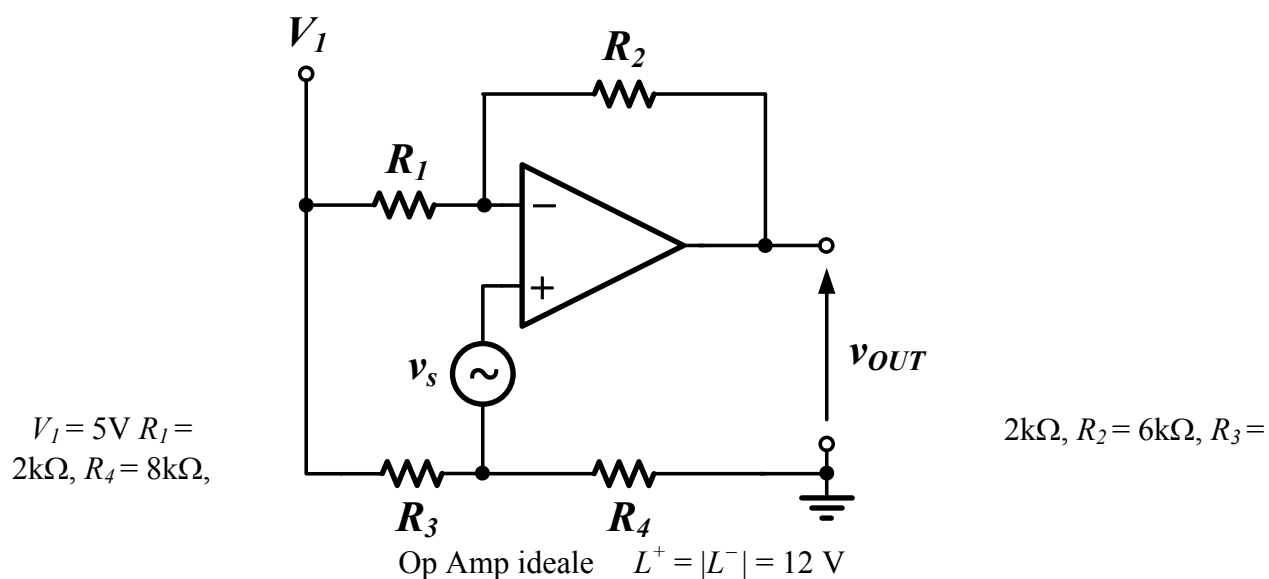


Esame del 22 gennaio 2018

1) Dato il circuito di figura:

- determinare la tensione di uscita v_{OUT} con $v_s = 0V$;
- tracciare l'andamento temporale della v_{OUT} quando v_s è un segnale di tensione sinusoidale di ampiezza picco-picco pari a 1V, valor medio nullo e frequenza pari a 1 kHz.



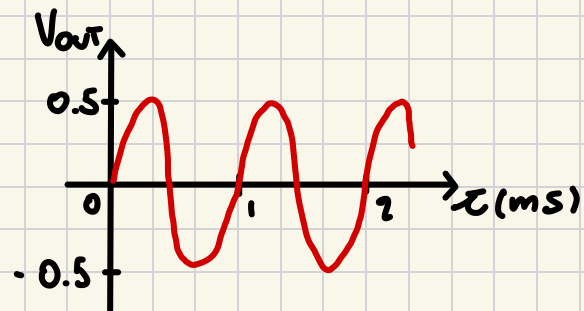
$$V_S = 0V$$

$$V^+ = V_1 \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 4V = V^- \text{ PER IL CCV}$$

$$I_1 = \frac{V_1 - V^-}{R_1} = 0.5 \text{ mA}$$

$$V_{OUT} = -I_1 R_2 + V^+ = 1V$$

V_S SINUSOIDE



$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1000 \text{ Hz}} = 0.001 \text{ s} = 1 \text{ ms}$$

SOVRAPPOSIZIONE

ANNULLO V_1 CHE HA $V_{OUT}' = 1V$

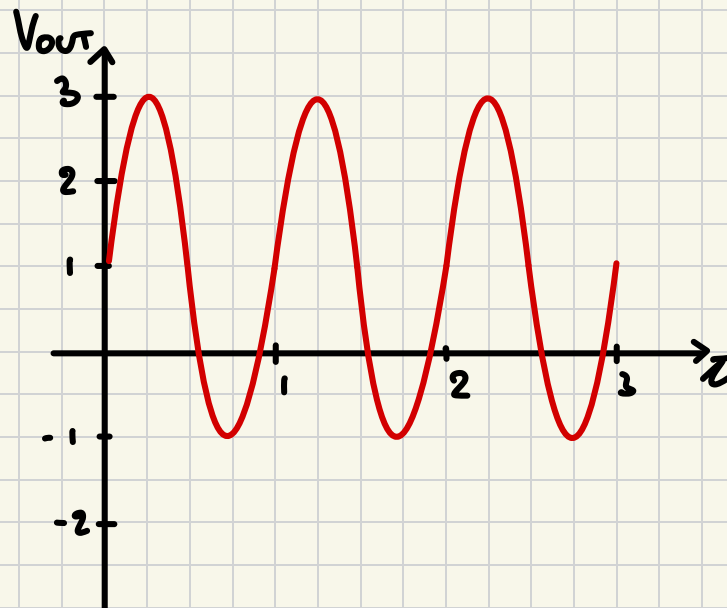
$$V^+ = V^- = V_S \quad I_1 = \frac{V_S}{R_1} = \frac{V_S}{2} \text{ mA}$$

$$V_{OUT}'' = V_S \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 4V_S$$

$$V_{OUT} = V_{OUT}' + V_{OUT}'' = 4V_S + 1V$$

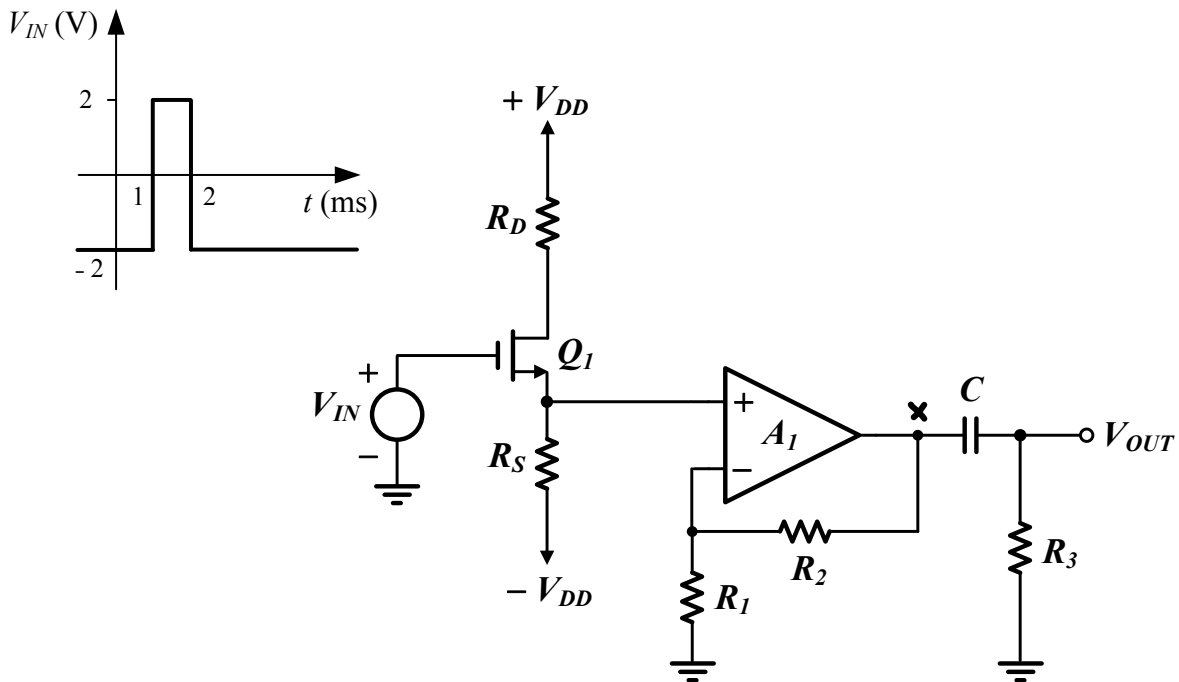
4 · AMPIEZZA

AUMENTO VALOR MEDIO
(TRASLO DI 1 SOPRA)



Esame del 15 febbraio 2018

- 1) Dato il circuito in figura, in cui V_{IN} ha l'andamento ad impulso di tensione riportato nel grafico, determinare e tracciare l'evoluzione temporale della tensione di uscita V_{OUT} .



$$M = \{V_t = 1 \text{ V}; K = 0.5 \text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}$$

$$V_{DD} = 5 \text{ V}; \quad R_D = 1 \text{ k}\Omega; \quad R_S = 2 \text{ k}\Omega; \quad R_I = 3 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 3 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 5 \text{ k}\Omega, \quad C = 10 \text{ nF}$$

$$\text{Op Amp ideale} \quad L^+ = |L^-| = 12 \text{ V}$$

PER $\tau(1^-)$ E $\tau(2^-)$ $V_{in} = -2V$

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

$$\begin{cases} V_{GS} = -2 + 5 - 2I_D \\ I_D = \frac{1}{2}(V_{GS} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} x = 3 - (x^2 - 2x + 1) \\ 3 - x^2 + 2x - 1 - x \\ x^2 - x - 2 \end{array} \quad x = \frac{1 \pm \sqrt{1+8}}{2} = \frac{1 \pm 3}{2} \begin{matrix} -1 \\ 2 \end{matrix}$$

$$V_{GS} = 2V > V_{TH} \quad I_D = 0.5 \text{ mA} \quad V_S = -4V$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D - V_S = 8.5V > V_{GS} - V_{TH} \quad \text{SATURAZIONE}$$

$$V^+ = V_S = -4V \quad V_x = V^+ \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = -8V$$

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

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

$$\begin{cases} V_{GS} = 2 + 5 - 2I_D \\ I_D = \frac{1}{2}(V_{GS} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} x = 7 - (x^2 - 2x + 1) \\ 7 - x^2 + 2x - 1 - x \\ x^2 - x - 6 \end{array} \quad x = \frac{1 \pm \sqrt{1+24}}{2} = \frac{1 \pm 5}{2} \begin{matrix} -2 \\ 3 \end{matrix}$$

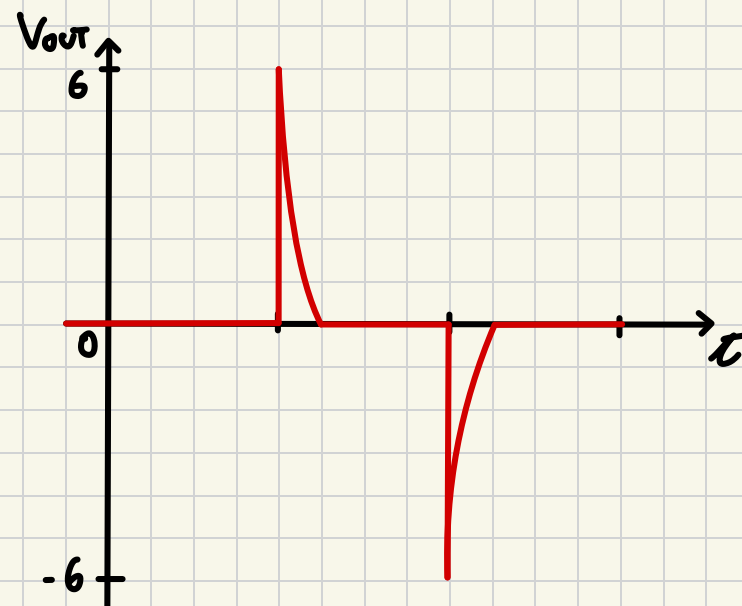
$$V_{GS} = 3V > V_{TH} \quad I_D = 2 \text{ mA} \quad V_S = -1V$$

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

$$V^+ = V_S = -1V \quad V_x = V^+ \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = -2V$$

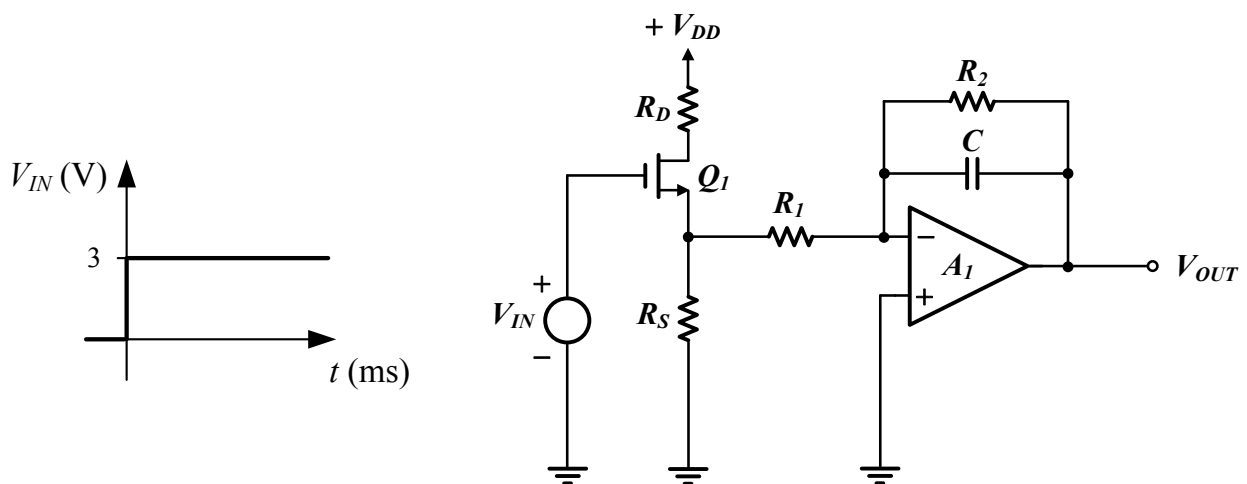
$$\tau = R_{eq} C = R_3 C = (5 \cdot 10^3)(10 \cdot 10^{-9}) = 50 \cdot 10^{-6} = 0.05 \text{ ms}$$

$$5\tau = 0.25 \text{ ms}$$



19 aprile 2018

1) 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_{OUT} .
(Considerare il condensatore inizialmente scarico: $V_C(0)=0V$)



Amplificatori Operazionali ideali con $L^+ = -L^- = 12V$

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

$R_D = 6 \text{ k}\Omega; \quad R_S = 4 \text{ k}\Omega; \quad R_I = 4 \text{ k}\Omega; \quad R_2 = 8 \text{ k}\Omega; \quad C = 0.5 \text{ }\mu\text{F}$
 $V_{DD} = 10 \text{ V};$

PER $t(0^+) V_{IN} = 0$

$V_G = 0$ $V_{GS} = -V_S$ DINAMICA DA V_{DD} A 0 \rightarrow INTERDIZIONE $I_D = 0$ $V_{OUT} = 0$

PER $t(0^+) V_{IN} = 3V$

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

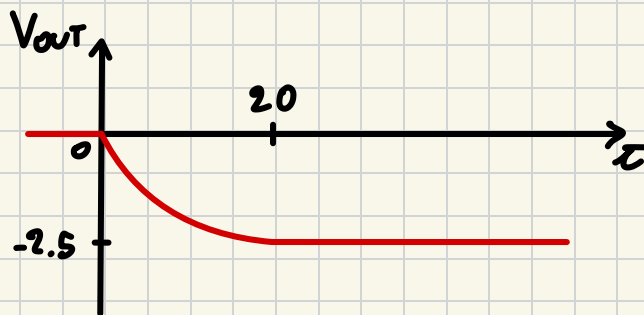
$$\begin{cases} V_{GS} = 3 - 4I_D \\ I_D = \frac{1}{2}(V_{GS} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} x = 3 - 2(x^2 - 2x + 1) \\ 3 - 2x^2 + 4x - 2 = x \\ 2x^2 - 3x + 1 \end{array} \quad x = \frac{3 \pm \sqrt{9+8}}{4} = \frac{3 \pm \sqrt{17}}{4}$$

$$V_{GS} \approx 1.8V > V_{TH} \quad I_D = 0.32 \text{ mA} \quad V_S = 1.28V$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D - V_S = 6.8V > V_{GS} - V_{TH} \quad \text{SATURAZIONE}$$

$$V_{OUT} = -I_D R_2 = -2.5V$$

$$\tau = R_{eq} C = R_2 C = (8 \cdot 10^3)(0.5 \cdot 10^{-6}) = 4 \text{ ms} \quad 5\tau = 20 \text{ ms}$$

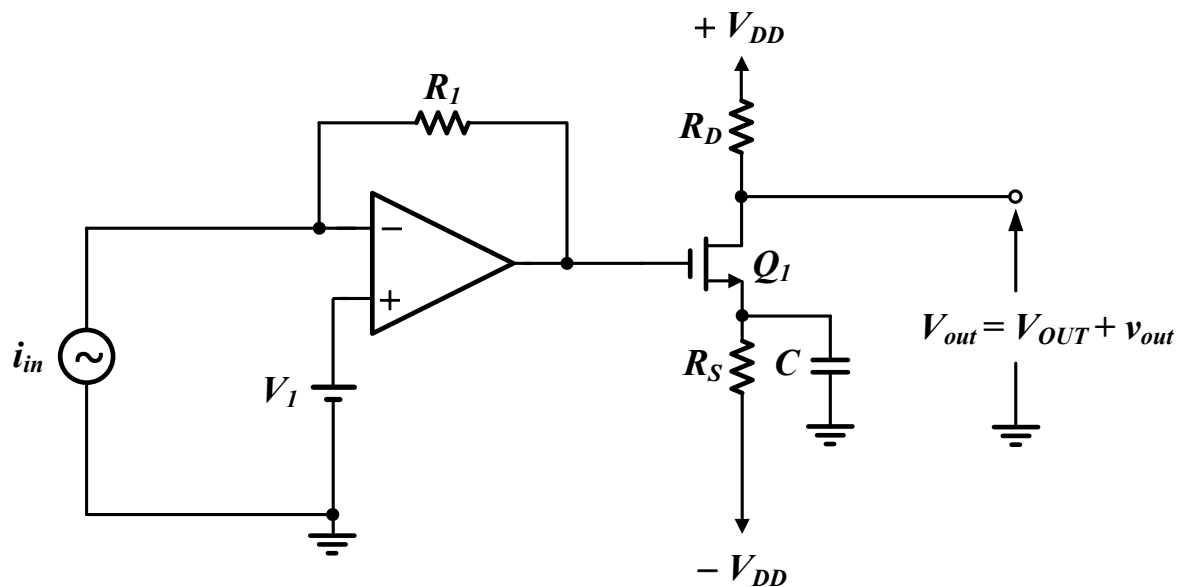


18 giugno 2018

V. 1

1) Del circuito seguente, con V_I una tensione continua pari a 1V e i_{in} un “piccolo segnale” di corrente, determinare i valori di R_S e R_I per avere rispettivamente:

- la tensione di uscita in continua $V_{OUT} = 6V$
- l'amplificazione di transresistenza per piccoli segnali $R_m = v_{out} / i_{in} = 9 \text{ k}\Omega$.



$$Q_I = \{V_t = 1 \text{ V}; K = 0,5 \text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}$$

$$V_I = 1V; V_{DD} = 12V; C = \infty; R_D = 3\text{k}\Omega$$

Considerare l'amplificatore operazionale ideale, con tensione di alimentazione pari a $\pm V_{DD}$.

$$R_S = ? ; \quad R_I = ?$$

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

$$V_G = V_I = 1V \quad V_S = I_D R_S \cdot V_{DD}$$

$$V_{OUT} = V_D = V_{DD} - I_D R_D \rightarrow 6 = 12 - 3I_D \rightarrow I_D = 2mA$$

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

$$V_{GS} = 3V > V_{TH} \quad V_{GS} = V_G - V_S \rightarrow 3 = 1 - V_S \rightarrow V_S = -2V$$

$$V_S = I_D R_S - V_{DD} \rightarrow -2 = 2R_S - 12 \rightarrow R_S = 5k\Omega$$

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

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

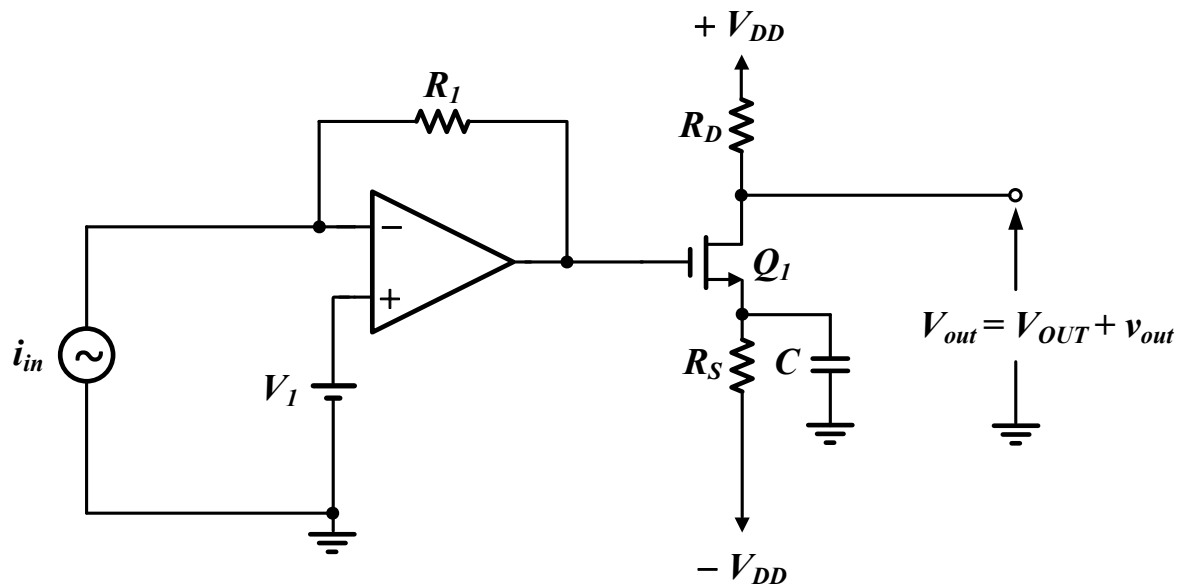
$$V_{OUTOP} = V_G = V_{GS} = -I_{IN} R_I \quad V_{OUTT} = -g_m V_{GS} R_D$$

$$R_H = \frac{g_m I_{IN} R_I R_D}{I_{IN}} = 9 \rightarrow 6R_I = 9 \rightarrow R_I = 1.5k\Omega$$

18 giugno 2018
V. 2

1) Del circuito seguente, con V_I una tensione continua pari a 2V e i_{in} un “piccolo segnale” di corrente, determinare i valori di R_S e R_I per avere rispettivamente:

- la tensione di uscita in continua $V_{OUT} = 5V$
- l'amplificazione di transresistenza per piccoli segnali $R_m = v_{out} / i_{in} = 10 \text{ k}\Omega$.



$$Q_I = \{V_t = 2 \text{ V}; K = 0,25 \text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}$$
$$V_I = 2\text{V}; V_{DD} = 10\text{V}; C = \infty; R_D = 5\text{k}\Omega$$

Considerare l'amplificatore operazionale ideale, con tensione di alimentazione pari a $\pm V_{DD}$.

$$R_S = ? ; \quad R_I = ?$$

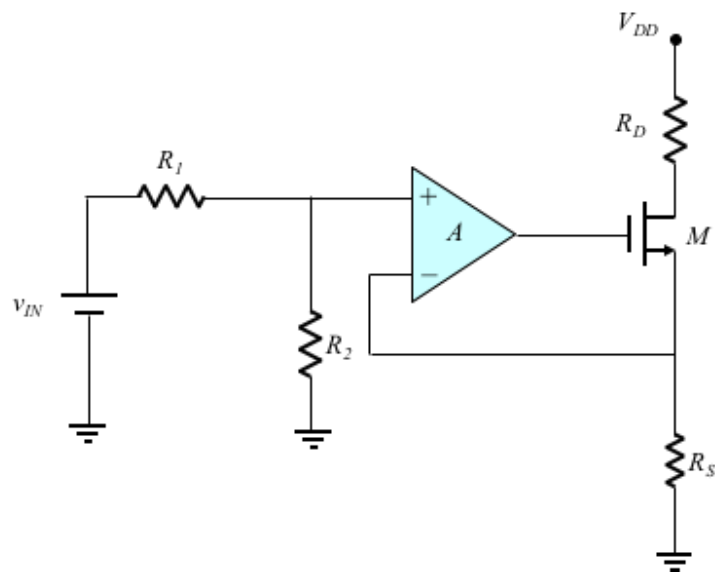
16 luglio 2018

1) Dato il circuito in figura, determinare il punto di lavoro del transistor M (I_D ; V_{GS} ; V_{DS}) per:

$$V_{IN} = 0V;$$

$$V_{IN} = 3,33V$$

$$V_{IN} = 5V$$



$$M = \{V_t = 1 \text{ V}; K = 0.5 \text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}$$

$$V_{DD} = 10V; R_D = 2\text{k}\Omega; R_S = 1\text{k}\Omega; R_I = 2\text{k}\Omega; R_2 = 3\text{k}\Omega,$$

Considerare l'amplificatore operazionale ideale, con tensione di alimentazione pari a $\pm V_{DD}$.

$$V_{IN} = 0V$$

$$V^+ = V_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0 \quad V^+ = V^- = V_S \quad I_D = 0 \text{ mA} \quad \text{INTERDIZIONE} \quad \{I_D = 0 \text{ mA}, V_{GS} = 0V, V_{DS} = 0V\}$$

$$V_{IN} = 3.33V$$

$$V^+ = V_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2V \quad V^+ = V^- = V_S \quad I_D = \frac{V_S}{R_S} = 2 \text{ mA}$$

$$I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 \rightarrow 2 = \frac{1}{2}(V_{GS}^2 - 2V_{GS} + 1) \quad x^2 - 2x - 3 \quad x = \frac{2 \pm \sqrt{4 + 12}}{2} = \frac{2 \pm 4}{2} \leftarrow 3 \quad V_{GS} = 3 > V_{TH} \quad V_G = 5V$$

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

$$V_{IN} = 5V$$

$$V^+ = V_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3V \quad V^+ = V^- = V_S \quad I_D = \frac{V_S}{R_S} = 3 \text{ mA}$$

$$I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 \rightarrow 3 = \frac{1}{2}(V_{GS}^2 - 2V_{GS} + 1) \quad x^2 - 2x - 2 \quad x = \frac{2 \pm \sqrt{4 + 8}}{2} = \frac{2 \pm 2\sqrt{3}}{2} = 1 \pm \sqrt{3} \quad V_{GS} \approx 2.7V > V_{TH} \quad V_G = 5.7V$$

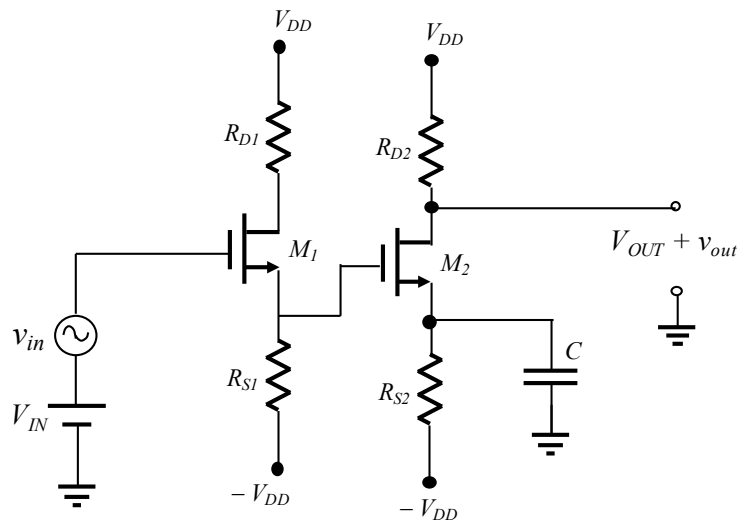
$$V_{DS} = V_D - V_S = V_{DD} - I_D R_D - V_S = 1V < V_{GS} - V_{TH} \quad \text{TRIODO}$$

$$I_D = K[2(V_{GS} - V_{TH})V_{DS} - V_{DS}^2] \rightarrow 3 = \frac{1}{2}[2(V_{GS} - 1) - 1] \rightarrow x - \frac{3}{2} - 3 = 0 \quad V_{GS} = 4.5V$$

?

17 settembre 2018

- 2) Dato il circuito in figura, in cui v_{in} è un generatore di piccolo segnale, determinare:
- R_{S1} e R_{D1} in modo tale che $g_{m1}=2\text{mA/V}$ e $V_{DS1}=4\text{V}$;
 - la tensione di uscita in continua V_{OUT} ;
 - il guadagno v_{out}/v_{in} a centro banda.



$$\mathbf{M_1=M_2 = \{V_t = 1\text{ V}; K = 0.5\text{ mA/V}^2; \lambda = 0\}}$$
$$V_{DD} = 5\text{V}; V_{IN} = 2\text{V}; R_{D2} = 2.5\text{k}\Omega; R_{S2} = 0.5\text{k}\Omega; C = \infty$$

TENSIONI CONTINUE (C IN C.A.)

$$V_{G_1} = V_{IN} = 2V \quad g_{m_1} = 2K(V_{G_{S_1}} - V_{TH}) = 2 \rightarrow 2 = V_{G_{S_1}} - 1 \rightarrow V_{G_{S_1}} = 3V > V_{TH} \quad V_{S_1} = -1V$$

$$I_{D_1} = K(V_{G_{S_1}} - V_{TH})^2 = 2mA \quad V_{S_1} = I_{D_1} R_{S_1} - V_{DD} \rightarrow -1 = 2R_{S_1} - 5 \rightarrow R_{S_1} = 2k\Omega$$

$$V_{D_{S_1}} = V_D - V_{S_1} = V_{DD} - I_{D_1} R_{D_1} - V_{S_1} = 4V > V_{G_{S_1}} - V_{TH} \rightarrow 5 - 2R_{D_1} + 1 = 4 \rightarrow R_{D_1} = 1k\Omega \quad \text{SATURAZIONE}$$

$$V_{S_1} = V_{G_2} \quad V_{S_2} = I_{D_2} R_{S_2} - V_{DD} \quad I_{D_2} = K(V_{G_{S_2}} - V_{TH})^2 \quad V_{G_{S_2}} = V_{G_2} - V_{S_2}$$

$$\begin{cases} V_{G_{S_2}} = -1 + 5 - \frac{1}{2} I_{D_2} \\ I_{D_2} = \frac{1}{2} (V_{G_{S_2}} - 1)^2 \end{cases} \quad \begin{aligned} x &= 4 - \left(\frac{x^2 - 2x + 1}{4} \right) \\ -x^2 + 2x - 1 + 16 - 4x &= 0 \\ x^2 + 2x - 15 &= 0 \end{aligned} \quad x = \frac{-2 \pm \sqrt{4 + 60}}{2} = \frac{-2 \pm 8}{2} \begin{matrix} -5 \\ 3 \end{matrix}$$

$$V_{G_{S_2}} = 3V > V_{TH} \quad I_{D_2} = 2mA \quad V_{S_2} = -4V$$

$$V_{D_{S_2}} = V_D - V_{S_2} = V_{DD} - I_{D_2} R_{D_2} - V_{S_2} = 4V > V_{G_{S_2}} - V_{TH} \quad \text{SATURAZIONE} \quad V_{D_2} = V_{OUT} = 0$$

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

$$g_{m_1} = 2K(V_{G_{S_1}} - V_{TH}) = 2 \frac{mA}{V} \quad g_{m_2} = 2K(V_{G_{S_2}} - V_{TH}) = 2 \frac{mA}{V}$$

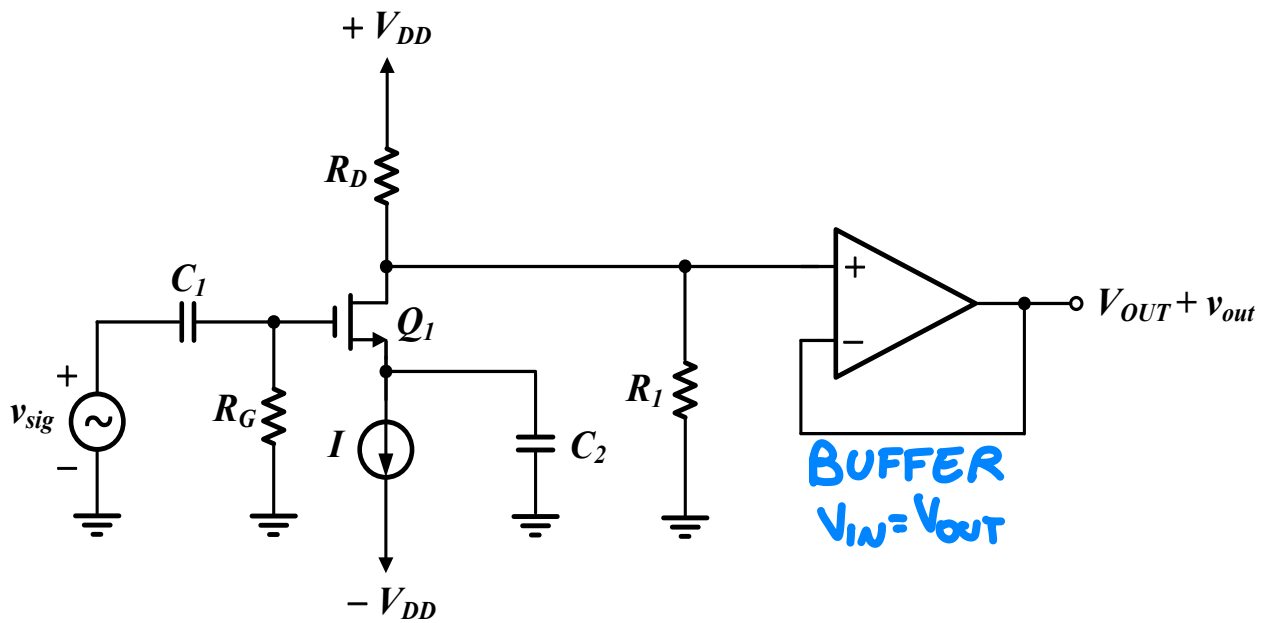
$$v_{G_{S_1}} = \frac{V_{IN}}{1 + g_{m_1} R_{S_1}}$$

$$A_{T_1} = \frac{g_{m_1} R_{S_1}}{1 + g_{m_1} R_{S_1}} = \frac{4}{5} \quad \times \quad A_{T_2} = -g_{m_2} R_{D_2} = -5 \rightarrow A_{TOT} = A_{T_1} \cdot A_{T_2} = -4$$

Esame del 27 ottobre 2018

1) Dato il circuito di figura, calcolare i valori di R_D e R_I che determinano:

- la tensione di uscita in continua $V_{OUT} = 0V$;
- il guadagno di tensione per piccoli segnali $A_v = v_{out}/v_{sig} = -4$



$$V_{DD} = 12V, I = 2mA$$

$$R_G = 10k\Omega, \quad C_1 = C_2 = \infty$$

$$Q_1: \{V_T = 2V, K = 0.5mA/V^2, \lambda = 0\}$$

$$\text{Op Amp ideale} \quad L^+ = |L^-| = 12V$$

$$R_D = ?? \quad R_I = ??$$

TENSIONE CONTINUA (C IN C.A.)

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

$$I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 \rightarrow 2 = \frac{1}{2}(-V_S - 2)^2 \quad x^2 + 4x \rightarrow x(x+4) \begin{matrix} 0 \\ -4 \end{matrix} \quad V_S = -4 \text{ V} \quad V_{GS} = 4 \text{ V} > V_{TH} \quad V_{OUT} = V_D = 0$$

$$I_{R_D} = I_D + I_{R_1} \rightarrow \frac{V_{DD} - V_D}{R_D} = I_D + \frac{V_D}{R_1} \rightarrow \frac{V_{DD}}{R_D} = I_D \rightarrow R_D = 6 \text{ k}\Omega \quad V_{DS} = -V_S = 4 \text{ V} > V_{GS} - V_{TH} \text{ SATUR.}$$

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

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

$$A_v = -g_m R_{D||1} = -4 \rightarrow -\frac{12R_1}{6+R_1} = -4 \rightarrow R_1 = 3 \text{ k}\Omega$$