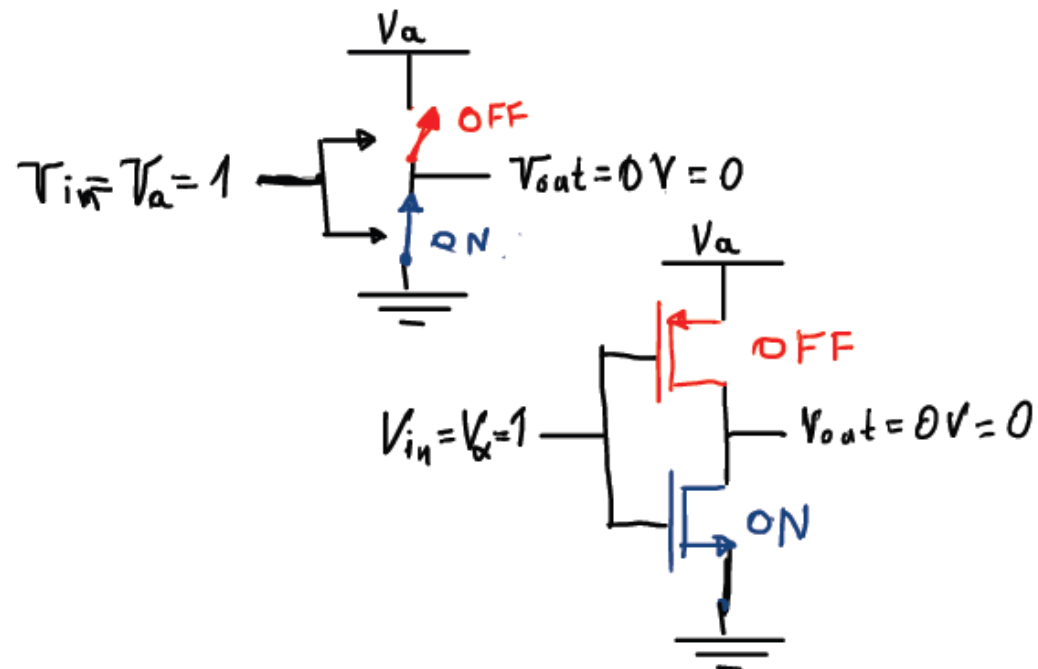
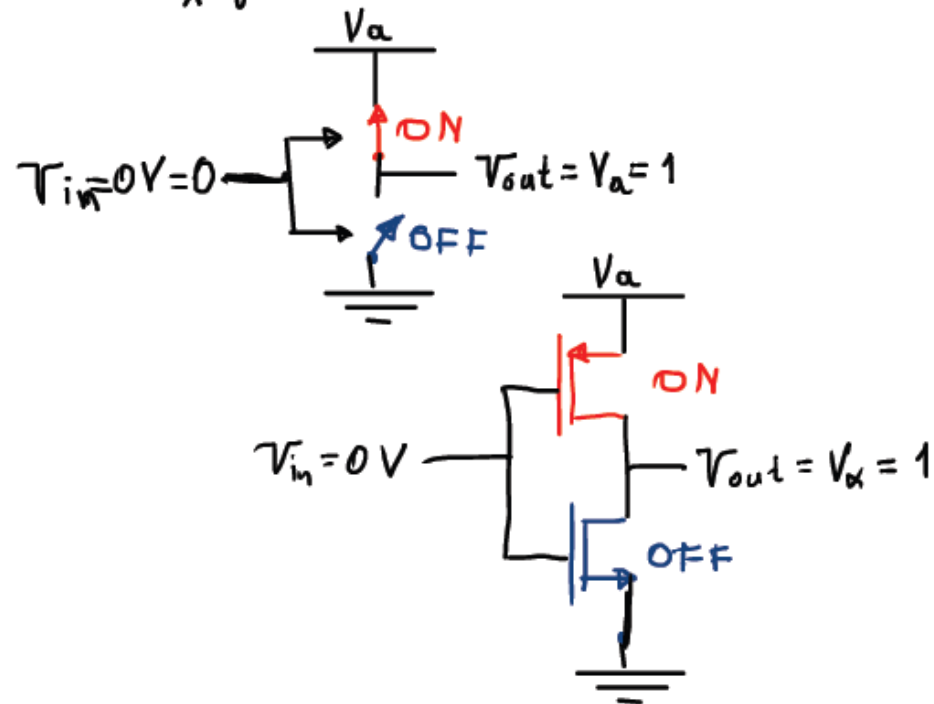


Το MOS τρανζίστορ είναι πολύ καλός διακοπτής. Μπορεί γρήγορα να πάει από ON σε OFF και αντίστροφα και μπορεί να έχει πολύ μικρή αντίσταση.

Χρησιμοποιείται για να ανοίγει και να κλείνει ηλεκτρικές μηχανές, για τα παγκρικά τροφοδοτικά, για τα φίλτρα διακοπτόμενων πυκνωτών και για τα λογικά κυκλώματα.

Ας δούμε την χρήση του ως διακοπή στα λογικά κυκλώματα:

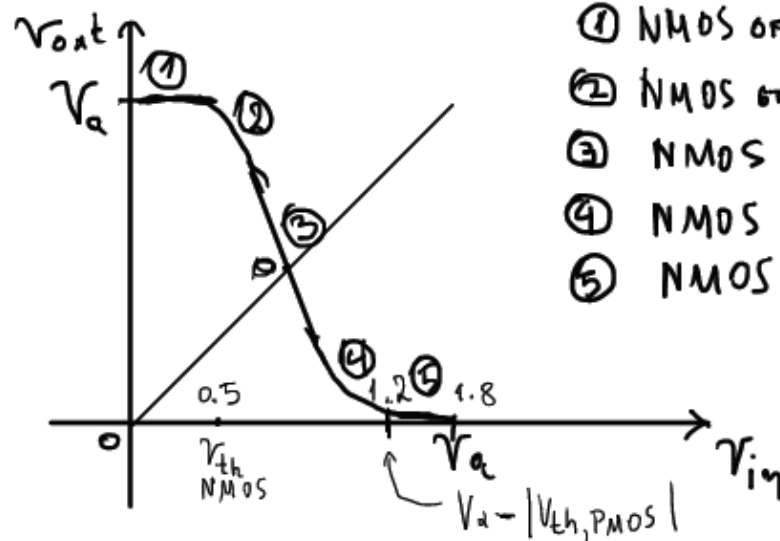
Υλοποίηση πύλης NOT με διακοπές: Το λογικό 0 αντιστοιχεί σε 0 Volts και το λογικό 1 αντιστοιχεί σε V_a Volts



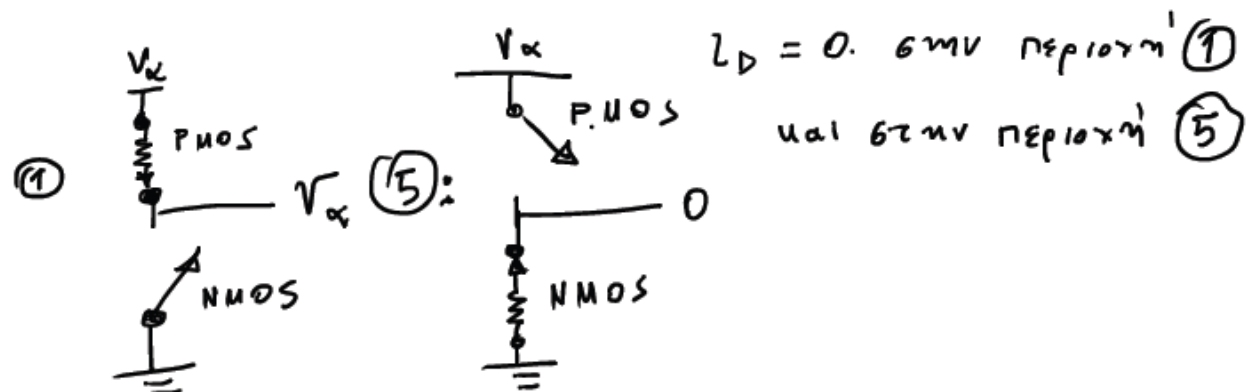
Έστω ότι το NMOS έχει $V_{th} = 0.5V$ και το PMOS έχει $V_{th} = -0.6V$, ενώ $V_a = 1.8V$.
 Όταν $V_{in} = 0V$ τότε το PMOS έχει $V_{SG} = 1.8V - 0V = 1.8V$ και $V_{SG} - |V_{th}| = 1.8V - 0.6V = 1.2V$. Άρα το PMOS είναι ON και στην περιοχή της ισχύος ανκερρογής.

Το NMOS έχει $V_{GS} = 0V - 0V = 0V$, άρα είναι στην κατάσταση (OFF). Αφού το NMOS έχει $I_D = 0$ και το PMOS που είναι GE βγαίνει με το NMOS έχει $I_D = 0$. Το PMOS είναι ON με $V_{SD} = 0 = V_a - V_{out} \Rightarrow V_{out} = V_a = 1.8V$.

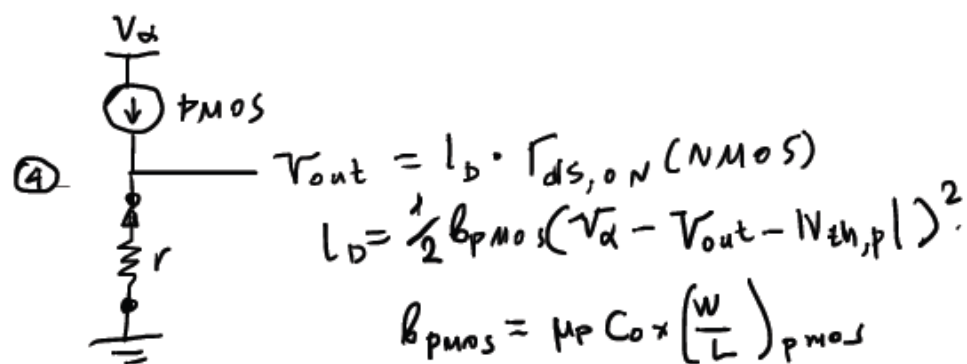
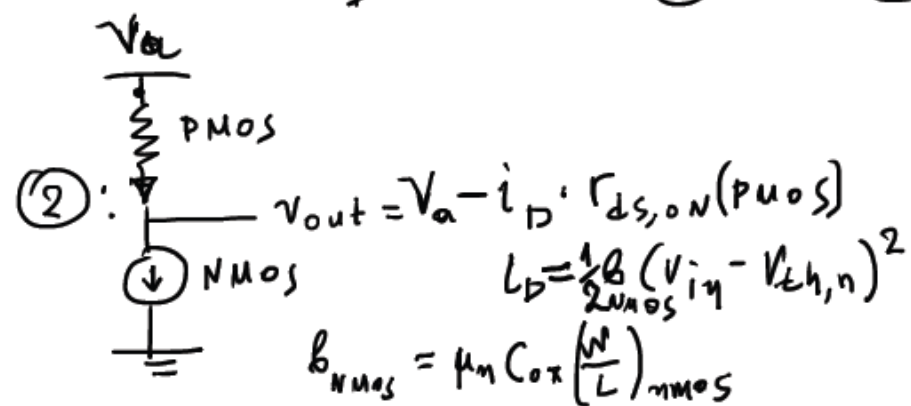
Όταν $V_{in} = V_a$ τότε το PMOS έχει $V_{SG} = V_a - V_a = 0V$ άρα είναι OFF.
 Το NMOS έχει $V_{GS} = V_a - 0 = V_a$ και $V_{GS} - V_{th} = 1.8V - 0.5V = 1.3V$. Άρα είναι ON και στην ισχυρή ανκερρογής. Επειδή το $I_D = 0$ το V_{DS} του NMOS είναι 0 άρα $V_{out} = 0V$.



- ① NMOS OFF PMOS στην τριόδο
- ② NMOS στα υπερόμο PMOS στην τριόδο
- ③ NMOS και PMOS GE υπερόμο
- ④ NMOS στην τριόδο PMOS GE υπερόμο
- ⑤ NMOS στην τριόδο PMOS OFF



$I_D \neq 0$ στις ② και ④



Στην περιοχή ③ και συγκεριμένα εκεί που $V_{in} = V_{out} = V$

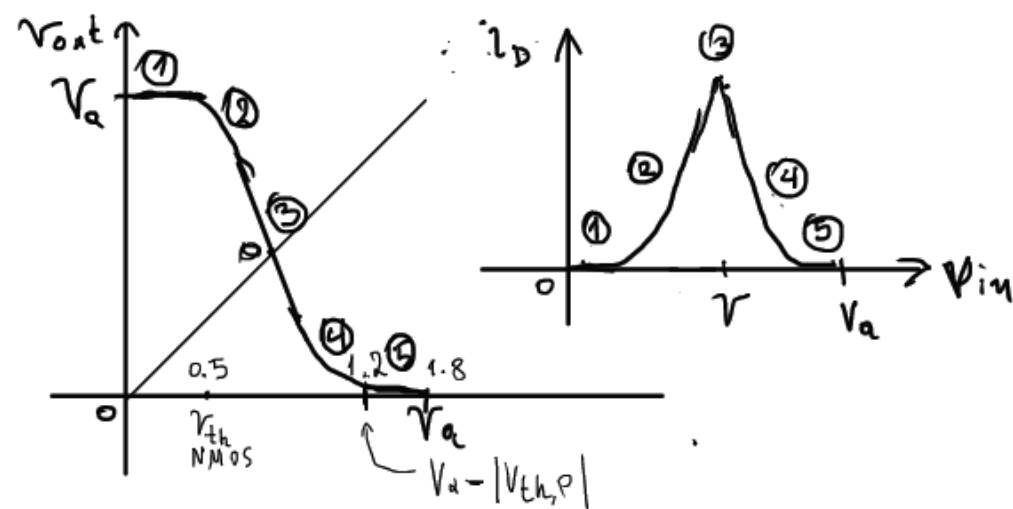
$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) (V - V_{th,n})^2 = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) (V_a - V - |V_{th,p}|)^2$$

Ενώ το $V = V_{out} (= V_{in})$ δίνεται από την:

$$\sqrt{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)} (V - V_{th,n}) = \sqrt{\mu_p C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)} (V_a - V - |V_{th,p}|) \Leftrightarrow$$

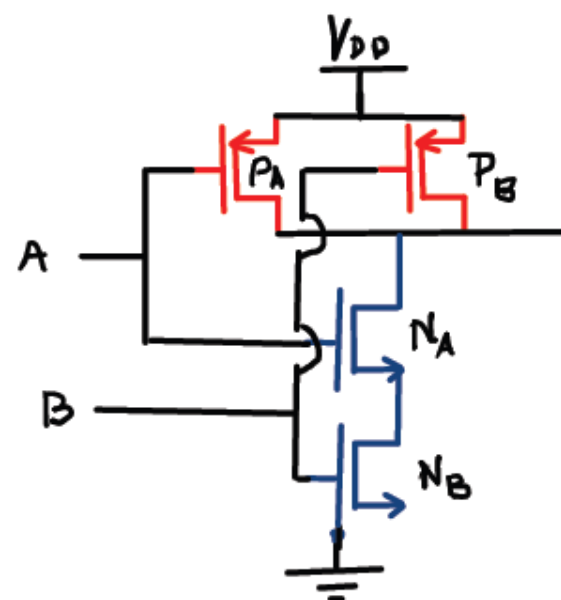
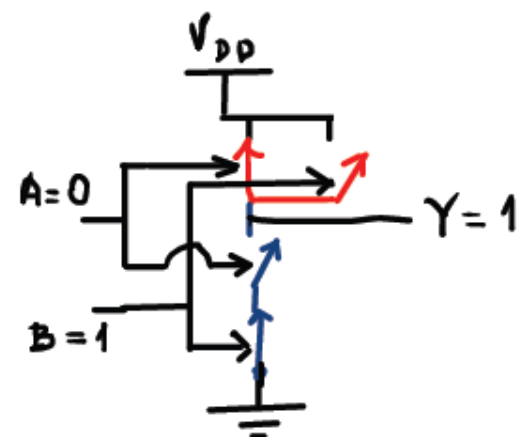
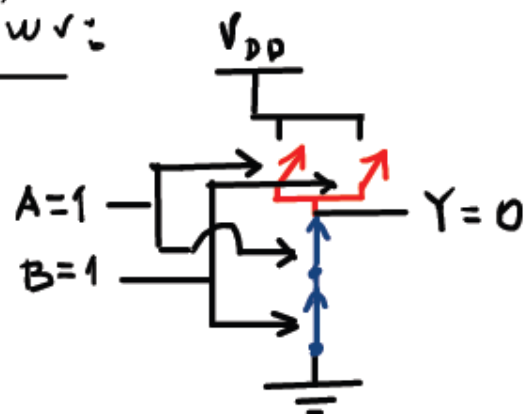
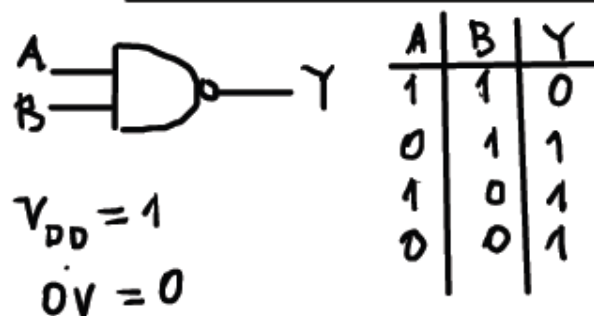
$$(\sqrt{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)} + \sqrt{\mu_p C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)}) V = \sqrt{\mu_p C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)} (V_a - |V_{th,p}|) + \sqrt{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)} V_{th,n}$$

δηλ $V = \frac{\sqrt{\mu_p C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)} (V_a - |V_{th,p}|) + \sqrt{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)} V_{th,n}}{\sqrt{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)} + \sqrt{\mu_p C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right)}}$



Χρησιμοποιώντας συνδυασμούς διακοπών, δηλ NMOS και PMOS τρανζίστορς μπορούμε να φτιάξουμε όλες τις λογικές πύλες

Πύλη NAND 2 εισόδων:



Όταν $A=1$ δηλ $V_A = V_{DD}$ το PMOS P_A είναι OFF

το NMOS N_A είναι ON

Όταν $A=0$ δηλ $V_A = 0V$

το PMOS P_A είναι ON

το NMOS N_A είναι OFF

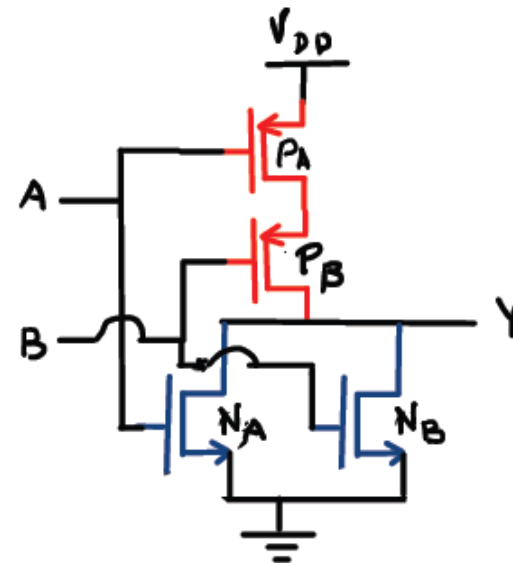
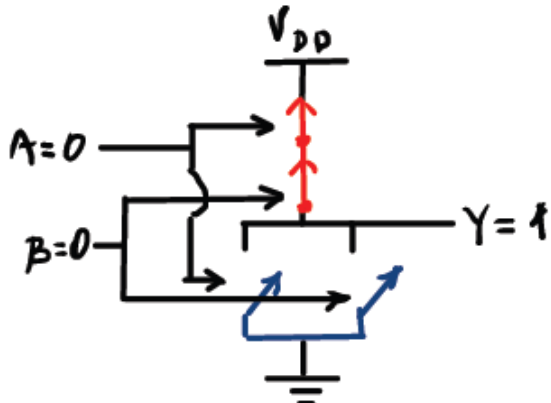
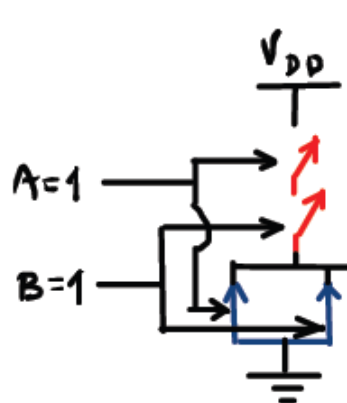
Τα ίδια ισχύουν και για τα P_B και N_B ανάλογα με την τάση V_B

Πύλη NOR δύο εισόδων;



$V_{DD} = 1$
 $0V = 0$

A	B	Y
1	1	0
0	1	0
1	0	0
0	0	1



Όταν $A=1$ σημαίνει $V_A = V_{DD}$ το PMOS P_A είναι OFF

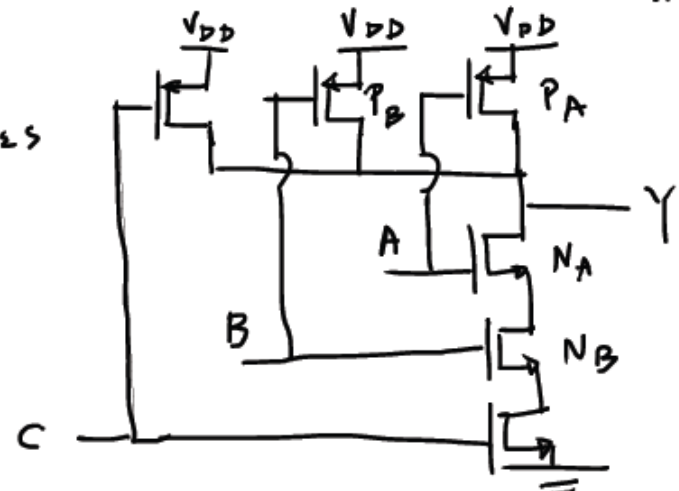
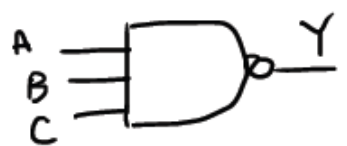
το NMOS N_A είναι ON

Όταν $A=0$ σημαίνει $V_A = 0V$ το PMOS P_A είναι ON

το NMOS N_A είναι OFF

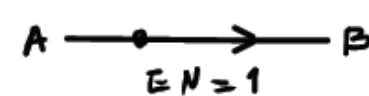
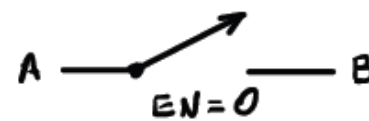
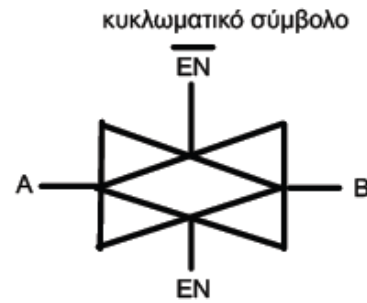
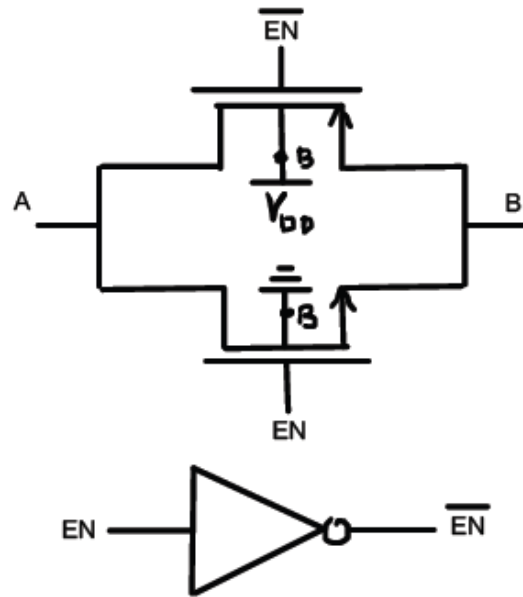
Τα ίδια ισχύουν και για τα P_B και N_B ανάλογα με την τάση V_B

Μπορούμε να έχουμε πύλες π.χ. τριών εισόδων:



Πύλη Διέλευσης (Transmission gate)

Θα δούμε πως υλοποιείται ένα άλλο είδος διακόπτη με την σύνδεση ενός τρανζίστορ PMOS και ενός τρανζίστορ NMOS παράλληλα



Όταν $EN=1$ δηλ V_{DD} ήρα $\overline{EN}=0$

Το NMOS έχει $V_G=V_{DD}$ ήρα είναι ON
και το PMOS έχει $V_G=0V$ ήρα είναι ON

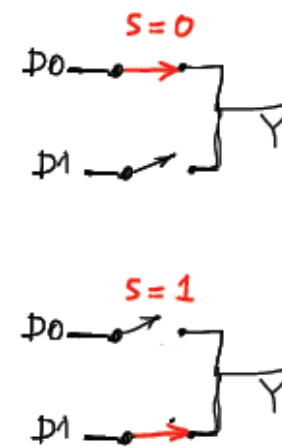
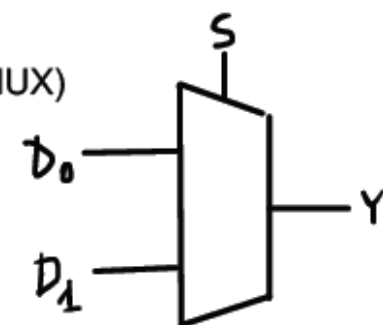
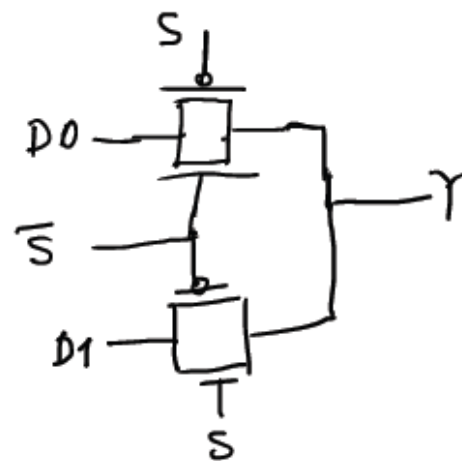
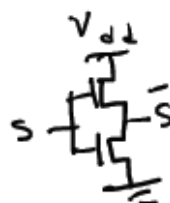
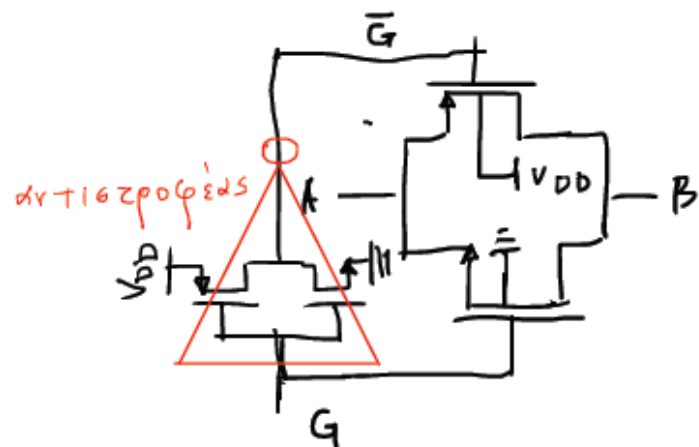
Όταν $EN=0$ δηλ $0V$ ήρα $\overline{EN}=1$ δηλ V_{DD}
Το NMOS έχει $V_G=0V$ ήρα είναι OFF
και το PMOS έχει $V_G=V_{DD}$ ήρα είναι OFF

Λάβετε υπόψη ότι τα MOS τρανζίστορ είναι συμμετρικά, όταν το B δεν είναι συνδεδεμένο με καποιον από τους άλλους δύο κυροδέυτες. Δηλαδή κυροδέυτης είναι D και ποιος β καθορίζεται:

για το NMOS β είναι αυτός που έχει χαμηλότερη τάση ενώ
για το PMOS β είναι αυτός που έχει την υψηλότερη τάση

Όταν ο διακόπτης είναι ON και το A ή το B είναι κοντά στο $0V$ τότε έχει το NMOS, γιατί έχει $V_G-V_S=V_{DD}-0V \approx V_{DD}$, ενώ όταν το A ή το B είναι κοντά στο V_{DD} τότε έχει το PMOS, γιατί έχει $V_S-V_G=V_{DD}-0V \approx V_{DD}$

Με την πύλη διέλευσης μπορούμε να φτιάξουμε έναν πολυπλέκτη (multiplexer - MUX)

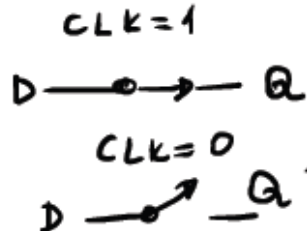
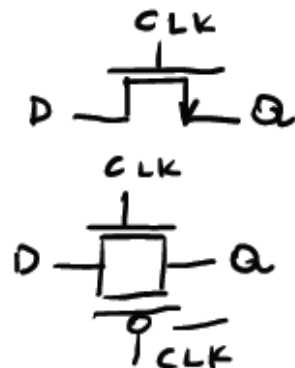


Ας δούμε πως φτιάχνεται ένα ακολουθιακό λογικό κύκλωμα:

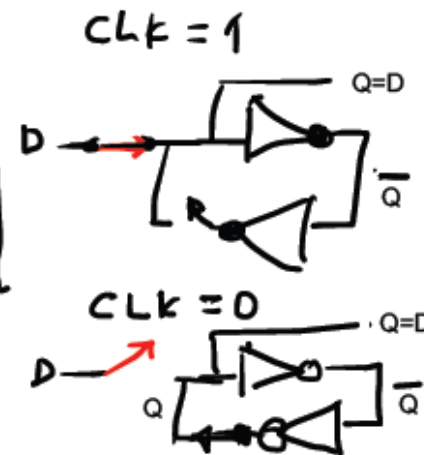
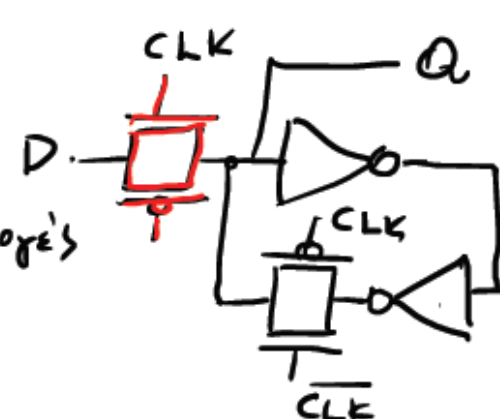
Ο D latch παίρνει ρολόι CLK.

Όταν το ρολόι είναι "1", ό,τι τιμή έχει η είσοδος D την ίδια τιμή παίρνει και η έξοδος Q.

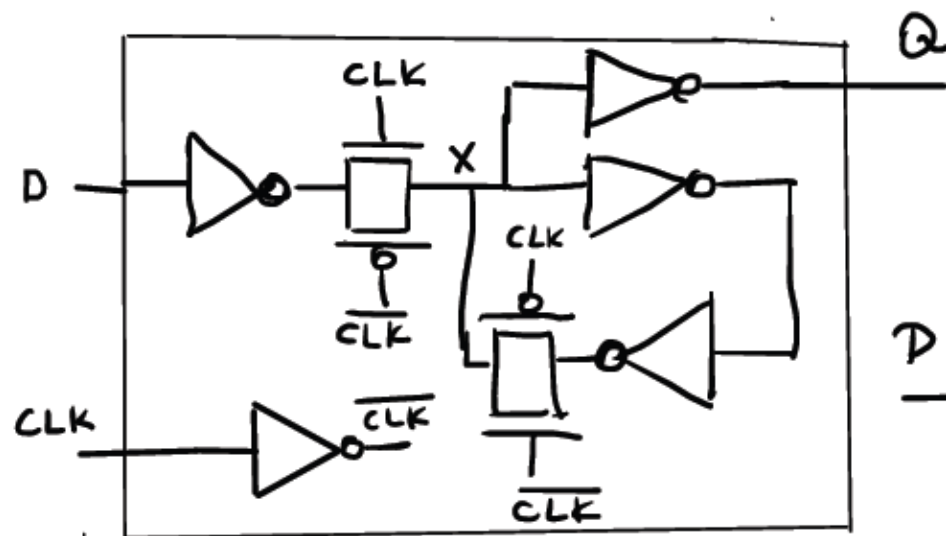
Όταν το ρολόι είναι 0 η τιμή της εισόδου δεν επηρεάζει την έξοδο



Δεν είναι μαγικές επηχογές
γιατί η έξοδος
είναι "floating"



Ακόμη καλύτερο είναι αυτό:



Γιατί το εσωτερικό κύκλωμα
δέχεται σήματα μόνο στις
πύλες των τρανζίστορ
και ο κόμβος X δεν είναι
προσβάσιμος από έξω

FLIP-FLOP

