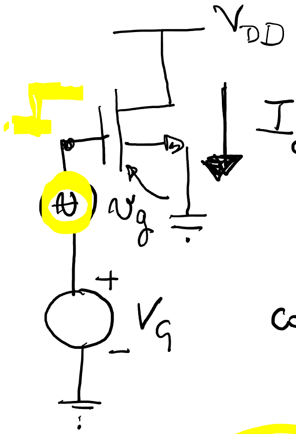
Lezione 9a: transistore MOS: comportamento su segnale nMOS e pMOS e stadio source a massa

mercoledì 1 aprile 2020 10:34



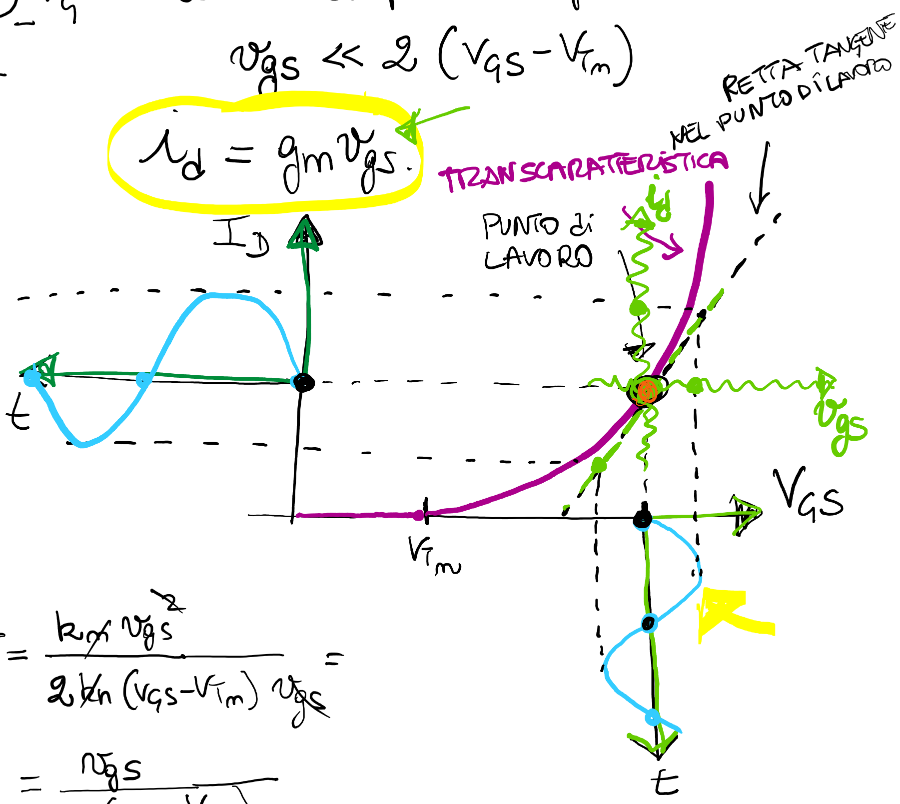
$$I_d = I_D + i_d =$$

$$= \underbrace{k_n (V_{GS} - V_{Tn})^2}_{I_D} + \underbrace{\overbrace{g_m v_{gs}}^{\text{termine lineare}} + k_n v_{gs}^2}_{i_d}$$

condiz. di piccolo segnale:

$$v_{gs} \ll 2 (V_{GS} - V_{Tn})$$

$$i_d = g_m v_{gs}.$$



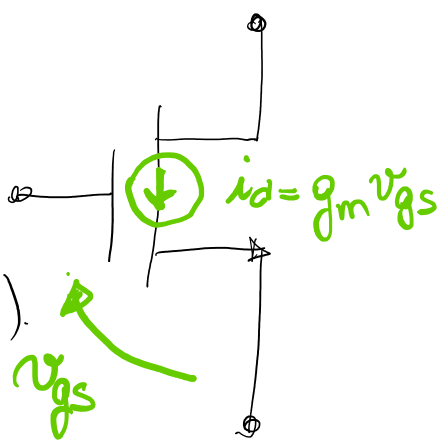
$$\varepsilon = \frac{k_n v_{gs}^2}{2 k_n (V_{GS} - V_{Tn}) v_{gs}} =$$

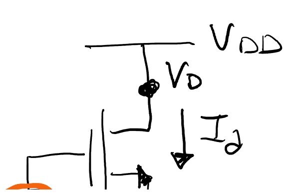
$$= \frac{v_{gs}}{2 (V_{GS} - V_{Tn})}$$

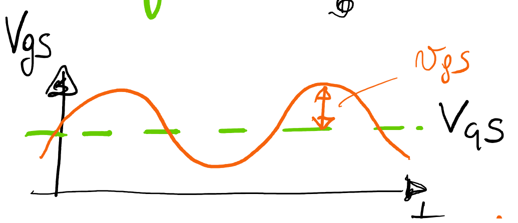
MOS su segnale (polarizzato in zona di saturazione)

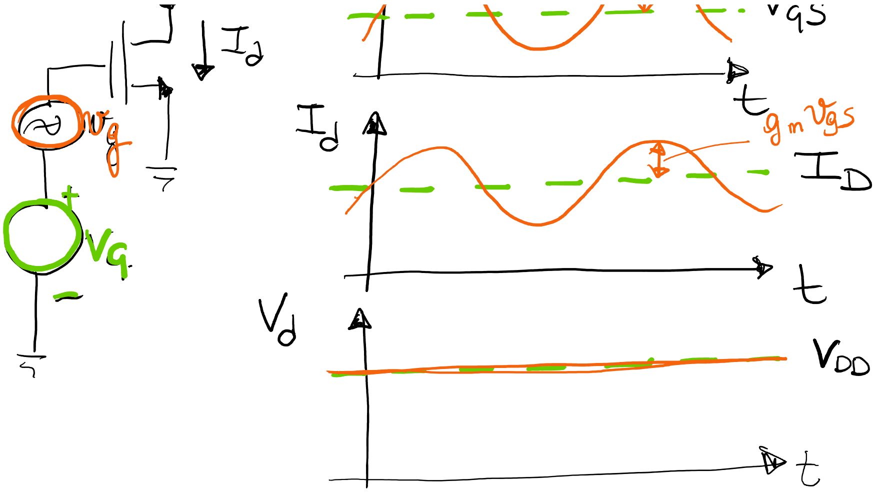
nelle hp di piccolo segnale

$$v_{gs} \ll 2 (V_{GS} - V_{Tn}).$$

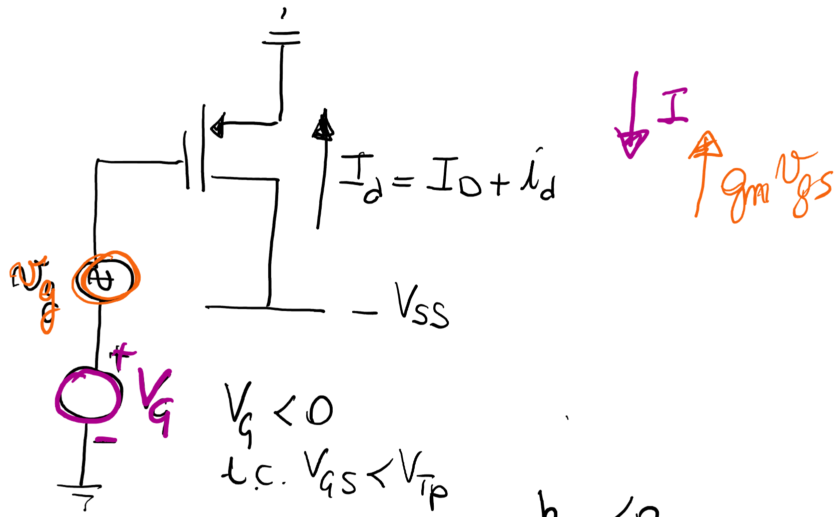








COMPORTAMENTO SU SEGNALE DI UN TRANSISTORE pMOS



$V_G < 0$

i.c. $V_{GS} < V_{Tp}$

$V_{GD} \geq V_{Tp}$

$k_p < 0$

$$I_d = I_D + i_d = k_p \left[V_G + v_g - V_S - v_s - V_{Tp} \right]^2 =$$

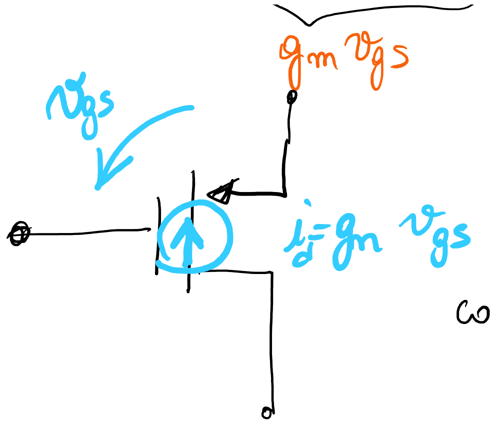
$$= k_p \left[V_{GS} + v_{gs} - V_{Tp} \right]^2 =$$

$$= k_p \left[(V_{GS} - V_{Tp}) + v_{gs} \right]^2 =$$

$$= k_p \left[(V_{GS} - V_{Tp})^2 + 2 v_{gs} (V_{GS} - V_{Tp}) + v_{gs}^2 \right] =$$

$$= \underbrace{k_p (V_{GS} - V_{Tp})^2}_{I_D < 0} + \underbrace{2 k_p (V_{GS} - V_{Tp}) v_{gs} + k_p v_{gs}^2}_{i_d}$$

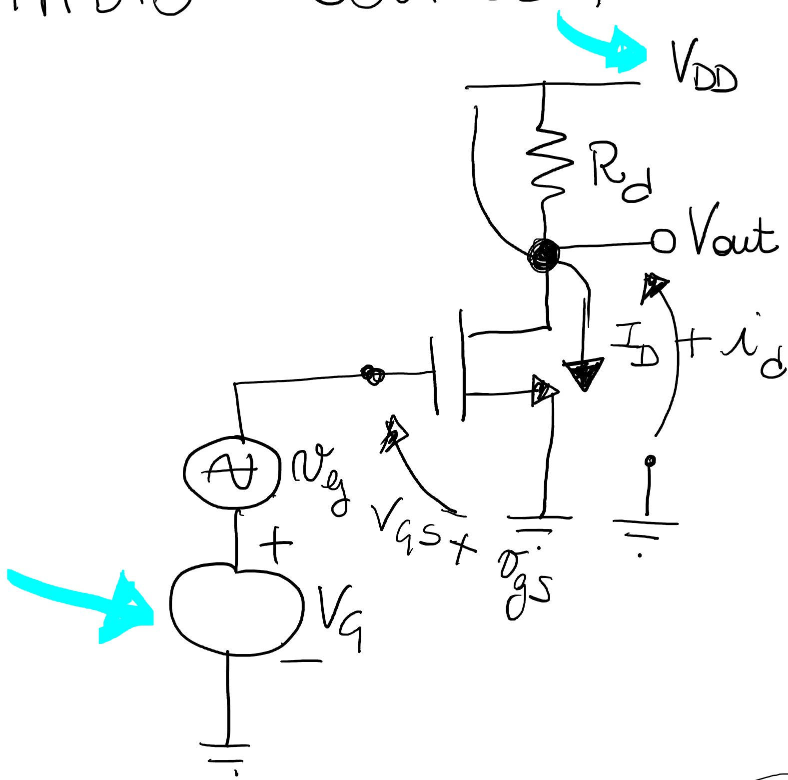
$$i_d = \underbrace{2 k_p (V_{GS} - V_{Tp}) v_{gs}}_{g_m v_{gs}} + k_p v_{gs}^2$$



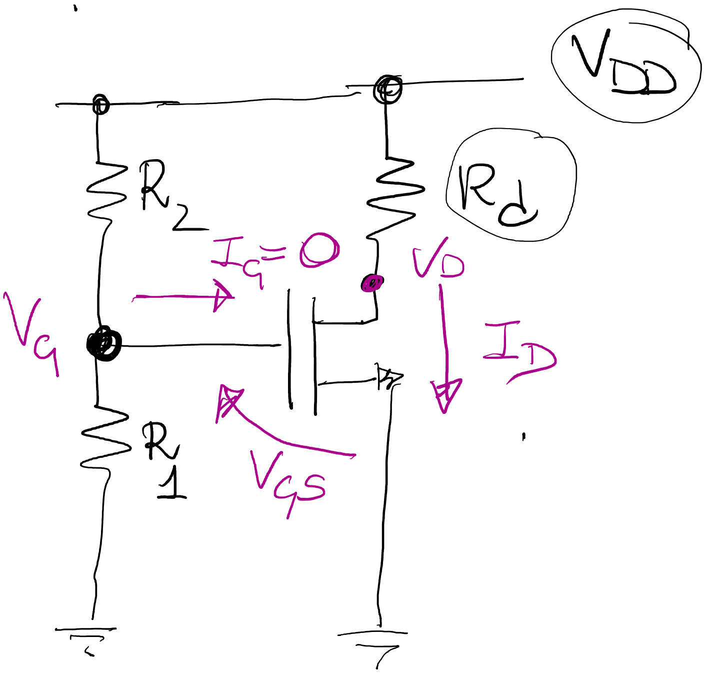
se $v_{gs} \ll 2|(V_{GS}-V_{Tp})|$

comportamento pMOS su segnale "piccolo"

STADIO SOURCE A MASSA (COMMON SOURCE)

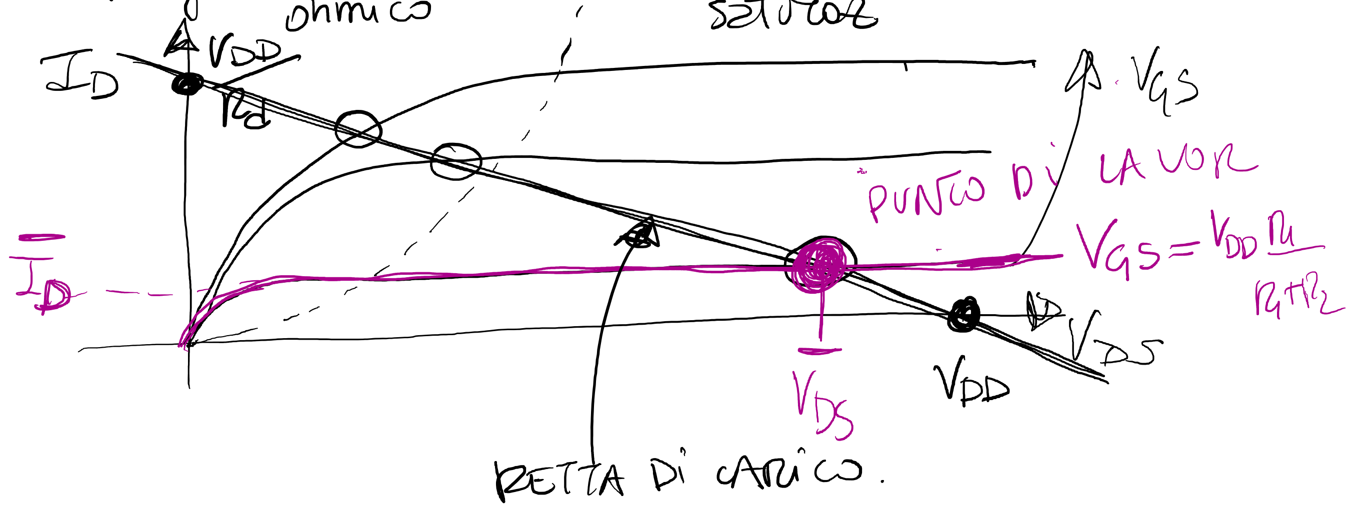


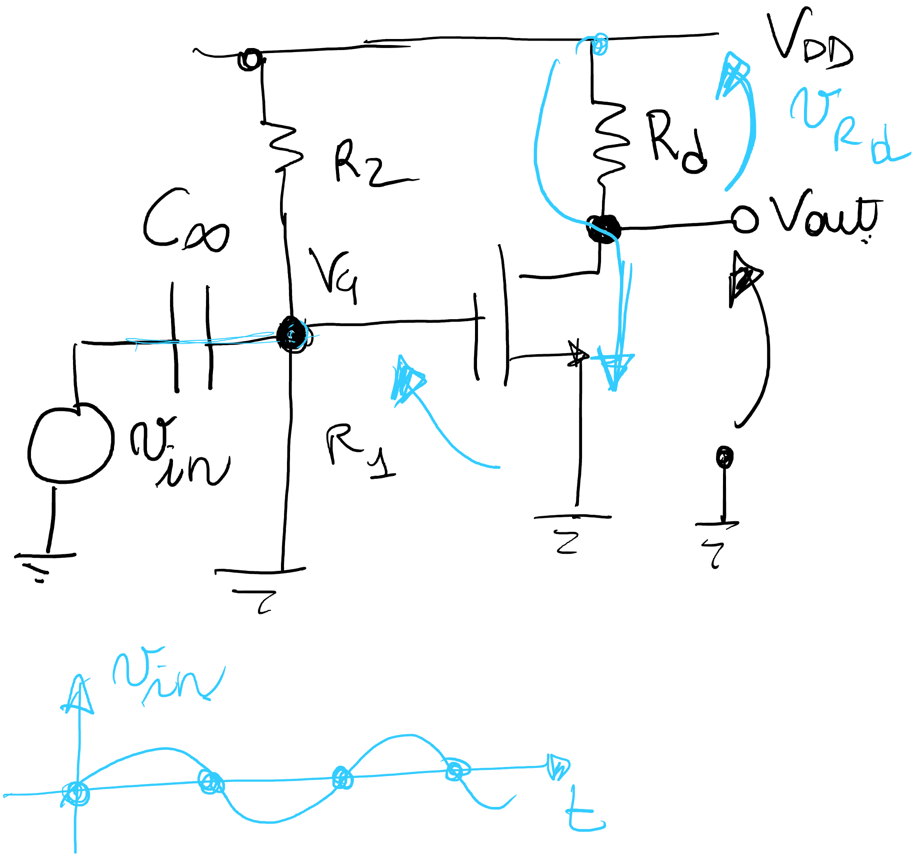
$V_{GS} > V_{Tn}$
$(V_{GD} < V_{Tn})$
MOS SATURO

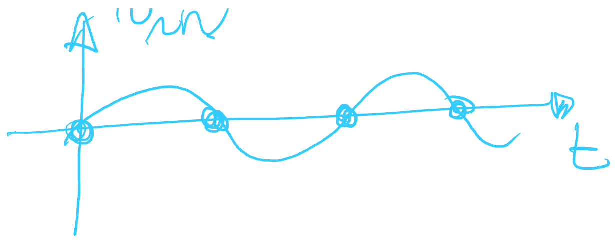


$$
\begin{cases}
V_G = \dfrac{R_1}{R_1+R_2} V_{DD} = V_{GS} \\
I_D = k_n (V_{GS} - V_{Tn})^2 \quad \text{(hp. MOS saturo)} \\
V_D = V_{DD} - R_d I_D
\end{cases}
$$

↳ verifica se MOS saturo $V_{GD} < V_{Tn}$?







C_∞ condensatore con capacità infinita

- $|Z| = \frac{1}{\omega C}$ t.c. $|Z|_{C_\infty} = 0$ tranne che per $\omega = 0$
- circuito aperto in DC $|Z_{C_\infty}|_{DC} = \infty$

$i_d = g_m v_{gs} \Rightarrow V_{out} = V_{DD} - I_d * R_d =$ (pol + segnale)

$= V_{DD} - I_D R_d - i_d R_d =$

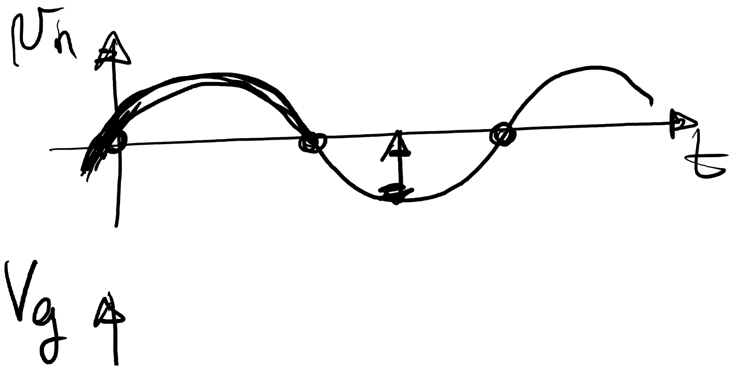
$$= \underbrace{V_{DD} - I_D R_d}_{V_{OUT}} - \underbrace{g_m v_{gs} R_d}_{\text{comp. di segnale}}$$

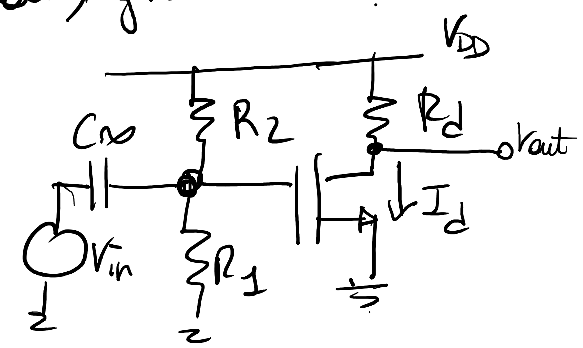
GUADAGNO DI TENSIONE:

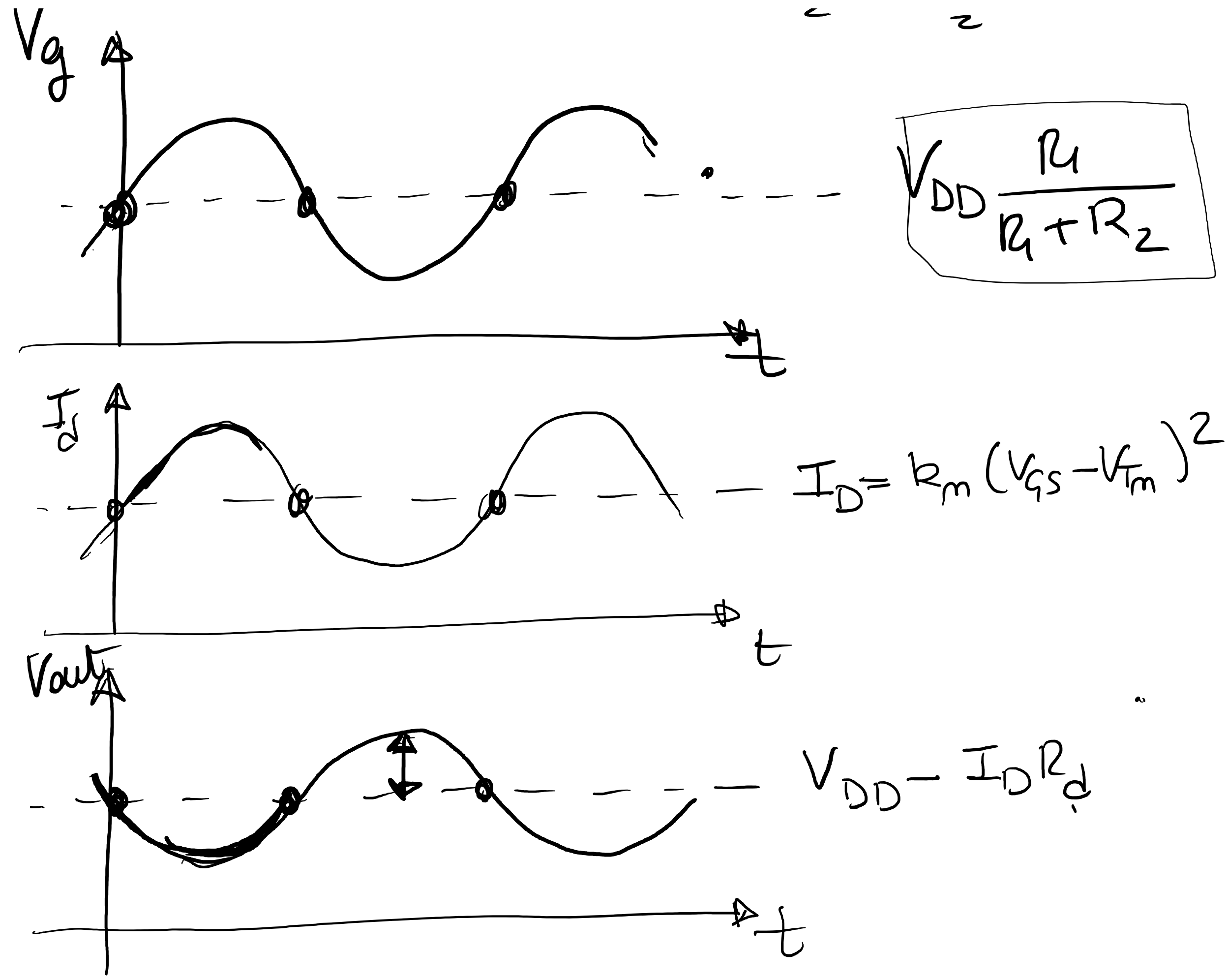
$$G = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{g_m R_d v_{gs}}{v_{in}} = -g_m R_d$$

($v_{gs} = v_{in}$)

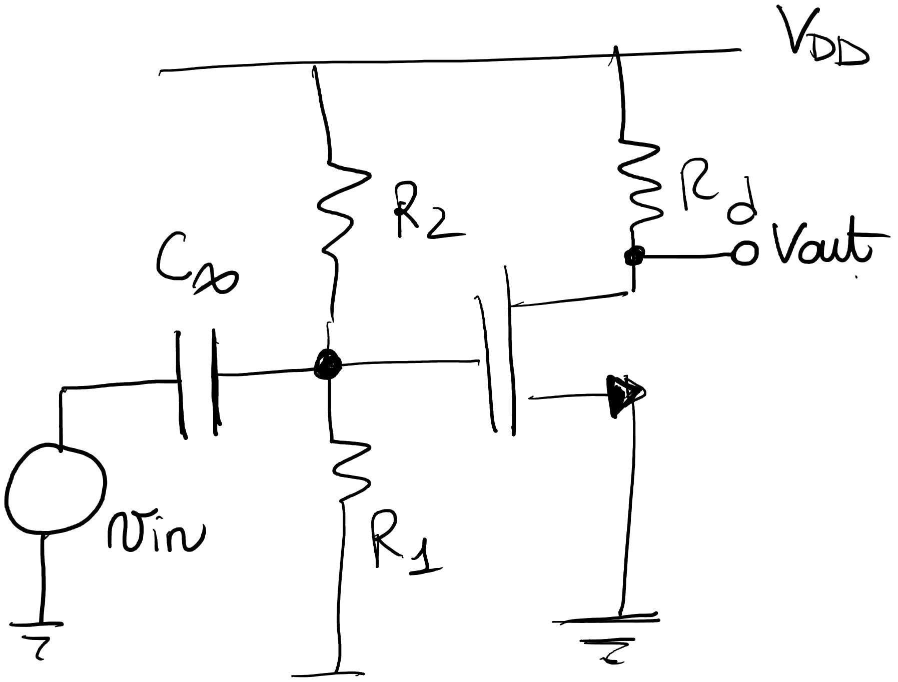
- STADIO INVERTENTE: V_{out} sfasata di 180° rispetto alla tensione di ingresso v_{in}.







$$G \triangleq \frac{v_{out}}{v_{in}} = -g_m R_D$$



STADIO SOURCE MASSA

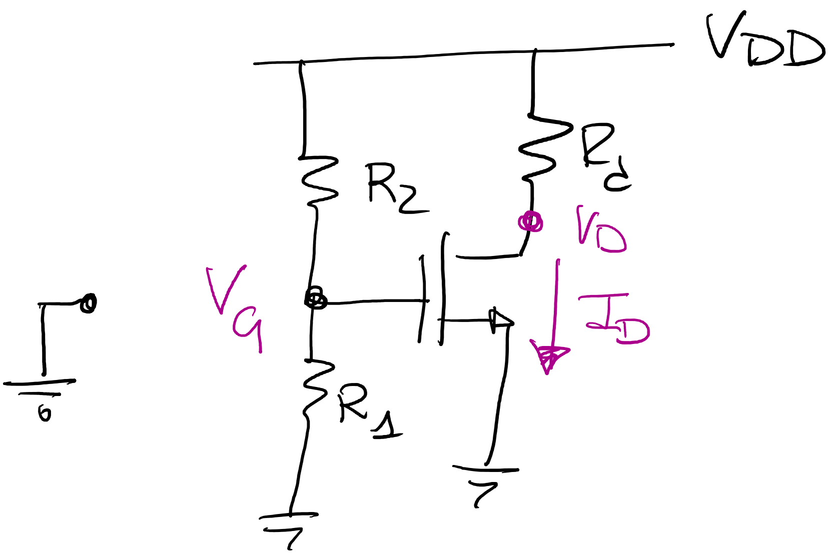
Ⓐ POLARIZZAZIONE — tensioni DC a tutti i nodi e correnti DC in tutti i rami

(A) POLARIZZAZIONE — tensioni DC e ... e correnti DC in tutti i rami

⇓

PUNTO DI LAVORO

1. Spengo i generatori di segnali
2. condensatori sono circuiti aperti
3. Hp MOS operi in zona di saturazione



$$V_G = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{DD} = V_{GS}$$

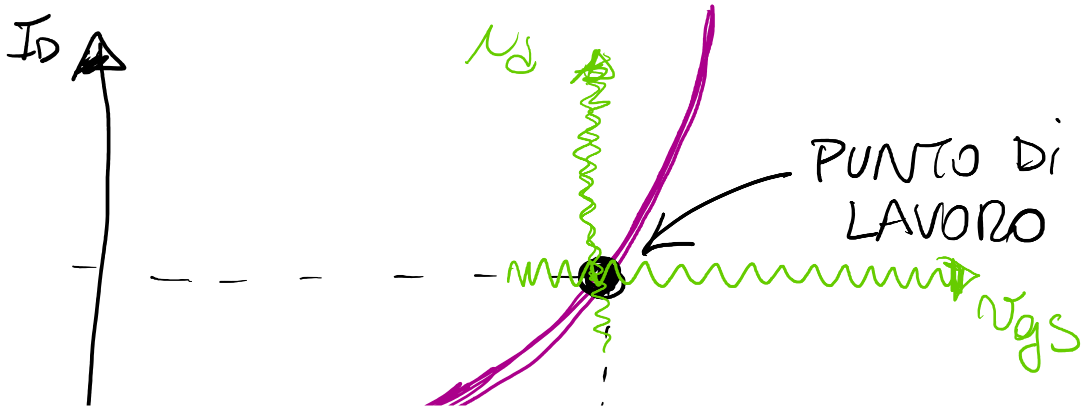
$$I_D = k_m (V_{GS} - V_{Tm})^2$$

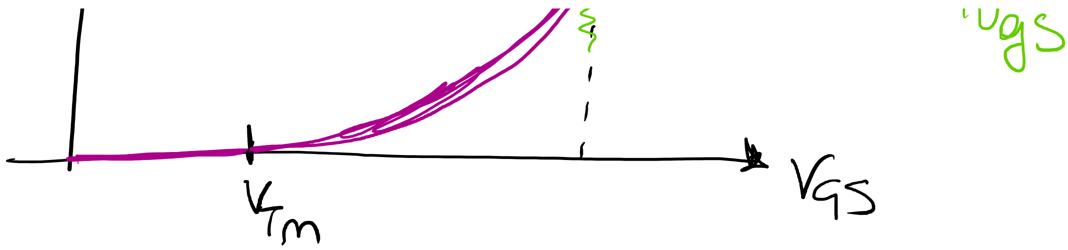
$$V_D = V_{DD} - I_D R_d$$

VERIFICA IPOTESI SATURAZIONE

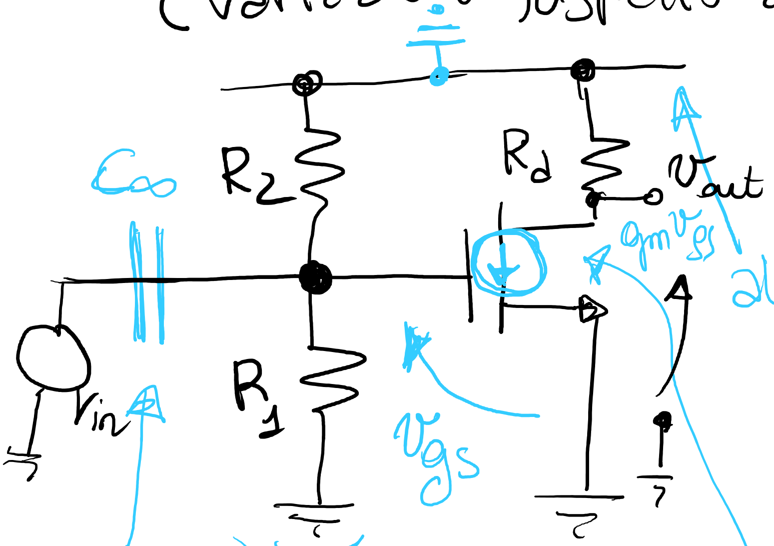
$V_{GD} < V_{Tm}$?

- sì → ok questo è lo p.d.
- No → il MOS non è saturo $I_D \neq k_m (V_{GS} - V_{Tm})^2$





(B) ANALISI SU (PICCOLO) SEGNALE
(variazioni rispetto al punto di lavoro)



CIRCUITO SU segnale

alimentazione non varia su segnale → è come se fosse massa

corto circuito

R_1 e R_2 sono in parallelo tra loro

MOS si comporta come un generatore di corrente pilotato dalla tensione di segnale v_{gs} di valore
$i_d = g_m v_{gs}$
da drain a source

$$v_{out} = -i_d R_d$$

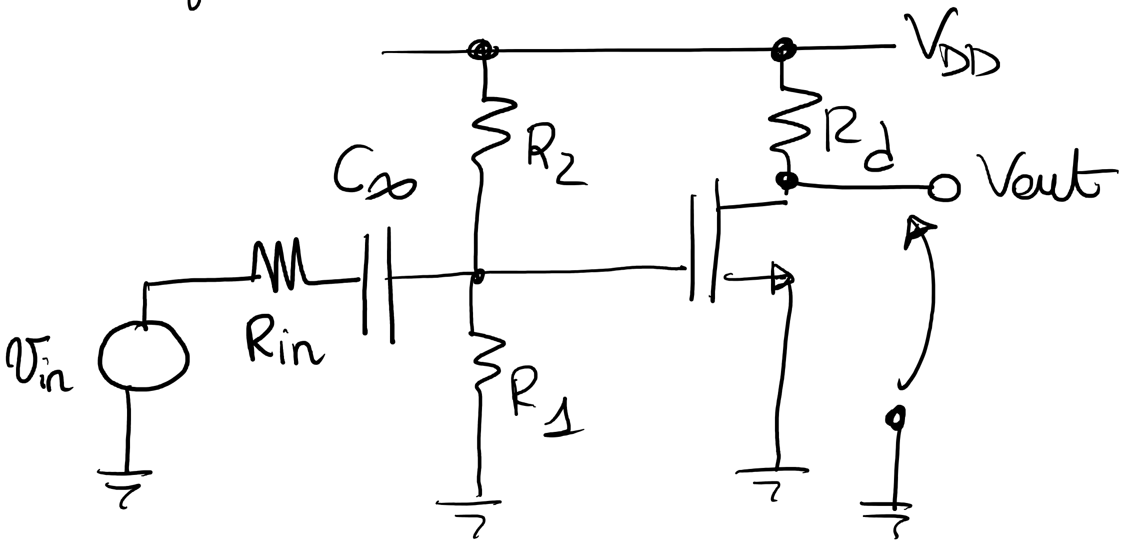
$$i_d = g_m v_{gs} \qquad v_{gs} = v_{in}$$

$$v_{out} = -g_m R_d v_{gs} = -g_m R_d v_{in}$$

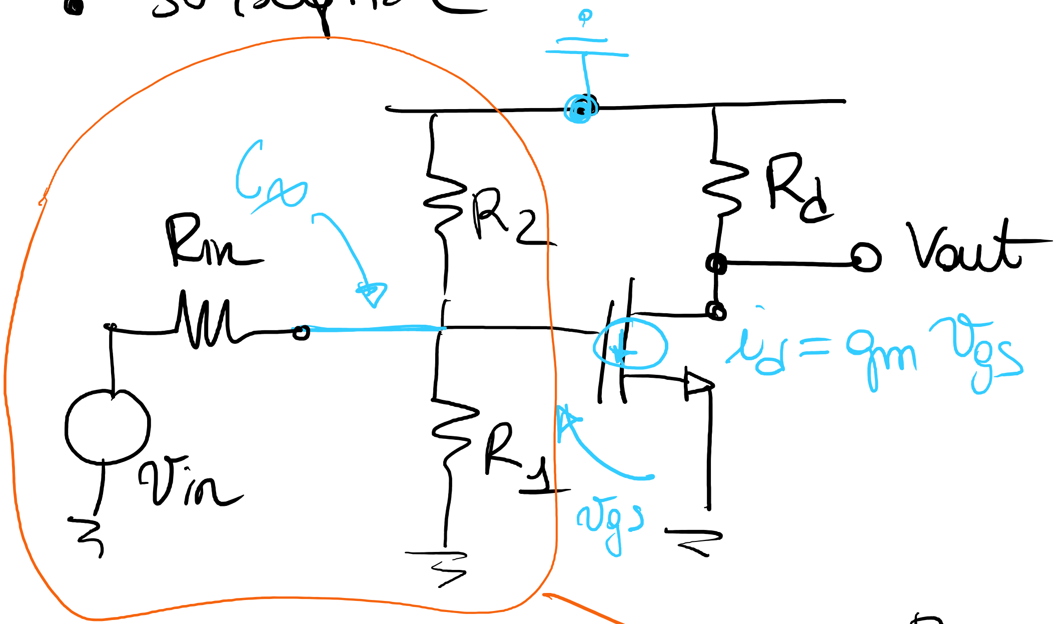
$$G \triangleq \frac{v_{out}}{v_{in}} = -g_m R_d$$

Se il generatore di segnale fosse un ...

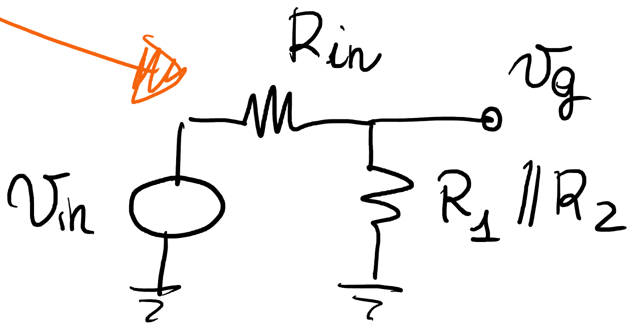
Se il generatore di segnale fosse un generatore reale di tensione?



- in polarizzazione non cambia nulla
- su segnale



$v_{gs} \neq v_{in}$



$$v_g = \frac{R_1 // R_2}{R_{in} + R_1 // R_2} v_{in}$$

$$v_{out} = -\underbrace{\frac{R_1 \parallel R_2}{R_{in} + R_1 \parallel R_2}}_{\text{partizione in ingresso}} \cdot g_m \cdot R_d \, v_{in}$$