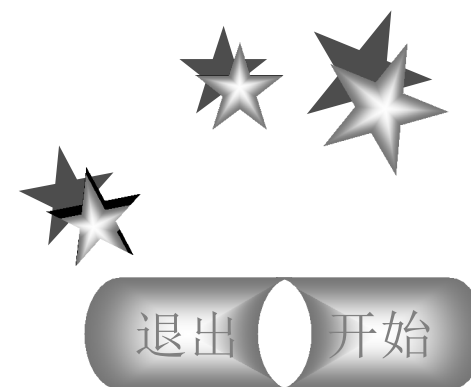




第五十六章复习

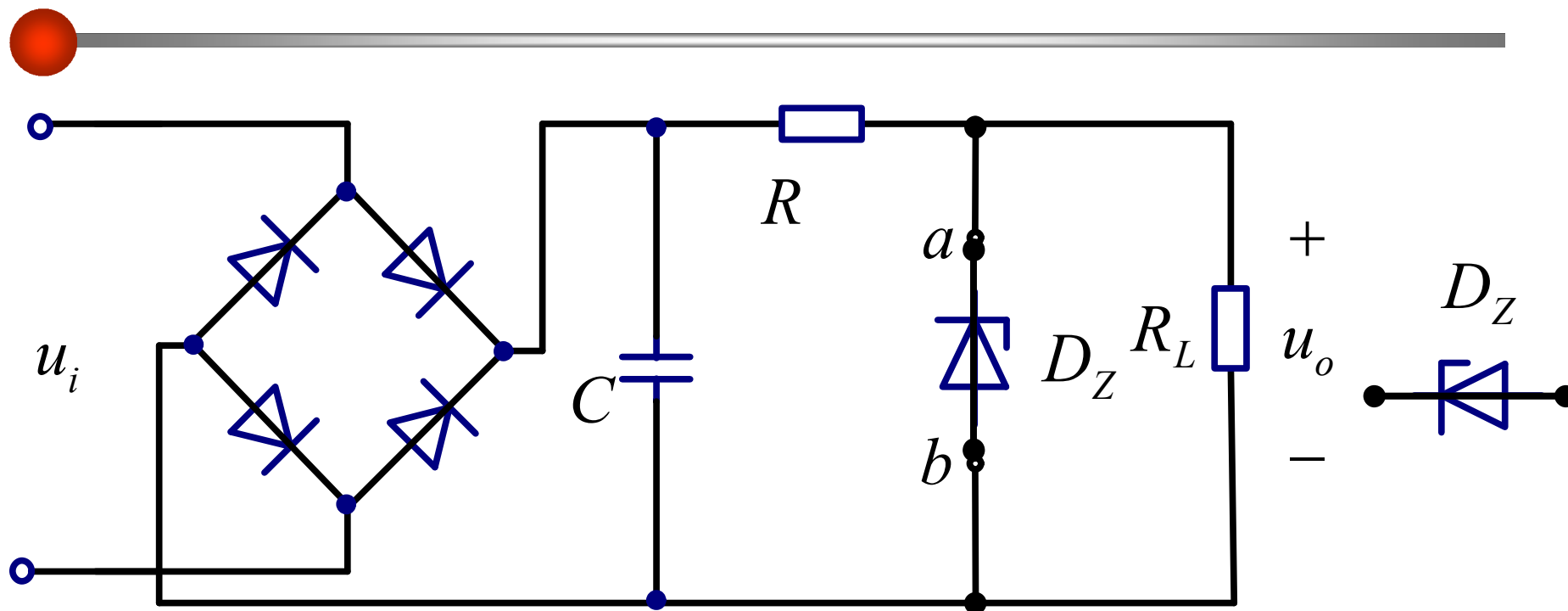
北京邮电大学电子工程学院
2012. 1



5-1 选择合适的答案填入空内。

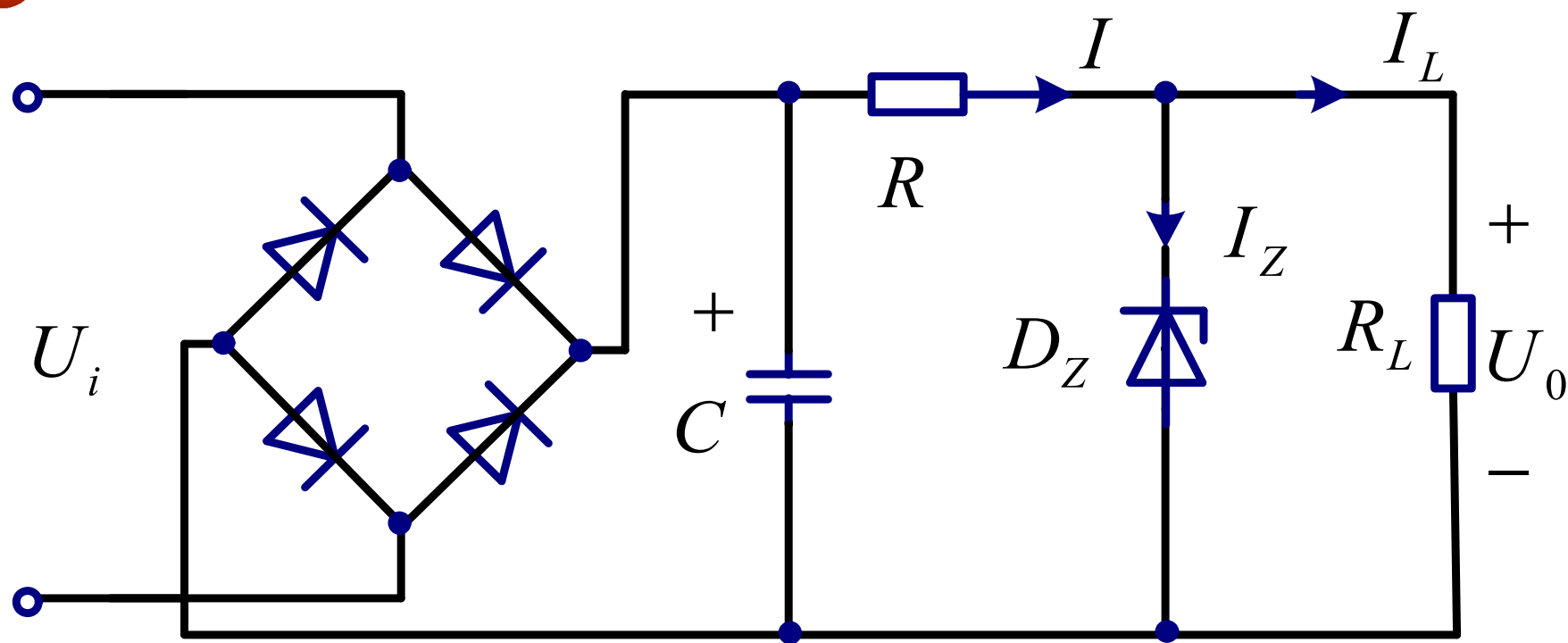
- (1) 稳压管的正常工作在反向击穿状态，在这个状态下，电流变化幅度很大，而电压变化幅度很小。
- (2) 三极管处于放大状态时，发射结处于正偏，集电结处于反偏。

5-1 (3) 题图5-1(a)所示电路是一个简易整流电源电路。为了使负载电阻 R_L 上的电压稳定，需在电路中接入一只稳压管 D_Z 如图所示，把 D_Z 正确地接在 **a**，**b** 端子上。



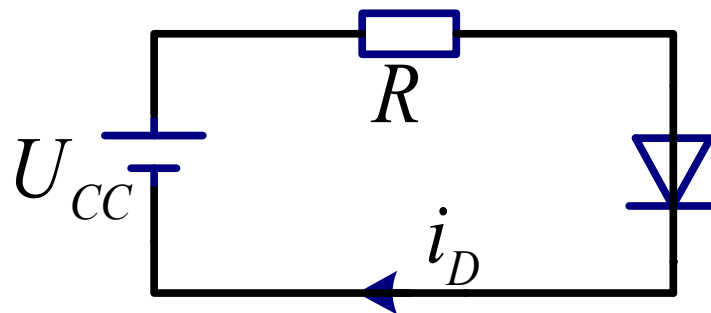
5-1 (4) 题图5-1(b)所示稳压管稳压电路中，当 R_L 变化时，则电路的稳压过程可表示为：

$$R_L \downarrow (I_L \uparrow) \rightarrow I \uparrow \rightarrow U_0 \downarrow \rightarrow I_Z \downarrow \rightarrow I \downarrow \rightarrow IR \downarrow \rightarrow U_0 \uparrow$$



5-8 计算题图5-2所示电路中电流 i_D 大小。设二极管D有0.7V的管压降，图中 $R=1k\Omega$ ，电源电压为5V。

解： $Ri_D + 0.7 - U_{CC} = 0$



$$i_D = \frac{U_{CC} - 0.7}{R} = \frac{5 - 0.7}{10^3} = 4.3mA$$

5-9 判断题图5-3所示电路中的二极管是导通还是截止，为什么？

解：设C点电位为0：

$$V_A = U_{AC} = \frac{40}{40 + 200} \times 24 = 4V$$

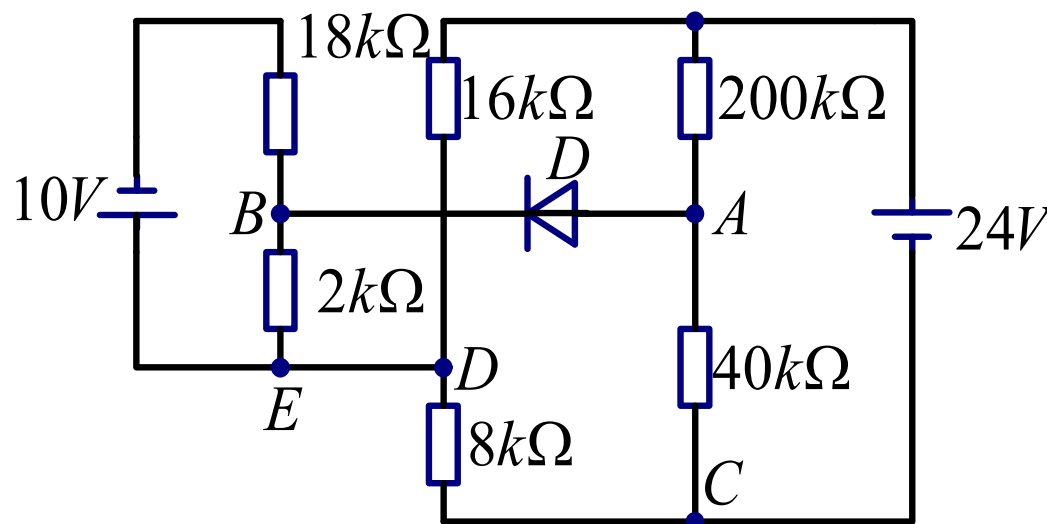
$$V_E = V_D = U_{DC} = \frac{8}{8 + 16} \times 24 = 8V$$

$$U_{BE} = \frac{2}{2 + 18} \times 10 = 1V$$

$$V_B = U_{BE} + V_E = 9V$$

$$V_B > V_A$$

所以二极管截止。

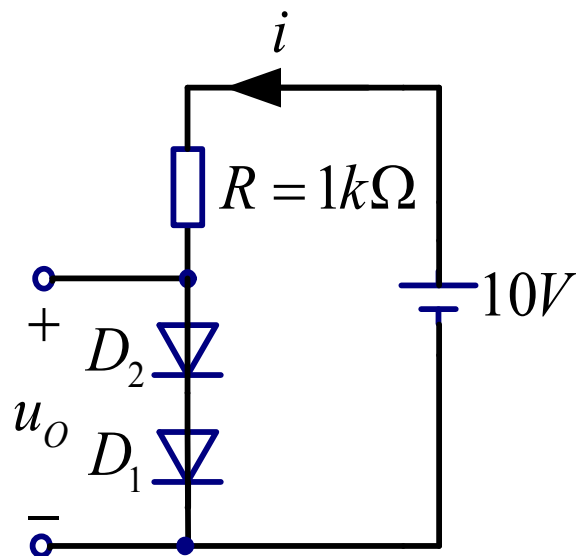


5-11 设题图5-5所示电路中二极管有0.7V管压降，利用二极管恒压降模型求电路中电流大小和输出电压 u_o 。

解：

$$i = \frac{10 - 0.7 - 0.7}{10^3} = 8.6 \text{mA}$$

$$u_o = 0.7 + 0.7 = 1.4 \text{V}$$



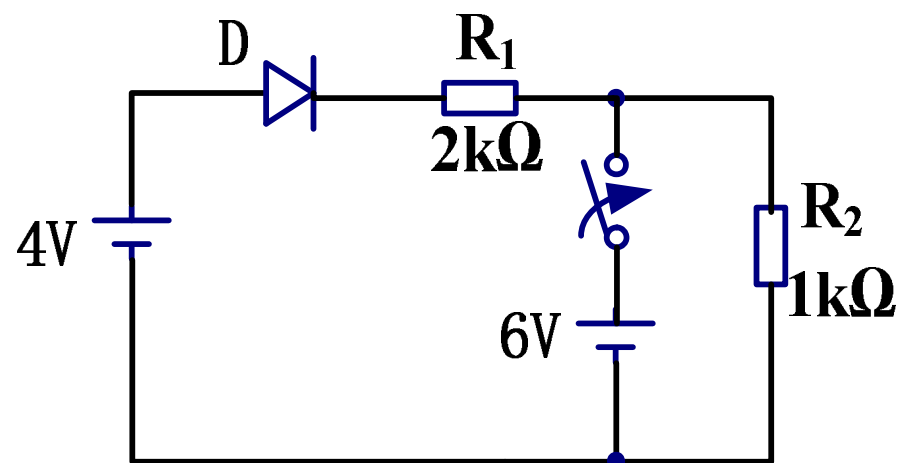
5-12 电路如题图5-6所示，二极管D为硅管（导通电压降 $U_{th}=0.7V$ ），采用恒压降模型，估算开关闭合前后 R_2 上的电压降为多少？

解：开关闭合前， R_2 上的电压降为：

$$u_{R_2} = \frac{1}{2+1} \times (4 - 0.7) = 1.1V$$

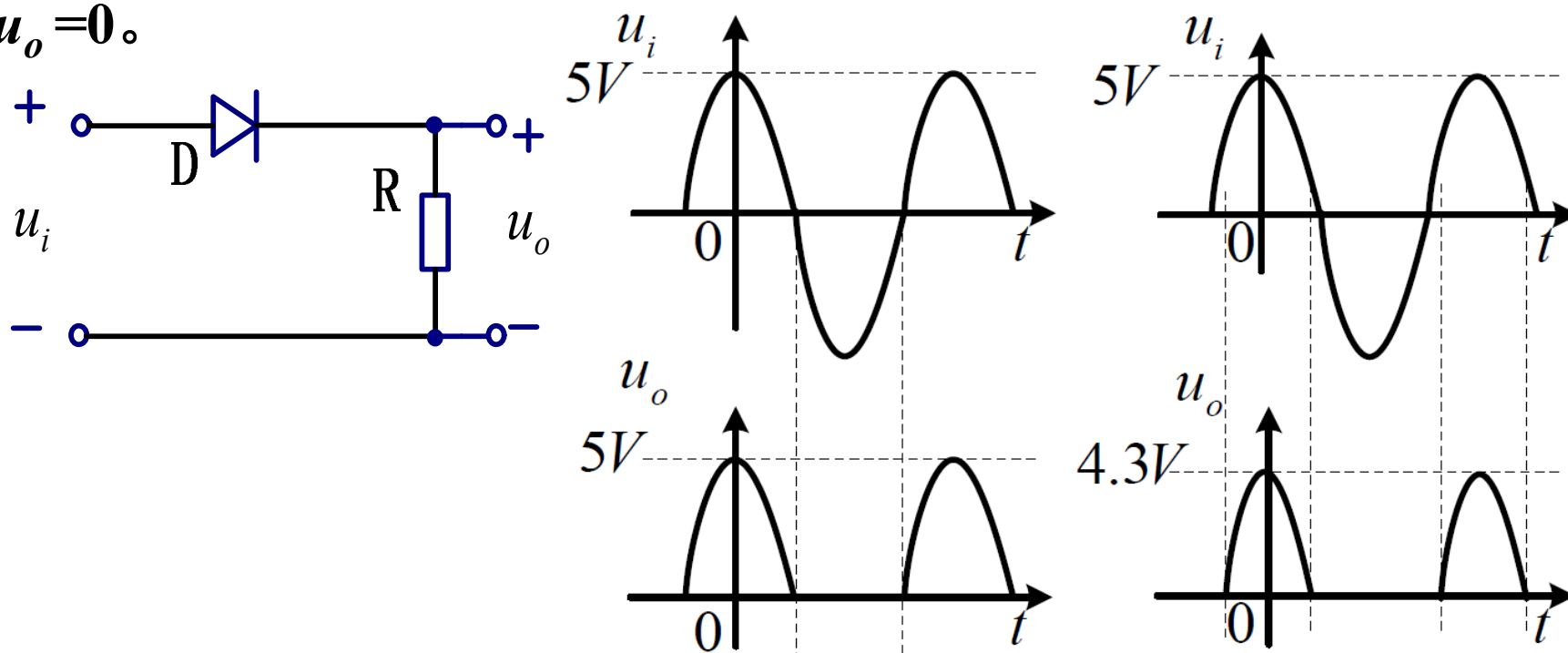
开关闭合后， R_2 上的电压降为：

$$u_{R_2} = 6V$$



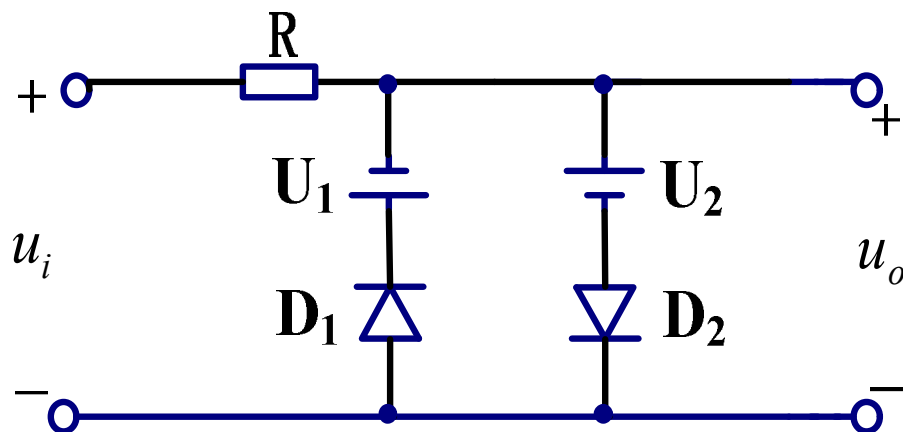
5-13 电路如题图5-7所示，输入电压 $u_i = 5\cos(\omega t)V$ ，二极管D为硅管，分别采用理想模型和恒压降模型，求 $R = 1k\Omega$ 上的输出电压。

解：采用理想模型：当 $u_i > 0$ 时， $u_o = u_i$ ，当 $u_i < 0$ 时， $u_o = 0$ ；
采用恒压降模型：当 $u_i > 0.7V$ 时， $u_o = u_i - 0.7$ ，当 $u_i < 0.7V$ 时， $u_o = 0$ 。



5-14 电路如题图5-8所示，二极管为硅管，采用理想化模型，输入信号 $u_i = U_m \sin(\omega t)V$ ，画出输出电压信号 u_o 。

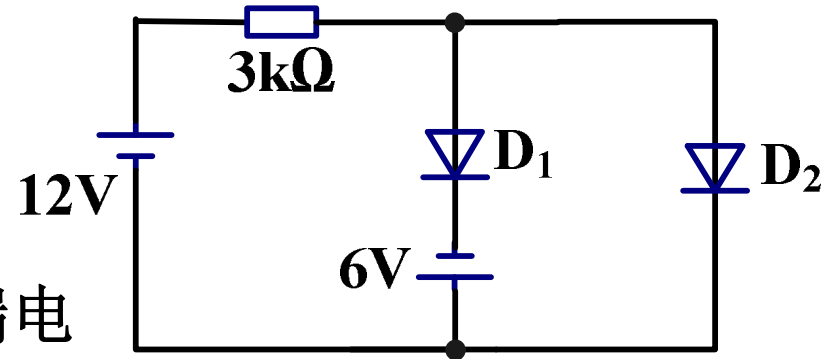
解：当 $u_i > U_2$ 时， D_1 截止， D_2 导通， $u_o = U_2$ ；
当 $u_i < -U_1$ 时， D_1 导通， D_2 截止， $u_o = -U_1$ ；
当 $-U_1 < u_i < U_2$ 时， D_1 截止， D_2 截止， $u_o = u_i$ ；
所以正弦波的幅度被限制在 $[-U_1, U_2]$ 范围内。



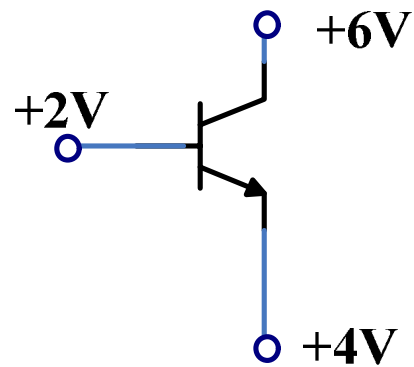
补充题1 如图所示电路中两个二极管的状态分别为导通还是截止？（恒压降模型）

解：假设 D_1 和 D_2 断开，则 D_1 两端电压降为18V，大于0.7V，所以 D_1 导通。

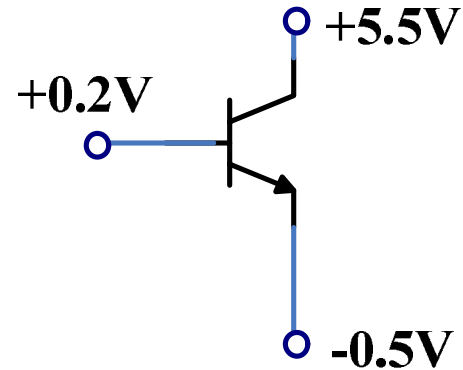
D_1 导通，假设 D_2 断开，则 D_2 两端电压降为-5.3V，所以 D_2 截止。



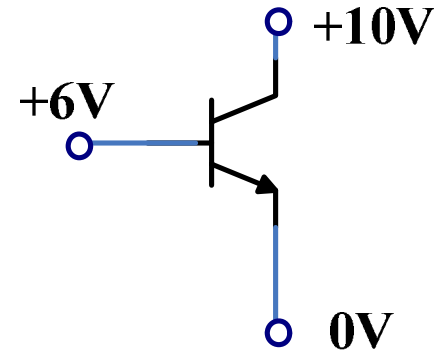
6-2用万用表测得电路中晶体管各个电极的对地电位如题图6-2各图所示，试判断这些晶体管分别处于哪种工作状态（饱和、放大、截止或已损坏）。



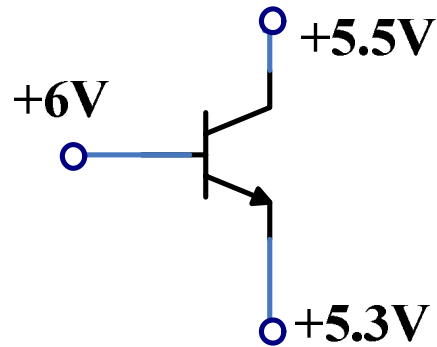
(a)



(b)



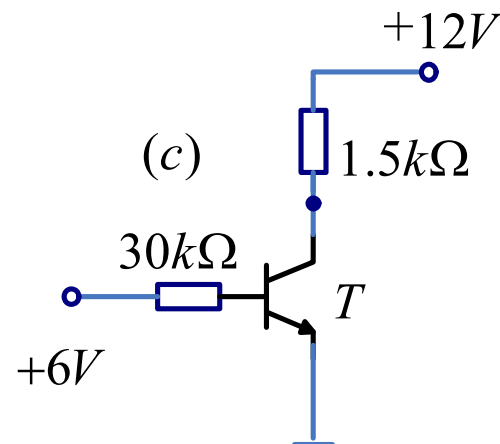
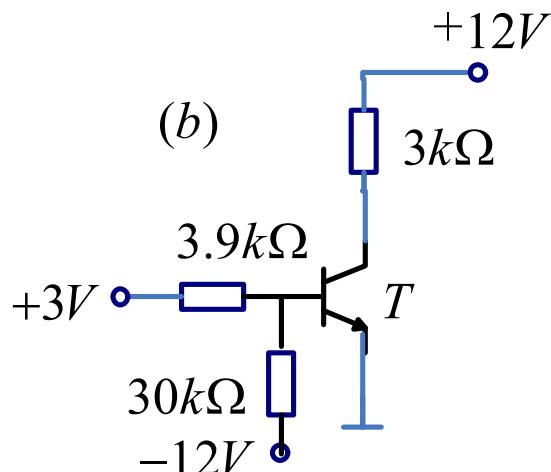
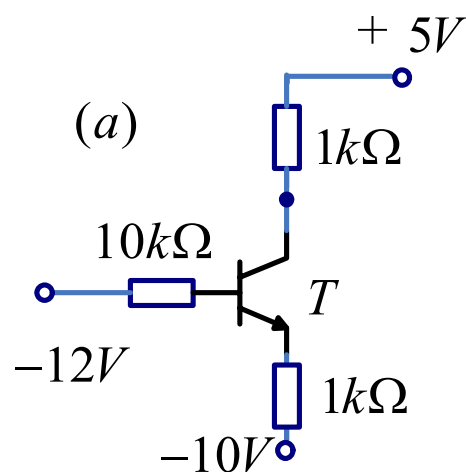
(c)



(d)

- (a) 截止;
- (b) 放大;
- (c) 损坏;
- (d) 饱和。

补充题2 判断下图所示电路中三极管工作的状态 (截止、饱和、放大) ? $\beta = 30$



(a) 截止

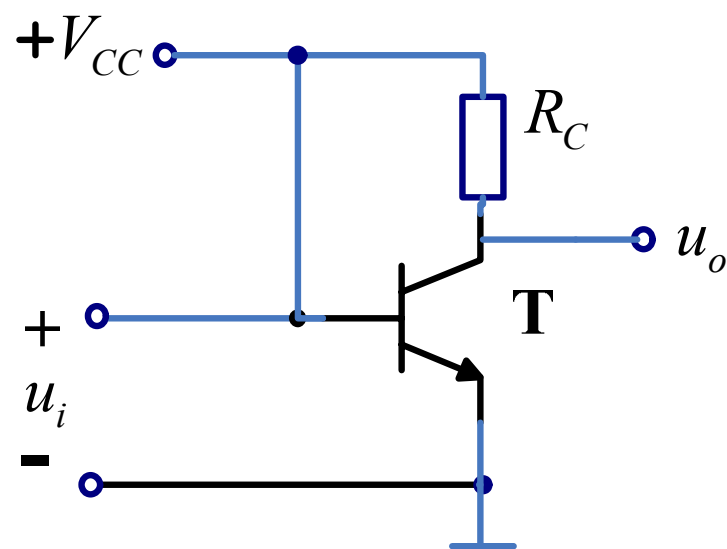
(b) $I_B = \frac{3 - 0.7}{3.9} - \frac{0.7 - (-12)}{30} = 0.17mA$, $I_C = \beta I_B = 30 \times 0.17mA = 5.1mA$

$U_{CE} = 12 - 5.1 \times 3 = -3.3V$, 饱和

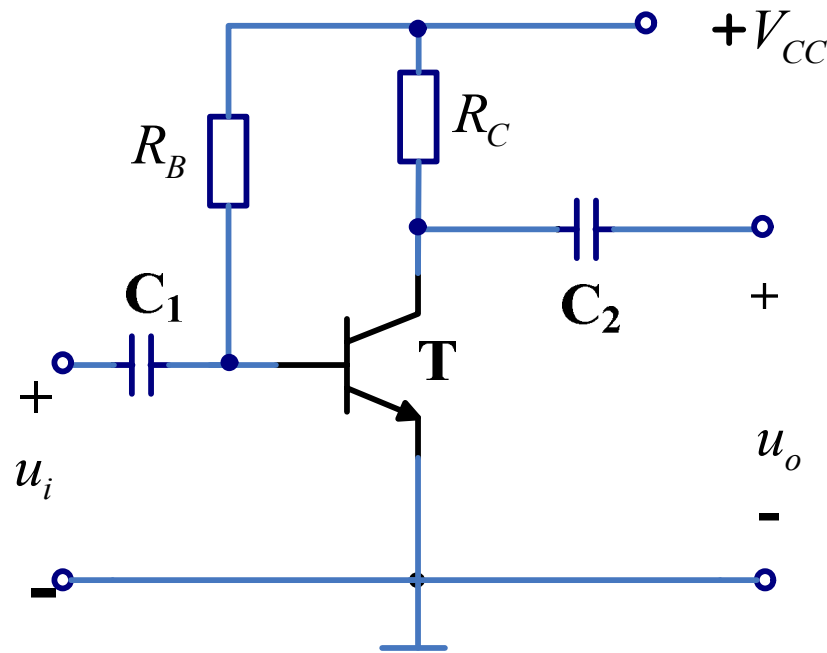
(c) $I_B = \frac{6 - 0.7}{30} = 0.19mA$, $I_C = \beta I_B = 30 \times 0.19mA = 5.7mA$

$U_{CE} = 12 - 5.7 \times 1.5 = 3.45V$, 放大

6-3 试分析如题图6-3所示电路中各个电路对输入正弦交流信号有无放大作用。



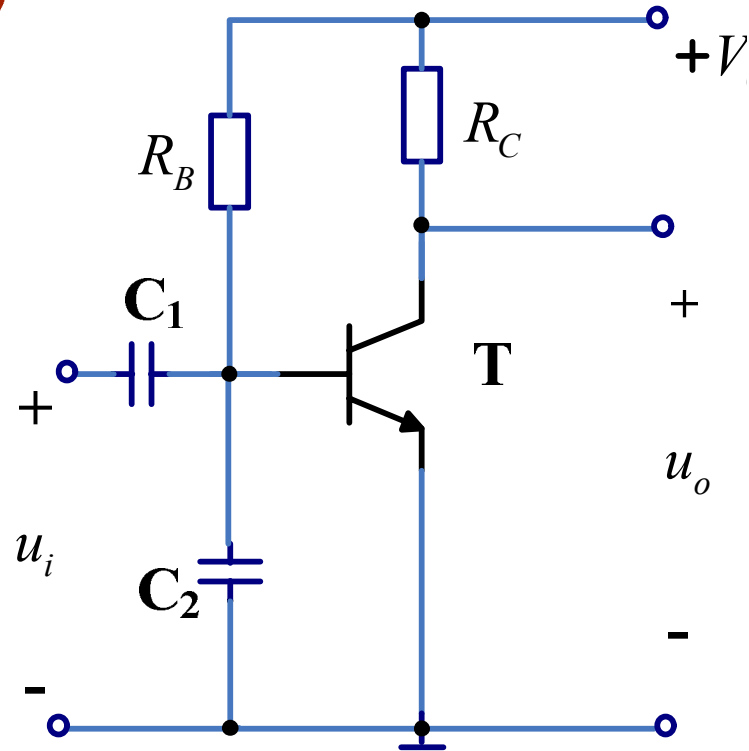
(a)



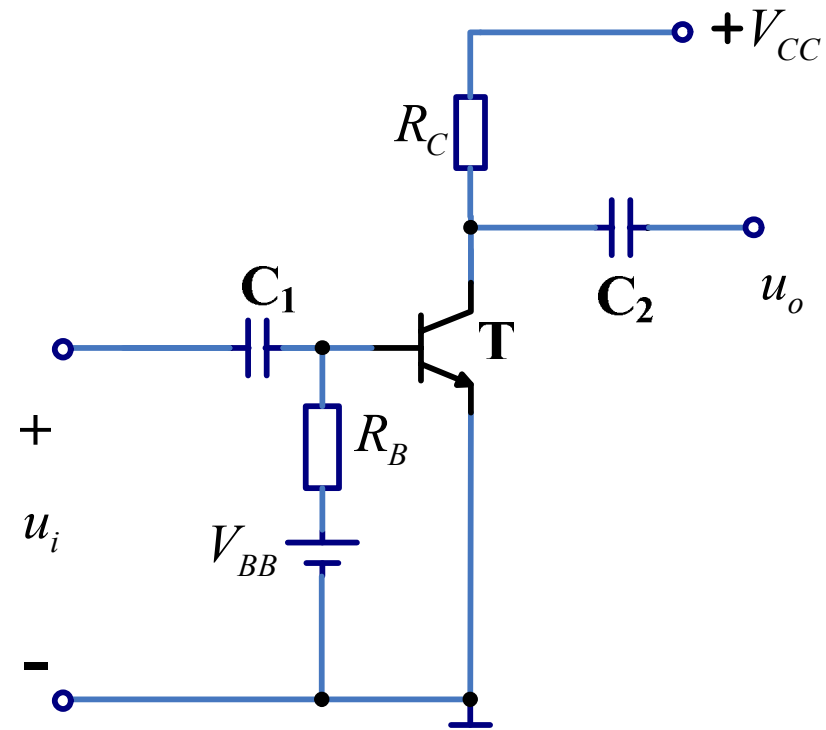
(b)

- (a) 集电结不能反偏，所以电路无放大作用；
- (b) 有输入回路和输入回路，发射结正偏，集电结反偏，电路有放大作用；

6-3 试分析如题图6-3所示电路中各个电路对输入正弦交流信号有无放大作用。



(c)

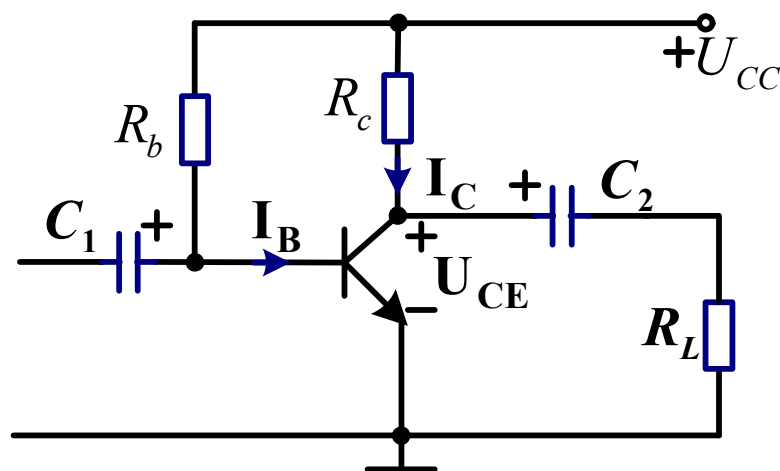


(d)

(c) 无输入回路，所以电路无放大作用；

(b) 发射结正偏，集电结反偏，有输入回路和输出回路，电路有放大作用；

6-5 在题图6-5所示共发射极放大电路中, $R_b = 200k\Omega$, $R_c = 2k\Omega$
三极管 $\beta = 40$, $U_{CC} = 18\text{ V}$, 试计算静态工作点 I_B , I_C 和 U_{CE} 。



解: 画出直流通路。

首先估算出基极电流:

U_{BE} 为晶体三极管的发射结电压, 设为 0.7V 。

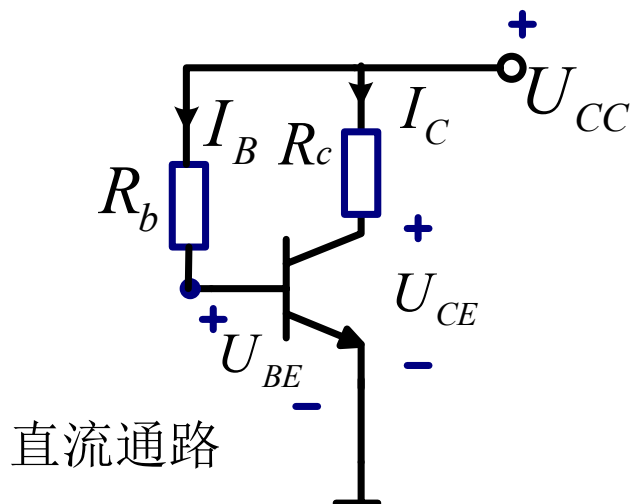
$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_b} \approx \frac{18 - 0.7}{200} = 86.5 \mu\text{A}$$

根据晶体三极管的放大特性可知:

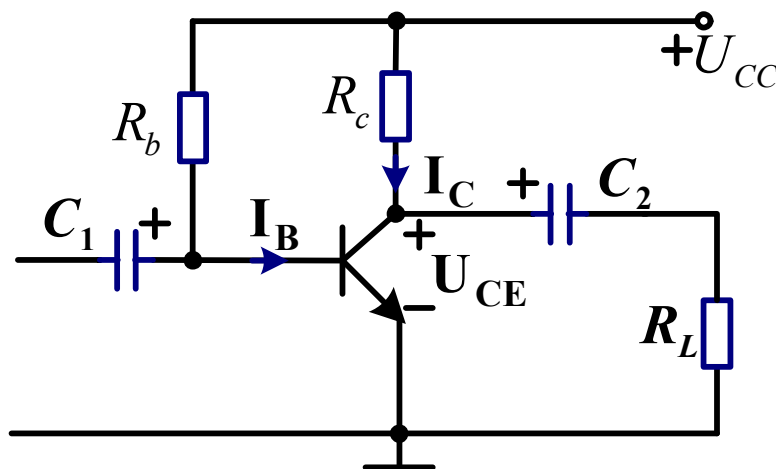
$$I_C = \beta I_B = 40 \times 86.5 \mu\text{A} = 3.46\text{mA}$$

最后根据KVL定律可得:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C R_c = 18 - 3.46 \times 2 = 11.08\text{V}$$



6-6 题图6-6所示共发射极放大电路工作在放大区，三极管 $\beta = 50$ ，若三极管 $I_B = 40\mu A$ ， $R_c = 3k\Omega$ ， $U_{cc} = 12V$ ，试计算 I_C ， U_{CE} 和 R_b 。



解：画出直流通路。

U_{BE} 为晶体三极管的发射结电压，设为 $0.7V$ 。

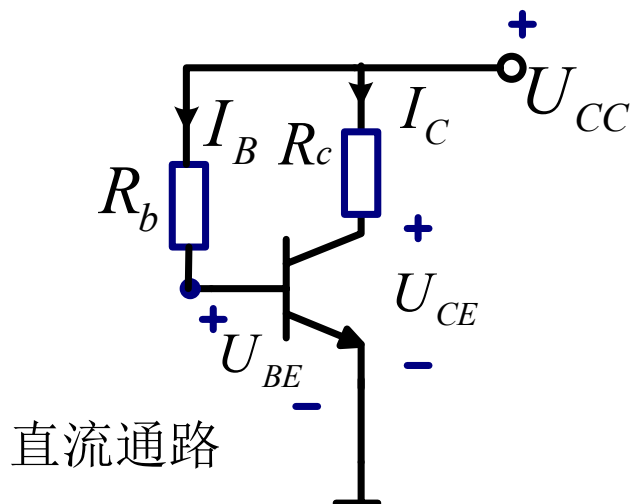
$$R_b = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{I_B} \approx \frac{12 - 0.7}{40 \times 10^{-6}} = 282.5k\Omega$$

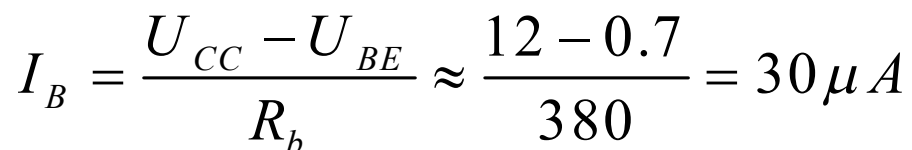
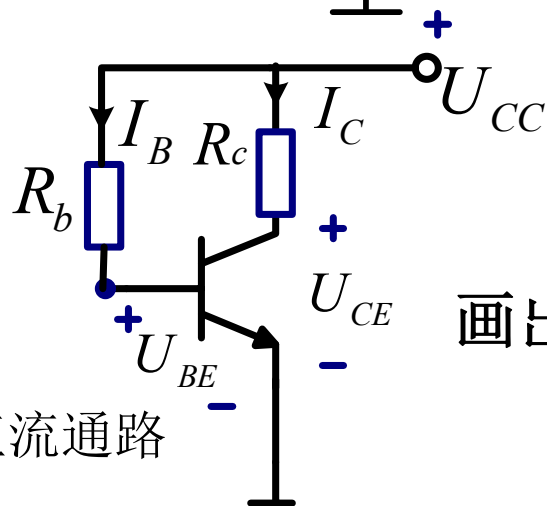
根据晶体三极管的放大特性可知：

$$I_C = \beta I_B = 50 \times 40\mu A = 2mA$$

最后根据KVL定律可得：

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C R_c = 12 - 2 \times 3 = 6V$$





画出直流负载线: $U_{CE} = U_{CC} - I_C R_c = 12 - 1.5 I_C$

$$I_C = 4.7\text{mA}$$

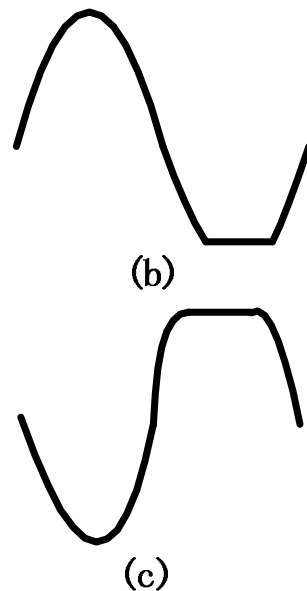
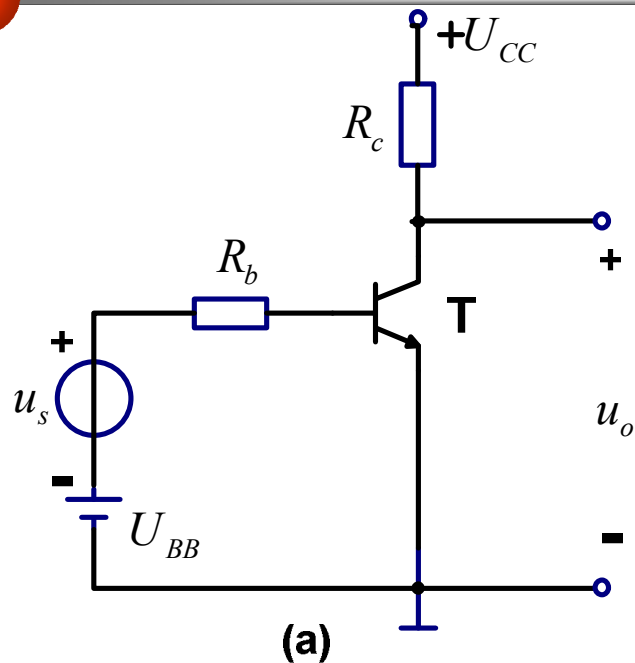
$$U_{CE} = 5V$$

6-1 选择合适的答案填入空内。

(2) 射极输出器的主要特点可归纳为三点：电压放大倍数接近1，且输出与输入同相，即电压跟随性好；输入电阻大，所以常被用在多极放大电路的第一极；输出电阻小，所以带负载能力强。

6-4如题图6-4(a)所示的放大电路，输入为正弦信号。

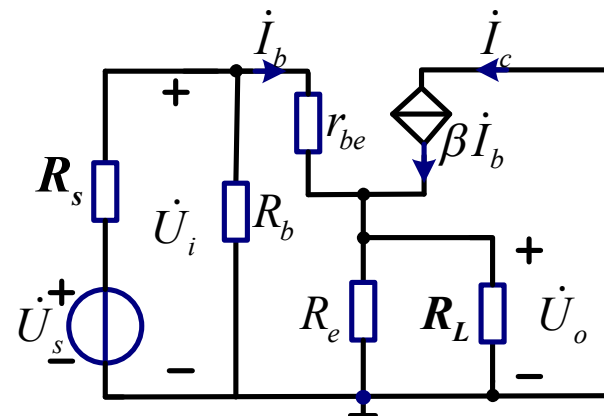
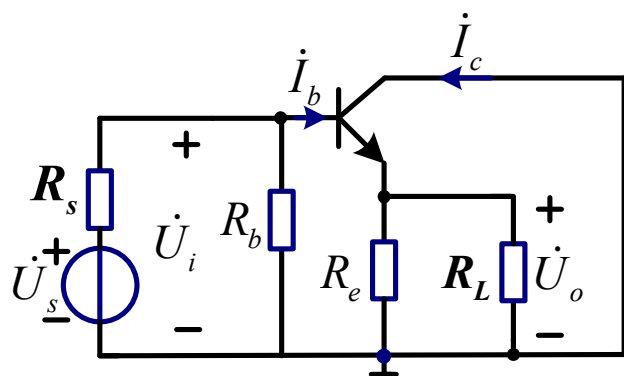
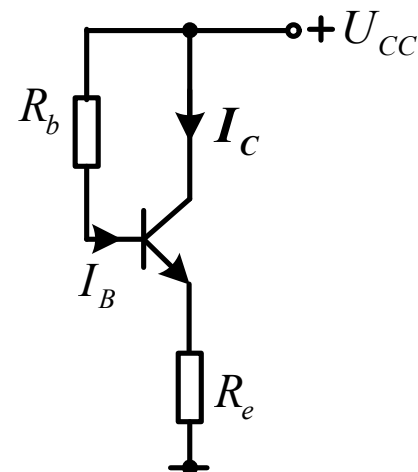
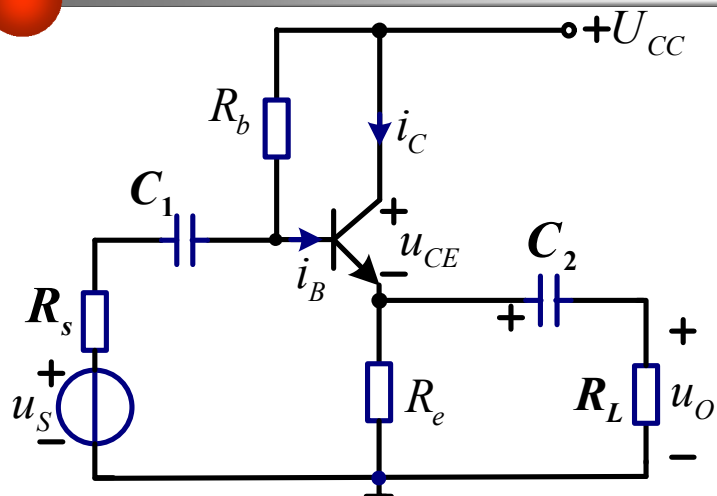
- (1)当用示波器观察到输出电压 u_o 的波形如图(b)所示时，请说明发生了什么性质(饱和或截止)的失真？怎样才能消除这种失真？
- (2)当用示波器观察到输出电压 u_o 的波形如图(c)所示时，请说明发生了什么性质(饱和或截止)的失真？怎样才能消除这种失真？



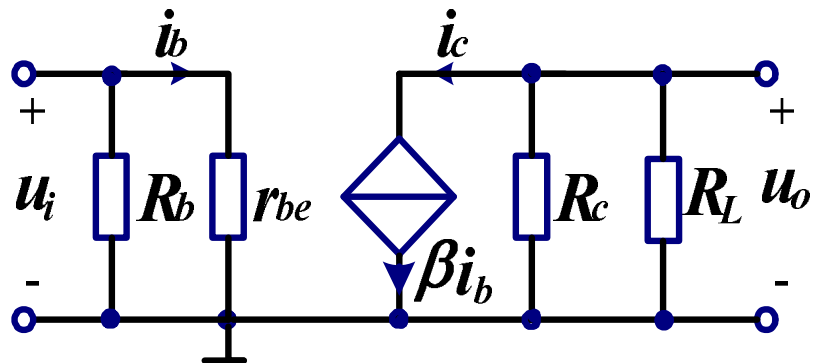
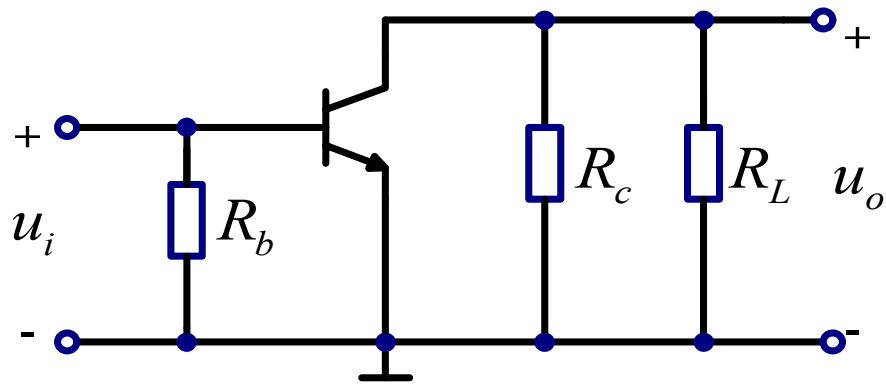
(1)饱和失真，消除方法：
降低静态工作点（增大基极电阻 R_b 、减小 U_{BB} 、减小集电极电阻 R_c 、增大 U_{CC} ）或者减小输入电压的幅值；

(2)截止失真，消除方法：提高静态工作点（减小基极电阻 R_b 、增大 U_{BB} ）或者减小输入电压的幅值；

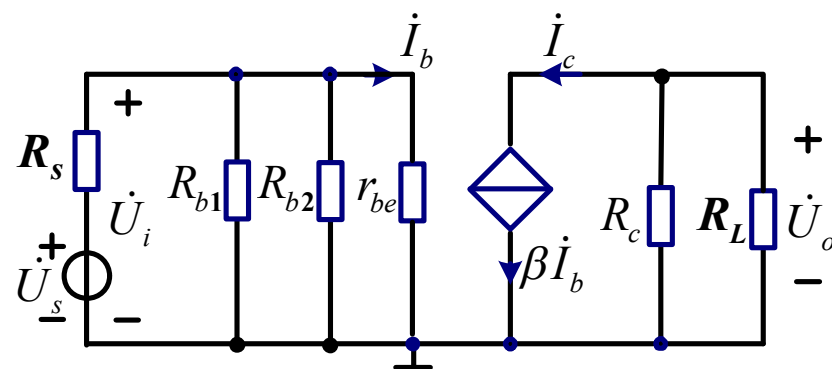
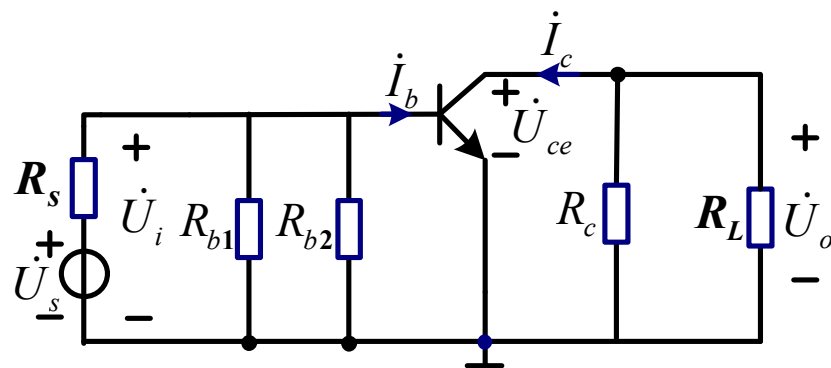
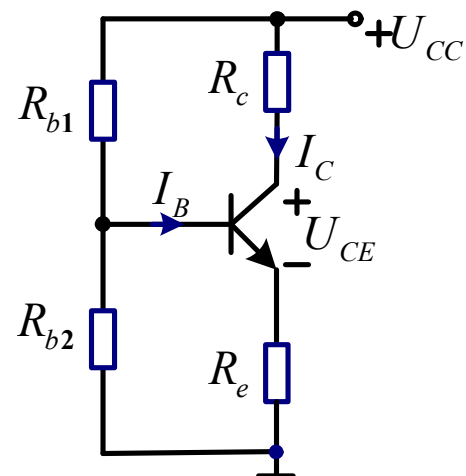
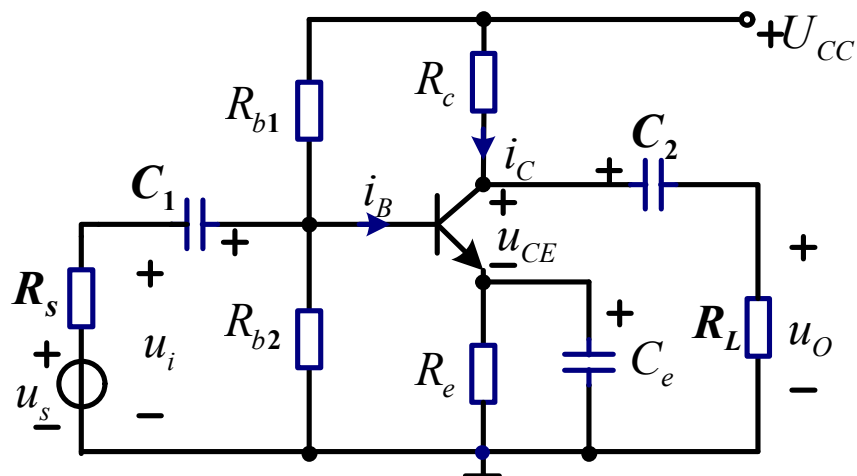
6-8 题图6-8所示电路是射极输出器电路，试画出①直流通路，②交流通路，③微变等效电路。



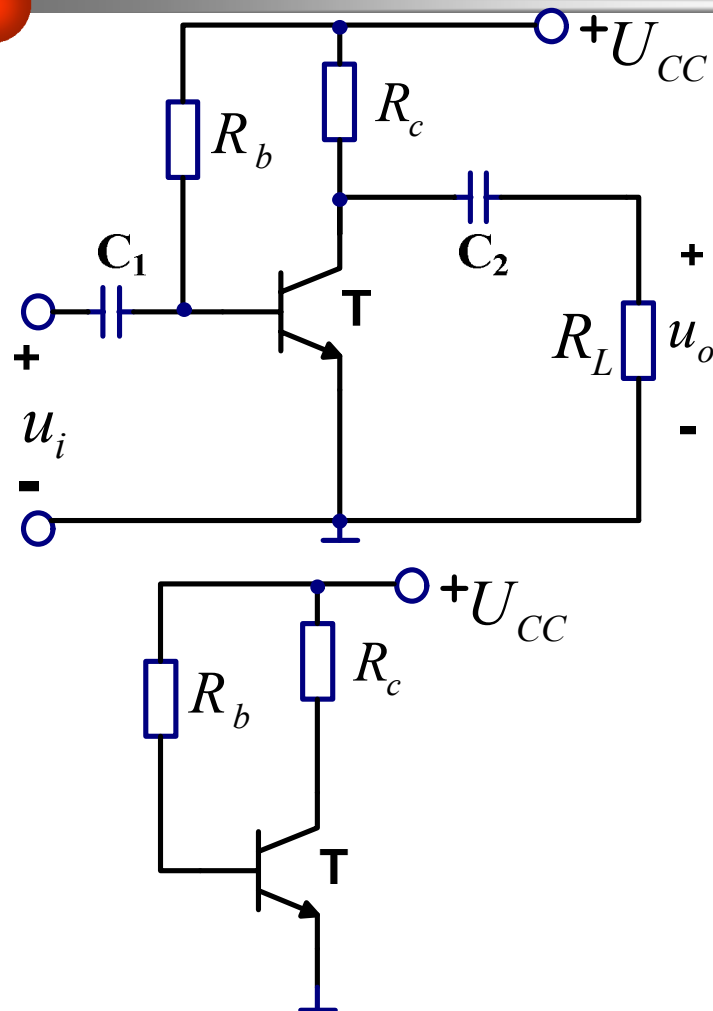
6-9 题图6-9所示电路为共射放大电路的交流通路，试画出它的微变等效电路。



6-11 题图6-11所示电路是共发射极放大电路，试画出①直流通路，②交流通路，③微变等效电路。



6-17 放大电路如题图6-17所示, $\beta = 50$, $U_{CC} = 12V$, $R_b = 300k\Omega$, $R_c = R_L = 4k\Omega$, $U_{BEQ} = 0.7V$, $r_{be} = 300\Omega$ 。(1) 估算Q点; (2) 画出交流通路及微变等效电路, 计算 A_u 、 R_i 和 R_o ; (3) 若所加信号源内阻 $R_s = 500\Omega$, 计算 A_{us} 。



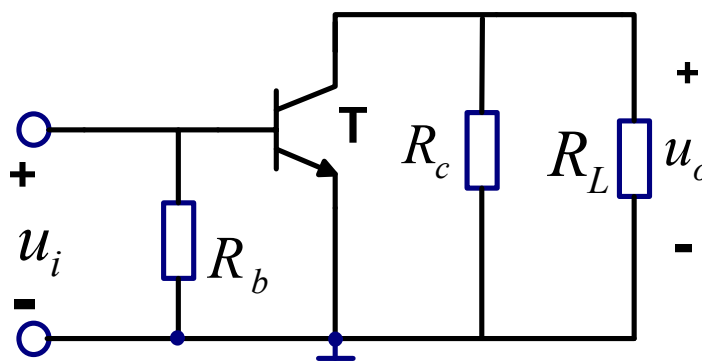
解: (1) 首先画直流通路, 估算Q点。

$$I_{BQ} = \frac{U_{CC} - U_{BEQ}}{R_b} = \frac{12 - 0.7}{300 \times 10^3} = 37.7 \mu A$$

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 50 \times 37.7 \mu A = 1.89 mA$$

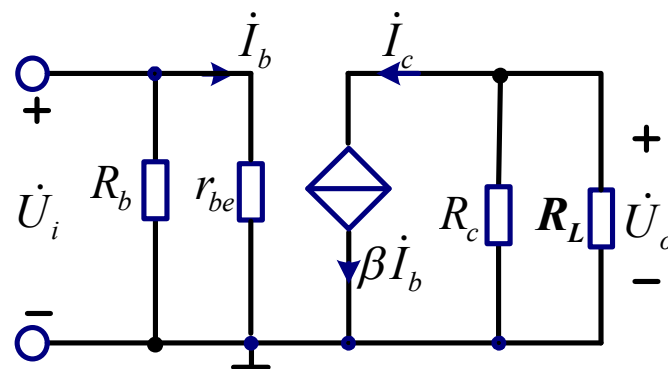
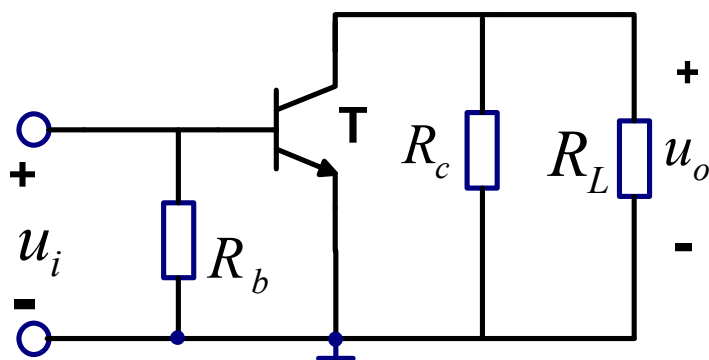
$$U_{CEQ} = U_{CC} - R_c \cdot I_{CQ} = 12 - 4 \times 1.89 = 4.44 V$$

$$I_{EQ} = (1 + \beta) \cdot I_{BQ} = 1.92 mA$$



6-17 放大电路如题图6-17所示, $\beta = 50$, $U_{CC} = 12\text{V}$, $R_b = 300\text{k}\Omega$, $R_c = R_L = 4\text{k}\Omega$, $U_{BEQ} = 0.7\text{V}$, $r_{be} = 300\Omega$ 。(1) 估算Q点; (2) 画出交流通路及微变等效电路, 计算 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o ; (3) 若所加信号源内阻 $R_s = 500\Omega$, 计算 \dot{A}_{us} 。

(2) 画出交流通路和微变等效电路

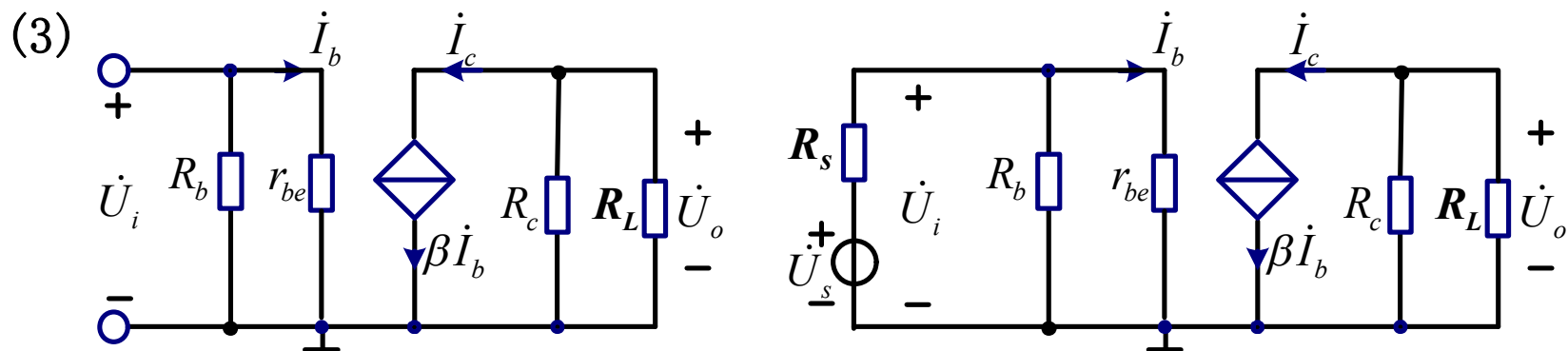


$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta \dot{I}_b \cdot (R_c // R_L)}{\dot{I}_b \cdot r_{be}} = \frac{-\beta (R_c // R_L)}{r_{be}} = \frac{-50 \times (4000 // 4000)}{300} = -333$$

$$R_i = R_b // r_{be} = 300\text{k}\Omega // 300\Omega = 299.7\Omega$$

$$R_o = R_c = 4\text{k}\Omega$$

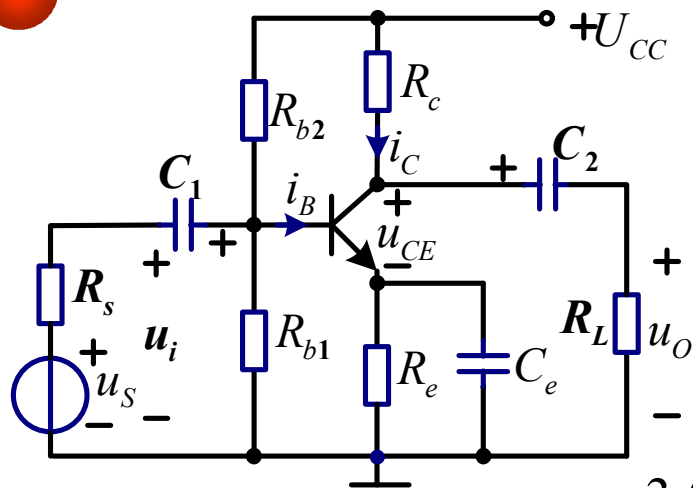
6-17 放大电路如题图6-17所示, $\beta = 50$, $U_{CC} = 12\text{V}$, $R_b = 300\text{k}\Omega$, $R_c = R_L = 4\text{k}\Omega$, $U_{BEQ} = 0.7\text{V}$, $r_{be} = 300\Omega$ 。(1) 估算Q点; (2) 画出交流通路及微变等效电路, 计算 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o ; (3) 若所加信号源内阻 $R_s = 500\Omega$, 计算 \dot{A}_{us} 。



$$\dot{A}_{us} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \cdot \frac{\dot{U}_i}{\dot{U}_s} = \dot{A}_u \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} = -333 \times \frac{299.7}{500 + 299.7} = -125$$

6-24 题图6-24所示共发射极放大电路中，已知 $\beta = 40$ ， $U_{CC} = 15V$ ， $R_{b1} = 20k\Omega$ ， $R_{b2} = 60k\Omega$ ， $R_c = 1.5k\Omega$ ， $R_e = 1k\Omega$ ， $R_L = 2k\Omega$ 。

(1) 估算Q点； (2) 求 \dot{A}_{ui} 、 R_i 和 R_o ； (3) 说明稳定工作点的过程，即温度变化后： $T \uparrow \rightarrow I_C(\uparrow) \rightarrow U_E(\) \rightarrow U_{BE}(\) \rightarrow I_B(\) \rightarrow I_C(\)$



解：(1) 首先画直流通路，估算Q点。

$$U_{BQ} = 15 \times \frac{20}{20 + 60} = 3.75V$$

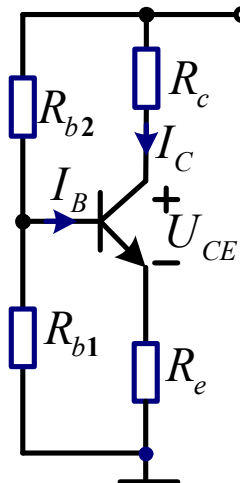
$$U_{EQ} = (3.75 - 0.7)V = 3.05V$$

$$I_{EQ} = (\beta + 1)I_B = \frac{3.05}{1000} A = 3.05mA$$

$$I_{BQ} = \frac{3.05mA}{41} = 74.4\mu A \quad I_{CQ} = 40 \times 74.4\mu A = 2.98mA$$

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}R_e = 15 - 2.98 \times 1.5 - 3.05 \times 1 = 7.48V$$

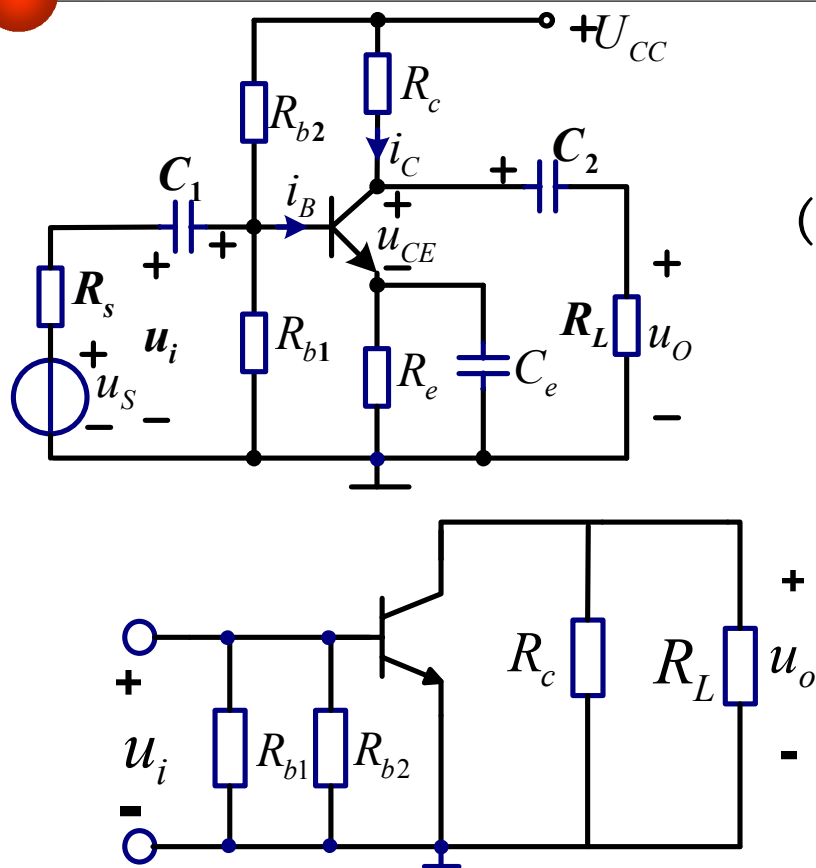
$$r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26(mV)}{I_E(mA)} = 300 + 41 \times \frac{26}{3.05} = 650\Omega$$



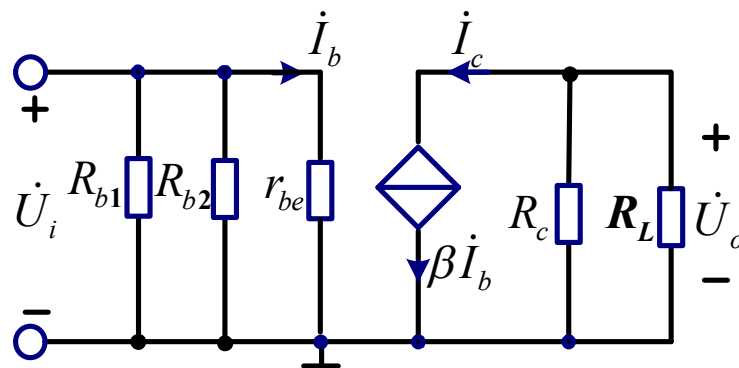
6-24 题图6-24所示共发射极放大电路中，已知 $\beta = 40$ ， $U_{CC} = 15\text{V}$ ，

$R_{b1} = 20\text{k}\Omega$ ， $R_{b2} = 60\text{k}\Omega$ ， $R_c = 1.5\text{k}\Omega$ ， $R_e = 1\text{k}\Omega$ ， $R_L = 2\text{k}\Omega$ 。

(1) 估算Q点； (2) 求 \dot{A}_{ui} 、 R_i 和 R_o ； (3) 说明稳定工作点的过程，即温度变化后： $T \uparrow \rightarrow I_C(\uparrow) \rightarrow U_E(\) \rightarrow U_{BE}(\) \rightarrow I_B(\) \rightarrow I_C(\)$



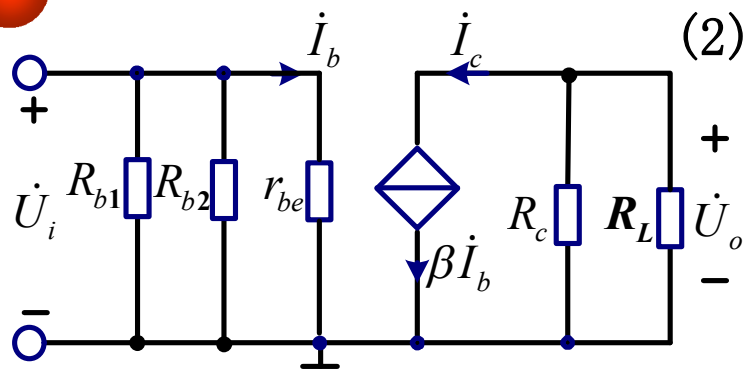
(2) 先画出交流通路和微变等效电路



6-24 题图6-24所示共发射极放大电路中，已知 $\beta = 40$, $U_{CC} = 15\text{V}$,

$R_{b1} = 20\text{k}\Omega$, $R_{b2} = 60\text{k}\Omega$, $R_c = 1.5\text{k}\Omega$, $R_e = 1\text{k}\Omega$, $R_L = 2\text{k}\Omega$ 。

(1) 估算Q点; (2) 求 \dot{A}_{ui} 、 R_i 和 R_o ; (3) 说明稳定工作点的过程，即温度变化后： $T \uparrow \rightarrow I_C(\uparrow) \rightarrow U_E(\uparrow) \rightarrow U_{BE}(\downarrow) \rightarrow I_B(\downarrow) \rightarrow I_C(\downarrow)$



$$\dot{A}_{ui} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta \dot{I}_b \cdot (R_c // R_L)}{\dot{I}_b \cdot r_{be}} = \frac{-\beta (R_c // R_L)}{r_{be}}$$

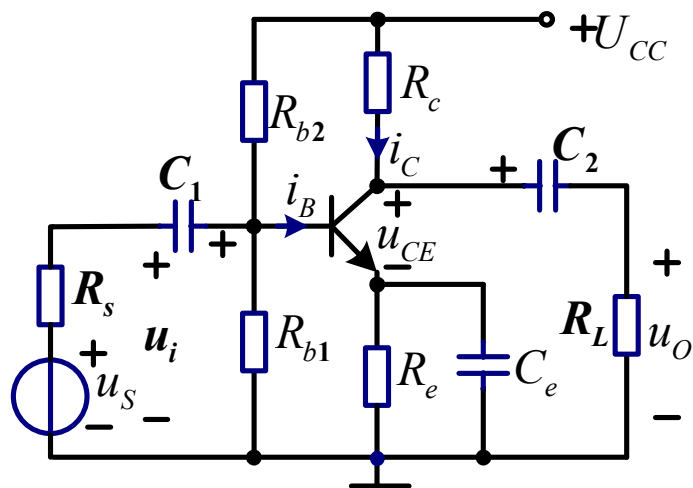
$$\approx -53$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be} \approx 623\Omega$$

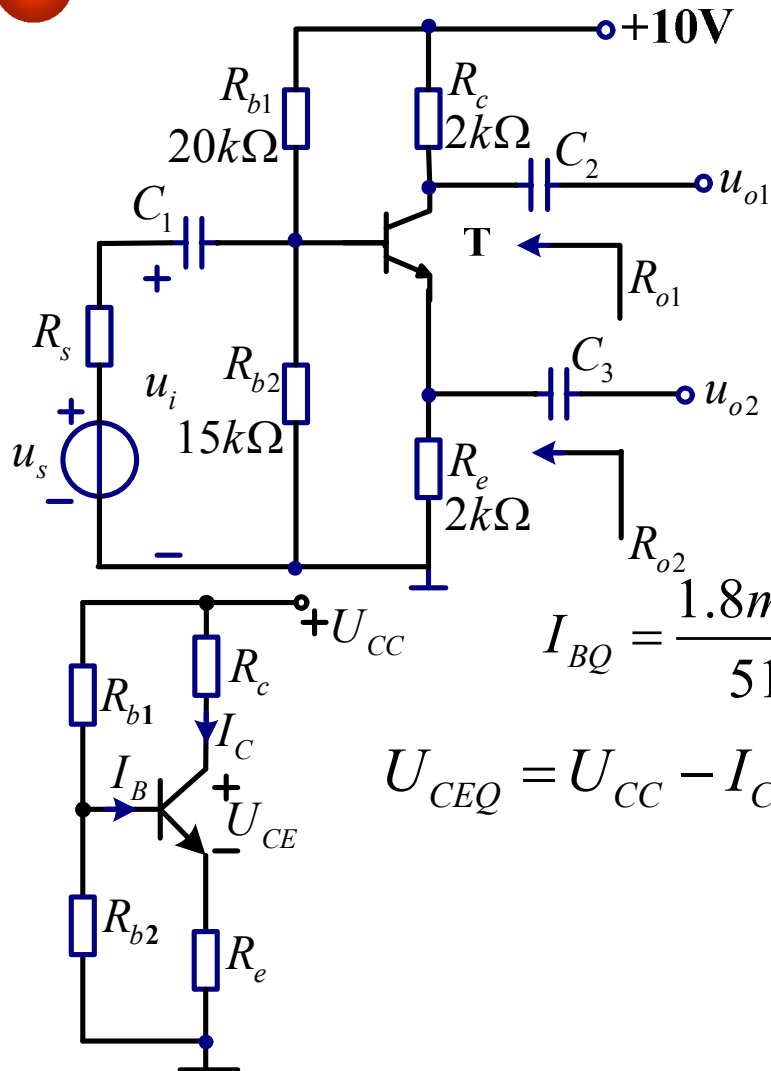
$$R_o = R_c = 1.5\text{k}\Omega$$

(3) 温度变化时静态工作点的稳定过程:

$$T \uparrow \rightarrow I_C(\uparrow) \rightarrow U_E(\uparrow) \rightarrow U_{BE}(\downarrow) \rightarrow I_B(\downarrow) \rightarrow I_C(\downarrow)$$



6-22 电路如图所示, $R_s = 500\Omega$, $\beta = 50$, $U_{BE} = 0.7V$, $r_{be} = 1k\Omega$, 试求: (1) 静态工作点; (2) 计算不同输出端的 \dot{A}_{us1} 和 \dot{A}_{us2} ; (3) 计算输入电阻 R_i , 输出电阻 R_{o1} 和 R_{o2} 。



解: (1) 首先画直流通路, 估算Q点。

$$U_{BQ} = 10 \times \frac{15}{15 + 20} = \frac{30}{7} V = 4.3V$$

$$U_{EQ} = (4.3 - 0.7)V = 3.6V$$

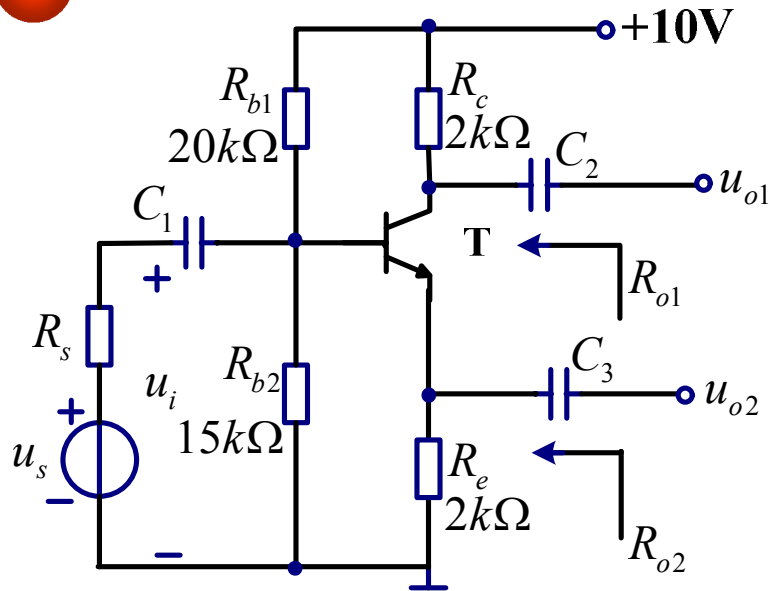
$$I_{EQ} = (\beta + 1)I_{BQ} = \frac{3.6}{2000} A = 1.8mA$$

$$I_{BQ} = \frac{1.8mA}{51} = 35.3\mu A$$

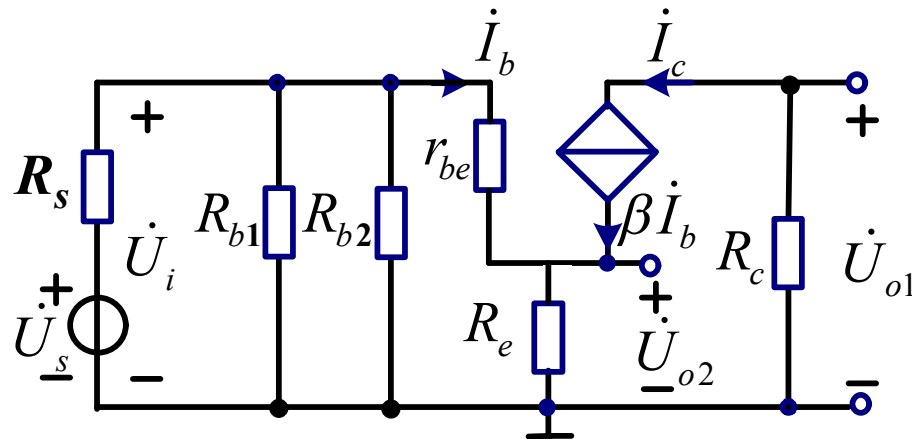
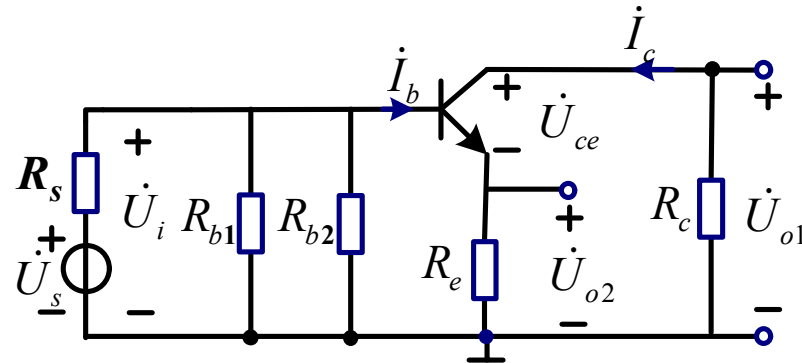
$$I_{CQ} = 50 \times 35.3\mu A = 1.77mA$$

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}R_e = 10 - 1.77 \times 2 - 1.8 \times 2 = 2.86V$$

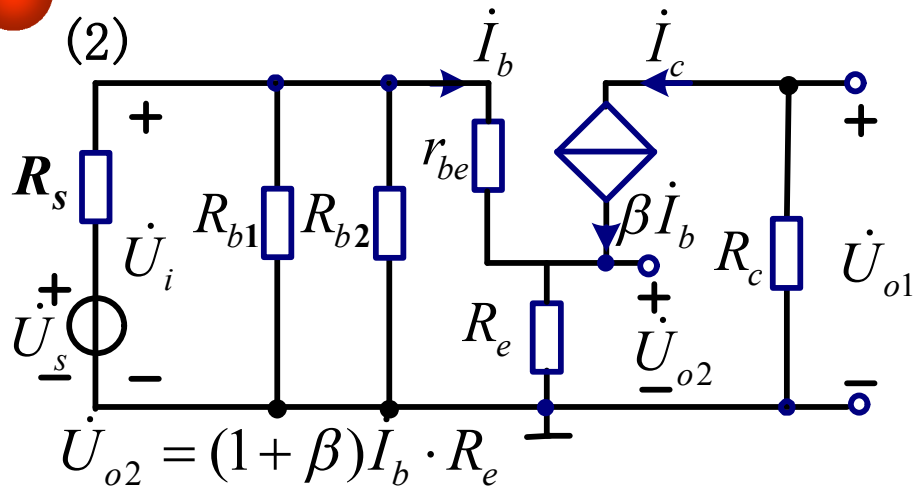
6-22 电路如图所示, $R_s = 500\Omega$, $\beta = 50$, $U_{BE} = 0.7V$, $r_{be} = 1k\Omega$, 试求: (1) 静态工作点; (2) 计算不同输出端的 \dot{A}_{us1} 和 \dot{A}_{us2} ; (3) 计算输入电阻 R_i , 输出电阻 R_{o1} 和 R_{o2} 。



(2) 先画出交流通路和微变等效电路



6-22 电路如图所示, $R_s = 500\Omega$, $\beta = 50$, $U_{BE} = 0.7V$, $r_{be} = 1k\Omega$,
试求: (1) 静态工作点; (2) 计算不同输出端的 \dot{A}_{us1} 和 \dot{A}_{us2} ;
(3) 计算输入电阻 R_i , 输出电阻 R_{o1} 和 R_{o2} 。



$$\dot{U}_i = \dot{I}_b \cdot r_{be} + (1 + \beta) \dot{I}_b \cdot R_e$$

$$\dot{U}_{o1} = -\beta \dot{I}_b \cdot R_c$$

$$\dot{A}_{u1} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta \dot{I}_b \cdot R_c}{\dot{I}_b \cdot r_{be} + (1 + \beta) \dot{I}_b \cdot R_e} = \frac{-\beta R_c}{r_{be} + (1 + \beta) R_e} \approx -0.97$$

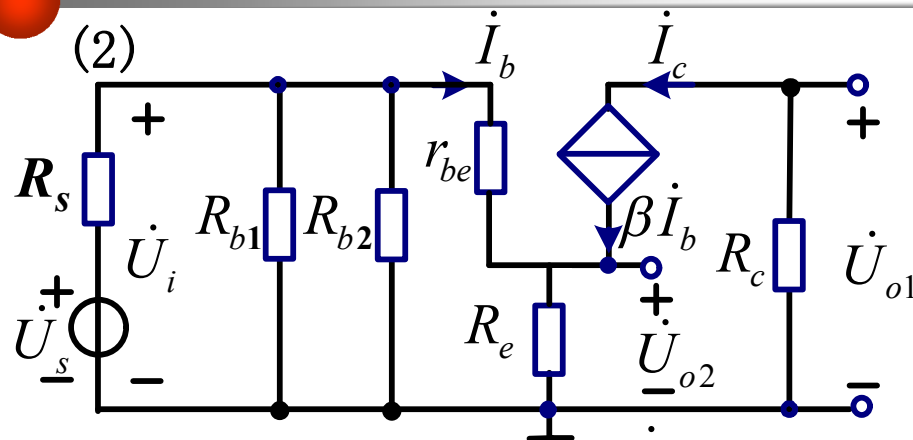
$$\dot{A}_{u2} = \frac{\dot{U}_{o2}}{\dot{U}_i} = \frac{(1 + \beta) \dot{I}_b \cdot R_e}{\dot{I}_b \cdot r_{be} + (1 + \beta) \dot{I}_b \cdot R_e} = \frac{(1 + \beta) R_e}{r_{be} + (1 + \beta) R_e} \approx 0.99$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_e] = 7.9k\Omega$$

$$\dot{A}_{us1} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_s} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_i} \cdot \frac{\dot{U}_i}{\dot{U}_s} = \dot{A}_{u1} \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} = -0.91$$

$$\dot{A}_{us2} = \frac{\dot{U}_{o2}}{\dot{U}_s} = \dot{A}_{u2} \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} = 0.93$$

6-22 电路如图所示, $R_s = 500\Omega$, $\beta = 50$, $U_{BE} = 0.7V$, $r_{be} = 1k\Omega$,
试求: (1) 静态工作点; (2) 计算不同输出端的 \dot{A}_{us1} 和 \dot{A}_{us2} ;
(3) 计算输入电阻 R_i , 输出电阻 R_{o1} 和 R_{o2} 。



$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_e]$$

$$= 7.9k\Omega$$

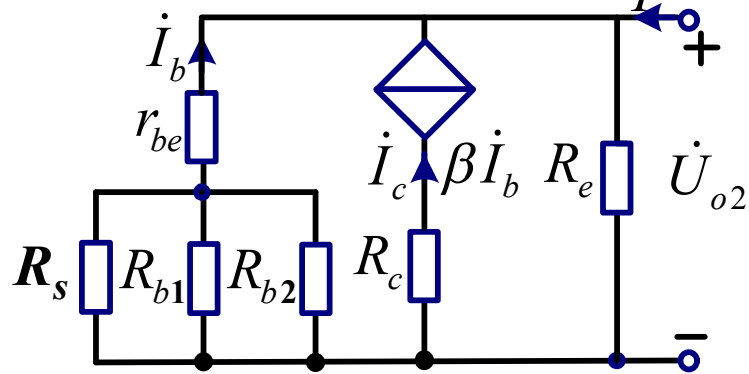
$$R_{o1} = R_c = 2k\Omega$$

外加电源法

$$\dot{U}_{o2} = -\dot{I}_b \cdot (r_{be} + R_s // R_{b1} // R_{b2})$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_{o2}}{R_e} - (1 + \beta)\dot{I}_b$$

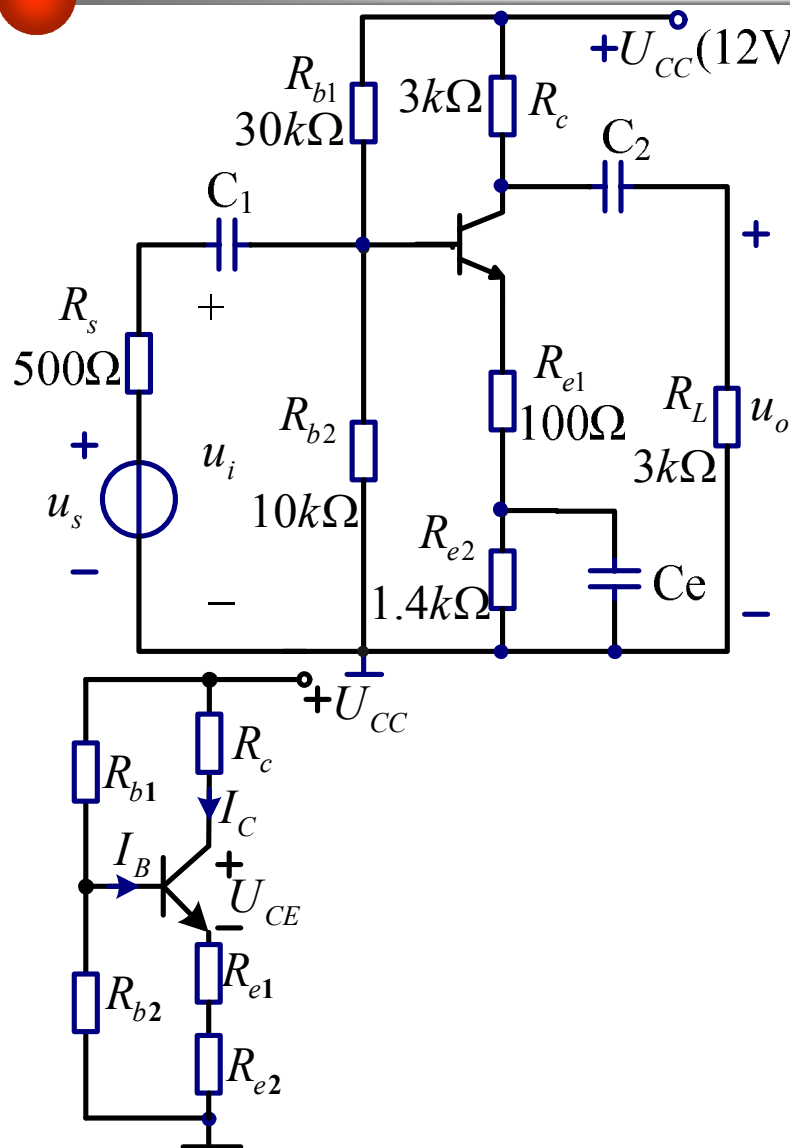
$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_{o2}}{R_e} + (1 + \beta) \frac{\dot{U}_{o2}}{r_{be} + R_s // R_{b1} // R_{b2}}$$



$$R_{o2} = \frac{\dot{U}_{o2}}{\dot{I}} = \frac{1}{\frac{1}{R_e} + \frac{1 + \beta}{r_{be} + R_s // R_{b1} // R_{b2}}} = R_e // \frac{r_{be} + R_s // R_{b1} // R_{b2}}{1 + \beta} = 28\Omega$$

6-23 电路如图所示, $\beta = 50$, $U_{BEQ} = 0.7V$, $r_{be} = 1k\Omega$ 。

(1) 分析静态工作点; (2) 求放大电路的 \dot{A}_{ui} , \dot{A}_{us} , R_i 和 R_o 。



解: (1) 首先画直流通路, 估算Q点。

$$U_{BQ} = 12 \times \frac{10}{10 + 30} = 3V$$

$$U_{EQ} = (3 - 0.7)V = 2.3V$$

$$I_{EQ} = (\beta + 1)I_{BQ} = \frac{2.3}{1400 + 100} A = 1.53mA$$

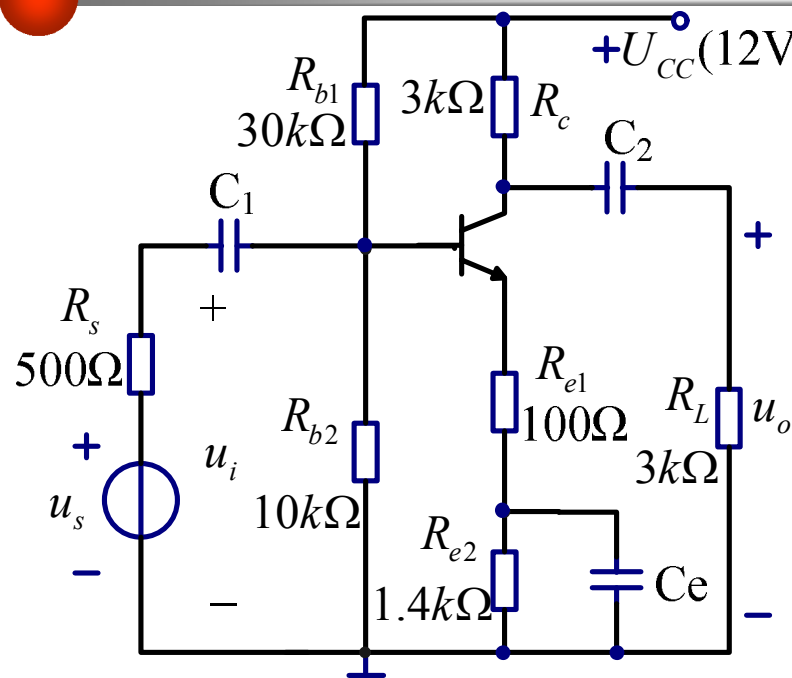
$$I_{BQ} = \frac{1.53mA}{51} = 30\mu A$$

$$I_{CQ} = 50 \times 30\mu A = 1.5mA$$

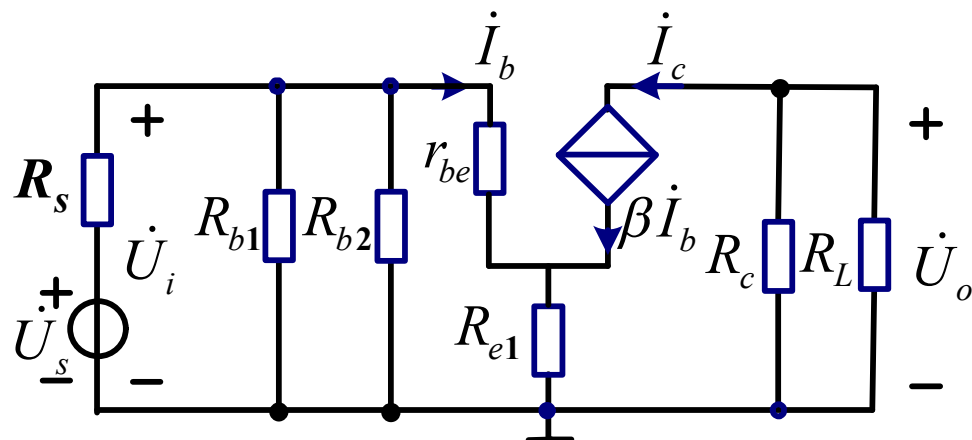
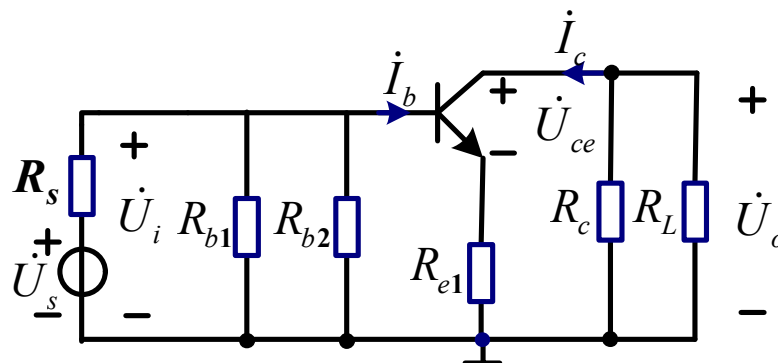
$$\begin{aligned} U_{CEQ} &= U_{CC} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}(R_{e1} + R_{e2}) \\ &= 12 - 1.5 \times 3 - 1.53 \times 1.5 = 5.2V \end{aligned}$$

6-23 电路如图所示, $\beta = 50$, $U_{BEQ} = 0.7\text{V}$, $r_{be} = 1\text{k}\Omega$ 。

(1) 分析静态工作点; (2) 求放大电路的 \dot{A}_{ui} , \dot{A}_{us} , R_i 和 R_o 。

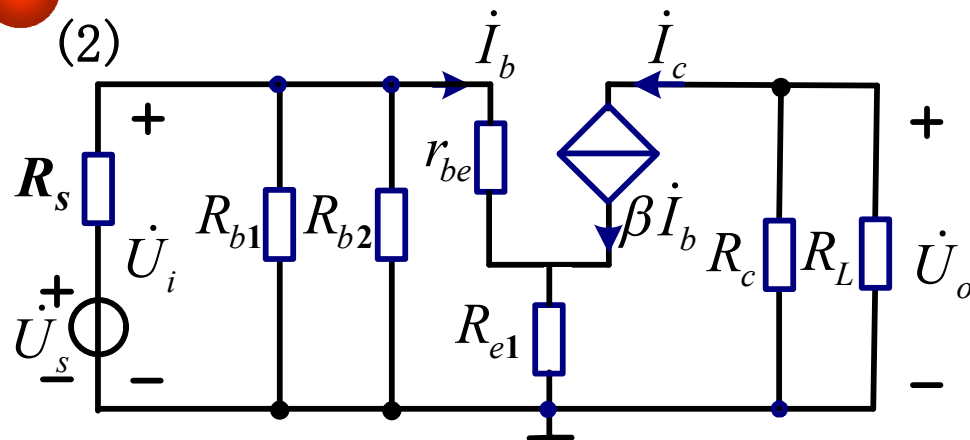


(2) 先画出交流通路和微变等效电路



6-23 电路如图所示, $\beta = 50$, $U_{BEQ} = 0.7\text{V}$, $r_{be} = 1\text{k}\Omega$ 。

(1) 分析静态工作点; (2) 求放大电路的 \dot{A}_{ui} , \dot{A}_{us} , R_i 和 R_o 。



$$\dot{U}_i = \dot{I}_b \cdot r_{be} + (1 + \beta) \dot{I}_b \cdot R_{e1}$$

$$\dot{U}_o = -\beta \dot{I}_b \cdot (R_c // R_L)$$

$$\begin{aligned} \dot{A}_{ui} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} &= \frac{-\beta \dot{I}_b \cdot (R_c // R_L)}{\dot{I}_b \cdot r_{be} + (1 + \beta) \dot{I}_b \cdot R_{e1}} \\ &= \frac{-\beta (R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta) R_{e1}} \approx -12.3 \end{aligned}$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_{e1}] = 3.36\text{k}\Omega$$

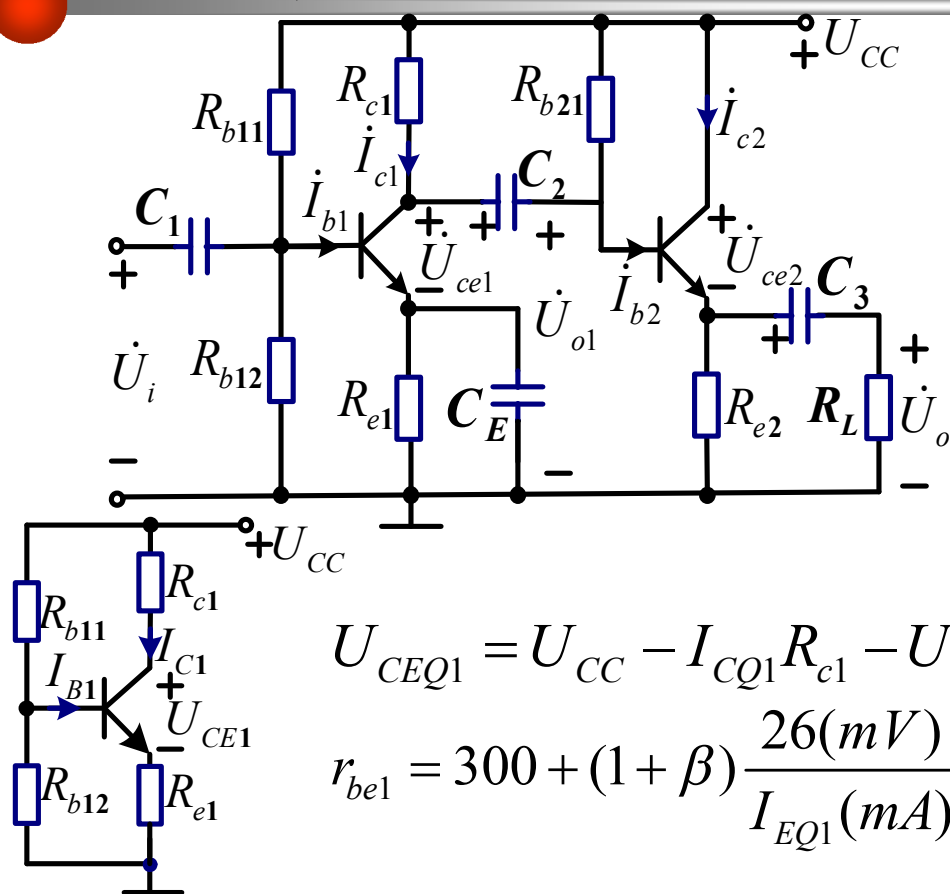
$$\dot{A}_{us} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \cdot \frac{\dot{U}_i}{\dot{U}_s} = \dot{A}_{ui} \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} = -10.7$$

$$R_o = R_c = 3\text{k}\Omega$$

6-25 如图所示两级阻容耦合放大电路中，已知参数： $\beta_1 = \beta_2 = 50$ ， $R_{b11} = 30k\Omega$ ， $R_{b12} = 20k\Omega$ ， $R_{c1} = 4k\Omega$ ， $R_{e1} = 4k\Omega$ ， $R_{b21} = 130k\Omega$ ， $R_{e2} = 3k\Omega$ ， $R_L = 1.5k\Omega$ ， $U_{CC} = 12V$ ， $U_{BE} = 0.7V$ 。

(1) 试计算第一级放大电路的静态工作点 (I_{BQ} ， I_{CQ} ， U_{CEQ})；

(2) 求放大电路的输入电阻，如果第一级电压放大倍数 $\dot{A}_{u1} = \dot{U}_{o1} / \dot{U}_i = -112.5$ ；总电压放大倍数近似等于多少。



解：(1) 画第一级直流通路，估算Q点。

$$U_{BQ1} = 12 \times \frac{20}{20 + 30} = 4.8V$$

$$U_{EQ1} = (4.8 - 0.7)V = 4.1V$$

$$I_{EQ1} = 4.1 / 4 = 1.025mA$$

$$I_{BQ1} = \frac{1.025mA}{51} = 20\mu A$$

$$I_{CQ1} = 50 \times 20\mu A = 1mA$$

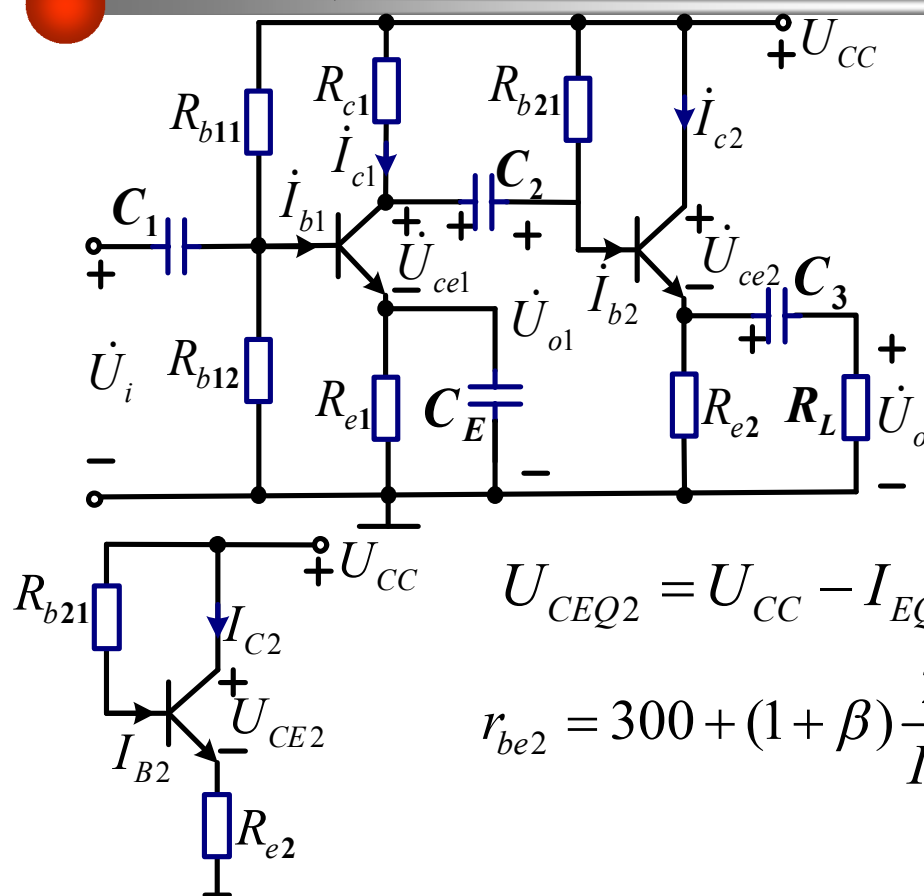
$$U_{CEQ1} = U_{CC} - I_{CQ1}R_{c1} - U_{EQ1} = 12 - 1 \times 4 - 4.1 = 3.9V$$

$$r_{be1} = 300 + (1 + \beta) \frac{26(mV)}{I_{EQ1}(mA)} = 300 + 51 \times \frac{26}{1.025} = 1594\Omega$$

6-25 如图所示两级阻容耦合放大电路中，已知参数： $\beta_1 = \beta_2 = 50$ ， $R_{b11} = 30k\Omega$ ， $R_{b12} = 20k\Omega$ ， $R_{c1} = 4k\Omega$ ， $R_{e1} = 4k\Omega$ ， $R_{b21} = 130k\Omega$ ， $R_{e2} = 3k\Omega$ ， $R_L = 1.5k\Omega$ ， $U_{CC} = 12V$ ， $U_{BE} = 0.7V$ 。

(1) 试计算第一级放大电路的静态工作点 (I_{BQ} ， I_{CQ} ， U_{CEQ})；

(2) 求放大电路的输入电阻，如果第一级电压放大倍数 $\dot{A}_{u1} = \dot{U}_{o1} / \dot{U}_i = -112.5$ ；总电压放大倍数近似等于多少。



画第二级直流通路，估算Q点。

$$U_{CC} = R_{b21} I_{BQ2} + 0.7 + (\beta + 1) I_{BQ2} R_{e2}$$

$$I_{BQ2} = \frac{12 - 0.7}{130 + 51 \times 3} = 39.93 \mu A$$

$$I_{EQ2} = 51 \times 39.93 \mu A = 2.04 mA$$

$$I_{CQ2} = 50 \times 39.93 \mu A = 2 mA$$

$$U_{CEQ2} = U_{CC} - I_{EQ2} R_{e2} = 12 - 2.04 \times 3 = 5.88 V$$

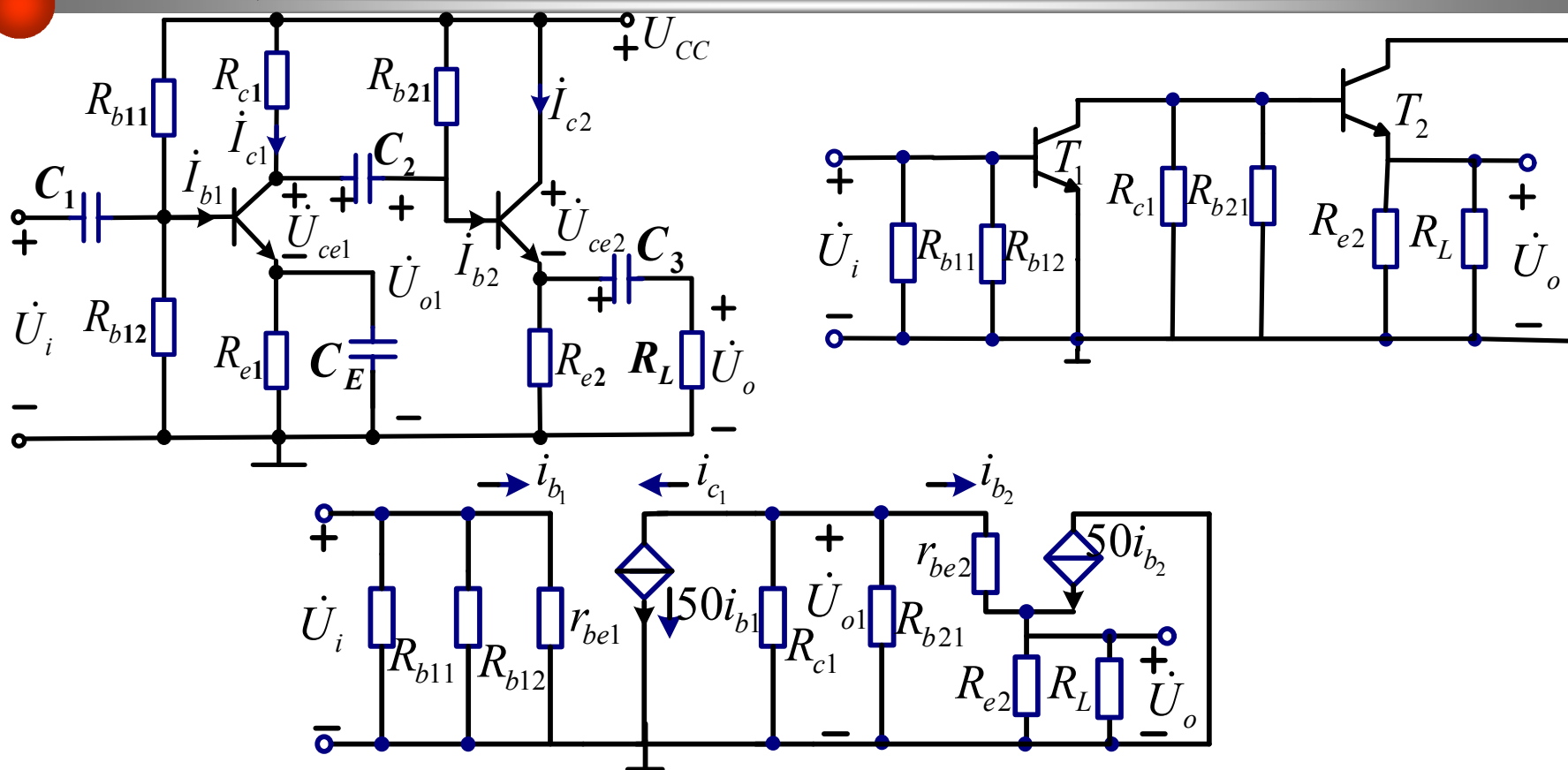
$$r_{be2} = 300 + (1 + \beta) \frac{26(mV)}{I_{EQ2}(mA)} = 300 + 51 \times \frac{26}{2.04} = 950 \Omega$$

6-25 如图所示两级阻容耦合放大电路中，已知参数： $\beta_1 = \beta_2 = 50$ ， $R_{b11} = 30k\Omega$ ， $R_{b12} = 20k\Omega$ ， $R_{c1} = 4k\Omega$ ， $R_{e1} = 4k\Omega$ ， $R_{b21} = 130k\Omega$ ， $R_{e2} = 3k\Omega$ ， $R_L = 1.5k\Omega$ ， $U_{CC} = 12V$ ， $U_{BE} = 0.7V$ 。

(1) 试计算第一级放大电路的静态工作点 (I_{BQ} ， I_{CQ} ， U_{CEQ})；

(2) 求放大电路的输入电阻，如果第一级电压放大倍数

$\dot{A}_{u1} = \dot{U}_{o1} / \dot{U}_i = -112.5$ ；总电压放大倍数近似等于多少。

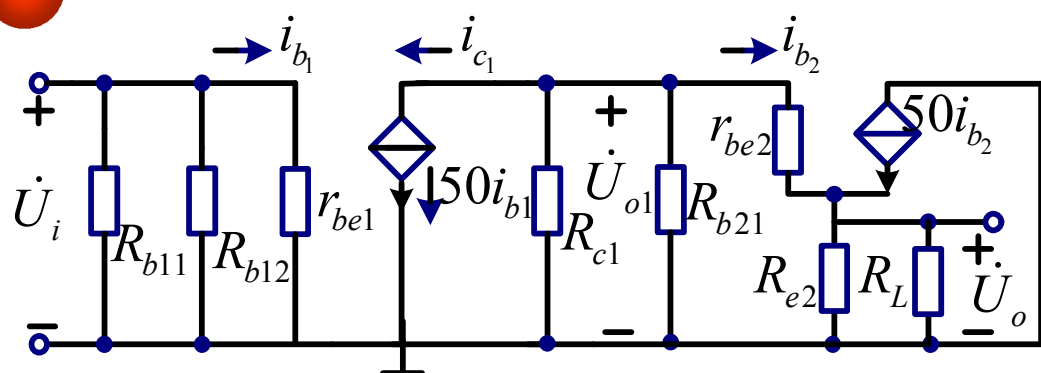


6-25 如图所示两级阻容耦合放大电路中，已知参数： $\beta_1 = \beta_2 = 50$ ， $R_{b11} = 30k\Omega$ ， $R_{b12} = 20k\Omega$ ， $R_{c1} = 4k\Omega$ ， $R_{e1} = 4k\Omega$ ， $R_{b21} = 130k\Omega$ ， $R_{e2} = 3k\Omega$ ， $R_L = 1.5k\Omega$ ， $U_{CC} = 12V$ ， $U_{BE} = 0.7V$ 。

(1) 试计算第一级放大电路的静态工作点 (I_{BQ} , I_{CQ} , U_{CEQ})；

(2) 求放大电路的输入电阻，如果第一级电压放大倍数

$\dot{A}_{u1} = \dot{U}_{o1} / \dot{U}_i = -112.5$ ；总电压放大倍数近似等于多少。



(2) 放大电路的输入电阻就是第一级的输入电阻。
放大电路的总电压放大倍数=第一级放大倍数和第二级放大倍数的乘积。

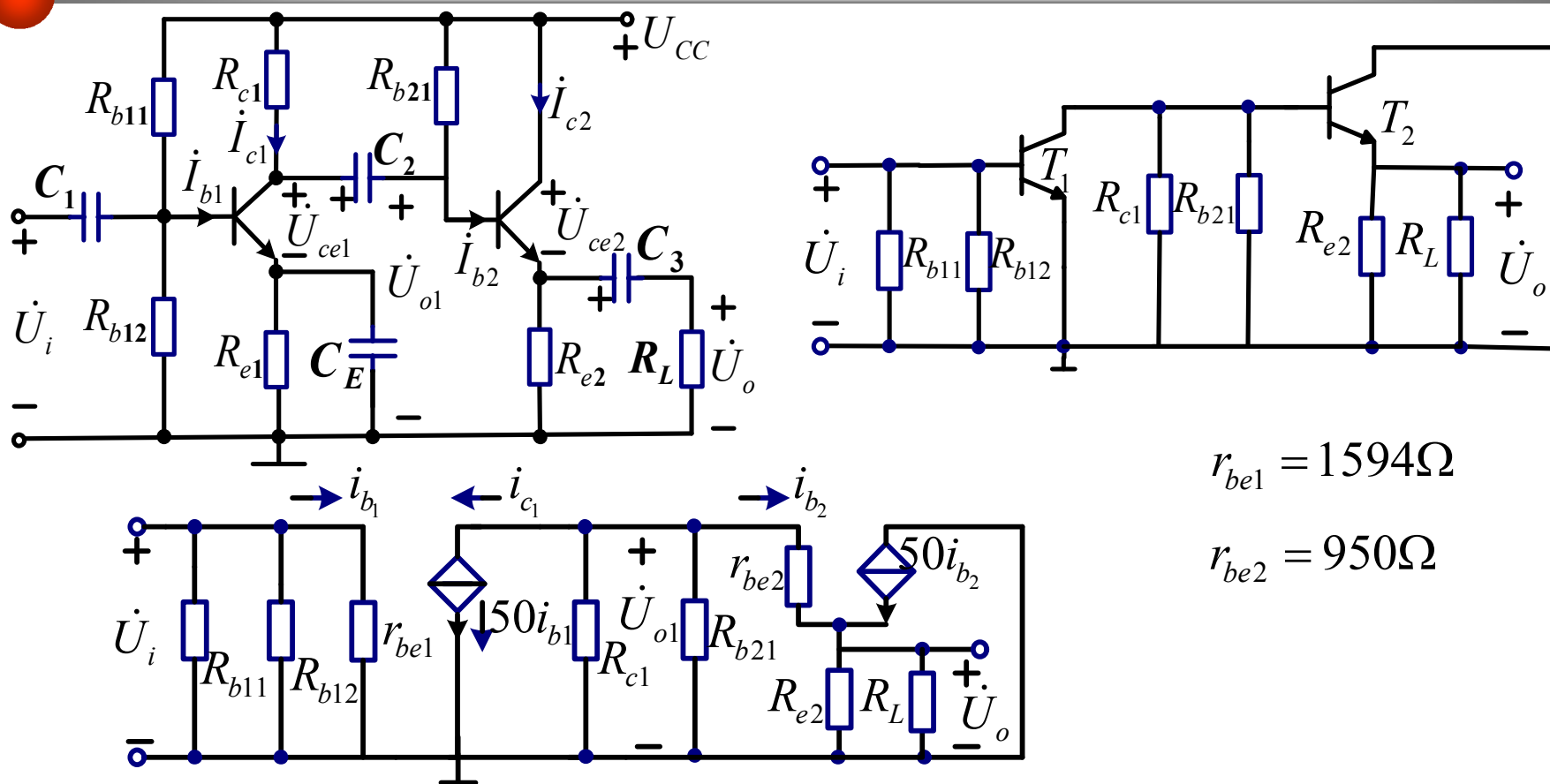
$$R_i = R_{b11} // R_{b12} // r_{be1} = 30 // 20 // 1.594 = 1.41k\Omega$$

$$\dot{A}_{u2} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_{o1}} = \frac{(\beta + 1)\dot{I}_{b2} \cdot (R_{e2} // R_L)}{\dot{I}_{b2} \cdot r_{be2} + (1 + \beta)\dot{I}_{b2} \cdot (R_{e2} // R_L)} \approx 0.98$$

所以总电压放大倍数近似等于 \dot{A}_{u1} 。

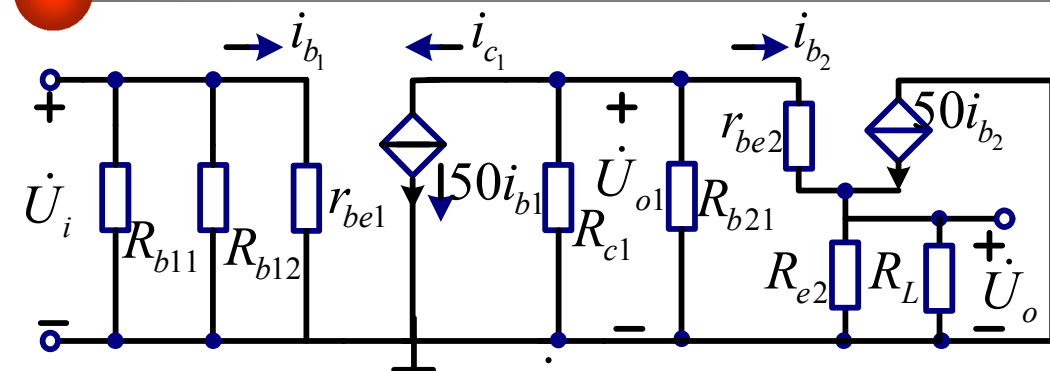
6-28 如图所示两级阻容耦合放大电路中，已知参数： $\beta_1 = \beta_2 = 50$ ， $R_{b11} = 30k\Omega$ ， $R_{b12} = 20k\Omega$ ， $R_{c1} = 4k\Omega$ ， $R_{e1} = 4k\Omega$ ， $R_{b21} = 130k\Omega$ ， $R_{e2} = 3k\Omega$ ， $R_L = 1.5k\Omega$ ， $U_{CC} = 12V$ ， $U_{BE} = 0.7V$ 。

- (1) 画出全电路的微变等效电路图，并求出三极管输入电阻；
- (2) 计算多级放大电路的输入电阻和输出电阻。



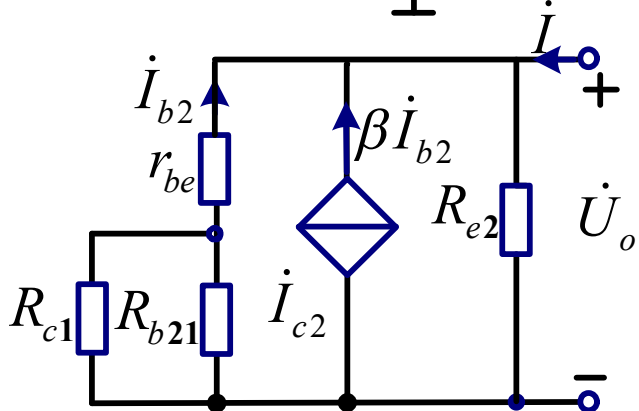
6-28 如图所示两级阻容耦合放大电路中，已知参数： $\beta_1 = \beta_2 = 50$ ， $R_{b11} = 30k\Omega$ ， $R_{b12} = 20k\Omega$ ， $R_{c1} = 4k\Omega$ ， $R_{e1} = 4k\Omega$ ， $R_{b21} = 130k\Omega$ ， $R_{e2} = 3k\Omega$ ， $R_L = 1.5k\Omega$ ， $U_{CC} = 12V$ ， $U_{BE} = 0.7V$ 。

(2) 计算多级放大电路的输入电阻和输出电阻。



(2) 放大电路的输入电阻就是第一级的输入电阻。放大电路的输出电阻是第二级的输出电阻。

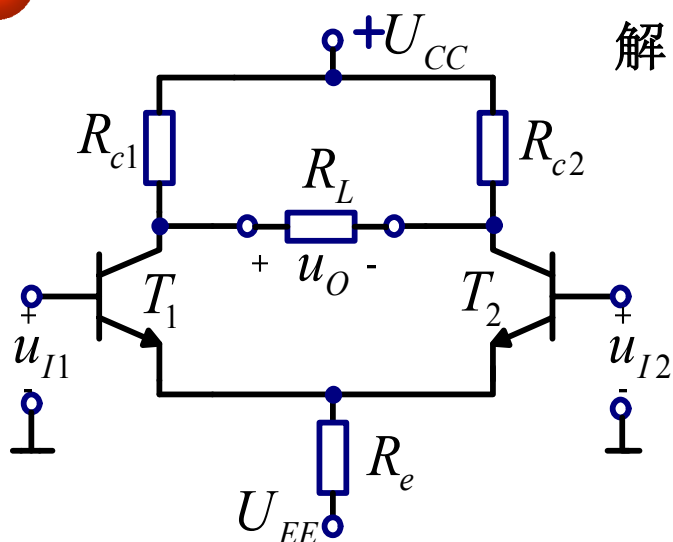
$$R_i = R_{b11} // R_{b12} // r_{be1} \\ = 30 // 20 // 1.594 = 1.41k\Omega$$



$$\dot{U}_o = -\dot{I}_{b2} \cdot (r_{be2} + R_{c1} // R_{b21}) \quad \dot{I} = \frac{\dot{U}_o}{R_{e2}} - (1 + \beta)\dot{I}_{b2} \\ \dot{I} = \frac{\dot{U}_o}{R_{e2}} + (1 + \beta) \frac{\dot{U}_o}{r_{be2} + R_{c1} // R_{b21}}$$

$$R_o = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{e2}} + \frac{1 + \beta}{r_{be2} + R_{c1} // R_{b21}}} = R_{e2} // \frac{r_{be2} + R_{c1} // R_{b21}}{1 + \beta} = 92\Omega$$

6-30 差分放大电路如图所示，已知 $\beta = 100$ ， $U_{BEQ} = 0.7V$ ， $R_e = 5k\Omega$ ， $R_{c1} = R_{c2} = 5k\Omega$ ， $R_L = 4k\Omega$ ， $U_{CC} = 6V$ ， $U_{EE} = -6V$ ，计算静态时的 U_{C1} ， U_{C2} ， I_{C1} ， I_{C2} 。



解：输入信号置零，两个输入端均接地。

$$U_{B1} = U_{B2} = 0V$$

$$U_E = 0 - U_{BE} = -0.7V$$

$$I_{R_e} = (-0.7 - U_{EE}) / R_e = 1.06mA$$

由于T1和T2参数相同，电路对称，所以每个三极管的发射极电流为：

$$I_{E1} = I_{E2} = I_{R_e} / 2 = 0.53mA$$

$$I_{B1} = I_{B2} = I_{E1} / (\beta + 1) = 5.25\mu A$$

$$I_{C1} = I_{C2} = \beta I_{B1} = 0.525mA$$

$$U_{C1} = U_{C2} = U_{CC} - R_{c1} I_{C1} = 6 - 0.525 \times 5 = 3.375V$$

6-1 选择合适的答案填入空内。

(3) 差动放大电路对 共模 信号无放大能力，所以可以抑制 零漂（温漂），对 差模 信号有放大能力，其共模抑制比为 $K_{CMR} = A_d / A_c = \infty$ （电路对称时）。