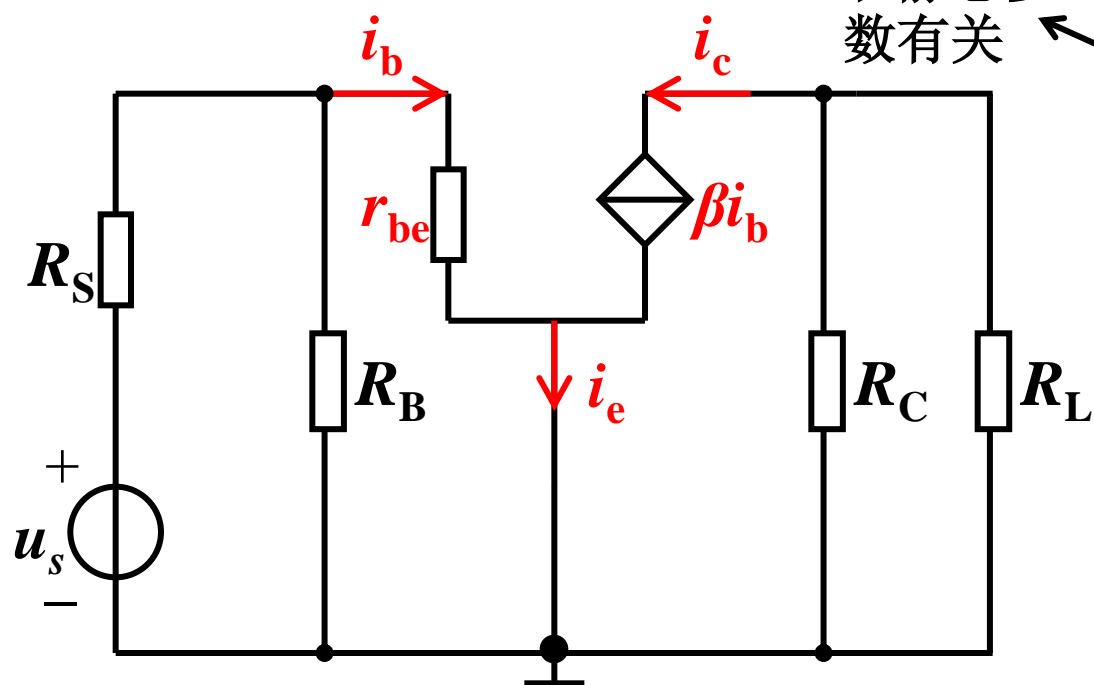
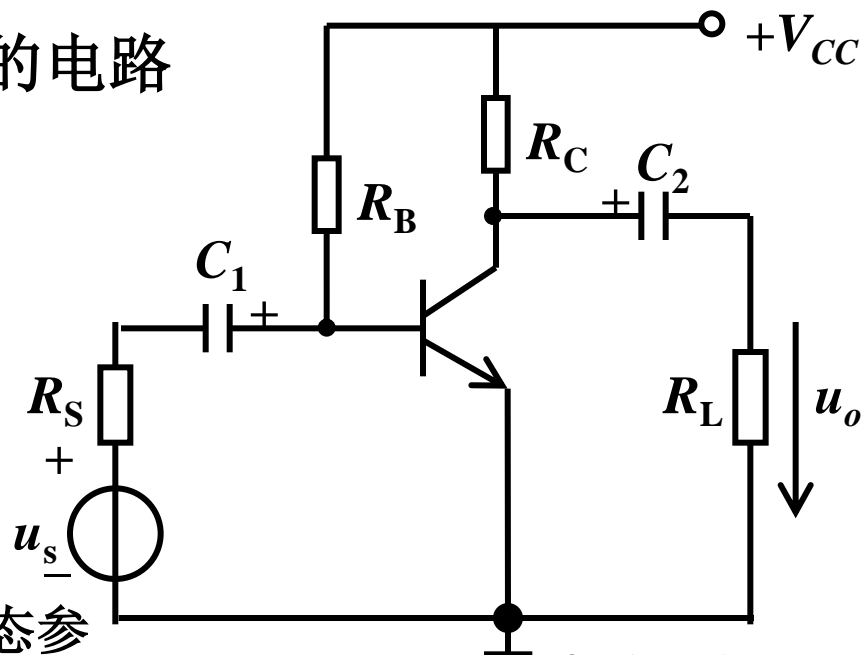


## 动态估算 → 只有交流电源作用的电路

### 步骤1: 画出微变等效电路

- ① 画  $T$  的微变等效模型
- ② 画发射极电路
- ③ 画基极电路
- ④ 画集电极电路



和静态参数有关

$$r_{be} = r_{bb}' + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_E(\text{mA})}$$
$$= r_{bb}' + \frac{26(\text{mV})}{I_B(\text{mA})} \quad \text{注意单位}$$

注意点:

- 1、采用小写符号和下标
- 2、遇到  $+V_{CC}$  做接地处理
- 3、遇到电容做短路处理

动态估算 → 只有交流电源作用的电路

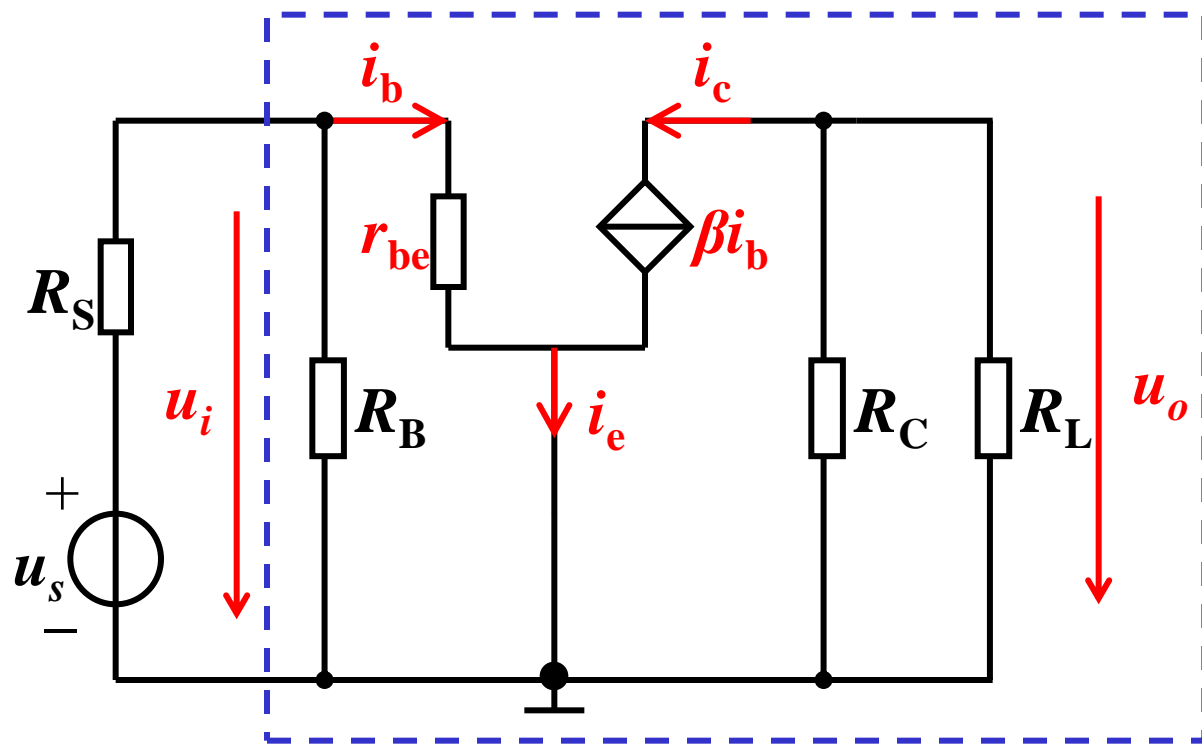
结论:  $|A_{us}| < |A_u|$

步骤2: 计算动态性能指标

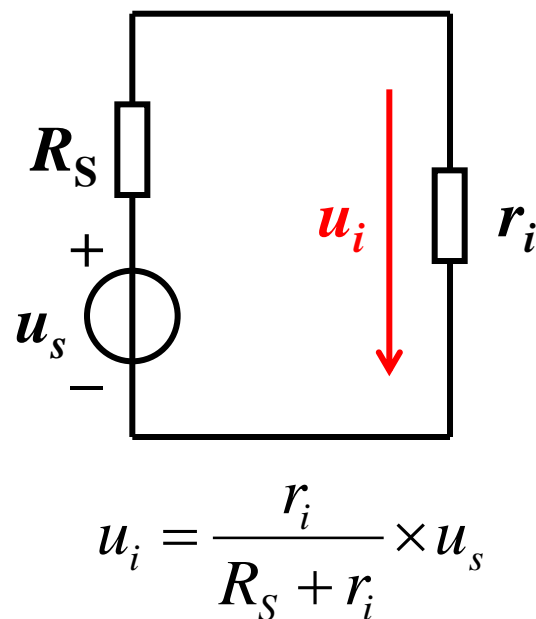
$\because u_i$  是  $u_s$  的一部分

① 电压放大倍数  $A_u = \frac{u_o}{u_i} = \frac{-i_c(R_C // R_L)}{i_b r_{be}} = \frac{-\beta i_b(R_C // R_L)}{i_b r_{be}}$

电源电压放大倍数  $A_{us} = \frac{u_o}{u_s} = \frac{u_o \times u_i}{u_s \times u_i} = \frac{u_o}{u_i} \times \frac{u_i}{u_s} = A_u \times \frac{r_i}{R_S + r_i}$  P137 (5-40)



输入端等效电路



$$u_i = \frac{r_i}{R_S + r_i} \times u_s$$

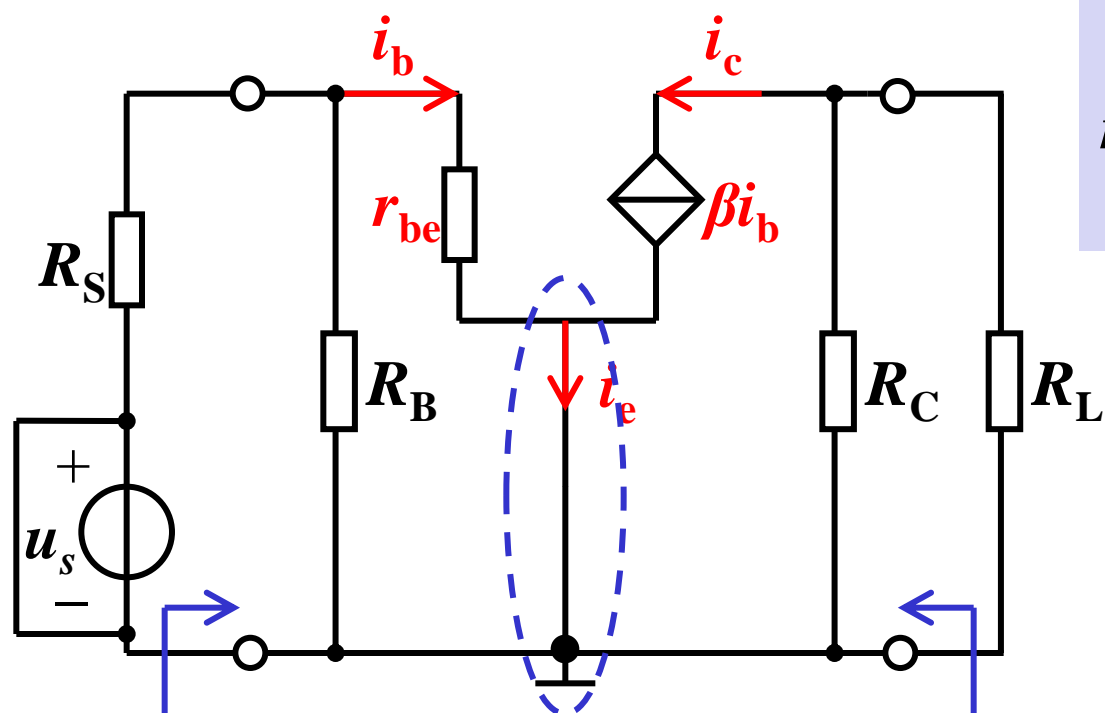
② 输入电阻  $r_i \rightarrow$  直接从图上读出

注意：读  $r_i$  时绝对不能把  $R_S$  包括在内

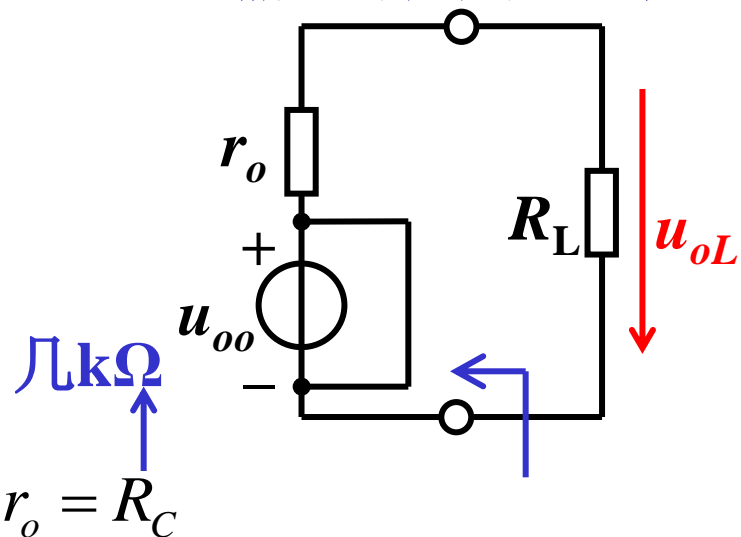
$r_i = R_B // r_{be} \approx r_{be}$  结论：  $r_i$  偏小(缺点)  
 几百  $k\Omega$  约  $1k\Omega$  采集电压的能力弱

③ 输出电阻  $r_o \rightarrow$  直接从图上读出

注意：读  $r_o$  时绝对不能把  $R_L$  包括在内



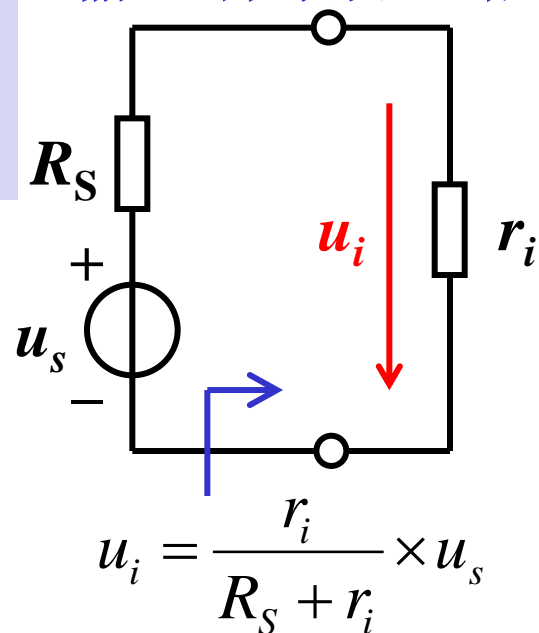
输出端等效电路



结论：  
 $r_o$  偏大  
(缺点)

输出电压的能力弱

输入端等效电路



## § 1 基本共发射极放大电路

优点：实现对输入电压的反相放大

缺点：①  $r_i \approx r_{be}$  不够大；②  $r_o = R_C$  不够小；

## 第三章

## 基本放大电路

### § 2 共集电极放大电路

没有电压  
放大能力

它与共射电路的特性正好相反

可作为输入/输出级 ← 具有很大的  $r_i$  和很小的  $r_o$

### § 3 分压偏置式共射放大电路

思考：什么电路合适  
作为输入级或输出级？

→ 一般把共射放大电路作为中间级  
它并不适合作为输入级和输出级

### § 4 多级放大电路

## § 2 共集电极放大电路

看负载接在哪  
↑

一、电路结构特点 问题：它与共发射极放大电路有什么区别？

共发射极接法的特点：交流输入在B，输出在C，以E为公共端

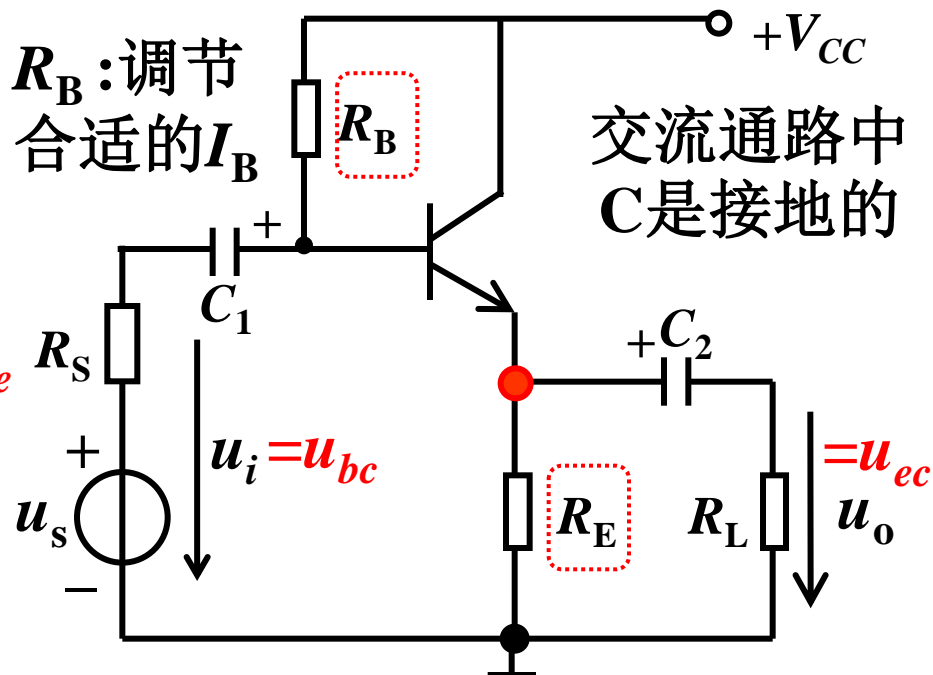
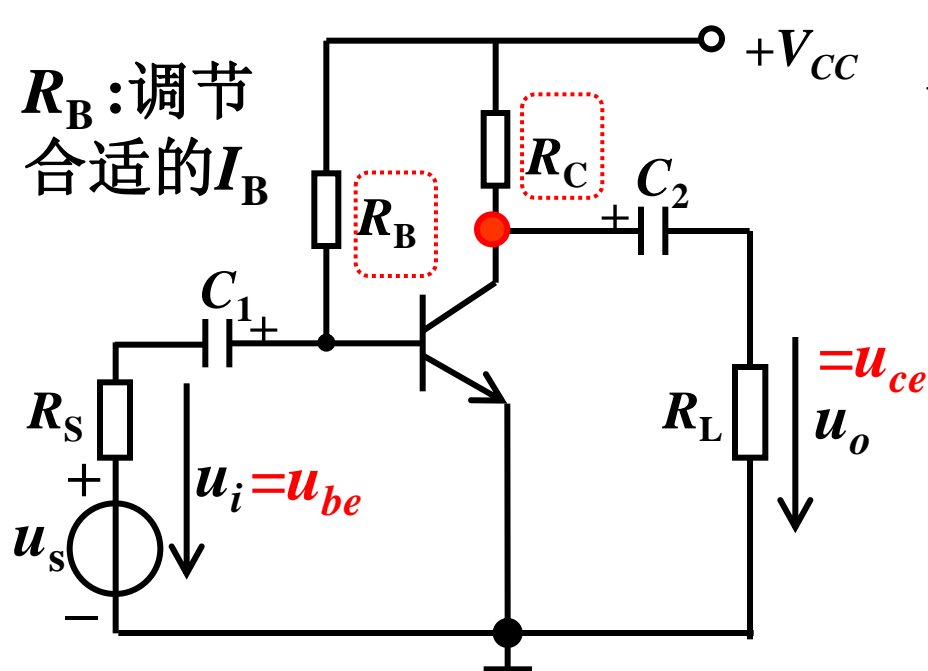
共集电极接法的特点：交流输入在B，输出在E，以C为公共端

必须有 $R_C$  → 把电流变化转换成电压变化 ← 必须有 $R_E$ ，否则 $u_o=0$

共发射极放大电路

无 $R_C$ 则 $u_o=0$

共集电极放大电路



## § 2 共集电极放大电路

二、电路分析过程 → 同样遵循先静态后动态的原则 → 直接用估算法

静态分析 → 只有直流电源作用的电路

步骤1: 画出直流通路 → 对于阻容耦合电路, 断开所有电容

步骤2: 估算静态工作点Q → 已知 $U_{BE}=0.7V$  估算 $I_B$ 、 $I_C$ 、 $U_{CE}$

$$V_{CC} = I_B R_B + U_{BE} + I_E R_E = I_B R_B + U_{BE} + (1 + \beta) I_B R_E \quad I_B \text{ 与 } R_B、R_E \text{ 有关}$$

射极偏置

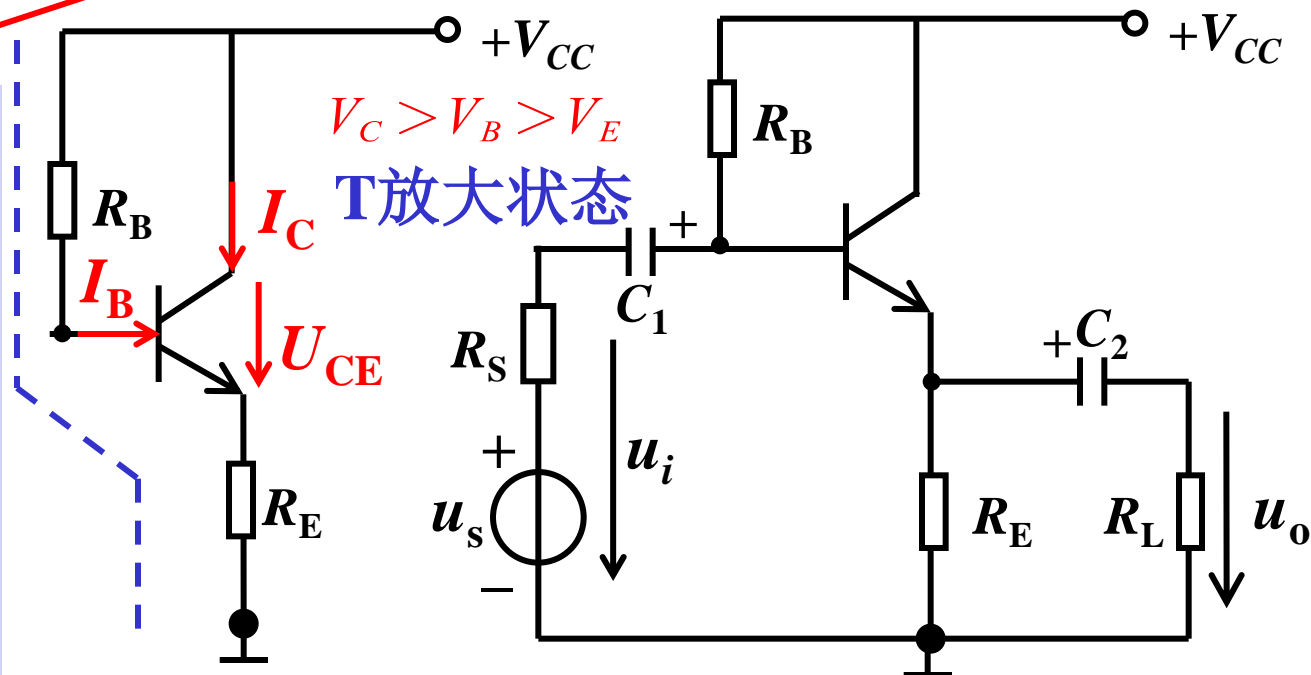
$$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B + (1 + \beta) R_E}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = (1 + \beta) I_B$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_E R_E$$

$$\approx V_{CC} - I_C R_E$$



## § 2 共集电极放大电路

动态分析 → 只有交流信号作用的电路 → 微变等效法

步骤1: 画出微变等效电路

① 画  $T$  的微变等效模型

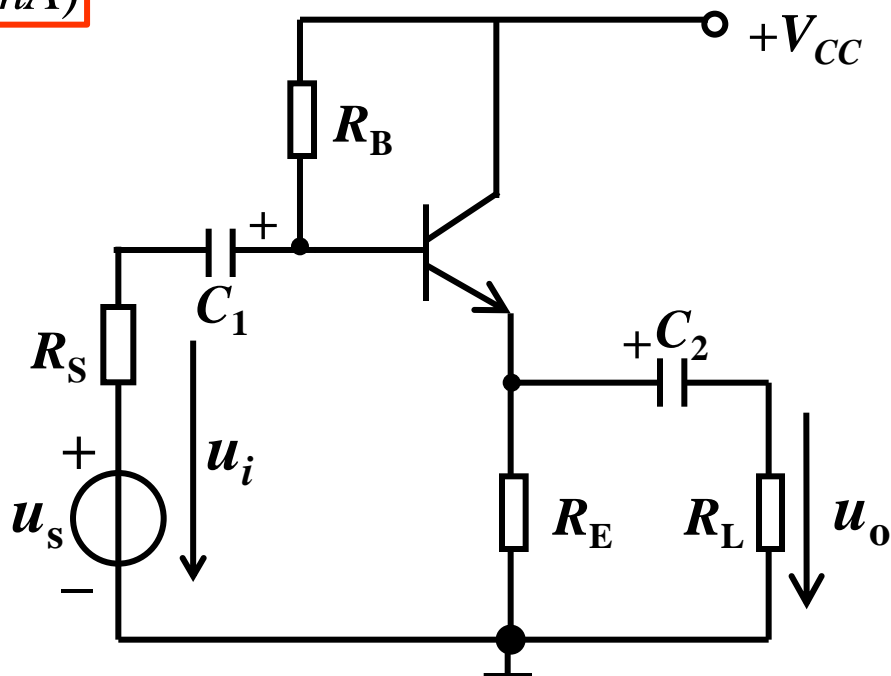
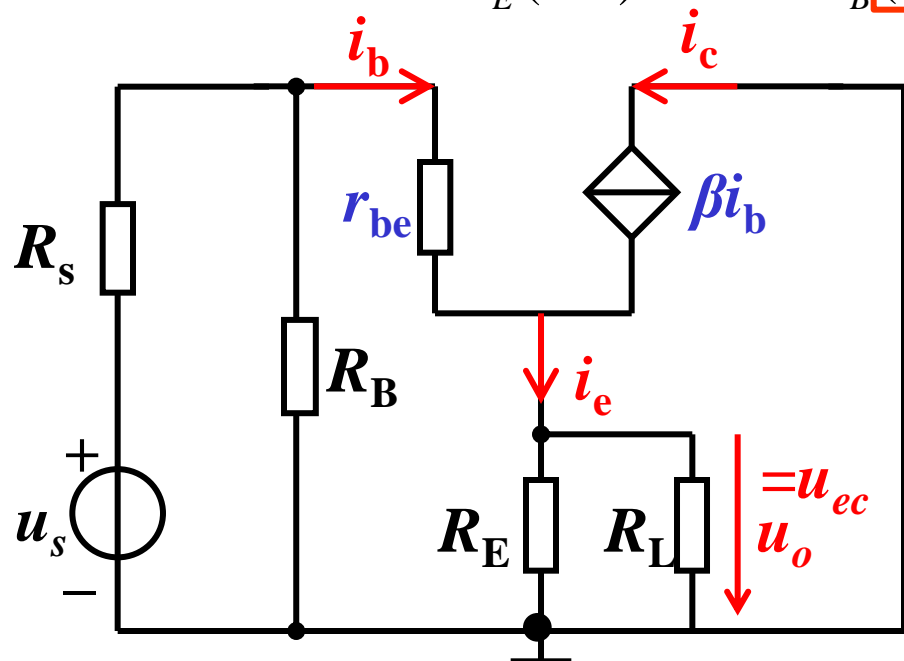
② 画发射极再基极最后集电极

注意事项

- 1、采用小写符号和下标
- 2、遇到  $+V_{CC}$  做接地处理
- 3、遇到电容做短路处理

$$r_{be} = r_{bb}' + (1 + \beta) \frac{26(mV)}{I_E(mA)} = r_{bb}' + \frac{26(mV)}{I_B(mA)}$$

注意  $I_B$  单位从  $\mu A$  转成  $mA$



## 步骤2: 计算动态性能指标

$$A_u = \frac{u_o}{u_i} = \frac{i_e (R_E // R_L)}{i_b r_{be} + i_e (R_E // R_L)} = \frac{(1 + \beta) \cancel{i_b} (R_E // R_L)}{\cancel{i_b} r_{be} + (1 + \beta) \cancel{i_b} (R_E // R_L)}$$

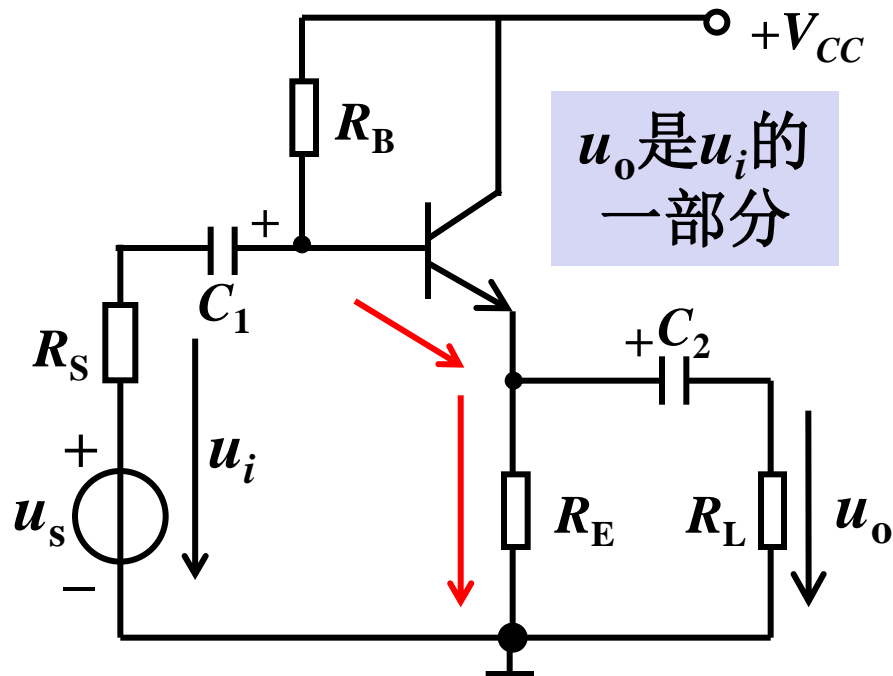
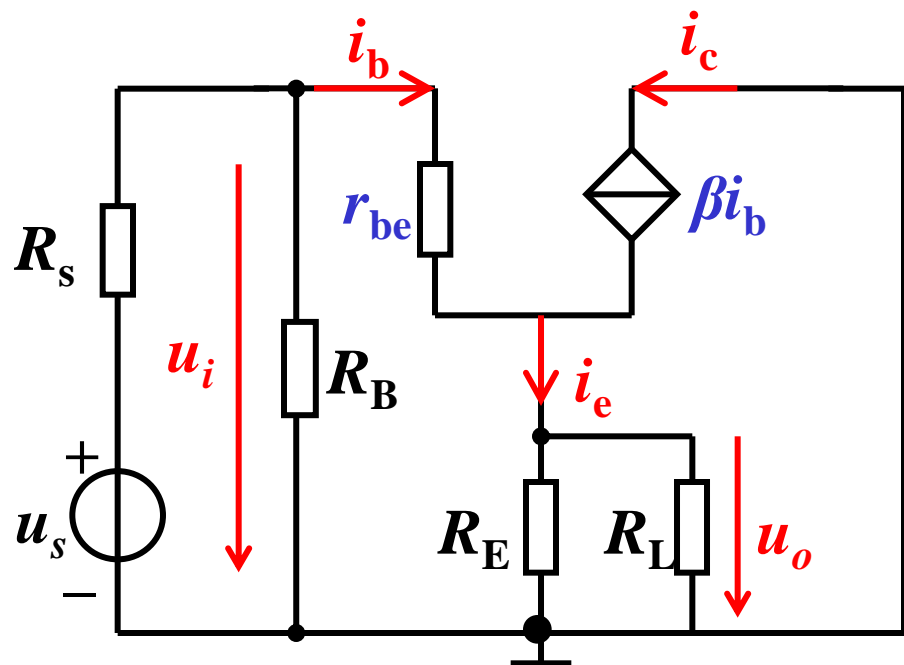
$u_i$  与  $u_o$  同相  
 $u_o < u_i$   
 $0 < A_u < 1$   
 $A_u \approx 1$

结论1: 共集接法没有电压放大能力, 仅有电压跟随能力。  $u_o \approx u_i$

共集电极放大电路又称“同相跟随器”或“射极跟随器”

结论2: 共集接法虽然不能放大电压, 但能放大电流。

结论3: 共集接法优点是输入电阻非常大而输出电阻非常小。





输入电阻  $r_i$  方法1:  $r_i = \frac{u_i}{i} = \frac{u_i}{i_{RB} + i_b} = \frac{\cancel{u_i}}{\frac{\cancel{u_i}}{R_B} + \frac{\cancel{u_i}}{[r_{be} + (1+\beta)(R_E // R_L)]}}$

$$u_i = i_b r_{be} + i_e (R_E // R_L)$$

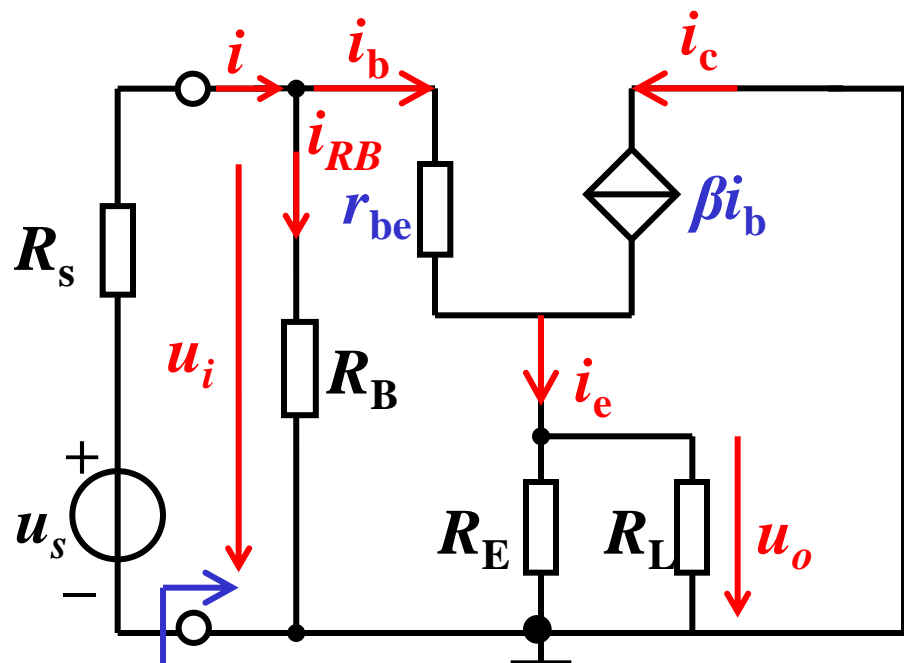
$$= i_b r_{be} + (1+\beta) i_b (R_E // R_L)$$

$$= i_b [r_{be} + (1+\beta)(R_E // R_L)]$$

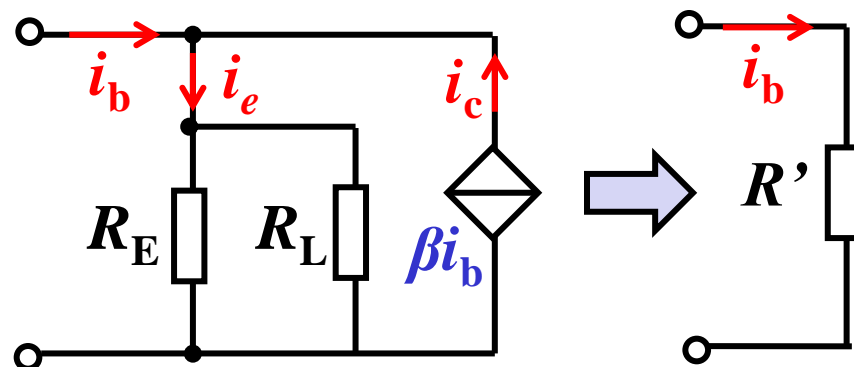
$$= \frac{1}{\frac{1}{R_B} + \frac{1}{[r_{be} + (1+\beta)(R_E // R_L)]}}$$

$$r_i = R_B // [r_{be} + (1+\beta)(R_E // R_L)]$$

方法2: 从图中直接读  $r_i$



$$r_i = R_B // [r_{be} + (1+\beta)(R_E // R_L)]$$



∴ 串联要求电流相同 ∴ 须求  $R'$

$$i_b R' = i_e (R_E // R_L) = i_b (1+\beta) (R_E // R_L)$$

$$\therefore R' = (1+\beta) (R_E // R_L)$$

结论1: 共集接法的 $r_i$ 比基本共射的 $r_i$ 要大得多(优点)

P143

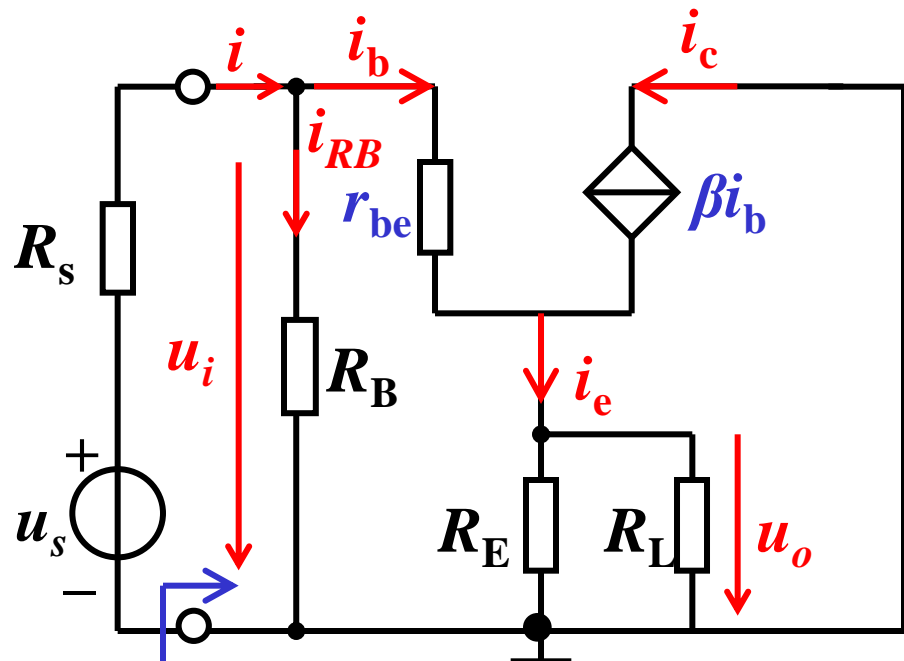
结论2: 共集接法采集电压的能力强, 适合做多级电路的**输入级**

结论3: 共集接法的 $r_i$ 和 $R_L$ 有关  $\longrightarrow$  原因:  $u_o$ 是 $u_i$ 的一部分

注意: 空载和有载时的 $r_i$ 是不同的

$$r_i = R_B // [r_{be} + (1 + \beta)R_E] \quad \text{更大}$$

方法2: 从图中直接读 $r_i$



$$r_i = R_B // [r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)]$$

可达几十至几百kΩ

∴ 串联要求电流相同

∴ 须把**发射极电阻折算到基极**

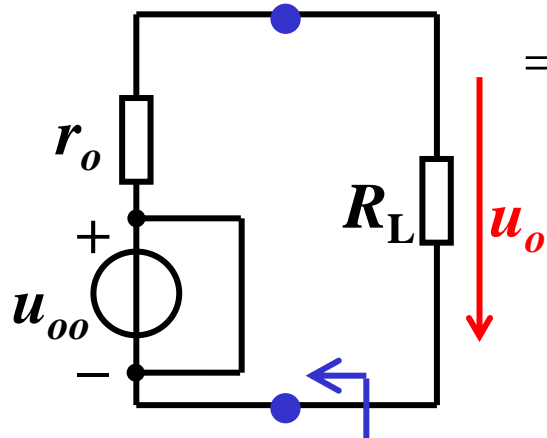
**折算方法:** 让电流从 $i_e$ 变成 $i_b$

**注意:** 当电流缩小  $(1 + \beta)$  倍时, 电阻应相应扩大  $(1 + \beta)$  倍。

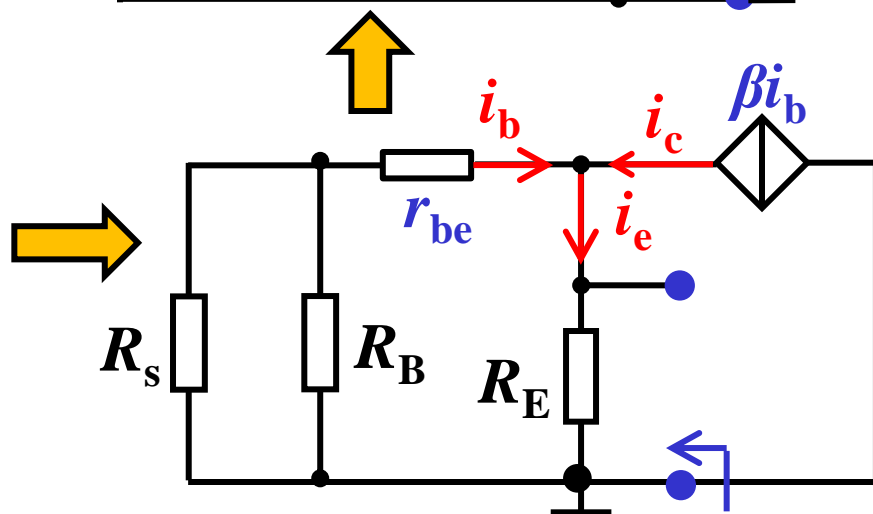
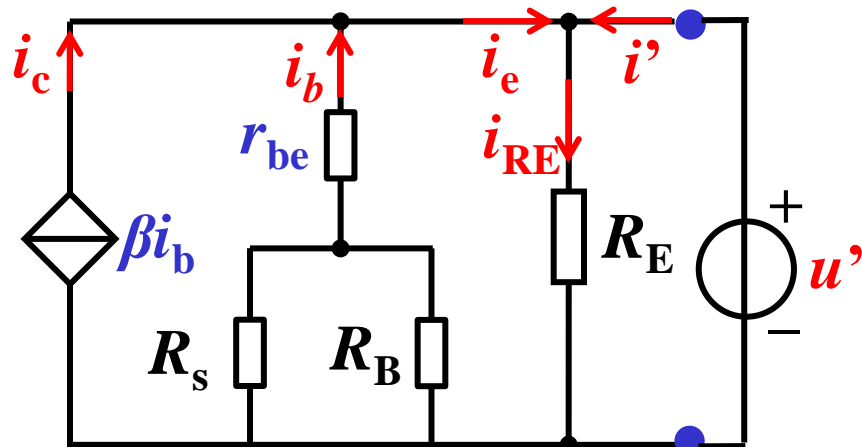
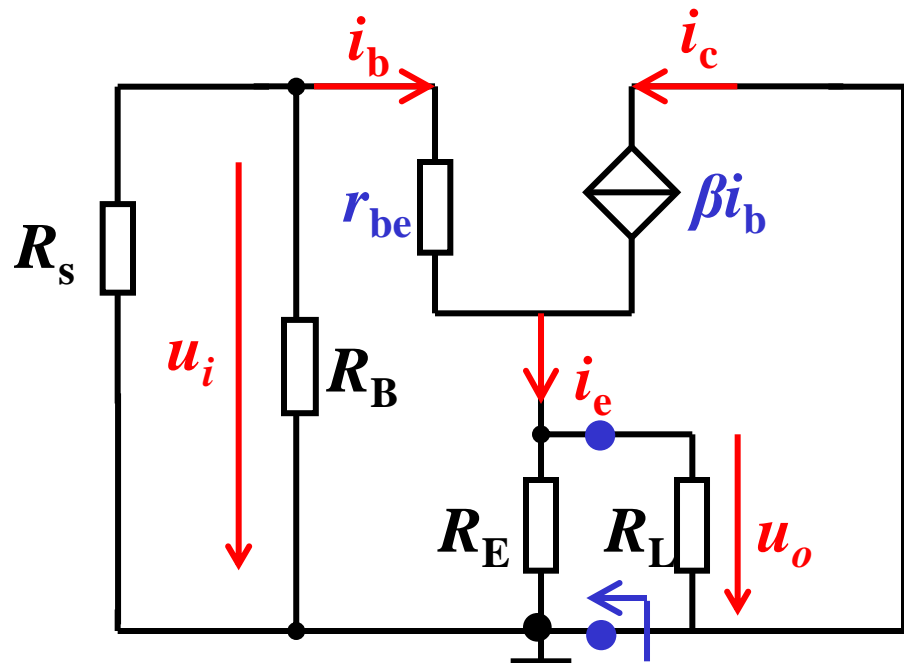
$$i_e (R_E // R_L) = i_b (1 + \beta) (R_E // R_L)$$

输出电阻 $r_o$  方法1: 外加电源法  $i' = i_{RE} - i_e = i_{RE} - (1 + \beta)i_b$

$$= \frac{u'}{R_E} - (1 + \beta) \left( -\frac{u'}{r_{be} + (R_B // R_S)} \right) = \frac{u'}{R_E} + \frac{u'}{\frac{r_{be} + (R_B // R_S)}{1 + \beta}}$$



输出端等效电路



输出电阻 $r_o$  方法1: 外加电源法  $i' = i_{RE} - i_e = i_{RE} - (1 + \beta)i_b$

$$r_o = \frac{u'}{i'} = \frac{1}{\frac{1}{R_E} + \frac{1}{\frac{r_{be} + (R_B // R_S)}{1 + \beta}}}$$

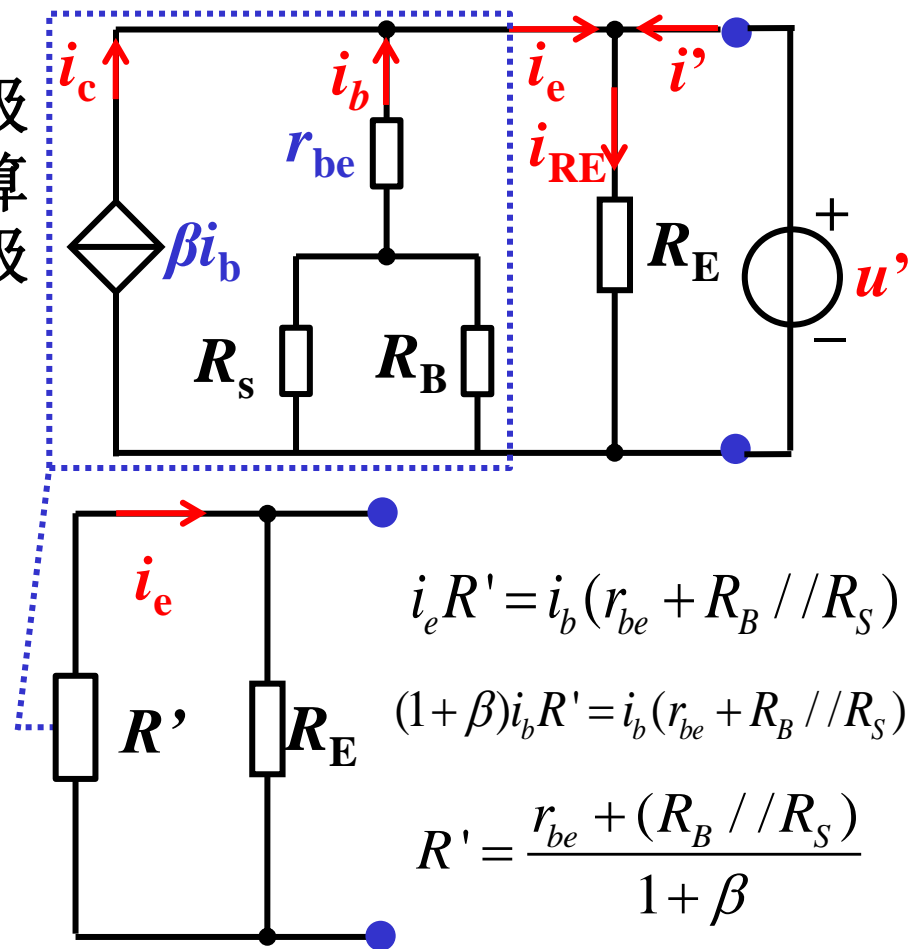
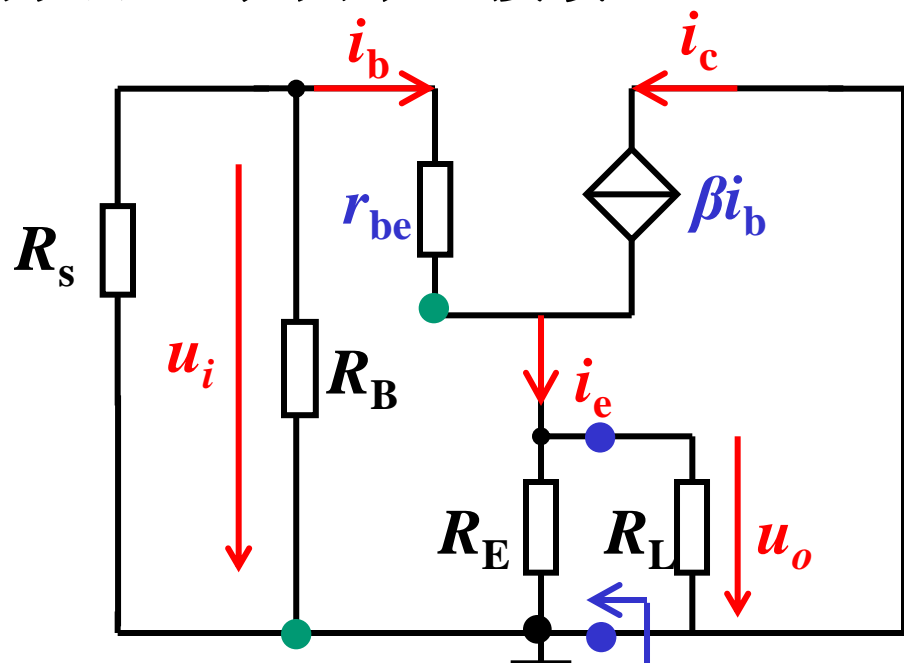
$$r_o = R_E // \frac{r_{be} + (R_B // R_S)}{1 + \beta}$$

$i_b$  变成  $i_e$   
(扩大  $1 + \beta$ )  
电阻应缩小  $(1 + \beta)$  倍

$$= \frac{u'}{R_E} + \frac{u'}{\frac{r_{be} + (R_B // R_S)}{1 + \beta}}$$

方法2: 从图中直接读

须把基极  
电阻折算  
到发射极



输出电阻 $r_o$

结论3: 共集接法的 $r_o$ 和 $R_s$ 有关

思考: 若 $R_s=0$ ?

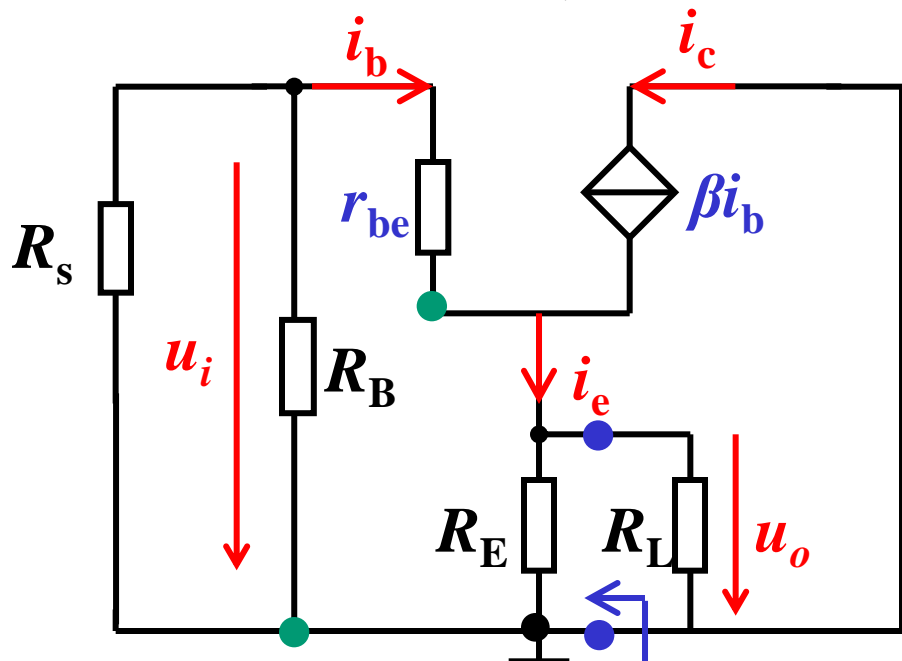
结论1: 共集接法的 $r_o$ 极小 (几欧) 比基本共射的 $r_o$ 要小得多 (优点)

$$R_B \gg R_s \longrightarrow r_o \approx R_E // \frac{r_{be} + R_s}{1 + \beta} \approx \frac{r_{be} + R_s}{1 + \beta}$$

$$r_o = R_E // \frac{r_{be} + (R_B // R_s)}{1 + \beta}$$

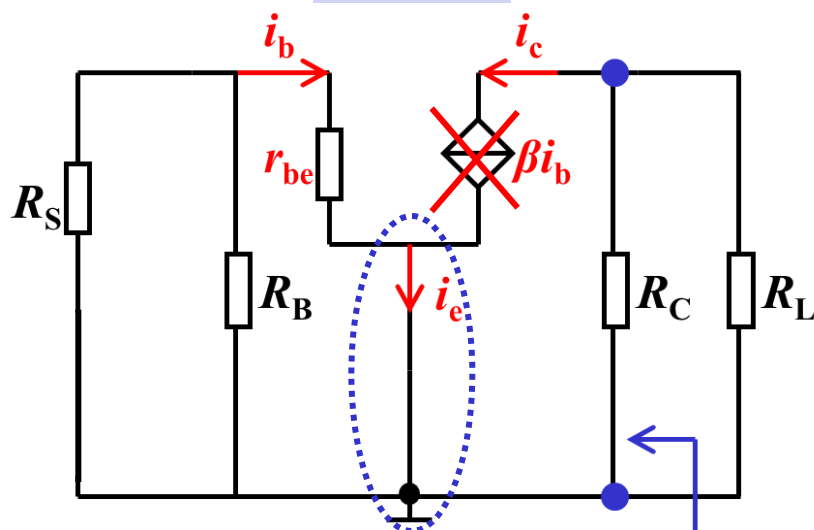
须把基极  
电阻折算  
到发射极

方法2: 从图中直接读



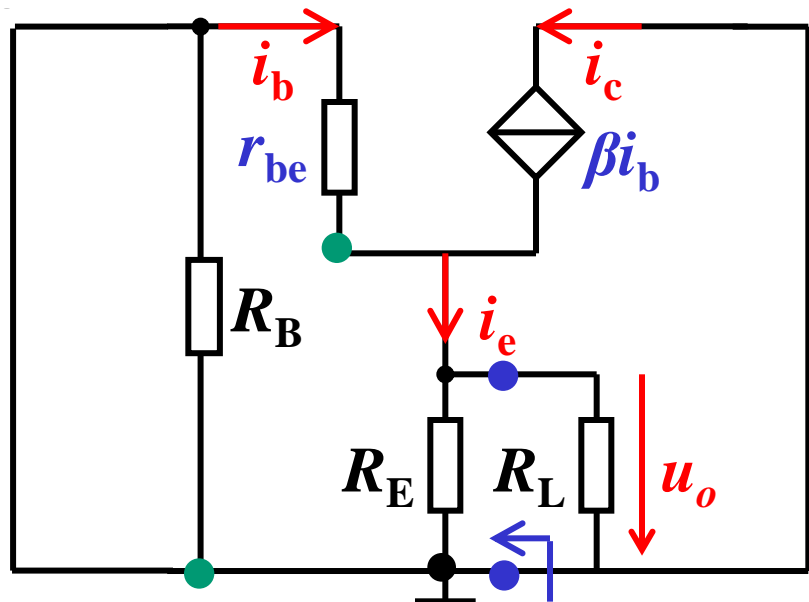
结论2: 共集接法输出电压  
信号的能力(带负载能力)强,  
适合作为多级电路的**输出级**

$$r_o = R_C \longrightarrow \text{几k}\Omega$$

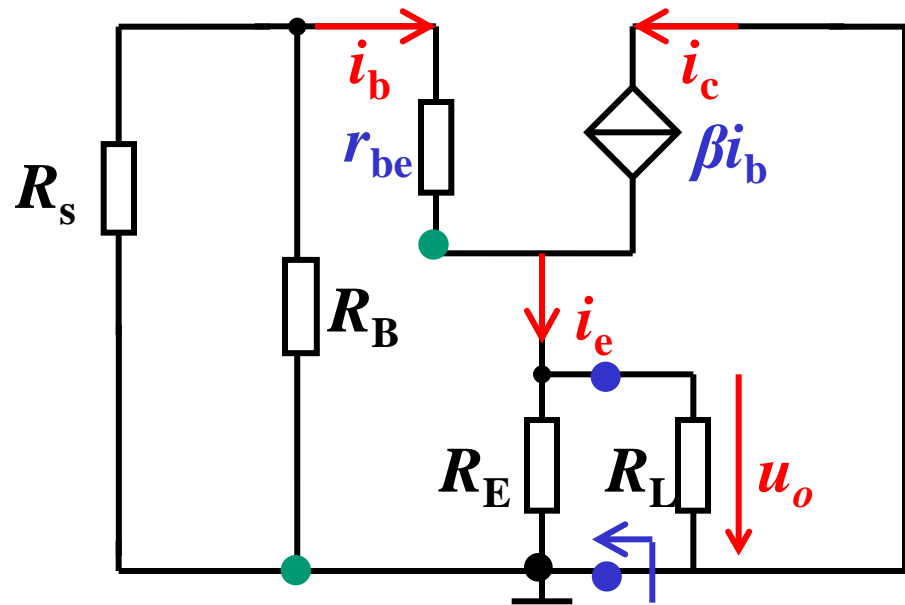


基本共射放大电路

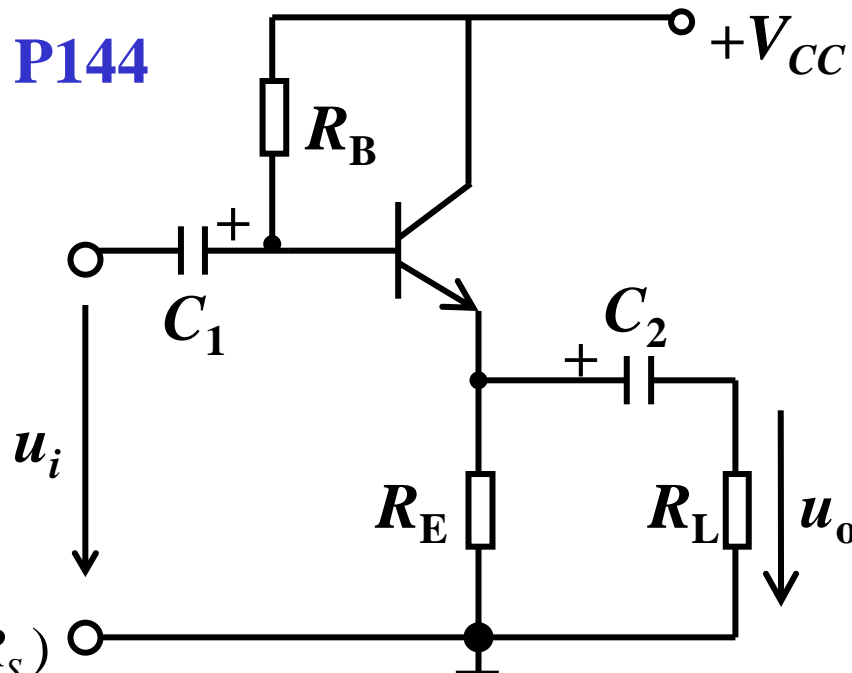
$R_B$  被短路



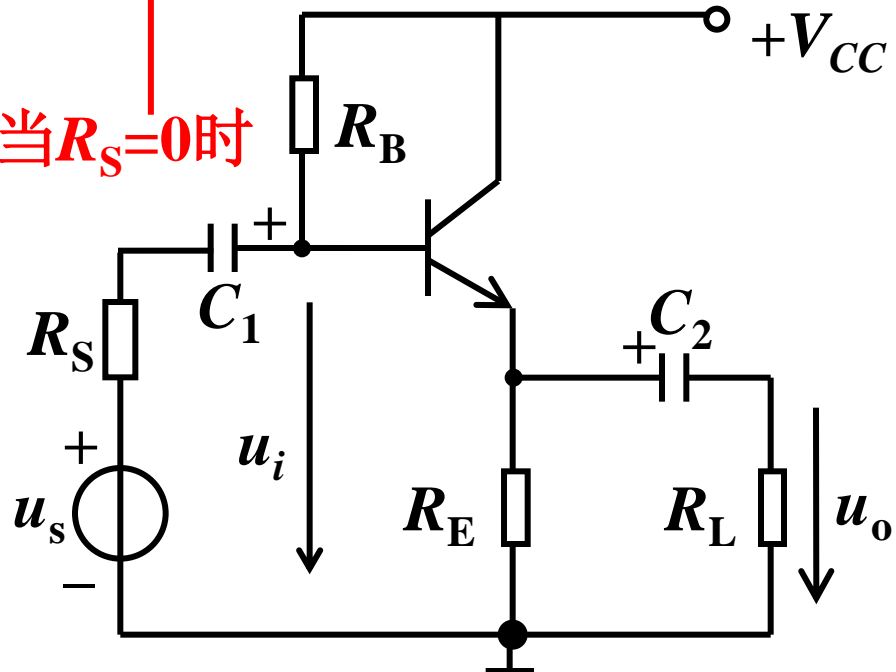
$$r_o = R_E // \frac{r_{be}}{1 + \beta} < r_o = R_E // \frac{r_{be} + (R_B // R_S)}{1 + \beta}$$



P144



当  $R_S = 0$  时



## 作业：分析实验四的第2张电路图

第2题：电路如右图所示，本次实验采用虚拟三极管，其参数如下： $U_{BE}=U_{CES}=0.8V$ ， $\beta=100$ ， $r'_{bb}=40\Omega$

- 1) 该电路采用的是什么接法？
- 2) 请求解静态工作点  $Q$  的相关参数；
- 3) 请画出微变等效电路，并按照以下公式计算  $r_{be}$

$$r_{be} = r'_{bb} + (1 + \beta) \frac{26(mV)}{I_E(mA)} = 40 + \frac{26(mV)}{I_B(mA)}$$

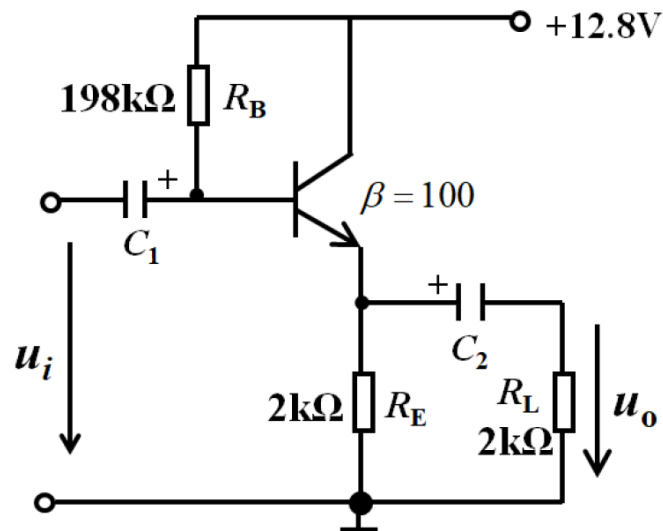
- 4) 请求解  $A_u$ ， $r_i$  和  $r_o$ ；

$\rightarrow R_S=0$

转成  $k\Omega$

求解过程请手写在 A4 纸上，先写公式后带入数据计算。

注意：做实验时，给的是含有  $R_S$  的  $u_s$ ，所以实验测得的  $r_o$  会更大

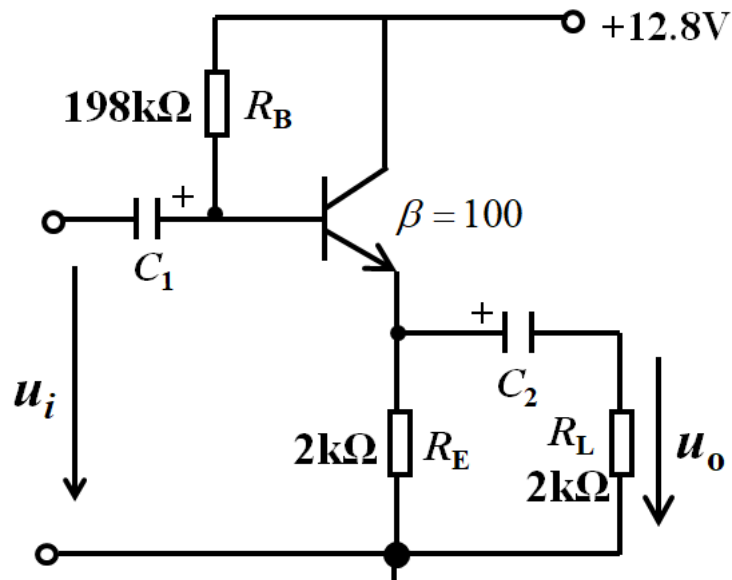
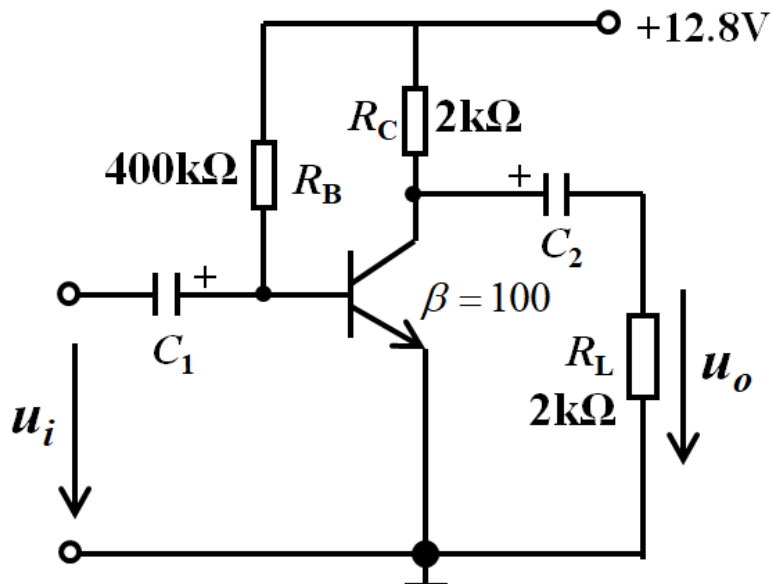


第2题的电路图

## 共发射极放大电路

VS

## 共集电极放大电路



	$A_u$	输入电阻 $r_i$	输出电阻 $r_o$
共射接法	-110	0.91kΩ 太小	2kΩ 太大
共集接法	0.99	有载: $r_i = 67.28\text{k}\Omega$ 空载: $r_i = 100.2\text{k}\Omega$	无 $R_S$ : $r_o = 9\Omega$ 有 $R_S$ : $r_o$ 略大一些

结论1: 共集接法的 $r_i$ 和 $R_L$ 有关, 空载 $r_i >$ 有载 $r_i$

结论2: 共集接法具有极大的 $r_i$ 和极小的 $r_o$  (优点)

共集接法的 $r_o$ 和 $R_S$ 有关