Curs 8
Electronica Digitala
UNIVERSITATEA POLITEHNICA BUCURESTI
FACULTATEA DE AUTOMATICA SI CALCULATOARE

Iuliu-Octavian Vasilescu

09 Aprilie 2021

Contents

1 Circuit logic N-MOS

Avem tensiune de 0 volti ⇒ tranzistorul este blocat ⇒ tensiunea de iesire este V_{CC} ⇒ graficul va fi constant.

Daca mai crestem V_T-ul, o sa intre in conductie in continuare dar tensiunea de intrare este mai mica decat V_T iar tensiunea de iesire este mai mare decat V_{GS} - V_T ⇒ saturatie.

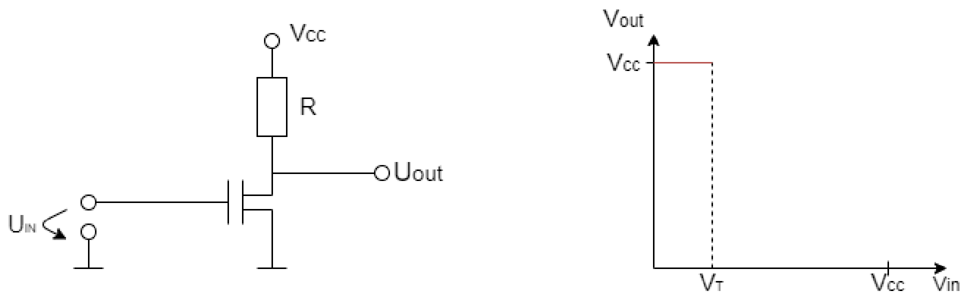

Figure 1: Inversor cu tranzistorul in regiunea de saturatie

Tensiunea de iesire scade ⇒

$V_{DS} = V_{out}$
$V_{GS} = V_{in}$

V_{DS} se intersecteaza cu V_{GS} - V_T ⇒ exista un punct unde tranzistorul trece din regiunea de saturatie in regiunea liniara.

O poarta va avea tensiunea de iesire corecta pentru orice tensiune mai mica decat V_T la intrare. V_{IH} tensiunea minima de intrare pentru care poarta interpreteaza 1 logic.

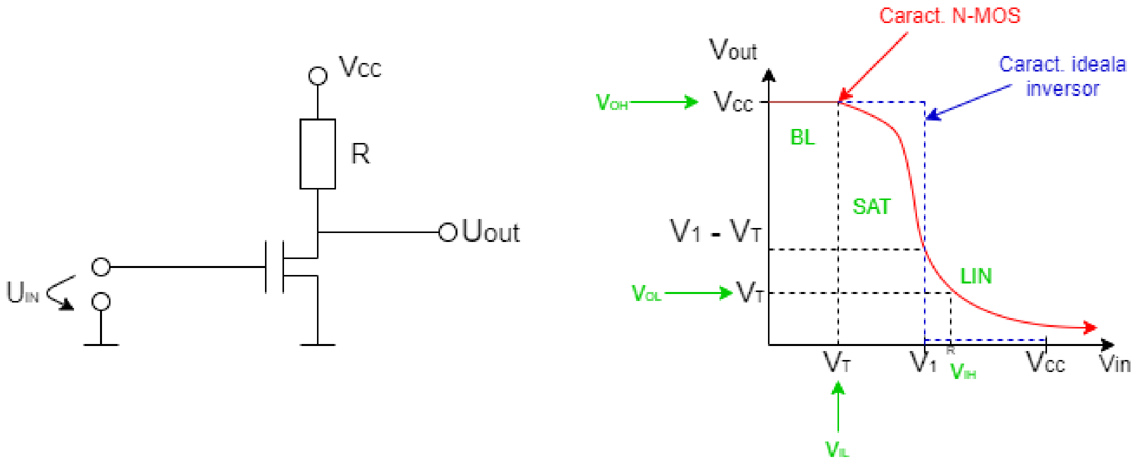

Figure 2: Inversor cu tranzistorul in regiunea liniara

$$V_1 = \begin{cases} V_{CC} = I_D * R + V_{DS} \\ I_D = \frac{K}{2} * (V_{GS} - V_T)^2 \\ V_{GS} - V_T = V_{DS} \end{cases} \qquad \begin{cases} V_T = 2V \\ V_{CC} = 5V \\ K = 6mA/V^2 \\ R = 2K \end{cases}$$

$I_D = \frac{K}{2} * V_{DS}^2$

$\frac{R*K}{2} * V_{DS}^2 + V_{DS} = V_{GC}$

$4V_{DS}^2 + V_{DS} = 5V =>$

$$V_1 = \begin{cases} V_{DS} = 1V \\ V_{GS} - 3V \end{cases}$$

$V_{GS} < V_T = 2V \qquad T = BL$
$2V < V_{GS} < 3V \qquad T = SAT$
$3 < V_{GS} \qquad T = LIM$

$V_{IN} = 5V : I_D = \frac{K}{2}(V_{GS} - V_T)V_{DS} =$

$= \frac{8mA/V^2}{2}(5V - 2V) * V_{DS} =$
$= 12m/V * V_{DS}$

$V_{CC} = RI_D + V_{DS}$
$5 = 2K * 12mA/V * V_{DS} + V_{DS}$

=> $V_{DS} = \frac{5}{13} = 0.38V$

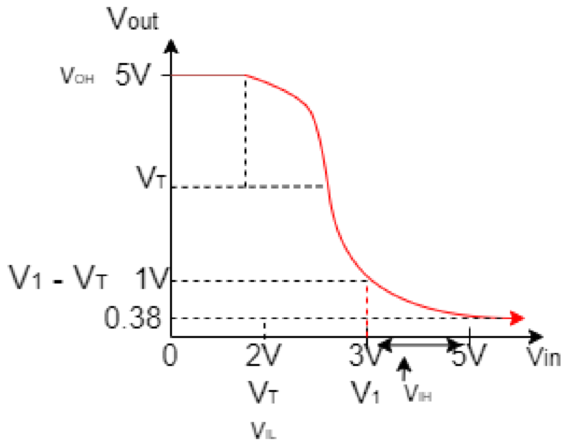

Figure 3

Alegem V_{IH} = 3V, V_{IL} = 2V, V_{OH} = 5V, V_{OL} = 1V

$\Rightarrow$ MZL = 1V = $V_{IL} - V_{OL}$, MZH = 2V = $V_{OH} - V_{IH}$

2 Analiza tensiunii de iesire pentru o poarta N-MOS

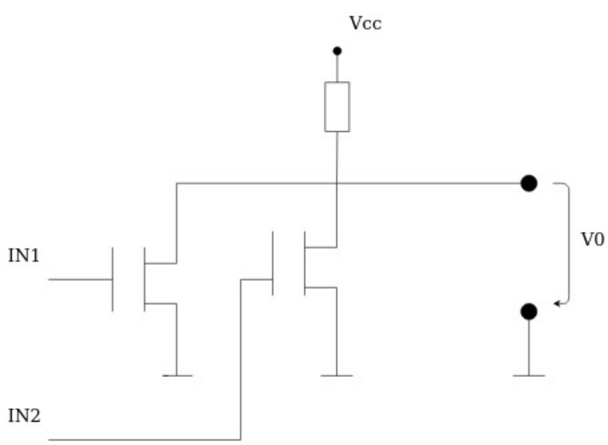

Figure 4: Poarta NOR

IN_1	IN_2	U_0
$0V$	$0V$	V_{CC}
V_{CC}	$0V$	V_{OL}
$0V$	V_{CC}	V_{OL}
V_{CC}	V_{CC}	$< V_{OL}$

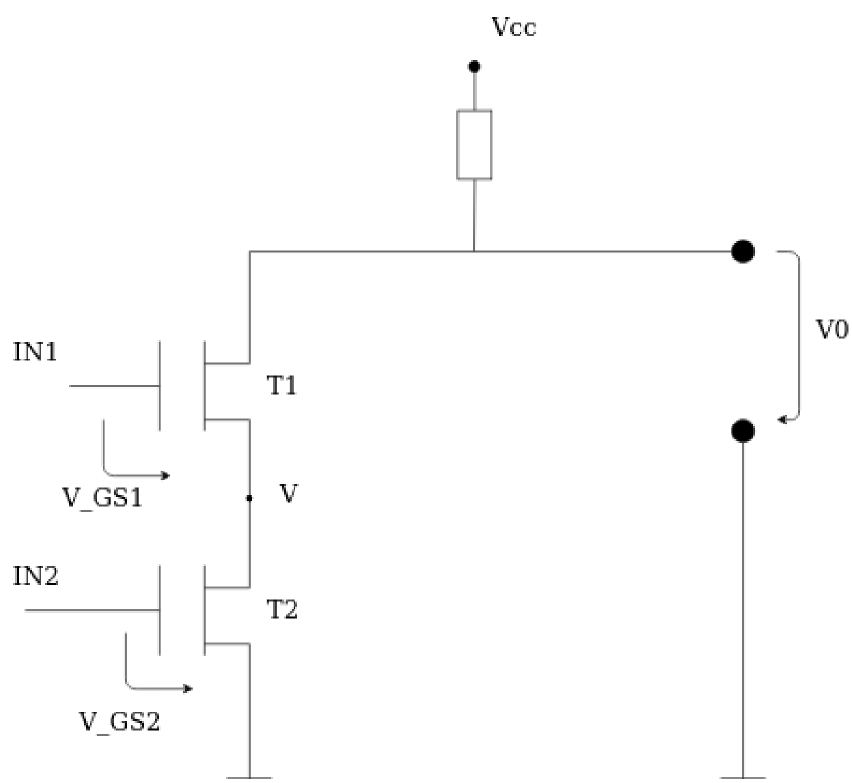

Figure 5: Poarta NAND

$V_{GS2} = U_2$

$V_{GS1} = U_1 - V$ (unde V este potentialul)

In continuare o sa luam o poarta de tip N-MOS si vom analiza cum arata tensiunea de iesire pentru un impuls ideal la intrare.

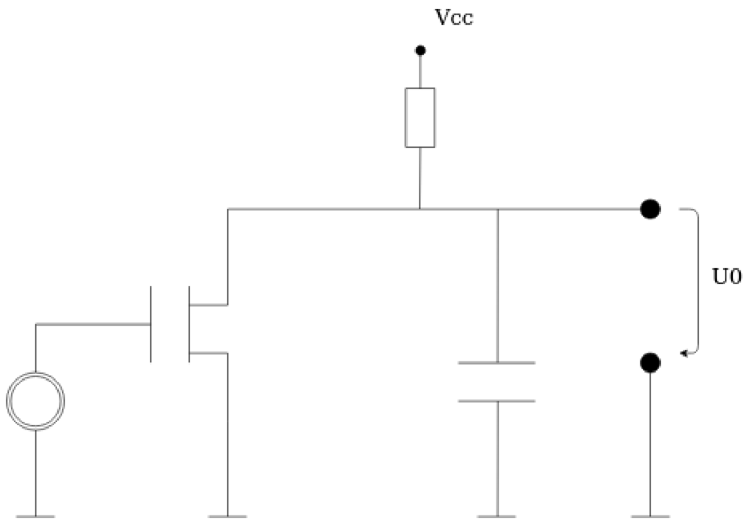

Figure 6

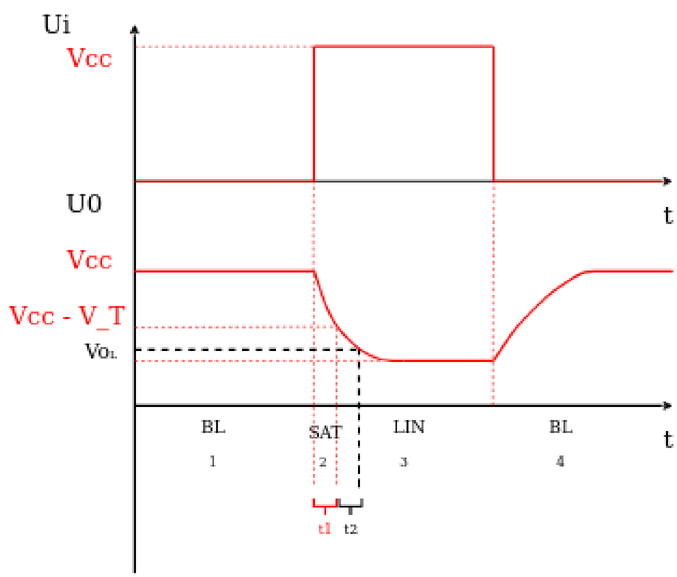

Figure 7

Pentru regiunea 1 tranzistorul este BLOCAT (BL) si schema echivalenta va fi urmatoarea:

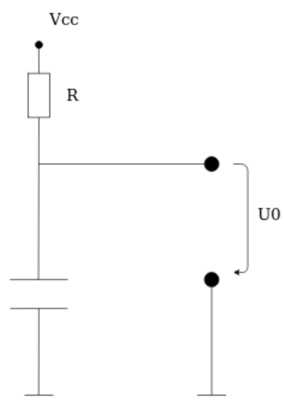

Figure 8

$U_0 = V_{CC}$

Pentru regiunea 2:

INITIAL: $V_{IN} = V_{GS} = V_{CC}$, $U_0 = U_C = V_{CC} = V_{DS}$

$V_{DS} > V_{CS} - V_T$

$\Rightarrow$ Tranzistorul este in regiunea SATURATA (SAT)

$V_{CCC} > V_{CC} - V_T$

Se comporta ca o sursa de curent:

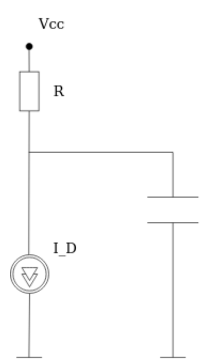

Figure 9

$I_D = \frac{K}{2} * (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{K}{2} * (V_{CC} - V_T)^2$

Facem o echivalenta Thevenin a acestei rezistente cu condensator. Aceasta va deveni o sursa de tensiune si o rezistenta.

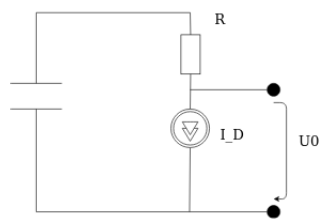

Figure 10

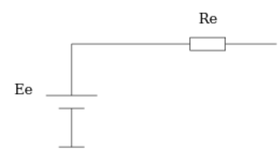

Figure 11

$E_e = V_{CC} - RI_D$

$R_e = R$

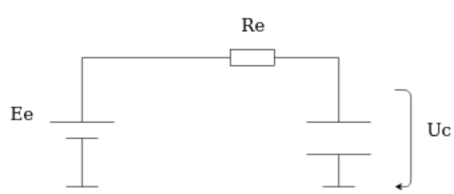

Figure 12

$U_C(0) = V_{CC}$

$U_C(\infty) = E_e \qquad \Rightarrow U_C(t) = V_{CC} * e^{-t/\tau} + E_e * (1 - e^{-t/\tau})$

$\tau = RC$

Aceasta este formula graficului in regiunea SAT.

Numim prima parte a comutarii (pana cand tensiunea de iesire U_0 ajunge la $V_{CC} - V_T$) t_1.

$U_C(t_1) = V_{CC} - V_T = V_{CC} * e^{-t_1/\tau} + E_e * (1 - e^{-t_1/\tau})$

Pentru partea a doua a comutarii tranzistorul este in regiunea 3: LINIARA (LIN)

$V_{DS} < V_{CC} - V_T$

$V_{GS} < V_{CC}$

$\Rightarrow$ Tranzistorul este in regiunea LINIARA si se comporta ca o rezistenta $R_{eT} = \frac{1}{\frac{k}{2}(V_{GS}-V_T)}$

Schema echivalenta:

Figure 13

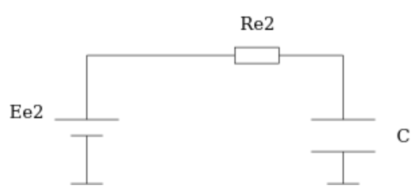

Figure 14

$E_{e2} = V_{CC} \frac{R_{eT}}{R+R_{eT}}$

$R_{e2} = R \mid\mid R_{eT}$

$U_C(0) = V_{CC} - V_T$

$U_C(\infty) = E_{e2} = V_{CC} \frac{R_{eT}}{R+R_{eT}}$

$\tau_2 = R_{e2}C$

Astfel ecuatia curbei noastre va fi:

$U_C(t) = (V_{CC} - V_T)e^{-t/\tau_2} + V_{CC}\frac{R_{eT}}{R+R_{eT}}(1 - e^{-t/\tau_2})$

Ne intereseaza momentul in care tensiunea de iesire coboara sub V_{OL}, adica t_2.

$U_C(t_2) = V_{OL}$