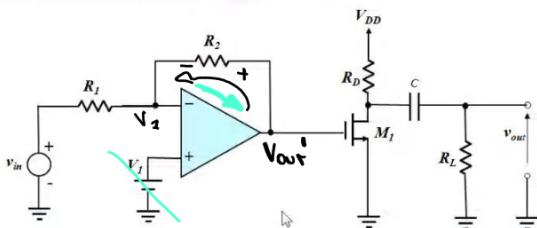


Del circuito seguente, con  $V_I$  un generatore di tensione costante e  $v_{in}$  un generatore di tensione di piccolo segnale.

- 1) Calcolare il punto di lavoro in continua del transistor  $M_I$ ;
- 2) Calcolare il guadagno di tensione  $A_v = v_{out}/v_{in}$ .



OA ideale con  $L^+ = -L^- = 12V$   $M_I = (K = 0,5 \text{ mA/V}^2; V_T = 1 \text{ V}; \lambda = 0)$

$$\begin{array}{lll} V_1 = 1 \text{ V} & V_{DD} = 12 \text{ V} & C = \infty \\ R_1 = 1 \text{ k}\Omega & R_2 = 2 \text{ k}\Omega & R_L = 4 \text{ k}\Omega \end{array}$$

GENNAIO  
2022

ANNULLA COMP. V<sub>IN</sub> A MASSA

condensatori APERTI

## ① ANALISI STATICA

$$V_1 = V^+ = V^- = 3 \text{ Volt}$$

$$V_{out}' - R_2 I_2 = V_1 \rightarrow V_{out}' = V_1 + R_2 I_2 = V_1 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 3 \text{ Volt} = V_G = V_{GS}$$

$$V_O = V_{DD} - I_D R_D = 12 - 2 \cdot 4 = 12 - 8 = 4 \text{ V}$$

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 = \frac{1}{2} (2)^2 = \frac{4}{2} = 2 \text{ mA}$$

SUPPOSTA  
CONTRO SATURAZIONE

$$\textcircled{1} \quad V_{GS} > V_T \quad 3 > 1 \quad \text{OK}$$

$$\textcircled{2} \quad V_{GS} > V_{GS} - V_T \quad 4 > 2 \quad \text{OK}$$

$\rightarrow M_I$  È IN Saturazione

Il punto di lavoro è dato da

$$\{ V_{GS} = 3 \text{ V}, V_{DS} = 4 \text{ V}, I_D = 2 \text{ mA} \}$$

$$g_m = 2K(V_{GS} - V_T) = 2$$

## ② ANALISI PER PICCOLI SEGNALI

- ANNULLA COMP. CONDENSATORI ( $V_1$  è  $V_{in}$  A MASSA)
- COND. C.C.

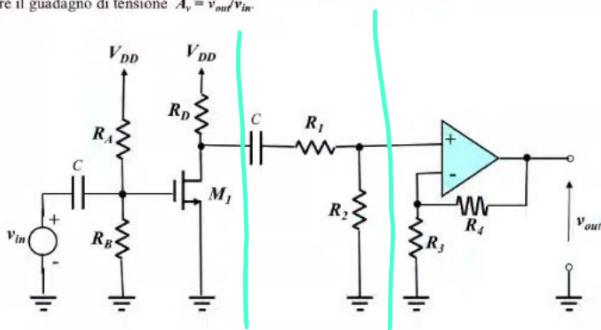
$$A = A_{\text{Amp}} \cdot A_{\text{transistor}}$$

$$A_{\text{transistor}} = -g_m R_{eq} = -g_m R_D / R_L = -2 \frac{16}{8} = -4$$

$$A_{\text{Amp}} = -\frac{R_2}{R_1} = -2$$

$$A_{\text{TOT}} = -2 \cdot -4 = +8$$

Del circuito seguente, con  $v_{in}$  un generatore di tensione di piccolo segnale, calcolare il guadagno di tensione  $A_v = v_{out}/v_{in}$ .



OA ideale con  $L^+ = -L^- = 12V$

$M_I = (K = 0,5 \text{ mA/V}^2; V_T = 1 \text{ V}; \lambda = 0)$

$V_{DD} = 10 \text{ V}$

$C = \infty$

$R_A = 7 \text{ k}\Omega; R_B = 3 \text{ k}\Omega; R_D = 2 \text{ k}\Omega; R_I = 1 \text{ k}\Omega; R_2 = 1 \text{ k}\Omega; R_3 = 1 \text{ k}\Omega; R_4 = 9 \text{ k}\Omega$

FEBBRAIO  
2022

ANALISI IN CONTINUA

GÉNANZON VANZABIN NOL TUMPO  
A MASSA (V<sub>m</sub> A MASSA)

CONDENSATORI APERTI →

$$V_G = V_{DD} \frac{R_B}{R_B + R_A} = 10 \frac{3}{3+7} = 3 \text{ V} = V_{GS}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 10 - 6 = 6 \text{ V} =$$

$$I_D = k (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{1}{2} 4 = 2 \text{ mA}$$

CONTROCCORSO SATEURATO

$V_{GS} > V_T$  OR  $V_{GS} > V_{GS} - V_T$  OK  $M_S$  È SATURATO

$$I_m = 2k (V_{GS} - V_T) = 2$$

ANALISI AL PUNTO DI VIESCA DEL SEGNALE

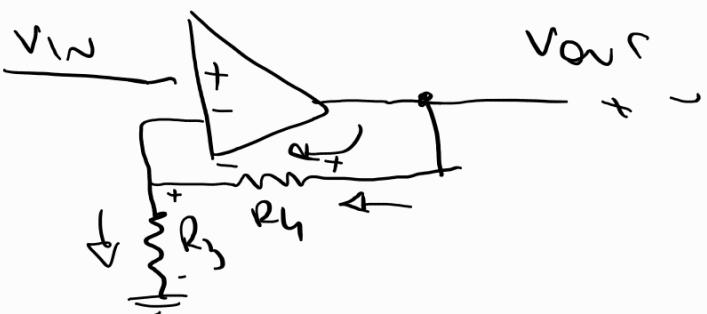
:  $V_{DD}$  A MASSA E CONDENS. CHIUSI

$A_1 = -g_m R_D = -4 = \frac{\text{GUADAGNO}}{\text{NOL TUMPO}}$   
CON CIRCUITO GUADAGNO DOLLO 2 RESISTENZE

$$A_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

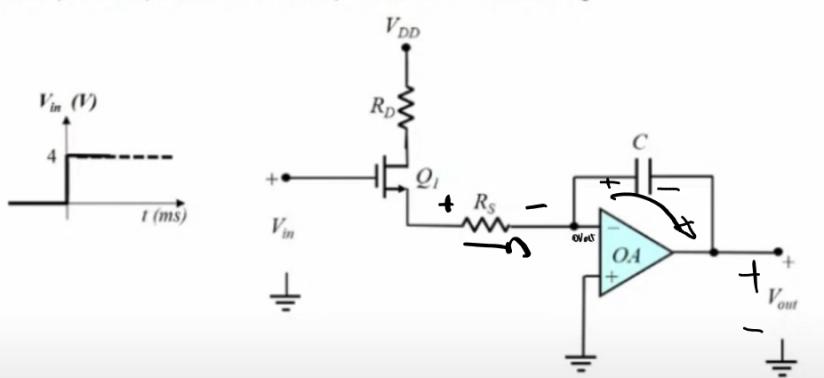
$$A_3 = 1 + \frac{R_4}{R_3} = 50$$

$$A_{TOTALE} = -20$$



Del circuito seguente, considerando in ingresso il gradino di tensione riportato in figura, e considerando l'op-amp ideale, calcolare e graficare (indicando i valori di tensione e gli istanti di tempo corretti) l'andamento nel tempo della tensione di uscita  $V_o$ .

APRIL 5  
2022



OA ideale con  $L^+ = -L^- = 10V$   $Q_I = (K = 0,25 \text{ mA/V}^2; V_T = 1 \text{ V}; \lambda = 0)$

$V_{DD} = 10V$   $R_D = 5 \text{ k}\Omega$   $R_S = 1 \text{ k}\Omega$   $C = 1\mu\text{F}$

$$\text{per } t < 0 \quad V_{in} = 0V = V_G$$

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

$$V_S = I_S R_S$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = -V_S$$

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 = K(-V_S - V_T)^2 =$$

$$I_D = K(-I_S R_S - V_T)^2$$

$$4I_D = (-I_S - 1)^2$$

$$\cancel{4I_D} = I_S^2 + 1 + 2I_S - 4I_D \\ = I_S^2 - 2I_S + 1 \quad I_S = 1$$

$$V_D = 10 - 5 = 5 \text{ Volt}$$

$$V_S = 5 \text{ Volt} \quad V_{GS} = -1 < V_T$$

NON È IN SATURAZIONE

QUINDI  
È SICURAMENTE  
IN REGOLAZIONE

$$I_D = 0 = I_S \quad V_{out} = 0$$

$$\text{per } t > 0 \quad V_{in} = 4 = V_G$$

$$V_S = I_S R_S \quad V_{GS} = 4 - V_S = 4 - I_S R_S$$

$$\cancel{4I_D} = (4 - I_S - V_T)^2 = (3 - I_S)^2 = 9 + I_S^2 - 6I_S - 4I_S$$

$$= I_S^2 - 30I_S + 9 \quad \sqrt{\Delta} = 8 \quad I_{S1}, I_{S2} = \frac{10 \pm 8}{2} < 9 \text{ mA}$$

$$V_S = 1V \quad V_{GS} = 3 \text{ Volt} > V_T$$

$$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D - V_S = 1 > 2$$

OK → M1 ON  
OK → M2 OFF

COMMENCE  $I = 1 \text{ mA}$  IN THE RCL CIRCUIT.  
THIS MEANS  $\omega$  COULD BE  $\sqrt{\frac{1}{L}} = \infty$   
OR  $\tau = CR_{\text{eq}} = \infty$

$$V_{\text{out}} = -V_C(+)= -\frac{Q}{C} =$$

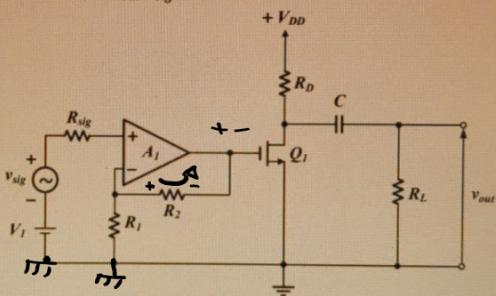
$$-\frac{1 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-6}} = -1 \cdot 10^3 \text{ A}$$

$I_{\text{out}}$



$t$

Dato il circuito seguente in cui  $v_{sig}$  è un generatore di piccolo segnale, determinare il valore di  $R_D$  per avere un guadagno di tensione  $A_v = v_{out}/v_{sig} = -12$ .



$A_f$  ideale, con  $L^+ = L^- = 12$ ;

$$R_I = 1 \text{ k}\Omega;$$

$$V_I = 1 \text{ V}$$

$Q_1$ :  $V_T = 1 \text{ V}$ ;  $K = 0,5 \text{ mA/V}^2$ ;  $\lambda = 0$ ;

$$R_2 = 2 \text{ k}\Omega;$$

$$V_{DD} = 12 \text{ V};$$

$$R_{sig} = 1 \text{ k}\Omega;$$

$$C = \infty$$

MAGGI 0  
2022  
VOGLIO  
A LUGLIO 2020

### ① ANALISI IN CONTINUA

$$V_S = V^+ = V^-$$

$$V_{DS} - R_2 I_2 = V_S$$

$$V_{DS} = V_G = V_S + R_2 I_2 = V_S \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = V_S = 3 \text{ Volt}$$

$$V_{DS} = V_G = 3 \text{ Volt} > V^+$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D \quad I_D = K (V_{DS} - V_T)^2 = 2 \text{ mA}$$

$$I_m = 2K (V_{DS} - V_T) = 2$$

### ② ANALISI PICCOLI SEGNALI

- $V_S, V_{DS}$  A MASSA
- CONSIDERAZIONI

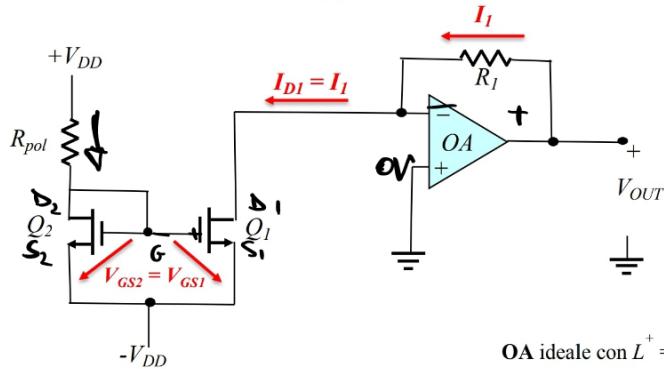
$$A_1 = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 3$$

$$A_2 = -2m \frac{R_L}{R_D} = -2m \frac{R_L R_D}{R_L + R_D} =$$

$$A_1 \cdot A_2 = 12$$

$$R_D = 4$$

Del circuito seguente, determinare il valore della resistenza  $R_{pol}$  per avere una tensione di uscita in continua  $V_{OUT} = +5V$ .



OA ideale con  $L^+ = -L^- = 10V$   
 $Q_1 = Q_2 \Rightarrow (K = 0,5 \text{ mA/V}^2; V_T = 1 \text{ V}; \lambda = 0)$   
 $V_{DD} = 5V \quad R_f = 2,5 \text{ k}\Omega$

G 10 g n o  
 Q Q Q Q

$$V_{out} - R_f I_S = 0$$

$$\frac{V_{out}}{R_f} = I_S = 2,5 \text{ mA} = I_{D1}$$

### ANALISI DI Q1

$$V_{DS1} = 0 \text{ Volt} \quad V_{SS1} = -V_{DD}$$

$$V_{DS1} = 0 + V_{DD} = 5 \text{ Volt} > V_T$$

Se  $Q_1$  è saturato

$$I_D = K(V_{GS1} - V_T)^2 =$$

$$K = (V_{GS1} - 1)^2 = V_{GS1}^2 + 1 - 2V_{GS1} - 1 \\ V_{GS1}^2 - 2V_{GS1} - 3 = (V_{GS1} - 3)(V_{GS1} + 1)$$

$$\text{Quindi } V_{GS1} = 3 \text{ Volt} \quad (\text{per condizioni di saturazione})$$

$$V_{GS1} = V_{G1} - V_{SS1} = V_{G1} + V_{DD} = 3 \text{ Volt}$$

$$\text{Per } V_{G1} \quad V_{G1} = 3 - V_{DD} = 3 - 5 = -2 \text{ Volt}$$

### ANALISI DI Q2

$$V_D = V_{GS2} - V_{G2} = V_{DD} - I_{D2} R_D = 5 - I_{D2} R_D$$

$$I_{D2} = (V_{GS2} - V_T)^2 = \frac{(3 - 1)^2}{2} = 2 \text{ mA}$$

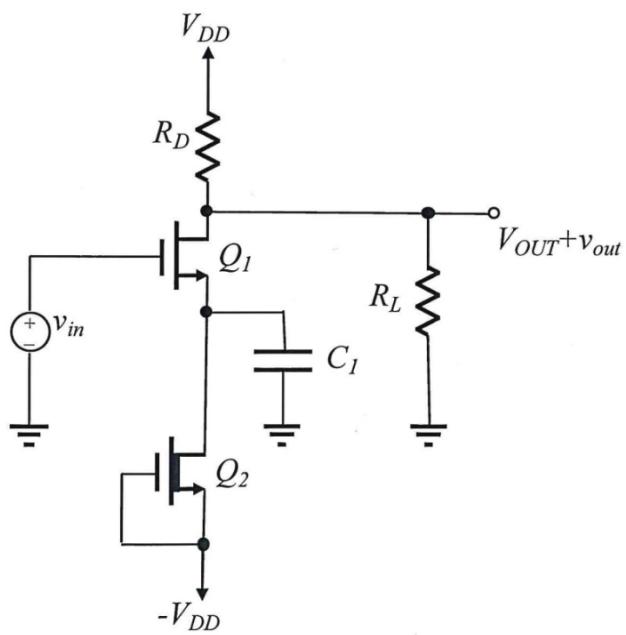
$$V_{GS2} = 3 \text{ Volt}$$

SONO GLI  
 STESSI VALORI  
 DI Q1 PER  
 RIGGONO DUE  
 SPECCHIO DI  
 CORRENTE

$$R_D = \frac{5 - V_D}{I_{D2}} = \frac{5 + 2}{2} = \frac{7}{2} \text{ k}\Omega$$

1) Dato il circuito di figura, in cui  $v_{in}$  è un generatore di piccolo segnale determinare:

- a) il punto di lavoro dei MOSFET;
- b) il valore di  $V_{OUT}$  in continua;
- c) il guadagno di tensione  $v_{out}/v_{in}$  a centro banda;



luigero  
2022

$$Q_1 = \{k_1 = 1 \text{ mA/V}^2, V_{t1} = 2 \text{ V}, \lambda = 0\},$$

$$Q_2 = \{k_2 = 0,25 \text{ mA/V}^2, V_{t2} = -2 \text{ V}, \lambda = 0\}$$

$$V_{DD} = 10 \text{ V}, \quad R_D = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_L = 10 \text{ k}\Omega, \quad C_I \rightarrow \infty$$

## CONTINUA

$$V_{G_{S_1}} = 0 \text{ V} \quad V_{G_{S_2}} = 0 \text{ V} \quad V_{S_2} = -10 \text{ V}$$

$$I_{D_1} = I_{D_2} = K_2 (V_{G_{S_2}} - V_{T_2})^2 = 0,25 (0-2)^2 = 1 \text{ mA}$$

$$I_{D_1} = K_1 (V_{G_{S_1}} - V_{T_1})^2 = 1 (V_{G_{S_1}} - 2)^2 = 1 \text{ mA} \Rightarrow V_{G_{S_1}} = 3 \text{ V}$$

$$V_{S_1} = V_{D_2} = -3 \text{ V}$$

$$V_{D_{S_2}} = V_{D_2} - V_{S_2} = -3 - (-10) = 7 \text{ V} > V_{G_{S_2}} - V_{T_2} = 2 \quad Q_2 \text{ SATURADO}$$

$$\text{uodo } D_2 \rightarrow I_{R_D} = I_{D_2} + I_L \rightarrow \frac{V_{D_D} - V_{D_2}}{R_D} = I_{D_2} + \frac{V_{D_1}}{R_L} \Rightarrow \frac{10 - V_{D_2}}{10} = 1 + \frac{V_{D_1}}{10}$$

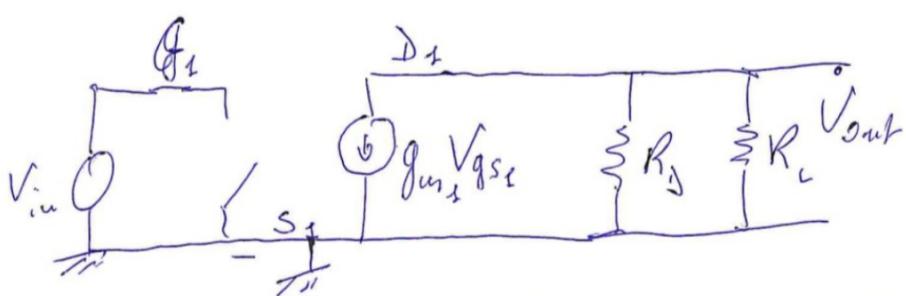
$$10 - V_{D_2} = 10 + V_{D_1} \Rightarrow V_{D_2} = 0 \text{ V}$$

$$V_{D_{S_1}} = V_{D_1} - V_{S_1} = 0 - (-3) = 3 \text{ V} > V_{G_{S_1}} - V_{T_1} = 1 \text{ V} \quad Q_1 \text{ SATURADO}$$

## PICCOLI SEGNALE

$$g_{m_1} = 2 K_1 (V_{G_{S_1}} - V_{T_1}) = 2 \cdot 1 (3 - 2) = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$C_L \rightarrow$  corto circuito



$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{g_m V_{GS} \cdot R_D || R_L}{V_{GS}} = -2 \cdot 5 = -10$$