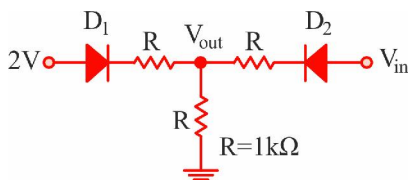


الکترونیک (۱ و ۲)

۱. در مدار شکل زیر دیودها ایده آل بوده و شکل موج ورودی V_{in} داده شده است. حداقل و حداکثر مقدار ولتاژ

V_{out} بر حسب ولت چقدر است؟

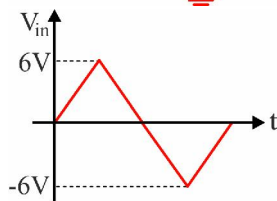


(۱) 2، 4

(۲) 1، 3

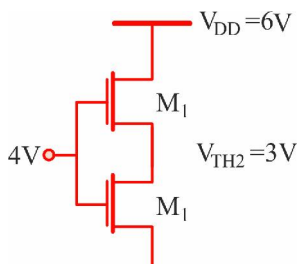
(۳) 2، 3

(۴) 1، 4



۲. در مدار شکل زیر نسبت (W/L) ترانزیستورهای M_1 و M_2 با هم ولتاژ ترشلد ترانزیستور M_1 بر حسب

ولت باید چقدر باشد تا ترانزیستور M_2 در مرز ناحیه اشباع خطی بایاس گردد؟



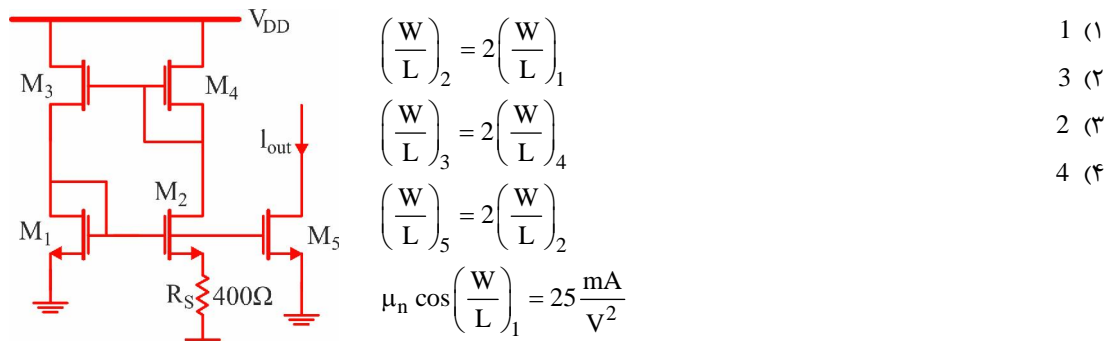
(۱) 4

(۲) 3

(۳) $\sqrt{2}$

(۴) 2

۳. در مدار شکل زیر همه ترانزیستورها در ناحیه اشباع بایاس شده‌اند. مقدار جریان I_{out} چند میلی‌آمپر است؟
از اثر بدنه و مدولاسیون طول کانال ترانزیستورها صرف نظر کنید.



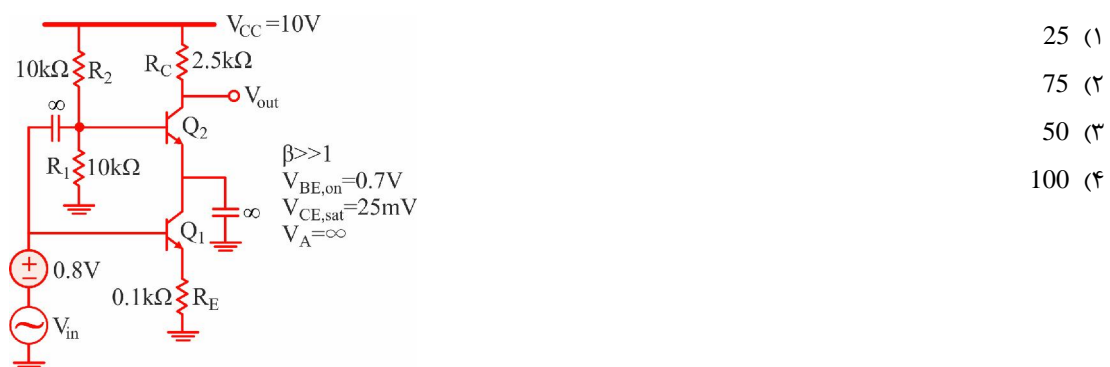
۴. در مدار شکل زیر تقویت کننده عملیاتی ایده‌آل است. نسبت $\frac{I_L}{V_m}$ کدام است؟



۵. در مدار تقویت کننده شکل زیر حداکثر دامنه سوئیچینگ متقارن ولتاژ خروجی V_{out} تقریباً چند ولت است؟

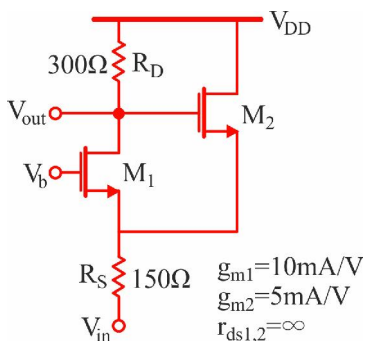


۶. مقدار بهره ولتاژ سیگنال کوچک $A_v = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right|$ مدار تقویت کننده شکل زیر چقدر است؟



۷. در مدار شکل زیر همه ترانزیستورها در ناحیه اشباع بایاس شده‌اند. مقدار بهره ولتاژ سیگنال کوچک

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \text{ آن برابر است با:}$$



1.5 (۱)

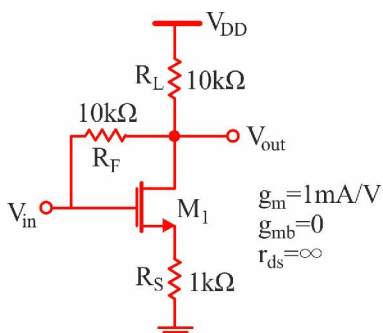
2 (۲)

3 (۳)

4.5 (۴)

۸. در مدار شکل زیر ترانزیستور M_1 در ناحیه اشباع بایاس شده است. مقدار بهره ولتاژ سیگنال کوچک

$$A_v = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| \text{ آن برابر است با:}$$



2 (۱)

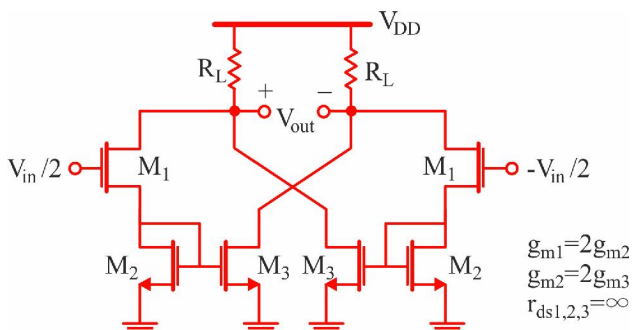
4 (۲)

2.5 (۳)

5 (۴)

۹. در مدار شکل زیر همه ترانزیستورها در ناحیه اشباع بایاس شده‌اند. مقدار بهره ولتاژ سیگنال کوچک

$$A_v = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| \text{ آن برابر است با:}$$

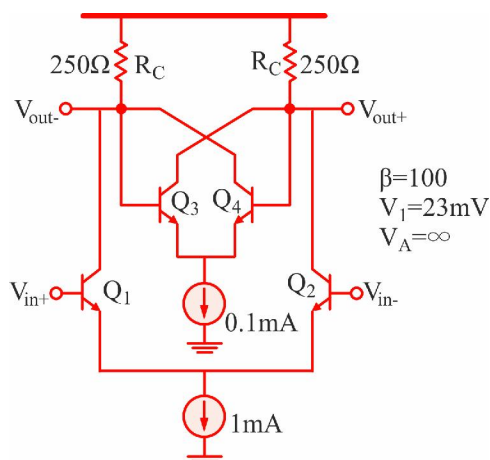


$\frac{1}{8} g_{m1} R_L$ (۱)

$\frac{1}{4} g_{m1} R_L$ (۲)

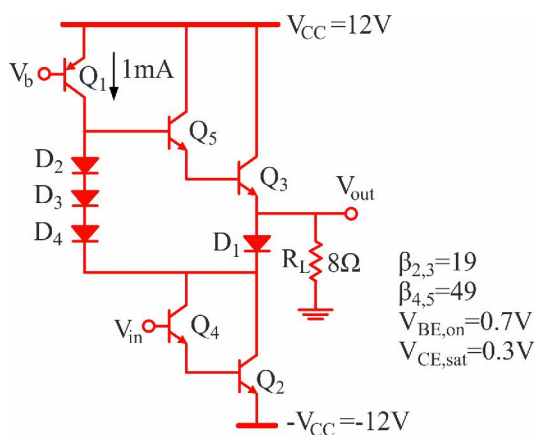
$\frac{1}{6} g_{m1} R_L$ (۳)

$\frac{1}{2} g_{m1} R_L$ (۴)

$$A_d = \frac{V_{out+} - V_{out-}}{V_{in+} - V_{in-}} \quad \text{ولتاژ تفاضلی}$$


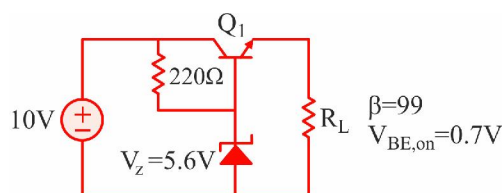
- 4.5 (1)
10 (2)
5.5 (3)
11 (4)

خروجی V_{out} بر حسب ولت برابر با کدام گزینه است؟



- $$\begin{aligned} & -8, 8 \quad (1) \\ & -8, 10.3 \quad (2) \\ & -10.3, 10.3 \quad (3) \\ & -10.3, 8 \quad (4) \end{aligned}$$

است؟ دیود زنر را با ولتاژ شکست 5.6 ولت و ایده آل در نظر بگیرید.



- 2.5 (1)
250 (2)
3.1 (3)
310 (4)

پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۲ درست است.

$$U_{in} = 6 \rightarrow \begin{matrix} D_2 \text{ (on)} \\ D_1 \text{ (off)} \end{matrix} \Rightarrow U_o = \frac{1}{2} U_{in} \rightarrow \underbrace{U_o = 3^v}_{\max}$$

$$U_{in} = -6 \rightarrow \begin{matrix} D_2 \text{ (off)} \\ D_1 \text{ (on)} \end{matrix} \Rightarrow U_o = \frac{1}{2} \times 2 = 1 \rightarrow \underbrace{U_o = 1^v}_{\min}$$

۲. گزینه ۴ درست است.

$$I_{D_1} = I_{D_2}$$

$$\frac{I_{D_1}}{I_{D_2}} = \frac{K(V_{GS_1} - V_{th_1})}{K(V_{GS_2} - V_{th_2})} = \frac{V_{GS_1} - V_{th_1}}{4 - 3} \Rightarrow V_{GS_1} - V_{th_1} = 1$$

$$\begin{cases} V_{G_1} = 4 & V_{G_1} - V_{S_1} - V_{th_1} = 1 \\ V_{S_1} = V_{D_2} & 4 - V_{D_2} - V_{th_1} = 1 \Rightarrow V_{D_2} = 3 - V_{th_1} \end{cases}$$

مرز اشباع و خطی

$$\downarrow$$

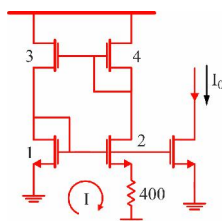
$$V_{DS_2} = V_{GS_2} - V_{th_2}$$

$$V_{D_2} - \cancel{V_{S_2}} = V_{G_2} - \cancel{V_{S_2}} + V_{th_2}$$

$$\downarrow$$

$$3 - V_{th_1} = 4 - 3 = 1 \Rightarrow V_{th_1} = 2^v$$

۳. گزینه ۳ درست است.



$$\begin{cases} I_{D_4} = I_{D_2} \\ I_{D_3} = I_{D_1} \\ I_{D_3} = 2I_{D_4} \end{cases} \Rightarrow I_{D_1} = 2I_{D_2}$$

$$\frac{2I_{D_2}}{I_{D_1}} = \frac{\frac{1}{2}\mu C_a \left(\frac{W}{L}\right)_1 (V_{GS} - V_t)^2}{\frac{1}{2}\mu C_a \left(\frac{W}{L}\right)_2 (V_{GS_2} - V_t)^2} \Rightarrow (V_{GS_1} - V_t) = 2(V_{GS_2} - V_t)$$

$$\downarrow 2\left(\frac{W}{L}\right)_1$$

I KVL در حلقه I: $V_{GS_1} = V_{GS_2} + I_2 \times 400$

$$V_{GS_1} - V_t = V_{GS_2} - V_t + 400I_2$$

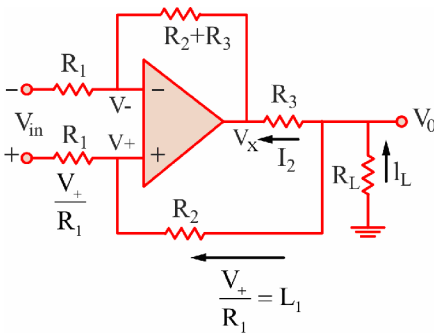
$$\begin{cases} V_{GS_2} - V_t = 400I_2 \\ I_2 = \frac{1}{2}\mu C_{ox} \times 2\left(\frac{w}{w}\right)_1 (V_{GS_2} - V_t)^2 \Rightarrow I_2 = \frac{1}{4}mA \end{cases}$$

$$I_1 = 2I_2 = \frac{1}{2}mA$$

$$I_o = 4I_1 \rightarrow I_o = 2mA$$

۴. گزینه ۴ درست است.

آپ امپ ایده‌آل: $V_+ = V_-$



$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_+ \Rightarrow V_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o$$

KCL در قطب منحنی: $\frac{V_+ - V_i}{R_1} + \frac{V_+ - V_x}{R_2 + R_3} = 0 \Rightarrow V_x = \left(1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1}\right) V_+ - \frac{R_2 + R_3}{R_1} V_i$

$$I_2 = \frac{V_o - V_x}{R_3} \Rightarrow I_L = I_1 + I_2 = \left(\frac{1}{R_3} - \left(1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1}\right)\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)\frac{1}{R_3}\right) V_o + \frac{R_2 + R_3}{R_1 R_3} V_{in}$$

$$I_1 = \frac{V_+}{R_1}$$

$$\Rightarrow \frac{I_L}{V_i} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 R_3}$$

۵. گزینه ۱ درست است.

$$V_{B_2} = 4.5V \rightarrow V_{E_2} = 3.8V \Rightarrow V_{CE_2} = 6 - 3.8 = 2.2V$$

$$V_{B_1} = 2.7V \rightarrow V_{E_1} = 2V \Rightarrow I_{CQ} = 1mA = I_{C_2} \Rightarrow V_{CG_1} = 1.8V$$

$$\hat{V}_{o^+} = I_{CQ} \cdot R_L = 4^k \times 1^m = 4^v$$

$$Q_2 \text{ اشباع } \hat{V}_{o^-} = \frac{2.2 - 0.2}{R_{ac}} \cdot R_L = 2V \Rightarrow \underline{\hat{V}_o = 2V}$$

مقارن

$$Q_1 \text{ اشباع } \hat{V}_{o-} = \frac{2.2}{V_{CE2}} + \frac{0.2}{S_{at}} = 2.4 \text{ V}$$

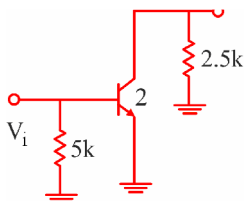
۶. گزینه ۴ درست است.

$$I_{C1} = \frac{0.8 - V_{BE}}{R_E} = \frac{0.8 - 0.7}{0.1 \text{ K}} = 1 \text{ mA} \Rightarrow I_{C1} = I_{C2}$$

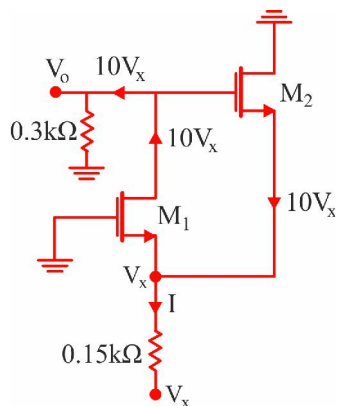
$$r_{e2} = \frac{V_T}{I_C} = 25 \Omega$$

در حالت Q, ac نقشی در ایجاد بهره ندارد:

$$|A_V| = g_m \cdot R_L = \frac{2.5^k}{25} = 100$$



۷. گزینه ۳ درست است.



$$g_{m1} = 10 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$g_{m2} = 5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$V_{gs1} = -V_x$$

$$g_{m1} V_{gs1} = -10 V_x = i_{M1}$$

$$V_{gs2} = 3V_x - V_x = 2V_x$$

$$i_2 = g_{m2} V_{gs2} = 5 \times 2V_x = 10 V_x$$

$$\text{kcl}(V_x): 10 V_x - 10 V_x = I = 0 \rightarrow V_x = V_{in} \rightarrow V_o = 10 \times 0.3 V_x$$

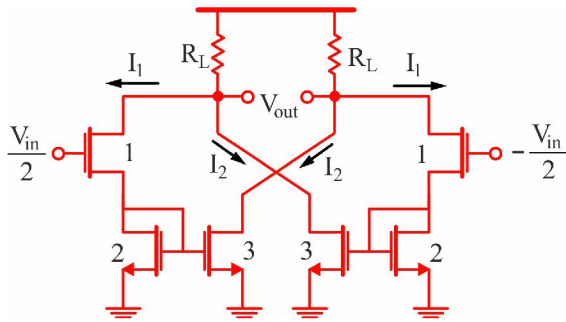
$$V_o = 3 V_{in} \rightarrow \boxed{\frac{V_o}{V_{in}} = 3}$$

۸. گزینه ۱ درست است.

$$\text{KCL در گره خروجی: } \frac{v_o}{10^k} + \frac{v_o - v_i}{10^k} + \frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_s} = 0$$

$$\frac{2v_o}{10^k} - \frac{v_i}{10^k} + \frac{v_i}{2^k} = 0 \Rightarrow 2v_o = (1-5)v_i \Rightarrow \left| \frac{v_o}{v_i} \right| = 2$$

۹. گزینه ۳ درست است.



$$g_{m_2} = 2g_{m_3} \Rightarrow k_2 = 2k_3$$

$$\Downarrow$$

$$I_2 = 2I_3$$

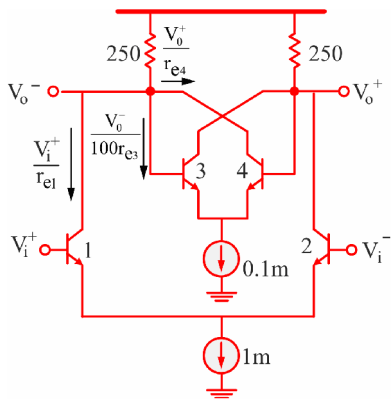
$$I_1 = \frac{\frac{v_i}{2}}{\frac{1}{g_{m_1}} + \frac{1}{g_{m_2}}} = \frac{\frac{v_i}{2}}{\frac{1}{g_{m_1}} + \frac{1}{2g_{m_1}}} = \frac{1}{6} g_{m_1} V_i$$

$$I_2 = -\frac{1}{12} v_i g_{m_1}$$

$$\text{یکطرفه } V_o = R_L (I_1 + I_2) = R_L \left(\frac{1}{6} g_{m_1} - \frac{1}{12} g_{m_1} \right) V_i = \frac{1}{12} R_L g_{m_1} V_i$$

$$A_d = \frac{v_o}{v_i} = 2 \times \frac{1}{12} g_{m_1} R_L = \frac{1}{6} R_L g_{m_1}$$

۱۰. گزینه ۲ درست است.



$$\begin{cases} I_{C_1} = I_{C_2} = 0.5 \text{ mA} \\ r_{e_1} = r_{e_2} = 25 \Omega \\ I_{C_3} = I_{C_4} = 0.05 \text{ mA} \\ r_{e_3} = r_{e_4} = 500 \Omega \end{cases}$$

$$\text{KCL در گره } V_{o^-}: \frac{V_{o^-}}{250} + \frac{V_{o^-}}{100 \times r_{e_3}} + \frac{V_{o^+}}{r_{e_4}} + \frac{V_{i^+}}{r_{e_1}} = 0$$

$$\text{KCL در گره } V_{o^+}: \frac{V_{o^+}}{250} + \frac{V_{o^+}}{100 \times r_{e_4}} + \frac{V_{o^-}}{r_{e_3}} + \frac{V_{i^-}}{r_{e_2}} = 0$$

$$(-1) \times \begin{cases} \frac{V_{o^-}}{5} + \frac{V_{o^+}}{10} = -V_{i^+} \\ \frac{V_{o^+}}{5} + \frac{V_{o^-}}{10} = -V_{i^-} \end{cases} \Rightarrow V_{i^+} - V_{i^-} = \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{10} \right) V_{o^+} - V_{o^-} \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{10} \right)$$

$$V_{i^+} - V_{i^-} = \frac{1}{10} (V_{o^+} - V_{o^-})$$

$$\frac{V_{o^+} - V_{o^-}}{V_{i^+} - V_{i^-}} = 10$$

۱۱. گزینه ۴ درست است.

$$i_{b5} (\text{max}) = 1 \text{ mA}$$

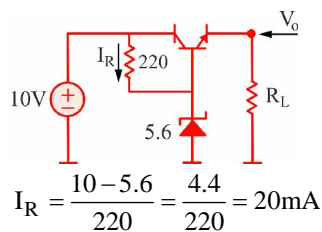
$$i_{b3}(\max) = (1 + \beta_5) \times 1 \text{ mA}$$

$$i_{CQ_3}(\max) = i_{b3}(\max) \times (1 + \beta_3) = (1 + \beta_5)(1 + \beta_3) \times 1 \text{ mA} = 50 \times 20 \times 1 = 1 \text{ A}$$

$$V_{\text{out}}^+(\max) = 1 \text{ A} \times 8 = 8 \text{ V}$$

$$V_{\text{out}}^- = 0.7 + 0.3 + 0.7 - 12 = -10.3$$

۱۲. گزینه ۱ درست است.



$$V_o = V_z - V_{BE} = 5 \text{ V}$$

$$I_R = \frac{10 - 5.6}{220} = \frac{4.4}{220} = 20 \text{ mA}$$

دیود زنر ایده‌ال در نظر گرفتیم \Rightarrow از جریانش صرف‌نظر می‌کنیم.

$$I_B = I_R$$

$$I_L = \beta I_B = 100 \times 20 = 2 \text{ A} \Rightarrow R_L = \frac{V_o}{I_L} = \frac{5}{2} = 2.5 \Omega$$