

(الف)

$$V_o = 4 \rightarrow I_{D1} = \frac{5 - 4}{1} = 1 \text{ mA} \rightarrow V_{G2} = V_{S1} = -5 + 4I_{D1} = -1$$

$$V_{S2} = -5, V_{G1} = V_{D2} = 5 - R_1 I_{D2}$$

ترانزیستور  $Q_1$  در حالت اشباع است ، زیرا :

$$V_{D1} > V_{G1} - V_t \rightarrow 4 > 5 - R_1 I_{D2} - 2 \rightarrow R_1 I_{D2} > -1$$

در نتیجه :

$$I_{D1} = \frac{\beta}{2} (V_{GS1} - V_t)^2 \rightarrow 1 = \frac{1}{8} (V_{G1} - 1)^2 \rightarrow V_{G1} = \pm 2.83 + 1$$

با توجه به شرط روشن بودن ترانزیستور :

$$V_{GS1} > V_t \rightarrow V_{G1} > 3$$

جواب قابل قبول خواهد بود :

$$V_{G1} = 3.83 = 5 - R_1 I_{D2}$$

ترانزیستور  $Q_2$  هم در حالت اشباع است زیرا :

$$V_{D2} = 3.83 > V_{G2} - V_t = -3$$

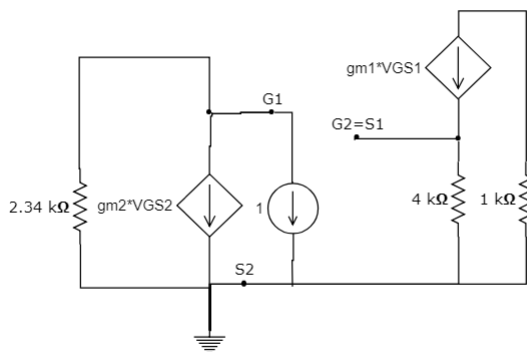
در نتیجه :

$$I_{D2} = \frac{\beta}{2} (V_{GS2} - V_t)^2 = \frac{1}{2} \text{ mA} \rightarrow 3.83 = 5 - \frac{R_1}{2} \rightarrow R_1 = 2.34 \text{ k}\Omega$$

ب) مدار را در حالت تحلیل AC در نظر میگیریم. معادل تونن حساب میکنیم ، چون منبع مستقل نداریم ، معادل فقط یک مقاومت است. منبع جریان تست ۱ میلی آمپری را در مدار بین ورودی و زمین مدار می گذاریم و با به دست آوردن ولتاژ دو سر آن ، مقاومت تونن که همان مقاومت ورودی است بدست می آید.

$$g_{m1} = \beta(V_{GS1} - V_t) = 0.7075 \text{ mA/V}$$

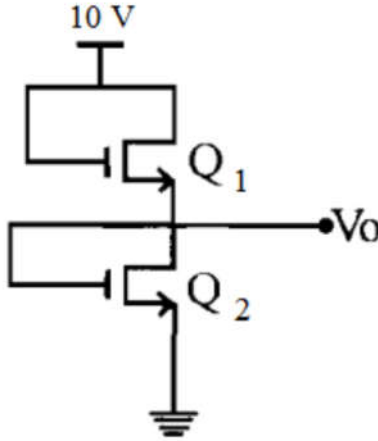
$$g_{m2} = \beta(V_{GS2} - V_t) = 0.5 \text{ mA/V}$$



$$0.7075 \times (V_{G1} - V_{S1}) = \frac{V_{S1}}{4}$$

$$1 + 0.5 \times (V_{G2} - V_{S2}) + \frac{V_{G1}}{2.34} = 0$$

$$V_{S2} = 0, V_{G2} = V_{S1} \rightarrow V_{G1} = -1.25502 \rightarrow R_{th} = \frac{-1.25502}{-1} = 1.25502 \text{ k}\Omega = R_i$$



در هر سه حالت :

$$V_{G1} = V_{D1} = 10, V_o = V_{G2} = V_{S1} = V_{D2}, V_{S2} = 0$$

$$V_{GS1} = 10 - V_o, V_{GS2} = V_o$$

$$V_t > 0, V_D = V_G \rightarrow V_D > V_G - V_t$$

در نتیجه در هر سه حالت ، ترانزیستور ها در حالت اشباع هستند.

$$I_{D1} = I_{D2} \rightarrow \frac{\beta_1}{2} (V_{GS1} - V_{t1})^2 = \frac{\beta_2}{2} (V_{GS2} - V_{t2})^2$$

( الف )

$$|V_{GS1} - V_{t1}| = |V_{GS2} - V_{t2}| \rightarrow 10 - V_o = V_o \rightarrow V_o = 5 V$$

$$V_{GS1} > V_{t1} \rightarrow V_{t1} < 5, V_{GS2} > V_{t2} \rightarrow V_{t2} < 5$$

( ب )

$$|V_{GS1} - V_{t1}| = 2|V_{GS2} - V_{t2}| \rightarrow 10 - V_o = 2V_o - V_{t2} \rightarrow V_o = \frac{10 + V_{t2}}{3}$$

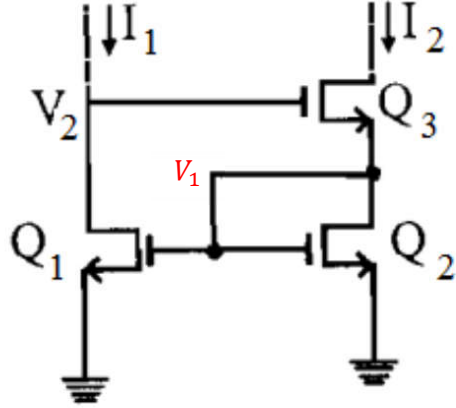
$$V_{GS1} > V_{t1} \rightarrow \frac{20 - V_{t2}}{3} > V_{t1} \rightarrow V_{t1} < 5, V_{GS2} > V_{t2} \rightarrow V_{t2} < 5$$

( ج )

$$|V_{GS1} - V_{t1}| = |V_{GS2} - V_{t2}| \rightarrow 10 - V_o - 4V_{t2} = V_o - V_{t2} \rightarrow V_o = \frac{10 - 3V_{t2}}{2}$$

$$V_{GS1} > V_{t1} \rightarrow \frac{10 + 3V_{t2}}{2} > V_{t1} = 4V_{t2} \rightarrow V_{t2} < 2, V_{GS2} > V_{t2} \rightarrow V_{t2} < 2$$

• در صورتی که شروط ذیل هر حالت برقرار نباشد ، ترانزیستور ها فعال نمی شوند و  $V_o$  مقدار مشخص نخواهد داشت.



$$I_1 = I_{D1} = 1 \rightarrow V_{G1} = V_1 > V_{t1}$$

فرض کنیم در حالت اشباع باشد :

$$V_{D1} = V_2 > V_1 - V_{t1}$$

$$I_1 = 1 = \frac{2}{2}(V_1 - V_{t1})^2 \rightarrow \begin{cases} V_1 = V_{t1} + 1 \\ V_1 = -1 + V_{t1} \rightarrow V_{GS1} = V_1 < V_{t1} \rightarrow I_1 = 0 \times \end{cases}$$

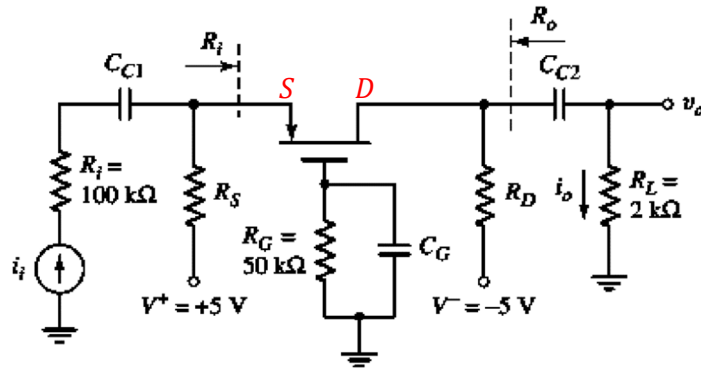
$$I_2 = I_{D3} = I_{D2}$$

$$\frac{2}{2}(V_{GS3} - V_{t3})^2 = \frac{2}{2}(V_{GS2} - V_{t2})^2 \rightarrow |V_2 - V_1 - V_{t3}| = |V_1 - V_{t2}| \rightarrow \begin{cases} V_2 = 2V_1 = 2V_{t1} + 2 \\ V_2 = 0 \rightarrow I_1 = 0 \times \end{cases}$$

$$I_2 = \frac{2}{2}(V_1 - V_{t2})^2 = 1 \text{ mA}$$

مقادیر قابل قبول :

$$V_1 = V_t + 1, V_2 = 2V_t + 2, I_2 = 1$$



الف) ترانزیستور PMOS است.

$$V_S = 5 - R_S I_D = 5 - 0.75 R_S$$

$$V_D = -5 + R_D I_D = -5 + 0.75 R_D$$

$$V_G = 0$$

برای فعال شدن ترانزیستور :

$$V_{GS} = -5 + 0.75 R_S \leq -1 \rightarrow R_S \leq \frac{4}{0.75} \cong 5.334$$

فرض کنیم در حالت اشباع باشد.

$$V_{DS} \leq V_{GS} - V_t \rightarrow V_D \leq 1 \rightarrow -5 + 0.75 R_D \leq 1 \rightarrow R_D \leq 8$$

$$I_D = \frac{0.5}{2} (V_{GS} + 1)^2 = 0.25 (0.75 R_S - 4)^2 = 0.75 \rightarrow R_S = 3.02393 \text{ k}\Omega$$

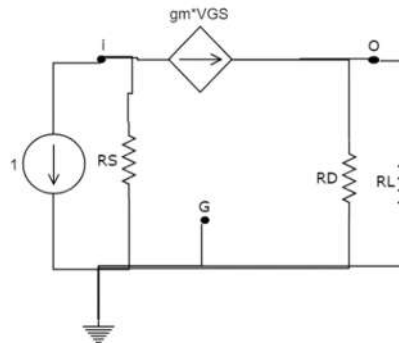
$$V_{SD} = 6 = 10 - 0.75 (R_D + R_S) \rightarrow R_D = 2.3094 \text{ k}\Omega$$

ب)

$$g_m = 0.5 (V_{GS} + 1) = -0.866026$$

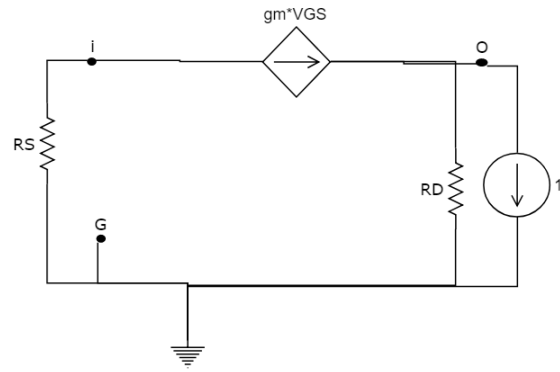
منفی شد چون مشتق نسبت به ولتاژ  $V_{GS}$  گرفته شد که مقداری است منفی.

برای مقاومت ورودی (از بعد از خازن  $C_{C1}$ ) ، منبع جریان تست بین ورودی مشخص شده و زمین قرار می دهیم :



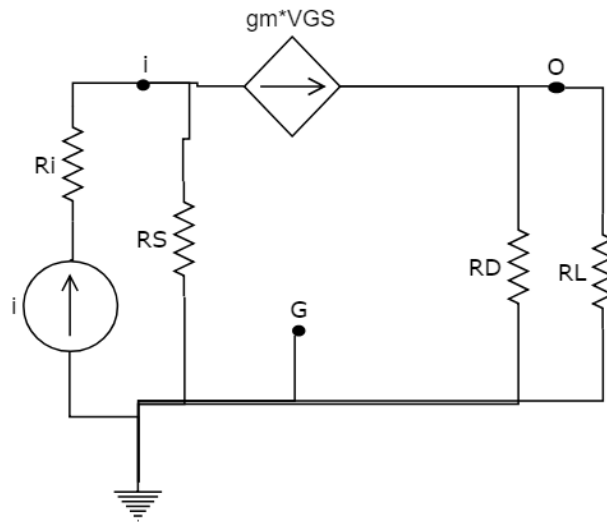
$$g_m (0 - V_i) + 1 + \frac{V_i}{R_S} = 0 \rightarrow V_i = -0.5356 \rightarrow R_i = 0.5356 \text{ k}\Omega$$

برای خروجی ، مشابه قسمت قبل :



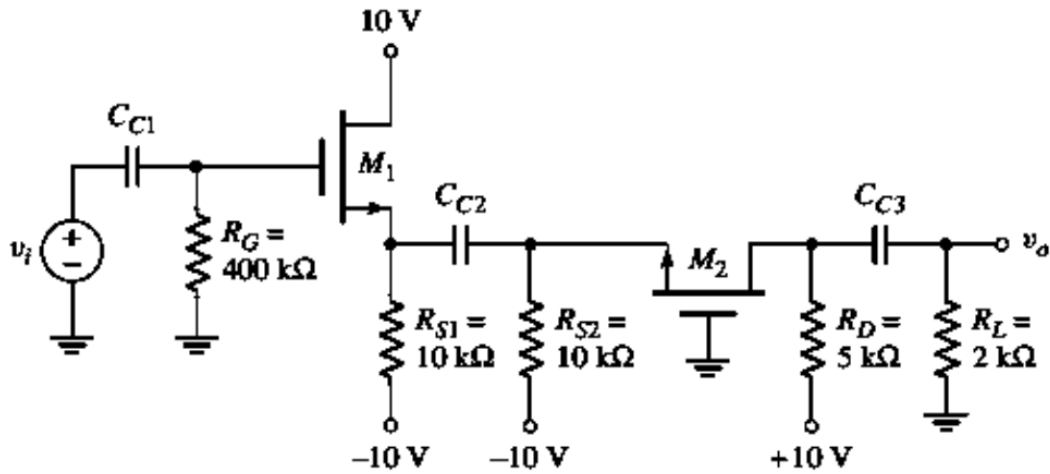
$$V_i = 0 \rightarrow V_o = -R_D \rightarrow R_o = R_D = 2.3094 \text{ k}\Omega$$

ج



$$i_i = 0.005 \sin \omega t \text{ (mA)} \rightarrow V_i = -R_i i_i = -0.5 \sin \omega t$$

$$-g_m(0 - V_i) + \frac{V_o}{R_D} + \frac{V_o}{R_L} = 0 \rightarrow V_o = -0.4641 \sin \omega t \rightarrow i_o = \frac{V_o}{R_L} = 0.23205 \sin \omega t \text{ (mA)}$$



(الف)

$$V_{D1} > V_{G1} - V_t \rightarrow 10 > -2$$

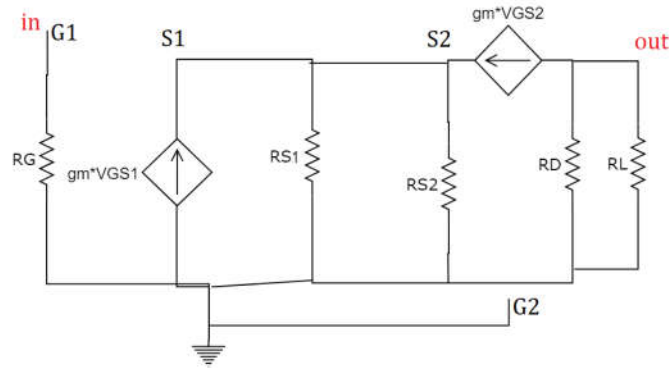
$$V_{S1} = -10 + 10I_{D1}, I_{D1} = 2(-V_{S1} - 2)^2, V_{GS1} > 2 \rightarrow V_{S1} < -2 \Rightarrow V_{S1} = -2.608 \rightarrow I_{D1} = 0.74 \text{ mA}$$

$$V_{D2} = 10 - 5I_{D2} > V_{G2} - 2 \rightarrow I_{D2} < \frac{12}{5} = 2.4$$

$$V_{S2} = -10 + 10I_{D2}, I_{D2} = 2(-V_{S2} - 2)^2, V_{GS2} > 2 \rightarrow V_{S2} < -2 \Rightarrow V_{S2} = -2.608 \rightarrow I_{D2} = 0.74 \text{ mA}$$

(ب)

$$g_{m1} = g_{m2} = g_m = 4(2.608 - 2) = 2.432$$



$$2.432(V_{G1} - V_{S1}) - \frac{V_{S2}}{R_{S1}} - \frac{V_{S2}}{R_{S2}} + 2.432(V_{G2} - V_{S2}) = 0$$

$$\frac{V_{out}}{R_L} + \frac{V_{out}}{R_D} + 2.432(V_{G2} - V_{S2}) = 0$$

$$V_{G1} = V_{in}, V_{S1} = V_{S2}, V_{G2} = 0 \rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1.667 = A_v$$