

① POLARIZZAZIONE

TUTTE LE CAPACITÀ SONO CIRCUITI APEZITI.

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * 20V + (-10V) = +1.5V ; I_{DIV} = \frac{20V}{20k\Omega} = 1\mu A$$

CALCOLO DELLA CORRENTE DI DRAIN (H.P. MOSFET SATURI)

$$\begin{cases} I_D = k (V_{GS} - V_T)^2 \\ V_G = V_{GS} + 2I_D R_S \end{cases}$$

$$1.5 = V_{GS} + 10 (V_{GS}^2 - 2V_{GS}V_T + V_T^2)$$

$$1.5 = V_{GS} + 10V_{GS}^2 - 10V_{GS} + 0.25 * 10$$

$$10V_{GS}^2 - 9V_{GS} - 9 = 0$$

$$V_{GS} = \frac{+9 \pm \sqrt{81 + 360}}{20} = \begin{cases} \frac{+9-21}{20} = -0.6 < V_T \text{ NON ACC.} \\ \frac{+9+21}{20} = 1.5 \text{ OK } (> V_T) \end{cases}$$

$$\hookrightarrow I_D = 500\mu A/V^2 * (1.5V - 0.5V)^2 = 500\mu A ; g_m = 1mS$$

$$\text{AFFINCHÉ } V_C = V_D = +3V \Rightarrow V_{DD} - I_D R_D = +3V$$

$$\hookrightarrow R_D = \frac{V_{DD} - 3V}{I_D} = 14k\Omega$$

QUESTA SCELTA DELLA RESISTENZA GARANTISCE CHE I MOSFET OPERINO IN SATURAZIONE.

② GUADAGNO DIFFERENZIALE A MEDIA FREQUENZA

IL MODO TRA I SOURCE NON SI MUOVE SU SEGNALE

$$i_d = (v_{G1} - v_G) / \left(\frac{1}{g_m} + \frac{1}{g_m} \right) \frac{R_1 || R_2}{R_{in} + R_1 || R_2}$$

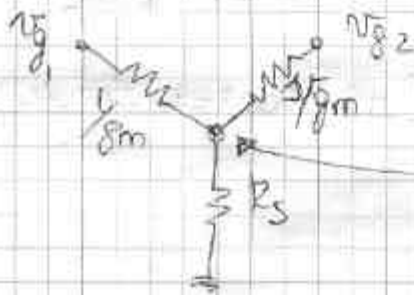
$$(v_C - v_D) = -i_d * 2R_D = -\frac{g_m}{2} (v_{G1} - v_G) * 2R_D \frac{R_1 || R_2}{R_{in} + R_1 || R_2}$$

$$A_{MF} = \frac{v_C - v_D}{v_{G1} - v_G} = -g_m R_D \frac{R_1 || R_2}{R_{in} + R_1 || R_2}$$

$$= -1mA/V * 14k\Omega * \frac{41.5M\Omega || 8.5M\Omega}{11.5M\Omega || 8.5M\Omega + 10k\Omega} = -13.97$$

③ GUADAGNO DI MODO COMUNE A MEDIA FREQUENZA

$$v_{g1} = \frac{R_1 \parallel R_2}{R_{in} + R_1 \parallel R_2} v_a \quad , \quad v_{g2} = \frac{R_1 \parallel R_2}{R_{in} + R_1 \parallel R_2} v_b$$



$$v_s = \frac{R_S \parallel \frac{1}{g_m}}{\frac{1}{g_m} + R_S \parallel \frac{1}{g_m}} v_{g1} + \frac{R_S \parallel \frac{1}{g_m}}{\frac{1}{g_m} + R_S \parallel \frac{1}{g_m}} v_{g2}$$

$$= \frac{R_S \parallel \frac{1}{g_m}}{\frac{1}{g_m} + R_S \parallel \frac{1}{g_m}} (v_{g1} + v_{g2})$$

↳ $i_d = \frac{v_s}{2R_S}$ assumendo $v_a = v_b$

↓ $v_{out, CM} = \frac{v_c + v_d}{2} = -i_d R_D = - \frac{R_D (R_S \parallel \frac{1}{g_m}) / 2R_S (v_a + v_b)}{\frac{1}{g_m} + R_S \parallel \frac{1}{g_m}} \cdot \frac{R_1 \parallel R_2}{R_{in} + R_1 \parallel R_2}$

$$= - \frac{R_1 \parallel R_2}{R_{in} + R_1 \parallel R_2} \cdot \frac{R_D}{2R_S} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_S + \frac{1}{g_m}}{R_S}} (v_a + v_b)$$

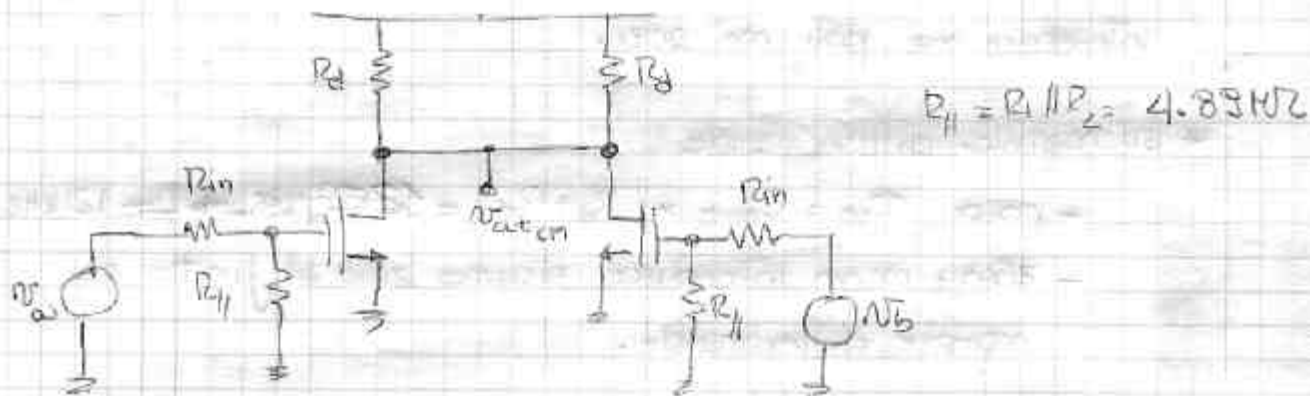
$$= - \frac{R_1 \parallel R_2}{R_{in} + R_1 \parallel R_2} \cdot \frac{R_D}{2R_S} \cdot \frac{R_S}{R_S + R_S + \frac{1}{g_m}} \cdot (v_a + v_b) =$$

$$= - \frac{R_1 \parallel R_2}{R_{in} + R_1 \parallel R_2} \cdot \frac{g_m R_D}{1 + 2g_m R_S} \cdot \frac{(v_a + v_b)}{2}$$

↳ $A_{CM, MF} = - \frac{R_1 \parallel R_2}{R_{in} + R_1 \parallel R_2} \cdot \frac{g_m R_D}{1 + 2g_m R_S} = -0.665$

④ AD ALTA FREQUENZA C_S E C_{out} SONO UN CORTO CIRCUITO, QUINDI v_c E v_d SONO CORTOCIRCUITATE TRA LORO E $v_{diff, HF} = 0$

⑤ AD ALTA FREQUENZA SIA C_S CHE C_{out} SONO UN CORTOCIRCUITO. IL CORTO CIRCUITO DI C_S RENDE INDIPENDENTI I DUE RAMI DELLO STADIO CHE CESSA DI ESSERE UNO STADIO DIFFERENZIALE



$$N_{out,cm} = -\frac{R_{in}}{R_{in} + R_{in}} \cdot g_m R_d = -13.97$$

$$\textcircled{6} \text{ CMRR} = \frac{|G_{DM}|}{|G_{CM}|}$$

$$\left(\text{CMRR}\right)_{HF} = \frac{13.97}{0.665} = 21 \Rightarrow \text{CMRR}_{HF} \Big|_{dB} = 26.5 \text{ dB}$$

$$\left(\text{CMRR}\right)_{LF} = \frac{0}{13.97} = 0$$

⑦

- C_{in} : - polo $\tau = C_{in} [R_{in} + R_{in}] = 23 \text{ ms} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\tau} = 6.9 \text{ Hz}$
- zero nell'origine

- C_s : * segnale differenziale non conta perché, situato tra due punti, il cui potenziale non varia, quindi non introduce né poli né zeri

* su segnale di modo comune:

$$\text{- polo: } \tau_p = C_s [R_s || \frac{1}{g_m} || \frac{1}{g_m}] = 476 \text{ ns}$$

$$\hookrightarrow f = 334 \text{ kHz}$$

$$\text{- zero: } \tau_z = C_s \times R_s = 10 \mu\text{s} \rightarrow f = 15.9 \text{ kHz}$$

- C_{out} : * su segnale di modo comune non conta perché

non varia il potenziale ai suoi capi, quindi non introduce né poli né zeri.

* su segnale differenziale:

- polo $\tau_p = C_{out} * (R_d + R_s) = 1,32 \mu s \rightarrow f = 121 \text{ kHz}$
- C_{out} non introduce alcuno zero al finito su segnale differenziale.