



# 数字电路

2

数字基础和逻辑门

3

逻辑代数

4

组合逻辑电路

5

双稳态触发器及应用

6

单稳无稳和555定时器

7

时序逻辑分析和设计

8

常用时序逻辑电路

13

模拟量和数字量的转换



# 第九章 分立元件放大电路

- 9.1 放大概述
- 9.2 放大电路的组成和工作原理
- 9.3 放大电路的分析方法
- 9.4 常用单管放大电路
- 9.5 多极放大和其它\*



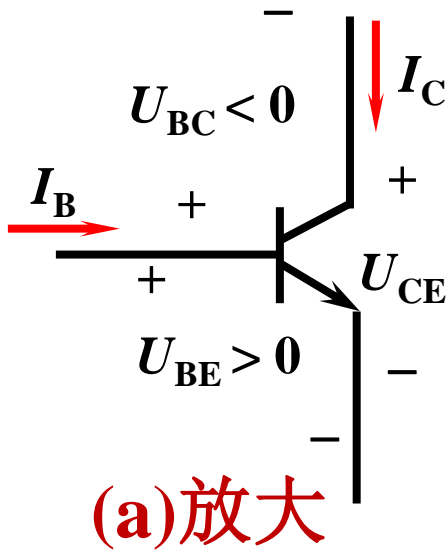
## 第9章作业

**P222:**

- 1. 9.3放大电路分析方法（静态+动态）**
- 2. 9.5 放大电路性能指标和参数的关系**



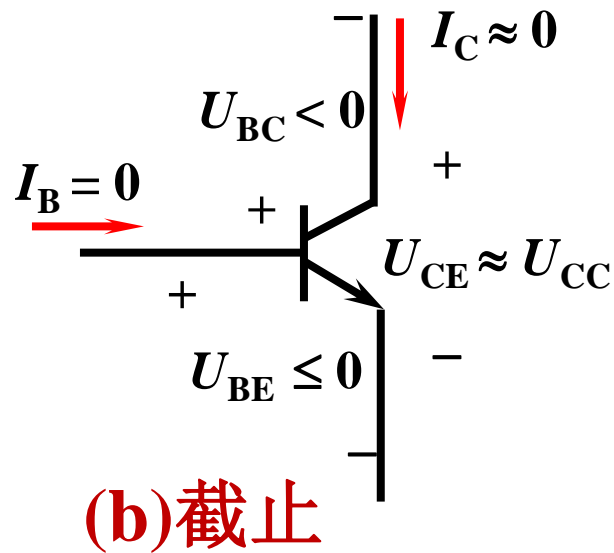
# 晶体管三种工作状态



$$I_C = \beta I_B$$

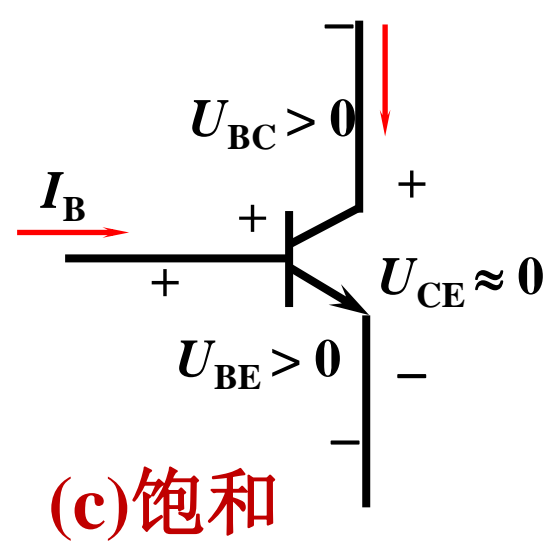
$$\text{且 } \Delta I_C = \beta \Delta I_B$$

模拟电路



$$I_C \approx 0$$

发射极和集电极之间如同开关断开，电阻很大。



$$U_{CE} \approx 0$$

发射极和集电极之间如同开关接通，电阻很小

数字电路



例:  $\beta = 50$ ,  $U_{SC} = 12V$   $R_B = 70k\Omega$ ,  
 $R_C = 6k\Omega$  当  $U_{SB} = -2V$ ,  $2V$ ,  $5V$  时,  
晶体管处于何种工作状态?

解1: 当  $U_{SB} = -2V$  时:

$$I_B = 0, \quad I_C = 0$$

截止

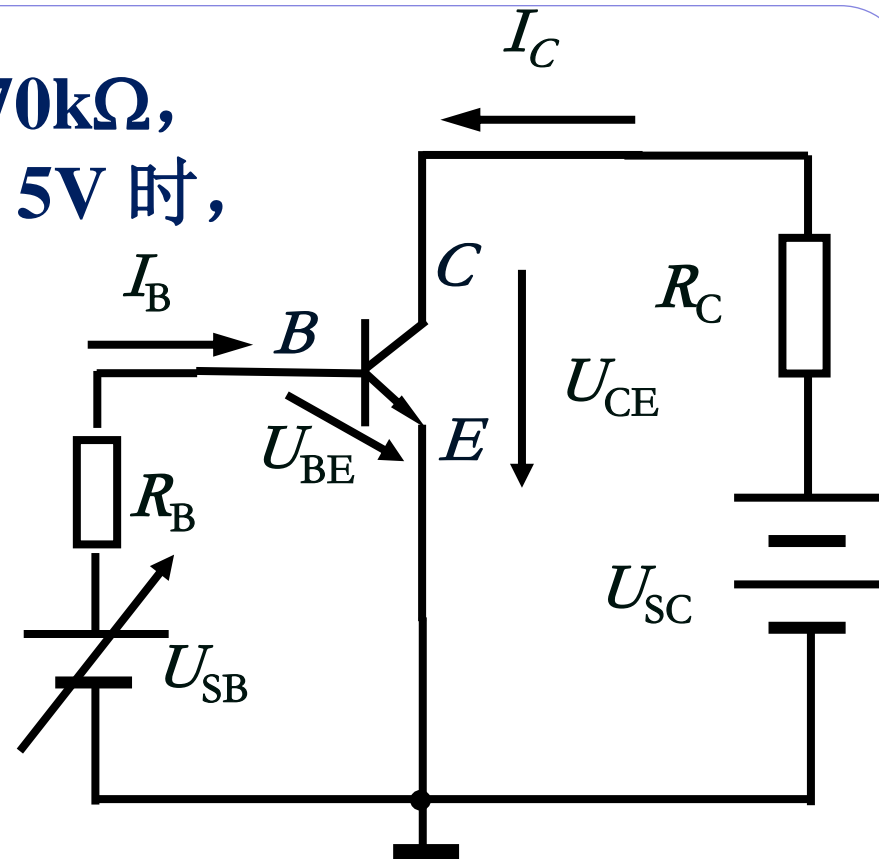
当  $U_{SB} = 2V$  时:

$$I_B = \frac{U_{SB} - U_{BE}}{R_B} = \frac{2 - 0.7}{70} = 19\mu A$$

假定在放大区  $I_C = \beta I_B = 50 * 19 = 950\mu A = 0.95mA$

$$U_{CE} = U_{SC} - I_C R_C = 12 - 6 * 0.95 \approx 6V$$

$U_{CE} > U_{BE}$  假定成立 放大





当  $U_{SB} = 5V$  时:

$$I_B = \frac{5 - 0.7}{70} = 62 \mu A$$

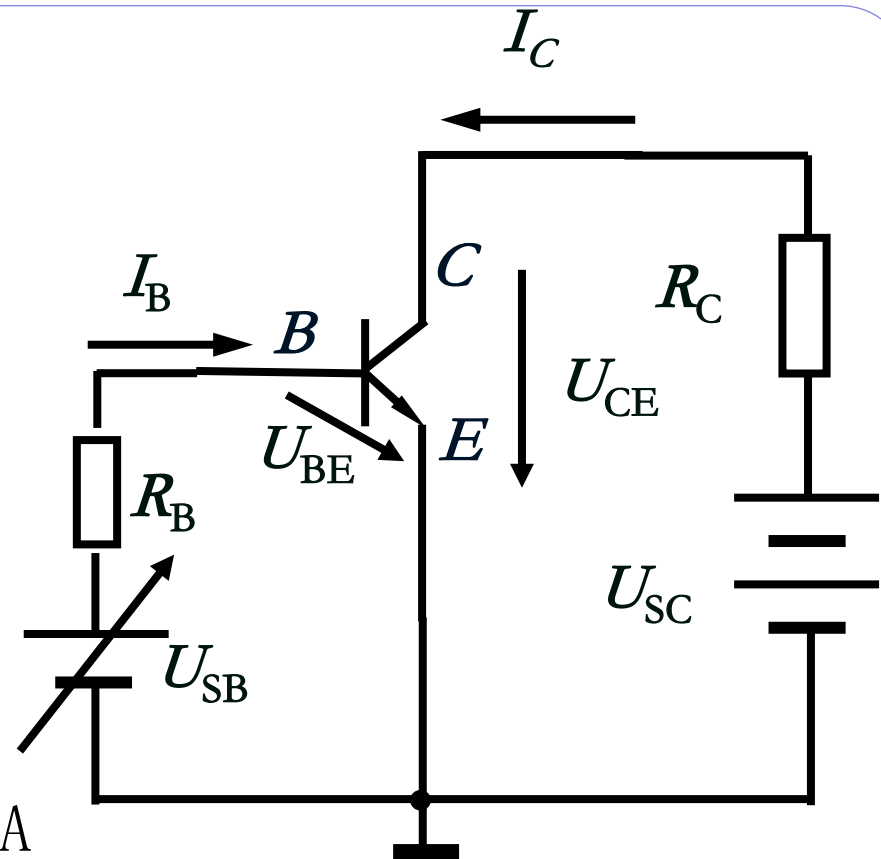
假定在放大区

$$I_C = \beta I_B = 50 * 62 = 3.1 mA$$

$$U_{CE} = U_{SC} - I_C R_C = 12 - 6 * 3.1 < 0V$$

$$U_{CE} < U_{BE}$$

假定不成立 饱和





**解2: 先算 $I_C$  最大值**

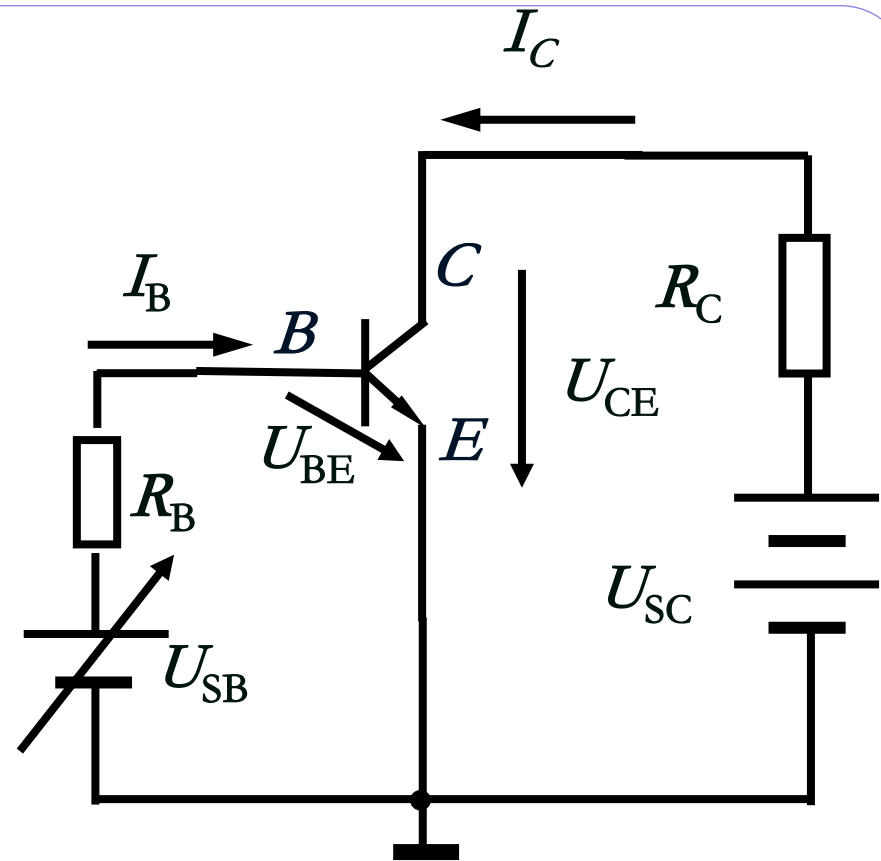
$$I_{C_{\max}} \approx \frac{U_{SC}}{R_C} = \frac{12}{6} = 2\text{mA}$$

**算临界饱和时电流 $I_B$**

$$I_B' \approx \frac{2\text{mA}}{50} = 40\mu\text{A}$$

当  $U_{SB} = 2\text{V}$  时  $I_B = 19\mu\text{A} < 40\mu\text{A}$  **放大**

当  $U_{SB} = 5\text{V}$  时  $I_B = 62\mu\text{A} > 40\mu\text{A}$  **饱和**





## § 9.1 放大概述

**放大：把微弱变化的信号放大成较大变化的信号**



用小能量信号，借助于晶体管的电流控制作用，把放大电路中直流电源的能量转化成交流能量输出。





放大的前提: 不失真

放大的对象: 变化的量

放大的本质: 能量的控制和转换

放大的目的: 将微弱的变化信号放大  
成较大的信号

放大的基本特征: 实现功率放大



**在放大电路中，能够控制能量的元件称为有源元件，如晶体管和场效应管**

**由于任何稳态信号均可分解为若干频率的正弦波的叠加，故放大电路常以正弦波信号作为测试信号。**

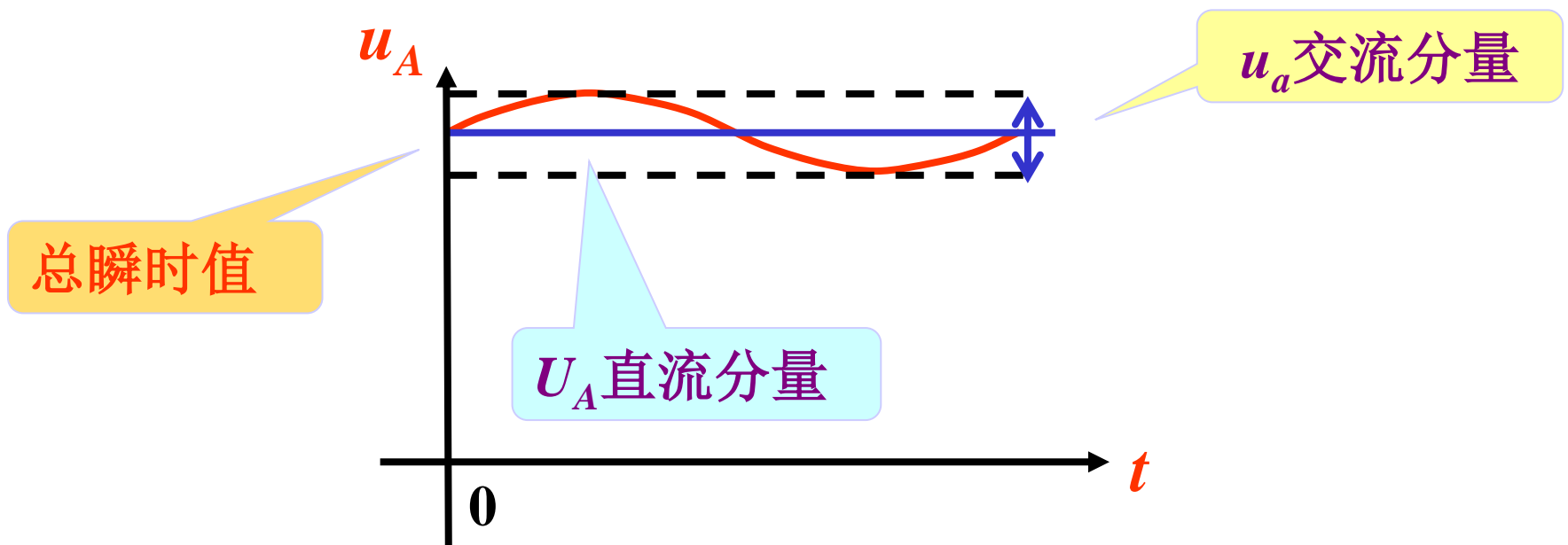


# 放大电路中电压和电流的符号

$u_A$  全量

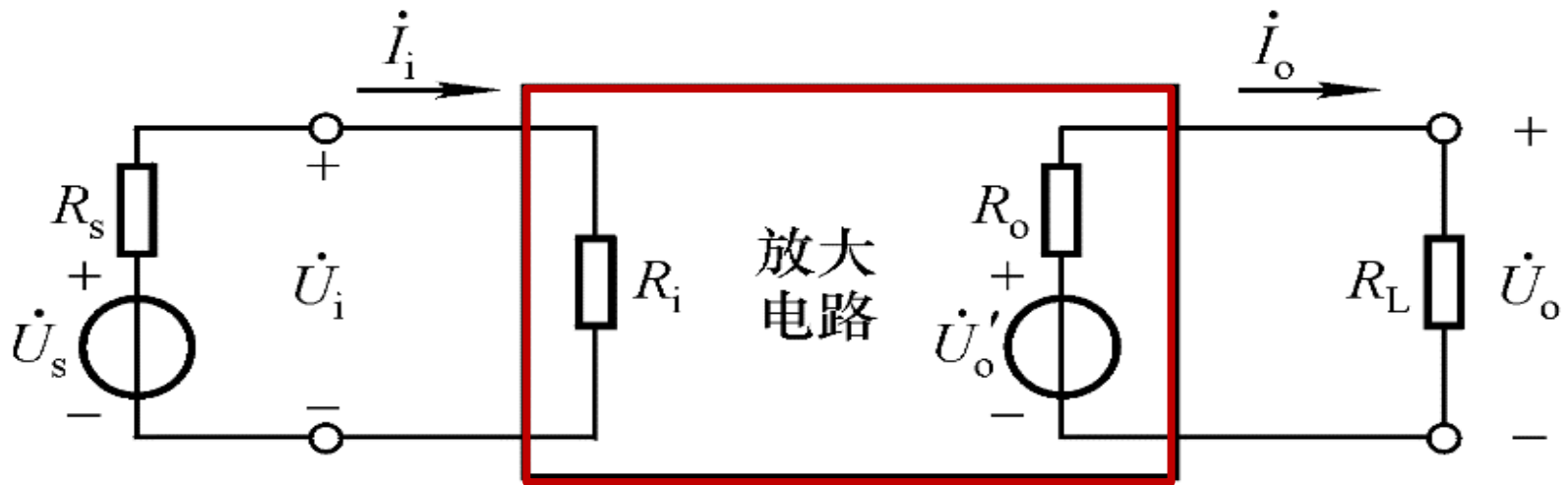
$U_A$  直流分量

$u_a$  交流分量





## 放大电路的主要技术指标



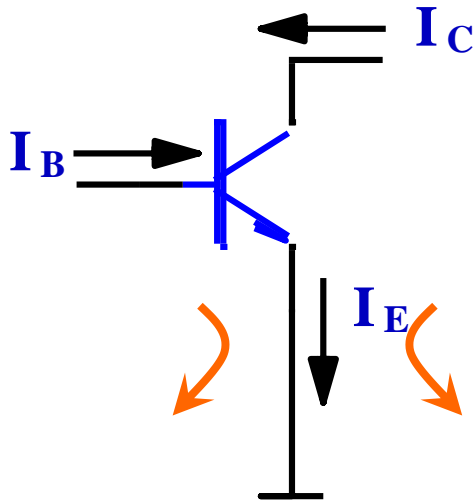
电压放大倍数:  $A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}$

输入电阻:  $R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i}$

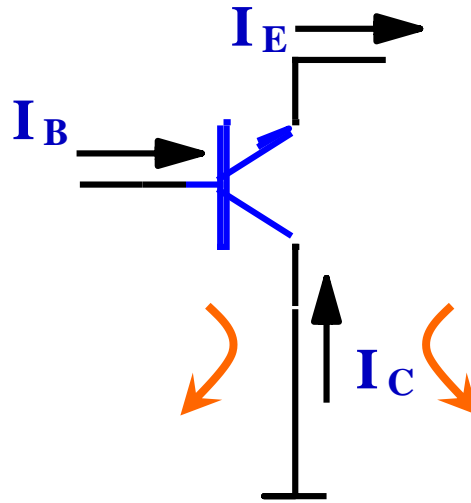
输出电阻:  $R_o$



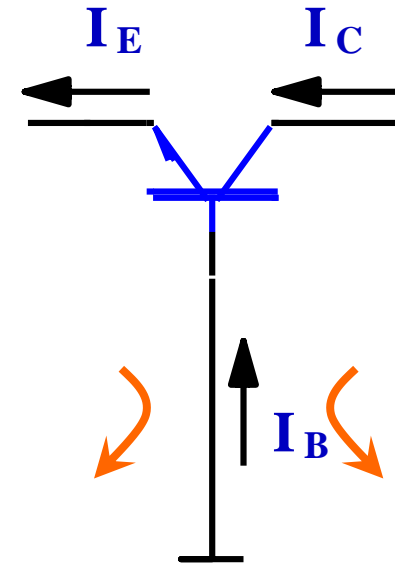
## 晶体管放大电路的三种接法



共射接法



共集接法



共基接法

以共射放大器为例讲解工作原理

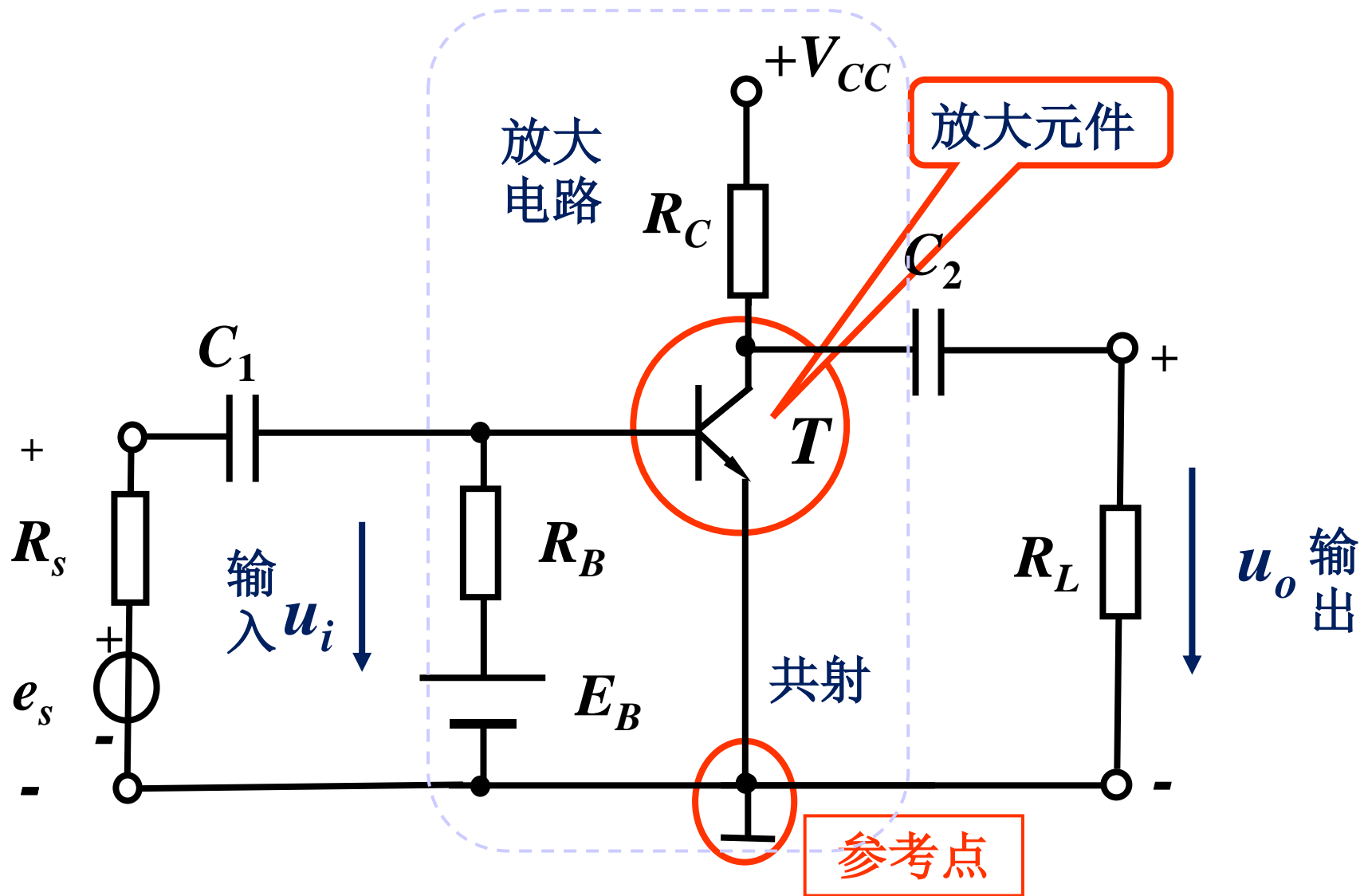


# § 9.2 放大电路的组成和工作原理

以共发射极放大电路为例分析

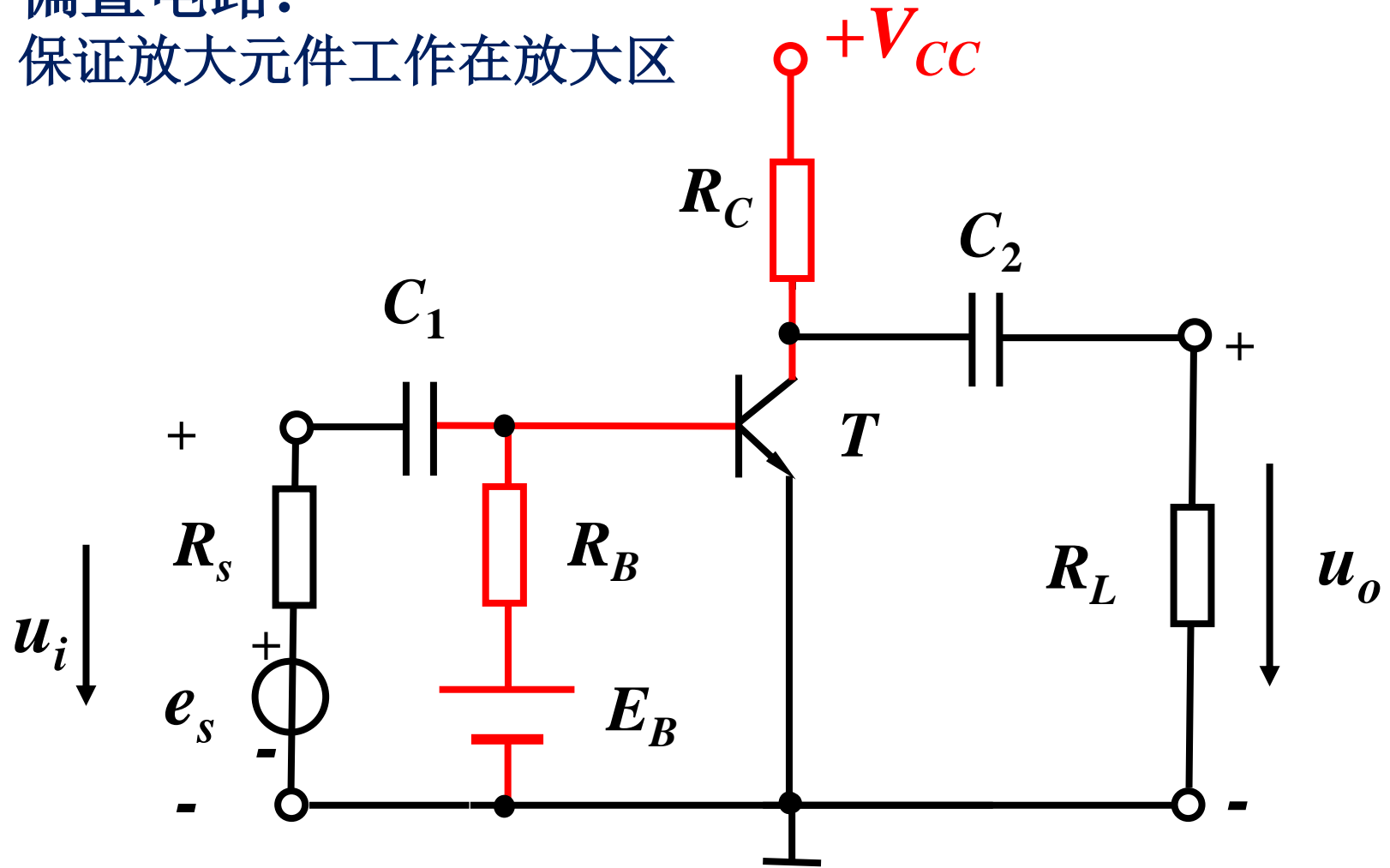


# 一、放大电路的组成





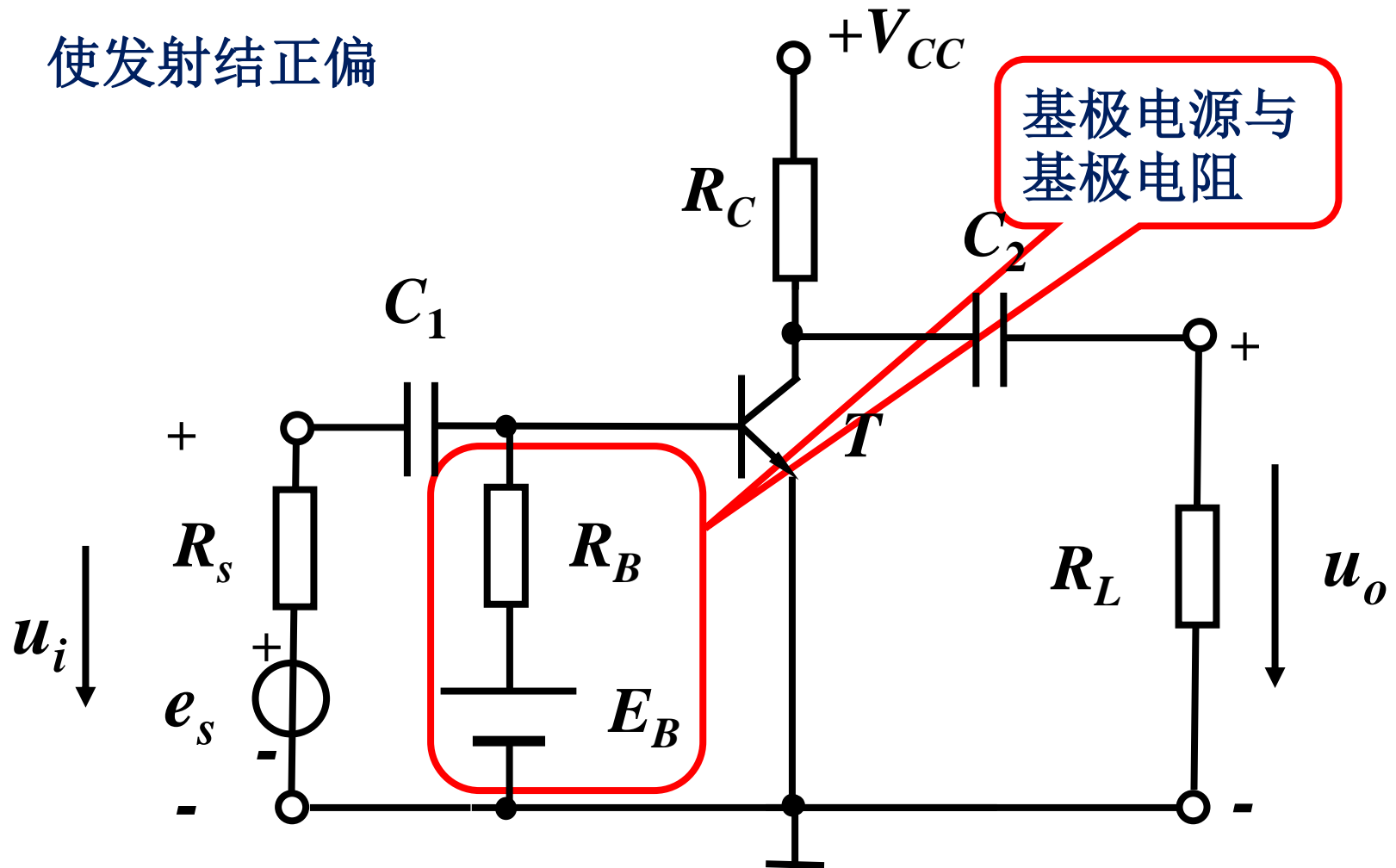
# 偏置电路： 保证放大元件工作在放大区







使发射结正偏



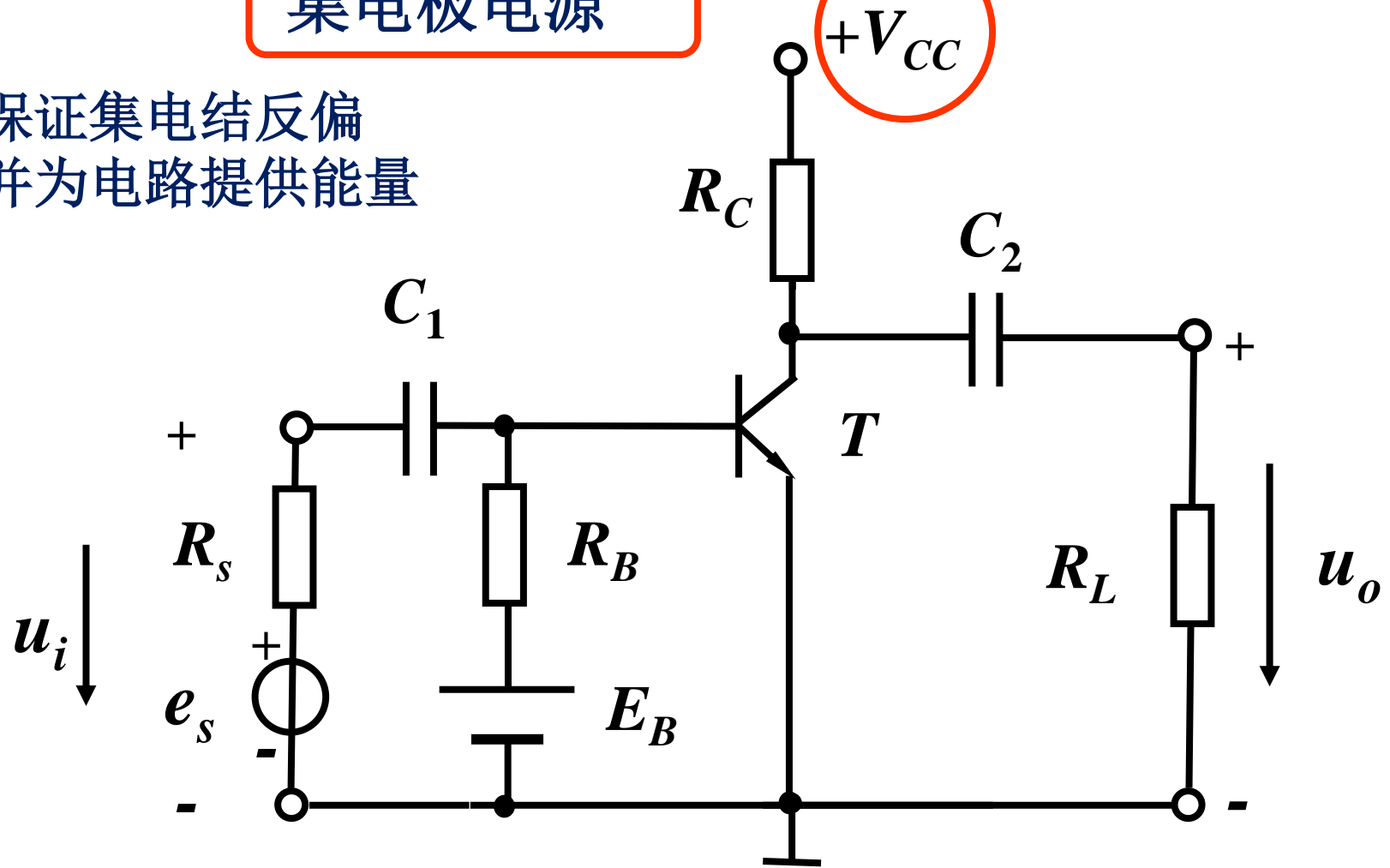
基极电阻一般为几十千欧~几百千欧



集电极电源

一般几伏~几十伏

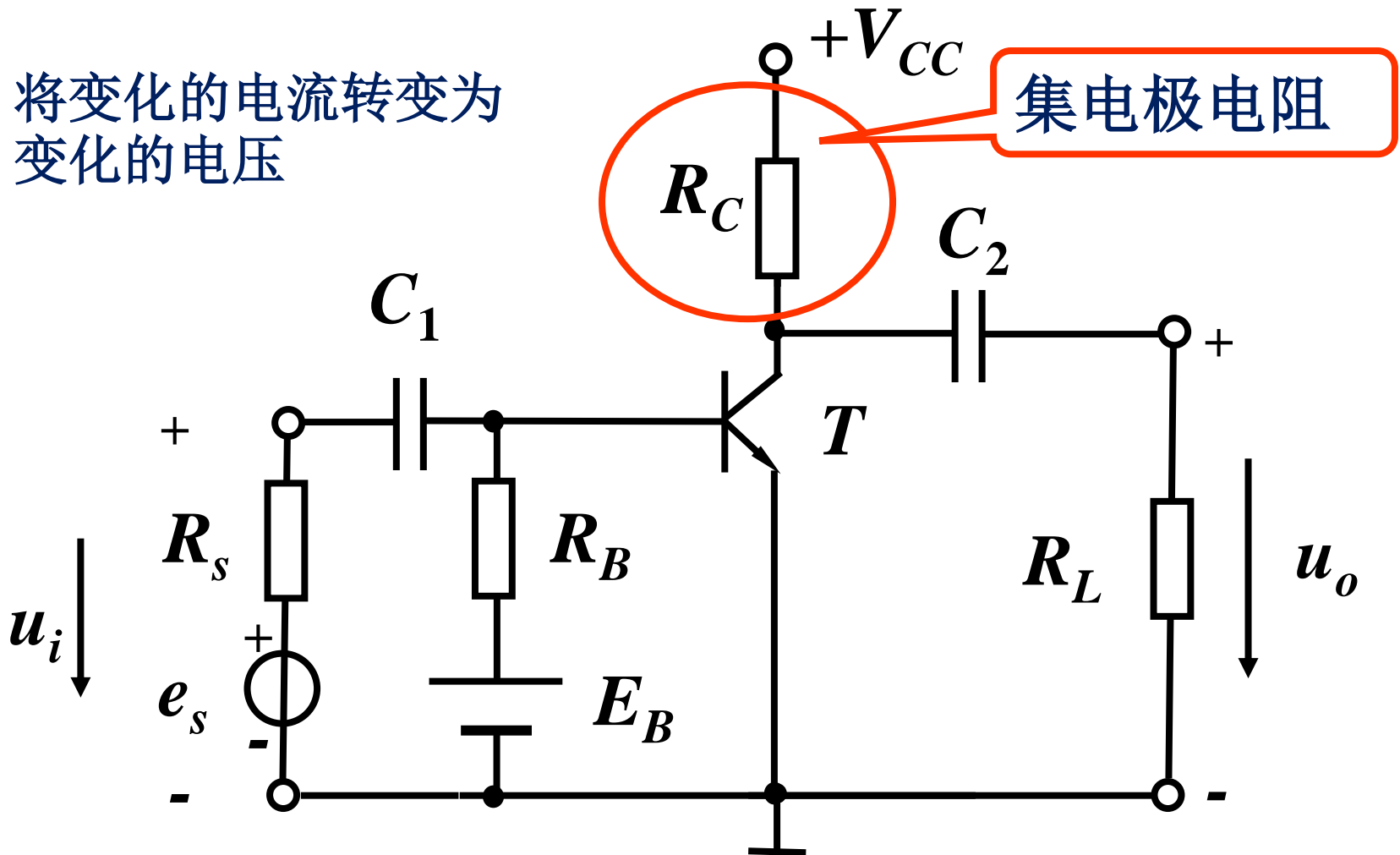
保证集电结反偏  
并为电路提供能量





## 几千欧~几十千欧

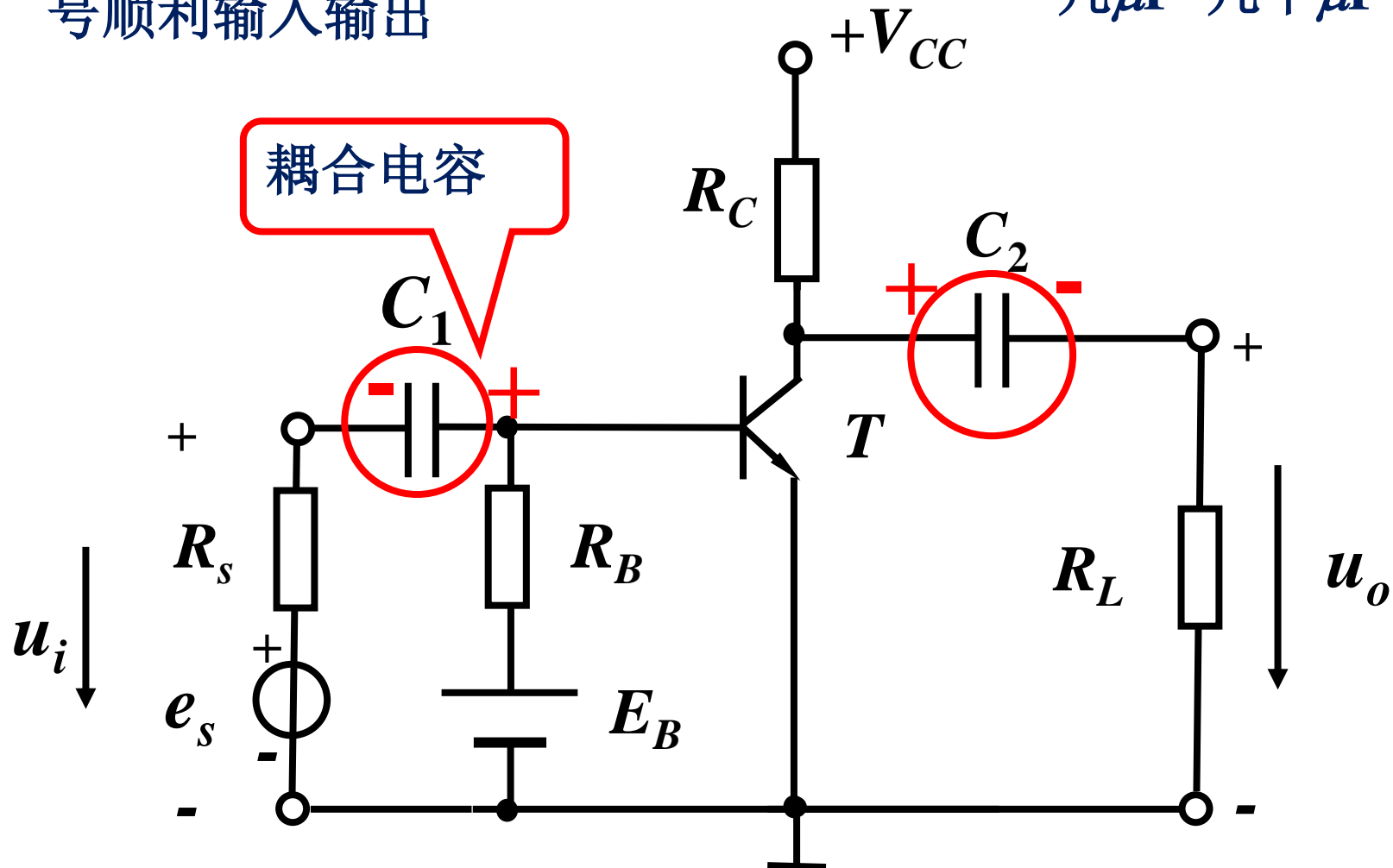
将变化的电流转变为  
变化的电压





隔离输入输出与电路直  
流的联系，同时能使信  
号顺利输入输出

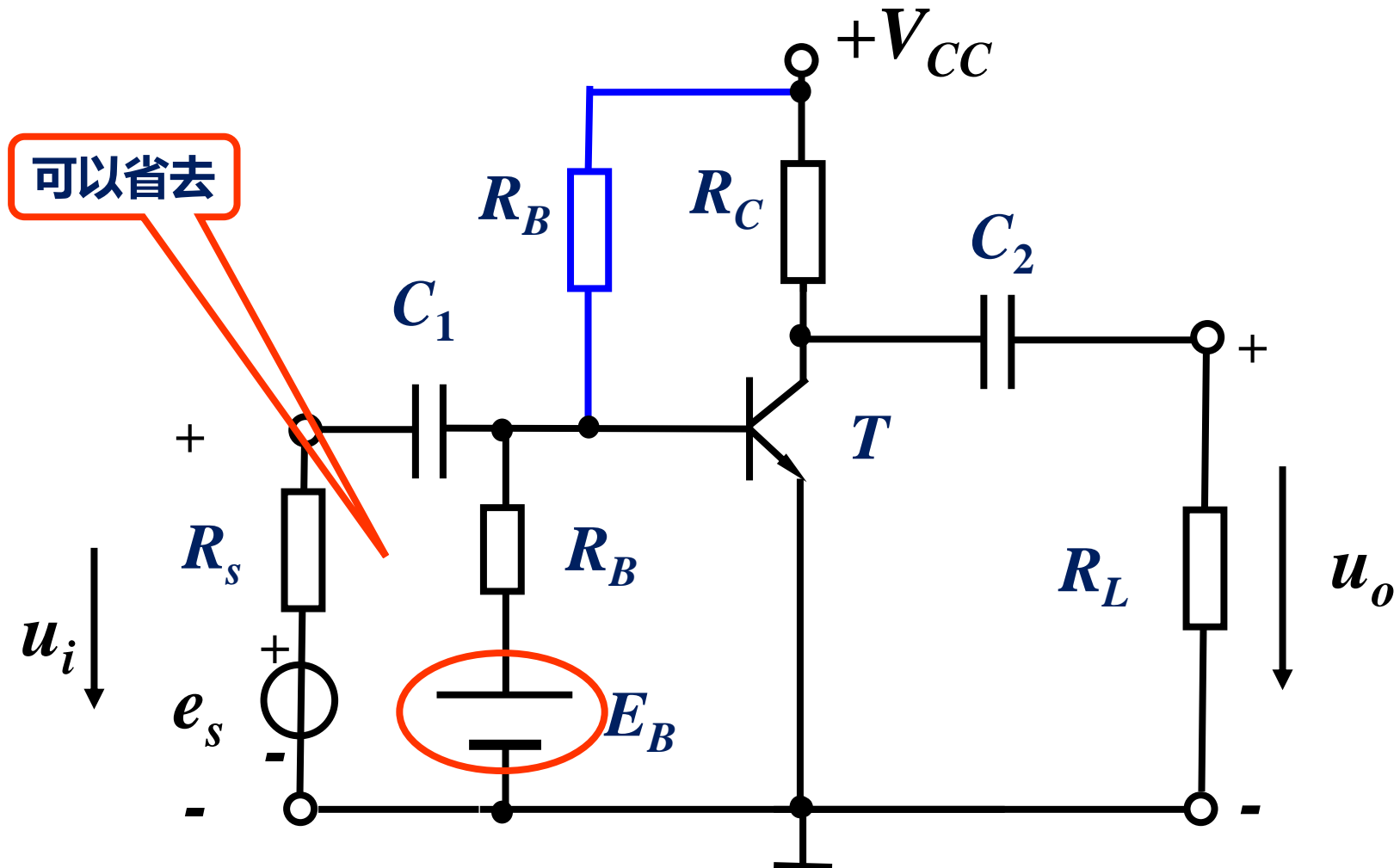
常为电解电容，  
几 $\mu\text{F}$ ~几十 $\mu\text{F}$





电路改进：采用单电源供电

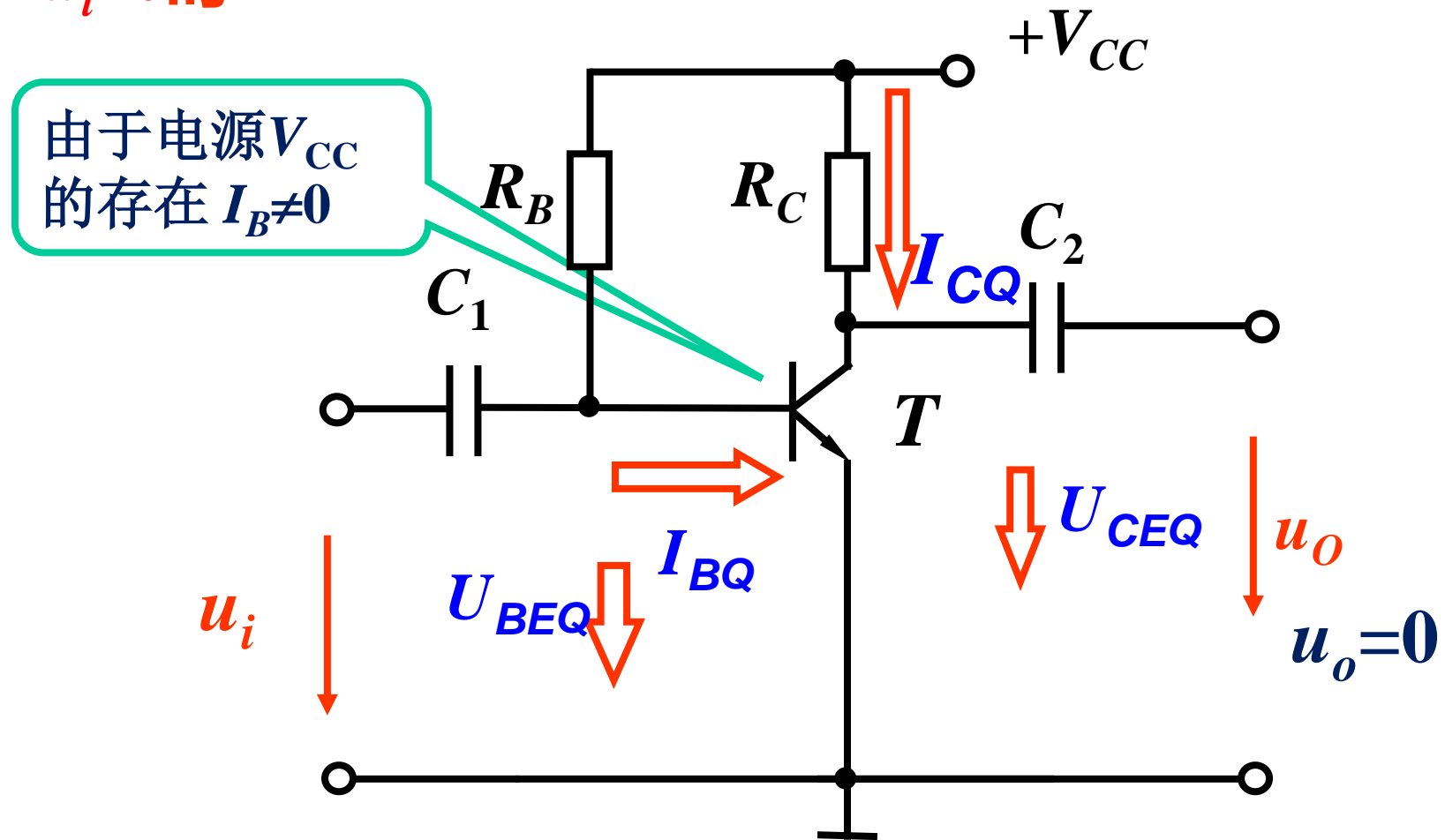
常见的单管共射电路





## 二、放大电路的工作原理

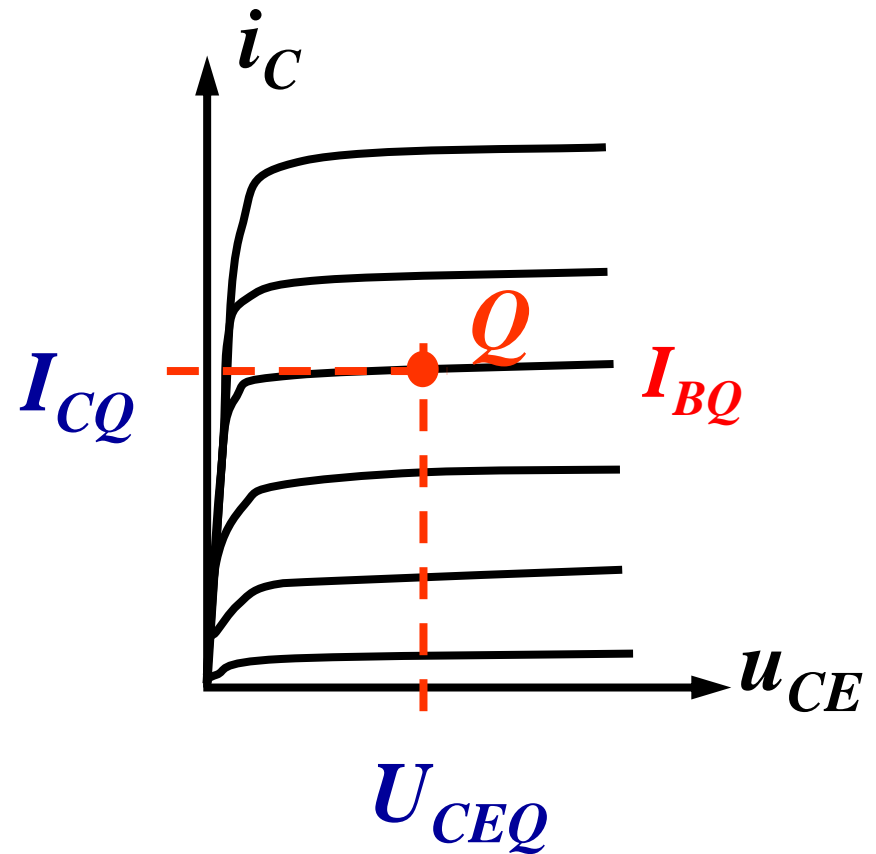
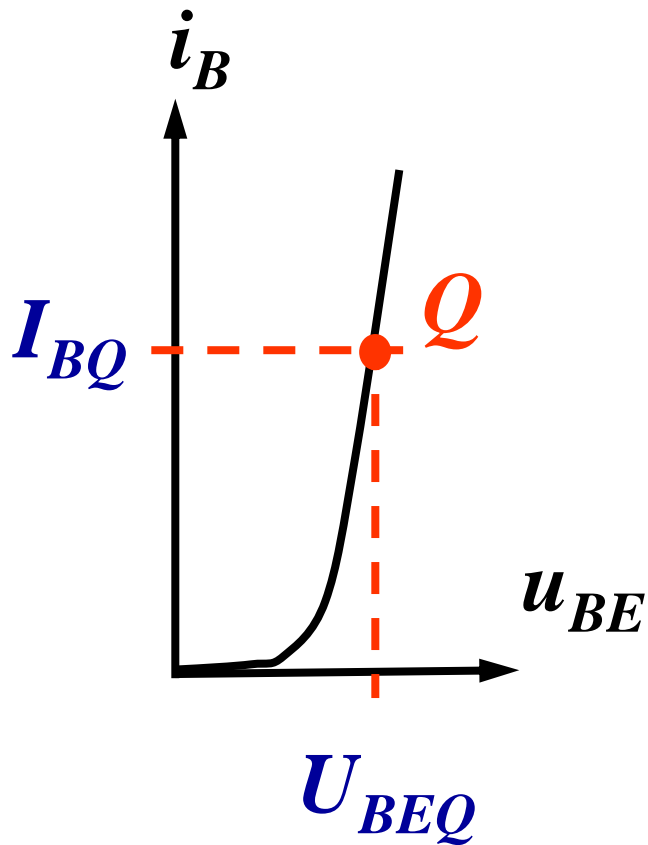
$u_i=0$ 时



电路中各电量不随时间变化，称为静态

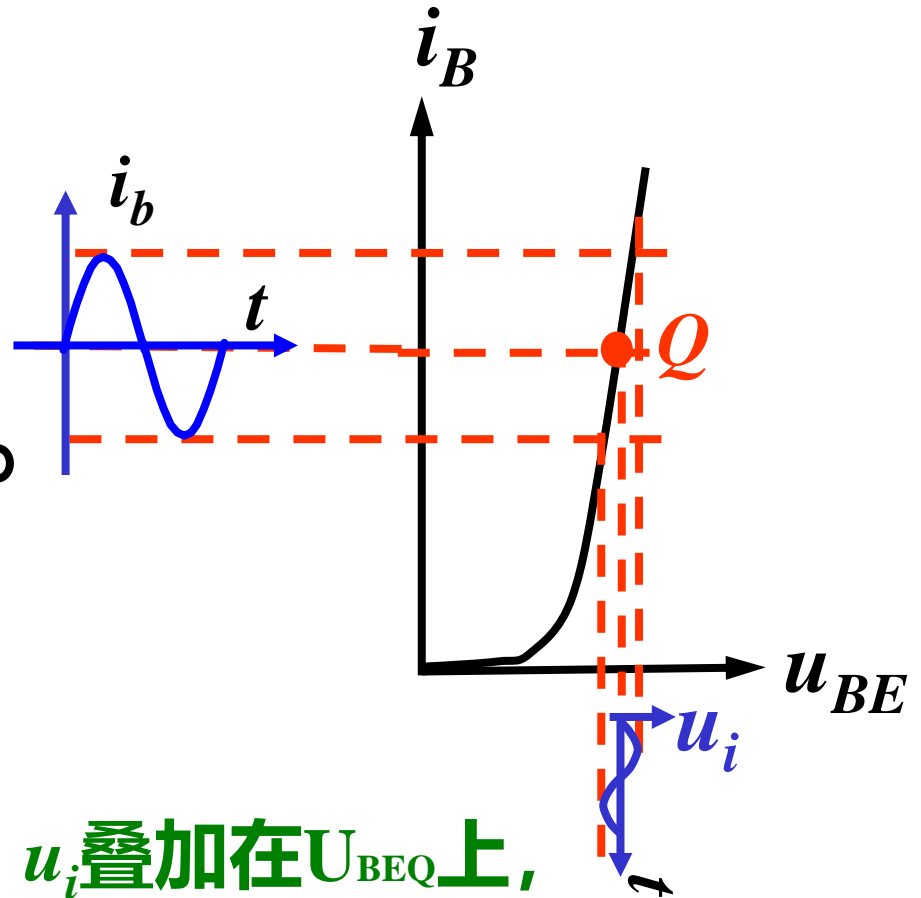
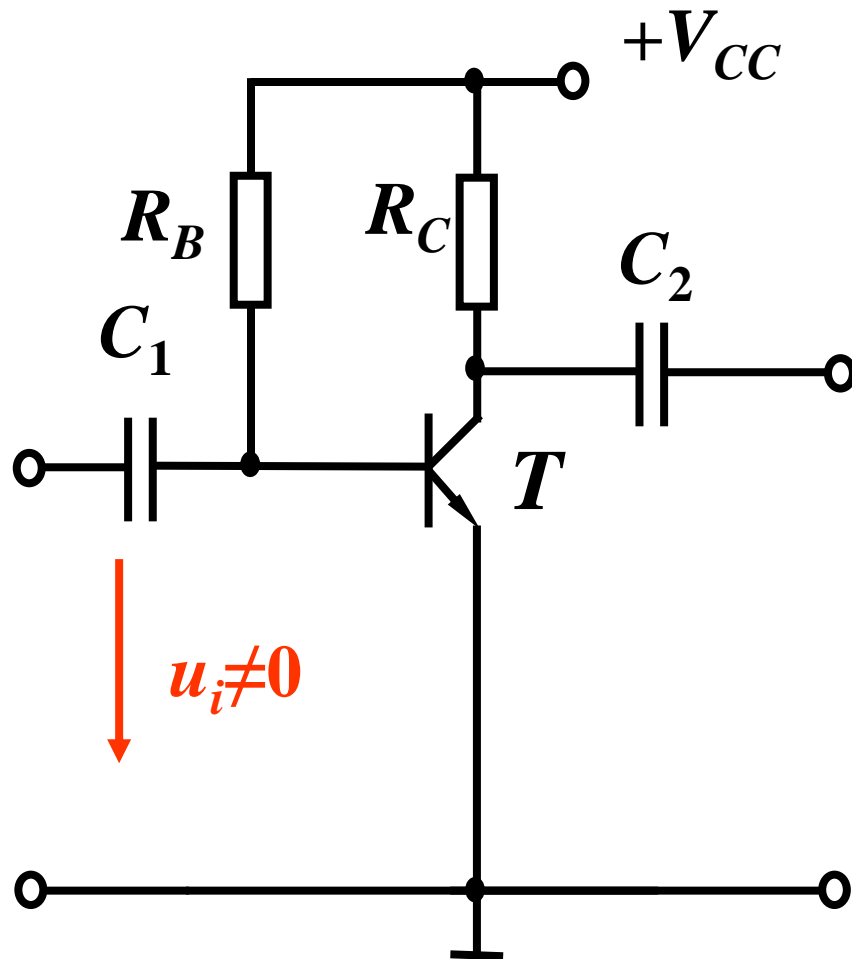


$(I_{BQ}, U_{BEQ})$  和  $(I_{CQ}, U_{CEQ})$  分别对应于输入输出特性曲线上的一个点,称为静态工作点





$u_i \neq 0$  时

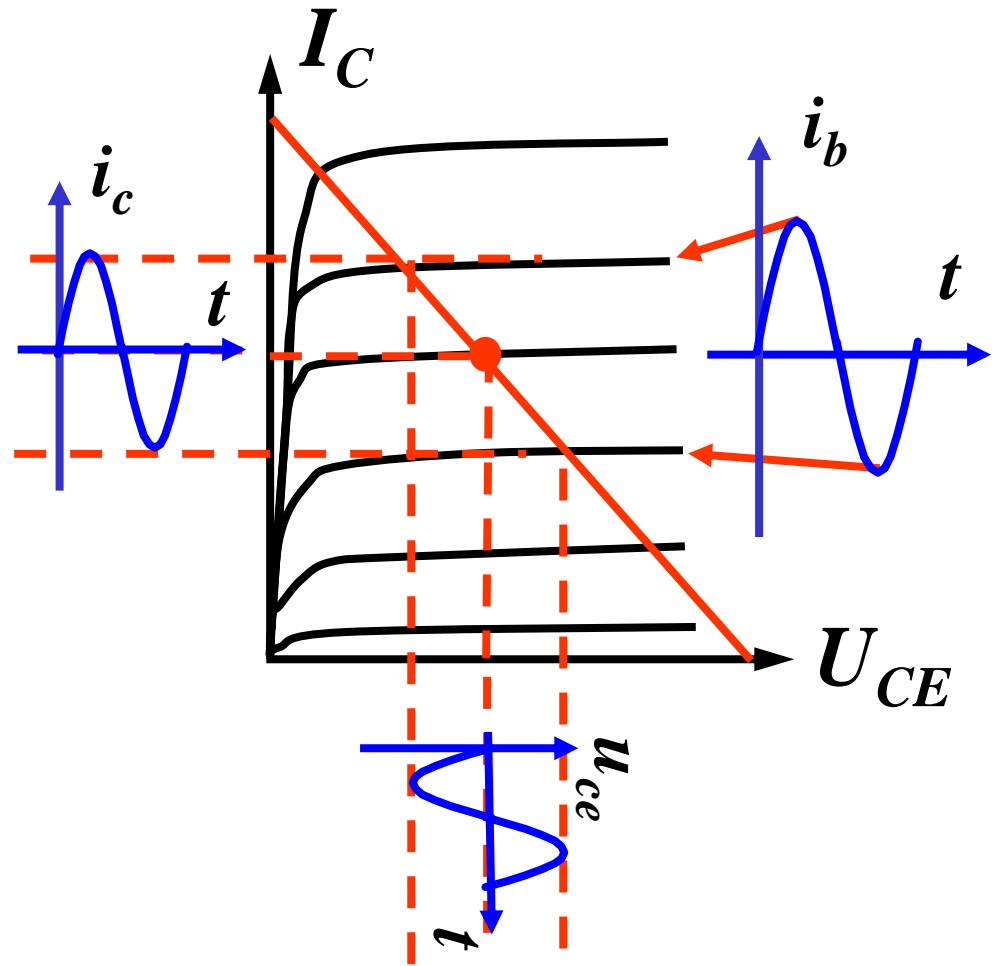
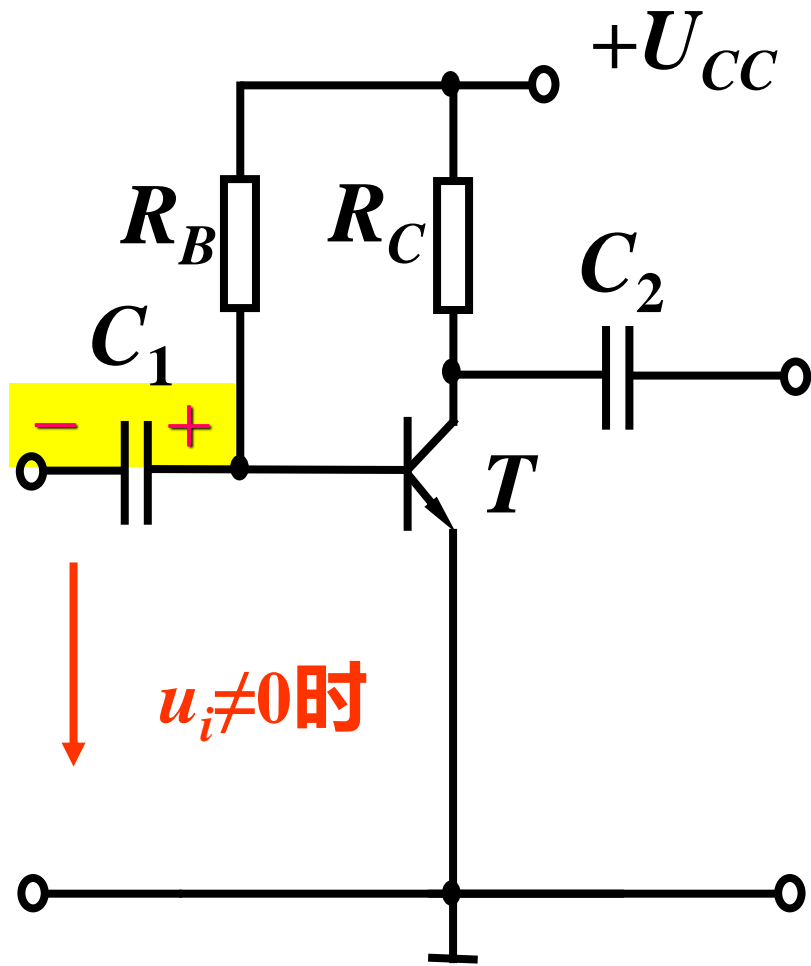


$u_i$  叠加在  $U_{BEQ}$  上,

引起  $u_{BE}$  微小的变化

引起  $i_B$  的变化



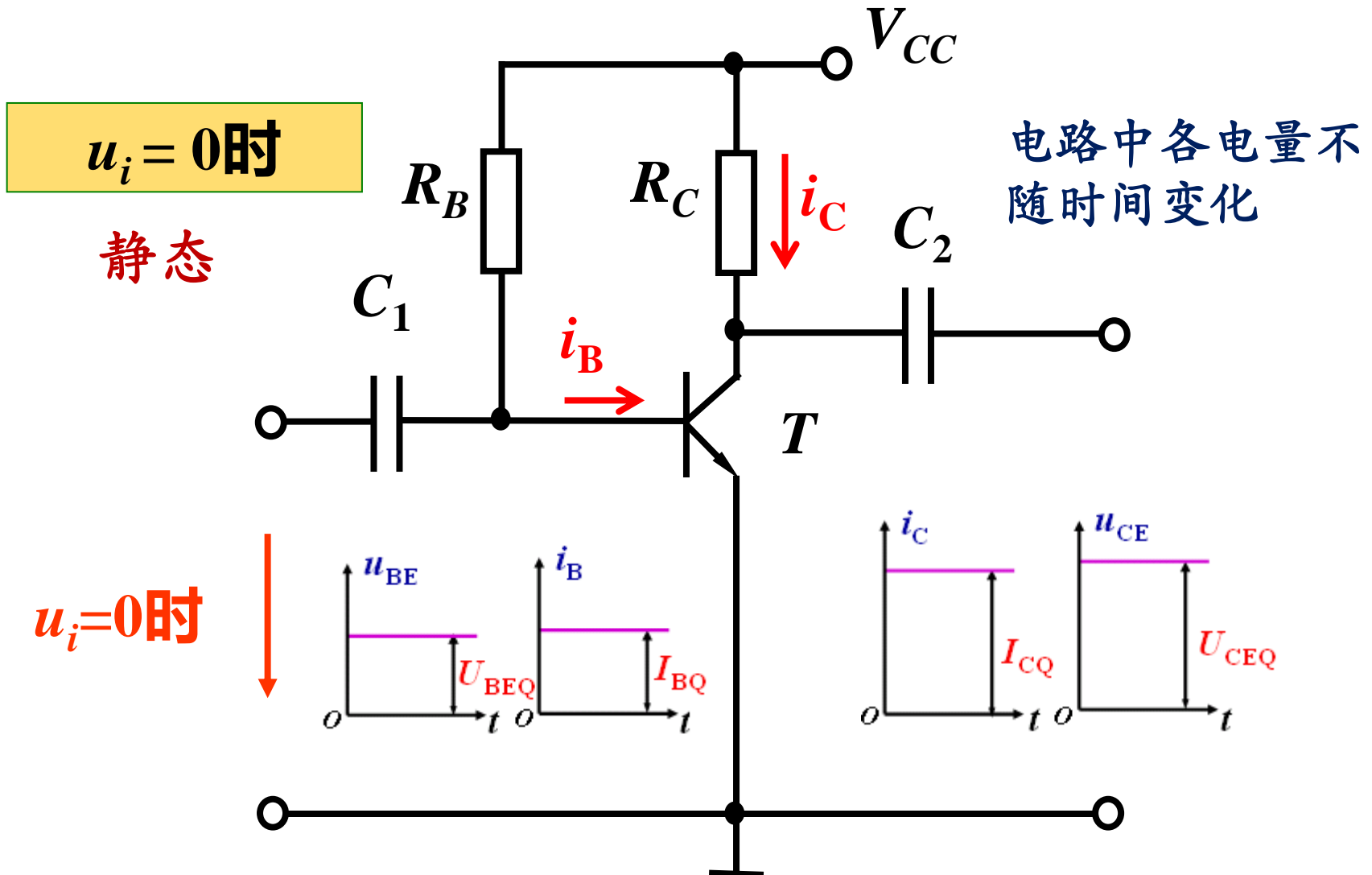


$u_{CE}$  怎么变化 沿一条直线变化

Department  $u_{CE} = U_{CC} - i_C R_C$



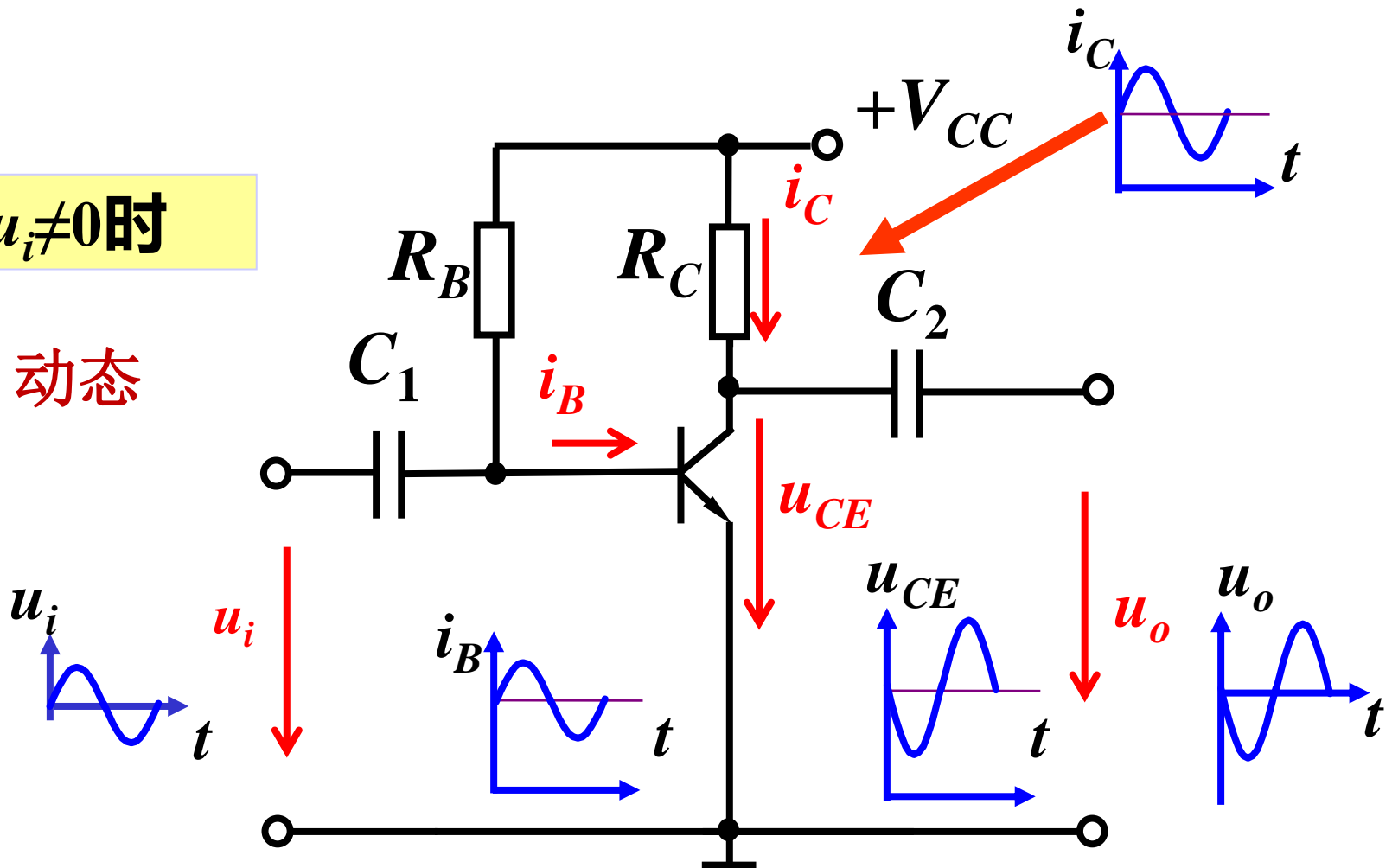
## 放大电路工作原理小结





$u_i \neq 0$  时

动态



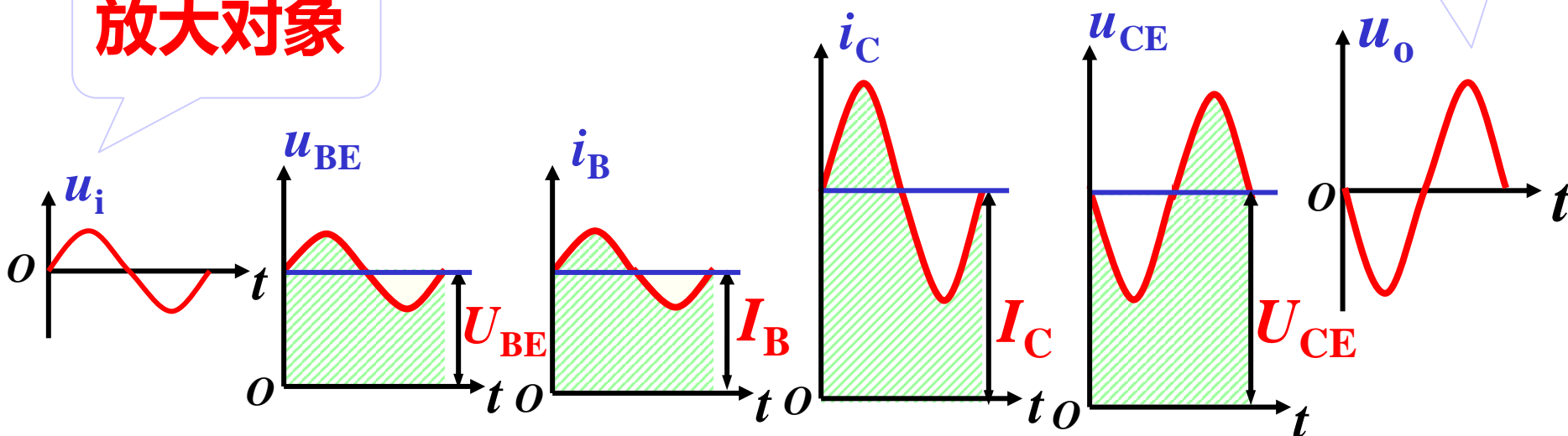
- 输出电压和输入电压反相
- 若参数选取得当，输出电压可比输入电压大很多

动态是建立在静态的基础之上!

外加输入信号输入后，各电流和电压的大小均发生了变化，但均是在直流量的基础上变化

放大后的  
输出

放大对象



放大电路分析：求解已知电路参数、给定输入情况下各处电流和电压的响应

放大电路中,被放大的信号为 ( )

- ☐ A 电压源的电压
- ☐ B 电压源的电流
- ☒ C 交流信号源

提交

放大电路中的输出的能量主要来自（ ）

- ☐ A 晶体管
- ☐ B 交流信号源
- ☒ C 直流电源 $V_{CC}$

提交

静态工作点是\_\_\_\_\_作用时晶体管的电压电流值。

- ☐ A 输入信号单独
- ☒ B 直流电源单独
- ☐ C 输入信号和直流电源共同

提交