

模拟电路 典型习题解答

好好学

例题1

电路如图1所示， $V_{CC}=15V$ ， $\beta=100$ ， $U_{BE}=0.7V$ 。试问

(1) $R_b=50k\Omega$ 时， $u_O=?$

(2) 若T临界饱和，则 $R_b\approx?$

解：(1) $R_b=50k\Omega$ 时，基极电流、

集电极电流和管压降分别为

$$I_B = \frac{V_{BB} - U_{BE}}{R_b} = 26\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 2.6mA$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 2V$$

所以输出电压 $U_O = U_{CE} = 2V$ 。

(2) 设临界饱和时 $U_{CES} = U_{BE} = 0.7V$ ，

所以 $I_C = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{R_c} = 2.86 mA$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 28.6\mu A$$

$$R_b = \frac{V_{BB} - U_{BE}}{I_B} \approx 45.4k\Omega$$

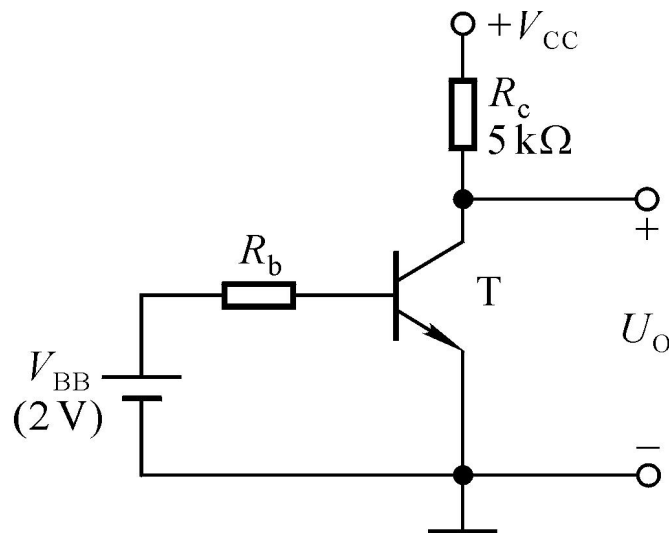
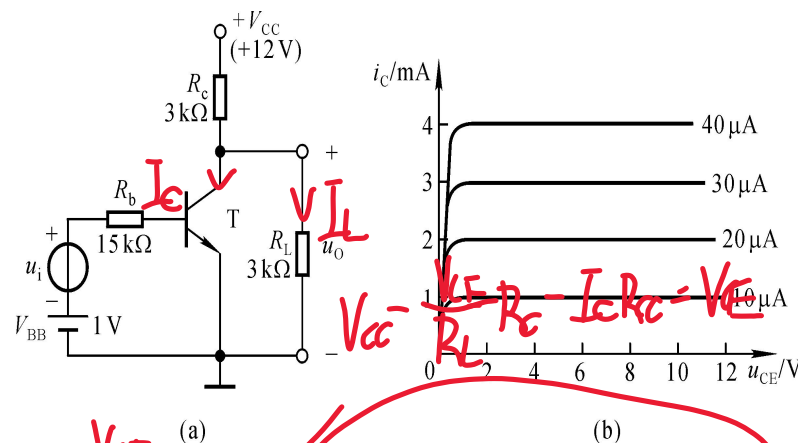


图1

例题2

- 电路如图2 (a) 所示, 图 (b) 是晶体管的输出特性, 静态时 $U_{BEQ} = 0.7V$ 。利用图解法分别求出 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 3k\Omega$ 时的静态工作点和最大不失真输出电压 U_{om} (有效值)。

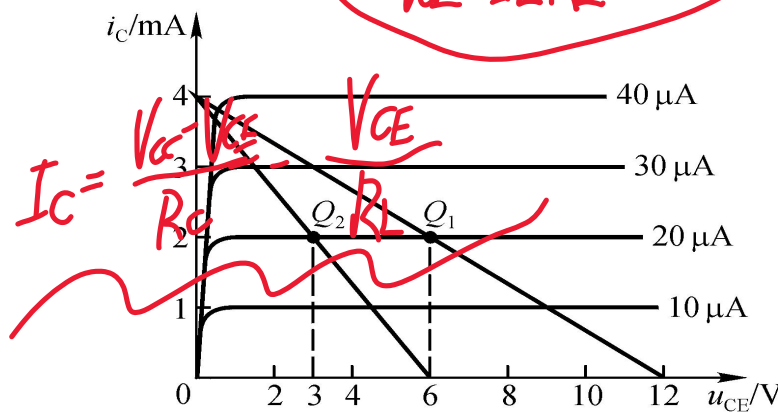


解:

空载时: $I_{BQ} = 20\mu A$, $I_{CQ} = 2mA$, $U_{CEQ} = 6V$; 最大不失真输出电压峰值约为 $5.3V$, 有效值约为 $3.75V$ 。

带载时: $I_{BQ} = 20\mu A$, $I_{CQ} = 2mA$, $U_{CEQ} = 3V$; 最大不失真输出电压峰值约为 $2.3V$, 有效值约为 $1.63V$ 。

如解图2所示。



解图2

例题3

电路如图3所示，晶体管的 $\beta=80$, $r_{be}=100\Omega$ 。分别计算

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

解：（1）在空载和带负载情况下，电路的静态电流、 r_{be} 均相等，它们分别为：

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b} - \frac{U_{BEQ}}{R} \approx 22\mu A$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 1.76mA$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{EQ}} \approx 1.3k\Omega$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c \approx 6.2V$$

$$\dot{A}_u = - \frac{\beta R_c}{r_{be}} \approx -308$$

$$R_i = R_b // r_{be} \approx r_{be} \approx 1.3k\Omega$$

$$\dot{A}_{us} \approx \frac{r_{be}}{R_s + r_{be}} \cdot \dot{A}_u \approx -93$$

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

（2）空载时，静态管压降、电压放大倍数、输入电阻和输出电阻分别为：

$$U_{CEQ} = \frac{R_L}{R_c + R_L} V_{CC} - I_{CQ} (R_c // R_L) \approx 2.3V$$

$$\dot{A}_u = - \frac{\beta R_L'}{r_{be}} \approx -115$$

$$\dot{A}_{us} \approx \frac{r_{be}}{R_s + r_{be}} \cdot \dot{A}_u \approx -47$$

（3） $R_L=5k\Omega$ 时，静态管压降、电压放大倍数分别为：

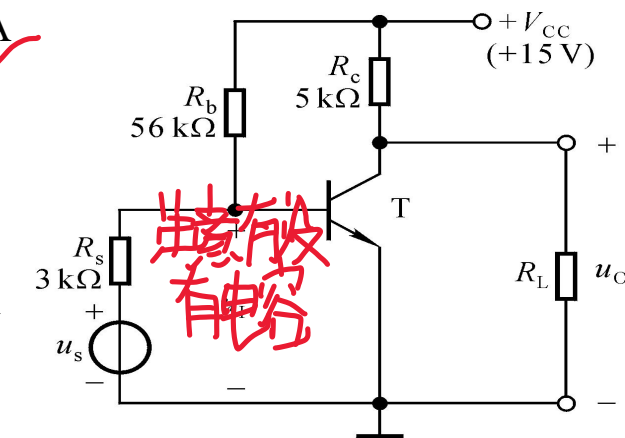


图3

$$R_i = R_b // r_{be} \approx r_{be} \approx 1.3k\Omega$$

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

例题4

大概率不考

- 图4所示电路参数理想对称， $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ ， $r_{be1} = r_{be2} = r_{be}$ 。
- (1) 写出 R_W 的滑动端在中点时 A_d 的表达式；
- (2) 写出 R_W 的滑动端在最右端时 A_d 的表达式，比较两个结果有什么不同。

解：(1) R_W 的滑动端在中点时 A_d 的表达式为：

$$A_d = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_I} = - \frac{\beta(R_c + \frac{R_W}{2})}{r_{be}}$$

(2) R_W 的滑动端在最右端时：

$$\Delta u_{C1} = - \frac{\beta(R_c + R_W)}{2r_{be}} \cdot \Delta u_I$$

$$\Delta u_{C2} = + \frac{\beta R_c}{2r_{be}} \cdot \Delta u_I$$

$$\Delta u_O = \Delta u_{C1} - \Delta u_{C2} = - \frac{\beta(R_c + \frac{R_W}{2})}{r_{be}} \cdot \Delta u_I$$

所以 A_d 的表达式为：

$$A_d = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_I} = - \frac{\beta(R_c + \frac{R_W}{2})}{r_{be}}$$

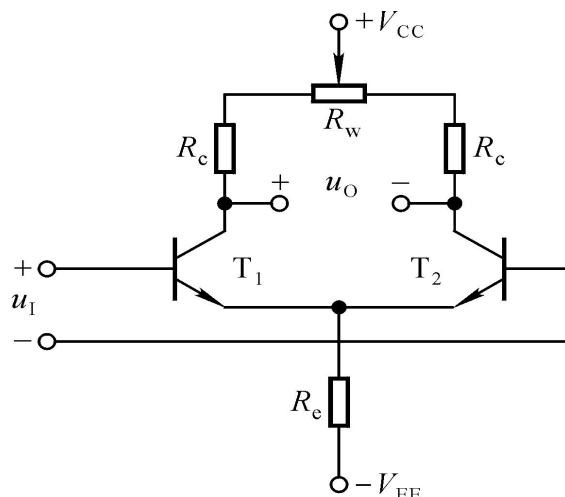


图4

比较结果可知，两种情况下的 A_d 完全相等；但第二种情况下的 $|\Delta u_{C1}| > |\Delta u_{C2}|$ 。

例题5

- 多路电流源电路如图5所示，已知所有晶体管的特性均相同， U_{BE} 均为0.7V。试求 I_{C1} 、 I_{C2} 各为多少。

解：因为 T_1 、 T_2 、 T_3 的特性均相同，且 U_{BE} 均相同，所以它们的基极、集电极电流均相等，设集电极电流为 I_C 。先求出 R 中电流，再求解 I_{C1} 、 I_{C2} 。

$$I_R = \frac{V_{CC} - U_{BE3} - U_{BE0}}{R} = 100 \mu A$$

$$I_R = I_{C0} + I_{B3} = I_{C0} + \frac{3I_B}{1 + \beta} = I_C + \frac{3I_C}{\beta(1 + \beta)}$$

$$I_C = \frac{\beta^2 + \beta}{\beta^2 + \beta + 3} \cdot I_R$$

当 $\beta(1 + \beta) \gg 3$ 时

$$I_{C1} = I_{C2} \approx I_R = 100 \mu A$$

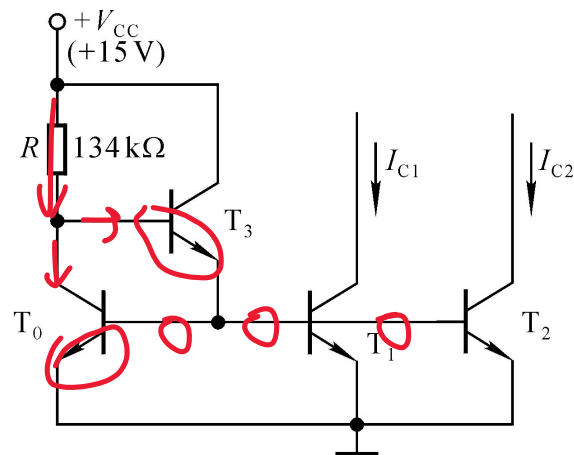


图5

例题6

- 在图6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: (1) 求解 $C_1:C_2$

因为

$$C_1 (R_s + R_i) = C_2 (R_c + R_L)$$

将电阻值代入上式, 求出

$$C_1 : C_2 = 5 : 1。$$

2) 求解 C_1 、 C_2 的容量和下限频率

$$C_1 = \frac{\tau}{R_s + R_i} \approx 12.5\mu\text{F}$$

$$C_2 = \frac{\tau}{R_c + R_L} \approx 2.5\mu\text{F}$$

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

$$f_L \approx 1.1\sqrt{2}f_{L1} \approx 10\text{Hz}$$

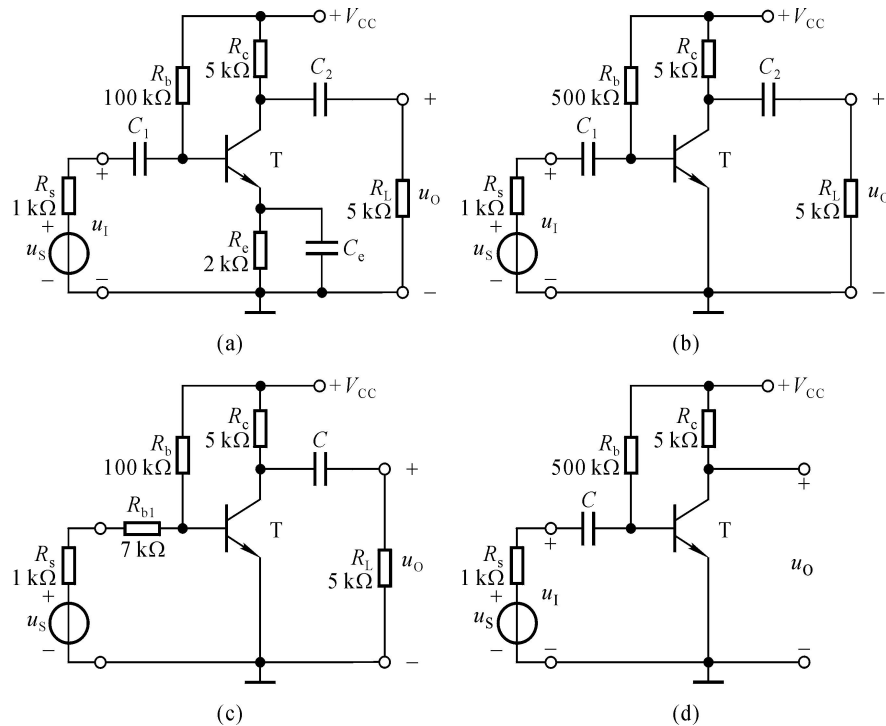


图6

例题7 ☆

判断图7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。

解：

图(a)所示电路中引入了直流负反馈。

图(b)所示电路中引入了交、直流正反馈。

图(c)所示电路中引入了直流负反馈。

图(d)、(e)、(f)、(g)、(h)所示各电路中均引入了交、直流负反馈。

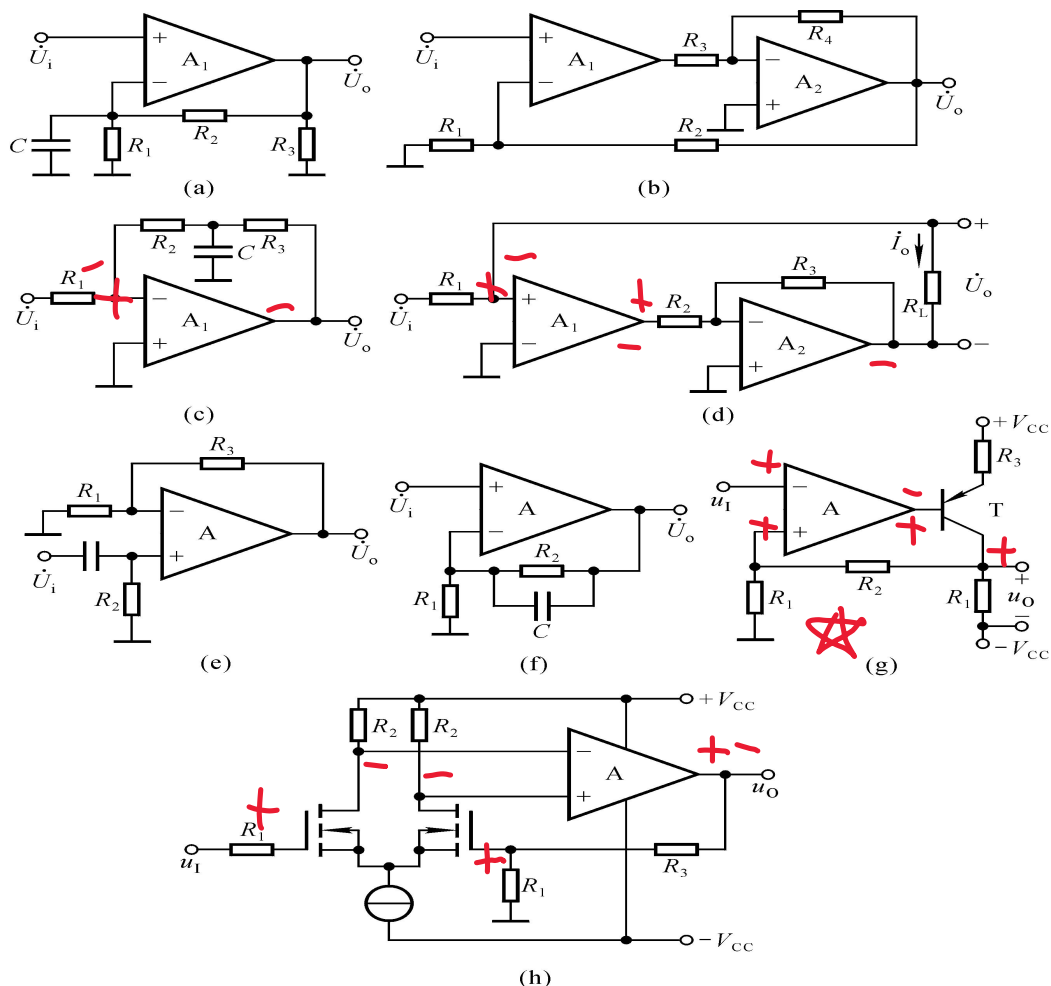


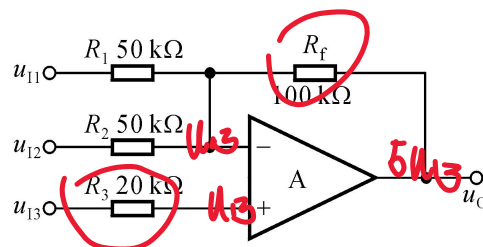
图7

例题8 ☆

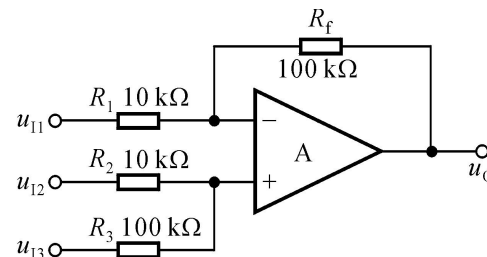
试求图8所示各电路输出电压与输入电压的运算关系式。

解：

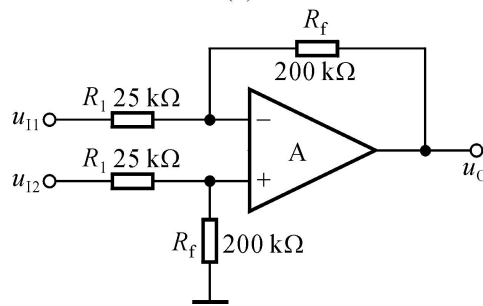
在图示各电路中，集成运放的同相输入端和反相输入端所接总电阻均相等。各电路的运算关系式分析如下：



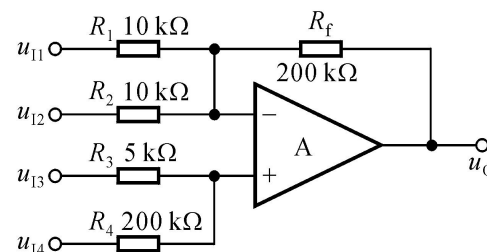
(a)



(b)



(c)



(d)

图8

$$(a) \quad u_O = -\frac{R_f}{R_1} \cdot u_{11} - \frac{R_f}{R_2} \cdot u_{12} + \frac{R_f}{R_3} \cdot u_{13} = -2u_{11} - 2u_{12} + 5u_{13}$$

$$(b) \quad u_O = -\frac{R_f}{R_1} \cdot u_{11} + \frac{R_f}{R_2} \cdot u_{12} + \frac{R_f}{R_3} \cdot u_{13} = -10u_{11} + 10u_{12} + u_{13}$$

$$(c) \quad u_O = \frac{R_f}{R_1} (u_{12} - u_{11}) = 8(u_{12} - u_{11})$$

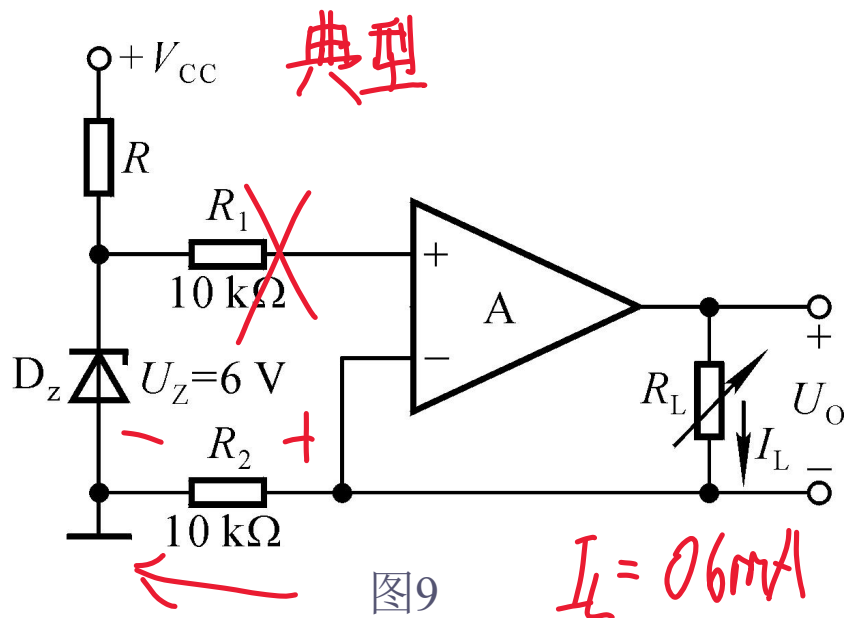
$$(d) \quad u_O = -\frac{R_f}{R_1} \cdot u_{11} - \frac{R_f}{R_2} \cdot u_{12} + \frac{R_f}{R_3} \cdot u_{13} + \frac{R_f}{R_4} \cdot u_{14} \\ = -20u_{11} - 20u_{12} + 40u_{13} + u_{14}$$

例题9 可能考

- 图9所示为恒流源电路，已知稳压管工作在稳压状态，试求负载电阻中的电流。

解：

$$I_L = \frac{u_P}{R_2} = \frac{U_Z}{R_2} = 0.6 \text{ mA}$$



例题10 重点

在图10 (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。

解：输出电压的表达式为：

$$u_O = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_I dt + u_O(t_1)$$

当 u_I 为常量时 $u_O = -\frac{1}{RC} u_I(t_2 - t_1) + u_O(t_1)$

$$= -\frac{1}{10^5 \times 10^{-7}} u_I(t_2 - t_1) + u_O(t_1)$$

$$= -100 u_I(t_2 - t_1) + u_O(t_1)$$

若 $t=0$ 时 $u_O=0$ ，则 $t=5\text{ms}$ 时

$$u_O = -100 \times 5 \times 5 \times 10^{-3} \text{V} = -2.5 \text{V}。$$

当 $t=15\text{ms}$ 时

$$u_O = [-100 \times (-5) \times 10 \times 10^{-3} + (-2.5)] \text{V} = 2.5 \text{V}。$$

因此输出波形如解图10所示。

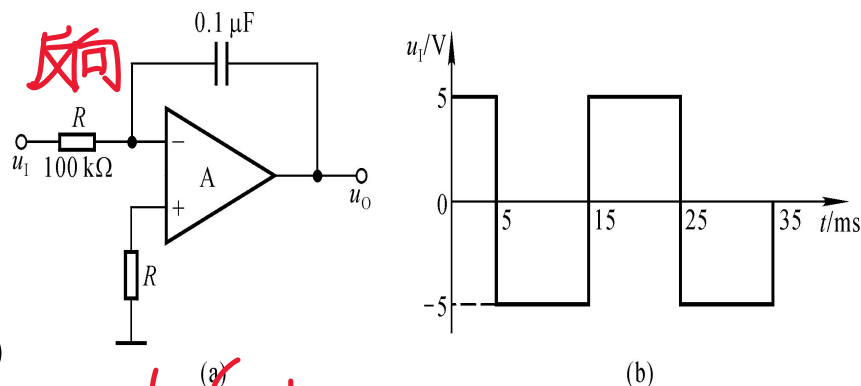
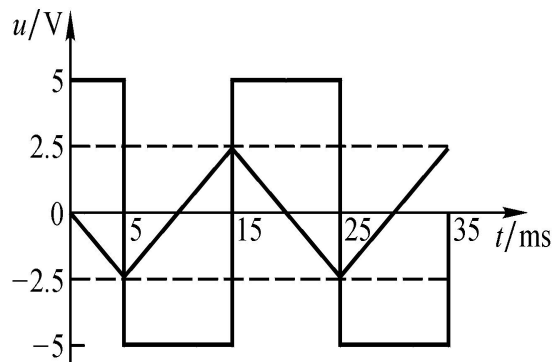


图10

反向
 $-\frac{1}{RC} \int u_I dt$
 $10^5 \times 10^{-7}$



解图10

例题11

考察对运放的理解

电路如图11所示。

- (1) 为使电路产生正弦波振荡，标出集成运放的“+”和“-”；并说明电路是哪一种正弦波振荡电路。
- (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？

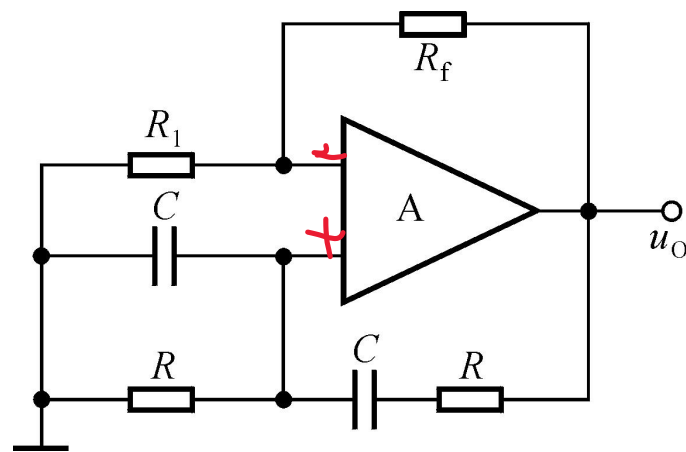


图11

解：(1) 上“-”下“+”。

(2) 输出严重失真，几乎为方波。

(3) 输出为零。

(4) 输出为零。

(5) 输出严重失真，几乎为方波。

例题12 考☆

已知电路如图12所示， T_1 和 T_2 管的饱和管压降
 $|U_{CES}| = 3V$ ， $V_{CC} = 15V$ ， $R_L = 8\Omega$ 。选择正确
答案填入空内。

- (1) 电路中 D_1 和 D_2 管的作用是消除_____。
A. 饱和失真 B. 截止失真 C. 交越失真
- (2) 静态时，晶体管发射极电位 U_{EQ} _____。
A. $>0V$ B. $=0V$ C. $<0V$
- (3) 最大输出功率 P_{OM} _____。
A. $\approx 28W$ B. $=18W$ C. $=9W$
- (4) 当输入为正弦波时，若 R_1 虚焊，即开路，则输出
电压_____。
A. 为正弦波 B. 仅有正半波 C. 仅有负半波
- (5) 若 D_1 虚焊，则 T_1 管_____。
A. 可能因功耗过大烧坏 B. 始终饱和
C. 始终截止

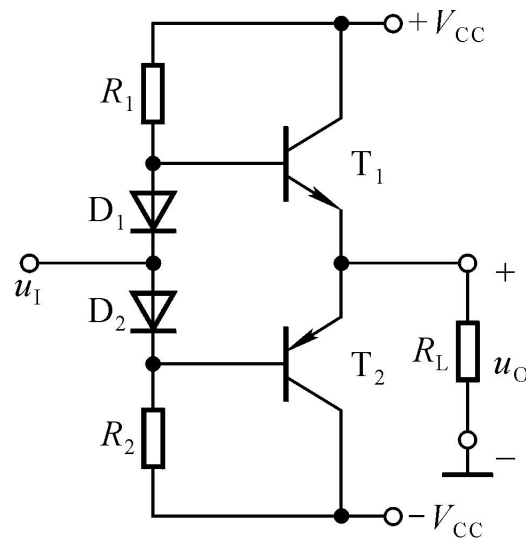


图12

解： (1) C (2) B (3) C (4) C (5) A

例题13

和参考题差不多

直流稳压电源如图13所示。

(1) 说明电路的整流电路、滤波电路、调整管、基准电压电路、比较放大电路、采样电路等部分各由哪些元件组成。

(2) 标出集成运放的同相输入端和反相输入端。

写出输出电压的表达式。

解：

(1) 整流电路： $D_1 \sim D_4$ ；滤波电路： C_1 ；调整管： T_1 、 T_2 ；基准电压电路： R 、 D_z ；比较放大电路： A ；取样电路： R_1 、 R_2 、 R_3 。

(2) 为了使电路引入负反馈，集成运放的输入端上为“—”下为“+”。

(3) 输出电压的表达式为：

$$\frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3} \cdot U_Z \leq U_O \leq \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} \cdot U_Z$$

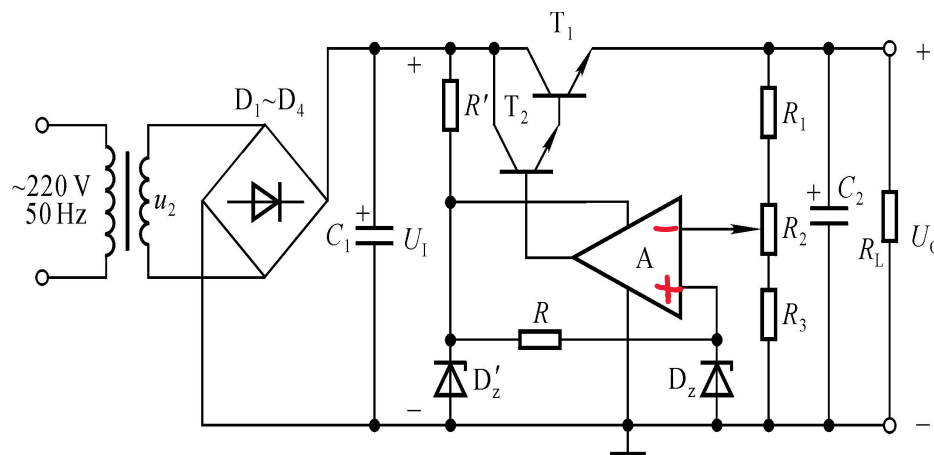


图13