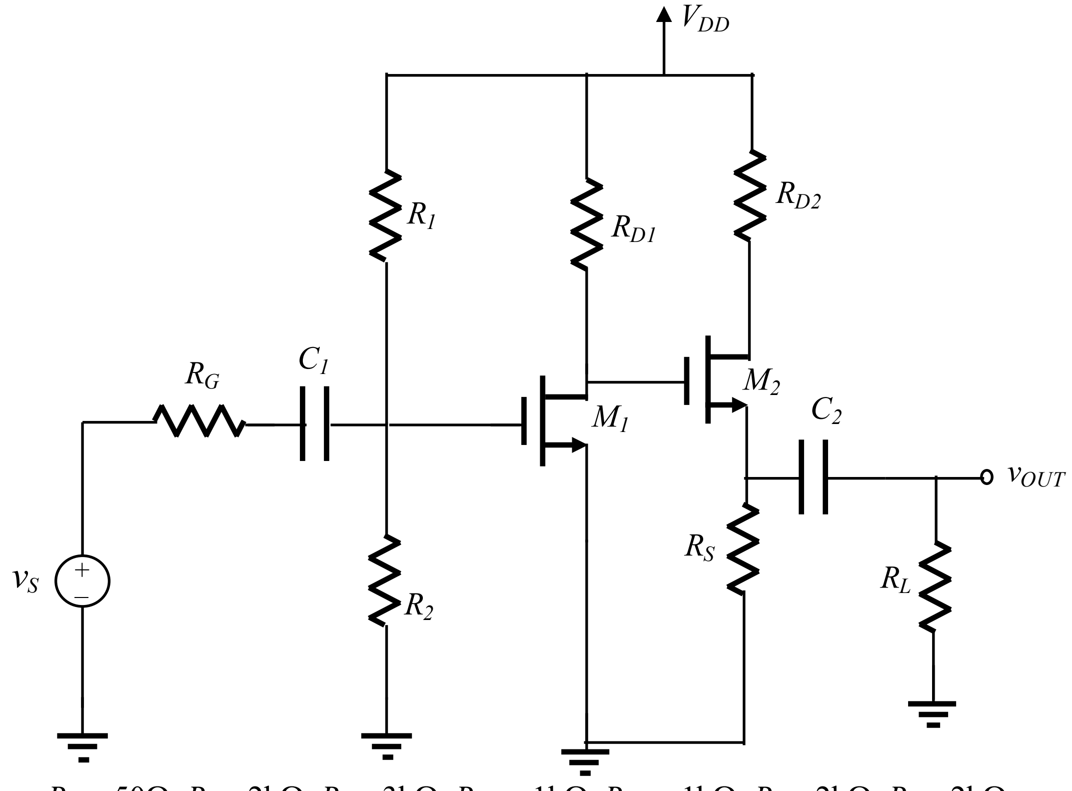
Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
20 gennaio 2020

1 Dato il circuito, in cui v_S è un generatore di tensione di piccolo segnale determinare:

a. La tensione di uscita V_{OUT} in continua;
b. il punto di lavoro di M_1 e M_2;
c. il guadagno di tensione a centro banda $A_v = v_{OUT}/v_S$;



$R_G = 50\Omega$, $R_1 = 2k\Omega$, $R_2 = 3k\Omega$, $R_{D1} = 1k\Omega$, $R_{D2} = 1k\Omega$, $R_S = 2k\Omega$, $R_L = 2k\Omega$,
$V_{DD} = 5V$, $C_1 = C_2 = \infty$
$M_1 = M_2 = \{V_T = 1V, K = 0.5mA/V^2, \lambda = 0\}$

TENSIONE CONTINUA (V_S IN C.C., C IN C.A.)

$V_{G_1} = V_{DD}\frac{R_2}{R_2+R_1} = 3V = V_{GS_1}$ $\quad I_{D_1} = K\,(V_{GS_1} - V_{TH})^2 = 2\,mA$ $\quad V_{DS_1} = V_{D_1} = V_{DD} - I_D R_{D_1} = 3V = V_{G_2}$

$V_{GS_1} > V_{TH}$ E $V_{DS_1} > V_{GS_1} - V_{TH}$ $\quad$ M_1 IN SATURAZIONE

$V_{G_2} = 3V$ $\quad V_S = I_{D_2} R_S$ $\quad V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_D R_S$ $\quad I_{D_2} = K\,(V_{GS_2} - V_{TH})^2$

$$\begin{cases} V_{GS_2} = 3 - 2I_{D_2} \\ I_{D_2} = \frac{1}{2}(V_{GS_2} - 1)^2 \end{cases}$$

$x = 3 - (x^2 - 2x + 1)$

$-x^2 + 2x - 1 + 3 - x$

$x^2 - x - 2$

$x = \frac{1 \pm \sqrt{1+8}}{2} = \frac{1 \pm 3}{2} \left\langle \begin{matrix} -1 \\ 2 \end{matrix} \right.$

$V_{GS_2} = 2V > V_{TH}$ $\quad I_{D_2} = 0.5\,mA$ $\quad V_{S_2} = 1V$

$V_{DS_2} = V_{D_2} - V_{S_2} = V_{DD} - I_{D_2} R_{D_2} - V_{S_2} = 3.5V > V_{GS_2} - V_{TH}$ $\quad$ M_2 IN SATURAZIONE

$M_1 = \{V_{GS} = 3V,\ I_D = 2\,mA,\ V_{DS} = 3V\}$ $\quad M_2 = \{V_{GS} = 2V,\ I_D = 0.5\,mA,\ V_{DS} = 3.5V\}$ $\quad V_{OUT} = I_{D_2} R_S = 1V$

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

$g_{m_1} = 2K\,(V_{GS_1} - V_{TH}) = 2\,\frac{mA}{V}$ $\quad g_{m_2} = 2K\,(V_{GS_2} - V_{TH}) = 1\,\frac{mA}{V}$

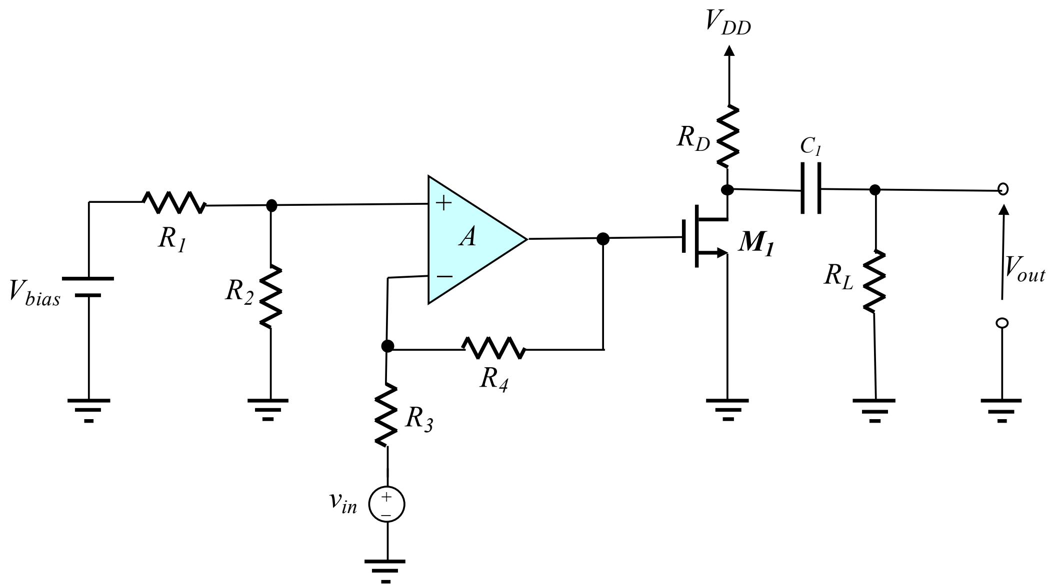
$v_{gs} = \frac{V_{IN}}{1 + g_m R_S}$

$V_{OUT_1} = -g_m V_S R_{D_1}$ $\quad V_{OUT_2} = -g_m v_{gs} R_{S//L} = \frac{-g_m V_S R_{S//L}}{1 + g_m R_S}$

$A_{V_1} = \frac{V_{OUT_1}}{V_S} = -g_m R_{D_1} = -2$ $\quad \times$ $\quad A_{V_2} = \frac{V_{OUT_2}}{V_S} = \frac{g_m R_{S//L}}{1 + g_m R_S} = \frac{1}{3} \rightarrow A_{TOT} = A_{V_1} \cdot A_{V_2} = -\frac{2}{3}$

Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
13 febbraio 2020

1 Dato il circuito, in cui v_{in} è un generatore di tensione di piccolo segnale determinare il guadagno di tensione a centro banda $A_v = v_{out} / v_{in}$



$R_1 = R_2 = R_3 = 1\text{k}\Omega$, $R_4 = 5\text{k}\Omega$, $R_D = 2\text{k}\Omega$, $R_L = 20\text{k}\Omega$,

$V_{bias} = 1\text{V}$; $V_{DD} = 10\text{V}$, $C_1 = \infty$

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

Amplificatore Operazionale ideale; $L^+ = |L^-| = 10$ V

TENSIONI COST (V_{IN} IN C.C. E C IN C.A.)

$V^+ = V_{BIAS} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.5\,V$ $V_{OUT\,OP} = V_G = V^+ \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) = 3V = V_{GS}$ $V_S = 0$

$I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 = 2\,mA$ $V_{DS} = V_D - V_S = V_{DD} - I_D R_D = 6V$ $\begin{cases} V_{GS} > V_{TH} \\ V_{DS} > V_{GS} - V_{TH} \end{cases}$ SATURAZIONE

PICCOLI SEGNALI (V_{BIAS} IN C.C. , C IN C.C.)

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

$A_{OP} = -\frac{R_4}{R_3} = -5$ × $A_T = -g_m R_{D//L} = -2\,\frac{20 \cdot 2}{20+2} = -\frac{40}{11} \approx -4$ → $A_{TOT} = A_{OP} \cdot A_T = 20$

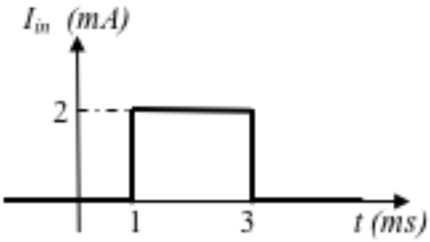
Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica (telematico)
Ingegneria Informatica/Automatica
11 maggio 2020

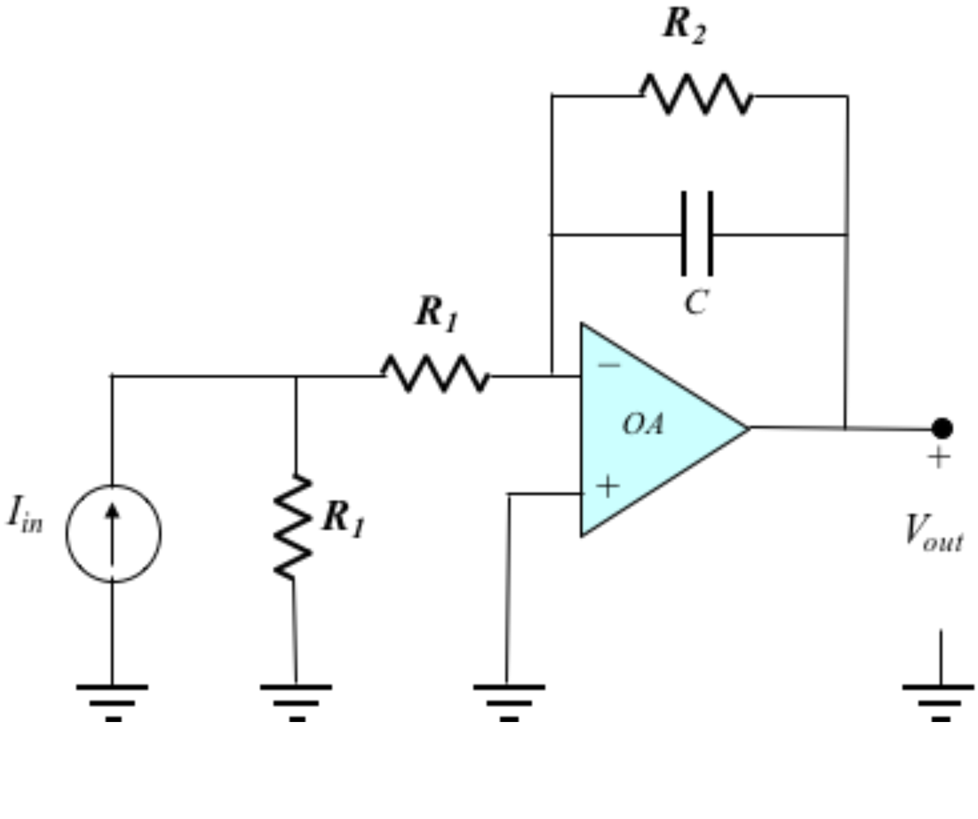
GRUPPO 1

1) Del circuito seguente, considerando in ingresso l'impulso di corrente 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}.

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

$\boldsymbol{R_1} = 3$ kΩ; $\boldsymbol{R_2} = 5$ kΩ; $\boldsymbol{C} = 50$ nF





C È UN PASSA-BASSO QUINDI SI CARICA E SCARICA CON UN TRANSITORIO DI 5τ

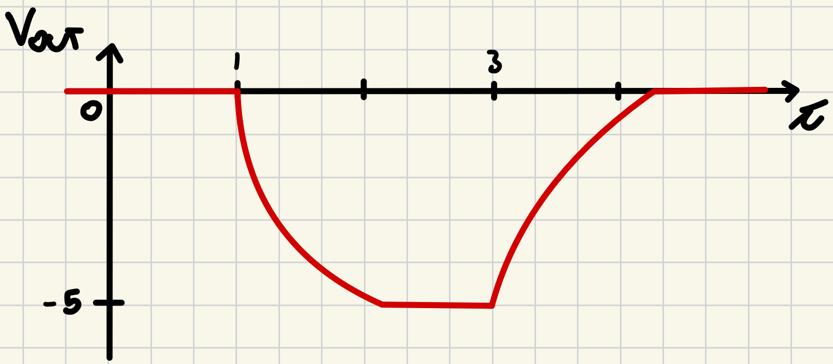
PER $\tau(1^-)$ E $\tau(3^+)$

$I_{IN} = 0\ mA \qquad V_{OUT} = 0$

PER $\tau(1^+)$ E $\tau(3^-)$ (C IN C.C.)

$I_{IN} = 2\ mA \qquad I^- = I_{IN}\dfrac{R_1}{R_1+R_1} = 1\ mA \qquad V_{OUT} = -I^- R_2 = -5\ V$

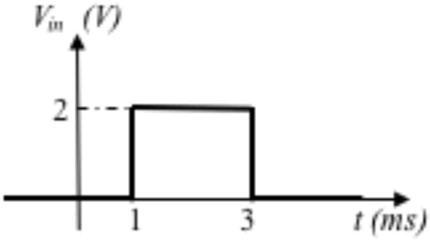
$\tau = R_{eq}C = R_2 C = (5\cdot 10^3)(50\cdot 10^{-9}) = 250\cdot 10^{-6} = 0.25\ ms \rightarrow 5\tau = 1.25\ ms$



Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
11 maggio 2020

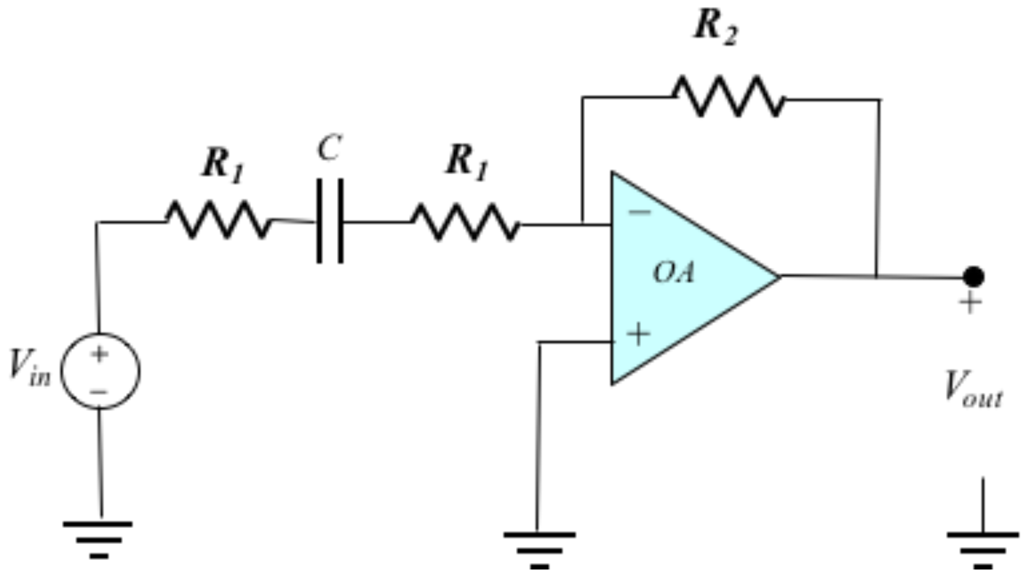
GRUPPO 2

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}.



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

$\boldsymbol{R_1} = 2\ k\Omega$; $\boldsymbol{R_2} = 8\ k\Omega$; $\boldsymbol{C} = 50\ nF$



PER $\tau(1^-)$

$V_{IN}=0 \qquad V_{OUT}=0$

PER $\tau=1$ SBALZO DI $V_{IN}=+2V$

$V_{IN}=2V \qquad V_{OUT}=V_{IN}\left(-\frac{R_2}{2R_1}\right)=-4V$

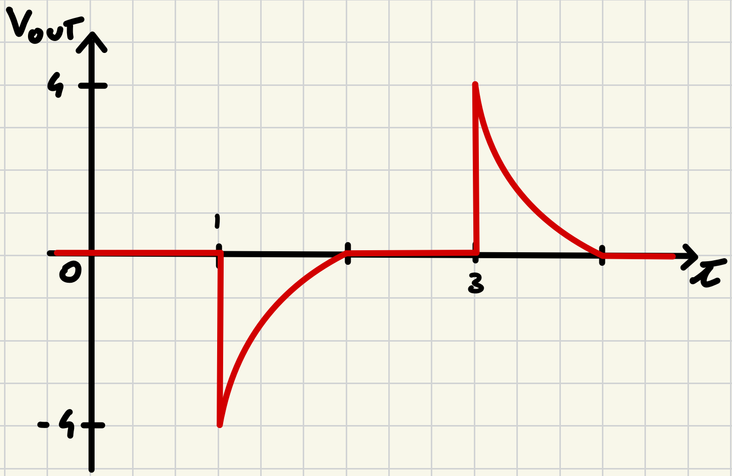
?

PER $\tau=3$ SBALZO DI $V_{IN}=-2V$

$V_{IN}=-2V \qquad V_{OUT}=V_{IN}\left(-\frac{R_2}{2R_1}\right)=4V$

$\tau=R_{eq}C=2R_1C=(4\cdot10^3)(50\cdot10^{-9})=200\cdot10^{-6}=0.2\,ms \rightarrow 5\tau=1\,ms$

C PASSA-ALTO → CI INTERESSA DI QUANTO CAMBIA ISTANTANEAMENTE V_{IN}



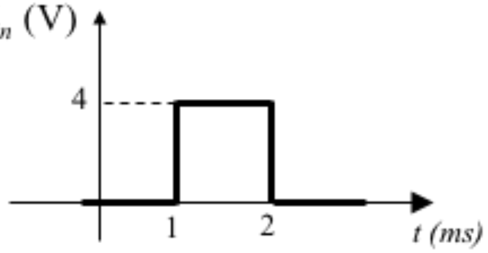
Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
11 maggio 2020

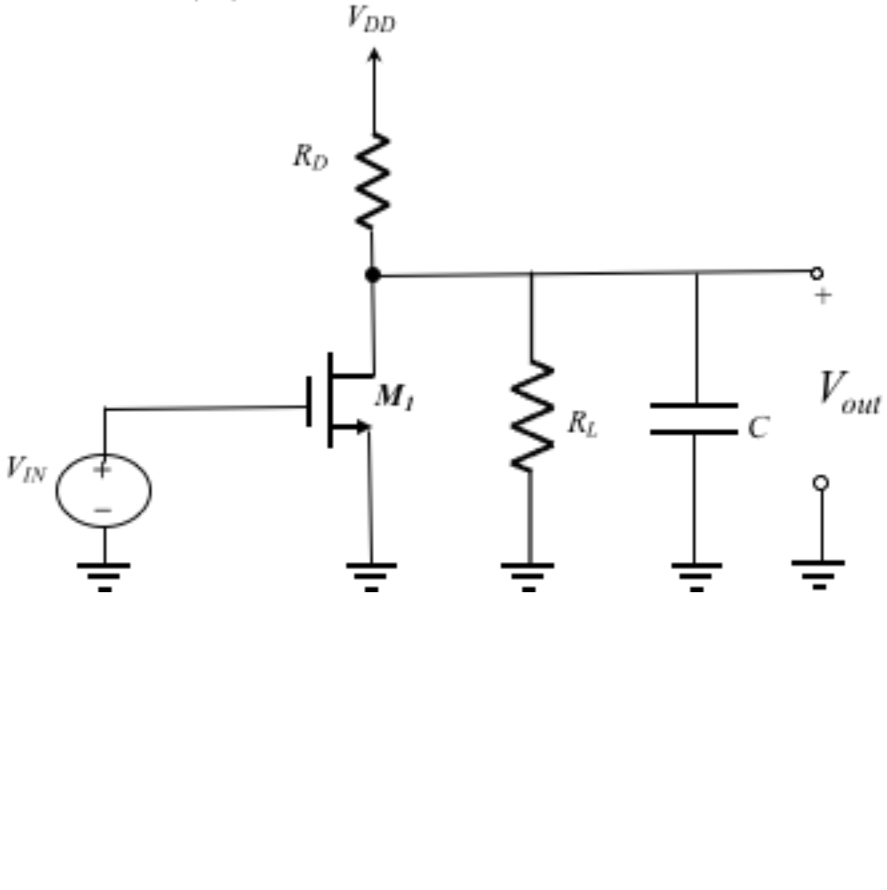
GRUPPO 3

Del circuito seguente, considerando in ingresso l'impulso 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}.

$\boldsymbol{R_D} = 2\ \mathrm{k\Omega}$; $\boldsymbol{R_L} = 4\ \mathrm{k\Omega}$; $\boldsymbol{C} = 50\ \mathrm{nF}$ $\boldsymbol{V_{DD}} = 12\mathrm{V}$

$\boldsymbol{M_1} = (\ \boldsymbol{K} = 0{,}33\ \mathrm{mA/V^2}\ ;\ \boldsymbol{V_T} = 1\ \mathrm{V}\ ;\ \boldsymbol{\lambda} = 0)$





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

$V_G = V_{GS} = 0$ INTERDIZIONE $I_D = 0$ $V_D = V_{DD} = V_{OUT} = 12V$

PER $\tau(1^+)$ E $\tau(2^-)$ $V_{IN} = 4V$

$V_G = V_{GS} = 4V$ $I_D = k(V_{GS} - V_{TH})^2 = 3\,mA$

$I_{RD} = I_D + I_{R_L} \rightarrow \frac{V_{DD} - V_D}{R_D} = I_D + \frac{V_D}{R_L}$

$\frac{12 - x}{2} = 3 + \frac{x}{4}$

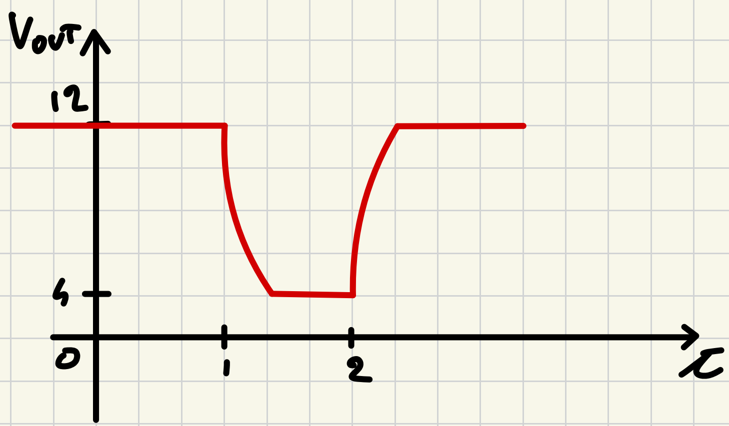
$24 - 2x = 12 + x$

$x = 4$

$V_D = 4V = V_{DS}$

$\begin{cases} V_{GS} > V_{TH} \\ V_{DS} > V_{GS} - V_{TH} \end{cases}$ SATURAZIONE $V_{OUT} = V_D = 4V$

$\tau = R_{eq}C = R_{D//L}C = (1.3 \cdot 10^3)(50 \cdot 10^{-9}) = 65 \cdot 10^{-6} = 0.065\,ms \rightarrow 5\tau = 0\ 325\,ms$

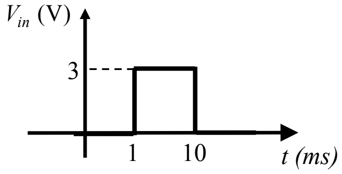


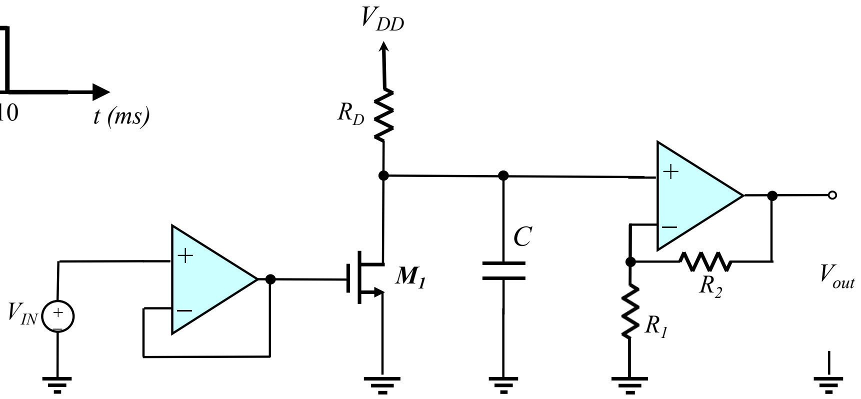
C PASSA-BASSO

Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
18 giugno 2020

TURNO 1

Del circuito seguente, considerando in ingresso l'impulso di tensione riportato in figura, e considerando l'op-amp ideale, calcolare e graficare l'andamento nel tempo della tensione di uscita V_{OUT}.





OA ideale con $L^+ = -L^- = 12$V $\boldsymbol{M_1}$ = ($\boldsymbol{K}$ = 0,5 mA/V^2 ; $\boldsymbol{V_T}$ = 1 V ; $\boldsymbol{\lambda}$ = 0)

$\boldsymbol{V_{DD}}$ = 5V $\boldsymbol{R_1} = \boldsymbol{R_2} = \boldsymbol{R_D}$ = 1kΩ; $\boldsymbol{C}$ = 1 μF

PRIMO OP BUFFER DI TENSIONE → $A = 1$, $V_{IN} = V_{OUT}$

PER $\tau(1^-)$ E $\tau(10^+)$ $V_{IN} = 0$

$V_G = V_{GS} = 0$ INTERDIZIONE $I_D = 0$ $V_D = V_{DD} = 5V = V^+$ $V_{OUT} = V^+ (1 + \cancel{R_2 / R_1}) = 10V$

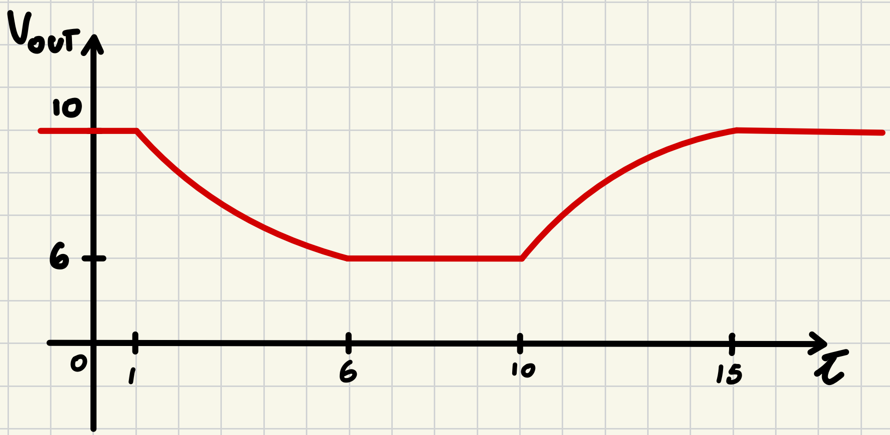
PER $\tau(1^+)$ E $\tau(10^-)$ $V_{IN} = 3V$

$V_G = V_{GS} = 3V > V_{TH}$ $V_S = 0$ $I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 = 2\ mA$

$V_{DS} = V_D = V_{DD} - I_D R_D = 3V > V_{GS} - V_{TH}$ SATURAZIONE

$V^+ = V_D = 3V$ $V_{OUT} = V^+ \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 6V$

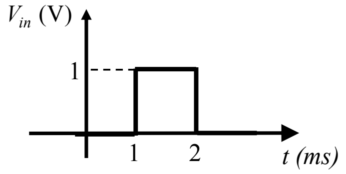
$\tau = R_{eq} C = R_D C = (1 \cdot 10^3)(1 \cdot 10^{-6}) = 1\ ms$ → $5\tau = 5ms$

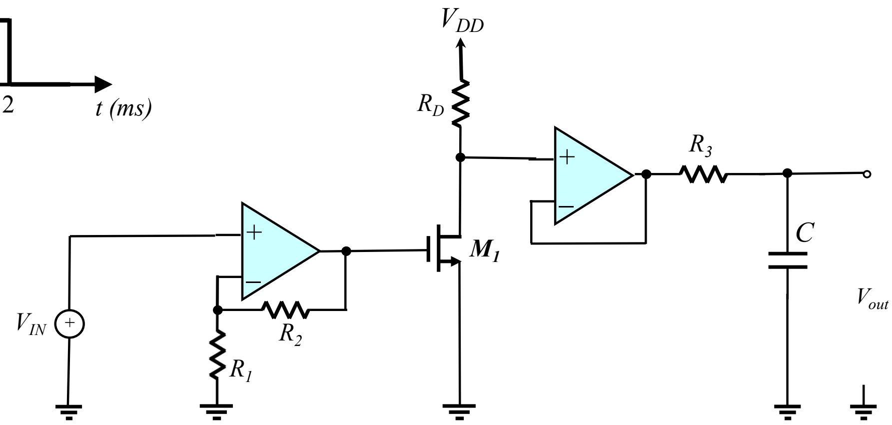


Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
18 giugno 2020

TURNO 2

Del circuito seguente, considerando in ingresso l'impulso di tensione riportato in figura, e considerando l'op-amp ideale, calcolare e graficare l'andamento nel tempo della tensione di uscita V_{OUT}.





OA ideale con $L^+ = -L^- = 12$V $\quad$ $\boldsymbol{M_1}$ = ($\boldsymbol{K}$ = 0,5 mA/V^2 ; $\boldsymbol{V_T}$ = 1 V ; $\boldsymbol{\lambda}$ = 0)

$\boldsymbol{V_{DD}}$ = 5V $\quad$ $\boldsymbol{R_1} = \boldsymbol{R_D}$ = 1kΩ; $\quad$ $\boldsymbol{R_2}$ = 2kΩ; $\quad$ $\boldsymbol{R_3}$ = 10kΩ; $\quad$ $\boldsymbol{C}$ = 10 nF

SECONDO OP BUFFER DI TENSIONE → $A=1$, $V_{IN}=V_{OUT}$

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

$V'_{OUT}=V_G=0$ $V_{GS}=0<V_{TH}$ INTERDIZIONE $I_D=0$ $V_D=V_{DD}=V_{OUT}=5V$

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

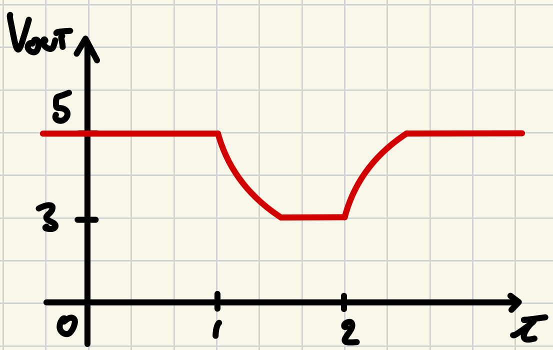
$V'_{OUT}=V_G=V_{GS}=V_{IN}\left(1+R_2/R_1\right)=3V>V_{TH}$ $I_D=K(V_{GS}-V_{TH})^2=2\ mA$

$I_{RD}=I_D+I_{R_3}\rightarrow\frac{V_{DD}-V_D}{R_D}=I_D+\frac{V_D}{R_3}$

$5-x=2+\frac{x}{10}$
$50-10x=20+x$
$x\approx3$

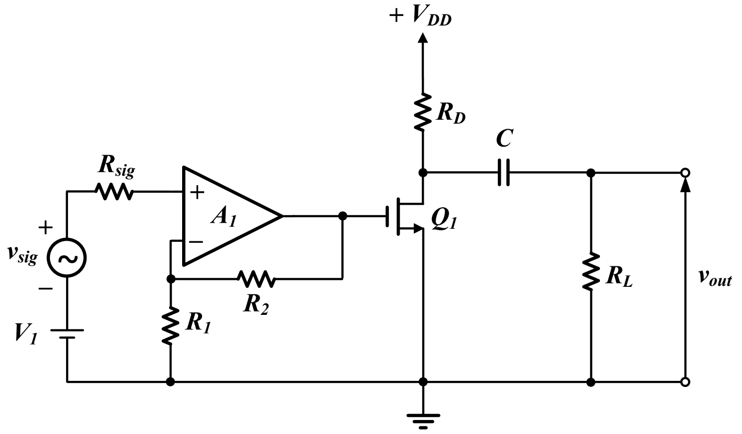
$V_D=V_{DS}=V_{OUT}=3V>V_{GS}-V_{TH}$ SATURAZIONE

$\tau=R_{eq}C=R_3C=(10\cdot10^3)(10\cdot10^{-9})=100\cdot10^{-6}=0.1ms$ → $5\tau=0.5ms$



Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica/Automatica
16 luglio 2020

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.



$\boldsymbol{A_1}$ ideale, con $L^+ = -L^- = 12$; **Q**$_1$: $V_T = 1$ V; $K = 0{,}5$ mA/V^2; $\lambda = 0$;

$R_1 = 1$ kΩ; $R_2 = 2$ kΩ; $R_{sig} = 1$ kΩ; $R_L = 4$ kΩ;

$V_1 = 1$ V $V_{DD} = 12$ V; $C = \infty$

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

$V^+ = V^- = 1V$ $\quad V_{OUT} = V_G = V_{GS} = V^+(1 + R_2/R_1) = 3V > V_{TH}$ $\quad I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2 = 2\,mA$

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

PICCOLI SEGNALI (V_1 E V_{DD} A MASSA, C IN C.C.)

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

$A_{OP} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 3$ $\times$ $A_T = -g_m R_{D//L}$ $=$ $A_{TOT} = A_{OP} \cdot A_T = -12 \rightarrow -3 g_m R_{D//L} = -12$

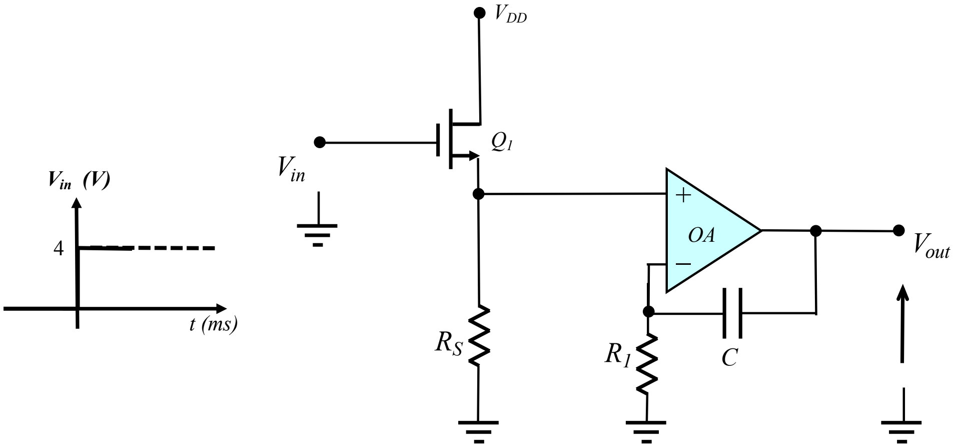
$-6\,\frac{4R_D}{4+R_D} = -12$

$-24R_D = -12(4+R_D)$

$R_D = \frac{48}{12} = 4\,K\Omega$

Prova scritta Elettronica 10/09/2020
Prof. de Cesare

Del circuito seguente, considerando in ingresso il gradino di tensione $\boldsymbol{V_{in}}$ riportato in figura, calcolare e graficare l'andamento nel tempo della tensione di uscita $\boldsymbol{V_{out}}$.
Considerare nulla la tensione ai capi del condensatore per t<0.



OA ideale con $L^+ = -L^- = 10$V $\boldsymbol{Q_1} = (\boldsymbol{K} = 0{,}5$ mA/V^2 ; $\boldsymbol{V_T} = 1$ V ; $\boldsymbol{\lambda} = 0)$

$\boldsymbol{V_{DD}} = 10$V $\boldsymbol{R_S} = 0{,}5$ kΩ; $\boldsymbol{R_1} = 1$kΩ; $\boldsymbol{C} = 1$ μF

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

$V_G=0$ $V_{GS}=-V_S$ MAI POICHÈ LA DINAMICA VA DA 0 A V_{DD} INTERDIZIONE $I_D=0$ $V_S=0$ $V_{OUT}=0$

PER $t(0^+)$ $V_{IN}=4V$

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

$$\begin{cases} V_{GS}=4-\frac{1}{2}I_D \\ I_D=\frac{1}{2}(V_{GS}-1)^2 \end{cases}$$

$x=4-\left(\frac{x^2-2x+1}{4}\right)$

$-x^2+2x-1+16-4x$

$x^2+2x-15$

$x=\frac{-2\pm\sqrt{4+60}}{2}=\frac{-2\pm8}{2}\left\langle\begin{matrix}-5\\3\end{matrix}\right.$

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

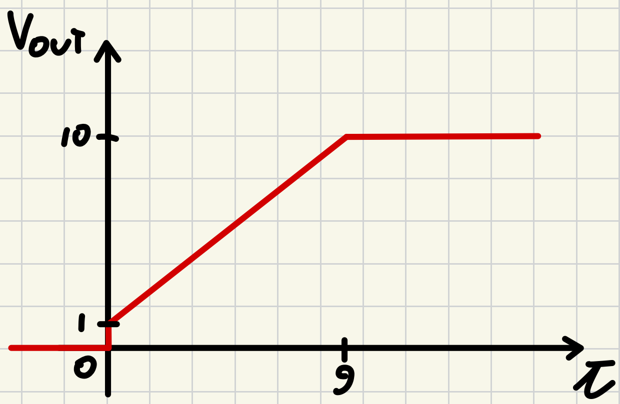
$V_{DS}=V_D-V_S=V_{DD}-V_S=9V>V_{GS}-V_{TH}$ SATURAZIONE

OP

$V^+=V_S=1V$

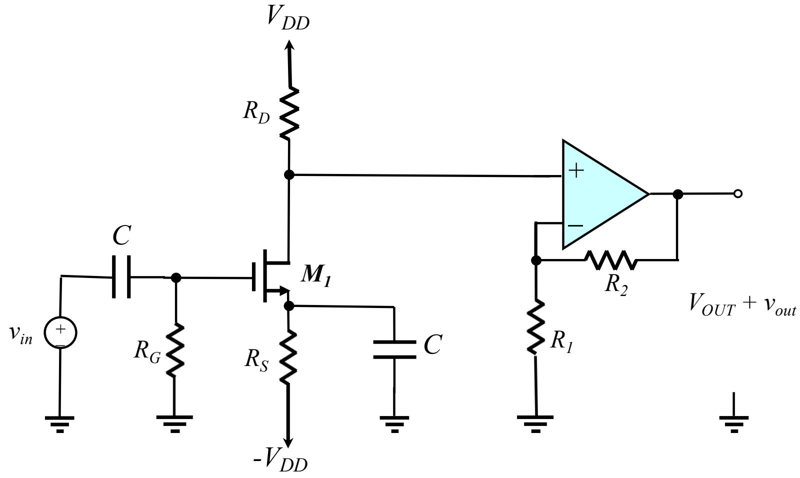
$I_1=\frac{V^-}{R_1}=1\,mA$

$$V_{OUT}=V_C+V^+=\frac{Q}{C}+V^+=\frac{\int I_1\,dt}{C}+V^+=\frac{I_1}{C}t+V^+=1V+1\frac{V}{ms}$$



Elettronica
22 ottobre 2020

Del circuito seguente
-calcolare il valore della resistenza di Drain R_D per avere una tensione di uscita in continua V_{OUT} = 0V;
-con il valore ottenuto di R_D calcolare il guadagno di tensione per piccolo segnali $A_v = v_{out}/v_{in}$.



OA ideale con $L^+ = -L^- = 12$V $\quad$ $\boldsymbol{M_1}$ = ($\boldsymbol{K}$ = 0,5 mA/V² ; $\boldsymbol{V_T}$ = 2 V ; $\boldsymbol{\lambda}$ = 0)

$\boldsymbol{R_G}$ = 5kΩ $\quad$ $\boldsymbol{R_S}$ = 0,5kΩ $\quad$ $\boldsymbol{R_1}$ = 1kΩ $\quad$ $\boldsymbol{R_2}$ = 5kΩ; $\quad$ $\boldsymbol{C} = \infty$ $\quad$ $\boldsymbol{V_{DD}}$ = 5V

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

T

$V_G = 0$ $\quad V_{GS} = -V_S \quad V_S - (-V_{DD}) = I_D R_S \rightarrow V_S = I_D R_S - V_{DD} \quad I_D = K(V_{GS} - V_{TH})^2$

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

$x = 5 - \left(\frac{x^2 - 4x + 4}{4}\right)$

$-x^2 + 4x - 4 + 20 - 4x$

$x^2 - 16 \rightarrow x = \pm 4$

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

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

OP

$V^+ = V_D = V_{DD} - I_D R_D \qquad V_{OUT} = V^+\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 0 \rightarrow 6V^+ = 0$

$30 - 12 R_D = 0$

$\boxed{R_D = \frac{30}{12} = 2.5\ k\Omega}$

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

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

$A_T = -g_m R_D = -5 \quad \times \quad A_{OP} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 6 \rightarrow \boxed{A_{TOT} = A_T \cdot A_{OP} = -30}$