

作业纸

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: 06011907 姓名: 胡嵩乔

学号: 1120193091 第 页

2-1

1. a b a b
2. b
3. a b
4. a a b
5. b

2-4

由于晶体管处在放大电路, 故发射结正偏且大于开启电压 U_{on} , 集电结反偏.

A管: $U_X > U_Y > U_Z$

且 $U_X - U_Y = 0.3V = U_{on}$, $\therefore XY$ 为发射结

由此可知 X 为发射极, Y 为基极

$\therefore Z$ 为集电极

$\therefore U_e > U_b > U_c$

$\therefore A$ 管为 PNP 型晶体管且为锗管.

B管: $U_Y > U_X > U_Z$

$U_X - U_Z = 0.3V = U_{on}$

$\therefore XZ$ 为发射结

$\therefore X$ 为基极, Z 为发射极

$\therefore Y$ 为集电极

$\therefore U_c > U_b > U_e$

$\therefore B$ 管为 NPN 型晶体管且为锗管.

联系方式: _____

2-7

(a) V_T 为 PNP 型晶体管

处于放大状态需满足 $U_e > U_b > U_c$

但图中 $U_e = 0$, $U_e < U_b$, $U_e < U_c$

\therefore 不能正常放大 (截止状态)

改正: 将电源 $+V_{cc}$ 改为 $-V_{cc}$, 同时

将极性电容 C_1 、 C_2 反接.

(b) V_T 为 NPN 型晶体管

基极无电源接入, 故发射结零偏置,

不能正常放大 (截止状态)

改正: 将 R_B 的下端由接地改为接 $+V_{cc}$.

(c) V_T 为 NPN 型晶体管, 放大条件

为 $U_c > U_b > U_e$

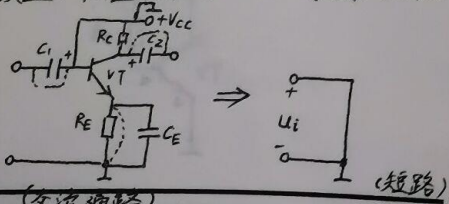
图中 $U_b = V_{cc}$, 而由于 R_c 的存在, $U_c < V_{cc}$

$\therefore U_b > U_c$

电路不能正常放大 (饱和状态)

同时, 由于无 R_B 的存在, 交流输入时相当于直接接地, 交流信号无法进入晶体管的输入端, 不能正常放大.

改正: 在基极 b 和 $+V_{cc}$ 间接入电阻 R_B .



作业纸

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: 06011907 姓名: 胡嵩乔

学号: 1120193091 第 _____ 页

(d) V_T 为 NPN 型晶体管, 放大条件为 $U_c > U_b > U_e$

图中基极无电压加入, $U_{be} < U_{on}$

\therefore 电路不能正常放大 (截止状态)

改正: 将 R_B 右端由接在发射极改为接在 $+V_{cc}$ 上。

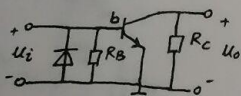
(e) V_T 为 NPN 型晶体管

图中晶体管能够处在放大状态, 交流信号能进入输入端, 从发射极输出, 故整个电路能够正常放大, 且输出电压与输入电压同相。

(f) V_T 为 NPN 型晶体管, 放大条件为 $U_c > U_b > U_e$

图中晶体管处于放大状态, 再看输入输出: 电路能够正常输出

交流输入电路:



b 极电压为直流与交流的叠加, 当 U_b 较小时, $U_{BE} > 0$, 二极管截止, 电路能正常放大; U_b 过大时, 二极管反向击穿, 可保护晶体管。

综上, 二极管起保护作用, 电路能正常放大。

联系方式: _____

(g) V_T 为 NPN 型晶体管

图中 $U_c > U_b > U_e$, 晶体管处于放大状态, 但在交流通路中, 由于无 R_c 的存在, 输出端直接接地, 故电路不能正常放大, 输出 $U_o \equiv 0$ 。

改正: 在 $+V_{cc}$ 与 C_2 左端之间接电阻 R_c

(h) V_T 为 NPN 型晶体管

在直流通路中, $U_c > U_b > U_e$, 晶体管处于放大状态; 但在交流通路中, C_B 相当于短路, $+V_{cc}$ 相当于接地, 所以输入信号无法进入晶体管的输入端, 电路无法正常放大。

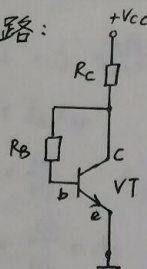
改正: 去掉电容 C_B (将 C_B 断开)。

2-8

画直流通路时, 电容相当于断路, 交流电源相当于短路, 但应保留其内阻; 画交流通路时, 电容相当于短路, 直流电源相当于短路。(叠加原理)

(a)

直流通路:



作业纸

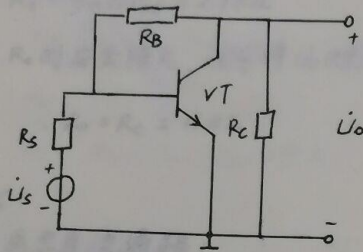
课程名称: _____

班级: _____

教学班级: 06011907 姓名: 胡嵩乔

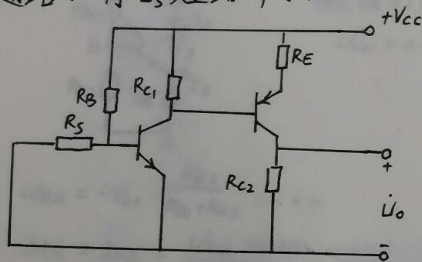
学号: 1120193091 第 _____ 页

交流通路:

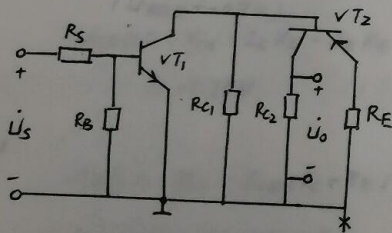


(b)

直流通路: 将 U_s 短路即可.



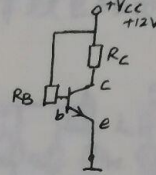
交流通路: $+V_{CC}$ 接地.



联系方式: _____

2-14

1. 直流通路如下:



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

$$\therefore I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 0.01 \text{ mA}$$

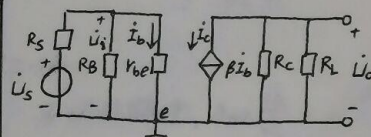
$$\text{而 } I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_B} = \frac{12V - 0.7V}{R_B}$$

$$\therefore R_B = 1.13 \text{ M}\Omega$$

2.

$$\begin{aligned} r_{be} &= r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} \\ &= 100 \Omega + \frac{26 \text{ mV}}{0.01 \text{ mA}} \\ &= 2700 \Omega \end{aligned}$$

微变等效电路如下:



$$\dot{U}_o = -\dot{I}_c \cdot \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} = -\beta \dot{I}_b \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$$

$$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be}$$

$$\therefore A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\beta \frac{R_C R_L}{r_{be}(R_C + R_L)} = -113.96$$

$$A_{us} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} = A_u \cdot \frac{R_B // r_{be}}{R_s + R_B // r_{be}} = -83.1$$

作业纸

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: 06011907 姓名: 胡嵩乔

学号: 1120193091 第 _____ 页

3.

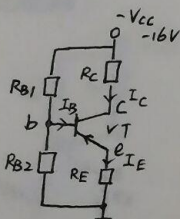
$$R_i = R_B // r_{be} = 2.7 k\Omega$$

计算 R_o 时应去除 R_L , 同时将 \dot{U}_s 短路

$$\therefore R_o = R_C = 16 k\Omega$$

2-15

1. 画出直流通路:



假设 V_T 为硅管

$$U_{on} = 0.7V$$

$$U_{BQ} = -V_{CC} \cdot \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = -4V$$

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E} = \frac{-4V + 0.7V}{2k\Omega} = -1.65mA$$

$$(U_{BEQ} = -0.7V)$$

$$U_{CEQ} = -V_{CC} - I_{CQ} R_C - I_{EQ} R_E = -7.75V$$

2.

$$U_{CEQ} \approx -V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) = -4V$$

$$\therefore I_{CQ} = -2.4mA$$

$$\therefore U_{BQ} \approx I_{CQ} R_E + U_{BEQ} = -5.5V$$

$$\text{而 } U_{BQ} = -V_{CC} \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

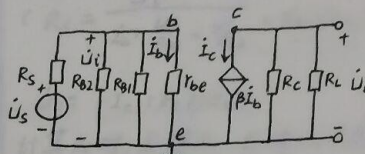
$$\therefore R_{B1} = 38 k\Omega$$

联系方式: _____

3.

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{|I_{EQ}|} \approx 0.96 k\Omega$$

微变等效电路如下:



$$R_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be} \approx 478.5\Omega$$

计算 R_o 时, 去除 R_L , 将 \dot{U}_s 短路

$$\therefore R_o = R_C = 3k\Omega$$

$$\dot{U}_o = -\dot{I}_C (R_C // R_L)$$

$$= -\beta \dot{I}_b (R_C // R_L)$$

$$\dot{U}_i = \frac{R_i}{R_i + R_s} \dot{U}_s, \dot{U}_s = \frac{R_i + R_s}{R_i} \dot{I}_b r_{be}$$

$$\therefore A_{us} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} = -\beta \frac{R_i (R_C // R_L)}{(R_i + R_s) r_{be}}$$

$$= -40.4$$

2-16

$$1. \text{ 在该电路中, } A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{\beta (R_C // R_L)}{r_{be}}$$

$$\text{而 } r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{|I_{EQ}|} \approx (1 + \beta) \frac{U_T}{|I_{EQ}|}$$

$$R_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be}$$

$$\therefore A_u \approx -\frac{\beta}{1 + \beta} \frac{|I_{EQ}| (R_C // R_L)}{U_T} \approx -\frac{|I_{EQ}| (R_C // R_L)}{U_T}$$

β 增大时, $|I_{EQ}|$ 基本不变, 所以 A_u 基本不变

而 β 增大, r_{be} 增大, 故 R_i 增大.

作业纸

课程名称: _____

班级: _____

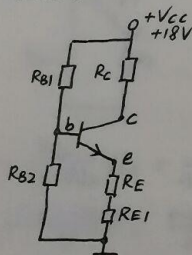
教学班级: 06011907 姓名: 胡嵩乔

学号: 1120193091 第 _____ 页

2. $|I_{EQ}| \approx \left| \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E} \right|$
 R_E 增大时, $|I_{EQ}|$ 减小, r_{be} 增大.
 $\therefore A_u = -\beta \frac{R_c // R_L}{r_{be}}$ 减小
 $R_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be}$ 增大.

2-17

先画出直流通路:

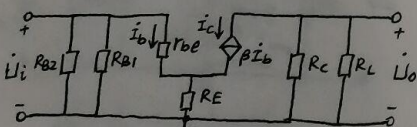
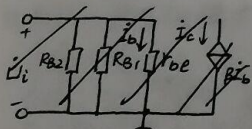


$$U_{BQ} \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = 2.12V$$

$$I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E + R_{E1}} = \frac{2.12V - 0.7V}{R_E + R_{E1}}$$

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

再画出交流通路的微变等效电路:



联系方式: _____

$$R_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_E]$$

$$U_i = I_b r_{be} + (1 + \beta) I_b R_E$$

$$= I_b [r_{be} + (1 + \beta) R_E]$$

$$R_i = \frac{U_i}{I_b + \frac{U_i}{R_{B1}} + \frac{U_i}{R_{B2}}} = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_E]$$

$$U_o = -I_c (R_c // R_L)$$

计算 R_o 时, 去除 R_L , 并将 U_i 短路, 则

$$I_b = I_c = 0$$

$$\therefore R_o = R_c$$

① 当 $R_E = 0$ 时,

$$I_{EQ} = \frac{2.12V - 0.7V}{1k\Omega} = 1.42mA$$

$$r_{be} = 100\Omega + 101 \cdot \frac{26mV}{1.42mA} = 1.95k\Omega$$

$$\therefore R_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_E]$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{R_{B1}} + \frac{1}{R_{B2}} + \frac{1}{r_{be}}} = 1.6k\Omega$$

$$R_o = R_c = 8.2k\Omega$$

$$A_u = \frac{-\beta (R_c // R_L)}{r_{be}} = -181$$

② 当 $R_E = 200\Omega$ 时,

$$I_{EQ} = \frac{2.12V - 0.7V}{1k\Omega + 200\Omega} = 1.18mA$$

$$r_{be} = 100\Omega + 101 \cdot \frac{26mV}{1.18mA} = 2.33k\Omega$$

$$\therefore R_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_E]$$

$$= 6.34k\Omega$$

$$R_o = R_c = 8.2k\Omega$$

$$A_u = \frac{-\beta (R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta) R_E} = -15.67$$

作业纸

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: 06011907

姓名: 胡嵩齐

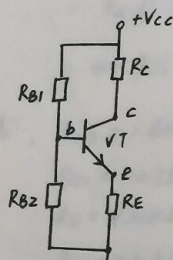
学号: 1120193091

第 _____ 页

由①②可知, 当 R_E 增大时, 电压增益 $|A_u|$ 减小, 输入电阻增大, 输出电阻不变。

2-18

1. 先画出电路的直流通路



$$U_{BQ} \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = \frac{15}{15 + 20} \times 10V = 4.3V$$

$$I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E} = \frac{4.3V - 0.7V}{2k\Omega} = 1.8mA \approx I_{CQ}$$

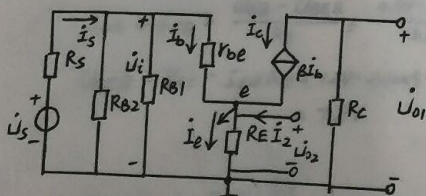
$$\therefore I_{CQ} \approx 1.8mA$$

$$U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E)$$

$$= 10V - 1.8mA \times (2k\Omega + 2k\Omega)$$

$$= 2.8V$$

2. 先画出从集电极输出的微变等效电路:



$$i_e = i_b + i_c = (1 + \beta) i_b$$

联系方式: _____

$$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be} + \dot{I}_e R_E$$

$$= \dot{I}_b [r_{be} + (1 + \beta) R_E]$$

$$\therefore \dot{I}_s = \dot{I}_b + \frac{\dot{U}_i}{R_{B1}} + \frac{\dot{U}_i}{R_{B2}}$$

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

假设 $r_{bb'} = 300\Omega$, 则

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} = 1.18k\Omega$$

$$\therefore R_i = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{15} + \frac{1}{1.18 + 61 \times 2}} k\Omega = \frac{1.04k\Omega}{8.01k\Omega}$$

$$\therefore A_{u1} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_s} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_i} \cdot \frac{\dot{U}_i}{\dot{U}_s}$$

$$= - \frac{\dot{I}_c R_C}{\dot{I}_b [r_{be} + (1 + \beta) R_E]} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

$$= - \frac{\beta R_C R_i}{[r_{be} + (1 + \beta) R_E] (R_i + R_s)}$$

$$= -0.78$$

再考虑从发射极输出, 它的微变等效电路与集电极输出极为相似, 只是输出端 U_{o2} 在 R_E 两端。

$$\dot{U}_{o2} = \dot{I}_e R_E = (1 + \beta) \dot{I}_b R_E$$

$$\therefore A_{u2} = \frac{\dot{U}_{o2}}{\dot{U}_i} = \frac{(1 + \beta) R_E R_i}{[r_{be} + (1 + \beta) R_E] (R_i + R_s)} = 0.79$$

再考虑此时的 R_{o2} , 将 U_s 短路, 输出端视为接入大小为 U_{o2} 的电压源

$$\therefore \dot{U}_{o2} = - \dot{I}_b [r_{be} + R_s // R_{B1} // R_{B2}]$$

$$\text{由KCL有 } \dot{I}_e + \dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{o2}}{R_E}$$

作业纸

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: 06011907 姓名: 胡嵩乔

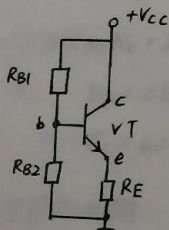
学号: 1120193091 第 _____ 页

$$\begin{aligned} \therefore I_2 &= -I_b \left[1 + \beta + \frac{r_{be} + R_s // R_{B1} // R_{B2}}{R_E} \right] \\ \therefore R_{o2} &= \frac{U_{o2}}{I_2} = \frac{r_{be} + R_s // R_{B1} // R_{B2}}{1 + \beta + \frac{r_{be} + R_s // R_{B1} // R_{B2}}{R_E}} \\ &= R_E // \frac{r_{be} + R_s // R_{B1} // R_{B2}}{1 + \beta} \\ &= 44.9 \Omega \end{aligned}$$

3. 综上所述, $I_{CQ} = 1.8 \text{ mA}$, $U_{CEQ} = 2.8 \text{ V}$
 $A_{u1} = -0.78$, $A_{u2} = 0.79$
 $R_i = 8.01 \text{ k}\Omega$, $R_{o1} = R_c = 2 \text{ k}\Omega$
 $R_{o2} = 44.9 \Omega$

2-19

1. 直流通路如下:



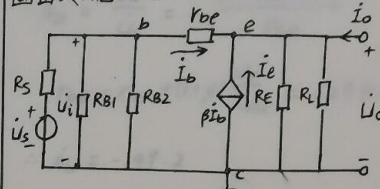
$$\begin{aligned} U_{BQ} &\approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = 4.9 \text{ V} \\ \therefore I_{CQ} \approx I_{EQ} &= \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E} = \frac{4.9 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} = 2.1 \text{ mA} \\ U_{CEQ} &= V_{CC} - I_{EQ} R_E = 12 \text{ V} - 2.1 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k}\Omega \\ &= 7.8 \text{ V} \end{aligned}$$

2.

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} = 1.35 \text{ k}\Omega$$

联系方式: _____

画出交流信号的微变等效电路:



$$R_i = \frac{U_i}{I_b + \frac{U_i}{R_{B1}} + \frac{U_i}{R_{B2}}}$$

$$\text{而 } U_i = I_b r_{be} + (I_b + I_e) \cdot (R_E // R_L)$$

$$\therefore R_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)]$$

$$\therefore R_i = 21.86 \text{ k}\Omega$$

$$\text{而 } U_o = (1 + \beta) I_b \cdot (R_E // R_L)$$

$$\therefore A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{(1 + \beta)(R_E // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)}$$

$$= 0.9868$$

计算 R_o 时, 认为 U_i 短路, U_o 处接入电源, 并去掉 R_L

$$\therefore U_o = -I_b [r_{be} + R_s // R_{B1} // R_{B2}]$$

$$I_o = \frac{U_o}{R_E} - (1 + \beta) I_b$$

$$\begin{aligned} \therefore R_o &= \frac{U_o}{I_o} = R_E // \frac{r_{be} + R_s // R_{B1} // R_{B2}}{1 + \beta} \\ &= 22.67 \Omega \end{aligned}$$

作业纸

课程名称: _____

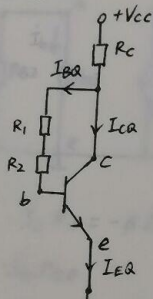
班级: _____

教学班级: 06011907 姓名: 胡嵩乔

学号: 1120193091 第 _____ 页

2-24

1. 画出直流通路:



$$V_{CC} = (I_{BQ} + I_{CQ})R_C + U_{CEQ}$$

$$= (1 + \beta)I_{BQ}R_C + U_{CEQ}$$

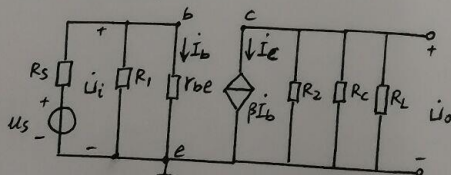
$$\therefore I_{BQ} = \frac{15V - 4V}{51 \times 8.2k\Omega} = 26.3\mu A$$

$$\text{而 } V_{CC} = (1 + \beta)I_{BQ}R_C + I_{BQ}(R_1 + R_2) + U_{BEQ}$$

$$\text{又 } R_1 = R_2, \therefore V_{CC} = 2I_{BQ}R_1 + U_{BEQ} + (1 + \beta)I_{BQ}R_C$$

$$\text{可解得 } R_1 = R_2 = 62.76k\Omega$$

2. 画出微变等效电路:



$$\dot{U}_o = -\dot{I}_c(R_2 // R_C // R_L)$$

$$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be}$$

联系方式: _____

$$\therefore \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = - \frac{\beta(R_2 // R_C // R_L)}{r_{be}}$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} = 1.29k\Omega$$

$$\therefore \dot{A}_u = -149.2$$

$$\dot{A}_{us} = \dot{A}_u \cdot \frac{R_1 // r_{be}}{R_1 // r_{be} + R_s} = -83.3$$

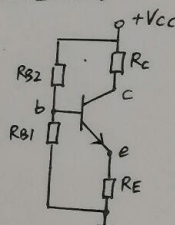
3.

$$R_i = R_1 // r_{be} = 1.26k\Omega$$

$$R_o = R_2 // R_C = 7.25k\Omega$$

2-25

1. 画出直流通路:



$$U_{BQ} \approx \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = 5U_{BEQ} = 3.5V \quad (1)$$

$$I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E} \approx I_{CQ} = 1mA \quad (2)$$

$$I_1 = \frac{U_{BQ}}{R_{B1}} \approx 10I_{BQ} = 10 \frac{I_{CQ}}{\beta} \quad (3)$$

$$\text{联立(1)~(3), 可得 } R_{B1} = 35k\Omega, R_{B2} = 85k\Omega$$

$$R_E = 2.8k\Omega$$

$$U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{EQ}(R_C + R_E) = 4V$$

$$\therefore R_C = 5.2k\Omega \quad (4)$$

班级: _____

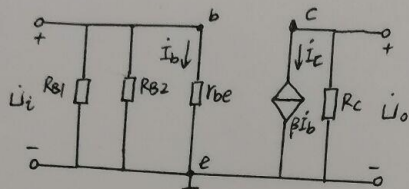
教学班级: 06011907

姓名: 胡嵩乔

学号: 1120193091

第 _____ 页

2. 画出微变等效电路.



$$\dot{U}_o = -I_c R_C = -\beta \dot{I}_b R_C$$

$$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be}$$

$$\therefore A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{\beta R_C}{r_{be}}$$

$$r_{be} = 2.7 \text{ k}\Omega$$

$$\therefore A_u = -192.6$$

$$R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_b r_{be} + \frac{\dot{U}_i}{R_{B1}} + \frac{\dot{U}_i}{R_{B2}}} = r_{be} // R_{B1} // R_{B2} = 2.43 \text{ k}\Omega$$

$$\text{易得 } R_o = R_C = 5.2 \text{ k}\Omega.$$

联系方式: _____