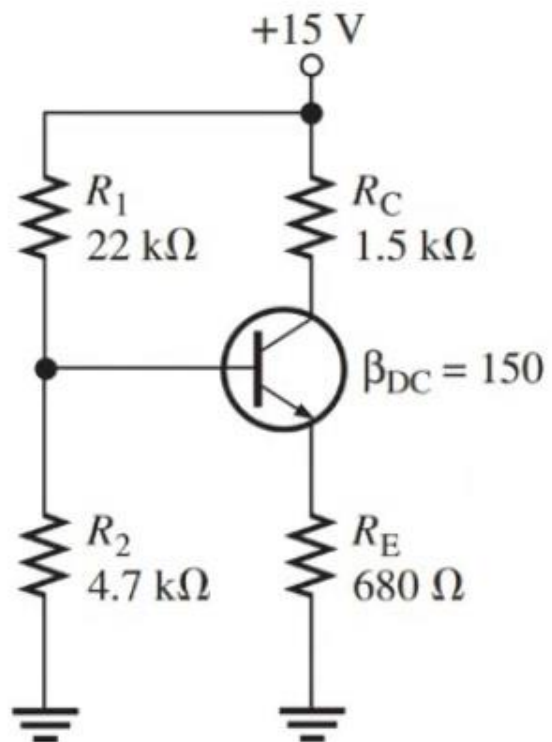


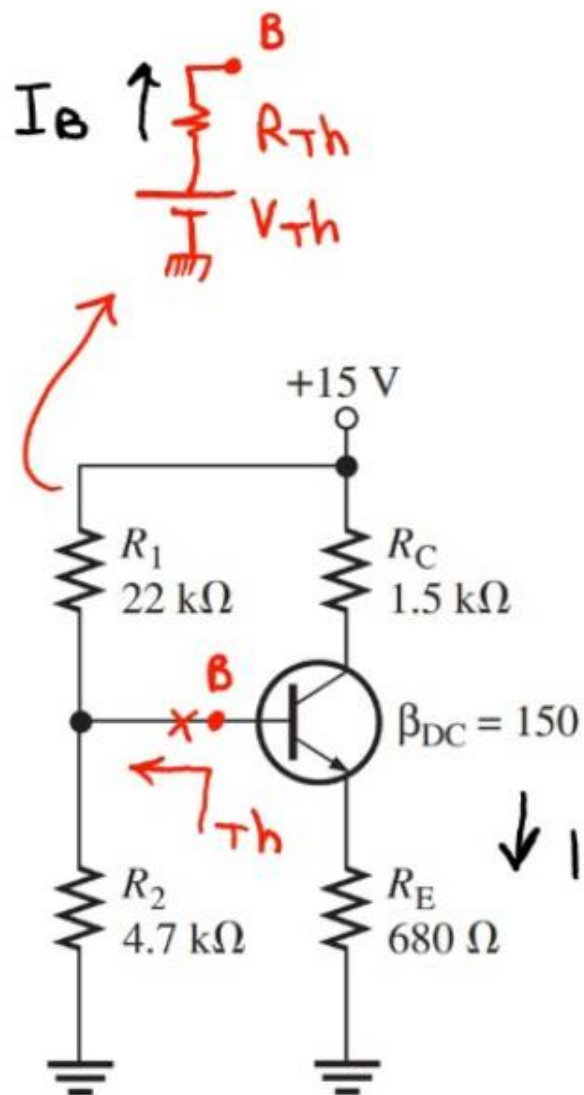
حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

• مثال اول: نقطه کار ترانزیستور زیر را بیابید.



حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

• مثال اول: نقطه کار ترانزیستور زیر را بیابید.



$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{22 \times 4.7}{22 + 4.7} = 3.18 \text{ k}\Omega$$

$$V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{4.7}{22 + 4.7} \times 15 = 2.48 \text{ V}$$

$$V_{Th} = R_{Th} I_B + V_{BE}^{on} + R_E I_E$$

$$I_B = \frac{2.48 - 0.7}{3.18 + 151 \times 0.48} = 0.0182 \text{ mA}$$

حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

• مثال اول:

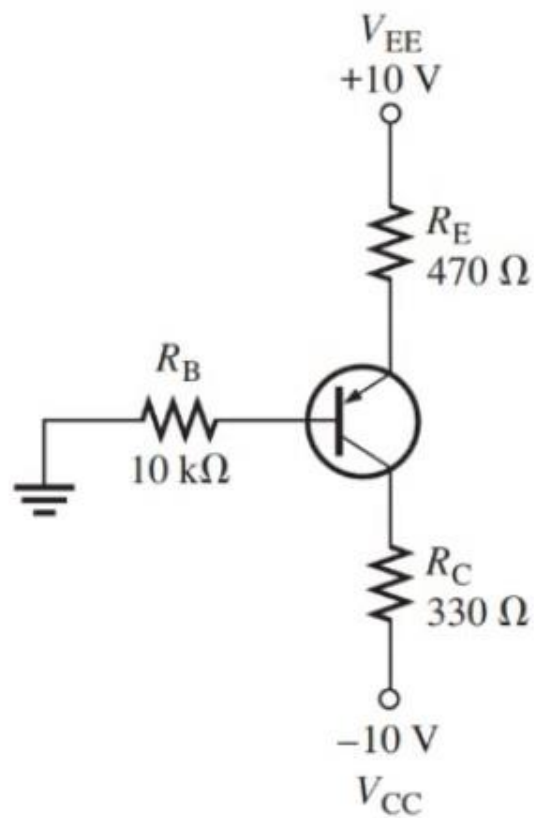
$$I_E = 101 I_B = 101 \times 0.0182 = 1.838 \text{ mA}$$

$$I_C = I_E - I_B = 1.838 - 0.0182 \approx 1.82 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E = 10 - 100 \times 1.82 - 0.1 \times 1.838 \\ &= 9.82 \text{ V} > V_{CE}^{\text{sat}} = 0.2 \text{ V} \end{aligned}$$

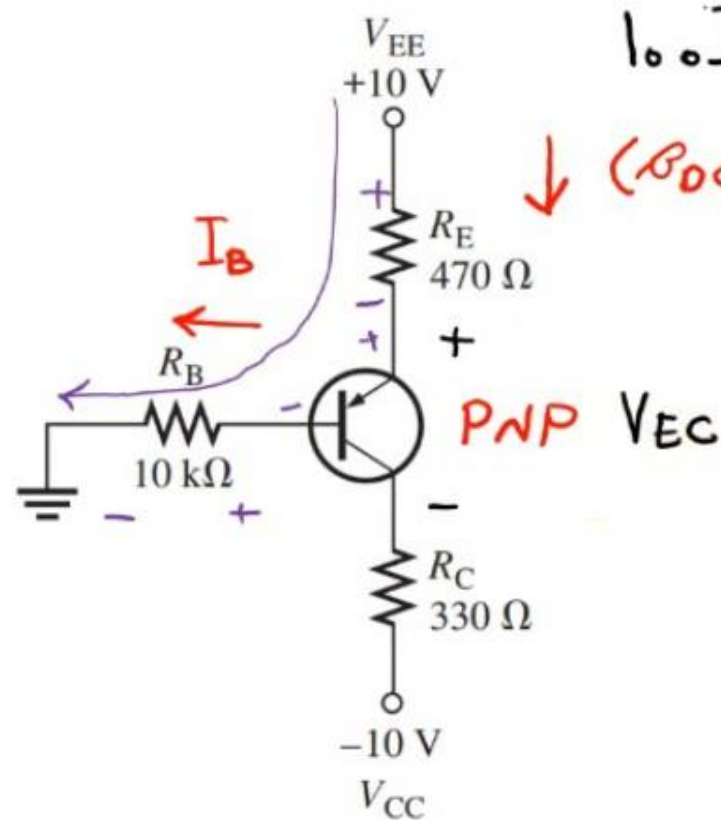
حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

• مثال دوم: نقطه کار ترانزیستور زیر را بیابید.



حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

• مثال دوم: نقطه کار ترانزیستور زیر را بیابید.



$$\beta_{DC} = 99$$

$$V_{EE} = R_E I_E + V_{EB}^{on} + R_B I_B$$

$$10 = 0.1 \text{ V} I_B \times 100 + 0.1 \text{ V} + 10 I_B$$

$$I_B = \frac{10 - 0.1 \text{ V}}{10 + 100 \times 0.1 \text{ V}} = \frac{9.9}{11} = 0.9 \text{ mA}$$

$$I_E = 100 I_B = 90 \text{ mA} \quad I_C = 89.1 \text{ mA}$$

حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

• مثال دوم:

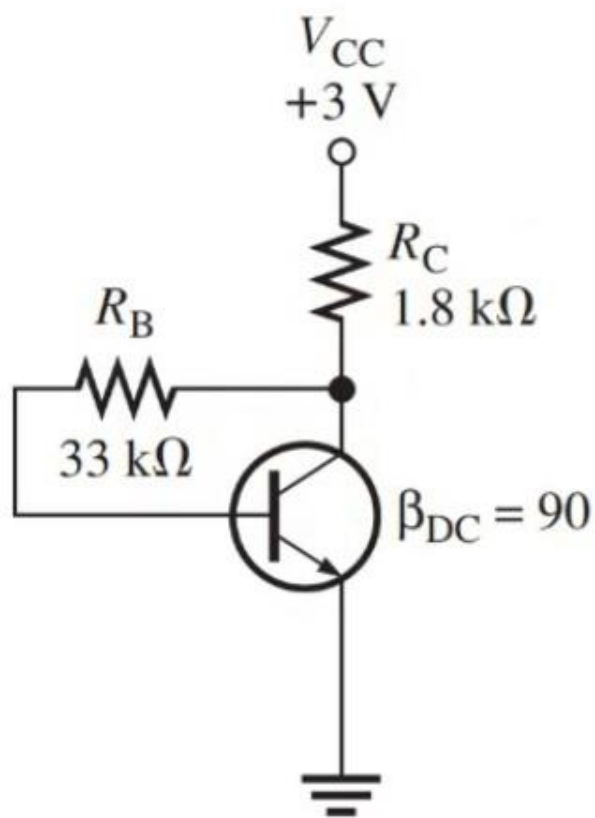
$$I_0 = 0.147 \times 14 + V_{EC} + 0.133 \times 15.18 - I_0$$

$$V_{EC} = I_0 - 0.147 \times 14 - 0.133 \times 15.18 = 1.25V$$

$$V_{EC} > V_{EC}^{sat} = 0.12V$$

حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

• مثال سوم: نقطه کار ترانزیستور زیر را بیابید.



حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

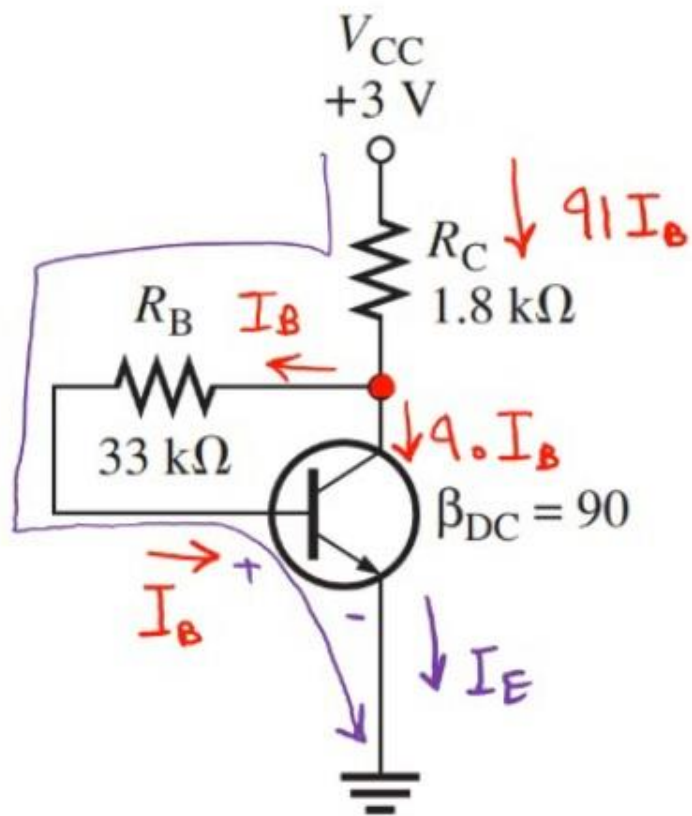
• مثال سوم: نقطه کار ترانزیستور زیر را بیابید.

* فعال $V_{CE} > 0.2V$ $I_C = \beta_{DC} I_B$

$$V_{CC} = R_C \times 41 I_B + R_B I_B + V_{BE}^{on}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}^{on}}{R_B + 41 R_C} = \frac{3 - 0.7}{33 + 41 \times 1.8} = 0.011V \text{ mA}$$

$$I_E = 41 I_B = 41 \times 0.011V = 1.04 \text{ mA}$$



حل مثال از بایاس ترانزیستور BJT

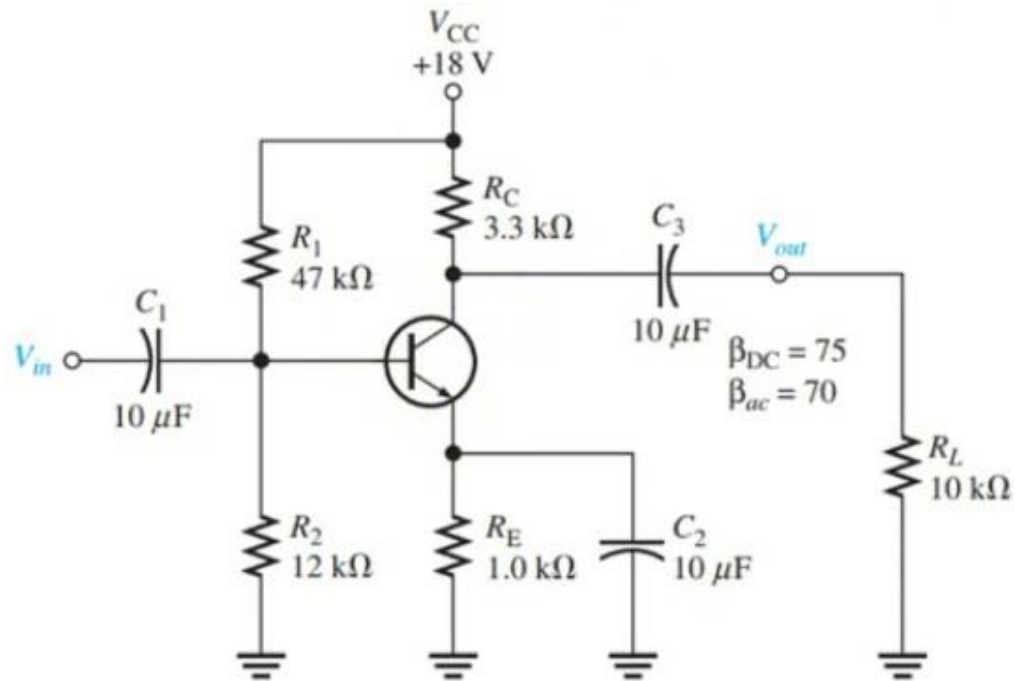
• مثال سوم:

$$V_{CC} = R_C I_E + V_{CE}$$

$$V_{CE} = 2 - 1.1 \times 1.09 = 1.09 \text{ V} > 0.1 \text{ V}$$

حل مثال از تقویت کننده های BJT

• **مثال اول:** بهره ولتاژ، مقاومت ورودی و خروجی را برای تقویت کننده زیر محاسبه کنید.

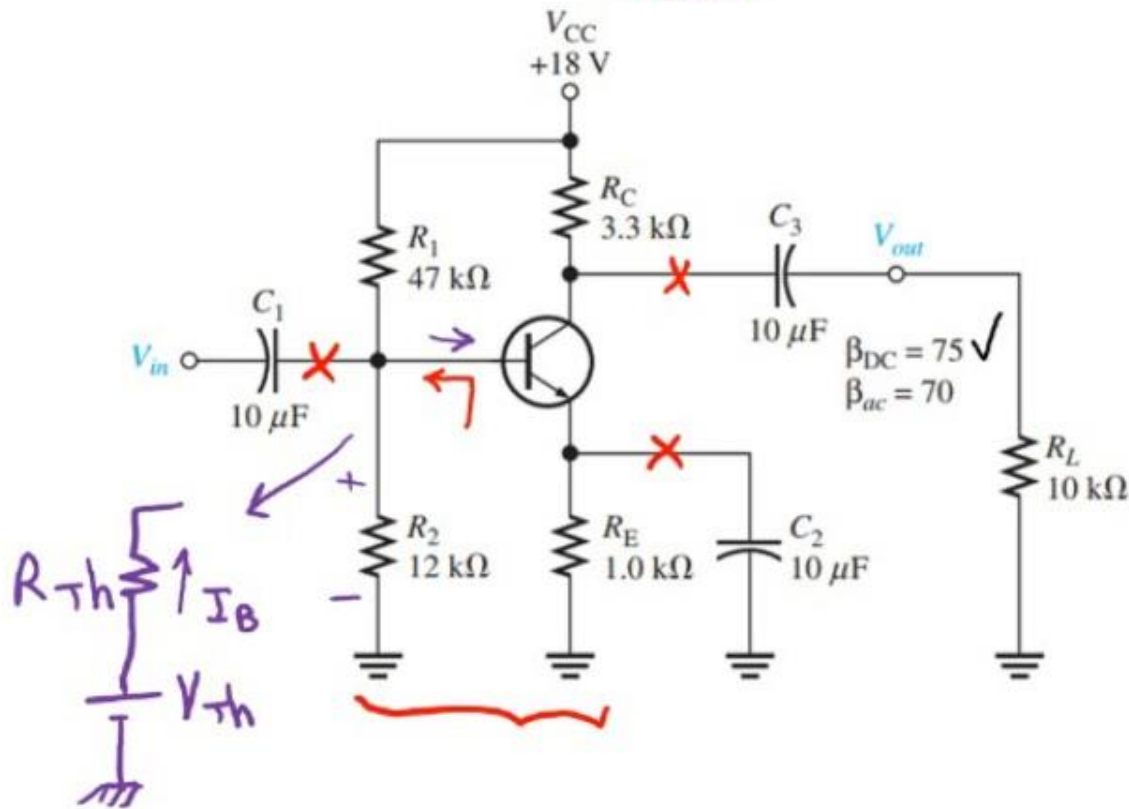


حل مثال از تقویت کننده های BJT

• مثال اول: بهره ولتاژ، مقاومت ورودی و خروجی را برای تقویت کننده زیر محاسبه کنید.

CE

* تحلیل DC ← Q



$$R_{Th} = \frac{2V \times 12}{2V + 12} = 9.4 \text{ k}\Omega$$

$$V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC} = \frac{12}{12 + 2V} \times 18 = 3.1V$$

$$V_{Th} = R_{Th} I_B + V_{BE}^{on} + R_E \times (\beta_{DC} + 1) I_B$$

$$I_B = \frac{3.1V - 0.7V}{9.4 + 76 \times 1} = 0.034 \text{ mA}$$

حل مثال از تقویت کننده های BJT

• مثال اول:

$$I_E = (\beta_{DC} + 1) I_B = 74 \times 0.030 = 2.22 \text{ mA}$$

$$I_C = \frac{\beta_{DC}}{\beta_{DC} + 1} I_E = \frac{74}{74 + 1} \times 2.22 = 2.2 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E = 11 - 3.3 \times 2.2 - 1 \times 2.22 \\ = 9.44 \text{ V}$$

$$r_e' = \frac{25 \text{ mV}}{2.22 \text{ mA}} = 9.8 \Omega$$

$$\checkmark \text{ فعال} \rightarrow V_{CE} > V_{CE}^{\text{sat}} \approx 0.2 \text{ V}$$

حل مثال از تقویت کننده های BJT

• مثال اول:

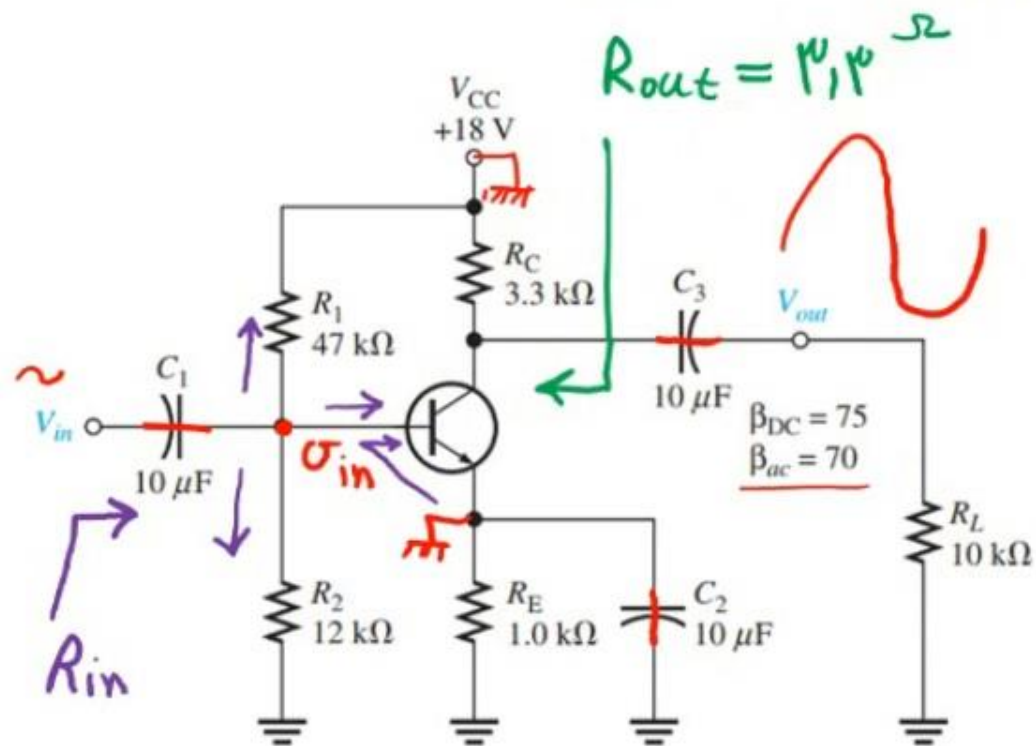
$$A_v = - \frac{V_o}{V_i} \times \frac{2810}{9,8} = -260,1$$

$\text{K}\Omega$ Ω

$$R_{in} = 9,4 \parallel (V_i \times 9,8) = 428 \Omega$$

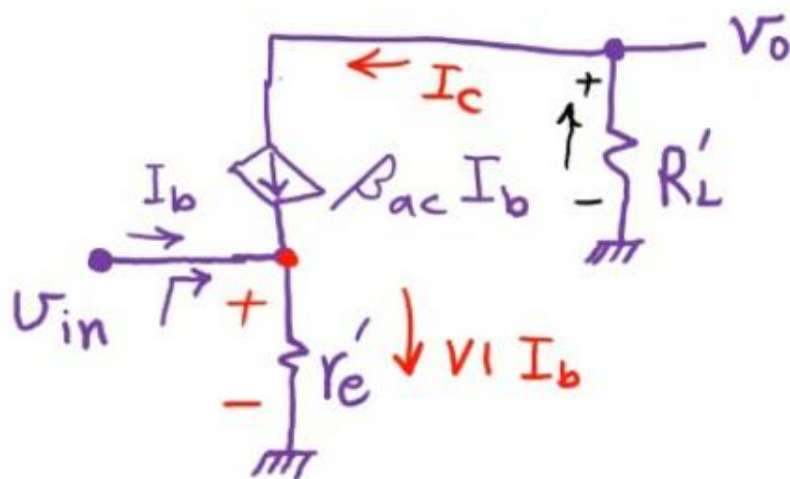
حل مثال از تقویت کننده های BJT

• مثال اول: بهره ولتاژ، مقاومت ورودی و خروجی را برای تقویت کننده زیر محاسبه کنید.



$$R'_L = 3.3 \parallel 10 = 2.16 \text{ k}\Omega$$

* تحلیل ac



$$\frac{V_{in}}{I_b} = V_i r'_e$$

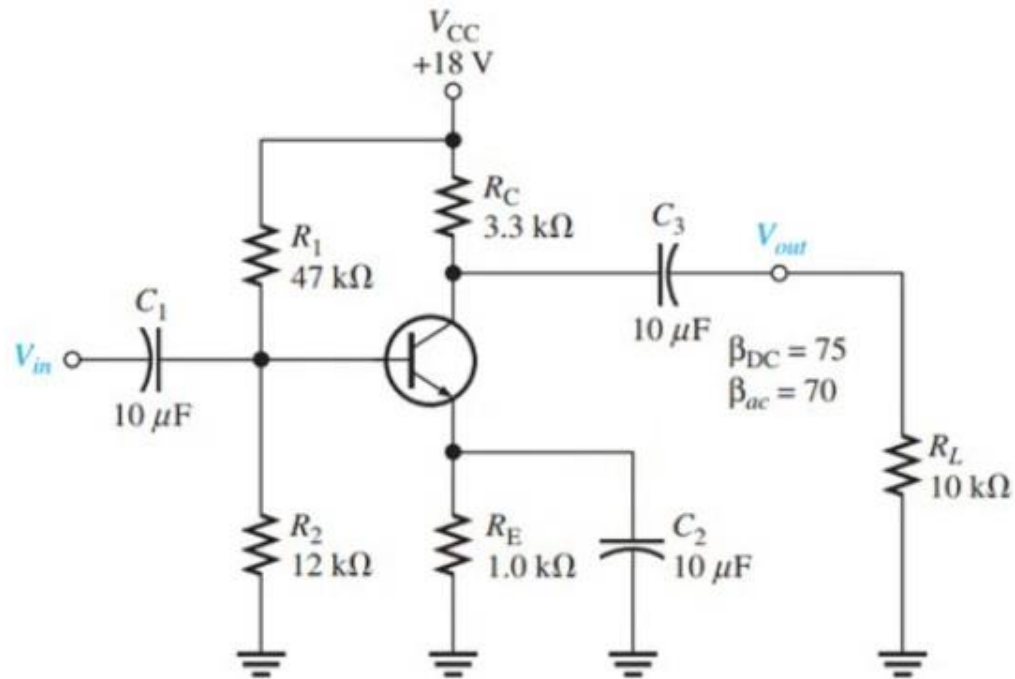
$$V_i r'_e I_b = V_{in} \rightarrow I_b = \frac{V_{in}}{V_i r'_e}$$

$$I_c = \frac{V_o}{V_i} \frac{V_{in}}{r'_e}$$

$$V_o = -R'_L I_c = -\frac{V_o}{V_i} \frac{2.16 \text{ k}\Omega}{9.18} V_{in}$$

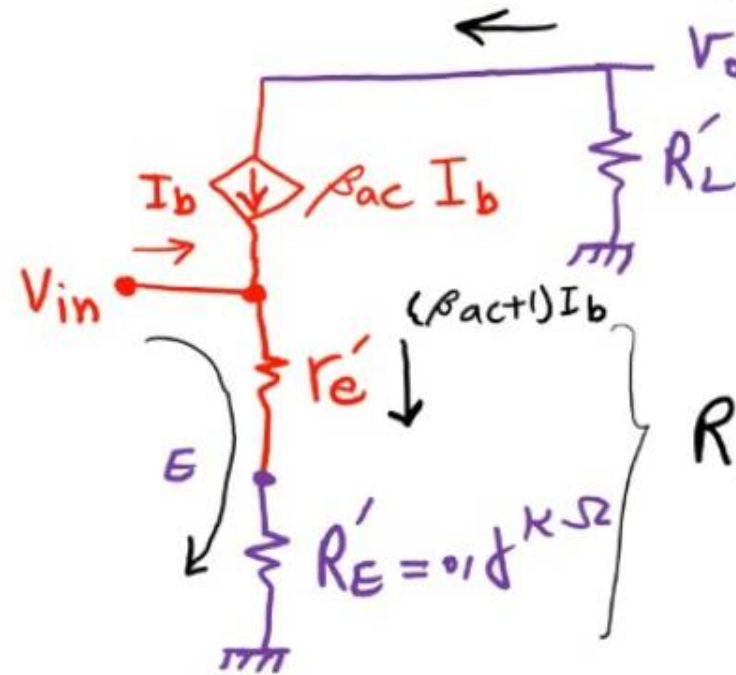
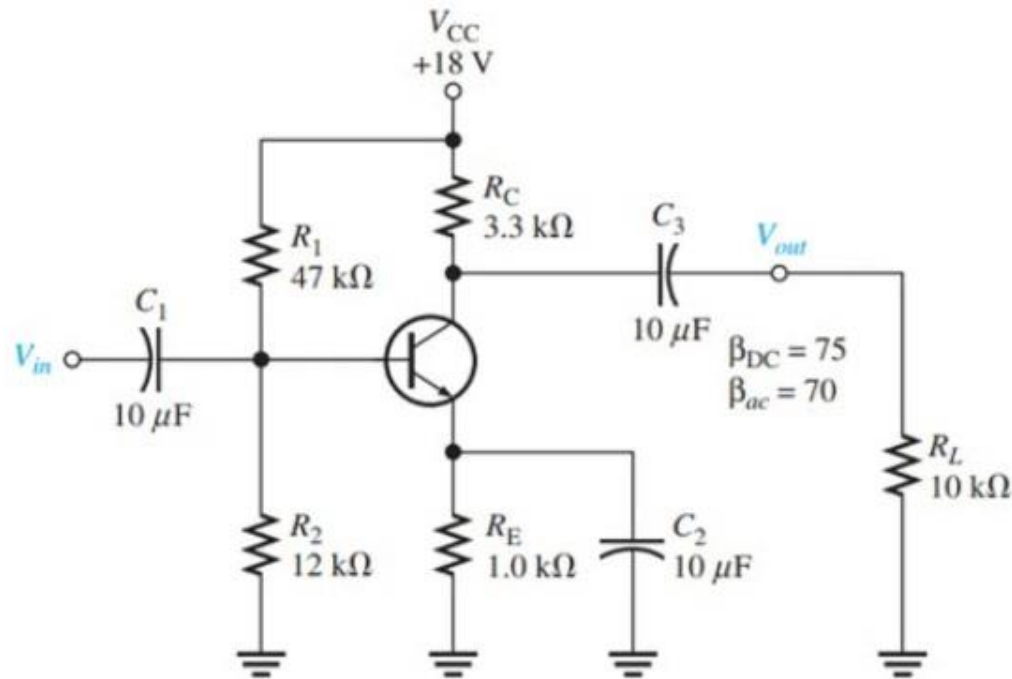
حل مثال از تقویت کننده های BJT

- **مثال دوم:** در تقویت کننده زیر اگر فقط **نیمی از مقاومت امیتر** بای پس شود، بهره ولتاژ چه تغییری می کند؟



حل مثال از تقویت کننده های BJT

- مثال دوم: در تقویت کننده زیر اگر فقط **نیمی از مقاومت امیتر** بای پس شود، بهره ولتاژ چه تغییری می کند؟



$$R_e = r_e' + R'_E = 509.1 \Omega$$

$$V_{in} = (\beta_{ac} + 1) R_e I_b \rightarrow I_b = \frac{V_{in}}{(\beta_{ac} + 1) R_e}$$

$$I_c = \frac{\beta_{ac} V_{in}}{(\beta_{ac} + 1) R_e}$$

حل مثال از تقویت کننده های BJT

• مثال دوم:

$$V_o = -R_L' I_c = -\frac{\beta_{ac} R_L'}{(\beta_{ac} + 1) R_e} V_{in}$$

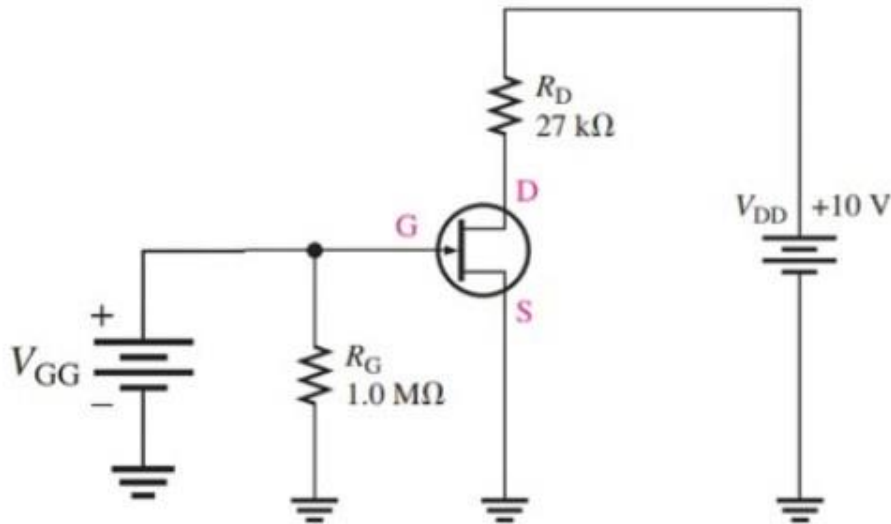
$$A_v = -\frac{\beta_{ac} R_L'}{(\beta_{ac} + 1) R_e} = -\frac{V_o \times 21.41}{V_i \times 0.494} = -29.1$$

$$-29.1 \longrightarrow -29.1$$

ترانزیستور JFET

• مثال: نقطه کار ترانزیستور زیر را مشخص کنید.

$$V_p = -4V \quad I_{DSS} = 2.5mA \quad V_{GG} = -3V$$



ترانزیستور JFET

• مثال: نقطه کار ترانزیستور زیر را مشخص کنید.

$$V_p = -4V \quad I_{DSS} = 2.5mA \quad V_{GG} = -3V$$

$$V_{GS} = V_{GG} = -3V > -4V$$

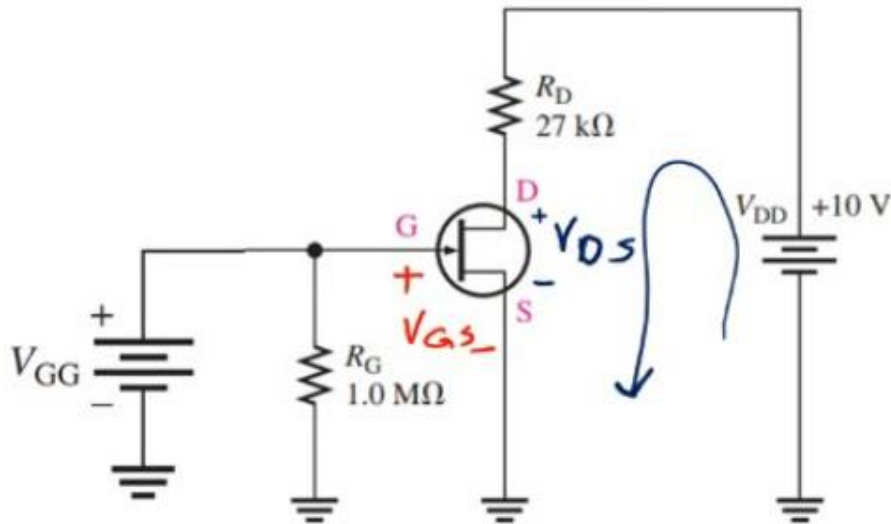
* اشیاع

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 = 2.5mA \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.625mA$$

$$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 10 - 2V \times 0.625mA = 8.75V$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_p \rightarrow$$

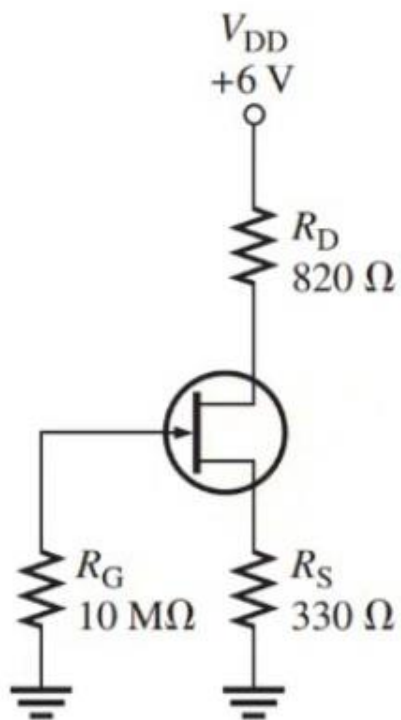
$$8.75 > (-3) - (-4) = +1$$



بایاس ترانزیستور JFET

• مثال اول:

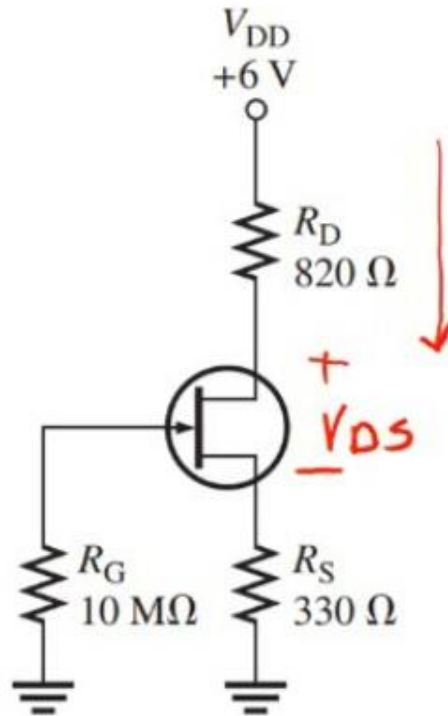
$$V_p = -3.5V \quad I_{DSS} = 5mA$$



بایاس ترانزیستور JFET

• مثال اول:

$$V_p = -3.5V \quad I_{DSS} = 5mA$$



$$R_S^2 I_D^2 + \left(2 R_S V_p - \frac{V_p^2}{I_{DSS}} \right) I_D + V_p^2 = 0$$

$$0.133^2 I_D^2 + \left(2 \times 0.133 \times (-3.5) - \frac{(-3.5)^2}{5} \right) I_D + (-3.5)^2 = 0$$

$$I_D = 1.99, 1.17 \text{ mA}$$

$$V_{GS} > -V_p \rightarrow -R_S I_D = -0.133 I_D > -3.5 \text{ V}$$

$$I_D < \frac{V_p}{0.133} = 10.1 \text{ mA}$$

بایاس ترانزیستور JFET

$$V_{DS} = V_{DD} - (R_s + R_o) I_D \quad \bullet \text{ مثال اول:}$$

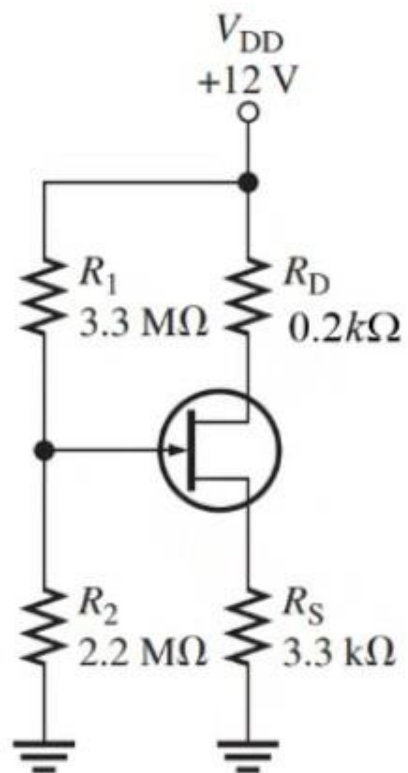
$$V_{DS} = 9 - (0.33 + 0.12) \times 2.17 \text{ E} = 2.18 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} V_{DS} > V_{GS} - V_p &= (-0.33 \times 2.17 \text{ E}) - (-3.15) \\ &= 2.4 \text{ V} \end{aligned}$$

بایاس ترانزیستور JFET

• مثال دوم:

$$V_p = -4V \quad I_{DSS} = 5mA$$



بایاس ترانزیستور JFET

• مثال دوم:

$$V_p = -4V \quad I_{DSS} = 5mA$$

$$V_G = \frac{212}{212 + 313} \times 12 = \frac{212 \times 12}{525} = 4.8V$$

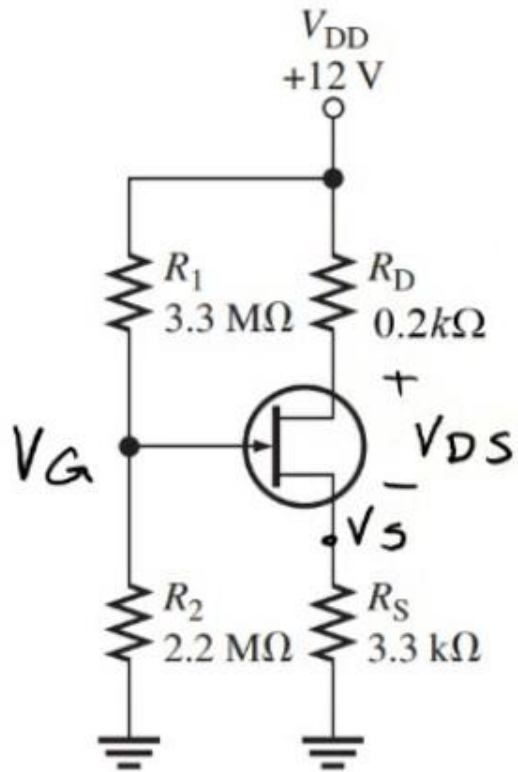
$$V_S = 313 I_D$$

$$V_{GS} = 4.8 - 313 I_D$$

$$I_D = 5 \left(1 - \frac{4.8 - 313 I_D}{-4} \right)^2$$

$$I_D = 1.92 mA \quad \text{و} \quad 3.71 mA$$

$$V_{GS} > V_{GS}^{off} \rightarrow 4.8 - 313 I_D > -4 \rightarrow I_D < 2.47 mA$$



بایاس ترانزیستور JFET

• مثال دوم:

$$V_{DS} = V_{DD} - (R_D + R_S) I_D$$

$$= 12 - (0.2 + 3.3) \times 1.92 = 5.18 \text{ V}$$

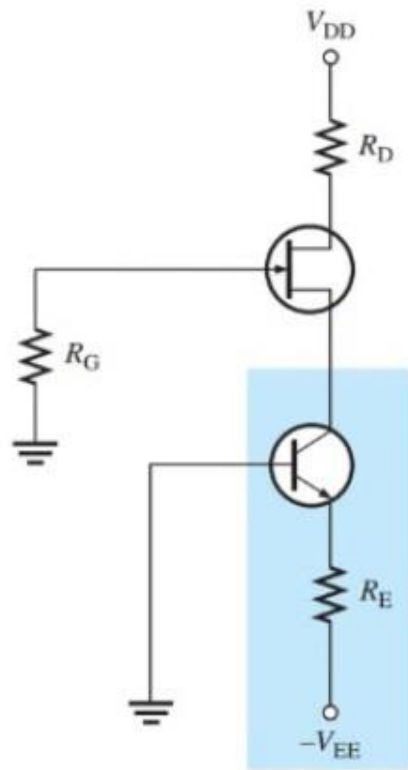
$$\begin{aligned} V_{GS} - V_P &= 5.18 - 3.3 I_D - (-4) = 1.18 - 3.3 \times 1.92 \\ &= 2.56 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_P$$

$$V_{GS} > V_P \rightarrow \text{اشباع}$$

بایاس ترانزیستور JFET

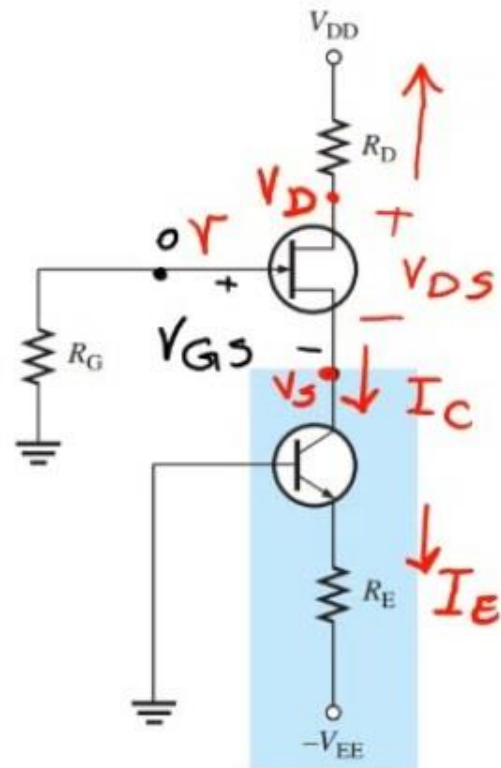
- مثال سوم: مقاومت امیتر را طوری بیاپید که جریان درین ترانزیستور اثر میدان ۲ میلی آمپر شود. سپس ولتاژ درین سورس را محاسبه کنید.



$$V_p = -4V \quad I_{DSS} = 5mA \quad V_{EE} = 5.7V \quad V_{BE(on)} = 0.7V$$

بایاس ترانزیستور JFET

- مثال سوم: مقاومت امیتر را طوری بیاپید که جریان درین ترانزیستور اثر میدان ۲ میلی آمپر شود. سپس ولتاژ درین سورس را محاسبه کنید.



$$V_p = -4V \quad I_{DSS} = 5mA \quad V_{EE} = 5.7V \quad V_{BE(on)} = 0.7V$$

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}^{on}}{R_E} = \frac{5.7V - 0.7V}{R_E} = 2$$

$$R_E = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 \Rightarrow 2 = 5 \left(1 - \frac{V_{GS}}{-4}\right)^2$$

$$V_{GS} = -1.8V \quad \rightarrow \quad V_S = 1.8V$$

$\beta \gg 1$

بایاس ترانزیستور JFET

• مثال سوم:

$$\begin{aligned}V_D &= V_{DD} - R_D I_D \\&= 10 - 1 \times 2 = 8 \text{ V}\end{aligned}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 8 - 1.4 \text{ V} = 6.6 \text{ V}$$

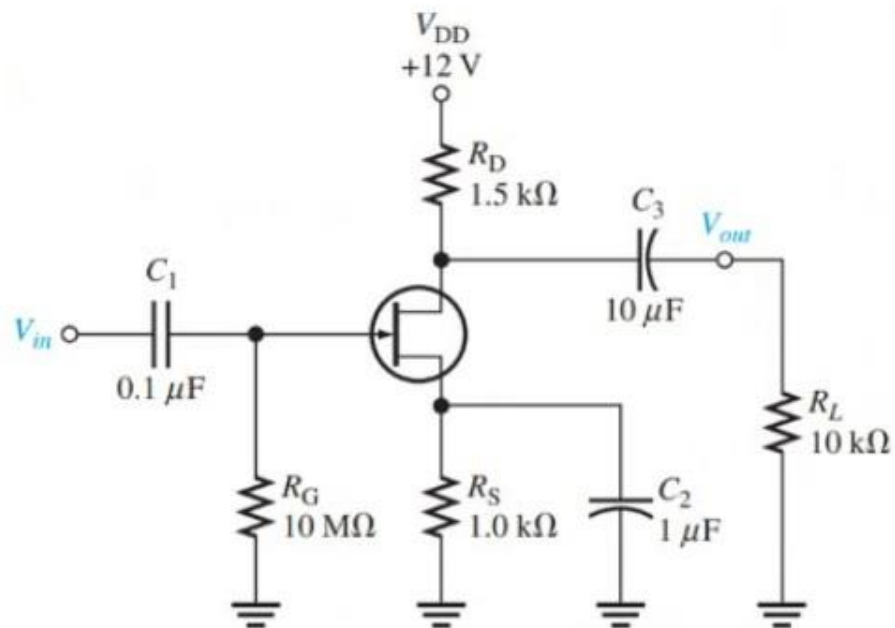
$$V_{DS} > V_{GS} - V_p = (-1.4 \text{ V}) - (-4) = 2.6 \text{ V}$$

* ابع

تقویت‌کننده‌های JFET

• مثال اول: بهره ولتاژ تقویت‌کننده زیر را محاسبه کنید.

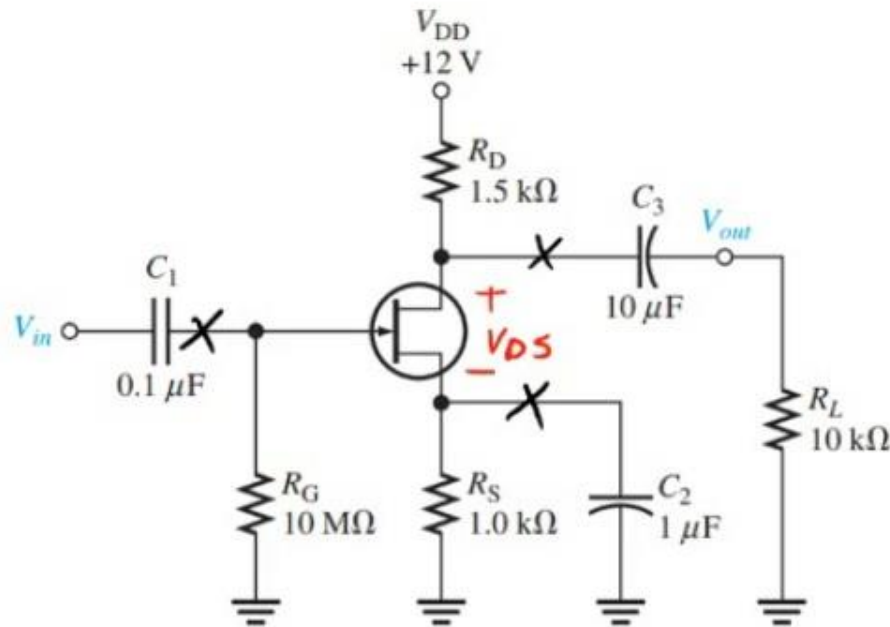
$$I_{DSS} = 4\text{mA} \quad V_{GS}(\text{off}) = -2\text{V}$$



تقویت‌کننده‌های JFET

• مثال اول: بهره ولتاژ تقویت‌کننده زیر را محاسبه کنید.

$$I_{DSS} = 4\text{mA} \quad V_{GS}^{(off)} = -2\text{V}$$



* تحلیل DC

$$V_{GS} = -R_S I_D = -I_D$$

$$I_D = \varepsilon \left(1 - \frac{-I_D}{-2} \right)^2 = \varepsilon \left(1 - \frac{I_D}{2} \right)^2$$

$$I_D = 1\text{mA} \rightarrow V_{GS} = -1\text{V} > -2\text{V}$$

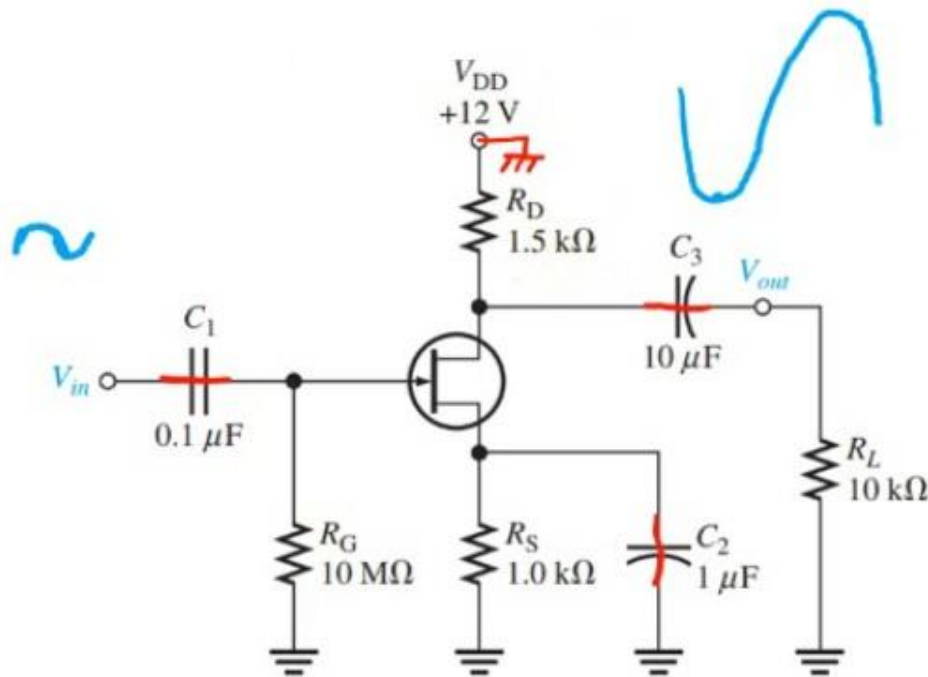
$$V_{DS} = V_{DD} - (R_D + R_S) I_D = 12 - 2.1 \times 1 = 9.9\text{V} > 1\text{V}$$

تقویت کننده های JFET

• مثال اول: بهره ولتاژ تقویت کننده زیر را محاسبه کنید.

$$I_{DSS} = 4mA \quad V_{GS}(off) = -2V$$

* تحلیل ac



$$A_v = -g_m R_d$$

$$g_m = \frac{2}{V_p} \sqrt{I_{DSS} \varepsilon} = 2 \text{ ms}$$

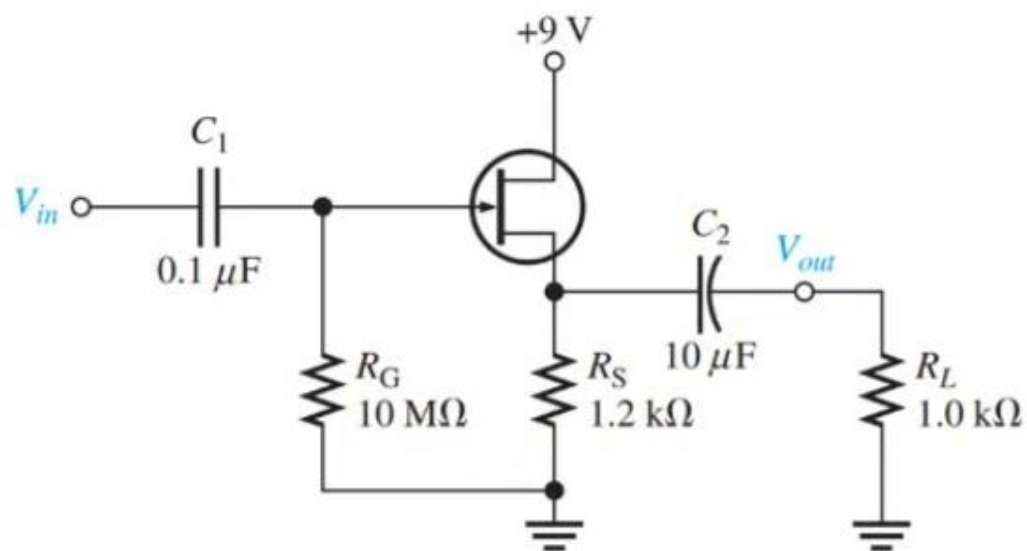
$$R_d = 10 \parallel 10 = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5 \text{ k}\Omega$$

$$A_v = -2 \times 5 = -10$$

تقویت‌کننده‌های JFET

• مثال دوم: بهره ولتاژ و مقاومت خروجی تقویت‌کننده زیر را محاسبه کنید.

$$I_{DSS} = 8\text{mA} \quad V_{GS}(\text{off}) = -4.8\text{V}$$

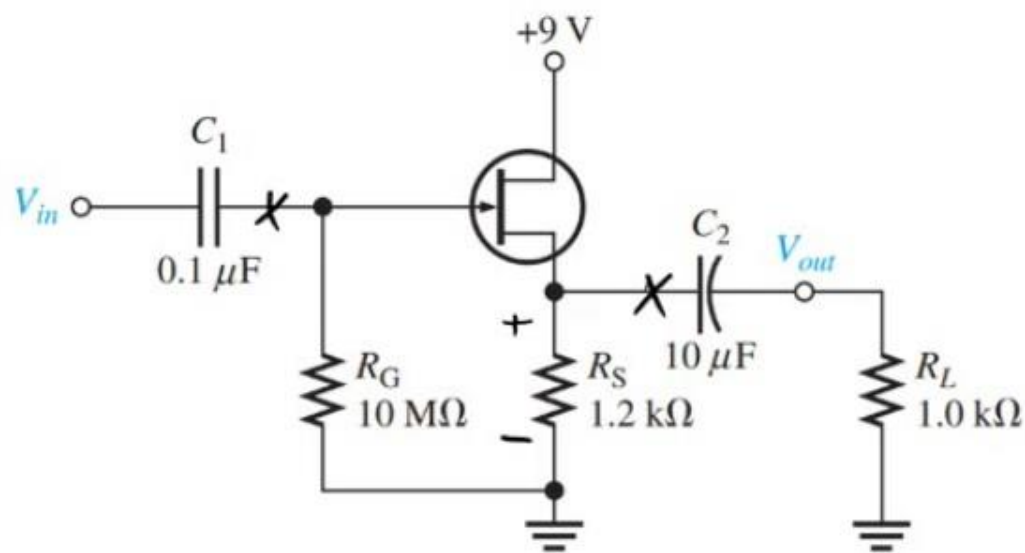


تقویت‌کننده‌های JFET

• مثال دوم: بهره ولتاژ و مقاومت خروجی تقویت‌کننده زیر را محاسبه کنید.

$$I_{DSS} = 8 \text{ mA}$$

$$V_{GS}(\text{off}) = -4.8 \text{ V}$$



$$V_{GS} = -R_S I_D = -1.2 I_D = -2.4 \text{ V} > -4.8 \text{ V}$$

$$I_D = 1 \left(1 - \frac{-1.2 I_D}{-4.8} \right)^2$$

$$I_D = 1 \left(1 - \frac{I_D}{4} \right)^2 \rightarrow I_D = 2 \text{ mA}$$

$$V_{DS} = 9 - R_S I_D = 9 - 1.2 \times 2$$

$$= 9 - 2.4 = 6.6 \text{ V}$$

$$V_{GS} - V_{GS}^{\text{off}} = -2.4 - (-4.8) = +2.4 \text{ V}$$

$$g_m = \frac{2}{4.8} \sqrt{1 \times 2} = \frac{1}{1.2} = 0.83 \text{ V}^{-1}$$

تقویت کننده های JFET

• مثال دوم:

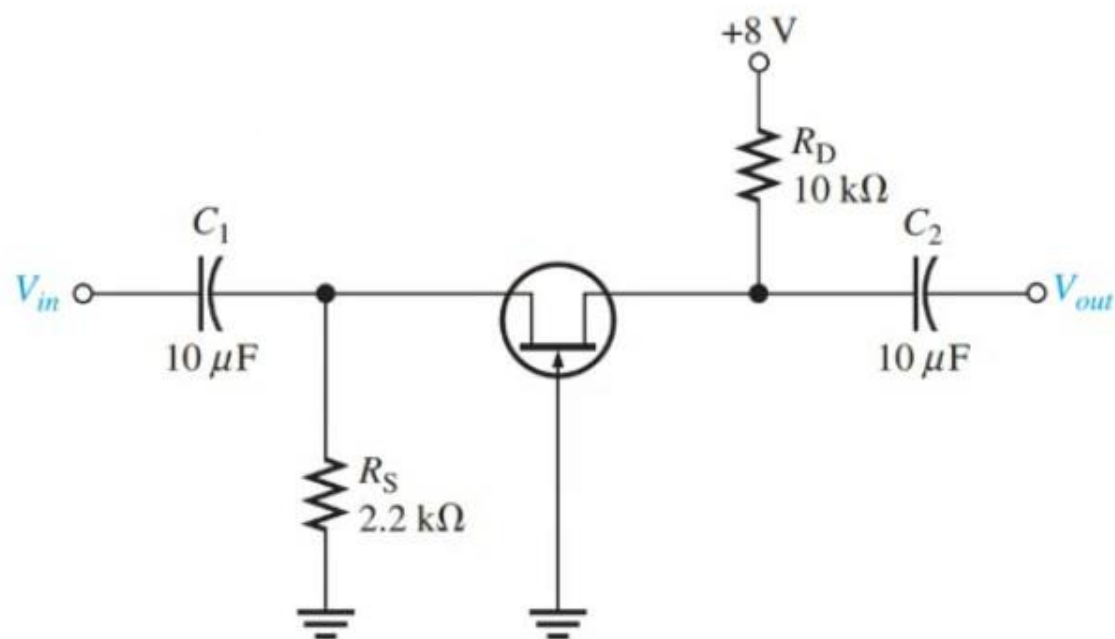
$$A_v = \frac{g_m R_s}{1 + g_m R_s} = \frac{1.4V \times 112111}{1 + 1.4V \times 111112} = 0.161$$

$$R_o = \frac{R_s}{1 + g_m R_s} = \frac{A_v}{g_m} = \frac{0.161}{1.4V} = 0.115V^{K\Omega}$$
$$= 115\Omega$$

تقویت‌کننده‌های JFET

• مثال سوم: بهره ولتاژ تقویت‌کننده زیر را محاسبه کنید.

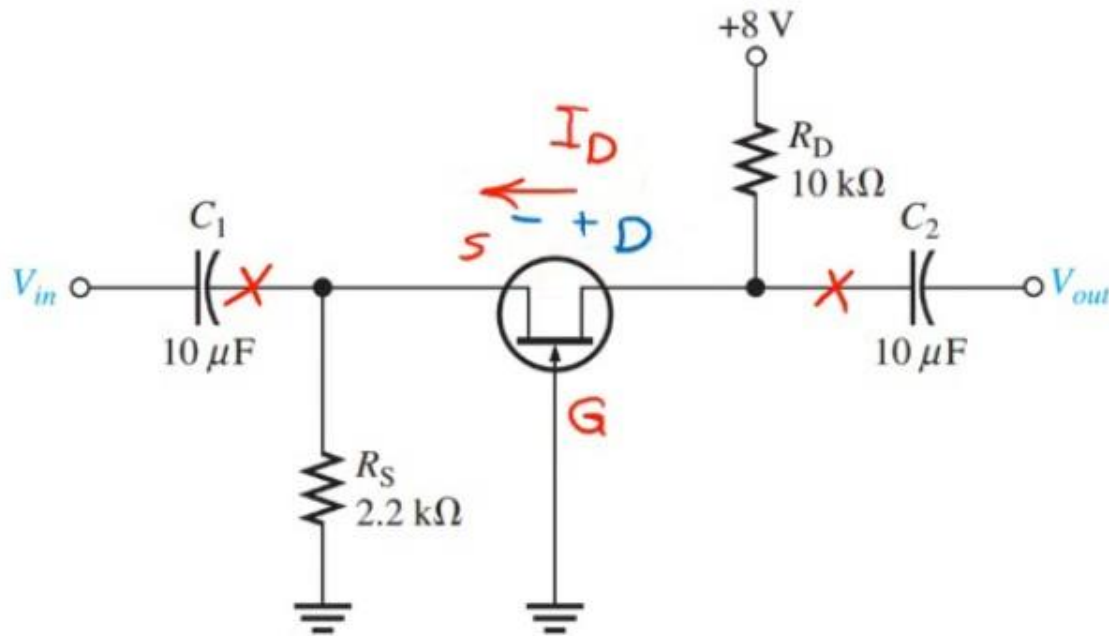
$$I_{DSS} = 2\text{mA} \quad V_{GS}(\text{off}) = -2.2\text{V}$$



تقویت‌کننده‌های JFET

• مثال سوم: بهره ولتاژ تقویت‌کننده زیر را محاسبه کنید.

$$I_{DSS} = 2\text{mA} \quad V_{GS}(\text{off}) = -2.2\text{V}$$



$$V_G = 0$$

$$V_S = R_S I_D = 2.2 I_D$$

$$V_{GS} = -2.2 I_D = -1.1\text{V} > -2.2\text{V}$$

$$I_D = 2 \left(1 - \frac{-2.2 I_D}{-2.2} \right)^2$$

$$I_D = 2 (1 - I_D)^2 \rightarrow I_D = \frac{1}{4} \text{ mA}$$

تقویت کننده های JFET

• مثال سوم:

$$\begin{aligned}V_{DS} &= V_{DD} - (R_D + R_S) I_D \\ &= 1 - (12,2) \times \frac{1}{4} = 1 - 3,1 = 1,9 \text{ V}\end{aligned}$$

$$V_{GS} - V_{GS}^{\text{off}} = -1,1 - (-2,2) = +1,1 \text{ V}$$

$$g_m = \frac{\mu}{2,2} \sqrt{2 \times \frac{1}{4}} = \frac{\mu_0}{2,2} = \frac{10}{11} \text{ mS}$$

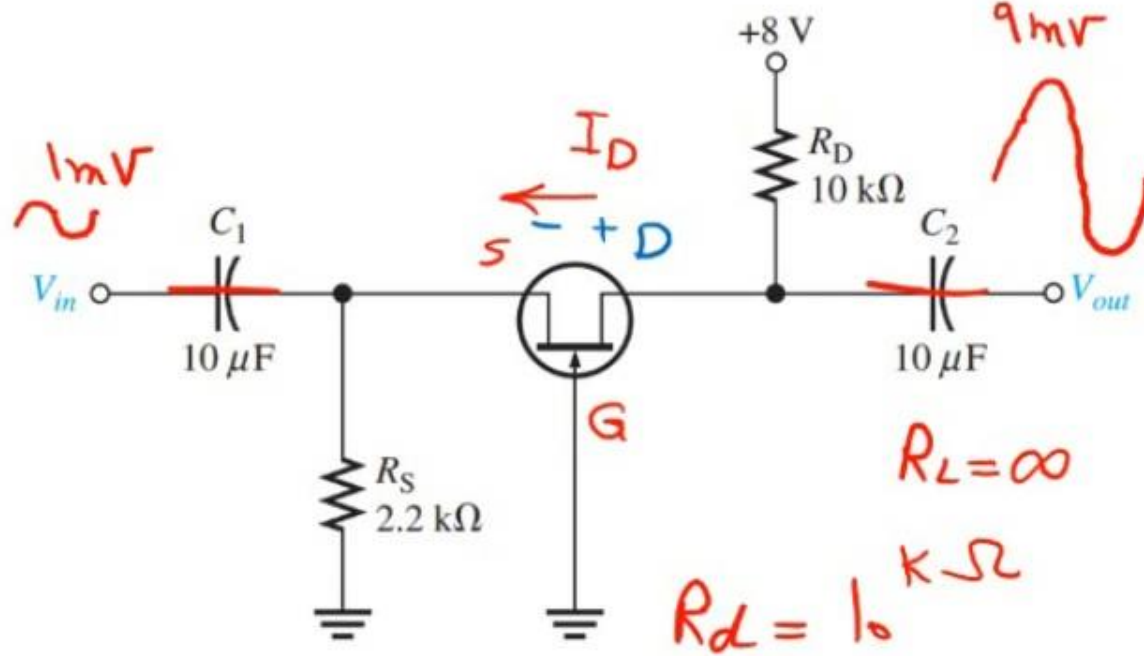
* اشباع

$$A_v = g_m R_D = \frac{10}{11} \times 10 = \frac{100}{11} = +9,09$$

تقویت‌کننده‌های JFET

• مثال سوم: بهره ولتاژ تقویت‌کننده زیر را محاسبه کنید.

$$I_{DSS} = 2\text{mA} \quad V_{GS}(\text{off}) = -2.2\text{V}$$



$$V_G = 0$$

$$V_S = R_S I_D = 2.2 I_D$$

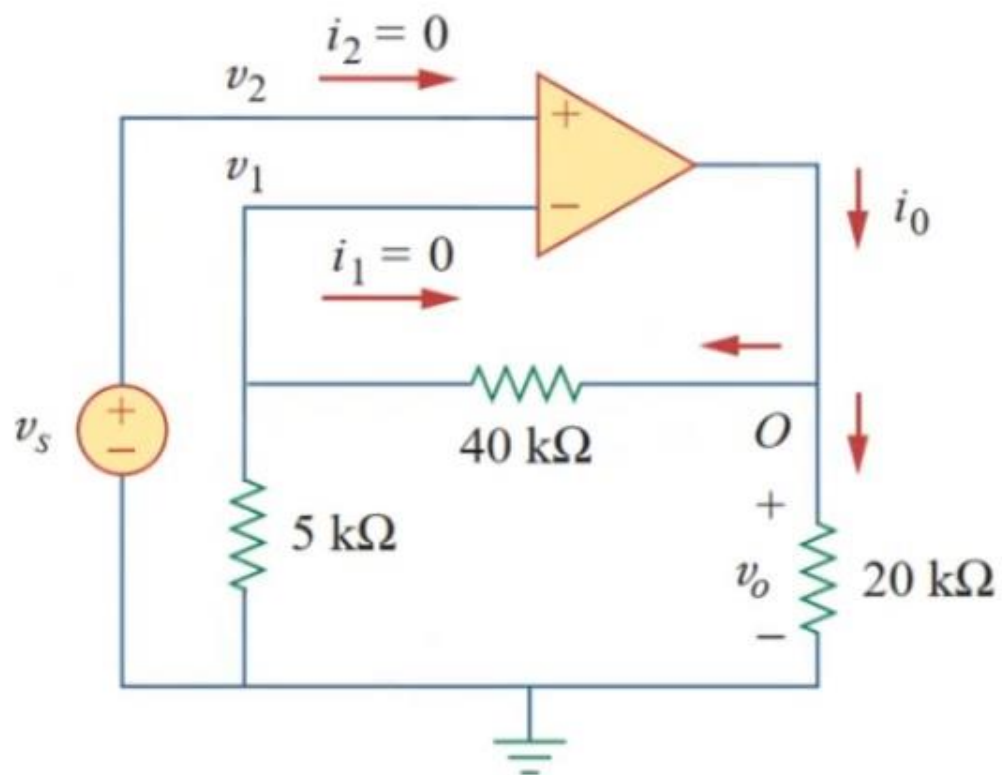
$$V_{GS} = -2.2 I_D = -1.1\text{V} > -2.2\text{V}$$

$$I_D = 2 \left(1 - \frac{-2.2 I_D}{-2.2} \right)^2$$

$$I_D = 2 (1 - I_D)^2 \rightarrow I_D = \frac{1}{2} \text{ mA}$$

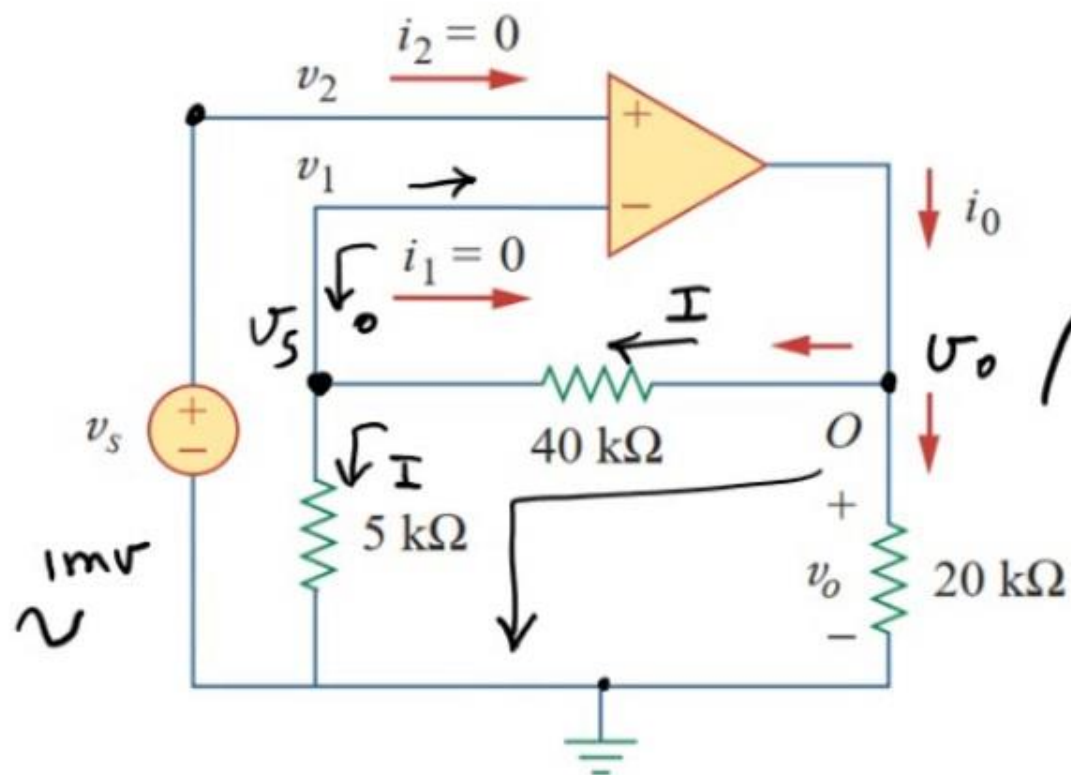
تقویت‌کننده‌های عملیاتی Op Amp

- مثال (تقویت‌کننده ولتاژ)



تقویت‌کننده‌های عملیاتی Op Amp

• مثال (تقویت‌کننده ولتاژ)



$$v_2 = v_s = v_1$$

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

$$v_o = (1 + \frac{40}{5}) \frac{v_s}{5} = 9 v_s$$

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

