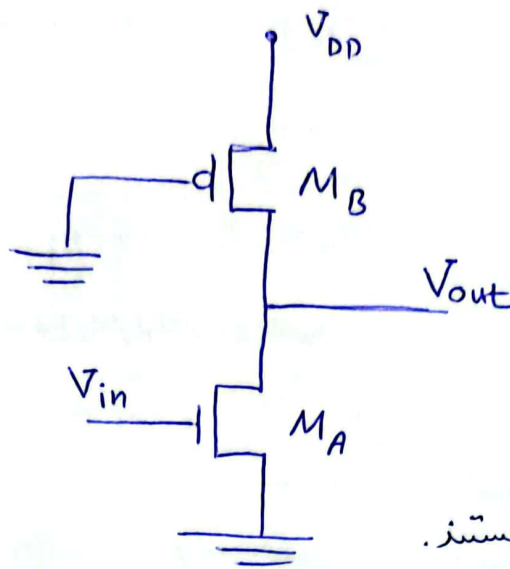
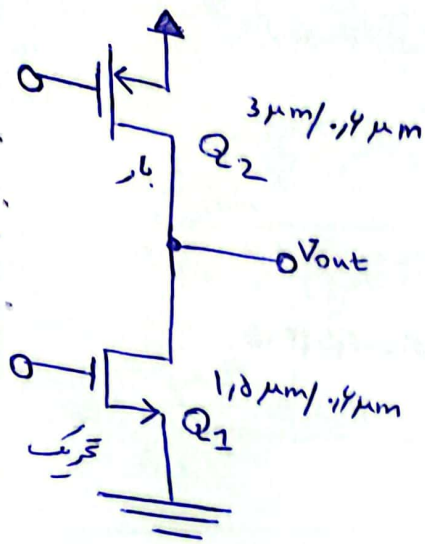


مدار شیب nMOS سوال (1)



در حالت ولتاژ آستانه،
هر دو ترانزیستور در حالت اشباع هستند.

$$\left. \begin{aligned} I_{D-2} &= \frac{\mu_p C_{ox}}{2} \left(\frac{W}{L}\right)_2 \left(\frac{V_{DD}}{2} + V_{tp}\right)^2 \\ I_{D-1} &= \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \left(\frac{W}{L}\right)_1 (V_{th} - V_{tn})^2 \end{aligned} \right\} V_{th} = V_{tn} + \sqrt{\frac{\mu_p \left(\frac{W}{L}\right)_2}{\mu_n \left(\frac{W}{L}\right)_1}} \times \left(\frac{V_{DD}}{2} + V_{tp}\right)$$

~~W~~ $I_{D1} = I_{D2}$

$$K_n \left(\frac{V_{DD}}{2} + V_{tp}\right)^2 = K_p (V_{th} - V_{tn})^2$$

$$\frac{5}{2} - 1 = V_{th} - 1 \Rightarrow V_{th} = \frac{V_{DD}}{2} = 2.5V$$

$V_{OL} = ?$ $I_{D2} = \frac{\mu_p C_{ox}}{2} \left(\frac{W}{L}\right)_2 \left(\frac{V_{DD}}{2} + V_{tp}\right)^2$

$r_{ds1} \approx \frac{1}{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)_1 (V_{DD} - V_{tn})}$ این رابطه تنها زمانی معتبر است که $V_{SD2} = 0$ باشد.

$$V_{OL} = r_{ds1} \times I_{D2} = \frac{1}{2} \frac{\mu_p}{\mu_n} \times \frac{\left(\frac{V_{DD}}{2} + V_{tp}\right)^2}{(V_{DD} - V_{tn})} \times \frac{\left(\frac{W}{L}\right)_2}{\left(\frac{W}{L}\right)_1}$$

$$\Rightarrow V_{OL} = \frac{1}{2} \times 1 \times \frac{(2.5 - 1)^2}{(5 - 1)^2} = 0.18 \times \left(\frac{1.5}{4}\right)^2 = \frac{1}{2} \times \frac{9}{64} = \frac{9}{128} \approx$$

$$0.0703V$$

$$t_{PLH} = \frac{C_L}{I_{D2}} \Delta V_{out}$$

$$= \frac{0.1 \times 10^{-12}}{10 \times 10^{-6} \left[(1.8 - 1) \right]^2} [5 - 0.07] =$$

$$= \frac{10^{-13} \times 4.93}{1 \times 10^{-5} \times 9} = 10^{-8} \times \frac{19.72}{9} = 0.219 \times 10^{-8} (s)$$

$$\text{زمان نزول : } t_F = \tau \ln \left[\frac{V_{out}(\infty) - V_{out}(t_1)}{V_{out}(\infty) - V_{out}(t_2)} \right]$$

$$F = X_1 (X_2 X_3 + X_2 X_4 + X_5) \overline{X_6} + X_1 X_2 X_3$$

$$F = (X_1 X_2 X_3 + X_1 X_2 X_4 + X_1 X_5) \overline{X_6} + X_1 X_2 X_3$$

$$F = X_1 X_2 X_3$$

$$F = X_1 (X_2 (X_3 + X_4) + X_5) \overline{X_6} + X_1 X_2 X_3$$

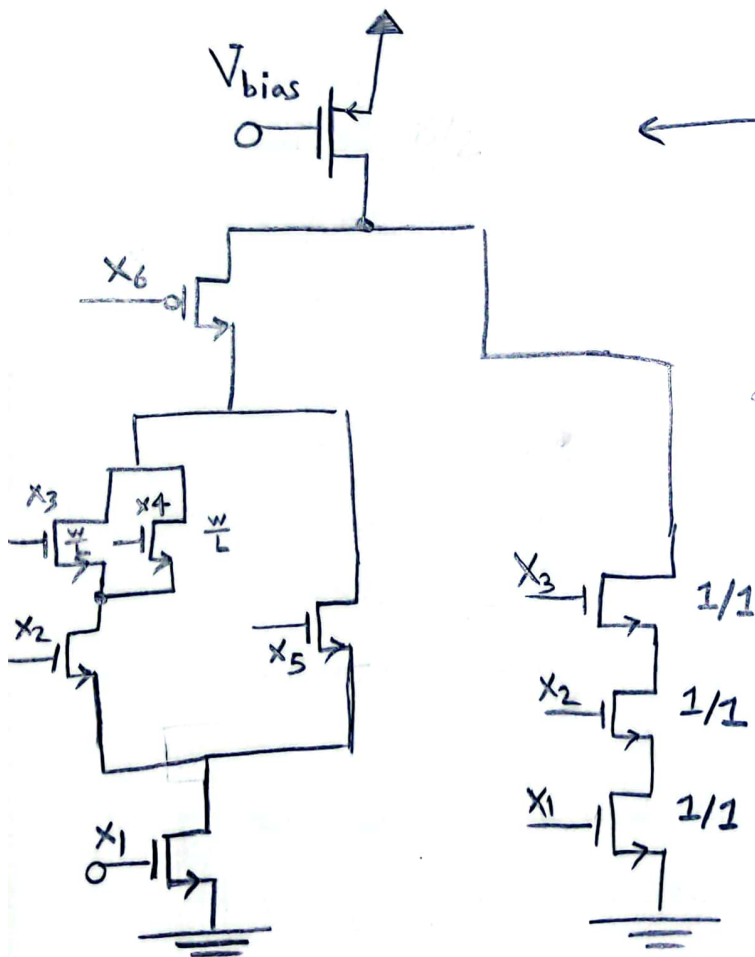
وال (2)



56/39

28/39

شبکه کانال n



CMOS

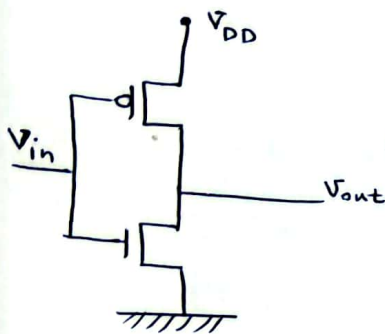
V_{OL}	$V_{DD} = 3.3V$
V_{OH}	$K_N = 200 \frac{\mu A}{V^2}$
V_{IL}	$K_P = 100 \frac{\mu A}{V^2}$
V_{IH}	$V_{TN} = 0.7V$
NM	$V_{TP} = -0.7V$

State	PMOS	NMOS	
S1	lin	Cut off	V_{OH}
S4	lin	Sat	V_{IL}
S5	Sat	Sat	V_{TH}
S3	Sat	lin	V_{IH}
S2	Cutoff	lin	V_{OL}

S1 →

PMOS جریان خطی = NMOS قطع = 0

$$V_{OH} = V_{DD} = 3.3V$$



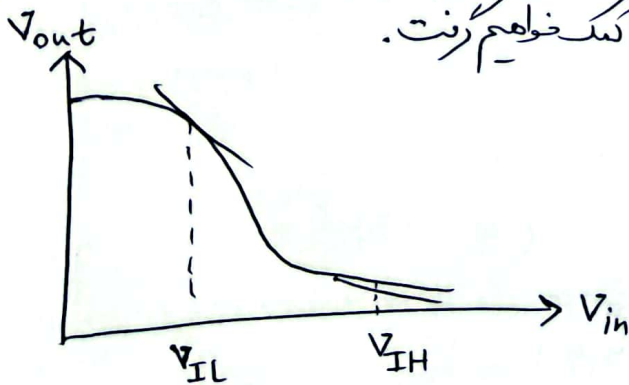
چون جریانی از S به D ترانزیستور PMOS عبور نمی کند، اختلاف ولتاژی نیز حاصل نمی شود در نتیجه $V_{OH} = V_{DD}$ باقی خواهد ماند.

S2 →

PMOS قطع = NMOS جریان خطی = 0

$$V_{OL} = 0$$

چون جریانی از D به S ترانزیستور NMOS عبور نمی کند، اختلاف ولتاژی بین خروجی و زمین حاصل نمی شود در نتیجه $V_{OL} = 0$ باقی خواهد ماند. معکوس کننده CMOS دارای سطوح ولتاژ کامل است.



برای تعیین نقاط V_{IL} و V_{IH} از نمودار VTC کمک خواهیم گرفت.

$$\left. \frac{dV_{out}}{dV_{in}} = -1 \right|_{V_{IL}, V_{IH}}$$

$$V_{IH} = ? \quad \left\{ \begin{array}{l} I_{D1} = I_{D2} \\ (Sat) \quad (lin) \end{array} \right. : \quad \frac{1}{2} K_n (2(V_{GS} - V_T) V_{DS} - V_{DS}^2) = \frac{1}{2} K_p [V_{SG} - V_P]^2$$

جریان اشباع PMOS = جریان خطی NMOS

مشتق این رابطه

$$\frac{dV_{out}}{dV_{in}} = -1$$

$$\frac{1}{2} (2(V_{in} - 1/4) V_{out} - V_{out}^2) = (V_{DD} - V_{in} - 1/4)^2 \quad (*)$$

$$\frac{1}{2} (2 V_{out} + 2(V_{in} - 1/4) \frac{dV_{out}}{dV_{in}} - 2 V_{out} \frac{dV_{out}}{dV_{in}}) = -2(V_{DD} - V_{in} - 1/4)$$

$$\frac{dV_{out}}{dV_{in}} = -1 \Rightarrow V_{out} = 0.17 V_{in} - 0.182$$

جانداری V_{out} در رابطه بالا (*) و به دست آوردن V_{IH}

$$V_{in}^2 - 0.12 V_{in} + 0.174 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{in} = 1.553 V \\ V_{IH} = 1.5533 V \end{array} \right.$$

$$V_{IL} = ?$$

جریان اشباع NMOS = جریان خطی PMOS

$$\frac{K_p}{2} [2(V_{DD} - V_{in} - 1/4)(V_{DD} - V_{out}) - (V_{DD} - V_{out})^2] = \frac{K_n}{2} [V_{in} - 1/4]^2 \quad (**)$$

مشتق این رابطه

$$V_{out} = 1.75 V_{in} + 0.9$$

جانداری در رابطه (**)

$$2.0425 V_{IL}^2 + 1.75 V_{IL} - 0.182 = 0$$

$$V_{IL} = 1.0871 V$$

$$NM_H = |V_{OH} - V_{IH}| = |3.3 - 1.55| = 1.75$$

$$NM_L = |V_{OL} - V_{IL}| = |0 - 1.0871| = 1.0871$$

$$\beta V_{in} V_{out} - \mu V_{out} - \frac{10}{K} V_{out}^2 = (V_{gs} - V_{in})^2$$

$$V_{out} = \frac{1}{\beta} V_{in} - \frac{1}{\mu \beta}$$

$$\rightarrow \beta V_{in} \left(\frac{1}{\beta} V_{in} - \frac{1}{\mu \beta} \right) - \mu \left(\frac{1}{\beta} V_{in} - \frac{1}{\mu \beta} \right) - \frac{10}{K} \left(\frac{1}{\beta} V_{in} - \frac{1}{\mu \beta} \right)^2 = (V_{gs} - V_{in})^2$$

$$\begin{aligned} \mu V_{in} - \frac{K}{\beta} V_{in} - \frac{K}{\beta} V_{in} + \frac{K}{\beta} - \mu \left(\frac{1}{\beta} V_{in} + \frac{1}{\beta} V_{in} - \frac{1}{\beta} V_{in} \right) \\ = \frac{K}{\beta} V_{in} + V_{in}^2 - \frac{K}{\beta} V_{in} \end{aligned}$$

V_{IL}

Note book

Subject

Year:

Month:

Date:

$$1 V_{out} - 12 V_{in} = 1/2$$

$$V_{out} = 1/10 V_{in} + 0.9$$

$$\frac{k_p}{2} \left[2 (V_{DD} - V_{in} - 0.5V) (V_{DD} - V_{out}) - (V_{DD} - V_{out})^2 \right] =$$

$$\frac{k_n}{2} [V_{in} - 0.5V]^2$$

$$\frac{P_0}{\Lambda} [V_{in}^2 + 0.36 - 1/2 V_{in}] = 2 (1.6 - V_{in}) (3.3 - 0.9 - 1/10 V_{in}) - (3.3 - 0.9 - 1/10 V_{in})^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{K} V_{in}^2 + \frac{9}{1} - 3 V_{in} = 2 (1.6 - V_{in}) (2.4 - 1/10 V_{in}) - (2.4 - 1/10 V_{in})^2$$

$$\frac{1}{K} V_{in}^2 - 3V + \frac{9}{1} = (12.8 - 2.4 V_{in} - 9.6 V_{in} + 0.2 V_{in}^2) - (5.76 - 0.48 V_{in} + 0.01 V_{in}^2)$$

$$0.2 V_{IL}^2 + 0.2 V_{IL} - 0.1 = 0$$

$$V_{IL} = 1.01V$$

$$0.2 - 12.8 + 0.36$$

BAHARE DANESH AEL

$$0.2 - 12.8 + 0.36 =$$

$$-3 + 2.4 + 9.6 - 1.2$$

سوال ④

این مدار رو بره، معادل مدار ترانزیستوری سوال داده شده می باشد.

چون ولتاژ آستانه از ما خواسته شده است، می توانیم ثابت کنیم هر دو ترانزیستور در حالت اشباع هستند.

$$V_{in} = V_{out} = V_m$$

با توجه به رابطه بالا برای هر دو ترانزیستور خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} V_{D1} = V_{G1} = V_m \\ V_{D2} = V_{G2} = V_m \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_{SD1} = V_{SG1} \\ V_{DS2} = V_{GS2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_{SD1} > V_{SG1} - |V_{tp}| \\ V_{DS2} > V_{GS2} - V_{tn} \end{array} \right\}$$

ترانزیستور (1) و (2) در حالت اشباع هستند.

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

$$\frac{\mu_p C_{ox}}{2} [V_{SG} - |V_{tp}|]^2 = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} [V_{GS} - V_{tn}]^2$$

$$[V_{DD} - V_{in} - 0.9]^2 \frac{\mu_p C_{ox}}{2} = [V_{in} - V_{tn}]^2 \frac{\mu_n C_{ox}}{2}$$

$$\frac{\mu_p}{\mu_n} = \frac{(V_{in} - 0.8)^2}{(V_{DD} - V_{in} - 0.9)^2} \quad \xrightarrow{V_{in} = V_m}$$

$$\frac{V_m - 0.8}{3.3 - V_m - 0.9} = \sqrt{\frac{130}{545}} \approx 0.48$$

$$V_m - 0.8 = 1.61 - 0.48 V_m - 0.432$$

$$V_m \approx 1.33 \text{ V}$$