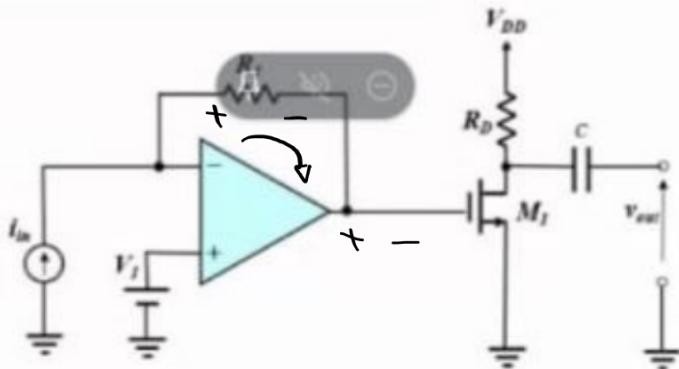


Del circuito seguente, con V_I un generatore di tensione costante e i_{in} un generatore di corrente di piccolo segnale,

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

APRILE
2021



OA ideale con $L^+ = -L^- = 12V$ $M_I = (K = 0.5 \text{ mA/V}^2; V_T = 1 \text{ V}; \lambda = 0)$
 $V_I = 3 \text{ V}$ $V_{DD} = 12 \text{ V}$
 $R_I = 2 \text{ k}\Omega$ $R_D = 4 \text{ k}\Omega$ $C = \infty$

① ANALISI SCONT

- COMPOENSI VARIABILI NEL TSUPER A MASSA
 $I_{IN} = \underline{\hspace{2cm}}$

- COND. ALIMENTAZIONE

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

SUPPONGO SATURAZIONE

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

2 condizioni:

$$\textcircled{1} \quad V_{GS} = 3 \text{ Volt} + 2 \cdot 0.5 = 4 \text{ Volt}$$

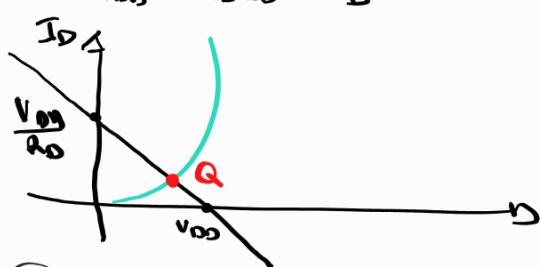
$$I_D = K (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2 \text{ mA}$$

$$\textcircled{2} \quad V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D = 12 - 2 \cdot 4 = 4 \text{ Volt} > V_{GS} - V_T \quad \text{OK}$$

DISCONTO IN SATURAZIONE

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

$$G_m = 2K (V_{GS} - V_T) = 2 \text{ mA/V}$$



② ANALISI PICCOLA SOSTITUZIONE

- SOLO COMP. VARIABILI V_{DD} A MASSA, V_I A MASSA
- COND. ENERGETICHE C.C.

$$A_{TRANSISTOR} = A_{AMPUE} \cdot A_{TRANSISTOR}$$

$$A_{AMPUE} = V_{out}' + R_1 I_1 = 0 \quad \frac{V_{out}'}{I_1} = -R_1 = -2$$

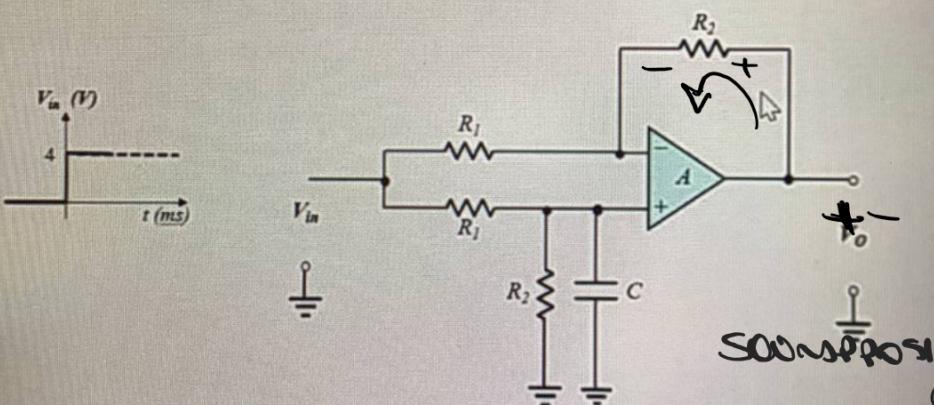
$$A_{TRANSISTOR} = -G_m R_D = -2 \cdot 4 = -8$$

$$A_{tot} = A_A \cdot A_I = 16 \frac{\text{V}}{\text{mA}}$$

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 $L^+ = -L^- = 12V$

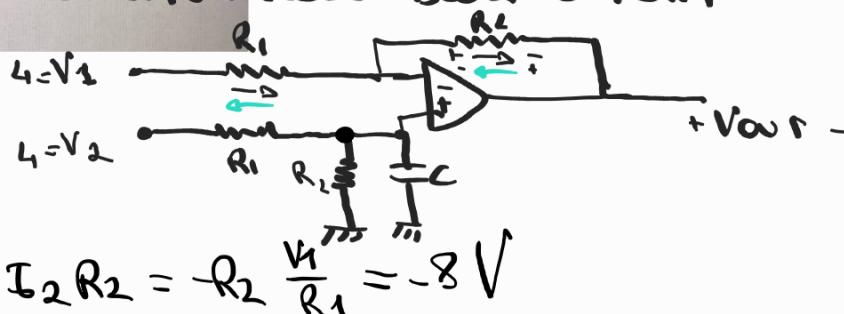
$R_1 = 3 k\Omega$; $R_2 = 6 k\Omega$; $C = 50 nF$;



PER $t < 0$ $V_{in} = 0$ $V_{out} = 0$

PER $t \geq 0$ $V_{in} = 4$

SOMMATORIALE DELLE EFFETTI



ANNULLO V_1

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

$$V_{out} + I_2 R_2 = 0 \quad V_{out} = -I_2 R_2 = -R_2 \frac{V_1}{R_1} = -8V$$

ANNULLO V_2

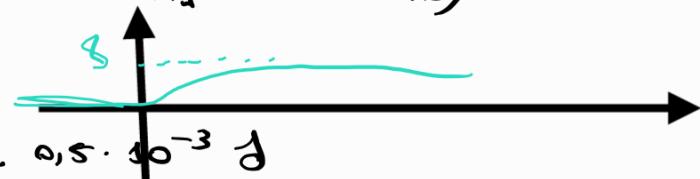
QUANDO L'INGRESSO PASSA A 4, AL TEMPO $t = 0$
C'È $S_{in} = C.L.$ A MASSA.

$$V^+ = V_C = 0 \text{ Volt} = V^-$$

$$V_{out} = 0$$

PER $t = \infty$ = IL CONDENSATORE È CONC. COND. = -

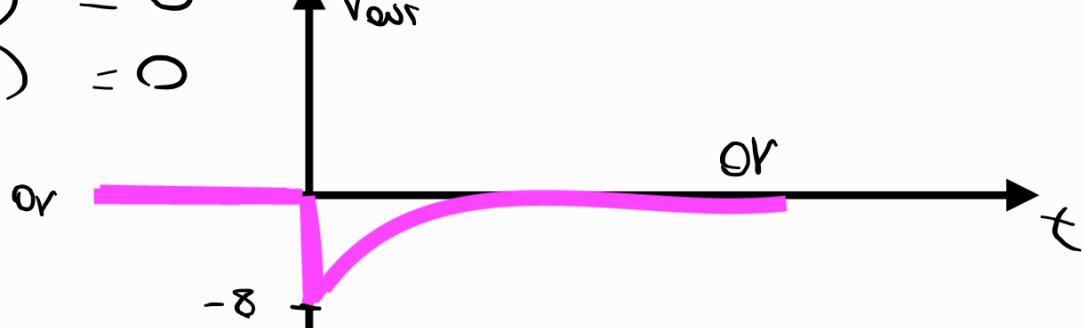
$$\begin{aligned} V_{out}'' = V^- - I_2 R_2 &= V^+ - I_2 R_2 = V^+ + R_2 \frac{V^+}{R_1} = V^+ \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \\ &= V_2 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = +8V \end{aligned}$$



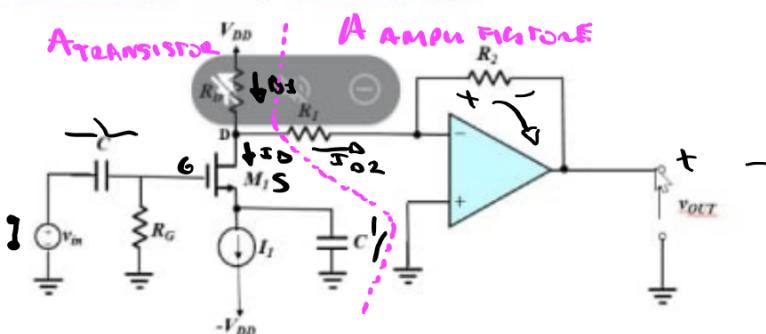
TEMPO DI CONDENSATORE = $\tau = C R_{eq} = C (R_1 || R_2) = \frac{C R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 50 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{18}{9} \cdot 10^3 = 0,1 \cdot 10^{-3} s$

$$V_{out}(t \rightarrow \infty) = 0$$

$$V_{out}(t = 0) = 0$$



Del circuito seguente, con I_I 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 $A_v = V_{out}/v_{in}$.



legg 10/2021

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

$$I_I = 2 \text{ mA} \quad R_D = 1 \text{ k}\Omega \quad V_{DD} = 5 \text{ V} \quad R_I = 2 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 4 \text{ k}\Omega$$

ANALISI IN CONTINUA

- SOLO COMPONENTI COSTANTI

- CONSIDERARE C, R, I , $V_G = 0$

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

$$I_D = I_S = 2 \text{ mA}$$

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

$$\frac{I_D}{K} = V_S^2 + V_T^2 + 2V_S V_T$$

$$2 = V_S^2 + 1 + 2V_S - 1 \rightarrow V_S^2 + 2V_S - 3 = 0$$

$$(V_S + 3)(V_S - 1)$$

$$V_S = -3 \quad V_S = 1 \quad \text{QUALSIASI?}$$

ESCLUSO VACUUMO E SENSIBILITÀ

$$V_{GS} > V_T \quad V_{GS} = -V_S > V_T \rightarrow -(-3) > -1 \rightarrow 3 > 1$$

$$V_S = -3$$

$$I_{D1} = I_D + I_{D2}$$

$$\frac{V_{DS} - V_D}{R_D} = I_D + \frac{V_D}{R_I}$$

$$-R_S V_{DS} + R_I V_D + I_D R_D + V_D R_D = 0$$

$$V_D (R_I + R_D) = -I_D R_D + R_I V_{DD}$$

$$V_D = \frac{I_D R_D - I_D R_D}{R_I + R_D} = \frac{10 - 4}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ V}$$

$$\text{POICHE} \quad I_{D2} = \frac{V_D}{R_I} = \frac{2}{2} = 1 \text{ mA}$$

$$V_{out} + R_2 I_{Q2} = 0$$

$$V_{out} = -R_2 I_{Q2} = -R_2 \left(\frac{I_{Q2}}{1mA} \right) = -4 \text{ Volt}$$

$V = R_2$

$$g_m = 2k (V_{GS} - V_T) = -V_S - V_T = 3 - 1 = 2 \frac{A}{V}$$

ANALISI PER IL CIRCUITO SENZA

- COMPONENTI COSTANTI, "NULLI":

$$V_{DD} = -V_{DD} = \text{MASSA}$$

- CONDENSATORI \rightarrow

$$A_{total} = A_{amp} \cdot A_{transs.}$$

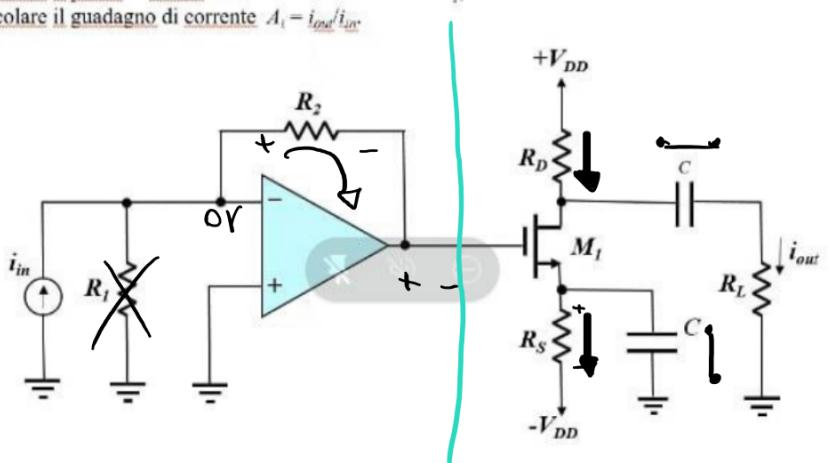
$$A_{transs} = -g_m R_{eq} = -2 R_0 = -2$$

$$A_{amp} = \frac{V_{out}}{V_D} = -\frac{R_2}{R_1} = -2$$

$$A_{total} = +4$$

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

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



Sex
Rola

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

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

$$V_{DD} = 5V \quad C = \infty$$

Analisi statica

- condensatori variabili nulle $I_{in} = -V_s$
- condensatori $C = 0$ $V_{GS} = V_G - V_S = -V_S$

$$V_S - R_S I_S = -V_{DS}$$

$$V_S = R_S I_D - V_{DS} \quad I_D = K (-V_S - V_T)^2$$

$$I_D = K (-V_S - V_T)^2$$

$$2I_D = (-I_D - 5)^2$$

$$2I_D = (-I_D + 5 - 1)^2$$

$$2I_D = (-I_D + 4)^2$$

$$\cancel{2I_D = I_D^2 + 16 - 8I_D - 2I_D}$$

$$I_D^2 - 10I_D + 16 = 0$$

$$\sqrt{\Delta} = 0 \quad I_{D1}, I_{D2} = \frac{10 \pm 6}{2} < 2 \text{ mA}$$

$$V_B = V_{DS} - I_D R_D = 5 - 4 = 1 \text{ Volt}$$

$$V_S = 2 - 5 = -3 \text{ V}$$

$$V_{GS} = -V_S = 3 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_0 - V_S = 1 + 3 = 4 \text{ V}$$

Vendico saturazione

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

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

Il punto di lavoro è poco in

$$\left\{ I_D = 2 \text{ mA} \quad V_{DS} = 4 \text{ V} \quad V_{GS} = 3 \text{ V} \right\}$$

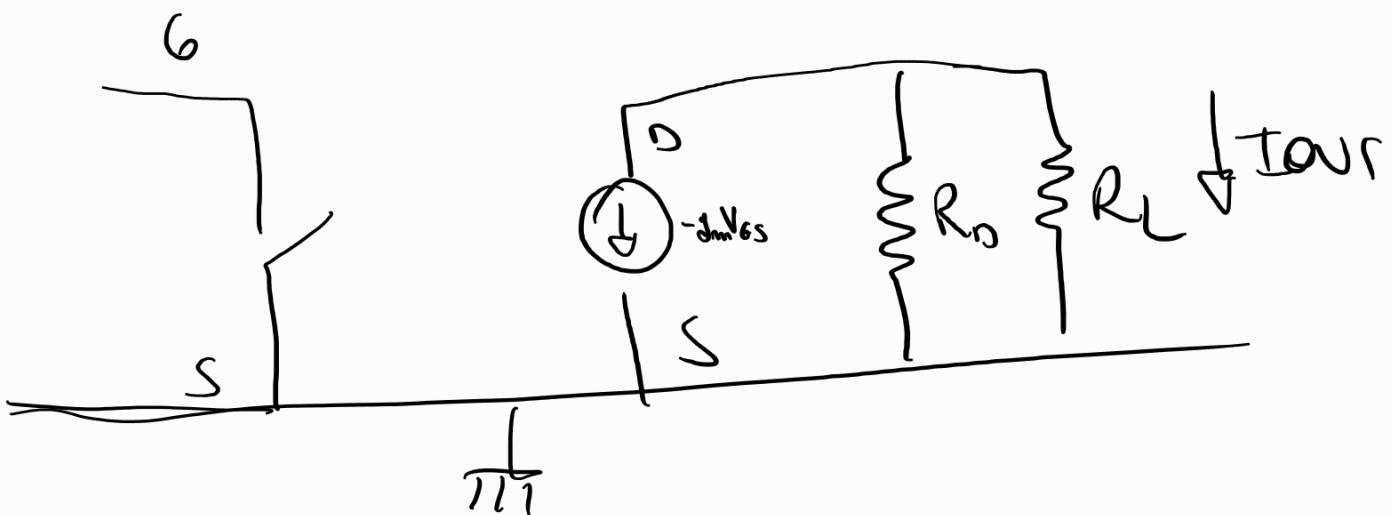
Anausi piccolo segnale

$$g_m = 2k(V_{GS} - V_T) = 2 \text{ m A/V}$$

- CONDENSATORI C.C.
- COMPONENTI COSTANTI A MASSA

V_{DD} e $-V_{DD}$ A MASSA

REF DUE PORT

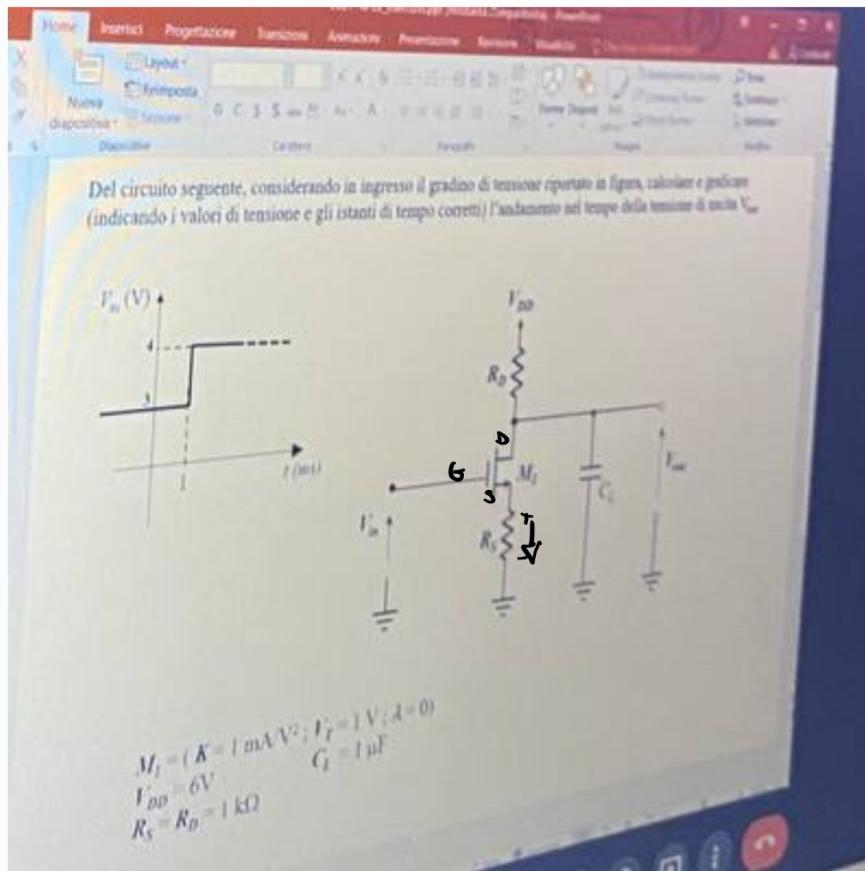


$$I_{out} = -g_m V_{GS} \left(\frac{R_D}{R_D + R_L} \right)$$

PARTE NO
DI CONDENS

$$V_{GS} = -I_{IN} R_2$$

$$\frac{I_{out}}{I_{IN}} = -g_m R_2 \left(\frac{R_D}{R_D + R_L} \right) = 8 \text{ Vol +}$$



ON
OFF
2021

$$P_{OL} \quad t < 1 \quad V_{IN} = 3$$

$$V_{IN} = \sqrt{6} = 3$$

$$V_S - I_S R_S = 0$$

$$\left. \begin{aligned} V_S &= I_S R_S \\ V_{DS} &= V_D - V_S \\ &= 3 - I_S R_S \end{aligned} \right\}$$

Con I_S SUPPOSTO IN SERVIZIO

$$I_S = k(V_{DS} - V_T)^2 = (3 - I_S R_S - 1)^2$$

$$I_S = (2 - I_S)^2$$

$$I_S = h + I_S^2 - h I_S - I_S$$

$$I_S^2 - 5 I_S + h = 0$$

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{25 - 4h} = \pm 3 \quad I_{S1}, I_{S2} = \frac{5 \pm 3}{2} < 4$$

$$V_{out} = V_C(t) \quad si \quad \text{scatta} \quad \text{fino a}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 6 - 1 = 5 \text{ Volt}$$

$$V_S = 1$$

V_G > V_T 2 > 1 ok

$$\left. \begin{array}{l} V_{GS} > V_T \\ V_{DS} = 4 > 1 \text{ ok} \end{array} \right\} \text{saturation}$$

$$t = \infty \quad V_{IN} = u = V_G$$

$$V_S = I_S R_S$$

$$I_S = k \cdot (V_{GS} - V_T)^2 = (4 - I_S R_S - 1)^2 = (3 - I_S R_S)^2$$

$$0 = 9 + I_S^2 - 6 I_S - I_S$$

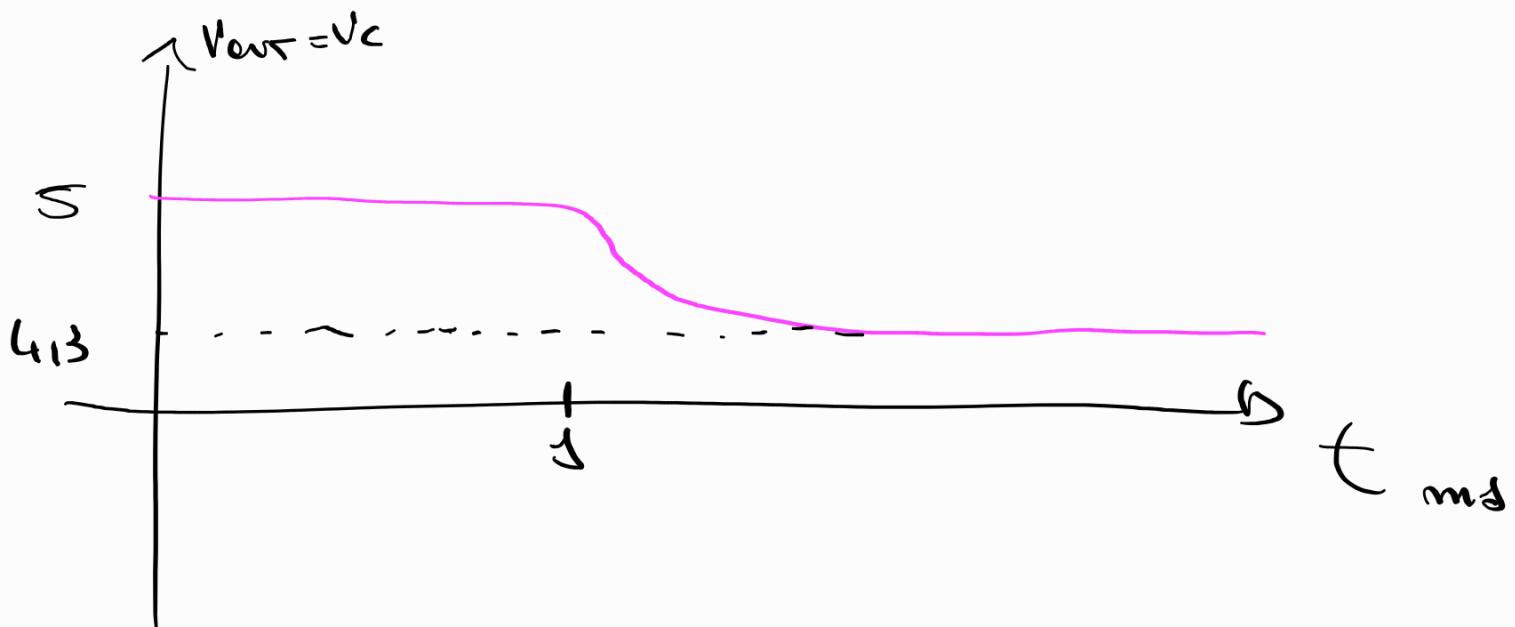
$$0 = I_S^2 - 7 I_S + 9$$

$$I_A = 4.9 - 4 \cdot 9 = \sqrt{3} \approx \pm 3.15$$

$$I_1, I_{S2} = \frac{7 \pm 3.15}{2} \quad \begin{array}{l} 5.2 \text{ mA} \\ 3.7 \text{ mA} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{PER CONDIZIONI} \\ \text{DI SATURAZIONE} \\ \text{SCOLGO QUESTO} \end{array}$$

$$V_S = I_S R_S = 3.7 \text{ Volt}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 6 - 3.7 = 4.13 \text{ Volt}$$



$$T = C R_{DG} = C \cdot R_D = 1 \cdot 10^{-6}$$