

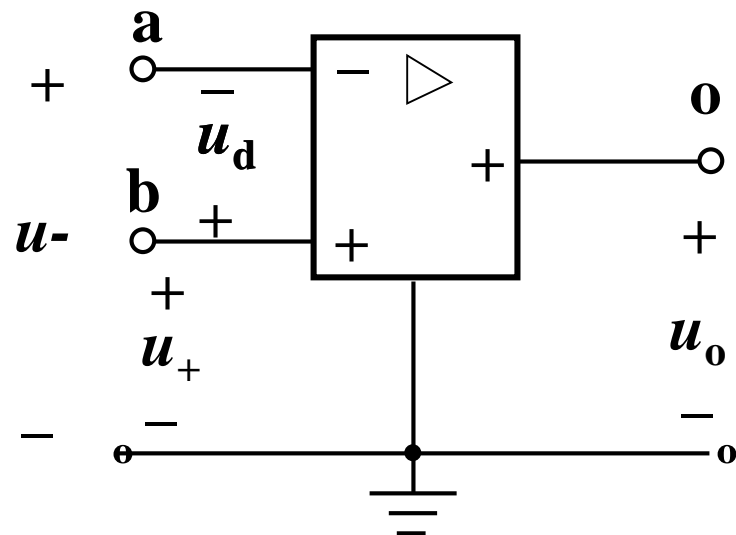
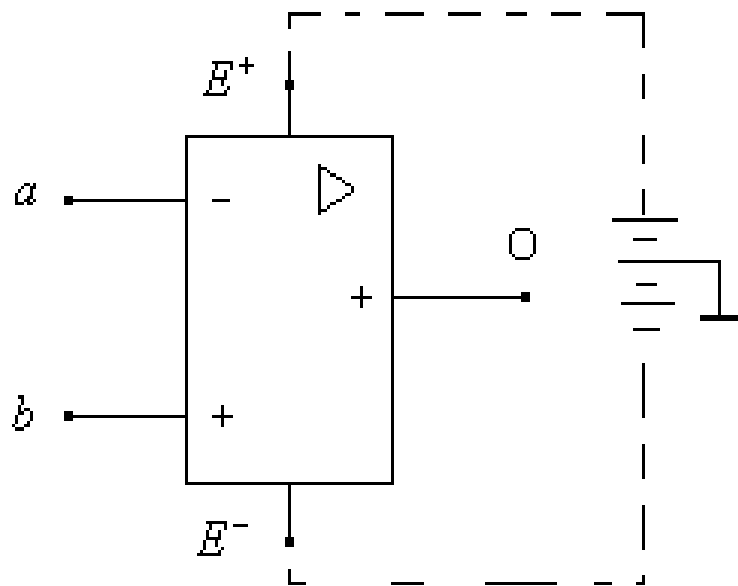
第五章 含有运算放大器的 电阻电路

主要内容:

1. 运算放大器的电路模型
2. 运算放大器在理想化条件下的外部特征
3. 含有运算放大器的电阻电路分析

§ 5-1 运算放大器的电路模型

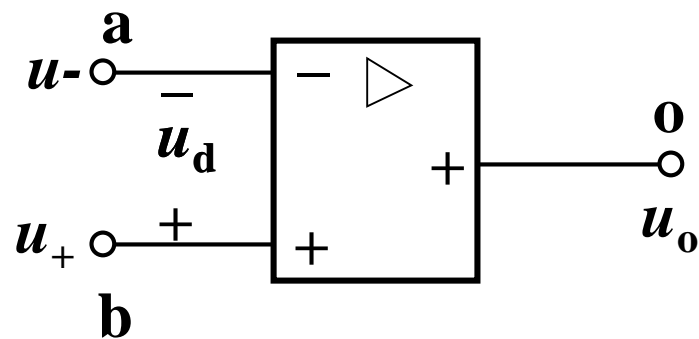
一、运算放大器的电路符号



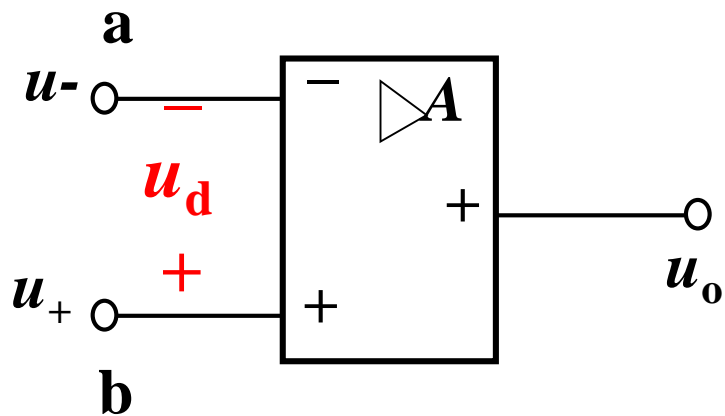
a: 反向输入端, 输入电压 u_-

b: 同向输入端, 输入电压 u_+

o: 输出端, 输出电压 u_o



二、运算放大器输入和输出的关系



$$u_d = u_+ - u_- \quad \text{差动输入电压}$$

$$u_o = A(u^+ - u^-) = Au_d$$

分三个区域：

①线性工作区：

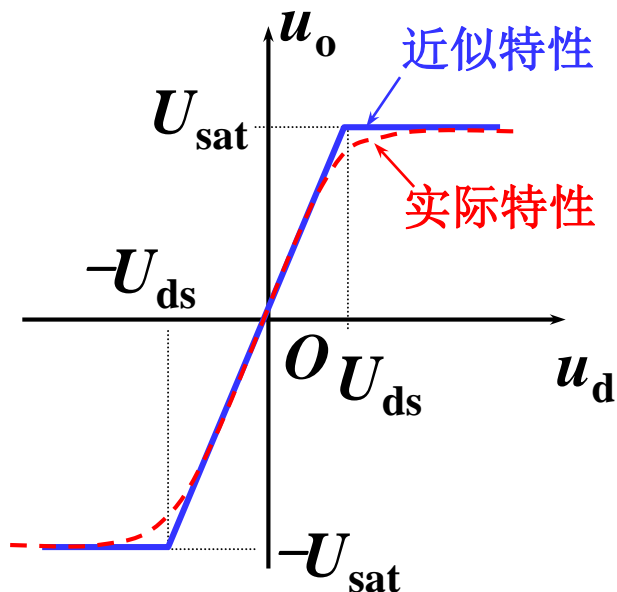
$$|u_d| < U_{ds} = U_{sat}/A, \text{ 则 } u_o = Au_d$$

②正向饱和区：

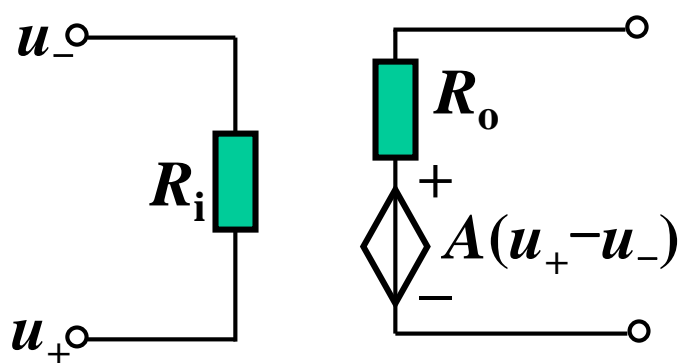
$$u_d > U_{ds}, \text{ 则 } u_o = U_{sat}$$

③反向饱和区：

$$u_d < -U_{ds}, \text{ 则 } u_o = -U_{sat}$$



三、运算放大器电路模型

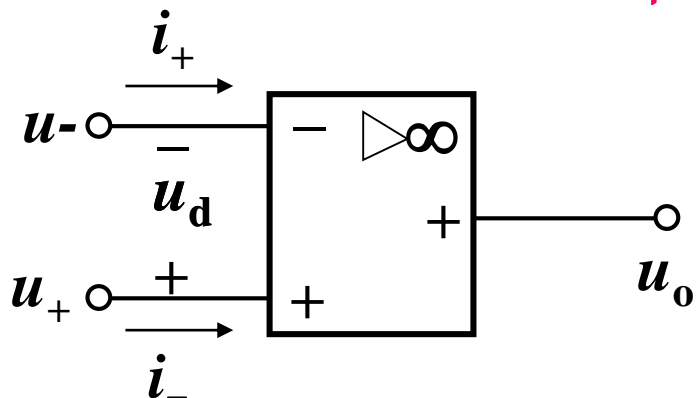


R_i : 运算放大器两输入端间的输入电阻。

R_o : 运算放大器的输出电阻。

四、理想的运算放大器

在线性放大区，将运放电路作理想化处理



$$R_{in} = \infty$$

$i_+ = 0, i_- = 0$ 。即从输入端看进去，元件相当于开路(虚开路)。

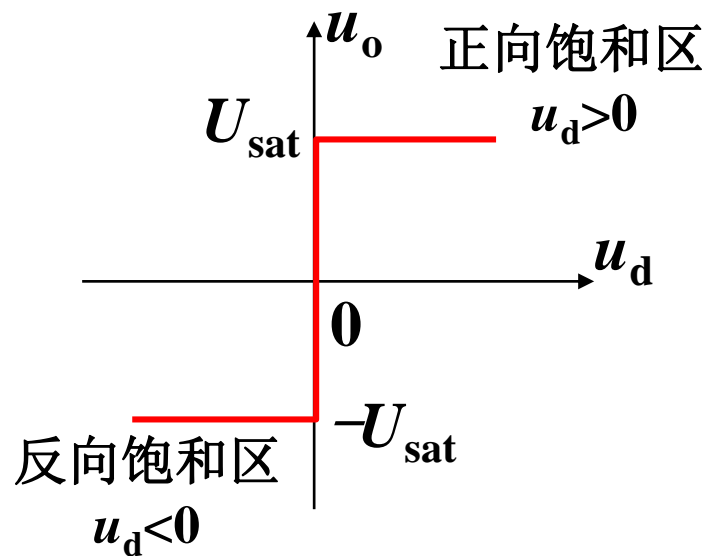
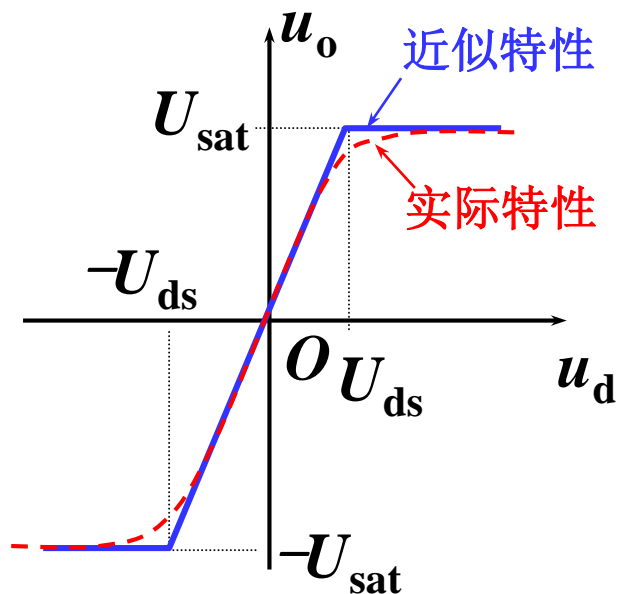
$$R_o = 0$$

理想运放的电路符号

输出电压与后级负载无关

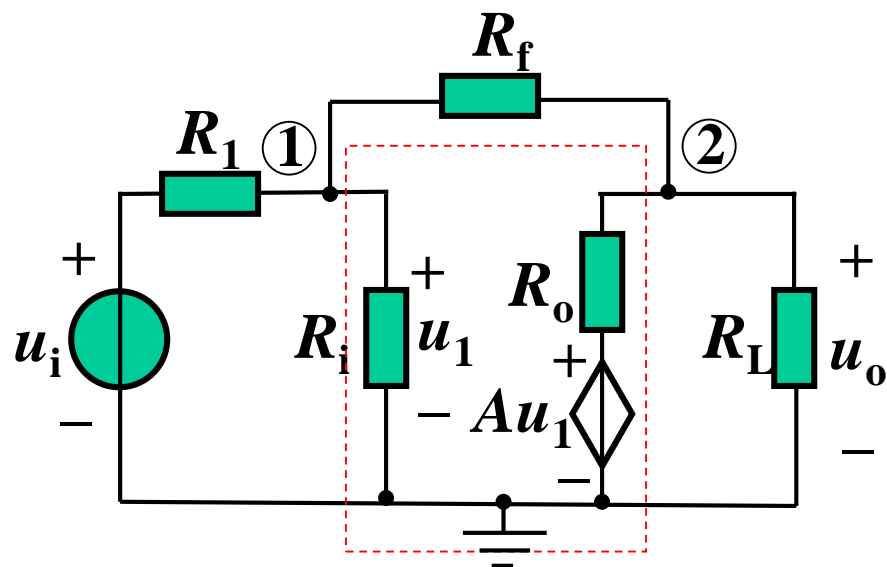
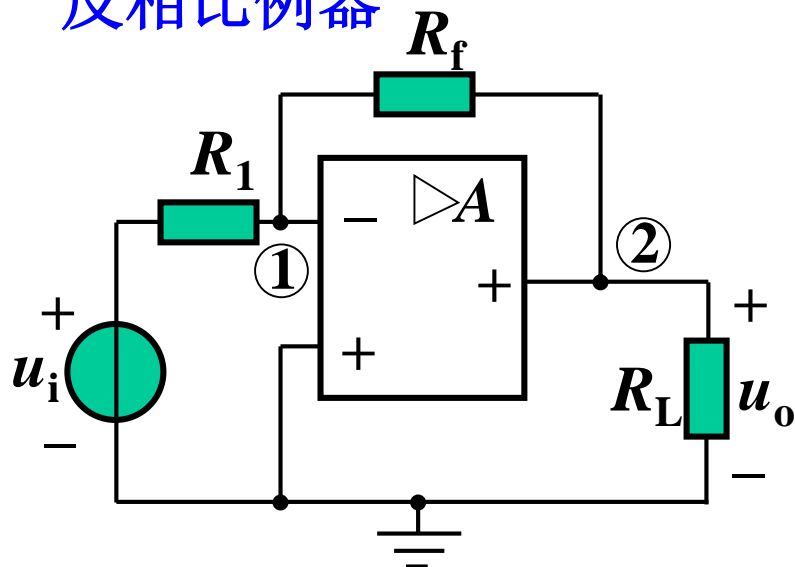
$$A \rightarrow \infty$$

$\because u_o$ 为有限值, 则 $u_d=0$, 即 $u_+=u_-$, 两个输入端之间相当于短路(虚短路);



§ 5-2 比例电路的分析

反相比例器

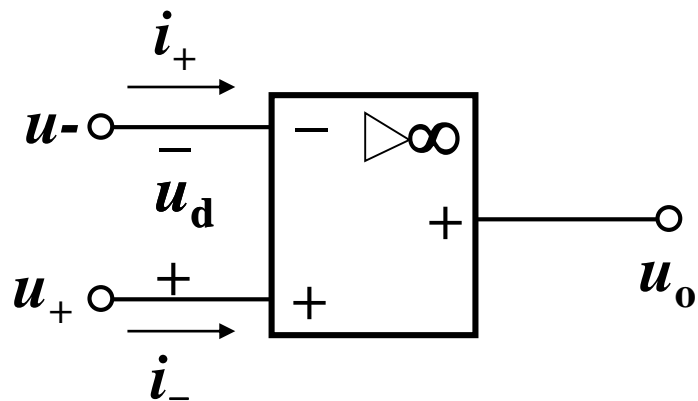


运放等效电路

$$u_o = u_{n2} = -\frac{G_1}{G_f} \frac{G_f (AG_o - G_f)}{G_f (AG_o - G_f) + \cancel{(G_1 + G_1 + G_1)(G_1 + G_o + G_L)}} u_i$$

$$u_o \approx -\frac{G_1}{G_f} u_i = -\frac{R_f}{R_1} u_i$$

§ 5-3 含有理想运算放大器的电路的分析

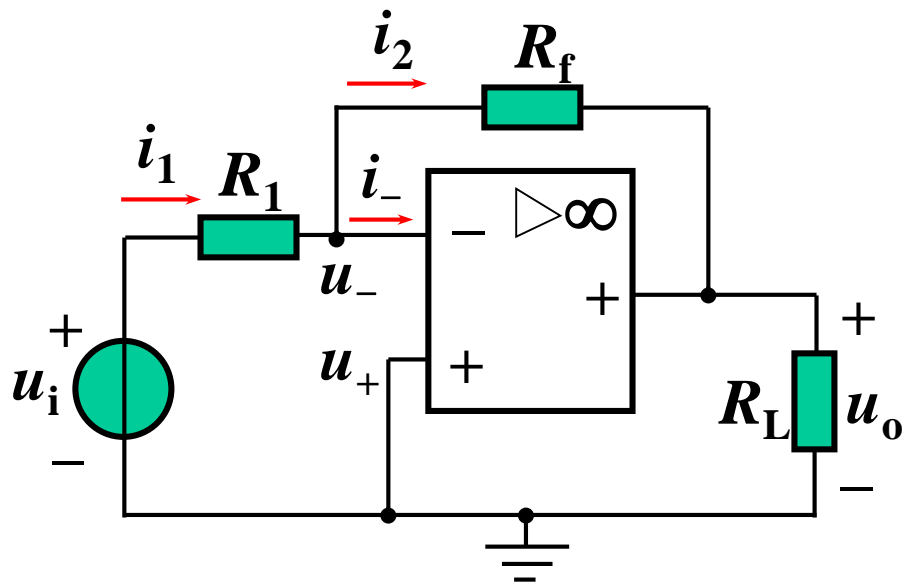


理想运算放大器的特征：

“虚短”： $u_+ = u_-$

“虚断”： $i_+ = i_- = 0$

1. 由理想运放构成的反相比例器：

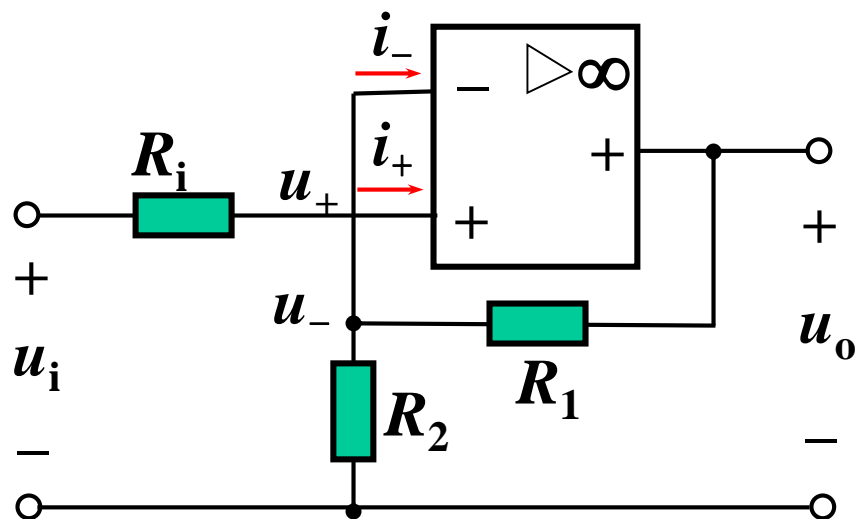


“虚短”： $u_+ = u_- = 0$, $i_1 = u_i / R_1$
 $i_2 = -u_o / R_f$

“虚断”： $i_- = 0$, $i_2 = i_1$

$$\therefore u_o = -\frac{R_f}{R_1} u_i$$

2. 正比例器

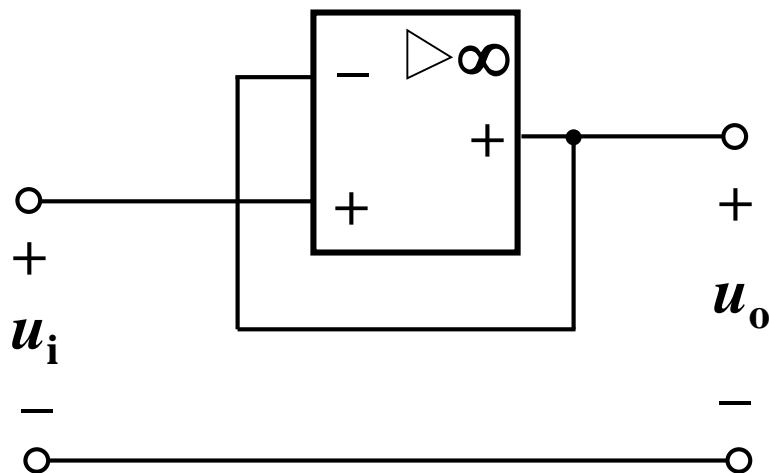


$$\begin{cases} u_+ = u_- = u_i \\ i_+ = i_- = 0 \end{cases}$$

$$(u_o - u_-)/R_1 = u_-/R_2$$

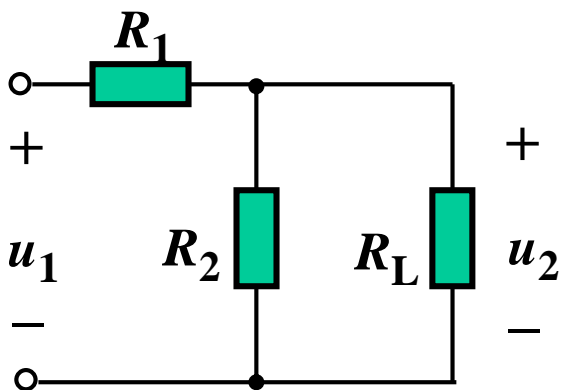
$$\begin{aligned} u_o &= (R_1 + R_2)/R_2 u_i \\ &= (1 + R_1/R_2) u_i \end{aligned}$$

3. 电压跟随器

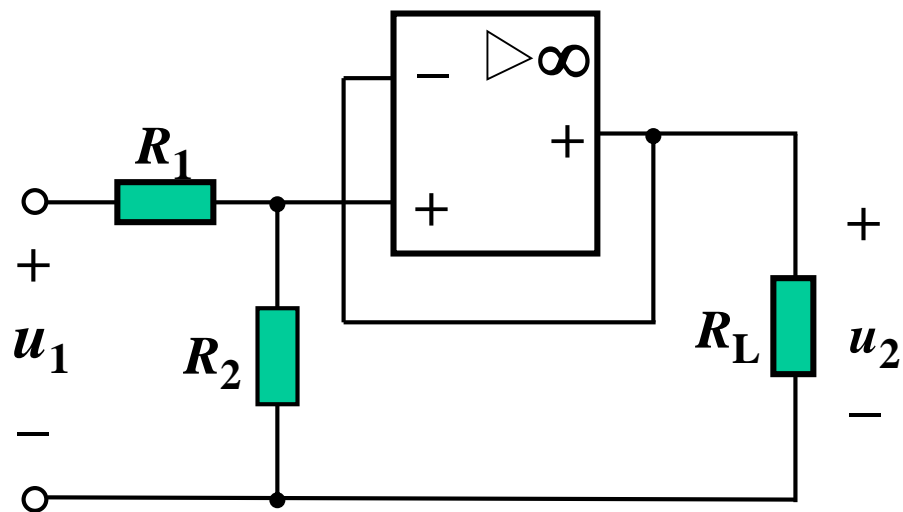


$$u_o = u_i$$

在电路中起隔离前后
两级电路的作用。

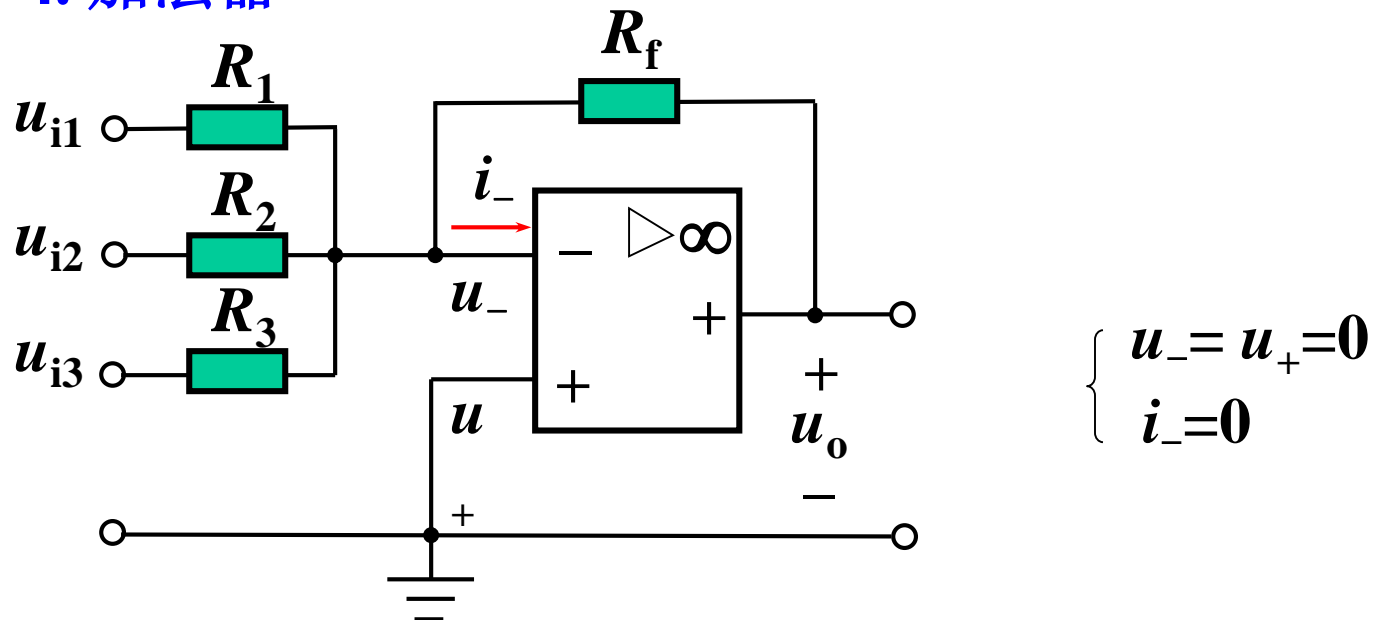


$$u_2 \neq \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_1$$



$$u_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_1$$

4. 加法器



$$u_{i1}/R_1 + u_{i2}/R_2 + u_{i3}/R_3 = -u_o/R_f$$

$$u_o = -(R_f/R_1 u_{i1} + R_f/R_2 u_{i2} + R_f/R_3 u_{i3})$$