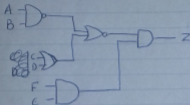


①

Σχεδιάστε σε επίπεδο τρανζιστορ τη λογική συνάρτηση του σχήματος, για στατική CMOS, δυναμική λογική, ψευδο-NMOS, και για λογική με νύκτες διαόδους

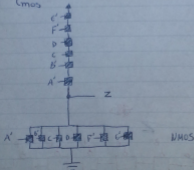


$$Z = \overline{A \cdot B} + (C + D) \cdot (F \cdot E)$$

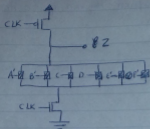
$$\overline{Z} = \overline{(\overline{A \cdot B} + (C + D) \cdot (F \cdot E))} = \overline{\overline{A \cdot B}} \cdot \overline{(C + D) \cdot (F \cdot E)}$$

$$\overline{Z} = \overline{\overline{A \cdot B}} \cdot \overline{(C + D) \cdot (F \cdot E)} = A \cdot B \cdot \overline{(C + D) \cdot (F \cdot E)}$$

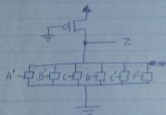
Στατική CMOS



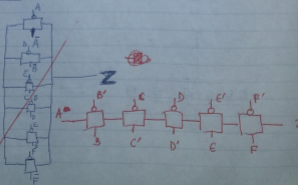
### Advantage CMOS



### Yield - Nmos



### Pass - logic



(3)

Για την νύκτα TTL να υπολογισθούν τα Noise Margins και το Fan out.

Όταν έχουμε στην είσοδο LOW έχουμε πως το τρανζίστορ Q<sub>3</sub> είναι στην κοπή και το τρανζίστορ Q<sub>4</sub> είναι στην ανοικτή κατάσταση,  $V_{01} = V_{ce,sat} = 0,1 \text{ Volt}$

Όταν έχουμε στην είσοδο HIGH έχουμε πως το τρανζίστορ Q<sub>3</sub> είναι στην ανοικτή και το Q<sub>4</sub> είναι στην ενεργή περιοχή και η διαφορά D<sub>1</sub> έχει,  $V_{cc} - V_{be,q_4,just-on} - V_{01} = V_{OH}$

$$V_{OH} = 5 - 0,6 - 0,1 = 4,3 \text{ Volt}$$

Όταν αγοράς το  $V_{IL}$  αυτό μπορεί να προκύψει είτε πρώτος το τρανζίστορ Q<sub>3</sub> οριζικά ή έχει οδηγήσει στην κατάσταση της ανοικτής, δηλ. όταν το Q<sub>4</sub> οριζικά αρχίζει να έχει, είτε πρώτος το Q<sub>3</sub> οριζικά ή έχει οδηγήσει στην ανοικτή και το τρανζίστορ Q<sub>4</sub> έχει.

Στην 1<sup>η</sup> περίπτωση έχουμε

$$V_{IL} = V_{be,q_3,just-on} + V_{be,q_2} - V_{ce,q_1} = 0,6 + 0,7 - 0,1 = 1,2 \text{ Volt}$$

Στην 2<sup>η</sup> περίπτωση έχουμε

$$V_{IL} = V_{be,q_2,just-on} - V_{ce,q_1} = 0,6 - 0,1 = 0,5 \text{ Volt}$$

Θεωρούμε λοιπόν ότι το  $V_{IL}$  είναι κείνο στο ενδιάμεσο, δηλ.  $V_{IL} = 0,8 \text{ Volt}$

(4)

Όσον αφορά το  $V_{IH}$  αυτό προκύπτει όταν η είσοδος το Q<sub>1</sub> είναι στον κόμπο, ενώ το Q<sub>2</sub> η είσοδος στην είσοδο είναι ανοικτή. Από έχουμε

$$V_{IH} = V_{BE,sat,Q_3} + V_{BE,sat,Q_2} - V_{CE,Q_1} = 0,8 + 0,8 - 0,1 = 1,5 \text{ Volt}$$

$$\text{Ενοπήμενος } V_{M_1} = V_{IH} - V_{OL} = 0,8 - 0,1 = 0,7 \text{ Volt}$$

$$V_{M_H} = V_{OH} - V_{IH} = 3,8 - 1,5 = 2,3 \text{ Volt}$$

Εξαιτίας HIGH των εισόδων το Q<sub>1</sub> είναι στην κατάσταση

$$I_{C,Q_1} = (\beta_R + 1) I_{B,Q_1}$$

$$I_{B,Q_1} = \frac{V_{CC} - V_{CE,Q_1} - V_{BE,sat,Q_2} - V_{BE,sat,Q_3}}{R_B} = \frac{5 - 0,7 - 0,8 - 0,8}{5 \cdot 10^3} = 0,54 \text{ mA}$$

$$I_{C,Q_1} = 1,05 \cdot 0,54 = 0,54 \text{ mA}$$

$$I_{C,Q_3} = \frac{V_{CC} - V_{CE,Q_3} - V_{BE,sat,Q_2}}{R_C} = \frac{5 - 0,2 - 0,8}{2 \cdot 10^3} = 2 \text{ mA}$$

$$I_{B,Q_2} = I_{C,Q_1} + I_{C,Q_3} - \frac{V_{BE,sat,Q_2}}{R_C} = 0,54 + 2 - \frac{0,8}{1,25 \cdot 10^3} = 1,95 \text{ mA}$$

$$\text{Άρα } I_{B,Q_2} = 1,95 \text{ mA}$$

$$I_{C,Q_2,max} = \beta_F \cdot I_{B,Q_2} = 20 \cdot 1,95 = 38 \text{ mA}$$

Το πρώτο που πείει από κάθε είσοδο του

$$\text{Στην είσοδο σε LOW είναι } I_{E,Q_1} = \frac{V_{CC} - V_{CE,Q_1} - V_{BE,sat,Q_2}}{R_B} = \frac{5 - 0,8 - 0,2}{5 \cdot 10^3} = 0,8 \text{ mA}$$

$$I_{E,Q_2} = I_{B,Q_2} + I_{C,Q_3} = I_{C,Q_1} + I_{C,Q_3} - I_{E,Q_1}$$

(5)

$$I_{CQ_2} \leq \beta_F I_{BQ_2}$$

$$N \cdot I_{CQ_1} \leq \beta_F I_{BQ_2}$$

$$N \cdot 0,8 \leq \cancel{20} \cdot 1,95$$

$$N \cdot 0,8 \leq \cancel{39}$$

$$N \leq \cancel{47}$$

$$P_{\text{pws}} \quad I_{C \text{ max}} = 38 \text{ mA}$$

$$\lambda_{\text{po}} \text{ fan out} = \cancel{47}$$

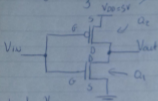
(6)

$$K_1 = \mu \cdot \left(\frac{W}{L}\right)_{Q_1} \cdot C_{ox} = 60$$

$$K_2 = \mu \cdot \left(\frac{W}{L}\right)_{Q_2} \cdot C_{ox} = \frac{20}{3}$$

~~W<sub>1</sub> = 20 μm~~  
~~W<sub>2</sub> = 20 μm~~

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{60}{\frac{20}{3}} = \frac{3 \cdot 60}{20} = 9 \Rightarrow K_1 = 9K_2$$



$$V_{T,Q_1} = V_{T,Q_2} = 1V$$

~~W<sub>1</sub> = 20 μm~~

πολυμερές V<sub>out</sub>:

Για να έχω V<sub>out</sub> = V<sub>DD</sub> = 5V πρέπει να είναι χαμηλή και το Q<sub>1</sub> δεν έχει συνεισφορά V<sub>DS</sub> του Q<sub>1</sub> > V<sub>T</sub>. Επειδή το Q<sub>1</sub> δεν έχει το πείρα πείρα και από το 2 MOSFET είναι μηδενικό. Το Mosfet Q<sub>2</sub> είναι στην περιοχή της αντιστάσεως και έχουμε:

$$I_D = K_2 \left[ 2(V_{GS} - V_T) \cdot V_{DS} - V_{DS}^2 \right] = 0$$

$$K_2 \left[ 2(V_{DD} - V_{in} - V_T) \cdot (V_{DD} - V_{out}) - (V_{DD} - V_{out})^2 \right] = 0$$

Είναι προφανές ότι για λύση της εξίσωσης είναι

$$V_{DD} = V_{out} = V_{OH} = 5V$$

(7)

Υπολογισμός  $V_{out}$ :

Δεσφώνοντας τα άκρα εισόδου ως προς 0 έχουμε  $V_{out} = V_{in}$ ,  
πλέον έχουμε τους το  $Q_2$  στον όγει και το περίπλο που  
επίχει ανάμεσα στο 2 MOSFET είναι ναύ 0.

Το  $Q_1$  έχει τάση  $V_{GS} = V_{DD}$  και άρα είναι στην  
ωφέλιμη περιοχή.  $V_{DS} = V_{out}$ ,  $V_{GS} = V_{DD}$

$$I_D = K_1 (2(V_{GS} - V_T) V_{DS} - V_{DS}^2)$$

$$0 = K_1 (2(V_{DD} - V_T) V_{out} - V_{out}^2)$$

~~$$V_{DD} - V_T = V_{out}$$~~

~~$$V_{out} = V_{DD} - V_T$$~~

$$V_{out}^2 - 2V_{out}(V_{DD} - V_T) = 0$$

$$V_{out} (V_{out} - 2(V_{DD} - V_T)) = 0$$

Προφανώς μια λύση είναι ούε  $V_{out} = V_{in} = 0V$

(8)

Υπολογισμός  $V_{in}$

Σε ένα συμμετρικό αντιστροφικό  
 $K_1 = K_2$

~~Προσέγγιση για ενδεχόμενα~~

$V_{in}$  είναι η τάση αυτί όταν η παράγωγος της τάσης εξόδου ως προς αυτί είναι  $-1$

Για να έχουμε  $V_{in} = V_{in}$  το  $Q_1$  τρανζίστορ θα είναι στον κόμπο και το  $Q_2$  τρανζίστορ θα είναι στον ακραίο περιτον. Προφανώς θα έχουν το ίδιο περίβλη. Οπότε:

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

$$K_1 (V_{GS} - V_T)^2 = K_2 (2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2)$$
$$(V_{in} - V_T)^2 = 2(V_{DD} - V_{out} - V_T)(V_{DD} - V_{in}) - (V_{DD} - V_{in})^2$$

Παραγωγίζοντας ως προς  $V_{in}$  έχουμε

~~$2(V_{in} - V_T) = -2(V_{DD} - V_{out}) - 2(V_{DD} - V_{in})$~~

$$2(V_{in} - V_T) = -2(V_{DD} - V_{out}) - 2 \frac{V_{out}}{V_{in}} (V_{DD} - V_{in} - V_T)$$

$$= -2(V_{DD} - V_{out}) - (-1) \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Επειδή  $\frac{V_{out}}{V_{in}} = -1$

$$\text{Άρα } 2(V_{in} - V_T) = -2(V_{DD} - V_{out}) + (V_{DD} - V_{in} - V_T) - (V_{DD} - V_{in})$$

$$V_{in} - V_T = -V_{DD} + 2V_{out} + V_{DD} - V_{in} - V_T$$

$$V_{in} = V_{out} - \frac{V_{DD}}{2} = \frac{2V_{out} - V_{DD}}{2}$$

$$2V_{in} = 2V_{out} - V_{DD} \rightarrow V_{DD} = 2V_{out} - 2V_{in}$$

$$V_{out} = V_{in} + \frac{V_{DD}}{2}$$



(9)

$$(V_{IN} - V_T)^2 = 2(V_{DD} - V_{IN} - V_T)(V_{DD} - V_{OUT}) - (V_{DD} - V_{OUT})^2$$

$$(V_{IN} - V_T)^2 = 2(V_{DD} - V_{OUT})(2V_{DD} - 2V_{IN} - 2V_T - V_{DD} + V_{OUT})$$

$$(V_{IN} - V_T)^2 = \left(\frac{V_{DD} - V_{IN}}{2}\right) \left(\frac{3V_{DD}}{2} - 2V_{IN} - 2V_T\right)$$

$$V_{IN}^2 - 2V_{IN}V_T + V_T^2 = \frac{3V_{DD}^2}{4} - \frac{3V_{DD}V_{IN}}{2} - V_{DD}V_T - V_{DD}V_T + V_{IN}^2 + 2V_TV_{IN}$$

$$-4V_TV_{IN} = \frac{3V_{DD}^2}{4} - 2V_{DD}V_{IN} - V_{DD}V_T - V_T^2$$

~~$$-4V_{IN} = \frac{75}{4} - 10V_{IN} - 6$$~~

~~$$6V_{IN} = \frac{75}{4} - 6$$~~

$$-4V_{IN} = \frac{3V_{DD}^2}{4} - 10V_{IN} - 6$$

$$6V_{IN} = \frac{75}{4} - 6$$

$$V_{IN} = \frac{75}{24} - 1$$

$$V_{IL} = V_{IN} = 2.125 \text{ Volt}$$

Υαροδότησις  $V_{in}$

$K_1 = K_2$  διγνυ εὐληθεύειν

Αντικαθίστα ὁμαρ τὸ  $Q_2$  ἐν εἰμαί εὐαρ κερὰ ὀπρῶν  
καὶ τὸ  $Q_1$  ἐν  $V_{in}$  ὀπρῶν εὐαρ ὑφικῆν ἡεἰοῦν  
ἐν ἕκρῶν

$$I_{D_1} = I_{D_2}$$

$$\cancel{K_1} (2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2) = \cancel{K_2} (V_{GS} - V_T)^2$$

$$2(V_{IN} - V_T)V_{OUT} - V_{OUT}^2 = (V_{DD} - V_{IN} - V_T)^2$$

Ἠαροῦν ἡαυτῶν ὡσ ἡαο  $V_{in}$

$$-2 \frac{V_{out} \cdot V_{out}}{V_{in}} + 2 \frac{V_{out}}{V_{in}} (V_{in} - V_T) = -2(V_{DD} - V_{in} - V_T)$$

ὀφῶσ  $\frac{V_{out}}{V_{in}} = -1$

$$\cancel{2} V_{out} + \cancel{2} V_{out} - \cancel{2} V_{in} + \cancel{2} V_T = -\cancel{2} V_{DD} + \cancel{2} V_{in} + \cancel{2} V_T$$

$$2V_{out} = 2V_{in} - V_{DD} \Rightarrow V_{out} = V_{in} - \frac{V_{DD}}{2}$$

$$V_{in} = V_{out} + \frac{V_{DD}}{2}$$

(11)

Arbeitsgleichung setzt man ein und zur perfekten exakte

$$2(V_{IN} - V_T) V_{OUT} - V_{OUT}^2 = (V_{DD} - V_{IN} - V_T)^2$$

$$2(V_{IN} - V_T) \left( V_{IN} - \frac{V_{DD}}{2} \right) - \left( V_{IN} - \frac{V_{DD}}{2} \right)^2 = \left( V_{DD} - V_{IN} - V_T \right)^2$$

$$\left( V_{IN} - \frac{V_{DD}}{2} \right) \left( 2V_{IN} - V_T - \frac{V_{DD}}{2} + \frac{V_{DD}}{2} \right) = \left( V_{DD} - V_{IN} - V_T \right)^2$$

$$\left( V_{IN} - \frac{V_{DD}}{2} \right) \left( 2V_{IN} - 2V_T + \frac{V_{DD}}{2} \right) = \left( V_{DD} - V_{IN} - V_T \right)^2$$

$$\left( V_{IN} - 2,5 \right) \left( V_{IN} - 2 + 2,5 \right) = \left( 5 - 1 - V_{IN} \right)^2 \quad 4^2$$

$$V_{IN}^2 - 2,5V_{IN} + 0,5V_{IN} - 1,25 = V_{IN}^2 - 8V_{IN} + 16$$

$$-2V_{IN} + 1,25 = 17,25$$

$$V_{IH} = V_{IN} = \frac{17,25}{6} = 2,875 \text{ Volt}$$

$$A_{po} \quad NM_H = V_{OH} - V_{IH} = 5 - 2,875 = 2,125 \text{ V}$$

$$NM_L = V_{IL} - V_{OL} = 2,125 - 0 = 2,125 \text{ V}$$