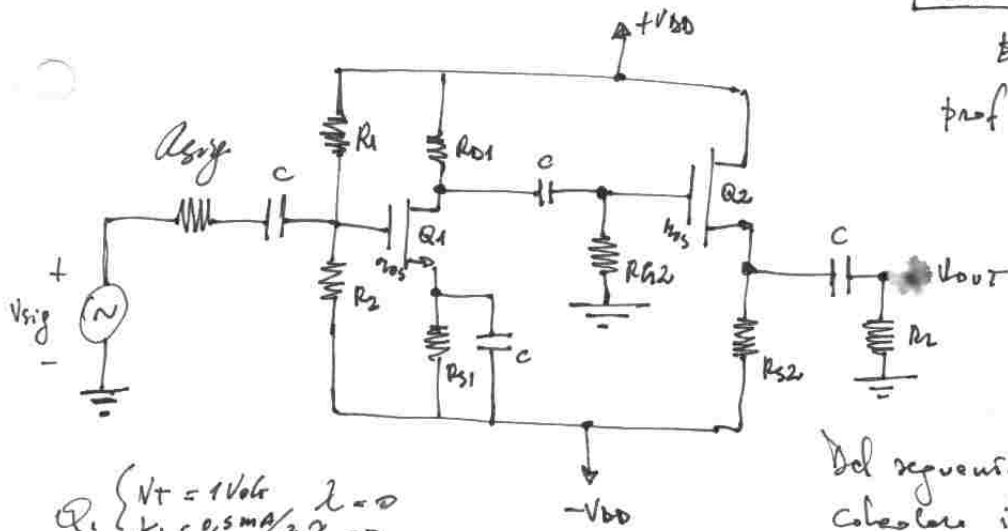


ESERCIZI DI ELETTRONICA

16 SETTEMBRE 2011

Elettronica
prof. Decesare.
ROMA



$$Q_1 \begin{cases} V_T = 1 \text{ Volt} & \lambda = 0 \\ k_1 = 0,5 \text{ mA/V}^2 & \chi = 0 \\ C_{gs} = C_{gd} = 10 \text{ fF} \end{cases}$$

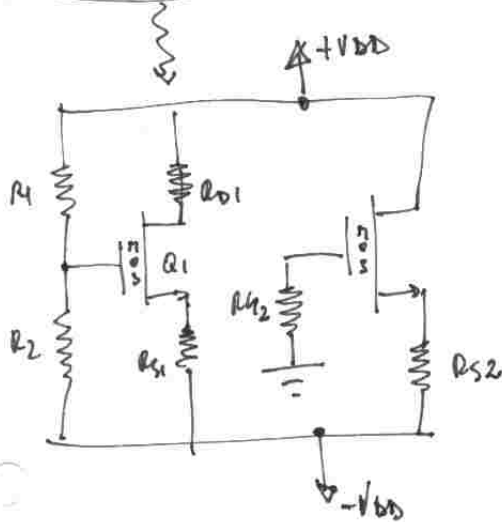
$$Q_2 \begin{cases} V_T = 1 \text{ Volt} & \lambda = 0 \\ k_2 = 0,5 \text{ mA/V}^2 & \chi = 0 \\ C_{gs} = C_{gd} = 10 \text{ fF} \end{cases}$$

$$V_{DD} = +5 \text{ Volts}$$

$$-V_{DD} = -5 \text{ Volts}$$

Solgiamento:

Analisi Statica



$$R_{sig} = 50 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 30 \text{ k}\Omega$$

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

$$R_{D1} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_{S1} = 1,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_{S2} = 6 \text{ k}\Omega$$

$$R_{H2} = 8 \text{ k}\Omega$$

Del seguente circuito
calcolare il guadagno
di tensione per
piccoli segnali

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\text{I.e. } A_v = \left[\frac{V_{out}}{V_{in}} \right] = ?$$

partitore:

$$\frac{V_{DD} - (-V_{DD})}{R_1 + R_2} \times R_2 = V_{G1} \quad \text{GATE } Q_1$$

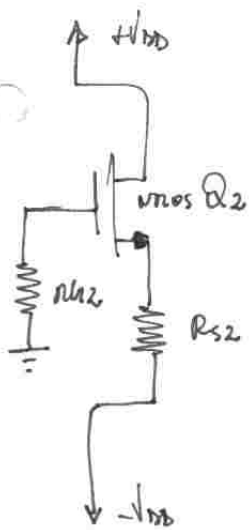
$$V_{GATE1} = 6 \text{ Volts.}$$

$$\text{rispetto a Terra } V_{G1} = 6 - 5 = 1 \text{ Volt}$$

$$\text{hp: Mosfet } I_D = \frac{V_{DD} + V_S}{R_{S1}}$$

$$I_D = k (V_{GS} - V_T)^2$$

$$\frac{V_{DD} + V_S}{R_{S1}} = k (V_{GS} - V_T)^2 \Rightarrow V_S \begin{cases} \rightarrow \frac{10}{3} \\ \rightarrow (-2) \end{cases} \rightarrow \text{perche' } V_{GS} \geq V_T$$



$$V_{DD} - (-V_{DS}) = V_{DS} + I_D R_{S2}$$

$$2V_{DD} = V_{DS} - V_S + K (-V_S - V_t)^2 R_{S2}$$

$$V_{DD} = -V_S + 0.5 \times 10^{-3} (V_S^2 + V_t + 2V_S V_t) 6 \times 10^3$$

$$5 V_{DS} = -V_S + 3 [V_S^2 + 1 + 2V_S]$$

$$5 = 3V_S^2 + 3 + 5V_S$$

$$3V_S^2 + 5V_S - 2 = 0$$

$$\text{parabola: } \frac{-5 \pm \sqrt{25 - 4(3)(-2)}}{6}$$

$$V_{S1,2} = \frac{-5 \pm 7}{6} \Rightarrow \begin{matrix} -2 \\ 2/3 \end{matrix}$$

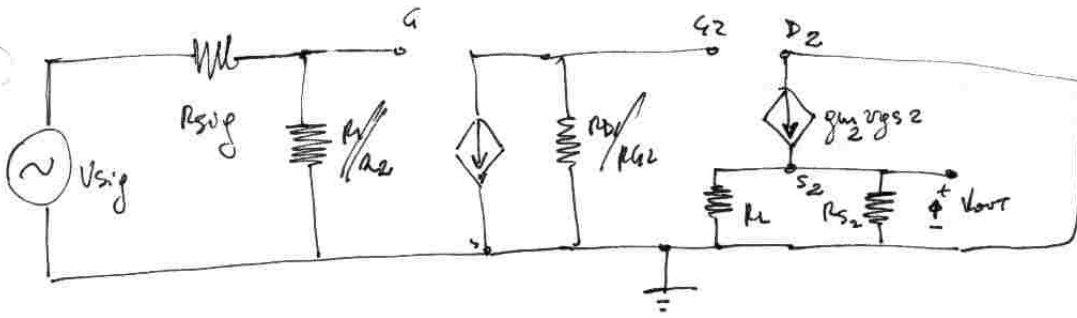
$V_{GS2} = 2$ perché $2 > V_t$ quindi calcolo $V_S = -2$

Conseguentemente Trovo g_{m2} e V_{DS2}

$$g_{m2} = 1 \text{ mA/V}$$

$$V_{DS2} = 7 \text{ V}$$

Analisis por pñeas: sequal:



$V_{out1} = -3,2 \text{ Vsig}$ GATE#2

$$V_{out} = V_{out1} \quad V_{gs} = V_{in} - V_s$$

$$V_{s2} = V_{out2}$$

$$R_1/R_s = \frac{3 \times 6 \text{ K}^2}{3 + 6 \text{ K}}$$

$$R_1/R_s = \frac{18}{9} \text{ K} = 2 \text{ K}$$

$$V_{gs2} = V_{out1} - g_{m2} V_{gs2} \cdot 2 \text{ K}$$

$$V_{gs2} = -3,2 V_{sig} - (2 \text{ K} \times 2 \text{ K} V_{in} - V_s)$$

$$2 V_{gs2} = \frac{-3,2 V_{sig}}{3}$$

$$1,06 \text{ Vsig} = V_{gs2}$$

$$V_{gs2} = V_{in} - V_s$$

$$V_{s2} = V_{in} - V_{gs2}$$

$$V_{s2} = (-3,2 + 1,06) V_{sig}$$

$$V_{s2} = -2,14 V_{sig} = V_{out2}$$

$$A_v = \frac{V_{out2}}{V_{sig}} = (-2,14)$$

16/09/11

io ho fatto così, ma non so se sia giusto (specie nell'analisi dei circuiti per piccoli segnali)

studio la polarizzazione dei mosfet e quindi, in continua, i condensatori saranno tutti circuiti aperti

$V_{g1} = 1V$ (con il partitore di tensione tra $R1$ e $R2$)

suppongo il mosfet in saturazione quindi $I_d = k(V_{gs} - V_t)^2$
e con le altre 2 formule che toky182 ha già menzionato ($I_d = (V_s + V_{dd})/R_{s1}$ e $V_{gs} = V_g - V_s$) trovo 2 valori di V_s che sono 10/3 e -2 (e prendo il secondo perché soddisfa $V_{gs} \geq V_t$, $1 - (-2) = 3 \geq 1$)

sostituendo, $I_{d1} = 2 \text{ mA}$

$V_d = V_{dd} - I_d R_{d1} = 1V$

$V_{ds} = V_d - V_s = 1 + 2 = 3V$ (e soddisfa anche $V_{gs} - V_{ds} \leq V_t$)

$g_{m1} = 2k(V_{gs} - V_t) = 2 \text{ ohm}^{-1}$

per il secondo mosfet:

$V_{g2} = 0V$

$V_{d2} = V_{dd} = 5V$

con le solite formule trovo $V_{s2} = -2$ accettabile

$V_{ds} = 7V$ (e quindi va bene etc)

$g_{m2} = 1 \text{ ohm}^{-1}$

analisi per piccoli segnali (i condensatori diventano tutti corti circuiti):

$v_{gs1} = v_{sig} * (R1 // R2) / ((R1 // R2) + R_{sig}) = 1 v_{sig}$

$v_{out1} = v_{g2}$ (perché v_{s2} non sta a massa) = $-g_{m1} * v_{gs1} * (R_{g2} // R_{d1}) = -3,2 v_{sig}$

$v_{s2} = v_{out2}$ (il vout del circuito)

sapendo che $v_{gs2} = v_{g2} - v_{out2}$ e che $v_{out2} = g_{m2} * v_{gs2} * (R_L // R_{s2})$

e facendo un po' di calcoli mi viene:

$v_{out2} = (g_{m2} * (R_L // R_{s2}) * v_{g2}) / (1 + g_{m2} * (R_L // R_{s2})) = (1 * 2 * (-3,2)) * v_{sig} / (1 + 1 * 2) = -2,13 v_{sig}$

quindi $A_v = -2,13$

« Ultima modifica: Mer 11 Gennaio, 12:26:35 - 2012 da Agilulfo »

14/01/2004

Roma de Cesare

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

$$Q_1 = \begin{cases} I_D = 0,3 \text{ mA/V}^2 \\ V_{GS} = 1 \text{ Volt} \\ \lambda = 0 \end{cases}$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = 1 \mu\text{F} = 0$$

$$R_1 = 40 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 0,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_5 = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_6 = 80 \text{ k}\Omega$$

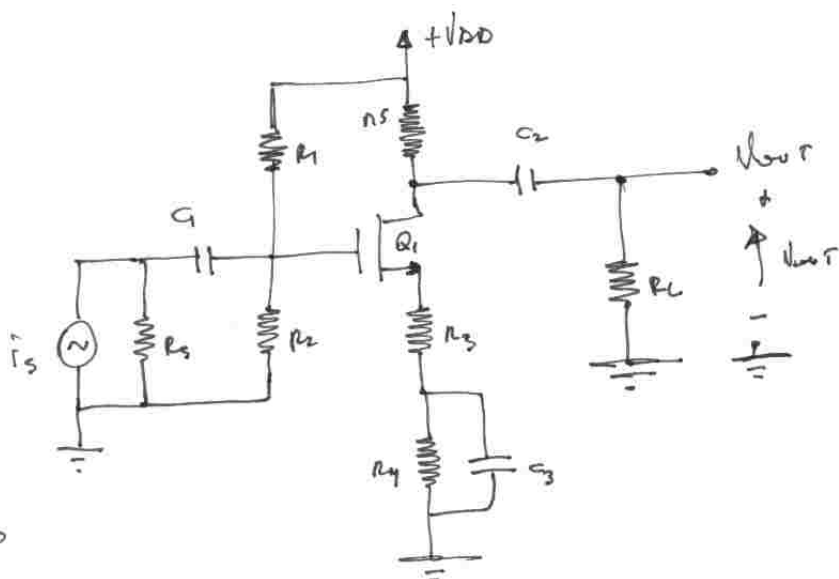
$$R_L = 15 \text{ k}\Omega$$

Dato il circuito amplificatore di figura caratterizzato da un punto di lavoro del transistor in zona di saturazione

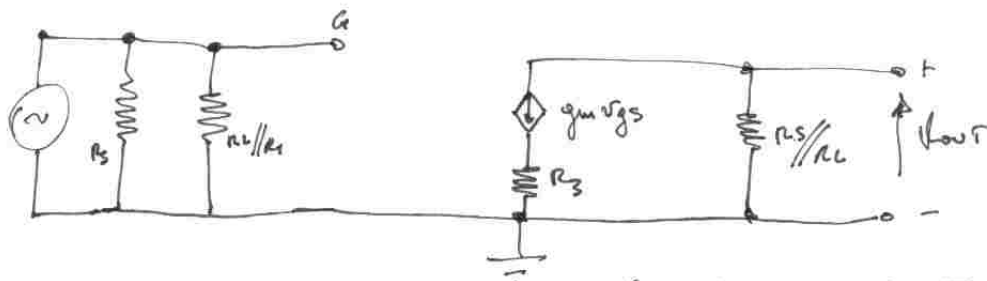
$$I_D = 0,446 \text{ mA} \quad V_{DS} = 6,66 \text{ Volts}$$

Determinare la TRANSRESISTENZA

$$R_{tr} = \frac{V_{out}}{i_s} \text{ per piccoli segnali di medio banda.}$$



Svolgimento



devo calcolare il parametro di TRANSCONDUTTANZA

$$\frac{V_{in} \times R_2}{R_1 + R_2} = V_{GATE} = \frac{10}{40 + 20k} \times 20k = \frac{200}{60} = \frac{20}{6} = \frac{10}{3}$$

$$V_{source} = I_D \times (R_3 + R_4) = 0,446 \times 10^{-3} \times (2,5 \text{ k}) = 1,115$$

$$V_{as} = V_{gate} - V_{source}$$

$$V_{as} = \frac{10}{3} - 1,115 = 3,333 - 1,115 = 2,218 \text{ Volts.}$$

transconductance: $g_m = 2k(V_{as} - V_t)$

$$g_m = 2 \times 0,3 \times 10^{-3} \times (2,18 - 1) = 0,43 \times 10^{-3}$$

↑
calcul

$$R_2 // R_1 = \frac{20 \times 40 \text{ K}\Omega}{20 + 40 \text{ K}} = \frac{800 \text{ K}}{60} = \frac{40}{3} \text{ K} = R_{p2}$$

$$R_p // R_s = \text{calcul} \Rightarrow \left[\frac{\frac{40}{3} \text{ K} \times 80 \text{ K}}{(\frac{40}{3} + 80) \text{ K}} \right] = 11,42 \text{ K}\Omega = R_{p2}$$

NB.

$$V_g = i_s \times R_{p2}$$

$$V_g - V_s$$

$$V_g - V_s = i_s \times R_{p2} - g_m \overbrace{(V_g - V_s)}^{\uparrow} R_3$$

$$V_{gs} = i_s \times R_{p2} - g_m V_{gs} R_3 \Rightarrow V_{gs} + g_m V_{gs} R_3 = i_s \times R_{p2}$$

$$V_{gs} (1 + g_m R_3) = i_s \times R_{p2}$$

$$V_{gs} = \left[\frac{i_s \times R_{p2}}{(1 + g_m R_3)} \right] = i_s \times 8,4 \text{ K}$$

$$V_{out} = -g_m V_{gs} \times R_s // R_L = -0,43 \times 10^{-3} \times 8,4 \text{ K} \times 3,75 \text{ K} \times i_s$$

$$V_{out} = i_s \times 22,99$$

$$A_v = \frac{V_{out}}{v_{in}} = - \frac{22,99 \cdot i_s}{i_s} = -22,99$$

V_{gs} è $V_g - V_s$

$V_g = 11,4 * I_s$, ma V_s non è collegato direttamente a massa: c'è la resistenza R_3

quindi $V_s = g_m * V_{gs} * R_3 = 0,73 * (11,43 * I_s - V_s) * 0,5$

risolvendo l'equazione viene $V_s = 3,04 * I_s$

$V_{gs} = (11,43 - 3,04) * I_s = 8,39 * I_s$

$V_{out} = -g_m * v_{gs} * R_{eq2} = -22,97 * I_s$

22/09/2003

LATINA

recensione.

$$C_1 = C_2 = +\infty$$

$$Q_1: \lambda = 0 \quad V_t = 1V$$

$$Q_1: \chi = 0 \quad K_1 = 1mA/V^2$$

$$Q_2: \lambda = 0 \quad V_t = 1V$$

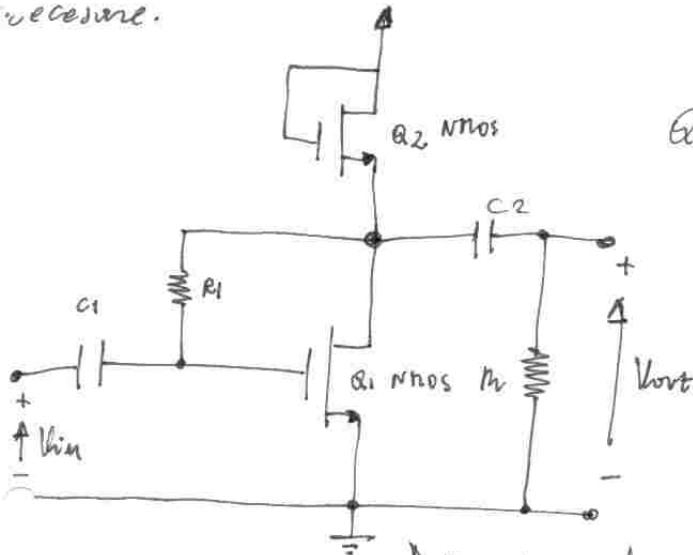
$$Q_2: \chi = 0 \quad K_2 = 0,25mA/V^2$$

$$C_{gd} = C_{gs} \text{ Transistori}$$

$$V_{DD} = 10 \text{ Volts.}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_L = 10 \text{ k}\Omega$$



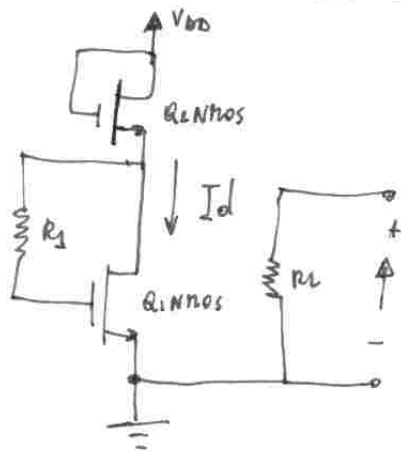
Determinare il punto di polarizzazione dei

TRANSISTORI

Quasi statico:

$$I_d = I_{d1} = I_{d2} = K_2 (V_{t2})^2 =$$

$$= 0,25 \times 10^{-3}$$



$$V_{s1} = 0$$

$$0,25 \times 10^{-3} = K_1 (V_{a1} - V_t)^2$$

$$0,25 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-3} (V_{a1} - 1)^2$$

$$0,25 = V_{a1}^2 + 1 - 2V_{a1} \Rightarrow V_{a1}^2 - 2V_{a1} + \frac{3}{4}$$

$$\frac{2 \pm \sqrt{4 - 4(1)(\frac{3}{4})}}{2} = \frac{2 \pm 1}{2} = \begin{matrix} \nearrow (2) \rightarrow \text{scelgo} \\ \searrow \frac{1}{2} \end{matrix}$$

$$V_{DS1} = 2 \text{ Volts}$$

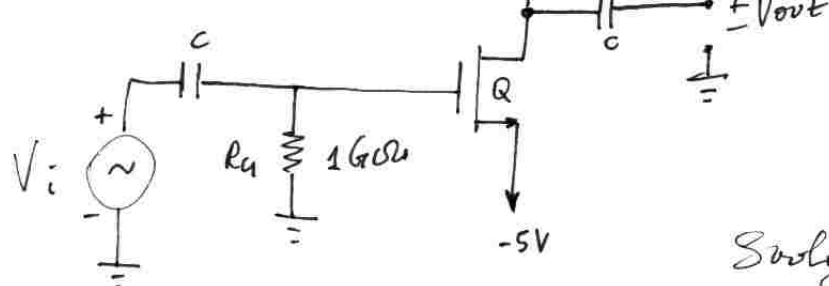
$$V_{DS2} = 10 - 2 = 8 \text{ Volts.}$$

$$V_{a1} = V_{GS1} = 2$$

perche

$$V_{GS} \geq V_t$$

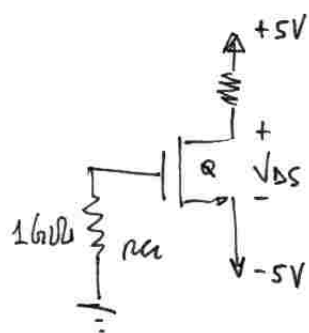
Q: $V_t = 2V$
 $K = 0,25 \frac{mA}{V^2}$
 $\lambda = 0$
 $C = 100$



calcolare
 l'amplificazione
 di tensione
 $\frac{V_{out}}{V_{in}} = A_V$

Svolgimento:

Analisi statica: $V_{GS} = V_G - V_S = 0 - (-5V) = 5V$

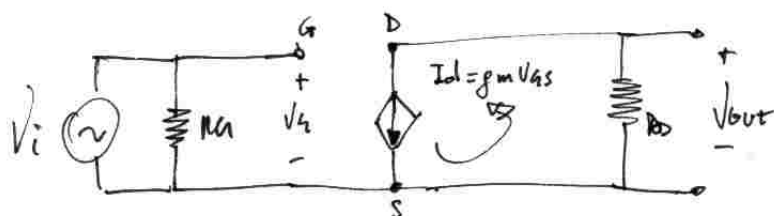


$$I_D = K (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_D = 0,25 \times (5 - 2)^2 = \frac{2}{3} \times 0,25 = 2,25 \text{ mA}$$

$$g_m = 2K (V_{GS} - V_t) = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-3} = 1,5 \times 10^{-3}$$

Analisi dinamica.



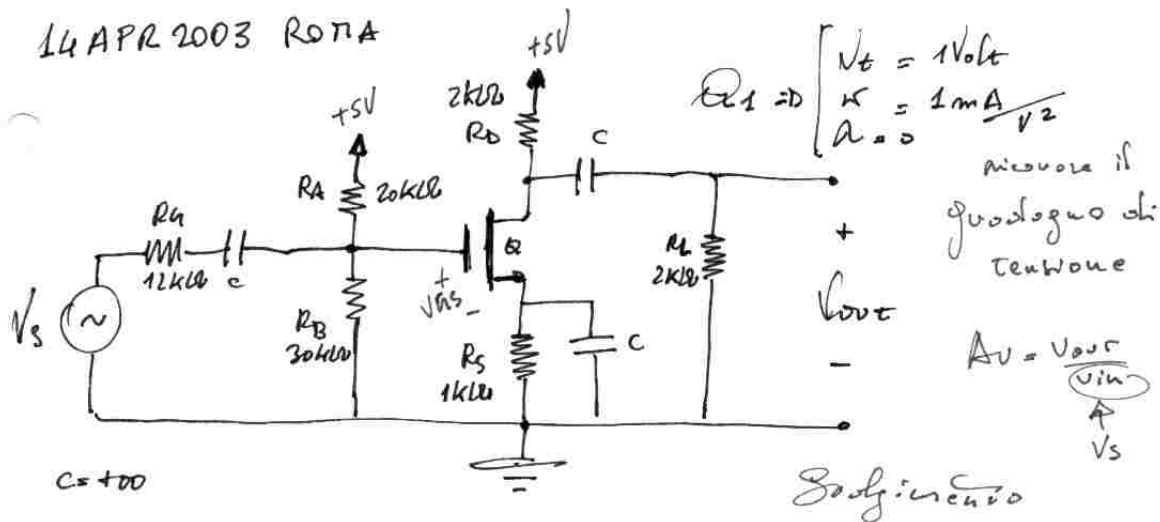
$$i_D = V_i \times 1,5 \times 10^{-3}$$

$$V_{out} = i_D \times R_D$$

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_i \times 1,5 \times 10^{-3} \times R_D}{V_i} = 1,5 \times 10^{-3} \times 2,2 \times 10^3 = 3,3$$

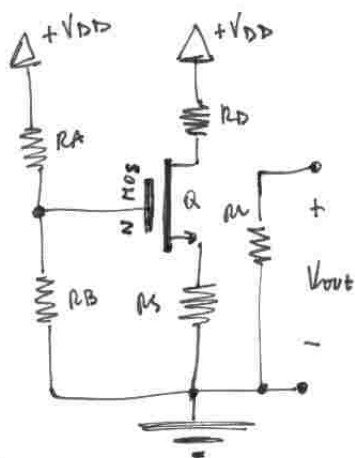
{ Amplificazione
di tensione }

14 APR 2003 ROTA



Analisi statica

$$V_{GS} = \frac{5 \times 30K}{(20+30)K} = \frac{150}{50} = 3V$$



$$I_D = K (V_{GS} - V_t)^2 \quad \#1$$

$$g_m = 2K (V_{GS} - V_t)$$

$$V_{DD} = I_D R_D + V_{DS} + I_D R_S \quad \#2$$

$$V_{GS} = \frac{V_{DD} \times R_B}{R_A + R_B} - I_D R_S$$

$$I_D = K (V_{GS} - V_t)^2$$

reg
line

$$\left(\frac{V_{DD}}{R_A + R_B} \right) R_B = V_G$$

$$I_D R_S = V_S$$

$V_{GS} > V_t \rightarrow \text{SATURAZIONE}$

$$V_{GS} = \frac{5 \times 30K}{50K} - 1K \times \left(\frac{1mA}{V^2} \right) (V_{GS} - 1)^2$$

$$V_{GS} = 3 - (V_{GS}^2 + 1 - 2V_{GS})$$

$$\frac{1 \pm \sqrt{1 - 4(1)(-2)}}{2} =$$

$$V_{GS2} = \frac{1 \pm 3}{2}$$

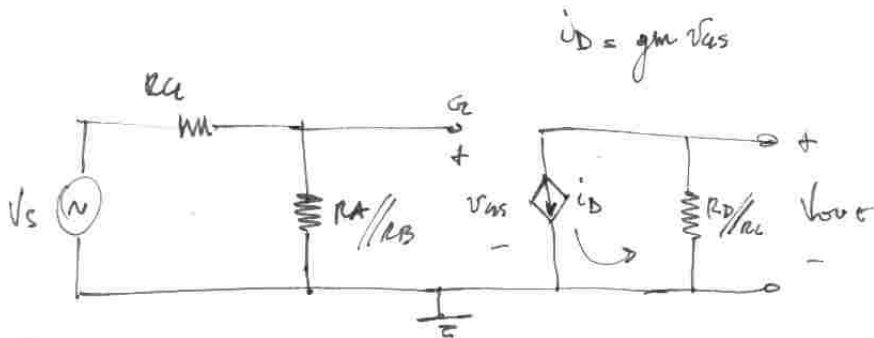
2
-1

$$V_{GS} = -V_{GS}^2 + 2 + 2V_{GS} \Rightarrow V_{GS}^2 - V_{GS} + 2 = 0$$

$$V_{GS} = 2$$

$$g_m = \underbrace{2(R)}_{\frac{1 \text{ mA}}{V_2}} \times \underbrace{(V_{GS} - V_t)}_{\substack{2 \\ 1 \\ \text{calabi}}} = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

Analisis Dinamica



$$[R_A // R_B] = \frac{20 \times 30 \text{ k}}{20 + 30 \text{ k}} = \frac{600}{50} = 12 \text{ k}\Omega$$

$$[R_D // R_L] = \frac{2 \times 2}{4} = 1 \text{ k}\Omega$$

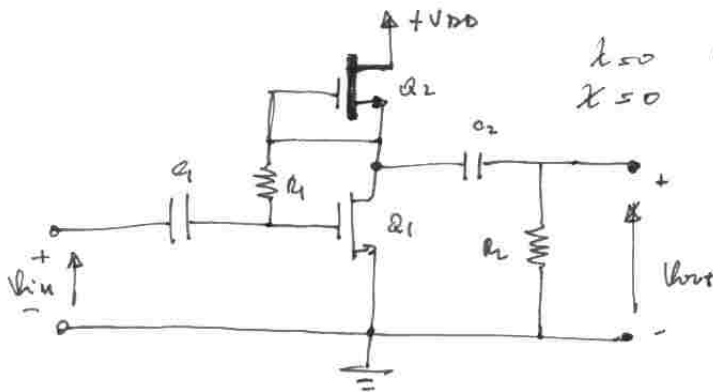
$$\frac{V_s \times 12 \text{ k}\Omega}{R_G + 12 \text{ k}\Omega} = v_{gs} \stackrel{\text{calabi}}{=} \frac{12 \text{ k}\Omega}{24 \text{ k}\Omega} V_s = \frac{1}{2} V_s$$

$$i_D = 2 \times \frac{1}{2} V_s = V_s \text{ mA}$$

$$V_{out} = -V_s$$

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-V_s}{V_s} = \boxed{-1}$$

Del seguente circuito determinare il punto di polarizzazione I_D , V_{DS} dei due TRANSISTOR



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

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = C_2 = 100 \text{ pF}$$

$$K_1 = 1 \text{ mA/V}^2 \quad V_{T1} = 1 \text{ V}$$

$$K_2 = 0,25 \text{ mA/V}^2 \quad V_{T2} = -1 \text{ V}$$

Sviluppiamento

$$I_D = K_2 (V_G)^2$$

$$I_D = 0,25 \text{ mA}$$

$$V_{S1} = 0 \Rightarrow K (V_G - V_T)^2 = I_D$$

$$1 \times 10^{-3} (V_G - 1)^2 = 0,25 \times 10^{-3}$$

$$V_G^2 + 1 = 2V_G = 0,25 \Rightarrow V_G^2 - 2V_G + \frac{3}{4} = 0$$

$$V_{G2} = \frac{+2 \pm \sqrt{4 - 4(1)(\frac{3}{4})}}{2(1)} = \frac{+2 \pm 1}{2} = \begin{matrix} \nearrow +\frac{3}{2} \\ \searrow +\frac{1}{2} \end{matrix}$$

considerando che

$$V_{GS} > V_T$$

scelgo

$$V_G = 1,5 \text{ Volts}$$

in definitiva

$$I_{D1} = I_{D2} = I_D = 0,25 \text{ mA}$$

$$V_{DS1} = 1,5 \text{ Volts}$$

$$V_{DS2} = V_{DD} - V_{DS1} = 10 - 1,5 = 8,5 \text{ Volts}$$

Q2:

$v_{gs} = 0$ (gate e source collegati)
 $I_d = 0,25 \text{ mA}$

si nota che la corrente che scorre su Q2 è la stessa che scorre su Q1: $I_{d2} = I_{d1}$
 (su R1 non scorre corrente perché non ha un percorso a terra, circuito aperto
 sia sul gate di Q1 che sul condensatore)

Q1:

$V_s = 0$

V_g lo si ricava imponendo $I_d = k_1 \cdot (V_{gs} - V_t)^2$, ossia $0,25 = (V_g - 1)^2$
 risolvendo si ottiene $V_g = 1,5V$ come valore accettabile (l'altro, $0,5V$, non
 soddisfa la condizione di saturazione)

inoltre si può vedere che $V_{g1} = V_{g2} = V_{s2} = V_{d1}$ (visto che su R1 non scorre
 corrente, non c'è caduta di potenziale)

quindi, alla fine:

$I_{d1} = I_{d2} = 0,25 \text{ mA}$

$V_{ds1} = 1,5V$

$V_{ds2} = 10 - 1,5 = 8,5V$

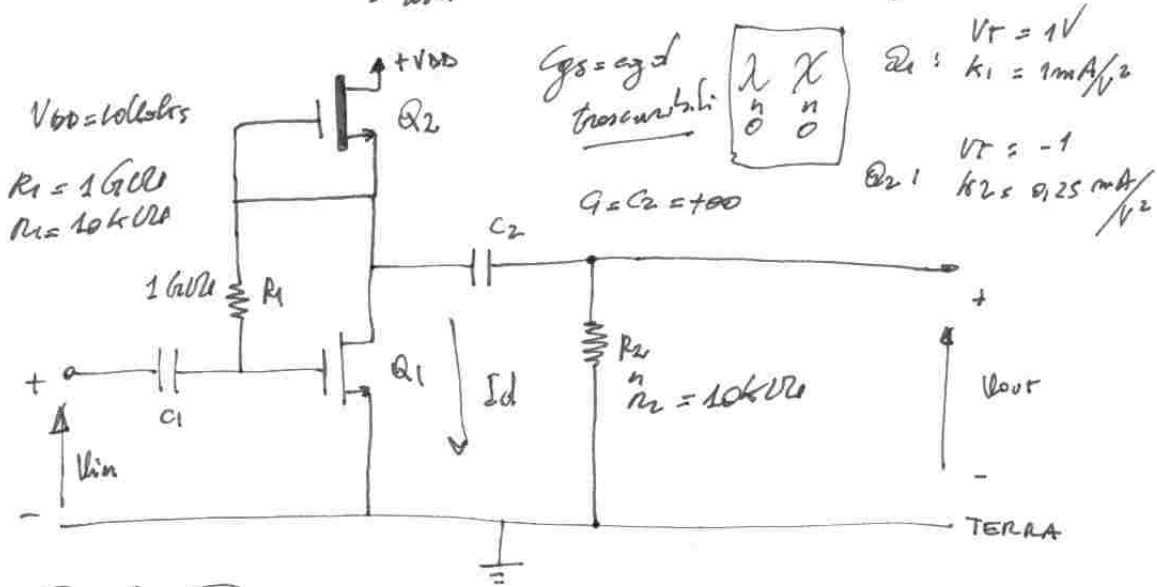
edit: per convincerti che il comportamento del circuito è corretto ecco qui un
 link :P (i dati non sono gli stessi perché non permette di modificare il K dei
 mosfet, ma la corrente che scorre è la stessa e la tensione sui nodi citati
 anche :))

18/07/2006

konA Decorare

Calcolare il guadagno di tensione $A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}}$

$\frac{K_{\text{O}_2}}{K_{\text{H}_2\text{O}}}$ dell'amplificazione seguente



Garfimento

$$V_{as2} = 0 \Rightarrow I_d = 0,25 \times 10^{-3} (-1)^2 \Rightarrow I_d = I_{d1} = I_{d2}$$

$$I_d = 0,25 \text{ mAmpere.}$$

$$\Delta L_2 = K_1 (V_{451} - V_t)^2 = 30,25 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-2} (V_{451}^2 + 1 - 2V_{451})$$

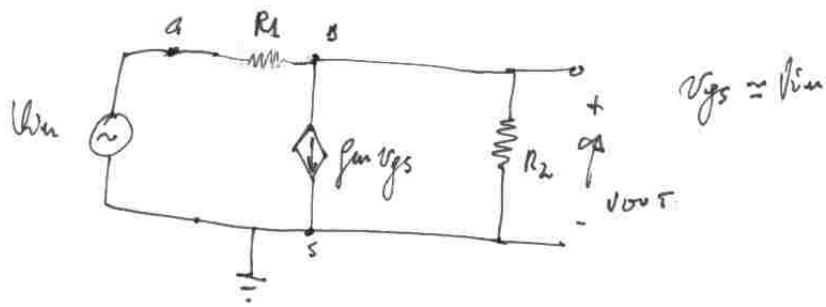
$$D_{125} = \sqrt{u_{51}^2} - 2\sqrt{u_{51} + 1} \rightarrow \sqrt{u_{51}} - 2\sqrt{u_{51}} + \frac{3}{9} = 0$$

$$\cos_2 = \frac{2 \pm \sqrt{4 - 4(1)\frac{3}{4}}}{2} = \frac{2 \pm \sqrt{1}}{2} = \frac{2 \pm 1}{2} \rightarrow \begin{matrix} \nearrow \frac{3}{2} \\ \searrow \frac{1}{2} \end{matrix}$$

$V_{GS1} \geq V_t \Rightarrow \text{schgo}$ $V_{GS1} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ Volts}$

$$g_{ms} = EK (v_{as} - v_t) = 1$$

Analisis Dinamika



$$v_{out} = g_m v_{in} R_2 = 1 \times v_{in} \times 10$$

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = 10$$

allora, ci provo 🤖

Q2: suppongo in saturazione

$$V_d = V_{dd} = 10V$$

$$V_{gs} = 0$$

$V_t = -1$ ($V_{gs} \geq V_t$, OK, la seconda condizione la verifico dopo)

$$I_d = 0,25m$$

Q1: suppongo in saturazione

visto che i condensatori per le continue sono praticamente dei circuiti aperti, sul ramo dove c'è R1 non scorre corrente e quindi tutta la corrente $I_d = 0,25m$ passa attraverso il mosfet Q1, quindi posso scrivere:

$$0,25 = k(V_{gs} - V_t)^2$$

da cui ricavo due valori per V_{gs} , 1,5V e 0,5V

con $V_{gs} = 1,5V$ accettabile perché $\geq V_t = 1V$

$V_g = 1,5V$ perché $V_s = 0$

tornando al secondo mosfet ho che $V_{g2} = V_{s2} = V_{g1}$ (non scorrendo corrente in R1 non c'è caduta di potenziale)

$$V_{gs2} - V_{ds2} \leq V_{t2}, \text{ OK}$$

$$V_{gs1} - V_{ds1} \leq V_{t1}, \text{ OK } (V_{d1} = V_{g1} \text{ per lo stesso motivo esposto 2 righe sopra})$$

quindi alla fine:

$$\begin{aligned} g_{m1} &= 1 & = 2k(V_{gs} - V_t) &= 2 \cdot 10^{-3} (1,5 - 1) = 2 \cdot 10^{-3} (0,5) = 10^{-3} \text{ A/V} \\ g_{m2} &= 0,5 & 2 \cdot 0,25 (1) &= 0,5 \text{ mA/V} \end{aligned}$$

per piccoli segnali:

in Q2, $v_{gs2} \cdot g_{m2} = 0$ (perché gate e source sono collegati), quindi è come se non ci fosse

ridisegnando il circuito viene: (non so se si capisce)

V_{in} in serie con R1 // $-v_{gs1}g_{m1}$ // RL

(inoltre $V_{in} = v_{gs1}$)

ora questo si potrebbe risolvere con il metodo delle maglie con 2 correnti di maglia I1 e I2, e il vincolo $v_{gs1}g_{m1} = I1 + I2$

ma visto che $R1 \gg RL$ ($1G \gg 10K$) posso assumere che (quasi) tutta la corrente scorre sulla resistenza di carico RL e quindi:

$$V_{out} = -g_{m1} \cdot v_{gs1} \cdot R_L = -10 \cdot V_{in}$$

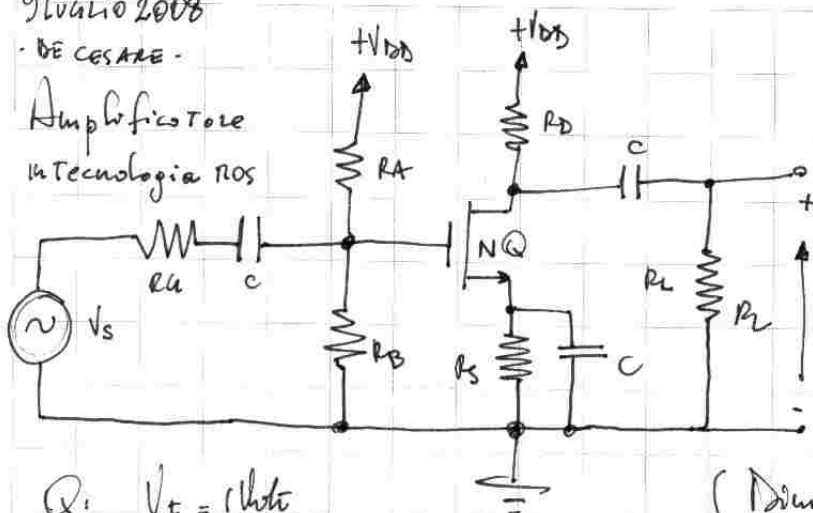
$$A_v = -10$$

mi pare corretto, dubbi e/o errori? 🤖

9 Luglio 2008

DE CESARE

Amplificatore
in tecnologia MOS



$$C = 100$$

$$R_A = 10k\Omega$$

$$R_B = 10k\Omega$$

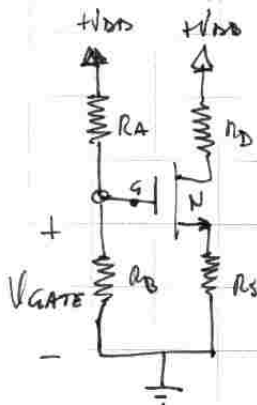
$$R_A = 2,5k\Omega$$

$$R_L = 6k\Omega$$

$$V_{DD} = 10V$$

Q: $V_t = 1V$
 $K = 0,5 \frac{mA}{V^2}$

Analisi statica



$$V_{GATE} = \frac{V_{DD}}{R_A + R_B} \times R_B = \frac{10 \times 10k}{(10+10)k} = \frac{100}{20}$$

$$V_{GATE} = 5V$$

$$V_{SOURCE} = I_D \times R_S$$

$$I_D = K (V_G - V_t - V_S)^2 = K (V_G - I_D \times R_S - V_t)^2$$

$$2 \times 10^{-3} = 0,5 \times 10^{-3} (-2 \times 10^{-3} R_S + 4)^2$$

$$2 \times 10^{-3} = 0,5 \times 10^{-3} \left(\frac{4 \times 10^{-6} R_S^2}{2} + \frac{16}{2} - R_S \frac{16 \times 10^{-3}}{2} \right)$$

$$1 = 10^{-6} R_S^2 + \frac{16}{3} - 4 \times 10^{-3} R_S$$

$$4 \times 10^{-3} \pm \sqrt{16 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6} \times 3}$$

$$2 \times 10^{-6}$$

$$= \frac{4 \times 10^{-3} \pm 2 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6}}$$

Titolo corso

Data

$$\frac{4 \times 10^{-3} \pm \sqrt{4 \times 10^{-6}}}{2 \times 10^{-6}}$$

TELECOM
ITALIA

HR SERVICES

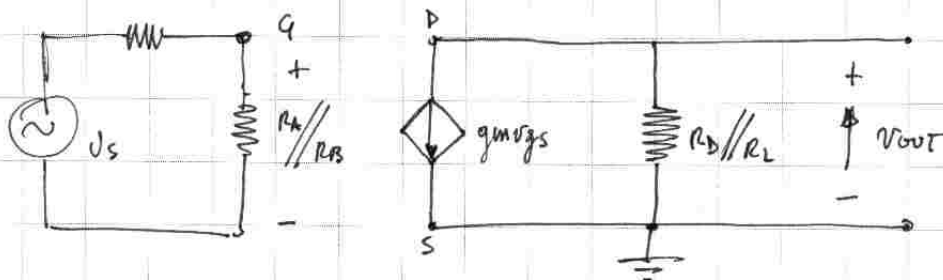
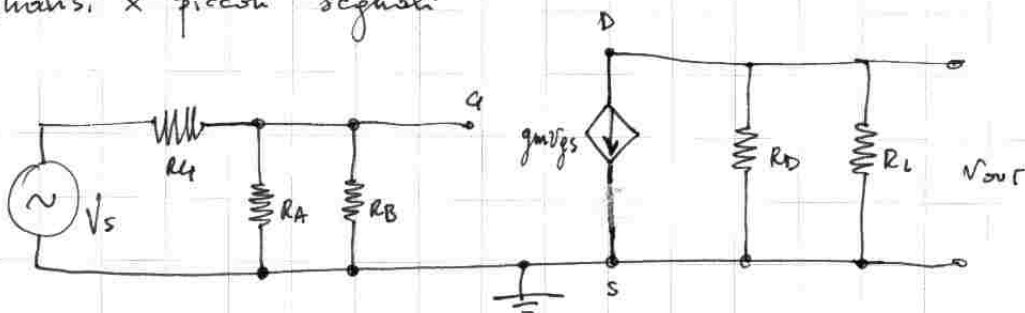
$$R_s = \frac{4 \pm 2}{2 \times 10^{-3}} = \left\{ \frac{4 \pm 2}{2} \right\} \times 10^3 = \begin{matrix} 1 \times 10^3 = 1k\Omega \\ 3 \times 10^3 = 3k\Omega \end{matrix}$$

ho scelto offine V_{GS} sia $> V_t (=1V)$

$$V_{source} = I_D R_s = 2 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3 = 2V$$

$$V_{GS} = 5 - 2 = 3V > V_t$$

Analisi x piccoli segnali



$$\frac{R_A \parallel R_B}{(R_A \parallel R_B) + R_g} V_s = 0.67 \times V_s = V_{GS}$$

$$g_m = 2k(V_{GS} - V_t)$$

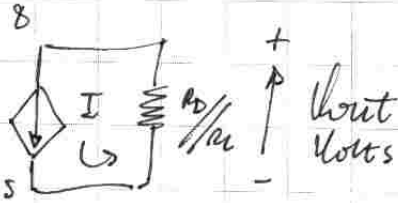
$g_m = 2mA/V$
calcol.

Titolo corso

Data

TELECOM
ITALIA

HR SERVICES



$$R_D // R_L = ?$$

non conosco la resistenza R_L

$$\frac{V_{out}}{V_s} = -2$$

$$I = 2 \left[\frac{\text{mA}}{\text{V}} \right] \times 0,67 \times V_s$$

$$I = 1,34 \times V_s \text{ [mA]}$$

$$V_{out} = 1,34 \times V_s \times 10^{-3} \times \left[\frac{R_D \times R_L}{R_D + R_L} \right]$$

$$+ 1,34 \times 10^{-3} \times \frac{R_D \times 6 \times 10^3}{R_D + 6 \times 10^3} = +2$$

$$1,34 \times 10^{-3} \times R_D \times 6 \times 10^3 = -2 R_D - 12 \times 10^3$$

~~$$8,04 R_D + 2 R_D = -12 \times 10^3$$~~

$$4,02 R_D = R_D + 6$$

$$3,02 R_D = 6$$

$$R_D = \frac{6}{3,02} = 1,98 \text{ k}$$

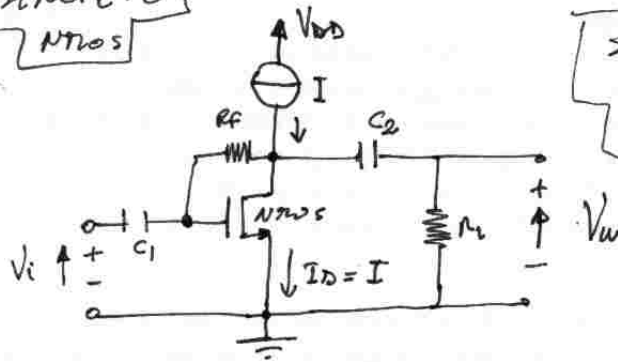
Titolo corso

Data

TELECOM
ITALIA

HR SERVICES

ESERCIZIO NMOS



SOL: $V_{DS} = 2 \text{ Volts}$

SOL: $I_D = I$ corrente di DRAIN

SOL: $g_m = 2 \text{ mA/V}$

SOL: $A_v \cong -20$

$R_F = 10 \text{ k}\Omega$

$R_L = 10 \text{ k}\Omega$

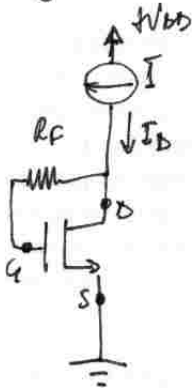
$I = 4 \text{ mA}$

NMOS: $V_T = 1 \text{ Volts}$
 $\beta = 2 \times 10^{-3} \text{ A/V}^2$
 $\alpha = 0$
 $\chi = 0$

Trovare V_{DS} , I_D , g_m e l'amplificazione A_v

Svolgimento

ANALISI
STATICA



$$I_D = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_T)^2$$

$$I_D = I = 4 \text{ mA} = 10^{-3} (V_{GS} - 1)^2$$

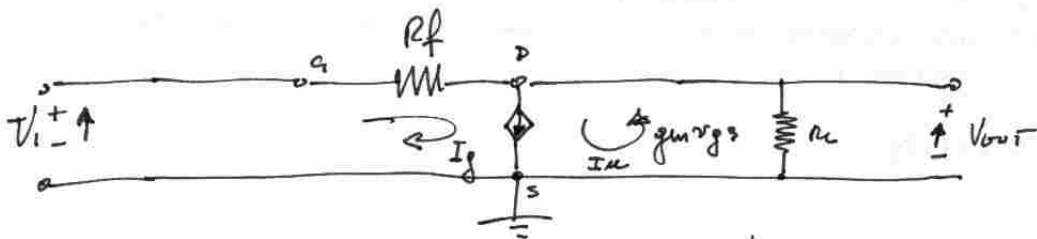
NOTA: $V_{GS} = V_{DS}$

$$1 \times 10^{-3} = 10^{-3} \times (V_{DS} - 1)^2 \Rightarrow V_{DS} = 2 \text{ Volts}$$

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = \frac{1}{2} \beta 2 (V_{GS} - V_T) = \beta (V_{GS} - V_T) = 2 \times 10^{-3}$$

Analisi per piccoli segnali: pagina seguente \Rightarrow

piccoli segnali.



$$V_u = I_u \times R_L$$

$$V_{GATE} = V_i$$

$$V_{GATE} = V_i$$

$$g_m V_{gs} = I_g + I_w \Rightarrow I_g = g_m V_{gs} - I_w$$

$$V_g = V_u + R_F \times (g_m V_g - I_u) \Rightarrow V_g = V_u + R_F V_g g_m - I_u R_F$$

$$I_{av} = -\frac{V_{in}}{R_L}$$

$$\frac{V_g}{A f_m} = 1 + R_f g_m \frac{1}{A} + R_f \frac{f}{n v}$$

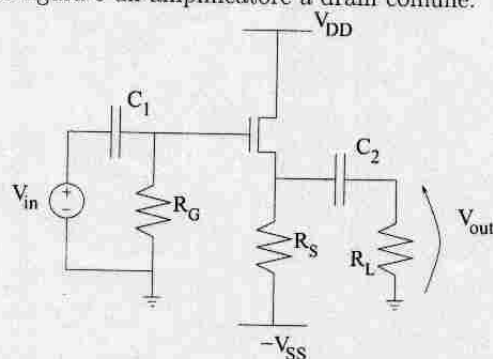
Wort

$$I_g = \sum u_g - I_w$$

$$\frac{1}{A} (1 - R_{f \text{ gen}}) = \frac{R_f}{a_r} + 1$$

$$\Rightarrow A = \left\{ \frac{1 - \text{af gm}}{\frac{rf}{r_2} + 1} \right\} = -20$$

1. Il circuito in figura è un amplificatore a drain comune.



Date le seguenti informazioni

- $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$
- $R_L = 3 \text{ k}\Omega$, $R_S = 3,6 \text{ k}\Omega$, $R_G = 22 \text{ M}\Omega$
- $V_{SS} = 20 \text{ V}$, $V_{DD} = 5 \text{ V}$
- per il MOSFET, $V_t = 1,5 \text{ V}$, $\beta_n = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 20 \text{ mA/V}^2$ e $\lambda = 0$

si richiede di:

- (a) scrivere le equazioni per lo studio del funzionamento in continua (maglia di ingresso e di uscita),
- (b) calcolare il punto di funzionamento a riposo del transistor e la tensione di uscita in continua,
- (c) calcolare il valore della transconduttanza g_m nel punto di funzionamento,
- (d) usando il modello di piccolo segnale, ricavare le espressioni del guadagno, della resistenza di ingresso e di quella di uscita,
- (e) calcolare i valori del guadagno e delle resistenze di ingresso e uscita.

Soluzione

- (a-b) Per prima cosa occorre determinare il punto di funzionamento, considerando solo la polarizzazione in continua. Per effetto dei condensatori di disaccoppiamento, il punto di funzionamento non è influenzato dal generatore di segnale v_{in} e dal carico R_L .

La tensione sul gate è nulla poichè il gate non assorbe corrente (la d.d.p. sulla resistenza R_G è nulla); si può scrivere quindi l'equazione alla maglia di ingresso:

$$V_{GS} = 0 - (-V_{SS} + R_S I_D) = V_{SS} - R_S I_D$$

Poichè si suppone il MOS polarizzato in regione di saturazione, la corrente I_D vale:

$$V_{GS} = 20 - 3,6 \cdot 10^3 \cdot 22$$

$$I_D = \frac{1}{2} \beta_n (V_{GS} - V_T)^2$$

Dalle due precedenti relazioni si ottiene:

$$I_D = \frac{1}{2} \beta_n (V_{SS} - R_S I_D - V_T)^2$$

Riordinando i termini si ottiene una equazione di secondo grado in I_D :

$$R_S^2 I_D^2 - 2 \left[(V_{SS} - V_T) + \frac{1}{\beta_n} \right] I_D + (V_{SS} - V_T)^2 = 0$$

Dalle due soluzioni si ha:

$$I_D = \begin{cases} 5.3 \text{ mA} \Rightarrow V_{GS} = 0.77 \text{ V} < V_T & \text{non accettabile} \\ 4.9 \text{ mA} \Rightarrow V_{GS} = 2.2 \text{ V} > V_T & \text{accettabile} \end{cases}$$

Infine dall'equazione alla maglia di uscita:

$$V_{DS} = V_{DD} + V_{SS} - R_S I_D = 7.2 \text{ V}$$

Si osserva che poichè $V_{DS} > V_{GS} - V_T$ il MOS è effettivamente polarizzato in regione di saturazione.

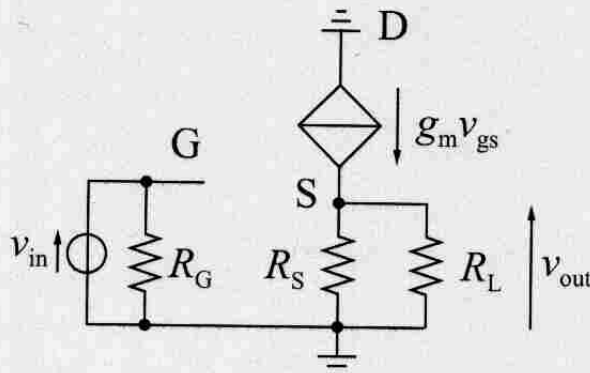
La tensione di uscita in continua è:

$$V_{OUT} = V_{DD} - V_{DS} = -2.2 \text{ V}$$

(c) La transconduttanza vale:

$$g_m = \beta_n (V_{GS} - V_T) = 0.014 \text{ S}$$

(d-e) Il circuito equivalente di piccolo segnale è:



dove le capacità si sono considerate come dei corto-circuiti grazie al fatto che sono molto elevate. Inoltre, poichè $\lambda = 0$, il valore della resistenza di uscita del MOS è infinito.

La tensione di uscita si calcola come:

$$v_{out} = R_S // R_L i_d = R_S // R_L g_m v_{gs}$$

Osservando inoltre che :

$$v_{gs} = v_{in} - v_{out}$$

si ha il guadagno dello stadio:

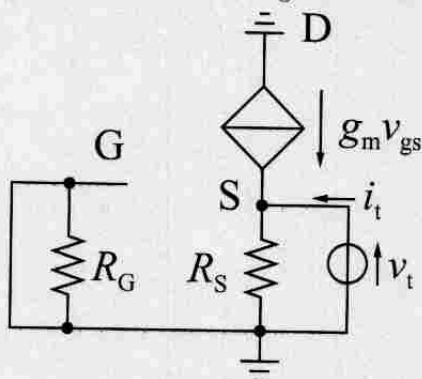
$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_S // R_L g_m}{R_S // R_L g_m + 1} = 0.96 \simeq 1$$

tipico dello stadio a drain comune.

Per il calcolo della resistenza di ingresso si osserva banalmente che:

$$R_{in} = R_G$$

mentre per la resistenza di uscita si deve cortocircuitare il generatore di ingresso e applicare all'uscita un generatore di prova v_t . Dal circuito



si osserva che:

$$v_{gs} = -v_t$$

e:

$$v_t = R_S(i_t + g_m v_{gs}) = R_S i_t - g_m R_S v_t$$

e infine:

$$R_{out} = \frac{v_t}{i_t} = \frac{R_S}{1 + g_m R_S} = 70 \Omega$$

Soluzione

Il transistoro funziona in saturazione finché

$$|V_{DS}| > |V_{GS} - V_T| \quad (5.6)$$

Dall'osservazione del circuito risulta

$$V_{DS} = V_{GS} + R_D I \quad (5.7)$$

che sostituita nella (5.6) fornisce

$$|V_{GS} + R_D I| > |V_{GS} - V_T|$$

la quale permette di affermare che il transistoro funziona in regione di saturazione finché

$$R_D I < |V_T|$$

Nel caso in questione

$$R_D I = 3V > |V_T|$$

per cui il transistoro è in regione lineare e la corrente I_D vale

$$I = I_D = \beta \cdot \left[(|V_{GS} - V_T|)|V_{DS}| - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \quad (5.8)$$

in cui

$$\beta = \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} = 0,2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

Nella equazione (5.8) l'unica incognita è V_{GS} per cui

$$\frac{1}{2} V_{GS}^2 + 2V_{GS} + 1 = 0$$

da cui $V_{GS} = -3,4\text{V}$ che sostituita nella (5.7) fornisce $V_{DS} = -0,4\text{V}$

Soluzione

Il circuito

Esercizio 5

Si polarizzi l'amplificatore di figura 5.10 in modo da ottenere $I_D = 0,2\text{mA}$. Si calcoli l'amplificazione di tensione $A_{vs} = v_u/v_s$, la resistenza di ingresso R_i e quella di uscita R_u . Si tenga conto della resistenza di uscita del transistoro NMOS di valore pari a $r_o = 15\text{k}\Omega$. Il condensatore C ha un valore tale da poter essere considerato un corto circuito per il segnale di ingresso.

$$V_{DS} = V_{GS}$$

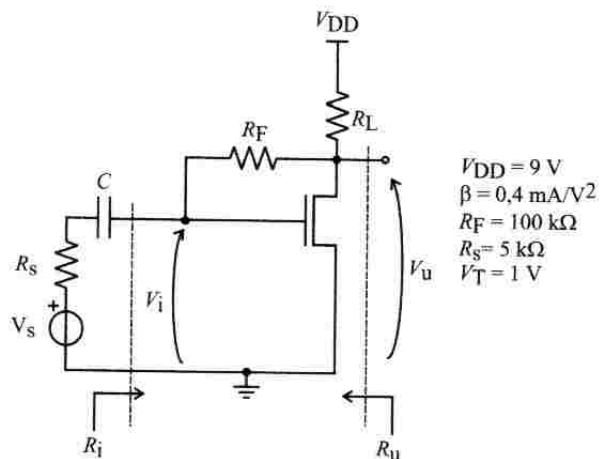


Figura 5.10 Circuito per l'esercizio 5

Soluzione

Il circuito di polarizzazione è mostrato in figura 5.11 dall'esame del quale risulta

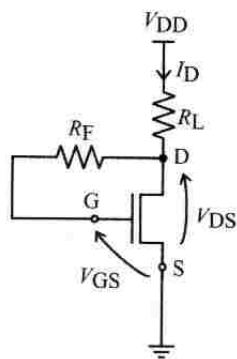
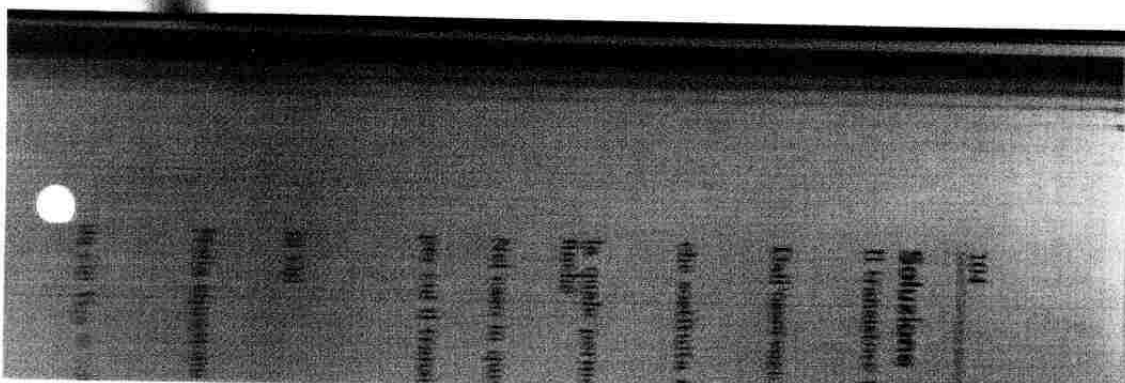


Figura 5.11 Circuito di polarizzazione

$V_{DS} = V_{GS}$ per cui il transistor è saturo e la corrente I_D vale

$$I_D = \frac{1}{2} \beta \cdot (V_{GS} - V_T)^2$$

Si calcoli
di uscita
e pari a
un corto



dalla quale si ottiene la tensione V_{GS}

$$V_{GS} = \sqrt{\frac{2I_D}{\beta}} + V_T = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{0,4}} + 1 = 2 \text{ V}$$

Dalla legge di Kirchhoff delle tensioni alla maglia di uscita si ha

$$R_L = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{I_D} = 35 \text{ k}\Omega$$

Il modello di piccolo segnale del transistor NMOS è mostrato in figura 5.12 dove

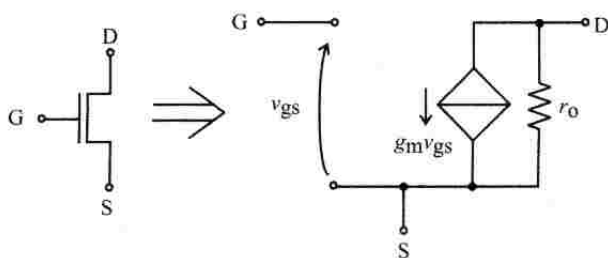


Figura 5.12 Modello di piccolo segnale

$$g_m = \frac{dI_D}{dV_{GS}} = \beta(V_{GS} - V_T) = 0,4 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

Sostituendo tale modello nel circuito che si ottiene spegnendo V_{DD} e considerando C come un corto circuito si ha la rete di figura 5.13. Da tale circuito si ricava la tensione

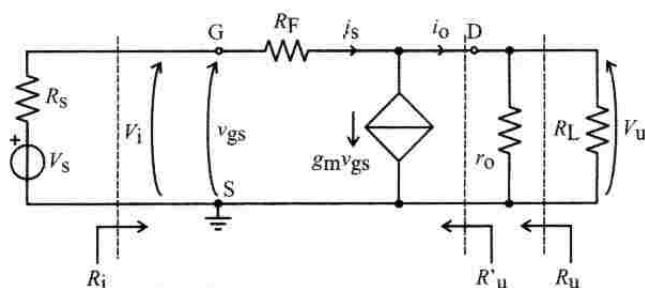


Figura 5.13 Circuito ottenuto spegnendo V_{DD} e cortocircuitando C

di uscita

dove i_o è calcolat

mentre la corren
tensioni alla mag

Sostituendo la

da cui l'amplifi

La resistenza

L'amplificazio

Per il calcolo d
Il circuito per

che combinate

da cui la resist

di uscita

$$v_u = (r_o \parallel R_L) \cdot i_o \quad (5.9)$$

dove i_o è calcolata con la legge di Kirchoff delle correnti applicata al nodo D

$$i_o = i_s - g_m \cdot v_{gs} \quad (5.10)$$

mentre la corrente i_s si può ricavare dalla applicazione della legge di Kirchoff delle tensioni alla maglia di ingresso

$$i_s = \frac{v_{gs} - v_u}{R_F} \quad (5.11)$$

Sostituendo la (5.10) e la (5.11) nella (5.9) si ricava

$$v_u = (r_o \parallel R_L) \cdot \left(\frac{v_{gs} - v_u}{R_F} - g_m \cdot v_{gs} \right)$$

da cui l'amplificazione

$$A_v = \frac{v_u}{v_i} = \frac{1 - g_m \cdot R_F}{\frac{R_F}{r_o \parallel R_L} + 1} = -3,71 \quad (5.12)$$

La resistenza di ingresso R_i

$$R_i = \frac{v_{gs}}{i_s} = \frac{v_{gs}}{\frac{v_{gs} - v_u}{R_F}} = \frac{R_F}{1 - A_v} = 21,23 \text{ k}\Omega$$

L'amplificazione cercata è

$$A_{vs} = \frac{v_u}{v_s} = \frac{v_u}{v_i} \cdot \frac{v_i}{v_s} = A_v \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} = -3,00$$

Per il calcolo della resistenza di uscita R_u conviene calcolare R'_u da cui $R_u = R'_u \parallel R_L \parallel r_o$. Il circuito per il calcolo di R'_u è in figura 5.14. Si ricava

$$I_t = g_m \cdot v_{gs} + \frac{v_{gs}}{R_s}$$

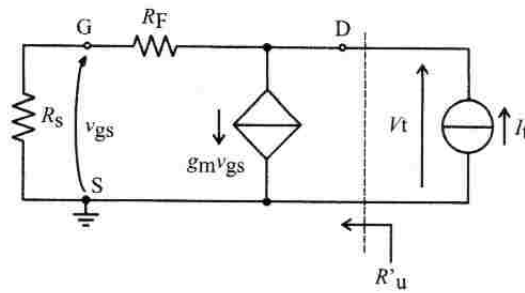
$$V_t = \frac{v_{gs}}{R_s} \cdot (R_s + R_F)$$

che combinate forniscono la resistenza R'_u

$$R'_u = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_s + R_F}{1 + g_m \cdot R_s} = 35 \text{ k}\Omega$$

da cui la resistenza di uscita

$$R_u = R'_u \parallel R_L \parallel r_o = 8,08 \text{ k}\Omega$$

Figura 5.14 Circuito per il calcolo di R'_u **Esercizio 6**

Il transistor in figura 5.15 è polarizzato con $I_D = 1 \text{ mA}$ e $g_m = 1 \text{ mA/V}$. Determinare l'espressione della amplificazione $A_{vs}(f)$ ed il valore del condensatore C_S tale per cui la frequenza del polo della funzione di trasferimento dell'amplificazione è a $f = 10 \text{ Hz}$.

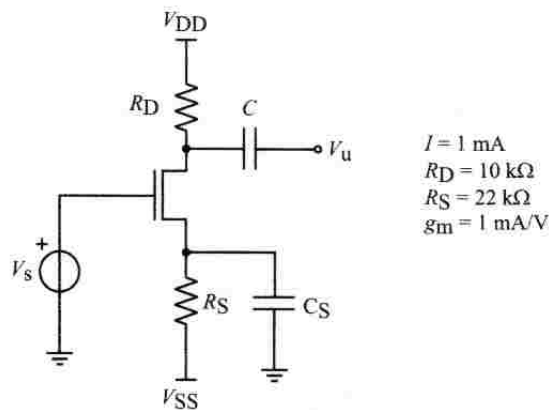


Figura 5.15 Circuito per l'esercizio 6

Soluzione

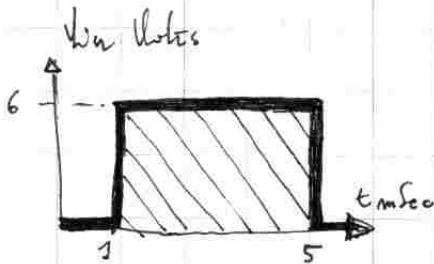
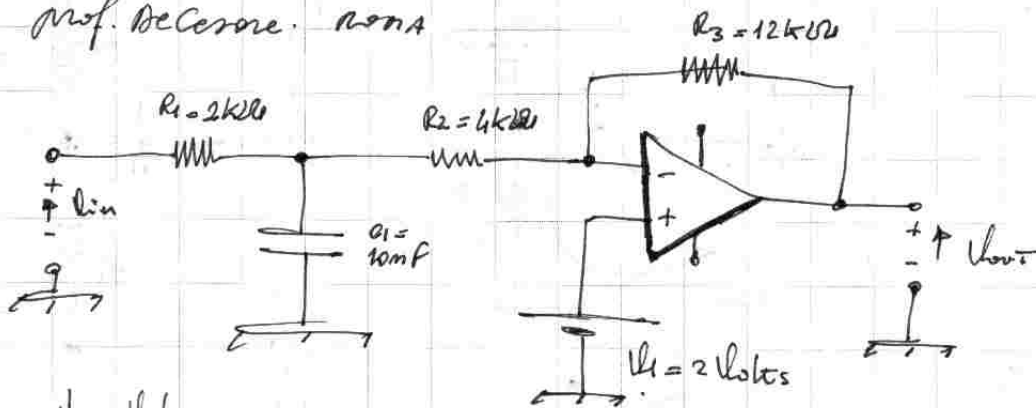
L'amplificazione alle frequenze per le quali il condensatore C_S è assimilabile ad un corto circuito si determina dall'analisi del circuito in figura 5.16. Tale circuito si ottiene spegnendo le batterie V_{DD} e V_{SS} e sostituendo il circuito di piccolo segnale del transistor MOS. L'amplificazione di tensione vale

Il polo i
vista dai

Convier

di $R'_{eq}C_S$
illustrato

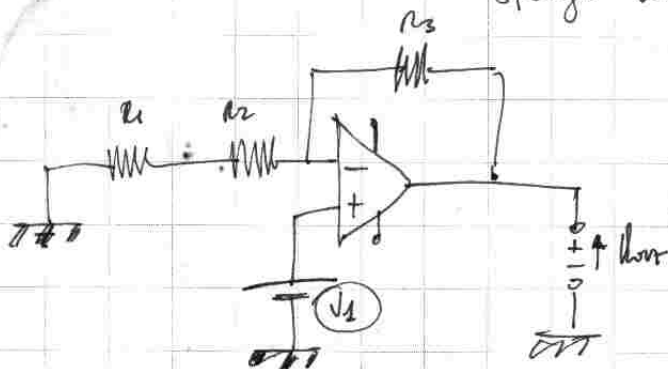
10 novembre 2010
 prof. De Cesare. ROMA



Svolgimento

(NB)

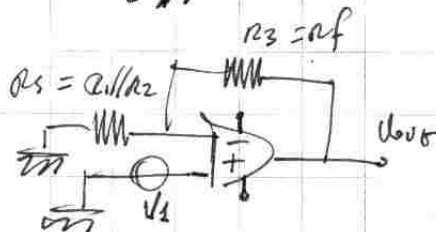
applicando il principio di
 sovrapposizione degli effetti
 spengo u_{in}

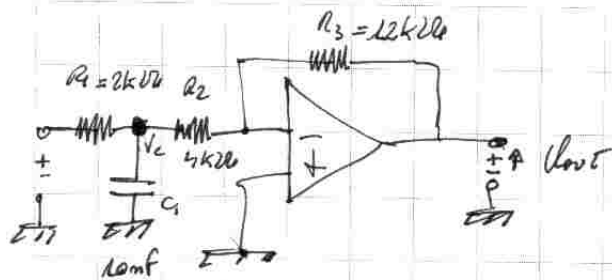


$$u_{out}' = V_1 \left(1 + \frac{R_3}{R_5} \right)$$

$$u_{out}' = V_1 \left(1 + \frac{12}{6} \right)$$

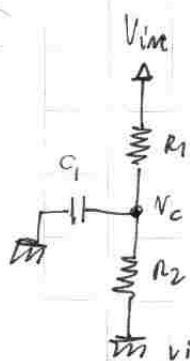
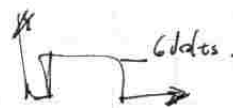
$$u_{out}' = 2 \times 3 = 6 \text{ Volts.}$$



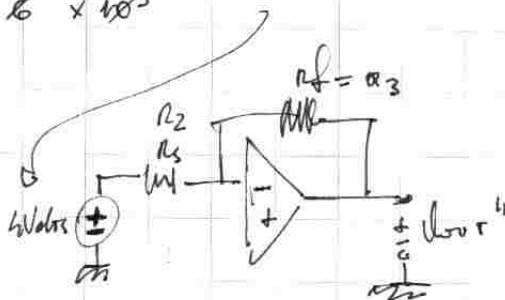


Configurazione
invertente

$$V_c = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6V \times 4 \times 10^3}{6 \times 10^3} = 4 \text{ Volts}$$



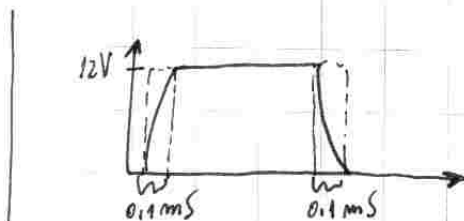
virtuale



$$V_{out} = 4 \text{ Volts} \times \left\{ \frac{R_3}{R_2} \right\} = 4 \times \left(\frac{12}{4} \right) = 4 \times 3 = 12 \text{ Volts}$$

calcolo al transitorio: $5\tau = 5RC = 5 \times (2K \times 10n)$
 $5 \times (2 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-9}) = 5(20 \times 10^{-6}) = (20 \mu sec.) \times 5$

$$100 \mu s = 0,1 \text{ msec}$$



Titolo corso

Data

TELECOM
ITALIA

HR SERVICES

10/11/10

per il principio di sovrapposizione, con V1 acceso e Vin spento, abbiamo sempre un 6V "di base" = Vout1

con Vin acceso e V1 spento abbiamo:

$t < 1$: Vout2 = 0

$t = 1$: passa-basso, la tensione su Vc comincia a salire... (e Vout2 comincia a scendere, ingresso invertente)

$1 < t < 5$: transienti finiti e la tensione su Vc (che nel frattempo lo si può considerare un circuito aperto) si stabilizza a $V_{in} * R2 / (R1 + R2) = 4V$ (partitore di tensione, con il morsetto negativo a 0V per il corto circuito virtuale) e quindi $V_{out2} = 4 * (-R3/R2) = -12V$

$t = 5$: passa-basso, la tensione su Vc comincia a scendere... (e Vout2 comincia a salire, ingresso invertente)

$t > 5$: Vout2 = 0

quindi il grafico, sommando i due contributi del principio di sovrapposizione:

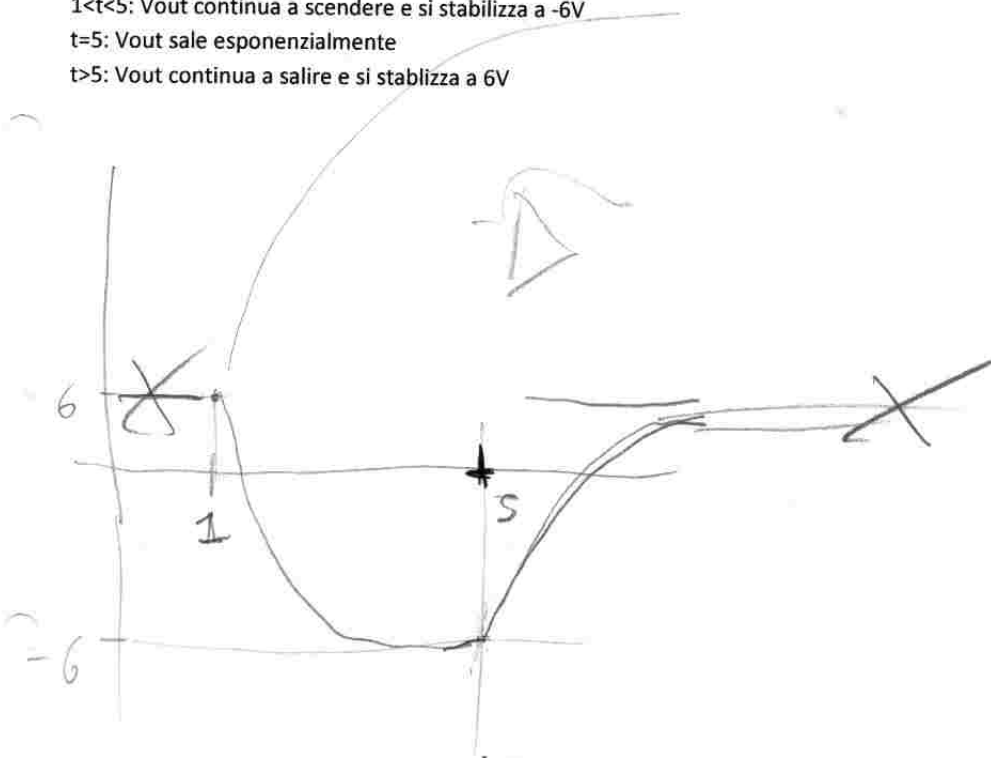
$t < 1$: Vout = 6

$t = 1$: Vout scende esponenzialmente

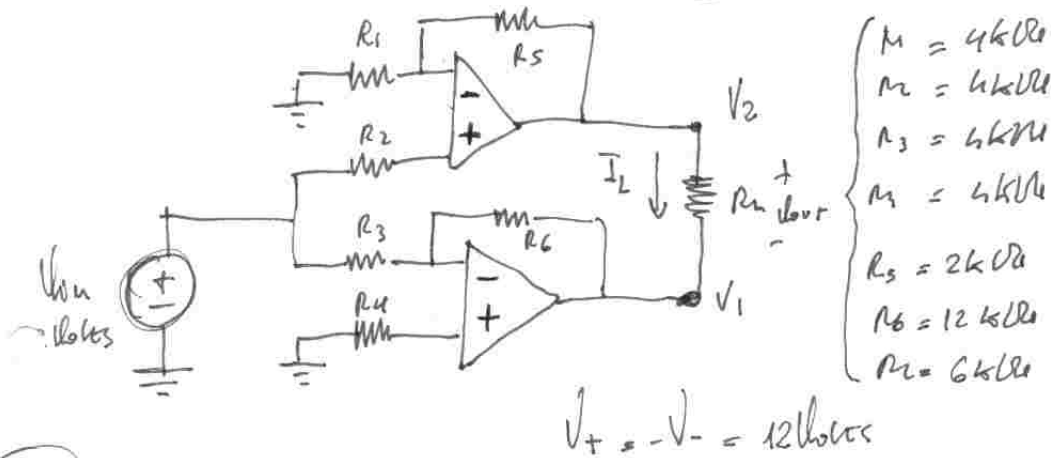
$1 < t < 5$: Vout continua a scendere e si stabilizza a -6V

$t = 5$: Vout sale esponenzialmente

$t > 5$: Vout continua a salire e si stabilizza a 6V



Calcolare la corrente I_L che nel seguente circuito, scorre nello resistore R_L in presenza di una tensione d'ingresso $V_{in} = 2V$



NTB.

"Configurazione invertente"

$$V_o = -\frac{R_f}{R_s} (V_{in})$$

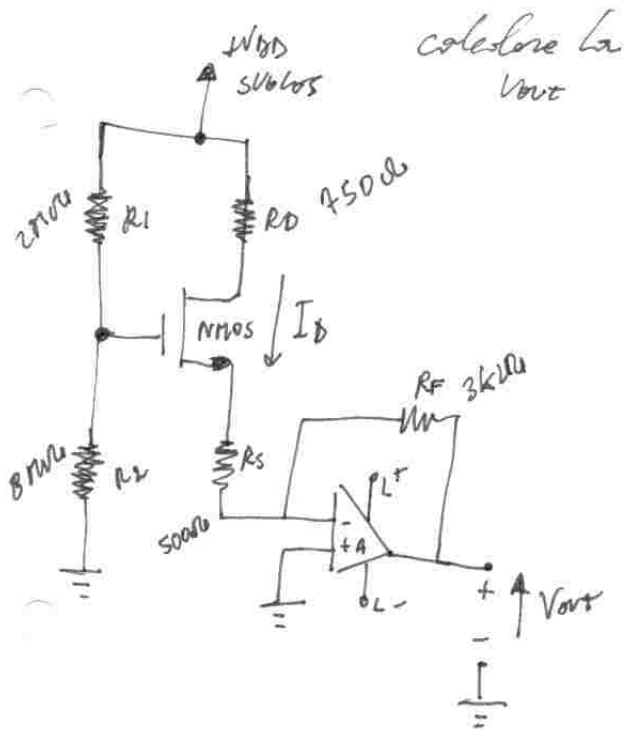
$$\begin{cases} V_2 = \left(\frac{R_5}{R_1} + 1 \right) V_{in} \xrightarrow{\text{calcoli}} V_2 = 3V \\ V_1 = \left(-\frac{R_6}{R_3} \right) V_{in} \xrightarrow{\text{calcoli}} V_1 = -6V \end{cases}$$

"Configurazione non invertente"

$$V_o = 1 + \frac{R_f}{R_s} (V_{in})$$

$$V_2 - (-V_1) = V_2 + V_1 = 9V$$

$$\frac{9V}{R_L} = \frac{9}{6k} = 1.5mA$$



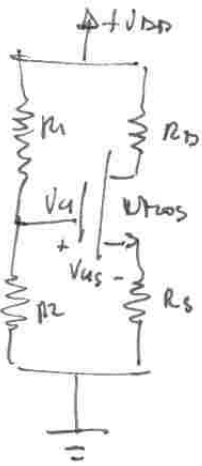
Vt = 1 Volt
NMOS: $k = 0.5 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$

$|L^+| = |L^-| = 15 \text{ Volts}$

Alimentazione e
amplificazione
quasi ideale.

Sviluppiamento

Analisi statica



$V_g = \frac{V_{DD} \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \times 8}{10 \times 10^3} \times 10^6 = \frac{40}{10} = 4 \text{ Volts}$
tensione sul gate

$V_{DD} = I_D (R_D + R_S) + V_{DS}$

$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$

$V_{DS} = 5 - 1250 I_D$

$I_D = k (V_{gs} - V_t)^2$

$V_S = I_D R_S \Rightarrow I_D = \frac{V_S}{R_S}$

$\frac{V_S}{R_S} = k (V_g - V_S - V_t)^2 \Rightarrow \frac{V_S}{500} = 0.5 \times 10^{-3} \times (-V_S + 3)^2$
 $V_S = ?$

$\frac{V_S}{500} = 0.5 \times 10^{-3} (V_S^2 + 9 - 6V_S)$

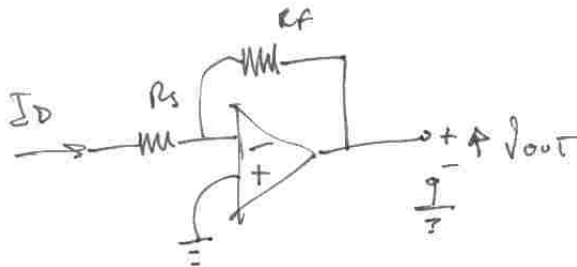
$4V_S = V_S^2 + 9 - 6V_S \Rightarrow V_S^2 - 10V_S + 9 = 0$

$\frac{10 \pm \sqrt{100 - 4(1)(9)}}{2(1)} = \frac{10 \pm \sqrt{100 - 36}}{2} = \frac{10 \pm 8}{2} = V_{S2} = \begin{cases} 1 \text{ Volts} \\ 9 \text{ Volts} \end{cases}$

$$V_{GS} = 3 \text{ Volts}$$

$$I_D = k(V_G - V_{th})^2 = 0,5 \times 10^{-3} \times 4 = 2 \text{ mA}$$

Corrente
di DRAIN
=
Corrente
in entrata
all'amplif. con
operazionale

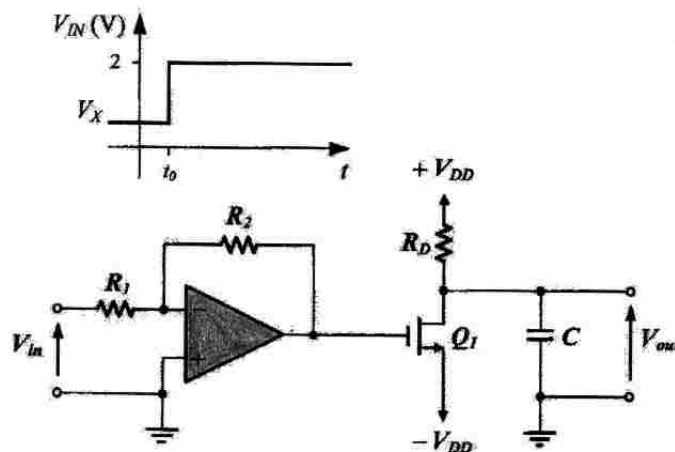


$$V_{out} = \left(-\frac{R_f}{R_s} \right) I_D R_s = -I_D R_f = -3 \times 10^3 \cdot 2 \times 10^{-3} = -6 \text{ Volts}$$

Matricola _____ Cognome _____ Nome: _____

1) Del circuito seguente:

- a) calcolare il valore V_X della tensione di ingresso V_{IN} per $t < t_0$ che determina una tensione di uscita $V_{OUT} = 2$ V;
- b) con V_X calcolato, tracciare il grafico dell'andamento della tensione di uscita nel tempo determinando i punti significativi $V_C(\infty)$, $V_C(t_0)$ e τ .



Amplificatore Operazionale ideale; $L^+ = -L^- = 5$ V

Q_1 : $V_T = 2$ V; $K = 0,25$ mA/V²; $\lambda = 0$, $\chi = 0$

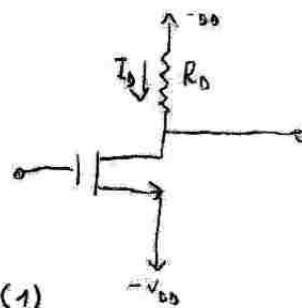
$V_{DD} = 5$ V; $R_1 = 2$ k Ω ; $R_2 = 8$ k Ω ; $R_D = 5$ k Ω ; $C = 2$ nF

② Calcolare il guadagno di tensione per piccoli segnali di un amplificatore NMOS con carico a svuotamento.

③ Disegnare un inverter CMOS, confrontare tra loro i tempi di ritardo H-L e L-H utilizzando il luogo dei punti di lavoro del circuito nelle due commutazioni.

a) Prima di tutto, calcoliamo I_D :

$$I_D = V_{DD} / R_D = \frac{5V}{5k\Omega} = 1\mu A$$



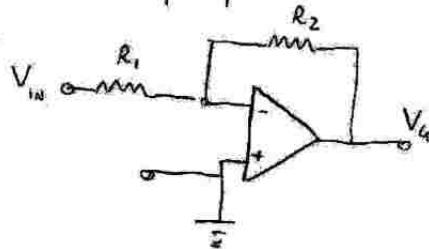
Ipotesi: il mosfet in saturazione:

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \Rightarrow 1 = \frac{1}{4}(V_{GS} - 2)^2 \quad (1)$$

Quanto vale V_{GS} ? La risposta la fornisce l'ampl. op:

- V_G è fornita dall'uscita dell'ampl. op per il:

$$V_G = -V_{in} \frac{R_2}{R_1} \quad (\text{conf. invertente})$$



- V_S è fornita dal mosfet: $V_S = -V_{DD}$

$$\text{Quindi } V_{GS} = V_G - V_S = -V_{in} \frac{R_2}{R_1} - (-V_{DD}) = -4V_{in} + 5$$

Sostituisco in (1) e ottengo:

$$1 = \frac{1}{4}(5 - 4V_{in} - 2)^2 \Rightarrow 4V_{in}^2 - 6V_{in} + \frac{5}{4} = 0$$

Le cui soluzioni sono $V_{in} = 5/4$ e $V_{in} = 1/4$.

Scelgo $V_{in} = 1/4$ poiché per $V_{in} = 5/4$ il mosfet è interdetto.

$$\text{Calcolo: } V_{GS} = 5 - 4 \cdot \frac{1}{4} = 4; \quad V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D + V_{DD} = 10 - 5 \cdot I_D = 5$$

$I_D = 1\mu A$. $V_{in} = 1/4$ è la risposta alla prima domanda.

b) V_{in} passa da $1/4$ a 2; questo cambiamento stravolge il circuito:

$V_G = -4V_{in} = -8$ ← l'amplificatore però rotola a $L_- = -5$ (non può erogare di più). Ciò determina una $V_{GS} = -5 - (-5) = 0$ che di fatto

interdice il mosfet! Ciò vuol dire che il condensatore passa da 0 volt

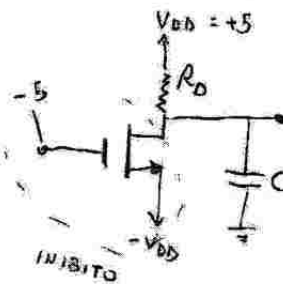
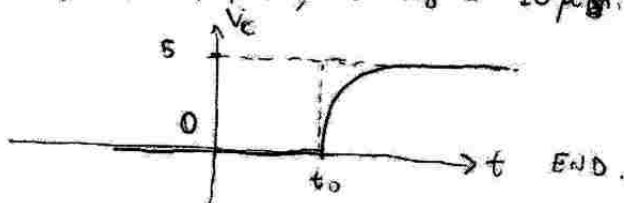
(tensione forzata dal mosfet) a +5 volt (a causa dell'alimentazione V_{DD}).

Facendo uso della formula della tensione sul

condensatore, calcoliamo le grandezze richieste

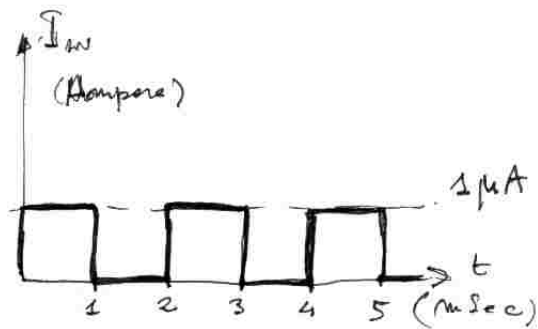
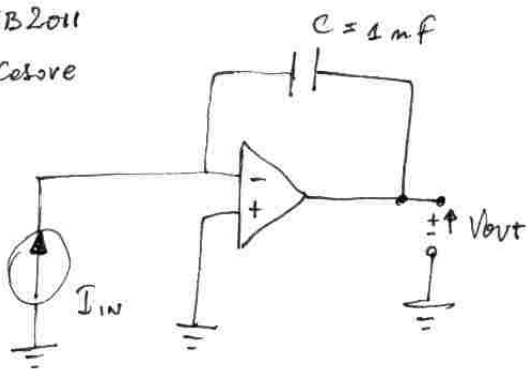
$$V(\infty) = 5; \quad V_0 = V(t_0) = 0; \quad \tau = R_D \cdot C = 10\mu s$$

Quindi:



10 FEB 2011

De Casore



Determinare l'evoluzione temporale della tensione di uscita V_{OUT} e disegnare il grafico riportando i punti significativi.

Supporre l'amplificatore operazionale ideale con $|A^+| = |A^-| = 5 \times 10^5$ e il condensatore scarico per $t < 0$.

Svolgimento: NOTA: INTEGRATORE INVERTEnte

per $0 \leq t < 1$

$$V_{OUT} = -\frac{1}{C} \int I_{IN}(t) dt = -t$$

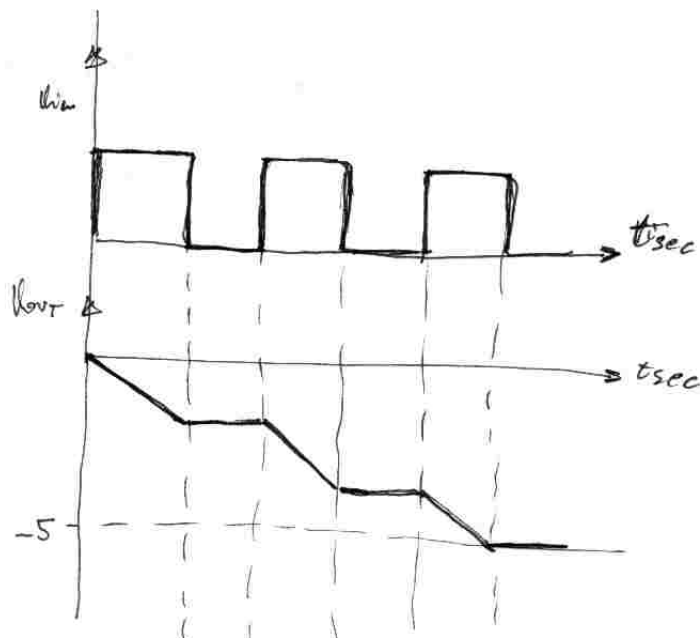
per $1 \leq t < 2$

$$V_{OUT} = 0$$

per $2 \leq t < 3$

$$V_{OUT} = -t$$

e così via...



Senza nome
intanto sappiamo che: secondo = ohm * farad
<https://en.wikipedia.org/wiki/Farad#Equalities>

quindi kohm * ufarad = $10^3 * 10^{-6}$ secondi = millisecondi

se $t = 10\text{ms}$, allora viene $-(10 * 10^{-3}) / (2 * 10^{-3}) = -5 \text{ V}$

edit: il prof non complica (di solito) il compito con unità di misura sballate
in modo da far uscire numeri troppo grandi :P
« ultima modifica: Oggi alle 11:11 da Agilulfo »

Citazione da: aury - Lun 09 Gennaio, 17:04:23 - 2012

Esame 10/02/11

$t < 0$ (condensatore scarico "circuito aperto")

$V_{out} = -1/C \int I_n(t) dt$ (poichè circuito aperto) = 0

$0 \leq t < 1$

$V_{out} = -1/C \int I_n(t) dt = -t$

$1 \leq t < 2$

$V_{out} = 0$

$2 \leq t < 3$

$V_{out} = -t$

e così via

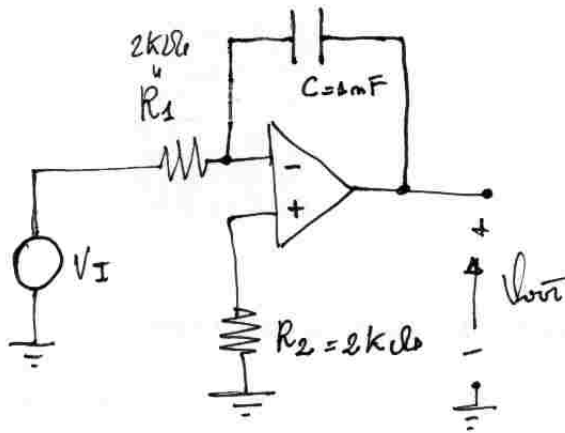
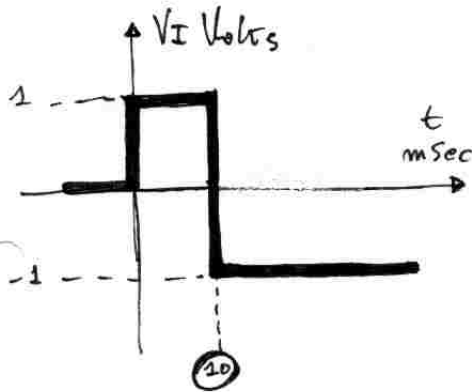
grafico è un'onda triangolare che parte da 0 scende a -1 (fino a 1ms) poi sale a 0 (fino a 2 ms) poi scende a -1 (fino a 3 ms) poi sale a 0 (fino a 4 ms) e così via ...

visto che per $1 \leq t < 2$ (cioè per i t in cui la corrente = 0) esce $V_{out} = 0$, significa che la tensione rimane costante nel tempo

quindi il grafico inizia da 0, scende a -1 (fino a 1ms), rimane costante a -1 (fino a 2ms), poi scende a -2 (fino a 3ms), rimane costante a -2 (fino a 4ms), scende a -3 (fino a 5ms) etc... fino a saturare l'amplificatore operazionale a -5V

Citazione da: aury - Lun 09 Gennaio, 17:04:23 - 2012

Disegnare l'andamento temporale della tensione di uscita V_{out} del circuito in figura quando è applicata in ingresso la tensione V_I . Specificare sul grafico i punti significativi:

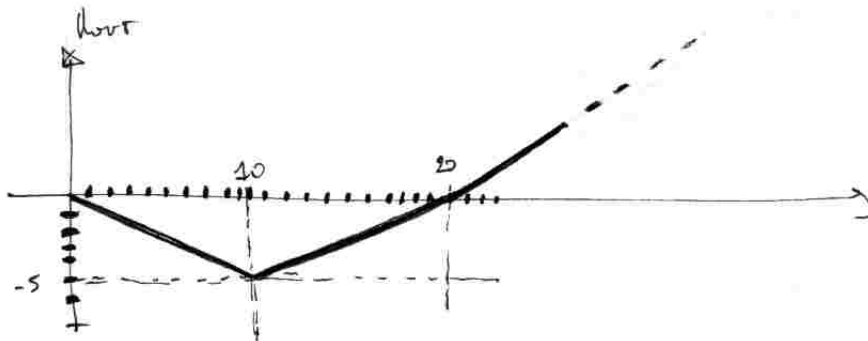


$$V_{out} = - \frac{1}{RC} \int V_I(t) dt$$

inizialmente per $t < 0$ $V_{out} = 0$

per $0 \leq t < 10$ $V_{out} = - \frac{1}{RC} \int dt = - \frac{1 \cdot t}{(2k\Omega \times 1mF)} = \left(- \frac{t}{2} \right)$

per $10 \leq t < +\infty$ $V_{out} = - \frac{1}{RC} \int -dt = \frac{t}{2k\Omega \times 1mF} = \frac{t}{2}$



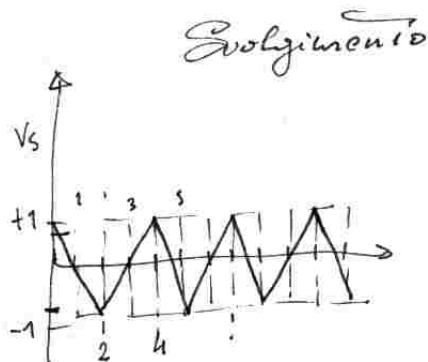
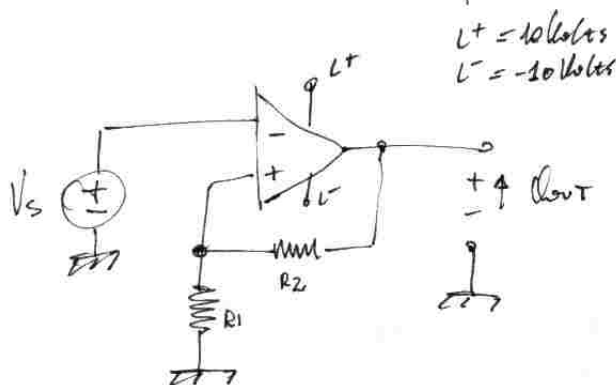
07/12/2004

DeCesare ROMA

$R_1 = ?$
 $R_2 = ?$

Determinare i valori delle resistenze R_1 ed R_2 tali che il seguente circuito realizzi concretamente l'antiverosamento dello zero anche in presenza di disturbi di ampiezza massima 100 mV.

Disegnare inoltre l'andamento temporale della tensione d'uscita V_{out} in corrispondenza del segnale V_s in ingresso riportato in figura, indicando i punti significativi.

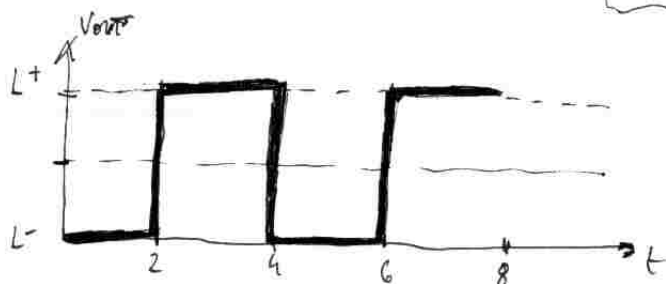


- $\beta L^+ = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) L^+$ Soglia Superiore $= V_{TH}$
- $\beta L^- = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) L^-$ Soglia Inferiore $= V_{TL}$

$$\beta L^+ - \beta L^- = 100 \text{ mV} \Rightarrow 2 \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 100 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0,1 \quad R_1 = 0,1 (R_1 + R_2) \Rightarrow 0,9 R_1 = 0,1 R_2$$

$$R_1 = \frac{0,1}{0,9} R_2 \approx 0,1 R_2 \Rightarrow \begin{cases} R_2 = 1 \\ R_1 = 0,1 \end{cases} \quad \begin{matrix} R_2 = 100 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 10 \text{ k}\Omega \end{matrix}$$



Soglia $V_{TH} = \beta L^+ \approx +9 \text{ Volts}$
Soglia $V_{TL} = \beta L^- \approx -9 \text{ Volts}$

bistabile invertente, soglie a $b \cdot L^+$ e $b \cdot L^-$ con $b = R1/(R1+R2)$

ti trovi due valori per R1 e R2 affinché $bL^+ - bL^- = 100\text{mV}$

per il grafico, vediamo, parte da +1, quindi inizialmente satura a L^-

poi scende fino a bL^- per poter riportare la V_{out} a L^+

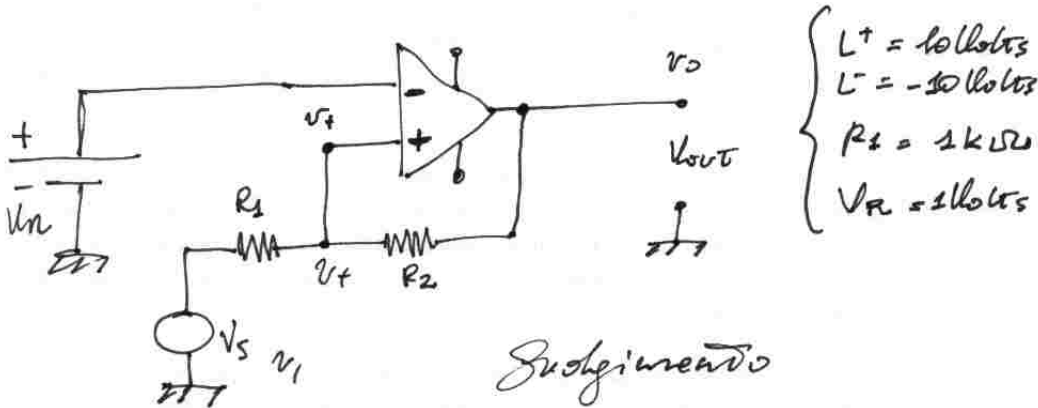
poi risale fino a bL^+ per avere $V_{out} = L^-$

etc...

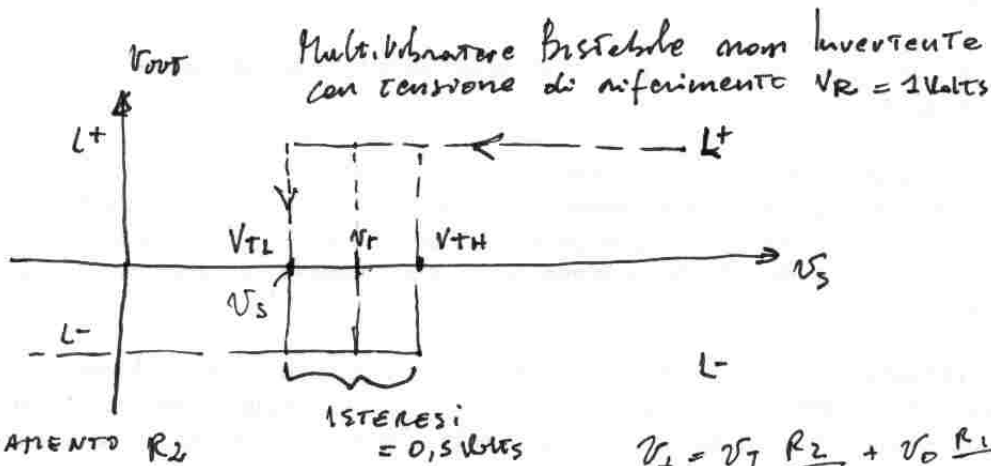
Latina 12/07/2005

Determinare il valore della resistenza R_2 tale che il seguente circuito presenti un'isteresi di 0,5 Volts

Disegnare inoltre la transcaratteristica $\frac{V_{out}}{V_s}$



Disegnando



DIMENSIONAMENTO R_2

$$V_T = V_S \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_O \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_R = V_S \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) + L^+ \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

$$V_R = V_S \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) + L^- \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

$$V_R = 1 \text{ Volts} = V_S \left(\frac{R_2}{1 \times 10^3 + R_2} \right) + 10 \left(\frac{1 \times 10^3}{1 \times 10^3 + R_2} \right)$$

$$\left(1 - \frac{10^3 \times 10}{10^3 + R_2} \right) \frac{10^3 + R_2}{R_2} = V_S \Rightarrow \frac{10^3 + R_2 - 10^4}{R_2} = V_S +$$

$$V_R = 1 \text{ Volts} = V_S \left(\frac{R_2}{1 \times 10^3 + R_2} \right) + 10 \left(\frac{1 \times 10^3}{1 \times 10^3 + R_2} \right)$$

$$\left(1 + \frac{10^3 \times 10}{10^3 + R_2} \right) \times \frac{10^3 + R_2}{R_2} = V_S \Rightarrow \frac{10^3 + R_2 + 10^4}{R_2} = V_S +$$

$$Q_{1,5} = \left(\frac{10^3 + R_2 - 10^4}{R_2} \right) - \left(\frac{10^3 + R_2 + 10^4}{R_2} \right)$$

$$Q_{1,5} = \frac{R_2 - 9 \times 10^3 - (11 \times 10^3 + R_2)}{R_2}$$

$$\frac{R_2}{2} = \cancel{R_2} - 9 \times 10^3 - 11 \times 10^3 - \cancel{R_2}$$

$$\frac{R_2}{2} = -20 \times 10^3$$

$$R_2 = -40 \times 10^3$$

io l'avrei risolto così:

il passaggio da L+ a L- e viceversa della Vout avviene quando nell'operazionale $V_+ = V_-$
 $V_- = V_R = 1V$ (dai dati dell'esercizio)

per il principio di sovrapposizione:

$$V_+ = V_s * R_2 / (R_1 + R_2) + V_{out} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

se $V_{out} = L_+ = 10V$ (cioè arriva dalla saturazione positiva):

$$V_- = V_+$$

$$1 = V_s * R_2 / (1 + R_2) + L_+ * 1 / (1 + R_2)$$

...

$$V_s = 1 - 9/R_2$$

se $V_{out} = L_- = -10V$:

$$V_- = V_+$$

$$1 = V_s * R_2 / (1 + R_2) + L_- * 1 / (1 + R_2)$$

...

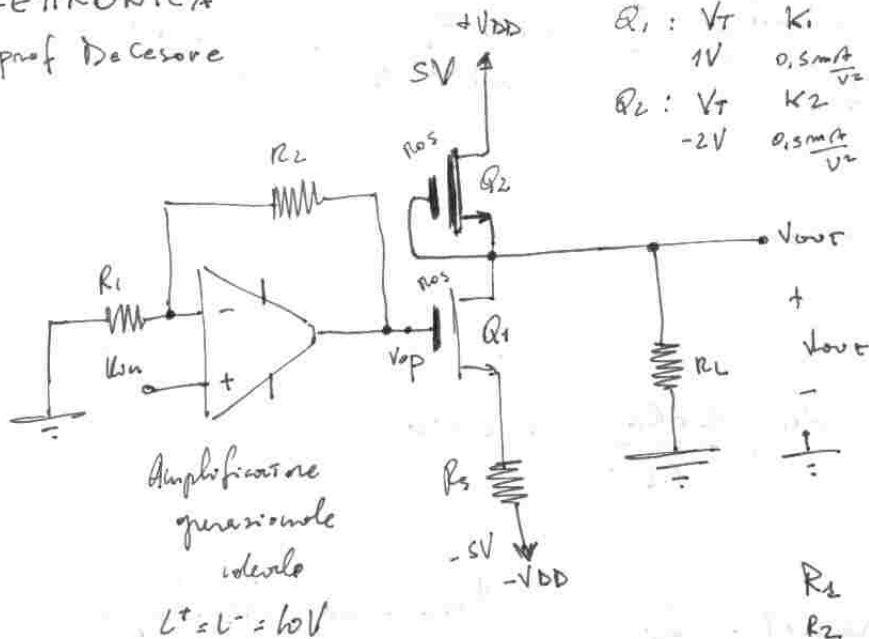
$$V_s = 1 + 11/R_2$$

l'isteresi è data dalla differenza dei due valori che assume l'ingresso (V_s) per portare l'uscita da L+ a L- e da L- a L+:

$$0,5 = (1 + 11/R_2) - (1 - 9/R_2) = 20/R_2$$

$$R_2 = 40$$

il grafico è quello di un multivibratore bistabile non invertente con le due soglie a 0,775V e 1,275V



$Q_1: V_T$	K_1	λ	χ	$C_{gs} = C_{gd}$
1V	0.5 mA/V^2	0	0	crase
$Q_2: V_T$	K_2	λ	χ	$C_{gs} = C_{gd}$
-2V	0.5 mA/V^2	0	0	crase

$$R_1 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_L = 15 \text{ k}\Omega$$

- a) Con tensione in ingresso nulla $v_{in} = 0 \text{ V}$ calcolare il valore della resistenza di source R_s in modo tale che la tensione di uscita in continua V_{out} sia uguale a 0V
- b) con il valore calcolato di R_s determinare il guadagno di tensione per piccoli segnali

$$A_v = \left[\frac{V_{out}}{v_{in}} \right]$$

Svolgimento

Q2:

$$V_{G2} = 0 \quad V_{S2} = 0 \quad \Rightarrow \quad I_{D2} = (V_{GS} - V_T)^2 K = K \times 4 = 2 \text{ mA}$$

Q1:

$$I_{D1} = 2 \times 10^{-3} \text{ A} = K (V_{GS} - V_T)^2 = 0.5 \times 10^{-3} \frac{\text{A}}{\text{V}^2} (-V_S - 1)^2$$

$$2 = \frac{1}{2} (-V_S - 1)^2 \quad \Rightarrow \quad \text{QUADRATO} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} V_S = +1 \text{ Volt} \\ V_S = -3 \text{ Volts} \end{cases}$$

$V_S \rightarrow V_{GS}$

Considerando che $V_{GS} > V_T \Rightarrow V_{GS} = 3 \text{ Volts}$

numerically

$$R_s = \frac{-3 - (-10)}{I_D} = \frac{-3 + 5}{2 \times 10^{-3}} \frac{V}{A} = \frac{2}{2} \times 10^3 \Omega$$

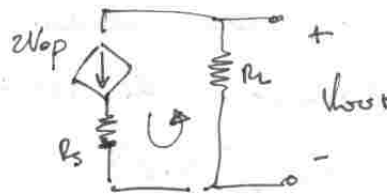
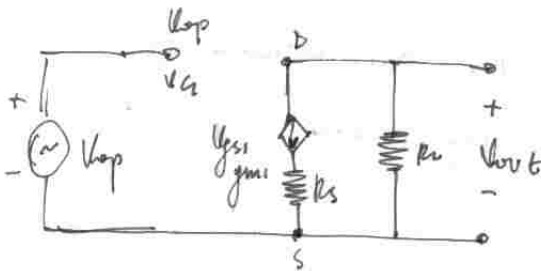
$$R_s = 1 \text{ k}\Omega$$

$$V_{op} = V_{in} \left(\frac{1+R_2}{R_1} \right) = 6 \text{ V}$$

calcolo dei parametri di
TRANSCONDUZIONE.

$$\begin{cases} g_{m2} = 2K(V_{gs} - V_t) = \\ \quad = 2 \times \frac{1}{2} \times (0 - (-2)) = 2 \\ g_{m1} = 2K(V_{gs} - V_t) = \\ \quad = 2 \times \frac{1}{2} \times (3 - 1) = 2 \end{cases}$$

Analisi Dinamica.



$$V_s = R_s (V_{gs} g_m) = R_s g_m (V_g - V_s)$$

$$V_s = 12 V_{in} - 2 V_s$$

$$3 V_s = 12 V_{in}$$

$$V_s = 4 V_{in}$$

$$V_{out} = - (V_g - V_s) g_m R_L = - (6 V_{in} - 4 V_{in}) \times 2 \times 15 = -60 V_{in}$$

$$\Rightarrow A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -60$$

24/06/2011

a) se sai che $I_d = 2\text{mA}$ puoi usare $I_d = k(V_{gs} - V_t)^2$ per calcolarti V_{s1}

...

~~$V_{s1} = 1$ --- $V_{gs1} = -1$ non va bene~~

$V_{s1} = -3$ --- $V_{gs1} = 3 > V_t$ -OK-

$$R_s = (V_{s1} - (-V_{dd})) / I_d = (-3 + 5) / 2 = 1 \text{ kohm}$$

b) uscita dell'operazionale $V_{op} = V_{in} * (1 + R_2/R_1) = 6 * V_{in}$

per piccoli segnali:

$$g_{m2} = 2k(V_{gs} - V_t) = 2 * 1/2 * (0 - (-2)) = 2$$

$$g_{m1} = 2k(V_{gs} - V_t) = 2 * 1/2 * (3 - 1) = 2$$

per Q2, $g_{m2} * v_{gs2} = 0$, quindi, essendo un generatore di **corrente** controllato in tensione, è praticamente un circuito aperto (quindi è come se non ci fosse tutta la parte superiore)

per Q1:

$$V_s = R_s * (V_{gs} * g_m) = R_s * g_m * (V_g - V_s) = 1 * 2 * (6 * V_{in} - V_s)$$

$$V_s = 12 * V_{in} - 2V_s$$

$$3 * V_s = 12 * V_{in}$$

$$V_s = 4 * V_{in}$$

quindi alla fine:

$$V_{out} = - (V_g - V_s) * g_m * R_L = - (6 * V_{in} - 4 * V_{in}) * 2 * 15 = -60 * V_{in}$$

$$A_v = -60$$

e)

$$I_D = k(V_{gs} - V_t)^2 = k(0 - (-2))^2 = 0.5 \cdot 10^{-3} (4) = 2 \text{ mA}$$

$$I_{D1} = k(V_{gs} - V_t)^2 \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} = k_1 (0 - V_{s1} - 1)^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} (V_{s1} + 1)^2$$

$$4 = (V_{s1} + 1)^2 \Rightarrow V_{s1} + 1 = \pm 2 \quad \boxed{V_{s1} = -3} \quad \left| \quad V_{gs1} = V_g - V_{s1} = 0 - (-3) = 3 > 1 \right. \quad V_t$$

$$R_s = 1 \text{ kohm}$$

