۱) در ناحیه اشباع داریم:

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

- بازای $V_{GS} = -3.6\,v$ داریم:

$$I_D = 1.1\,mA$$

$$V_{DS} = 15 - R_D I_D = 13.02\,v > |V_p| - |V_{GS}| \Rightarrow \text{اشباع} \checkmark$$

- بازای $V_{GS} = -3\,v$ داریم:

$$I_D = 2.24\,mA,\quad V_{DS} = 11\,v$$

در نتیجه فرض اشباع بودن در این حالت نیز صحیح است.

- بازای $V_{GS} = -1.5\,v$ داریم:

$$I_D = 6.9\,mA\ ,\ V_{DS} = 2.7\,v$$

در این حالت:

$$|V_p| - |V_{GS}| = 3.5\,v > 2.7\,v$$

پس در ناحیه اشباع نیست و در ناحیه تریود قرار دارد پس داریم:

$$I_D = I_{DSS}\left[2\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)\left(\frac{V_{DS}}{-V_p}\right) - \left(\frac{V_{DS}}{V_p}\right)^2\right]$$

$$\Rightarrow I_D = 14\left(0.28\,V_{DS} - 0.04\,V_{DS}^2\right)$$

و نیز داریم:

$$15 = 1.8\,I_D + V_{DS}$$

از دو معادله فوق:

$$V_{DS} = 2.95\,v,\quad I_{DS} = 6.7\,mA$$

2) هردو ترانزیستور در ناحیه اشباع هستند

$$I_{D_1} = k_1 (V_{GS1} - V_t)^2 = 0.5 (V_2 - 1)^2$$

$$I_{D_2} = k_2 (V_{GS_2} - V_t)^2 = 0.5 (10 - V_2 - 1)^2$$

$$I_{D_1} = I_{D_2} \Rightarrow \boxed{V_2 = 5\,V}$$

---

3) با تقسیم ولتاژ داریم:

$$V_G = 10 \times \frac{1.5M}{1.5M + 8.5M} = 1.5V$$

پس:

$$I_D = k (V_{GS} - V_t)^2 \Rightarrow 0.5 = 0.5 (V_{GS} + 1)^2$$

ولتاژ GS باید صفر باشد یعنی $V_G = V_S = 1.5V$

$$\Rightarrow R_S = \frac{1.5V}{0.5mA} = 3k$$

$$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} = \frac{10 - 4}{0.5} = 12k\Omega$$

---

4) برای FET داریم:

$$V_G = 0 \quad , \quad V_S = I_D R_D$$

$$V_{GS} = 0 - 2.4 I_D = -2.4 I_D \quad , \quad I_D = 8 \left(1 - \frac{-2.4 I_D}{-4}\right)^2$$

پس از حل مدار قابل قبول برابر است با

$$I_D = 1.06\,mA = I_C \simeq I_E$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1.06}{80} = 13.3\,\mu A$$

$$V_B = 16 - (13.3\,\mu A \times 470k\Omega) = 9.77\,v$$

$$V_D = V_E = V_B - 0.7 = \boxed{9.07\,v}$$

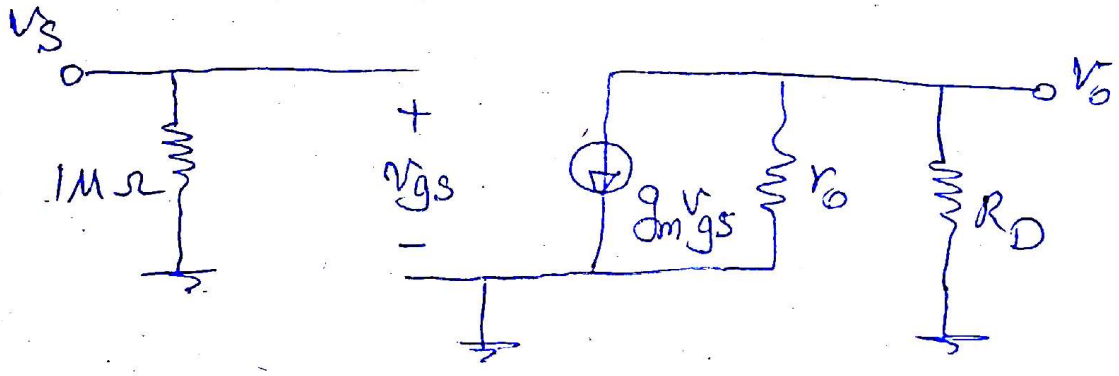
---

5) برای نقطه کاربرد می آوریم:

$$I_D = 12\left(1 - \frac{-2}{-4}\right)^2 = 3mA$$

$$V_{DS} = 15 - (2.2 \times 3) = 8.4\,v$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|}\sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} = 3mS$$

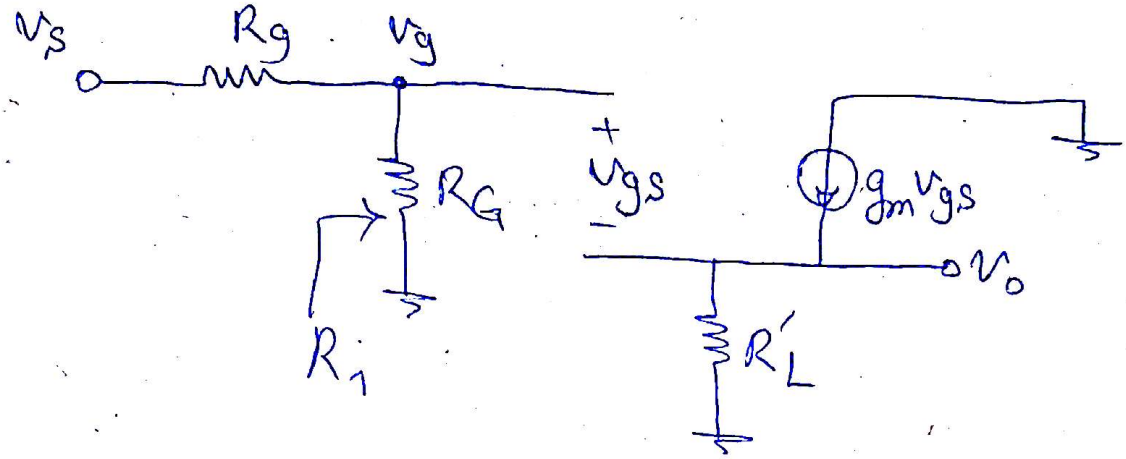


با توجه به سیگنال کوچک داریم:

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_g} = -g_m(R_D \| r_o)$$

$$= -3(2.2 \| 100) \simeq \boxed{-6.5}$$

$$R_i = R_G = 10\,M\Omega \quad , \quad v_o = g_m v_{gs} R_L'$$



$$v_g = v_s \frac{R_G}{R_G + R_g} \quad , \quad v_g = v_{gs} + v_o$$

$$\frac{v_g}{v_o} = \frac{v_{gs}}{v_o} + 1 = 1 + \frac{1}{g_m R_L'} \Rightarrow \frac{g_m R_L'}{1 + g_m R_L'} = \frac{v_o}{v_g}$$

$$\Rightarrow \frac{v_o}{v_s} = \frac{R_G}{R_G + R_g} \frac{g_m R_L'}{1 + g_m R_L'}$$

$$R_L' = R_S \| R_L = 688\,\Omega$$

$$\frac{v_o}{v_s} = 0.991 \times 0.916 = 0.91$$

با عدد گذاری داریم: