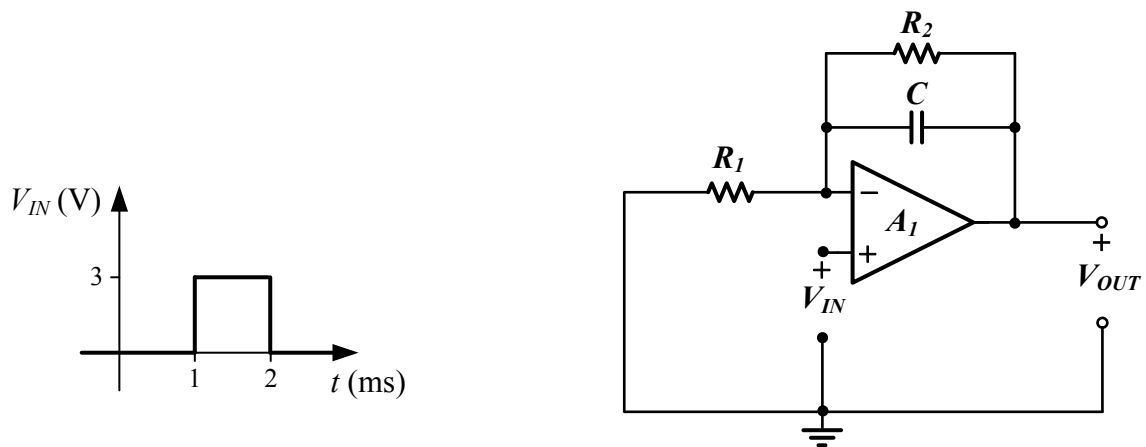


Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
23 gennaio 2019

1) Del circuito seguente, considerando in ingresso l'impulso 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_{OUT} .



Amplificatore Operazionale ideale con $L^+ = -L^- = 10V$
 $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$; $C = 50 \text{ nF}$

INTEGRATORE REALE \rightarrow C PASSA-BASSO

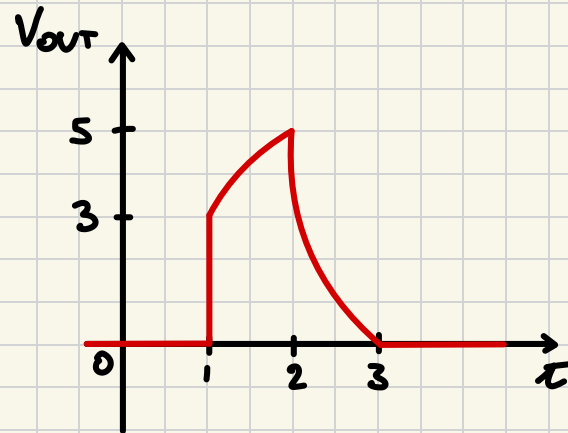
PER $\tau(1^-)$ E $\tau(2^-)$ $V_{IN} = 0$

$$V^+ = V^- = 0 \quad V_{OUT} = 0$$

PER $\tau(1^+)$ E $\tau(2^+)$ $V_{IN} = 3V$

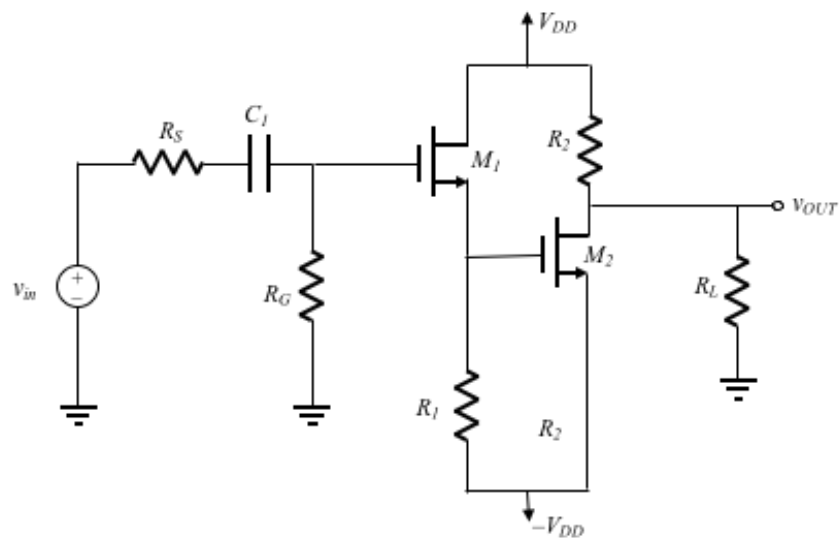
$$V^+ = V^- = 3V \quad V_c = I_{R_1} R_2 = \frac{V_{IN}}{R_1} R_2 = 2V \quad V_{OUT} = V_{IN} + V_c = 5V$$

$$\tau = R_{eq} L = R_2 L = (4 \cdot 10^3) (50 \cdot 10^{-9}) = 200 \cdot 10^{-6} = 0.2 \text{ ms} \quad \rightarrow \quad 5\tau = 1 \text{ ms}$$



Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
14 febbraio 2019

- 1) Dato il circuito di figura, calcolare:
- il punto di lavoro dei due MOSFET
 - il guadagno di tensione a centro banda per piccoli segnali $A_v = v_{out}/v_{in}$



$$R_G = 5\text{k}\Omega, \quad R_S = 50\Omega, \quad R_1 = 6\text{k}\Omega, \quad R_2 = 1\text{k}\Omega, \quad R_L = 2\text{k}\Omega,$$

$$V_{DD} = 5\text{V}, \quad C_1 \rightarrow +\infty$$

$$M_1 = M_2 = \{V_T = 1\text{V}, \quad K = 0.5\text{mA/V}^2, \quad \lambda = 0\}$$

TENSIONE IN CONTINUA (V_{IN} IN C.C., L IN C.A.)

$$V_{G1} = 0 \quad V_{GS1} = -V_{S1} \quad V_{S1} = I_{D1} R_1 - V_{DD} \quad I_{D1} = K (V_{GS1} - V_{TH})^2$$

$$\begin{cases} V_{GS1} = V_{DD} - I_{D1} R_1 = 5 - 6 I_{D1} \\ I_{D1} = K (V_{GS1} - V_{TH})^2 = \frac{1}{2} (V_{GS1} - 1)^2 \end{cases}$$

$$x = 5 - 3(x^2 - 2x + 1) \quad -x + 5 - 3x^2 + 6x - 3 \quad 3x^2 - 5x - 2 \quad x = \frac{5 \pm \sqrt{25 + 24}}{6} = \frac{5 \pm 7}{6} \begin{matrix} -\frac{1}{3} \\ 2 \end{matrix}$$

$$V_{GS1} = 2V > V_{TH} \quad I_{D1} = 0.5 \text{ mA} \quad V_{S1} = -2V$$

$$V_{DS} = V_D - V_{S1} = V_{DD} - V_{S1} = 5 + 2 = 7 > V_{GS1} - V_{TH} \quad M_1, \text{ SATURAZIONE}$$

$$V_{G2} = V_{S1} = -2V \quad V_{S2} = -V_{DD} = -5V \quad V_{GS2} = V_G - V_{S2} = 3V > V_{TH} \quad I_{D2} = K (V_{GS2} - V_{TH})^2 = 2 \text{ mA}$$

$$I_{RD} = I_{D2} + I_{R1} \rightarrow \frac{V_{DD} - V_D}{R_D} = I_{D2} + \frac{V_D}{R_L} \quad 5 - x = 2 + \frac{x}{2} \quad 10 - 2x = 4 + x \quad x = 2 \quad V_D = 2V \quad V_{DS} = 7V > V_{GS2} - V_{TH}$$

$$M_2, \text{ SATURAZIONE}$$

$$M_1 \{ V_{GS1} = 2V, I_{D1} = 0.5 \text{ mA}, V_{DS1} = 7V \} \quad M_2 \{ V_{GS2} = 3V, I_{D2} = 2 \text{ mA}, V_{DS2} = 7V \}$$

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

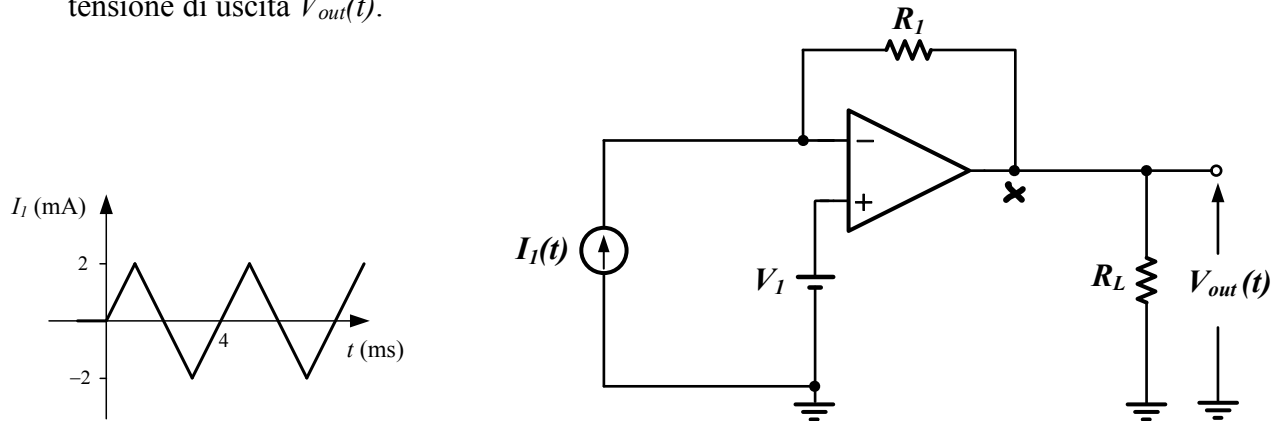
$$g_{m1} = 2K (V_{GS1} - V_{TH}) = 1 \frac{\text{mA}}{V} \quad g_{m2} = 2K (V_{GS2} - V_{TH}) = 2 \frac{\text{mA}}{V}$$

$$A_{V1} = g_{m1} R_1 = 6 \quad A_{V2} = -g_{m2} R_{2||L} = -\frac{4}{3} \rightarrow A_{TOT} = A_{V1} \cdot A_{V2} = -8$$

$$v_{GS1} = v_{IN} \frac{R_G}{R_S + R_G} \approx v_{IN} \quad \text{PERCHÉ } R_G \gg R_S$$

Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
21 marzo 2019

- 1) Del circuito seguente, con in ingresso una tensione continua V_I pari a 4V e il segnale di corrente $I_I(t)$ ad onda triangolare (periodo=4ms) 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 $V_{out}(t)$.



$$V_I = 4V; \quad R_I = 5k\Omega; \quad R_L = 2k\Omega;$$

Considerare l'amplificatore operazionale ideale, con tensione di alimentazione pari a $\pm 10V$.

SCOMPOSIZIONE DEGLI EFFETTI

TENSIONE CONTINUA (I_{IN} IN C.A.)

L'OA DIVENTA UN BUFFER DI TENSIONE CON $V_{IN} = V_{OUT} = 4V$

CORRENTE VARIABILE (V, A MASSA)

PER $\tau(0^-)$

$$I_i = 0 \quad V_{OUT} = 0$$

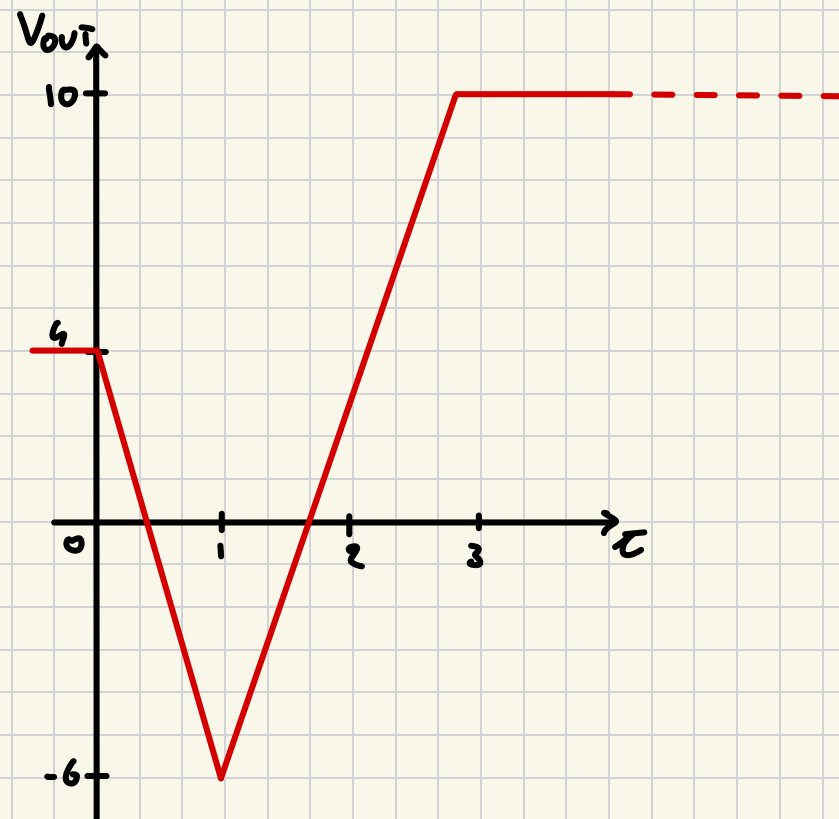
PER $\tau(1^-)$

$$I_i = 2 \text{ mA} \quad V_x = -I_i R_i = -10 \text{ V}$$

PER $\tau(3^-)$

$$I_i = -2 \text{ mA} \quad V_x = -I_i R_i = 10 \text{ V}$$

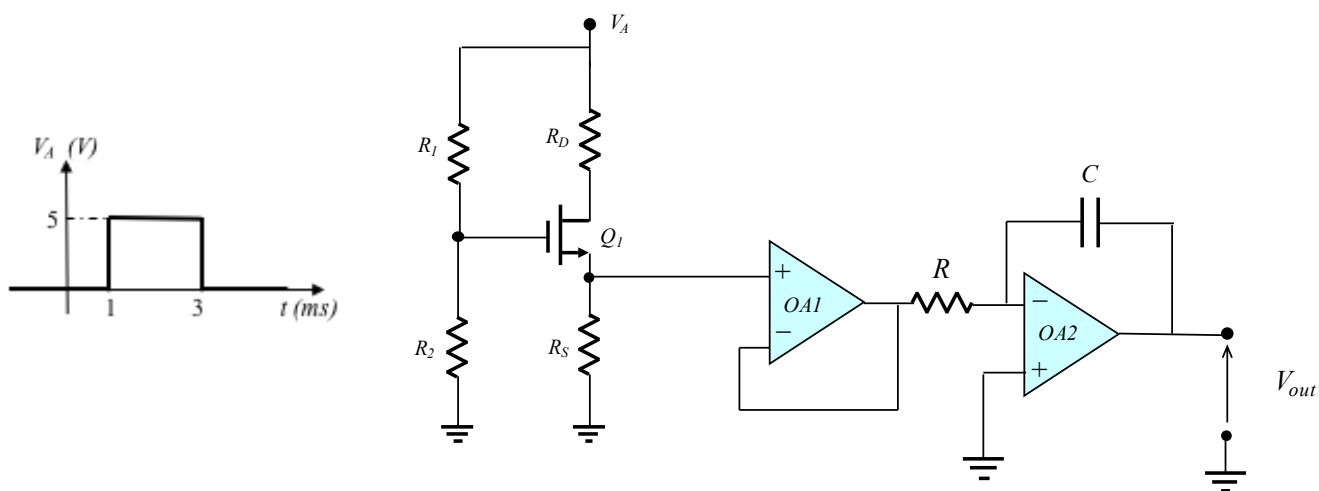
PER $\tau(3^+)$ RICOMINCIA



Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
17 giugno 2019

A

1) Del circuito seguente, in presenza dell'impulso di tensione di alimentazione V_A 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} .



OA1 e **OA2** ideali con $L^+ = -L^- = 10V$

Q1 = $\{V_t = 1\text{ V}; K = 1\text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}$

$R_1 = 2k\Omega$, $R_2 = 3k\Omega$, $R_D = 2k\Omega$; $R_S = 1k\Omega$; $R = 1k\Omega$, $C = 1\mu F$

OAI BUFFER DI TENSIONE $\rightarrow R_1 = \infty, R_2 = 0 \rightarrow A = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1, V_{out} = V_{in}$

PER $\tau(1^-)$ E $\tau(3^+)$ $V_A = 0$

$V_G = 0$ $V_{GS} = V_G - V_S = -V_S$ MAI POICHÉ LA DINAMICA VA DA V_A A 0 **INTERDIZIONE** $I_D = 0$ $V_{out} = 0$

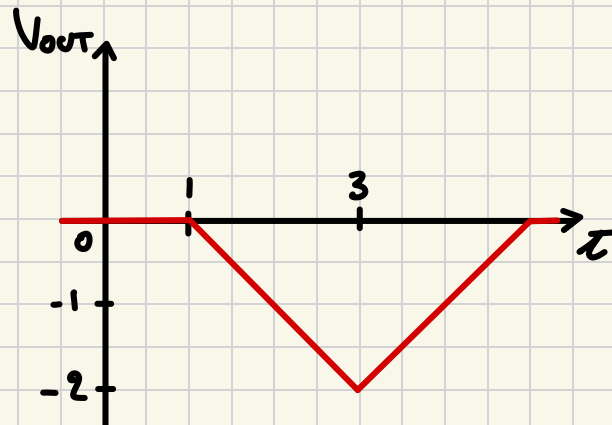
PER $\tau(1^+)$ E $\tau(3^-)$ $V_A = 5V$

$$V_G = V_A \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3V \quad V_S = I_D R_S \quad V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_D R_S \quad I_D = K (V_{GS} - V_{TH})^2$$

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

$$V_{DS} = V_D - V_S = V_A - I_D R_D - V_S = 2V > V_{GS} - V_{TH} \quad \textbf{SATURAZIONE}$$

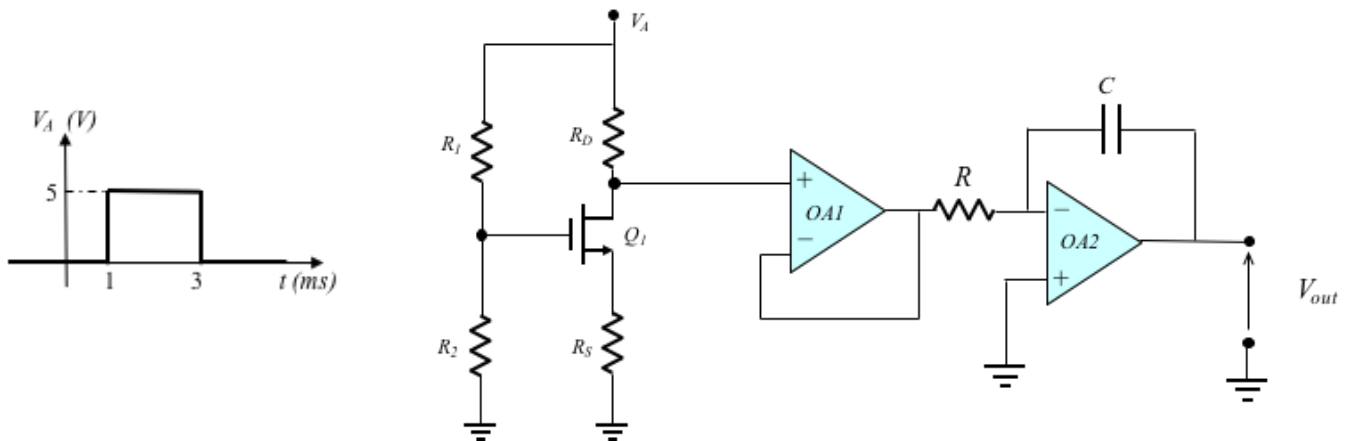
$$V_{out} = -V_C = -\frac{Q}{C} = -\frac{\int I_D d\tau}{C} = -\frac{I_D}{C} \tau = -1 \frac{V}{ms} \quad \tau = \infty \quad \textbf{CARICA LINEAREMENTE}$$



Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
17 giugno 2019

B

1) Del circuito seguente, in presenza dell'impulso di tensione di alimentazione V_A 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} .



$OA1$ e $OA2$ ideali con $L^+ = -L^- = 10V$
 $Q1$ = $\{V_t = 2\text{ V}; K = 0,5\text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}$

$R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 4\text{ k}\Omega$, $R_D = 2\text{ k}\Omega$; $R_S = 2\text{ k}\Omega$; $R = 10\text{ k}\Omega$, $C = 0,1\text{ }\mu\text{F}$

Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
15 luglio 2019

A

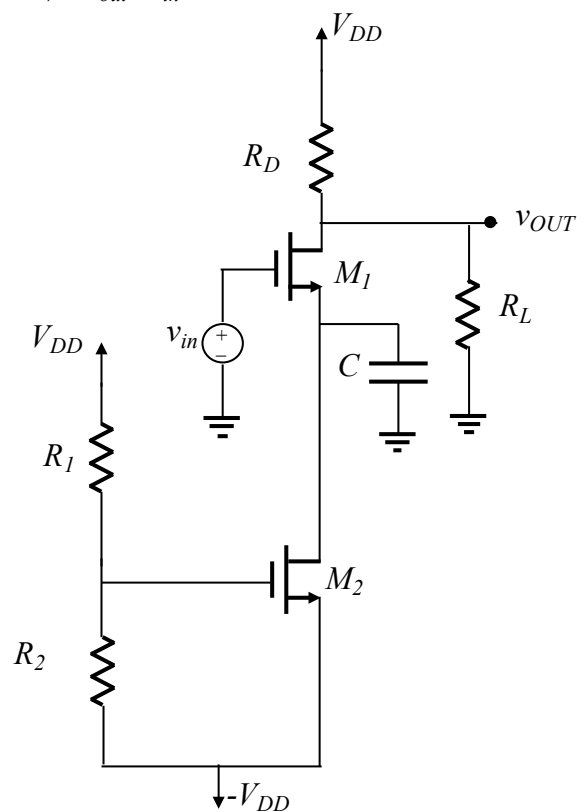
1) Del circuito seguente,

- Determinare il punto di polarizzazione dei transistor M_1 e M_2 (V_{GS} , V_{DS} , I_D)
- Calcolare l'amplificazione di tensione per piccoli segnali $A_v = v_{out} / v_{in}$

$$M_1 \text{ e } M_2 = \{V_t = 1 \text{ V}; K = 0,25 \text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}$$

$$R_1 = 4\text{k}\Omega, \quad R_2 = 1\text{k}\Omega, \quad R_D = 20\text{k}\Omega; \quad R_L = 20\text{k}\Omega;$$

$$V_{DD} = 5\text{V}, \quad C \rightarrow +\infty$$



TENSIONI CONTINUE (V_{in} A MASSA, C IN C.A.)

$$V_{G2}' = V_{DD} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1V \quad V_{G2}'' = -V_{DD} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -4V$$

$$V_{G2} = V_{G2}' + V_{G2}'' = -3V \quad (\text{SOVRAPPOSIZIONE})$$

$$V_{S2} = -V_{DD} = -5V \quad V_{GS2} = V_G - V_S = 2V > V_{TH}$$

$$I_{D1} = k(V_{GS} - V_{TH})^2 = 0.25 \text{ mA} = I_{D2}$$

$$k(V_{GS1} - V_{TH})^2 = \frac{1}{4} \rightarrow \frac{1}{4}(V_{GS1}^2 - 2V_{GS1} + 1) = \frac{1}{4} \rightarrow V_{GS1}(V_{GS1} - 2) = 0 \begin{cases} V_{GS1} = 2V \\ V_{GS1} = 0V \end{cases} \quad V_{GS1} = 2V > V_{TH}$$

$$V_{G1} = 0 \quad V_{S1} = V_{D2} = -2V \quad V_{DS2} = V_{D2} - V_{S2} = -2 + 5 = 3V > V_{GS2} - V_{TH} \quad M_2 \text{ IN SATURAZIONE}$$

$$I_{RD} = I_D + I_{RL} \rightarrow \frac{V_{DD} - V_D}{R_D} = I_D + \frac{V_D}{R_L} \quad \begin{aligned} \frac{5-x}{20} &= \frac{1}{5} + \frac{x}{20} \\ 5-x &= 5+x \\ x &= 0 \end{aligned} \quad V_{D1} = 0$$

$$V_{DS1} = V_{D1} - V_{S1} = -V_{S1} = 2V > V_{GS1} - V_{TH} \quad M_1 \text{ IN SATURAZIONE}$$

$$M_2 \{V_{GS} = 2V, I_D = 0.25 \text{ mA}, V_{DS} = 3V\}$$

$$M_1 \{V_{GS} = 2V, I_D = 0.25 \text{ mA}, V_{DS} = 2V\}$$

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

M_2 TUTTO A MASSA

$$g_{m1} = 2k(V_{GS1} - V_{TH}) = 0.5 \frac{\text{mA}}{V}$$

$$A_T = -g_m R_{D//L} = -5$$

Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
15 luglio 2019

B

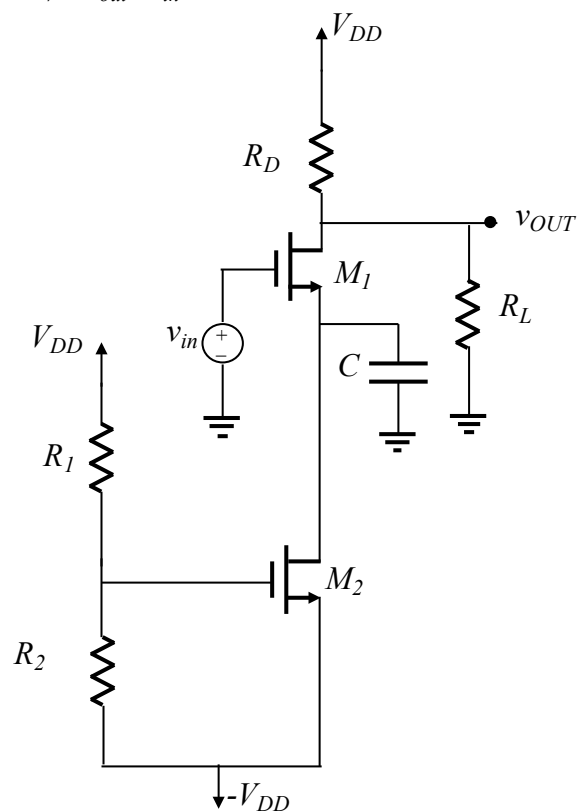
1) Del circuito seguente,

- Determinare il punto di polarizzazione dei transistor M_1 e M_2 (V_{GS} , V_{DS} , I_D)
- Calcolare l'amplificazione di tensione per piccoli segnali $A_v = v_{out} / v_{in}$

$$M_1 \text{ e } M_2 = \{V_t = 2 \text{ V}; K = 0,5 \text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}$$

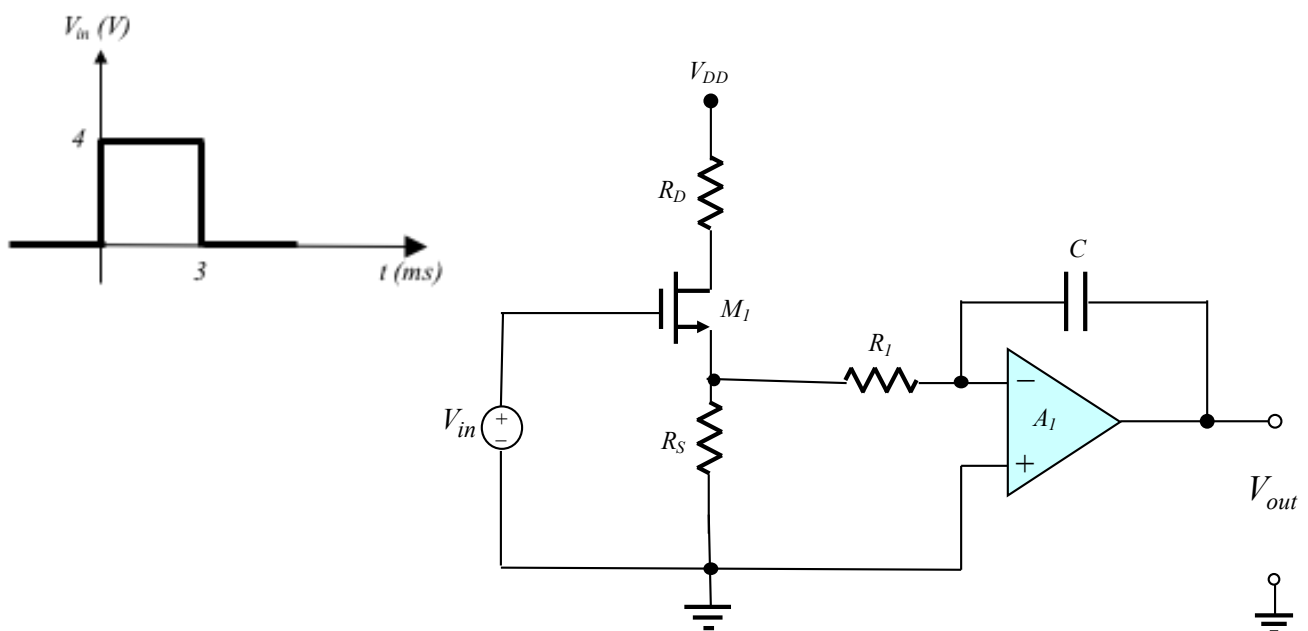
$$R_1 = 7\text{k}\Omega, \quad R_2 = 3\text{k}\Omega, \quad R_D = 10\text{k}\Omega; \quad R_L = 10\text{k}\Omega;$$

$$V_{DD} = 5\text{V}, \quad C \rightarrow +\infty$$



Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
16 settembre 2019

1) Del circuito seguente, considerando in ingresso l'impulso 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_{OUT} .
(Considerare il condensatore inizialmente scarico: $V_C(0)=0V$)



Amplificatori Operazionali ideali con $L^+ = -L^- = 10V$

M_1 : [$V_T = 1V$; $K = 0.5 \text{ mA/V}^2$; $\lambda = 0$]

$R_D = 2 \text{ k}\Omega$; $R_S = 1 \text{ k}\Omega$; $R_I = 1 \text{ k}\Omega$; $C = 0.5 \mu\text{F}$
 $V_{DD} = 10V$;

PER $\tau(0^-)$ E $\tau(3^-)$ $V_{in} = 0$

$$V_G = 0 \quad V_{GS} = -V_S \quad \text{MAI POICHÈ VA DA } V_{DD} \text{ A } 0 \quad \text{INTERDETTO} \quad V_{out} = 0$$

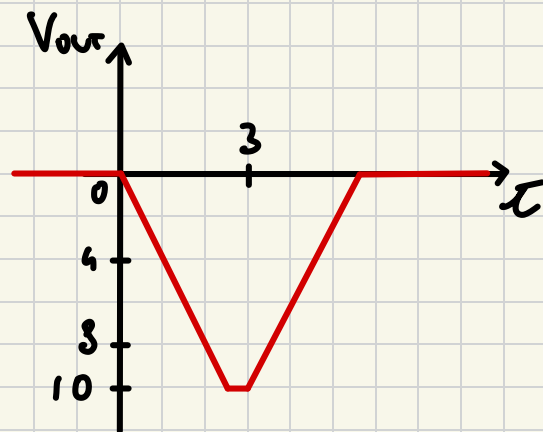
PER $\tau(0^+)$ E $\tau(3^+)$ $V_{in} = 4V$

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

$$\begin{cases} V_{GS} = 4 - I_D \\ I_D = \frac{1}{2}(V_{GS} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{aligned} x &= 4 - \frac{(x^2 - 2x + 1)}{2} \\ -x^2 + 2x - 1 + 8 - 2x & \\ x^2 - 7 &\rightarrow x = \pm\sqrt{7} \end{aligned} \quad V_{GS} \approx 3V > V_{TH} \quad I_D = 2 \text{ mA} \quad V_S = 2V$$

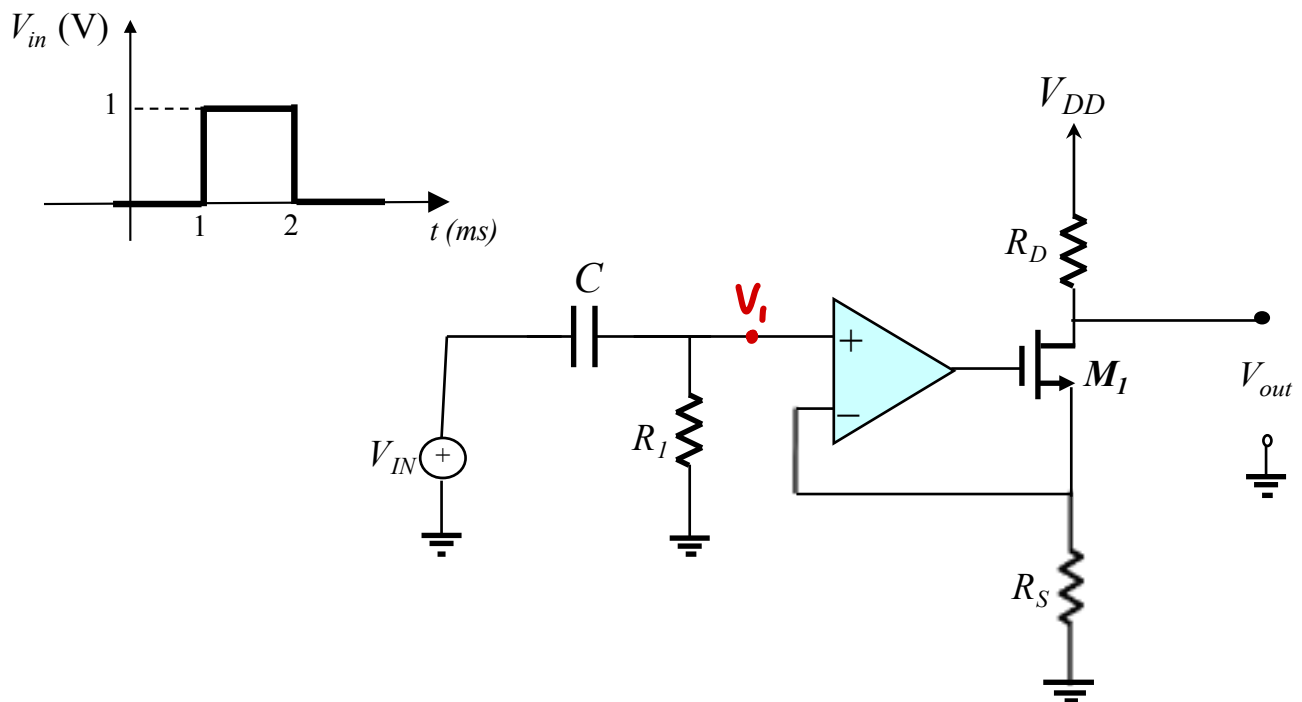
$$V_{DS} = V_D - V_S = V_{DD} - I_D R_D - V_S = 4V > V_{GS} - V_{TH} \quad \text{SATURAZIONE}$$

$$I_1 = \frac{V_S}{R_1} = 2 \text{ mA} \quad V_{out} = V_C = -\frac{Q}{C} = -\frac{\int I_1 dt}{C} = -\frac{I_1}{C} \tau = -4 \frac{V}{\text{ms}} \quad \tau = \infty$$



Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
19 ottobre 2019

1) Del circuito seguente, considerando in ingresso l'impulso 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_{OUT} .



Amplificatori Operazionali ideali con $L^+ = -L^- = 10\text{V}$
 M_I : [$V_T = 1\text{ V}$; $K = 0.5\text{ mA/V}^2$; $\lambda = 0$]

$R_D = 2,5\text{ k}\Omega$; $R_S = 0,5\text{ k}\Omega$; $R_I = 10\text{ k}\Omega$; $C = 5\text{ nF}$
 $V_{DD} = 10\text{ V}$;

PER $\tau(1^-)$ E $\tau(2^-)$ $V_{IN}=0$

$$V^+ = V^- = V_S = 0 \quad I_D = 0 \quad \text{INTERDIZIONE} \quad V_{OUT} = V_D = V_{DD} = 10V$$

PER $\tau(1^+)$ E $\tau(2^+)$ $V_{IN}=1V$

$$V^+ = V^- = V_S = 1V \quad I_D = \frac{V_S}{R_S} = 2mA$$

$$I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 \rightarrow 2 = \frac{1}{2}(x-1)^2 \quad x^2 - 2x - 3$$
$$x = \frac{2 \pm \sqrt{4+12}}{2} = \frac{2 \pm 4}{2} < \begin{matrix} -1 \\ 3 \end{matrix} \quad V_{GS} = 3V > V_{TH} \quad V_G = 4V$$

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

$$\tau = R_{eq}C = R_1 C = (10 \cdot 10^3)(5 \cdot 10^{-9}) = 50 \cdot 10^{-6} = 0.050 \text{ ms} \rightarrow 5\tau = 0.250 \text{ ms}$$

