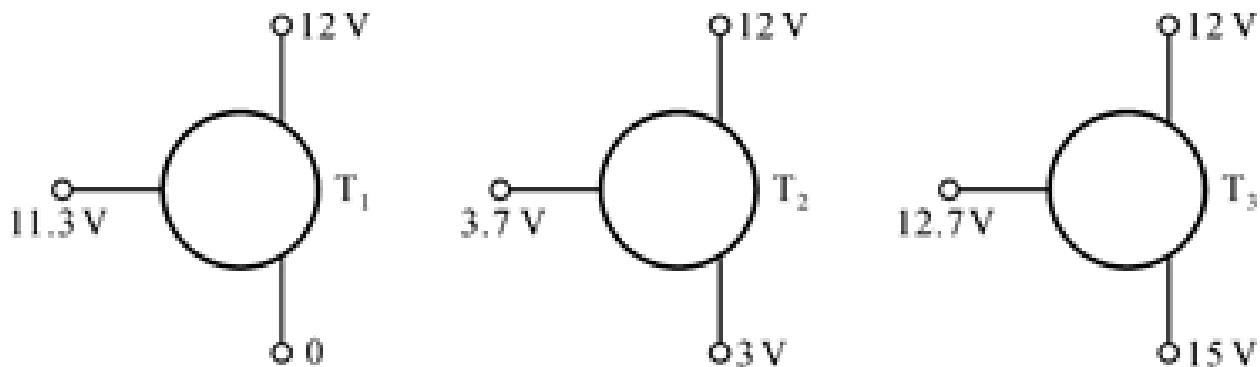


**2-1** 测得放大电路中处于放大状态的六只晶体管的直流电位如下图所示。  
在圆圈中画出管子的图形符号，并分别说明它们是硅管还是锗管。



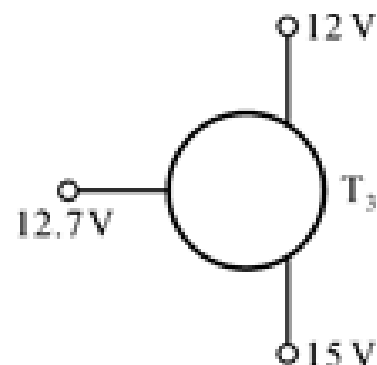
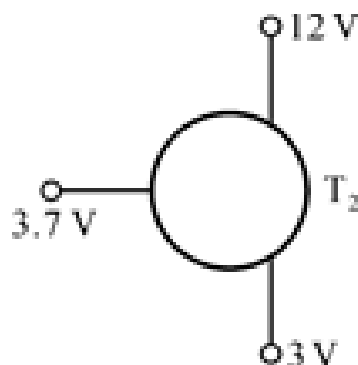
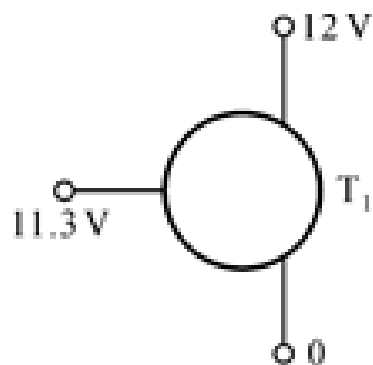
**知识点：** 发射结正偏，集电结反偏

**NPN管：**  $V_C > V_B > V_E$  ， **PNP管：**  $V_C < V_B < V_E$

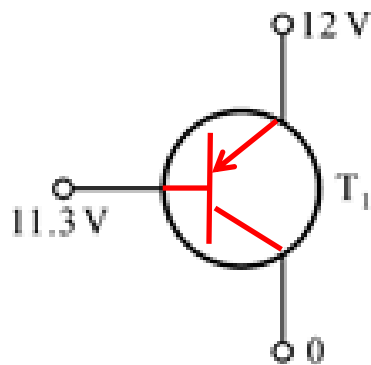
**解题技巧：**

- 1) 电位居中者为基极，
- 2) 满足  $|U_{BE}| = 0.7 \text{ V}$  （硅管） 或  $0.3 \text{ V}$  （锗管） 的为发射极，
- 3) 满足  $U_{BE} > 0$ ， 为NPN管；  $U_{BE} < 0$ ， 为PNP管。
- 4) NPN管， 箭头B指向E； PNP管， 箭头E指向B。

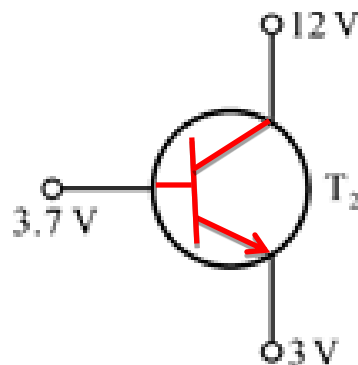
**2-1** 测得放大电路中处于放大状态的六只晶体管的直流电位如下图所示。  
在圆圈中画出管子的图形符号，并分别说明它们是硅管还是锗管。



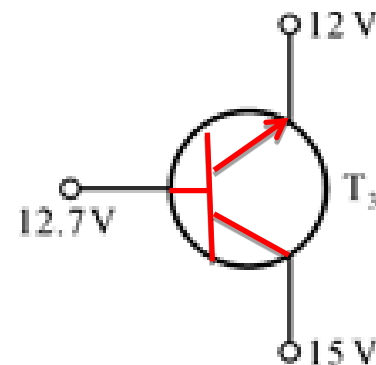
**2-1答案:**



**PNP型硅管**



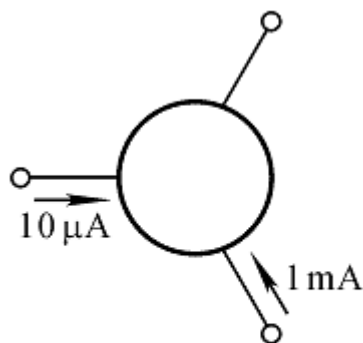
**NPN硅管**



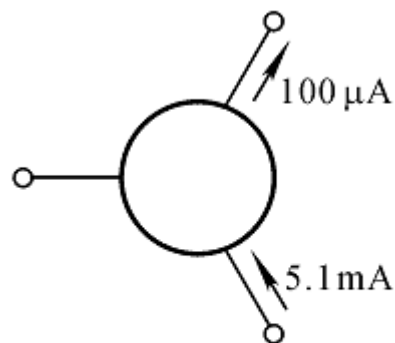
**NPN硅管**

**2-2** 现测得放大电路中这两只管子两个电极的电流如图所示。

- (1) 分别求另一电极的电流，标出其实际方向；
- (2) 在圈中画出管子；
- (3) 分别求两只管子的直流电流放大系数。



(a)



(b)

知识点:  $I_E = I_B + I_C$ ,  $I_C = \beta I_B \gg I_B$

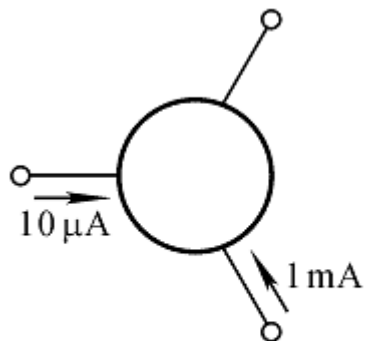
NPN管:  $I_B$ ,  $I_C$ 流入,  $I_E$ 流出, PNP管:  $I_E$ 流入,  $I_B$ 、 $I_C$ 流出。

解题技巧:

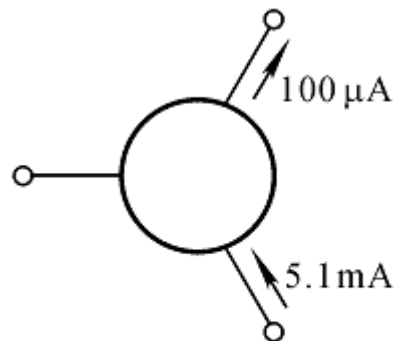
- 1) 电流相差较大, 小者为基极; 相差不大, 另一极为基极;
- 2) 基极电流流向与集电极一致。

**2-2** 现测得放大电路中这两只管子两个电极的电流如图所示。

- (1) 分别求另一电极的电流，标出其实际方向；
- (2) 在圈中画出管子；
- (3) 分别求两只管子的直流电流放大系数。

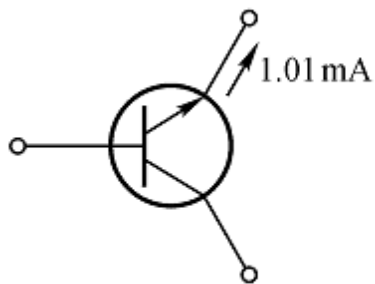


(a)

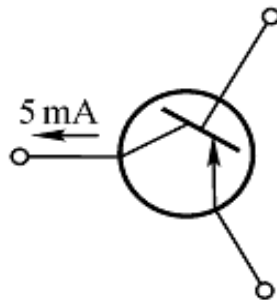


(b)

**2-2答案:**

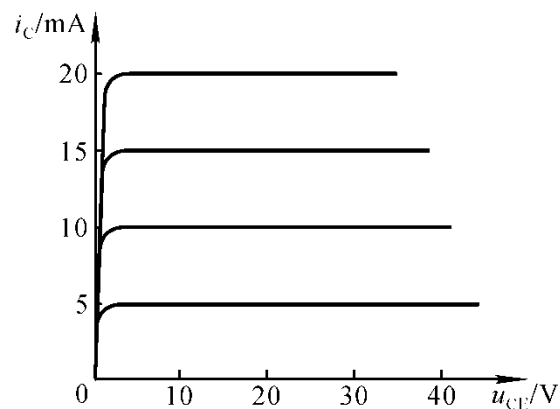


(a)



(b)

2-3 某晶体管的输出特性曲线如图所示，其集电极最大耗散功率  $P_{CM}=200\text{mW}$ ，试画出它的过损耗区。



知识点：  $P_{CM} = I_C U_{CE}$ 。

**2-3** 某晶体管的输出特性曲线如图所示，其集电极最大耗散功率  $P_{CM}=200\text{mW}$ ，试画出它的过损耗区。

### 2-3 解答：

根据  $P_{CM}=200\text{mW}$  可得：

$U_{CE}=40\text{V}$  时  $I_C=5\text{mA}$ ，

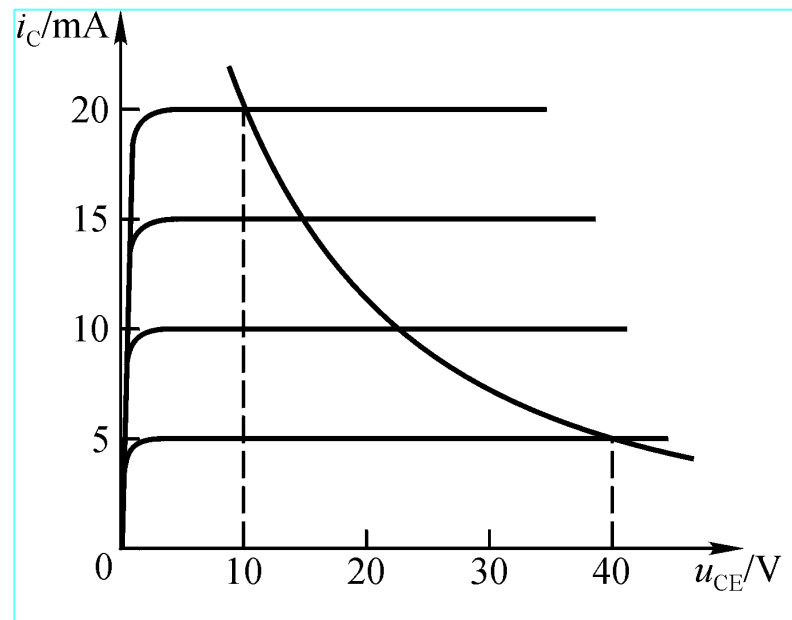
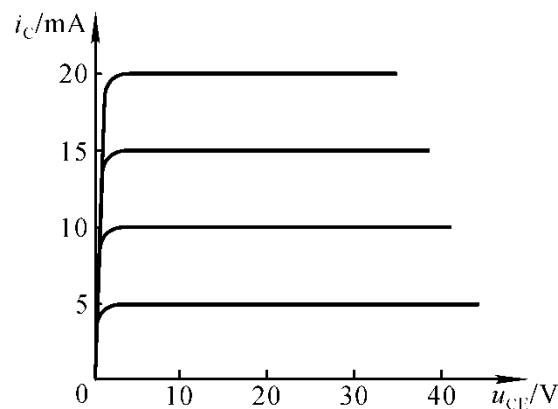
$U_{CE}=30\text{V}$  时  $I_C\approx 6.67\text{mA}$ ，

$U_{CE}=20\text{V}$  时  $I_C=10\text{mA}$ ，

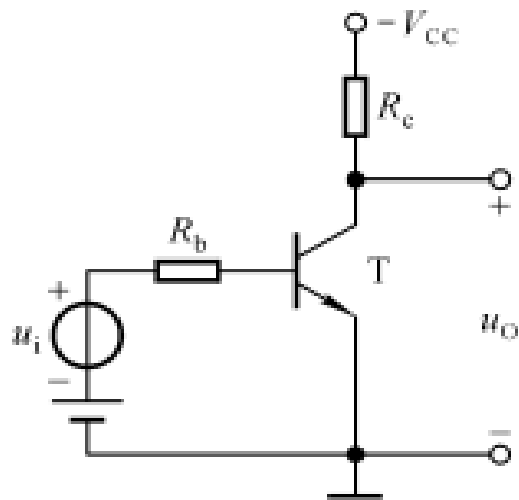
$U_{CE}=10\text{V}$  时  $I_C=20\text{mA}$ ，

将各点连接成曲线，即为临界过损耗线，如解图所示。

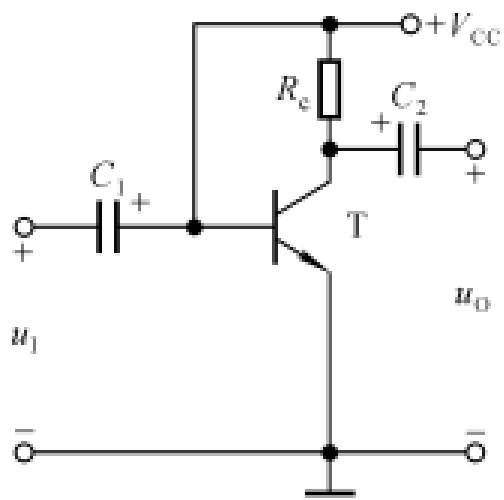
临界过损耗线的右边为过损耗区。



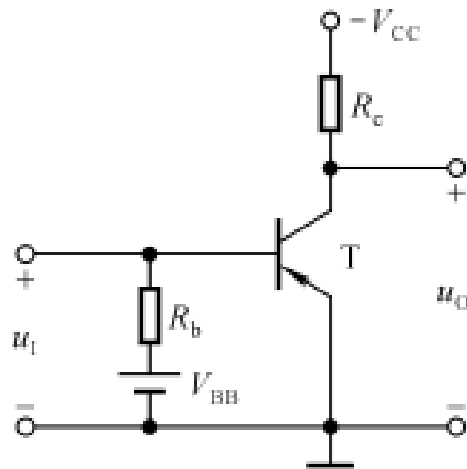
## 2-4 分别改正图示各电路中的错误，使它们有可能放大正弦波信号。 要求保留电路原来的共射接法和耦合方式



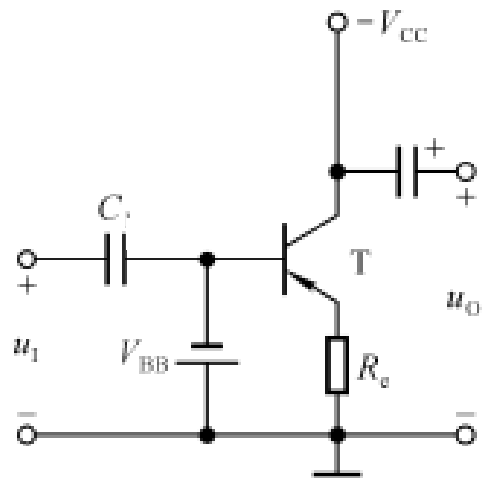
(a)



(b)



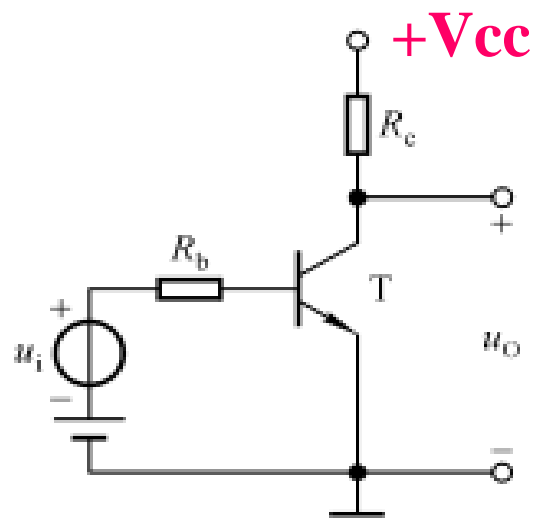
(c)



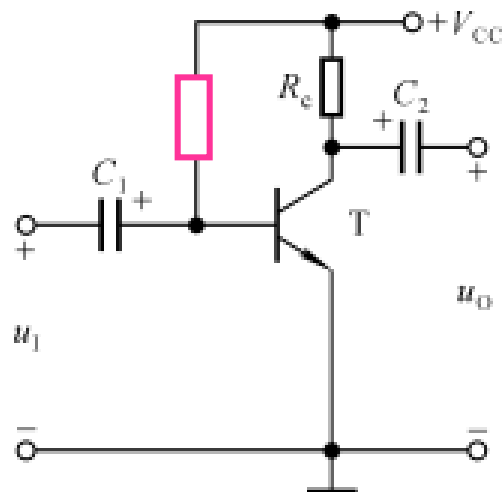
(d)

知识点：1) 直流电源，发射结正偏，集电结反偏；  
2) 基极偏置电阻 $R_b$ ，集电极负载电阻 $R_c$ ；  
3) 耦合电容，为电解电容器，有极性。

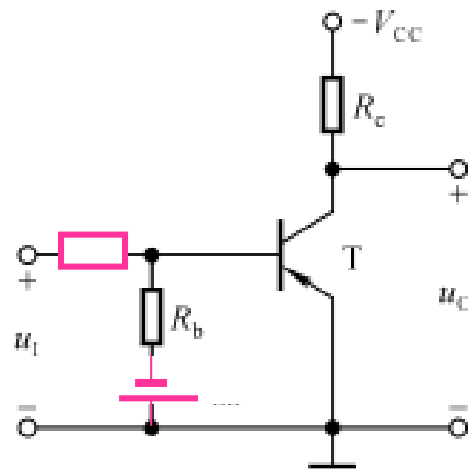
## 2-4 分别改正图示各电路中的错误，使它们有可能放大正弦波信号。 要求保留电路原来的共射接法和耦合方式



(a)



(b)



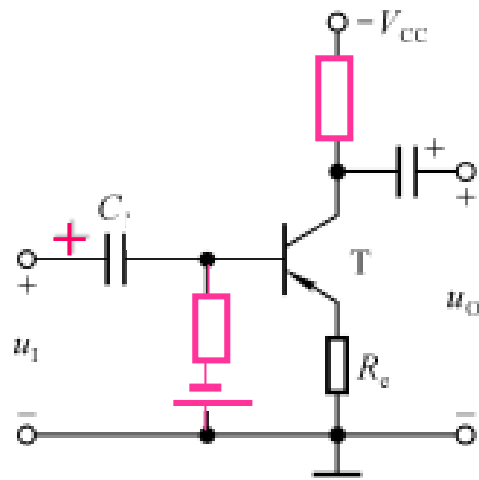
(c)

解：(a) 将  $-V_{CC}$  改为  $+V_{CC}$ 。

(b) 在  $+V_{CC}$  与基极之间加  $R_b$ 。

(c) 将  $V_{BB}$  反接，且在输入端串联一个电阻。

(d) 在  $V_{BB}$  支路加  $R_b$ ，在  $-V_{CC}$  与集电极之间加  $R_c$ 。



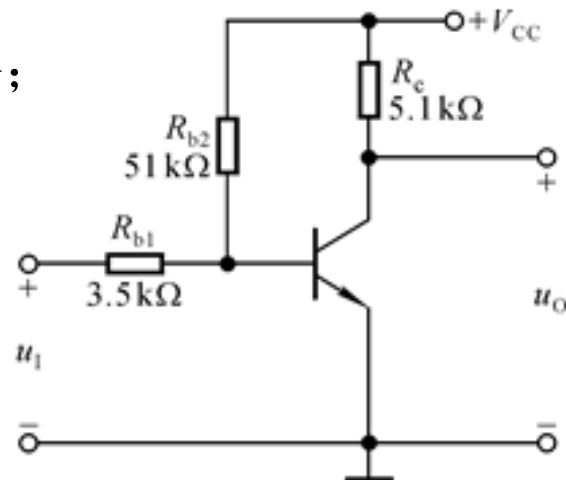
(d)



**2-5** 电路如图所示，已知晶体管 $\beta=50$ ，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？设 $V_{CC}=12V$ ，晶体管饱和管压降 $U_{CES}=0.5V$ 。

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

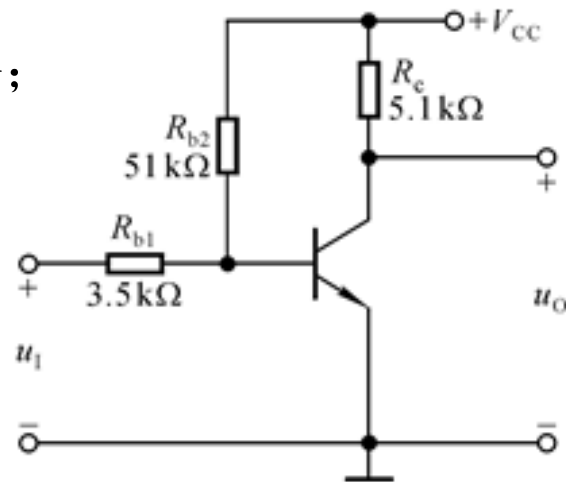
**知识点：** 静态工作点的配置



**临界饱和基极电流** 
$$I_{BS} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{\beta R_c}$$

**2-5** 电路如图所示，已知晶体管 $\beta=50$ ，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？设 $V_{CC}=12V$ ，晶体管饱和管压降 $U_{CES}=0.5V$ 。

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



**解答：** 
$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_{b2}} - \frac{U_{BE}}{R_{b1}} \approx 22\mu A$$

(1) 
$$U_C = V_{CC} - I_C R_C \approx 6.4V$$

(2) 由于 $U_{BE}=0V$ ，T截止， $U_C=12V$ 。

(3) 临界饱和基极电流 
$$I_{BS} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{\beta R_C} \approx 0.045mA$$

实际基极电流 
$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_{b2}} \approx 0.22mA$$

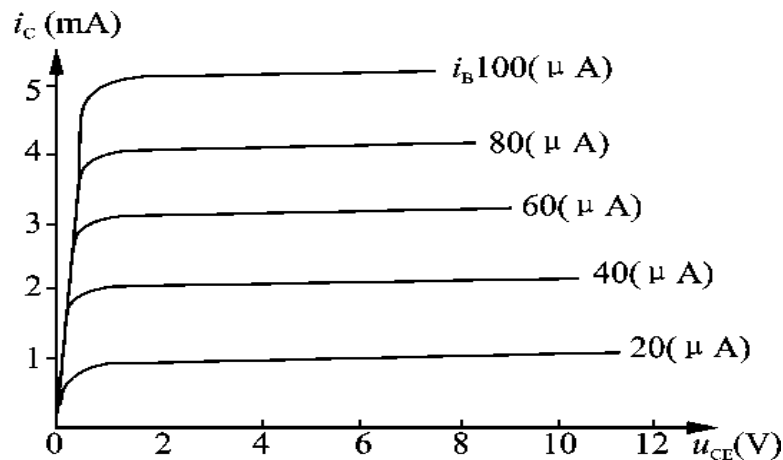
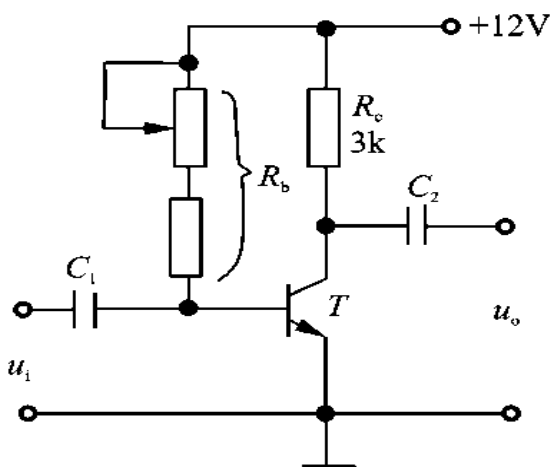
由于 $I_B > I_{BS}$ ，故T饱和， $U_C = U_{CES} = 0.5V$ 。

(4) T截止， $U_C=12V$ 。

(5) 由于集电极直接接直流电源， $U_C = V_{CC} = 12V$

## 2-6 放大电路及三极管输出特性如图所示：

- 1) 在输出特性上画直流负载线。当  $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$  时，确定Q点和  $R_b$  值；
- 2) 利用图解法分别求  $R_L = \infty$  和  $R_L = 3 \text{ K}$  时的最大不失真输出电压有效值  $U_{om}$ ；
- 3) 若  $R_B = 150 \text{ K}$  且  $i_B$  的交流分量  $i_b = 20 \sin \omega t (\mu\text{A})$ ，画出  $i_C$  和  $u_{CE}$  的波形，这时出现什么失真？

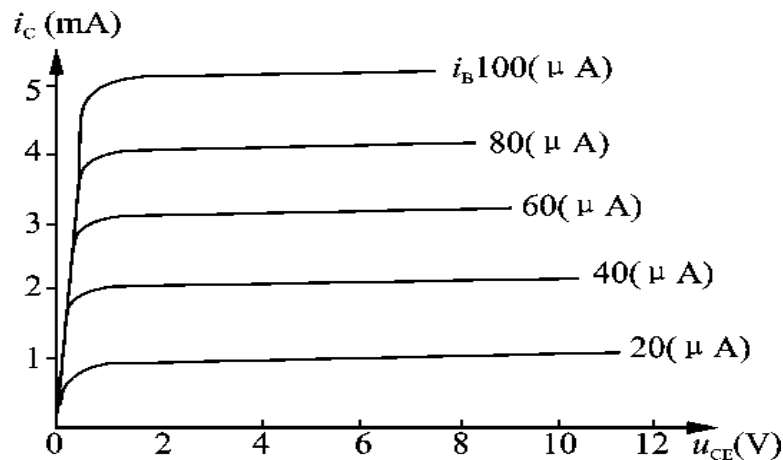
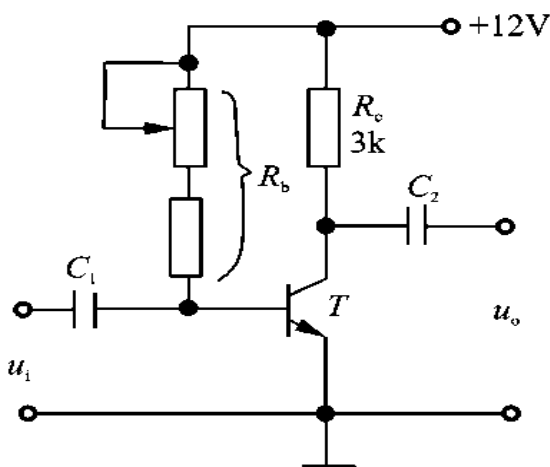


知识点：静态工作点，直流负载线，交流负载线

$$U_{om} = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{MIN} \{ U_{CEQ} - U_{CES}, I_{CQ} R'_L \}$$

## 2-6 放大电路及三极管输出特性如图所示：

- 1) 在输出特性上画直流负载线。当  $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$  时，确定Q点和  $R_b$  值；
- 2) 利用图解法分别求  $R_L = \infty$  和  $R_L = 3 \text{ K}$  时的最大不失真输出电压有效值  $U_{om}$ ；
- 3) 若  $R_B = 150 \text{ K}$  且  $i_B$  的交流分量  $i_b = 20 \sin \omega t (\mu\text{A})$ ，画出  $i_C$  和  $u_{CE}$  的波形，这时出现什么失真？

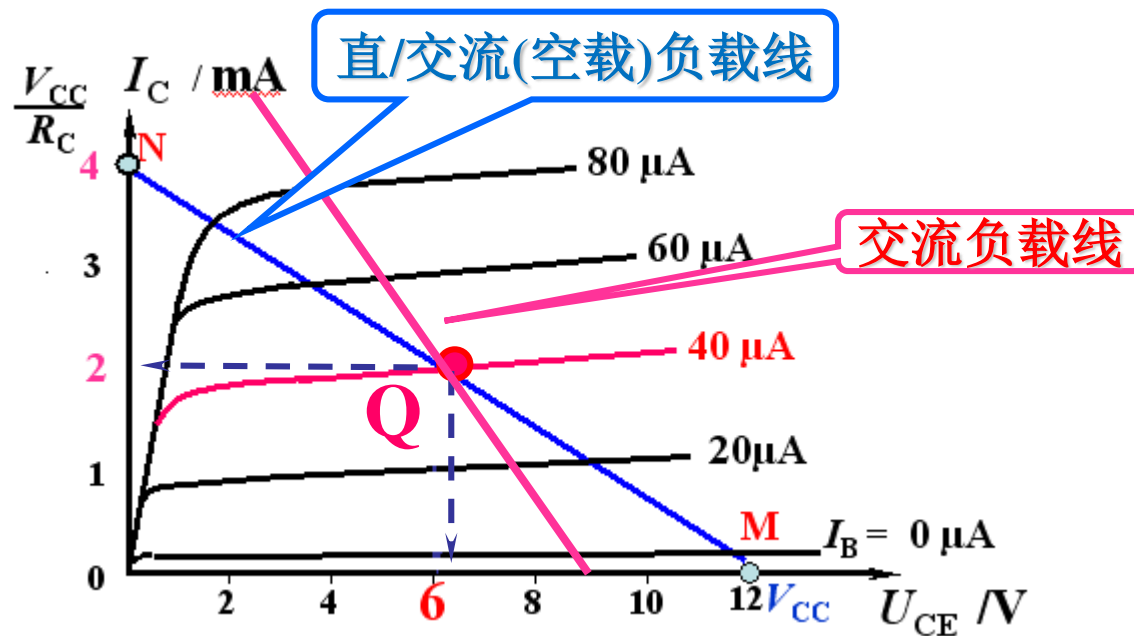


## 2-6 解答：

1) 作直流负载线  $U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

由  $I_C = 2 \text{ mA}$  得Q点  $I_B = 40 \mu\text{A}$

$$R_b = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{I_B} = 282.5 \text{ K}\Omega$$

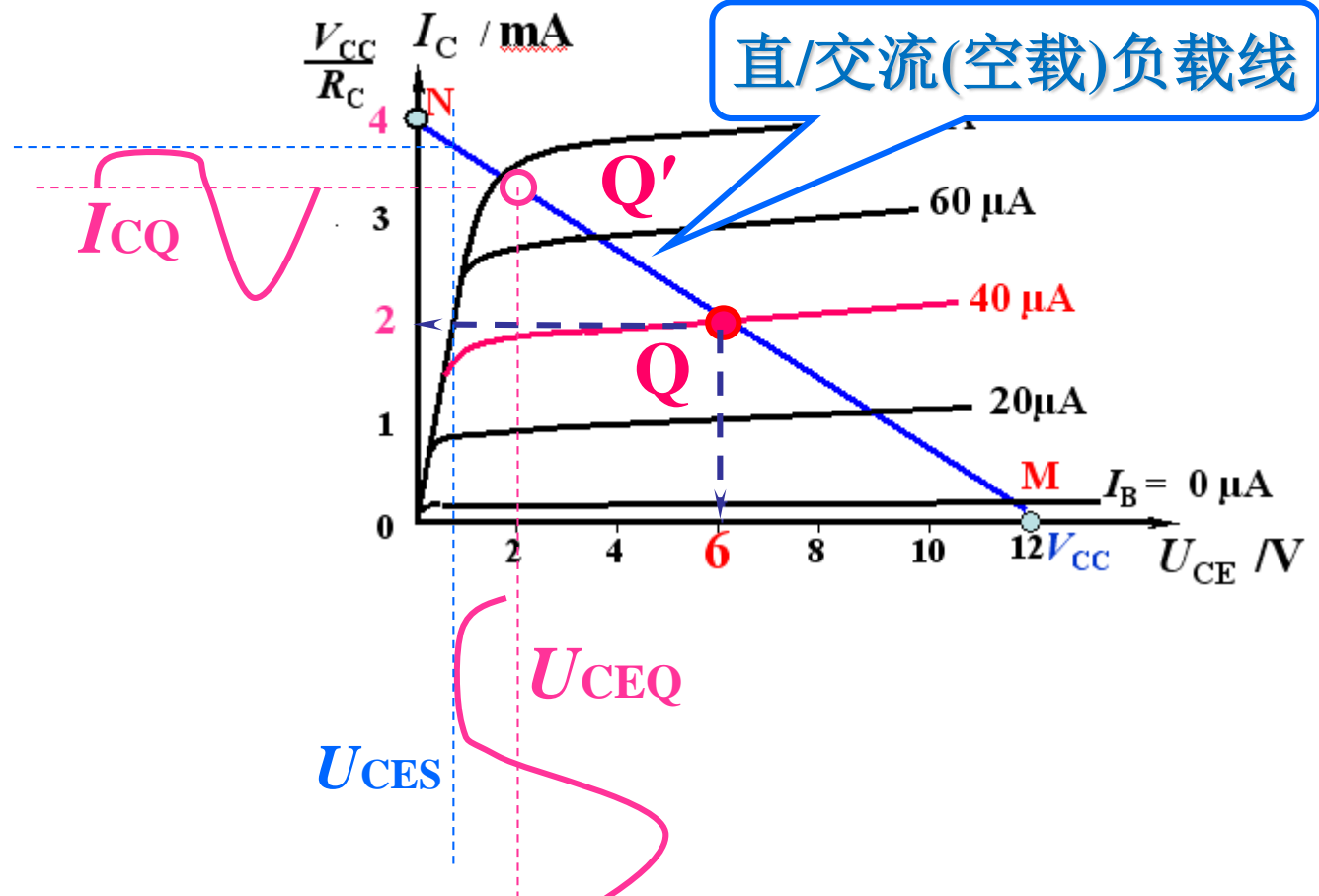


2-6 解答:

$$2) \quad U_{om} = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{MIN} \{ U_{CEQ} - U_{CES}, I_{CQ} R'_L \}$$

$$\text{当 } R_L = \infty \text{ 时, } U_{om} = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{MIN} \{ 6 - 0.7, 2 \times 3 \} = 3.7V$$

$$\text{当 } R_L = 3K \text{ 时, } U_{om} = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{MIN} \{ 6 - 0.7, 2 \times 1.5 \} = 2.2V$$



2-6 解答:

3) 由  $R_B = 150K$  可得  $I_B = 76 \mu A$

则  $i_c = \beta i_b = \sin \omega t (mA)$

$u_o = -i_c R_c = 3 \sin \omega t (V)$

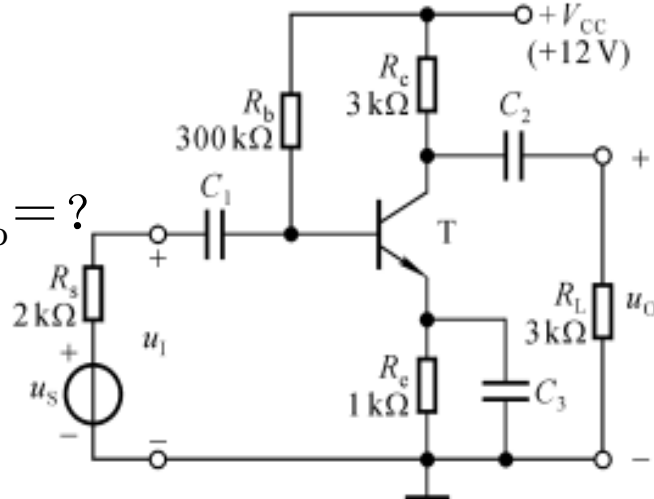
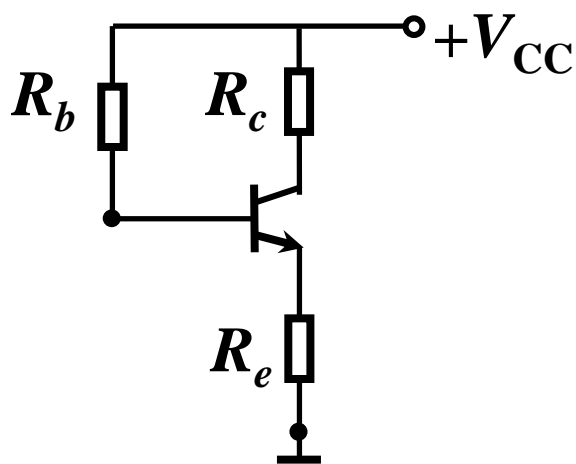
## 2-7

电路如图所示，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 $U_i=?$   $U_o=?$



解：(1)  $Q$  点：

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta)R_e} \approx 31\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 1.86\text{mA}$$

$$U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{EQ}(R_c + R_e) = 4.56\text{V}$$

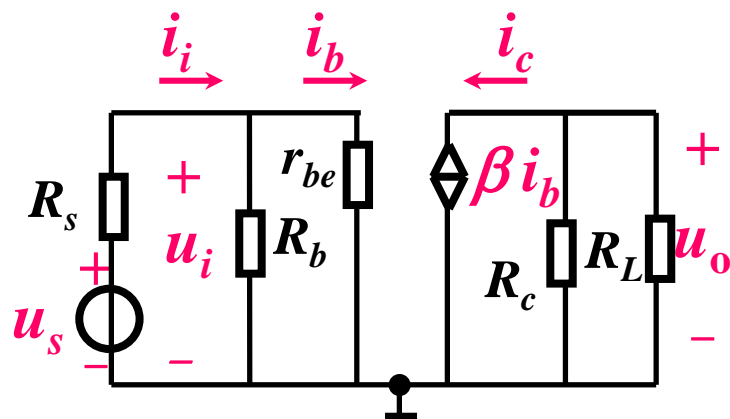
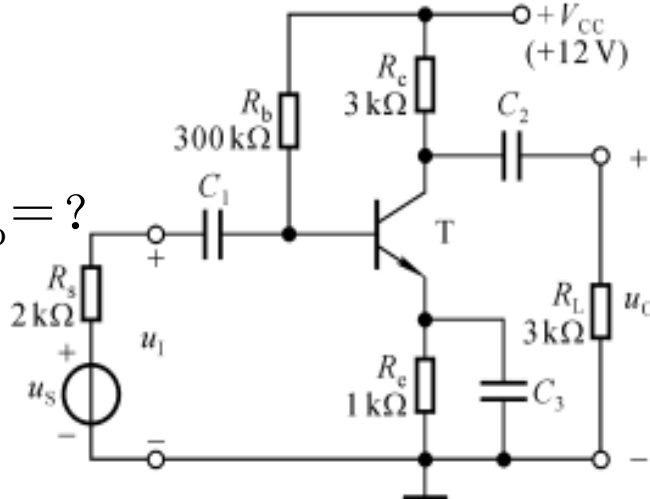
## 2-7

电路如图所示，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 $U_i=?$   $U_o=?$



$\dot{A}_u$ 、 $R_i$ 和 $R_o$ 的分析：

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_{EQ}} \approx 952\Omega$$

$$R_i = R_b \parallel r_{be} \approx 952\Omega$$

$$\dot{A}_u = - \frac{\beta(R_c \parallel R_L)}{r_{be}} \approx -95$$

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



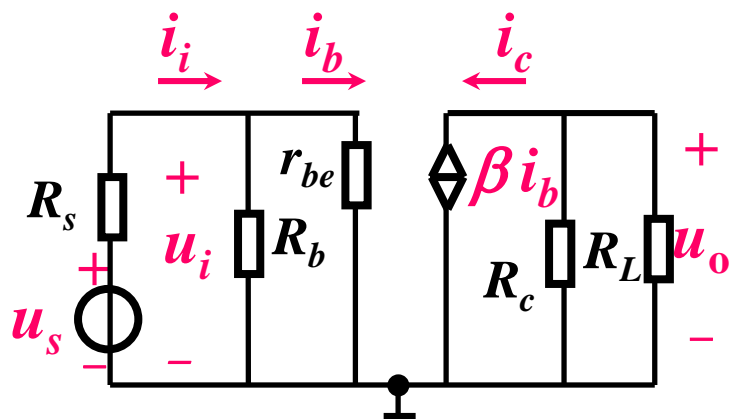
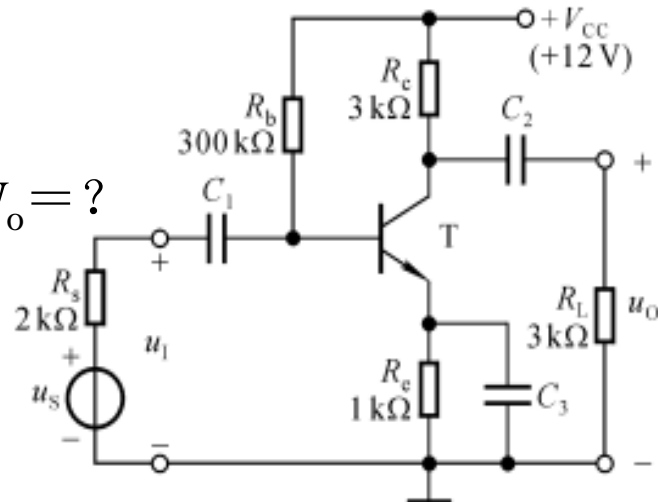
## 2-7

电路如图所示，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 $U_i=?$   $U_o=?$



(2) 设 $U_s=10\text{mV}$ （有效值），则

$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot U_s \approx 3.2\text{mV}$$

$$U_o = |\dot{A}_u| U_i \approx 304\text{mV}$$

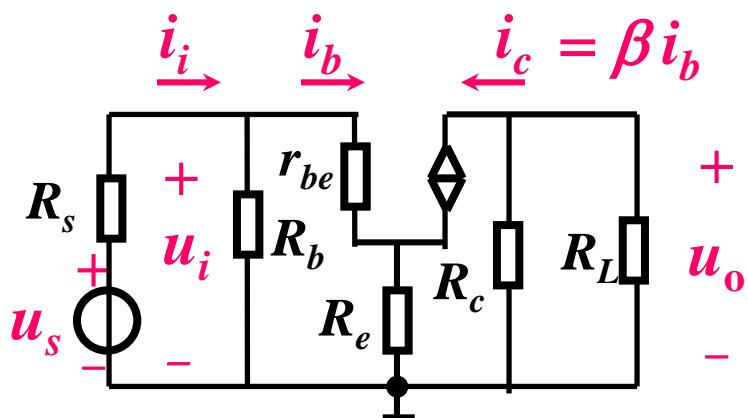
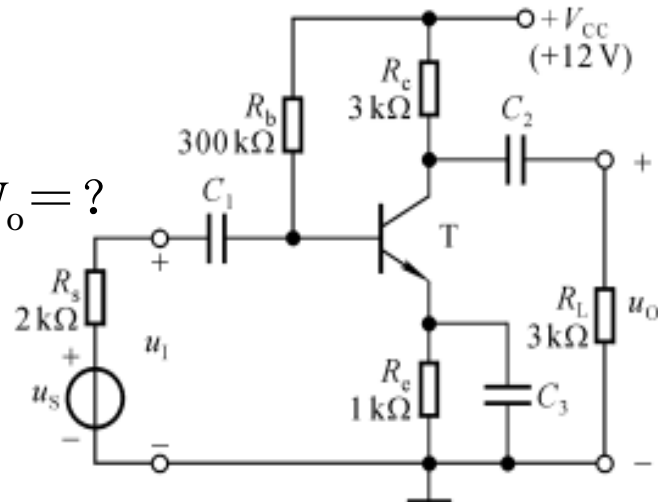
## 2-7

电路如图所示，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 $U_i=?$   $U_o=?$



$C_3$ 开路:

$$R_i = R_b \parallel [r_{be} + (1 + \beta)R_e] \approx 51.3\text{k}\Omega$$

$$\dot{A}_u \approx -\frac{R_c \parallel R_L}{R_e} = -1.5$$

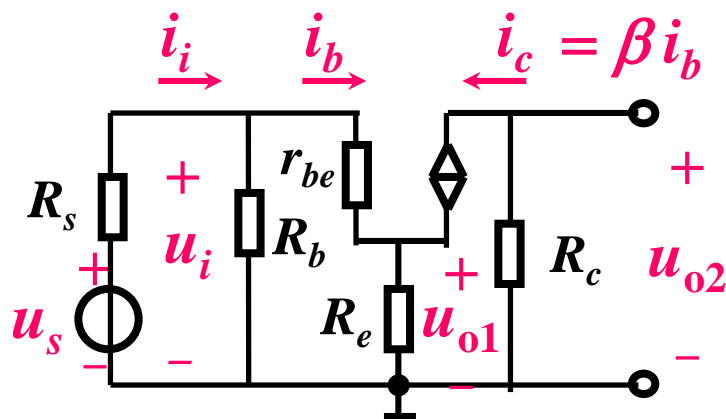
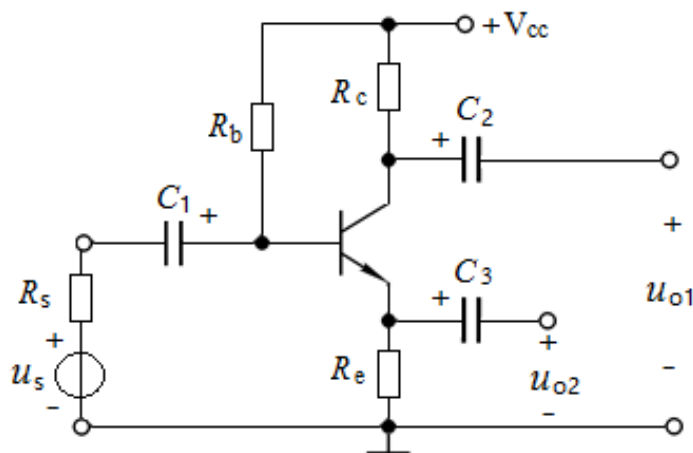
$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot U_s \approx 9.6\text{mV}$$

$$U_o = |\dot{A}_u| U_i \approx 14.4\text{mV}$$

## 2-8 电路所加输入电压为正弦波。试问：

(1)  $\dot{A}_{us1} = \dot{U}_{o1} / \dot{U}_s \approx ?$   $\dot{A}_{us2} = \dot{U}_{o2} / \dot{U}_s \approx ?$

(2) 定性画出输入电压和输出电压  $u_s$ 、 $u_{o1}$ 、 $u_{o2}$  的波形；



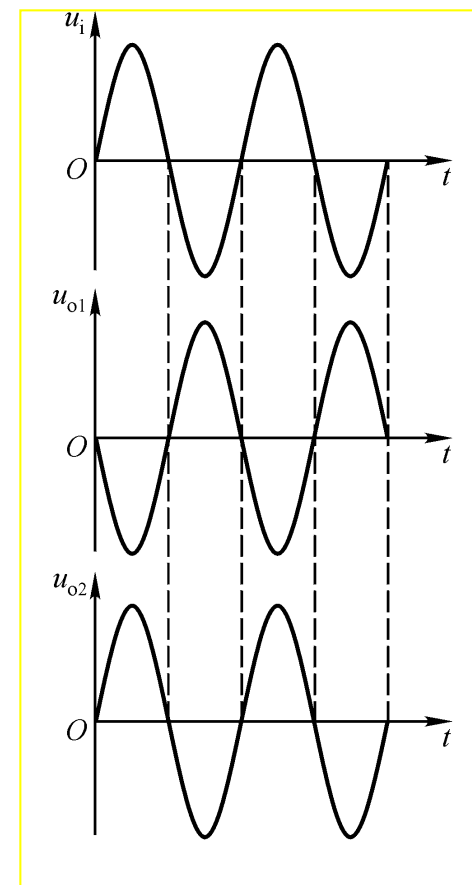
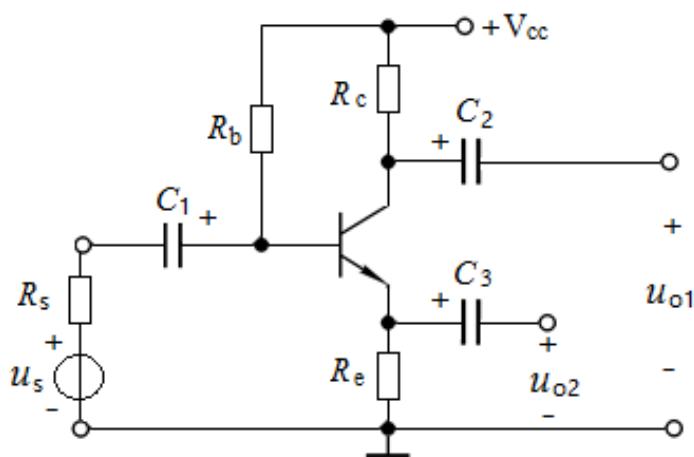
$$\dot{A}_{us1} = -\frac{\beta R_c}{r_{be} + (1 + \beta)R_e} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} \approx -\frac{R_c}{R_e} = -1$$

$$\dot{A}_{us2} = \frac{(1 + \beta)R_e}{r_{be} + (1 + \beta)R_e} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} \approx +1$$

## 2-8 电路所加输入电压为正弦波。试问：

(1)  $\dot{A}_{us1} = \dot{U}_{o1} / \dot{U}_s \approx ?$   $\dot{A}_{us2} = \dot{U}_{o2} / \dot{U}_s \approx ?$

(2) 定性画出输入电压和输出电压  $u_s$ 、 $u_{o1}$ 、 $u_{o2}$  的波形；



## 2-8 解答：

$$(1) \quad \dot{A}_{us1} = -\frac{\beta R_c}{r_{be} + (1 + \beta)R_e} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} \approx -\frac{R_c}{R_e} = -1$$

$$\dot{A}_{us2} = \frac{(1 + \beta)R_e}{r_{be} + (1 + \beta)R_e} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} \approx +1$$

**2-9** 在如图所示放大电路中，设  $V_{CC} = 12V$ ， $\beta = 40$ ， $U_{BE} = 0.7V$ ， $r_{be} = 1K\Omega$ 。

- 1) 确定Q点；
- 2) 求放大电路的电压放大倍数及输入电阻和输出电阻；
- 3) 说明发射极电阻的作用；
- 4) 说明电容  $C_E$  对放大电路的影响。

**2-9 解答：**

$$1) \quad V_{CC} = R_C I_E + I_B R_B + U_{BE} + I_E R_E$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = R_C I_E + U_{CE} + I_E R_E$$

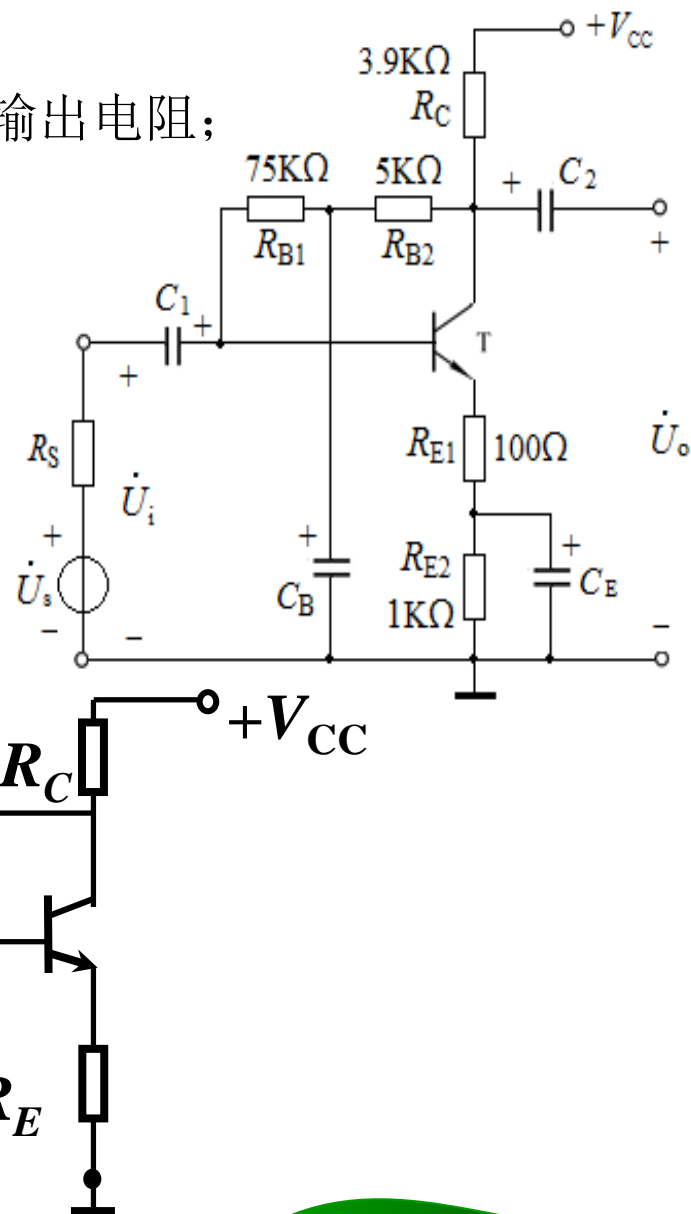
$$I_{BQ} = 39.6\mu A$$

$$R_{B1} + R_{B2} = R_B$$

$$I_{CQ} = 1.584mA \approx 1.6mA$$

$$U_{CEQ} = 3.882V \approx 3.9V$$

$$R_{E1} + R_{E2} = R_E$$



**2-9** 在如图所示放大电路中，设  $V_{CC} = 12V$ ， $\beta = 40$ ， $U_{BE} = 0.7V$ ， $r_{be} = 1K\Omega$ 。

- 1) 确定Q点；
- 2) 求放大电路的电压放大倍数及输入电阻和输出电阻；
- 3) 说明发射极电阻的作用；
- 4) 说明电容  $C_E$  对放大电路的影响。

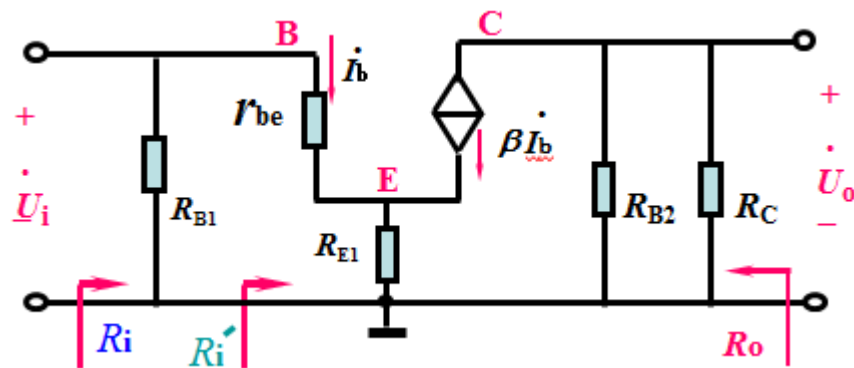
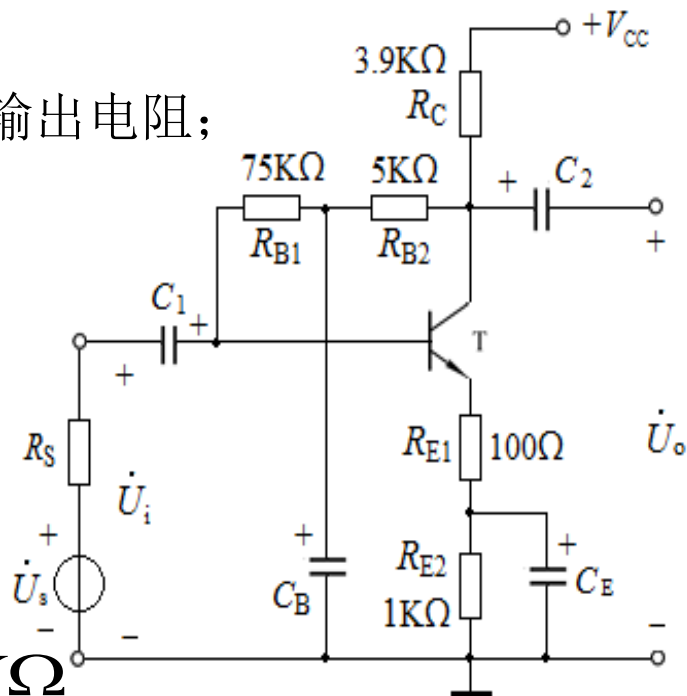
**2-9 解答：**

$$2) \quad \dot{A}_u = \frac{-\beta(R_{B2} // R_C)}{r_{be} + (1 + \beta)R_{E1}} \approx -17.2$$

$$R_i = R_{B1} // [r_{be} + (1 + \beta)R_{E1}] \approx 4.78K\Omega$$

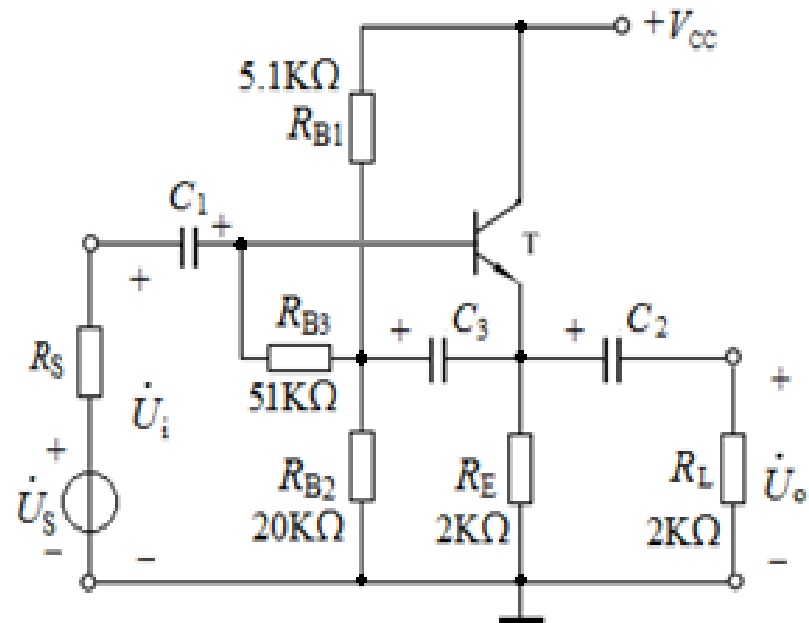
$$R_o = R_{B2} // R_C \approx 2.19K\Omega$$

- 3) 发射极电阻稳定静态工作点
- 4) 若  $C_E$  开路，增大输入电阻，减小电压放大倍数。

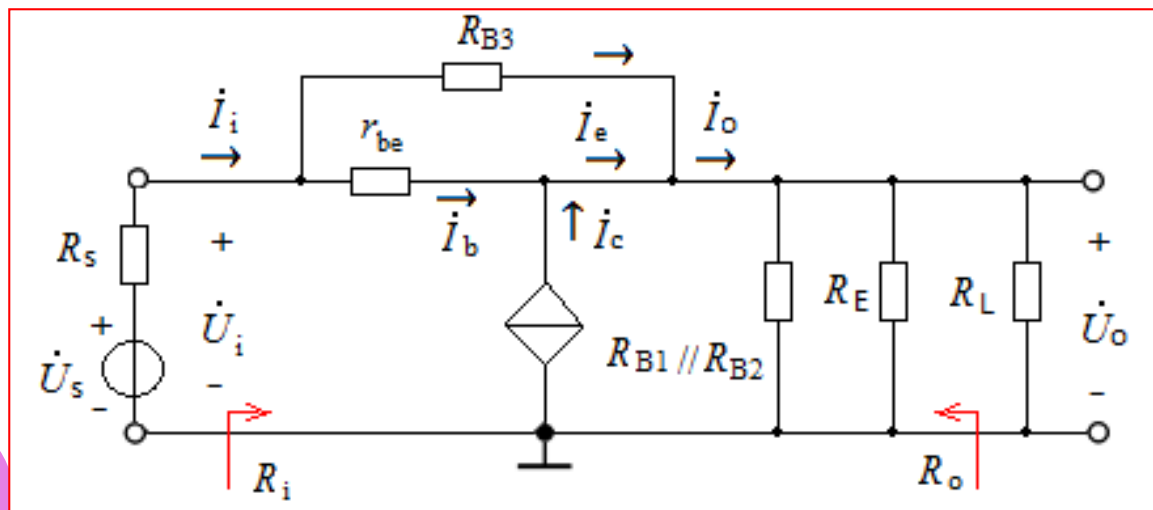


## 2-10

在如图所示电路中， $V_{CC}=10V$ ，  
 设三极管的 $\beta=100$ ， $U_{BE}=0.7V$ ，  
 $r_{be}=1K\Omega$ ， $R_S=1K\Omega$ 。  
 试求：该输入电阻 $R_i$ 和输出电阻 $R_o$ ？

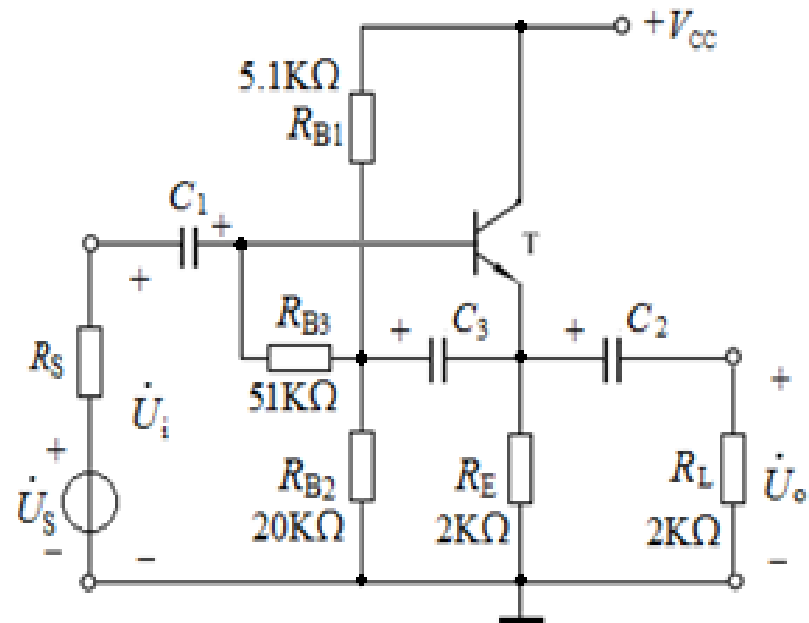


$$R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i} = \frac{I_b r_{be} + [(1 + \beta) I_b + I_b r_{be} / R_{B3}] (R_{B1} // R_{B2} // R_E // R_L)}{I_b + I_b r_{be} / R_{B3}}$$

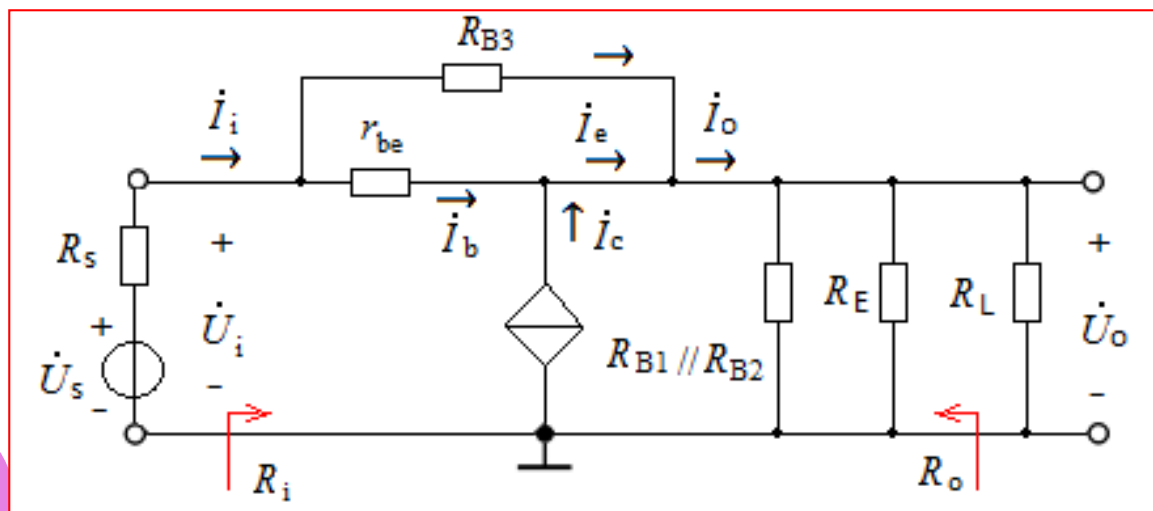


## 2-10

在如图所示电路中， $V_{CC}=10V$ ，  
 设三极管的 $\beta=100$ ， $U_{BE}=0.7V$ ，  
 $r_{be}=1K\Omega$ ， $R_S=1K\Omega$ 。  
 试求：该输入电阻 $R_i$ 和输出电阻 $R_o$ ？



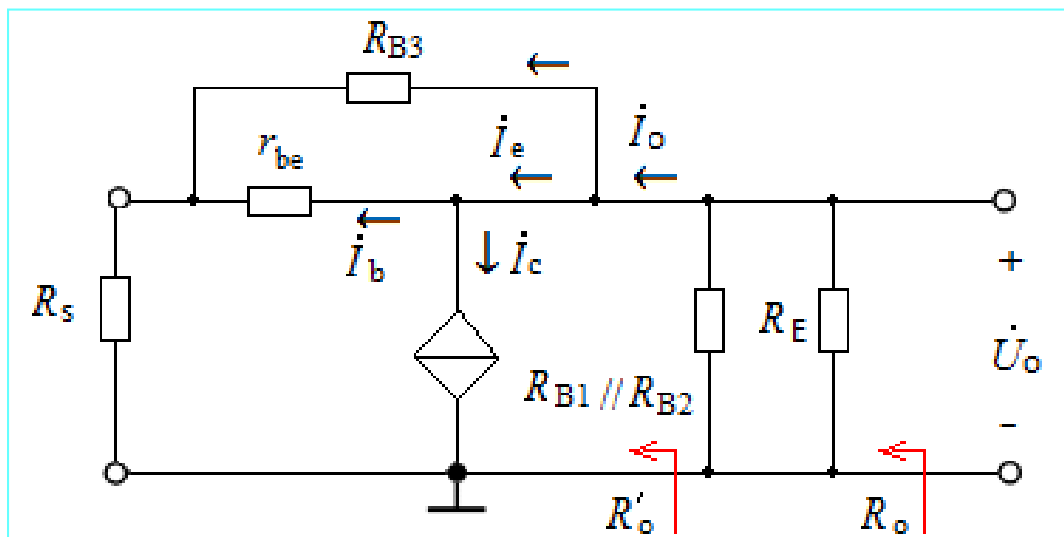
$$R_i = \frac{r_{be}R_{B3} + [r_{be} + (1 + \beta)R_{B3}]R_{B1} // R_{B2} // R_E // R_L}{r_{be} + R_{B3}} \approx 80K\Omega$$





## 2-10

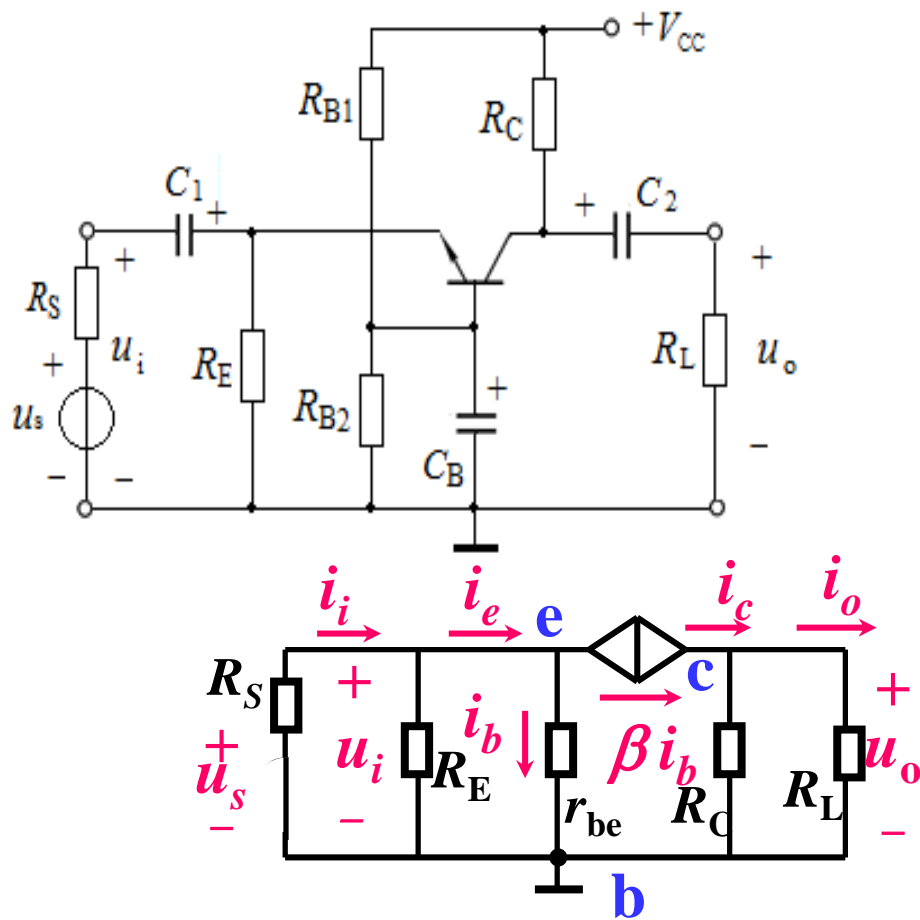
在如图所示电路中， $V_{cc}=10V$ ，设三极管的  
 $\beta=100$ ， $U_{BE}=0.7V$ ， $r_{be}=1K\Omega$ ， $R_S=1K\Omega$ 。  
 试求：该输入电阻 $R_i$ 和输出电阻 $R_o$ ？



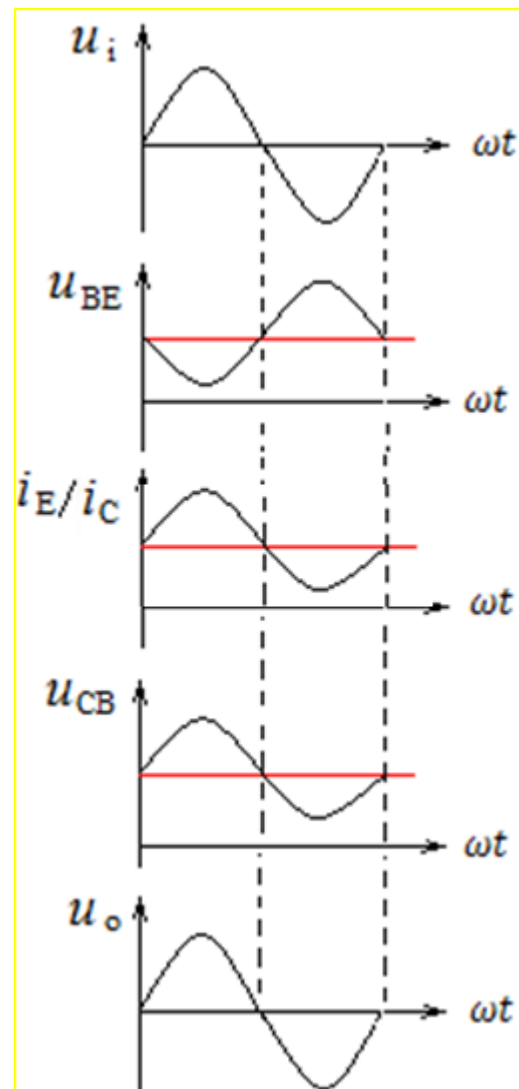
$$R'_o = \frac{\dot{U}'_o}{\dot{I}_o} = \frac{\dot{I}_b r_{be} + (\dot{I}_b + \dot{I}_b r_{be} / R_{B3}) R_S}{(1 + \beta) \dot{I}_b + \dot{I}_b r_{be} / R_{B3}} \approx \frac{r_{be} + R_S}{1 + \beta}$$

$$R_o \approx \frac{r_{be} + R_S}{1 + \beta} // R'_E \approx 18\Omega$$

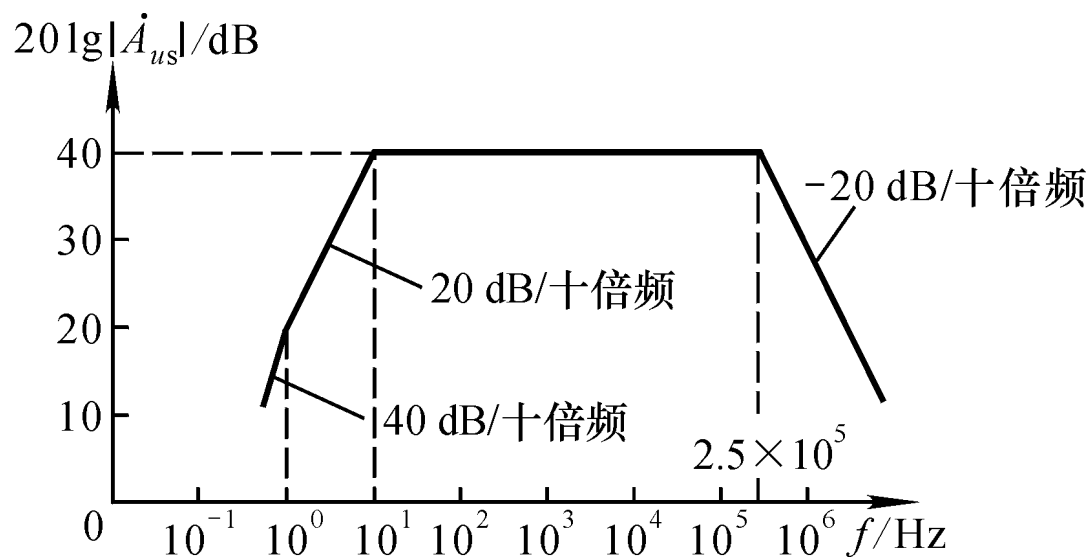
**2-11** 判断如图所示放大电路为何种组态？若输入信号为正弦波，试对应 $u_i$ 定性画出 $u_{BE}$ 、 $i_E$ 、 $i_C$ 、 $u_{CB}$ 及 $u_o$ 的波形，并说明 $u_o$ 与 $u_i$ 的相位关系。



微变等效电路



**2-12** 已知某共射放大电路的波特图如图所示，试写出的表达式。



**解：**

中频电压增益为 $40\text{dB}$ ，即中频放大倍数为 $-100$ ；

下限截止频率为 $1\text{Hz}$ 和 $10\text{Hz}$ ，上限截止频率为 $250\text{kHz}$ 。

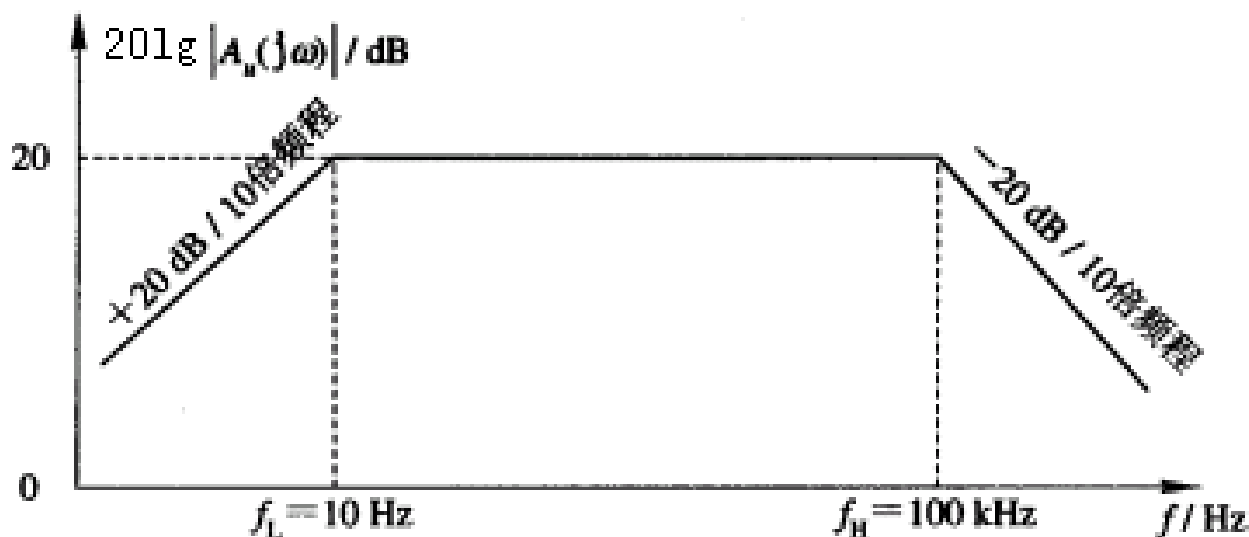
故电路的表达式为

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

或 
$$\dot{A}_u = \frac{+10f^2}{(1 + jf)(1 + j\frac{f}{10})(1 + j\frac{f}{2.5 \times 10^5})}$$

## 2-13 某放大电路的频率响应如图所示。

- 1) 该电路的中频放大倍数  $|A_{um}| = ?$
- 2) 该电路的增益频率响应  $A_U(j\omega)$  表达式如何?
- 3) 若已知其输出电压最大不失真动态范围为  $U_{om} = 10V$  ,  
当输入信号  $U_i = 0.1\sin(2\pi \times 1.5 \times 10^2)t + 2\sin(2\pi \times 50 \times 10^3)t(V)$  时,  
试判断输出信号是否会失真? 说明理由。



(图 4)

## 2-13 解答:

$$1) \quad |\dot{A}_{um}| = 10$$

$$2) \quad \dot{A}_u(j\omega) = \dot{A}_{um} \frac{j \frac{f}{f_L}}{(1 + j \frac{f}{f_L})(1 + j \frac{f}{f_H})} = \frac{-10j \frac{f}{10}}{(1 + j \frac{f}{10})(1 + j \frac{f}{1 \times 10^5})}$$

3) 输出电压会失真。

输入信号中有两个频率成分150Hz和50KHz，这两种信号的放大倍数均为10，所以幅度为2V的输入信号被放大后，将超过最大不失真输出幅度 $\sqrt{2}U_{om}=14V$ 而产生非线性失真。