

Q Point Stabilization Problem of BJT Amplifier Circuit

BJT放大电路静态工作点的稳定问题

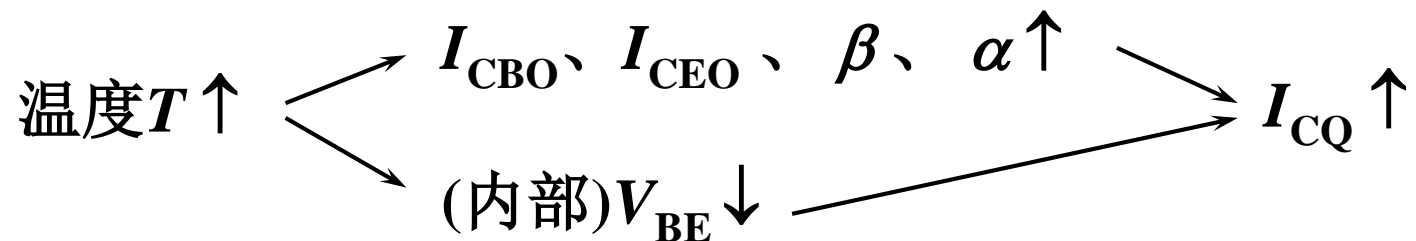
第5章 双极结型三极管及其放大电路

第4节 BJT放大电路静态工作点的稳定问题

温度对静态 工作点的影响

射极偏置电路

5.1节曾讨论过，温度变化将导致下列结果：



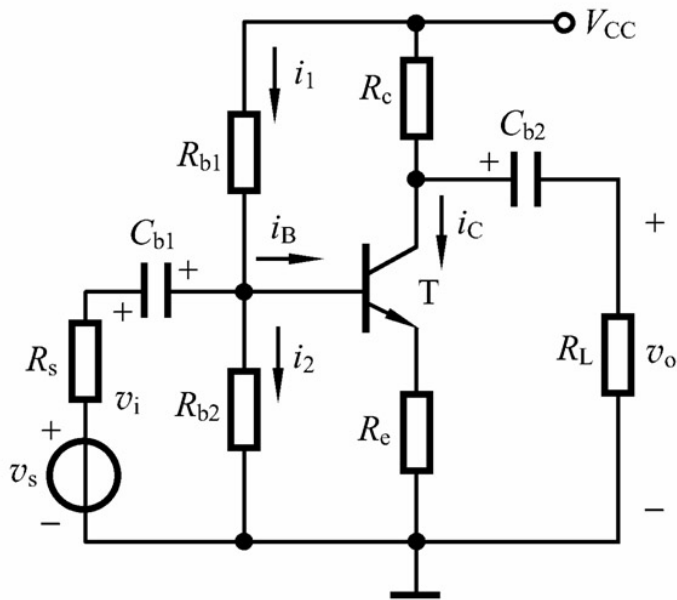
要想使 I_{CQ} 基本稳定不变，就要求在温度升高时，电路能自动地适当减小基极电流 I_{BQ} 。

1. 基极分压式射极偏置电路

(1) 稳定工作点的原理

目标：温度变化时，使 I_{CQ} 维持恒定

如果温度变化时，**b点电位能基本不变**，
则可实现静态工作点的稳定。



稳定原理：

$$T \uparrow \rightarrow I_{CQ} \uparrow \rightarrow I_{EQ} \uparrow \rightarrow V_E \uparrow, V_B \text{ 不变} \rightarrow V_{BEQ} \downarrow \rightarrow I_{BQ} \downarrow$$
$$I_{CQ} \downarrow \leftarrow \text{(反馈控制)}$$

#稳定静态工作点起到关键作用的器件是什么？

1. 基极分压式射极偏置电路

(1) 稳定工作点的原理

b点电位基本不变的条件:

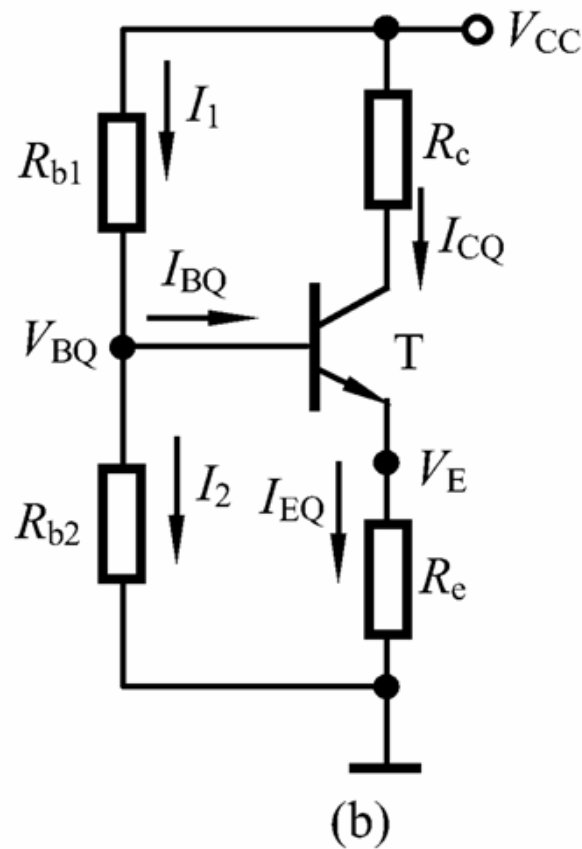
$$I_1 \gg I_{BQ}, \quad V_B \gg V_{BEQ}$$

$$\text{此时, } V_B \approx \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} \cdot V_{CC}$$

V_B 与温度无关

R_e 取值越大, 反馈控制作用越强

一般取 $I_1 = (5 \sim 10)I_{BQ}$, $V_B = 3 \sim 5V$



直流通路

1. 基极分压式射极偏置电路

(2) 放大电路指标分析

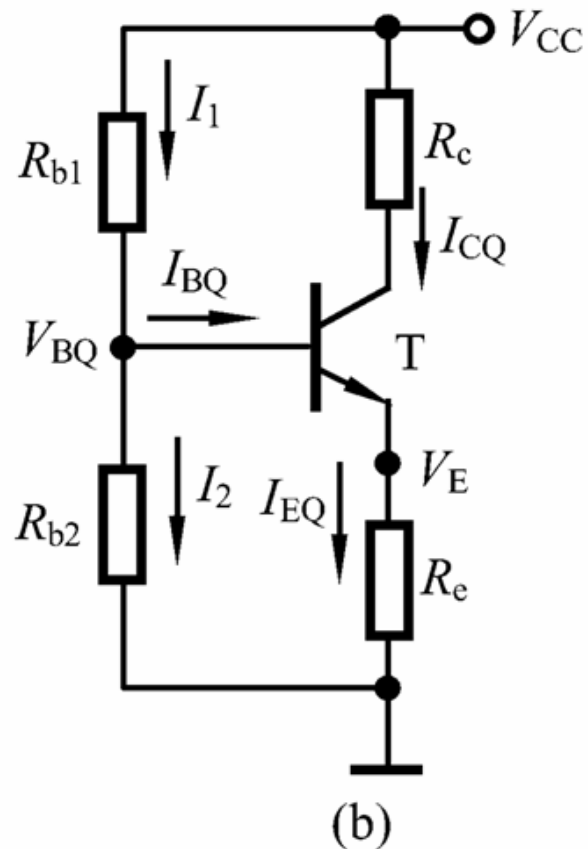
① 静态工作点估算

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

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

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

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

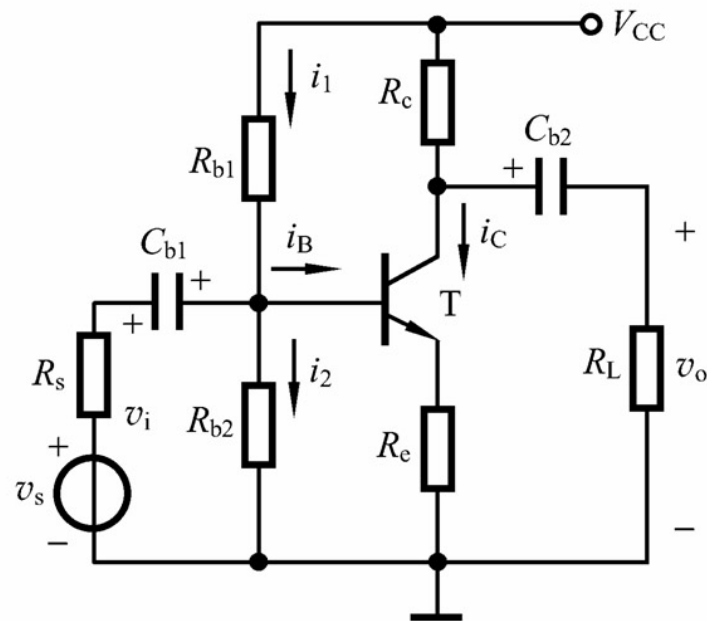
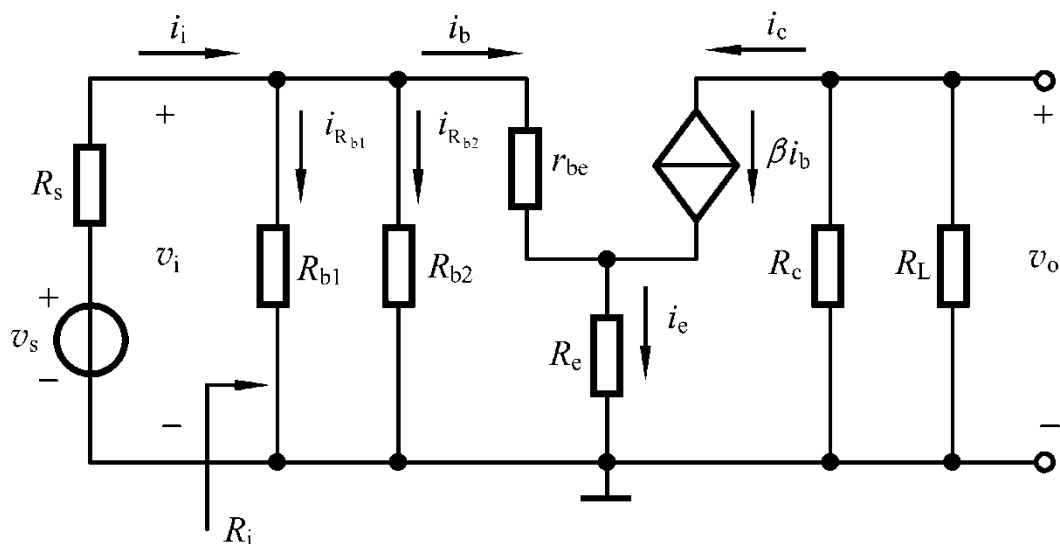


1. 基极分压式射极偏置电路

(2) 放大电路指标分析

②电压增益

<A>画小信号等效电路



(2) 放大电路指标分析

②电压增益

确定模型参数

 β 已知, 求 r_{be}

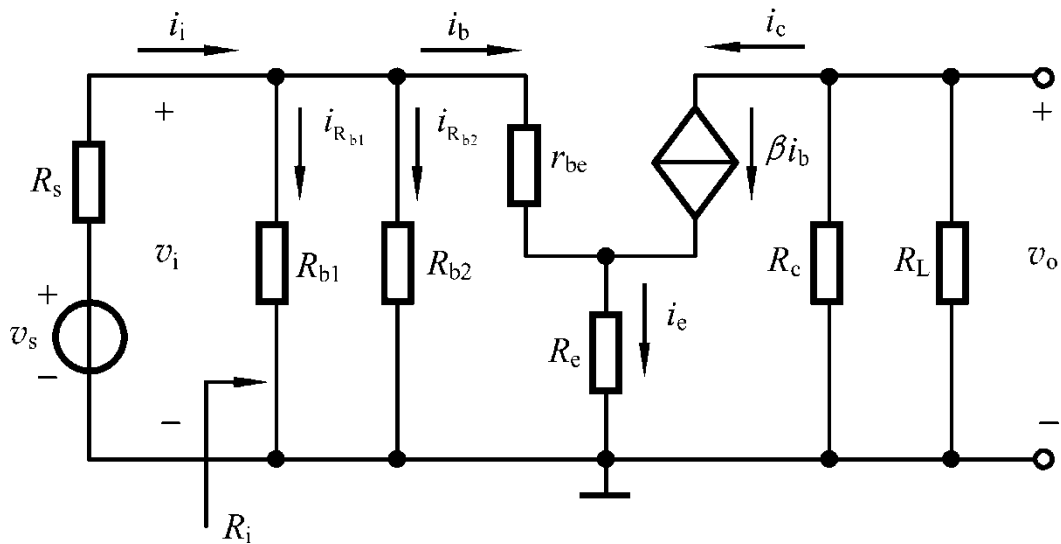
$$r_{be} \approx 200\Omega + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_{EQ}(\text{mA})}$$

<C>增益

$$\text{输出回路: } v_o = -\beta \cdot i_b (R_c \parallel R_L)$$

$$\text{输入回路: } v_i = i_b r_{be} + i_e R_e = i_b r_{be} + i_b (1 + \beta) R_e$$

$$\text{电压增益: } A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-\beta \cdot i_b (R_c \parallel R_L)}{i_b [r_{be} + (1 + \beta) R_e]} = -\frac{\beta \cdot (R_c \parallel R_L)}{r_{be} + (1 + \beta) R_e}$$



(2) 放大电路指标分析

③输入电阻

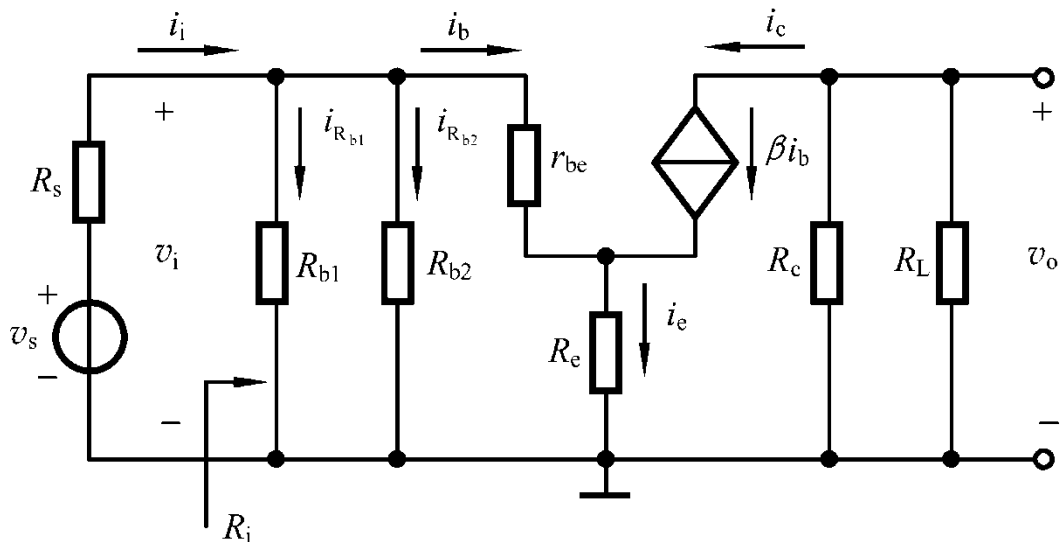
根据定义 $R_i = \frac{v_i}{i_i}$

由电路列出方程

$$\begin{cases} i_i = i_{R_b} + i_b \\ i_{R_b} = i_{R_{b1}} + i_{R_{b2}} \\ v_i = i_{R_b} (R_{b1} \parallel R_{b2}) \\ v_i = i_b r_{be} + i_e R_e = i_b r_{be} + i_b (1 + \beta) R_e \end{cases}$$

则输入电阻 $R_i = \frac{v_i}{i_i} = R_{b1} \parallel R_{b2} \parallel [r_{be} + (1 + \beta) R_e]$

放大电路的输入电阻不包含信号源的内阻



(2) 放大电路指标分析

④ 输出电阻

求输出电阻的等效电路

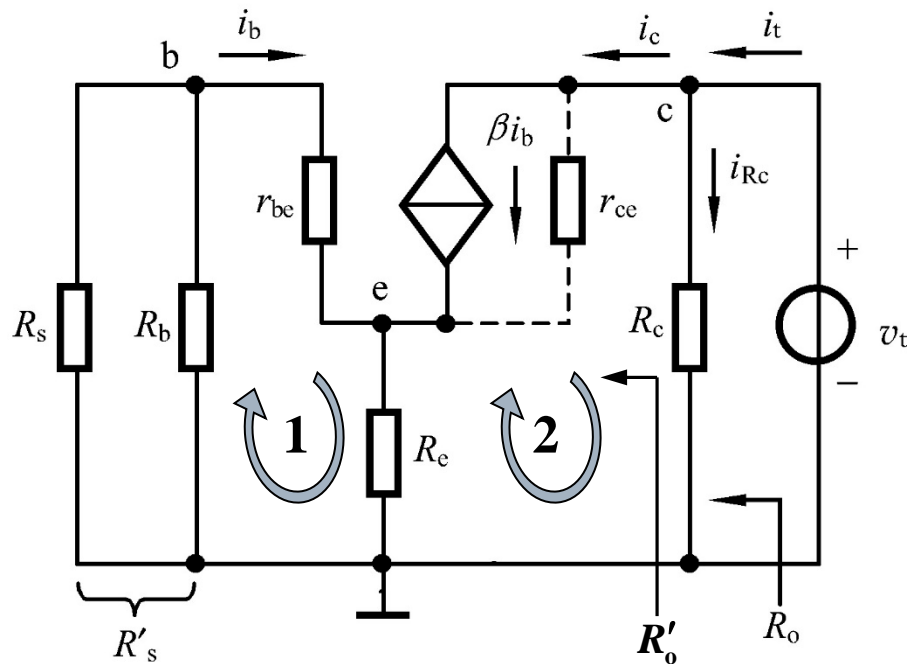
- 网络内独立源置零
- 负载开路
- 输出端口加测试电压

为便于分析，考虑 r_{ce} 的影响
对回路1和2列KVL方程

$$\begin{cases} i_b(r_{be} + R'_s) + (i_b + i_c)R_e = 0 \\ v_t - (i_c - \beta i_b)r_{ce} - (i_c + i_b)R_e = 0 \end{cases}$$

$$\text{则 } R'_o = \frac{v_t}{i_c} = r_{ce} \left(1 + \frac{\beta \cdot R_e}{r_{be} + R'_s + R_e} \right)$$

$$\text{其中 } R'_s = R_s \parallel R_{b1} \parallel R_{b2}$$

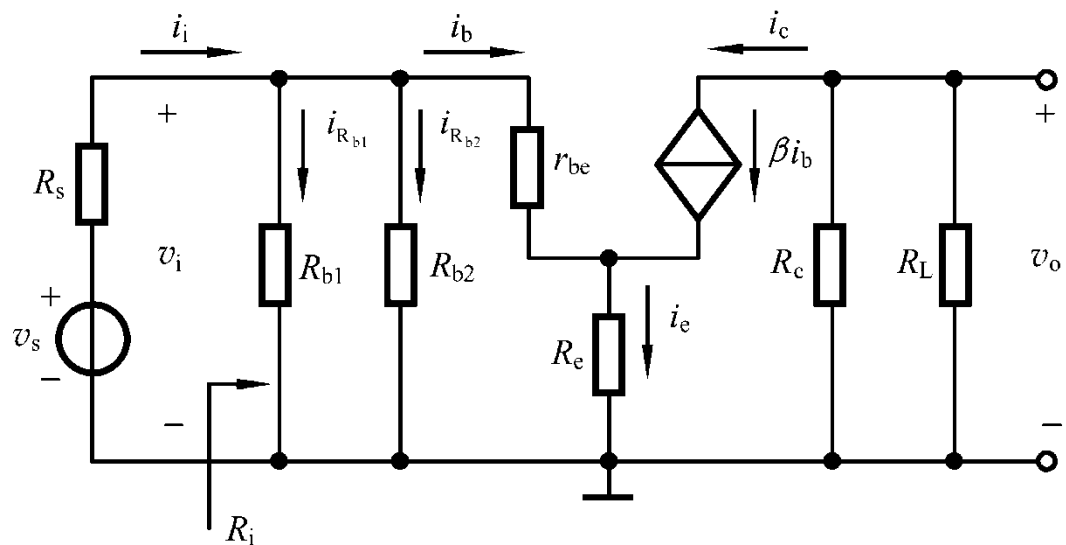
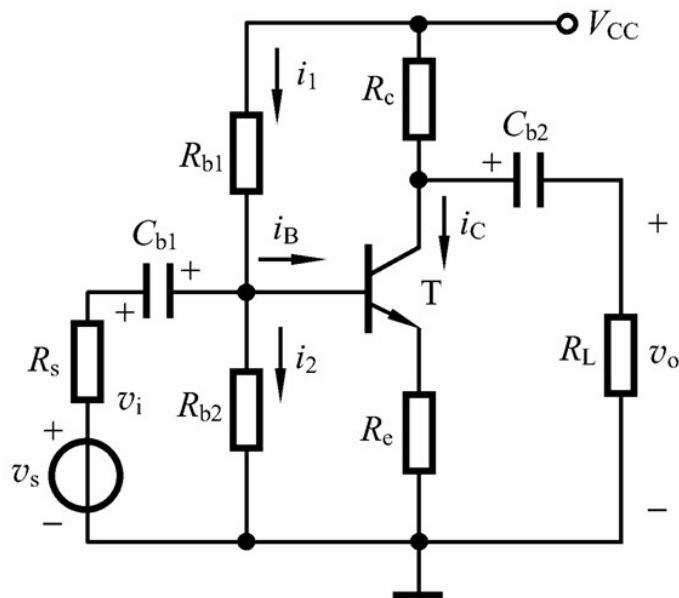


$$R_o = R_c \parallel R'_o$$

当 $R'_o \gg R_c$ 时，

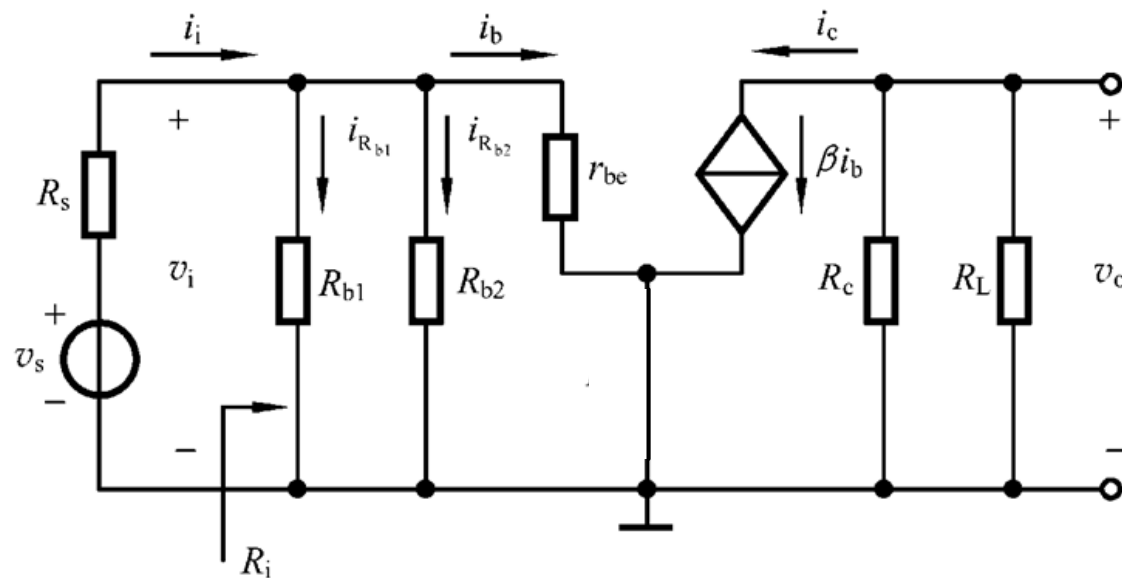
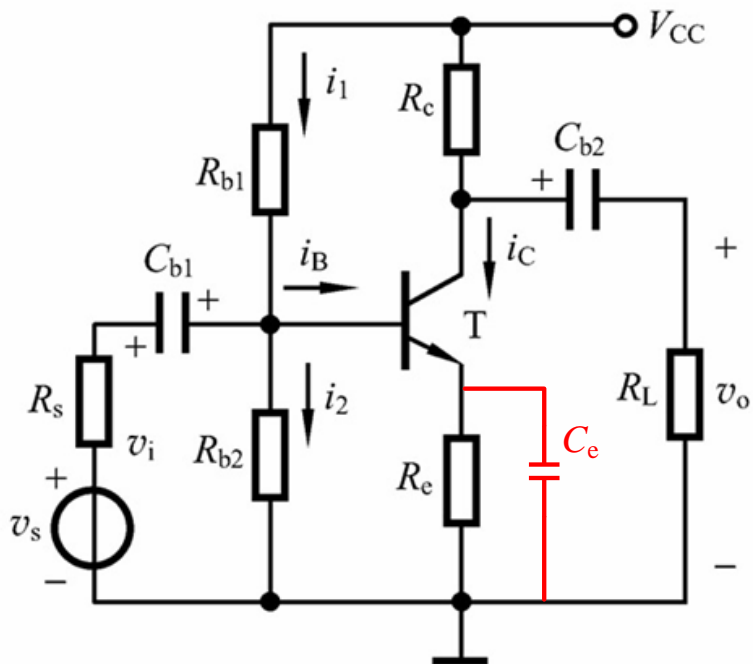
$$R_o \approx R_c$$

(一般 $R'_o > r_{ce} \gg R_c$)

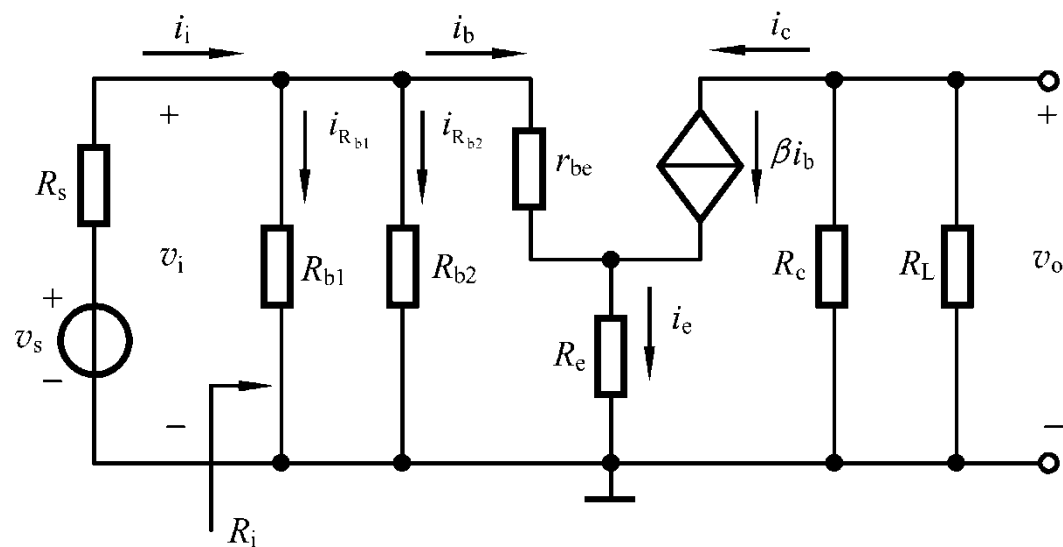


电压增益:
$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{\beta \cdot (R_c \parallel R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_e}$$

如何提升增益？

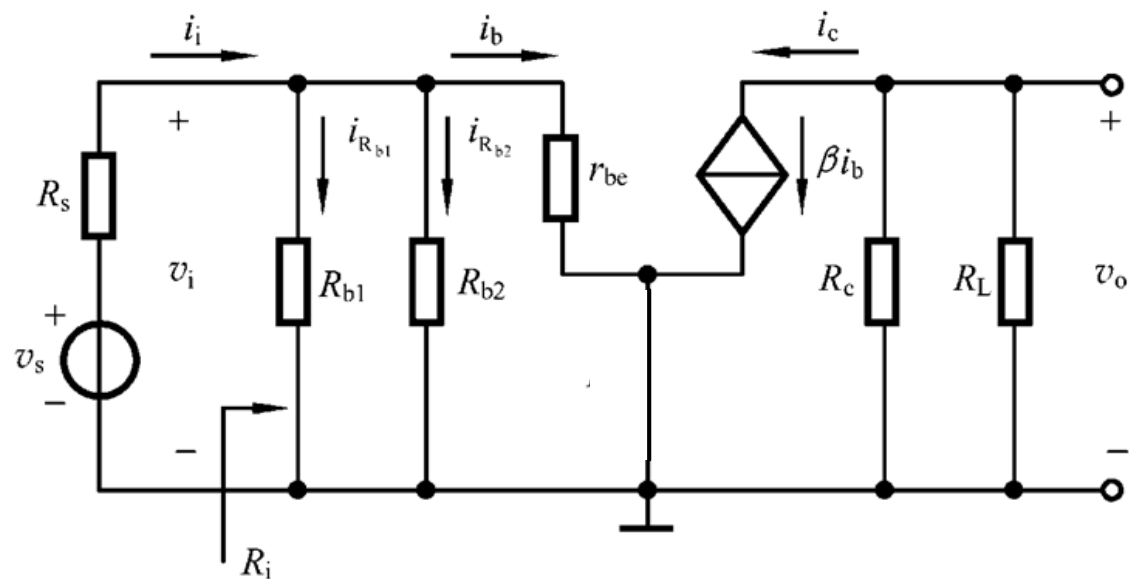


电压增益:
$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{\beta \cdot (R_c \parallel R_L)}{r_{be}}$$



电压增益:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{\beta \cdot (R_c \parallel R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_e}$$

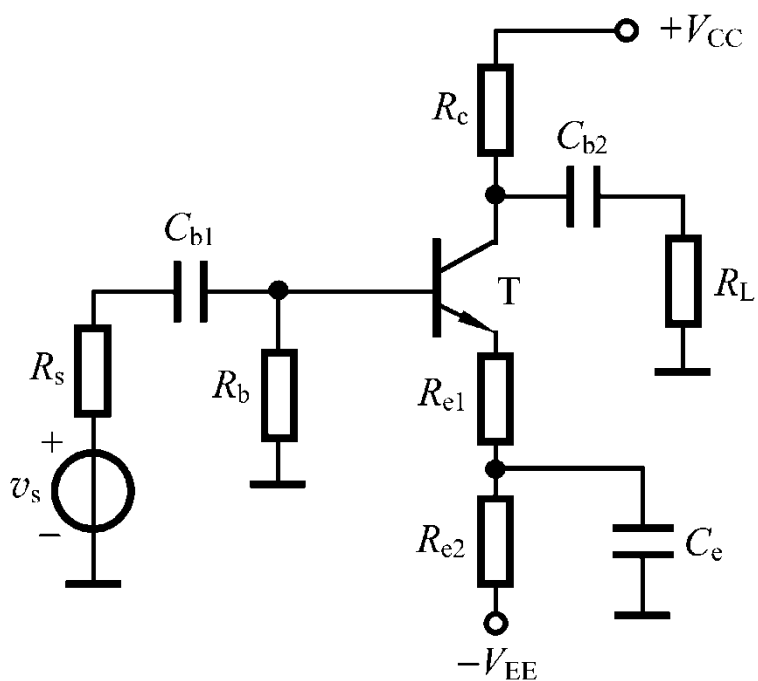


电压增益:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{\beta \cdot (R_c \parallel R_L)}{r_{be}}$$

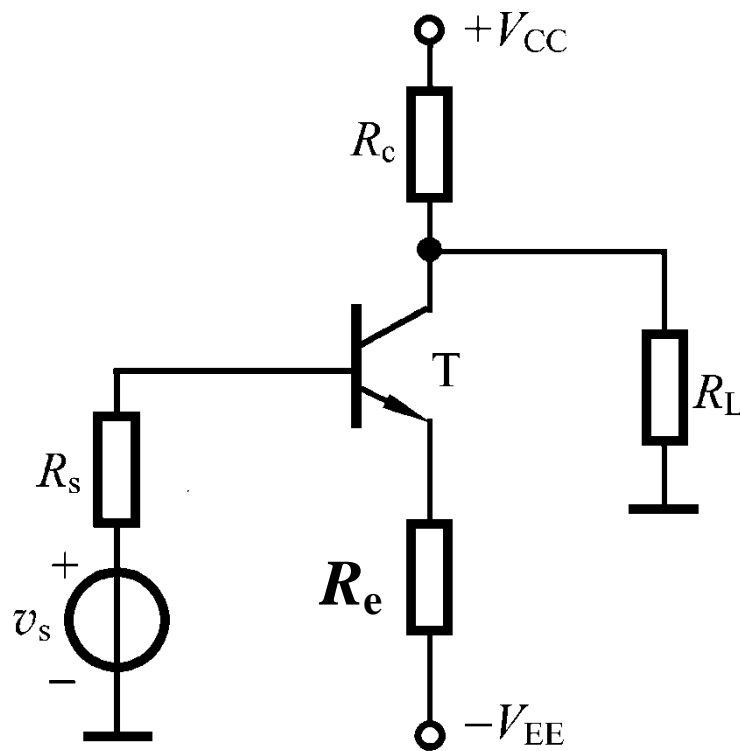
2. 含有双电源的射极偏置电路

(1) 阻容耦合



(a)

(2) 直接耦合



(b)

作业

作业题：
216页习题 5.4.3。