



# 多级放大器

主讲教师：徐瑞东





# 多级放大器

## 主要内容:

多级放大电路的概念及其耦合方式；阻容耦合多级放大电路的静态分析和动态分析。

## 重点难点:

阻容耦合多级放大电路的静态分析和动态分析。



## 多级放大器



多级放大电路的框图

### 1. 耦合方式

信号源与放大电路之间、两级放大电路之间、放大器与负载之间的连接方式。

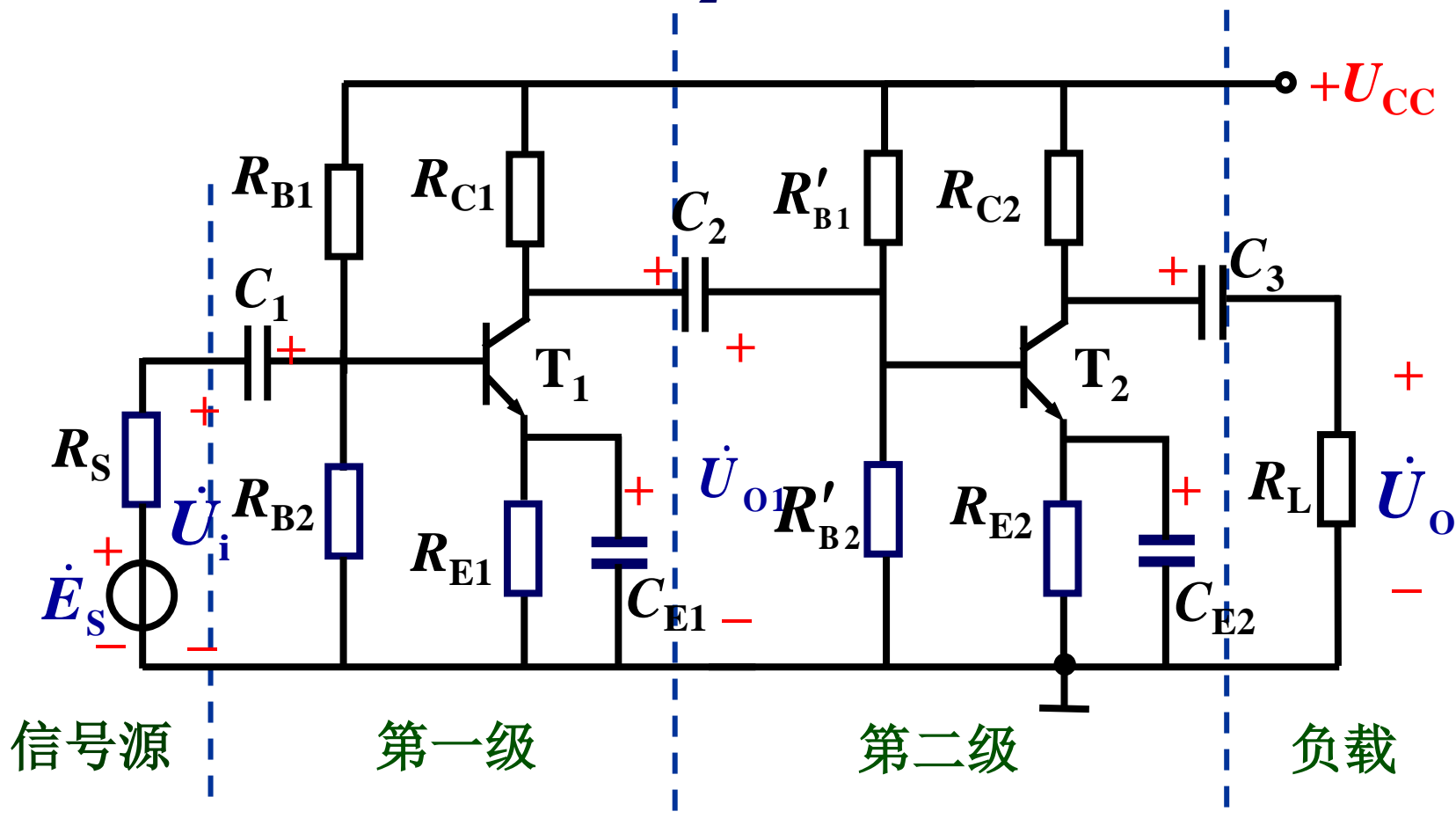
常用耦合方式：直接耦合、阻容耦合和变压器耦合。

对耦合电路的要求 {

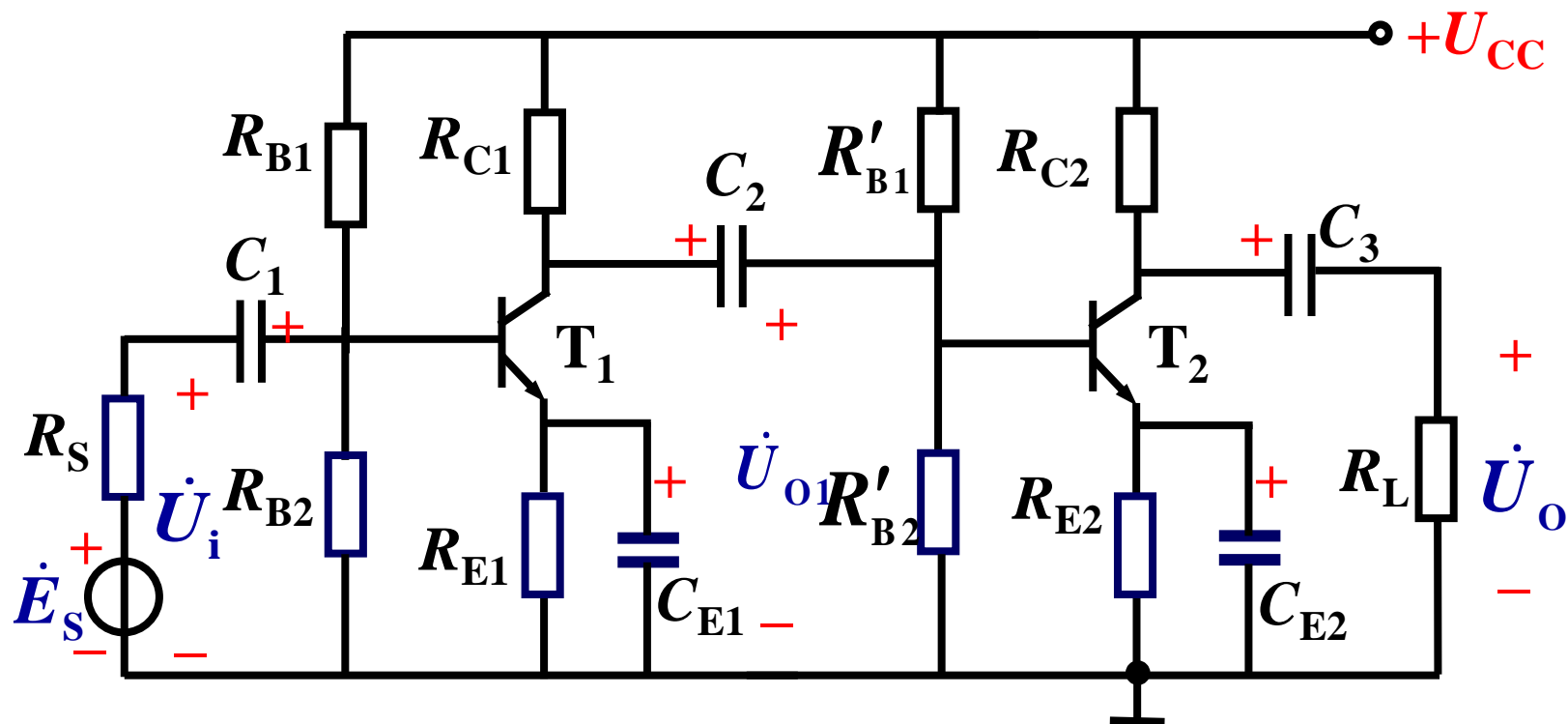
- 静态：保证各级有合适的 $Q$ 点
- 动态：传送信号 {
  - 波形不失真
  - 减少压降损失

## 2. 阻容耦合放大电路

两级之间通过耦合电容  $C_2$  与下级输入电阻连接



## (1) 静态分析

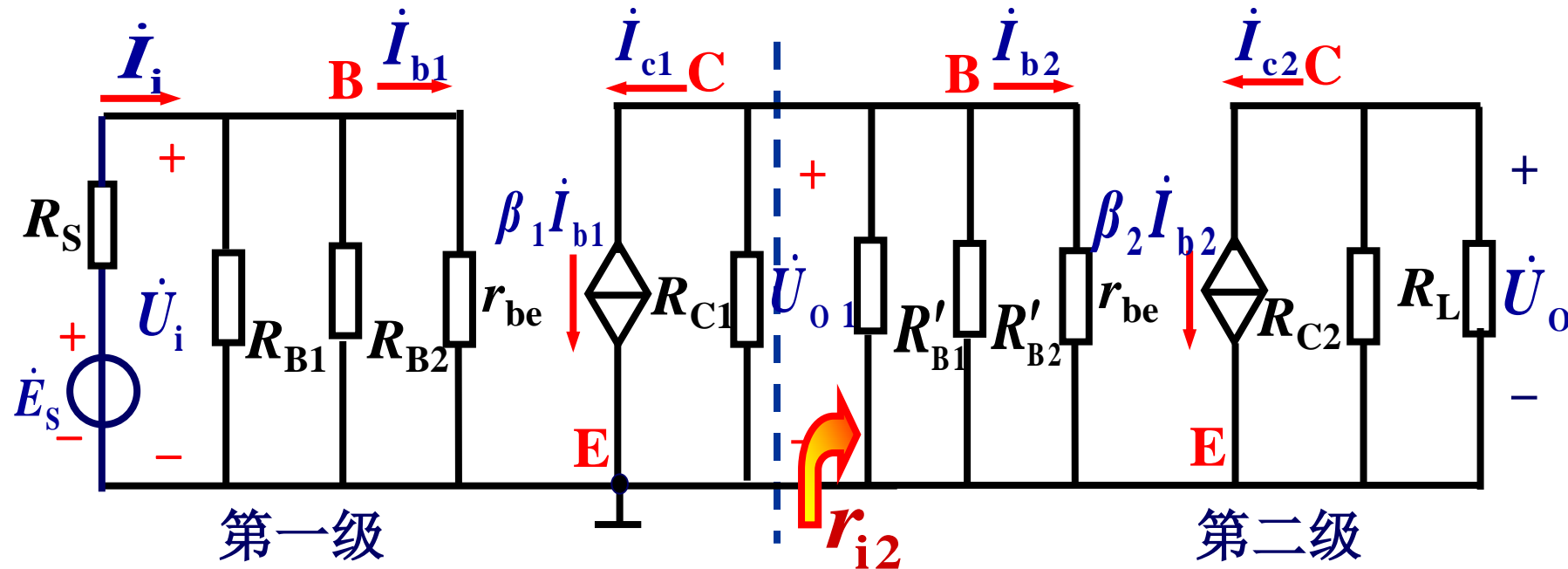


由于电容有隔直作用，所以每级放大电路的直流通路互不相通，每级的静态工作点互相独立，互不影响，可以各级单独计算。

两级放大电路均为共发射极分压式偏置电路。

## (2) 动态分析

### 微变等效电路



$$\text{电压放大倍数 } A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_i} \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_{i2}} = A_{u1} A_{u2}$$

$$R'_{L1} = R_{C1} // r_{i2}$$

$$R'_{L2} = R_{C2} // R_L$$

$$r_i = r_{i1}$$

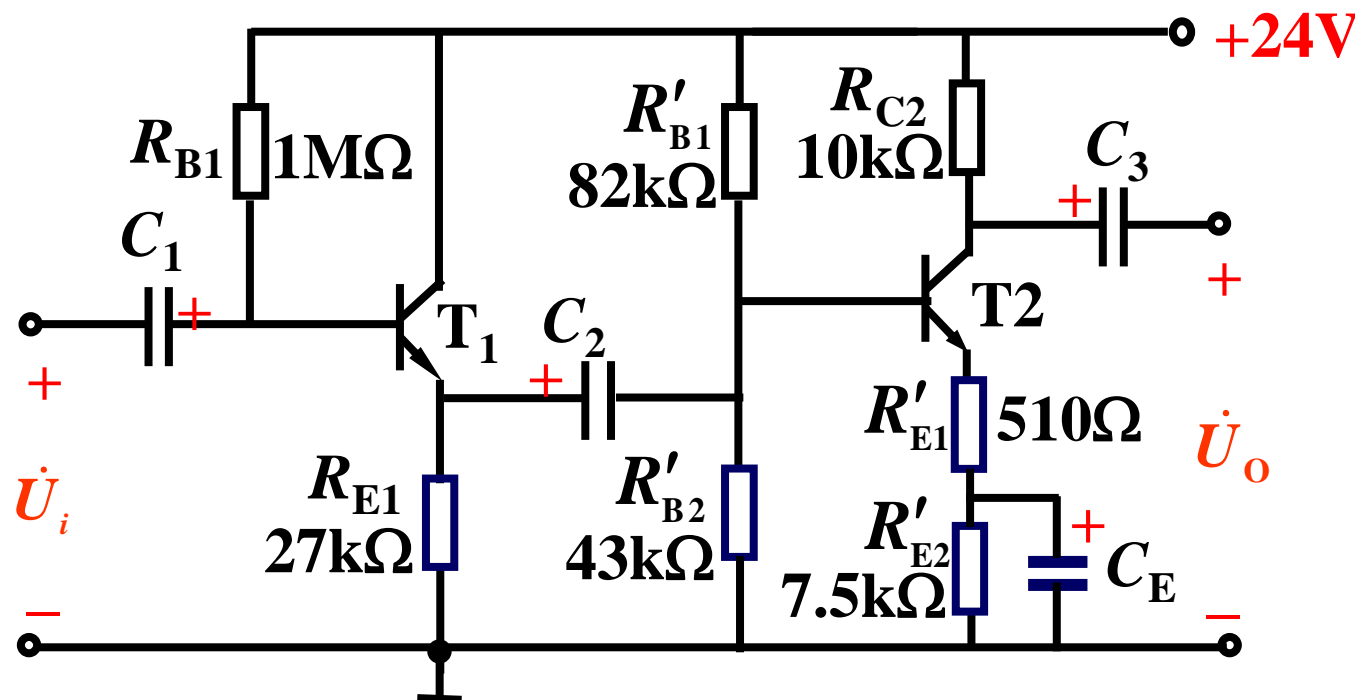
$$A_{u1} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_i} = -\beta_1 \frac{R'_{L1}}{r_{be1}}$$

$$A_{u2} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_{i2}} = -\beta_2 \frac{R'_{L2}}{r_{be2}}$$

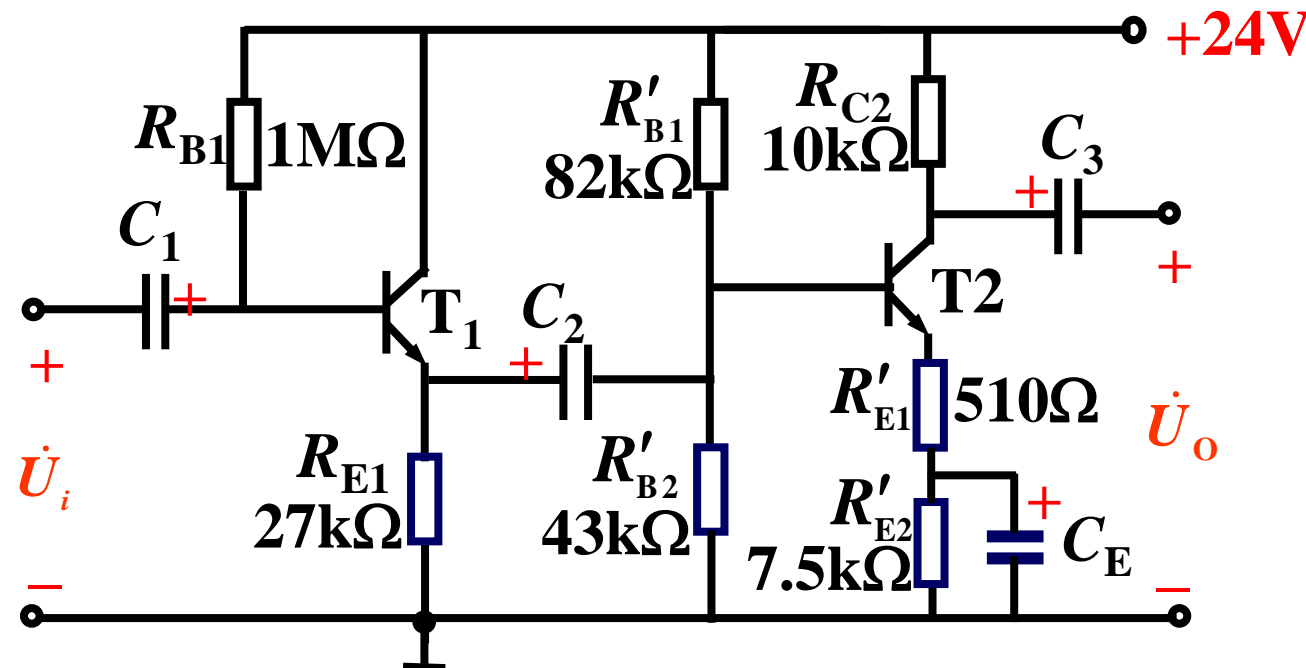
$$r_o = r_{o2}$$

**例1:** 如图所示的两级电压放大电路, 已知 $\beta_1 = \beta_2 = 50$ ,  $T_1$  和  $T_2$  均为 3DG8D。

- (1) 计算前、后级放大电路的静态值 ( $U_{BE} = 0.6V$ );
- (2) 求放大电路的输入电阻和输出电阻;
- (3) 求各级电压的放大倍数及总电压放大倍数。



解：(1) 两级放大电路的静态值可分别计算。



第一级是射极输出器

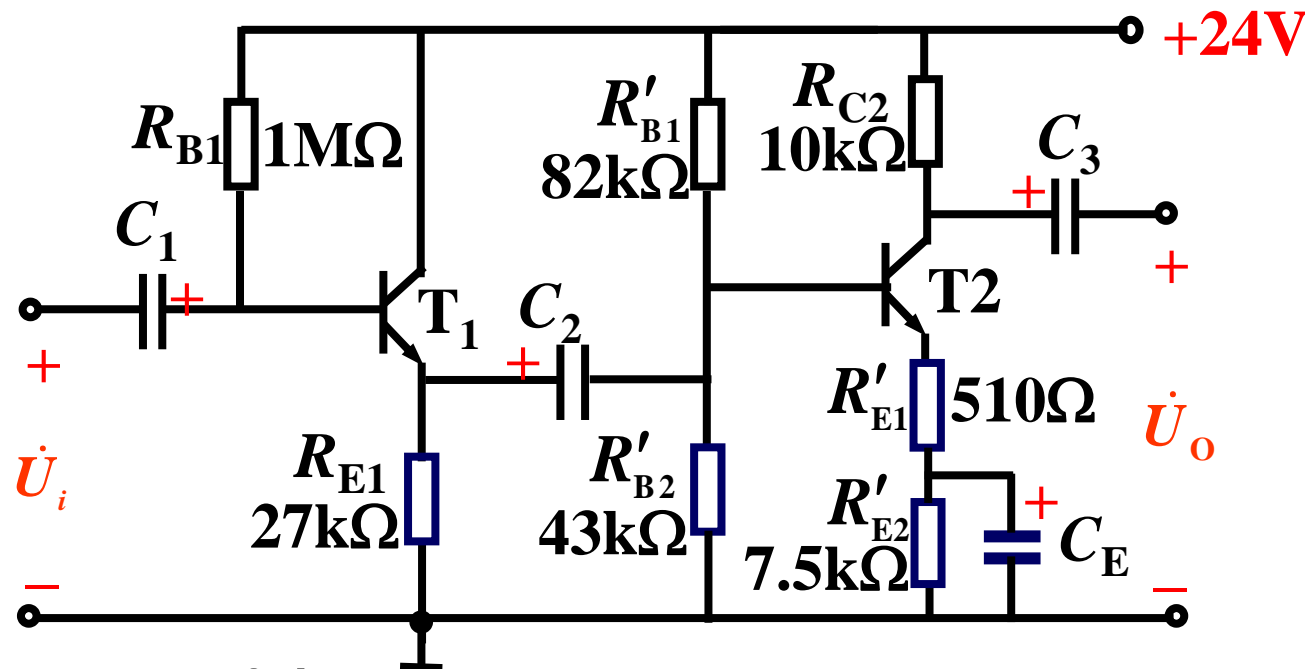
$$I_{B1} = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_{B1} + (1 + \beta) R_{E1}} = \frac{24 - 0.6}{1000 + (1 + 50) \times 27} \text{ mA} = 9.8 \mu \text{ A}$$

$$I_{E1} = (1 + \beta) I_{B1} = (1 + 50) \times 0.0098 \text{ mA} = 0.49 \text{ mA}$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_{E1} R_{E1} = 24 - 0.49 \times 27 \text{ V} = 10.77 \text{ V}$$



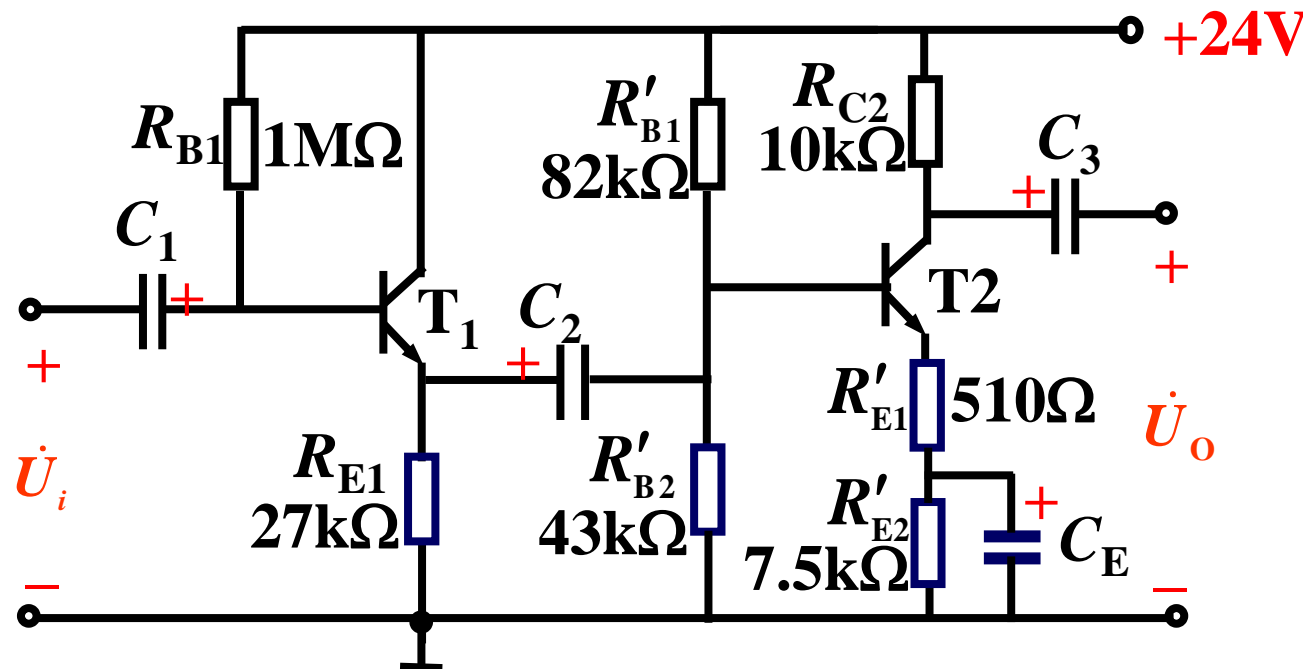
解：第二级是分压式偏置电路



$$V_{B2} = \frac{U_{CC}}{R'_{B1} + R'_{B2}} R'_{B2} = \frac{24}{82 + 43} \times 43V = 8.26V$$

$$I_{C2} = \frac{U_{B2} - U_{BE2}}{R''_{E2} + R'_{E2}} = \frac{8.26 - 0.6}{0.51 + 7.5} \text{mA} = 0.96 \text{mA}$$

解：第二级是分压式偏置电路

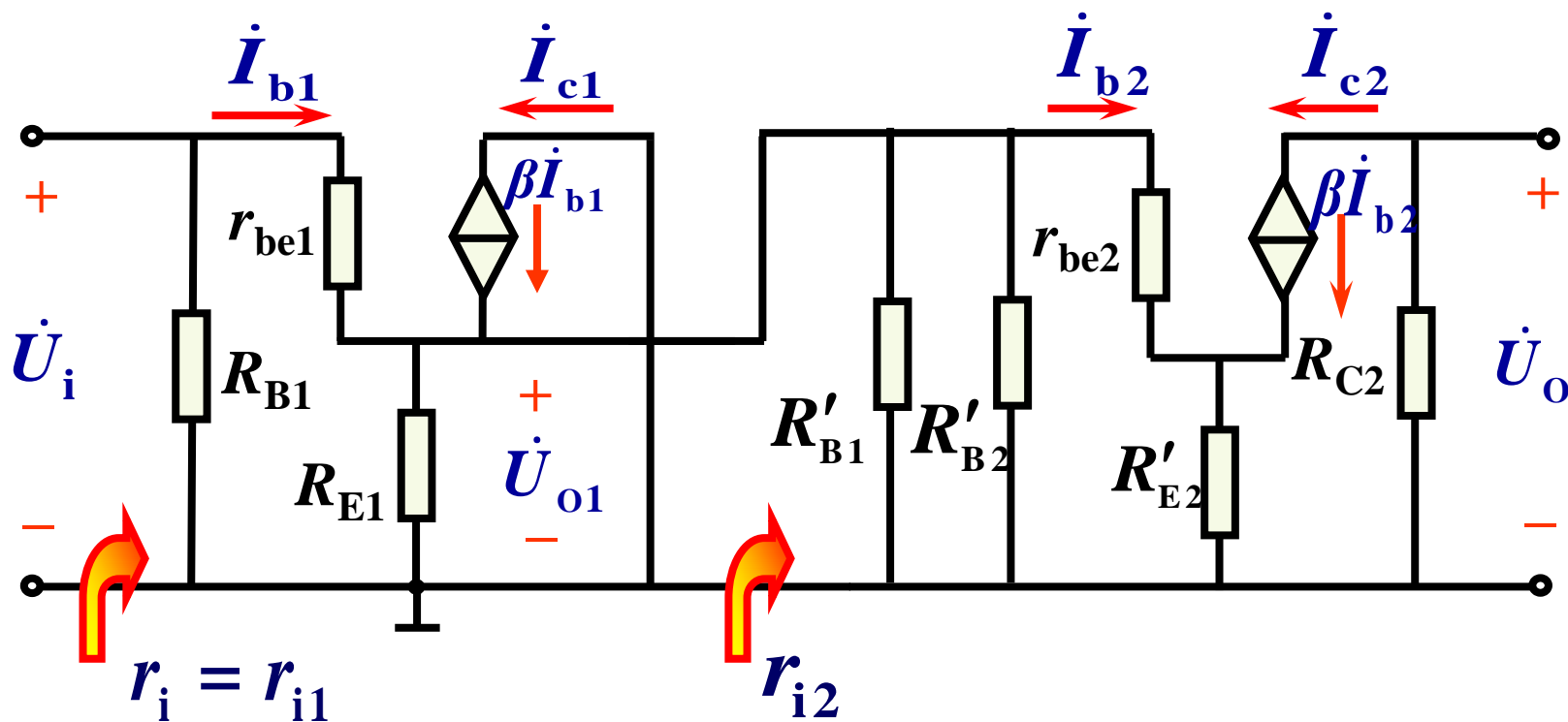


$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta_2} = \frac{0.96}{50} \text{mA} = 19.2 \mu\text{A}$$

$$\begin{aligned} U_{CE2} &= U_{CC} - I_{C2}(R_{C2} + R'_{E2} + R'_{E2}) \\ &= 24 - 0.96(10 + 0.51 + 7.5)\text{V} = 6.71\text{V} \end{aligned}$$

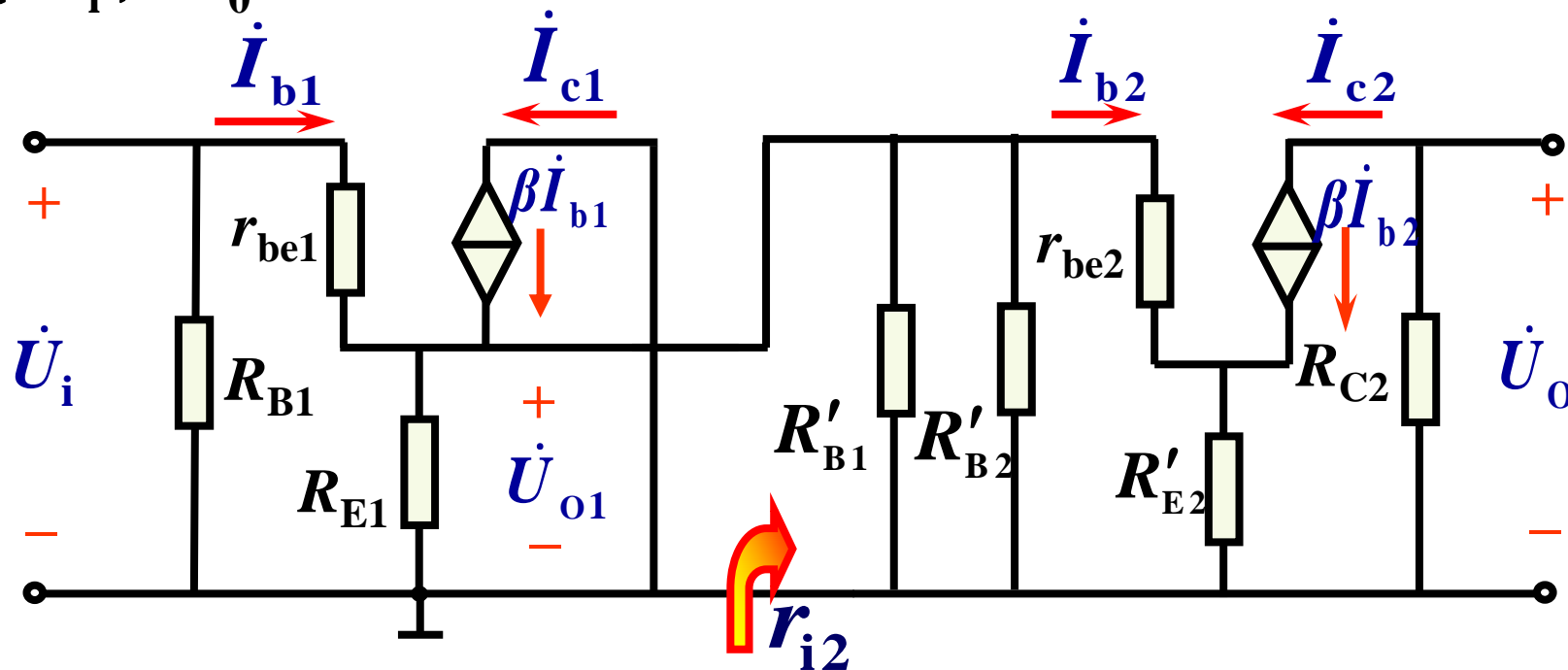
## (2) 计算 $r_i$ 和 $r_o$

### 微变等效电路



由微变等效电路可知，放大电路的输入电阻  $r_i$  等于第一级的输入电阻  $r_{i1}$ 。第一级是射极输出器，它的输入电阻  $r_{i1}$  与负载有关，而射极输出器的负载即是第二级输入电阻  $r_{i2}$ 。

(2) 计算  $r_i$  和  $r_o$

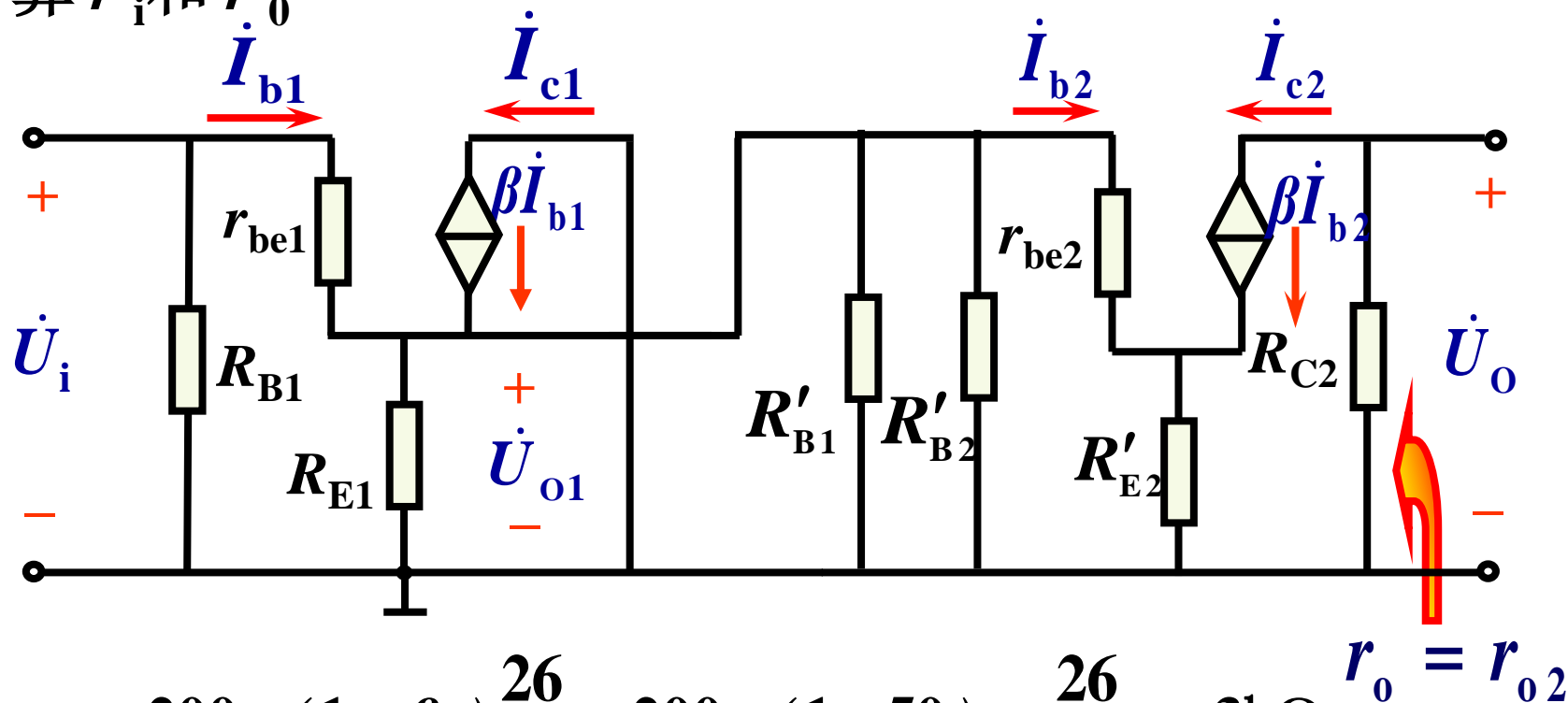


$$r_{be2} = 200 + (1 + \beta) \frac{26}{I_E} = 200 + 51 \frac{26}{0.96} \Omega = 1.58 \text{ k}\Omega$$

$$r_{i2} = R'_{B1} // R'_{B2} // [r_{be2} + (1 + \beta) R''_{E2}] = 14 \text{ k}\Omega$$

$$R'_{L1} = R_{E1} // r_{i2} = \frac{27 \times 14}{27 + 14} \text{ k}\Omega = 9.22 \text{ k}\Omega$$

(2) 计算  $r_i$  和  $r_o$

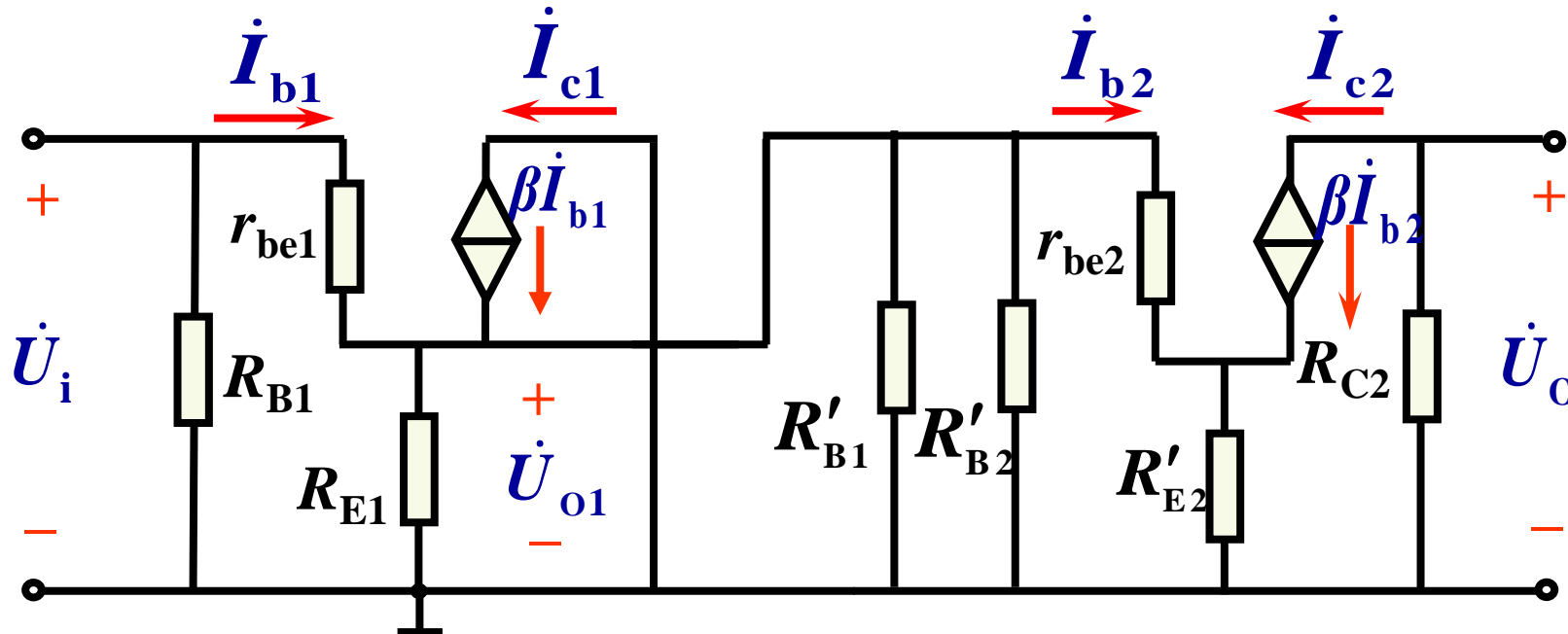


$$r_{be1} = 200 + (1 + \beta_1) \frac{26}{I_{E1}} = 200 + (1 + 50) \times \frac{26}{0.49} = 3\text{k}\Omega \quad r_o = r_{o2}$$

$$r_i = r_{i1} = R_{B1} // [r_{be1} + (1 + \beta) R'_{L1}] = 320\text{k}\Omega$$

$$r_o = r_{o2} = R_{C2} = 10\text{k}\Omega$$

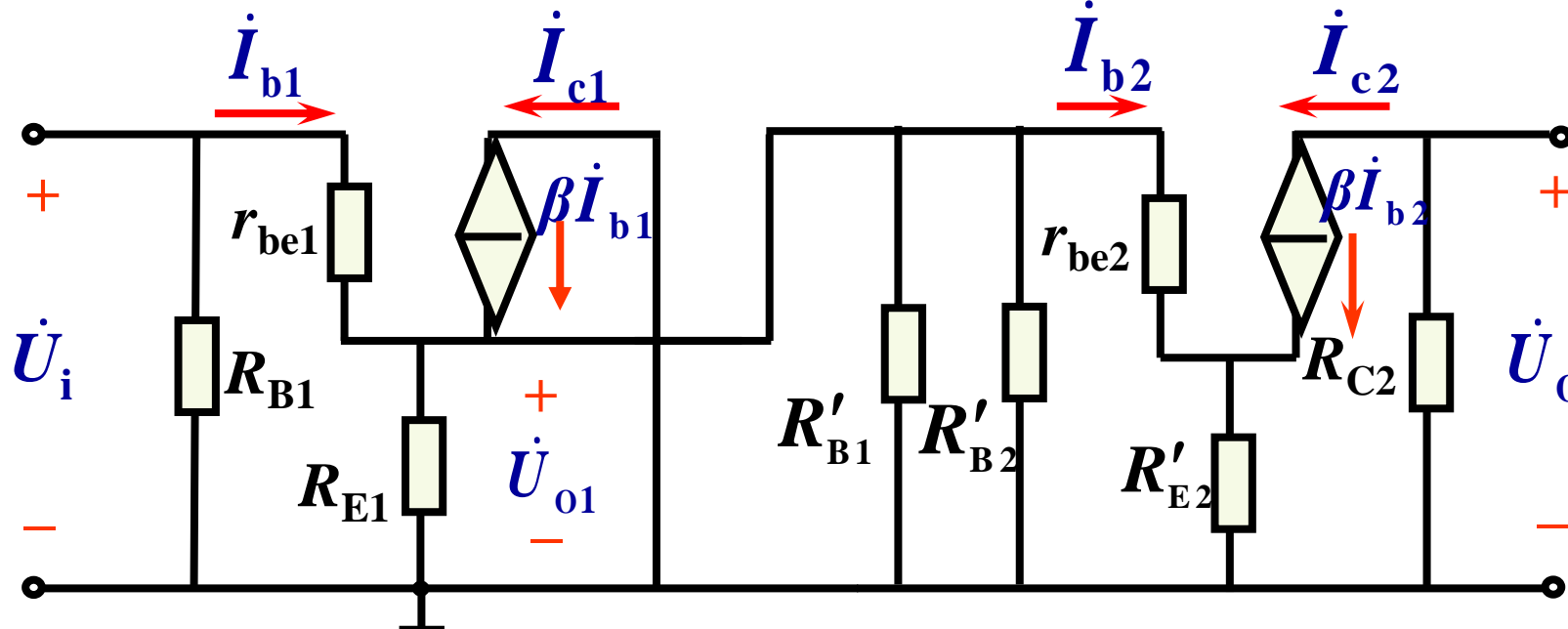
## (3) 求各级电压的放大倍数及总电压放大倍数



第一级放大电路为射极输出器

$$A_{u1} = \frac{(1 + \beta_1)R'_{L1}}{r_{be1} + (1 + \beta_1)R'_{L1}} = \frac{(1 + 50) \times 9.22}{3 + (1 + 50) \times 9.22} = 0.994$$

(3) 求各级电压的放大倍数及总电压放大倍数



第二级放大电路为共发射极放大电路

$$A_{u2} = -\beta \frac{R_{C2}}{r_{be2} + (1 + \beta_2)R''_{E2}} = -50 \times \frac{10}{1.79 + (1 + 50) \times 0.51} = -18$$

总电压放大倍数

$$A_u = A_{u1} \times A_{u2} = 0.994 \times (-18) = -17.9$$



## 小 结

1. 多级放大电路的耦合方式
2. 阻容耦合多级放大电路分析

静态分析

动态分析

