

静态分析

多级放大电路各级的静态值也是利用其直流通路来求解。

对于直接耦合放大电路而言，应写出直流通路中各个回路的方程，然后求解。

对于阻容耦合放大电路，因其各级之间的直流通路各不相通，各级的静态工作点相互独立，求解静态值时可按单级处理。

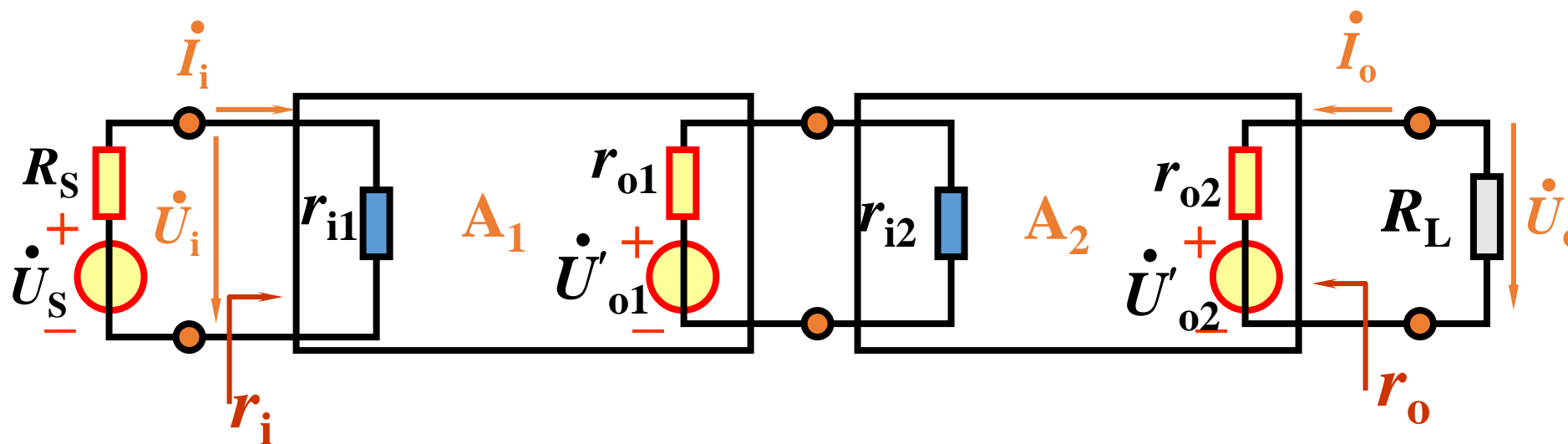
多级放大电路的分析

动态分析

多级放大电路的电压放大倍数等于各级放大倍数的乘积。

多级放大电路的输入电阻等于第一级的输入电阻。

多级放大电路的输出电阻等于最后一级的输出电阻。



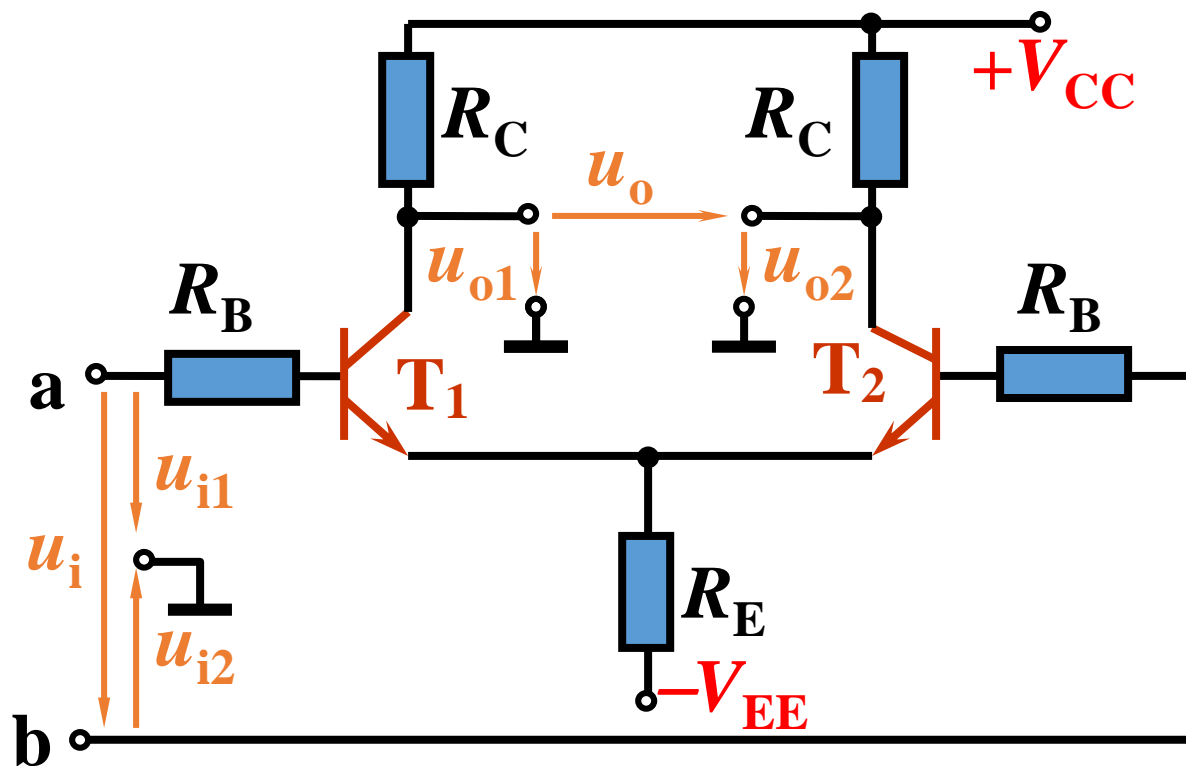
- * 后级的输入电阻是前级的负载
- * 前级的输出电阻是后级的信号源内阻

差分放大电路

结构对称

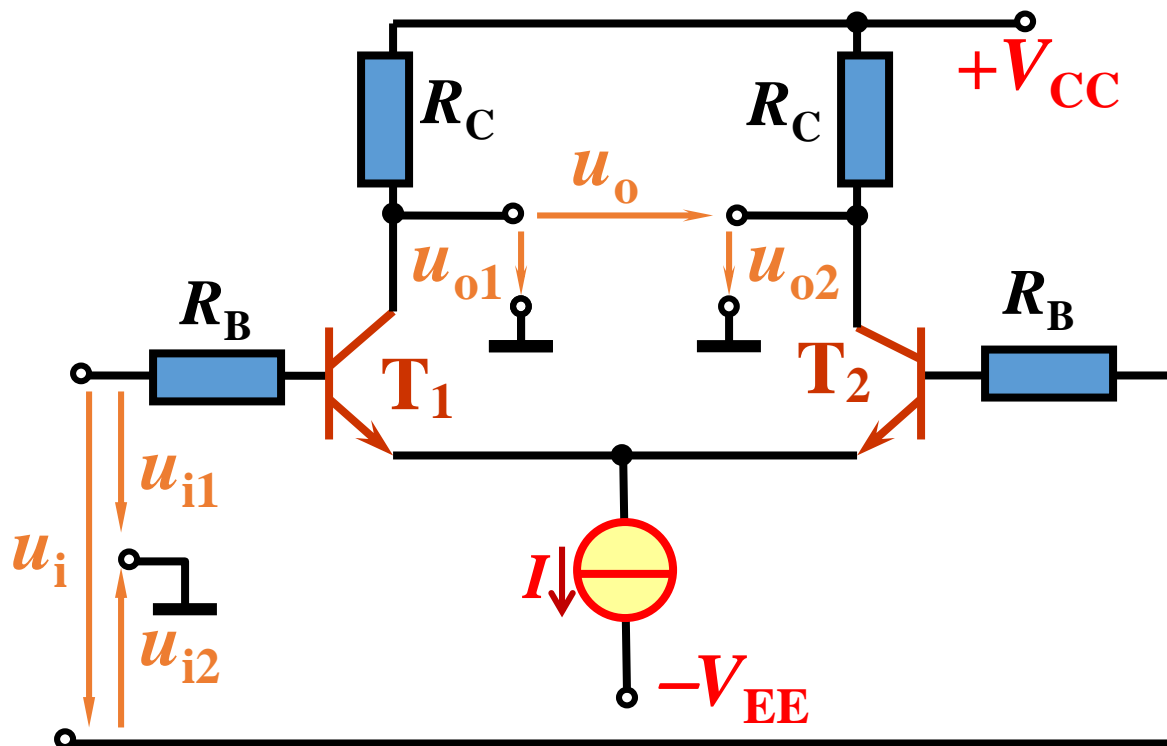
放大差模信号

抑制共模信号



3.3.2 差分放大电路

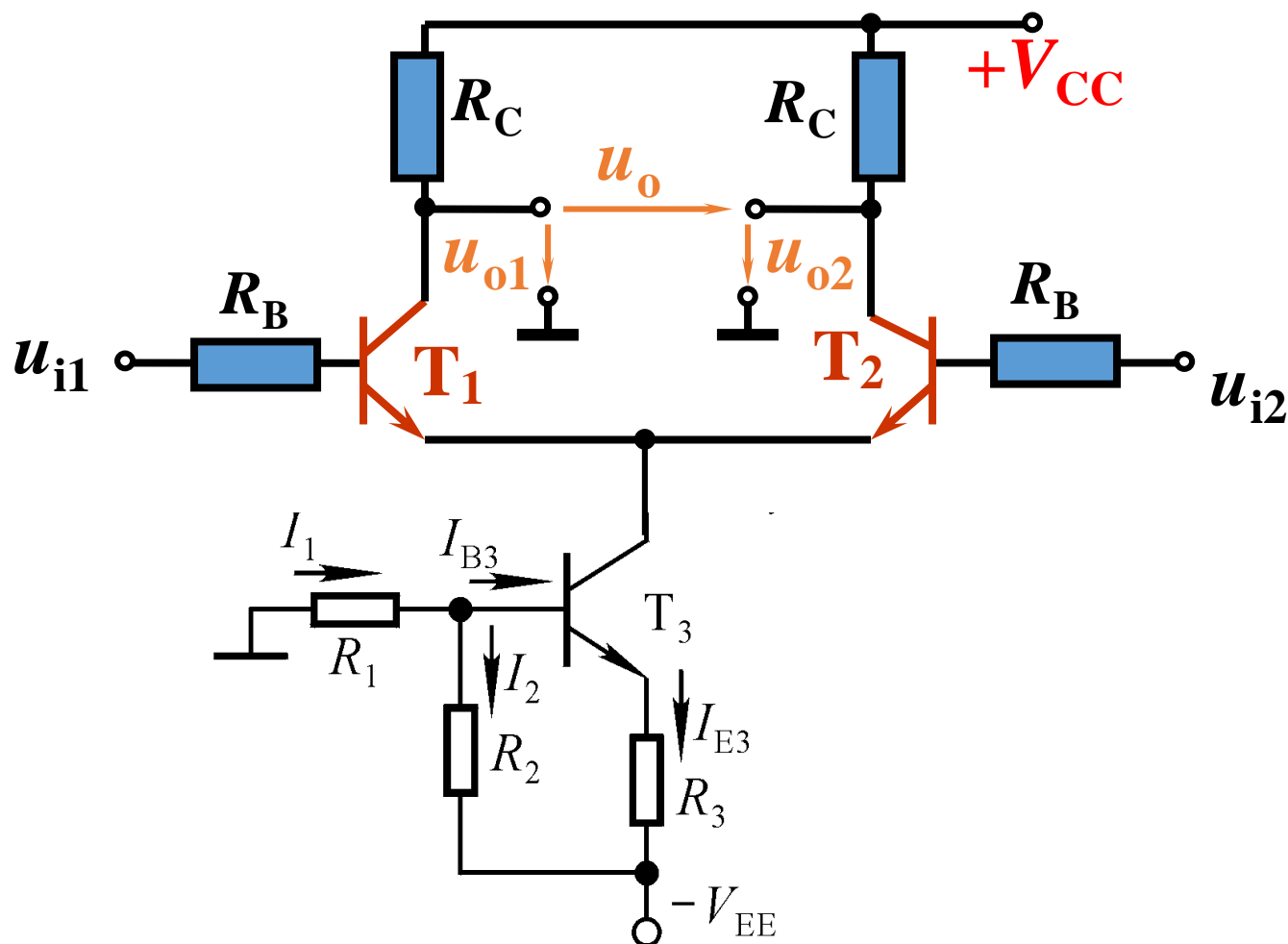
改进型的差分放大电路



$$A_c = 0$$

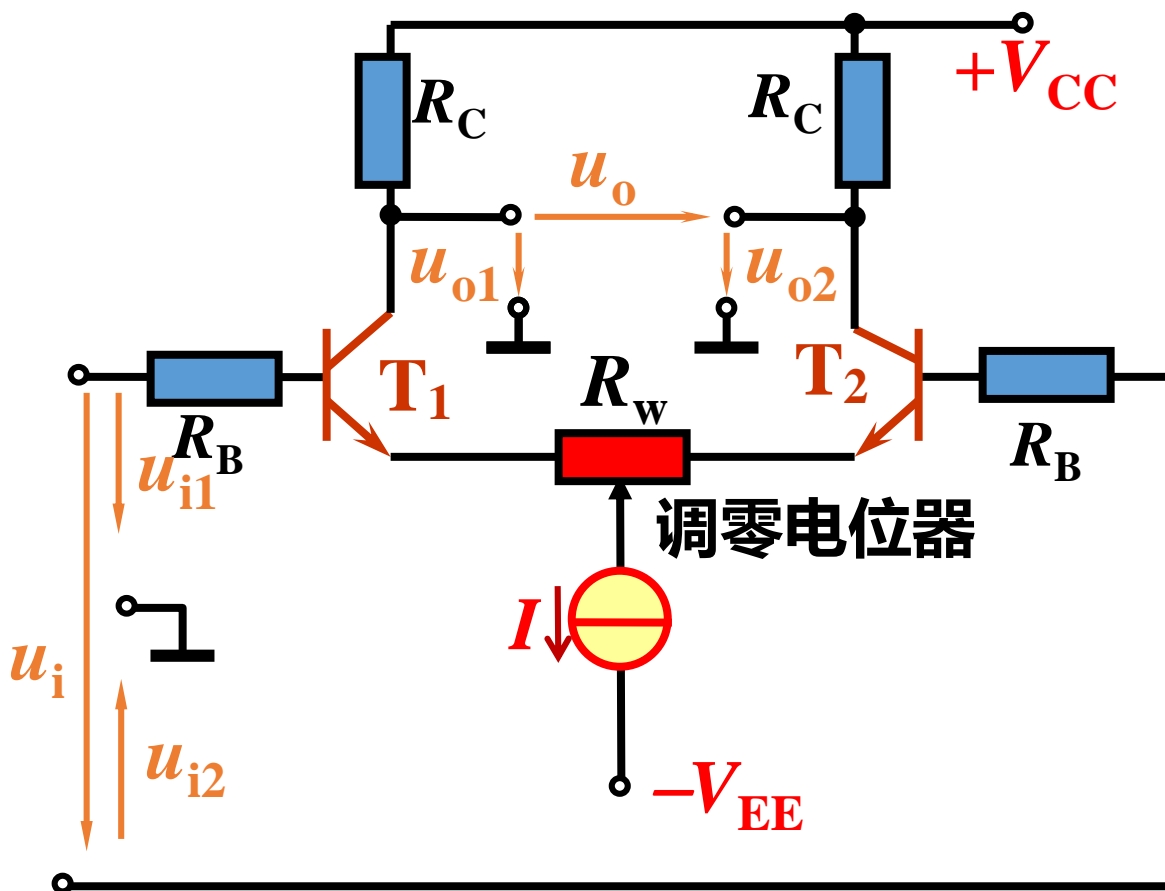
$$K_{\text{CMR}} = \infty$$

3.3.2 差分放大电路



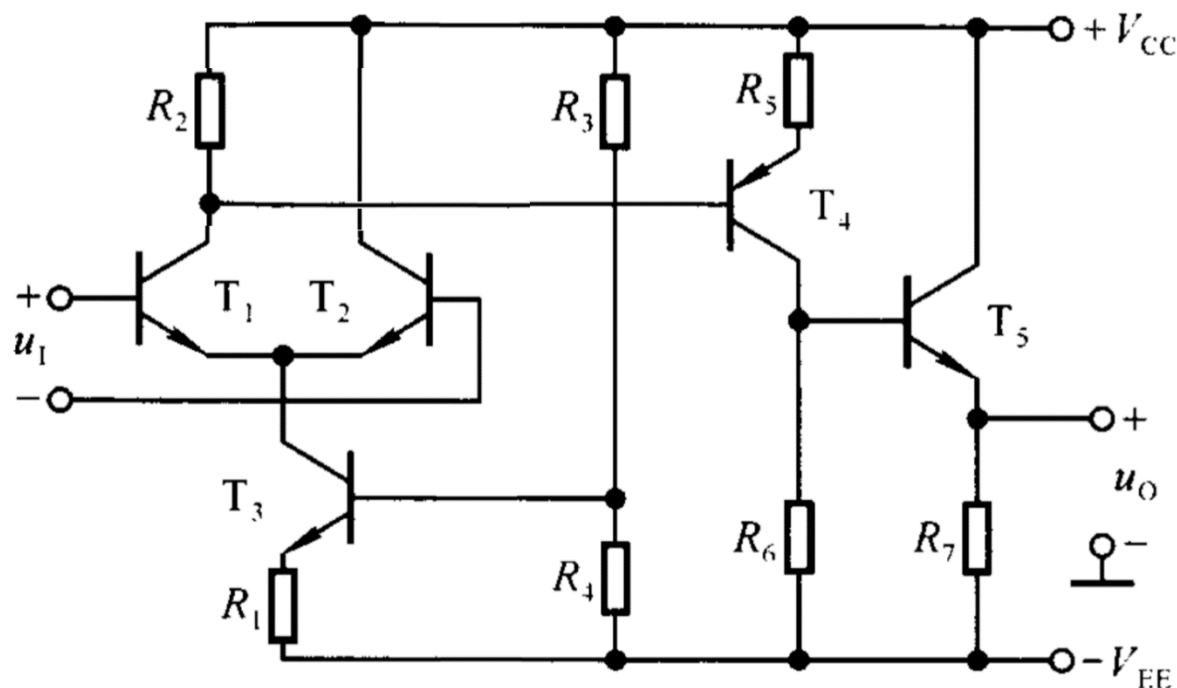
3.3.2 差分放大电路

改进型的差分放大电路

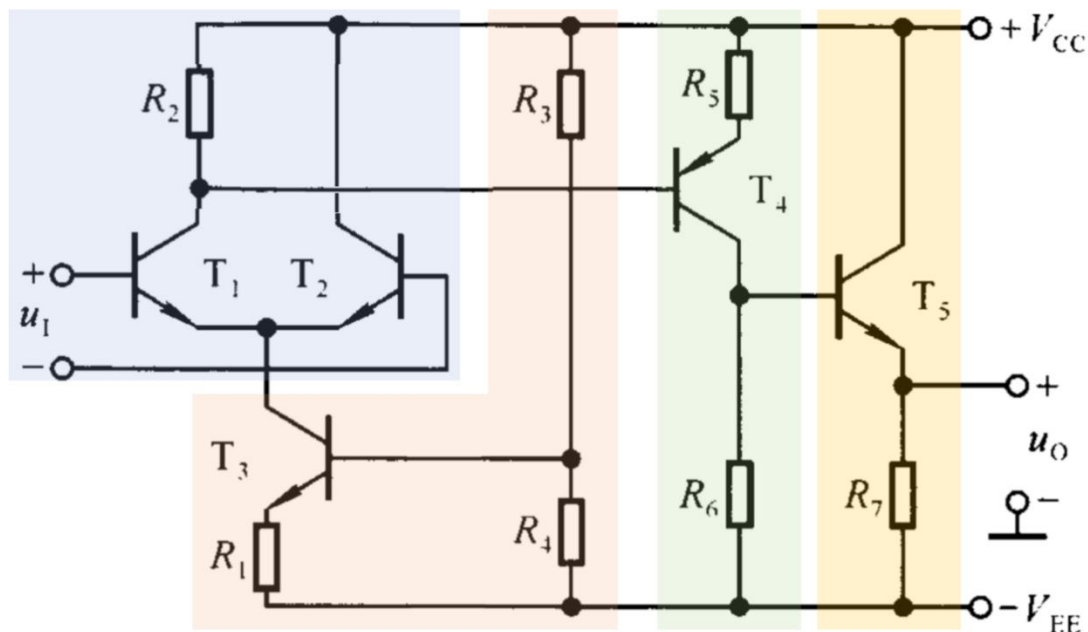


多级放大电路分析-例

- 要求：根据电路结构，计算输入电阻、输出电阻和放大倍数——用已知量描述输入电阻、输出电阻和放大倍数。



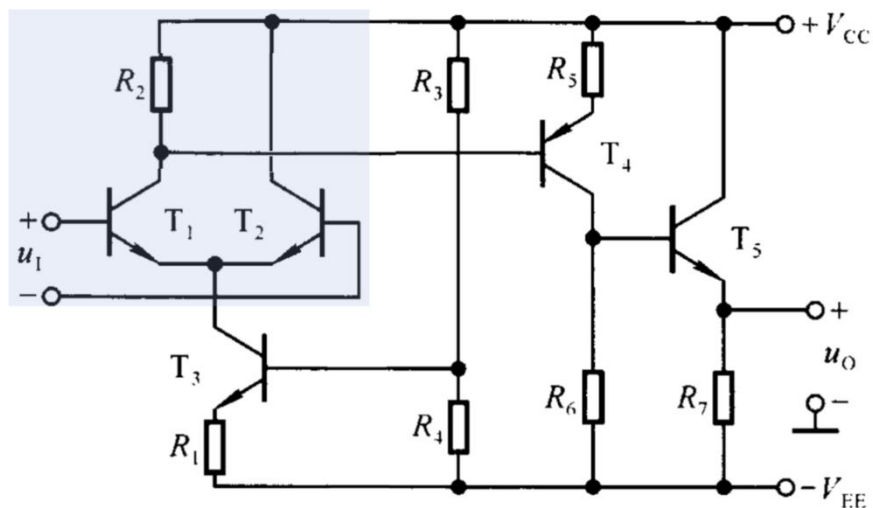
多级放大电路分析-例



输入级采用“双端输入-单端输出”差分放大电路形式；
输入级的发射极采用“恒流源”代替发射极电阻；中间
级采取“共发射极”的放大形式（PNP管为核心）；输
出级采用“共集电极”的射极跟随方式。

多级放大电路分析-例

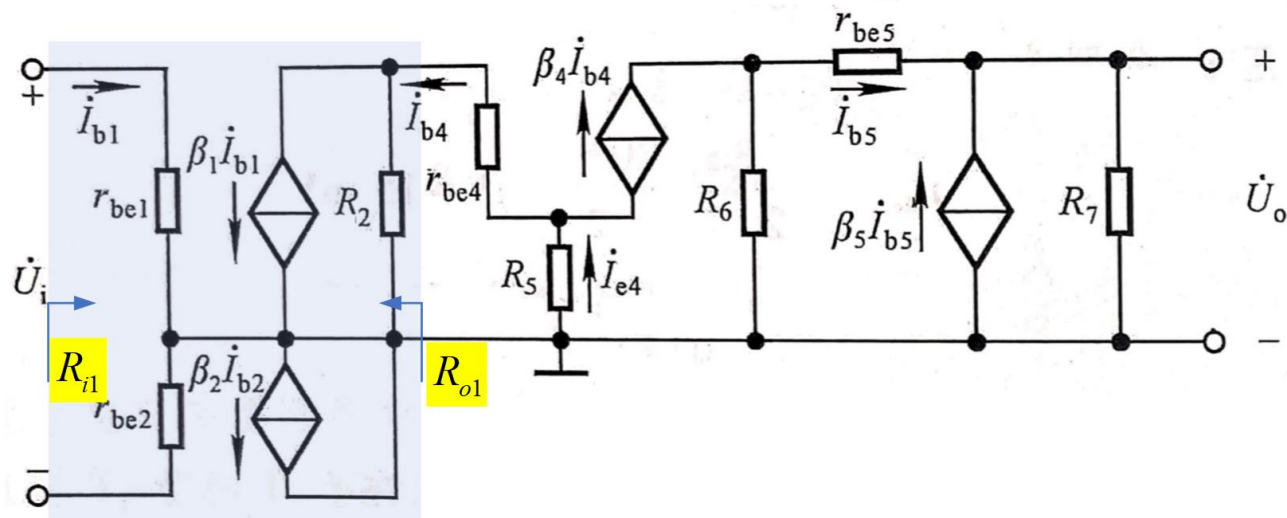
• 输入级：



$$A_{u1} = -\frac{\beta_1(R_2 // R_{i2})}{2r_{be1}}$$

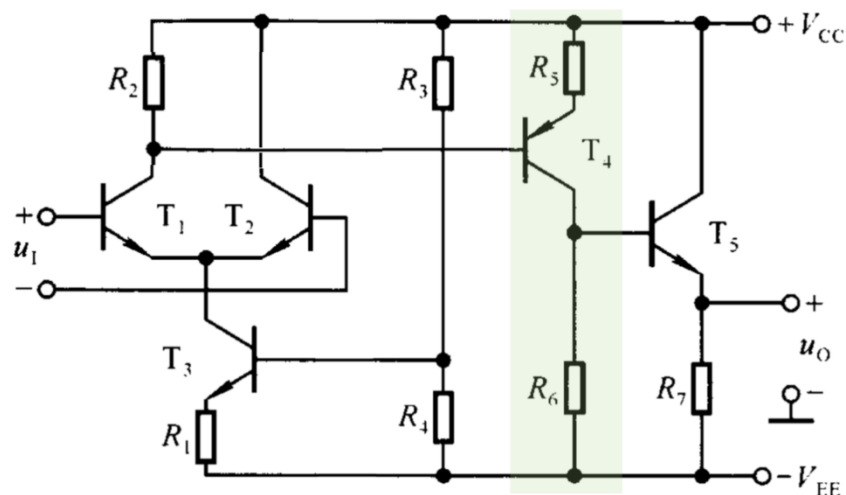
$$R_{i1} = r_{be1} + r_{be2}$$

$$R_{o1} = R_2$$



多级放大电路分析-例

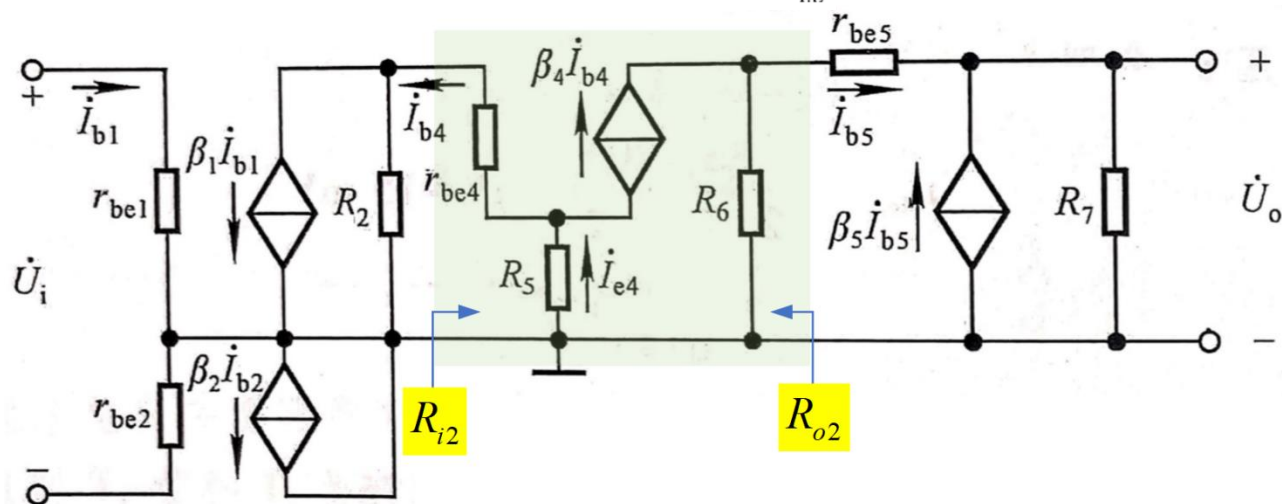
• 中间级：共射极放大电路



$$A_{u2} = -\beta_4 \frac{R_6 // R_{i3}}{r_{be4} + (1 + \beta_4)R_5}$$

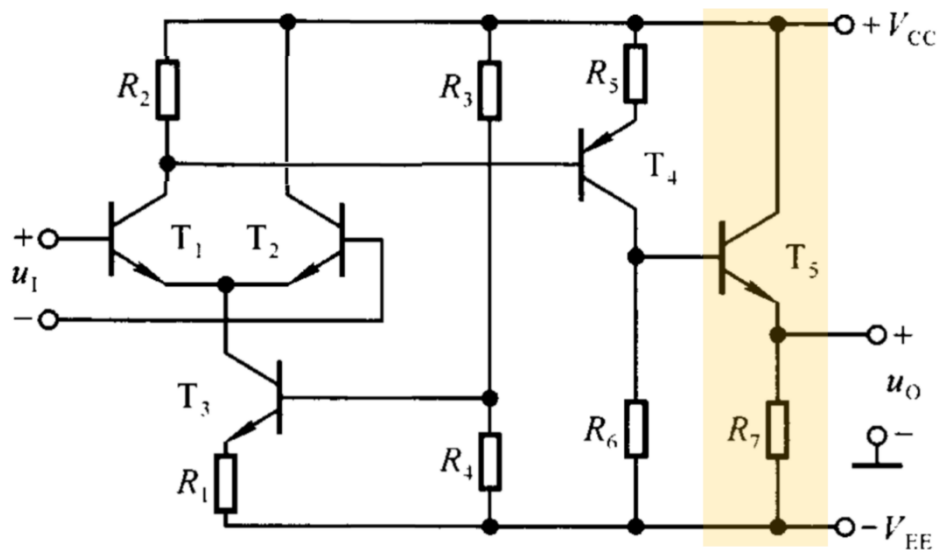
$$R_{i2} = r_{be4} + (1 + \beta_4)R_5$$

$$R_{o2} = R_6$$



多级放大电路分析-例

• 射极跟随输出电路

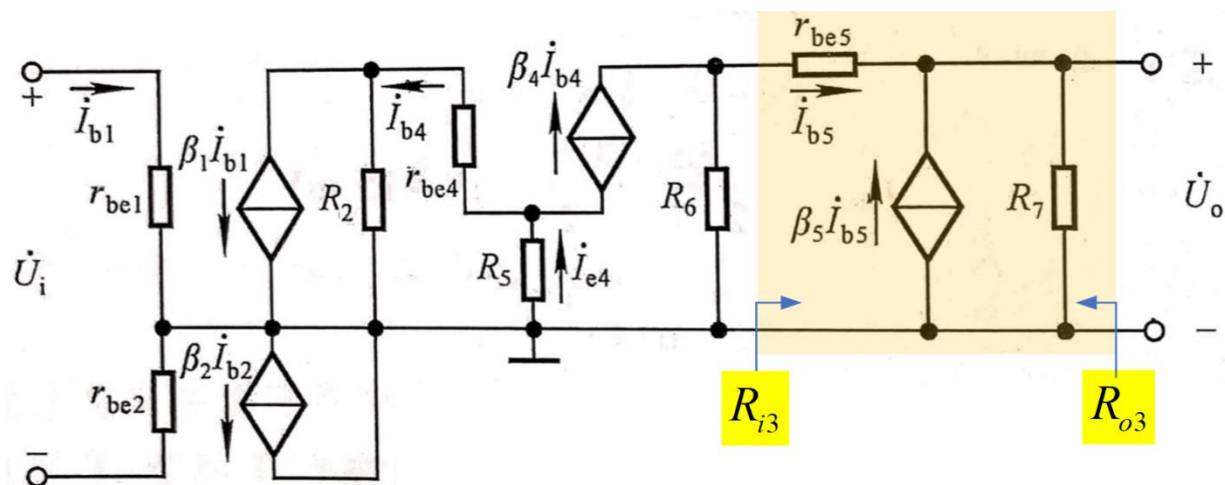


$$A_{u3} = 1$$

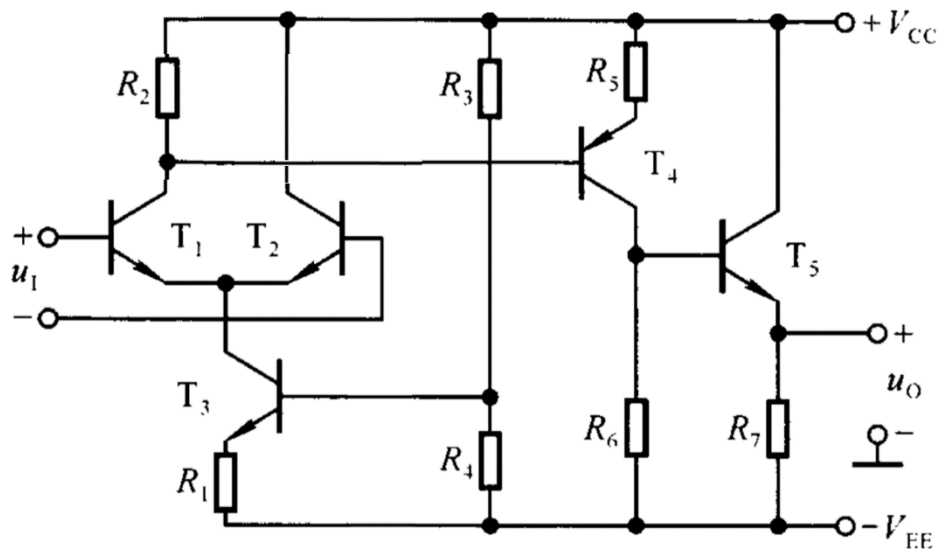
$$R_{i3} = r_{be5} + (1 + \beta_5)R_7$$

$$R_{o3} = R_7 // \frac{r_{be5} + R_{o2}}{1 + \beta_5}$$

$$= R_7 // \frac{r_{be5} + R_6}{1 + \beta_5}$$



多级放大电路分析-例



$$R_i = r_{be1} + r_{be2}$$

$$R_o = R_7 // \frac{r_{be5} + R_6}{1 + \beta_5}$$

$$A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} \cdot A_{u3}$$

$$A_{u1} = -\frac{\beta_1 (R_2 // R_{i2})}{r_{be1}}$$

$$R_{i2} = r_{be4} + (1 + \beta_4) R_5$$

$$A_{u2} = -\beta_4 \frac{R_6 // R_{i3}}{r_{be4} + (1 + \beta_4) R_5}$$

$$R_{i3} = r_{be5} + (1 + \beta_5) R_7$$

$$A_{u3} = 1$$

作业

3.5

3.6

3.7

3.8

$$U_{BE1}=U_{BE2},$$

$$I_{B1}=I_{B2}=I_B, \quad I_{C1}=I_{C2}=I_C$$

$$I_R = (V_{CC} - U_{BE}) / R$$

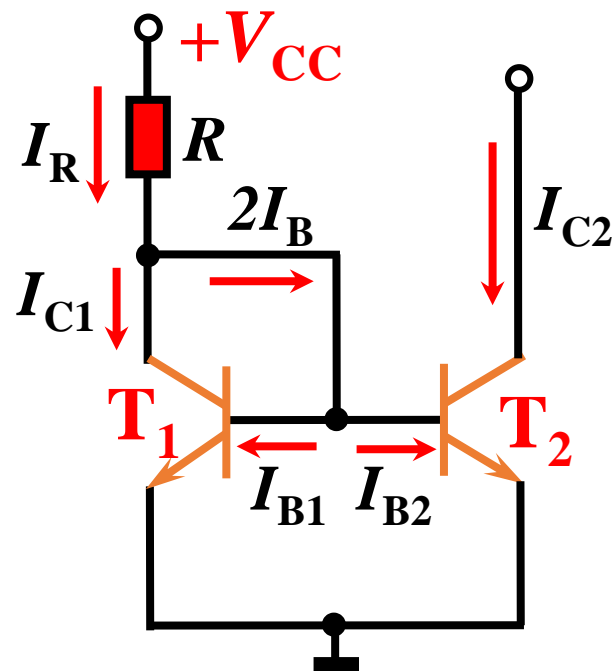
$$I_R = I_C + 2I_B = I_C + 2I_C/\beta$$

可得 $I_C = \frac{\beta}{\beta + 2} I_R$ 当 $\beta \gg 2$ 时

基准电流:

$$I_R = (V_{CC} - U_{BE})/R$$

$$I_{C2} \approx I_R$$



两个晶体管特性相同
 $\beta_1 = \beta_2 = \beta,$

3.3.3 电流源电路

2.比例电流源

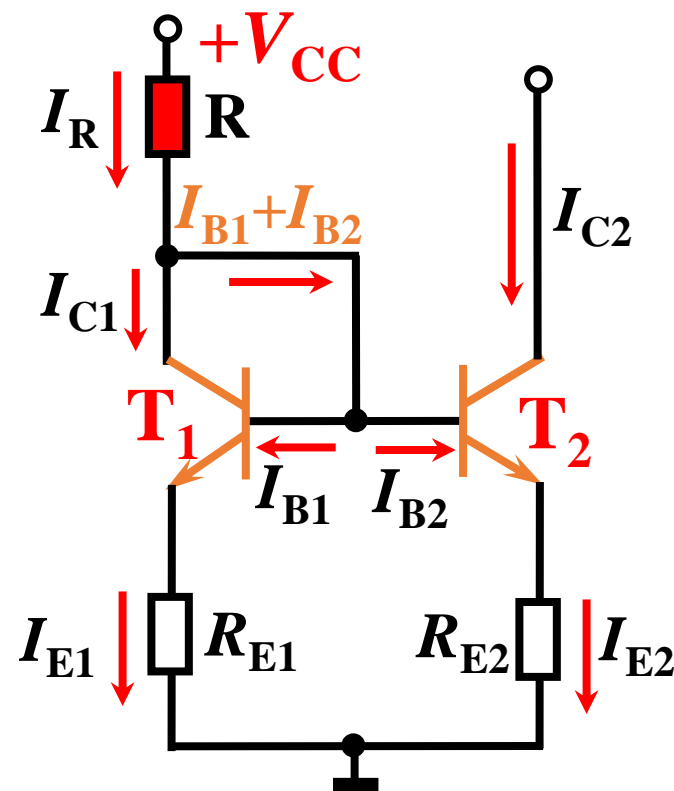
$$U_{BE1} + I_{E1}R_{E1} = U_{BE2} + I_{E2}R_{E2}$$

$$I_{E1}R_1 \approx I_{E2}R_2$$

$$\therefore I_{C2} \approx (R_{E1}/R_{E2}) I_{C1}$$

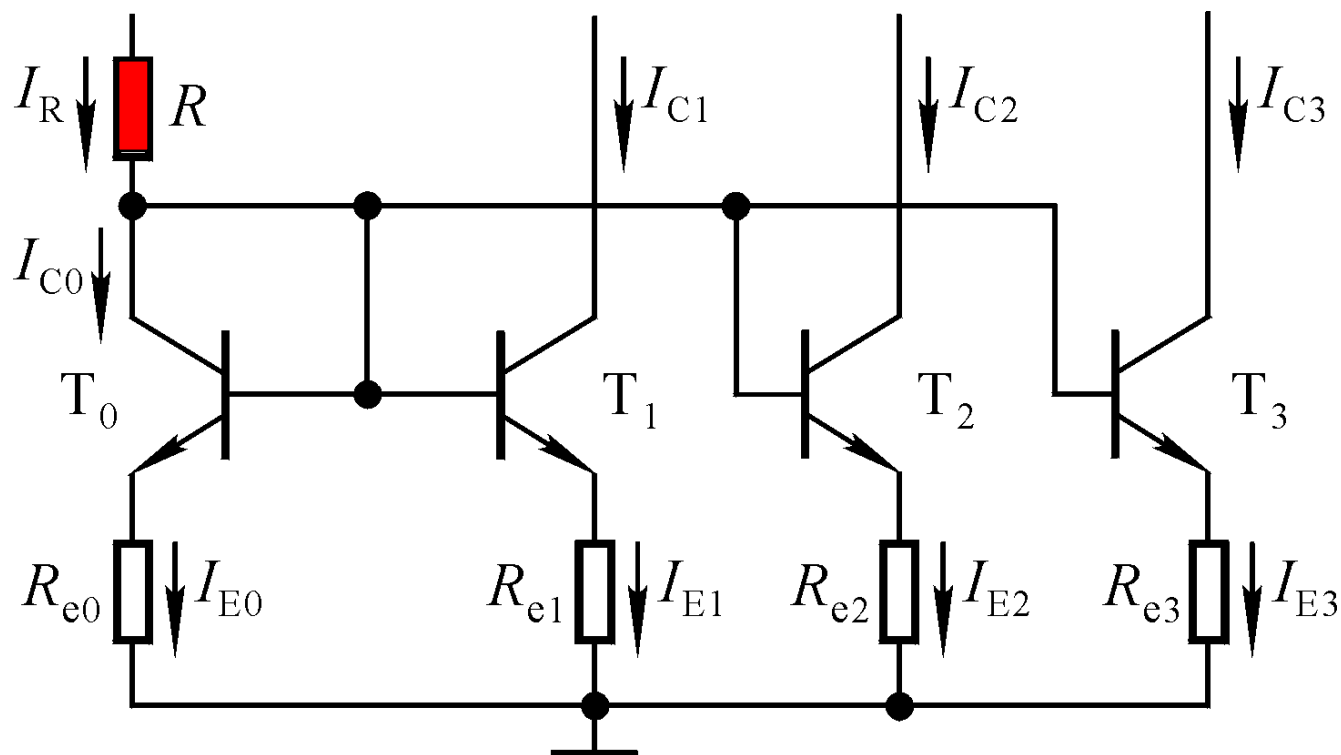
$$I_{C2} \approx \frac{R_{E1}}{R_{E2}} I_R$$

$$\text{基准电流 } I_R \approx \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R + R_{E1}}$$



3.3.3 电流源电路

基于比例电流源的多路电流源



3.3.3 电流源电路

3.微电流源

$$U_{BE1} = U_{BE2} + I_{E2} R_{E2}$$

$$I_{C2} R_{E2} = U_{BE1} - U_{BE2}$$

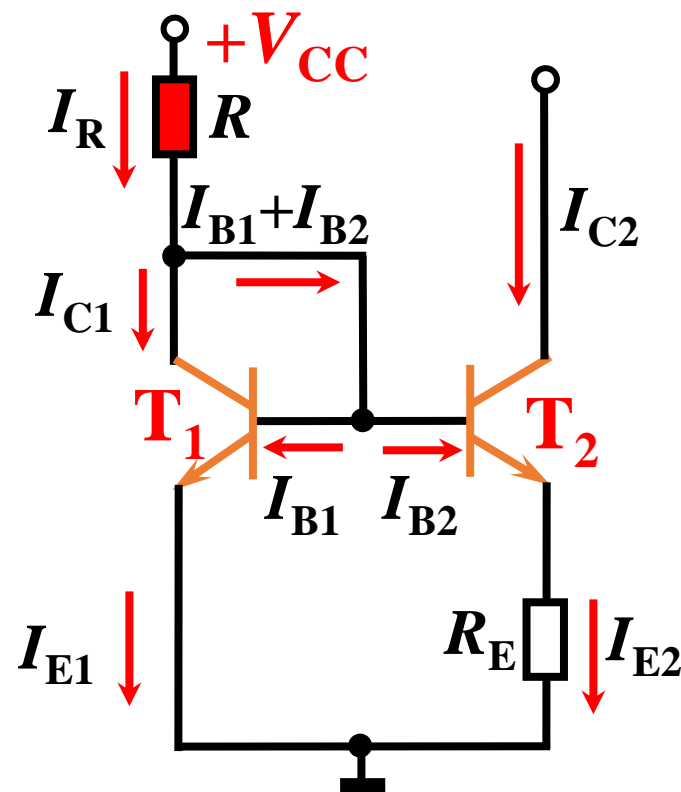
$$\text{则 } I_{C2} \approx I_{E2} = \frac{U_{BE1} - U_{BE2}}{R_E}$$

$$U_{BE} = U_T \ln(I_E / I_S),$$

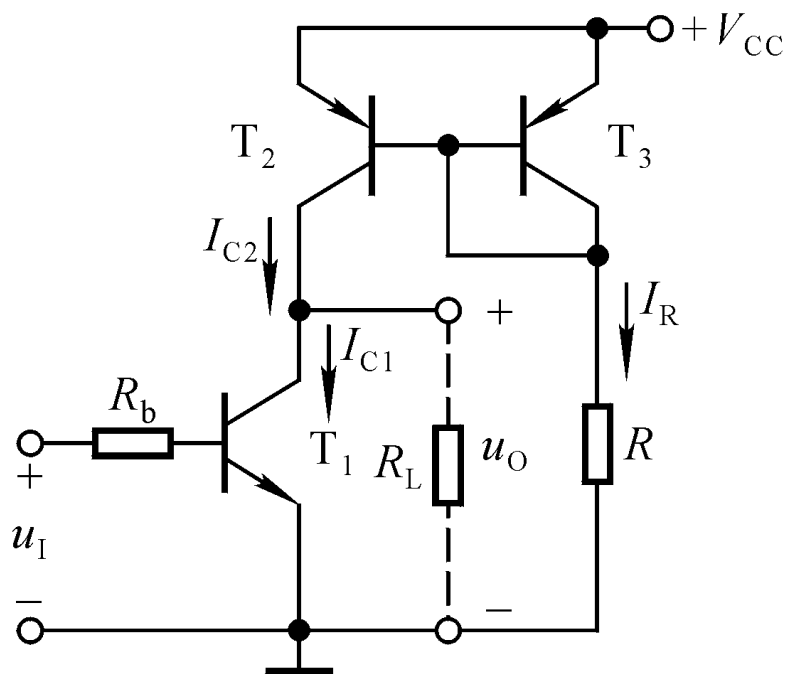
$$\text{输出电流 } I_{C2} \approx \frac{U_T}{R_E} \ln \frac{I_R}{I_{C2}}$$

此为关于 I_{C2} 的超越方程

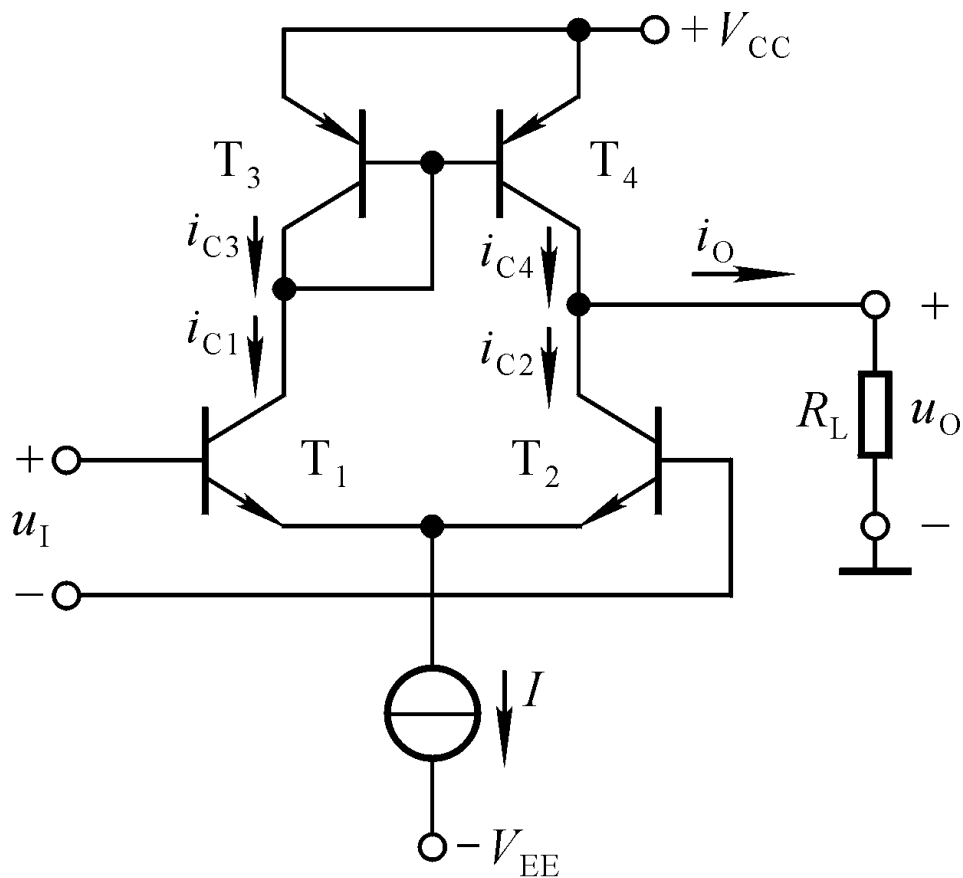
$$\text{基准电流 } I_R = \frac{V_{CC} - U_{BE1}}{R}$$



3.3.3 电流源电路



有源负载共射放大电路



有源负载差分放大电路