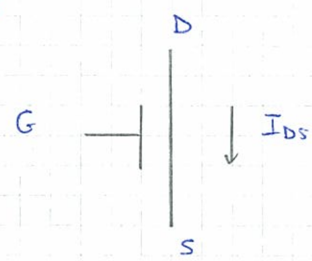
Mos



1) MOS OFF

$V_{GS} = V_G - V_S$

$V_{GS} < V_T$

$I_D = 0 = I_{DS}$

2) MOS LIN

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

$I_{DS} = \beta_n \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$

3) MOS SAT

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

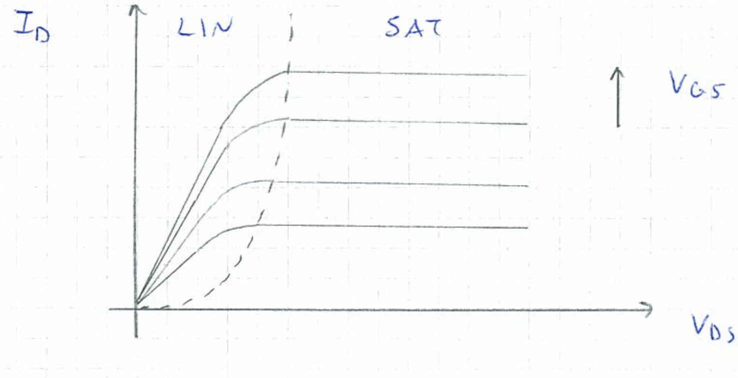
$I_{DS} = \frac{\beta_n}{2} (V_{GS} - V_T)^2$

NOTA:

V_T = Tensione di soglia, da non confondere con la tensione termica. V_T è quella tensione che devo applicare al gate affinché si formi il canale.

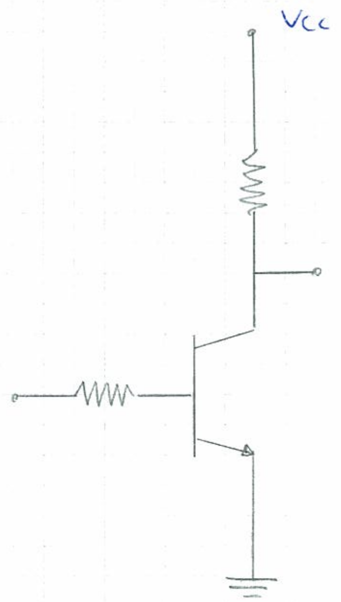
$I_D = I_{DS}$ è la corrente fra drain e source.

Nel caso dei mos le caratteristiche di ingresso sono poco significative, perché $I_G = 0$ in qualsiasi condizione. Più interessanti sono le caratteristiche di uscita.

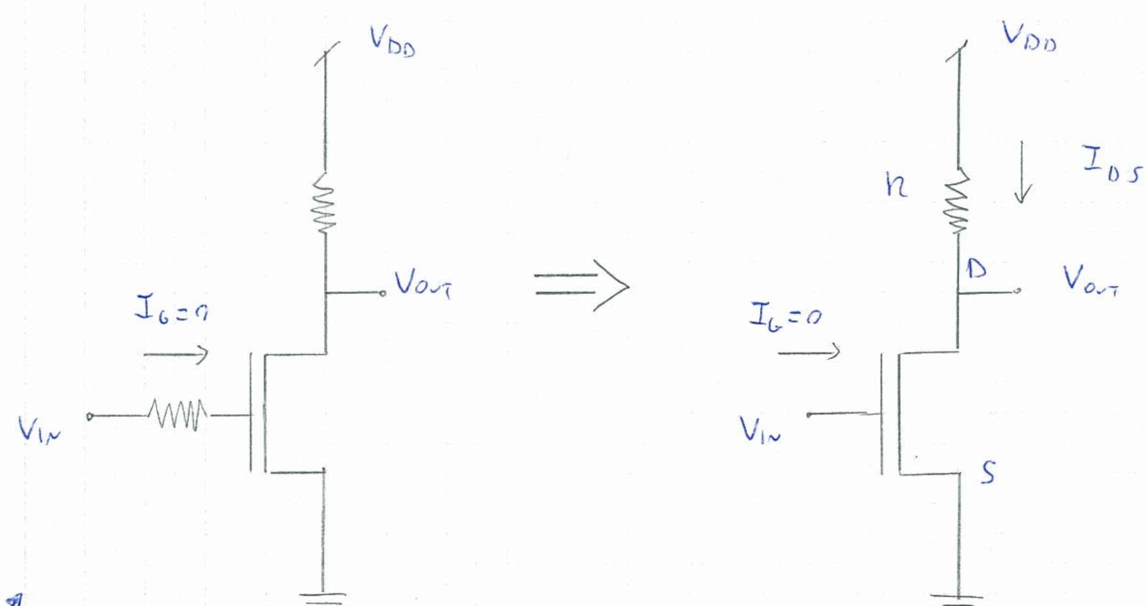


INVERTITORE

L'invertitore è un circuito che ad un 1 in ingresso risponde con uno 0 in uscita e ad uno 1 in ingresso risponde con un 1 in uscita.
Noi abbiamo visto un invertitore RTL, realizzato con BJT. Il suo difetto è che andava pilotato in corrente, per cui vi era un elevato assorbimento di potenza.



Ora sostituiamo il BJT con un MOS



Inutile, perché tanto la corrente in ingresso al gate è nulla: su questa resistenza non si ha alcuna caduta di tensione.

$V_{IN} = V_{GS}$

$V_{OUT} = V_{DS}$

1) Supponiamo che la tensione in ingresso abbia un valore inferiore a V_T

$V_i < V_T \Rightarrow V_{GS} < V_T$

mos OFF

$I_{DS} = 0$

$V_{OUT} = V_{DD} - R\cancelto{0}{I_{DS}} = V_{DD}$

2) $V_i > V_T$

$V_{GS} > V_T \Rightarrow$ mos ON

Ma saturo o lineare? Suppongo

$V_{DS} < V_{GS} - V_T \Rightarrow$ mos LIN

$V_u < V_i - V_T$

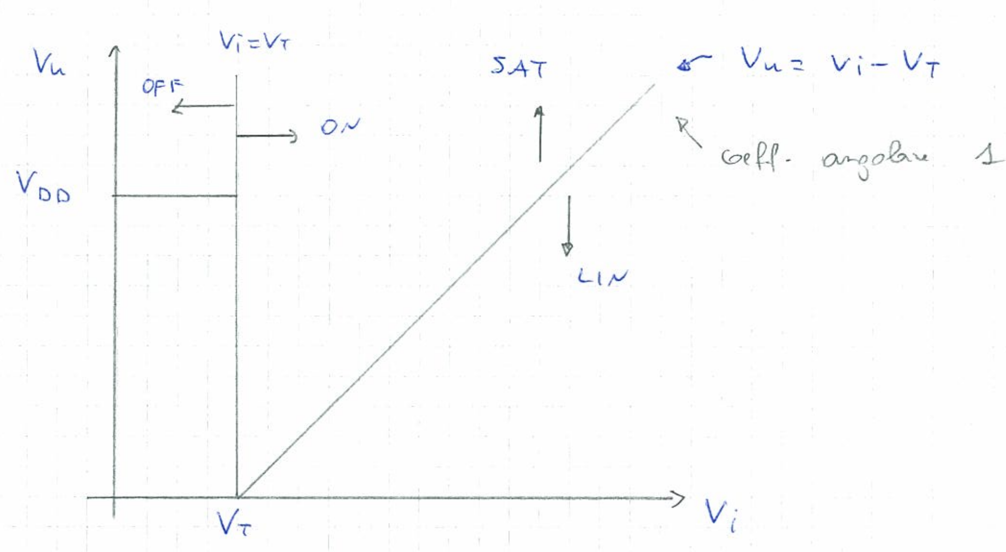
3) $V_i > V_T$

$V_{GS} > V_T \Rightarrow$ mos ON

$V_{DS} > V_{GS} - V_T \Rightarrow$ mos SAT

$V_u > V_i - V_T$

Quindi la separazione fra LIN e SAT si ha per $V_u = V_i - V_T$

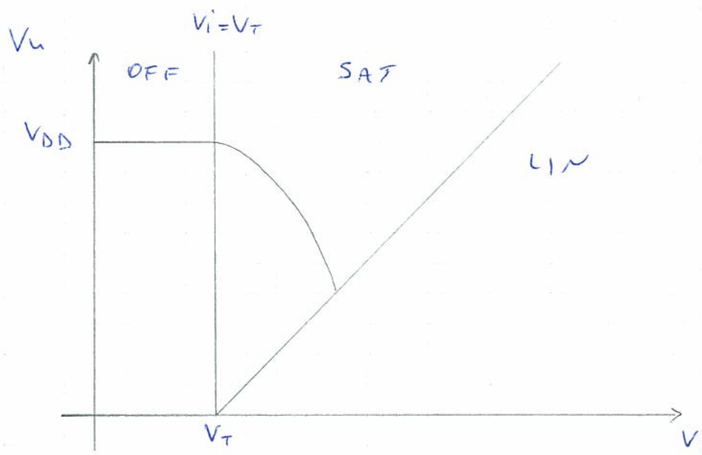


1) Quando MOS OFF sappiamo $V_u = V_{DD}$. Vediamo la dipendenza di V_u da V_i quando il MOS è in saturazione

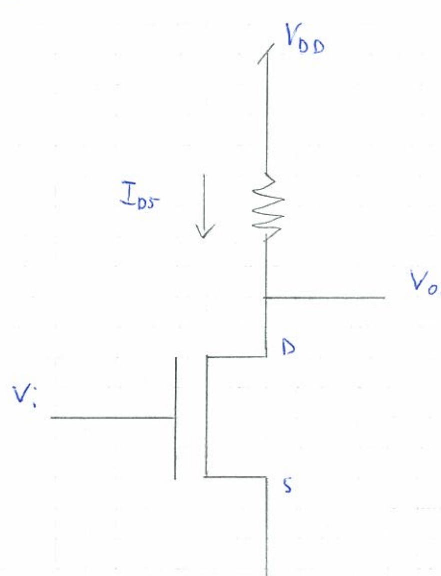
3)
$$I_{DS} = \frac{\beta_n}{2}\left(V_{GS} - V_T\right)^2 = \qquad \text{MOS SAT}$$
$$= \frac{\beta_n}{2}\left(V_i - V_T\right)^2$$

$$V_u = V_{DD} - R\,I_{DS}$$
$$V_u = V_{DD} - R\,\frac{\beta_n}{2}\left(V_i - V_T\right)^2$$

è l'equazione di una parabola con concavità verso il basso.



2) Studiamo il caso lineare



$V_i > V_T$

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

$V_u < V_i - V_T$

$$I_{DS} = \beta_n \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

$$I_{DS} = \beta_n \left[(V_i - V_T) V_u - \frac{V_u^2}{2} \right]$$

$$V_u = V_{DD} - R I_{DS}$$

$$V_u = V_{DD} - R\beta_n \left[(V_i - V_T) V_u - \frac{V_u^2}{2} \right]$$

è difficile trovare V_u in funzione di V_i. Per cui ricaviamo V_i in funzione di V_u poi ribaltiamo il grafico.

$$\frac{V_u - V_{DD}}{R\beta_n} = -V_u \left[V_i - V_T - \frac{V_u}{2} \right]$$

$$\frac{1}{R\beta_n} - \frac{V_{DD}}{R\beta_n V_u} = -\left(V_i - V_T - \frac{V_u}{2} \right)$$

$$V_i = \frac{V_{DD}}{R\beta_n V_u} - \frac{1}{R\beta_n} - V_T - \frac{V_u}{2}$$

$$V_i = \underbrace{\frac{V_{DD}}{R\beta_n V_u}}_{a} + \underbrace{\frac{V_u}{2}}_{b} - \underbrace{\left(\frac{1}{R\beta_n} - V_T \right)}_{c}$$

a - è un iperbole

b - è una retta passante per l'origine con pendenza $1/2$

c - termine costante. È positivo o negativo? $V_T \simeq 0,6$ V. R è molto grande - β_n può variare. Nel complesso possiamo considerare tutto ciò che c'è tra parentesi (con il - davanti) come positivo, anche se in realtà dipende dalla tecnologia (variano i valori di β_n e V_T)