

پاسخ‌نامه‌ی تمرین چهارم مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

پاسخ سوال (۱)

سوال اول: فرض می‌کنیم که دیود D_1 باز باشد و بین D_1 و D_2 تناقض برقرار است. فرض می‌کنیم معطل بوده است.

از D_3 و D_4 هر دو باز باشند:

$$V_{out} = 2V$$

بنابراین D_5 بسته می‌شود:

$$V_y = 2V \rightarrow D_5 \text{ بسته می‌شود}$$

حالا I_1 و I_{D_4} را محاسبه می‌کنیم:

$$I_1 = \frac{10 - 2}{10k} = 0.8 \text{ mA}$$

$$I_{D_4} = \frac{2 - (-10)}{10k} = 1.2 \text{ mA}$$

نتیجه: $I_{D_3} = -0.12 \text{ mA} \rightarrow$ تناقض

بین فرض کنیم D_3 بسته و D_4 باز باشد:

D_5 می‌تواند باز یا بسته باشد $\rightarrow V_y = V_{out} = 0V$ از D_4 باز

بین اینکه D_1 باز، D_2 بسته، D_3 بسته:

$$I_{D_1} = \frac{2 - (-10)}{10k} = 1.2 \text{ mA}$$

و D_4 باز و D_5 باز یا بسته فرض ندارد، جواب است

$$V_{out} = 0V$$

بنابراین $I_{D_1} = 1.2 \text{ mA}$ و $I_{D_2} = 0 \text{ mA}$

روز مباحلة پیامبر اسلام صلى الله عليه وآله (۱۰ هـ.ق)

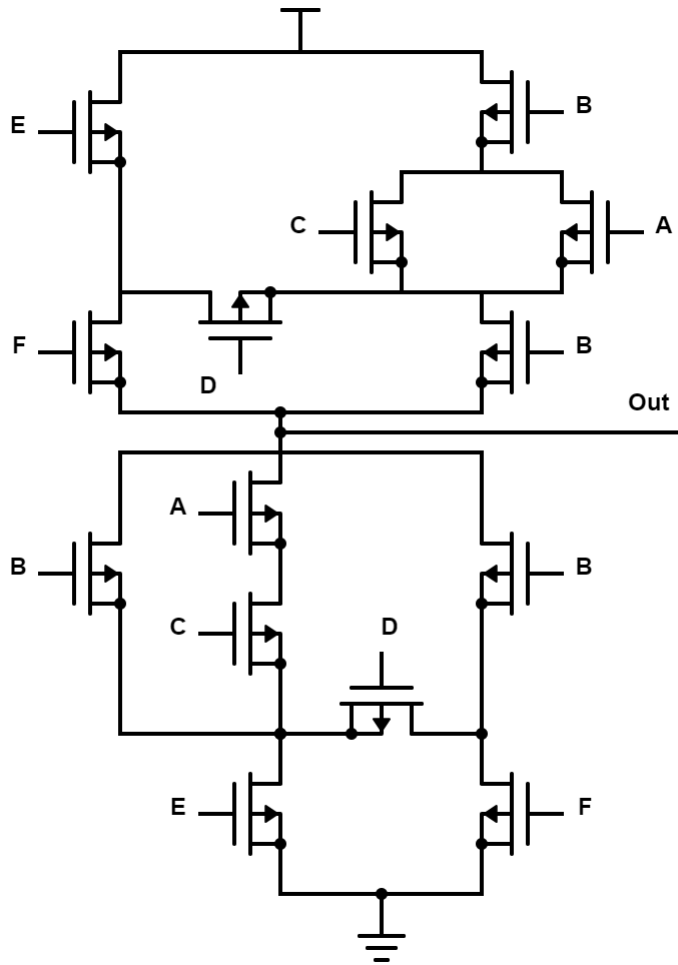
۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ جمعه ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ جمعه ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰ ۲۱ ۲۲ ۲۳ جمعه ۲۴ ۲۵ ۲۶ ۲۷ ۲۸ ۲۹ ۳۰ جمعه

پاسخ سوال (۲)

(الف)

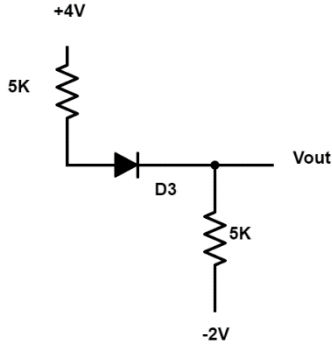
$$\begin{aligned}\overline{out} &= BE + BDF + ACE + ACDF + BDE + BF = B(E + F) + BD(E + F) + AC(E + DF) \\ &= (B + BD)(E + F) + AC(E + DF) = B(E + F) + AC(E + DF)\end{aligned}$$

(ب)



پاسخ سوال ۳

V_A	V_B	D_1	D_2	D_3	V_{out}
0V	0V	ON	ON	ON	0V
0V	4V	ON	OFF	ON	0V
4V	4V	OFF	OFF	ON	0.7V



$$V_{CC} - 5^k\Omega i - V_D - 5^k\Omega i = V_{SS}$$

$$\rightarrow 4^v - 5^k i - 0.6 - 5^k i = -2^v \Rightarrow i = 0.54^{mA}$$

$$V_{out} = V_{CC} - 5^k\Omega i - V_D = 4 - 5^k\Omega \times 0.54 - 0.6^v$$

$$\Rightarrow V_{out} = 0.7^v$$

پاسخ سوال ۴

$$out = \bar{A}BC + A\bar{B}C + X\bar{B}\bar{C} + YB\bar{C}$$

$$XNOR = \bar{A}BC + A\bar{B}C + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + ABC \Rightarrow X = \bar{A}, \quad Y = A$$

پاسخ سوال ۵

$$V_{OH} = 2.5^v, \quad V_{OL} = 0.25^v, \quad V_{IH} = 1.5^v, \quad V_{IL} = 1^v$$

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH} = 2.5^v - 1.5^v = 1^v$$

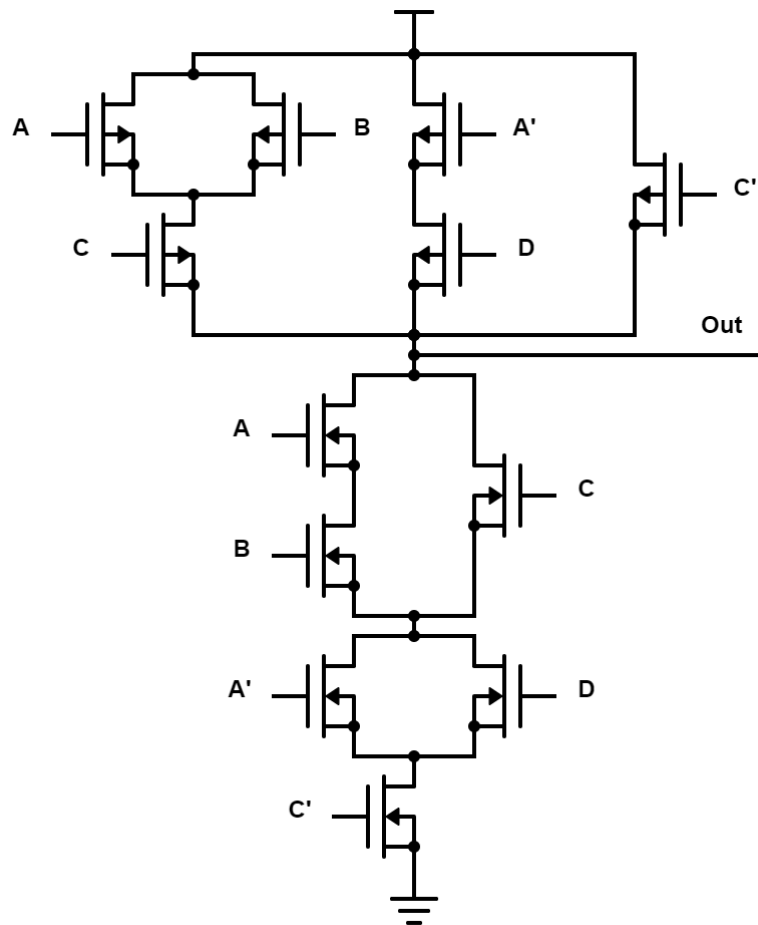
$$NM_L = V_{IL} - V_{OL} = 1^v - 0.25^v = 0.75^v$$

$$\rightarrow NM = \min\{NM_H, NM_L\} = \min\{1^v, 0.75^v\} = 0.75^v$$

پاسخ سوال ۶

$$A = 2^v, \quad B = 1.5^v, \quad out = 1^v$$

پاسخ سوال ۷)



پاسخ سوال ۸)

A	B	out
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

سوال ۱۰

شرط روشن بودن ترانزیستور این است:

$$V_{GS} < V_{th}$$

$$V_G - V_S < V_{th} \rightarrow V_G < V_S + V_{th}$$

$$V_G < 2.5 - 0.5 = 2V$$

حال شرط اشباع رو چک می‌کنیم:

$$V_{DS} < V_{GS} - V_{th}$$

$$V_D - V_S < V_G - V_S - V_{th}$$

$$V_D < V_G - V_{th} \rightarrow V_G > V_D + V_{th} = 1 + (-1.5) = -0.5$$

یعنی به ازای ولتاژ گیت کمتر از ۰.۵ ولت اشباع است

ناحیه کاری ترانزیستور =

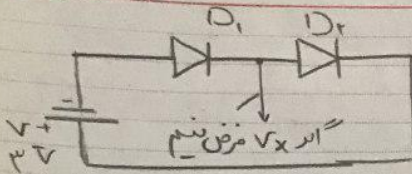
خاموش	$2 < V_G < 2.5$
سرودی	$0 < V_G < 0.5$
اشباع	$0.5 < V_G < 2$

۲۶

شهریور ۱۳۹۶
یکشنبه
۲۶ دی الحجه ۱۳۹۸

September
Sunday
2017

17



$$I_{D1} = I_{D2} \Rightarrow I_{S1} \left(e^{\frac{V_{D1}}{V_T}} - 1 \right) = I_{S2} \left(e^{\frac{V_{D2}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$e^{\frac{-V_X}{V_T}} - 1 = \omega \left(e^{\frac{V_X - 3}{V_T}} - 1 \right)$$

$$e^{\frac{-V_X}{V_T}} - 1 = \omega \cdot \left(e^{\frac{V_X - 3}{V_T}} - 1 \right) \rightarrow \omega \cdot e^{\frac{V_X - 3}{V_T}} - \omega = e^{\frac{-V_X}{V_T}} - 1$$

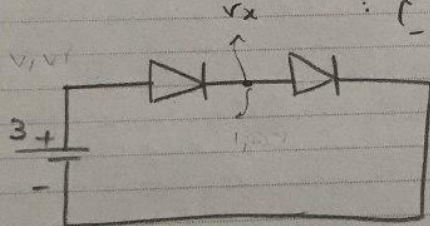
$$\omega \cdot e^{\frac{V_X}{V_T} - \frac{3}{V_T}} - \omega = e^{\frac{-V_X}{V_T}} - 1$$

$$e^{\frac{V_X}{V_T}} = a$$

با حل معادله به دست می آید.

$$V_T = 24 \text{ mV}$$

حالت ابر منبع ولتاژ را برعکس کنیم:



$$I_{D1} = I_{D2} \rightarrow I_{S1} \left(e^{\frac{V_{D1}}{V_T}} - 1 \right) = I_{S2} \left(e^{\frac{V_{D2}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$e^{\frac{3 - V_X}{V_T}} - 1 = \omega \cdot e^{\frac{V_X}{V_T}} - \omega \rightarrow \frac{e^{\frac{3}{V_T}}}{e^{\frac{V_X}{V_T}}} - 1 = \omega \cdot e^{\frac{V_X}{V_T}} - \omega$$

$$e^{\frac{3}{V_T}} \times \frac{1}{a} - 1 = \omega \cdot a - \omega$$

اینو حل میکنیم و به دست می آید

$$\omega \cdot a - \omega = e^{\frac{3}{V_T}} - \frac{e^{\frac{3}{V_T}}}{a} \Rightarrow \omega \cdot a^2 - \omega a - e^{\frac{3}{V_T}} = 0$$

پاسخ سوال ۱۲ - امتیازی

در دو MOSFET (Q_1, Q_2) می‌باشد پس $V_{GD} < V_T$ است پس دو MOSFET در ناحیه اشباع می‌باشد چون شرط اینکه NMOS در ناحیه اشباع باشد $V_{GD} < V_T$ و $V_{GS} > V_T$ می‌باشد و چون جریان مقاومت $10\text{ M}\Omega$ بسیار کم می‌باشد پس داریم:

$$I_{D1} = I_{D2}$$

$$\Rightarrow \frac{K_1}{2} (V_{GS1} - V_{T1})^2 = \frac{K_2}{2} (V_{GS2} - V_{T2})^2 \Rightarrow \frac{26}{2} (V_{GS1} - V_{T1})^2 = \frac{5}{2} (V_{GS2} - V_{T2})^2$$

$$\Rightarrow \sqrt{2} (V_{GS1} - V_{T1})^2 = (V_{GS2} - V_{T2})^2 \Rightarrow \pm \sqrt{2} (V_{GS1} - V_{T1}) = (V_{GS2} - V_{T2}) \quad (A)$$

$$\text{از طرفی: } \begin{cases} \text{KVL: } V_{DS1} + V_{DS2} = 10\text{ V} \\ V_{GS2} = V_{DS2} \quad (II) \\ V_{GS1} \approx V_{DS1} \quad (III) \end{cases} \quad \text{چون } G_2 \text{ مستقیماً به } D_2 \text{ متصل شده است: } \Leftarrow$$

$$(II), (III) \Rightarrow (I): V_{GS1} + V_{GS2} = 10 \Rightarrow V_{GS2} = 10 - V_{GS1} \quad (B)$$

رابطه (B) را در رابطه (A) قرار می‌دهیم:

$$V_{T1} = V_{T2} = 2\text{ V}$$

$$\pm \sqrt{2} (V_{GS1} - 2) = (10 - V_{GS1} - 2) = 8 - V_{GS1}$$

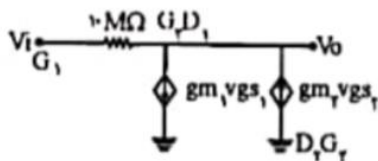
$$\Rightarrow \begin{cases} (6\sqrt{2} + 1) V_{GS1} = 8 + 12\sqrt{2} \Rightarrow V_{GS1} = 2/63\text{ V} \\ (+6\sqrt{2} - 1) V_{GS1} = 12\sqrt{2} - 8 \Rightarrow V_{GS1} = 1/2\text{ V} \Rightarrow V_{GS1} < V_{T1} \end{cases} \quad \text{قابل قبول نمی‌باشد}$$

$$V_{GS2} = 10 - V_{GS1} = 10 - 2/63 = 9/37\text{ V} \quad \text{پس } V_{GS1} = 2/63\text{ V} \text{ قابل قبول می‌باشد:}$$

$$V_O = V_{DS1} \approx V_{GS1} = 2/63\text{ V}$$

$$\begin{cases} g_{m1} = 2 \times \frac{K_1}{2} (V_{GS1} - V_{T1}) = 26 (2/63 - 2) = 22/63 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \\ g_{m2} = 2 \times \frac{5}{2} (9/37 - 2) = 2/9 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \end{cases}$$

مدار معادل به صورت زیر می‌باشد



$$\begin{cases} V_{gs1} = V_i \\ V_{gs2} = -V_O \end{cases}$$

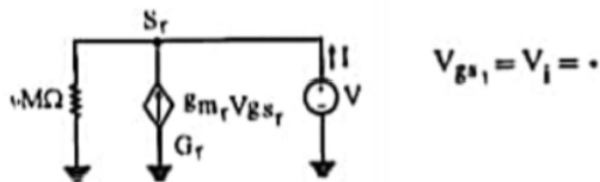
$$\frac{V_O - V_i}{10 \times 10^6} = g_{m2} V_{gs2} - g_{m1} V_{gs1}$$

$$\frac{V_O - V_i}{10^3} = (2/7 \times (-V_O) - 22/68 \times V_i) \Rightarrow (V_O - V_i) = 10^3 (-2/7 V_O - 22/68 V_i)$$

$$(270001) V_O = -226799 V_i \Rightarrow A_V = \frac{V_O}{V_i} = -8/39$$

$$R_i \approx \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_i}{\frac{V_i - V_O}{10 \text{ M}\Omega}} = \frac{10 V_i}{V_i - V_O} = \frac{10}{1 - A_V} = \frac{10}{1 + 8/39} = 10.6 \text{ M}\Omega$$

محاسبه R_O : برای محاسبه R_O در خروجی منبع V می‌گذاریم و منبع ورودی را صفر قرار می‌دهیم.



با توجه به مدار مقابل داریم:

$$V_{gs1} = -V$$

$$I = -g_{m1} V_{gs1} + \frac{V}{100000} \Rightarrow I = -g_{m1} (-V) + \frac{V}{100000}$$

از $\frac{1}{100000}$ در مقابل $2/7 (g_{m1})$ صرف‌نظر می‌کنیم پس داریم:

$$I \approx 2/7 V \Rightarrow R_O = \frac{V}{I} = \frac{1}{2/7 \text{ K}\Omega}$$