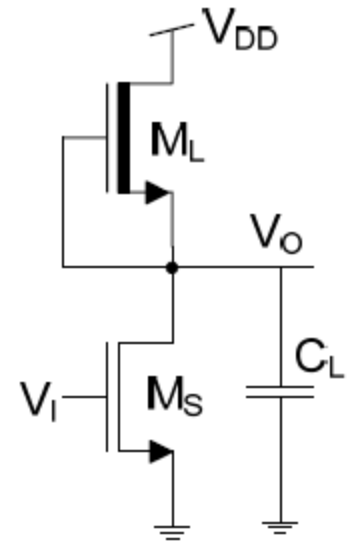


Παράδειγμα – Αναστροφείας με φορτίο depletion MOSFET

Για τον αναστροφέα με φορτίο Depletion MOSFET ζητείται:

1. Να βρεθούν και να σχεδιαστούν στο πεδίο V_i/V_o οι περιοχές λειτουργίας των δύο MOSFETS.
2. Να βρείτε και να υπολογίσετε την παράμετρο που θα εγγυηθεί ότι η χαρακτηριστική μεταφοράς V_i/V_o περνά από το σημείο $V_i=V_o=V_{IM}=2V$.
3. Να υπολογίσετε την τάση V_{OL} καθώς και τους λόγους W/L των δύο MOSFETS έτσι ώστε ο χρόνος $t_{PLH}=1ns$.



Δίδεται:

$V_{DD}=5V$	$V_{TE}=1V$	$K'_n = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} = 27 \mu A/V^2$
$C_L=200fF$	$V_{TD}=-3V$	

Παράδειγμα – Αναστροφείας με φορτίο depletion MOSFET (II)

Για το M_S υπάρχουν δύο γραμμές που χωρίζουν τις περιοχές λειτουργίας του

- Η γραμμή που καθορίζει αν το MOSFET είναι ON ή OFF δηλαδή η γραμμή $V_{GS}=V_{TE}$ που στο πεδίο V_i/V_o γίνεται $V_i=V_{TE}=1V$.
- Η γραμμή που καθορίζει αν το MOSFET είναι SAT ή LIN δηλαδή η γραμμή $V_{DS}=V_{GS}-V_{TE}$ που στο πεδίο V_i/V_o γίνεται $V_o=V_i-V_{TE}=V_i-1V$.

Το M_L είναι συνέχεια ON αφού $V_{GS}=0V > V_{TD}$. Συνεπώς υπάρχει μόνο μία γραμμή που καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας του:

- Η γραμμή που καθορίζει αν το MOSFET είναι SAT ή LIN δηλαδή η γραμμή $V_{DS}=V_{GS}-V_{TD}$ που στο πεδίο V_i/V_o γίνεται $V_{DD}-V_o=-V_{TD}$ ή $V_o=V_{DD}+V_{TD}=2V$.
-

Παράδειγμα – Αναστροφείας με φορτίο depletion MOSFET (III)

3.2

Διαπιστώνουμε ότι το σημείο $(V_i, V_o) = (V_{im}, V_{im}) = (2V, 2V)$ καθορίζει ότι το M_S λειτουργεί στον κόρο και ότι το M_L λειτουργεί οριακά μεταξύ κόρου και γραμμικής περιοχής. Συνεπώς η εξίσωση των ρευμάτων θα είναι:

$$I_{DS} = I_{DL} \rightarrow$$

$$K_{nS}(V_{GS} - V_{TE})^2 = K_{nL}(V_{GS} - V_{TD})^2 \rightarrow$$

$$K_R(V_i - V_{TE})^2 = (-V_{TD})^2$$

Με δεδομένο ότι $V_i = V_o = 2V$ έχουμε

$$K_R(2V - 1V)^2 = (-3V)^2 \rightarrow$$

$$K_R = 9$$

Παράδειγμα – Αναστροφείας με φορτίο depletion MOSFET (IV)

3.3

Όταν η τάση εξόδου είναι VL το ML είναι SAT, το MS είναι LIN

Συνεπώς η εξίσωση των ρευμάτων είναι:

$$I_{DS} = I_{DL} \rightarrow$$

$$K_R (2(V_{GS} - V_{TE})V_{DS} - V_{DS}^2) = (V_{GS} - V_{TD})^2 \rightarrow$$

$$K_R (2(V_i - V_{TE})V_O - V_O^2) = (-V_{TD})^2 \rightarrow$$

$$9(2(5-1)V_O - V_O^2) = (3)^2 \rightarrow$$

$$V_O = V_{OL} = 0.127V$$

Ο πυκνωτής θα αρχίσει να φορτίζεται μόνο από το MOSFET M_L, από V_{OL}=0.127V μέχρι το μέσον της περιοχής διακύμανσης της τάσης εξόδου:

$$V_m = \frac{V_{OH} + V_{OL}}{2} = 2.564V$$

Παράδειγμα – Αναστροφείας με φορτίο depletion MOSFET (V)

Συνεπώς θα έχουμε μία μεταβολή τάσης στα άκρα του πυκνωτή:

$$\Delta V = V_m = V_{OL} = 2.436V$$

Όταν αρχίσει η φόρτιση του πυκνωτή το ML θα είναι σε SAT άρα

$$I_{CL1} = K'_n \left(\frac{W}{L} \right)_L (-V_{TD})^2 = 243 \left(\frac{W}{L} \right)_L \mu A$$

ενώ όταν φτάσει στη τάση V_m , το ML θα είναι σε SAT φορτίζοντας τον πυκνωτή με ρεύμα:

$$I_{CL2} = K'_n \left(\frac{W}{L} \right)_L \left(2(-V_{TD})(V_{DD} - V_m) - (V_{DD} - V_m)^2 \right) = 234.426 \left(\frac{W}{L} \right)_L \mu A$$

Συνεπώς το μέσο ρεύμα φόρτισης του πυκνωτή θα είναι:

$$I_m = \frac{I_{CL1} + I_{CL2}}{2} = 238.713 \left(\frac{W}{L} \right)_L \mu A$$

$$t_{PLH} = \frac{\Delta V \cdot C_L}{I_m} \rightarrow$$

$$\left(\frac{W}{L} \right)_L = \frac{2.436 \cdot 200 \cdot 10^{-15}}{10^{-9} \cdot 238.713 \cdot 10^{-6}} = 2.041$$

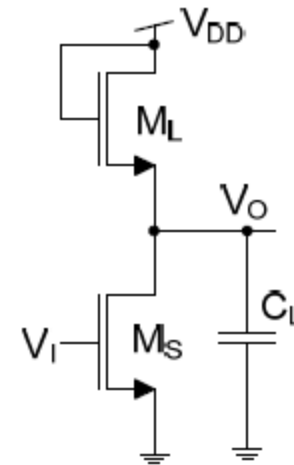
και προφανώς αφού $K_R = 9$

$$\left(\frac{W}{L} \right)_S = 18.372$$

Παράδειγμα-Αναστροφείας με κορεσμένο φορτίο

Στο σχήμα δίνεται ο αναστροφείας αναφοράς καθώς και μία πύλη NMOS NAND με εισόδους A και B, και ζητείται να:

1. Βρείτε το K_L και K_S του αναστροφείας αναφοράς έτσι ώστε $V_{OL}=0,1V$ και το μέγιστο στατικό ρεύμα να είναι $100\mu A$.
2. Υπολογίστε την τάση V_{im} που θα εμφανιστεί όταν βραχυκυκλώσουμε την είσοδο με την έξοδο του αναστροφείας αναφοράς.
3. Υπολογίστε τον χρόνο εκφόρτισης (T_{PHL}) του πυκνωτή εξόδου C_L .



Αναστροφείας Αναφοράς

Δίδεται:

$V_{DD}=5V$	$V_{TN}=1V$	$V_{OL}=0,1V$	$C_L=1pF$
-------------	-------------	---------------	-----------

Παράδειγμα-Αναστροφείας με κορεσμένο φορτίο (II)

1) Έχουμε I_{max} για $V_0 = V_L$

$$\text{Εφόσον } M_L = \text{SAT} \quad \text{και} \quad K_L (V_{GS} - V_T)^2 = I_{max}$$
$$\Rightarrow K_L (V_{DD} - V_0 - V_T)^2 = I_{max}$$

↑ μεγαλύτερο για

ω ή μικρότερο ω ή V_0

$$\text{Συνεπώς } I_{max} = K_L (V_{DD} - V_L - V_T)^2$$

$$\Rightarrow I_{max} = K_L (5V - 0.1V - 1V)^2 \Rightarrow K_L = \frac{100 \mu A}{(3.9)^2 V^2}$$

$$K_L = \frac{100 \mu A}{(3.9V)^2} = 6.57 \mu A/V^2$$

$M_S = \text{LIN}$

$$K_S [2 (V_{GS} - V_T) V_{DS} - V_{DS}^2] = I_{max}$$

$$K_S [2 \times 3 \times 0.1 - (0.1)^2] = 100 \mu A \Rightarrow K_S = 169.5 \frac{\mu A}{V^2}$$

Παράδειγμα-Αναστροφείας με κορεσμένο φορτίο (III)

2) Για V_{im} έχουμε $V_i = V_o \Rightarrow V_{GSS} = V_{DSS} > V_{GSS} - V_T \Rightarrow \text{SAT}$

$$I_{DL} = I_{DS} \Rightarrow K_L (V_{GSL} - V_T)^2 = K_S (V_{GSS} - V_T)^2$$

$$(V_{DD} - V_o - V_T)^2 = K_R (V_i - V_T)^2$$

$$\Rightarrow V_o = -\sqrt{K_R} V_i + V_{DD} + (\sqrt{K_R} - 1) V_T$$

$$V_o = -5.1 V_i + 9.1 V$$

$$\text{Για } V_i = V_o \quad V_i = -5.1 V_i + 9.1 V \Rightarrow \boxed{V_{im} = 1.49 V}$$

$$\text{Έλεγχος: } V_{DSS} \stackrel{?}{>} V_{GSS} - V_T$$