

Chapter 8 Operational Amplifier as A Black Box

- **8.1 General Considerations**
- **8.2 Op-Amp-Based Circuits**
- **8.3 Nonlinear Functions**
- **8.4 Op-Amp Nonidealities**
- **8.5 Design Examples**

Chapter Outline

General Concepts

- Op Amp Properties

Linear Op Amp Circuits

- Noninverting Amplifier
- Inverting Amplifier
- Integrator and Differentiator
- Voltage Adder

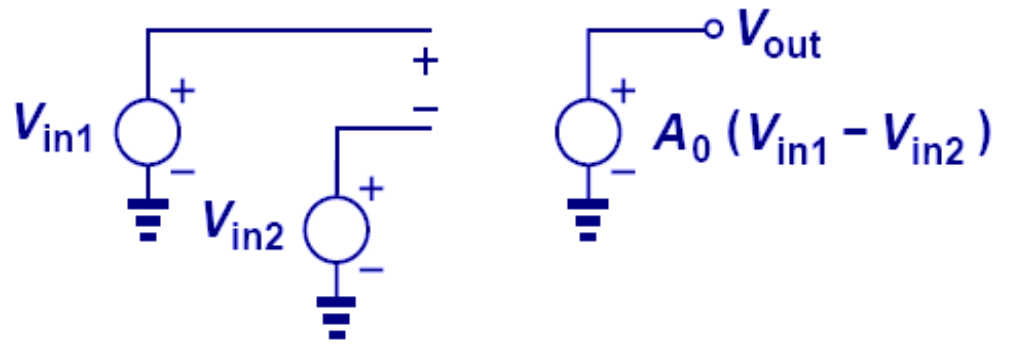
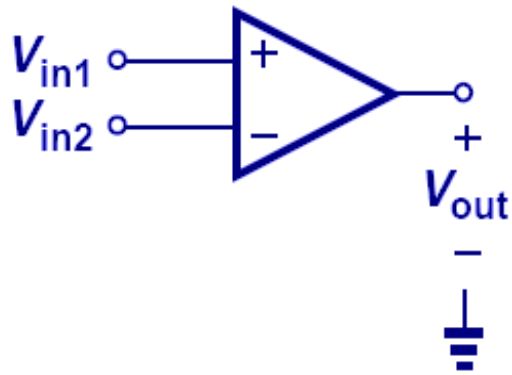
Nonlinear Op Amp Circuits

- Precision Rectifier
- Logarithmic Amplifier
- Square Root Circuit

Op Amp Nonidealities

- DC Offsets
- Input Bias Currents
- Speed Limitations
- Finite Input and Output Impedances

مدار معادل آپ امپ



$$V_{out} = A_0 (V_{in1} - V_{in2})$$

مشخصات آپ امپ ایده آل

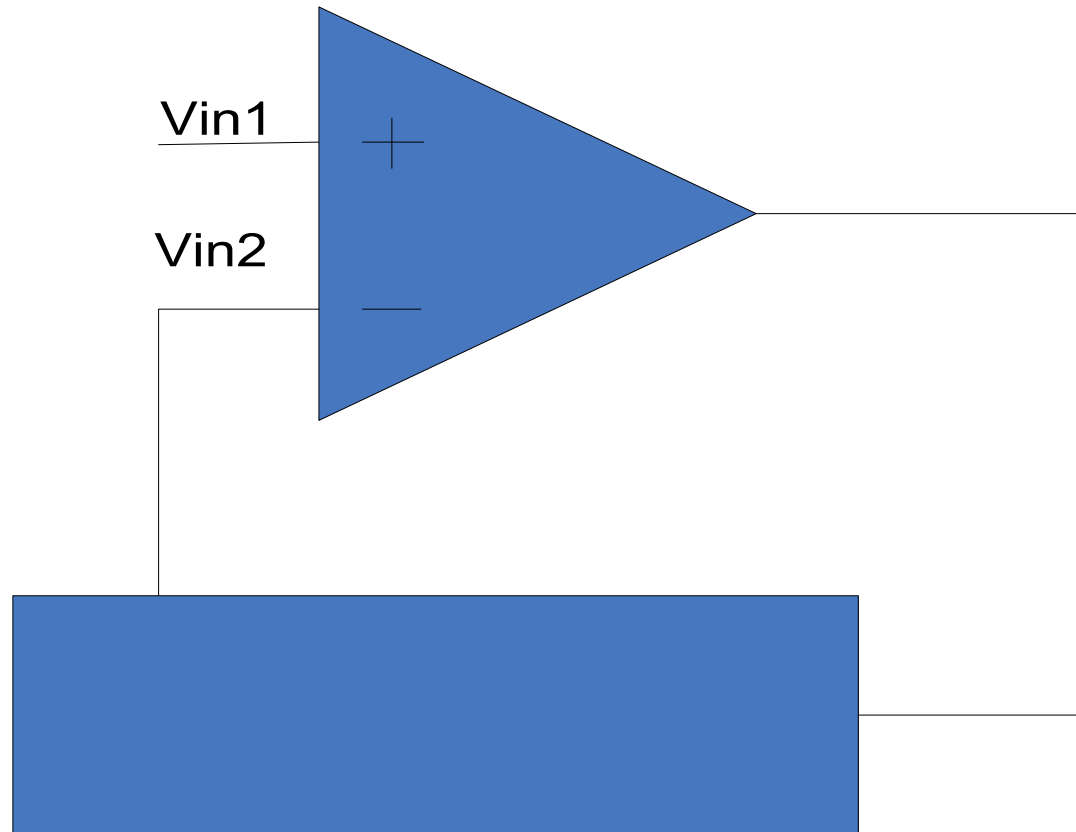
➤ بهره ولتاژ بینهایت

➤ امپدانس ورودی بینهایت

➤ امپدانس خروجی صفر

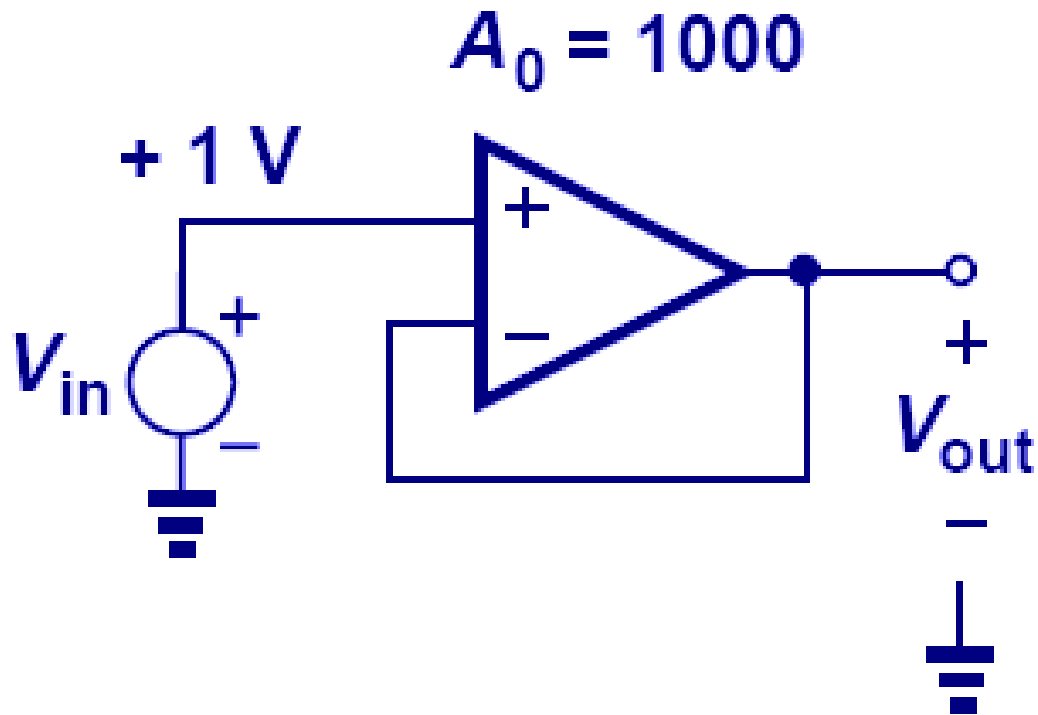
➤ سرعت بینهایت

اتصال کوتاه مجازی



➤ به دلیل بهره بینهایت آپ امپ، مدار فوق ایجاب می کند که ولتاژ V_{in2} برابر با ولتاژ V_{in1} شود. به عبارت دیگر اتصال کوتاه مجازی خواهیم داشت.

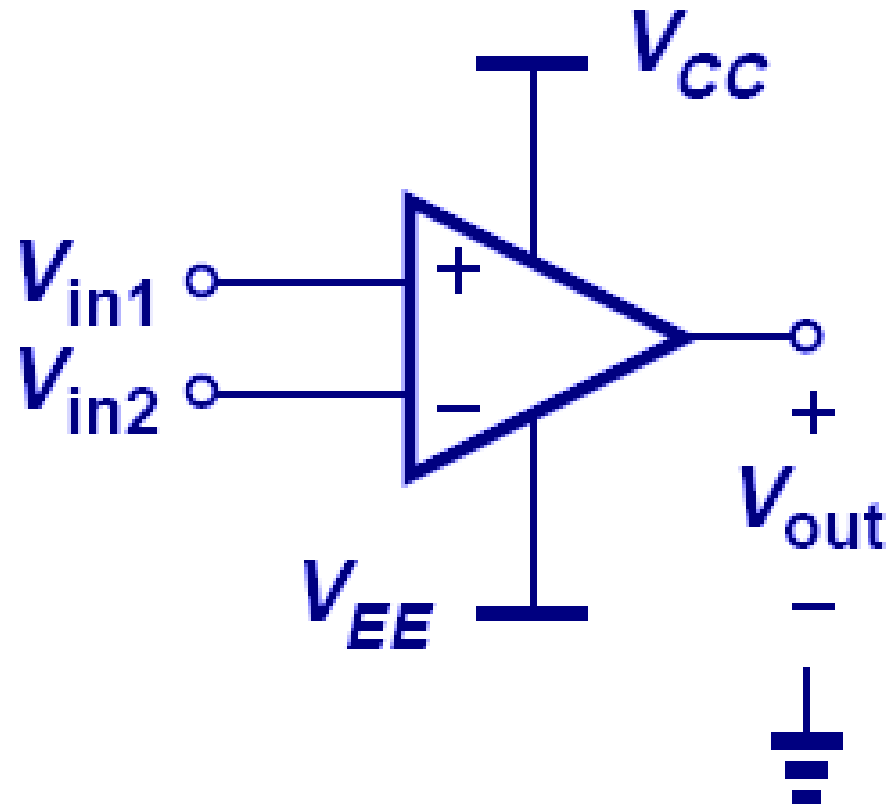
تقویت کننده با بهره واحد



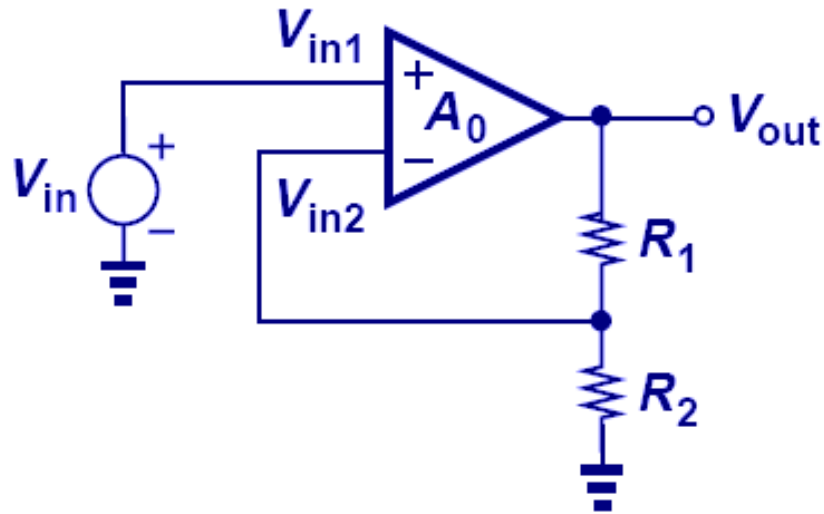
$$V_{out} = A_0 (V_{in} - V_{out})$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0}{1 + A_0}$$

نمایش تمام پایه های آپ امپ



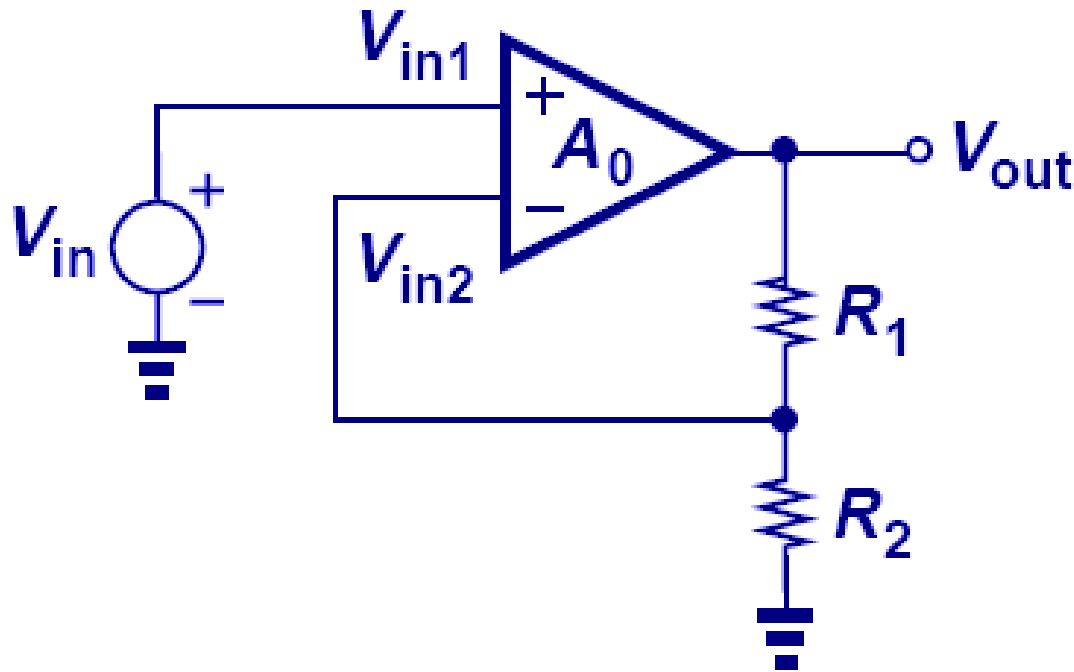
تقویت کننده با بهره مثبت ($A_0 = \text{finite}$)



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0}{1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2} A_0}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \approx \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \left[1 - \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{1}{A_0}\right]$$

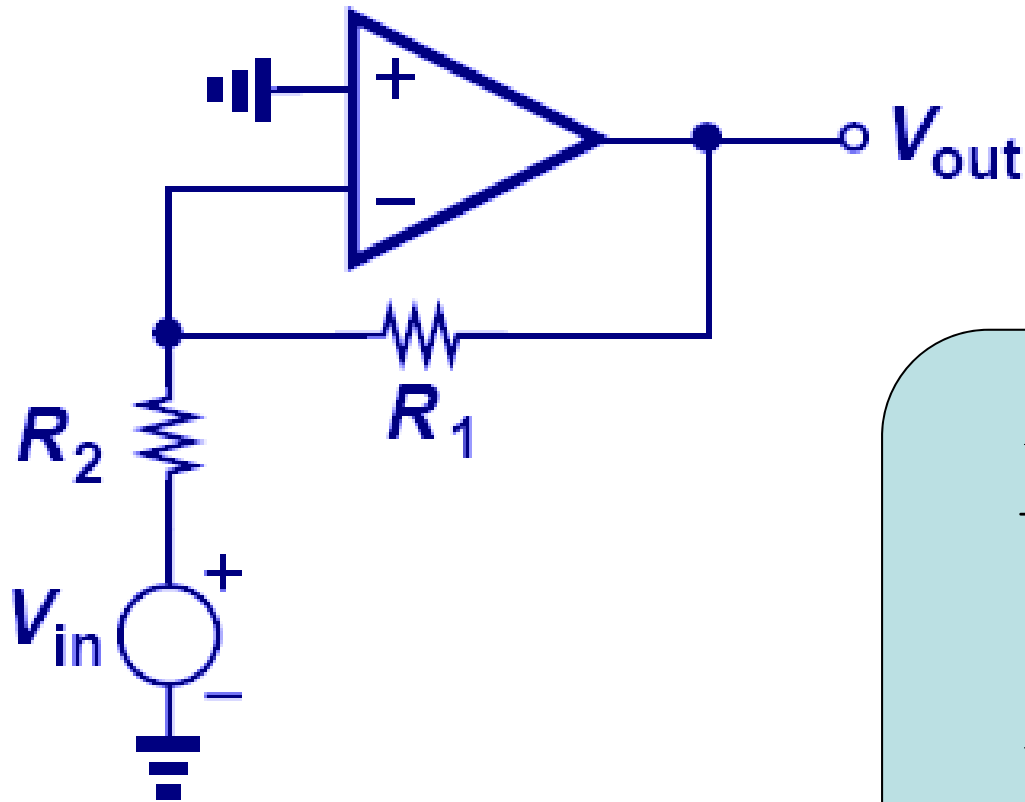
تقویت کننده با بهره مثبت ($A_o = \text{infinite}$)



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

➤ اگر بهره ولتاژ آپ امپ A_o خیلی زیاد باشد در آن صورت عبارت V_{out}/V_{in} فقط به نسبت مقدار مقاومت ها بستگی خواهد داشت.

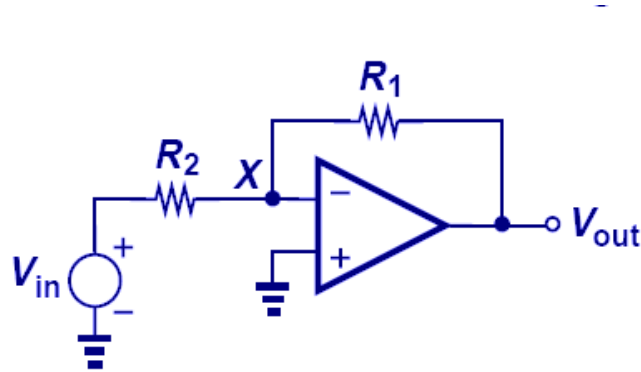
تقویت کننده با بهره منفی ($A_o = \text{finite}$)



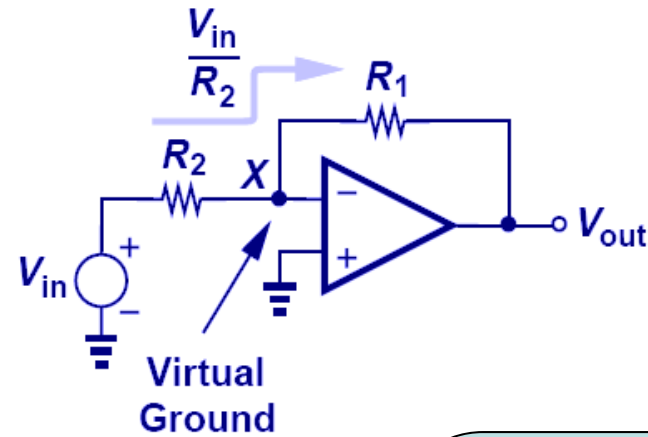
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{A_o \frac{R_1}{R_1 + R_2}}{1 + A_o \frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \approx -\frac{R_1}{R_2} \left[1 - \frac{1}{A_o} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \right]$$

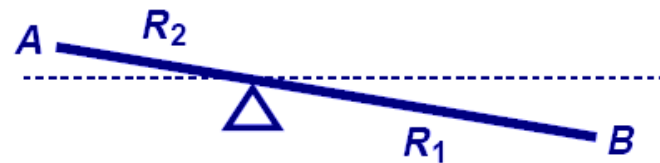
تقویت کننده با بهره منفی ($A_o = \text{infinite}$)



(a)



(b)



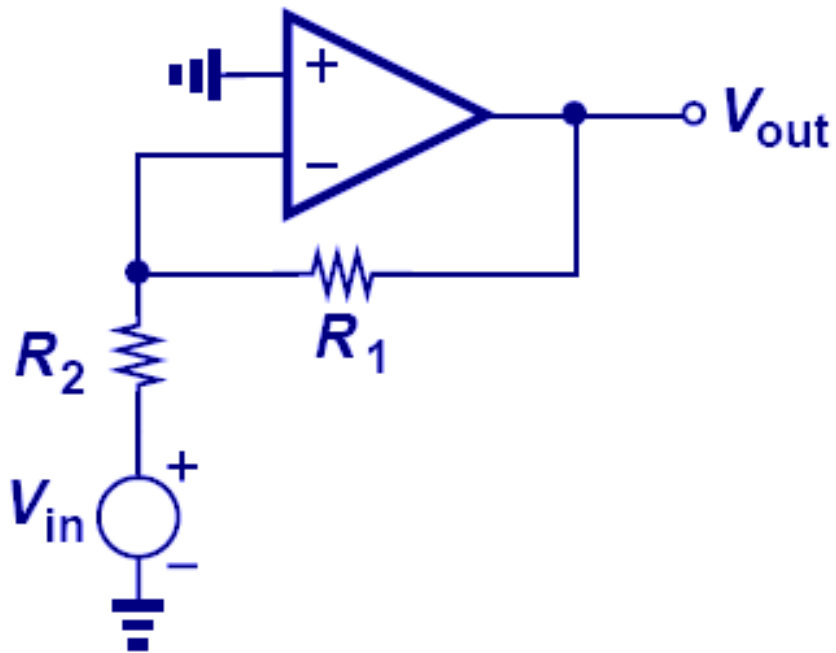
(c)

$$\frac{0 - V_{out}}{R_1} = \frac{V_{in}}{R_2}$$

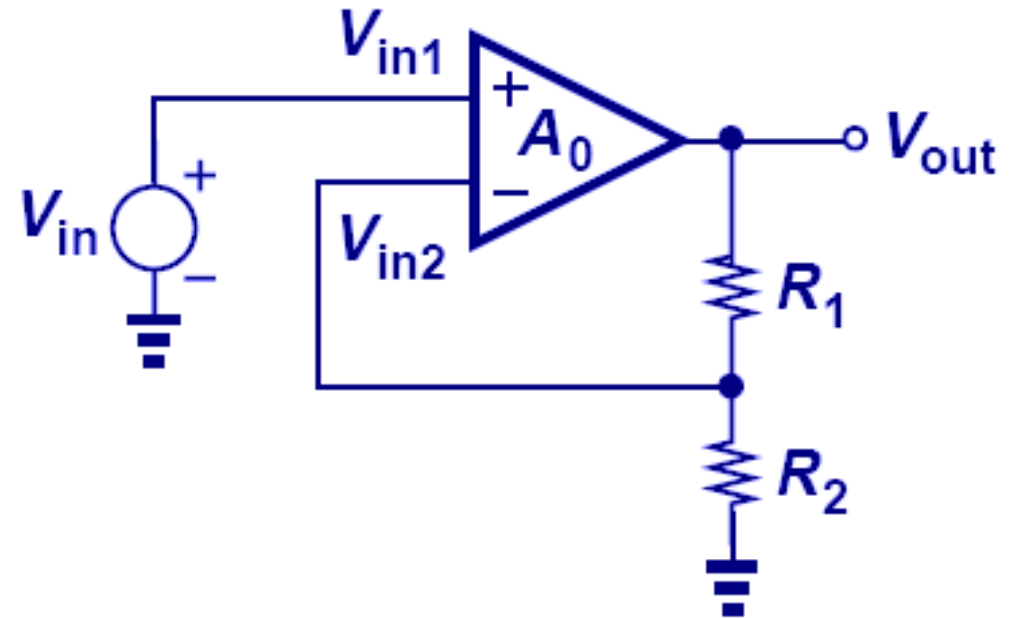
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-R_1}{R_2}$$

➤ بهره بینهایت آپ امپ ایجاب می کند که ولتاژ پایه های ورودی آپ امپ با هم برابر باشند. بنابراین در گره X زمین مجازی خواهیم داشت.

شماتیکی دیگر برای تقویت کننده با بهره منفی

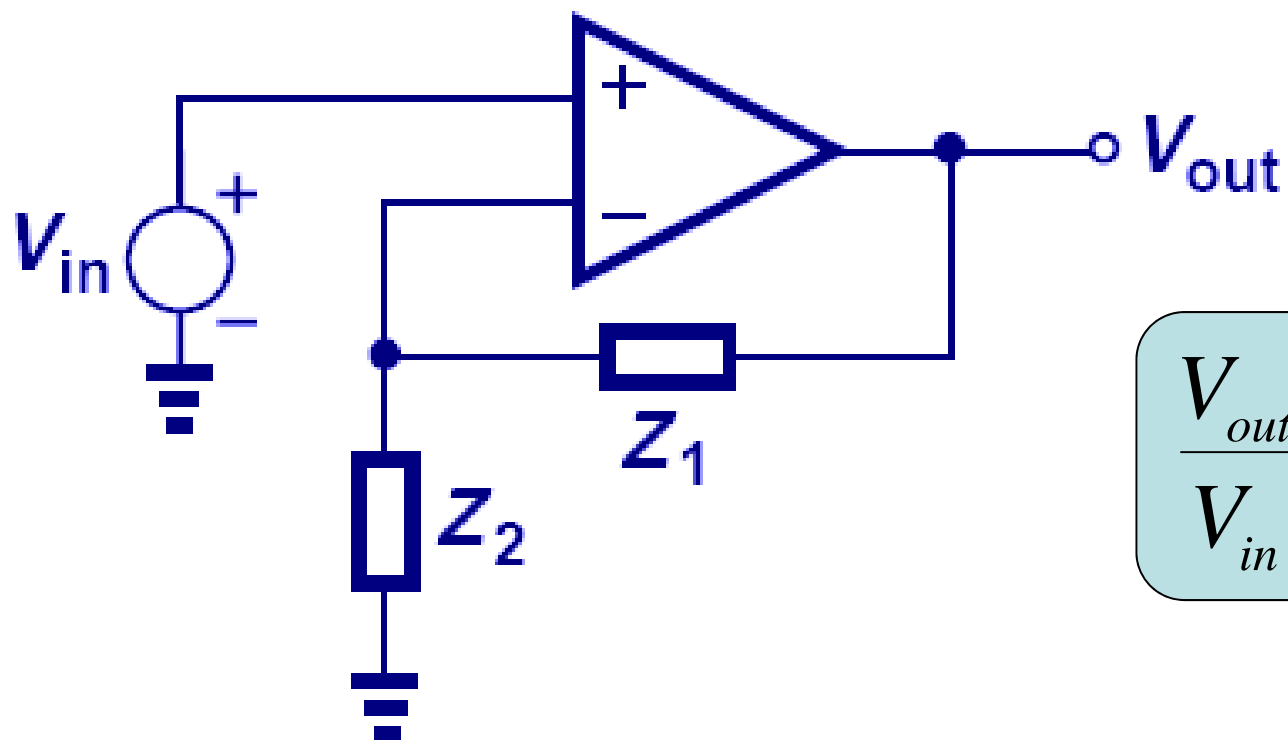


Inverting



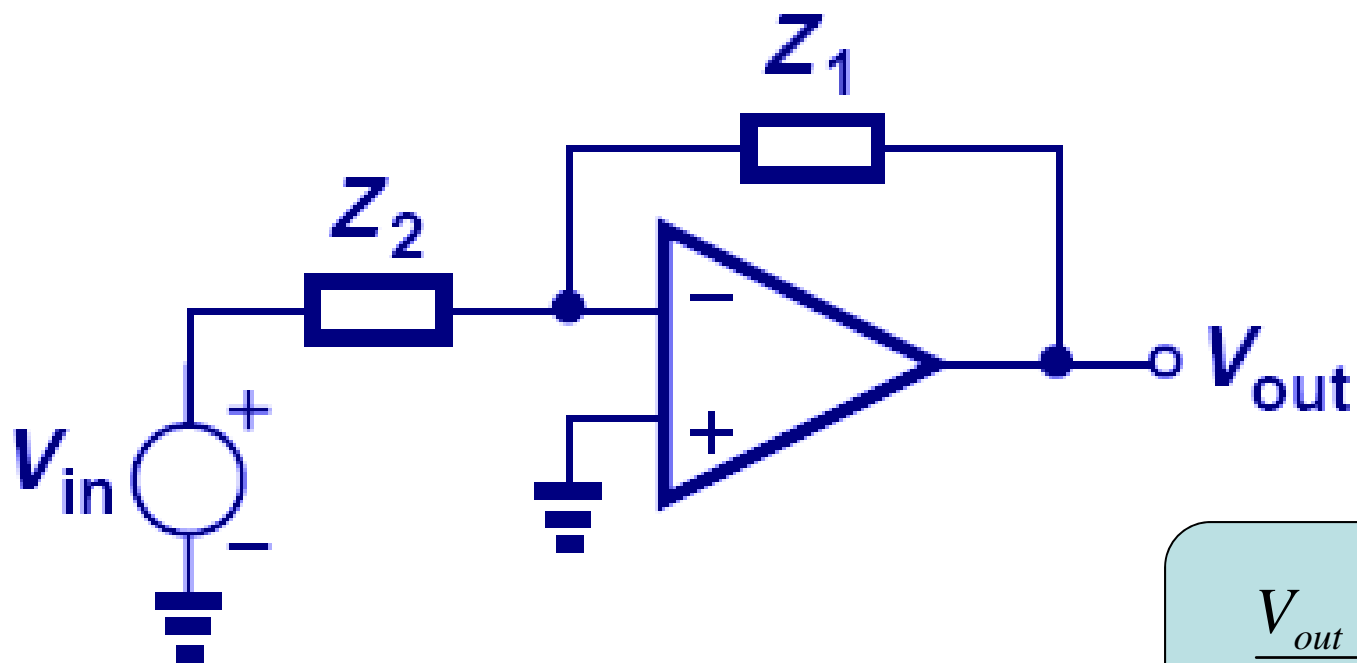
Noninverting

استفاده از امپدانس های مختلط در حول آپ امپ



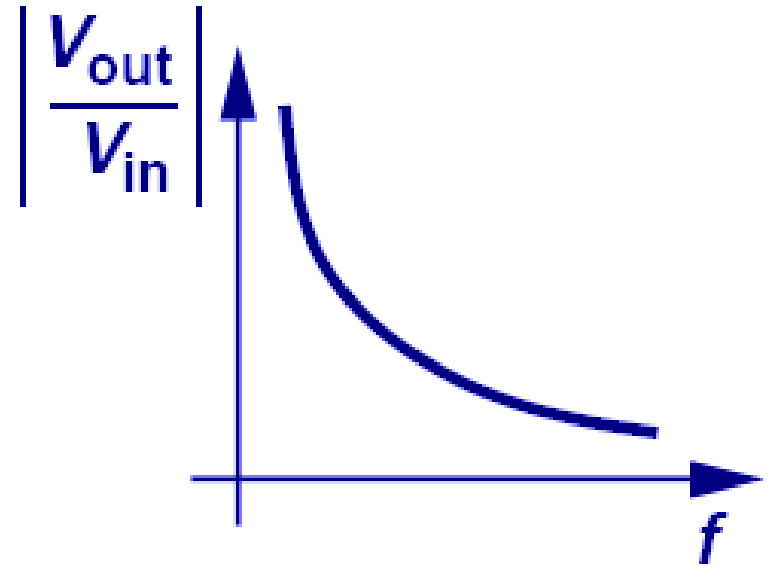
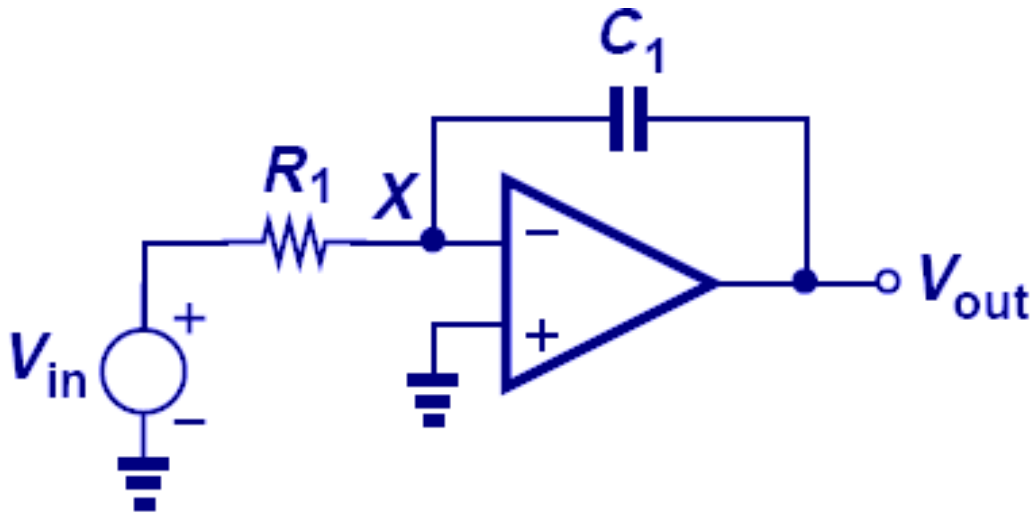
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2}$$

استفاده از امپدانس های مختلط در حول آپ امپ



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_1}{Z_2}$$

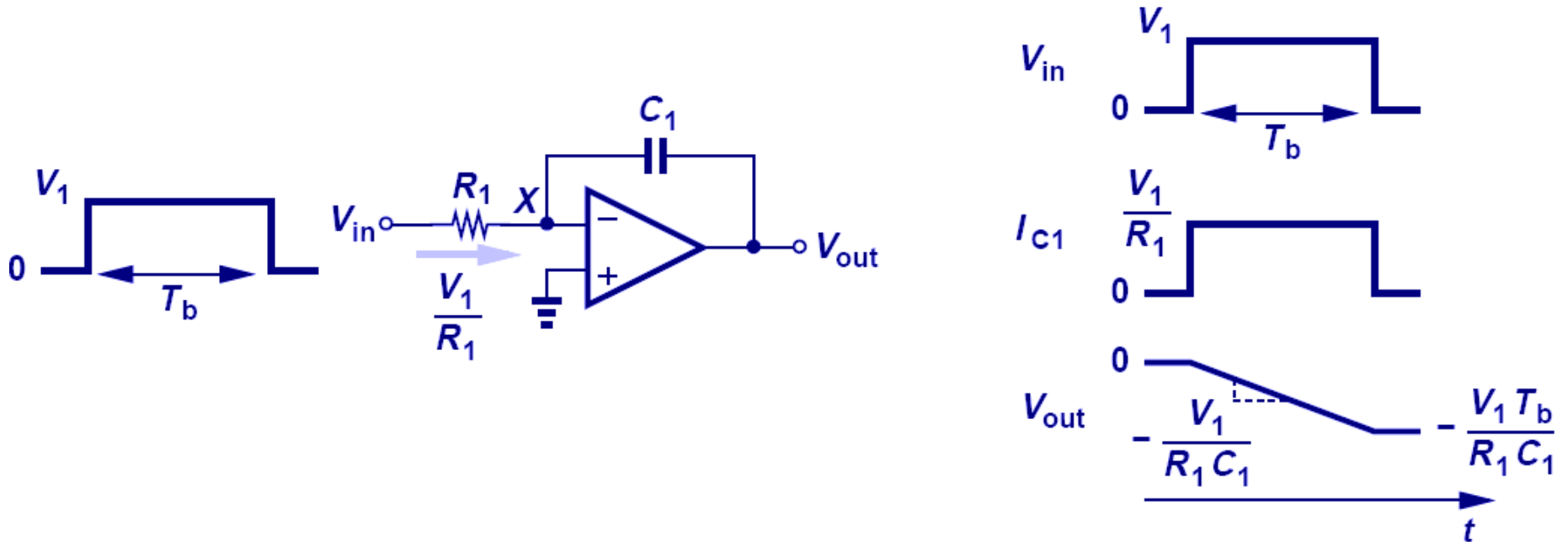
مدار انتگرال گیر



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{1}{R_1 C_1 s}$$

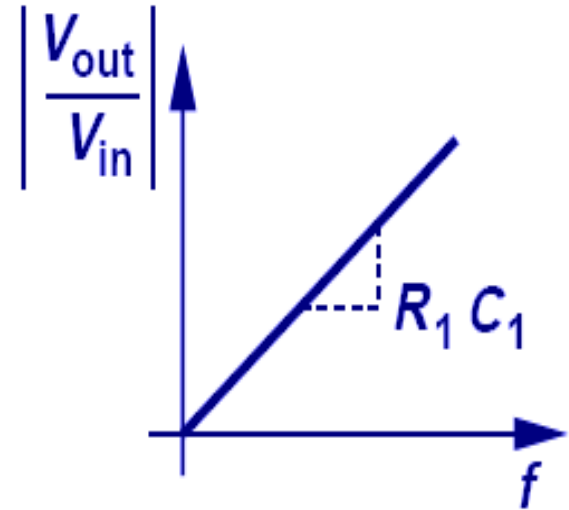
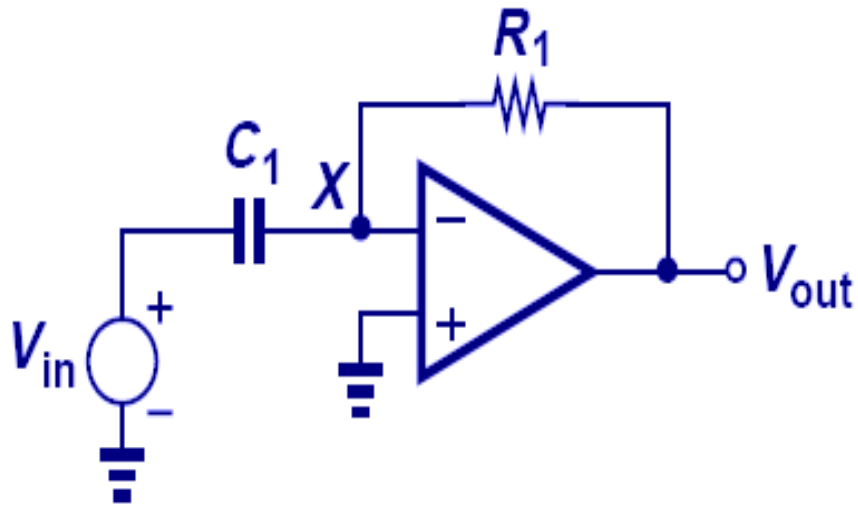
$$V_{out} = -\frac{1}{R_1 C_1} \int V_{in} dt$$

اعمال پالس مربعی به ورودی انتگرال گیر



$$V_{out} = -\frac{1}{R_1 C_1} \int V_{in} dt = -\frac{V_1}{R_1 C_1} t \quad 0 < t < T_b$$

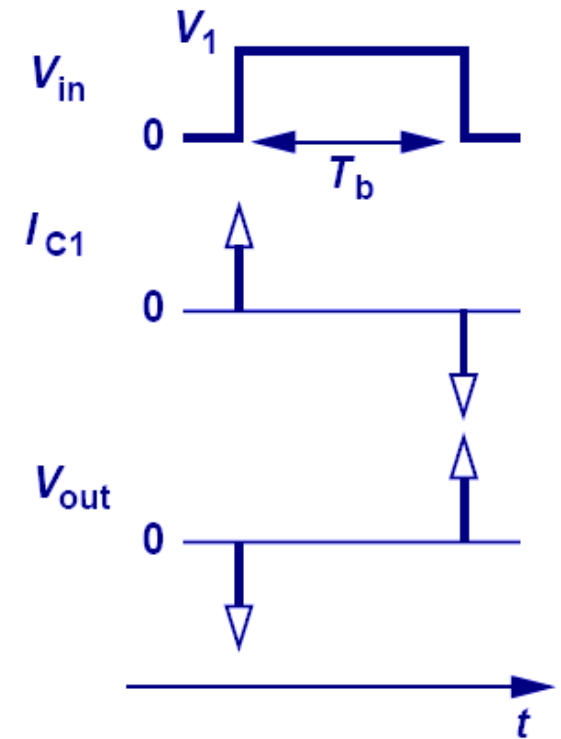
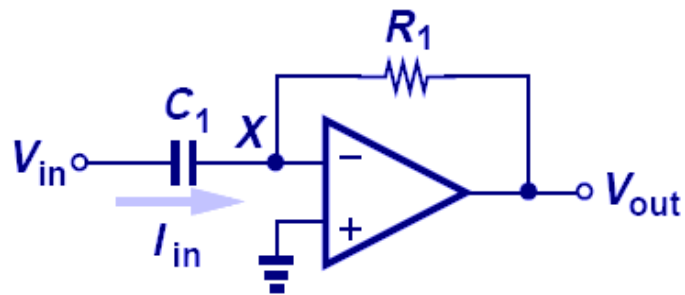
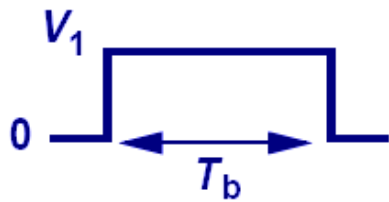
مدار مشتق گیر



$$V_{out} = -R_1 C_1 \frac{dV_{in}}{dt}$$

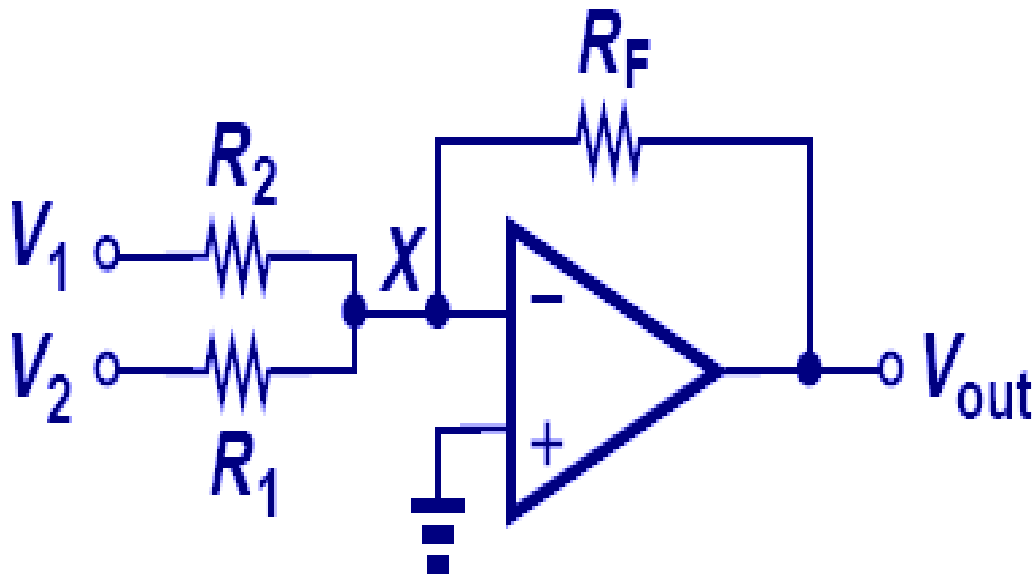
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_1}{\frac{1}{C_1 s}} = -R_1 C_1 s$$

اعمال پالس مربعی به ورودی مدار مشتق گیر



$$V_{out} = \mp R_1 C_1 V_1 \delta(t)$$

مدار جمع کننده ولتاژ



$$V_{out} = -R_F \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right)$$

If $R_1 = R_2 = R$, we have :

$$V_{out} = -\frac{R_F}{R} (V_1 + V_2)$$