

2-4 在放大电路中测得晶体管各电极对地的直流电压如下所列，确定它们各为哪个电极，晶体管是 NPN 型还是 PNP 型？

A 管：  $U_x = 12V, U_y = 11.7V, U_z = 6V$

B 管：  $U_x = -5.2V, U_y = -1V, U_z = -5.5V$

[解]：① A 管：  $\because U_x > U_y > U_z \quad U_{yx} = -0.3V$

$\therefore y$  一定是基极  $b$ ， $x$  是发射极  $e$ ， $z$  是集电极  $c$ 。

因为电位  $U_e > U_b > U_c$ ，晶体管是 PNP 型。

② B 管：  $U_y > U_x > U_z \quad U_{xz} = 0.3V$

$x$  一定是基极  $b$ ， $z$  是发射极  $e$ ， $y$  是集电极  $c$ 。

因为电位  $U_c > U_b > U_e$ ，晶体管是 NPN 型。

2-7 根据放大电路的组成原则判断图 2-19 所示电路能否正常放大。如果不能正常放大，指出错误。

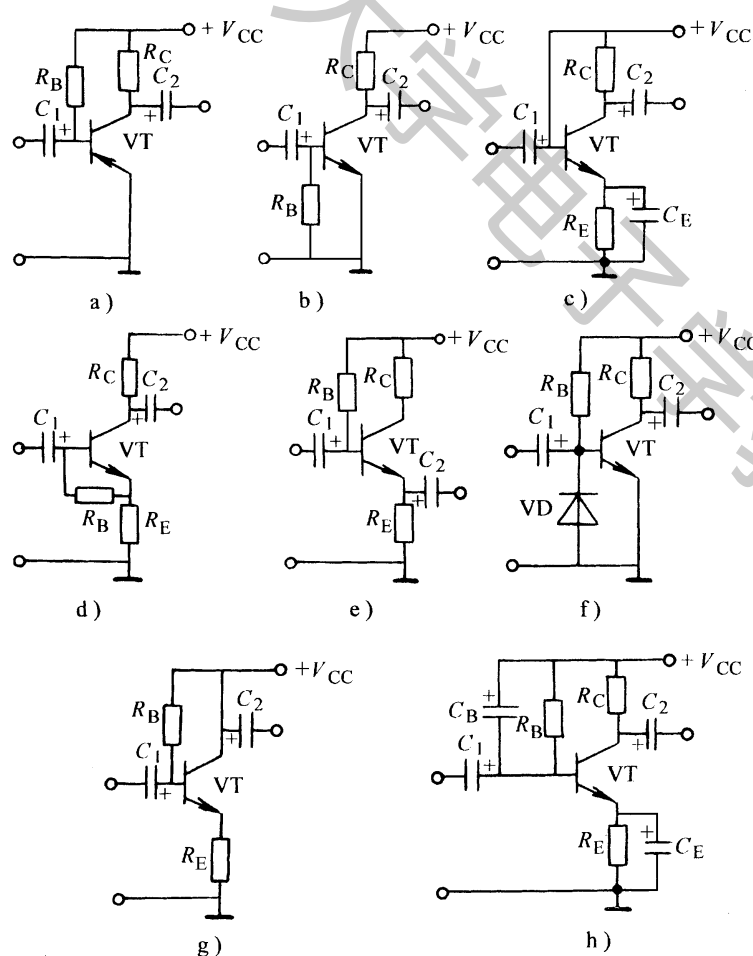


图 2-19 题 2-7 图

解 晶体管放大电路能否放大的判断准则

(1) 晶体管工作在放大区： 发射结正偏、集电结反偏。

(2) 放大信号可以输入、输出： 被放大信号能加在晶体管的输入端口，放大后信号能送到负载上。

(a) 晶体管工作在放大区的条件是发射结正偏、集电结反偏，PNP 型晶体管三个极电位应该是  $U_e > U_b > U_c$ ，所以电路不能正常放大。将电源+Vcc 改接成-Vcc，耦合电容极性反接。

(b) 晶体管的发射结为零偏置，不能工作在放大状态，所以电路不能正常放大。改成将电阻  $R_B$  接至电源 Vcc。

(c) 1)晶体管 b 极电位为 Vcc，管子处于饱和状态，2)动态时基极交流接地，输入信号无法进入三极管的输入端，所以电路不能正常放大。改成在基极与电源 Vcc 之间加基极电阻  $R_B$ 。

(d) 晶体管无基极偏置电流，无法工作在放大状态，所以电路不能正常放大。可以将  $R_B$  电阻断开并将其接至+Vcc。

(e) 电路可以正常放大。该电路从发射极输出，电压增益略小于 1，但是可以实现电流和功率的放大。

(f) 电路可以正常放大。其中输入端的二极管起保护作用，防止输入电压过大把三极管烧坏。

(g) 该电路中晶体管可以工作在放大状态，但是对交流信号，输出电压对地短路，始终为零，所以不可以正常放大。应在集电极加电阻  $R_C$ 。

(h) 电路中晶体管可以工作在放大状态，但是在输入交流信号时，电容  $C_B$  将晶体管基极对地短路，输入信号无法进入晶体管的输入端。所以电路不能正常放大。应去掉电容  $C_B$ 。

2-8 画出图 2-20 所示各放大电路的直流通路及交流通路，图中所有电容对交流可视为短路。

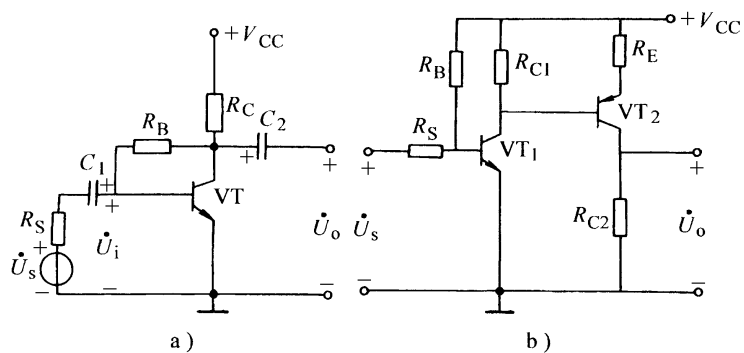


图 2-20 题 2-8 图

解 本题考察放大电路直流通路与交流通路画法。

画直流通路要点: 1. 将交流信号源短路。2. 电容器视为开路、电感线圈视为短路。

画交流通路要点: 1. 容量大的电容视为短路。2. 无内阻的直流电源视为对地短路。

直流通路与交流通路如图 2-21 所示。

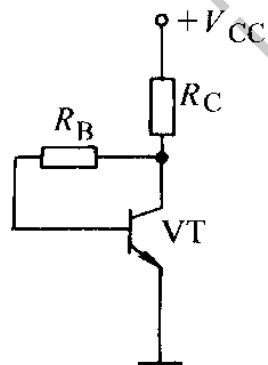


图 a) 直流通路

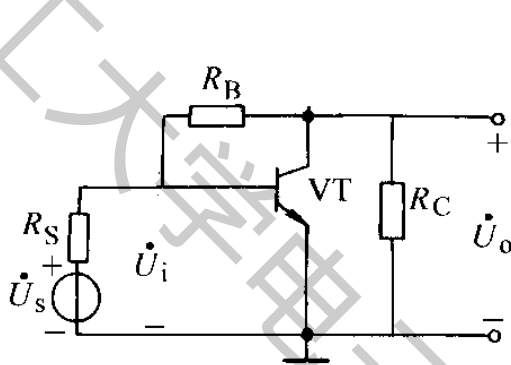


图 a) 交流通路

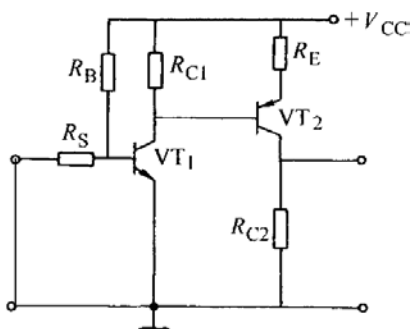


图 b) 直流通路

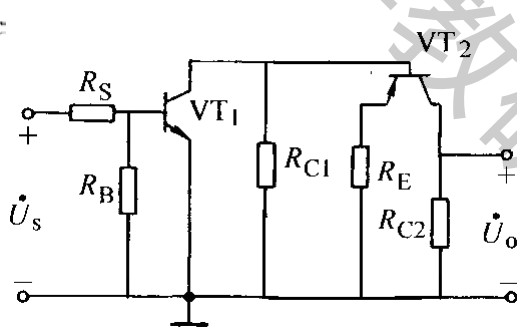


图 b) 交流通路

图 2-21

2-14 放大电路如图 2-30 所示，已知晶体管的  $\beta = 50$ ， $r_{bb'} = 100 \Omega$ ， $R_S = 1k \Omega$ 。

1. 要使  $I_{CQ} = 0.5mA$ ，求电阻  $R_B$ 。
2. 求电压增益  $A_u$  和源电压增益  $A_{us}$ 。
3. 求输入电阻  $R_i$  和输出电阻  $R_o$ 。

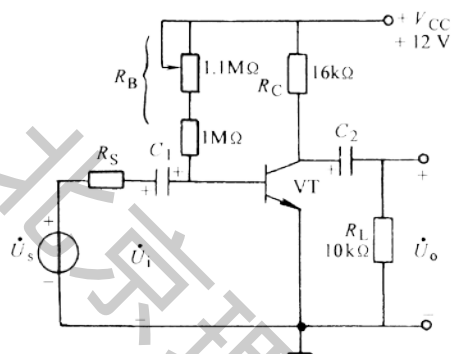


图 2-30 题 2-14 图

解：1. 分析静态工作点

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 10\mu A, \quad R_B = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{I_{BQ}} = 1.13M\Omega$$

2. 微变等效电路如图 2-31 所示

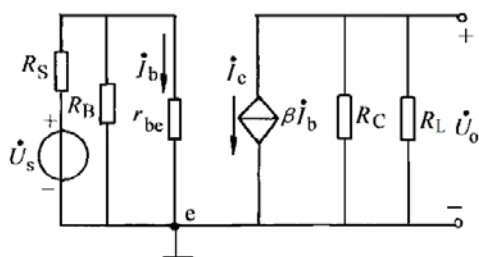


图 2-31 微变等效电路

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}} = 100 + \frac{26}{10} \times 10^3 = 2700\Omega$$

$$\text{电压增益 } A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta R'_L}{r_{be}} = -112$$

$$3. \text{ 输入电阻 } R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i} = R_B // r_{be} \approx 2.7k\Omega$$

$$\text{输出电阻 } R_o = R_C = 16k\Omega$$

$$\text{源电压增益 } A_{us} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} = \frac{R_i}{R_i + R_s} A_u = -83$$

2-17 放大电路如图 2-34 所示, 已知晶体管的  $\beta=100$ ,  $r_{bb'}=100\Omega$ , 分别求当  $R_E=0$  及  $R_E=200\Omega$  时, 放大电路的  $A_u$ ,  $R_i$  和  $R_o$ 。并分析  $R_E$  对电路性能的影响。

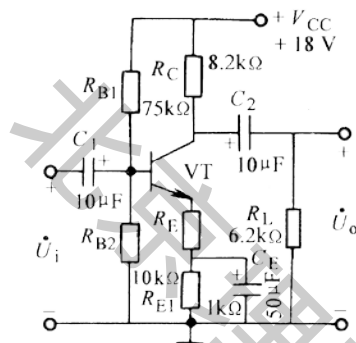


图 2-34 题 2-17 图

$$\text{解: } 1. U_B = \frac{R_{B2} \cdot V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2}} = 2.12V$$

当  $R_E=0$  时, 分析静态工作点:

$$I_E = \frac{U_B - 0.7V}{R_E + R_{E1}} = 1.42mA$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \cdot \frac{26mV}{I_E} = 1.217k\Omega$$

$$R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i} = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_E] = 1.63k\Omega$$

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta (R_L // R_C)}{r_{be} + (1 + \beta)R_E} = -174$$

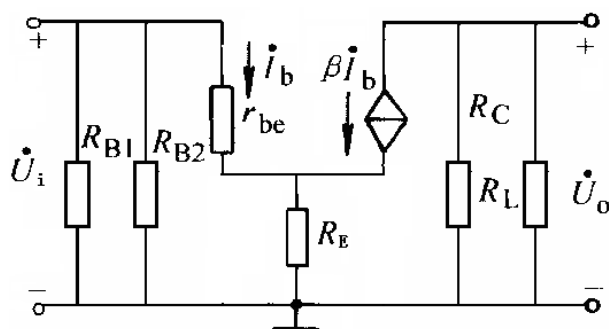
$$R_o = R_C = 8.2k\Omega$$

2. 当  $R_E=200\Omega$  时, 分析静态工作点:

$$I_E = \frac{U_B - 0.7V}{R_E + R_{E1}} = 1.18mA$$

画出微变等效电路如图 2-35 所示。其中

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \cdot \frac{26mV}{I_E} = 1.4k\Omega$$



$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta(R_L // R_C)}{r_{be} + (1 + \beta)R_E} = -15.5$$

$$R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i} = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_E] = 6.3k\Omega$$

图 2-35 微变等效电路

$$R_o = R_C = 8.2k\Omega$$

$$R_E=0 \quad A_u = -174 \quad R_i = 1.63k\Omega \quad R_o = 8.2k\Omega$$

$$R_E=200\Omega \quad A_u = -15.5 \quad R_i = 6.3k\Omega \quad R_o = 8.2k\Omega$$

当射极电阻  $R_E$  增大时, 电路的电压增益  $|A_u|$  减小, 输入电阻  $R_i$  增大。

2-19 射极输出器电路如图 2-37 所示, 已知晶体管的  $\beta=100$ ,  $r_{bb'}=100\Omega$ ,  $R_S=1k\Omega$

$\Omega$ 。1. 估算电路静态工作点的  $I_{CQ}$  和  $U_{CEQ}$ 。

2. 计算放大电路的  $A_u$ 、 $R_i$  和  $R_o$ 。

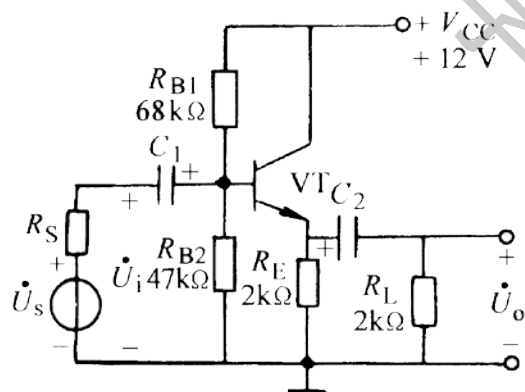


图 2-37 题 2-19 图

$$\text{解 } 1. U_{BQ} = \frac{R_{B2} \cdot V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2}} \approx 5V$$

$$I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - 0.7V}{R_E} = 2.15mA$$

$$I_{CQ} = \frac{\beta}{1 + \beta} I_{EQ} \approx 2.1mA$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ} \cdot R_E = 7.7V$$

2.将电容器短路，Vcc端接地，画出放大电路的微变等效电路如图2-38所示。

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{CQ}} = 1.35k\Omega$$

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{I}_e R_L'}{\dot{I}_b r_{be} + \dot{I}_e R_L'} = \frac{(1 + \beta) R_L'}{r_{be} + (1 + \beta) R_L'} = 0.987$$

$$R_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_L'] = 21.8k\Omega$$

$$R_o = R_E // \frac{r_{be} + R_S // R_{B1} // R_{B2}}{1 + \beta} = 23\Omega$$

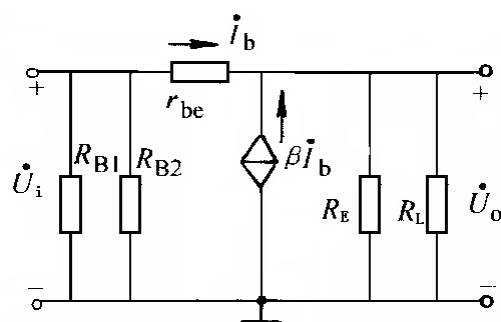


图 2-38 微变等效电路

2-24 如图 2-46 所示，已知电路中晶体管的  $\beta = 50$ ， $r_{bb'} = 300\Omega$ ，静态时， $U_{CEQ} = 4V$ ， $U_{BEQ} = 0.7V$ ，各电容足够大，对交流信号可视为短路。

1. 设  $R_1 = R_2$ ，估算  $R_1$ 、 $R_2$  值。
2. 求电压增益  $A_u$  和  $A_{us}$ 。
3. 求输入电阻  $R_i$  和输出电阻  $R_o$ 。

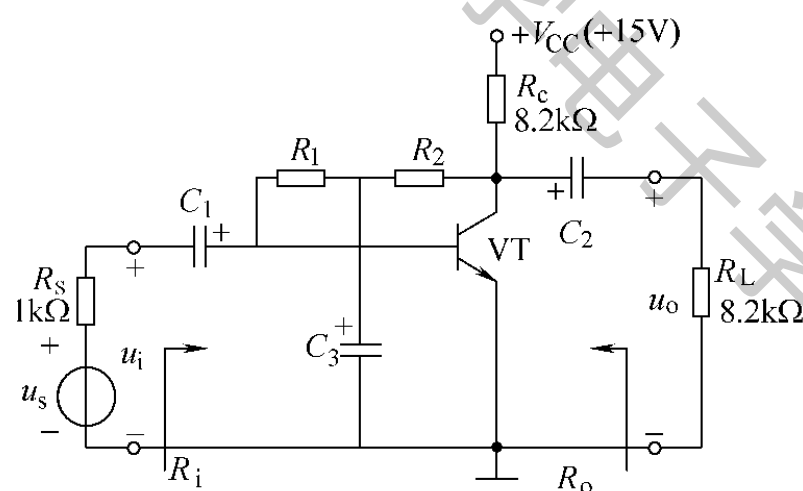


图 2-46 题 2-43 图

解

1. 分析静态工作点，首先画出直流通路如图 2-47a) 所示。

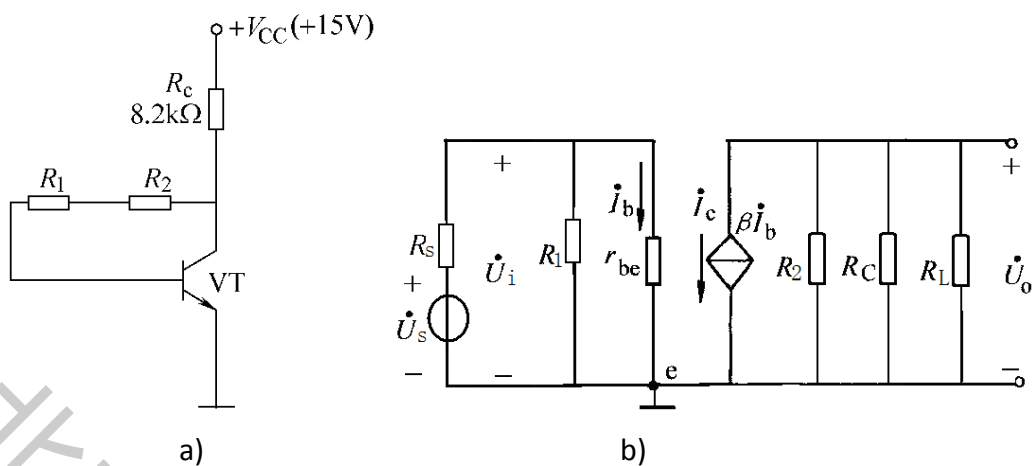


图 2-47

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ}$$

流过电阻 $R_C$ 上的电流:

$$\frac{V_{CC} - U_{CEQ}}{R_C} = I_{BQ} + \beta I_{BQ}$$

$$I_{BQ} = \frac{U_{CEQ} - U_{BEQ}}{2R_1}$$

$$R_1 = R_2 = 62k\Omega$$

2. 画出微变等效电路如图 2-47b)所示

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

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta \cdot (R_C // R_L // R_2)}{r_{be}} = -149$$

3. 求输入电阻和输出电阻

$$R_i = r_{be} // R_1 = 1.3k\Omega$$

$$R_o = R_C // R_2 = 7.3k\Omega$$

源电压增益

$$A_{us} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} = \frac{R_i}{R_i + R_s} A_u = -83$$



2-25 电路如图 2-48 所示, 已知晶体管的  $\beta=100$ ,  $r_{be}=2.7k\Omega$ , 各电容足够大, 要求静态时  $U_{BEQ}=0.7V$ ,  $I_{CQ}=1mA$ ,  $U_{CEQ}=4V$ , 基极对地电压  $U_{BQ} \approx 5U_{BEQ}$ ,  $I_1 \approx 10I_{BQ}$ 。

1. 估算  $R_{B1}$ 、 $R_{B2}$ 、 $R_C$ 、 $R_E$  的值。

2. 求该电路的电压增益  $A_u$ , 输入电阻  $R_i$  和输出电阻  $R_o$ 。

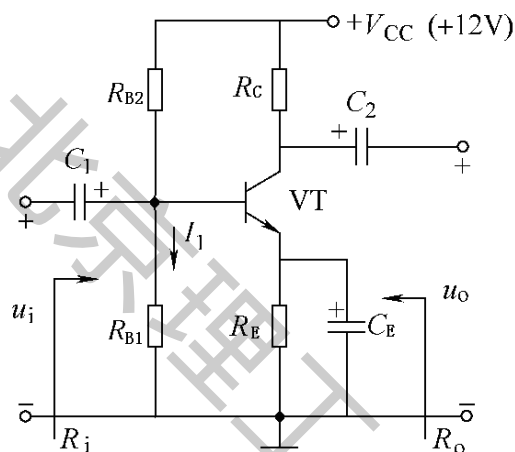


图 2-48 题 2-25 图

解 1.  $I_{CQ} = 1mA$ ,  $I_{BQ} = 10\mu A$ ,  $I_{EQ} \approx 1mA$

$$U_{BQ} = \frac{R_{b1}V_{CC}}{R_{b1} + R_{b2}} = 3.5V$$

$$I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_e} = \frac{2.8V}{R_e} = 1mA$$

$$(1) R_E = 2.8k\Omega$$

$$(2) R_E = \frac{V_{CC} - (U_{BQ} - U_{BEQ}) - U_{CEQ}}{I_{CQ}} = 5.2k\Omega$$

$$(3) I_1 = 0.1mA, R_{B1} + R_{B2} = 120k\Omega \Rightarrow R_{B1} = 35k\Omega, R_{B2} = 85k\Omega$$

2. 画出电路的微变等效电路如图 2-49 所示

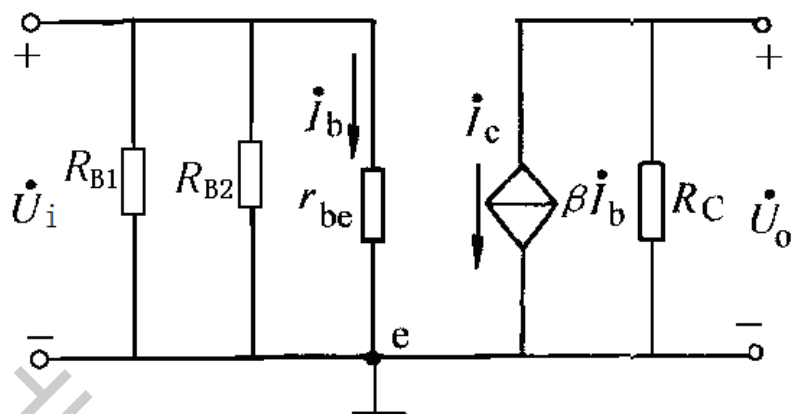


图 2-49 微变等效电路

$$A_u = \frac{-R_C \cdot \dot{I}_c}{\dot{I}_b r_{be}} = \frac{-\beta \cdot R_C}{r_{be}} = -193$$

$$R_i = R_{B2} // R_{B1} // r_{be} = 2.4k\Omega$$

$$R_o = R_C = 5.2k\Omega$$