

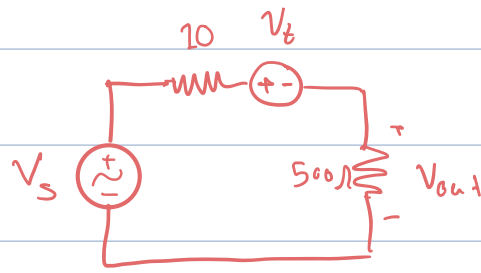
مدارها الکتریکی و الکترونیکی

تقریب 4

400108547

بیجا، فانی

①



معاد
 $V_t \sim 0.7, 0.8 \text{ V}$

(الف)

$$I = \frac{V_s - V_t}{10 + 500}$$

میان لدا در حالت زیر ایده آل

$$I_{\max} = \max \frac{V_s - V_t}{510} = \frac{\max V_s - V_t}{510} = \frac{20 - V_t}{510} \text{ A}$$

$$V_t \sim 0.7 \Rightarrow \frac{20 - 0.7}{510} = \frac{19.3}{510} \approx 0.0378 \text{ A}$$

حالت ایده آل: (بدون مقاومت)

$$I = \frac{V_s - V_t}{500} \rightsquigarrow \frac{20 - V_t}{500} \rightsquigarrow \frac{20 - 0.7}{500} = \frac{19.3}{500} = 0.0386 \text{ A}$$

$$\frac{V_s}{500} = \frac{20}{500} = \frac{2}{50} = 0.04 \text{ A}$$

در حالت ساده شده احتمال کوتاه ←

(ب)

* حالت عدم اتصال یعنی کمتر از V_t ✓ $V_{out} = 0$

$$V_{out} = RI$$

به حالت رتین بودن دیدید را میگیریم.

به علت سه بودن I_{\max} ما با I_{\max} بخش الف برابری میکنیم

$$V_{out}^{max} = R I_{max} = 500 \times \frac{20 - V_t}{510} = \frac{10000 - 500V_t}{510}$$

اگر فرض $V_t \approx 0.7 \rightarrow V_{out}^{max} \approx 18.922 \text{ v}$

$$V_{out}^{max} = R \times I_{max} = 500 \times \frac{20 - V_t}{500} = 20 - V_t$$

حالت ایده آل $R=0$ میبرد :

$$V_t = 0.7 \rightarrow V_{out}^{max} = 20 - V_t = 20 - 0.7 = 19.3$$

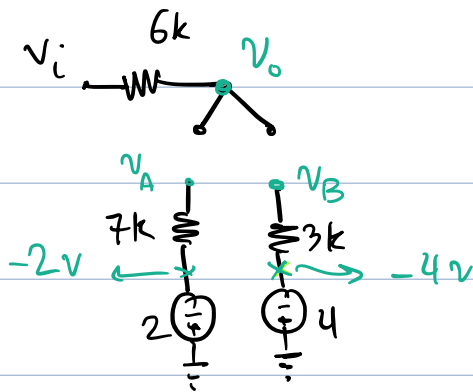
حالت ساده شده اتصال کوتاه :

$$V_{out}^{max} = R \times I_{max} = 500 \times \frac{20}{500} = \underline{20 \text{ v}}$$

②

حالت های فعالیت هر دیود را بررسی می کنیم .

① هر دو قطع :



$$\Rightarrow \begin{aligned} v_A &= -2V \\ v_B &= -4V \end{aligned}$$

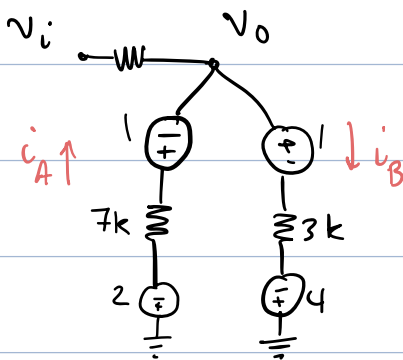
حال شرط عدم انتقال داریم که :

$$v_o - v_B < v_{th} = 1 \Rightarrow v_o < v_B + 1 = -4 + 1 = -3 \Rightarrow v_o < -3V$$

$$v_A - v_o < v_{th} = 1 \Rightarrow v_o > v_A - 1 = -2 - 1 = -3 \Rightarrow v_o > -3V$$

$\rightarrow v_o > -3 > v_o$.X

② هر دو متصل



$$A: 0 - 2 - 7k i_A - 1 = v_o \Rightarrow v_o = -7k i_A - 3 \quad i_A, i_B \geq 0$$

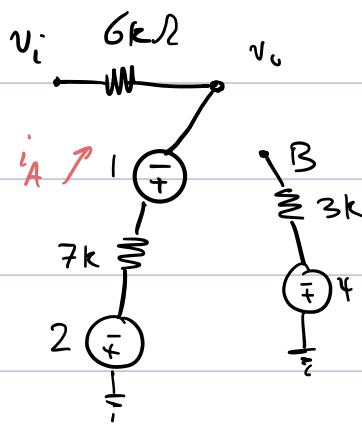
$$B: v_o - 1 - 3k i_B + 4 = 0 \Rightarrow v_o = 3k i_B - 3$$

$$\Rightarrow -7k i_A - 3 = 3k i_B - 3 \xrightarrow{i_A, i_B \geq 0} -7i_A = 3i_B \Rightarrow i_A = -\frac{3}{7} i_B \xrightarrow{i_B \geq 0, i_A \geq 0} i_B = i_A = 0$$

$$\Rightarrow v_o = -3V$$

$$KCL @ v_o: \underbrace{-i_A + i_B}_{=0} + i_{O1} = 0 \Rightarrow i_{O1} = 0 \Rightarrow v_i = v_o = -3V$$

③ D₁ فعال باشد . D₂ غیرفعال .



$$0 - 2 - 7k i_A - 1 = v_o \Rightarrow v_o = -7k i_A - 3$$

$$D_2 \text{ ge} \Rightarrow v_o - v_B < 1 \quad v_B = 0 - 4 - 0 \times 3k = -4$$

$$\Rightarrow v_o - (-4) < 1 \Rightarrow v_o + 4 < 1 \Rightarrow v_o < 1 - 4 \Rightarrow \boxed{v_o < -3}$$

$$i_{oL} = i_A \Rightarrow \frac{0 - v_o - 3}{7k} = \frac{v_o - v_i}{6k} \Rightarrow \frac{-v_o - 3}{7} = \frac{v_o - v_i}{6}$$

$$\Rightarrow -6v_o - 18 = 7v_o - 7v_i \Rightarrow 7v_i = 13v_o + 18 \Rightarrow v_i = \frac{13v_o + 18}{7}$$

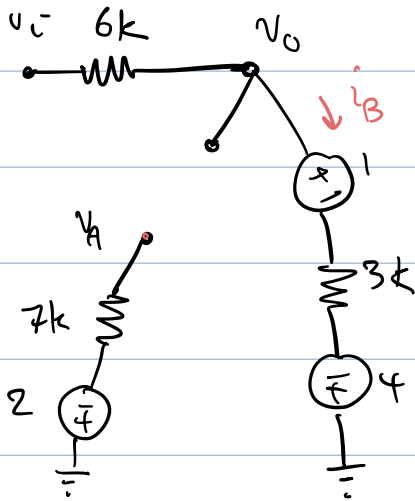
$$\Leftarrow i_A = i_{D_1} \leq 3mA \quad \text{max}$$

$$0 - 2 - 7k i_A - 1 = v_o \Rightarrow v_o = -3 - 7k i_A \geq -3 - 7k \times 3mA = -3 - 21 = -24$$

$$\Rightarrow -3 \geq v_o \geq -24 \quad \leadsto v_i = \frac{13v_o + 18}{7}$$

$$\Rightarrow \frac{-21}{7} \geq v_i \geq \frac{-294}{7} \Rightarrow -3 \geq v_i \geq -42$$

⑦ راستی D_2 فعال D_1 غیرفعال



$$\begin{aligned} \therefore v_A - v_o &< 1 \rightarrow -2 - v_o < 1 \Rightarrow v_o > -3 \\ v_A &= 0 - 2 = -2 \end{aligned}$$

$$v_o - 1 - 3k i_B + 4 = 0 \Rightarrow v_o = 3k i_B - 3 \leq 3k \times 5m - 3 = 15 - 3 = 12 \text{ v}$$

و چون $i_B = i_{D_2} \leq 5mA$

$$\Rightarrow -3 \leq v_o \leq 12$$

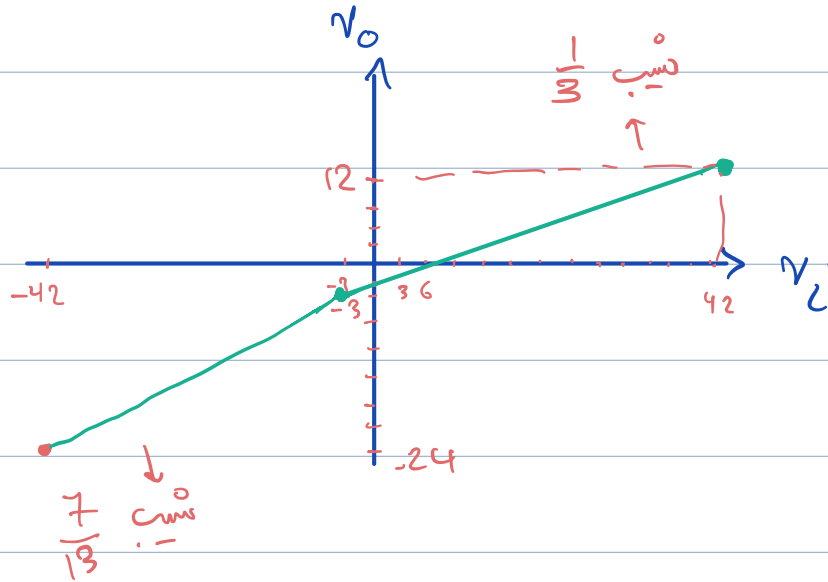
$$\text{کل } \frac{v_i - v_o}{6k} = i_B = \frac{v_o - 1 + 4}{3k} \Rightarrow \frac{v_i - v_o}{2} = v_o + 3 \Rightarrow v_i = 3v_o + 6$$

$$v_o = \frac{v_i - 6}{3}$$

$$-3 \leq v_o \leq 12 \Rightarrow -3 \leq v_i \leq 42$$

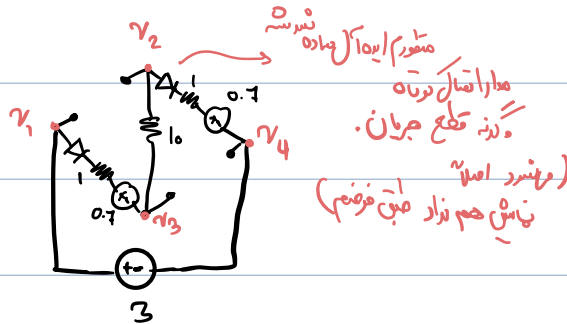
$$\Rightarrow \text{مهم } v_i = \begin{cases} \frac{13v_o + 18}{7} & -24 \leq v_o \leq -3 & 3 \text{ ولت} \\ -3 & v_o = -3 & 2 \text{ ولت} \\ 3v_o + 6 & -3 \leq v_o \leq 12 & 4 \text{ ولت} \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_0 = \begin{cases} \frac{7v_i - 18}{13} & -42 \leq v_i \leq -3 \\ -3 & v_i = -3 \\ \frac{v_i - 6}{3} & -3 \leq v_i \leq 42 \end{cases}$$



3

از روی شکل مدس ی زنم که حالت دیددها در مسیر جریان منبع تغذیه احتمالاً صحیح باشد
به همین دلیل نهفت این را بررسی کردیم.



$$KVL: -3 + 1i + 0.7 + 10i + 1i + 0.7 = 0$$

$$\Rightarrow 12i = 3 - 2 \times 0.7 = 1.6 \Rightarrow i = \frac{1.6}{12} = \frac{16}{120} = \frac{2}{15} A$$

مشاهده می کنیم $i = 0.133$ و در جهت دیددها هست پس برا در روشن تر از شمره اولیه.
برای بقیه باید ولتاژ دوسر را بررسی کنیم.

اصل بر زمین

$$\log V_4 = 0 V \rightarrow V_1 = 3 V$$

$$V_1 - 1 \times i - 0.7 = V_3 \Rightarrow V_3 = 3 - \frac{2}{15} - 0.7 = \frac{43}{15} - 0.7$$

$$0 - V_3 = 0 - \frac{43}{15} + 0.7 = 0.7 - \frac{43}{15} \stackrel{!}{<} 0.7 \quad \text{مقادیر} \quad V_4 - V_3 < 0.7$$

بله سبک $V_4 - V_3 < 0.7$ محادلا

$$\Rightarrow 0 < \frac{43}{15} \quad \checkmark \quad \text{پس}$$

برای بقیه:

$$V_2 - 1 \times i - 0.7 = V_4 = 0 \Rightarrow V_2 = \frac{2}{15} + 0.7 V$$

حال باید $V_2 - V_1 < 0.7$ بشود یعنی

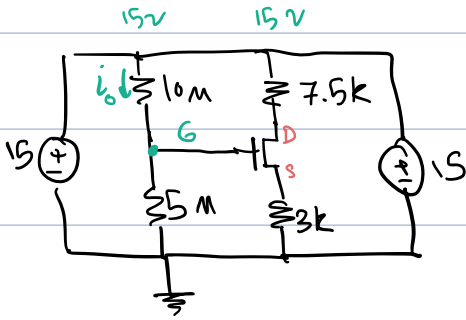
$$\frac{2}{15} + 0.7 - V_1 < 0.7 \Rightarrow \frac{2}{15} + 0.7 - 3 < 0.7 \Rightarrow \frac{2}{15} < 3 \quad \boxed{\text{ببین}} \quad \text{آه}$$

بی همه دیوید ها در شرایط صحت می کنند.

$$i = \frac{2}{15} A = 0.1\bar{3} A$$

جریان ندرینه =

ترانزیستور معادل می بینیم:



kcl @ G: $i_{10M\Omega} = i_{5M\Omega} \Rightarrow \frac{15 - V_G}{10M} = \frac{V_G - 0}{5M}$

جریان کنترل

$$\Rightarrow \frac{15 - V_G}{2} = \frac{V_G}{1} \Rightarrow 15 = 3V_G \Rightarrow V_G = 5V$$

در سن بودن ترانزیستور را بررسی می کنیم. خاموشی معادل $V_{GS} < V_{th}$ است.

اگر قطع باشد ترانزیستور \Rightarrow جریان در R_{gate} 3 معبر ندارد $V_S = 0V$

که $5 > V_{th} = 1$ $\Rightarrow V_{GS} = 5 - 0 = 5V$

نتیجه: پس روشن.

حال داریم که $\frac{V_S - 0}{3k} = i_{DS}$ $\frac{15 - V_D}{7.5k} = i_{DS}$

$$\Rightarrow V_S = 3k i_{DS} \quad V_D = 15 - 7.5k i_{DS}$$

اگر فرض D و S را غلط بود بایم $V_S > V_D$ می شد اما در آن صورت

$$3k i_{DS} > 15 - 7.5k i_{DS} \Rightarrow 10.5k i_{DS} > 15 \Rightarrow i_{DS} > 0$$

اما جریان در فرضی خلاف از V_D به V_S است یعنی $i_{DS} < 0$ \Rightarrow پس فرض دوم درست است.

و برای از D به S است.

حال اشباع و ضعی بودن را بررسی می کنیم:

$$\text{حالت ضعی: } v_{DS} < v_{GS} - v_{th}$$

$$i_{DS} = k_n' \left((v_{GS} - v_{th}) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right)$$

$$v_G = 5 \quad v_S = 3k i_{DS} \quad v_D = 15 - 7.5k i_{DS}$$

$$i_{DS} = k_n' \left((5 - 3k i_{DS} - 1)(15 - 10.5k i_{DS}) - \frac{(15 - 10.5k i_{DS})^2}{2} \right)$$

$$\Rightarrow i_{DS} = k_n' \left(-23625k i_{DS}^2 + 70.5k i_{DS} - \frac{105}{2} \right)$$

$$\Rightarrow 0 = -23625k i_{DS}^2 + \left(70.5k - \frac{1}{k_n'} \right) i_{DS} - \frac{105}{2}$$

$$k_n' = \frac{2mA}{V_{ov}} \Rightarrow -23625k i_{DS}^2 + (70.5k - 500) i_{DS} - \frac{105}{2}$$

$$\frac{1}{k_n'} = \frac{1}{\frac{2}{100}} = 500$$

$$\Delta = b^2 - 4ac \Rightarrow \left(\overbrace{70500}^{70000} - 500 \right)^2 - 4(23625000) \frac{105}{2}$$
$$= -61250000$$

$$\Rightarrow \Delta < 0 \Rightarrow i_{DS} \text{ جواب ندارد} \Rightarrow \text{در حالت ضعی نیستیم}$$

$$\Rightarrow \text{در حالت اشباعیم.}$$

$$i_{DS} = \frac{k_n'}{2} (v_{GS} - v_{th})^2, \quad v_{DS} \geq v_{GS} - v_{th} \quad *$$

$$v_{GS} - v_{th} = v_G - v_S - v_{th} = 5 - 3k i_{DS} - 1 = 4 - 3k i_{DS}$$

$$i_{DS} = \frac{2m}{2} (4 - 3k i_{DS})^2 = 10^{-3} (4 - 3k i_{DS})^2 = 16 \times 10^{-3} + 9k i_{DS}^2 - 24 i_{DS}$$

$$\Rightarrow 9k i_{DS}^2 - 24 i_{DS} + 16 \times 10^{-3} = 0 \Rightarrow \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{1}{1000}, \frac{2}{1125}$$

$$v_D \geq v_G - v_{th} = 5 - 1 = 4$$

← *

⇒

$$15 - 7.5k i_{DS} \geq 4 \Rightarrow \frac{11}{7.5k} \geq i_{DS}$$

$$i) i_{DS} = \frac{2}{1125} \Rightarrow \frac{11}{7500} \geq \frac{2}{1125} \Leftrightarrow 12375 \geq 15000 \quad \times$$

$$ii) i_{DS} = \frac{1}{1000} \Rightarrow \frac{11}{7500} \geq \frac{1}{1000} \Leftrightarrow 11000 \geq 7500$$

$$i_{DS} = 10^{-3} A$$

$$v_G = 5$$

$$i_G = 0$$

$$v_{th} = 1$$

در شبکه بار هم ن

$$v_D = 15 - 7.5k \times 10^{-3} = 15 - 7.5 = 7.5 V$$

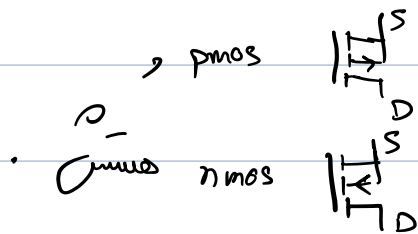
$$v_S = 3k i_{DS} = 3k \times 10^{-3} = 3 V$$

$$v_{GS} = 5 - 3 = 2 V$$

Disclaimer:

علت nmos گرفتن علامت \neq بود.

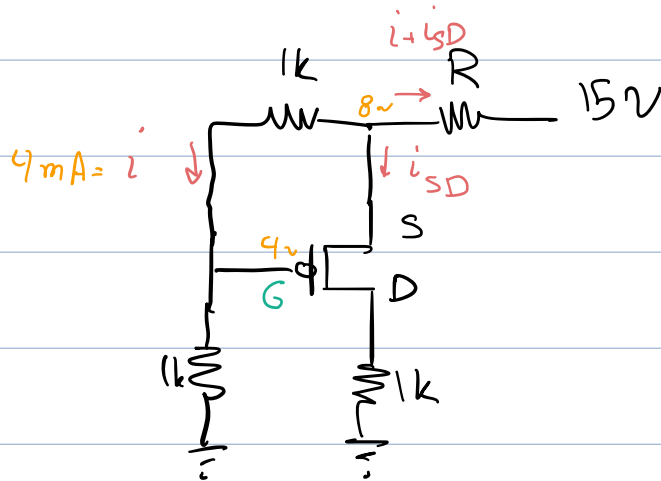
که مثبت بود. اما طبق چیزی که در فرکانس حالت



فصلی در این باره ندارم به سبقت نوشتم :-

(5)

وایا $V_t < 0$ پس فیلد نوبی سے pmos



معادلات:

$$V_{GS} = -4 < V_t \Rightarrow \text{ترانزیستور در حالت قطع}$$

$$V_D - 0 = 1k i_{SD} \Rightarrow V_D = 1000 i_{SD}$$

$$V_G - 1k i = 0 \Rightarrow V_G = 1000 i$$

$$V_S - V_G = 1k i \Rightarrow V_{GS} = -1000 i \Rightarrow -4 = -1000 i \Rightarrow i = 4 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow V_G = 1000 i = 1000 \times 4 \text{ mA} = 4 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{GS} = -4 \Rightarrow V_S = 8 \text{ V}$$

حال خطی و استیج بودن را بررسی می کنیم.

حالت خطی:

$$i_{SD} = k((V_{GS} - V_t)V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2})$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_t \Rightarrow 1000 i_{SD} - 8 > 4 - 8 + 2 \Rightarrow i_{SD} > 6 \text{ mA}$$

$$i_{SD} = 0.75 \times 10^{-3} \left((4-8+2) \cdot 10^3 i_{DS} - 8 \right) - \frac{(10^3 i_{DS} - 8)^2}{2}$$

$$\Rightarrow i_{DS}^2 + i_{DS} = 0$$

$$\rightarrow \Delta = \dots \rightarrow i_{DS} \text{ مثبت} < 0$$

سه در حالت انبساط:

$$i_{SD} = \frac{k}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$V_{DS} < V_{GS} - V_t \Rightarrow V_D < 4 - (-2) = 6 \Rightarrow 1000 i_{SD} < 6 \Rightarrow i_{SD} < 6 \text{ mA}$$

$$i_{SD} = \frac{0.75}{2} \times 10^{-3} (4 - 8 + 2)^2 = \frac{0.75 \times 10^{-3}}{2} \times 4 = 1.5 \times 10^{-3} = 1.5 \text{ mA}$$

شرط $1.5 \text{ mA} < 6 \text{ mA}$ ✓ صدق می‌کند.

$$\text{کل } Q_s: i + i_{SD} + i_R = 0 \Rightarrow i_R = -(i + i_{SD}) = -(4 \text{ mA} + 1.5 \text{ mA}) = -5.5 \text{ mA}$$

$$\frac{V_S - 15}{R} = i_R$$

$$\Rightarrow \frac{8 - 15}{R} = -5.5 \text{ mA} \Rightarrow R = \frac{-7}{-5.5 \text{ mA}} = \frac{7000}{5.5} = \frac{14}{11} \times 10^3 \Omega$$

$$= 1.27 \text{ k}\Omega$$

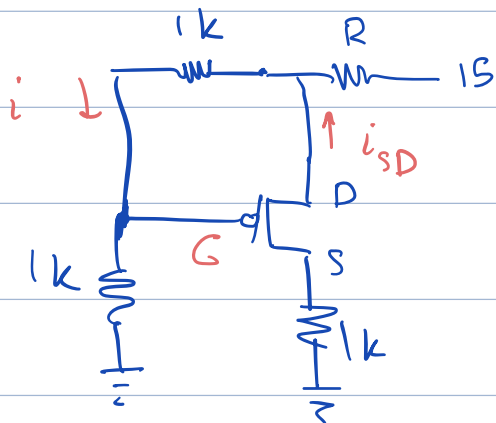
$$V_G = 4V \quad V_S = 8V \quad V_D = 1000 i_{SD} = 1.5V$$

بنابراین شرایط مسئله برقرار است

$$i_{SD} = 1.5mA \quad i = 4mA \quad R = \frac{14}{11} \times 10^3 \Omega$$

می باشد.

* طبق جهت فلش ترانزیستور S را فرض کردیم. ولی می توان حالت دیگر را که بعضی هم کرده



$$\frac{0 - V_S}{1k} = i_{SD} \Rightarrow V_S = -1000 i_{SD}$$

$$\frac{V_D - V_G}{1k} = i \Rightarrow V_D = V_G + 1000 i \Rightarrow V_D = 1000 i + 1000 i = 2000 i$$

$$\frac{V_G - 0}{1k} = i \Rightarrow V_G = 1000 i$$

$$\Rightarrow V_D = 2ki = 2V_G \quad V_G = 1ki$$

نقص داریم که $V_D < V_S$ است (پموس نمی تواند کار کند)
طبق جهت فلش

$$-1000 i_{SD} > V_D = 2000 i$$

$$\Rightarrow i_{DS} > 2i$$

$$V_{GS} = -4V \Rightarrow -4 = V_G - V_S = 1000i + 1000i_{SD} \Rightarrow -4m = i + i_{SD}$$

$$\Rightarrow i_{DS} = 4m + i \Rightarrow V_S = -1000i_{SD} = 1000i_{DS} = 4 + 10^3 i$$

* در نیم جریان از S به D میسر است پس $i_{SD} > 0$ پس i منفی.

$$\Rightarrow V_G = 1ki \quad V_D = 2ki \quad V_S = 4 + 1ki$$

$$i < 4mA \Leftrightarrow 2ki < 4 + 1ki \quad C = V_D < V_S$$

$$KCL: \frac{V_D - 15}{R} + i - i_{SD} = 0 \Rightarrow \frac{V_D - 15}{R} = i_{SD} - i$$

$$\Rightarrow V_D - 15 = R(i_{SD} - i) \Rightarrow 2ki - 15 = R(-4m - i - i)$$

$$\Rightarrow R = \frac{2ki - 15}{-(4m + 2i)} = \frac{15 + 2k|i|}{4m - 2|i|} \quad R > 0 \quad 4m > 2|i| \Rightarrow 2m > |i|$$

$$i_{SD} > 0 \Rightarrow -4m - i > 0 \Rightarrow -i > 4m \Rightarrow |i| > 4m$$

$$2m > |i| > 4m \quad \text{X}$$

Source
Drain
متناقص حاصل می‌شود پس ترانزیستور در ناحیه
بردار که ابتدا گرفتیم.