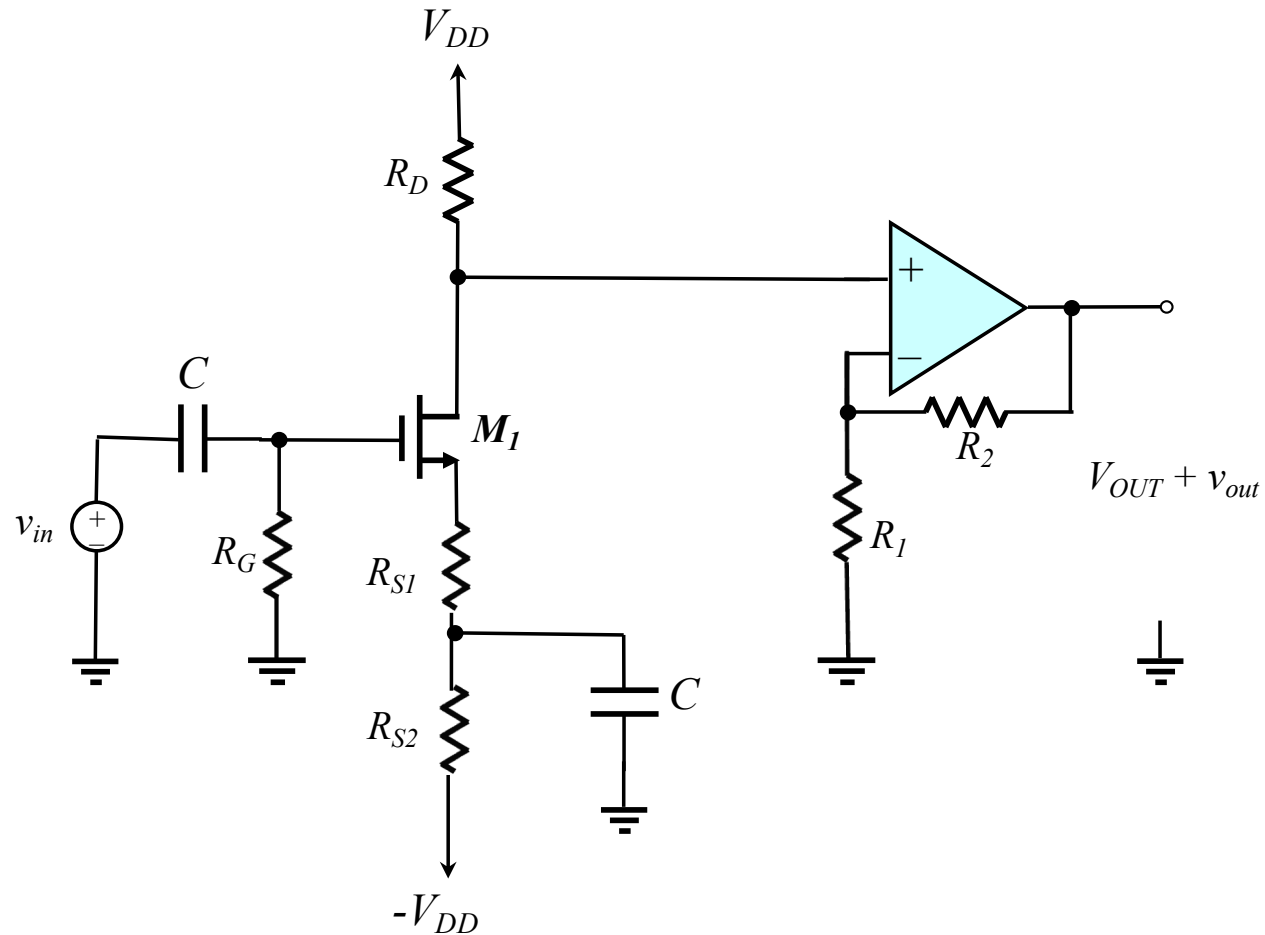


Elettronica
20 gennaio 2021

Del circuito seguente calcolare il guadagno di tensione per piccolo segnali $A_v = v_{out}/v_{in}$.



OA ideale con $L^+ = -L^- = 12\text{V}$

$M_1 = (K = 0,5 \text{ mA/V}^2; V_T = 2 \text{ V}; \lambda = 0)$

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

$R_G = 5 \text{ k}\Omega$ $R_D = 5 \text{ k}\Omega$ $R_{S1} = 1 \text{ k}\Omega$ $R_{S2} = 2 \text{ k}\Omega$ $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$;

$C = \infty$

POLARIZZIAMO IL T → ANALISI IN CONTINUA PER TENSIONI COST
 GEN VARIABILI NULLI → $V_{IN} = 0$ E C IN C.A.

$$V_S - (-V_{DD}) = I_D (R_{S1} + R_{S2}) \rightarrow V_S = I_D (R_{S1} + R_{S2}) - V_{DD}$$

$$V_G = 0 \quad V_{GS} = V_G - V_S = -V_S = -3I_D + 10$$

$$\begin{cases} V_{GS} = -3I_D + 10 \\ I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_{GS} = -3I_D + 10 \\ I_D = \frac{1}{2}(V_{GS} - 2)^2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} x &= -\frac{3}{2}(x^2 - 4x + 4) + 10 \\ 3x^2 - 12x + 12 - 20 + 2x &= 0 \\ 3x^2 - 10x - 8 &= 0 \end{aligned}$$

$$x = \frac{10 \pm \sqrt{100 + 96}}{6} = \frac{10 \pm 14}{6} \Rightarrow \begin{cases} -\frac{2}{3} \\ 4 \end{cases}$$

$$V_{GS} = 4V \quad I_D = 2mA \quad V_S = -4V$$

VERIFICO IPOTESI

$$V_{DS} = V_D - V_S = (V_{DD} - I_D R_D) - V_S = 10 - 10 + 4 = 4V \quad \begin{cases} V_{GS} = 4V > V_{TH} = 2 \\ V_{DS} = 4V > V_{GS} - V_{TH} = 2V \end{cases} \quad \text{SATURAZIONE}$$

$$V_D = V^+ = 0V \quad V_{OUT} = V^+ (1 + R_2/R_1) = 0V$$

ANALISI PICCOLI SEGNALI → GEN COST NULLI (V_{DD} , $-V_{DD}$, C IN C.A.)

R_{S2} HA MASSA SUI LATI, DIVENTA INUTILE

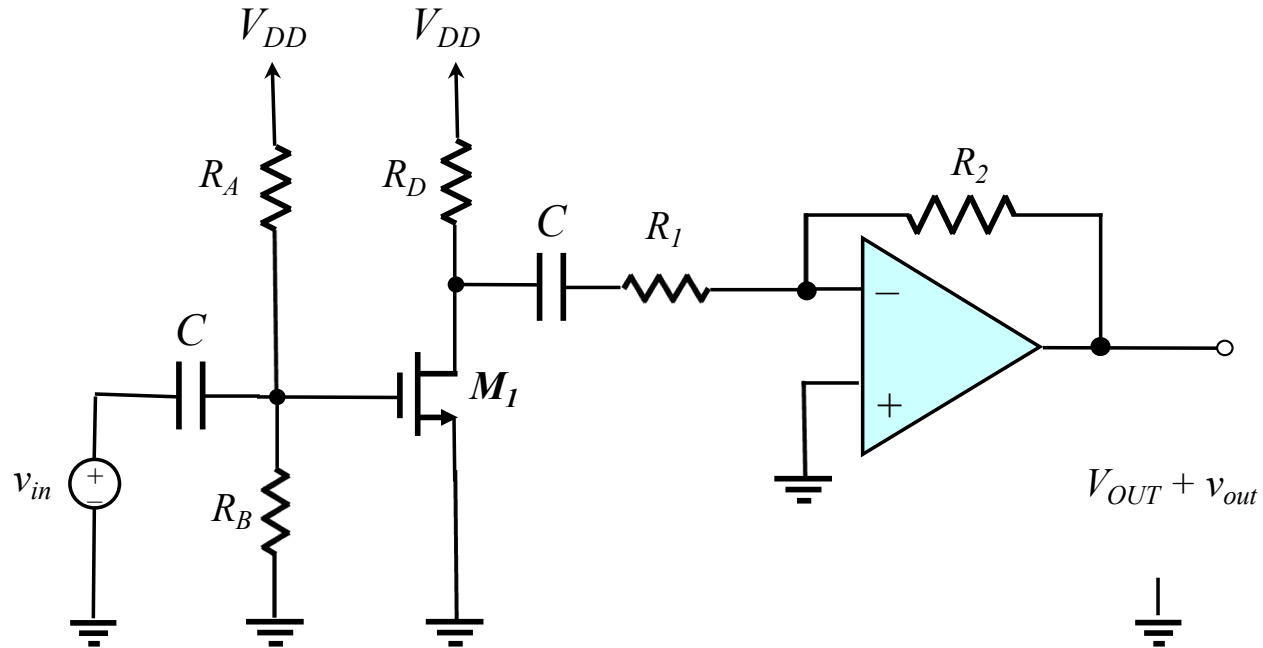
$$\text{ABBIAMO ANCORA } R_{S1} \text{ QUINDI } V_{GS} = V_{IN} - V_S = V_{IN} - g_m V_{GS} R_S \Rightarrow V_{GS}(1 + g_m R_S) = V_{IN} \Rightarrow V_{GS} = \frac{V_{IN}}{1 + g_m R_S}$$

$$g_m = 2K(V_{GS} - V_{TH}) = 2 \frac{mA}{V} \quad V_{OT} = -g_m V_{GS} R_D = -\frac{g_m V_{IN} R_D}{1 + g_m R_S}$$

$$A_T = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S} = -\frac{10}{3} \rightarrow A_{OP} = 1 + R_2/R_1 = 3 \rightarrow A_{TOT} = A_T \cdot A_{OP} = -10$$

Elettronica
11 febbraio 2021

Del circuito seguente calcolare il guadagno di tensione per piccoli segnali $A_v = v_{out}/v_{in}$.



OA ideale con $L^+ = -L^- = 12\text{V}$ $M_1 = (K = 0,33 \text{ mA/V}^2 ; V_T = 2 \text{ V} ; \lambda = 0)$ $V_{DD} = 15\text{V}$
 $R_A = 6 \text{ k}\Omega$ $R_B = 3 \text{ k}\Omega$ $R_D = 3 \text{ k}\Omega$ $R_I = 6 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$; $C = \infty$

POLARIZZIAMO IL T → ANALISI IN CONTINUA PER TENSIONI COST
GEN VARIABILI NULLI → $V_{in} < C$. E C IN C.A.

$$V_G = V_{DD} \frac{R_B}{R_A + R_B} = 15 \frac{3}{9} = 5V = V_{GS} \quad V_S = 0$$

$$I_D = K (V_{GS} - V_{TH})^2 = 0.33 \cdot 9 = 3 \text{ mA}$$

$$V_{DS} = V_D = V_{DD} - I_D R_D = 15 - 9 = 6V > V_{GS} - V_{TH} = 3 \quad V_{GS} > V_{TH} \quad \text{SATURAZIONE}$$

ANALISI PICCOLI SEGNALI → GEN COST NULLI (V_{DD} , C IN C.C.)

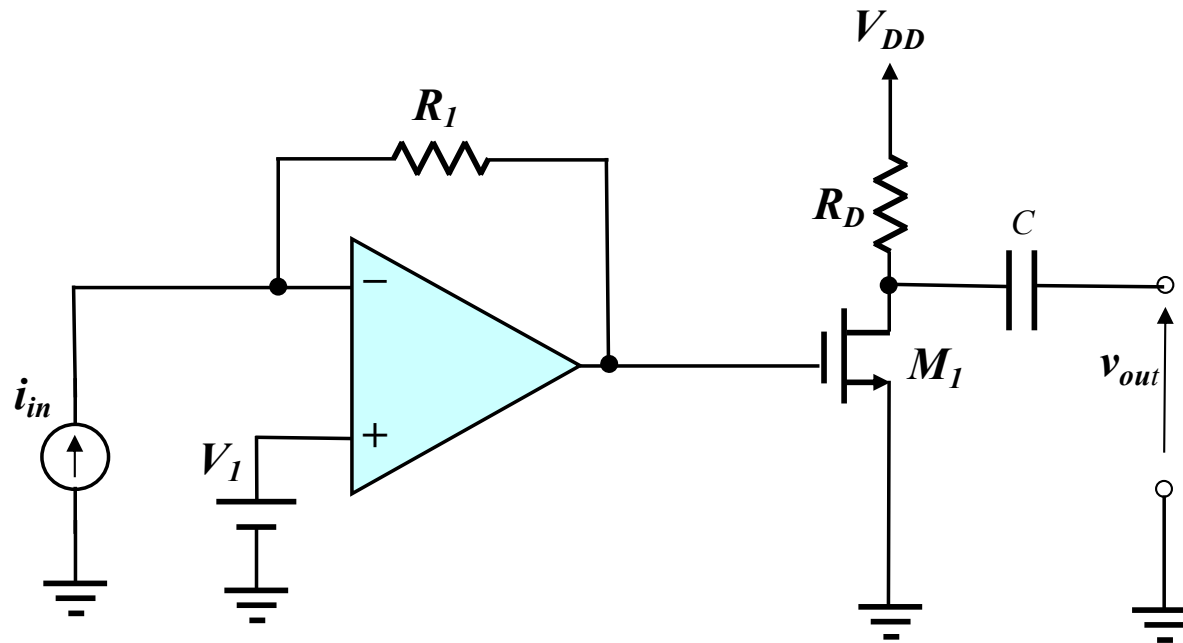
$$g_m = 2K (V_{GS} - V_{TH}) = 2 \frac{\text{mA}}{V}$$

$$A_T = -g_m R_D = -6 \rightarrow A_{OP} = -\frac{R_2}{R_1} = -2 \rightarrow A_{TOT} = A_T \cdot A_{OP} = 12$$

Elettronica
14 aprile 2021

Del circuito seguente, con V_I un generatore di tensione costante e i_{in} un generatore di corrente di piccolo segnale,

- 1) Calcolare il punto di lavoro in continua del transistor M_1 ;
- 2) Calcolare il guadagno di transimpedenza $R_m = v_{out}/i_{in}$.



OA ideale con $L^+ = -L^- = 12\text{V}$	$M_1 = (K = 0,5 \text{ mA/V}^2 ; V_T = 1 \text{ V} ; \lambda = 0)$
$V_I = 3\text{V}$	$V_{DD} = 12\text{V}$
$R_I = 2 \text{ k}\Omega$	$R_D = 4 \text{ k}\Omega \quad C = \infty$

POLARIZZIAMO IL T → ANALISI IN CONTINUA PER TENSIONI COST
GEN VARIABILI NULLI → i_{IN} E C IN C.A.

L'OP È UNO STADIO SEPARATORE CON $A=1$, $V_{IN}=V_{OUT}=V_G=V_{GS}=3V$ $V_S=0$

$$I_D = k(V_{GS} - V_{TH})^2 = 2 \text{ mA} \quad V_{DS} = V_D - V_S = V_{DD} - I_D R_D - V_S = 12 - 8 = 4V$$

$$\begin{cases} V_{GS} = 3V > V_{TH} = 1V \\ V_{DS} = 4V > V_{GS} - V_{TH} = 2V \end{cases} \quad \text{SATURAZIONE}$$

ANALISI PICCOLI SEGNALE → GEN COST NULLI (V_{DD} , C IN C.C.)

$$V^+ = V^- = 0$$

$$v_{GS} = -R_i i_{IN}$$

$$g_m = 2k(V_{GS} - V_{TH}) = 2 \text{ mA/V}$$

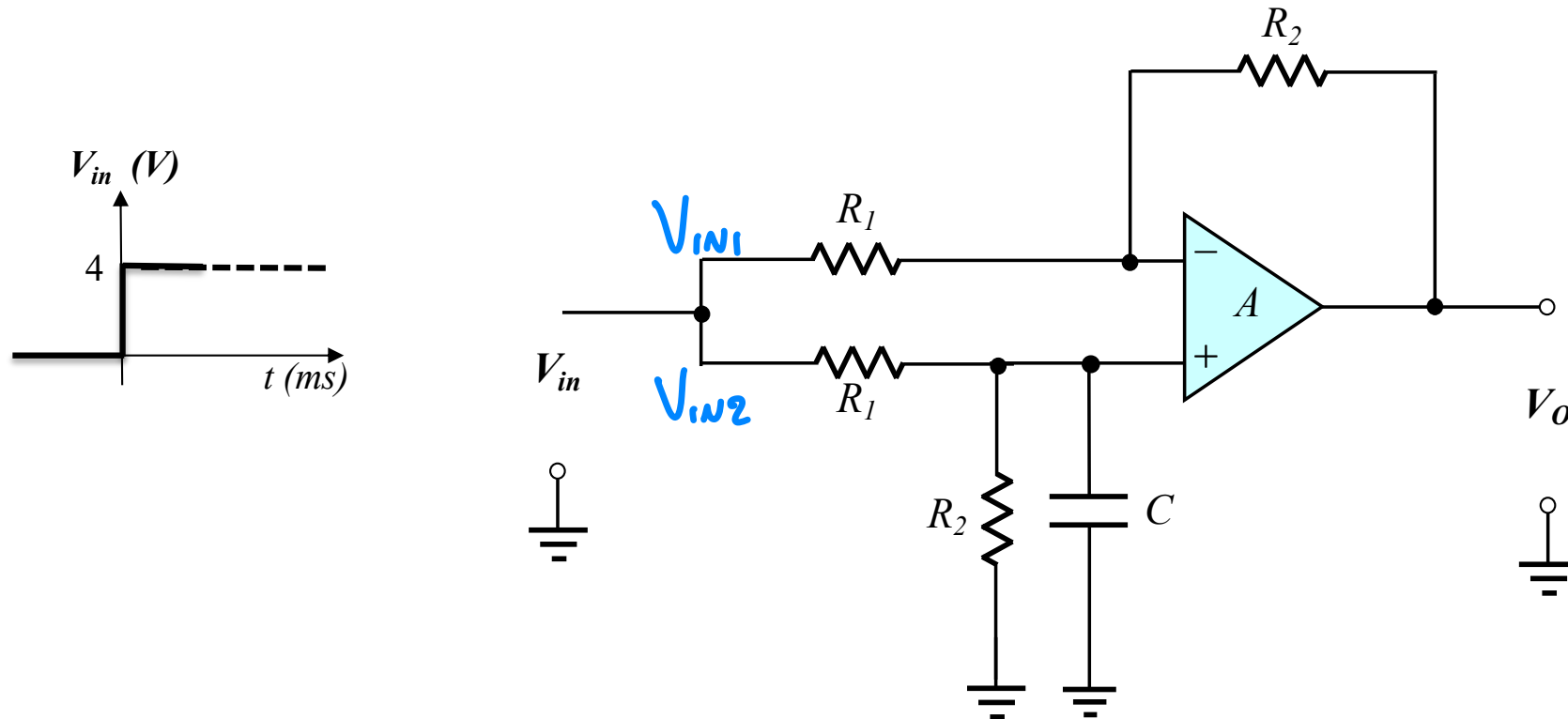
$$V_{OT} = -g_m v_{GS} R_D$$

$$R_m = V_{OUT} / i_{IN} = \frac{g_m R_i \cancel{i_{IN}} R_D}{\cancel{i_{IN}}} = g_m R_i R_D = 16$$

Del circuito seguente, considerando in ingresso il gradino di tensione riportato in figura, e considerando l'op-amp ideale, calcolare e graficare l'andamento nel tempo della tensione di uscita V_O .

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

$R_1 = 3\text{ k}\Omega$; $R_2 = 6\text{ k}\Omega$; $C = 50\text{ nF}$;



PER $\tau(0^-)$ $V_{IN} = 0V$, C IN C.A.

$$V^+ = V_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0 = V^- \quad V_{OUT} = 0$$

PER $\tau(\infty)$ $V_{IN} = 4V$

ANNULLO V_{IN2}

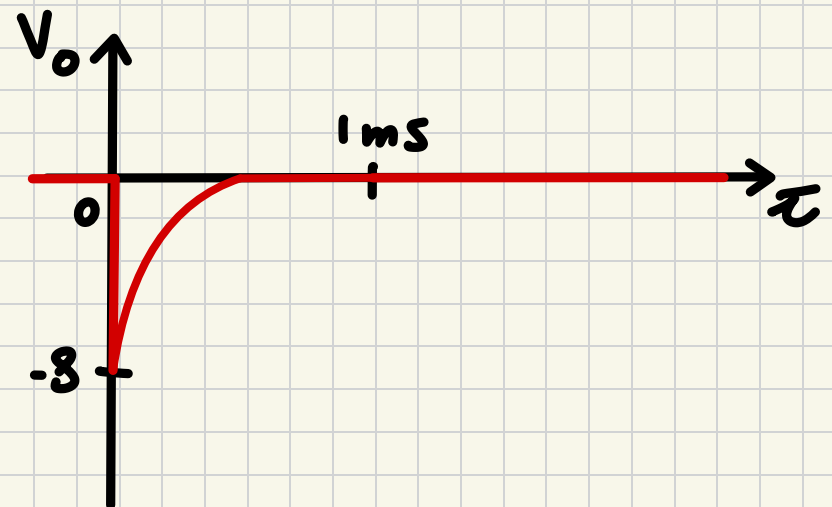
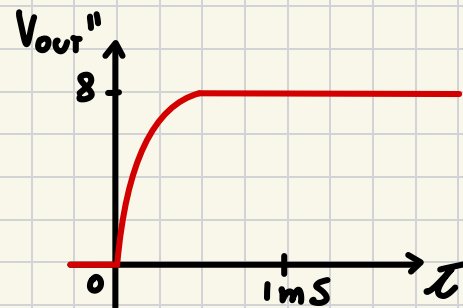
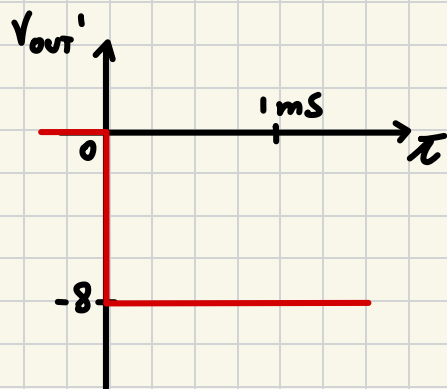
$$V^+ = V^- = 0 \quad V_{OUT1} = V_{IN1} \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) = -8V$$

ANNULLO V_{IN1}

$$V^+ = V_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8}{3} V \quad C \text{ IN C.A.}$$

$$V_{OUT2} = V^+ \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 8V$$

$$\tau = R_{eq} C = R_{1||2} C = 2 \cdot 50 = 100 \mu s = 0.1 ms \quad 5\tau = 0.5 ms$$

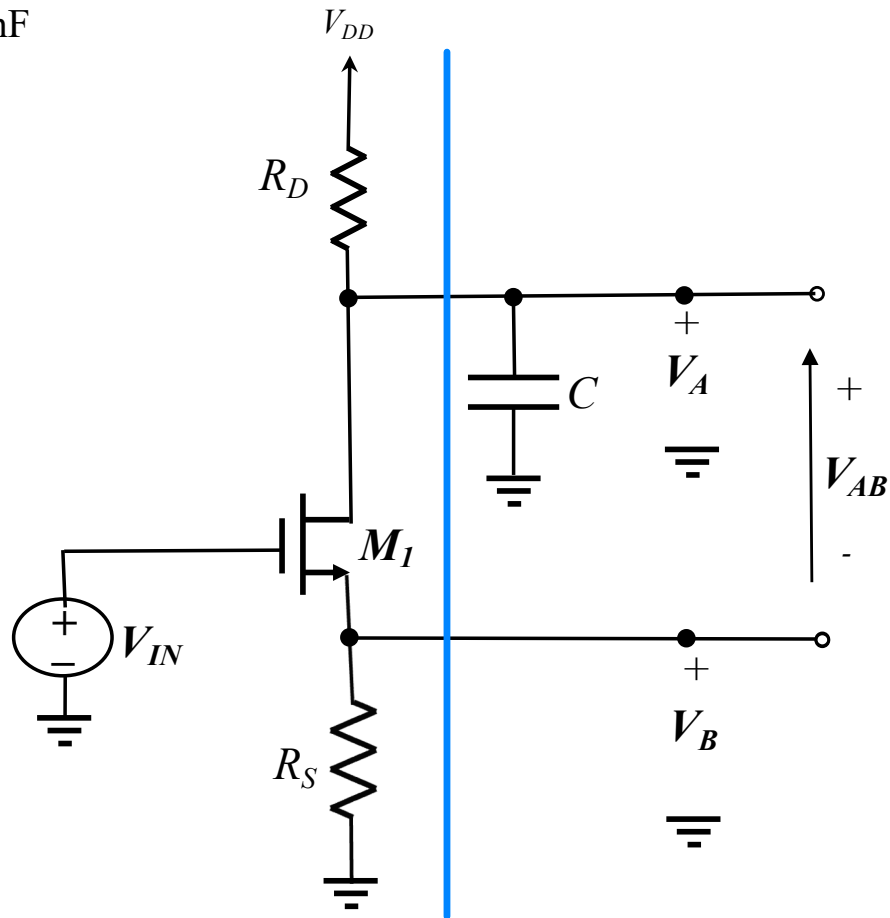
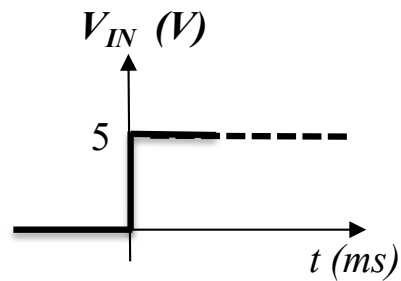


Del circuito seguente, considerando in ingresso il gradino di tensione riportato in figura, calcolare e graficare l'andamento nel tempo della tensione di uscita $V_{AB} = V_A - V_B$.

$$M_1 = (K = 0,5 \text{ mA/V}^2; \quad V_T = 1 \text{ V}; \quad \lambda = 0)$$

$$R_D = 2 \text{ k}\Omega; \quad R_S = 1 \text{ k}\Omega; \quad C = 50 \text{ nF}$$

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



TRANSISTOR

PER $\tau(0^-)$ $V_{in} = 0$

$V_G = 0$ $V_{GS} = V_G - V_S = -V_S$ V_S NON PUÒ ESSERE NEGATIVO PERCHÉ LA DINAMICA VA DA V_{DD} A 0 \rightarrow INTERDETTO $I_D = 0$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = V_{DD} \quad V_S = I_D R_S = 0$$

PER $\tau(\infty)$ $V_{in} = 5V$

$$V_G = 5V \quad V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_D R_S$$

$$\begin{cases} V_{GS} = 5 - I_D \\ I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 = \frac{1}{2}(V_{GS} - 1)^2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} x &= 5 - \left(\frac{x^2 - 2x + 1}{2} \right) \\ x^2 - 2x + 1 &= 10 - 2x \\ x^2 - 9 &\rightarrow x = \pm 3 \end{aligned}$$

$$V_{GS} = 3V \quad I_D = 2mA \quad V_S = 2V$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = (V_{DD} - I_D R_D) - V_S = 12 - 4 \cdot 2 = 6V > V_{GS} - V_{TH} = 2V$$

$V_{GS} > V_{TH}$ **SATURAZIONE**

CONDENSATORE

PER $\tau(0^-)$ $V_{in} = 0$, IL C FA PASSARE I VALORI COST

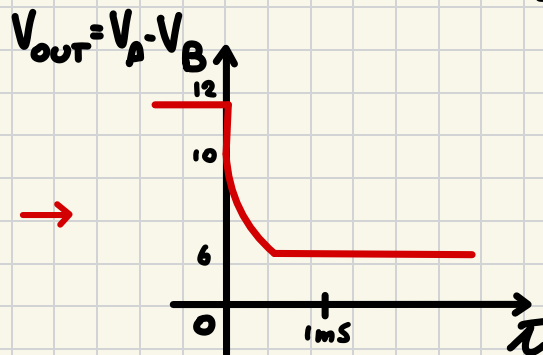
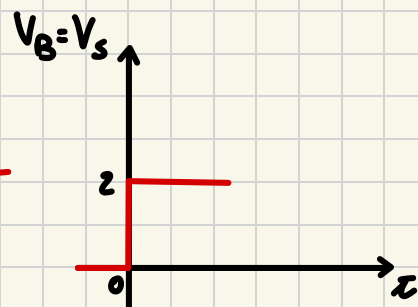
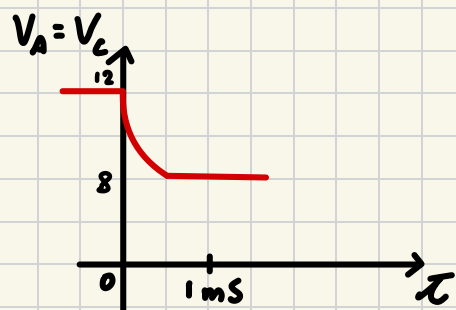
CALCOLI DI SOPRA $V_A = V_D = V_{DD} = 12V \rightarrow V_B = V_S = 0 \rightarrow V_{AB} = 12V$

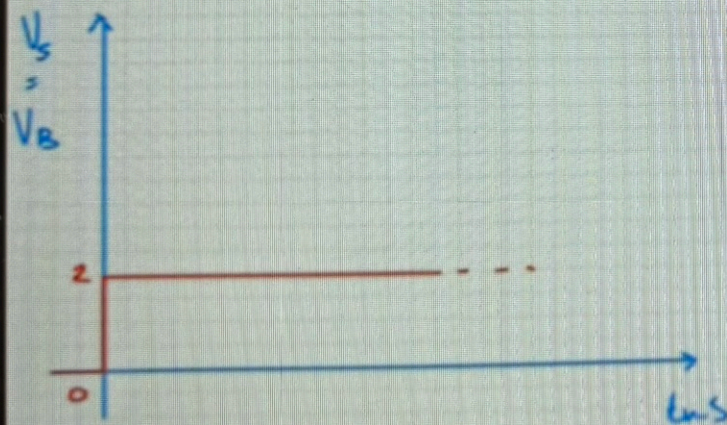
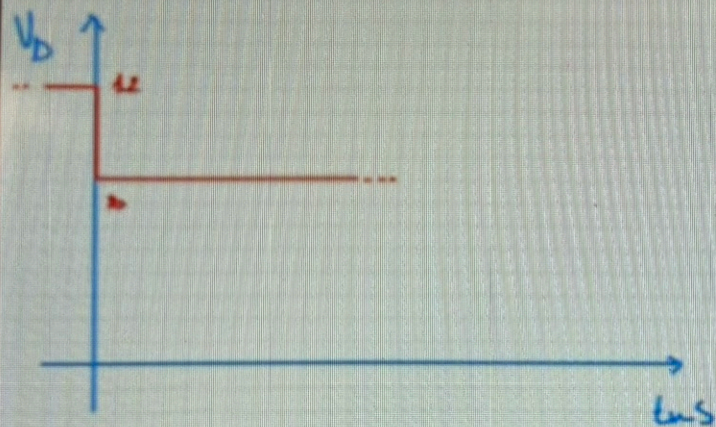
PER $\tau(\infty)$ $V_{in} = 5V$

CALCOLI DI SOPRA $V_A = V_D = 8V \rightarrow V_B = V_S = 2V \rightarrow V_{AB} = 6V$

$$\tau = R_{eq}C = R_D C = 2 \cdot 50 = 100 \mu s = 0.1ms$$

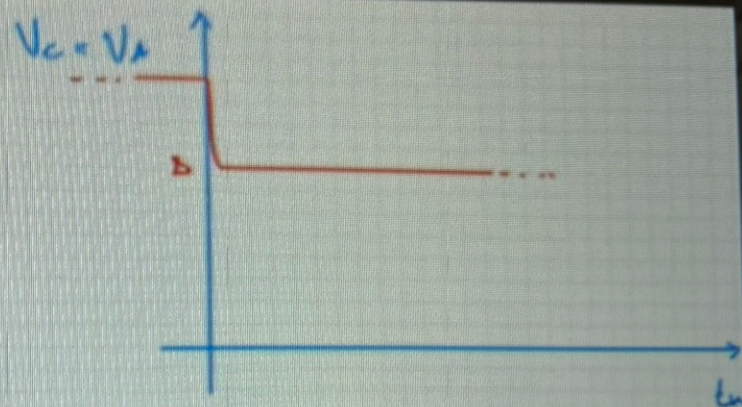
$$5\tau = 0.5ms$$





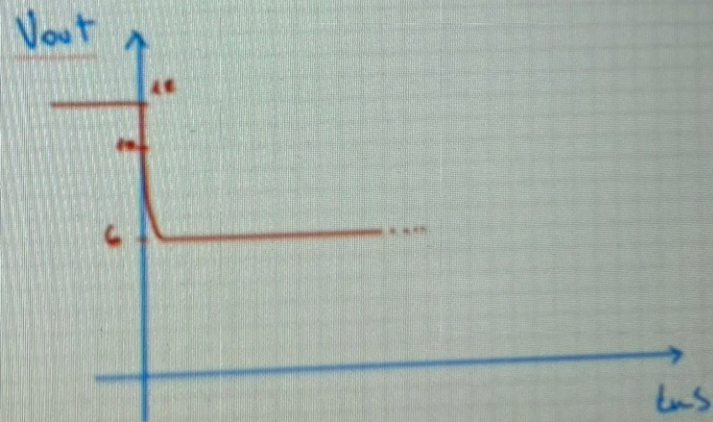
$$V_{out} = V_A - V_B$$

\Rightarrow



$$\tau = RC = R_0 C = 10^3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4} = 0.1 \text{ ms}$$

$$5\tau = 0.5 \text{ ms}$$

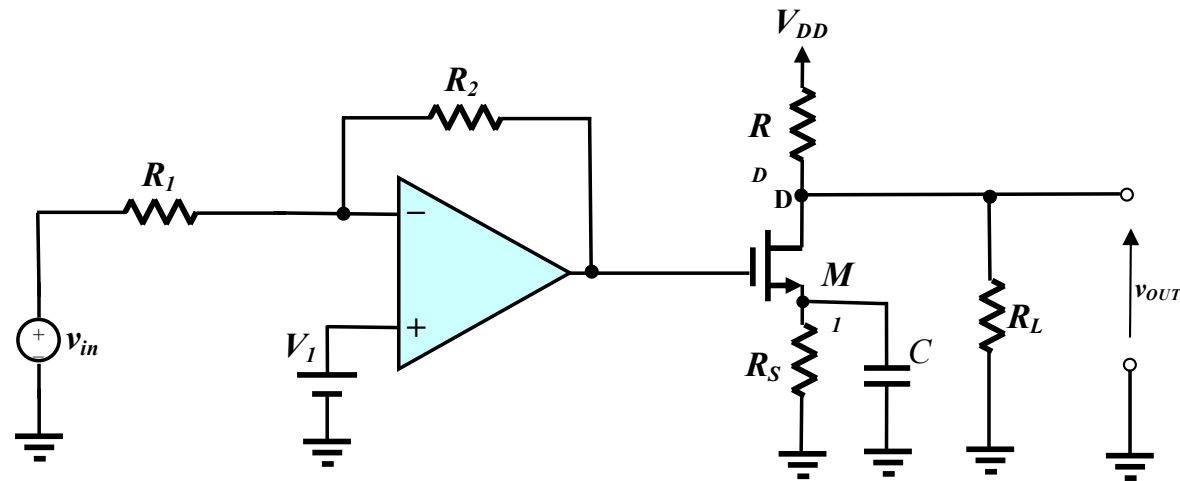


Elettronica - 2 luglio 2021

TURNO 1

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

- 1) Calcolare il valore della tensione di uscita in continua V_{OUT} ;
- 2) Calcolare il guadagno di tensione per piccoli segnali $A_v = v_{out}/v_{in}$.



OA ideale con $L^+ = -L^- = 12\text{V}$

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

$V_I = 2\text{V}$

$V_{DD} = 10\text{V} \quad C = \infty$

$R_I = R_2 = R_D = R_S = R_L = 2 \text{ k}\Omega$

TENSIONE CONTINUA (V_{IN} E C IN C.A.)

OP

$$V_{OUT} = V_i \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 2(1+1) = 4V$$

T

$$V_G = V_{OUT} = 4V \quad V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_D R_S \quad I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2$$

$$\begin{cases} V_{GS} = 4 - 2I_D \\ I_D = (V_{GS} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{aligned} x &= 4 - 2(x^2 - 2x + 1) \\ 4 - 2x^2 + 4x - 2 &= x \\ 2x^2 - 3x + 2 &= 0 \end{aligned} \quad x = \frac{3 \pm \sqrt{9+16}}{4} = \frac{3 \pm 5}{4} \quad \begin{matrix} -\frac{1}{2} \\ 2 \end{matrix}$$
$$V_{GS} = 2V \quad I_D = 1mA \quad V_S = 2V$$

$$I_{RD} = I_D + I_{RL} \rightarrow \frac{V_{DD} - V_D}{R_D} = I_D + \frac{V_D}{R_L} \rightarrow V_D = 4V \rightarrow V_{DS} = V_D - V_S = 4 - 2 = 2V > V_{GS} - V_{TH} = 1V \quad \text{SATURAZIONE}$$

$$V_{OUT} = V_D = 4V$$

PICCOLI SEGNALE (V_i E V_{DD} A MASSA)

$$g_m = 2K(V_{GS} - V_{TH}) = 2 \frac{mA}{V}$$

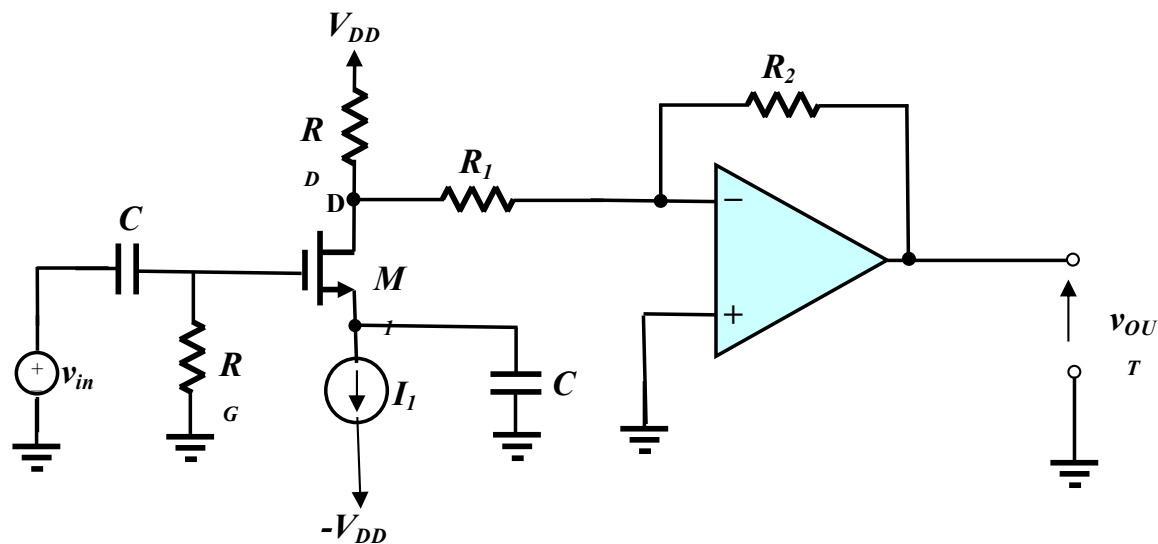
$$A_{OP} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -\frac{R_2}{R_1} = -1 \quad \times \quad A_T = -g_m R_{D||L} = -2 \rightarrow A_{TOT} = A_{OP} \cdot A_T = 2$$

Elettronica - 2 luglio 2021

TURNO 2

Del circuito seguente, con I_1 un generatore di corrente costante e v_{in} un generatore di tensione di piccolo segnale,

- 1) Calcolare il valore della tensione di uscita in continua V_{OUT} ;
- 2) Calcolare il guadagno di tensione per piccoli segnali $A_v = v_{out}/v_{in}$.



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

$M_1 = (K = 0,5 \text{ mA/V}^2 ; V_T = 1 \text{ V} ; \lambda = 0)$

$I_1 = 2\text{mA}$

$V_{DD} = 5V$

$C = \infty$

$R_G = 1 \text{ k}\Omega$

$R_D = 1 \text{ k}\Omega$

$R_I = 2 \text{ k}\Omega$

$R_2 = 4 \text{ k}\Omega$

TENSIONE CONTINUA (V_{in} E C IN C.A.)

$$V_G = 0 \quad V_{GS} = -V_S \quad I_D = I_1 = 2 \text{ mA}$$

$$I_D = K(-V_S - V_{TH})^2 = \frac{1}{2}(V_S^2 + 2V_S + 1) \rightarrow V_S^2 + 2V_S - 3$$
$$x = \frac{-2 \pm \sqrt{4+12}}{2} = \frac{-2 \pm 4}{2} \quad V_S = -3 \quad V_{GS} = 3$$

$$I_{RD} = I_D + I_{R_1} \rightarrow \frac{V_{DD} \cdot V_D}{R_D} = I_D + \frac{V_D}{R_1} \rightarrow V_D = 2 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 2 + 3 = 5 \text{ V} > V_{GS} - V_{TH} = 2 \text{ V} \quad \text{SATURAZIONE}$$

$$V_{OUT} = V_D (-R_2/R_1) = -4 \text{ V}$$

PICCOLI SEGNALI (V_{DD} A MASSA, C IN C.C.)

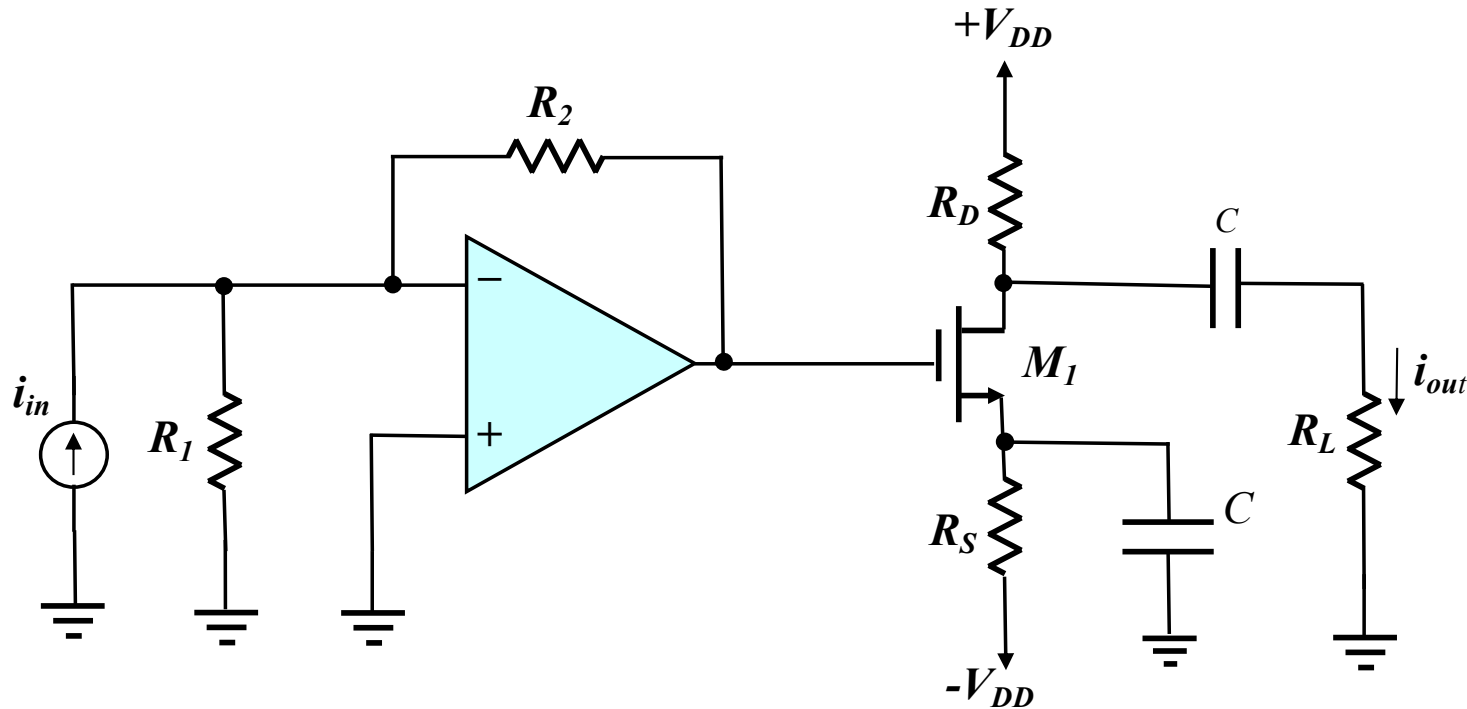
$$g_m = 2K(V_{GS} - V_{TH}) = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$A_T = -g_m R_D = -2 \quad \times \quad A_{OP} = -\frac{R_2}{R_1} = -2 \rightarrow A_{TOT} = A_T \cdot A_{OP} = 4$$

Elettronica
9 settembre 2021

Del circuito seguente, con i_{in} un generatore di corrente di piccolo segnale,

- 1) Calcolare il punto di lavoro in continua del transistor M_1 ;
- 2) Calcolare il guadagno di corrente $A_i = i_{out}/i_{in}$.



OA ideale con $L^+ = -L^- = 5V$ $M_1 = (K = 0,5 \text{ mA/V}^2 ; V_T = 1 \text{ V} ; \lambda = 0)$

$R_1 = 20 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_S = 1 \text{ k}\Omega$; $R_D = 2 \text{ k}\Omega$; $R_L = 3 \text{ k}\Omega$

$V_{DD} = 5V$

$C = \infty$

TENSIONE CONTINUA (i_{IN} E C IN C.A.)

$$V_{OUT} = V_G = 0 \quad V_S - (-V_{DD}) = I_D R_S \rightarrow V_S = I_D R_S - V_{DD}$$

$$V_{GS} = -V_S = V_{DD} - I_D R_S$$

$$\begin{cases} V_{GS} = 5 - I_D \\ I_D = \frac{1}{2} (V_{GS} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{matrix} x = 5 - \left(\frac{x^2 - 2x + 1}{2} \right) \\ -x^2 + 2x - 1 + 10 - 2x \\ x^2 - 9 \rightarrow x = \pm 3 \end{matrix} \quad V_{GS} = 3V \quad V_S = -3V \quad I_D = 2mA$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = V_{DD} - I_D R_D - V_S = 5 - 4 + 3 = 4V > V_{GS} - V_{TH} = 2V \quad \text{SATURAZIONE}$$

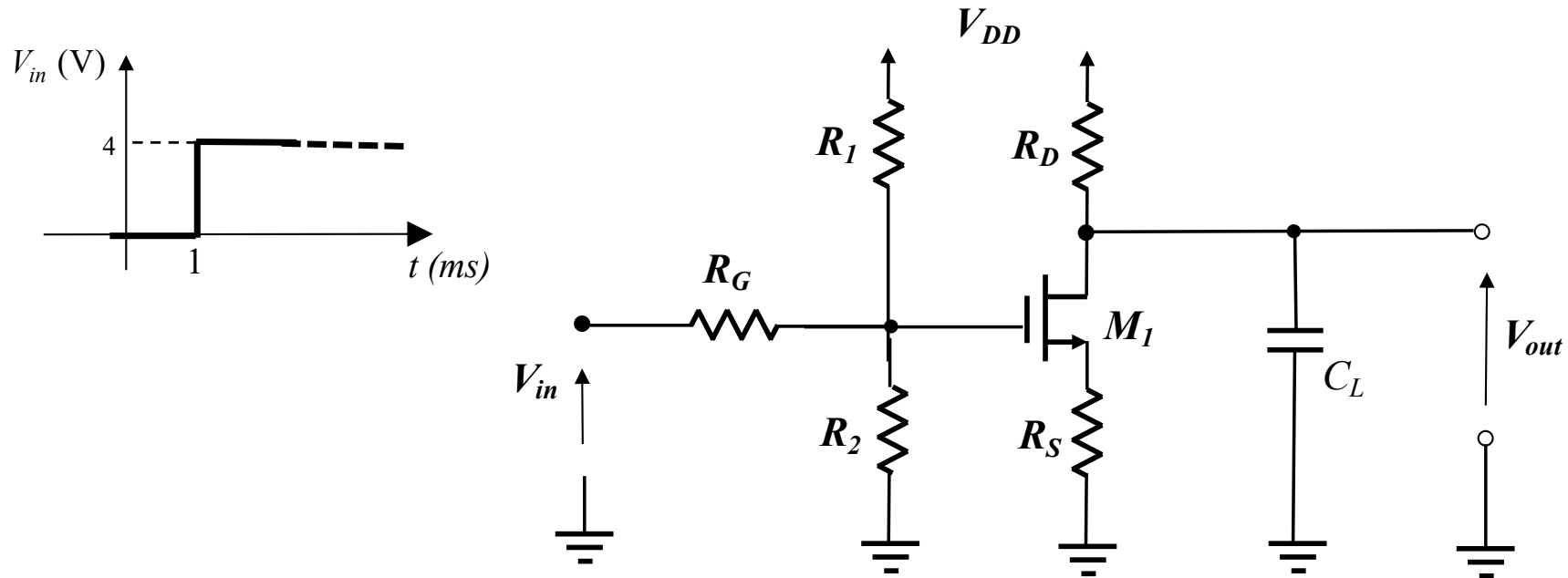
PICCOLI SEGNALE (V_{DD} A MASSA, C IN C.C.)

$$g_m = 2K (V_{GS} - V_{TH}) = 2 \frac{mA}{V} \quad v_{GS} = -R_2 i_{IN}$$

$$i_{OUT} = -g_m v_{GS} \frac{R_D}{R_D + R_L} = g_m i_{IN} R_2 \frac{R_D}{R_D + R_L}$$

$$A = \frac{i_{OUT}}{i_{IN}} = g_m R_2 \frac{R_D}{R_D + R_L} = 2 \cdot 10 \cdot \frac{2}{5} = 8$$

Del circuito seguente, considerando in ingresso il gradino di tensione riportato in figura, calcolare e graficare (indicando i valori di tensione e gli istanti di tempo corretti) l'andamento nel tempo della tensione di uscita V_{out} .



$$M_1 = (K = 1 \text{ mA/V}^2 ; V_T = 1 \text{ V} ; \lambda = 0)$$

$$V_{DD} = 6\text{V}$$

$$C_L = 1 \text{ } \mu\text{F}$$

$$R_1 = 3 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = R_G = 6 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = R_D = 1 \text{ k}\Omega$$

PER $\tau(1^-)$ $V_{IN} = 0$

$$V_G = V_{DD} \frac{R_{2//G}}{R_{2//G} + R_1} = 3V \quad V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_D R_S \quad I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2$$

$$\begin{cases} V_{GS} = 3 - I_D \\ I_D = (V_{GS} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} x = 3 - (x^2 - 2x + 1) \\ -x^2 + 2x - 1 + 3 - x \\ x^2 - x - 2 \end{array} \quad x = \frac{1 \pm \sqrt{1+8}}{2} = \frac{1 \pm 3}{2} \begin{matrix} -1 \\ 2 \end{matrix} \quad V_{GS} = 2 \quad I_D = 1 \text{ mA} \quad V_S = 1V$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = V_{DD} - I_D R_D - V_S = 6 - 1 \cdot 1 = 4V > V_{GS} - V_{TH} = 1V \quad \text{SATURAZIONE} \quad V_{OUT} = V_D = 5V$$

PER $\tau(00)$ $V_{IN} = 4V$

$$V_{G1} = V_{DD} \frac{R_{2//G}}{R_{2//G} + R_1} = 3V \quad + \quad V_{G2} = V_{IN} \frac{R_{1//2}}{R_{1//2} + R_G} = 1V \quad = \quad V_G = V_{G1} + V_{G2} = 4V$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_D R_S \quad I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2$$

$$\begin{cases} V_{GS} = 4 - I_D \\ I_D = (V_{GS} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} x = 4 - (x^2 - 2x + 1) \\ 4 - x^2 + 2x - 1 - x \\ x^2 - x - 3 \end{array} \quad x = \frac{1 \pm \sqrt{1+12}}{2} = \frac{1 \pm \sqrt{13}}{2} \begin{matrix} -1.3 \\ 2.3 \end{matrix} \quad V_{GS} = 2.3V \quad I_D = 1.7 \text{ mA} \quad V_S = 1.7V$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = V_{DD} - I_D R_D - V_S = 6 - 1.7 \cdot 1.7 = 2.6V > V_{GS} - V_{TH} = 1.3V \quad \text{SATURAZIONE} \quad V_{OUT} = V_D = 4.3V$$

$$\tau = R_{eq} C = R_D C = (1 \cdot 10^3) \cdot (1 \cdot 10^{-6}) = 1 \text{ ms} \quad 5\tau = 5 \text{ ms}$$

