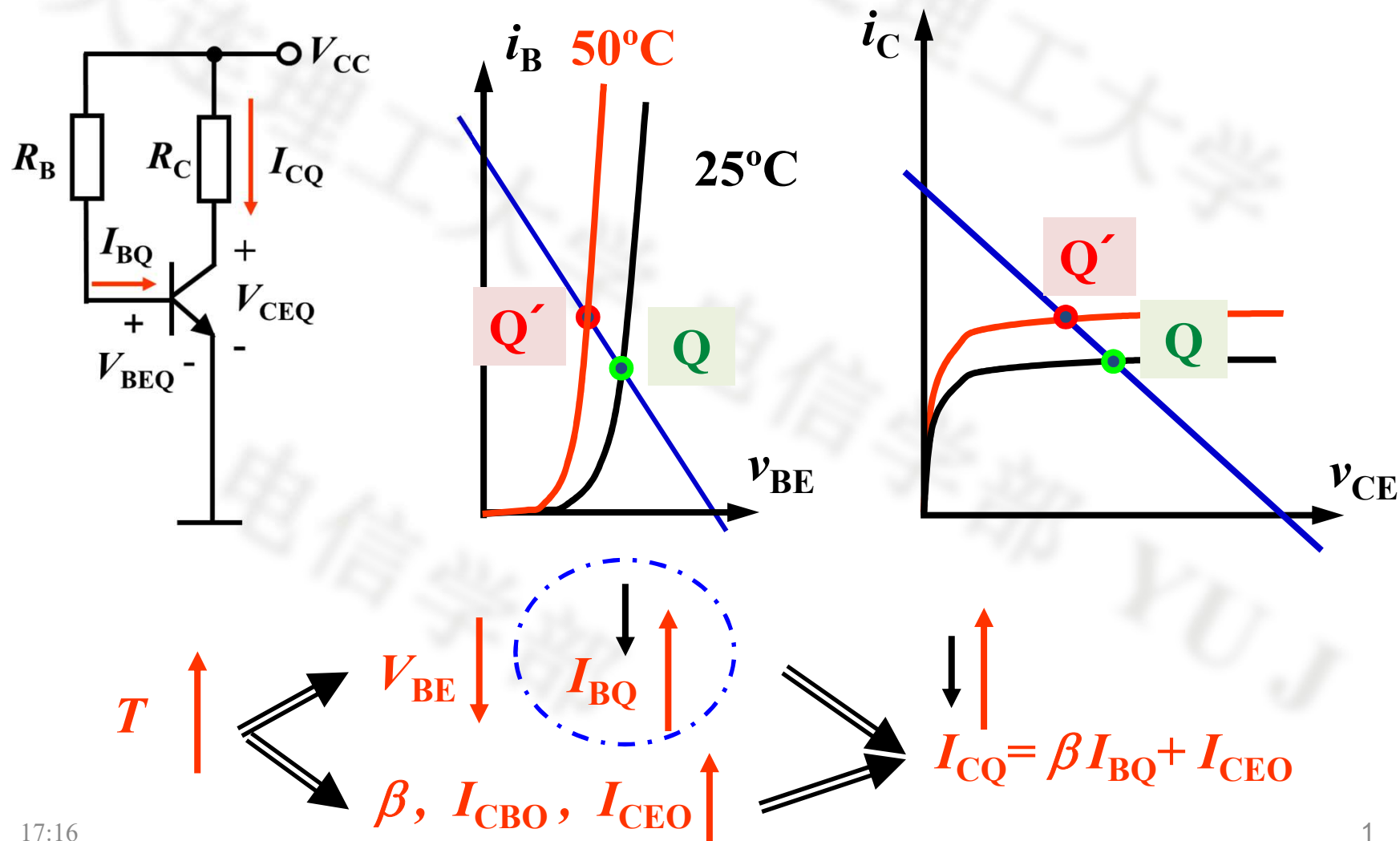


4.4 放大电路静态工作点的稳定问题

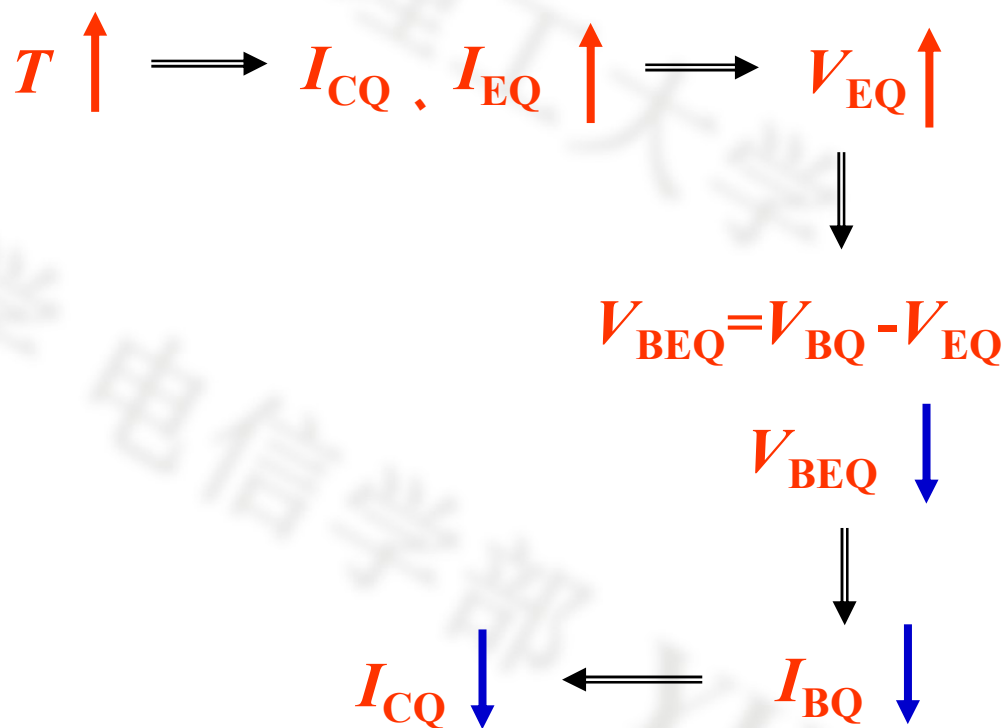
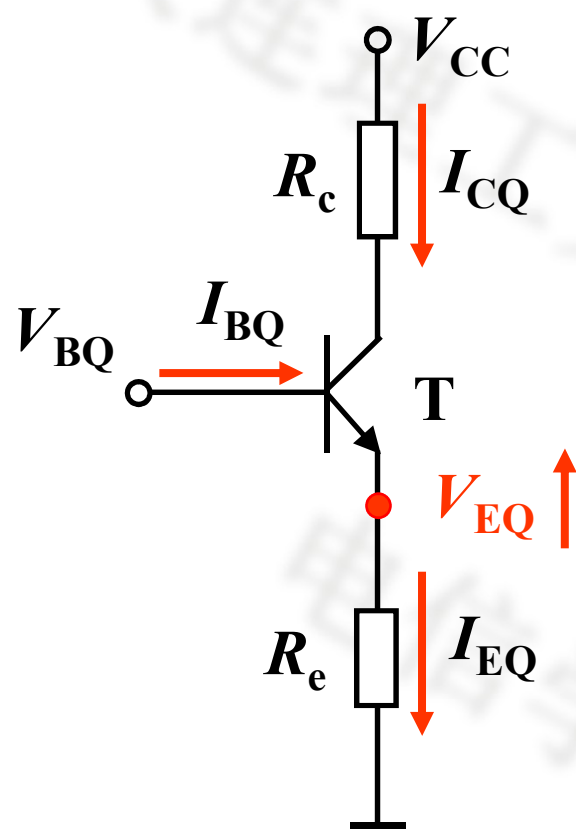
4.4.1 温度对静态工作点的影响



4.4.1 温度对静态工作点的影响

稳定静态工作点的基本原理

输入 V_{BQ} 不变，温度升高：

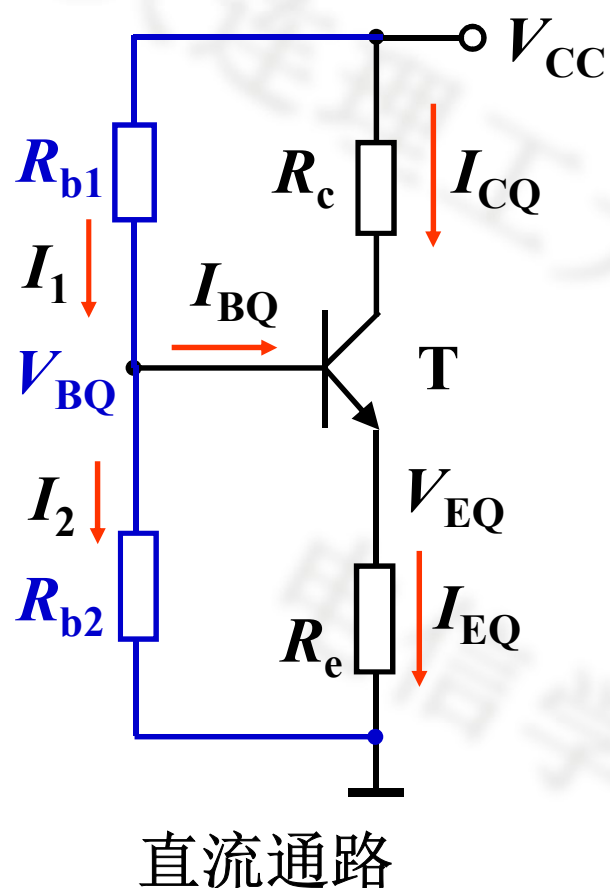


射极偏置电路

R_e 引入 **电流负反馈**

4.4.2 射级偏置电路

基极分压式偏置电路



(1) 前提条件: $I_1 \approx I_2 \gg I_B$

$$I_2 = (5 \sim 10) I_B \quad V_B = (3 \sim 5) V$$

(2) Q点的估算:

$$V_{BQ} \approx \frac{R_{b2} V_{CC}}{R_{b1} + R_{b2}}$$

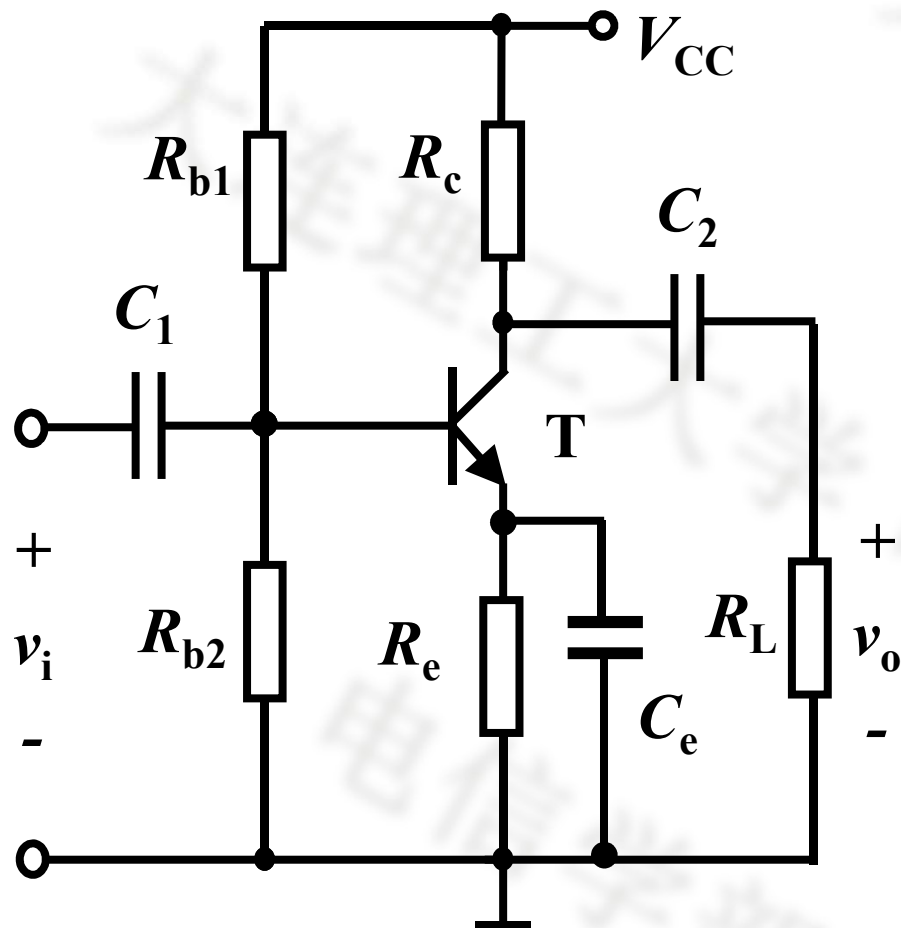
$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{V_{BQ} - V_{BEQ}}{R_e} \approx \frac{V_{BQ}}{R_e}$$

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

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c - I_{EQ} R_e$$

$$\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_c + R_e)$$

4.4.2 射级偏置电路



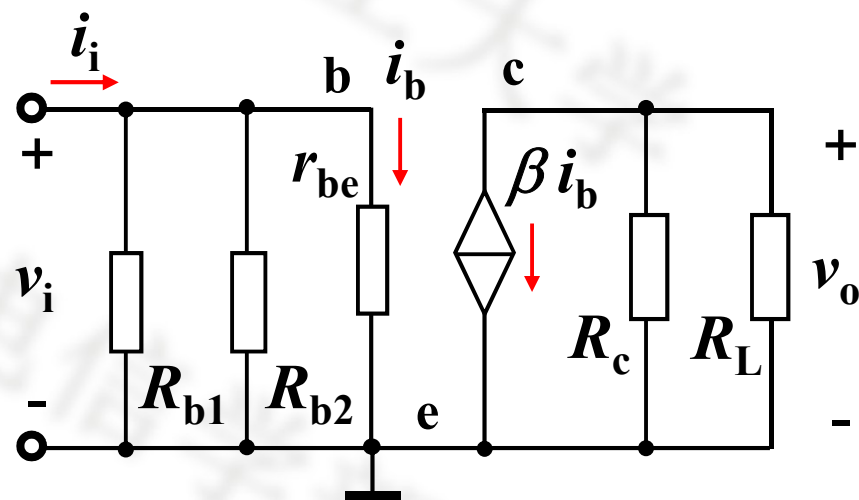
C_e : 旁路电容

交流通路中将 R_e 短路

(3) 动态性能的分析

射级偏置电路1:

并联 C_e 时, A_v ? R_i ? R_o ?



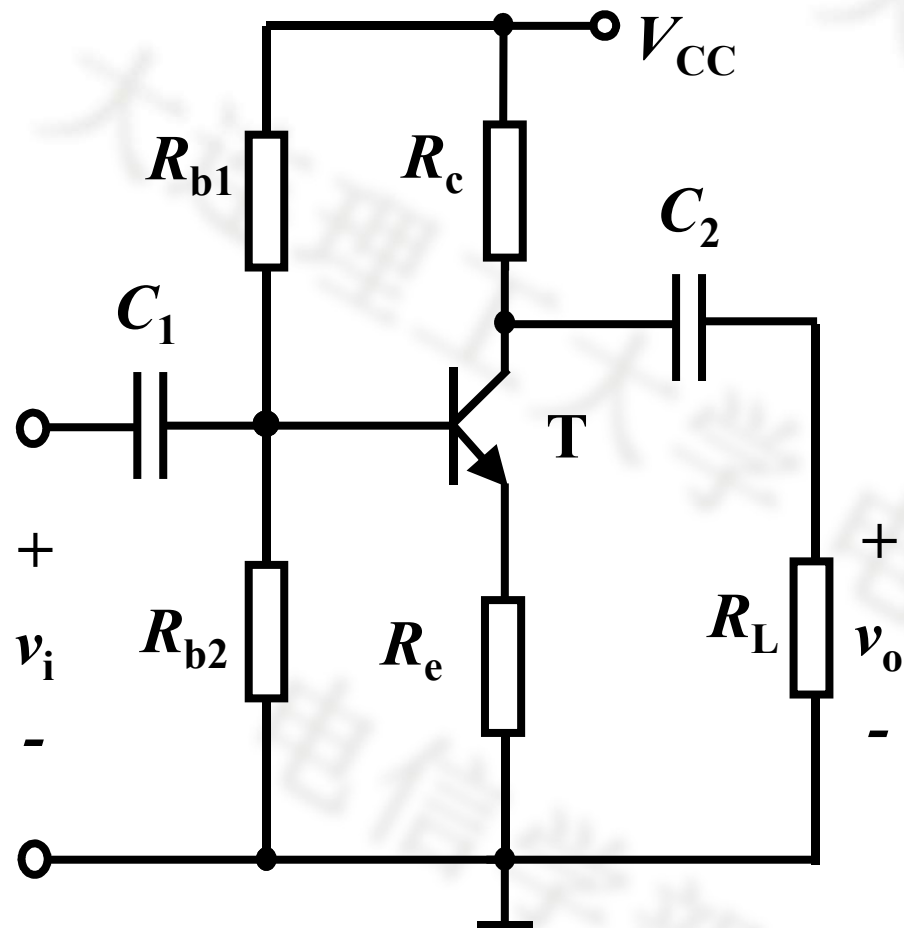
$$A_v = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be}$$

$$R_o = R_c$$

4.4.2 射级偏置电路

(3) 动态性能的分析

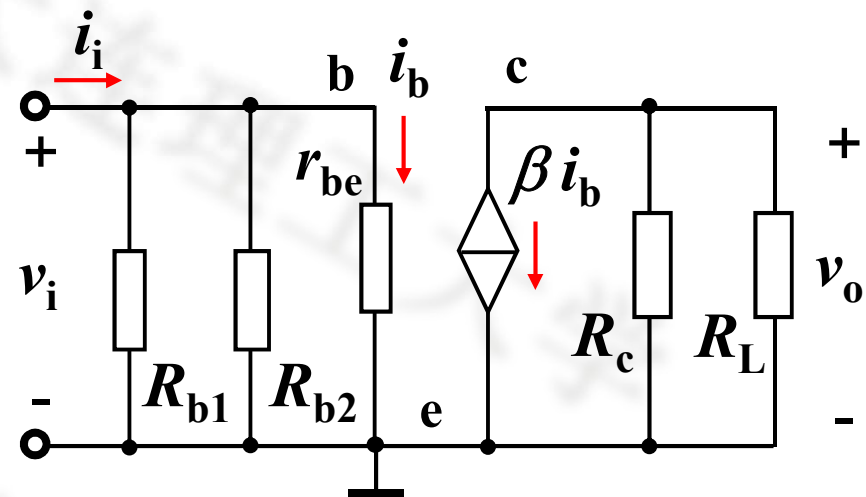
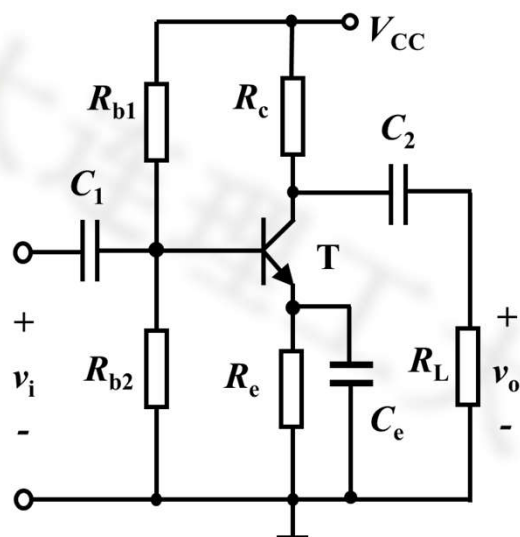


射级偏置电路2:

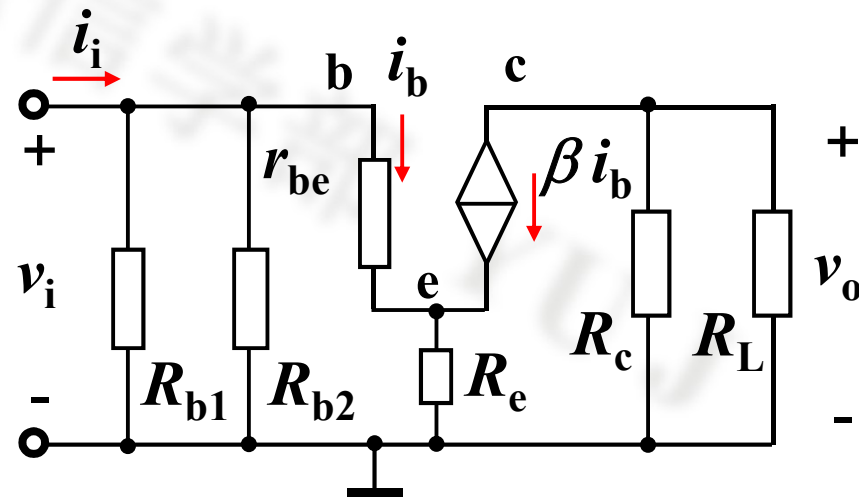
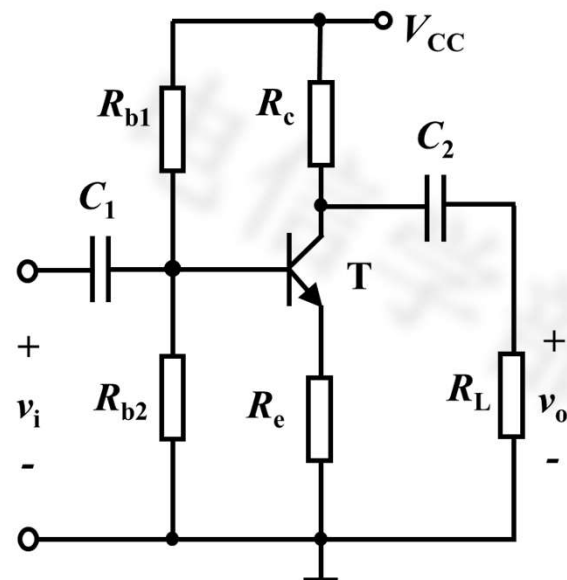
去掉 C_e 时, A_v ? R_i ? R_o ?

4.4.2 射级偏置电路

(3) 动态性能的分析



有旁路电容交流通路

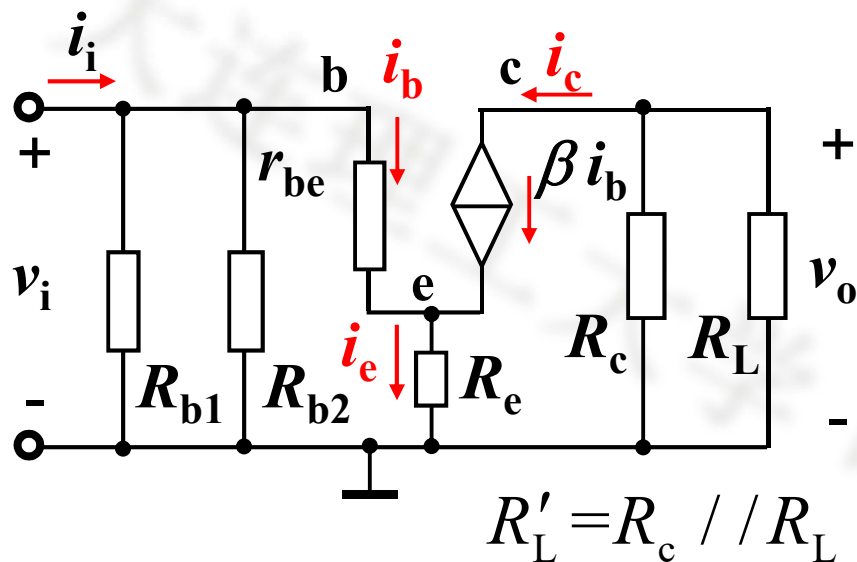


无旁路电容交流通路

4.4.2 射级偏置电路

(3) 动态性能的分析

射级偏置电路2：无旁路电容 C_e



$$A_v ? \quad R_i ? \quad R_o ?$$

放大区： $i_c = \beta i_b$; $i_e = (1+\beta) i_b$

$$\begin{aligned} v_i &= i_b r_{be} + (1+\beta) i_b R_e \\ &= i_b [r_{be} + (1+\beta) R_e] \end{aligned}$$

$$v_o = -\beta i_b R'_L$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{\beta R'_L}{r_{be} + (1+\beta) R_e}$$

大电流回路电阻
折算到小电流回路，扩大 $1+\beta$ 倍

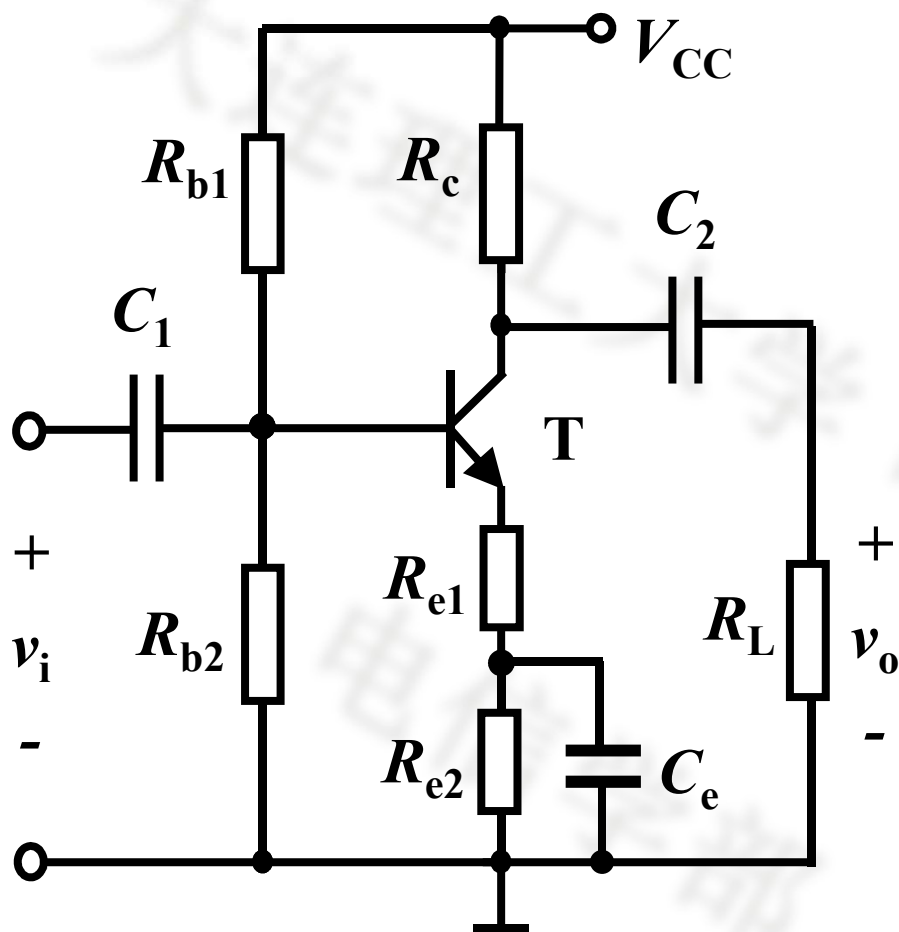
R_e 使电压增益减小☹

输入阻抗增大☺

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1+\beta) R_e]$$

$$R_o = R_c$$

4.4.2 射级偏置电路



射级偏置电路3:

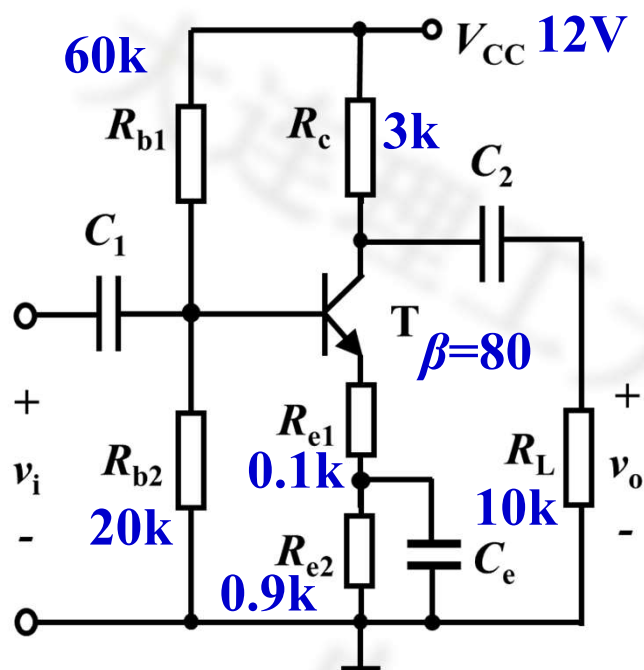
部分射级偏置电阻被旁路时,
 A_v ? R_i ? R_o ?

(1) 直流静态分析时
射级接 $R_{e1} + R_{e2}$
稳定静态工作点

(2) 交流小信号分析时
射级只接阻值较小的 R_{e1}
一定程度提高输入阻抗但牺牲一些电压增益。

4.4.2 射级偏置电路

例：完成静态工作点和小信号分析。



静态工作点分析：

$$V_{BQ} \approx \frac{R_{b2} V_{CC}}{R_{b1} + R_{b2}} = \frac{2 \times 12}{8} = 3V$$

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{V_{BQ} - V_{BEQ}}{R_{e1} + R_{e2}} \approx 2.3mA$$

$$I_{BQ} = I_{CQ} / \beta = 29\mu A$$

$$V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_c + R_e) = 2.8V$$

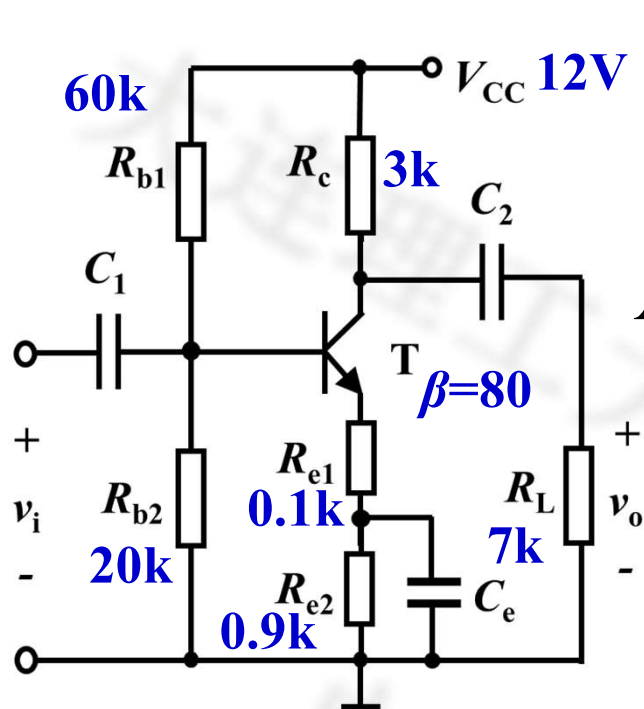
讨论静态偏置电阻的取值：

$$I_{b1} \approx I_{b2} = 12 / 80k = 150\mu A \quad \text{满足 } I_{b1} \approx I_{b2} \gg I_B$$

因此 R_{b1} 、 R_{b2} 不能太大，例如兆欧级则误差大。

是否能选几十欧姆呢？ 功耗、输入阻抗问题。

4.4.2 射级偏置电路 例：完成静态工作点和小信号分析。



$$r_{be} \approx 200 + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_{EQ}(\text{mA})} \approx 916\Omega$$

$$A_v = \frac{-\beta R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R_{e1}} = \frac{-80 \times 2.1\text{k}}{0.92\text{k} + 8.1\text{k}} = -18.6$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_{e1}]$$

$$\approx 15\text{k} // 9\text{k} \approx 5.63\text{k}\Omega$$

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

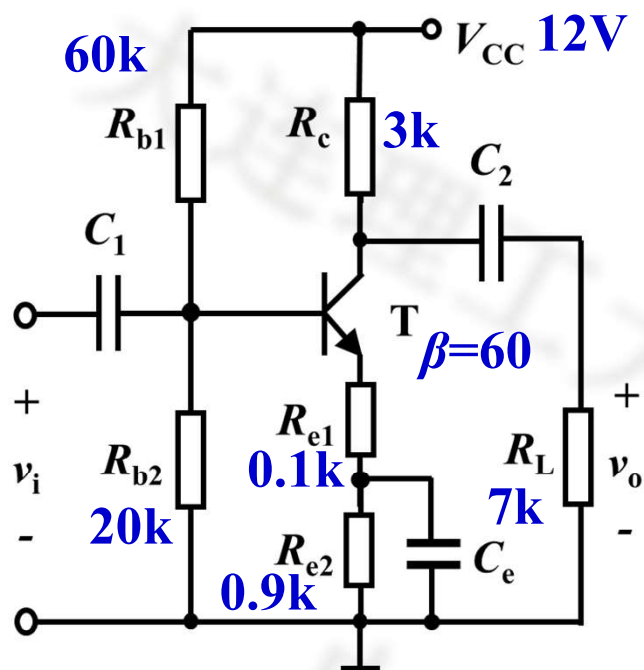
讨论静态偏置电阻的取值：

$I_{b1} \approx I_{b2} \gg I_B$ 要求 R_{b1} 、 R_{b2} 不能太大；

R_{b1} 、 R_{b2} 应该足够大，提高输入阻抗。

4.4.2 射级偏置电路

例：完成静态工作点和小信号分析。



$$A_v = \frac{-\beta R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R_{e1}}$$

$$R'_L = R_c // R_L$$

$$R_o = R_c$$

单管放大电路无法同时满足高增益和强带载能力！

关于带载能力：

概念：电路的输出电压不受负载接入的影响，说明它能够带的动这个负载，称为带载能力强。

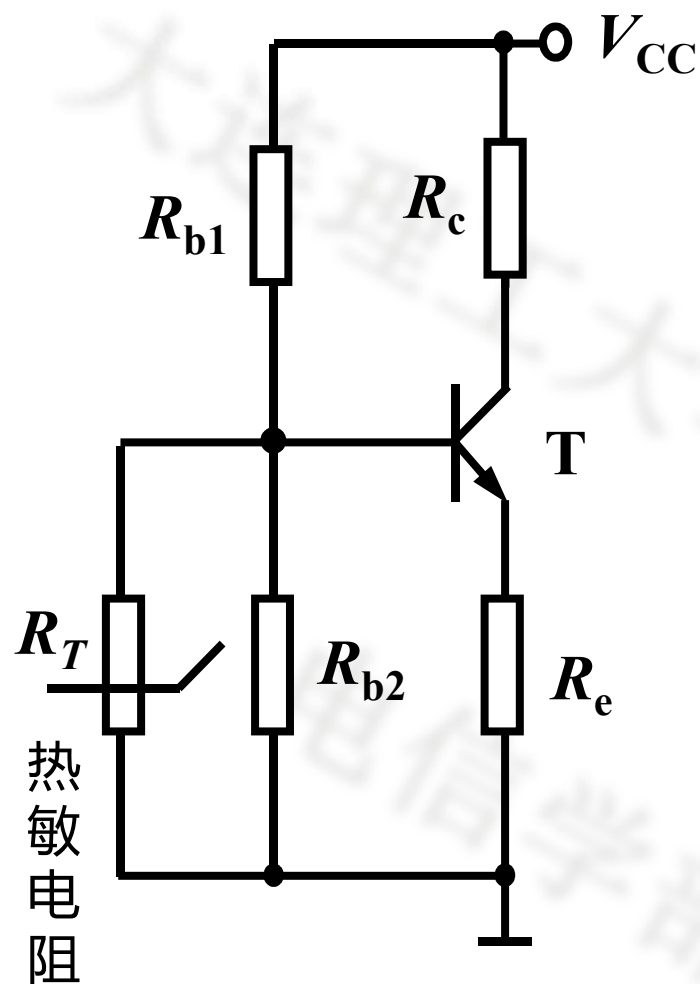
若 $R_c \gg R_L$ 则 $R'_L \approx R_L$ A_v 受 R_L 的影响显著，带载能力差；

若 $R_c \ll R_L$ 则 $R'_L \approx R_c$ A_v 受 R_L 的影响可忽略，带载能力强！

但为了提高 A_v ，必须 R_c 增大！

矛盾！

扩展：利用热敏电阻稳定BJT放大电路的静态工作点

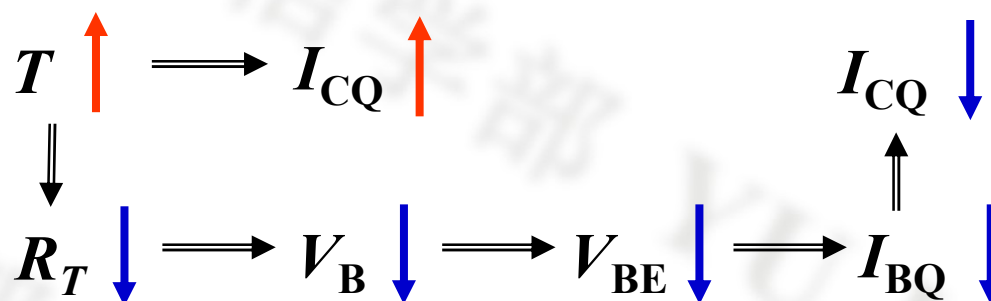


负温度系数(NTC)热敏电阻:

温度升高, 电阻单调下降。

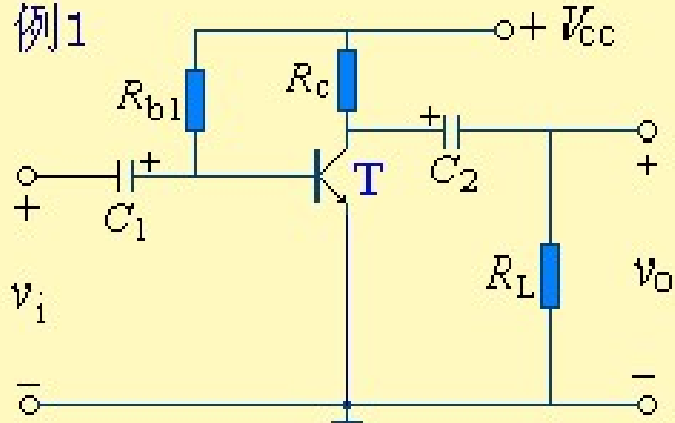
正温度系数(PTC)热敏电阻:

温度升高, 电阻单调升高。

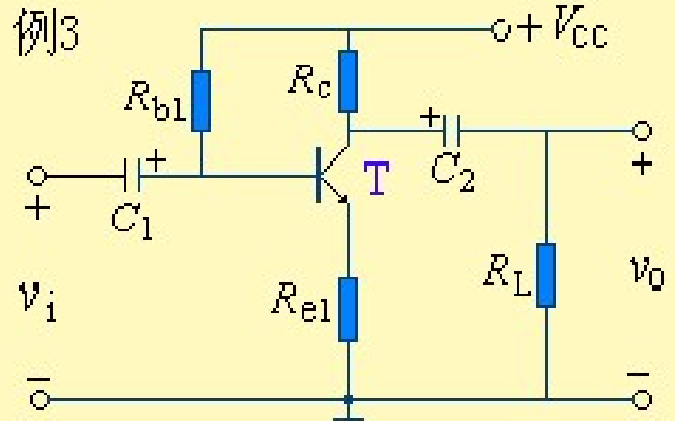


此处应选用NTC热敏电阻。

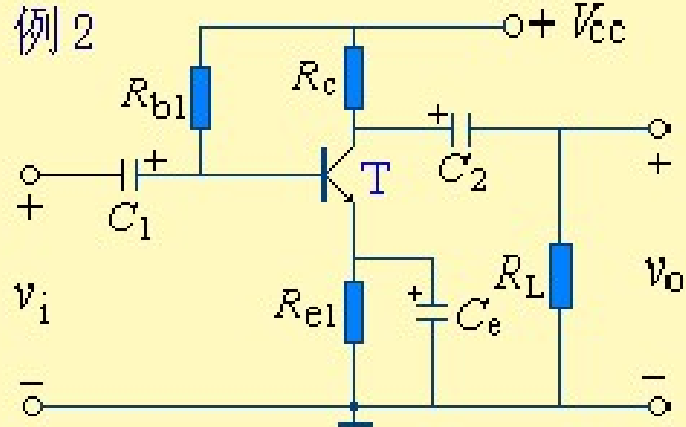
例1



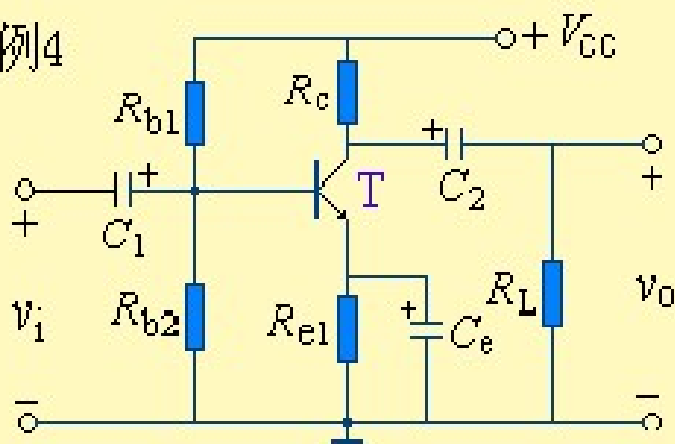
例3



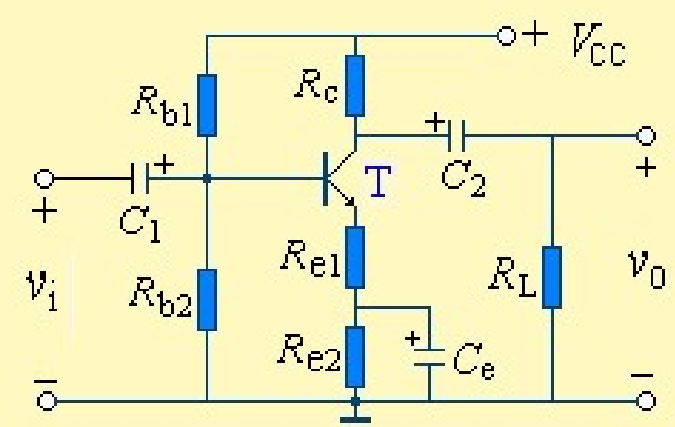
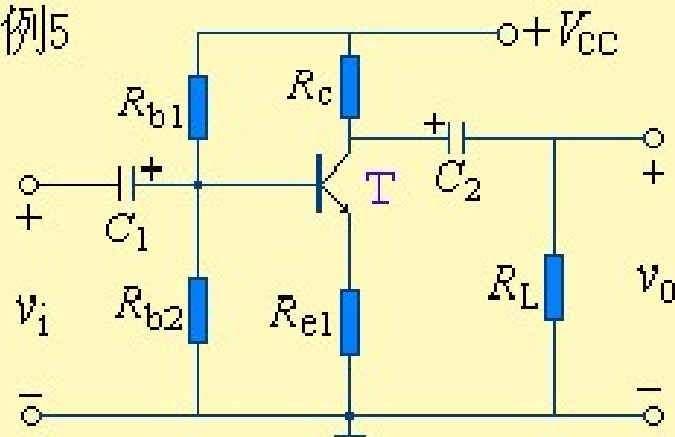
例2



例4



例5



4.4. 放大电路静态工作点的稳定问题

本节小结

理解：稳定Q点的原理

掌握：射级偏置电路的几种形式；

掌握：基极分压式射级偏置电路的分析方法

预习：共集电极和共基级放大电路

作业（下周三交）

4.3.12, 4.4.3, 4.4.5

上偏流电阻指 R_{b1}

问题？

