

2.6 共集电极和共基极放大电路

2.6.1 共集电极放大电路

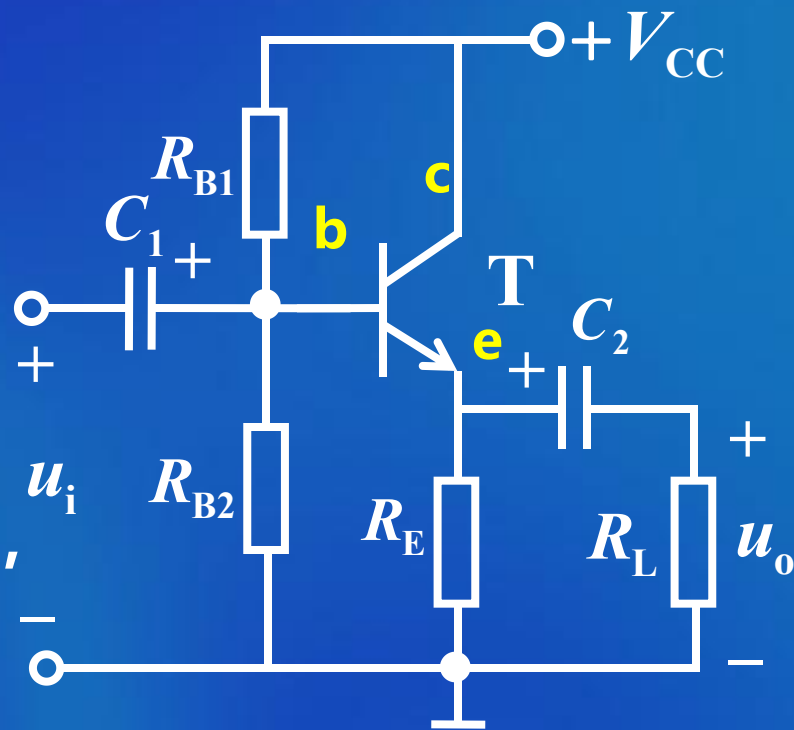
1. 电路组成

信号输入端：b

信号输出端：e

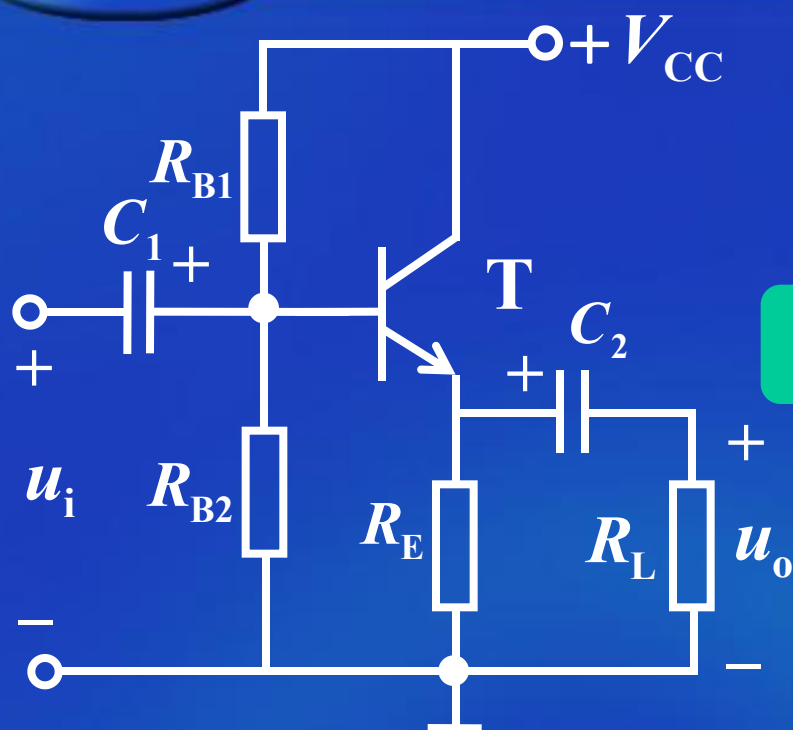
C —— 公共端

电路从发射极与“地”之间输出信号，
所以又称为**射极输出器**。

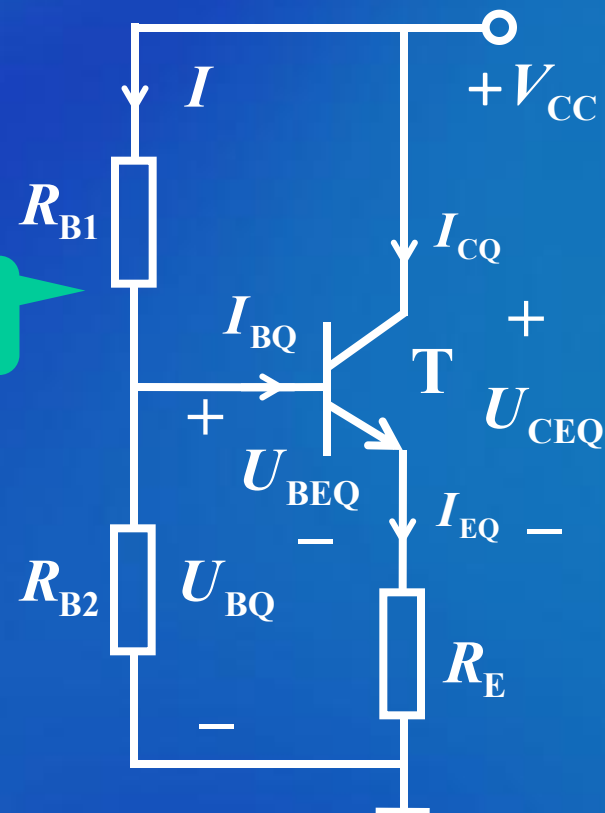


2. 静态分析

画出放大电路的直流通路。



直流通路



(1) 估算法 三步法!

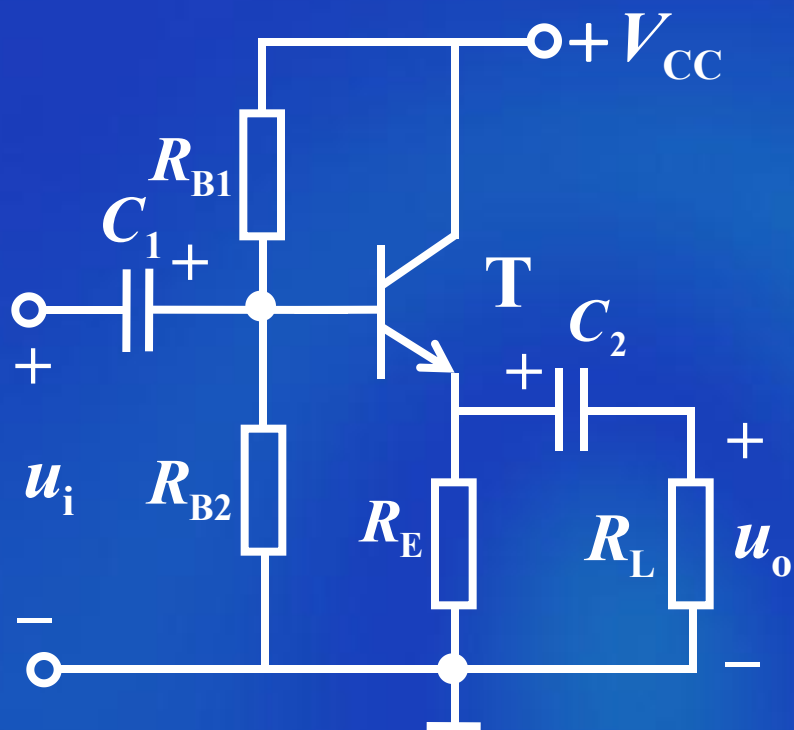
由图可得

$$(1) \quad U_{BQ} \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} \quad (2) \quad I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E}$$

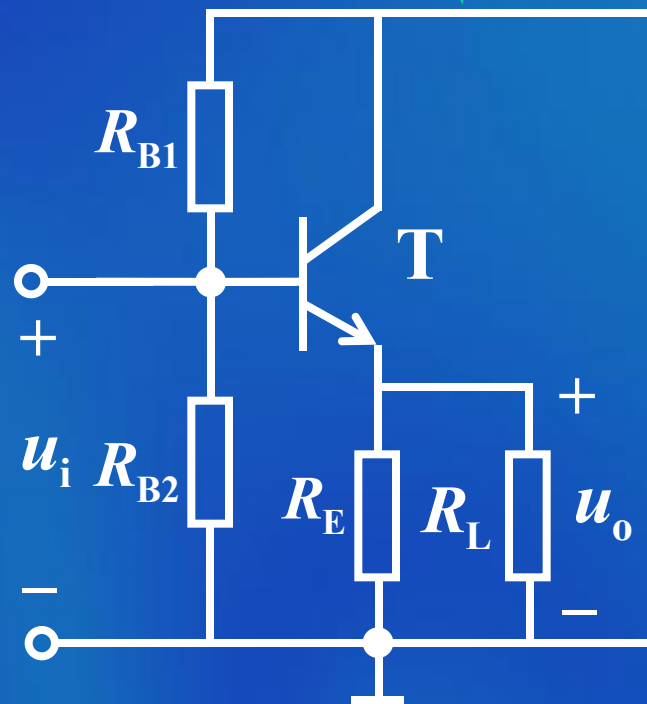
$$(3) \quad U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ} R_E$$

2. 动态分析

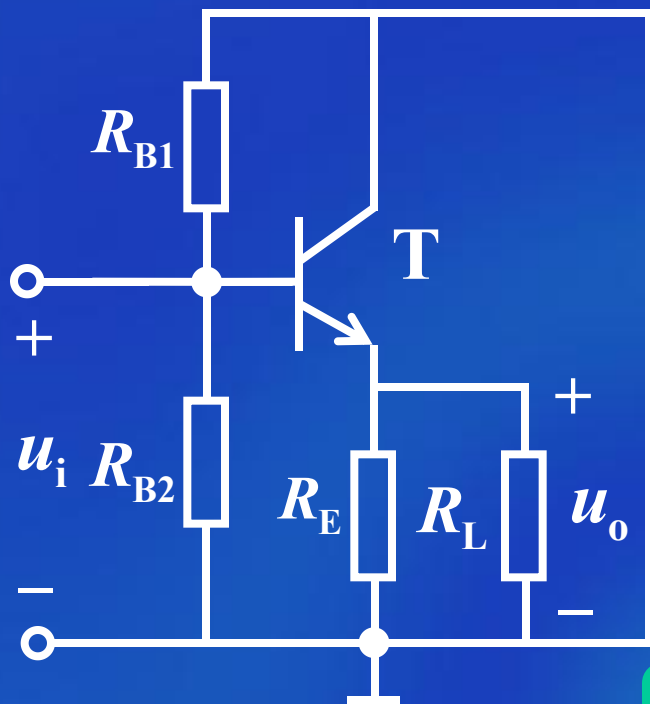
(1) 画交流通路



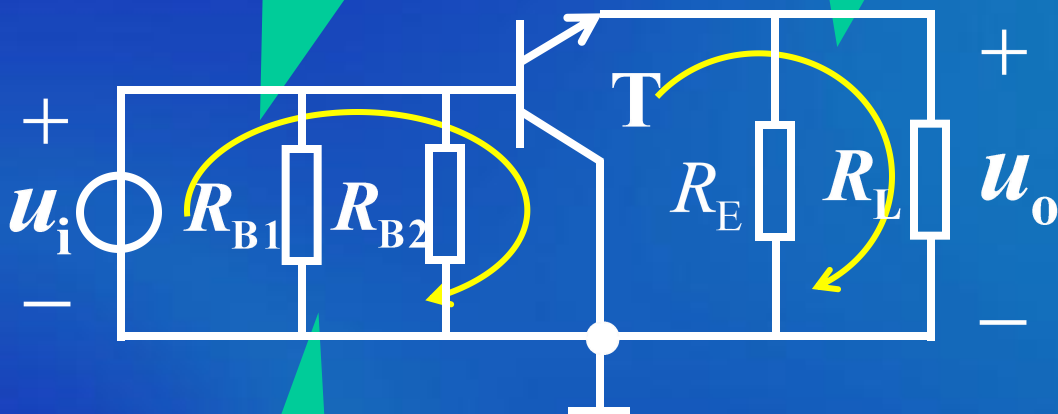
交流通路



交流通路



输入回路

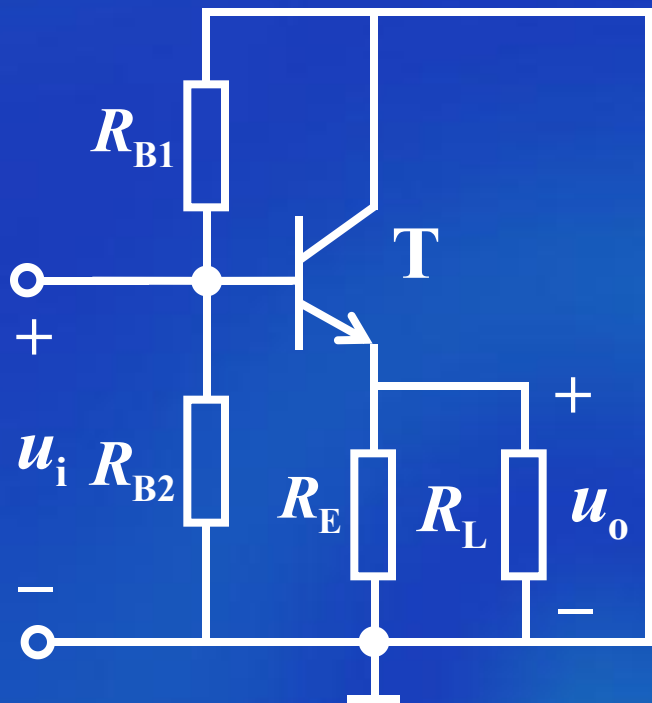


输出回路

另一种画法

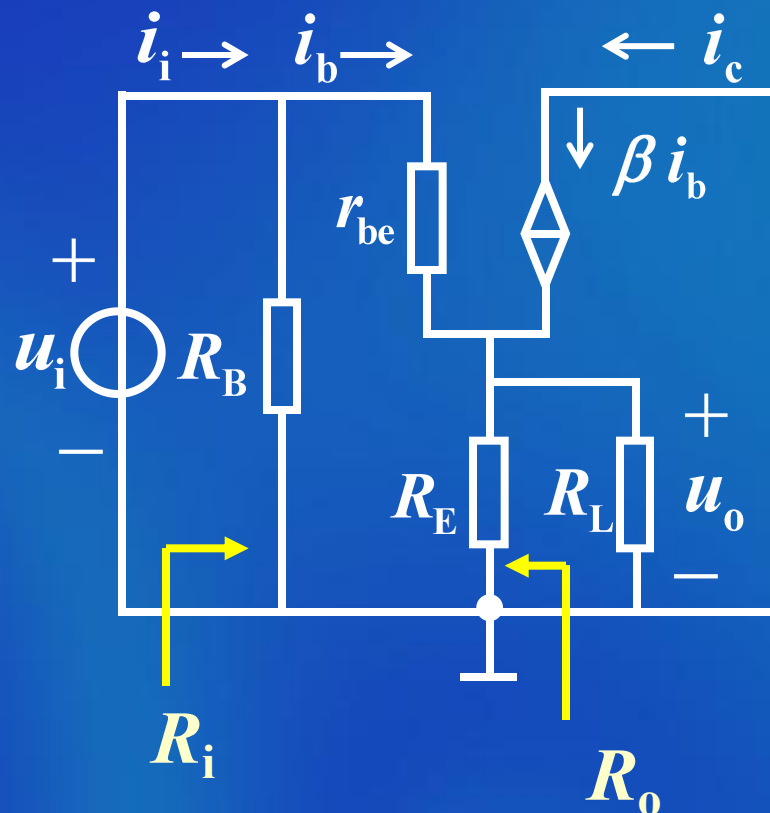
共集电极电路

(2) 画微变等效电路



图中 $R_B = R_{B1} // R_{B2}$

微变等效电路



(3) 动态性能分析

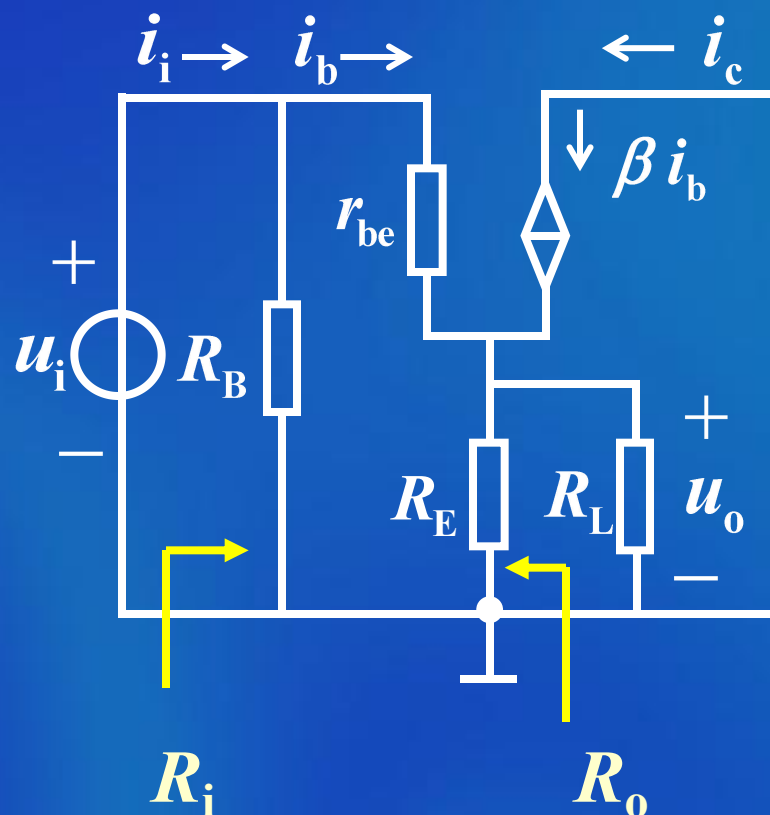
a. 电压放大倍数

由图可知

$$\begin{aligned}\dot{U}_o &= \dot{I}_e(R_E // R_L) \\ &= (1 + \beta)\dot{I}_b R'_L\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{U}_i &= \dot{U}_o + \dot{I}_b r_{be} \\ &= \dot{I}_b r_{be} + (1 + \beta)\dot{I}_b R'_L\end{aligned}$$

其中 $R'_L = R_E // R_L$



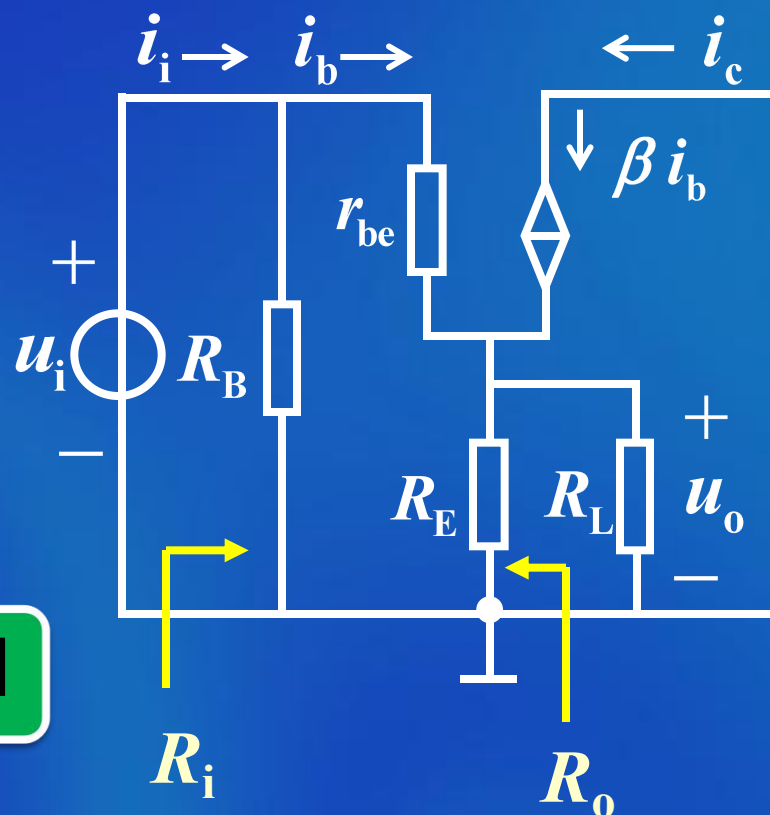
$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{(1 + \beta)R'_L}{r_{be} + (1 + \beta)R'_L}$$

由于 $(1 + \beta)R'_L \gg r_{be}$

故 $\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx 1$

u_i 与 u_o 同相

无电压放大能力

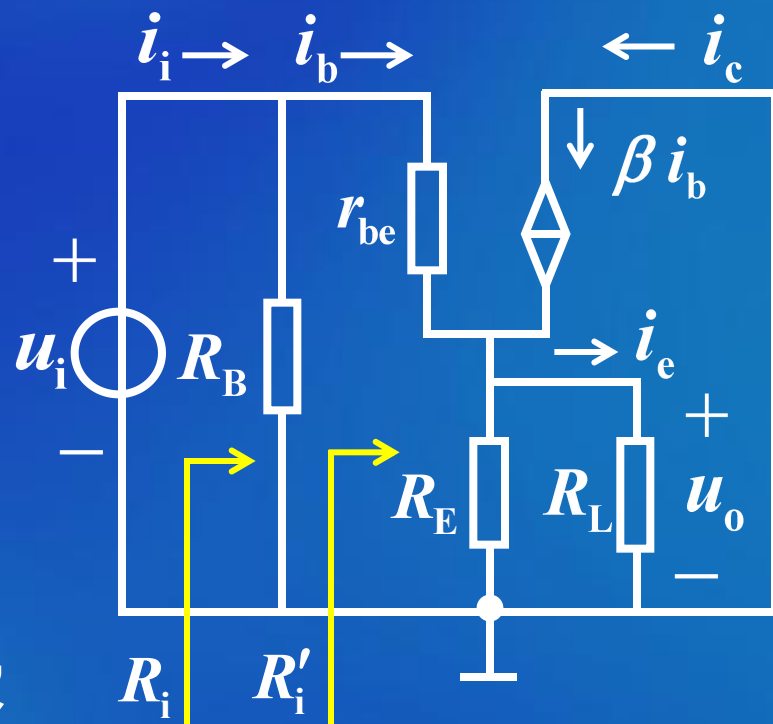


b. 电流放大倍数

$$\dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i} = \frac{R_E}{R_E + R_L} \frac{R_B}{R'_i + R_B} (1 + \beta)$$

一般情况 $\begin{cases} R_E \text{ 和 } R_L \text{ 同一数量级} \\ R_B \text{ 和 } R'_i \text{ 同一数量级} \end{cases}$

故 $|\dot{A}_i| > 1$



即射极输出器有电流放大能力和功率放大能力

c. 输入电阻

由于 $U_i = U_o + I_b r_{be}$

$$= I_b r_{be} + (1 + \beta) I_b R'_L$$

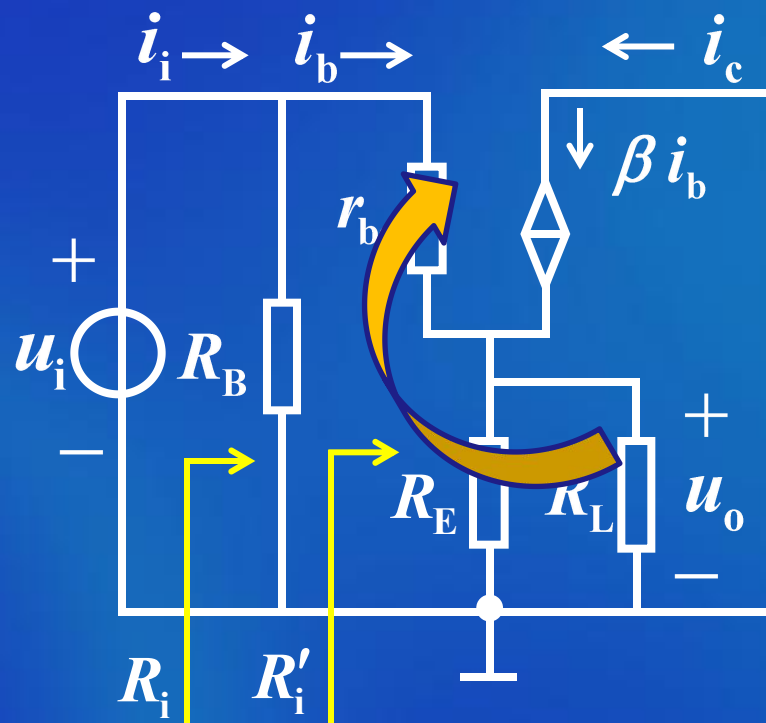
$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{U_i}{I_b} \\ &= \frac{I_b r_{be} + (1 + \beta) I_b R'_L}{I_b} \\ &= r_{be} + (1 + \beta) R'_L \end{aligned}$$

故

$$R_i = R_B // R'_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta) R'_L]$$

e → b

阻抗 × (1 + β)



R_i 通常很大

d. 输出电阻 R_o

图中

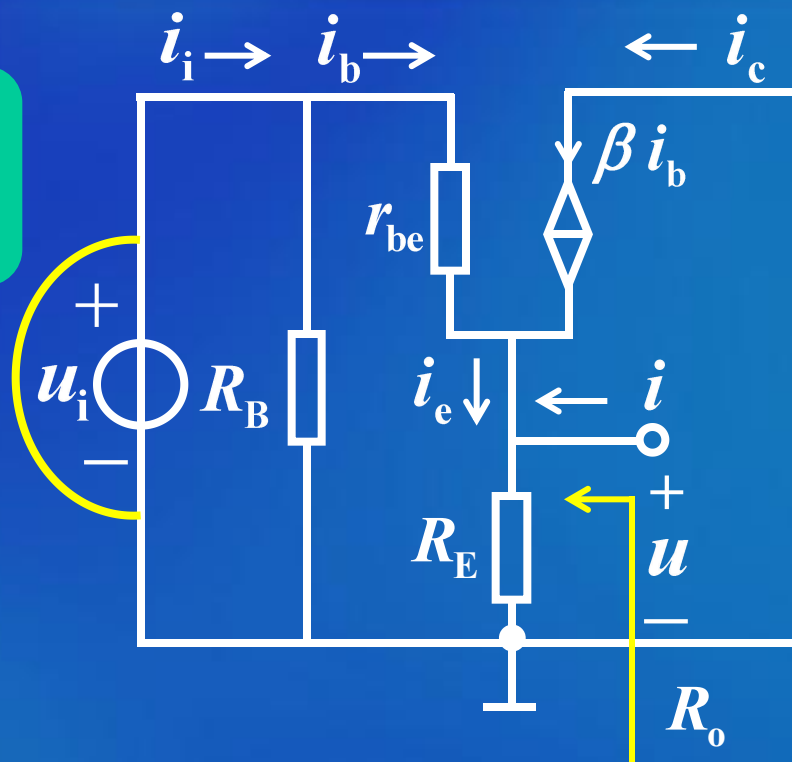
$$I + (1 + \beta) I_b = \frac{U}{R_E}$$

$$I = \frac{U}{R_E} - (1 + \beta) I_b$$

$$I_b = -\frac{U}{r_{be}}$$

故

$$I = \frac{U}{R_E} + \frac{U}{\frac{r_{be}}{1 + \beta}}$$

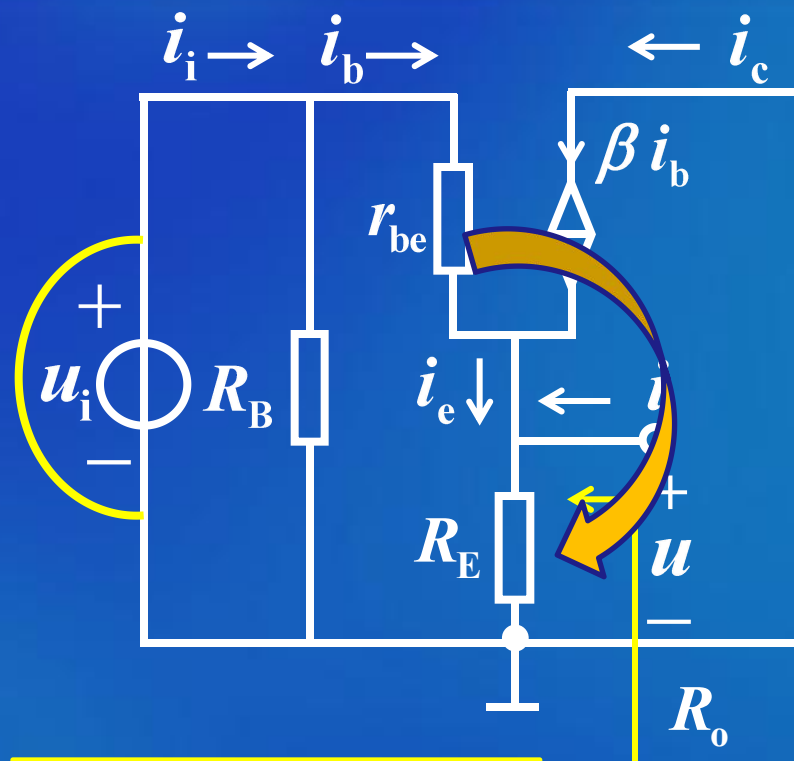
画出求 R_o 的
等效电路

$$R_o = \frac{U}{I} = \frac{1}{\frac{1}{R_E} + \frac{1}{\frac{r_{be}}{1 + \beta}}}$$

$$= R_E // \frac{r_{be}}{1 + \beta}$$

$$\approx \frac{r_{be}}{1 + \beta}$$

射极输出器的输出电阻很小。



b → e

阻抗 × $1/(1+\beta)$

e. 射极输出器的特点：

- (a) $A_u \approx 1$, 无电压放大能力。
- (b) u_o 与 u_i 同相。
- (c) 具有电流放大能力和功率放大能力。
- (d) 具有高的输入电阻和低的输出电阻。

f. 射极输出器的用途

(a) 阻抗变换 { 用在**两级放大电路**之间。
 { 用在**高内阻的信号源与低阻抗负载**之间。

(b) 在多级放大电路中作**输入级和输出级**

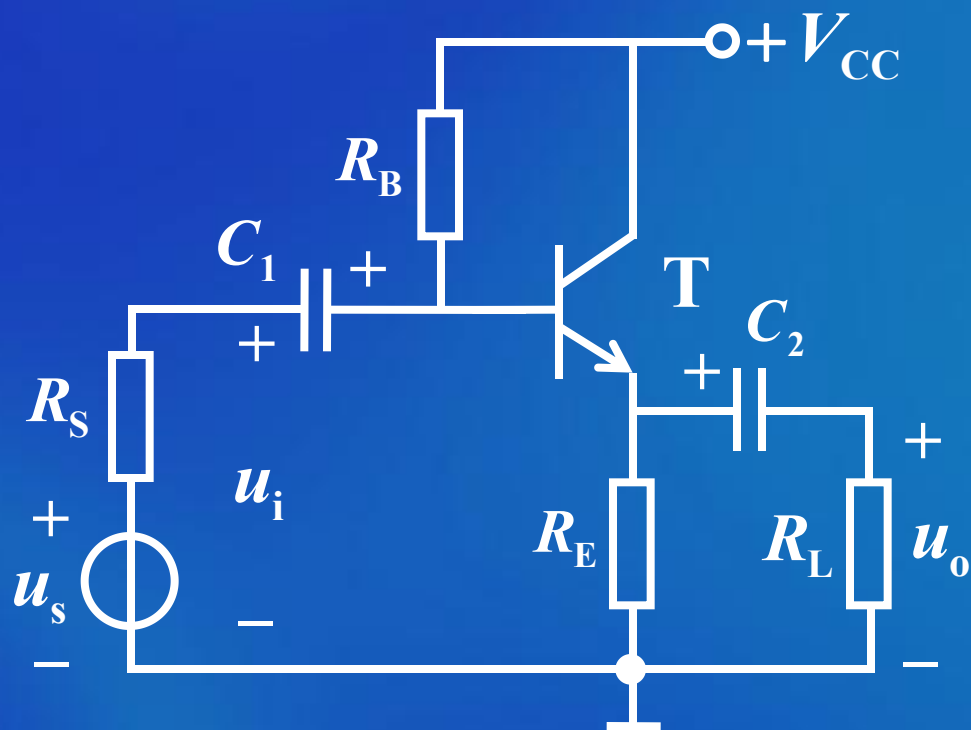
例. 电路如图所示，试求

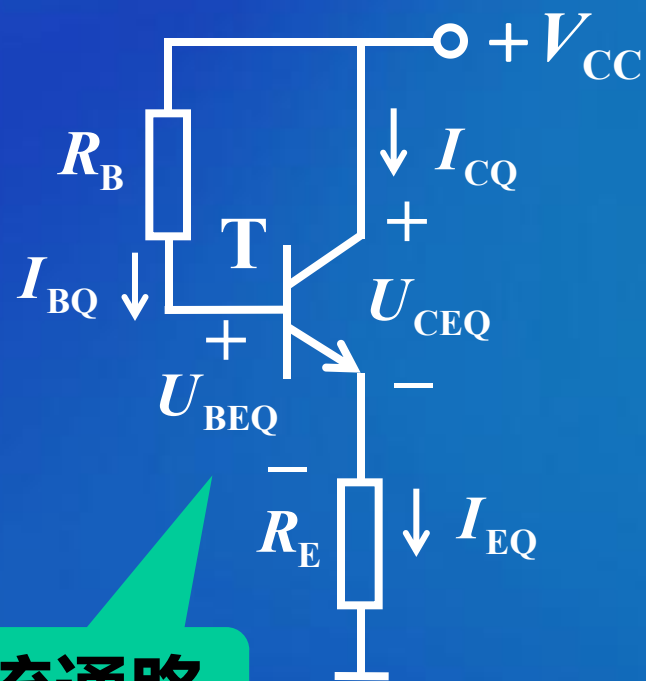
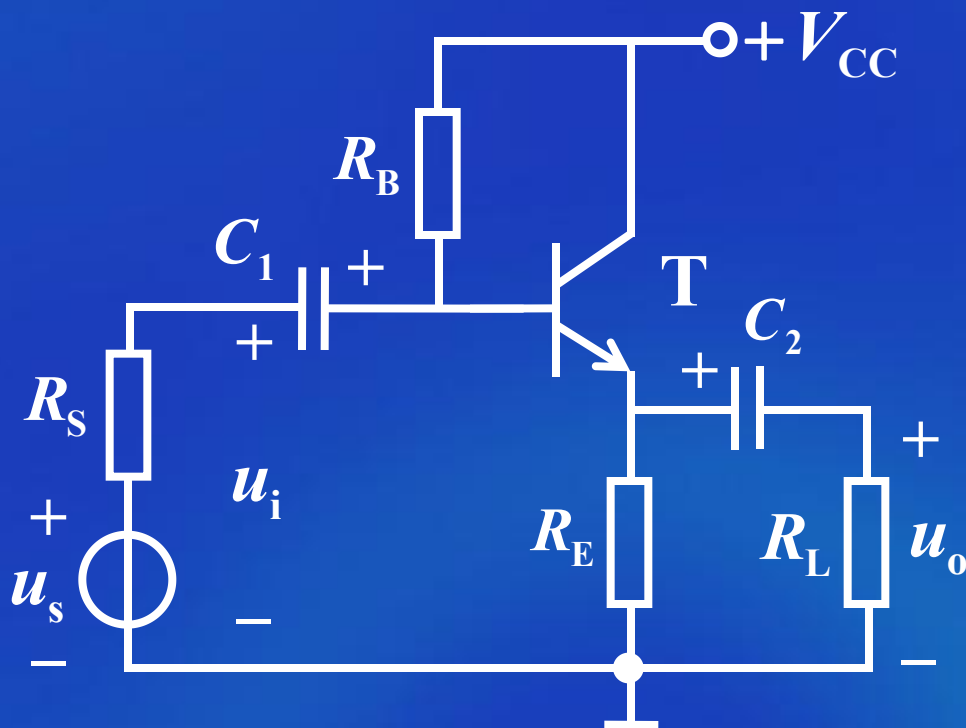
(1) 电路的静态工作点
 I_{CQ} 、 U_{CEQ}

(2) 电路的输入电阻 R_i

(3) 电路的电压放大倍数
 $A_u = U_o / U_i$ 、 $A_{us} = U_o / U_s$

(4) 输出电阻 R_o





直流通路

解：1) 画出电路的直流通路

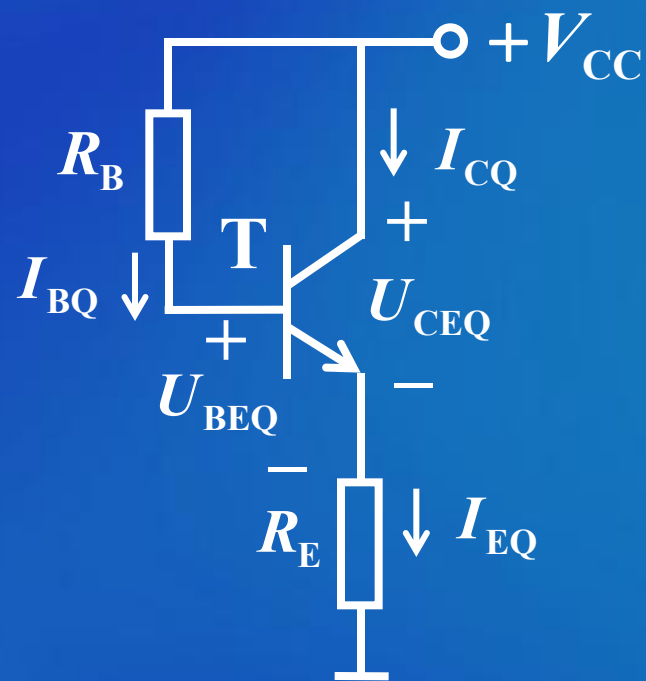
由电路的直流通路知

$$V_{CC} = I_{BQ}R_B + U_{BEQ} + I_{EQ}R_E$$

故
$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_B + (1 + \beta)R_E}$$

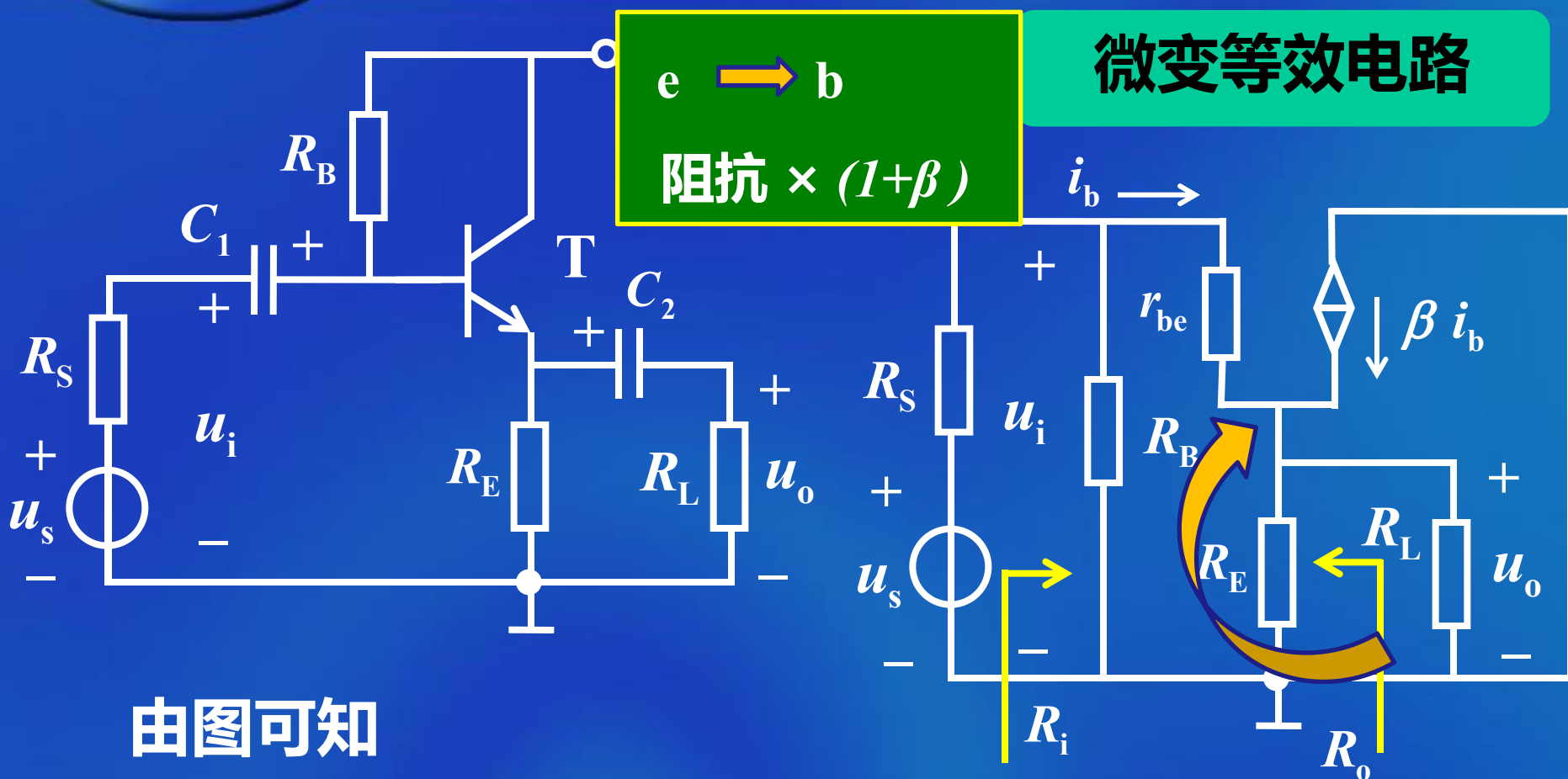
$$I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - (1 + \beta)I_{BQ}R_E$$



2) 求电路的输入电阻 R_i

画出放大电路的微变等效电路



由图可知

$$R_i = R_B // [r_{be} + (1+\beta)R'_L]$$

其中

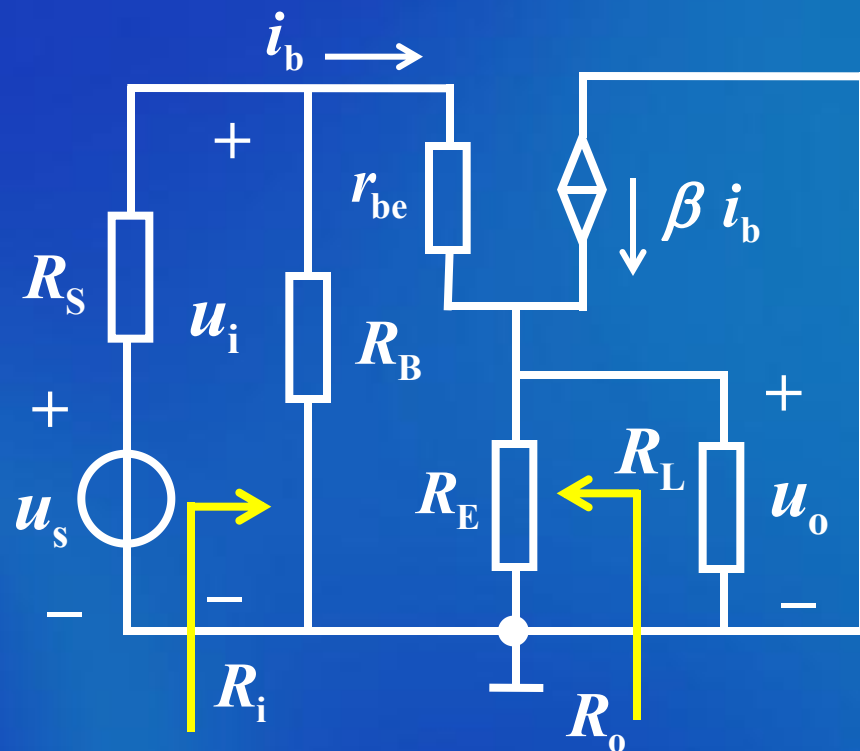
$$R'_L = R_E // R_L$$

3) 求电压放大倍数

$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{(1 + \beta) R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R'_L}$$

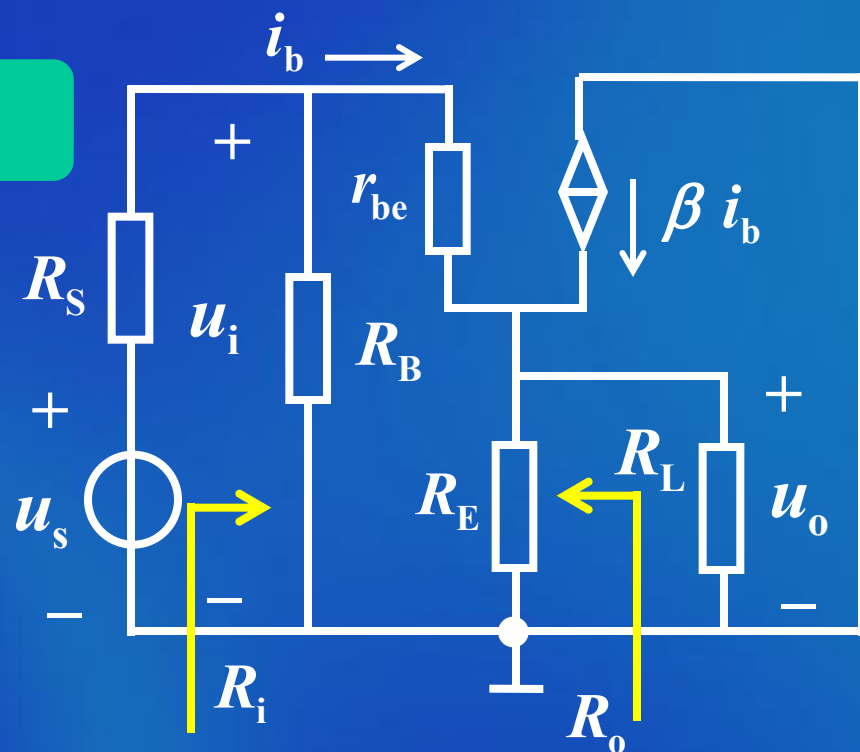
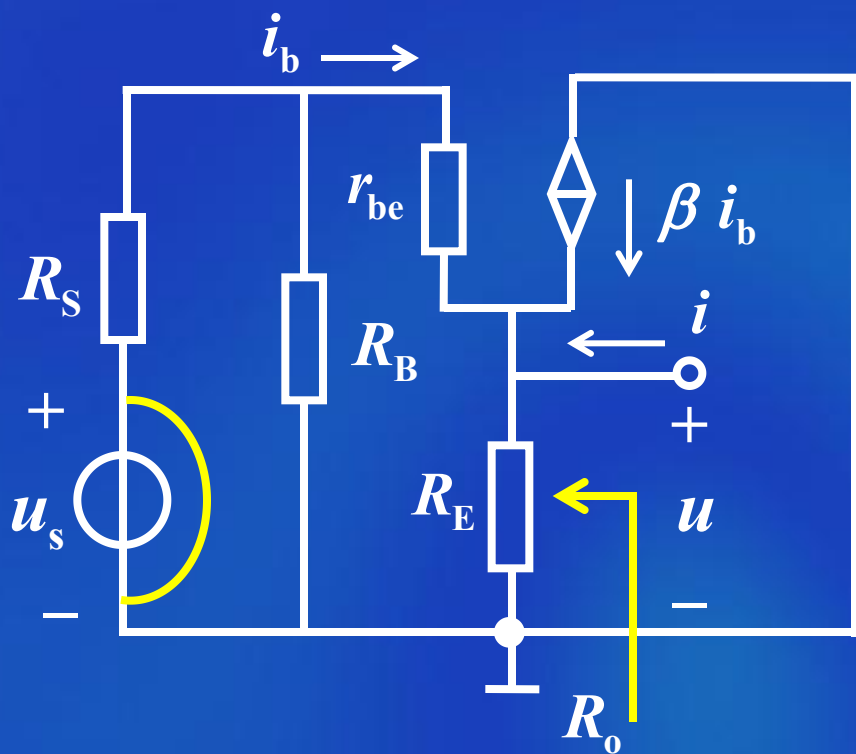
$$\begin{aligned} \dot{A}_{us} &= \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} \\ &= \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \frac{\dot{U}_i}{\dot{U}_s} \end{aligned}$$

$$= \frac{R_i}{R_s + R_i} \dot{A}_u = \frac{R_i}{R_s + R_i} \frac{(1 + \beta) R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R'_L}$$

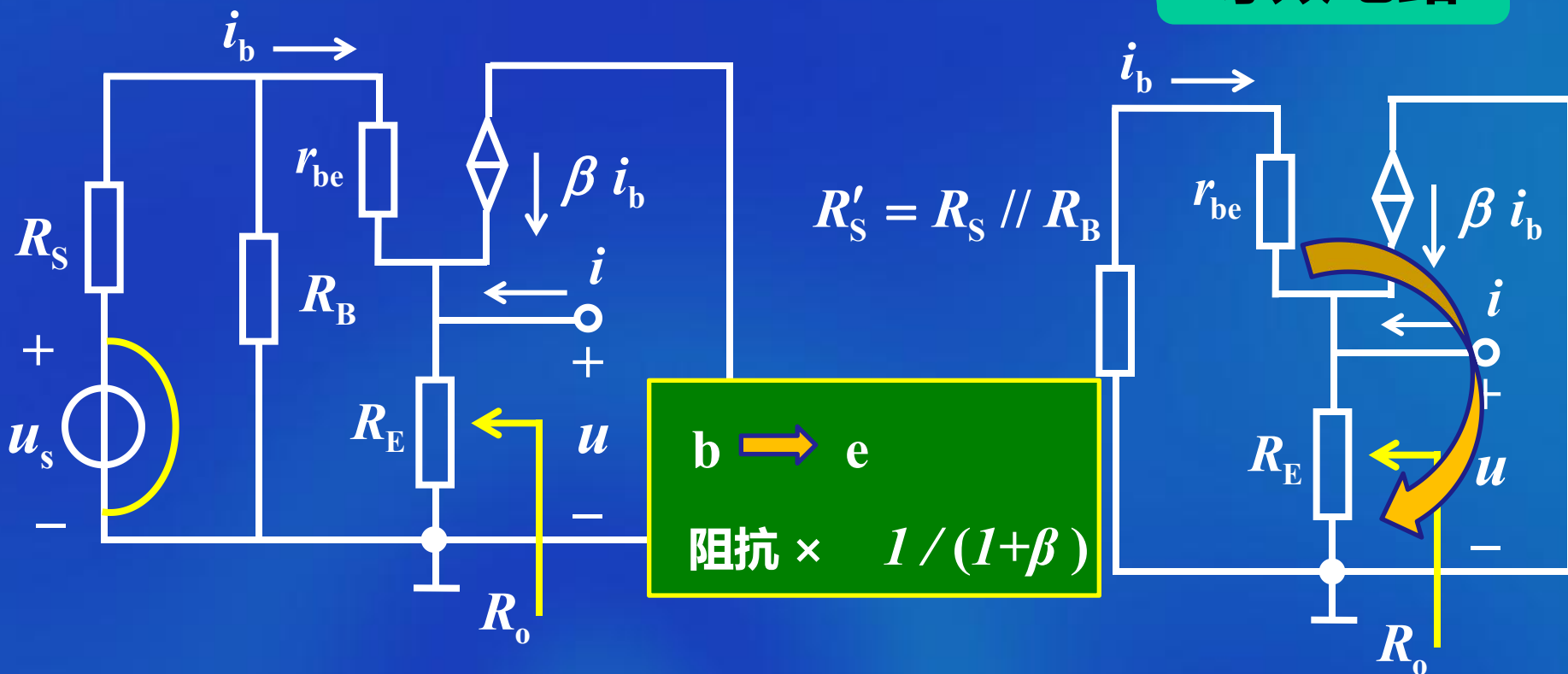


4) 求输出电阻

画出求输出电阻的等效电路



等效电路



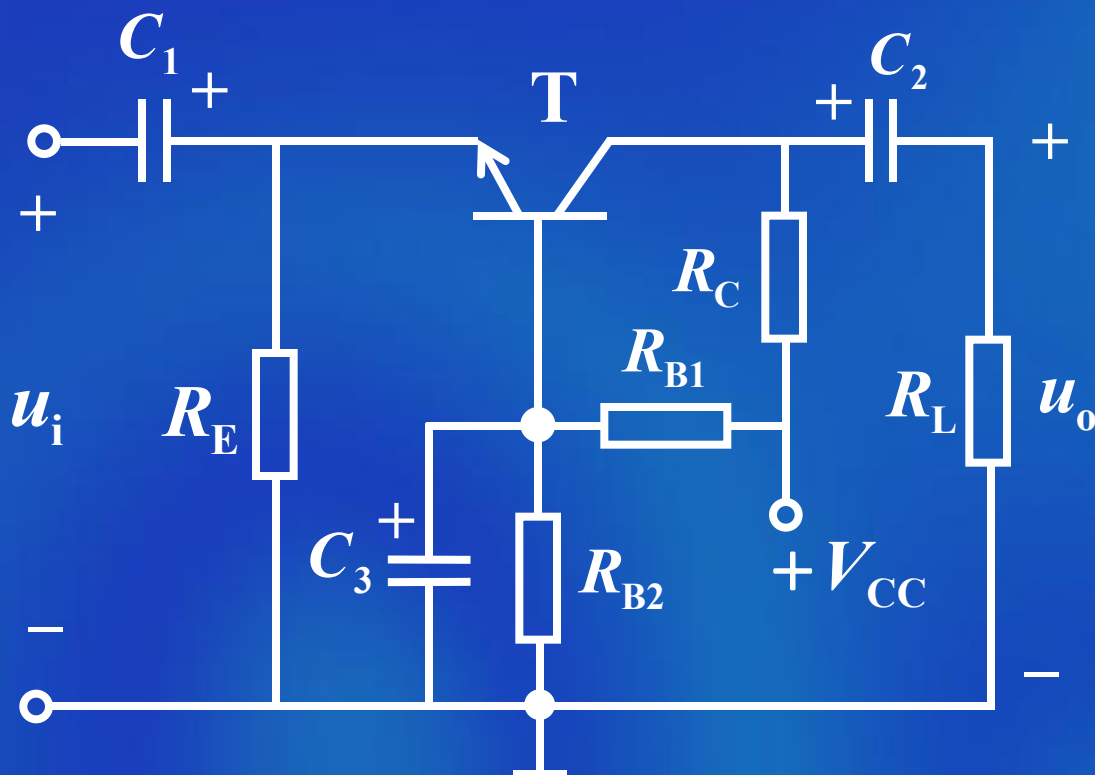
由等效电路可知

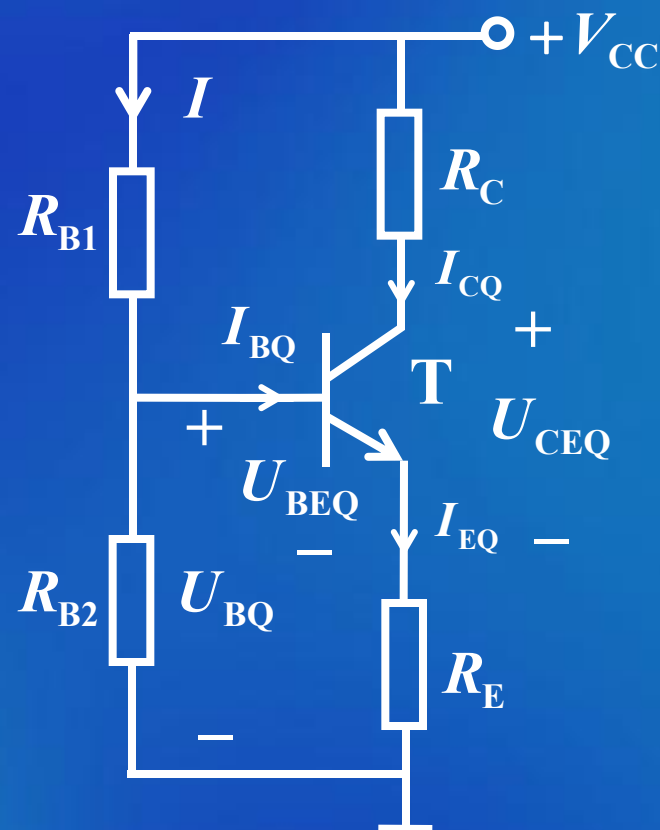
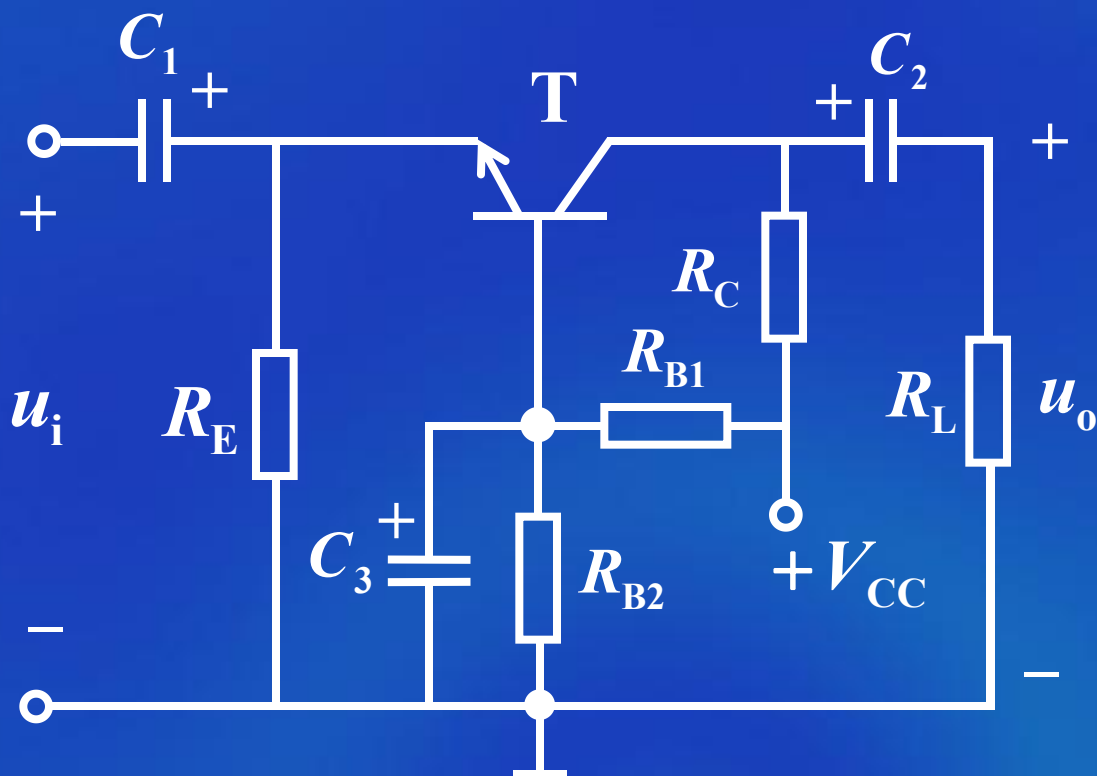
$$R_o = R_E // \frac{r_{be} + R'_S}{(1 + \beta)}$$

2.6.2 共基极放大电路

自学

1. 电路组成



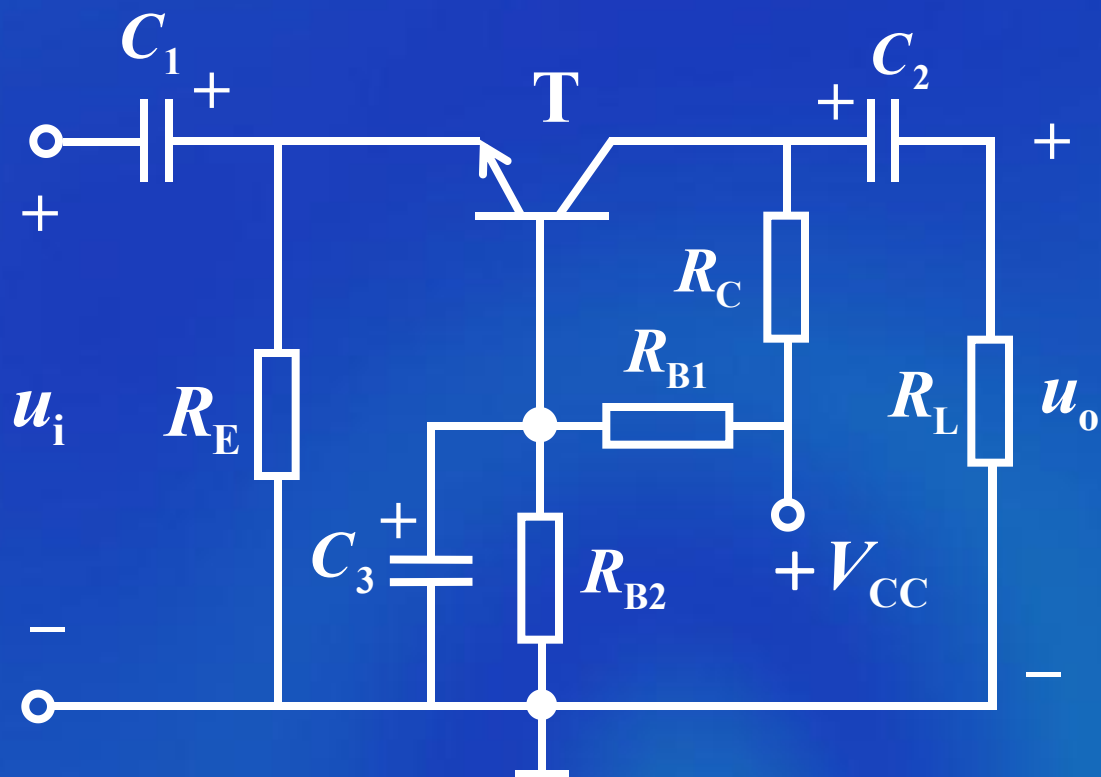


直流通路

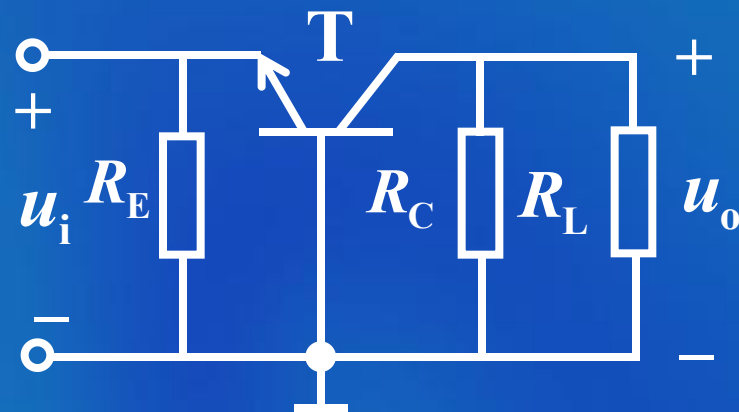
2. 静态分析

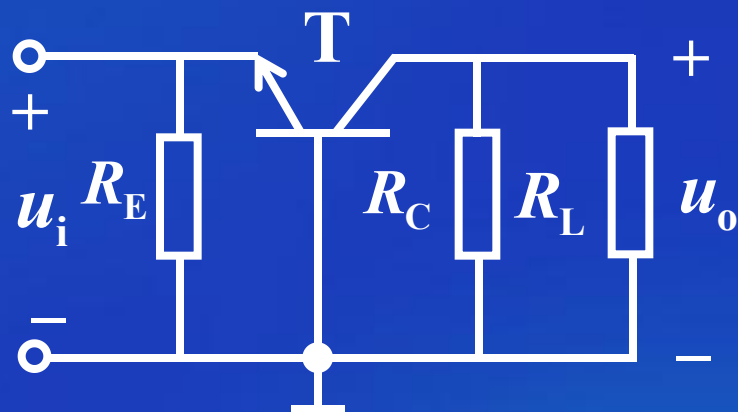
画出放大电路的直流通路。

3. 动态分析



交流通路





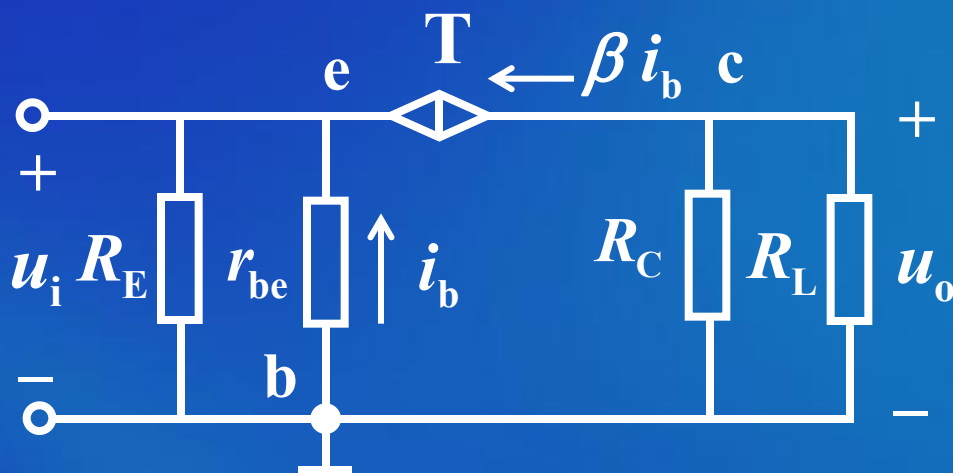
(1) 电压放大倍数

由于 $\dot{U}_o = -\beta \dot{I}_b (R_C // R_L) = -\beta \dot{I}_b R'_L$

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

故
$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\beta R'_L}{r_{be}}$$

微变等效电路

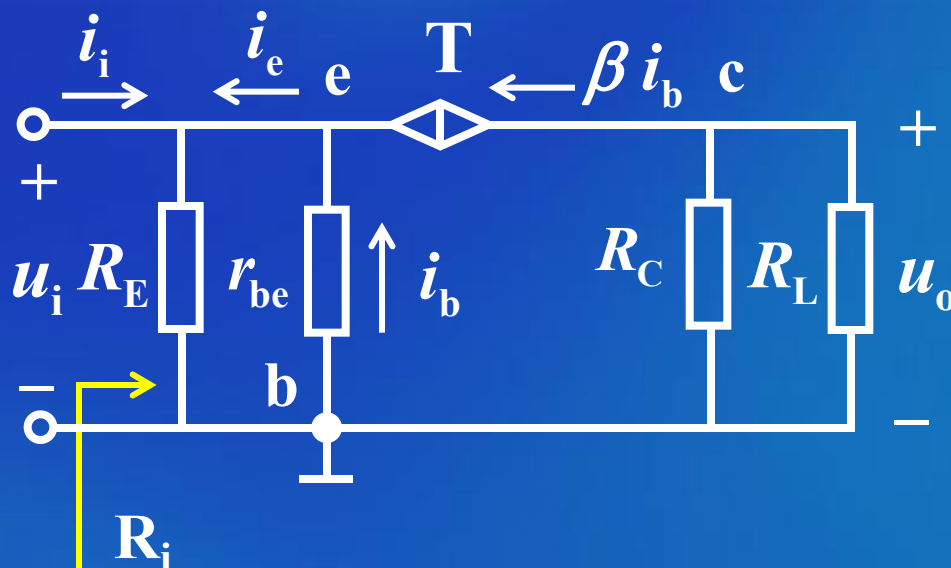


(2) 输入电阻 R_i

$$I_e = (1 + \beta) I_b$$

$$= -(1 + \beta) \frac{U_i}{r_{be}}$$

$$I_i = \frac{U_i}{R_E} - I_e$$



故

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{\frac{U_i}{R_E} + \frac{U_i}{\frac{r_{be}}{1 + \beta}}}} = \frac{1}{\frac{1}{R_E} + \frac{1}{\frac{r_{be}}{1 + \beta}}}} = R_E // \frac{r_{be}}{1 + \beta}$$

输入电阻通常很小

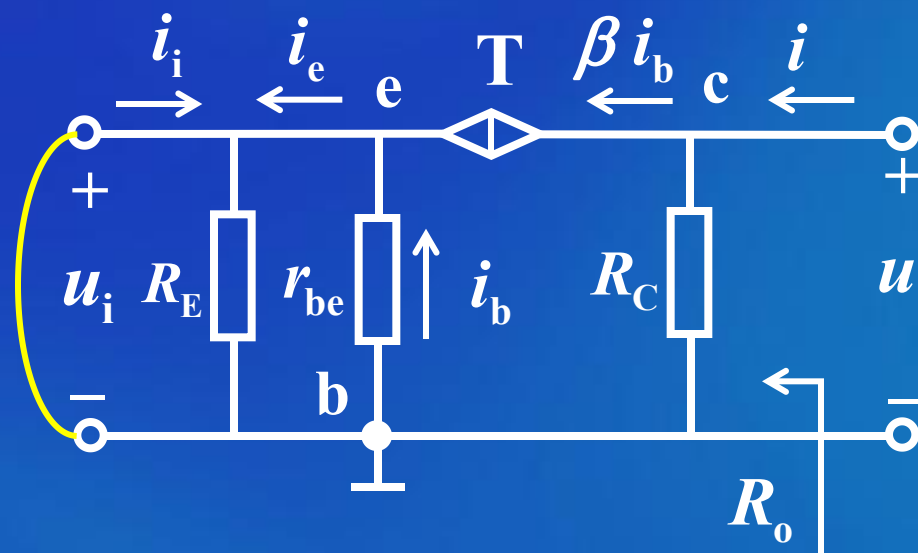
(3) 输出电阻 R_o

由求 R_o 的电路图可知

当 $U_i=0$ 时, $I_b=0$

故

$$R_o = \frac{U}{I} \bigg|_{\substack{U_i=0 \\ R_L=\infty}} = R_C$$

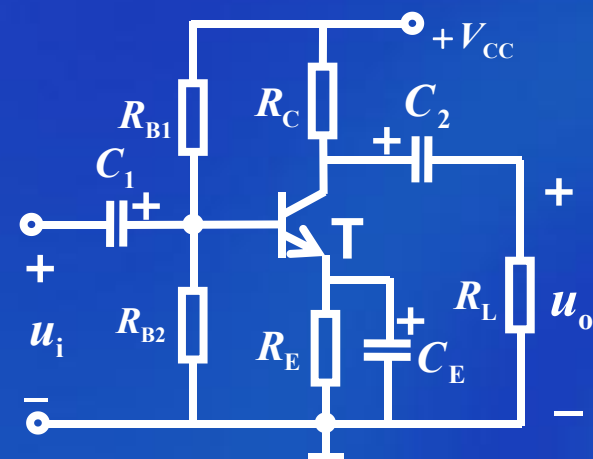


求 R_o 的电路图

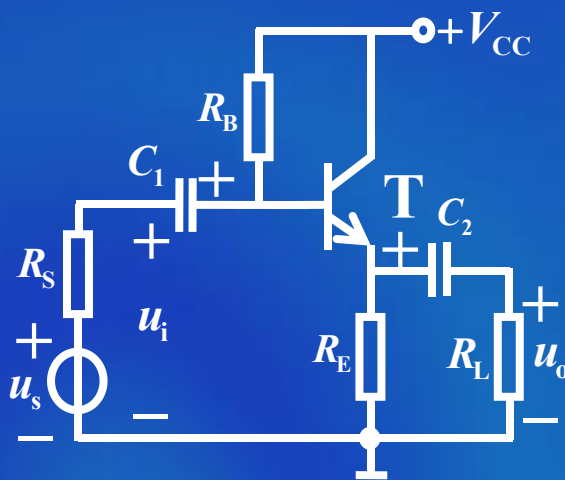
共基极放大电路的特点：

- (1) 有电压放大能力,电压放大倍数与共射极放大电路相同。
- (2) u_o 与 u_i 同相。
- (3) 没有电流放大能力。
- (4) 输入电阻小，输出电阻大。
- (5) 在低频放大电路很少应用。

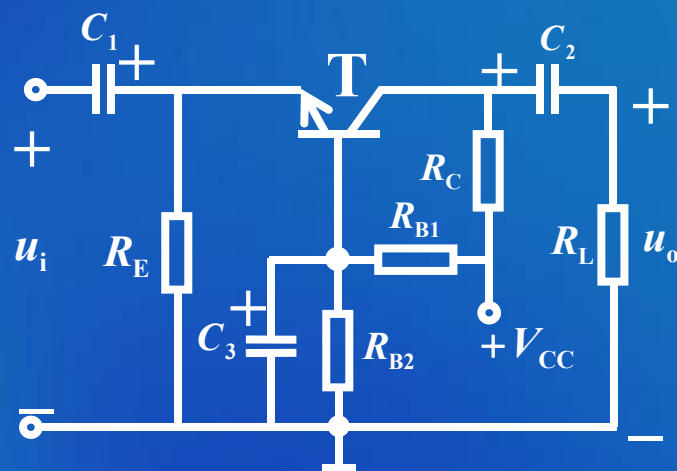
三种基本组态放大电路比较



共射极放大电路



共集电极放大电路



共基极放大电路

三种放大电路的特点及应用：

(1) 共同点

- a) T管都工作在放大状态（发射结正偏，集电结反偏）
- b) 分析步骤相同（直流通路，交流通路）
- c) 分析方式相同（静态—估算法，动态—微变等效电路法）

(2) 不同点

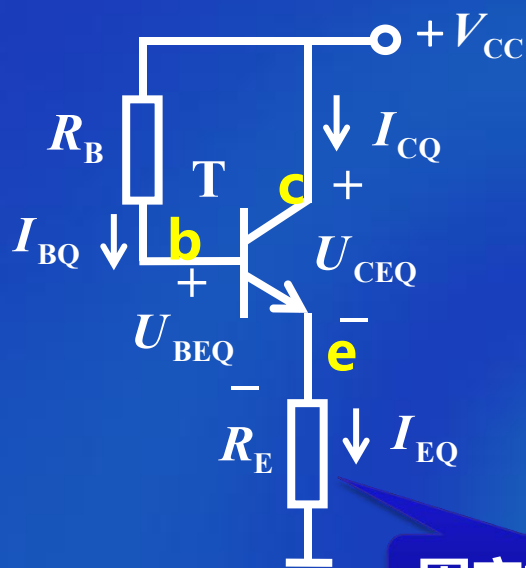
- a) 动态特性不同
- b) 电路功能不同
- c) 应用场合不同

1. 三种放大电路的静态分析

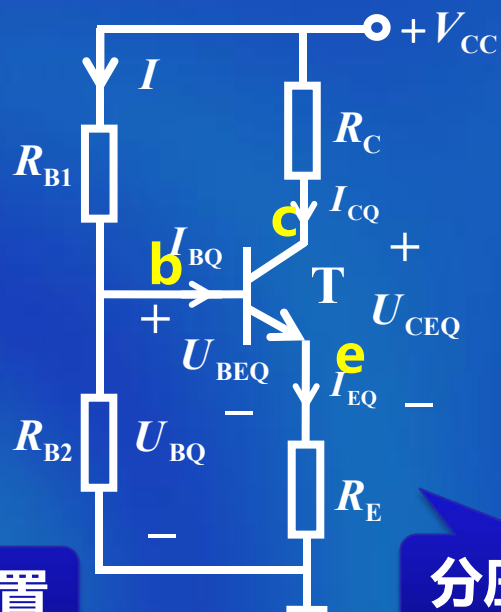
a) 画出直流通路

如何得到直流通路？

断开 C_1 、 C_2 和 C_E



固定式偏置



分压式偏置

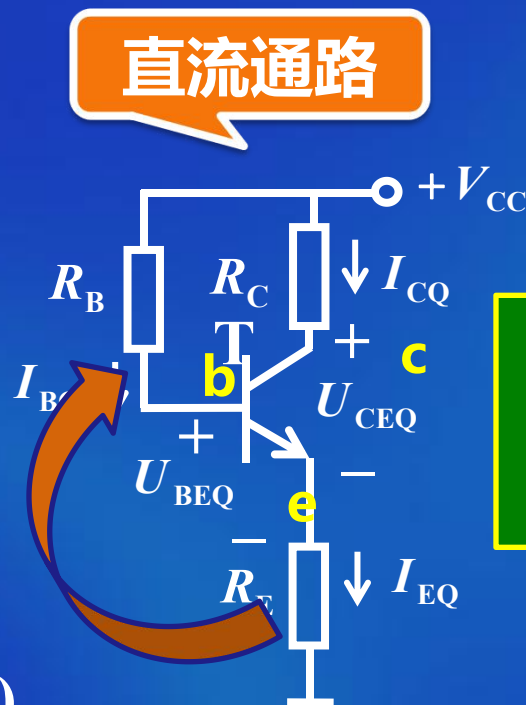
固定式偏置静态分析步骤：

三步法！

$$(1) \quad I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_B + (1 + \beta)R_E}$$

$$(2) \quad I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

$$(3) \quad U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E)$$



$e \rightarrow b$

阻抗 $\times (1 + \beta)$

分压式偏置静态分析步骤：

三步法！

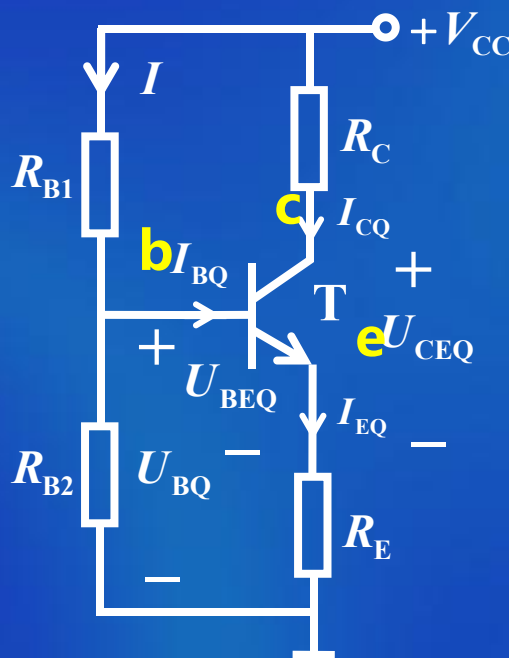
由图可得

$$(1) U_{BQ} \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$$

$$(2) I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E}$$

$$(3) U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{EQ} (R_C + R_E)$$

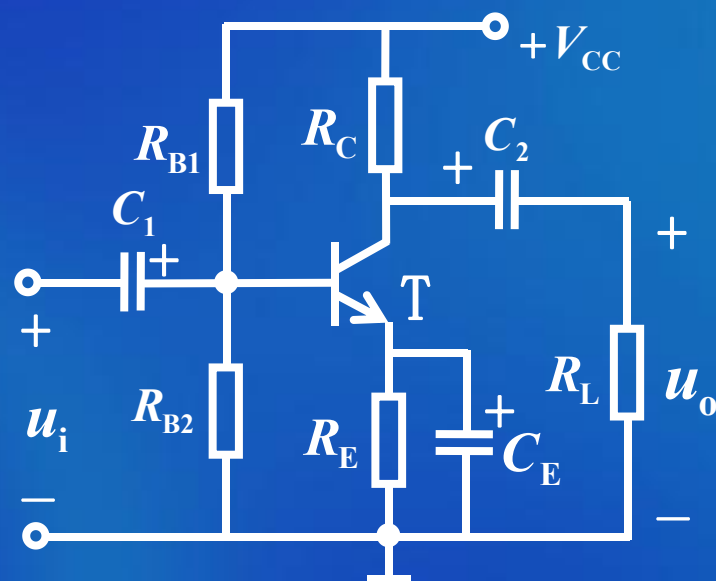
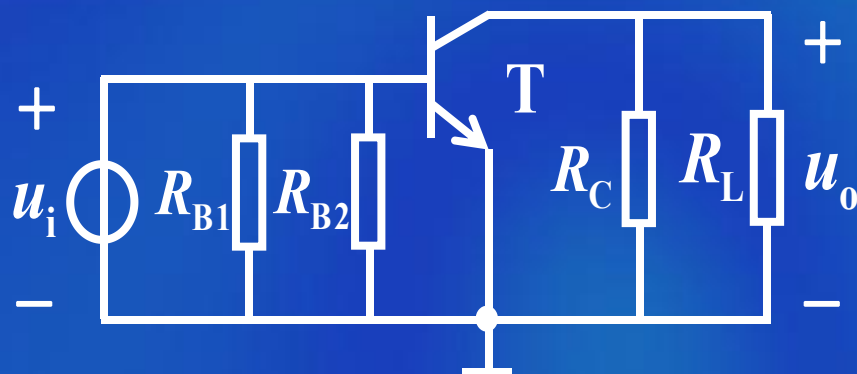
直流通路



2. 三种放大电路动态分析（共射电路为例）

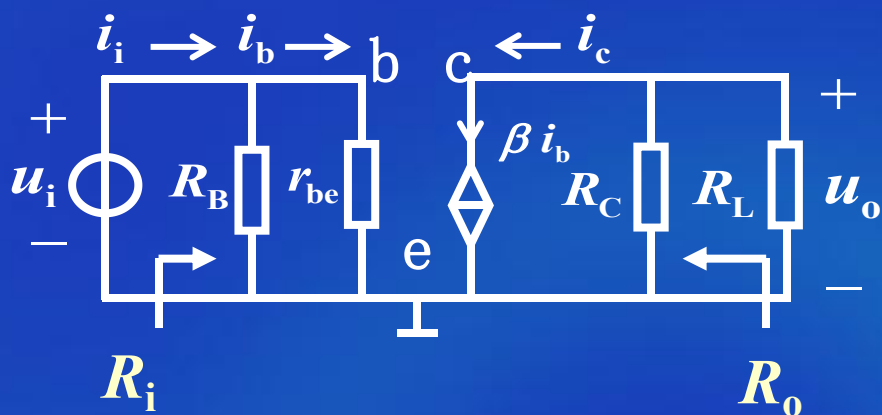
（1）画交流通路

交流通路

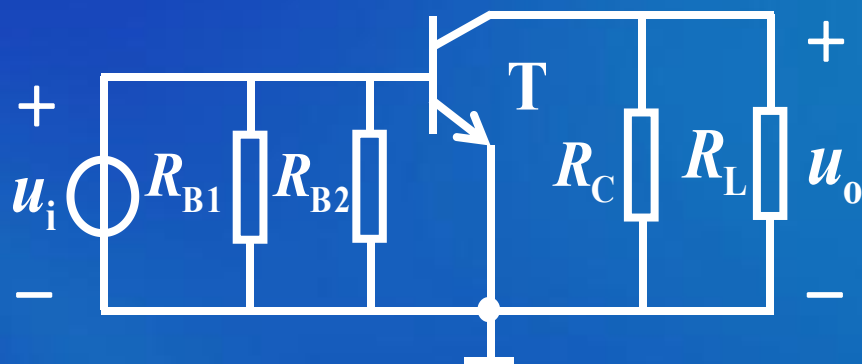


(2) 画微变等效电路

微变等效电路



图中 $R_B = R_{B1} // R_{B2}$



(3) 计算动态输入电阻

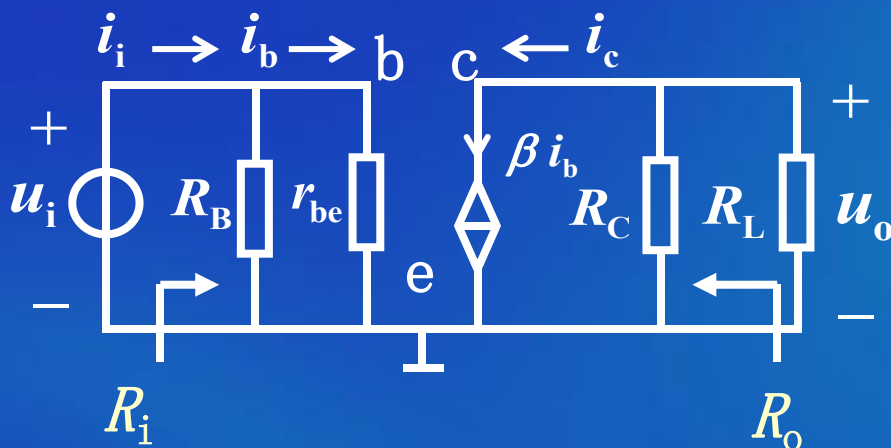
$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}}$$

(4) 动态性能分析

$$A_u = -\beta \frac{R_L // R_C}{r_{be}}$$

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

$$R_o = R_C$$



熟练时，可以省略“交流通路”，
直接画“微变等效电路”

总结：**共射****共集****共基****入：b 出：c****入：b 出：e****入：e 出：c**

$$A_u = -\beta \frac{R_C // R_L}{r_{be}}$$

反相

$$\frac{(1+\beta)R'_L}{r_{be} + (1+\beta)R'_L}$$

同相

$$\beta \frac{R_C // R_L}{r_{be}}$$

同相

$$R_i = R_B // r_{be}$$

$$R_B // [r_{be} + (1+\beta)R'_L]$$

$$R_E // \frac{r_{be}}{1+\beta}$$

$$R_o = R_C$$

$$R_E // \frac{r_{be}}{1+\beta}$$

$$R_C$$

上页

下页

后退

4. 三种放大电路主要应用

- 1) 共射极放大电路**最常用**，可以放大电压、电流与功率，常作为各种放大电路的**主放大电路**；
- 2) 共集电极放大电路，输入与输出阻抗理想，多用于**阻抗变换**及多级放大电路的**输入级或输出级**；
- 3) 共基极放大电路特点是频率特性好，常用于**宽频带放大器及高频放大器中**。

小 结：

晶体管放大电路的分析

共射极
放大电路

共集电极
放大电路

共基极
放大电路

静态



估算法

动态



微变等效电路法