



# 晶体管的微变等效电路

主讲教师：徐瑞东





## 晶体管的微变等效电路

主要内容:

晶体管的微变等效电路的概念；放大电路的微变等效电路。

重点难点:

放大电路的微变等效电路。





## 晶体管的微变等效电路

### 微变等效电路：

把非线性元件晶体管所组成的放大电路等效为一个线性电路。即把非线性的晶体管线性化，等效为一个线性元件。

### 线性化的条件：

晶体管在小信号（微变量）情况下工作。因此，在静态工作点附近小范围内的特性曲线可用直线近似代替。

### 微变等效电路法：

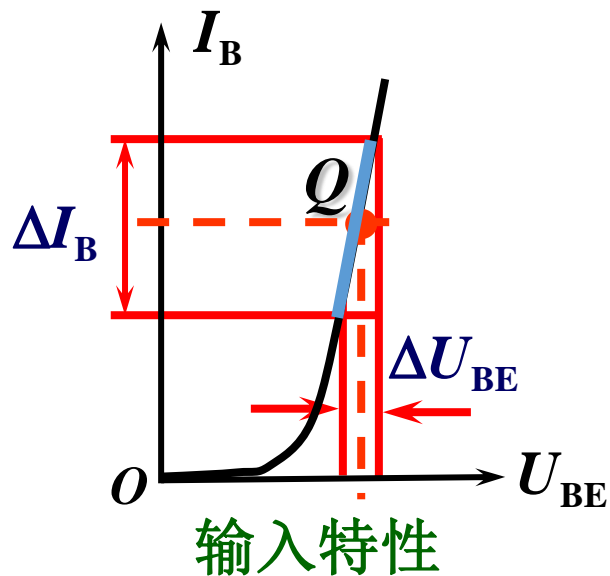
利用放大电路的微变等效电路分析计算放大电路电压放大倍数  $A_u$ 、输入电阻  $r_i$ 、输出电阻  $r_o$  等。



## 1. 晶体管的微变等效电路

晶体管的微变等效电路可从晶体管特性曲线求出。

### (1) 输入回路



当信号很小时，在静态工作点附近的输入特性在小范围内可近似线性化。

晶体管的  
输入电阻

$$r_{be} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} \Big|_{U_{CE}} = \frac{u_{be}}{i_b} \Big|_{U_{CE}}$$

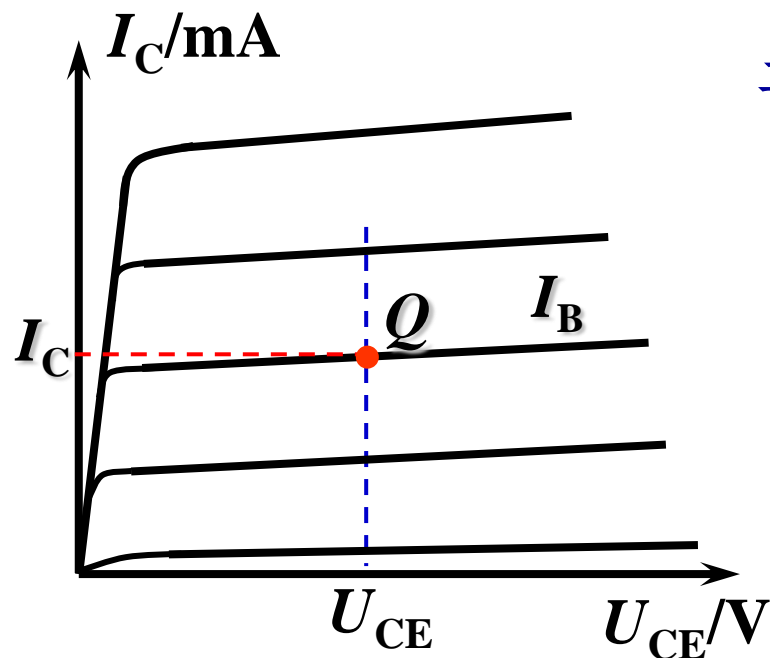
晶体管的输入回路 ( B、E 之间 ) 可用  $r_{be}$  等效代替，即由  $r_{be}$  来确定  $u_{be}$  和  $i_b$  之间的关系。

对于小功率晶体管：

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

$r_{be}$  一般为几百欧到几千欧。

## (2) 输出回路



输出特性

输出特性在线性工作区是一组近似等距的平行直线。

晶体管的电流放大系数  $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \bigg|_{U_{CE}} = \frac{i_c}{i_b} \bigg|_{U_{CE}}$

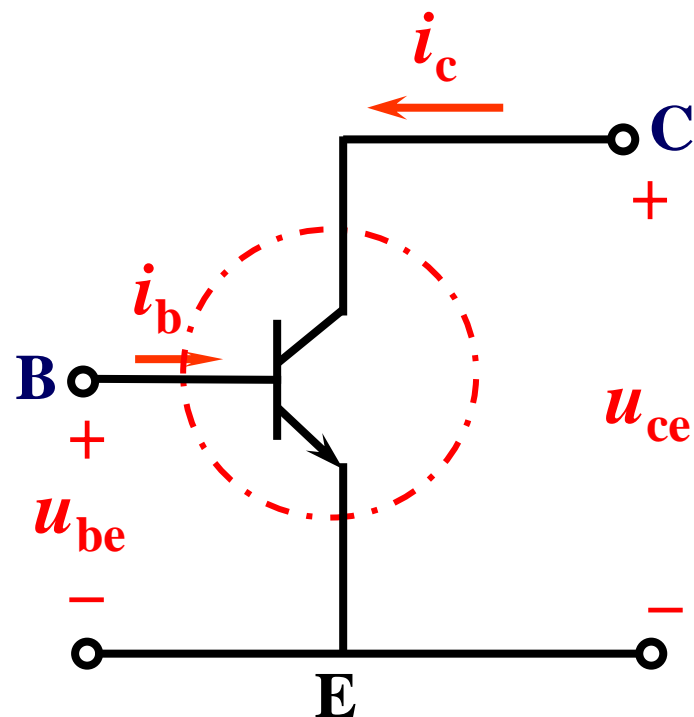
晶体管的输出回路(C、E 之间)可用一受控电流源  $i_c = \beta i_b$  等效代替，即由  $\beta$  来确定  $i_c$  和  $i_b$  之间的关系。

$\beta$ 一般在20~200之间，在手册中常用  $h_{fe}$  表示。

晶体管的输出电阻  $r_{ce} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} \bigg|_{I_B} = \frac{u_{ce}}{i_c} \bigg|_{I_B}$

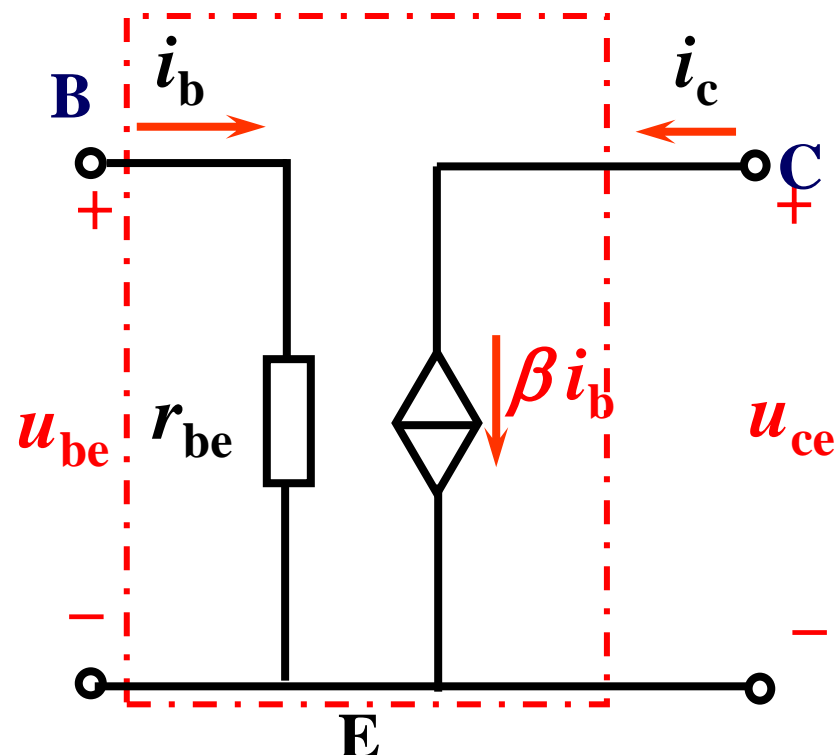
$r_{ce}$ 愈大，恒流特性愈好  
因 $r_{ce}$ 阻值很高，一般忽略不计。

晶体管



晶体管的B、E之间可用  
 $r_{be}$ 等效代替。

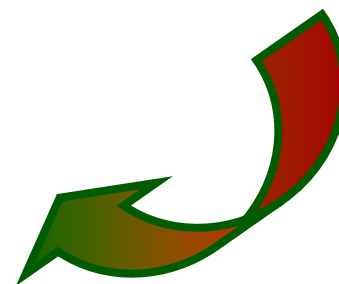
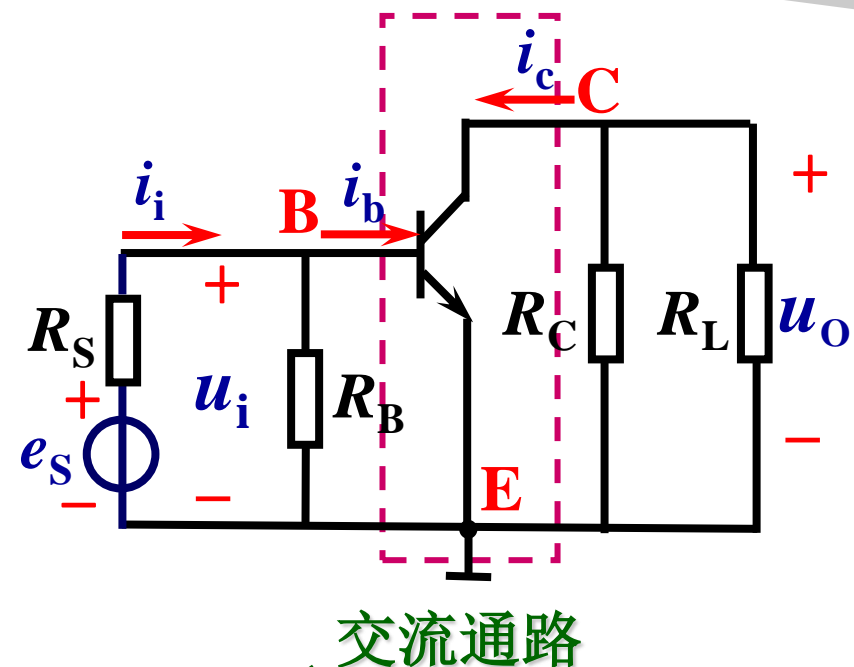
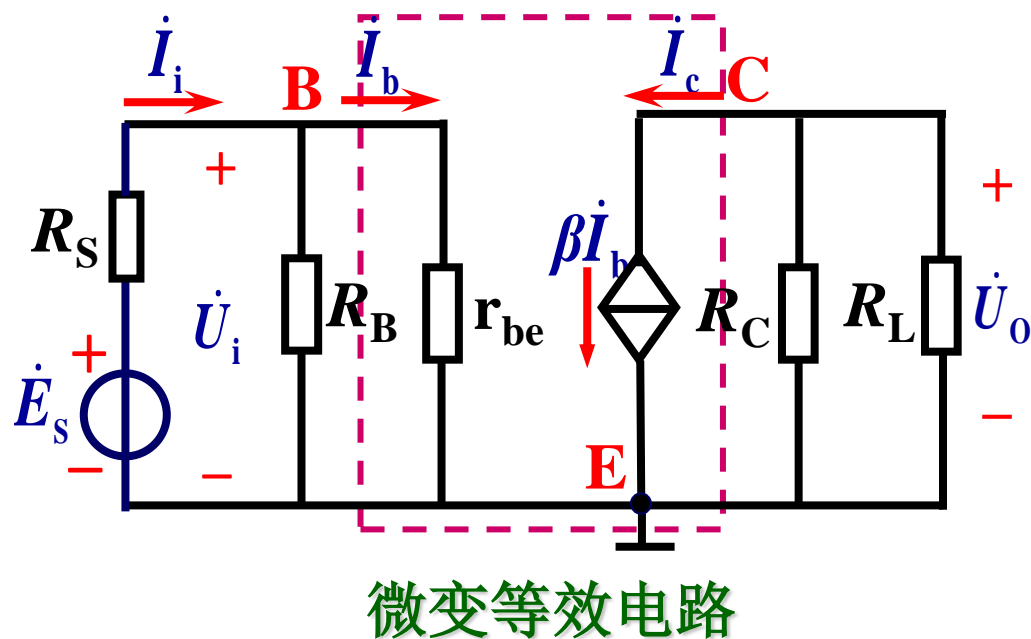
微变等效电路



晶体管的C、E之间可用一受控  
电流源  $i_c = \beta i_b$  等效代替。

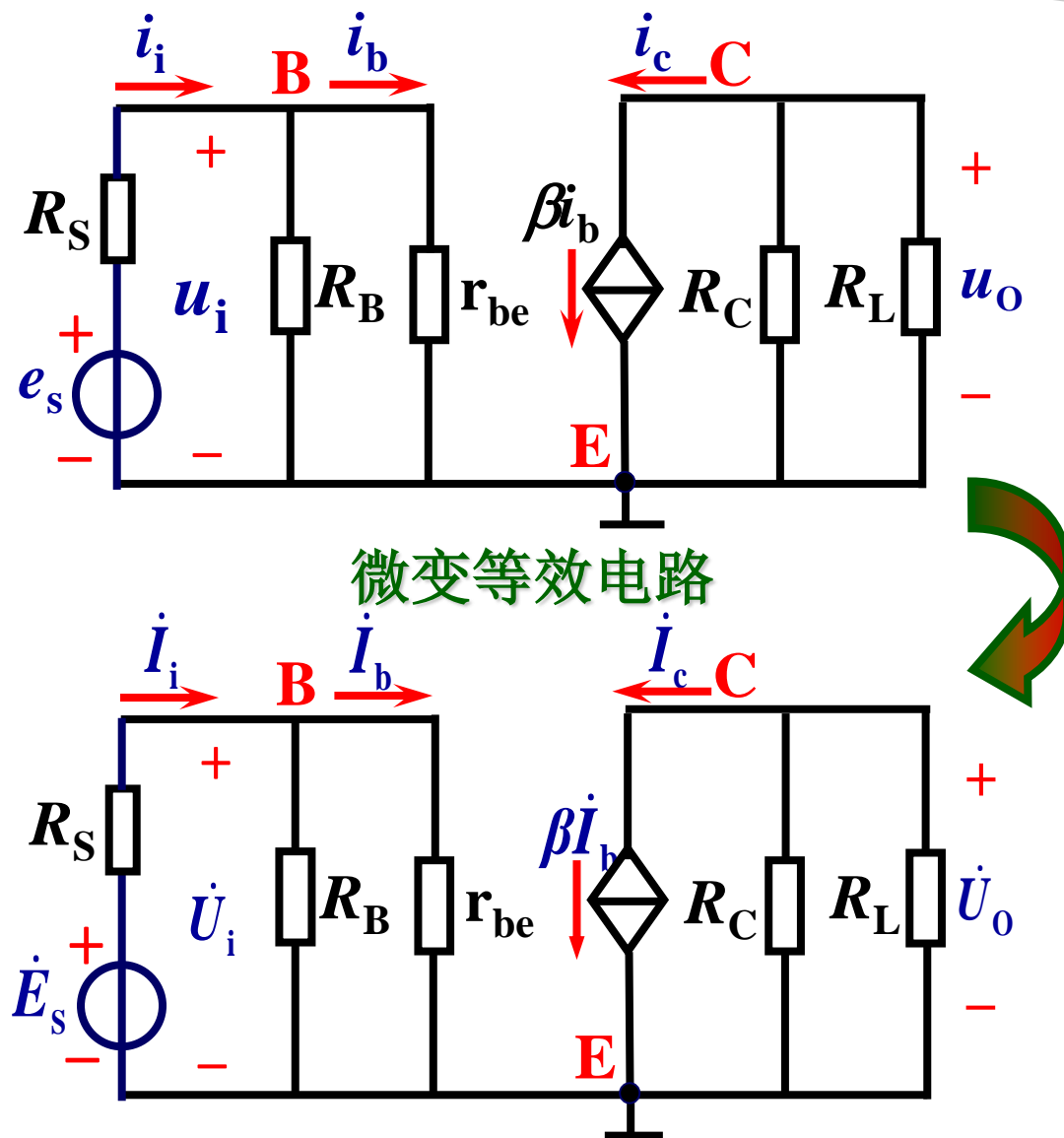
## 2. 放大电路的微变等效电路

将交流通路中的晶体管用晶体管微变等效电路代替即可得放大电路的微变等效电路。



将交流通路中的晶体管用晶体管微变等效电路代替即可得放大电路的微变等效电路。

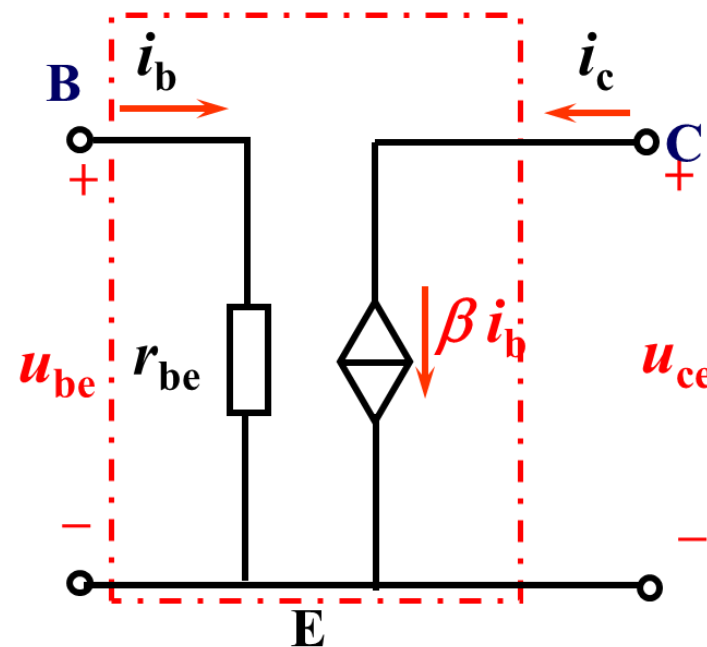
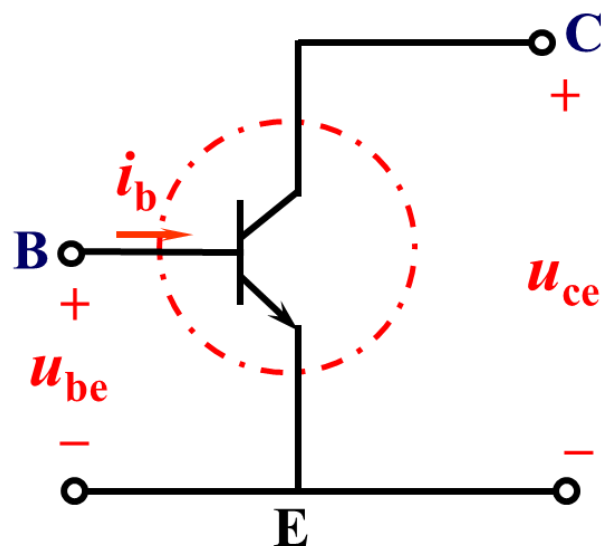
分析时假设输入为正弦交流，所以等效电路中的电压与电流可用相量表示。





## 小 结

### 1. 晶体管的微变等效电路



### 2. 放大电路的微变等效电路