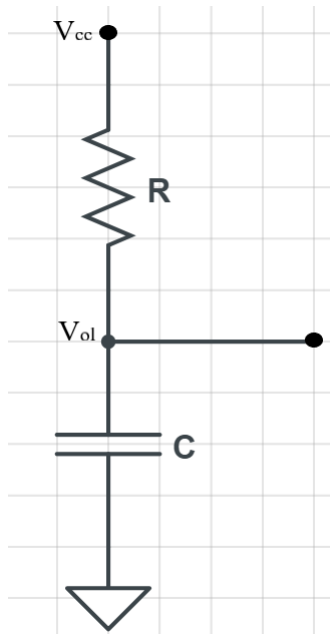


# Curs Electro

April 2021

PORTI M-MOS in Comutare Inversa

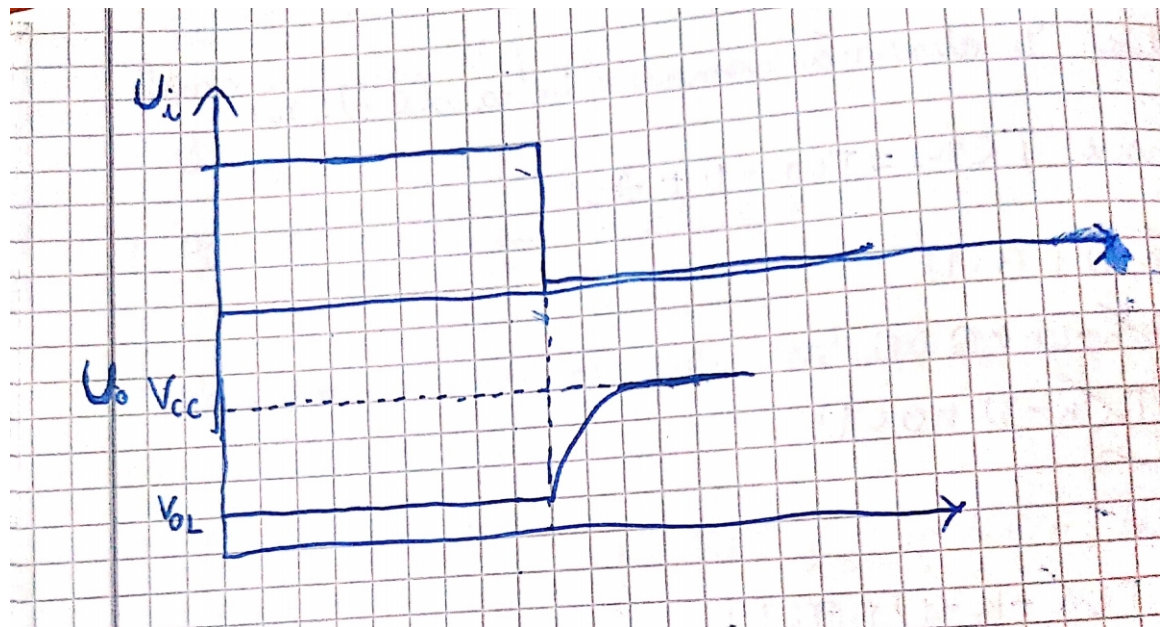


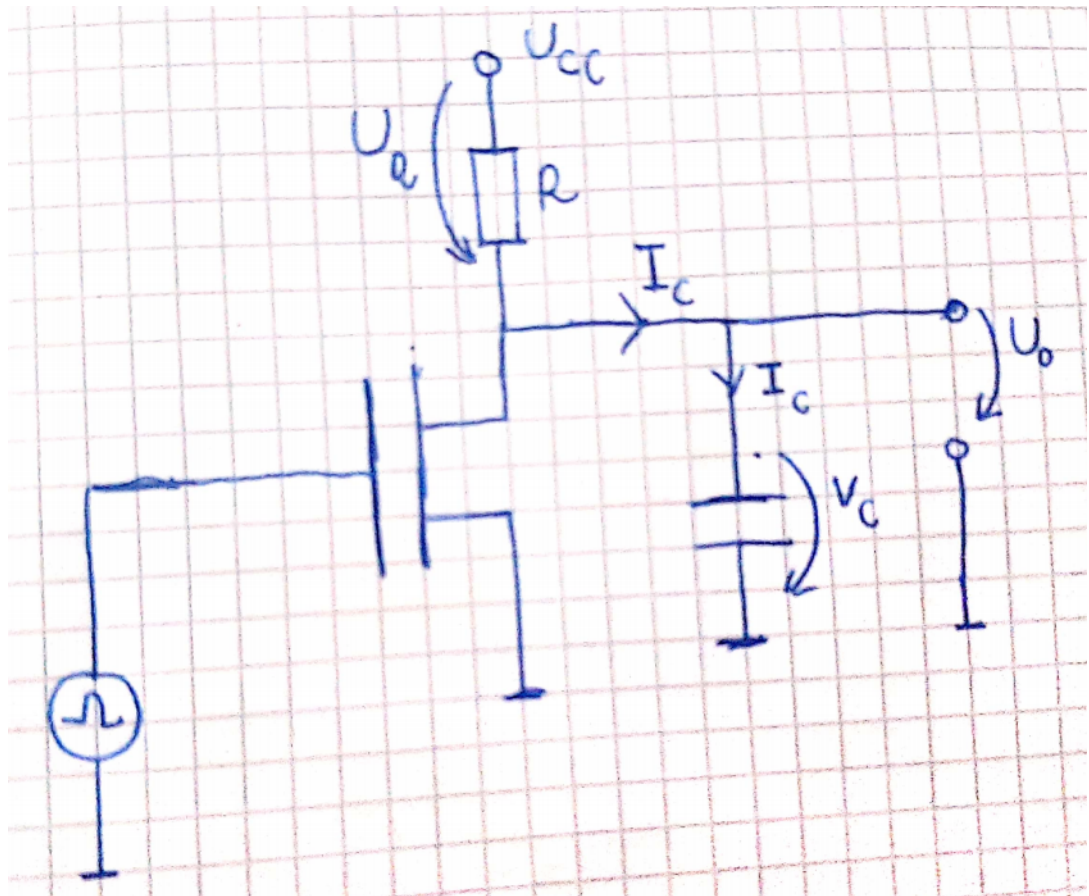
$$U_i(0) = 0 \Rightarrow T - B_c$$

$$U_0(0) = V_{oc}$$

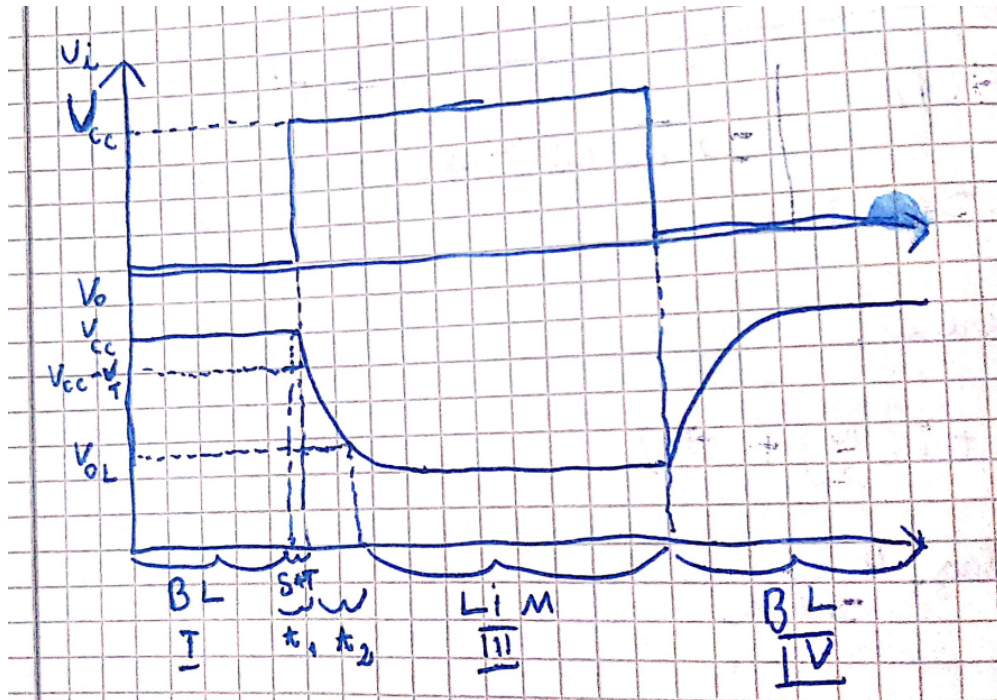
$$U_0(\infty) = V_{cc} = V_{oh}$$

$$U_0(t) = V_{oc} * e^{-t/\tau} + V_{cc} * (1 - e^{-t/\tau}), \tau = R * C$$

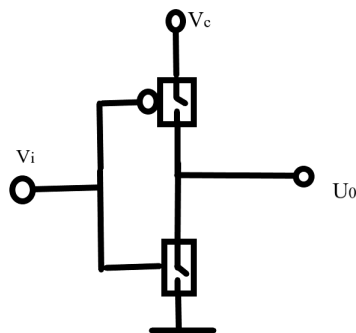




Dacă micsorez rezistența  $R$ ,  $V_{ol}$  este generat când tranzistorul este pornit și ajunge în regiunea liniară. Înșă, există o problemă: pentru a accelera poarta, trebuie să micsorez rezistența, iar dacă micsorez rezistența crește  $V_{ol}$  (noi ne dorim ca  $V_{ol}$  să fie cât mai mic). Când la intrare avem 0 logic, curentul este 0 prin poartă. Dacă avem  $V_{cc}$  la intrare, poarta va consuma curent. Cu cât micsorăm rezistența, cu atât se va consuma mai multă energie care se va transforma în căldură.

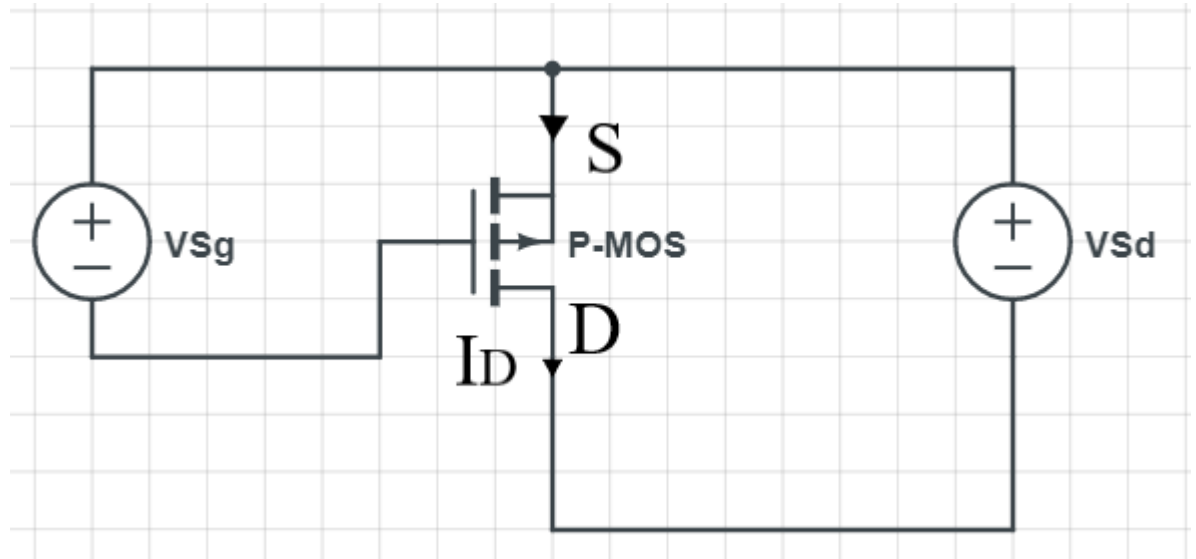


Curba de pe frontul pozitiv de intrare poate fi accelerata odata cu avansul tehnologiei. Insa, partea de sus e mai dificil de controlat. Acest lucru se poate rezolva cu inlocuirea acelei rezistente (statica) cu o poarta CMOS (dinamica). Practic, acest lucru inseamna sa avem 2 switchuri care sa functioneze in contra-timp.



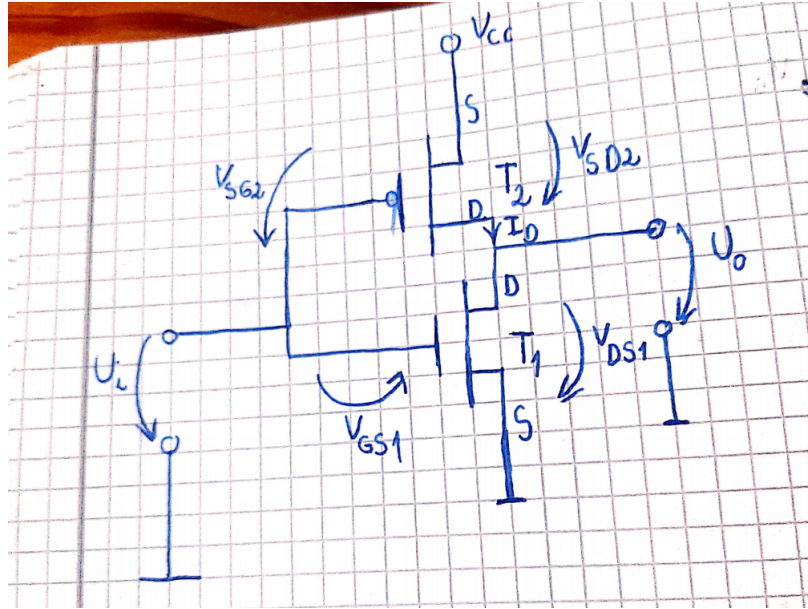
Vi	S1	S2	U0
0	OFF	ON	Vcc
Vcc	ON	OFF	0

# Model Simplificat

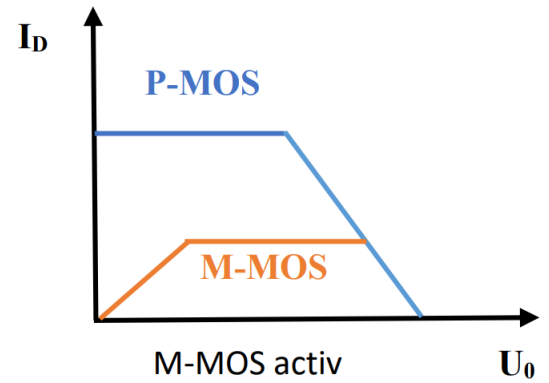
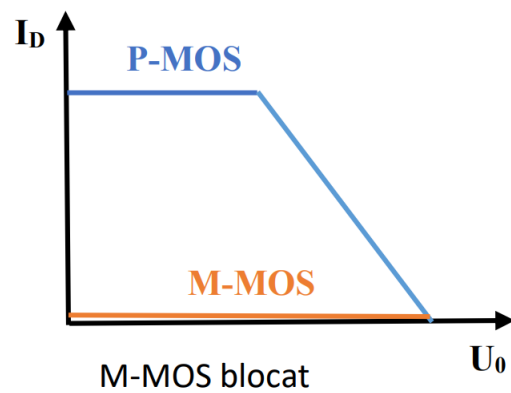


$$I_D = \begin{cases} 0, & V_{SG} < V_T \\ \frac{K}{2} (U_{SG} - U_T) V_{SD}, & U_{SG} \geq U_T, U_{SG} - U_T > V_{SD} \\ \frac{K}{2} (U_{SG} - U_T)^2, & U_{SG} \geq U_T, U_{SG} - U_T \leq V_{SD} \end{cases}$$

## Inversorul C-MOS

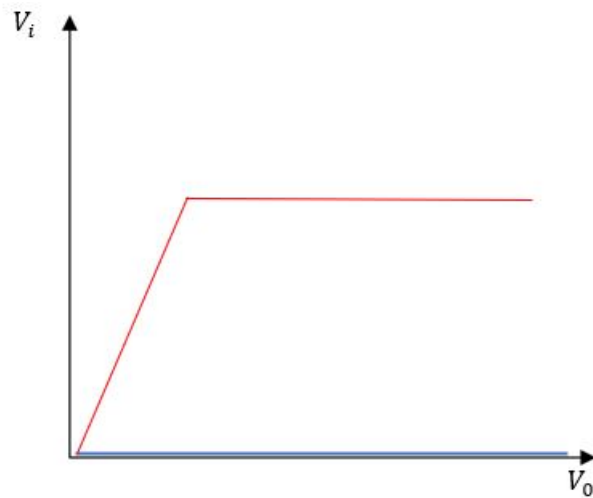


$$\begin{aligned}
 I_{D1} &= I_{D2} \\
 V_{CC} &= V_{SD2} + V_{DS1} \\
 V_{GS1} &= V_I \\
 V_{SG2} &= V_{CC} - V_I \\
 U_0 &= U_{DS1} \\
 U_{SD2} &= V_{CC} - U_0
 \end{aligned}$$



Dacă suntem cu tensiunea de intrare egală cu 0, sau cu tensiunea de ieșire aproape de vcc, curentul de drena este 0.

Poarta nu consumă current atâta timp cât la intrare tensiunea nu este mai mică decât  $v_{ol}$  sau mai mare decât  $v_{oh}$ . Când timp poartă comută această consumă curent. intrare tensiunea nu este mai mică decât  $v_{ol}$  sau mai mare decât  $v_{oh}$ . Când timp poartă comută această consumă curent.



Presupunem pentru simplitate:

$$V_{T1} = V_{T2} = V_T < V_{cc}/2$$

$$K_1 = K_2$$

Cazul 1:  $U_i < V_t$

$T_1$  – *Blocat*

$T_2$  = *regiunea liniara*

$$I_{D_1} = 0$$

$$V_{SD_2} = V_{cc} - U_0$$

$$V_{SG_2} = V_{cc} - U_i$$

$$I_{D_2} = (k/2) * (V_{cc} - V_{SG_2}) * V_{SD_2}$$

$$I_{D_2} = (k/2) * (V_{cc} - V_{cc} + U_i)(V_{cc} - U_0)$$

$$I_{D_2} = (k/2) * U_i * (V_{cc} - U_0)$$

Dar

$$I_{D_1} = I_{D_2} \Rightarrow V_{cc} - U_0 = 0 \Rightarrow U_0 = V_{cc}$$

Cazul 2:  $U_T < U_i < V_t$

$T_1$  – *regiunea de saturatie*

$T_2$  = *regiunea liniara*

$$I_{D_1} = (k/2) * (U_i - V_t) * V_0$$

$$I_{D_2} = (k/2) * U_i * (V_{cc} - U_0)$$

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

$$\Rightarrow U_0 = (U_i * V_{cc}) / (2 * U_i - V_t)$$

Cazul 3:  $U_i = V_{cc}/2$

$T_1$  – *regiunea de saturatie*

$T_2$  – *regiunea de saturatie*

$$I_{D_1} = (k/2) * (U_i - V_t)^2$$

$$I_{D_2} = (k/2) * (V_{cc} - U_i - V_T)^2$$

Nu se poate afla tensiunea de intrare, dar putem afla

$$U_1 = \lim_{U_i \rightarrow V_{cc}} ((U_i * V_{cc}) / (2 * U_i - V_t))$$

Cazul 4:  $V_{cc}/2 < U_i < (V_{cc} - V_t)$

$T_1$  – *regiunea liniara*

$T_2$  – *regiunea de saturatie*

$$I_{D_1} = (k/2) * (U_i - V_t) * V_0$$

$$I_{D_2} = (k/2) * (V_{cc} - U_i - V_T)^2$$

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

$$\Rightarrow U_0 = (V_{cc} - U_i - V_T)^2 / (U_i - V_t)$$

$$U_2 = \lim_{U_i \rightarrow (V_{cc}/2)} ((V_{cc} - U_i - V_T)^2 / (U_i - V_t)) = V_{cc}/2 - V_t$$



Cazul 5:  $U_i > (V_{cc} - V_t)$

$T_1$  – regiunea liniara

$T_2$  – blocat

$U_0 = 0$

$I_D = 0$

Curentul de alimentare pentru aceasta poarta

