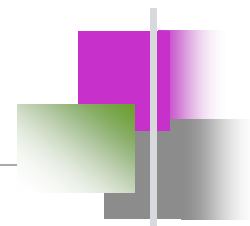




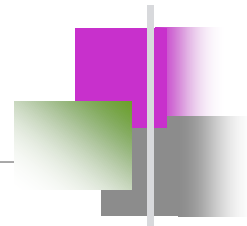
اسلایدهای آموزشی



مبانی مهندسی برق

دکتر مهران حاجی آقاپور

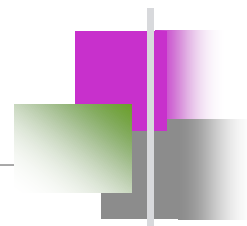
استادیار دانشکده مهندسی برق
دانشگاه شهید بهشتی



تقویت کننده‌های عملیاتی

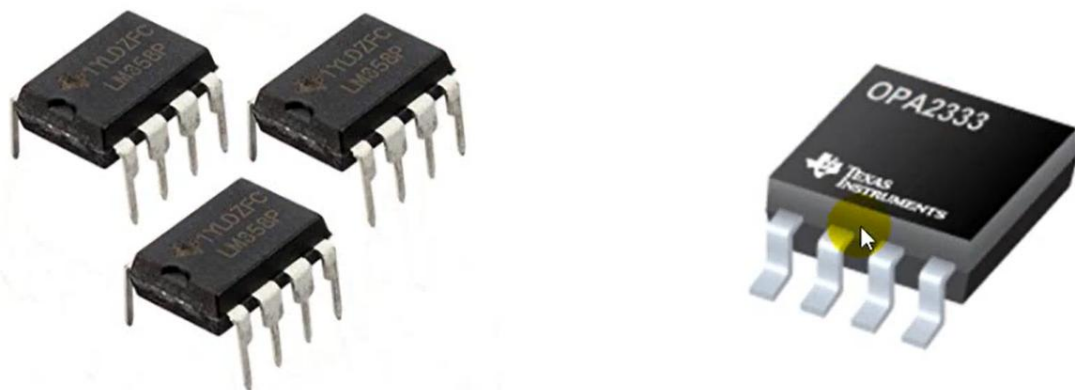
Op Amp

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)



تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

- تقویت کننده عملیاتی یکی پرکاربردترین آی سی‌ها در طراحی مدارات الکترونیکی است.
- موارد کاربرد: طراحی تقویت کننده‌های ولتاژ جریان پایدار، عملیات‌های ریاضی، مقایسه کننده‌ها

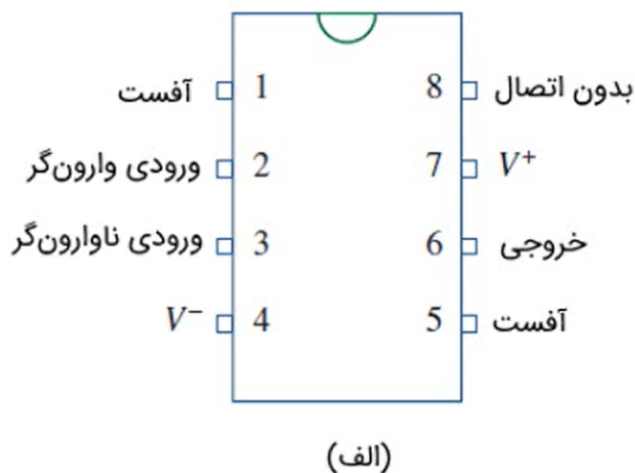
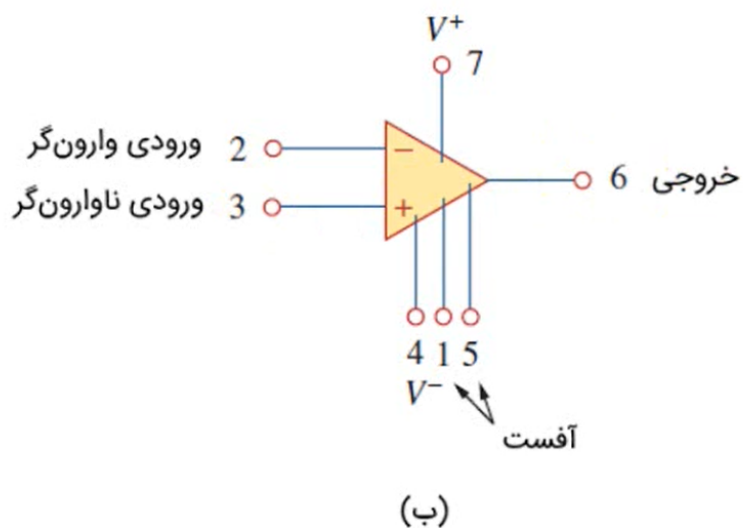


تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)



تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

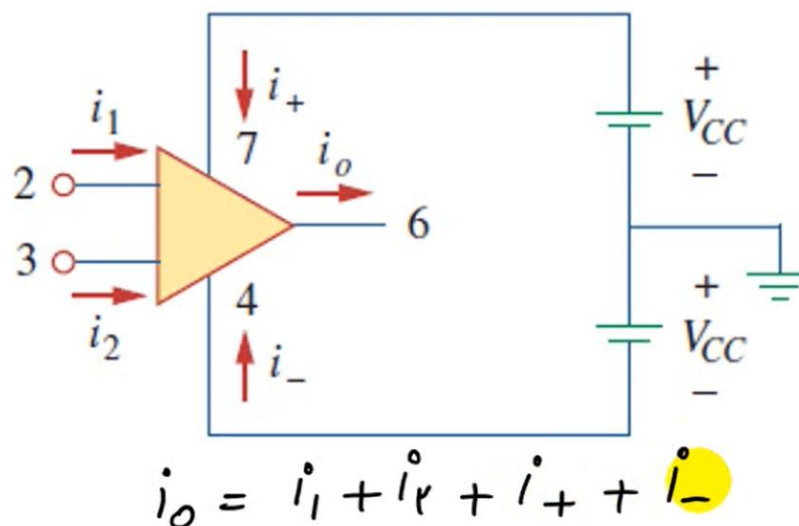
• بلوک دیاگرام و نماد فنی



تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)

تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

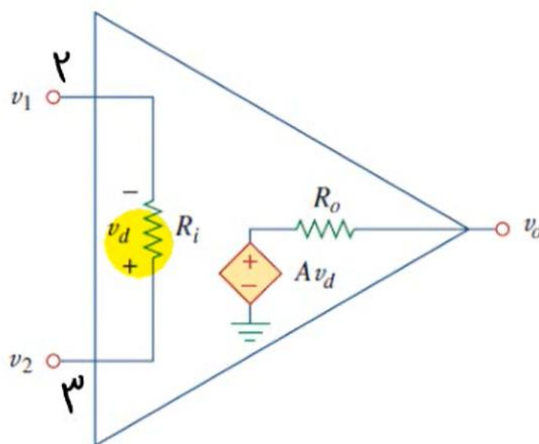
• تقویت کننده‌های عملیاتی جز المان‌های فعال (Active) هستند.



تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)

تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

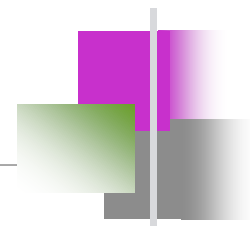
- مدار معادل
- تقویت کننده عملیاتی یک منبع ولتاژ کنترل شده با ولتاژ است.



$$v_o = A v_d$$

$$v_d = v_2 - v_1$$

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)



تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

• محدوده پارامترها

پارامتر	محدوده متداول	مقادیر ایده‌آل
بهره حلقه باز، A	10^5 تا 10^8	∞
مقاومت ورودی، R_i	10^5 تا 10^{13} اهم	$\infty \Omega$
مقاومت خروجی، R_o	10 تا 100 اهم	0Ω
ولتاژ تغذیه، V_{CC}	5 تا 24 ولت	

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)

تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

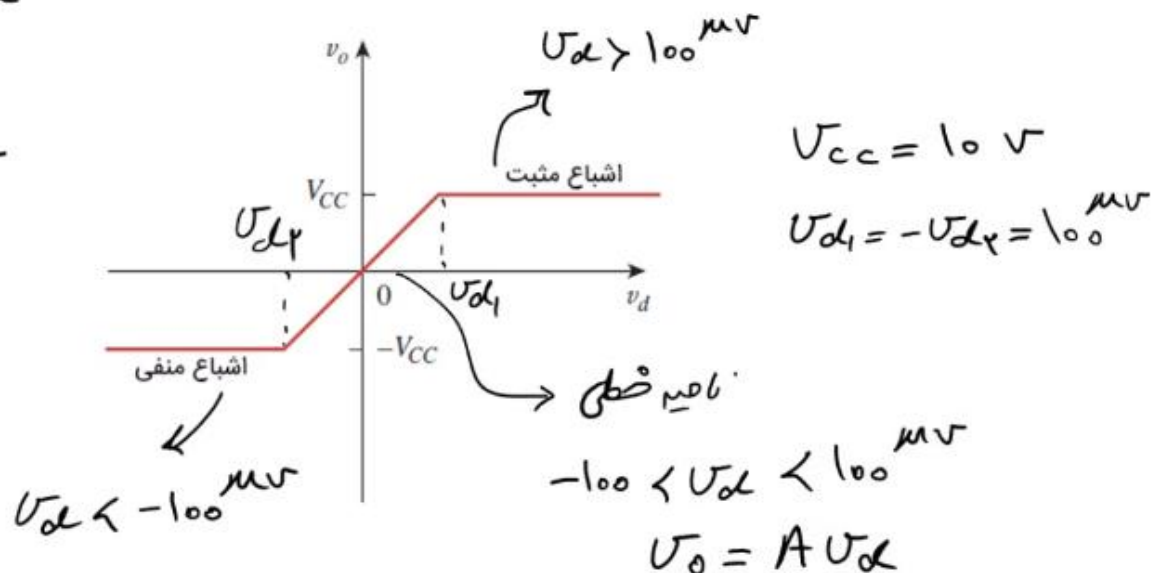
$$V_o = A V_{\alpha}$$

$$A = 10^5$$

$$V_{\alpha} = 1 \text{ mV}$$

$$V_o = 100 \text{ V}$$

• منحنی مشخصه



تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)

تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

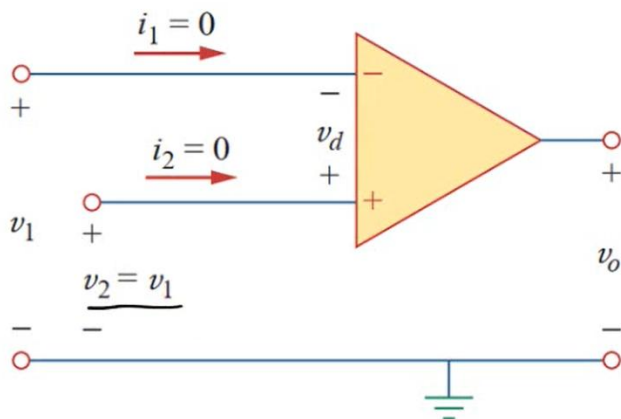
• تقویت کننده عملیاتی ایده‌آل

۱. بهره حلقه باز بی نهایت، $A \approx \infty$.

۲. مقاومت ورودی بی نهایت، $R_i \approx \infty$ $\leftarrow i_1 = i_2 = 0$

۳. مقاومت خروجی صفر، $R_o \approx 0$.

• توجه توجه: فقط در شرایط وجود فیدبک منفی

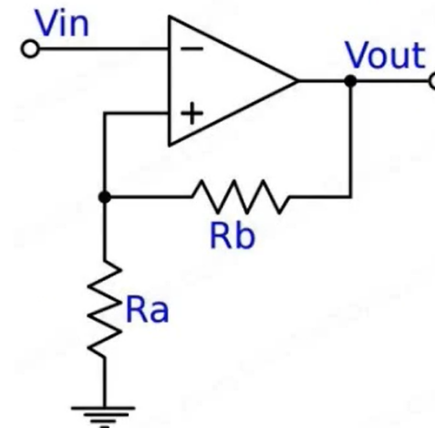
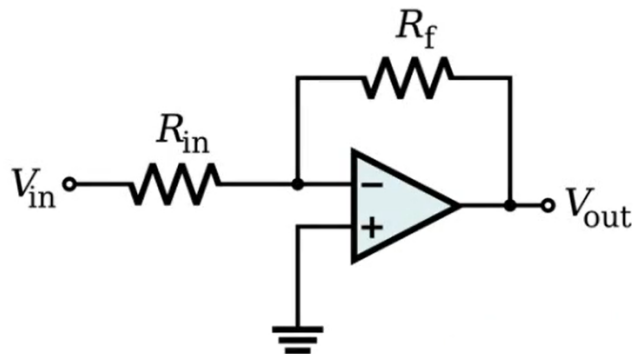


تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)



تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

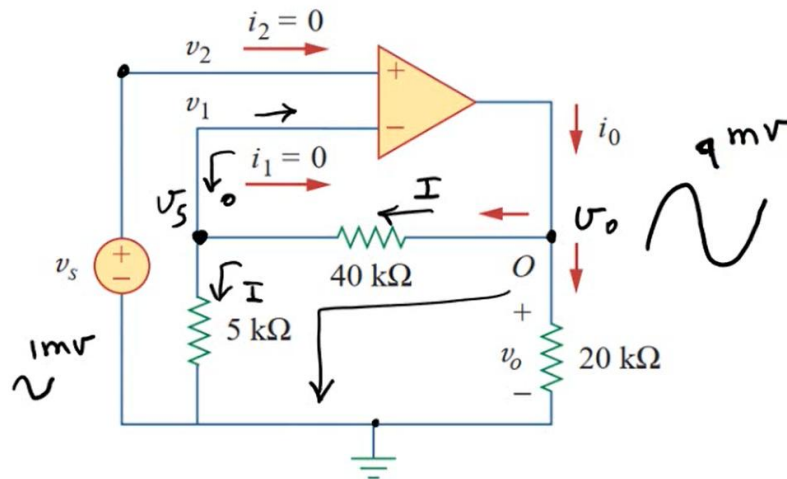
• فیدبک منفی و مثبت



تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)

تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

• مثال (تقویت کننده ولتاژ)



$$v_+ = v_- = v_s$$

$$I = \frac{v_s}{5}$$

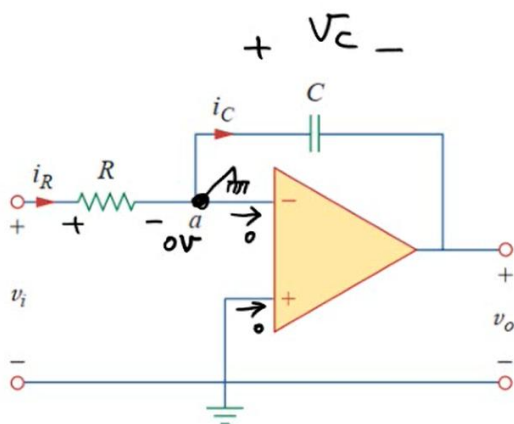
$$v_o = (40 + 20) \frac{v_s}{5} = 9 v_s$$

$$\frac{v_o}{v_s} = +9$$

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)

تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

• مثال (انتگرال گیر)



$$i_R = \frac{v_i}{R}$$

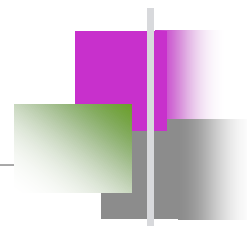
$$i_C = \frac{v_i}{R}$$

$$v_C = \frac{1}{C} \int i_C dt$$

$$v_C = \frac{1}{RC} \int v_i dt$$

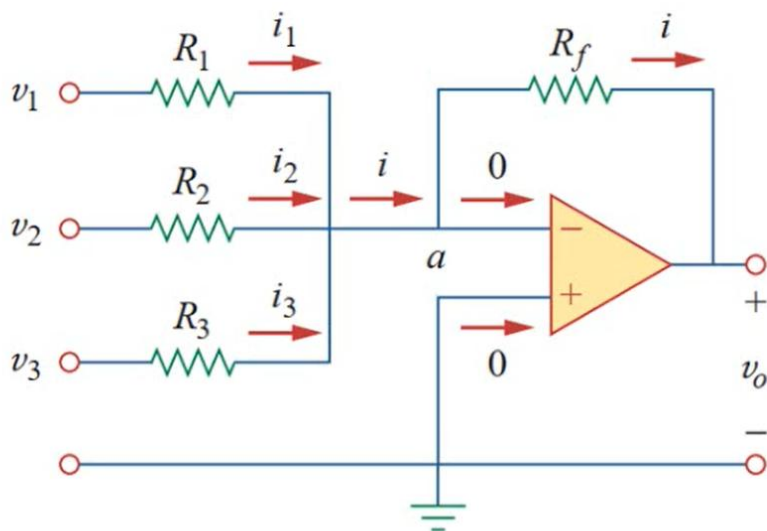
$$v_o = -v_C = -\frac{1}{RC} \int v_i dt$$

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)



تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

• جمع کننده



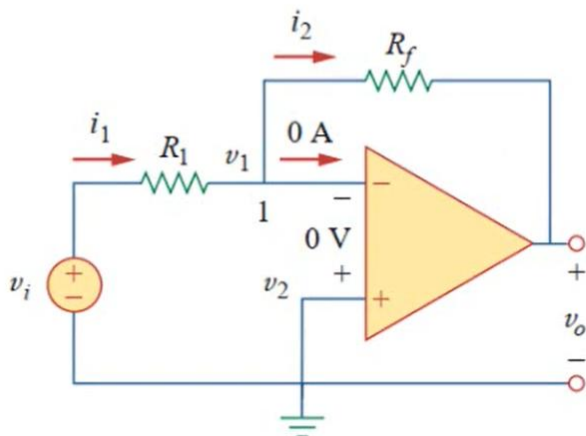
$$v_o = -\frac{R_f}{R_1}v_1 - \frac{R_f}{R_2}v_2 - \frac{R_f}{R_3}v_3$$

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)



تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

• تقویت کننده ولتاژ معکوس کننده



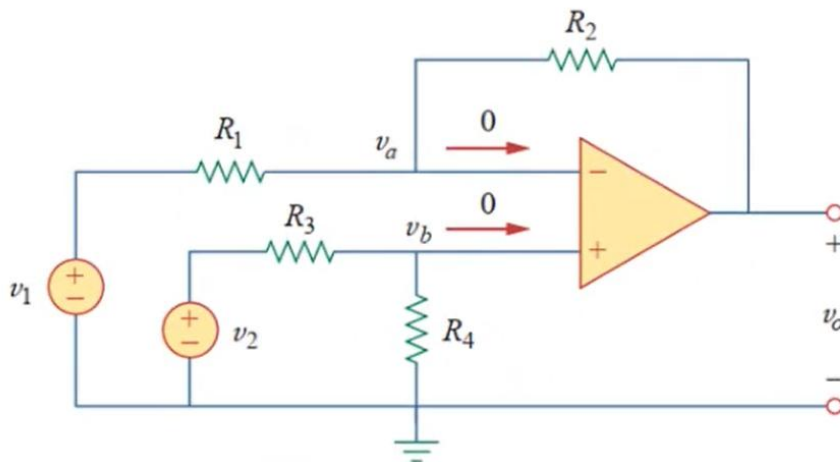
$$v_o = -\frac{R_f}{R_1} v_i$$

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)



تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

• تقویت کننده تفاضلی

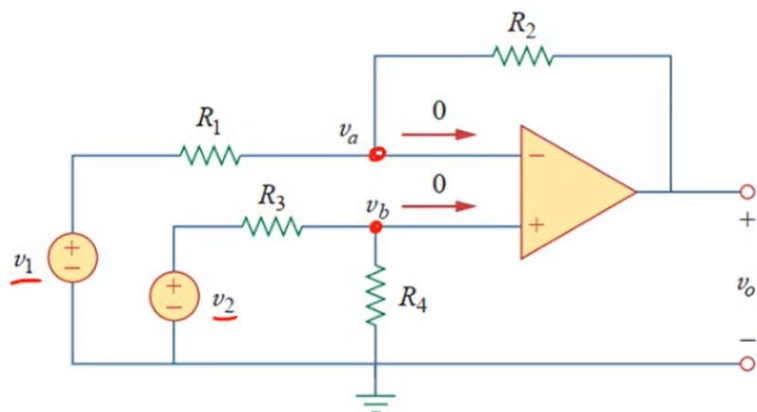


$$v_o = \frac{R_2(1 + R_1/R_2)}{R_1(1 + R_3/R_4)} v_2 - \frac{R_2}{R_1} v_1$$

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)

تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

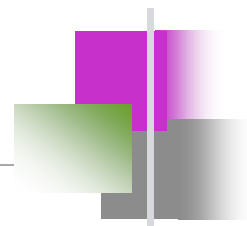
• تقویت کننده تفاضلی



$$v_o = \frac{R_2(1 + R_1/R_2)}{R_1(1 + R_3/R_4)} v_2 - \frac{R_2}{R_1} v_1$$

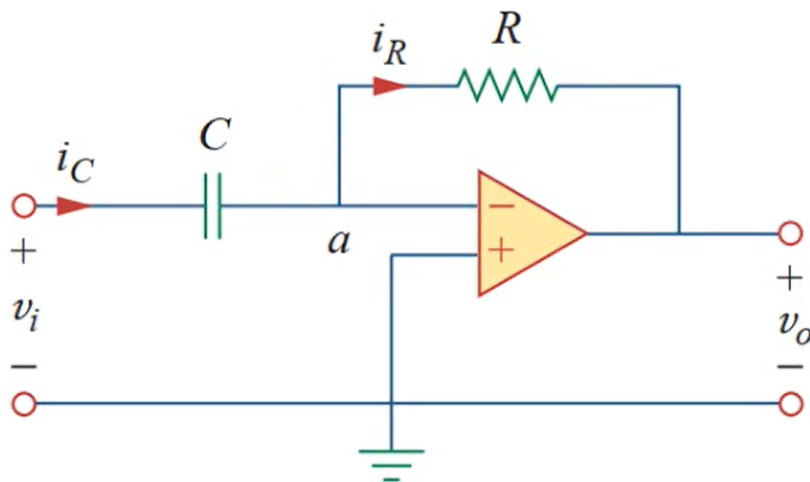
$$\begin{aligned}
 R_2 &= R_4 \\
 R_1 &= R_3 \\
 \rightarrow v_o &= \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1)
 \end{aligned}$$

تقویت کننده‌های عملیاتی (*Op Amp*)



تقویت کننده‌های عملیاتی Op Amp

• مشتق‌گیر

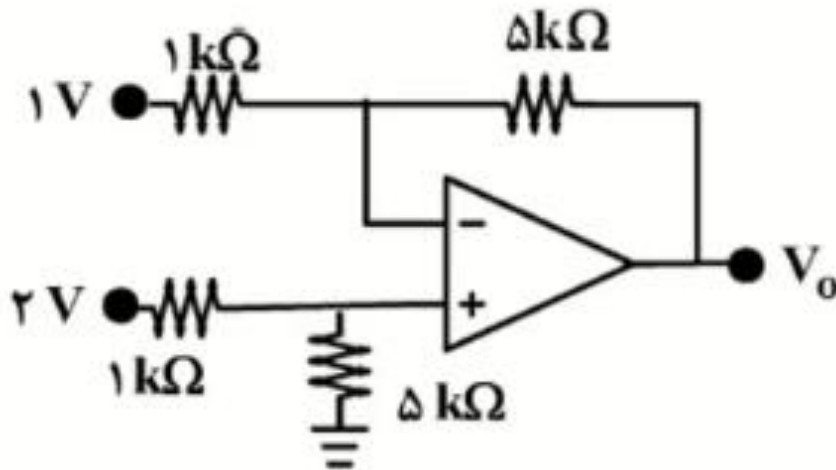


$$v_o = -RC \frac{d}{dt} v_i$$

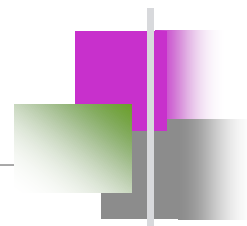
مثال از Op Amp



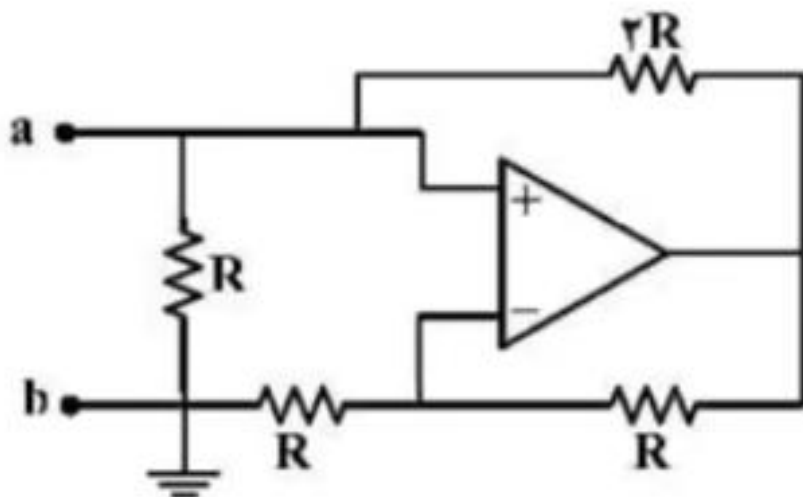
در مدار شکل زیر ولتاژ خروجی را محاسبه کنید.



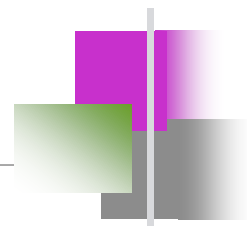
مثال از Op Amp



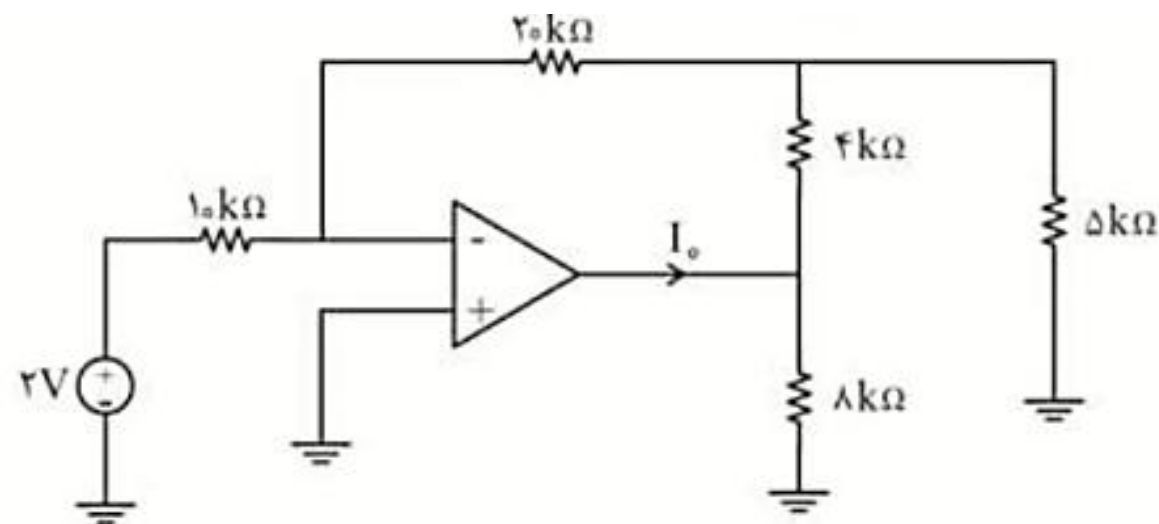
در مدار شکل زیر مقاومت ورودی را محاسبه کنید. ($2R$)



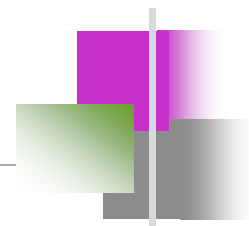
مثال از Op Amp



در مدار شکل زیر جریان خروجی را محاسبه کنید. (۲-)



مثال از Op Amp



در مدار شکل زیر مقدار بهره ولتاژ را محاسبه کنید. (۸-)

