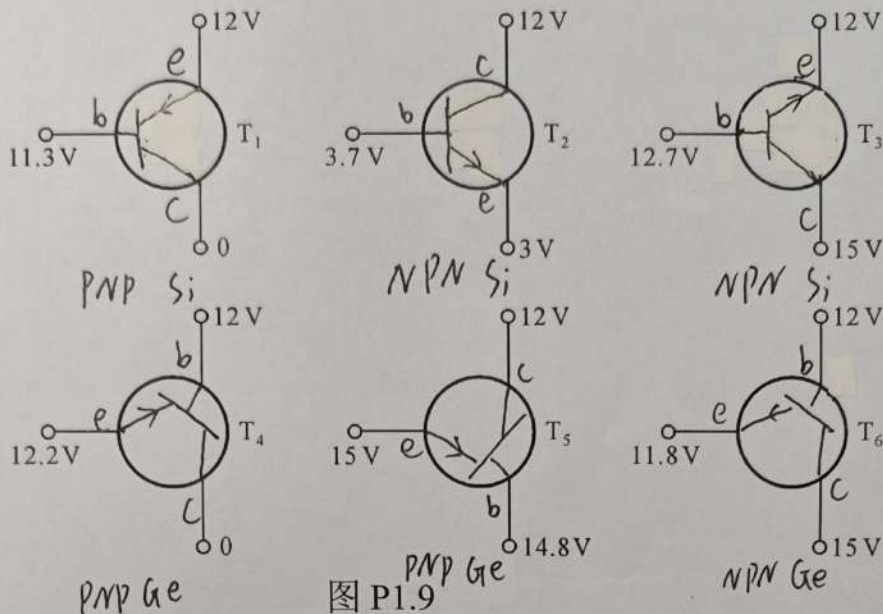


图 P1.9

1.10 电路如图 P1.10 所示，晶体管导通时 $U_{BE} = 0.7V$ ， $\beta = 50$ 。试分析 V_{BB} 为 0V、1V、3V 三种情况下 T 的工作状态及输出电压 u_o 的值。

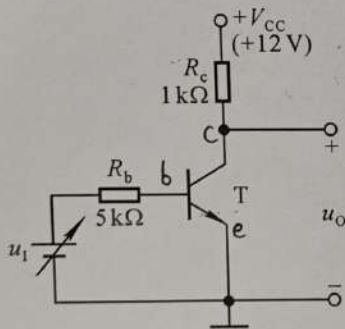


图 P1.10

解: (1) $V_{BB} = 0V < U_{BE}$ 时, 发射结截止

晶体管截止, $u_o = V_{CC} = +12V$

(2) $V_{BB} = 1V$ 时, 晶体管导通, 假设工作在放大区。

$$i_b = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_b} = \frac{0.3V}{5k\Omega} = 0.06mA$$

$$i_c = \beta i_b = 3mA, U_{R_c} = i_c R_c = 3V; u_o = V_{CC} - U_{R_c} = 9V$$

此时 $u_{ce} > u_{be}$, 假设成立, $u_o = 9V$

(3) $V_{BB} = 3V$ 时, 假设工作在放大区

$$i_b = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_b} = \frac{2.3V}{5k\Omega} = 0.46mA$$

$$i_c = \beta i_b = 23mA, U_{R_c} = i_c R_c = 23V > V_{CC} = 12V, \text{假设不成立}$$

故晶体管工作在饱和区, $u_o = U_{CES}$

1.12 分别判断图 P1.12 所示各电路中晶体管是否有可能工作在放大状态。

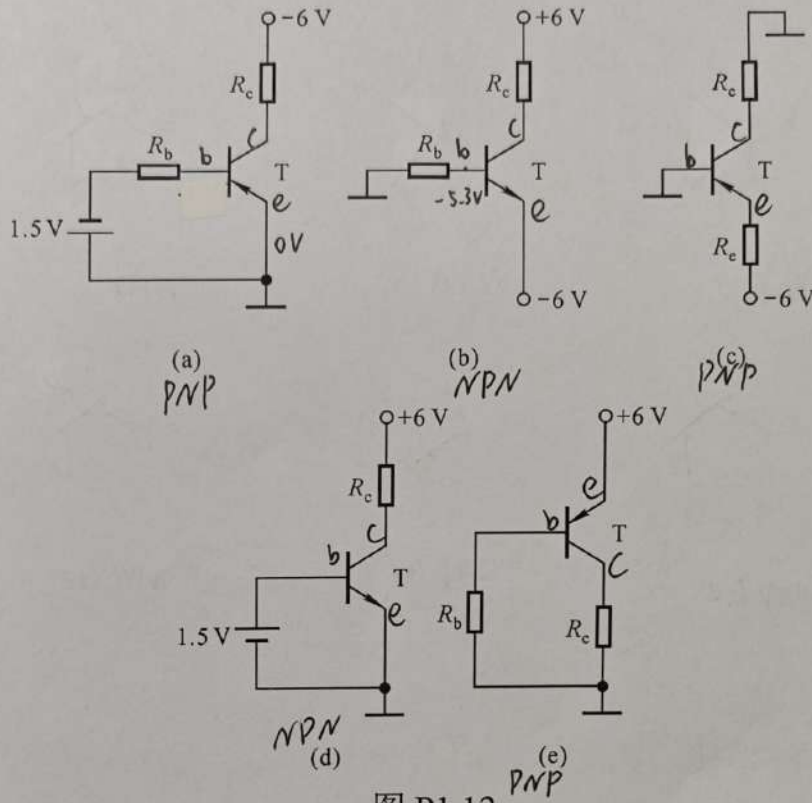


图 P1.12

(a) 可能 (b) 可能 (c) 不可能, 不满足 $V_E > V_B > V_C$

(d) 不可能, T 的发射结会因电流过大而损坏
 $1.5V > 0.7V$

(e) 可能

模拟电子技术基础 第2章作业

班级 <u>自动化7</u>	学号 <u>220320726</u>	姓名 <u>彭尚品</u>	成绩
----------------	---------------------	---------------	----

2.1 分别改正图 P2.1 所示各电路中的错误，使它们有可能放大正弦波信号。要求保留电路原来的共射接法。

NPN: $u_c > u_b > u_e$
PNP: $u_e > u_b > u_c$

用蓝色字迹修改:

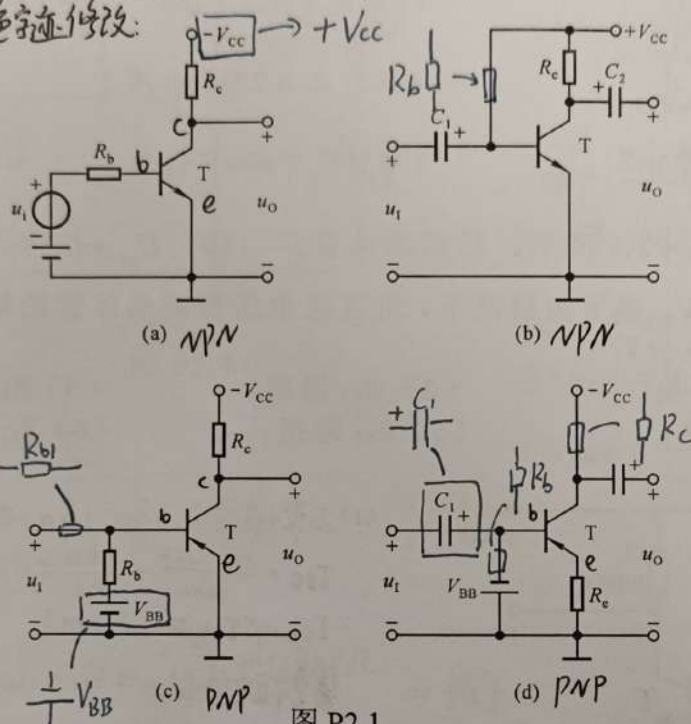
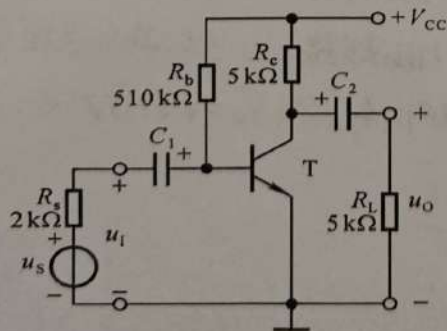


图 P2.1

2.5 在图 P2.5 所示电路中，已知晶体管的 $\beta=80$ ， $r_{be}=1k\Omega$ ， $U_i=20mV$ ；静态时 $U_{BEQ}=0.7V$ ， $U_{CEQ}=4V$ ， $I_{BQ}=20\mu A$ 。判断下列结论是否正确，凡对的在括号内打“√”，否则打“×”。



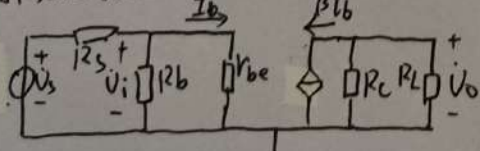
(1) $\dot{A}_u = -\frac{4}{20 \times 10^{-3}} = -200$ (×)

(2) $\dot{A}_u = -\frac{4}{0.7} \approx -5.71$ (×)

(3) $\dot{A}_u = -\frac{80 \times 5}{1} = -400$ (×)

图 P2.5

解: 交流等效电路:



$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be}$,
 $\dot{U}_o = -\beta \dot{I}_b (R_c \parallel R_L) \Rightarrow$

$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{\beta (R_c \parallel R_L)}{r_{be}} = \frac{-80 \times 2.5}{1}$

$k_i = R_b \parallel r_{be} \approx 1k\Omega$

$R_o = R_c = 5k\Omega$

分压: $\dot{U}_s \rightarrow U_s = 3U_i = 60mV$

(4) $\checkmark A_u = -\frac{80 \times 2.5}{1} = -200$ (\checkmark)

(5) $R_i = (\frac{20}{20})k\Omega = 1k\Omega$ (\times)

(6) $R_i = (\frac{0.7}{0.02})k\Omega = 35k\Omega$ (\times)

(7) $R_i \approx 3k\Omega$ (\times)

(8) $\checkmark R_i \approx 1k\Omega$ (\checkmark)

(9) $\checkmark R_o \approx 5k\Omega$ (\checkmark)

(10) $R_o \approx 2.5k\Omega$ (\times)

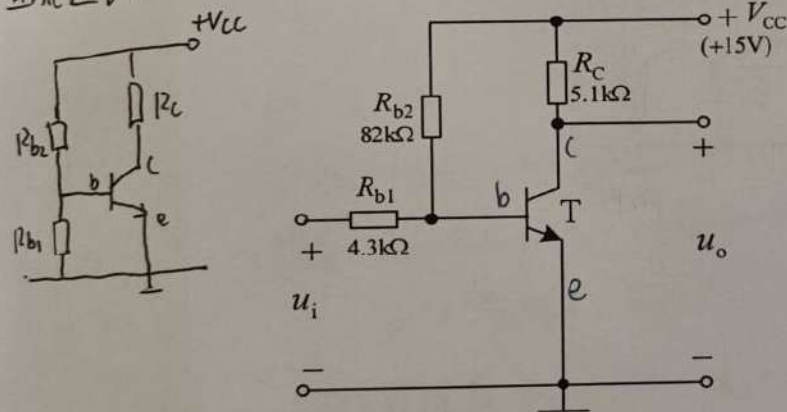
(11) $U_i \approx 20mV$ (\times)

(12) $\checkmark U_s \approx 60mV$ (\checkmark)

2.6 电路如图 P2.6 所示，已知晶体管 $\beta = 120$ ， $U_{BE} = 0.7V$ ，饱和管压降 $U_{CES} = 0.5V$ 。在下列情况下，用直流电压表测晶体管的集电极电位，应分别为多少？

- (1) 正常情况； (2) R_{b1} 短路； (3) R_{b1} 开路；
 (4) R_{b2} 开路； (5) R_{b2} 短路； (6) R_C 短路。

直流通路



(1) 正常情况下， $U_{BE} = U_{BE} = 0.7V$

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_{b2}} - \frac{U_{BE}}{R_{b1}} \approx 0.0116mA$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 1.392mA$$

$$\text{集电极电位 } U_{CQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C \approx 7.901V$$

(2) R_{b1} 短路， $U_{BE} = 0$ ，三极管截止， $U_{CQ} \approx V_{CC} = 15V$

(3) R_{b1} 开路， $U_{BE} = 0.7V$ ， $I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_{b2}} \approx 0.1378mA$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 16.537mA$$

$$U_{CQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C \approx -69.3V \text{ 不成立}$$

故晶体管不工作在放大区，工作在饱和区， $U_{CQ} = U_{CES} = 0.5V$

(4) R_{b2} 开路，晶体管截止， $U_{CQ} \approx V_{CC} = 15V$

(5) R_{b2} 短路， U_{BE} 过大，晶体管烧毁

(6) R_C 短路 $U_{CQ} = V_{CC} = 15V$

2.7 电路如图 P2.7 所示，晶体管的 $\beta=80$ ， $r_{bb'}=100\Omega$ 。分别计算

$R_L=\infty$ 和 $R_L=3k\Omega$ 时的 Q 点、 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o 。

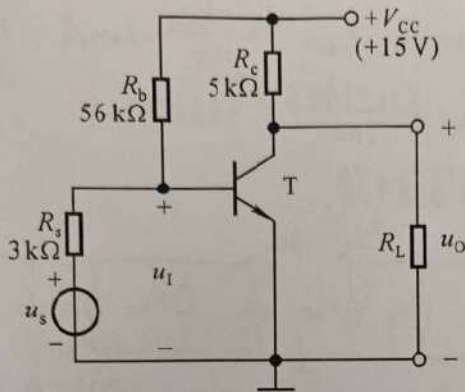
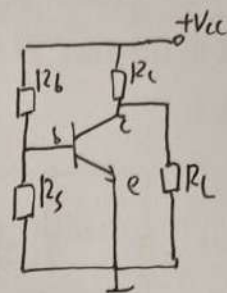
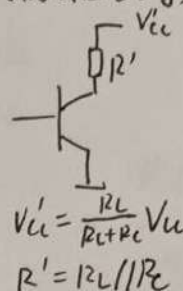


图 P2.7

解：① 直流通路



输出回路等效 \Rightarrow



$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b} - \frac{U_{BEQ}}{R_s} \approx 0.0220 \text{ mA}$$

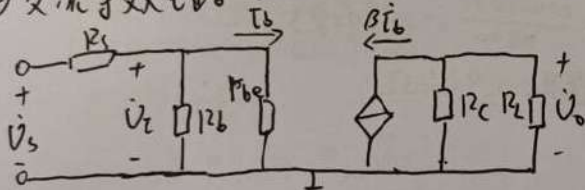
为方便记 $R_L=\infty$ 时为情况 ①， $R_L=3k\Omega$ 为 ②

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 1.762 \text{ mA}$$

$$\textcircled{1} U_{CEQ} = V_{CC} - R_C I_{CQ} \approx 6.192 \text{ V}$$

$$\textcircled{2} U_{CEQ} = V_{CC}' - R' I_{CQ} = \frac{3}{5+3} V_{CC} - (5/113) I_{CQ} \approx 2.322 \text{ V}$$

② 交流等效电路



$$\textcircled{1} r_{be} = r_{bb'} + (1+\beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} = r_{bb'} + \frac{U_T}{I_{BQ}} \approx 1281.8 \Omega \Rightarrow \text{相等}$$

$$\textcircled{2} r_{be} = r_{bb'} + (1+\beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} \approx 1281.8 \Omega$$

$$\text{推导: } \dot{U}_e = \dot{I}_b r_{be}, \dot{U}_o = -\beta \dot{I}_b (R_C \parallel R_L) \Rightarrow \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta (R_C \parallel R_L)}{r_{be}}$$

$$R_i = R_b \parallel r_{be}, R_o = R_C$$

$$\text{代入数据, 有 } \textcircled{1} R_L = \infty, \dot{A}_u = -\frac{\beta R_C}{r_{be}} \approx -312.1, R_i \approx 1.253 k\Omega, R_o = 5 k\Omega$$

$$\textcircled{2} R_L = 3 k\Omega, \dot{A}_u \approx -117.02, R_i \approx 1.253 k\Omega, R_o = 5 k\Omega$$

综上，当 $R_L=\infty$ 时， $I_{BQ} \approx 22.0 \mu\text{A}$ ， $I_{CQ} \approx 1.762 \text{ mA}$ ， $U_{CEQ} \approx 6.192 \text{ V}$ ， $\dot{A}_u \approx -312.1$ ， $R_i \approx 1.253 k\Omega$ ， $R_o = 5 k\Omega$
 当 $R_L=3k\Omega$ 时， $I_{BQ} \approx 22.0 \mu\text{A}$ ， $I_{CQ} \approx 1.762 \text{ mA}$ ， $U_{CEQ} \approx 2.322 \text{ V}$ ， $\dot{A}_u \approx -117.02$ ， $R_i \approx 1.253 k\Omega$ ， $R_o = 5 k\Omega$

2.9 已知电路如图 P2.9 所示。晶体管的 $\beta = 100$, $r_{be} = 1k\Omega$ 。

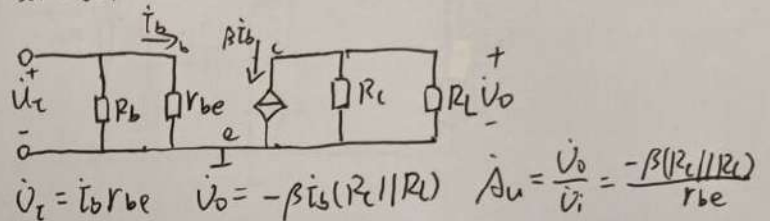
(1) 现已测得静态管压降 $U_{CEQ} = 6V$, 估算 R_b 约为多少千欧;

(2) 已知负载电阻 $R_L = 5k\Omega$ 。若保持 R_b 不变, 为了使输入电压有效值 $U_i = 1mV$ 时输出电压有效值 $U_o > 220mV$, 则 R_c 至少应选取多少千欧?

解: (1) $U_{CEQ} = 6V$, $I_{CQ} = \frac{V_{CC} - U_{CEQ}}{R_c} = 2mA$, $I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 0.02mA$

$$R_b = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{I_{BQ}} \approx 565k\Omega$$

(2) 交流等效电路



$$U_i = I_b r_{be} \quad U_o = -\beta I_b (R_c || R_L) \quad A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{-\beta (R_c || R_L)}{r_{be}}$$

$$\text{要求 } |A_u| > 220 \text{ 即 } R_c || R_L > \frac{r_{be}}{\beta} \times 220 = 2200$$

$$\text{解得 } R_c > \frac{11000000}{2600} \Omega \approx 3928.57\Omega$$

即 R_c 至少应选取 $4k\Omega$

直流通路

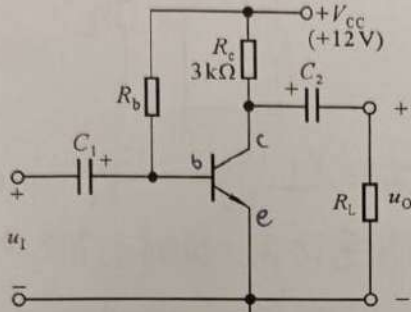


图 P2.9

2.11 电路如图 P2.11 所示, 晶体管的 $\beta = 100$, $r_{bb} = 100\Omega$ 。

(1) 求电路的 Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o ;

(2) 若改用 $\beta = 200$ 的晶体管, 则 Q 点如何变化?

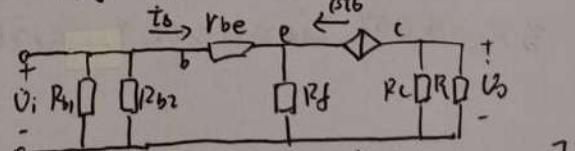
(3) 若电容 C_e 开路, 则将引起电路的哪些动态参数发生变化? 如何变化?

$$(1) U_{BQ} \approx \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{CC} = 2V, \quad I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ} - 0V}{R_f + R_e} \approx 1mA$$

$$I_{BQ} \approx \frac{I_{EQ}}{1+\beta} = 10\mu A, \quad U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c - I_{EQ} (R_f + R_e) = 12V - 5V - 1.3V = 5.7V$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1+\beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} \approx 2.726k\Omega$$

交流等效电路



$$U_o = -\beta I_b (R_c || R_L), \quad U_i = I_b [r_{be} + (1+\beta) R_f]$$

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{-\beta (R_c || R_L)}{r_{be} + (1+\beta) R_f} \approx -7.57$$

$$R_i = R_{b1} || R_{b2} || [r_{be} + (1+\beta) R_f] \approx 3.70k\Omega$$

$$R_o = R_c = 5k\Omega$$

直流通路

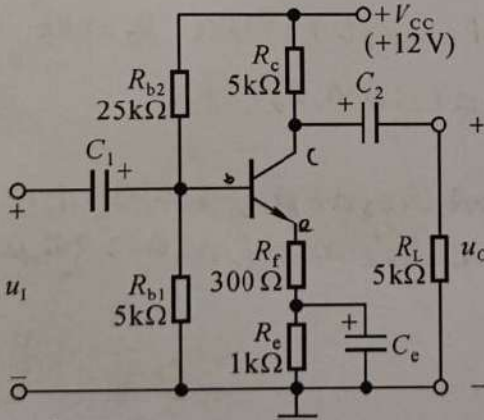


图 P2.11

(2) $\beta = 200$ 时,

$U_{BQ} \approx 2V$ 不变, $I_{EQ} \approx 1mA$ 不变

$I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{\beta+1} \approx 5\mu A$, $U_{CEQ} = 5.7V$ 不变

(3) C_e 开路后,

$$A_u = \frac{-\beta (R_c || R_L)}{r_{be} + (1+\beta) (R_f + R_e)} \approx -1.865$$

$$R_i = R_{b1} || R_{b2} || [r_{be} + (1+\beta) (R_f + R_e)] \approx 4.04k\Omega$$

$R_o = R_c = 5k\Omega$ 不变

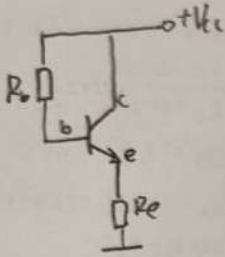
2.12 电路如图 P2.12 所示，晶体管的 $\beta=80$, $r_{be}=1k\Omega$ 。

(1) 求出 Q 点：

(2) 分别求出 $R_L=\infty$ 和 $R_L=3k\Omega$ 时电路的 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o 。

解：

直流通路：



(1) 由 $V_{cc} = I_{BQ}R_b + U_{BEQ} + (1+\beta)I_{BQ}R_e$ 知，

$$I_{BQ} = \frac{V_{cc} - U_{BEQ}}{R_b + (1+\beta)R_e} \approx 32.30\mu A$$

$$I_{EQ} = (1+\beta)I_{BQ} \approx 2.615 mA$$

$$U_{BEQ} = I_{EQ}R_e \approx 7.844 V$$

$$U_{CEQ} = V_{cc} - U_{BEQ} \approx 7.160 V$$

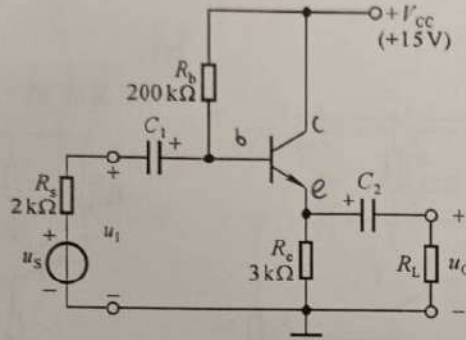
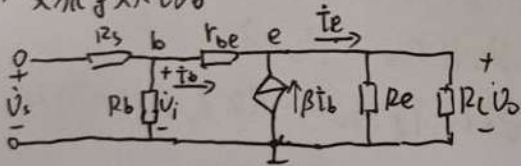


图 P2.12

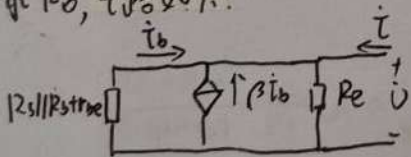
(2) 交流等效电路



分析： $\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be} + \dot{I}_e (R_e \parallel R_L) \Rightarrow \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{(1+\beta)(R_e \parallel R_L)}{r_{be} + (1+\beta)(R_e \parallel R_L)}$

$$R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i} = [r_{be} + (1+\beta)(R_e \parallel R_L)] \parallel R_b$$

求 R_o ，电路如下：



$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{R_e} - (1+\beta)\dot{I}_b \text{ 且 } \dot{U} = -\dot{I}_b (R_s \parallel R_b + r_{be})$$

$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{1}{\frac{1}{R_e} + \frac{(1+\beta)}{R_s \parallel R_b + r_{be}}} = R_o$$

代入数据

① $R_L = \infty$ 时， $\dot{A}_u = \frac{(1+\beta)R_e}{r_{be} + (1+\beta)R_e} \approx 0.996$

$$R_i = [r_{be} + (1+\beta)R_e] \parallel R_b \approx 109.9 k\Omega$$

$$R_o = \frac{1}{\frac{1}{R_e} + \frac{(1+\beta)}{R_s \parallel R_b + r_{be}}} \approx 36.35 \Omega$$

② $R_L = 3k\Omega$ 时， $\dot{A}_u = \frac{(1+\beta)(R_e \parallel R_L)}{r_{be} + (1+\beta)(R_e \parallel R_L)} \approx 0.992$

$$R_i = [r_{be} + (1+\beta)(R_e \parallel R_L)] \parallel R_b \approx 75.97 k\Omega$$

R_o 不变， $R_o \approx 36.35 \Omega$

2.13 电路如图 P2.13 所示，晶体管的 $\beta=60$ ， $r_{bb'}=100\Omega$ 。

(1) 求解 Q 点、 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o ；

(2) 设 $U_s=10\text{mV}$ (有效值)，问 $U_i=?$ $U_o=?$ 若 C_3 开路，则 $U_i=?$

$U_o=?$

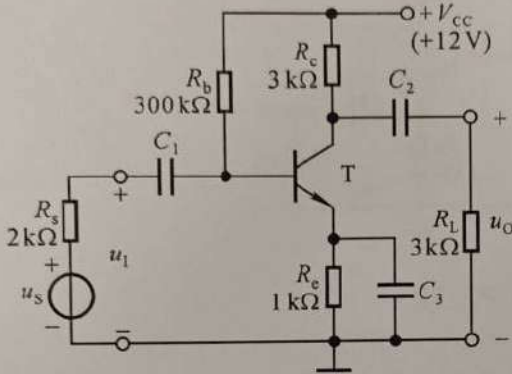
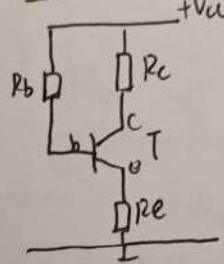


图 P2.13

解:

(1) 直流通路



由 $V_{cc} = I_{BQ}R_b + V_{BEQ} + I_{EQ}R_e$ 知

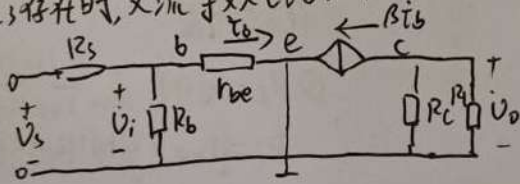
$$I_{BQ} = \frac{V_{cc} - V_{BEQ}}{R_b + (1+\beta)R_e} \approx 31.3\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 1.878\text{mA}$$

$$V_{CEQ} = V_{cc} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}R_e \approx 4.457\text{V}$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1+\beta)\frac{U_T}{I_{EQ}} \approx 930.7\Omega$$

① C_3 存在时，交流等效电路如下:

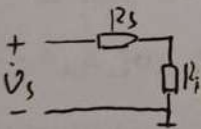


$$\dot{U}_o = -\beta \dot{I}_b (R_c \parallel R_L) \quad \dot{U}_i = r_{be} \dot{I}_b \Rightarrow \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta (R_c \parallel R_L)}{r_{be}}$$

$$R_i = R_b \parallel r_{be}; \quad R_o = R_c$$

代入数据得 $\dot{A}_u \approx -96.7$, $R_i \approx 930.7\Omega$, $R_o = 3\text{k}\Omega$

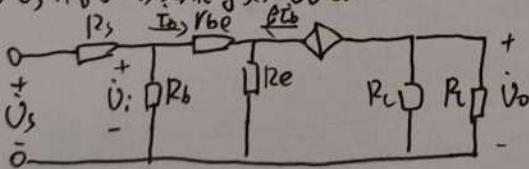
当 $U_s = 10\text{mV}$ 时，等效电路如下



$$U_i = \frac{R_i}{R_i + R_s} U_s \approx 3.18\text{mV}$$

$$U_o = |\dot{A}_u| U_i \approx 307.1\text{mV}$$

② C_3 开路时，交流等效电路如下



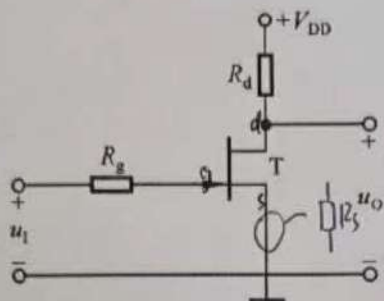
$$\dot{U}_o = -\beta \dot{I}_b (R_c \parallel R_L), \quad \dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be} + (1+\beta) \dot{I}_b R_e \Rightarrow \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta (R_c \parallel R_L)}{r_{be} + (1+\beta) R_e} \approx -1.453$$

$$R_i = R_b \parallel [r_{be} + (1+\beta) R_e] \approx 51.33\text{k}\Omega$$

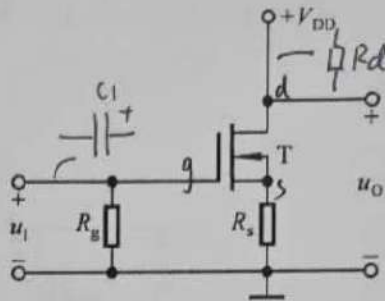
$$\text{从而: } U_i = \frac{R_i}{R_i + R_s} U_s \approx 9.62\text{mV}$$

$$U_o = |\dot{A}_u| U_i \approx 13.99\text{mV}$$

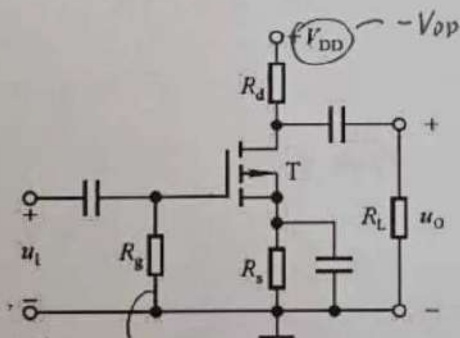
2.14 改正图 P2.14 所示各电路中的错误，使它们有可能放大正弦波电压。要求保留电路的共源接法。



(a)



(b)



$\frac{1}{2}V_{GS}$ (c)

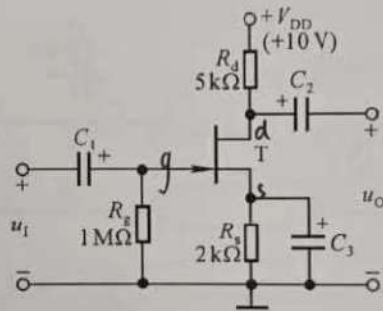
图 P2.14

D沟道增强型管

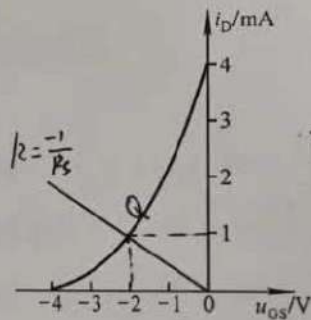
2.15 已知图 P2.15(a)所示电路中场效应管的转移特性和输出特性分别如图 (b) (c)所示。

(1) 利用图解法求解 Q 点；

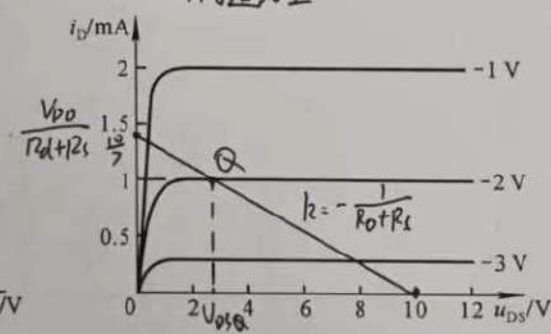
(2) 利用等效电路法求解 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o 。



(a) N沟道结型



(b)

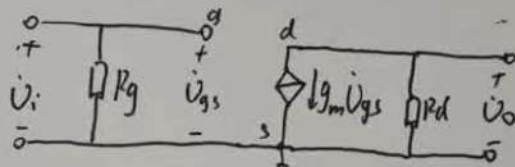


(c)

图 P2.15

(1) $u_{gs} = -i_D R_s$ 得 $i_D = -\frac{1}{R_s} u_{gs}$ $u_{DS} = V_{DD} - i_D (R_D + R_s)$ 得 $i_D = \frac{V_{DD}}{R_D + R_s} - \frac{1}{R_D + R_s} u_{DS}$
 读图可知 Q 点有 $I_{DQ} = 1\text{mA}$, $U_{GSQ} = -2\text{V}$

(2) 等效电路



$$g_m = \frac{-2}{U_{GS(off)} I_{DSS} I_{DQ}} = \frac{-2}{-4 \times 1} = 1\text{mS}$$

$$\dot{U}_i = \dot{U}_{gs} \quad \dot{U}_o = -g_m \dot{U}_{gs} R_D \Rightarrow \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -g_m R_D = -5$$

$$R_i = R_g = 1\text{M}\Omega$$

$$R_o = R_D = 5\text{k}\Omega$$

2.17 电路如图 P2.17 所示。

(1) 若输出电压波形底部失真，则可采取哪些措施？若输出电压波形顶部失真，则可采取哪些措施？

(2) 若想增大 $|A_u|$ ，则可采取哪些措施？

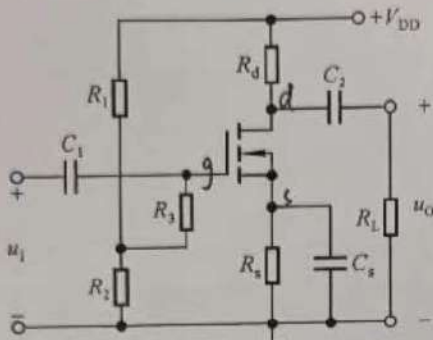


图 P2.17

$$V_{GS} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD}, \quad V_{DS} = I_{DQ} R_D$$

$$\Rightarrow V_{GS} = V_{GS} - V_{GS} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} - I_{DQ} R_D$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_{DQ}(R_D + R_L)$$

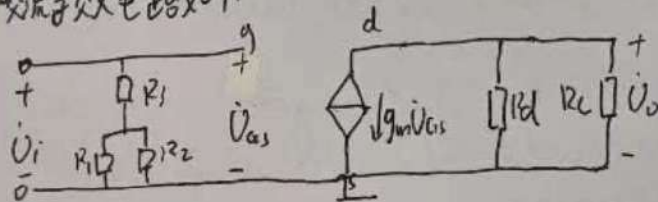
增大 I_{DQ} : 减小 R_1 , 减小 R_2 , 增大 R_D



(1) 底部失真: 增大 R_1, R_2 , 减小 R_D, R_L

顶部失真: 减小 R_1, R_2 , 增大 R_D

等效电路如下:



$$u_i = u_{gs}, \quad u_o = -g_m u_{gs} (R_D \parallel R_L)$$

$$\Rightarrow A_u = -g_m (R_D \parallel R_L), \quad \text{其中 } g_m = \frac{2}{U_{GS(th)}} \sqrt{I_{DQ} I_{DQ}}$$

要增大 $|A_u| \Rightarrow$ 增大 R_D

或增大 R_2 , 减小 R_1 , 减小 $R_3 \rightarrow$ 增大 $I_{DQ} \rightarrow$ 增大 g_m

模拟电子技术基础 第3章作业

班级 自动化7	学号 220320726	姓名 彭尚品	成绩
---------	--------------	--------	----

3.2 设图 P3.2 所示各电路的静态工作点均合适，分别画出它们的交流等效电路，并写出 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o 的表达式。

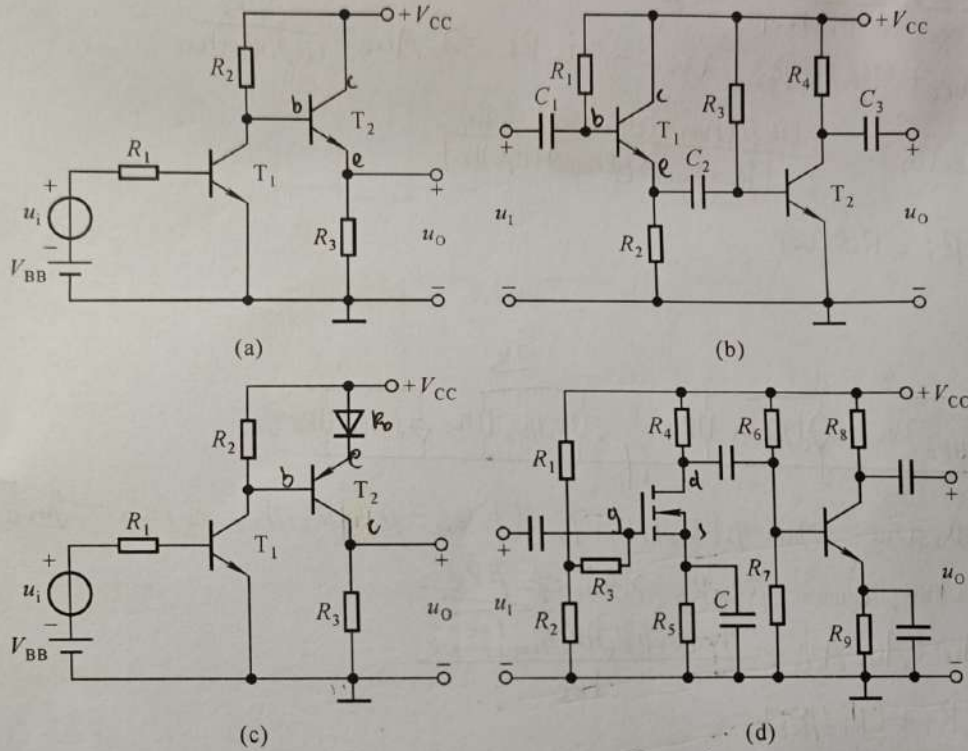
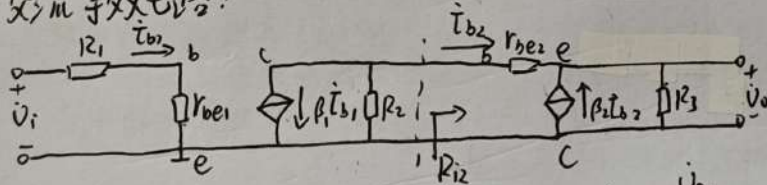


图 P3.2

(a) 解: 交流等效电路:



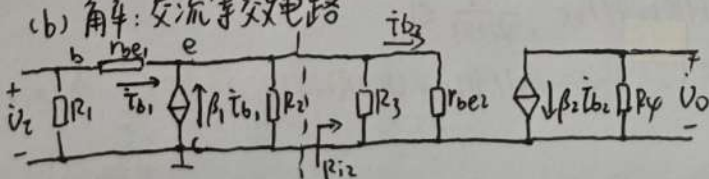
第一级: $\dot{U}_{i1} = \dot{I}_{b1}(R_1 + r_{be1})$, $\dot{U}_{o1} = -\beta_1 \dot{I}_{b1}(R_2 \parallel R_{i2}) \Rightarrow \dot{A}_{u1} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_{i1}} = -\frac{\beta_1(R_2 \parallel R_{i2})}{R_1 + r_{be1}}$

第二级: $\dot{U}_{i2} = \dot{I}_{b2} r_{be2} + (1 + \beta_2) \dot{I}_{b2} R_3$, $\dot{U}_{o2} = (1 + \beta_2) \dot{I}_{b2} R_3 \Rightarrow \dot{A}_{u2} = \frac{\dot{U}_{o2}}{\dot{U}_{i2}} = \frac{(1 + \beta_2) R_3}{r_{be2} + (1 + \beta_2) R_3}$

其中 $R_{i2} = r_{be2} + (1 + \beta_2) R_3$, 代入 $\dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \dot{A}_{u2}$, 得

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta_1(R_2 \parallel [r_{be2} + (1 + \beta_2) R_3]) \cdot (1 + \beta_2) R_3}{(R_1 + r_{be1}) \cdot [r_{be2} + (1 + \beta_2) R_3]}, \quad R_i = R_1 + r_{be1}, \quad R_o = R_3 \parallel \frac{R_2 + r_{be2}}{1 + \beta_2}$$

(b) 解: 交流等效电路



$R_o = R_4$

$R_i = R_1 \parallel \left[\frac{\dot{U}_{i1}}{\dot{I}_{b1}} \right] = R_1 \parallel [r_{be1} + (1 + \beta_1)(R_2 \parallel R_3 \parallel r_{be2})]$

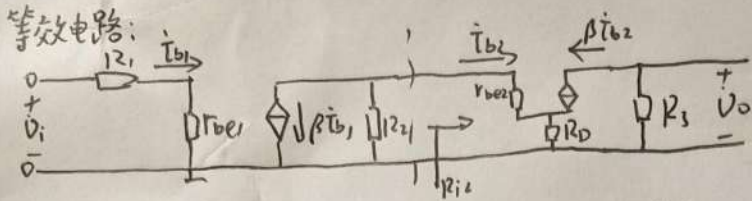
$R_{i2} = R_3 \parallel r_{be2}$, $\dot{U}_{i1} = \dot{I}_{b1} r_{be1} + (1 + \beta_1) \dot{I}_{b1} (R_2 \parallel R_3 \parallel r_{be2})$

$\dot{U}_{o1} = (1 + \beta_1) \dot{I}_{b1} (R_2 \parallel R_3 \parallel r_{be2})$
 $\Rightarrow \dot{A}_{u1} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_{i1}} = \frac{(1 + \beta_1)(R_2 \parallel R_3 \parallel r_{be2})}{r_{be1} + (1 + \beta_1)(R_2 \parallel R_3 \parallel r_{be2})}$

$\dot{U}_{o2} = -\beta_2 \dot{I}_{b2} R_4$, $\dot{U}_{i2} = \dot{I}_{b2} r_{be2} \Rightarrow \dot{A}_{u2} = -\frac{\beta_2 R_4}{r_{be2}}$

$\Rightarrow \dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \dot{A}_{u2} = -\frac{\beta_2 R_4 \cdot (1 + \beta_1)(R_2 \parallel R_3 \parallel r_{be2})}{r_{be1} \cdot [r_{be1} + (1 + \beta_1)(R_2 \parallel R_3 \parallel r_{be2})]}$

(c) 设 = 极管电阻为 R_D



$$\dot{V}_{i1} = \dot{I}_{b1}(R_1 + r_{be1}), \quad \dot{V}_{o1} = -\beta_1 \dot{I}_{b1}(R_2 \parallel R_{i2}), \quad \text{其中 } R_{i2} = r_{be2} + (1 + \beta_2)R_D$$

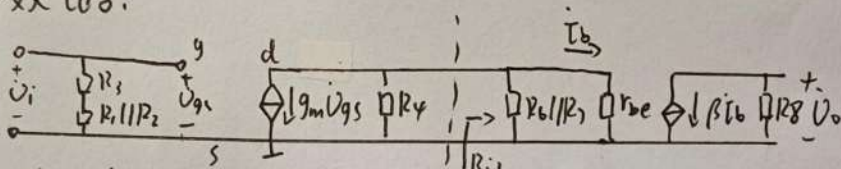
$$\Rightarrow \dot{A}_{u1} = -\frac{\beta_1 [R_2 \parallel (r_{be2} + (1 + \beta_2)R_D)]}{R_1 + r_{be1}}$$

$$\dot{V}_{i2} = \dot{I}_{b2} r_{be2} + (1 + \beta_2) \dot{I}_{b2} R_D, \quad \dot{V}_{o2} = -\beta_2 \dot{I}_{b2} R_3 \Rightarrow \dot{A}_{u2} = \frac{-\beta_2 R_3}{(1 + \beta_2)R_D + r_{be2}}$$

$$\text{故 } \dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \dot{A}_{u2} = \frac{\beta_1 [R_2 \parallel (r_{be2} + (1 + \beta_2)R_D)] \beta_2 R_3}{(R_1 + r_{be1}) [r_{be2} + (1 + \beta_2)R_D]}$$

$$R_o = R_3, \quad R_i = R_1 + r_{be1}$$

(d) 解: 等效电路:



$$\dot{V}_{i1} = \dot{V}_{gs}, \quad \dot{V}_{o1} = -g_m \dot{V}_{gs} [R_4 \parallel R_{i2}], \quad \text{其中 } R_{i2} = R_6 \parallel R_7 \parallel r_{be} \Rightarrow \dot{A}_{u1} = -g_m [R_4 \parallel R_6 \parallel R_7 \parallel r_{be}]$$

$$\dot{V}_{i2} = \dot{I}_{b2} r_{be}, \quad \dot{V}_{o2} = -\beta \dot{I}_{b2} R_8 \Rightarrow \dot{A}_{u2} = \frac{-\beta R_8}{r_{be}}$$

$$\text{从而 } \dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \dot{A}_{u2} = \frac{g_m [R_4 \parallel R_6 \parallel R_7 \parallel r_{be}] \beta R_8}{r_{be}}$$

$$R_i = R_3 + (R_1 \parallel R_2)$$

$$R_o = R_8$$

3.3 基本放大电路如图 P3.3 (a)、(b) 所示, 图 (a) 虚线框内为电路 I, 图 (b) 虚线框内为电路 II。由电路 I、II 组成的多级放大电路如图 (c)、(d)、(e) 所示, 它们均正常工作。试说明图 (c)、(d)、(e) 所示电路中,

(1) 哪些电路的输入电阻比较大; d.e

(2) 哪些电路的输出电阻比较小; c.e

(3) 哪个电路的 $|A_{us}| = |\dot{V}_o / \dot{V}_s|$ 最大。e

(1) 图: $R_{ic} = R_{b1} \parallel R_{b2} \parallel r_{be1}$ d图: $R_{id} = R_b \parallel [r_{be} + (1 + \beta)R_e']$, $R_e' = R_e \parallel R_{i2}$ $R_{id} > R_{ic}$

(2) 图: $R_o = R_e \parallel \frac{r_{be} + R_{si}}{1 + \beta} \approx R_e$ d图: $R_o = R_c$ e图: $R_o \approx R_e$

(3) 图: $A_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} A_u$, 其中 $R_{ic} = R_{b1} \parallel R_{b2} \parallel r_{be}$, $\frac{R_i}{R_i + R_s} < 1$

e图: $A_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} A_{u1} \cdot A_{u2}$ 其中 $A_{u1} \approx 1$, $R_{ie} = R_b \parallel [r_{be} + (1 + \beta)(R_e \parallel R_{i2})]$ 很大, $R_{ie} > R_{i2}$

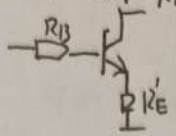
从而 e图的 A_{us} 大于 c图

将 R_i 视为整体电路负载 R_L , e图负载 $R_b \parallel [r_{be} + (1 + \beta)(R_e \parallel R_{i2})]$ 更大, 故 A_{us} 更大

放大倍数形式 $-\frac{\beta(R_c \parallel R_L)}{r_{be}}$

$\frac{R_i}{R_i + R_s} \approx 1$

基极看进去：
 $R_B \rightarrow R_B // [r_{be} + (1+\beta)R_E]$
 或 $R_{B1} + [r_{be} + (1+\beta)R_E]$



射极看进去：
 $R_E \rightarrow R_E // \frac{r_{be} + R_{S1}}{1+\beta}$

共射：
 r_i 中
 r_o 最大

共集：
 r_i 最大
 r_o 最小

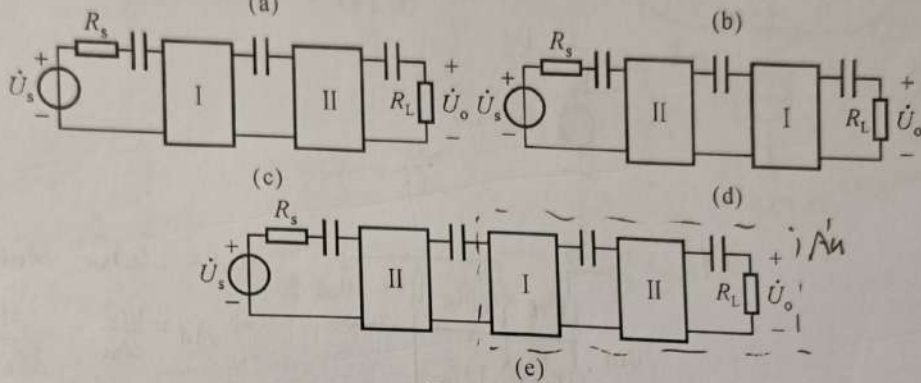
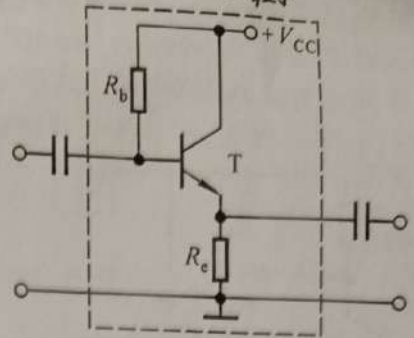
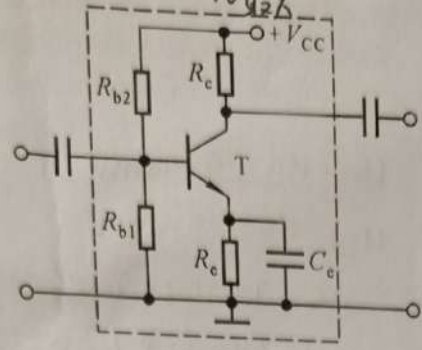


图 P3.3

3.5 图 P3.5 所示电路参数理想对称，晶体管的 β 均为 100， $r_{bb'} = 100\Omega$ ， $U_{BEQ} \approx 0.7V$ 。试计算 R_w 的滑动端在中点时 T1 管和 T2 管的发射极静态电流 I_{EQ} ，以及动态参数 A_d 和 R_i 。

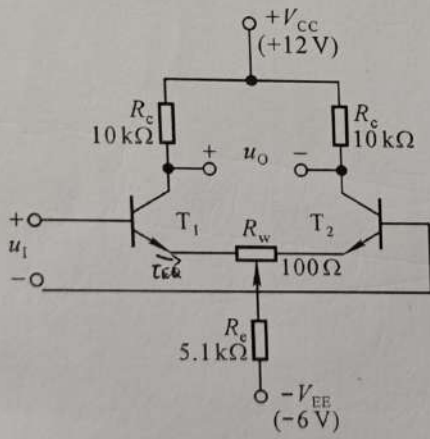
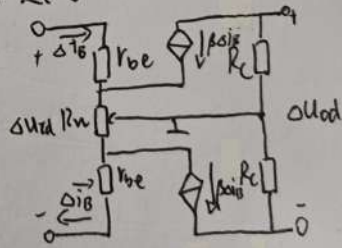


图 P3.5

静态时： $6V = U_{BEQ} + \frac{1}{2}R_w I_{EQ} + 2R_E I_{EQ}$
 $\Rightarrow I_{EQ} = 0.517mA$

动态时



$r_{be} = r_{bb'} + (1+\beta) \frac{V_T}{I_{EQ}} = 5.18k\Omega$

$\Delta u_{od} = -\beta \Delta i_{b1} (R_c + R_L)$, $\Delta u_{id} = \Delta i_{b1} r_{be} + 2(1+\beta) \Delta i_{b1} \frac{R_w}{2}$

从而 $A_d = \frac{\Delta u_{od}}{\Delta u_{id}} = \frac{-2R_c\beta}{2r_{be} + (1+\beta)R_w} \approx -98$

$R_i = 2r_{be} + (1+\beta)R_w = 20.5k\Omega$

3.6 电路如图 P3.6 所示, T_1 管和 T_2 管的 β 均为 140, r_{be} 均为 $4k\Omega$ 。试问: 若输入直流信号 $u_{i1}=20mV$, $u_{i2}=10mV$, 则电路的共模输入电压 $u_{ic}=?$ 差模输入电压 $u_{id}=?$ 输出动态电压 $\Delta u_o=?$

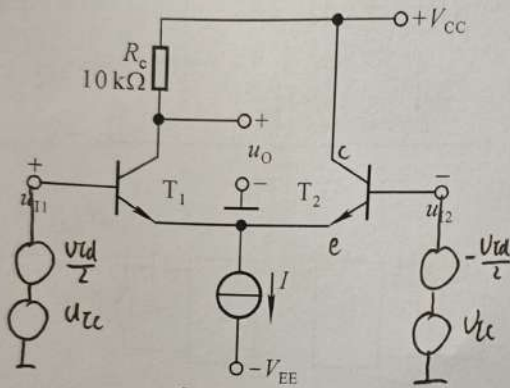


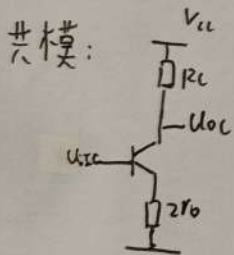
图 P3.6

$$u_{ic} = \frac{u_{i1} + u_{i2}}{2} = 15mV$$

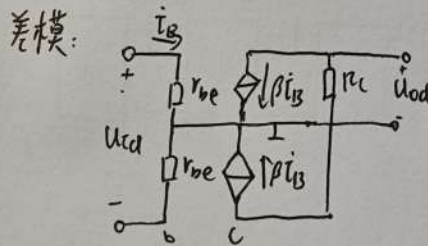
$$u_{id} = u_{i1} - u_{i2} = 10mV$$

$$\Delta u_o = A_d \Delta u_{od} + A_c \Delta u_{oc}$$

由于接了恒流源, $R = \infty$, 故 $A_c = 0$,



$$A_c = \frac{-\beta R_C}{r_{be} + (1+\beta)2r_o} \Big|_{r_o \rightarrow \infty} = 0$$



$$u_{id} = 2i_b r_{be}, u_{od} = -\beta i_b R_C$$

$$\Rightarrow A_d = \frac{u_{od}}{u_{id}} = \frac{-\beta R_C}{2r_{be}} = -175$$

$$\Delta u_o = A_d \Delta u_{od} = -1.75V$$

3.9 电路如图 3.9 所示。已知电压放大倍数为 -100 ，输入电压 u_1 为正弦波， T_2 和 T_3 管的饱和压降 $|U_{CES}| = 1V$ 。试问：

- (1) 在不失真的情况下，输入电压最大有效值 $U_{i\max}$ 为多少伏？
- (2) 若 $U_i = 10\text{mV}$ (有效值)，则 $U_o = ?$ 若此时 R_3 开路，则 $U_o = ?$ 若 R_3 短路，则 $U_o = ?$

1) $U_{o\max} = V_{CC} - V_{CES} = 11V \rightarrow$ 有效值 $\frac{11V}{\sqrt{2}}$

$U_{i\max} = \frac{11V}{|A_{u1}|} = \frac{11}{100\sqrt{2}} V \approx 77.8\text{mV}$

2) $U_o = 10\text{mV} \cdot |A_{u1}| = 1V$

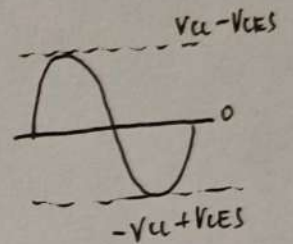
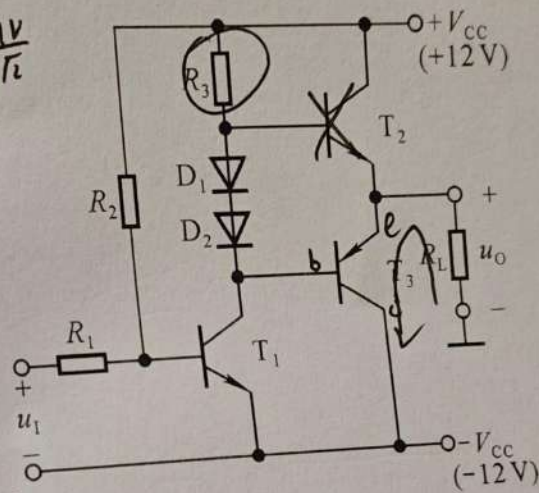
若 R_3 开路，则 T_2 断开，则 T_1 与 T_3 构成复合管，

$\beta \approx \beta_1 \beta_3$ ， T_3 电流很大，可能烧坏。

当 R_L 很大时， $V_{CE3} = 0 - I_{R3} R_L - (-V_{CC}) = V_{CC} - I_{R3} R_L$

R_L 过大会使 $V_{CE3} < 1V$ ， T_3 饱和， $U_o = -11V$

若 R_3 短路， $U_o = V_{CC} - 0.7V = 11.3V$



P3..9

模拟电子技术基础第 4 章作业

班级 自动化7班	学号 220320726	姓名 彭尚品	成绩
----------	--------------	--------	----

4.2 已知某电路的波特图如图 P4.2 所示，试写出 A_u 的表达式。

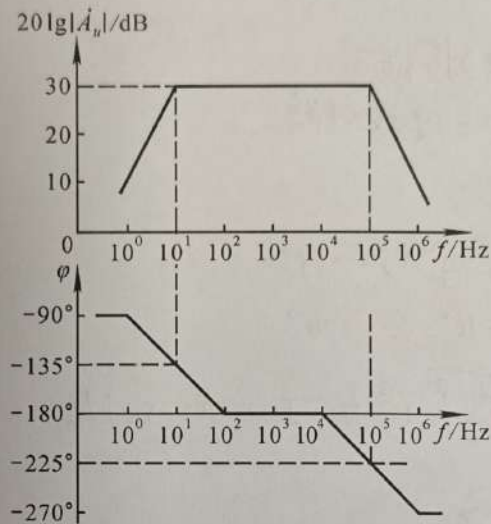


图 P4.2

解：由图可知是单管放大电路 $f_L = 10\text{Hz}$, $f_H = 10^5\text{Hz}$,
 中频 $\varphi = -180^\circ$ 即 A_{um} 为负, $20\lg|A_{um}| = 30 \Rightarrow A_{um} = -31.6$

$$\text{代入 } A_u = A_{um} \frac{j\frac{f}{f_L}}{(1+j\frac{f}{f_L})(1+j\frac{f}{f_H})} \text{ 得 } A_u = \frac{-31.6j f}{(1+j\frac{f}{10})(1+j\frac{f}{10^5})}$$

4.3 已知某共射放大电路的波特图如图 P4.3 所示，试写出 A_u 的表达式。

解：

$$40 = 20\lg|A_{us}|$$

$$\Rightarrow A_{usm} \approx 100 \text{ 共射, 故 } A_{um} = -100$$

$$f_{L1} = 1\text{Hz}, f_{L2} = 10\text{Hz},$$

$$f_H = 2.5 \times 10^5$$

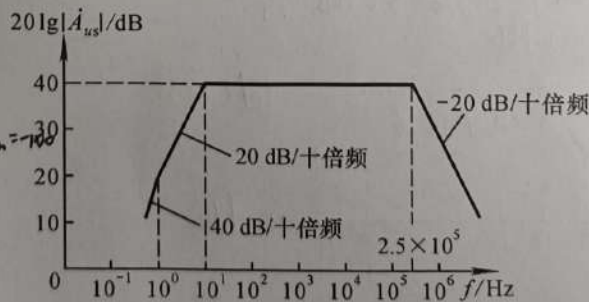


图 P4.3

$$A_u = A_{um} \frac{j\frac{f}{f_{L1}} j\frac{f}{f_{L2}}}{(1+j\frac{f}{f_{L1}})(1+j\frac{f}{f_{L2}})(1+j\frac{f}{f_H})}$$

$$= -100 \frac{-\frac{f^2}{10}}{(1+jf)(1+j\frac{f}{10})(1+j\frac{f}{2.5 \times 10^5})}$$

4.4 已知某电路的幅频特性如图 P4.4 所示，试问：

- (1) 该电路的耦合方式；
- (2) 该电路由几级放大电路组成；
- (3) 当 $f = 10^4 \text{ Hz}$ 时，附加相移为多少？当 $f = 10^5$ 时，附加相移又约为多少？
- (4) 该电路的上限频率 f_H 约为多少？

解：(1) 由于 $f_L = 0 \Rightarrow$ 电路直接耦合

(2) $-60 \text{ dB/十倍频} \Rightarrow$ 三级放大电路

$$\text{且 } f_{H1} = f_{H2} = f_{H3}$$

(3) ① $f = 10^4 \text{ Hz}$ 时 $-45^\circ \times 3 = -135^\circ$

② $f = 10^5 \text{ Hz}$ 时 $-90^\circ \times 3 = -270^\circ$

(4) 由 $\frac{1}{f_H} = 1.1 \sqrt{\frac{1}{f_{H1}^2}}$ 得 $f_H = f_{H1} \times 0.52 = 5.2 \text{ kHz}$

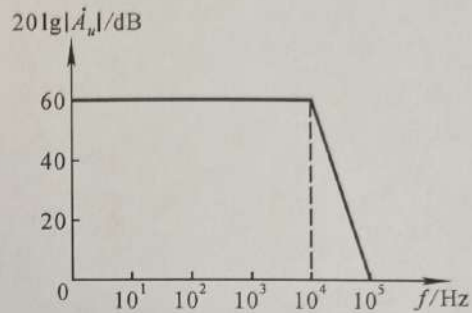


图 P4.4

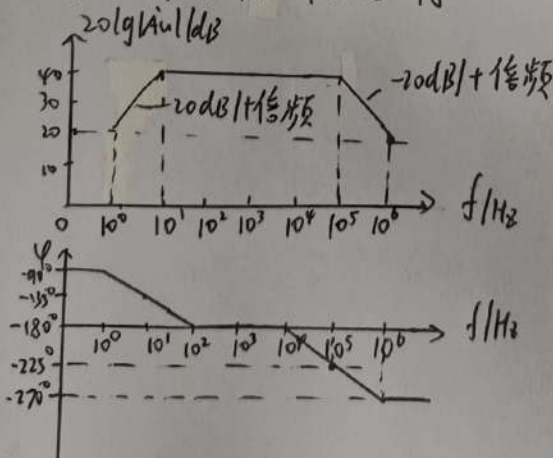
4.5 已知某电路电压放大倍数

$$\dot{A}_u = \frac{-10jf}{(1 + j\frac{f}{10})(1 + j\frac{f}{10^5})}$$

试求解 A_{um} 、 f_L 、 f_H ，并画出波特图。

$$\Rightarrow f_L = 10 \text{ Hz}, f_H = 10^5 \text{ Hz} \quad \dot{A}_u = A_{um} \frac{j\frac{f}{f_L}}{(1 + j\frac{f}{f_L})(1 + j\frac{f}{f_H})} \Rightarrow A_{um} = -100$$

由 $20\lg|A_{um}| = 20 \times 2 = 40 \text{ dB}$ 得



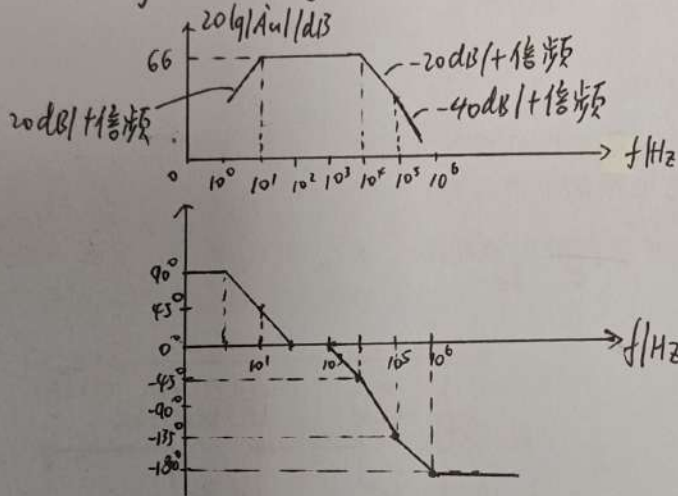
4.6 已知(两级)共射放大电路的电压放大倍数

$$\dot{A}_u = \frac{200jf}{\left(1 + j\frac{f}{10}\right)\left(1 + j\frac{f}{10^4}\right)\left(1 + j\frac{f}{10^5}\right)}$$

试求解 \dot{A}_{um} 、 f_L 、 f_H ，并画出波特图。

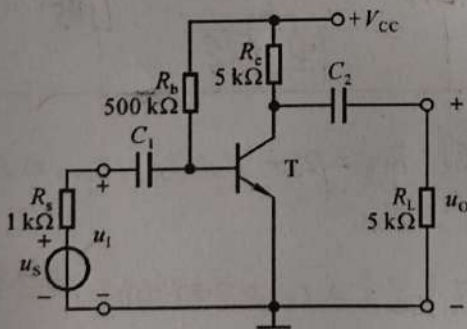
$f_L = 10\text{Hz}$, $f_{H1} = 10^4\text{Hz}$, $f_{H2} = 10^5\text{Hz}$, 由 $\dot{A}_u = \dot{A}_{um} \frac{jf}{(1+j\frac{f}{f_L})(1+j\frac{f}{f_{H1}})(1+j\frac{f}{f_{H2}})}$ 知 $\dot{A}_{um} = 2000$
 由于 $f_{H1} \ll f_{H2}$, 故 $f_H \approx f_{H1} = 10^4\text{Hz}$

$20\lg|\dot{A}_{um}| = 20\lg 2000 \approx 66\text{dB}$, 中频段中相位为 0° , 波特图如下

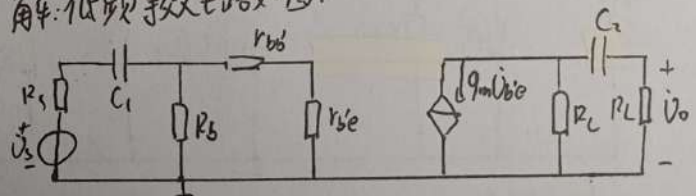


4.8 在图 P4.7 (b) 所示电路中,若要求 C_1 与 C_2 所在回路的时间常数相等,且已知 $r_{be} = 1\text{k}\Omega$, 则 $C_1:C_2 = ?$ 若 C_1 与 C_2 所在回路的时间常数均为 25ms , 则 C_1 、 C_2 各为多少? 下限频率 $f_L \approx ?$

解: 低频等效电路如图:



(b)
图 P4.7



C_1 回路: $\tau_1 = C_1 \text{Req}_1 = C_1 (R_s + R_b \parallel r_{be}) \approx C_1 (1\text{k} + 1\text{k}) = 2000C_1$

C_2 回路: $\tau_2 = C_2 \text{Req}_2 = C_2 (R_L + R_c) = 10000C_2$

当 $\tau_1 = \tau_2$ 时, $C_1 = 5C_2$ 即 $C_1:C_2 = 5:1$

若 $\tau_1 = \tau_2 = 0.025\text{s}$, 则 $C_1 = 12.5\mu\text{F}$, $C_2 = 2.5\mu\text{F}$

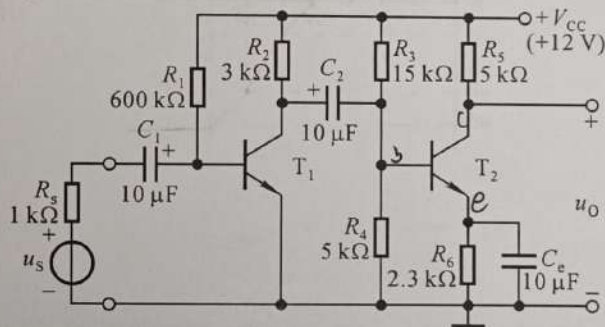
$f_{L1} = f_{L2} = \frac{1}{2\pi\tau} \approx 6.4\text{Hz}$

则 $f_L = 1.1\sqrt{\sum f_{Li}^2} = 1.1\sqrt{2} f_{L1} \approx 10\text{Hz}$

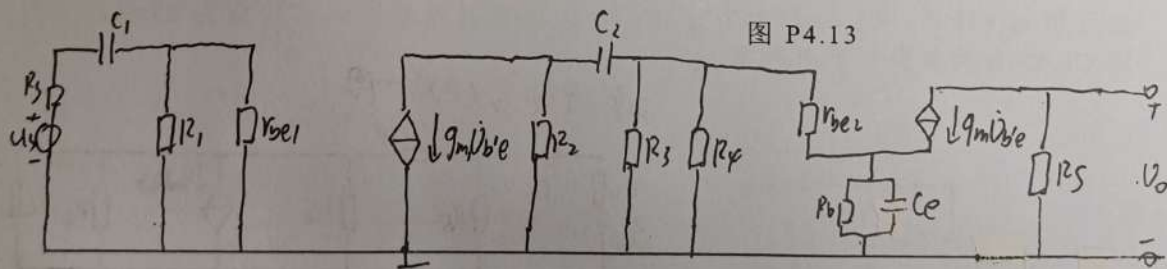
4.13 电路如图 P4.13 所示。试定性分析下列问题，并简述理由。

(1) 哪一个电容决定电路的下限频率；

(2) 若 T_1 和 T_2 静态时发射极电流相等，且 r_{bb} 和 C_x 相等，则哪一级的上限频率低。



解：解：(1) 低频等效电路如图。



求等效电阻 $C_1: R_{eq} = R_3 + R_1 // r_{be1} \approx 2k$, $C_2: R_{eq} = R_2 + R_3 // R_4 // r_{be2} \approx 3.8k$
 $C_e: R_{eq} = R_6 // \frac{r_{be2} + R_5}{1 + \beta_2}$ 很小

C_e 的 R_{eq} 最小，由 $f = \frac{1}{2\pi R_{eq} C}$ 知 C_e 的下限频率最高 $\Rightarrow C_e$ 决定电路的下限频率

(2) 求等效电阻：对 $T_1: R_{eq} = r_{be1} // [r_{bb1} + R_3 // R_2]$ 由 $R_3 // R_2 \approx 1k$

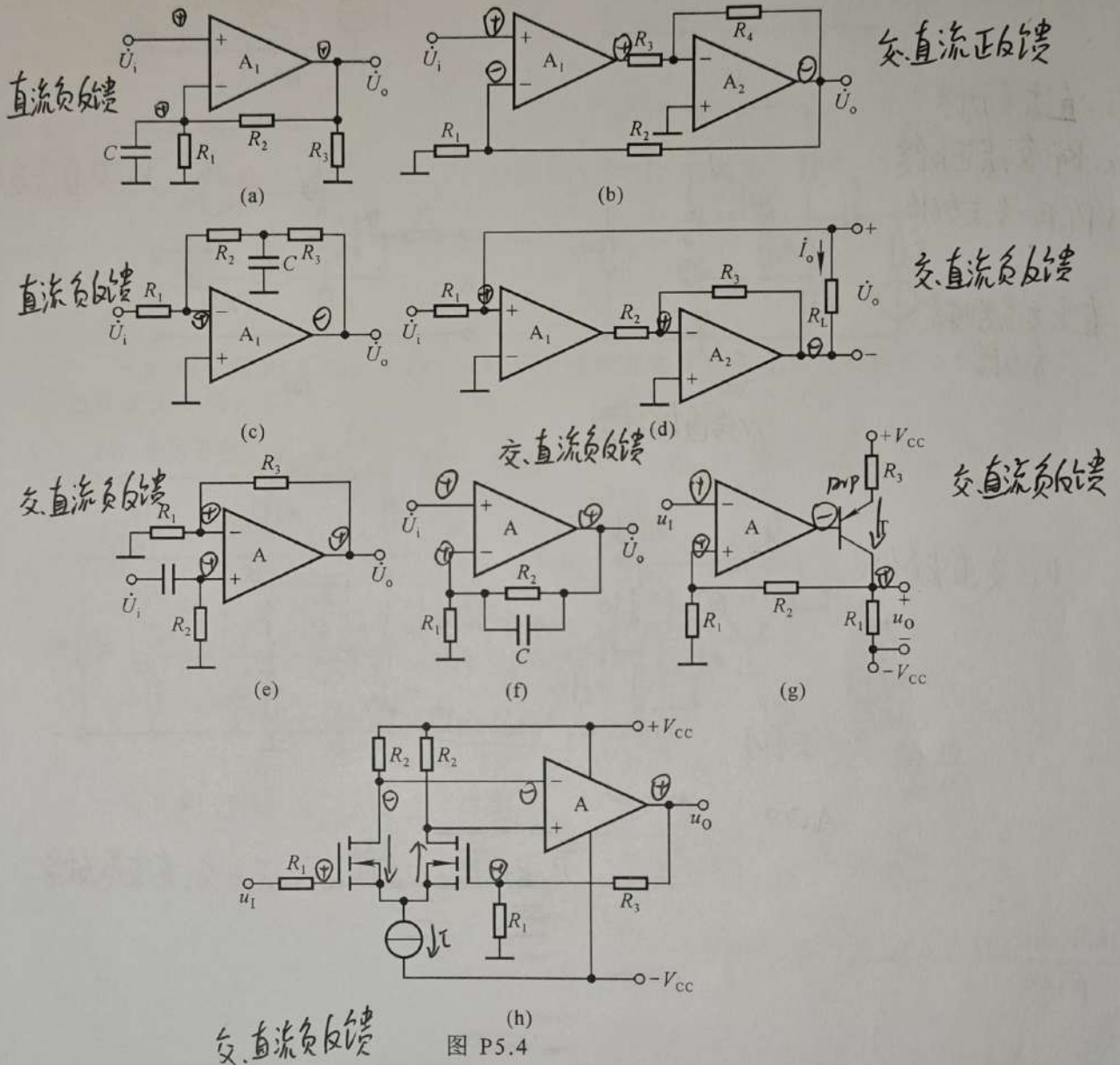
$T_2: R_{eq} = r_{be2} // [r_{bb2} + R_3 // R_4 // R_5]$ $R_3 // R_4 // R_5 \approx 2k$

知 C_{k2} 所在回路的时间常数 $\tau = R_{eq} C_{k2}$ 更大，上限频率更低

模拟电子技术基础第 5 章作业

班级 自动化 7	学号 220320726	姓名 彭尚品	成绩
-----------------	---------------------	---------------	----

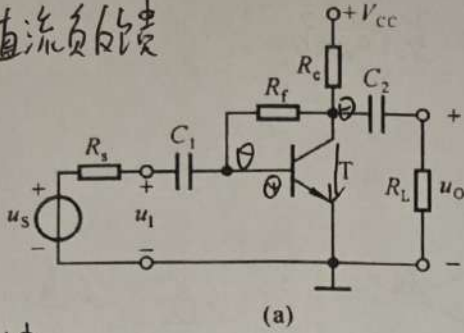
5.4 判断图 P5.4 所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。



(h)
图 P5.4

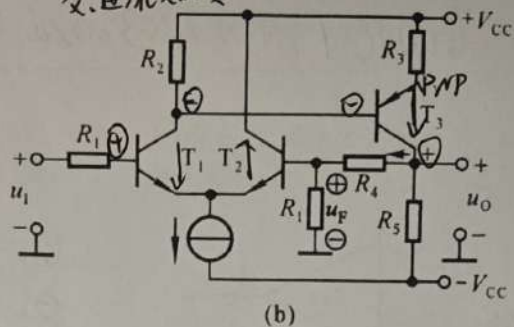
5.5 电路如图 P5.5 所示，要求问题 5.4。

交、直流负反馈



(a)

交、直流负反馈



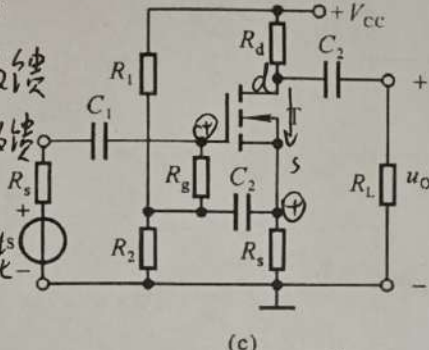
(b)

R_s : 直流负反馈

C_2, R_f : 交流正反馈

R_c, R_1, R_2 : 交流负反馈

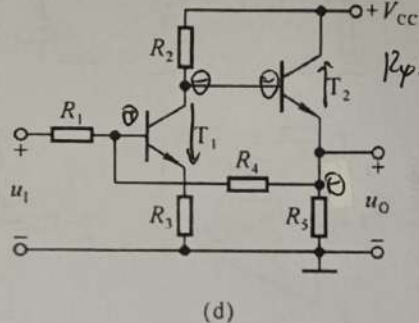
R_s : 直流交流都跟随
负反馈



(c)

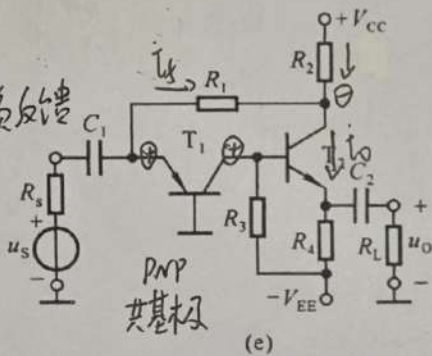
N沟道增强型

R_p : 交、直流负反馈



(d)

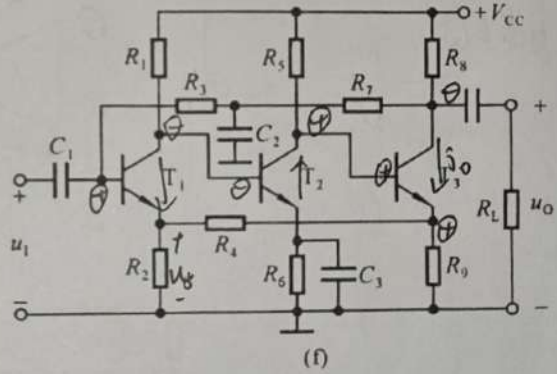
R_1 : 交、直流负反馈



(e)

PNP
共基极

$A_u > 0$



(f)

图 P5.5

R_3, R_7 : 直流负反馈

R_p : 交、直流负反馈

5.6 分别判断图 P5.4 (d) ~ (h) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈。

d: 电流并联

e: 电压串联

f: 电压串联

g: 电压串联

h: 电压串联

5.7 分别判断图 P5.5 (a)、(b)、(e)、(f) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈。

a: 电压并联

b: 电压串联

e: 电流并联

f: 电流串联

5.8 估算图 P5.4 (d) ~ (h) 所示各电路在理想运放条件下的电压放大倍数。

$$d: F_{ii} = \frac{\dot{I}_f}{\dot{I}_i} = 1 \quad A_{iif} = \frac{1}{F_{ii}} = 1, \quad A_{uuf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{R_L R_o}{R_1 R_f} = \frac{R_L}{R_1} A_{iif} = \frac{R_L}{R_1}$$

$$e: F_{uu} = \frac{\dot{U}_f}{\dot{U}_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_3} \quad A_{uuf} = \frac{1}{F_{uu}} = \frac{R_1 + R_3}{R_1} = 1 + \frac{R_3}{R_1}$$

$$f: F_{uu} = \frac{\dot{U}_f}{\dot{U}_o} = 1 \quad A_{uuf} = \frac{1}{F_{uu}} = 1$$

$$g: F_{uu} = \frac{\dot{U}_f}{\dot{U}_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad A_{uuf} = \frac{1}{F_{uu}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$h: F_{uu} = \frac{\dot{U}_f}{\dot{U}_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_3} \quad A_{uuf} = \frac{1}{F_{uu}} = 1 + \frac{R_3}{R_1}$$

5.9 估算图 P5.5 (a)、(b)、(e)、(f) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。

(a) 电压并联, $F_{iu} = \frac{\dot{I}_f}{\dot{U}_o} = -\frac{1}{R_f}$ $\dot{A}_{uid} = -R_f$ $\dot{A}_{usf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} = \frac{\dot{U}_o}{R_s \dot{I}_f} = -\frac{R_f}{R_s}$

(b) 电压串联 $F_{ui} = \frac{\dot{U}_f}{\dot{U}_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_f}$ $\dot{A}_{uuf} = \frac{1}{F_{ui}} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$

(e) 电流并联 $F_{ii} = \frac{\dot{I}_f}{\dot{I}_o} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ $\dot{A}_{iif} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$

$\dot{A}_{usf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} = \frac{I_o (R_f \parallel R_L)}{R_s \dot{I}_f} = \frac{R_f \parallel R_L}{R_s} \cdot \dot{A}_{iif} = \frac{R_f \parallel R_L}{R_s} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$

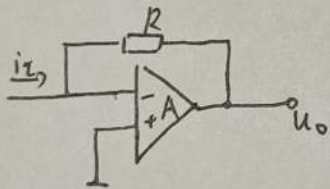
(f) 电流串联 $F_{ui} = \frac{\dot{U}_f}{\dot{I}_o} = \frac{R_2 \dot{I}_{R_2}}{\dot{I}_o} = R_2 \frac{R_9}{R_2 + R_4 + R_9}$ $\dot{A}_{iuf} = \frac{\dot{I}_o}{\dot{U}_i} = \frac{1}{F_{ui}}$

$\dot{A}_{uuf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\dot{I}_o (R_7 \parallel R_8 \parallel R_L)}{\dot{U}_i} = -(R_7 \parallel R_8 \parallel R_L) \dot{A}_{iuf} = \frac{-(R_7 \parallel R_8 \parallel R_L) (R_2 + R_4 + R_9)}{R_2 R_9}$

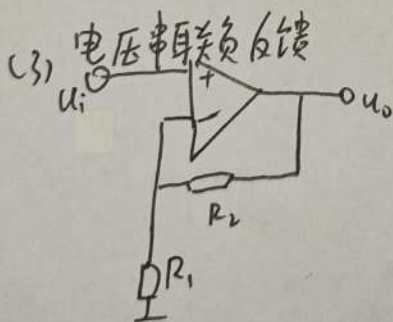
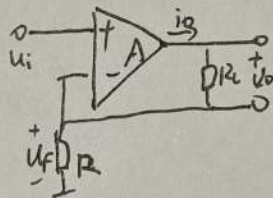
5.13 以集成运放作为放大电路，引入合适的负反馈，分别达到下列目的，要求画出电路图来。

- (1) 实现电流—电压转换电路。
- (2) 实现电压—电流转换电路。
- (3) 实现输入电阻高、输出电压稳定的电压放大电路。
- (4) 实现输入电阻低、输出电流稳定的电流放大电路。

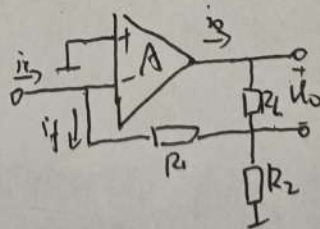
(1) 电压并联负反馈



(2) 电流串联负反馈



(4) 电流并联负反馈



模拟电子技术基础第6章作业

班级 自动化7	学号 220320726	姓名 李尚品	成绩
---------	--------------	--------	----

6.4 电路如图 P6.4 所示，试求其输入电阻和比例系数。

解：由图知 $R_i = 50k\Omega$

$$i_1 = \frac{u_i}{R_1} = i_2 = -\frac{u_m}{R_2} \Rightarrow u_m = -2u_i$$

$$i_4 = \frac{0 - u_m}{R_4} = \frac{2u_i}{R_4} \Rightarrow i_3 = i_2 + i_4 = u_i \left(\frac{1}{R_2} + \frac{2}{R_4} \right)$$

$$\frac{u_m - u_o}{R_3} = i_3 \Rightarrow u_o = - \left(2 + \frac{R_3}{R_2} + \frac{2R_3}{R_4} \right) u_i$$

$$\Rightarrow k = \frac{u_o}{u_i} = - \left(2 + \frac{R_3}{R_2} + \frac{2R_3}{R_4} \right) = -10$$

比例系数为 -10

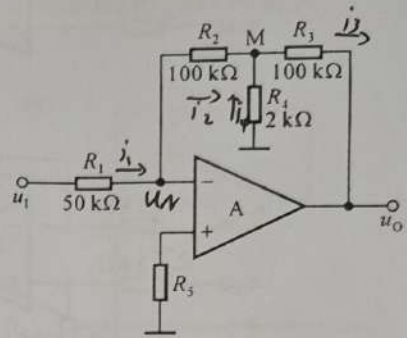


图 P6.4

6.5 电路如图 P6.4 所示，集成运放输出电压的最大幅值为 $\pm 14V$ ， u_i 为 $2V$ 的直流信号。分别求出下列各种情况下的输出电压。

- (1) R_2 短路；(2) R_3 短路；(3) R_4 短路；(4) R_4 断路。

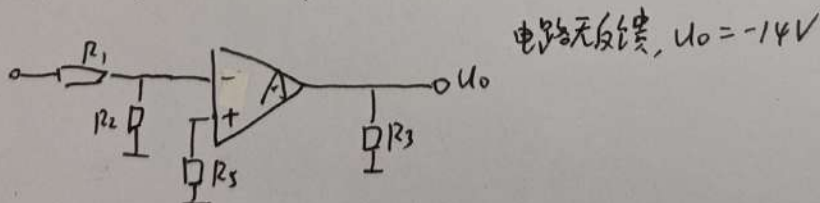
解：(1) R_2 短路， $u_m = 0$ ，

$$i_1 = \frac{u_i}{R_1} = i_3 = \frac{-u_o}{R_3} \Rightarrow k = \frac{u_o}{u_i} = -\frac{R_3}{R_1} = -2, u_i = 2V \Rightarrow u_o = -4V$$

(2) R_3 短路： $u_m = u_o$

$$i_1 = \frac{u_i}{R_1} = i_2 = \frac{-u_o}{R_2} \Rightarrow k = \frac{u_o}{u_i} = -\frac{R_2}{R_1} = -2, u_i = 2V \Rightarrow u_o = -4V$$

(3) R_4 短路， $u_m = 0V$ ， $i_2 = 0 \Rightarrow i_1 = 0$



$$(4) R_4 \text{ 断路}, i_1 = \frac{u_i}{R_1} = i_2 = \frac{-u_o}{R_2 + R_3} \Rightarrow k = \frac{u_o}{u_i} = -\frac{R_2 + R_3}{R_1} = -4$$

$$u_i = 2V \Rightarrow u_o = -8V$$

6.6 试求图 P6.6 所示各电路输出电压与输入电压的运算关系式。

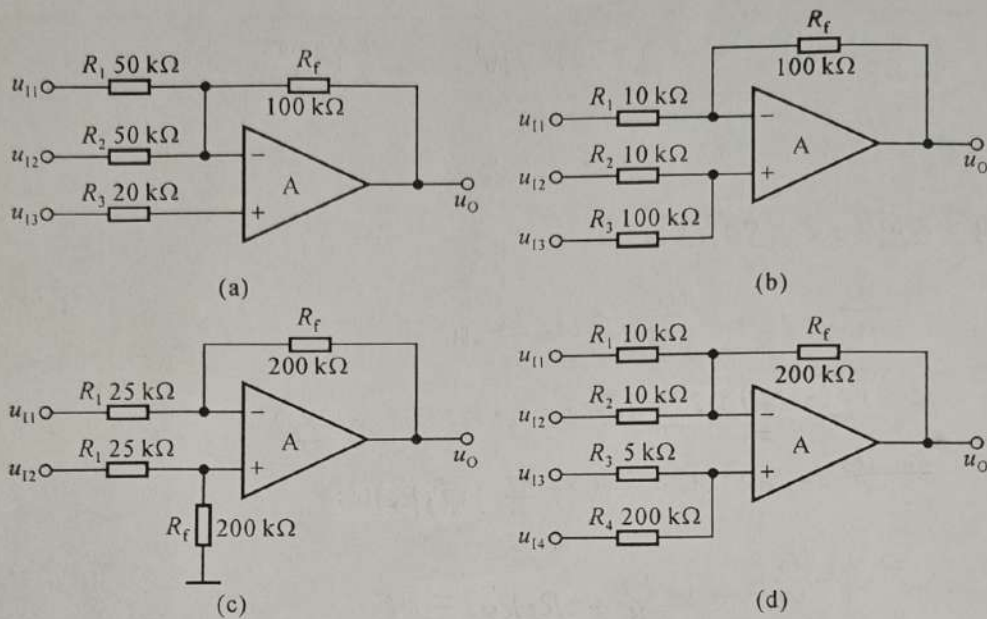


图 P6.6

解: 四个电路均有 $R_p = R_n$

(1) $R_p = R_3 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_n = R_1 \parallel R_2 \parallel R_f = 20 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_p = R_n$

$$u_o = R_f \left(\frac{u_{i1}}{R_1} - \frac{u_{i2}}{R_2} - \frac{u_{i3}}{R_3} \right) = 5u_{i3} - 2u_{i1} - 2u_{i2}$$

(2) $R_p = R_n = R_1 \parallel R_f$

$$u_o = R_f \left(\frac{u_{i1}}{R_1} + \frac{u_{i2}}{R_2} + \frac{u_{i3}}{R_3} \right) = -10u_{i1} + 10u_{i2} + u_{i3}$$

(3) $R_p = R_n$

$$u_o = R_f \left(-\frac{u_{i1}}{R_1} + \frac{u_{i2}}{R_1} \right) = -8u_{i1} + 8u_{i2}$$

(4) $R_p = R_n$

$$u_o = R_f \left(-\frac{u_{i1}}{R_1} - \frac{u_{i2}}{R_2} + \frac{u_{i3}}{R_3} + \frac{u_{i4}}{R_4} \right) = -20u_{i1} - 20u_{i2} + 40u_{i3} + u_{i4}$$

6.9 电路如图 P6.9 所示。

- (1) 写出 u_o 与 u_{i1} 、 u_{i2} 的运算关系式；
- (2) 当 R_w 的滑动端在最上端时，若 $u_{i1} = 10\text{mV}$ ， $u_{i2} = 20\text{mV}$ ，则 $u_o = ?$
- (3) 若 u_o 的最大幅值为 $\pm 14\text{V}$ ，输入电压最大值 $u_{i1\text{max}} = 10\text{mV}$ ， $u_{i2\text{max}} = 20\text{mV}$ ，最小值均为 0V ，则为了保证集成运放工作在线性区， R_2 的最大值为多少？

解：(1) A_2 用于电压跟随。

$$u' = R_f \left(-\frac{u_{i1}}{R} + \frac{u_{i2}}{R} \right) = 10(u_{i2} - u_{i1})$$

$$u_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} u' = 10 \frac{R_1 + R_2}{R_1} (u_{i2} - u_{i1})$$

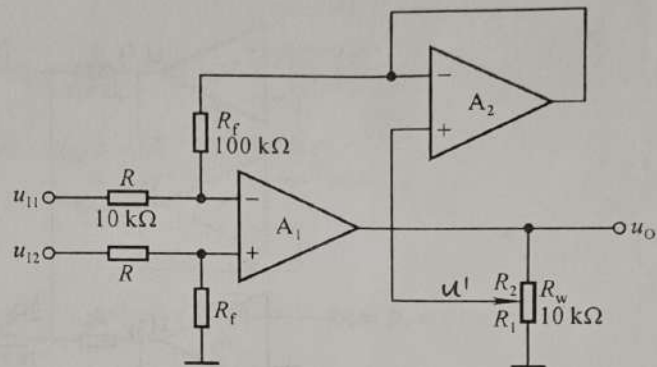


图 P6.9

(2) R_w 在最上端时， $R_2 = 0$ ， $\frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1$

$$u_o = 10 \cdot 1 \cdot (u_{i2} - u_{i1}) = 100\text{mV}$$

(3) $u_{i1} = u_{i1\text{min}} = 0$ ， $u_{i2} = u_{i2\text{max}} = 20\text{mV}$ 时。

$$u_o = 200\text{mV} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{2\text{V} \cdot R_2}{R_1} = 14\text{V} \Rightarrow R_1 = \frac{1}{7} \text{k}\Omega \approx 143\Omega$$

$$\text{故 } R_2 = 10\text{k}\Omega - R_1 \approx 9.857\text{k}\Omega$$

6.10 分别求解图 P6.10 所示各电路的运算关系。

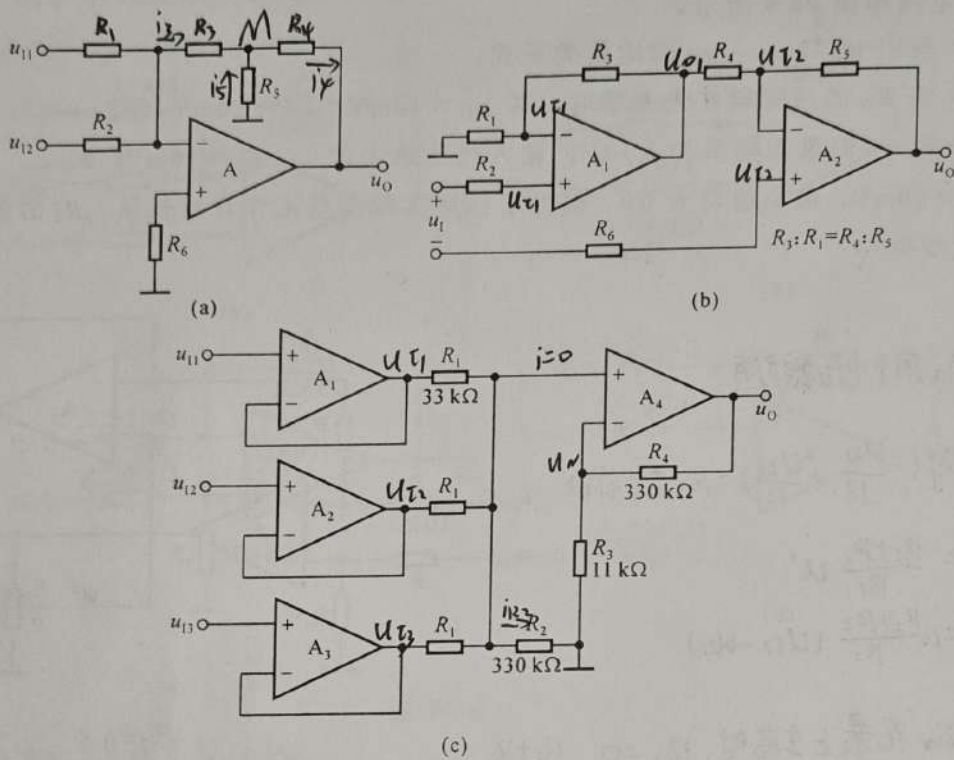


图 P6.10

解: (a) $i_3 = \frac{u_{T1}}{R_1} + \frac{u_{T2}}{R_2}$, $u_n = -i_3 R_3 = -R_3 \left(\frac{u_{T1}}{R_1} + \frac{u_{T2}}{R_2} \right)$
 $i_5 = -u_n / R_5 = \frac{R_3}{R_5} \left(\frac{u_{T1}}{R_1} + \frac{u_{T2}}{R_2} \right)$, $i_4 = i_3 + i_5 = \left(1 + \frac{R_3}{R_5} \right) \left(\frac{u_{T1}}{R_1} + \frac{u_{T2}}{R_2} \right)$
 $u_n - u_o = R_4 i_4 \Rightarrow u_o = u_n - R_4 i_4 = -R_3 i_3 - \left(R_4 + \frac{R_4 R_3}{R_5} \right) i_3 = - \left(R_3 + R_4 + \frac{R_3 R_4}{R_5} \right) i_3$
 即 $u_o = - \left(R_3 + R_4 + \frac{R_3 R_4}{R_5} \right) \left(\frac{u_{T1}}{R_1} + \frac{u_{T2}}{R_2} \right)$

(b) 设 $u_{p1} = u_{T1}$, $u_{p2} = u_{T2}$, 有 $u_n = u_{T1} - u_{T2}$

$$u_{o1} = \frac{R_1 R_3}{R_1} u_{T1}$$

$$\frac{u_{T2} - u_{o1}}{R_4} = \frac{u_o - u_{T1}}{R_5} \Rightarrow u_o = \left(\frac{R_5}{R_4} + 1 \right) u_{T1} - \frac{R_5 (R_1 + R_3)}{R_1 R_4} u_{T1} = \left(1 + \frac{R_5}{R_4} \right) (u_{T2} - u_{T1})$$

$$\Rightarrow u_o = - \left(1 + \frac{R_5}{R_4} \right) u_n$$

(c) $u_p = R_p \left(\frac{u_{T1}}{R_1} + \frac{u_{T2}}{R_2} + \frac{u_{T3}}{R_3} \right) = \frac{R_p}{R_1} (u_{T1} + u_{T2} + u_{T3})$

$$u_o = \frac{R_3 R_4}{R_2} u_p = R_4 \frac{R_p}{R_N} \frac{u_{T1} + u_{T2} + u_{T3}}{R_1} \quad \# \# \# R_p = 11 \text{ k}\Omega \parallel 330 \text{ k}\Omega, R_N = 11 \text{ k}\Omega \parallel 330 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_p = R_N \Rightarrow u_o = \frac{R_4}{R_1} (u_{T1} + u_{T2} + u_{T3}) = 10 (u_{T1} + u_{T2} + u_{T3})$$

6.11 在图 P6.11 (a) 所示电路中, 已知输入电压 u_i 的波形如图 (b) 所示, 当 $t=0$ 时 $u_o=0$ 。试画出输出电压 u_o 的波形。

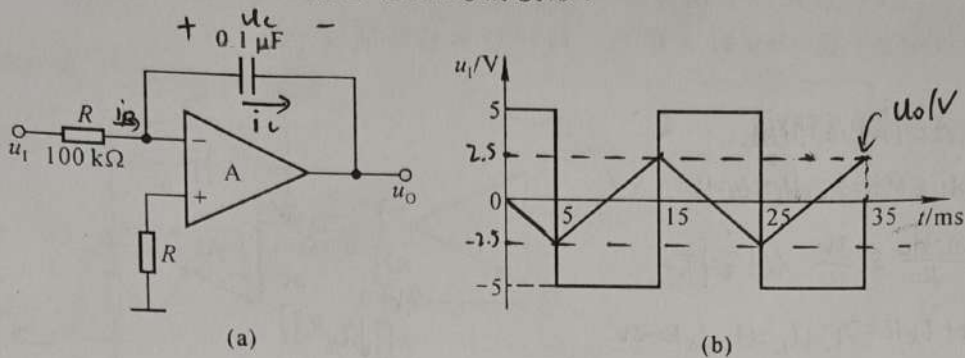


图 P6.11 $i_R = i_C = \frac{u_i}{R}$, $u_C = -u_o$. 由 $i_C = C \frac{du_C}{dt}$ 得 $u_o = -\frac{1}{RC} \int u_i dt = -100 \int u_i dt$
 $t=0$ 时 $u_o=0$, $u_o = -100 \int_0^t u_i dt + 0$

6.14 在图 P6.14 所示电路中, 已知 $R_1=R=R'=100k\Omega$, $R_2=R_f=100k\Omega$, $C=1\mu F$ 。

(1) 试求出 u_o 与 u_i 的运算关系。

(2) 设 $t=0$ 时 $u_o=0$, 且 u_i 由零跃变为 $-1V$, 试求输出电压由零上升到 $+6V$ 所需要的时间。

解: (1) 对 A_1 , 有 $R_p = R_n = 50k\Omega$

$$u_{o1} = R_f \left(\frac{u_o}{R_2} - \frac{u_i}{R_1} \right) = u_o - u_i$$

$$i_C = \frac{u_{o1} - u_C}{R} = \frac{u_{o1} - u_o}{R} = -\frac{u_i}{R}$$

代入 $i_C = C \frac{du_C}{dt}$, 有 $u_o = -\frac{1}{RC} \int u_i dt$

即 $u_o = -10 \int u_i dt$

(2) $t=0$ 时 $u_o=0$, 故 $u_o = -10 \int_0^t u_i dt + 0$

$u_i = -1V$ 为定值, 有 $u_o = -10u_i t$ 代入 $u_o = 6V \Rightarrow t = 0.6s$

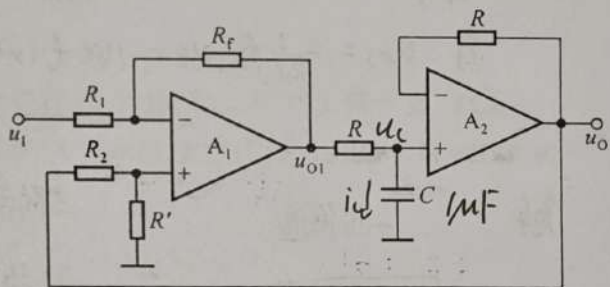


图 P6.14

6.16 在图 P6.16 所示电路中，已知 $u_{i1} = 4V$ ， $u_{i2} = 1V$ 。回答下列问题：

(1) 当开关 S 闭合时，分别求解 A、B、C、D 和 u_o 的电位；

(2) 设 $t = 0$ 时 S 打开，问经过多长时间 $u_o = 0$ ？

解：(1) A_1, A_2 作电压跟随，

$$u_B = u_A = 4V, u_C = u_D = 1V$$

$$I_R = \frac{u_B - u_C}{R} = \frac{3V}{R} \text{ 从上到下}$$

$$u_A = u_B + I_R R = 7V, u_D = u_C - I_R R = -2V$$

A_3 输出电压为 0， A_4 作同相比例放大器

$$R_p = \frac{R}{2}, R_n = R \parallel R = \frac{R}{2} \text{ 有 } R_p = R_n$$

$$u_o = R \left(\frac{u_D}{R/2} \right) = 2u_D = -4V$$

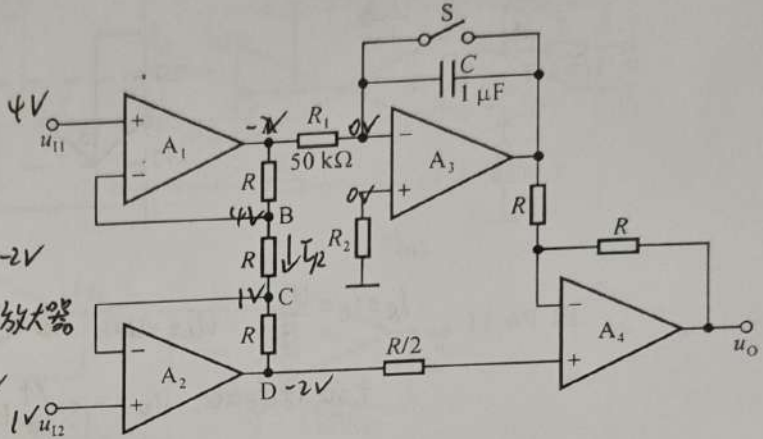


图 P6.16

(2) $u_o(0) = -4V, u_{o3}(0) = 0V$

$t = 0$ 时打开开关，

$$u_o = 2u_D - u_{o3} = -4 - u_{o3}$$

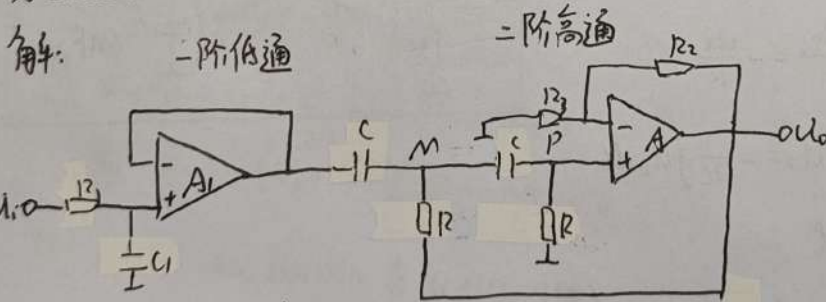
$$u_o = -4 + 140t \text{ (V)}$$

将 $u_o = 0$ 代入，得 $t = 28.6 \text{ms}$

$$i_C = \frac{u_A}{R_1}, u_C = -u_{o3} \text{ 代入 } i_C = C \frac{du_C}{dt}$$

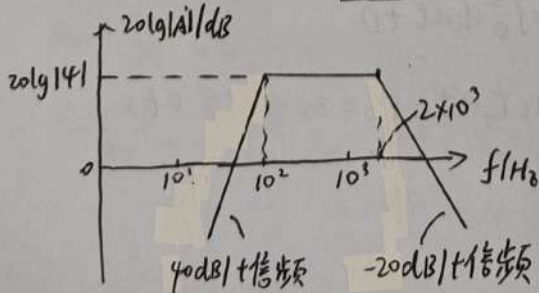
$$\text{有 } u_{o3} = -\frac{1}{R_1 C} \int u_A dt = -140t \text{ (V)}$$

6.21 设一阶 LPF 和二阶 HPF 的通带放大倍数均为 2，通带截止频率分别为 2kHz 和 100Hz。试用它们构成一个带通滤波电路，并画出幅频特性。



$$A_{up} = 2 \times 2 = 4$$

$$20 \lg |A_{up}| = 12 \text{dB}$$



6.22 在图 6.3.9 所示电路中, 已知通带放大倍数为 2, 截止频率为 1kHz, C 取值为 $1\mu\text{F}$ 。试选取电路中各电阻的阻值。

解: $f \rightarrow 0$ 时为通带, 此时 $|A_{up}| = 2$

$$|A_{up}| = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 2 \Rightarrow R_2 = R_1$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi RC} = 1\text{kHz}, C = 1\mu\text{F}$$

$$\Rightarrow R = 160\Omega$$

$$R_p = 2R, R_N = R_1 // R_2$$

$$\text{要求 } R_p = R_N \Rightarrow \begin{cases} R_1 = 4R = 640\Omega \\ R_2 = 640\Omega \end{cases}$$

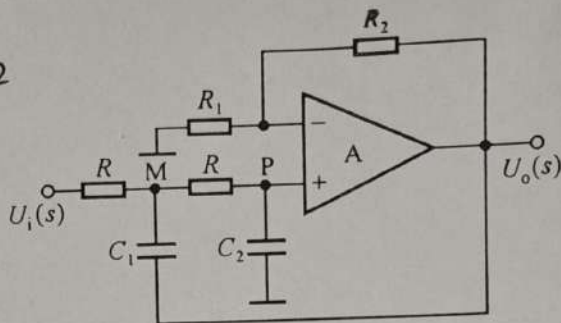


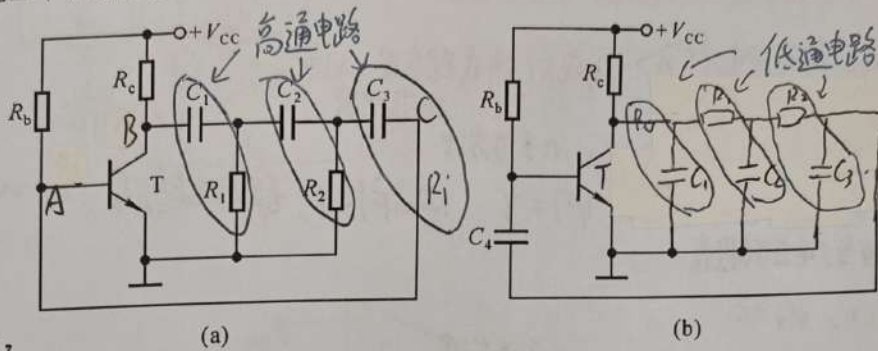
图 6.3.9 压控电压源二阶低通滤波电路

模拟电子技术基础第7章作业

班级 自动化7班	学号 220320726	姓名 袁瑞品	成绩
----------	--------------	--------	----

7.4 判断图 P7.4 所示各电路是否可能产生正弦波振荡，简述理由。设图 (b) 中 C_4 容量远大于其它三个电容的容量。

$$AF=1 \Rightarrow \begin{cases} |AF|=1 \\ \varphi_A + \varphi_F = 2n\pi \end{cases}$$



解:

(a) 共射放大电路, A点为输入 B点为输出
 $\varphi_A = -180^\circ$
 φ_F 为 B点到 C点的相移, B到C为三阶高通电路
 φ_F 可能为 $(0, 270^\circ)$
 可能产生振荡, 取 $\varphi_F = 180^\circ$ 时

(b) 共射 $\varphi_A = -180^\circ$
 有三阶低通电路
 φ_F 可能为 $(-270^\circ, 0^\circ)$
 取 $\varphi_F = -180^\circ$
 可能产生振荡

7.7 电路如图 P7.7 所示, 稳压管 D_Z 起稳幅作用, 其稳定电压 $\pm U_Z = \pm 6V$ 。试估算:

- 输出电压在不失真情况下的有效值;
- 振荡频率。

解: RC串并联选频网络: $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$,

$$\text{当 } f=f_0 \text{ 时, } F = \frac{U_f}{U_0} = \frac{1}{3}$$

由于引入负反馈, “虚短”, $U_N = U_P = U_f$

$$\text{故 } |U_N| = \frac{1}{3} |U_0|$$

$$|U_{Rf}| = 6V = |U_0 - U_N| = \frac{2}{3} |U_0| \Rightarrow |U_0| = 9V$$

$$U_0 = \frac{9}{\sqrt{2}} = 6.36V$$

(2)

$$f = f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 16k \times 10 \times 10^{-6}} \approx 9.95Hz$$

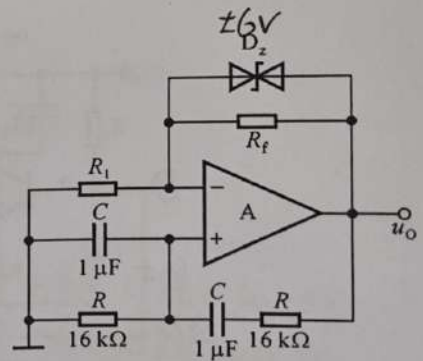


图 P7.7

7.8 电路如图 P7.8 所示。

(1) 为使电路产生正弦波振荡，标出集成运放的“+”和“-”；并说明电路是哪种正弦波振荡电路。

- (2) 若 R_1 短路，则电路将产生什么现象？
- (3) 若 R_1 断路，则电路将产生什么现象？
- (4) 若 R_f 短路，则电路将产生什么现象？
- (5) 若 R_f 断路，则电路将产生什么现象？

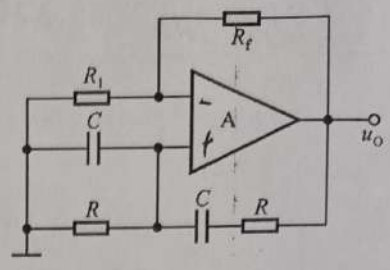


图 P7.8

1) 要引入正反馈，则 构成 RC 桥式正弦波振荡电路

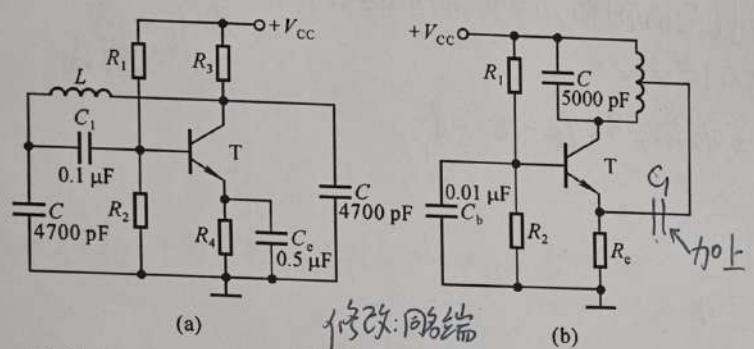
2) 相当于开环运放， $u_o \approx \pm V_{cc}$ ， n 为方波

3) $A_u = 1$, $\varphi_A = 0$, $\varphi_F = 0$, $|F| = \frac{1}{3}$, $|A_u F| < 1$, 故无法起振， $u_o = 0$
相当于电压跟随器

4) 同 3), $u_o = 0$

5) 开环，同 2), $u_o \approx \pm V_{cc}$ ， n 为方波

7.10 分别判断图 P7.10 所示各电路是否满足正弦波振荡的相位条件。



(a) 修改：同路端

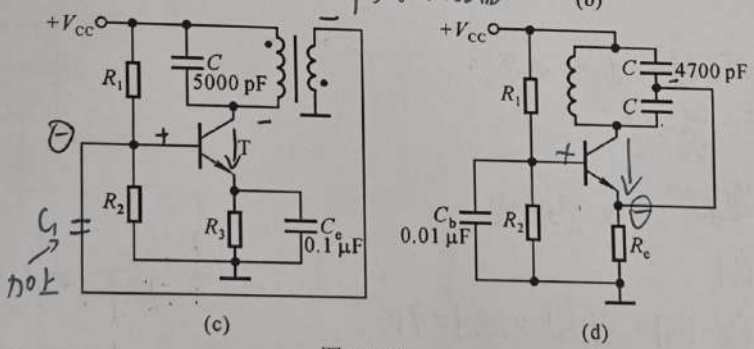


图 P7.10

(a) 共射放大电路， $\varphi_A = -180^\circ$ $\varphi_F = 180^\circ$ ，可以产生振荡

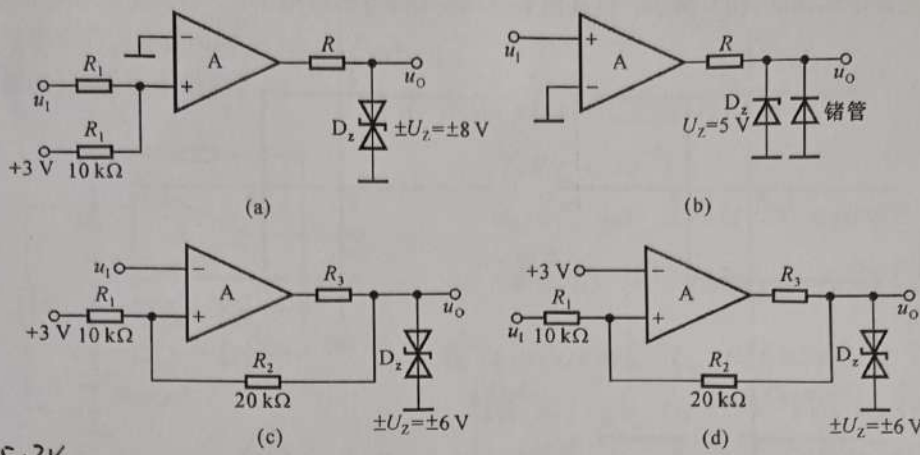
(b) 共基放大电路，电感三点式，首端交流接地， $\varphi_F = 0^\circ$
 $\varphi_A = 180^\circ$

但静态时 $u_c = u_e = V_{cc}$ ， $u_{be} < 0.7V$ ，晶体管截止，不能产生振荡

(c) 共射放大电路， $\varphi_A = 180^\circ$ 引入了负反馈，不能产生振荡

(d) 共基，电容三点式 满足相位条件，静态工作点合适，可以产生振荡

7.13 试分别求解图 P7.13 所示各电路的电压传输特性。



(a) $u_p = 0.5 u_i + 0.5 \cdot 3V$
 $= \frac{u_i}{2} + 1.5V$

$U_T = U_Z / u_p = u_n = 0 = -3V$

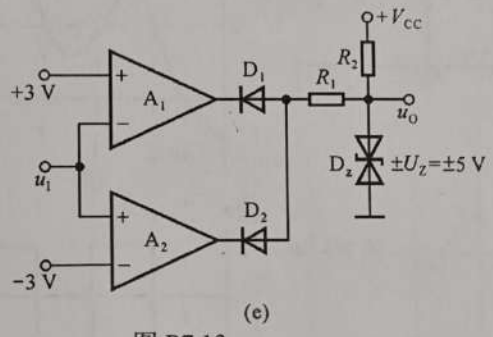
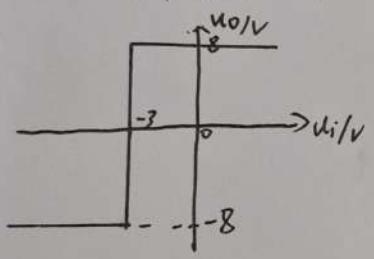
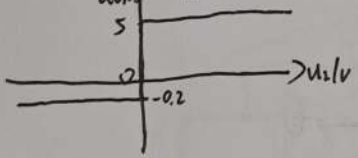


图 P7.13

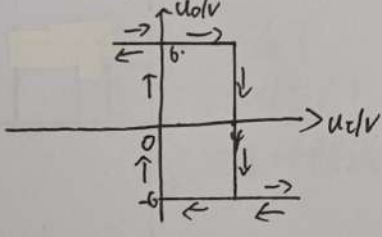
(b) $U_{Z+} = 5V, U_{Z-} = -0.2V$

$U_T = U_Z / u_p = u_n = 0V$



(c) $u_p = \frac{R_1}{R_1+R_2} U_Z + \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot 3V$

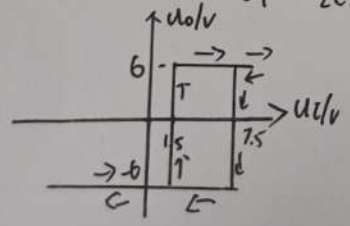
$U_T = U_Z / u_p = u_n \Rightarrow U_{T+} = 2 + \frac{1}{3} U_Z = 4V, U_{T-} = 2 - \frac{1}{3} U_Z = 0V$



(d) $u_p = \frac{R_1}{R_1+R_2} U_Z + \frac{R_2}{R_1+R_2} u_i$

$U_T = U_Z / u_p = u_n = 3V \Rightarrow U_{T+} = \frac{3}{2} (3 + \frac{1}{3} U_Z) = 7.5V$

$U_{T-} = \frac{3}{2} (3 - \frac{1}{3} U_Z) = 1.5V$



- (e) ① u_i > 3V 时, D₁ 导通, D₂ 截止 u_o = -5V
- ② u_i < -3V 时, D₁ 截止, D₂ 导通 u_o = -5V
- ③ -3V < u_i < 3V 时, D₁, D₂ 均截止 u_o = 5V

7.14 已知三个电压比较器的电压传输特性分别如图 P7.14 (a)、(b)、(c) 所示，它们的输入电压波形均如图 (d) 所示，试画出 u_{O1} 、 u_{O2} 和 u_{O3} 的波形。

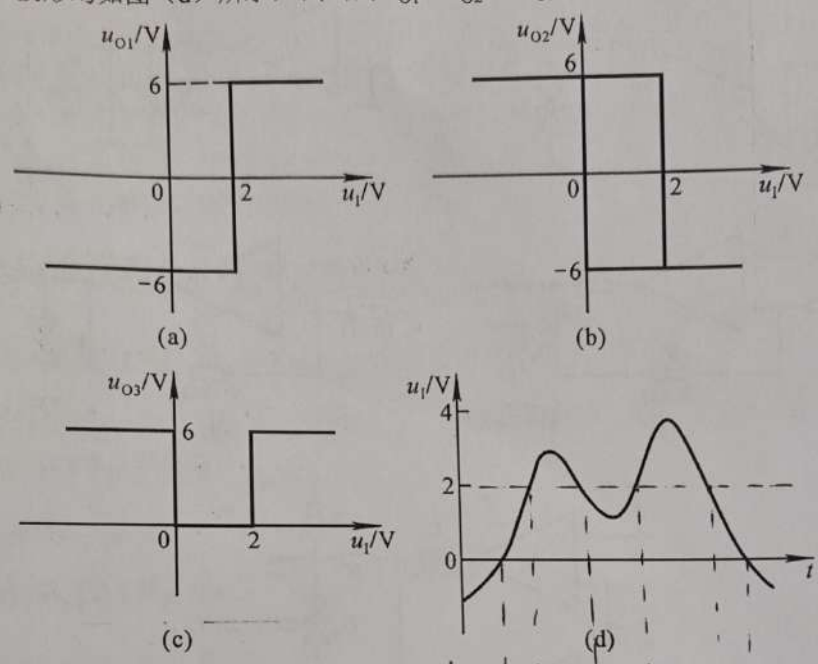
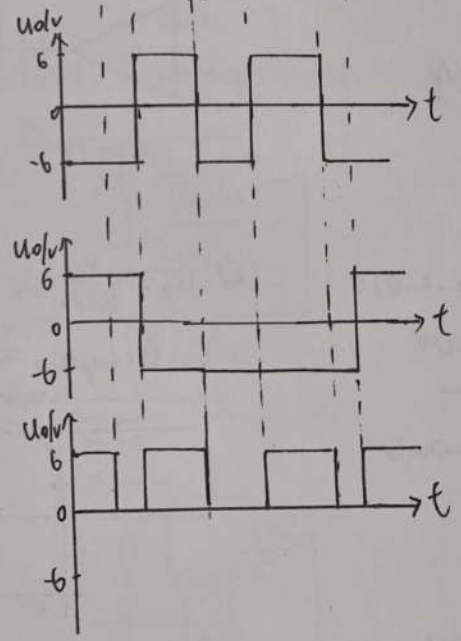


图 P7.14



$$f(t) = f(\infty) + [f(0) - f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

7.17 在图 P7.17 所示电路中, 已知 $R_1=10\text{ k}\Omega$, $R_2=20\text{ k}\Omega$, $C=0.01\text{ }\mu\text{F}$, 集成运放的最大输出电压幅值为 $\pm 12\text{ V}$, 二极管的动态电阻可忽略不计。

- (1) 求出电路的振荡周期;
- (2) 画出 u_o 和 u_c 的波形。

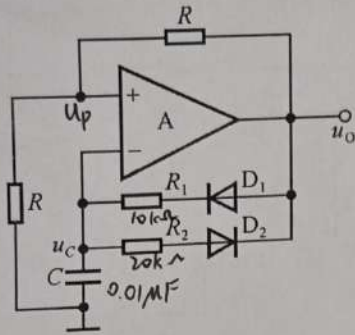


图 P7.17

$$u_p = \frac{1}{2}u_o$$

(1) ① $u_o = +12\text{ V}$ 时, 通过 D_1, R_1 给 C 充电

$$T_1 = R_1 C = 10^{-4}\text{ s}$$

$$u_c(0) = -6\text{ V}, u_c(t) = 6\text{ V}, u_c(\infty) = 12\text{ V}$$

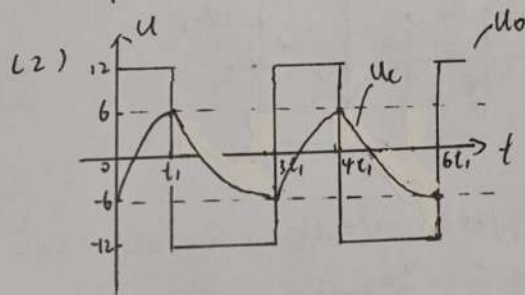
$$\text{三要素法: } 6 = 12 + [-6 - 12]e^{-\frac{t}{T_1}} \Rightarrow t_1 = T_1 \ln 3 = 10^{-4} \ln 3\text{ s}$$

② $u_o = -12\text{ V}$ 时, $T_2 = R_2 C = 2 \times 10^{-4}\text{ s}$

$$u_c(0) = 6\text{ V}, u_c(t) = -6\text{ V}, u_c(\infty) = -12\text{ V}$$

$$\text{三要素法: } -6 = -12 + [6 + 12]e^{-\frac{t}{T_2}} \Rightarrow t_2 = 2 \times 10^{-4} \ln 3\text{ s}$$

$$T = t_1 + t_2 = 3 \times 10^{-4} \ln 3\text{ s} \approx 3.30 \times 10^{-4}\text{ s}$$



7.18 图 P7.18 所示电路为某同学所接的方波发生电路, 试找出图中的三个错误, 并改正。

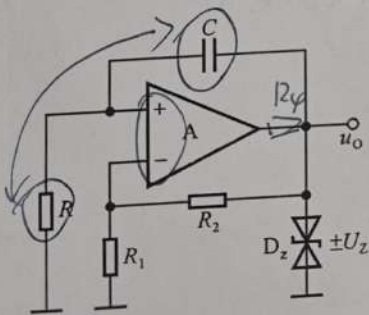


图 P7.18

① + - 反了

② R 与 C 位置反了

③ D_2 需要一个限流电阻 R_f

7.20 电路如图 P7.20 所示, 已知集成运放的最大输出电压幅值为 $\pm 12V$, U_i 的数值在 u_{O1} 的峰峰值之间。

- (1) 求解 u_{O3} 的占空比与 U_i 的关系式;
- (2) 设 $U_i = 2.5V$, 画出 u_{O1} 、 u_{O2} 和 u_{O3} 的波形。
- (3) 至少说出三种故障情况 (某元件开路或短路) 使得 A_2 的输出电压 u_{O2} 恒为 $12V$ 。

由于 A_2, A_3 引入正反馈, 故 $u_{O2} = \pm 12V$, $u_{O1} = \pm 12V$

$$u_{p2} = \frac{12}{R_2 + R_3} u_{O2} + \frac{R_3}{R_2 + R_3} u_{O1}; u_{n2} = 0V$$

$$\pm U_i = u_{i2} u_{p1} = u_{n2} = \mp \frac{R_2}{R_3} u_{O2} = \mp 6V$$

当 $u_{O1} > U_i$ 时, $u_{O3} = -12V$

当 $u_{O1} < U_i$ 时, $u_{O3} = +12V$

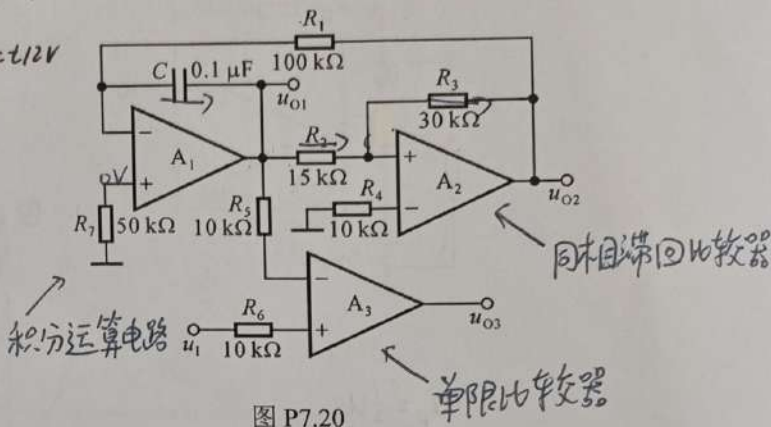
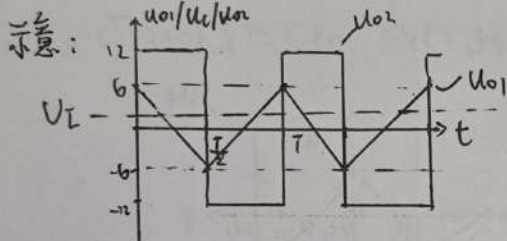


图 P7.20

$$-6V \text{ 到 } +6V, \Delta U = 12V, \Delta Q = 12C = 1.2\mu C$$

$$\text{充电电流 } i_c = \frac{u_{O2}}{R_1} = \frac{12}{100k} = 1.2 \times 10^{-5} A$$

$$\frac{T}{2} = \frac{\Delta Q}{i_c} = \frac{1.2 \times 10^{-6}}{1.2 \times 10^{-5}} = 0.01s$$

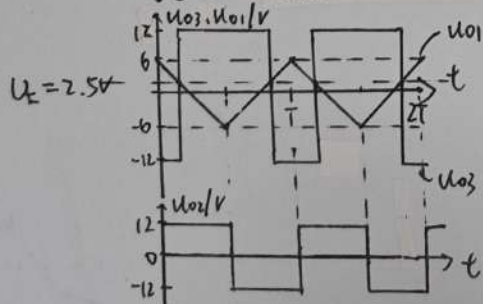
$$T = 0.02s$$

设 u_{O3} 高电平占时为 T_1 , 经过 $\frac{T-T_1}{2}$ 从 $6V$ 放电, 即

$$\frac{T-T_1}{2} = \frac{\Delta Q'}{i_c} = \frac{(6-u_i) \cdot 0.1\mu}{1.2 \times 10^{-5}} \Rightarrow T_1 = \frac{6+u_i}{600} s$$

$$\text{占空比 } q = \frac{T_1}{T} = \frac{6+u_i}{12}$$

(2) $U_i = 2.5V$ 时, 波形如下。



$$q = \frac{6+2.5}{12} \approx 70.8\%$$

(3) R_2 断路, C 断路, R_3 开路

模拟电子技术基础第 8 章作业

班级	自动化7班	学号	220320726	姓名	袁尚品	成绩
----	-------	----	-----------	----	-----	----

8.3 电路如图 P8.2 所示。在出现下列故障时,分别产生什么现象。

- (1) R_1 开路; (2) D_1 开路; (3) R_2 开路; (4) T_1 集电极开路;
 (5) R_1 短路; (6) D_1 短路。

消除交越失真的晶体管 OCL 电路

(1) R_1 开路: T_1 一直不通, T_2 只在负半周导通,
 u_o 只有负半波形

(2) D_1 开路: $I_{BQ} = \frac{2V_{CC} - U_{BEQ1} - |U_{BEQ2}|}{R_1 + R_2}$, 且 T_1, T_2 均放大,

$$P_T = V_{CC} I_{CQ} = V_{CC} \beta I_{BQ} \text{ 很大}$$

T_1, T_2 管可能因功耗过大而损坏

(3) R_2 开路: u_o 只有正半波形

(4) T_1 集电极开路: T_2 可能会功耗过大而损坏

若 T_2 没有损坏, 则输出 u_o 波形的负半周幅值大, 正半周不对称

(5) R_1 短路: D_1 被击穿短路, 输出 u_o 被钳位在 $1.3V$ (若 $V_{CC} = 15V$)

(6) D_1 短路: 静态时: T_1 没有微导通, T_2 微导通

$\Rightarrow u_o$ 正半周失真, 负半周不失真

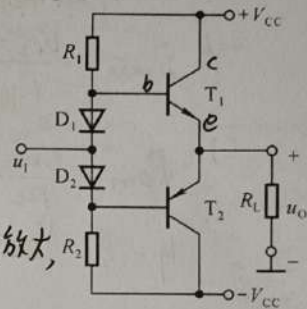


图 P8.2

8.4 在图 P8.2 所示电路中, 已知 $V_{CC} = 16V$, $R_L = 4\Omega$, T_1 和 T_2 管的饱和管压降 $|U_{CES}| = 2V$, 输入电压足够大。试问:

- (1) 最大输出功率 P_{om} 和效率 η 各为多少?
 (2) 晶体管的最大功耗 P_{Tmax} 为多少?
 (3) 为了使输出功率达到 P_{om} , 输入电压的有效值约为多少?

$$(1) P_{om} = \frac{U_{om}^2}{R_L} = \frac{(V_{CC} - |U_{CES}|)^2}{2R_L} = \frac{(16-2)^2}{2 \times 4} = 24.5W$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} \frac{V_{CC} - |U_{CES}|}{V_{CC}} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{16-2}{16} \approx 68.7\%$$

$$(2) P_{Tmax} = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = \frac{16^2}{\pi^2 \times 4} \approx 6.48W$$

$$(3) P_o = P_{om} \Rightarrow U_o = U_{om} = \frac{V_{CC} - |U_{CES}|}{\sqrt{2}} \approx 9.9V$$

由于 $u_o = u_i$ 跟随作用, $U_i = U_o = 9.9V$

8.9 在图 P8.9 所示电路中, 已知 $V_{CC} = 15V$, T_1 和 T_2 管的饱和管压降 $|U_{CES}| = 2V$, 输入电压足够大。求解:

- (1) 最大不失真输出电压的有效值;
- (2) 负载电阻 R_L 上电流的最大值;
- (3) 最大输出功率 P_{om} 和效率 η 。

解: (1)
$$U_{om} = \frac{R_L}{R_4 + R_L} U_{om}' = \frac{R_L}{R_4 + R_L} \frac{V_{CC} - U_{CES}}{\sqrt{2}} \approx 8.65V$$

(2)
$$i_{Lmax} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{R_4 + R_L} \approx 1.53A$$

(3)
$$P_{om} = \frac{U_{om}^2}{R_L} \approx 9.35W$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{CC} - U_{CES} - U_{R4}}{V_{CC}} \approx 64\%$$

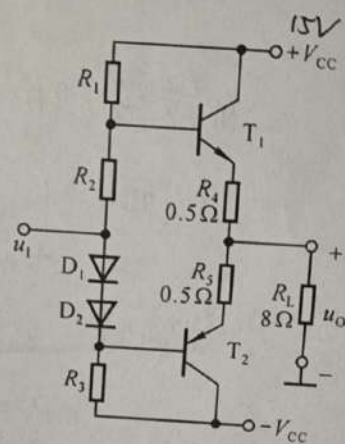


图 P8.9

8.11 在图 P8.11 所示电路中, 已知 $V_{CC}=15V$, T_1 和 T_2 管的饱和管压降 $|U_{CES}|=1V$, 集成运放的最大输出电压幅值为 $\pm 13V$, 二极管的导通电压为 $0.7V$ 。

(1) 若输入电压幅值足够大, 则电路的最大输出功率为多少?

(2) 为了提高输入电阻, 稳定输出电压, 且减小非线性失真, 应引入哪种组态的交流负反馈? 画出图来。

(3) 若 $U_i=0.1V$ 时, $U_o=5V$, 则反馈网络中电阻的取值约为多少?

$$(1) U_{om} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{\sqrt{2}} \quad \hat{P}_{om} = \frac{U_{om}^2}{R_L} = \frac{(V_{CC} - U_{CES})^2}{2R_L}$$

解: (1) $U_{om} = V_{CC} - U_{CES} = 14V$
 但输入只有 $\pm 13V$, 达不到 $14V$
 $U_{om} = U_{im} = 13V$
 $P_{om} = \frac{U_{om}^2}{R_L} = \frac{13^2}{2 \times 8} = 10.56W$

(2) 引入电压串联负反馈

(3) ~~$u_p = u_i = 0.1V$~~ 由虚短虚断知,
 $U_p = U_n = U_i = 0.1V$ 由 $\frac{U_n}{U_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_f}$ 得 $R_f = 49k\Omega$

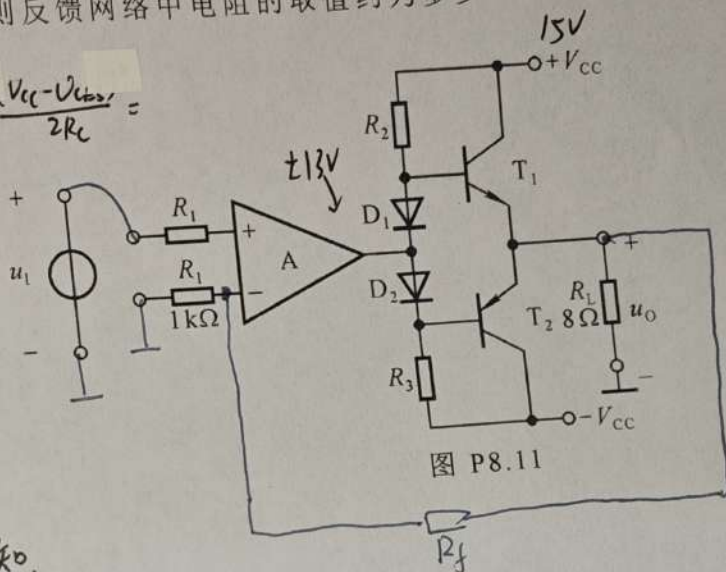


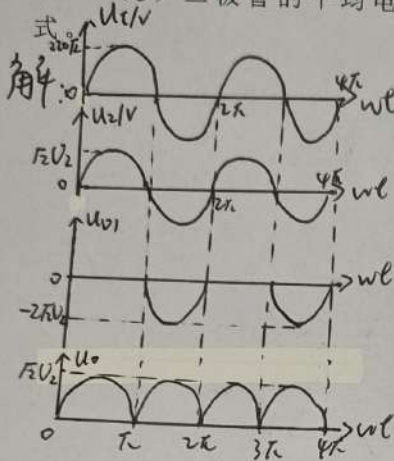
图 P8.11

模拟电子技术基础第9章作业

班级 自动化7班	学号 220320726	姓名 彭尚品	成绩
----------	--------------	--------	----

9.6 电路如图 P9.6 所示，变压器副边电压有效值为 $2U_2$ 。

- (1) 画出 u_2 、 u_{D1} 和 u_o 的波形；
- (2) 求出输出电压平均值 $U_{O(AV)}$ 和输出电流平均值 $I_{L(AV)}$ 的表达式；
- (3) 二极管的平均电流 $I_{D(AV)}$ 和所承受的最大反向电压 U_{Rmax} 的表达式



$$U_{O(AV)} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t d(\omega t) = 0.9 U_2$$

$$I_{L(AV)} = \frac{U_{O(AV)}}{R_L} = \frac{0.9 U_2}{R_L}$$

单相全波整流电路

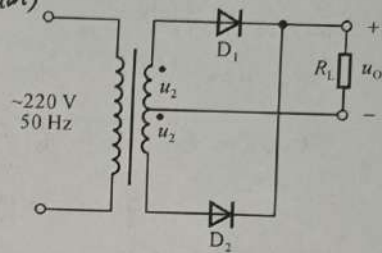


图 P9.6

(3) 对每一个二极管, 只在周期内一半时间是导通的 $I_{D(AV)} = \frac{I_{L(AV)}}{2} = \frac{0.45 U_2}{R_L}$

最大反向电压 $U_{Rmax} = 2\sqrt{2} U_2$

9.7 电路如图 P9.7 所示，变压器副边电压有效值 $U_{21} = 50V$ ， $U_{22} = 20V$ 。试问：

- (1) 输出电压平均值 $U_{O1(AV)}$ 和 $U_{O2(AV)}$ 各为多少？
- (2) 各二极管承受的最大反向电压为多少？

解: (1) u_{O1} 为单相半波整流输出
 u_{O2} 为全波整流

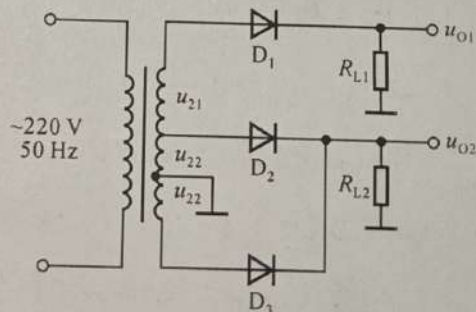
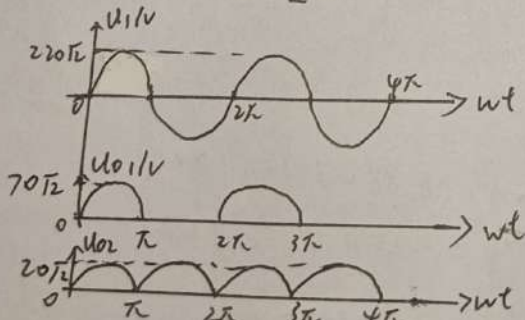


图 P9.7

(2) $D_1: U_{Rmax} = 70\sqrt{2}V \approx 99V$

$D_2: U_{Rmax} = 2U_{22}\sqrt{2} = 40\sqrt{2} \approx 57V$

$D_3: U_{Rmax} \approx 57V$

故 $U_{O1(AV)} = 70 \cdot 0.45 = 31.5V$

$U_{O2(AV)} = 20 \cdot 0.9 = 18V$

9.8 电路图 P9.8 所示。

- (1) 分别标出 u_{O1} 和 u_{O2} 对地的极性；
- (2) u_{O1} 、 u_{O2} 分别是半波整流还是全波整流？
- (3) 当 $U_{21} = U_{22} = 20V$ 时， $U_{O1(AV)}$ 和 $U_{O2(AV)}$ 各为多少？
- (4) 当 $U_{21} = 18V$ ， $U_{22} = 22V$ 时，画出 u_{O1} 、 u_{O2} 的波形；并求出 $U_{O1(AV)}$ 和 $U_{O2(AV)}$ 各为多少？

解：

(1) 输入信号正半周：

$$u_{O1} = u_{21}, u_{O2} = -u_{22}$$

输入信号负半周：

$$u_{O1} = u_{22}, u_{O2} = -u_{21}$$

(2) u_{O1} 、 u_{O2} 都是全波整流

(3) $U_{O1(AV)} = 0.9 \cdot 20V \approx 18V$

$$U_{O2(AV)} \approx 18V$$

(4) $U_{O1(AV)} = 0.45 U_{21} + 0.45 U_{22} \approx 18V$

$$U_{O2(AV)} \approx 18V$$

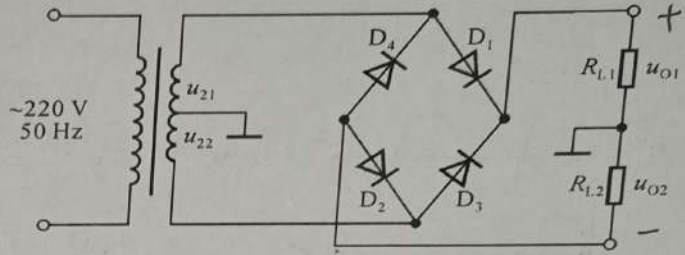
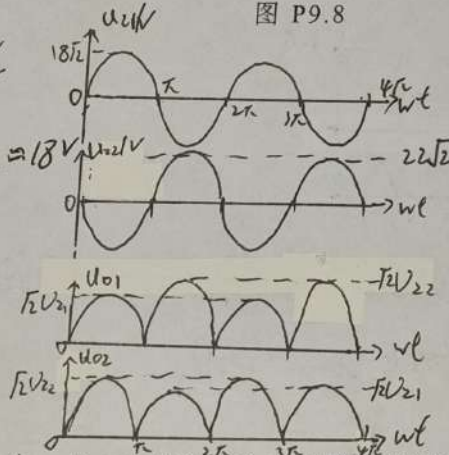


图 P9.8



9.17 在图 P9.17 所示电路中， $R_1 = 240\Omega$ ， $R_2 = 3k\Omega$ ；W117 输入端和输出端电压允许范围为 $3 \sim 40V$ ，输出端和调整端之间的电压 U_R 为 $1.25V$ 。试求解：

- (1) 输出电压的调节范围；
- (2) 输入电压允许的范围。

解：(1) $U_0 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} U_R$

$$\Rightarrow U_R \leq U_0 \leq \frac{R_1 + R_2}{R_1} U_R$$

$$\text{即 } 1.25V \leq U_0 \leq 16.88V$$

(2) 由题意知 $U_C - U_0 = 3 \sim 40V$

$$\text{故 } U_{Cmin} = U_{0max} + (U_C - U_0)_{min} = 16.88V + 3V = 19.88V$$

$$U_{Cmax} = U_{0min} + (U_C - U_0)_{max} = 1.25 + 40 = 41.25V$$

故 输入电压允许范围是 $19.88V \sim 41.25V$

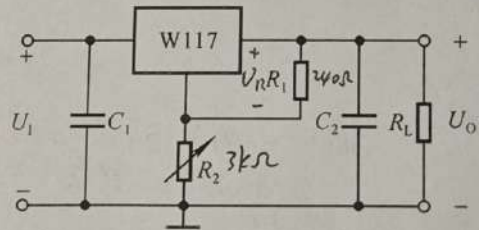


图 P9.17