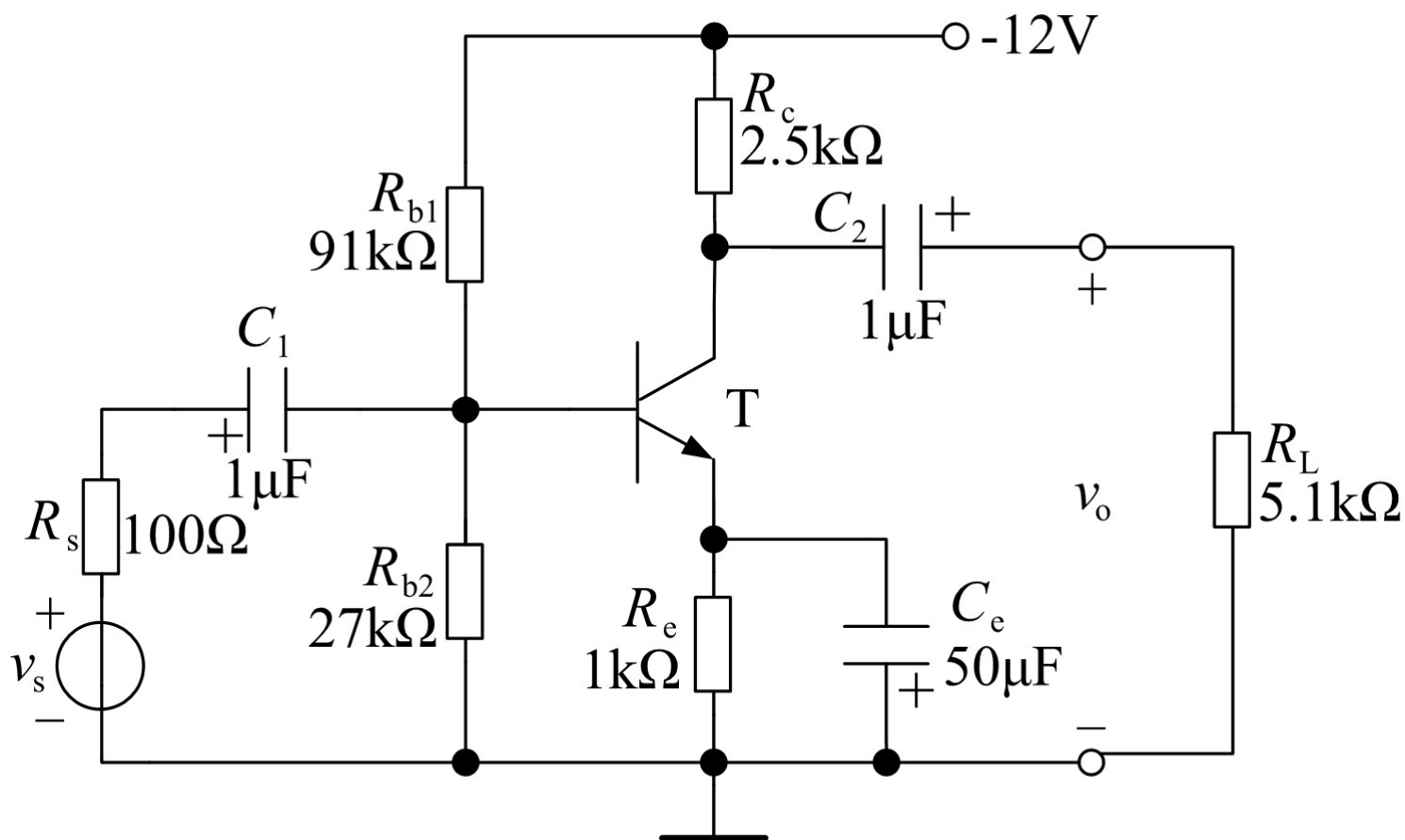


共射放大电路

(晶体管 $\beta=50$)

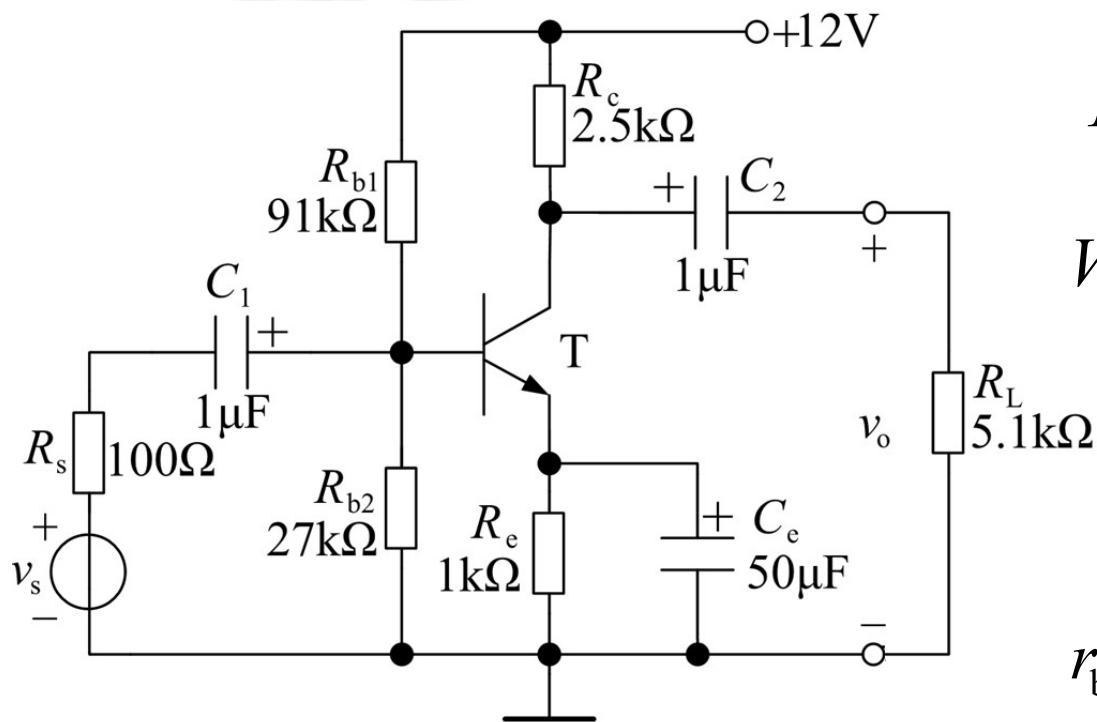
要使下面电路工作在共射放大状态，请找出错误并改正。
然后完成静态工作点分析和动态性能分析。



共射放大电路

(晶体管 $\beta=50$)

方案1: 电源+12V, 电容极性反向。



$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be} \approx 814\Omega$$

$$R_o = R_c = 2.5k\Omega$$

$$V_{BQ} \approx \frac{R_{b2} V_{CC}}{R_{b1} + R_{b2}} \approx 2.75V$$

$$I_{CQ} \approx \frac{V_{BQ} - V_{BEQ}}{R_e} \approx 2.05mA$$

$$V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_c + R_e) \approx 4.83V$$

$$I_{BQ} = I_{CQ} / \beta = 40.1\mu A$$

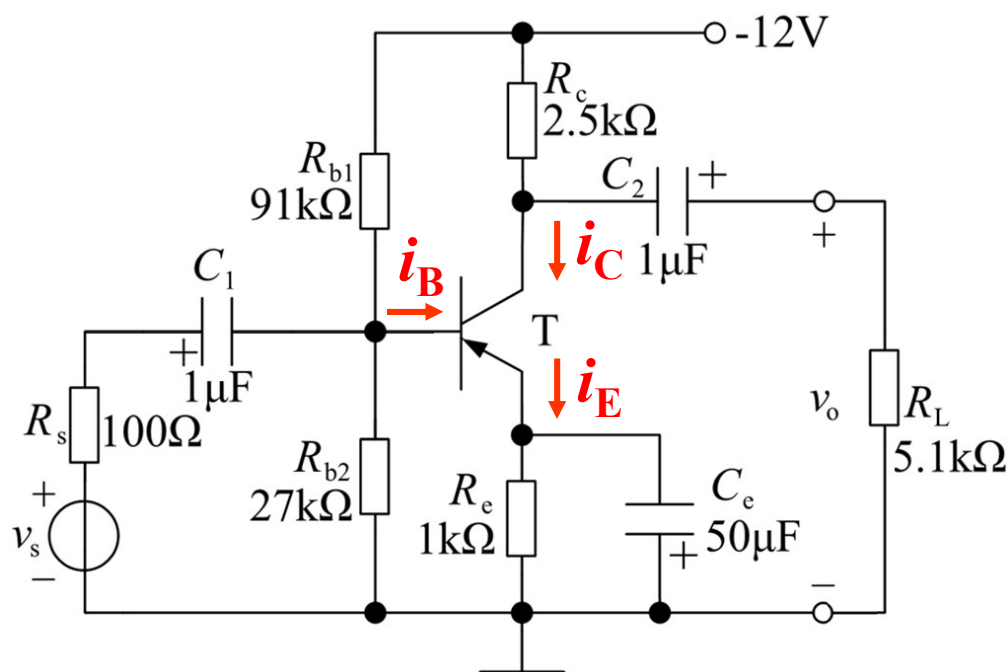
$$r_{be} \approx 200 + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}} \approx 847\Omega$$

$$A_v = - \frac{\beta (R_L // R_c)}{r_{be}} \approx -99$$

共射放大电路

(晶体管 $\beta=50$)

修改方案2，T换成PNP管。



$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be} \approx 814\Omega$$

$$R_o = R_c = 2.5k\Omega$$

$$V_{BQ} \approx \frac{R_{b2} V_{CC}}{R_{b1} + R_{b2}} \approx -2.75V$$

$$I_{CQ} \approx \frac{V_{BQ} - V_{BEQ}}{R_e} \approx -2.05mA$$

$$V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_c + R_e) \approx -4.83V$$

$$I_{BQ} = I_{CQ} / \beta = -40.1\mu A$$

$$r_{be} \approx 200 + (1 + \beta) \frac{26}{|I_{EQ}|} \approx 847\Omega$$

$$A_v = -\frac{\beta (R_L // R_c)}{r_{be}} \approx -99$$

4.5.1 共集极电路

Common-Collector Amplifier

1. 电路结构

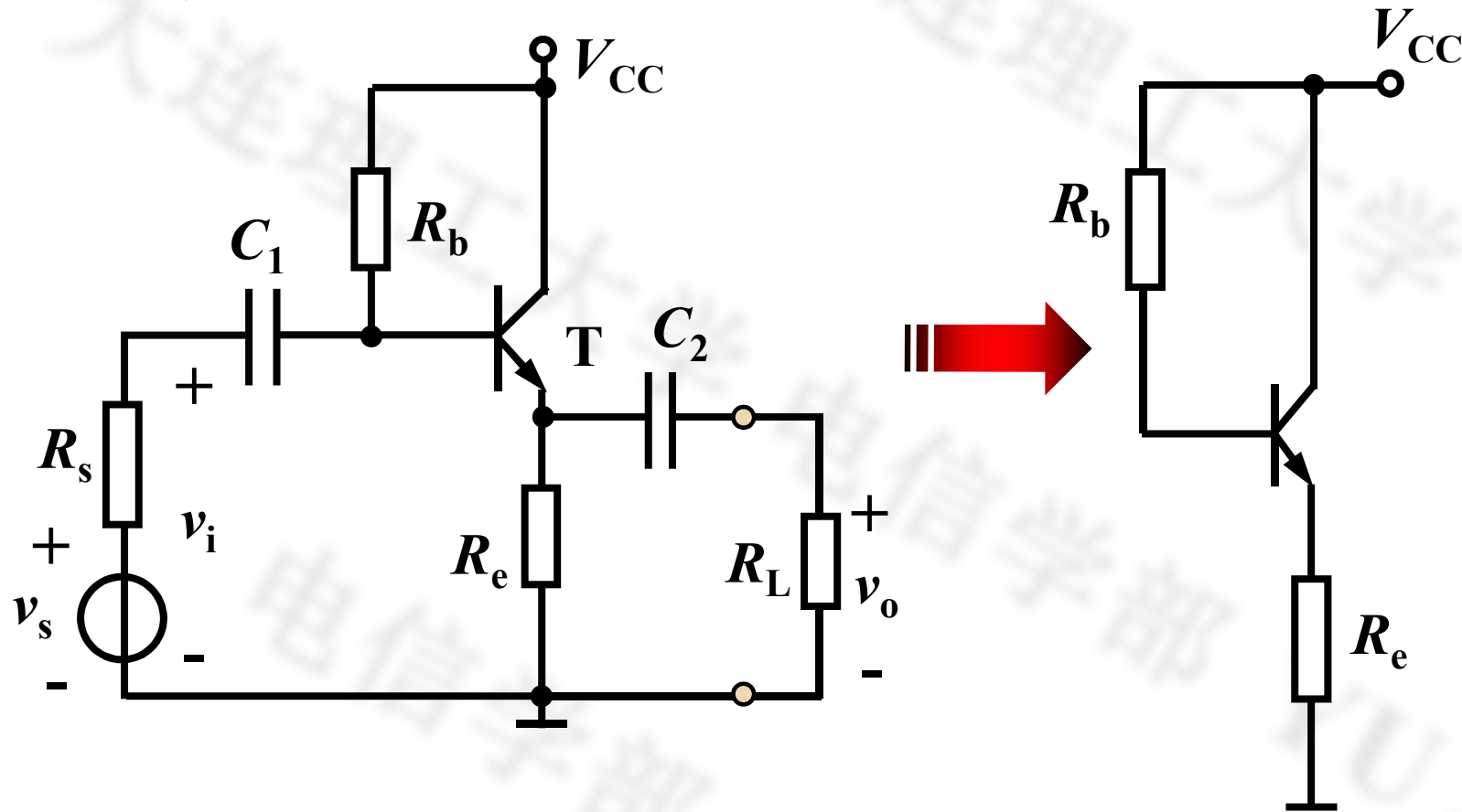
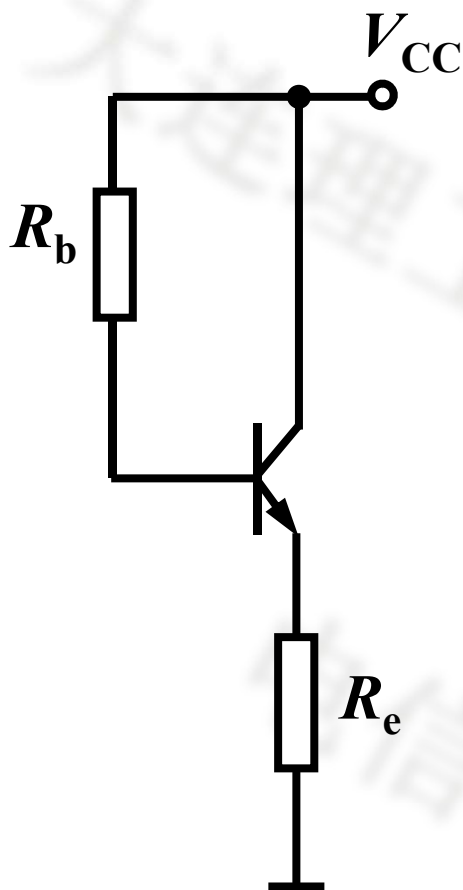


图4.5.1 共集电极放大电路 (a)原理图

(b)直流通路

4.5.1 共集极电路

2. 直流静态分析



$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_{BQ} R_b + V_{BEQ} + I_{EQ} R_e \\ &= I_{BQ} [R_b + (1 + \beta) R_e] + V_{BEQ} \end{aligned}$$

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e}$$

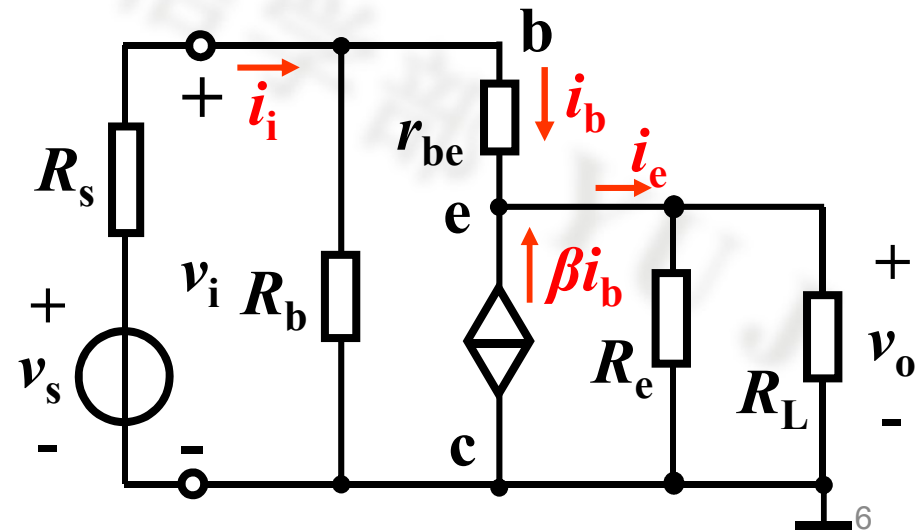
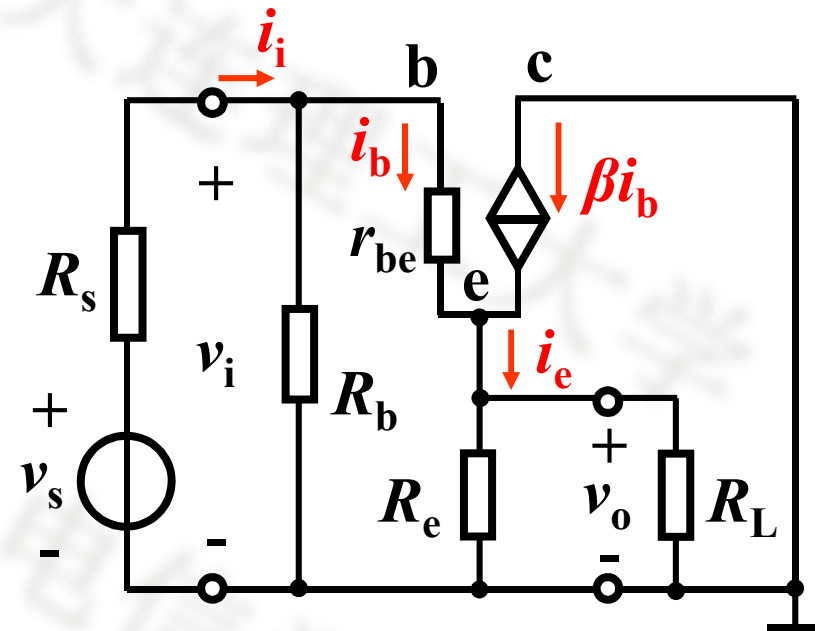
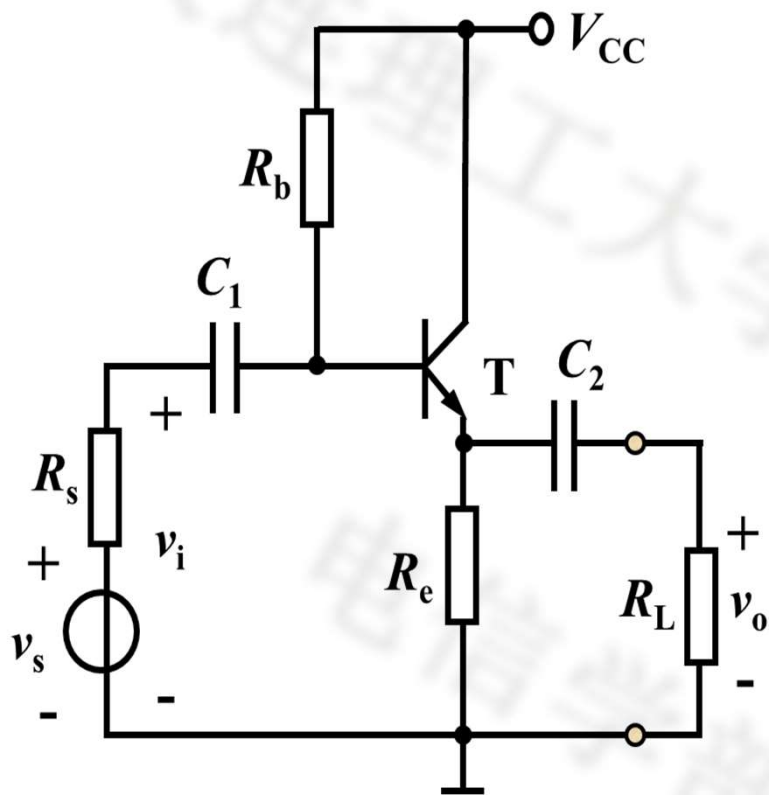
$$I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

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

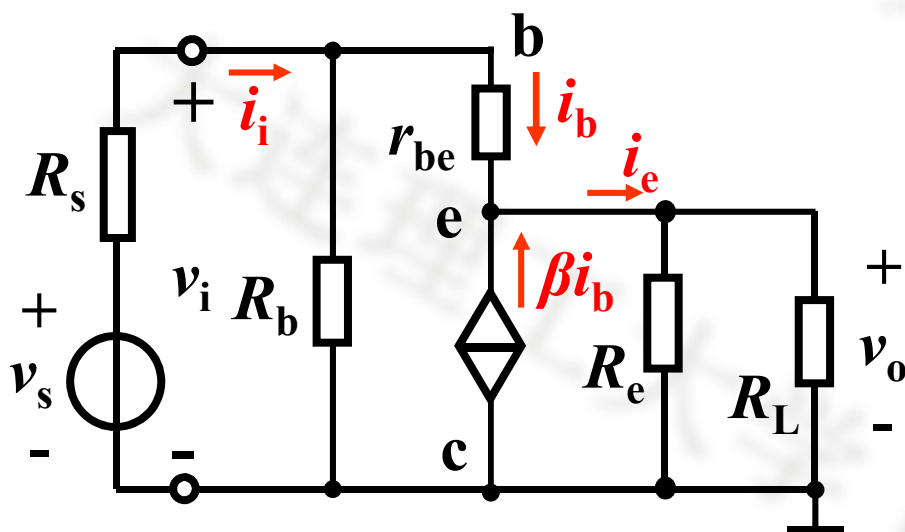
4.5.1 共集极电路

3. 动态分析

(1) 小信号等效电路



4.5.1 共集极电路 3. 动态分析 (2) 计算电压增益



共集电路电压增益特点：

- ① 输入输出同相；
- ② 输出电压跟随输入电压。

射极电压跟随器 射随器

放大了什么呢？

$$R'_L = R_e // R_L$$

$$v_o = (1 + \beta) i_b R'_L$$

$$v_i = i_b r_{be} + v_o$$

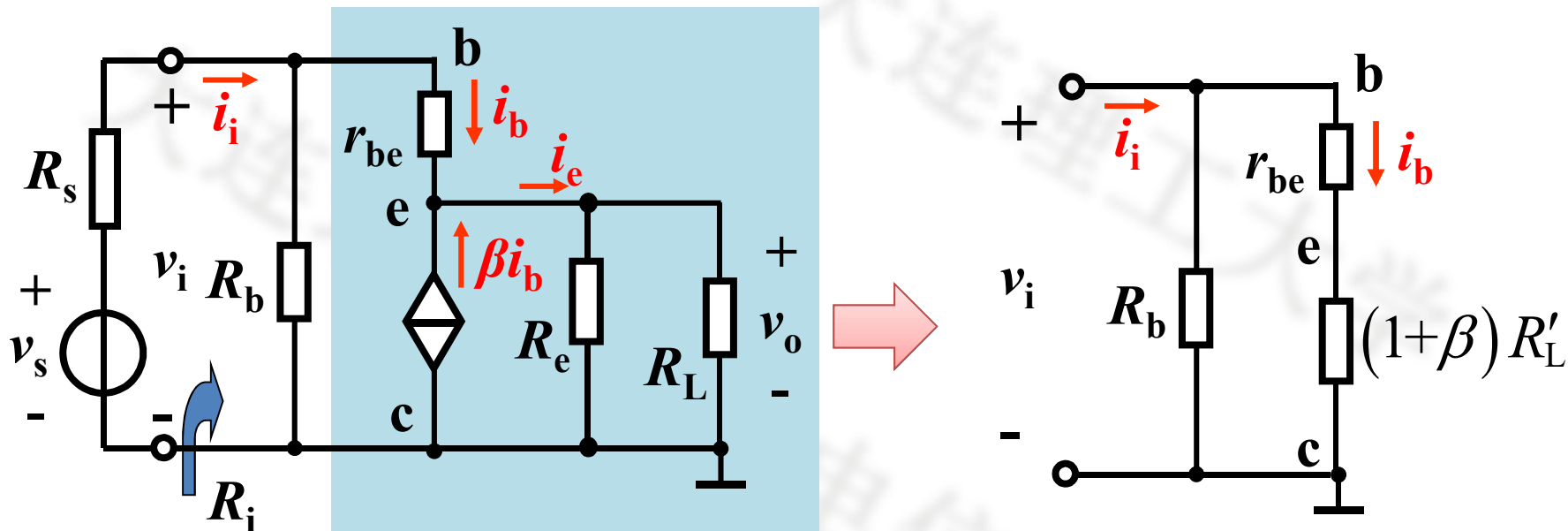
$$= i_b [r_{be} + (1 + \beta) R'_L]$$

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

通常， $r_{be} \ll (1 + \beta) R'_L$

$A_v \approx 1$ （小于1且趋近于1）

4.5.1 共集极电路 3. 动态分析 (3)输入阻抗



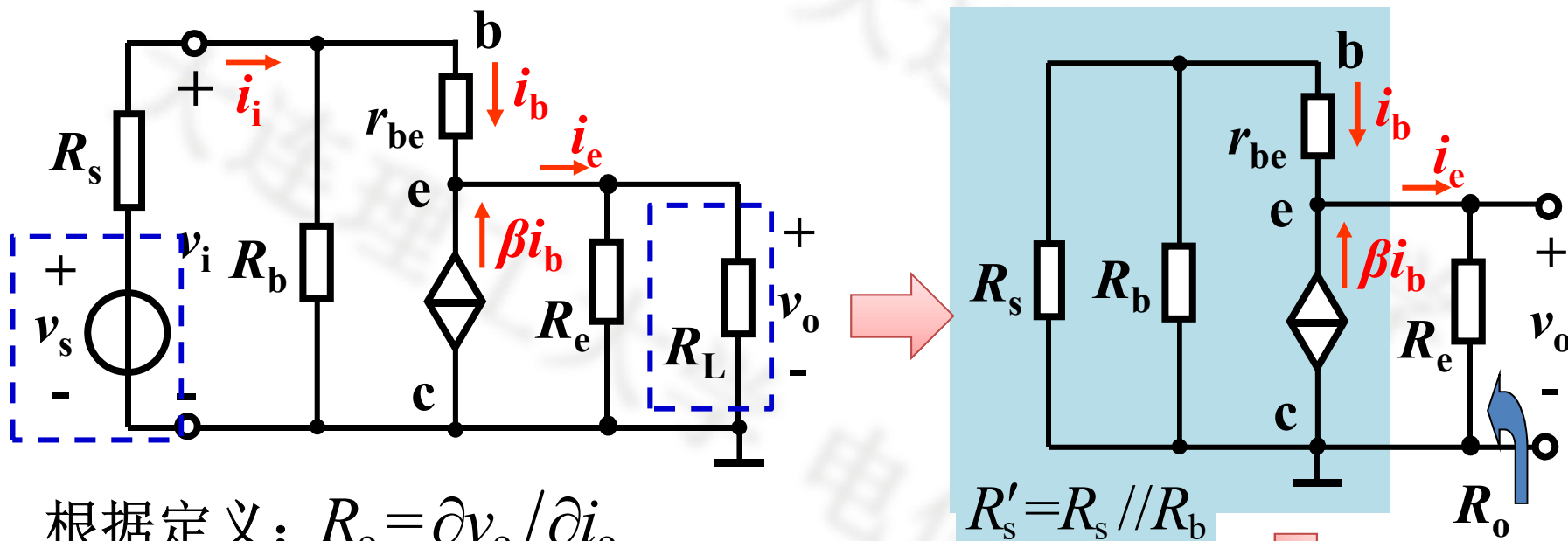
$$v_i = i_b [r_{be} + (1 + \beta) R'_L]$$

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

射随器输入阻抗特点：

- 输入电阻较大（取样电流 i_i 较小）；
- 对信号源(前级电路)的电压影响较小。

4.5.1 共集极电路 3. 动态分析 (4)输出阻抗



根据定义: $R_o = \partial v_o / \partial i_o$

①信号源置零 ②不含负载 ③从输出端测量。

$$R_1 = \frac{-v_o}{i_e} = \frac{1}{1 + \beta} \frac{-v_o}{i_b} = \frac{1}{1 + \beta} (r_{be} + R'_s)$$

$$R_o = R_e // \frac{r_{be} + R'_s}{1 + \beta} \approx \frac{r_{be} + R'_s}{1 + \beta}$$

很小

4.5.1 共集极电路 3. 动态分析

共集电路特点小结:

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

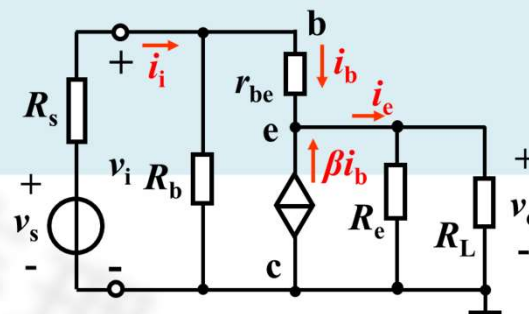
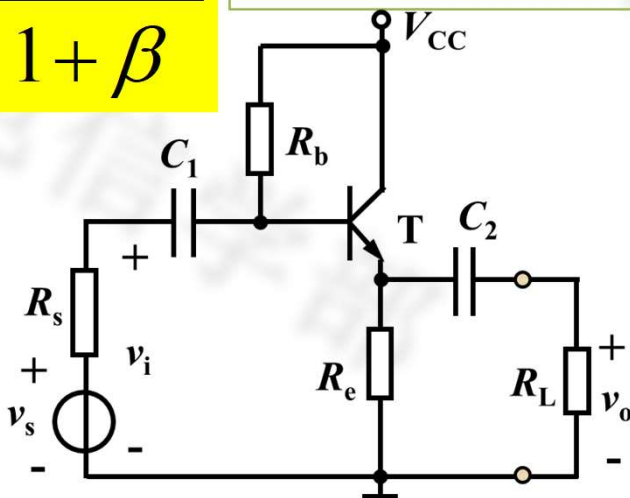
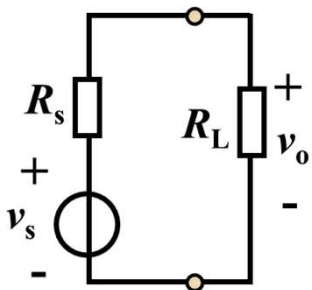
电压增益趋近于1但总是小于1。

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

输入电阻较大。对信号源(前级电路)的电压影响较小。

$$R_o = R_e // \frac{r_{be} + R'_s}{1+\beta}$$

输出电阻很小。带载能力强!

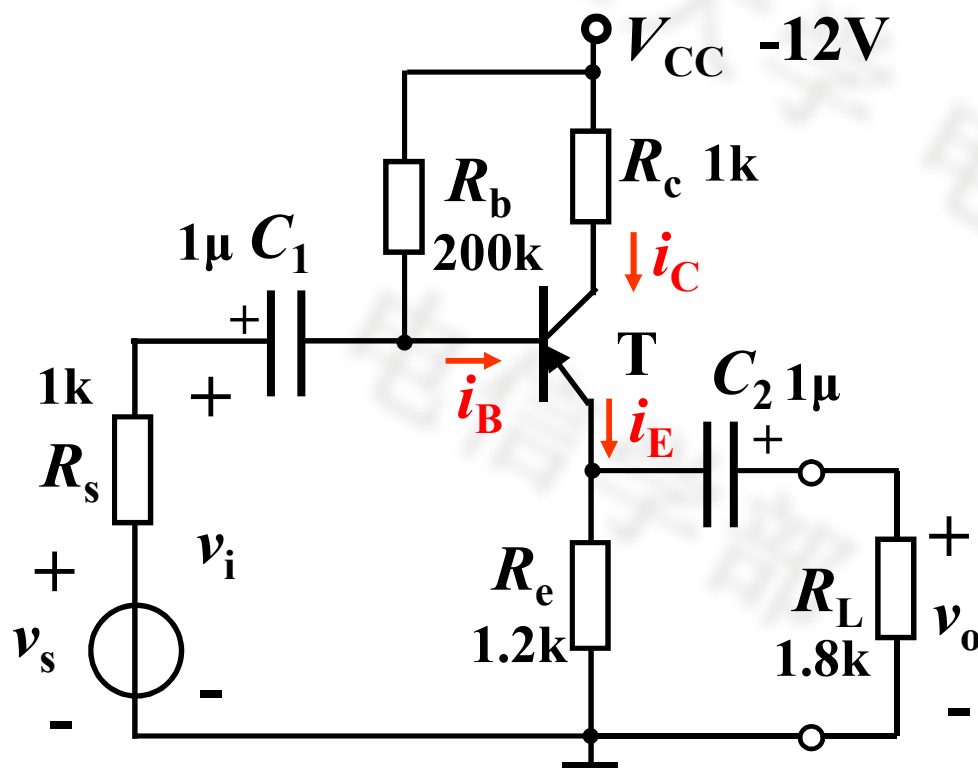


当信号源内阻较大, 负载电阻较小时, 信号源带载能力差。在两者之间采用共集电路, 起到阻抗变换作用, 电压跟随、电流放大, 从而实现功率放大。

4.5.1 共集极电路 4. 例题：教材 P143 例4.5.1

已知BJT的 $\beta=50$, $V_{BEQ}=-0.7V$ 。

- ①此电路工作在什么组态？
- ②求Q点；
- ③画小信号电路，求 A_v 、 R_i 、 R_o



解： R_c 限制 I_C 电流、保护T。

(1) 基极输入，发射极输出，是共集电极电路。

(2) Q点分析

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e} \approx -46 \mu A$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = -2.3 \text{ mA}$$

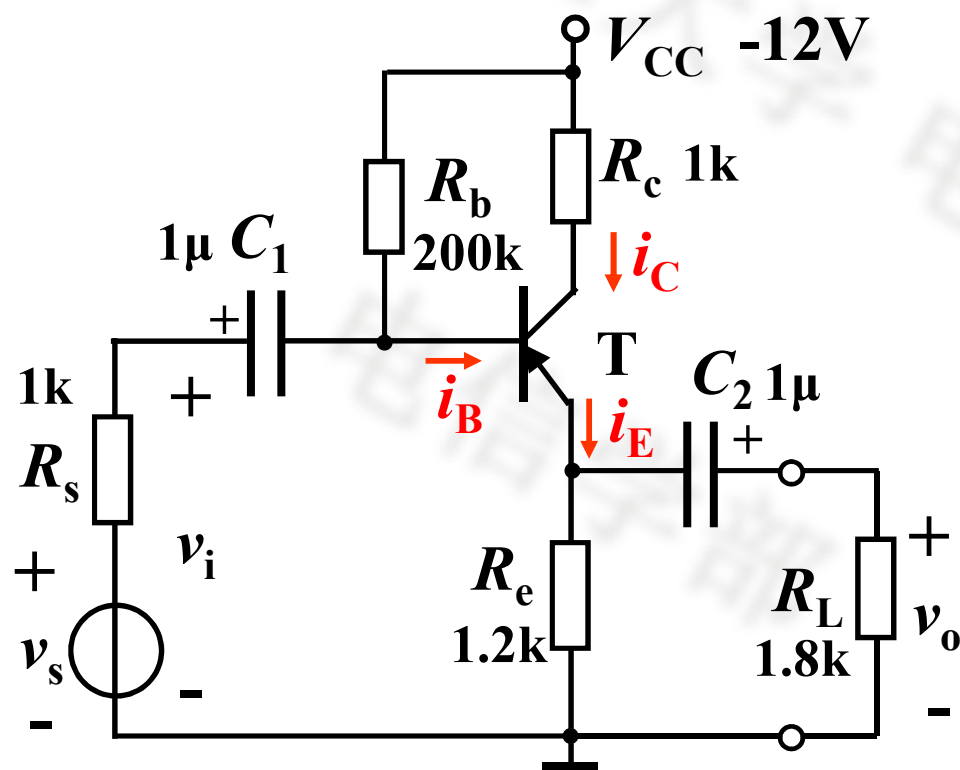
$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} (R_e + R_c) = 6.94 \text{ V}$$

$$r_{be} \approx 200 + (1 + \beta) \frac{26}{|I_{EQ}|} \approx 776 \Omega$$

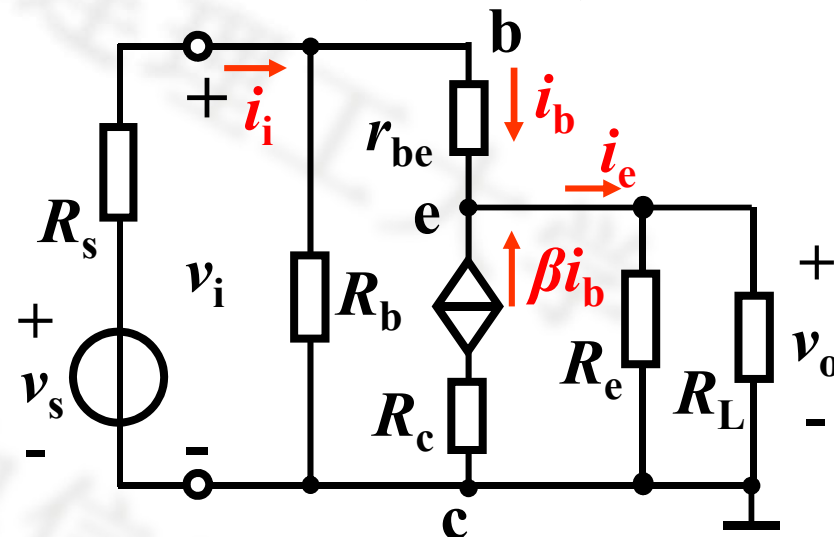
4.5.1 共集极电路 4. 例题：教材 P143 例4.5.1

已知BJT的 $\beta=50$, $V_{BEQ}=-0.7V$ 。

- ①此电路工作在什么组态？
- ②求Q点；
- ③画小信号电路，求 A_v 、 R_i 、 R_o



解：（3）小信号电路



$$A_v = \frac{(1+\beta)R'_L}{r_{be} + (1+\beta)R'_L} \approx 0.98$$

$$R_i = R_b // [r_{be} + (1+\beta)R'_L] \approx 32k\Omega$$

$$R_o = R_e // \frac{r_{be} + R'_s}{1+\beta} \approx 34\Omega$$

4.5.1 共集极电路 5. 主要用途



作为电路的输入级，可提高电路的输入电阻。



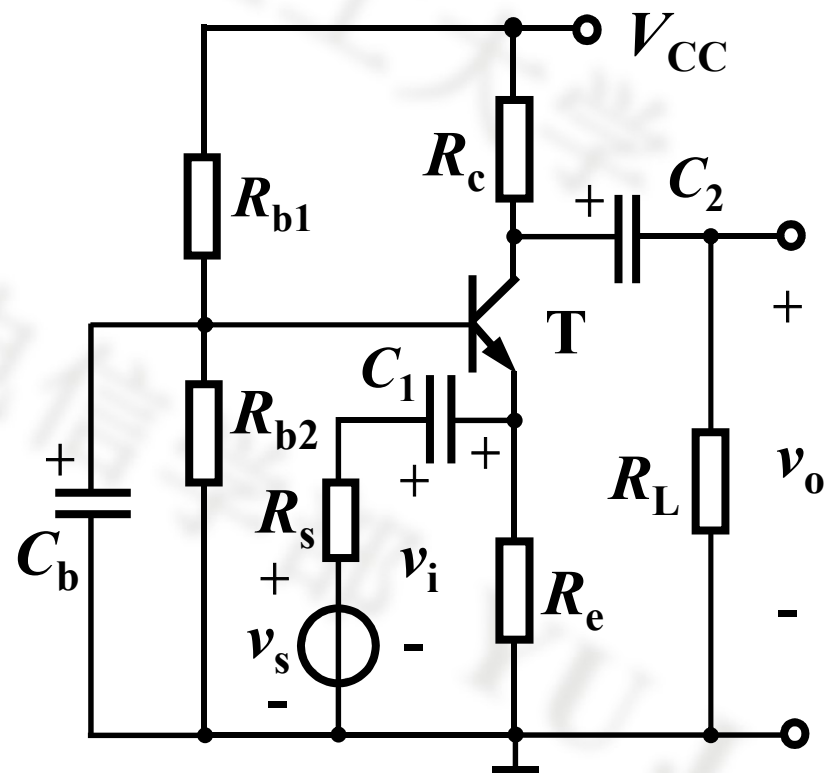
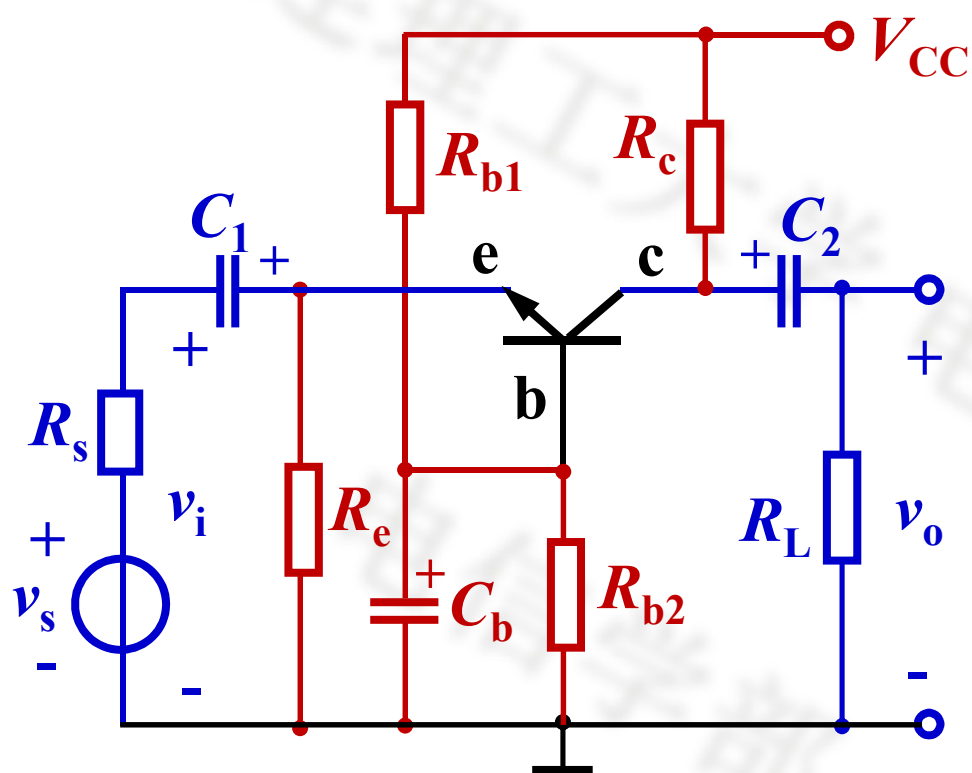
作为电路的中间级，可起到电路匹配作用（阻抗变换）。



作为电路的输出级，可减小输出电阻，提高带载能力。

4.5.2 共基极放大电路 Common-Base Amplifier

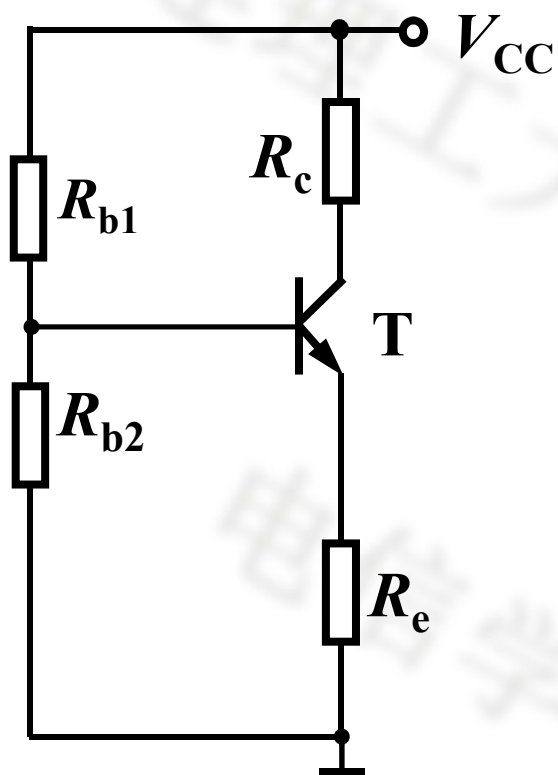
1. 常用电路结构 信号E入、C出 直流偏置在放大状态



4.5.2 共基极放大电路

2. 静态工作点

直流通路：



基极分压偏置；发射极偏置。

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

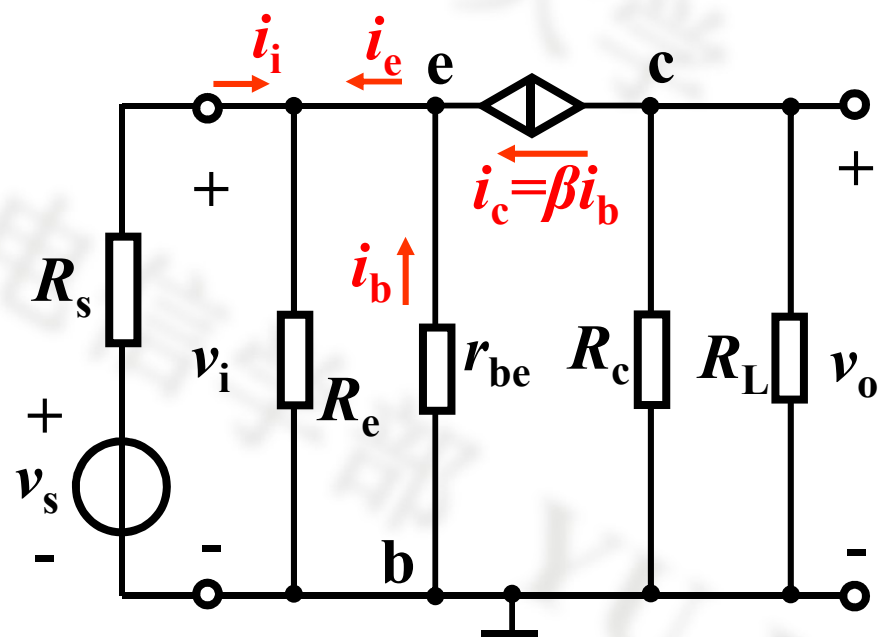
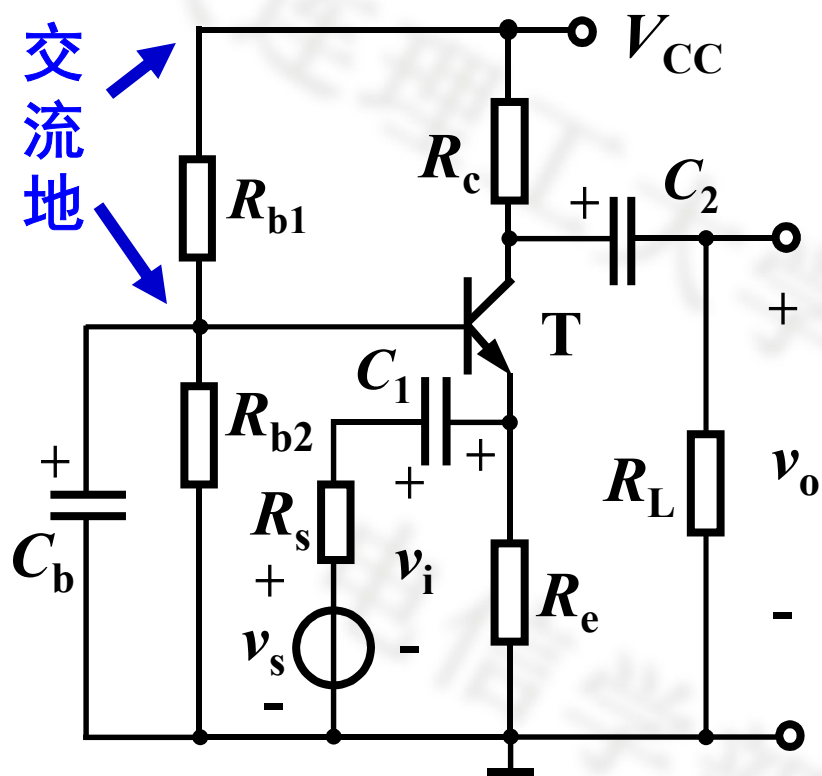
$$I_{CQ} \approx \frac{V_{BQ} - V_{BEQ}}{R_e}$$

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

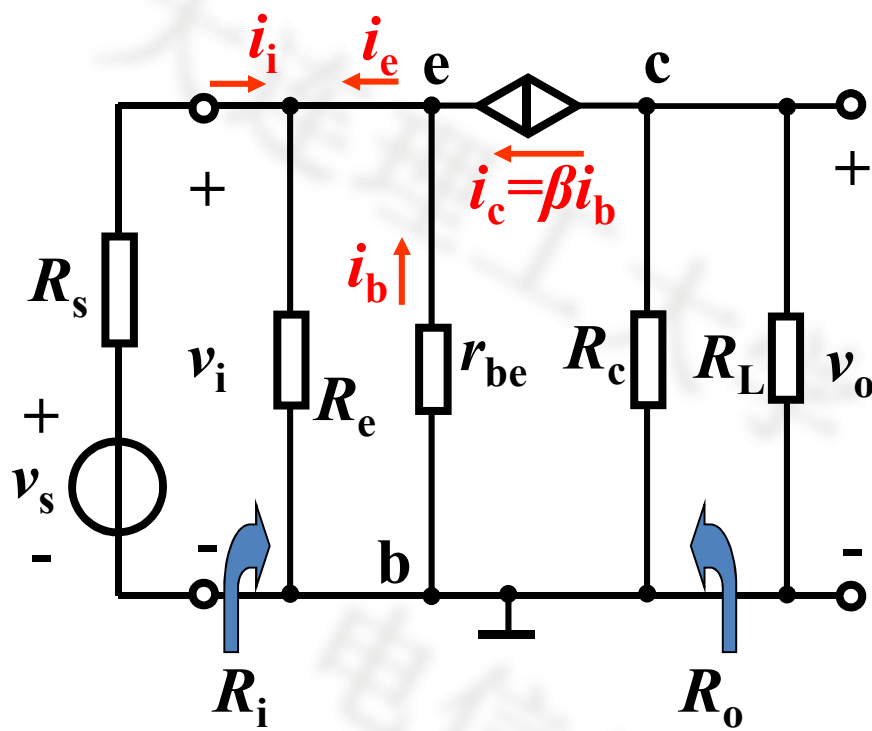
$$V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_c + R_e)$$

4.5.2 共基极放大电路

2. 动态分析 (1) 小信号等效电路



4.5.2 共基极放大电路 2. 动态分析 (2) 小信号参数计算



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

电流放大系数: $\alpha \sim 1$

也称为“电流跟随器”

① 电压增益 同相放大!

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

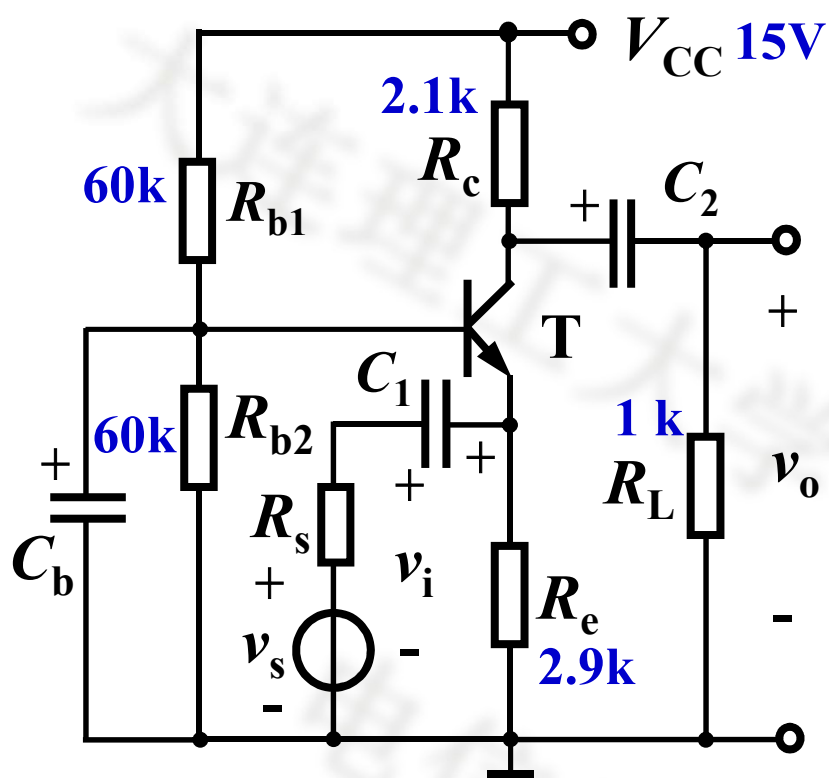
② 输入电阻 很小

$$\begin{aligned} R_i &= R_e // \frac{v_i}{i_e} = R_e // \frac{v_i}{(1+\beta)i_b} \\ &= R_e // \frac{r_{be}}{1+\beta} \end{aligned}$$

③ 输出电阻

$$R_o = R_c$$

4.5.2 共基极放大电路 3. 例题：教材 P146 例4.5.2



(1) 估算静态工作点Q的参数

(2) 计算 A_v 、 R_i 及 R_o

(3) 已知 $R_s=50\Omega$ ，计算 A_{vs}

$$\beta=100, V_{BEQ}=0.7V$$

(1) 估算静态工作点Q的参数

$$V_{BQ} \approx \frac{R_{b2}V_{CC}}{R_{b1} + R_{b2}} = 7.5V$$

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{V_{BQ} - V_{BEQ}}{R_e} \approx 2.34mA$$

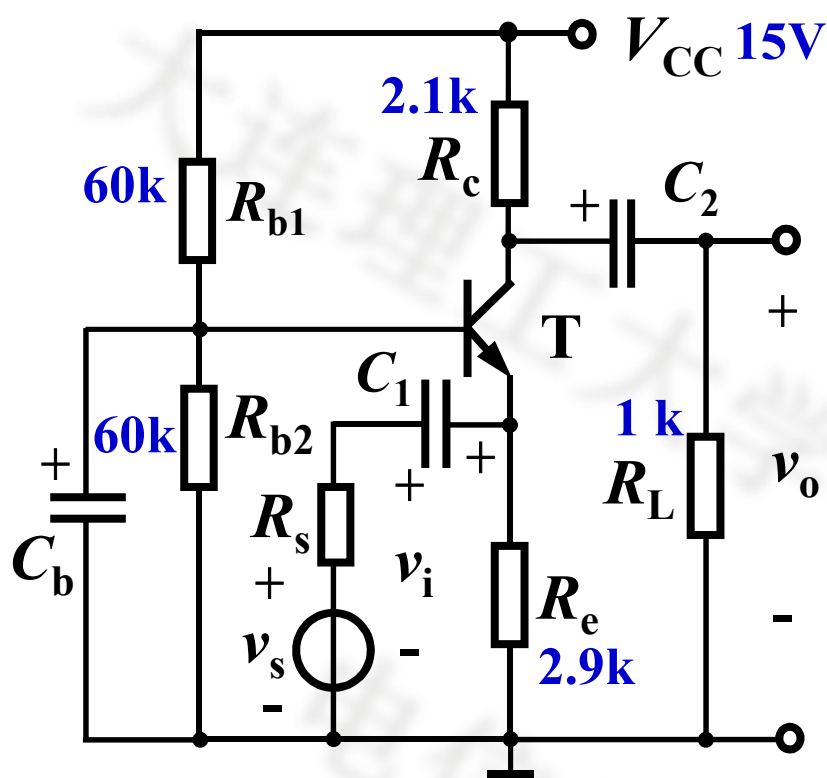
$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} \approx 23.4\mu A$$

$$V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ}(R_c + R_e) = 3.3V$$

(2) 计算 A_v 、 R_i 及 R_o

$$r_{be} = 200 + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_{EQ}} \approx 1.32k\Omega$$

4.5.2 共基极放大电路 3. 例题：教材 P146 例4.5.2



$$\beta=100, V_{BEQ}=0.7V$$

(2) 计算 A_v 、 R_i 及 R_o

$$A_v = \frac{\beta R'_L}{r_{be}} \approx 51.32$$

$$R_i = R_e // \frac{r_{be}}{1 + \beta} \approx 13\Omega$$

$$R_o \approx R_c = 2.1k\Omega$$

(3) 计算 A_{vs}

$$A_{vs} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_i} \times \frac{v_i}{v_s}$$

$$= A_v \times \frac{R_i}{R_s + R_i} \approx 10.6$$

不适合做
电压放大
电路的输
入级

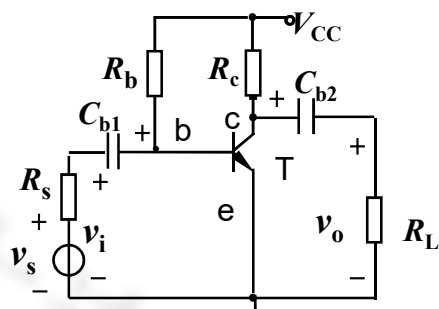
此公式适用于所有放大电路 19

(1) 估算静态工作点Q的参数

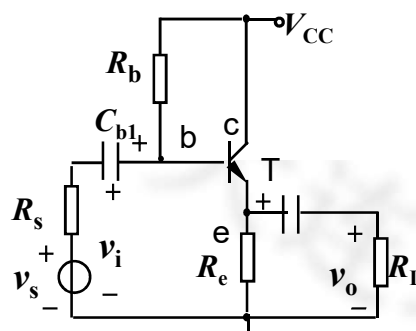
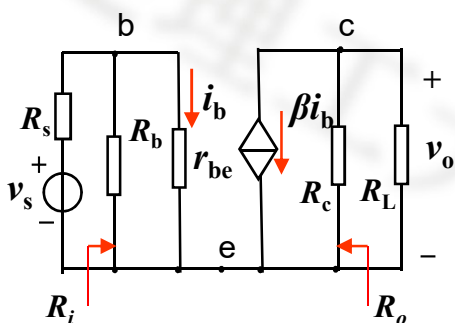
(2) 计算 A_v 、 R_i 及 R_o

(3) 已知 $R_s=50\Omega$ ，计算 A_{vs}

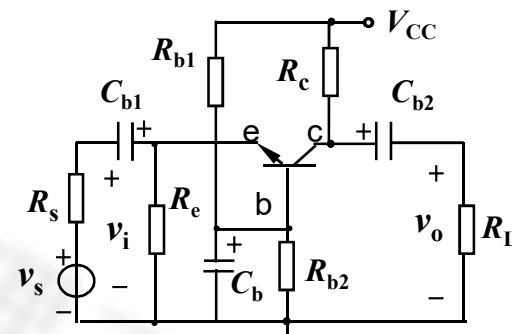
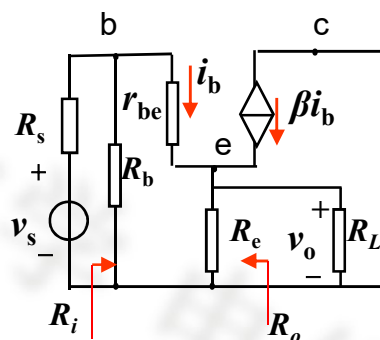
4.5.3. 三种组态的比较



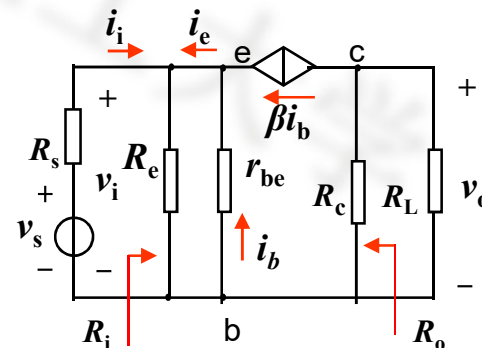
基本共射极电路



共集电极电路



共基极电路



电压增益: $-\frac{\beta \cdot (R_c // R_L)}{r_{be}}$ **1**

$\frac{(1 + \beta) \cdot (R_e // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_e // R_L)}$ **1**

$\frac{\beta \cdot (R_c // R_L)}{r_{be}}$ **1**

输入电阻: $R_b // r_{be}$ **2**

$R_b // [r_{be} + (1 + \beta)(R_e // R_L)]$ **1**

$R_e // \frac{r_{be}}{1 + \beta}$ **1**

输出电阻: R_c **1**

$R_e // \frac{(R_s // R_b) + r_{be}}{1 + \beta}$ **1**

R_c **1**

用途: 多级放大电路
的中间级
(放大级)

输入级、输出级
或缓冲级

高频或宽频电路
及恒流源

4.3 ~ 4.5 单管放大电路

小结

掌握：共射、共集、共基单管放大电路基本结构；

掌握：静态工作点分析方法（从发射结入手）；

会画：小信号等效电路；

会算： A_v 、 R_i 、 R_o 及 A_{vs} ；

预习：组合放大电路

作业（国庆节后交）

P191： 4.5.2； P193： 4.5.4； 4.5.6
恒流源交流开路（内阻无穷大）

问题？

