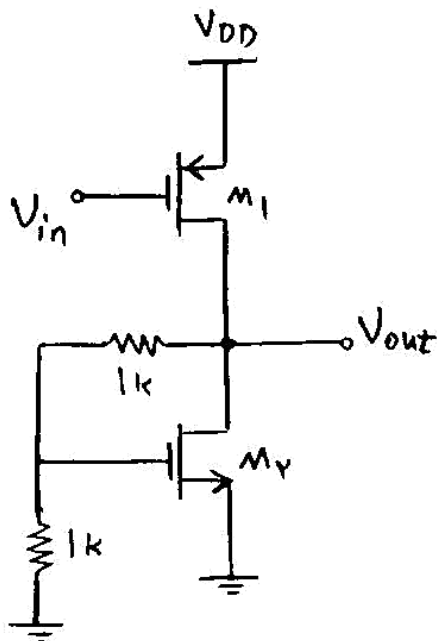


۱ - در مدار شکل زیر ترانزیستورها در ناحیه‌ی فعال بایاس شده‌اند. بهره‌ی $\frac{V_{out}}{V_{in}}$ تقریباً کدام است؟

$$\begin{cases} \lambda = 0 \\ g_{m_1} = 4 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \\ g_{m_2} = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \end{cases}$$



(۱) -۲

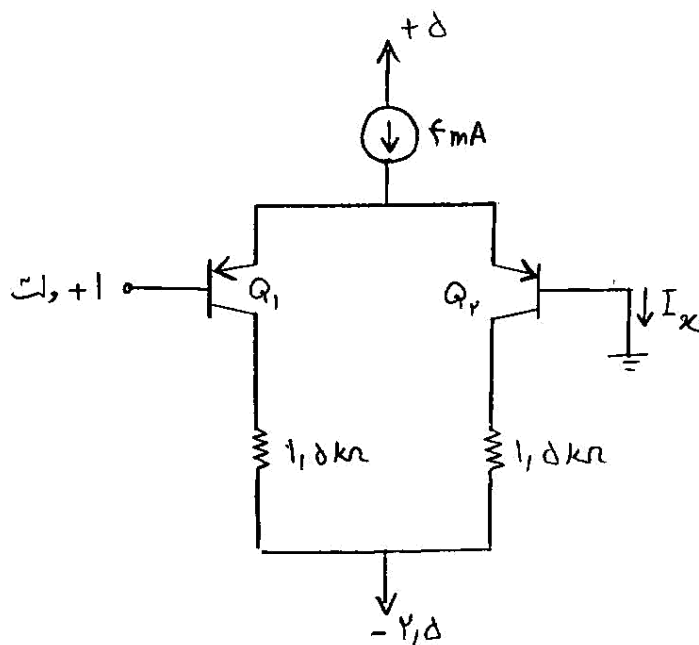
(۲) -۴

(۳) -۸

(۴) -۱۰

۲ - در مدار شکل زیر جریان I_x چند میلی آمپر است؟

$$\begin{cases} \beta = 50 \\ |V_{BE}(\text{on})| = 0.7 \text{ V} \\ |V_{CE}(\text{sat})| = 0.2 \text{ V} \end{cases}$$



(۱) ۰.۸

(۲) ۲

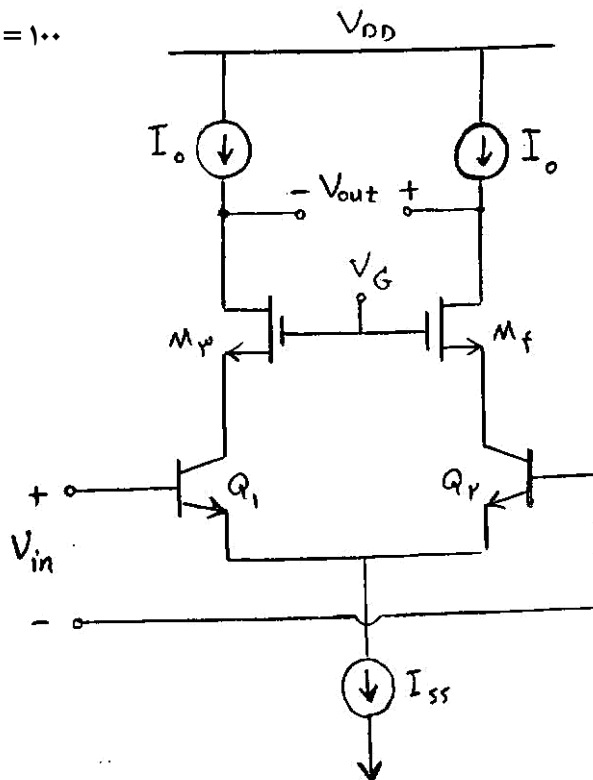
(۳) ۰.۴

(۴) صفر

۳ - در مدار شکل زیر تمامی ترانزیستورها در ناحیهی فعال بایاس شده‌اند. بهره‌ی ولتاژ $A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ تقریباً کدام است؟

$$Q_{1,2} \begin{cases} g_m = 40 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \\ r_o = 20 \text{ k}\Omega \end{cases}, \quad \beta = 100$$

$$M_{3,4} \begin{cases} g_m = 10 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \\ r_o = 10 \text{ k}\Omega \end{cases}$$



$$2 \times 10^4 \quad (1)$$

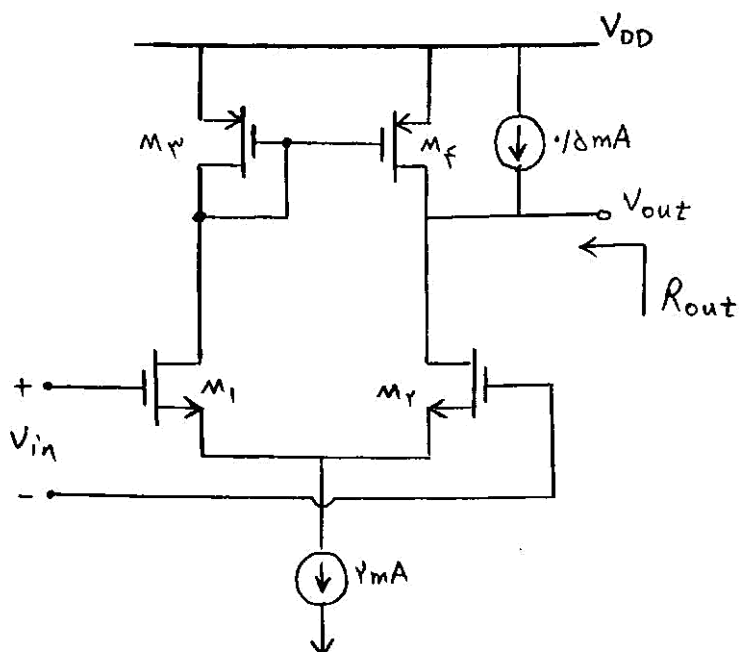
$$4 \times 10^4 \quad (2)$$

$$6 \times 10^4 \quad (3)$$

$$8 \times 10^4 \quad (4)$$

۴ - در مدار شکل زیر با فرض مشابه و فعال بودن ترانزیستورها مقاومت خروجی تقریباً چند کیلو اهم است؟ (منابع جریان ایده‌آل هستند)

$$V_{eff} = 0.7 \text{ V}, \quad \lambda = 0.1 \text{ V}^{-1}$$



$$5 \quad (1)$$

$$6.7 \quad (2)$$

$$8 \quad (3)$$

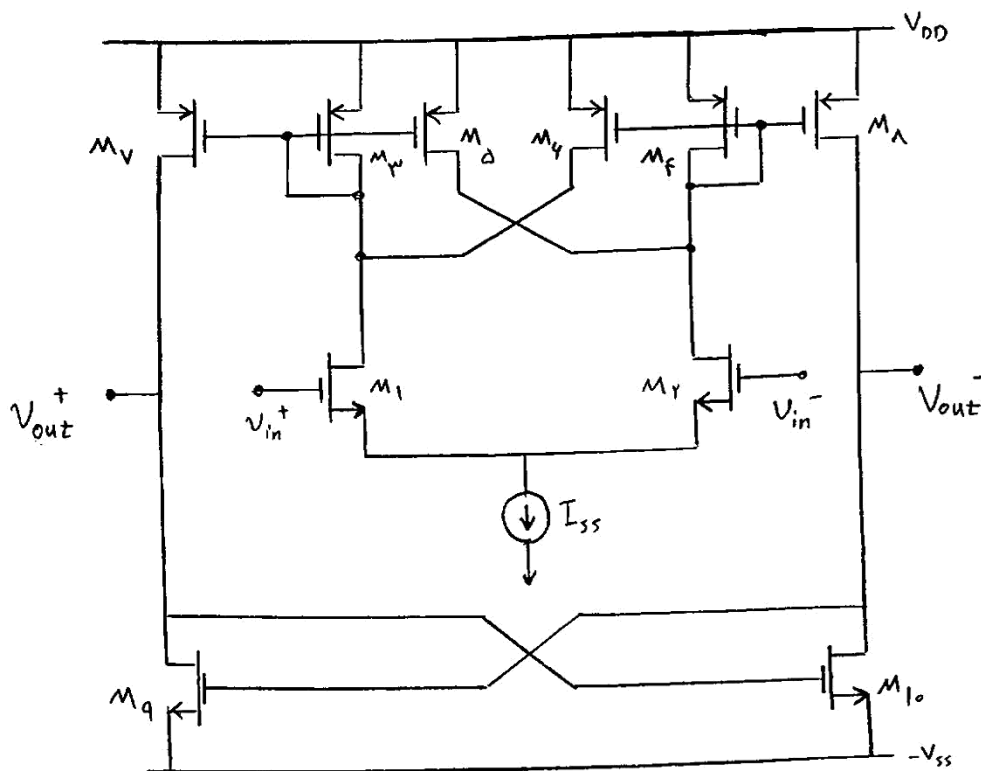
$$10 \quad (4)$$

۵- در مدار شکل زیر تمامی ترانزیستورها در ناحیهی فعال بایاس شده‌اند بهره‌ی تفاضلی مدار $A_V = \frac{V_{out}^+ - V_{out}^-}{V_{in}^+ - V_{in}^-}$ کدام

است؟

$$\lambda = 0, \quad g_{m_{1,r}} = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}, \quad g_{m_{r,f}} = 4 \frac{\text{mA}}{\text{V}}, \quad g_{m_{\Delta,f}} = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}}, \quad g_{m_{V,\Delta}} = 6 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$, \quad g_{m_{q,1}} = 0.5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$



(۱) -۸۰

(۲) +۸۰

(۳) +۵۰

(۴) -۵۰

۶- در مدار زیر ترانزیستورها در ناحیهی فعال بایاس شده و دارای $g_m = 40 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$ و $\beta = 200$ می‌باشند بهره‌ی $A_C = \frac{V_o}{V_i}$

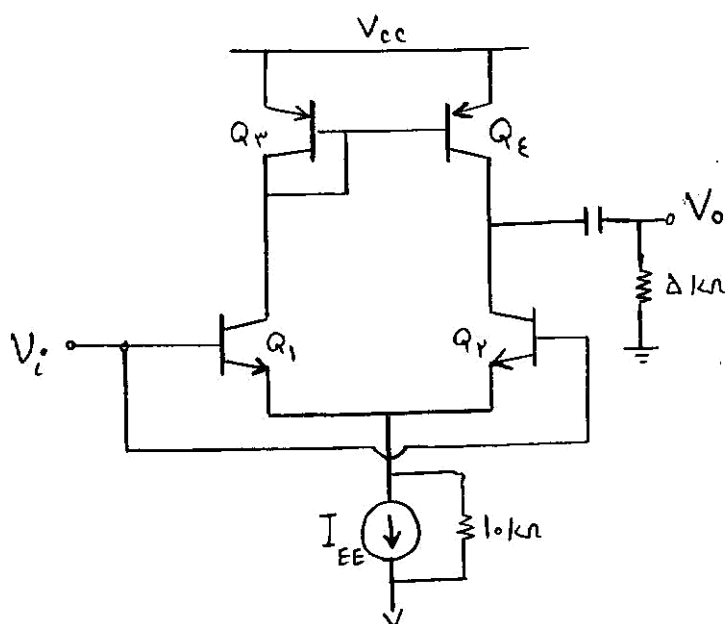
تقریباً کدام است؟

(۱) صفر

(۲) $-\frac{1}{20}$

(۳) $-\frac{1}{40}$

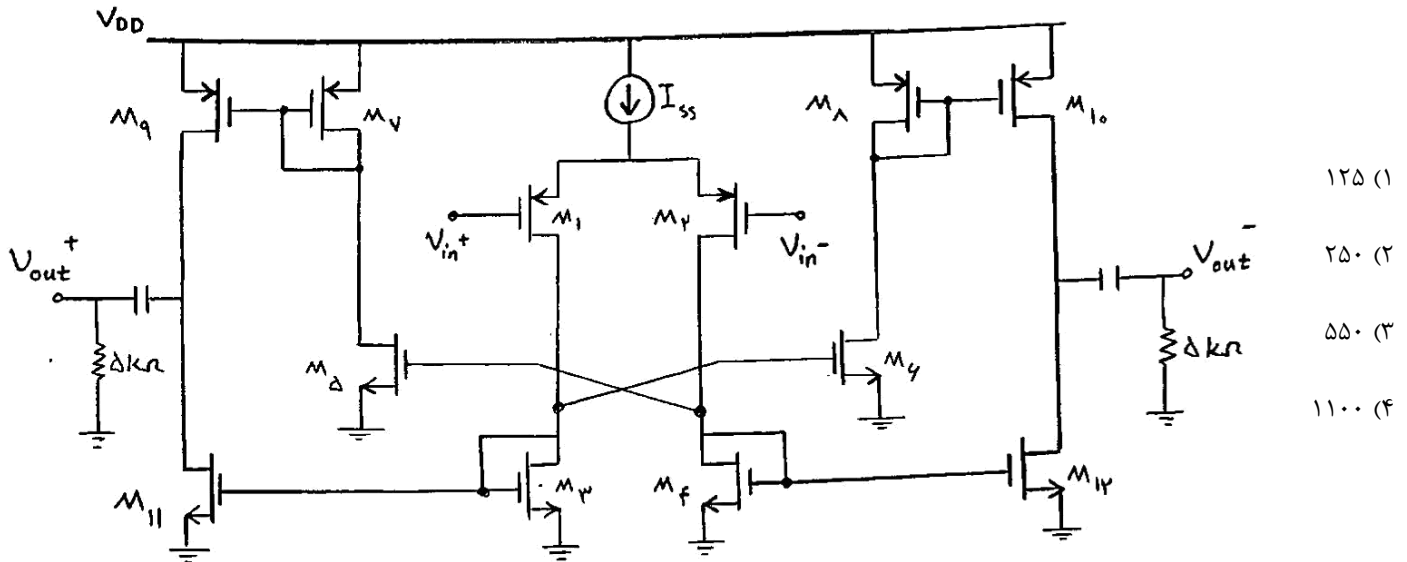
(۴) $-\frac{1}{10}$



۷- در مدار شکل زیر تمام ترانزیستورها در ناحیه‌ی فعال بایاس شده‌اند و منبع جریان ایده‌آل است. بهره‌ی ولتاژ

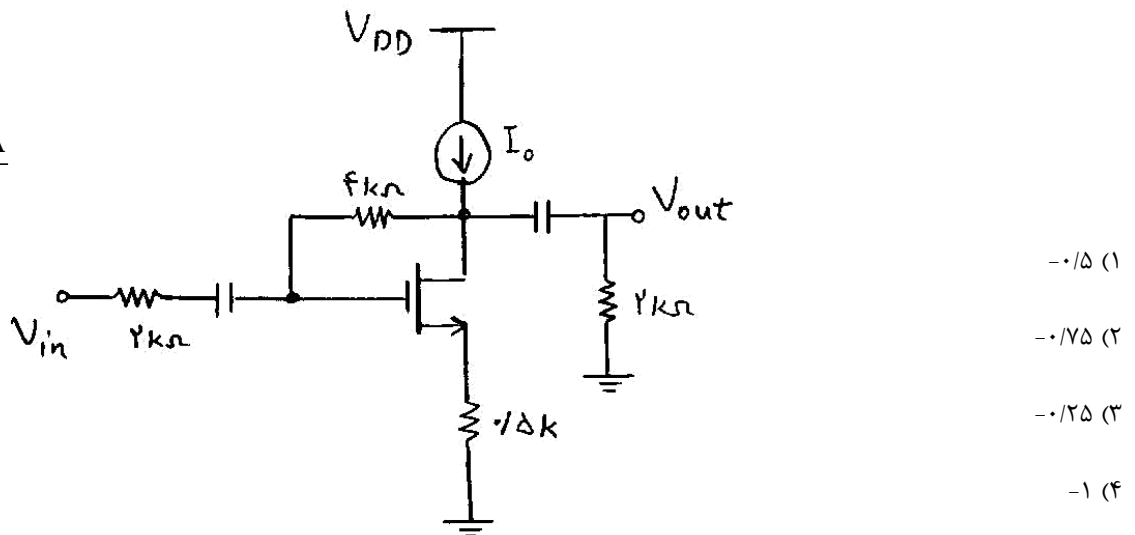
$$A_V = \left| \frac{V_{out}^+ - V_{out}^-}{V_{in}^+ - V_{in}^-} \right|$$

$$\begin{array}{l} \mathbf{g_{m_{1,r}} = 1 \cdot \frac{mA}{V} \quad , \quad g_{m_{r,f}} = r \frac{mA}{V} \quad , \quad g_{m_{b,e}} = \wedge \frac{mA}{V} \quad , \quad g_{m_{v,\wedge}} = \mathfrak{r} \frac{mA}{V} \quad , \quad g_{m_{\mathfrak{A},1}} = \wedge \frac{mA}{V} \quad , \quad g_{m_{11,1r}} = \mathfrak{e} \frac{mA}{V} } \\ \lambda = \circ \end{array}$$



۸- در مدار شکل زیر با فرض فعال بودن ترانزیستور، بهره‌ی ولتاژ $\frac{V_{out}}{V_{in}}$ کدام است؟

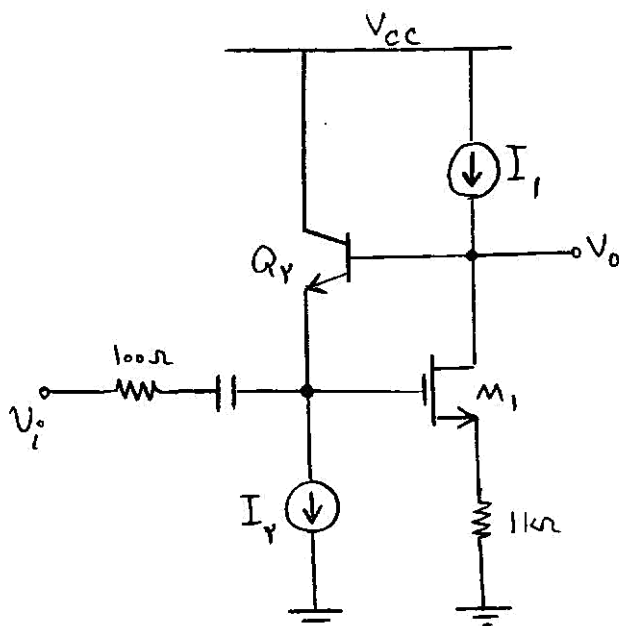
$$\begin{cases} \lambda = \gamma = \circ \\ \mathbf{g}_{\text{mb}} = \circ \\ \mathbf{g}_{\text{m}} = \mathfrak{r} \frac{\text{mA}}{\text{V}} \end{cases}$$



۹- در تقویت کننده‌ی زیر منابع جریان ایده‌آل هستند و ترانزیستورها در ناحیه‌ی فعال بایاس شده‌اند. بهره‌ی $\frac{V_o}{V_i}$ کدام است؟

$$M_1 \left| \begin{array}{l} g_{m_1} = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \\ \lambda = 0 \end{array} \right.$$

$$Q_2 \left| \begin{array}{l} g_{m_2} = 10 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \\ \beta = 100 \\ V_A = \infty \end{array} \right.$$



$$-1/2 \quad (4)$$

$$-\frac{5}{6} \quad (3)$$

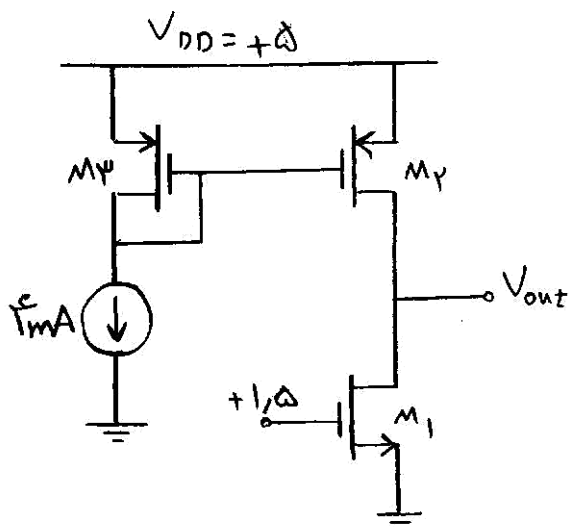
$$-\frac{2}{3} \quad (2)$$

$$-\frac{1}{2} \quad (1)$$

۱۰- در مدار شکل زیر مقدار ولتاژ خروجی V_{out} چند ولت است؟

$$|V_T| = 0.5 \text{ V}, \quad \lambda_n = \lambda_p = 0, \quad \mu_n C_{ox} = 200 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}, \quad \mu_p C_{ox} = 400 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_1 = 30, \quad \left(\frac{W}{L}\right)_{2,3} = 5$$



$$3 \quad (1)$$

$$2/5 \quad (2)$$

$$1 \quad (3)$$

$$2 \quad (4)$$

$$g_{m_1,r} = \mathfrak{f} \frac{mA}{V} \quad , \quad g_{m_r,\mathfrak{f}} = \wedge \frac{mA}{V} \quad , \quad \lambda = \gamma = \circ$$

$$\begin{array}{l} \lambda = \gamma = \circ \\ \mu_{\mathbf{P}} \mathbf{C}_{\text{ox}} \left(\frac{\mathbf{W}}{\mathbf{L}} \right)_{\mathfrak{r}} = \mathfrak{f} \frac{\mathbf{mA}}{\mathbf{V}^{\mathfrak{r}}} \\ \left(\frac{\mathbf{W}}{\mathbf{L}} \right)_{\mathfrak{r}} = \mathfrak{r} \left(\frac{\mathbf{W}}{\mathbf{L}} \right), \\ \left(\frac{\mathbf{W}}{\mathbf{L}} \right)_{\delta} = \mathfrak{f} \left(\frac{\mathbf{W}}{\mathbf{L}} \right), \\ \left(\frac{\mathbf{W}}{\mathbf{L}} \right)_{\mathfrak{f}} = \mathbf{\Lambda} \left(\frac{\mathbf{W}}{\mathbf{L}} \right)_{\mathfrak{r}} \end{array}$$

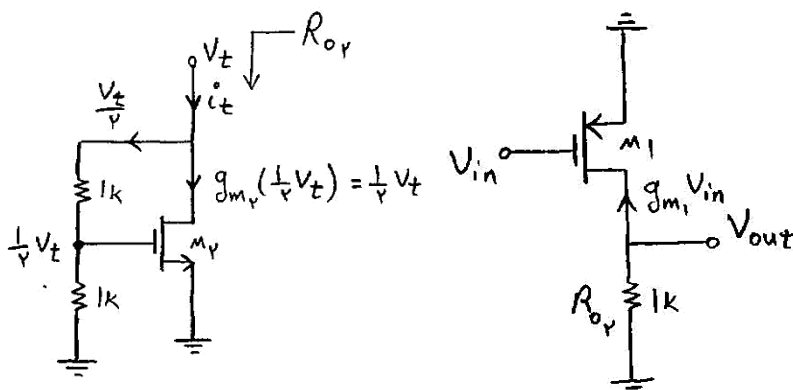

الکترونیک ۱ و ۲

۱- گزینه «۲» صحیح است.

$$i_t = \frac{1}{r} V_t + \frac{1}{r} V_t = V_t$$

$$R_{O_r} = \frac{V_t}{i_t} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$V_{out} = -1 \times g_{m_1} V_{in} = -4 V_{in}$$



۲- گزینه «۲» صحیح است.

با توجه به ولتاژ بیس‌ها مشخص می‌شود که ترانزیستور Q_1 خاموش و Q_2 روشن است.

لذا همه‌ی جریان ۴ میلی آمپر وارد امیتر Q_2 می‌شود که اگر Q_2 فعال باشد تقریباً همین جریان در کلکتور Q_2 نیز برقرار خواهد شد. اما در صورتی که ولتاژ V_{EC_2} را محاسبه کنیم متوجه اشباع شدن Q_2 خواهیم شد.

$$\left. \begin{aligned} V_{EC_2} &= V_{EC}(\text{sat}) = 0.2 \\ V_{E_2} &= 0.7 \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{C_2} = 0.5$$

$$I_{C_2} = I_{V/\Delta K} = \frac{0.5 - (-2/5)}{1/5} = 2 \text{ mA}$$

$$I_X = I_{B_2} = I_{E_2} - I_{C_2} = 2 \text{ mA}$$

۳- گزینه «۴» صحیح است.

$$\mu_3 = \mu_4 = 100$$

$$\mu_1 = \mu_2 = 800$$

$$V_{out} = (\mu_4 + 1) V_{x_f} - (\mu_3 + 1) V_{x_r}$$

$$V_{out} = 101 (V_{x_f} - V_{x_r})$$

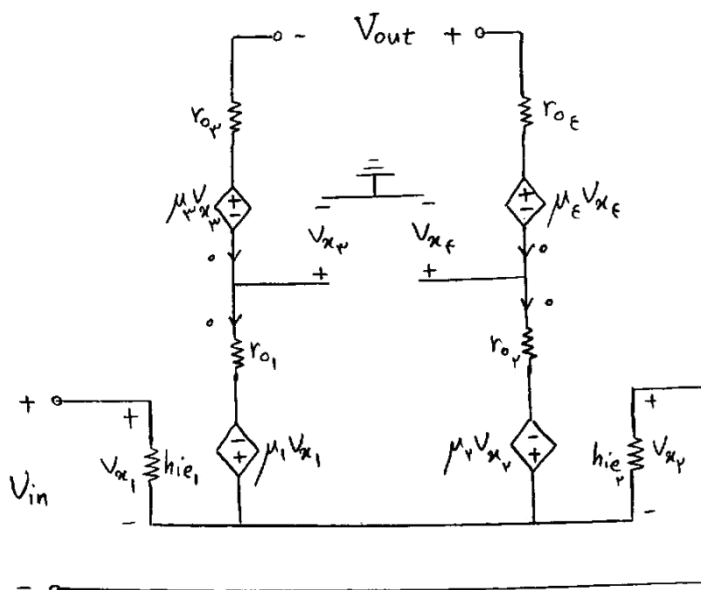
$$-V_{x_r} - \mu_1 V_{x_1} + \mu_2 V_{x_2} + V_{x_f} = 0$$

$$V_{x_f} - V_{x_r} = 800 [V_{x_1} - V_{x_2}]$$

$$V_{in} = V_{x_1} - V_{x_2}$$

$$V_{out} = 101 \times 800 \times V_{in}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \approx 80000 = 8 \times 10^4$$



۴- گزینه «۳» صحیح است.

$$I_{D_1} = I_{D_2} = I_{D_3} = 1 \text{ mA} \rightarrow \begin{cases} g_{m_{1,2,3}} = \frac{r I_D}{V_{\text{eff}}} = \frac{2 \times 1}{0.7} = 1.0 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \\ r_{o_{1,2,3}} = \frac{V_A}{I_D} = \frac{1.0 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 1.0 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

$$I_{D_4} = 0.5 \text{ mA} \rightarrow \begin{cases} g_{m_4} = 0.5 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \\ r_{o_4} = 2.0 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

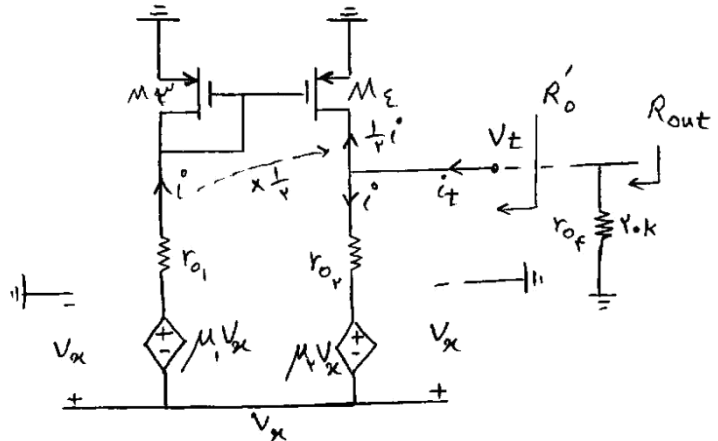
$$V_t = (r_{o_1} + r_{o_2}) i + (\mu_2 - \mu_1) V_x + \left(\frac{1}{g_{m_2}} \parallel r_{o_2} \right) i$$

$$V_t \approx 2 r_{o_{1,2}} \times i$$

$$i_t = \frac{r}{r} i$$

$$R'_o = \frac{V_t}{i_t} = \frac{r}{r} r_{o_{1,2}} = \frac{r}{r} \text{ k}\Omega$$

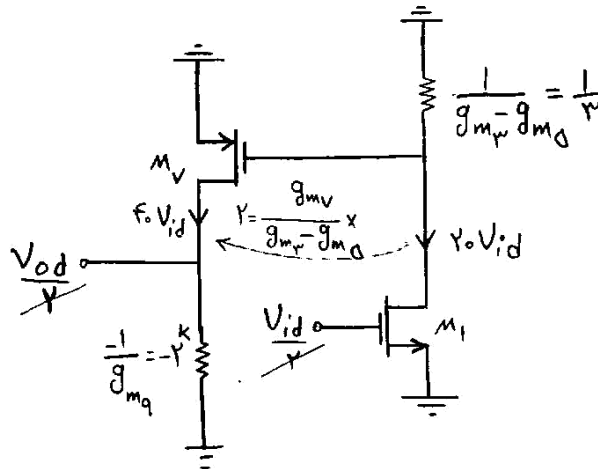
$$R_{\text{out}} = 2.0 \parallel \frac{r}{r} = 1 \text{ k}\Omega$$



۵- گزینه «۱» صحیح است.

$$V_{od} = 4 \cdot V_{id} \times -2$$

$$\frac{V_{od}}{V_{id}} = -8$$



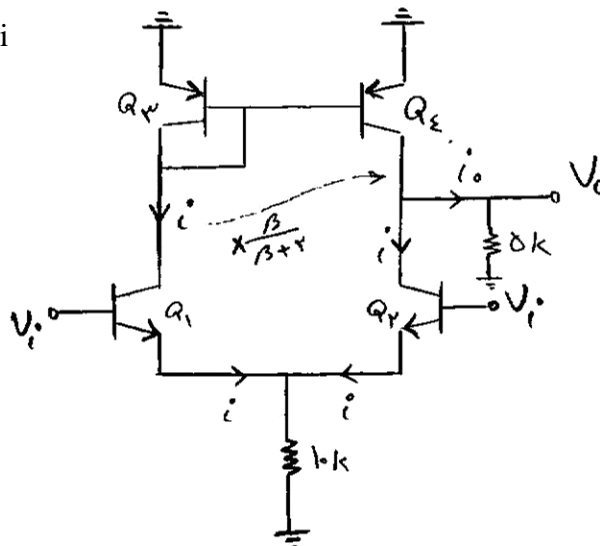
۶- گزینه «۳» صحیح است.

$$i_o = \frac{\beta}{\beta + 2} \times i - i = \frac{-2}{\beta + 2} \times i \approx \frac{-1}{1.0} i$$

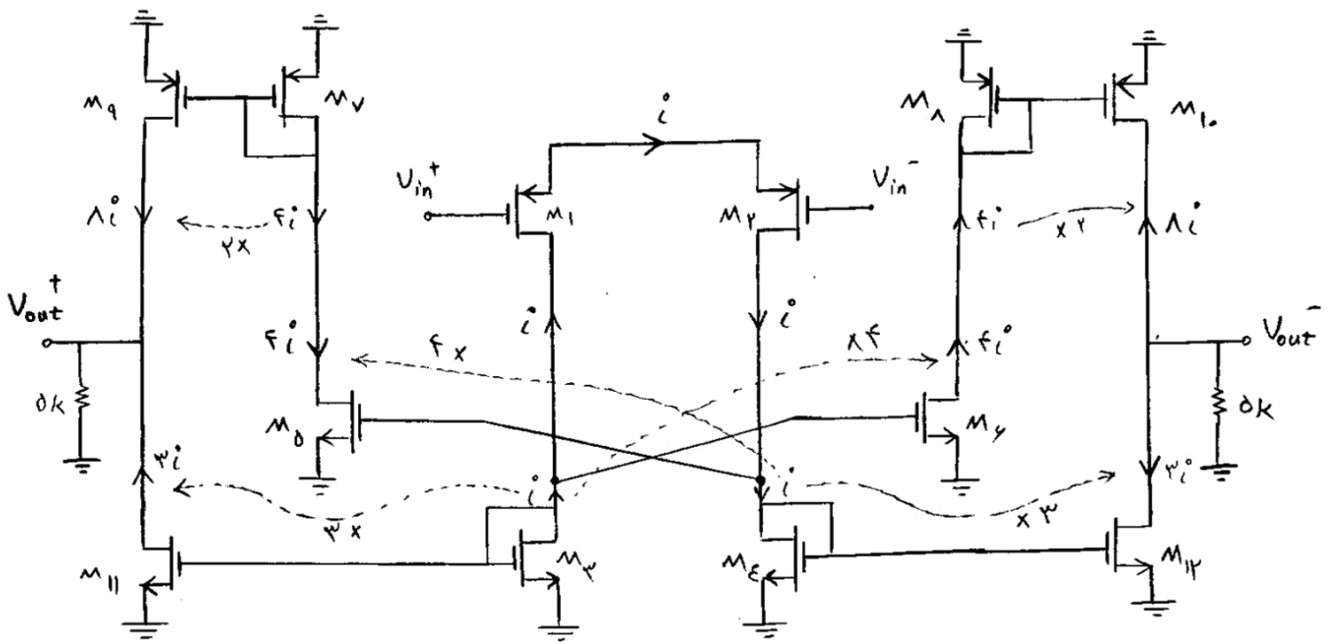
$$i = \frac{V_i}{r_e + 2 \times 1.0} \approx \frac{V_i}{2.0}$$

$$V_o = \Delta \times i_o = -\Delta \times \frac{1}{1.0} \times \frac{V_i}{2.0}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{1}{4.0}$$



۷- گزینه «۳» صحیح است.



$$\left. \begin{aligned} V_{out}^+ &= 11i \times \Delta \\ V_{out}^- &= -11i \times \Delta \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{out}^+ - V_{out}^- = 11 \times i$$

$$i = (V_{in}^+ - V_{in}^-) \left(\frac{g_{m1,r}}{r} \right) = \Delta [V_{in}^+ - V_{in}^-]$$

$$\left. \begin{aligned} V_{out}^+ - V_{out}^- &= 11 \times i \\ i &= \Delta [V_{in}^+ - V_{in}^-] \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_{out}^+ - V_{out}^-}{V_{in}^+ - V_{in}^-} = \Delta \Delta.$$

۸- گزینه «۱» صحیح است.

$$i = \frac{V_x}{\frac{1}{g_m} + \frac{1}{\Delta k}} = \frac{V_x}{\frac{1}{\Delta} + \frac{1}{\Delta}} = V_x$$

$$\text{KCL: } \frac{V_x - V_o}{r} = V_x + \frac{V_o}{r}$$

$$V_x - V_o = rV_x + rV_o$$

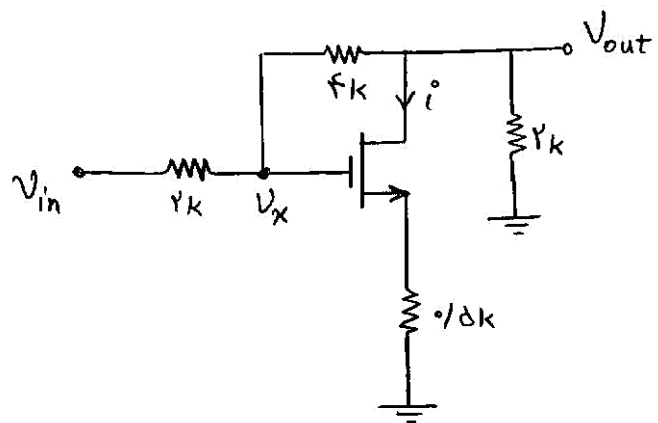
$$-rV_o = rV_x$$

$$V_o = -V_x$$

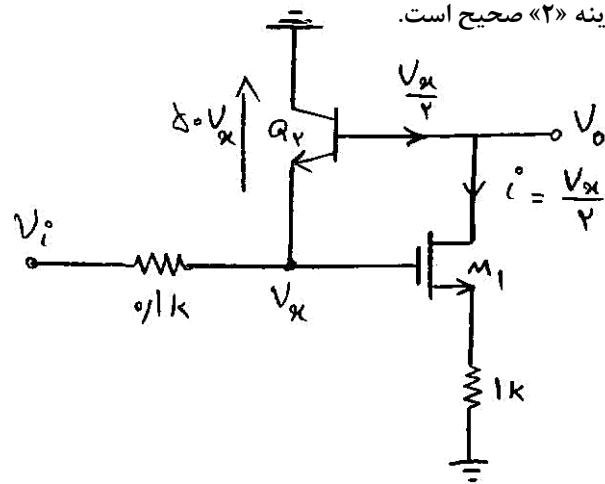
$$\text{KCL: } \frac{V_{in} - V_x}{r} = \frac{V_x - V_o}{r} = \frac{rV_x}{r} = \frac{V_x}{r}$$

$$V_{in} = rV_x$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{-V_x}{rV_x} = -\frac{1}{\Delta}$$



۹- گزینه «۲» صحیح است.



۱۰- گزینه «۴» صحیح است.

$$V_x - V_o = \frac{\Delta \cdot V_x}{g_{m_r}} = \Delta V_x$$

$$V_o = -4 V_x$$

$$1 \cdot (V_i - V_x) = \Delta \cdot V_x \Rightarrow V_i - V_x = \Delta V_x$$

$$V_i = 6 V_x$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = \frac{-4 V_x}{6 V_x} = -\frac{2}{3}$$

$$k_{r,r} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{10} \times \Delta = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$k_1 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{10} \times 30 = 3 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

اگر فرض کنیم تمامی ترانزیستورها در ناحیهی فعال هستند:

$$I_{D_r} = I_{D_r} = 4 \text{ mA}$$

$$I_{D_1} = k_1 (V_{GS} - V_T)^2 = 3 \times (1/5 - 0/5)^2 = 3 \text{ mA}$$

نتیجه فوق نشان می دهد که M_1 و M_2 هر دو نمی توانند در ناحیهی فعال باشند چون I_{D_1} کوچکتر به دست آمده این ترانزیستور M_2 است که وارد

ناحیهی تریود می شود و فعلاً M_1 را فعال نگه می داریم

$$I_{D_1} = I_{D_r} \Rightarrow 3 = k_r [2 V_{\text{eff}_r} V_{SD_r} - V_{SD_r}^2]$$

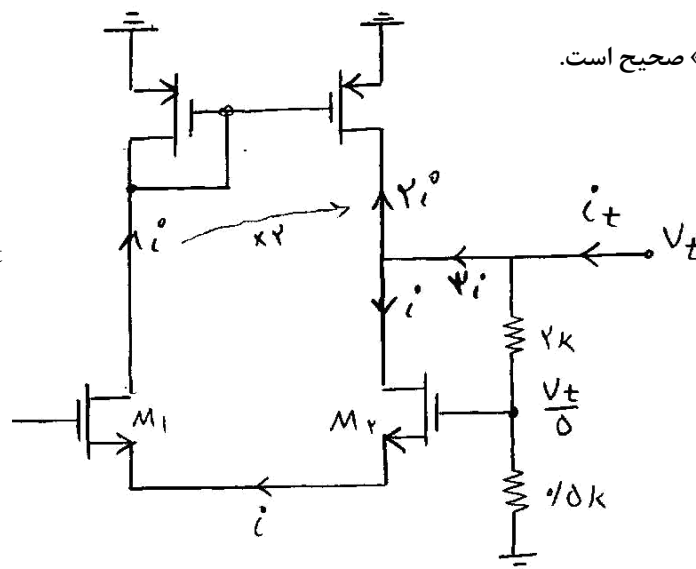
$$V_{\text{eff}_r} = V_{\text{eff}_r} = \sqrt{\frac{I_{D_r}}{k_r}} = \sqrt{\frac{4}{1}} = 2 \text{ V}$$

$$\Rightarrow 3 = 1 \times [2 \times 2 - V_{SD_r}] V_{SD_r} \Rightarrow 3 = (4 - V_{SD_r}) V_{SD_r}$$

$$\Rightarrow V_{SD_r} = 3 \Rightarrow V_{\text{out}} = V_{DD} - V_{SD_r} = 5 - 3 = 2$$

فرض M_1 فعال صحیح است $V_{G_1} < V_{D_1}$

۱۱- گزینه «۱» صحیح است.



$$i = (g_{m_1} \parallel g_{m_r}) \frac{V_t}{\Delta} = \frac{\lambda}{2} \times \frac{V_t}{\Delta}$$

$$i_t = 2i + \frac{V_t}{2/\Delta} = \left(\frac{\lambda}{\Delta} + \frac{2}{\Delta} \right) V_t = 2 V_t$$

$$R_{\text{out}} = \frac{V_t}{i_t} = \frac{1}{2} \text{ k}\Omega$$

$$k_r = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad k_f = 8 k_r = 16 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$V_{GS_1} = V_{GS_r} = V_{GS_\Delta} \Rightarrow \begin{cases} I_{D_r} = 2 I_{D_1} \rightarrow I_{D_f} = 2 I_{D_r} \\ I_{D_\Delta} = 4 I_{D_1} = 4 I_{D_r} \rightarrow I_{D_\Delta} = 2 I_{D_f} \end{cases}$$

$$\frac{1}{4} \times I_{D_f} = V_{GS_r} - V_{GS_f} = \sqrt{\frac{I_{D_r}}{k_r}} - \sqrt{\frac{I_{D_f}}{k_f}}$$

$$\frac{1}{4} I_{D_f} = \sqrt{\frac{I_{D_f}}{2 \times 2}} - \sqrt{\frac{I_{D_f}}{16}} = \frac{1}{2} \sqrt{I_{D_f}} - \frac{1}{4} \sqrt{I_{D_f}} = \frac{1}{4} \sqrt{I_{D_f}}$$

$$I_{D_f} = \sqrt{I_{D_f}} \Rightarrow \sqrt{I_{D_f}} = 1 \Rightarrow I_{D_f} = 1 \text{ mA}$$

$$I_{\text{out}} = I_{D_\Delta} = 2 I_{D_f} = 2 \text{ mA}$$