

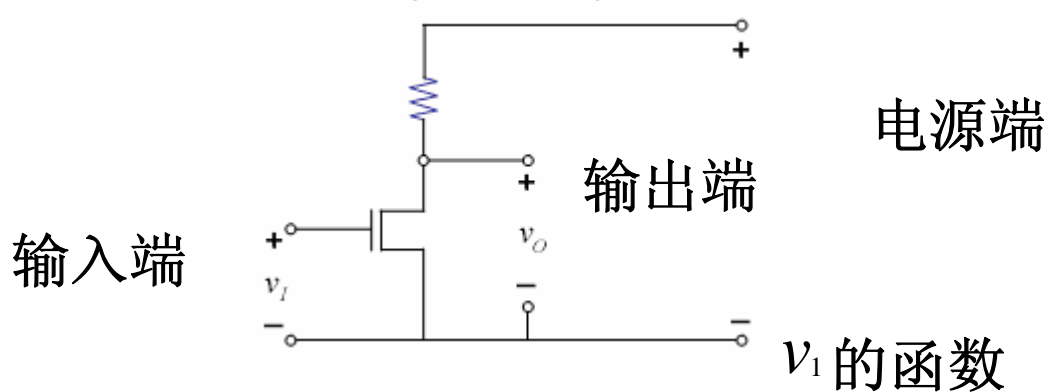
6.002

电路与
电子学

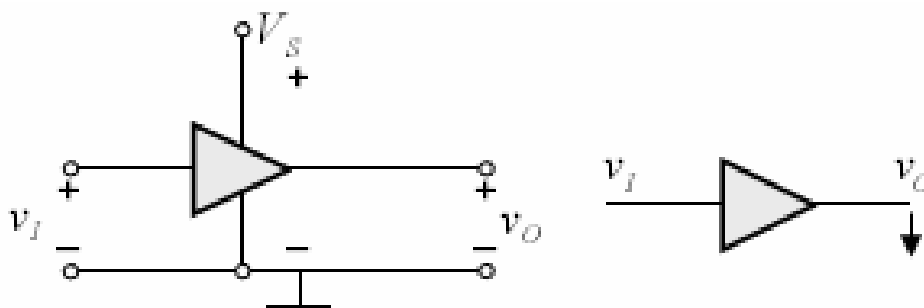
运算放大器抽象

复习

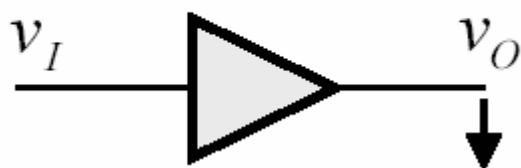
■ MOSFET 放大器——三端



■ 放大器抽象:



复习



v_O 为 v_I 的函数

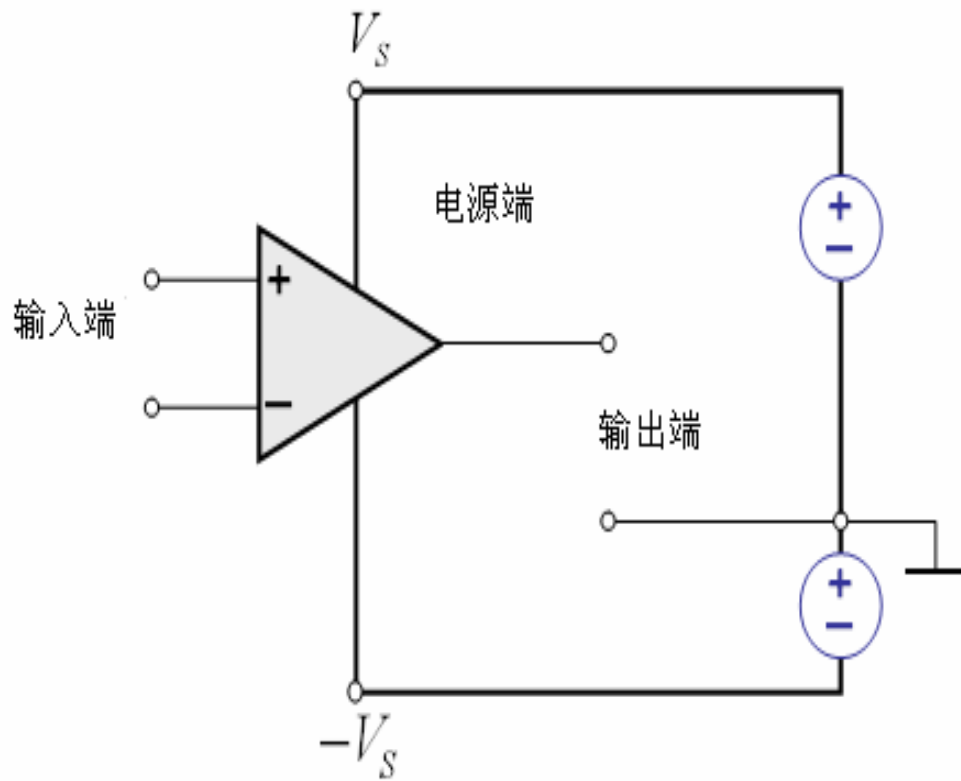
■ 对于更加复杂的电路可看作一个模块来使用（当然需要注意输入和输出）

■ 今天的任务：

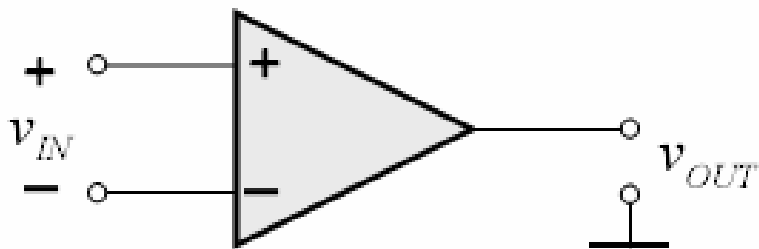
介绍一个更为强大的放大器抽象模型，并用其构建更为复杂的电路。

阅读：十六章 A&L

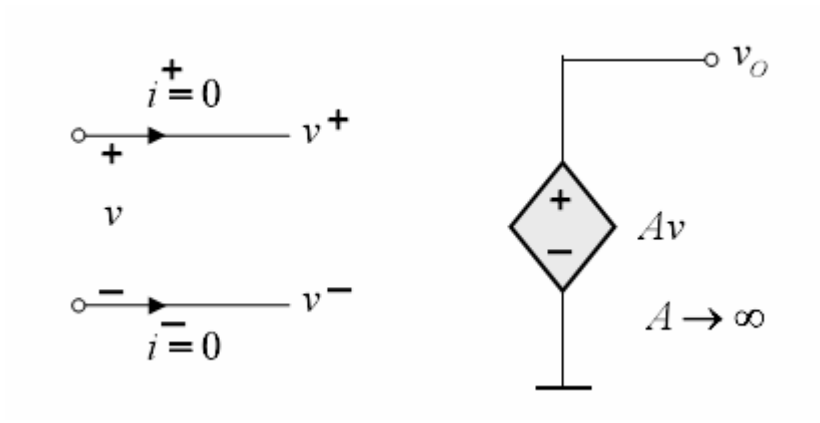
运放



更抽象的表示：

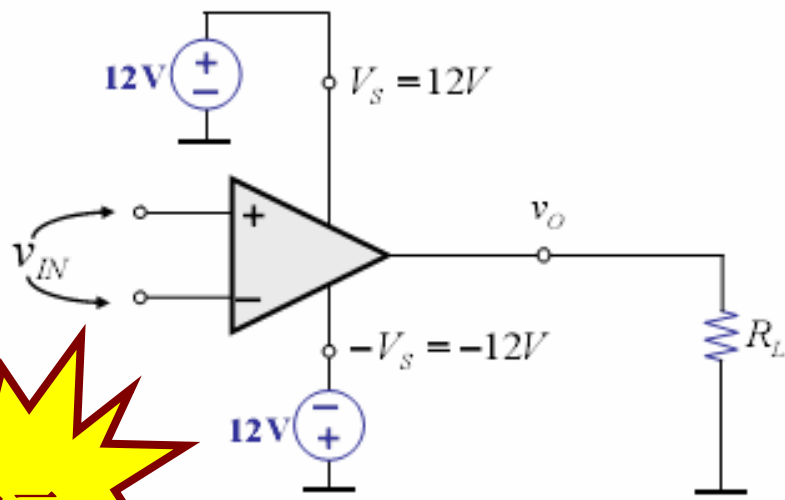


电路模型（理想）



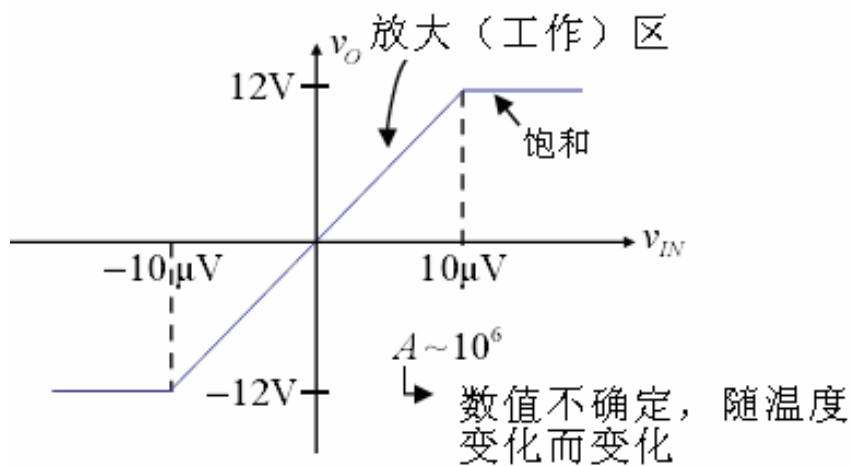
- 注：
- ◆ 输入阻抗为 ∞
 - ◆ 输出阻抗为 0
 - ◆ 放大倍数 “ A ” 为 ∞
 - ◆ 没有饱和

用法……



演示

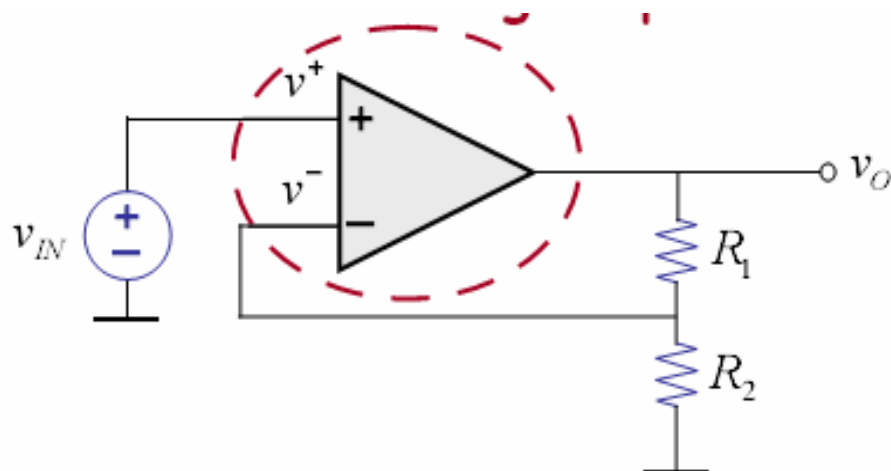
例：



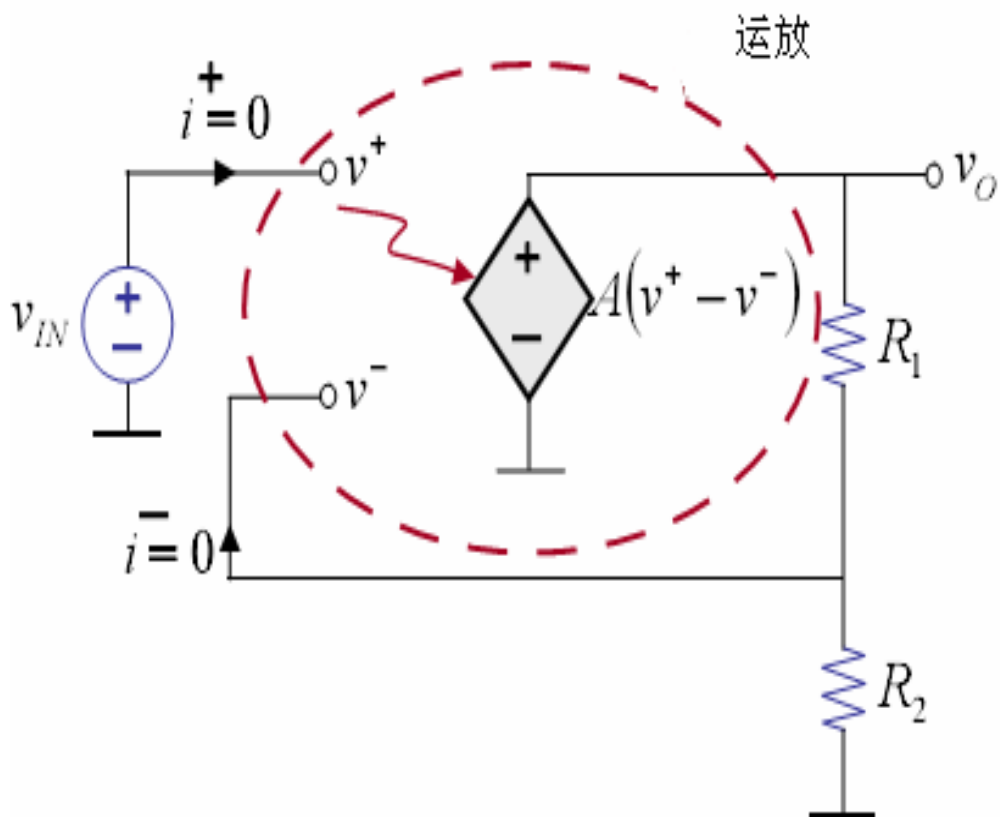
（注意：MOSFET 饱和带来的问题）

让我们构建一个电路……

电路：同相比例放大器



等效电路模型：



让我们分析这个电路：

根据 v_{IN} 求 v_O

$$\begin{aligned} v_O &= A(v^+ - v^-) \\ &= A\left(v_{IN} - v_O \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \end{aligned}$$

$$v_O \left(1 + \frac{AR_2}{R_1 + R_2}\right) = Av_{IN}$$

$$v_O = \frac{Av_{IN}}{1 + \frac{AR_2}{R_1 + R_2}}$$

当 “A” 很大时会怎样？

我们看，当 A 很大时

$$v_O = \frac{Av_{IN}}{1 + \frac{AR_2}{R_1 + R_2}} \approx \frac{Av_{IN}}{\frac{AR_2}{R_1 + R_2}}$$

$$\approx v_{IN} \underbrace{\frac{(R_1 + R_2)}{R_2}}_{\text{增益}}$$

假设：

$$A = 10^6$$

$$R_1 = 9R$$

$$R_2 = R$$

$$v_O = \frac{10^6 \cdot v_{IN}}{1 + \frac{10^6 R}{9R + R}}$$

$$= \frac{10^6 \cdot v_{IN}}{1 + 10^6 \cdot \frac{1}{10}} \rightarrow$$

$$v_O \approx v_{IN} \cdot 10$$

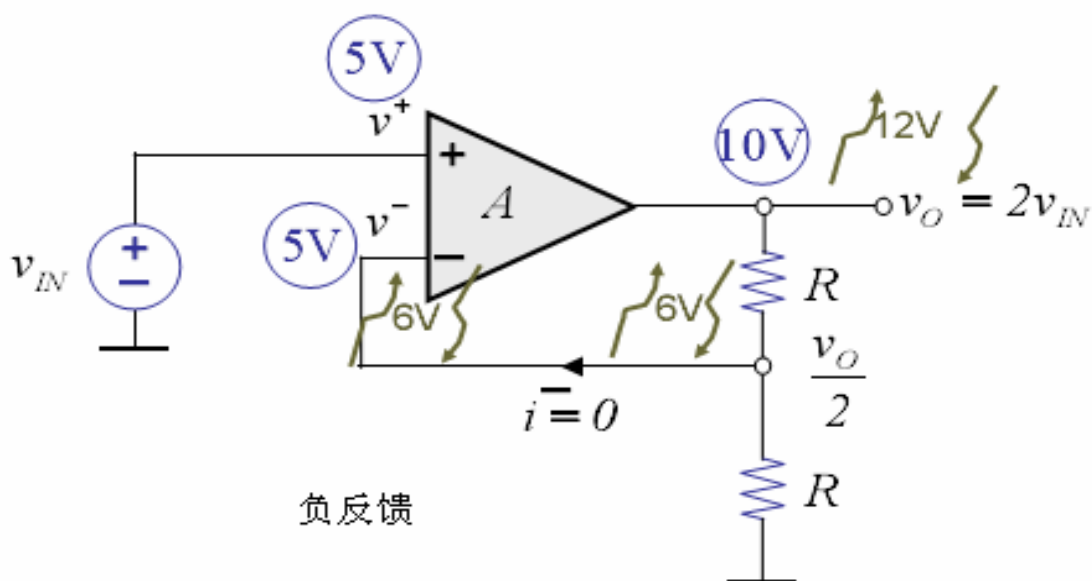


增益：

- 取决于电阻的比
- 对 A、温度、其它变量不敏感

为什么会这样呢？

解析：



例 $v_{IN} = 5V$

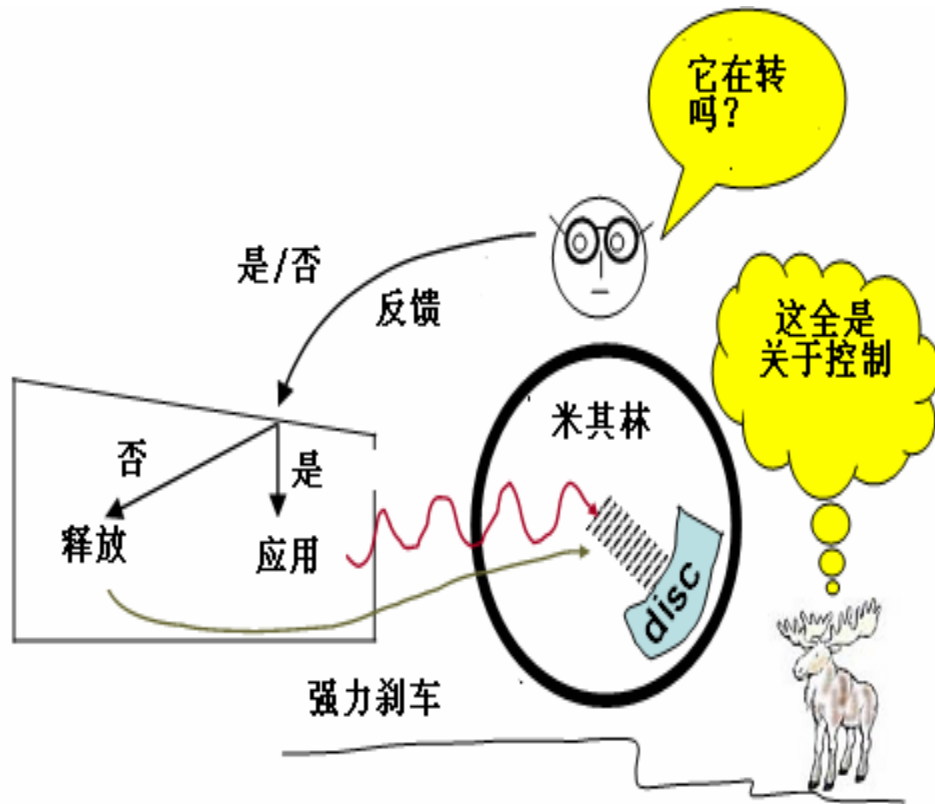
假设我给电路加一个扰动……（如使 v_O 瞬时升至 12V）

稳定点是当 $v^+ \approx v^-$

关键：负反馈 \rightarrow 输出的一部分反馈至 $-ve$

例子：轿车的防抱死刹车 \rightarrow 微小的修正

问题：如何控制高速变化的设备？
防抱死刹车：



更多运放解析： 在负反馈条件下观察

$$v^+ - v^- = \frac{v_O}{A} = \frac{\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) v_{IN}}{A} \rightarrow 0$$

$$v^+ \approx v^-$$

我们已经知道：

$$i^+ \approx 0$$

$$i^- \approx 0$$

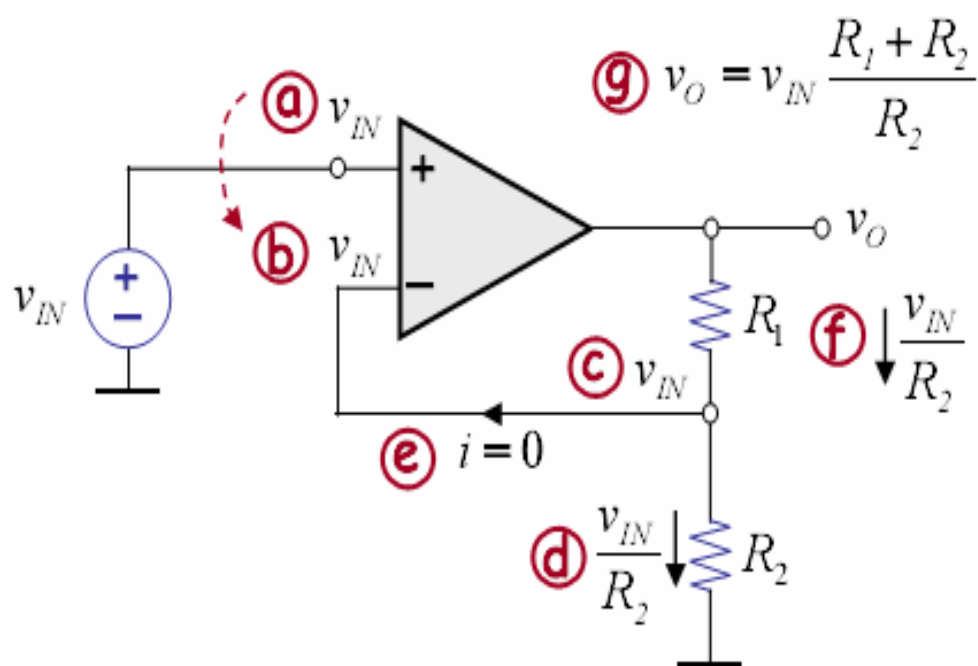
—> 这样就获得一个简单的分析方法（在负反馈条件下）

在负反馈下的分析方法： .

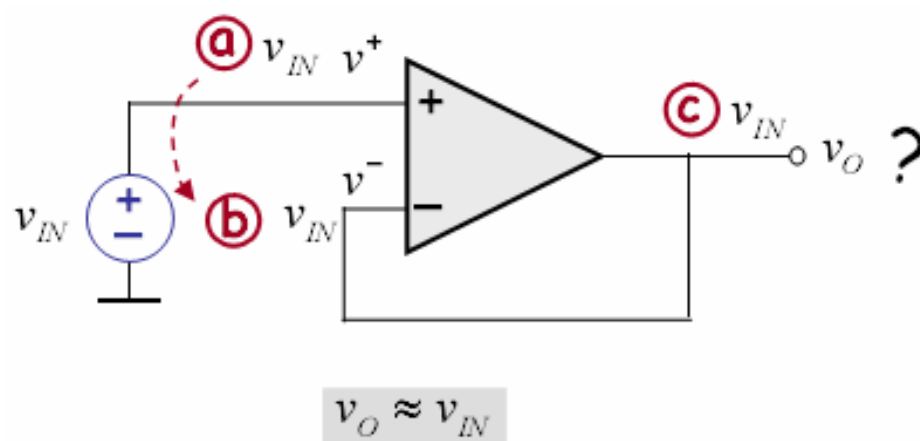
$$v^+ \approx v^-$$

$$i^+ \approx 0$$

$$i^- \approx 0$$



问题:

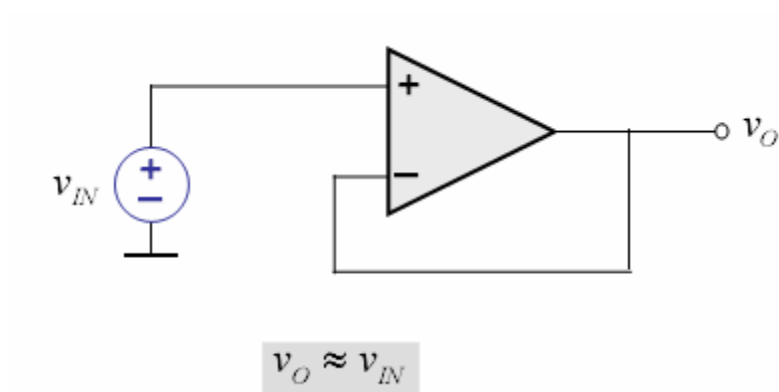


或者 $v_O = v_{IN} \frac{R_1 + R_2}{R_2}$

在 $R_1 = 0$

$R_2 = \infty$

为什么这个电路有用？



缓冲：

电压增益=1

输入阻抗= ∞

输出阻抗=0

电路增益= ∞

功率增益= ∞