

## Aspetti da considerare nell'analisi di circuiti logici

Condizioni stazionarie (impr. fissi)

- 1)  $Y = f(A, B, C)$  (tabella verità)
- 2)  $V_Y = f(A, B, C)$

CARATTERISTICA STATICA

- soglia di commutazione (tra 0 e 1)
- robustezza al rumore



Transitorio

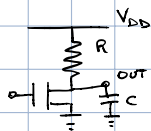
- 3) Velocità di risposta
- 4) Consumo di potenza

STATICA

DINAMICA

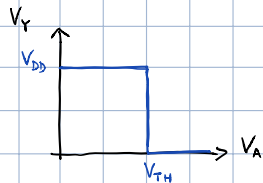
- 5) Area occupata

### ES. INVERTER CON RESISTENZA



Soluzione subottimale: potenza statica a  $V_{out} = "0"$  (75mV) + costante di tempo RC

Caratteristica statica per un inverter ideale

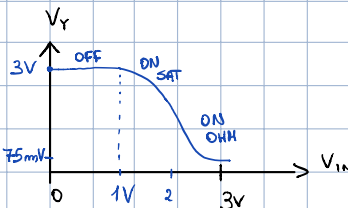
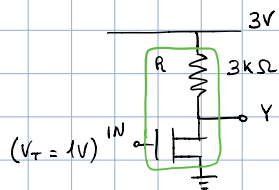


Tempo di commutazione:



$V_{TH}$  non è la  $V_T$  per l'accensione del transistor ma la tensione spartiacque tra "0" e "1"

Implementazione reale

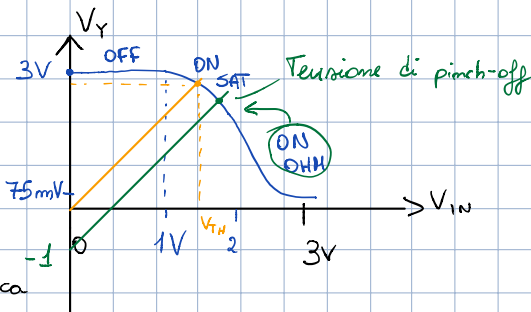


Con  $V_{GS} = V_{IN}$  raggiunge la soglia (1V) si accende il T, non ho il canale ed è in SAT, scorre corrente nella R e cade un po' di tensione, passando in zona OHM, così il modo DS è sceso e la DDP arriva a 0.075mV

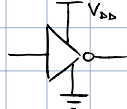
Tensione di spartiacque tra SAT e OHM:  $V_{GS} = V_T = 1V \Rightarrow V_G = V_D + 1$

$$V_{IN} = V_{OUT} + 1$$

$$V_D = V_G - 1 \quad (Y = X - 1) \text{ condizione di passaggio } R \rightarrow S$$



Calcolo la soglia logica (di commutazione)



condizione in cui  $V_{IN} = V_{OUT}$

intersezione tra bisettrice e caratteristica statica

$$\begin{aligned} &V_{DD} \\ &V_{DD}/2 \\ &0 \end{aligned} \quad \text{per alcuni componenti non è sempre } \frac{V_{DD}}{2}$$

Sistema tra eq. curva blu e arancione:  $V_{GS} = 0 < 1V \Rightarrow \text{SAT}$ ,  $I_D = I_{D1SAT}$

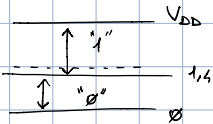
$$V_X = V_{IN} = V_{OUT}$$

$$\begin{cases} V_X = V_{DD} - R I_D \\ I_D = K (V_X - 1)^2 \end{cases}$$

$$V_X = V_{DD} - R K (V_X - 1)^2 = 3 - 10^4 \cdot 10^{-3} (V_X - 1)^2 \Rightarrow V_X = 3 - 10 (V_X^2 + 1 - 2V_X)$$

Sono alla soglia, le  $I_D$  sono uguali

$$\begin{cases} V_{OUT} - 1 = V_{DD} - R I_D \\ I_D = K (V_X - 1)^2 \end{cases}$$



$$10V_X^2 - 19V_X + 7 = 0$$

$$1.4V \quad V_{TH}$$

0.5V  
Il T deve essere acceso ( $V_X > V_T$ )

Tensione del punto di separazione (pinch-off)