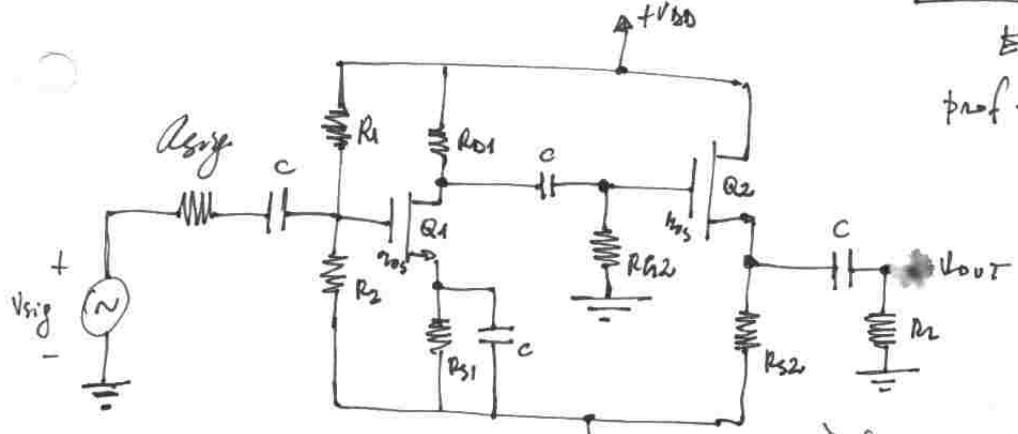
ESERCIZI DI ELETTRONICA

16 SETTEMBRE 2011

Elettronica
prof. Decesare.
ROMA



Del seguente circuito calcolare il guadagno di tensione per piccoli segnali $\left[A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}\right]$

$Q_1 \begin{cases} V_T = 1\,Volt \quad \lambda = 0 \\ K_1 = 0{,}5\,mA/V^2 \quad \chi = 0 \\ C_{gs} = C_{gd} \text{ trascurab.} \end{cases}$

$Q_2 \begin{cases} V_T\ 1\,Volt \quad \lambda = 0 \\ K_2 = 0{,}5\,mA/V^2 \quad \chi = 0 \\ C_{gs} = C_{gd} \text{ trascur.} \end{cases}$

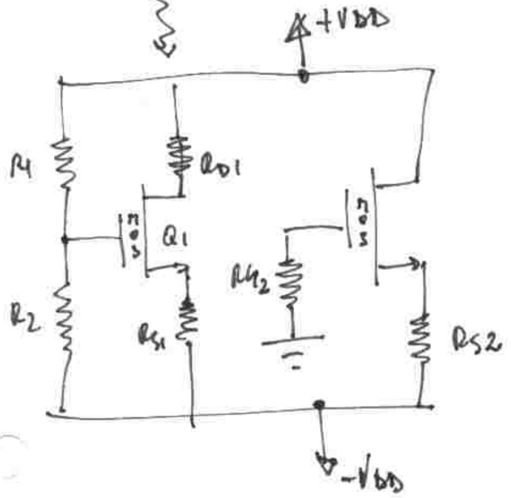
$V_{DD} = 5\,Volts$
$-V_{DD} = -5\,Volts$

$R_{sig} = 50\,\Omega$
$R_1 = 20\,k\Omega$
$R_2 = 30\,k\Omega$
$R_L = 3\,k\Omega$
$R_{D1} = 2\,k\Omega$
$R_{S1} = 1{,}5\,k\Omega$
$R_{S2} = 6\,k\Omega$
$R_{G2} = 8\,k\Omega$

Inc: $A_V = \left[\frac{v_{out}}{v_{in}}\right] = ?$

Svolgimento:

Analisi STATICA



partitore:

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

$V_{GATE\,1} = 6\,Volts.$

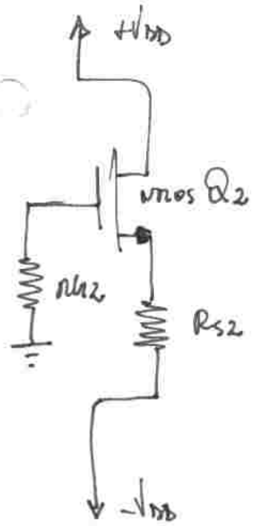
rispetto a Terra $\quad V_{G1} = 6 - 5 = 1\,Volt$

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

$I_D = k\,(V_{GS} - V_t)^2$

$$\frac{V_{DD} + V_S}{R_{S1}} = k\,(V_{GS} - V_t)^2 \Rightarrow V_S \begin{cases} 10/3 \\ -2 \end{cases}$$

perché $V_{GS} \geq V_t$



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

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

$$V_{DD} = -V_S + 0{,}5 \times \cancel{10^{-3}} (V_S^2 + V_t + 2V_S V_t)\, 6 \times \cancel{10^{3}}$$

$$5 \text{ Volts} = -V_S + 3\left[V_S^2 + 1 + 2V_S\right]$$

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

$$\boxed{3V_S^2 + 5V_S - 2 = 0} \longrightarrow \text{parabola: } \frac{-5 \pm \sqrt{25 - 4(3)(-2)}}{6}$$

$$V_{S_{1,2}} = \frac{-5 \pm 7}{6} = \begin{cases} -2 \\ \cancel{\frac{1}{3}} \end{cases}$$

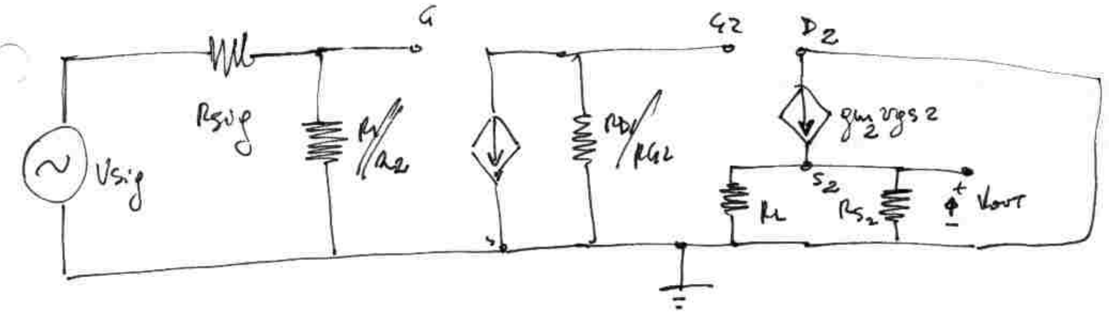
$V_{GS2} = 2$ perchè $2 > V_t$ quindi scelgo $\boxed{V_S = -2}$

Conseguentemente trovo g_{m2} e V_{DS2}

$g_{m2} = 1\ k\Omega^{-1}$

$V_{DS2} = 7$ Volts.

Analisi per piccoli segnali



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

$V_{out} = V_G$ $\quad V_{GS} = V_1 - V_S$

$V_{S_2} = V_{out2}$

$R_L // R_S = \frac{3 \times 6}{3+6} \frac{K^2}{K}$

$R_L // R_S = \frac{18}{9} K = 2K$

$V_{GS_2} = V_{out1} - g_{m2} V_{gs2}\, 2K$

$V_{GS2} = -3{,}2\, V_{sig} - (\cancel{2}K \times 2K V_G - V_S)$

$\cancel{2} V_{GS2} = \frac{-3{,}2\, V_{sig}}{3}$ $\quad 1{,}06\, V_{sig} = V_{GS2}$

$V_{GS2} = V_G - V_S$

$V_{S2} = V_G - V_{GS2}$

$V_{S2} = (-3{,}2 + 1{,}06)\, V_{sig}$

$V_{S2} \simeq -2{,}14\, V_{sig} = V_{out2}$

$A_V = \frac{V_{out2}}{V_{sig}} = -2{,}14.$

16/09/11

io ho fatto così, ma non so se sia giusto (specie nell'analisi del 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 $Id=k(Vgs-Vt)^2$
e con le altre 2 formule che toky182 ha già menzionato ($Id=(Vs+Vdd)/Rs1$ e $Vgs=Vg-Vs$) trovo 2 valori di Vs che sono 10/3 e -2 (e prendo il secondo perché soddisfa $Vgs >= Vt$, $1-(-2) = 3 >= 1$)

sostituendo, $Id1 = 2$ mA
$Vd = Vdd - Id*Rd1 = 1V$
$Vds = Vd - Vs = 1+2 = 3V$ (e soddisfa anche $Vgs - Vds <= Vt$)
$gm1 = 2k(Vgs - Vt) = 2$ ohm^-1

per il secondo mosfet:

$Vg2 = 0V$
$Vd2 = Vdd = 5V$
con le solite formule trovo $Vs2 = -2$ accettabile

$Vds = 7V$ (e quindi va bene etc)
$gm2 = 1$ ohm^-1

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

$vgs1 = vsig * (R1//R2) / ((R1//R2)+Rsig) = 1\ vsig$
$vout1 = vg2$ (perché vs2 non sta a massa) $= - gm1*vgs1*(Rg2//Rd1) = -3{,}2\ vsig$

$vs2 = vout2$ (il vout del circuito)

sapendo che $vgs2 = vg2 - vout2$ e che $vout2 = gm2*vgs2*(RL//Rs2)$

e facendo un po' di calcoli mi viene:
$vout2 = (gm2*(RL//Rs2)*vg2) / (1+gm2*(RL//Rs2)) = (1*2*(-3{,}2))* vsig / (1+1*2) = -2{,}13\ vsig$

quindi $Av = -2{,}13$
« *Ultima modifica: Mer 11 Gennaio, 12:26:35 - 2012 da Agilulfo* »

14/01/2004
Roma DeCesare

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

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

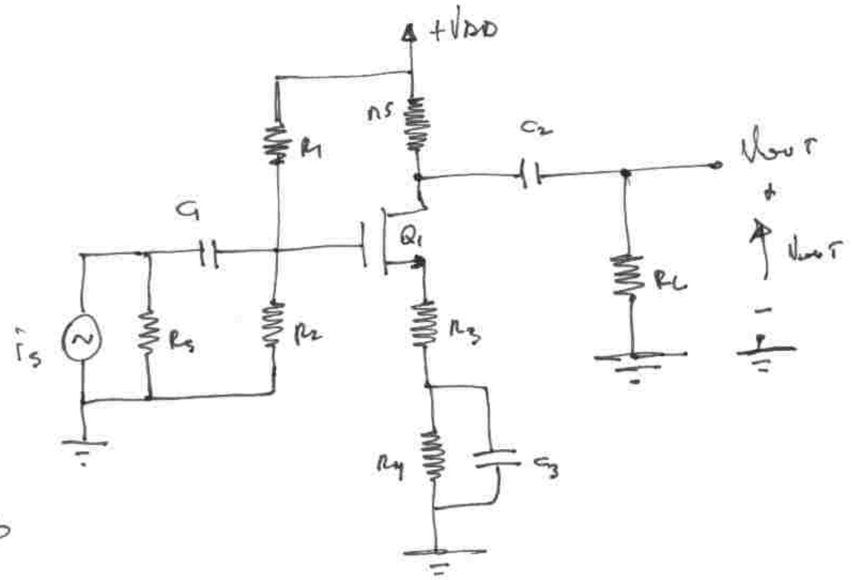
Determinare la TRANSRESISTENZA $R_T = V_{out}/i_s$ per piccoli segnali di mediobanda.

$V_{DD} = 10$ Volts

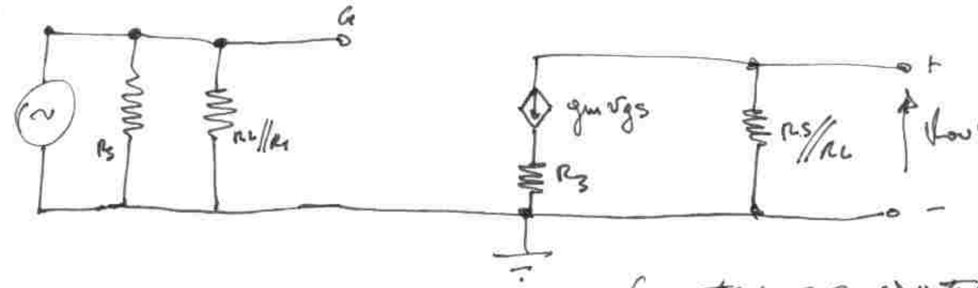
$Q_1 = \begin{cases} K = 0{,}3\ mA/V^2 \\ V_T = 1\ Volt \\ \lambda = 0 \end{cases}$

$C_1 = C_2 = C_3 = 1\ \mu F = C$

$R_1 = 40\ k\Omega$
$R_2 = 20\ k\Omega$
$R_3 = 0{,}5\ k\Omega$
$R_4 = 2\ k\Omega$
$R_5 = 5\ k\Omega$
$R_S = 80\ k\Omega$
$R_L = 15\ k\Omega$



Svolgimento



devo calcolare il parametro di TRANSCONDUTTANZA

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

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

$V_{GS} = V_{GATE} - V_{SOURCE}$

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

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

$g_m = 2 \times 0{,}3 \times 10^{-3} \times (2{,}18 - 1) \underset{\uparrow \text{ calcoli}}{=} 0{,}73 \times 10^{-3}$

$R_2 // R_1 = \frac{20 \times 40\ KK}{20 + 40\ \cancel{K}} = \frac{80\cancel{0}\ K}{6\cancel{0}} = \frac{40}{3}\ K = R_p$

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

NB.

$v_g = i_s \times R_{p2}$

$v_g - v_s = i_s \times R_{p2} - g_m \underbrace{v_{gs}}_{v_g - v_s} R_3$

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

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

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

$V_{out} = -g_m v_{gs} \times R_S // R_L = -0{,}73 \times \cancel{10^{-3}} \times 8{,}40\ \cancel{K} \times 3{,}75K \times i_s$

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

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

Vgs è Vg - Vs
Vg = 11,4 * Is, ma Vs non è collegato direttamente a massa: c'è la resistenza R3

quindi Vs = gm*Vgs*R3 = 0,73*(11,43*Is - Vs)*0,5
risolvendo l'equazione viene Vs = 3,04*Is

Vgs = (11,43 - 3,04) * Is = 8,39 * Is

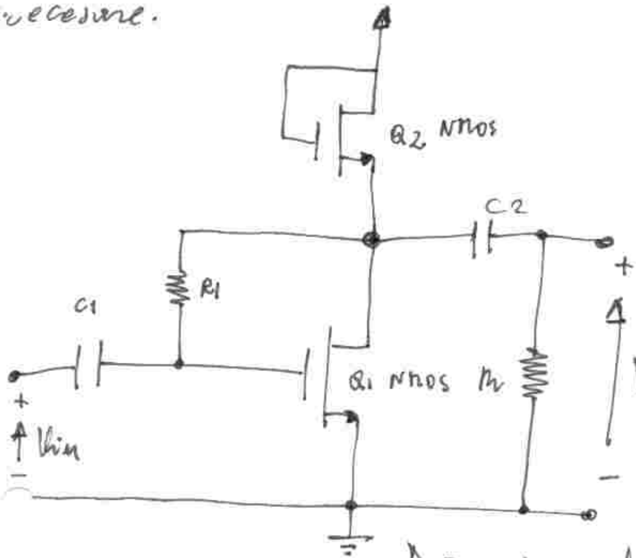
Vout = -gm*vgs*Req2 = -22,97 * Is

22/09/2003

LATINA

recesione.

$C_1 = C_2 = +\infty$



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

Q_2 : $\lambda = 0$ $V_t = 1V$
$\chi = 0$ $K_2 = 0{,}25\ mA/V^2$

$C_{gd} = C_{gs}$ Trascurabili

$V_{DD} = 10$ Volts.

$R_1 = 10\ M\Omega$

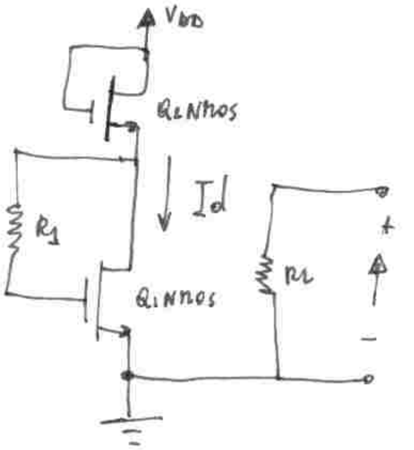
$R_L = 10k\Omega$

Determinare il punto di polarizzazione dei TRANSISTOR

Analisi Statica:

$I_d = I_{d1} = I_{d2} = K_2 (V_{T2})^2 =$

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



$V_{S1} = 0$

$0{,}25 \times 10^{-3} = K_1 (V_{G1} - V_t)^2$

$0{,}25 \cancel{\times 10^{-3}} = 1 \cancel{\times 10^{-3}} (V_{G1} - 1)^2$

$0{,}25 = V_{G1}^2 + 1 - 2V_{G1} \Rightarrow V_{G1}^2 - 2V_{G1} + \frac{3}{4}$

$\frac{2 \pm \sqrt{4 - 4(1)\frac{3}{4}}}{2} = \frac{2 \pm 1}{2} =$ → 2 → scelgo ; → $\frac{1}{2}$

$V_{G1} = V_{GS1} = 2$ perchè $V_{GS} \geq V_t$

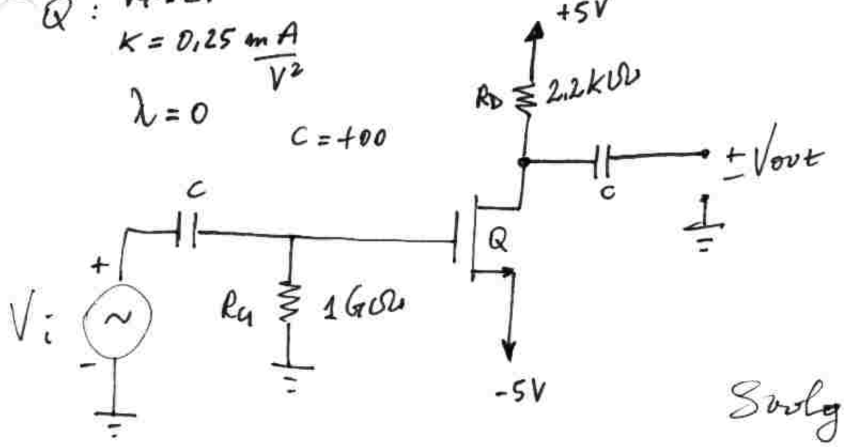
$V_{DS1} = 2$ Volts

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

ROMA 11 GEN 2006 E1

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

$C = 100$

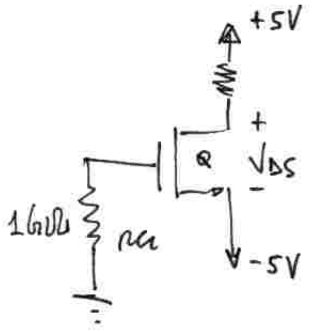


calcolare l'amplificazione di tensione

$\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = A_V$

Svolgimento:

Analisi STATICA : $V_{GS} = V_G - V_S = 0 - (-5V) = 5 \text{Volts}$

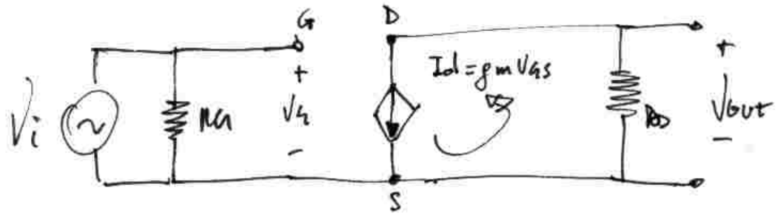


$I_D = K\left(V_{GS} - V_t\right)^2$

$I_D = 0{,}25 \times (5-2)^2 = 3^2 \times 0{,}25 = 2{,}25 \ mA$
$\quad\ \ 9$

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

Analisi dinamica.

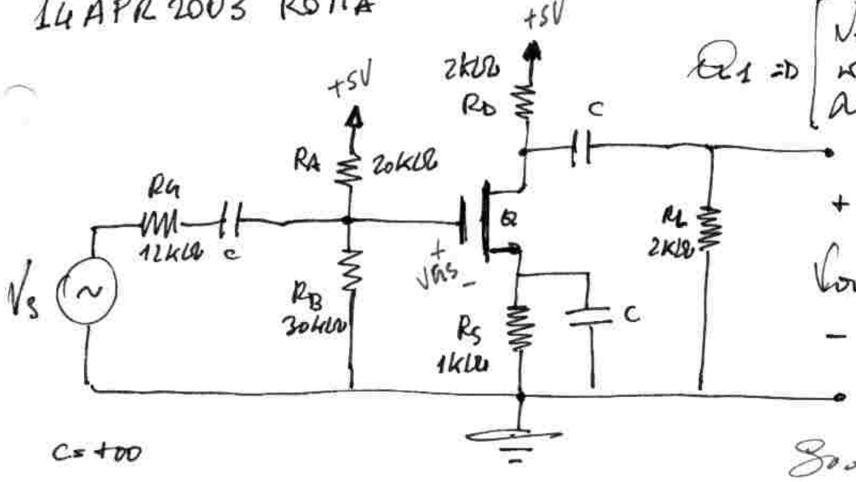


$i_D = V_i \times 1{,}5 \times 10^{-3}$ $\qquad V_{out} = i_D \times R_D$

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

$= 3{,}3$ {Amplificazione di tensione}

14 APR 2003 ROMA



$$Q1 \Rightarrow \begin{cases} V_t = 1\,\text{Volt} \\ K = 1\,\text{mA}/V^2 \\ \lambda = 0 \end{cases}$$

ricavare il guadagno di tensione

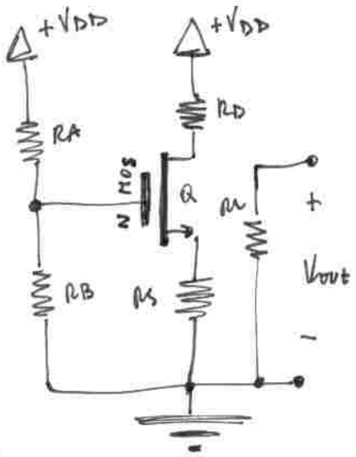
$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{in}}$$

$V_{in} \leftarrow V_S$

C = +∞

Svolgimento

Analisi Statica



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

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

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

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

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

$$I_D = K(V_{GS} - V_t)^2 \quad \boxed{\begin{matrix}2\,\text{eq}\\ 2\,\text{inc}\end{matrix}}$$

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

$$I_D R_S = V_S$$

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

$$V_{GS} = \frac{5 \times 30K}{50K} - \underbrace{\cancel{1K \times K}}_{}(V_{GS} - 1)^2 \qquad K = 1\,\text{mA}/V^2$$

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

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

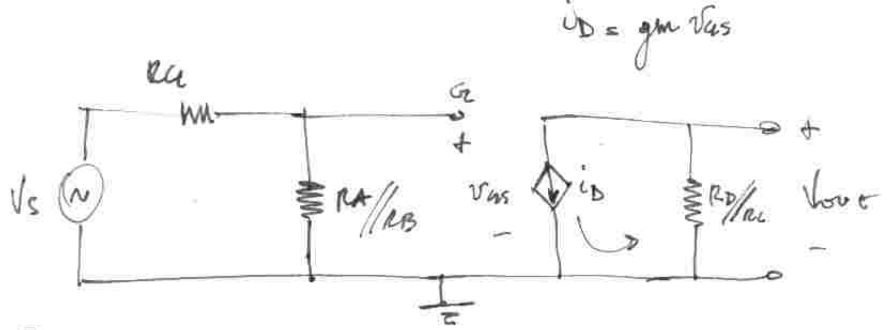
$$\frac{1 \pm \sqrt{1 - 4(1)(-2)}}{2} =$$

$$V_{GS\,1,2} = \frac{1 \pm 3}{2} \rightarrow 2, \; -1$$

$$V_{GS} = 2$$

$$g_m = 2\underset{\frac{1mA}{V^2}}{\underbrace{K}} \times (\underset{2}{\underbrace{V_{GS}}} - \underset{1}{\underbrace{V_t}}) \underset{\text{calcoli}}{=} 2\ \frac{mA}{V}$$

Analisi Dinamica



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

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

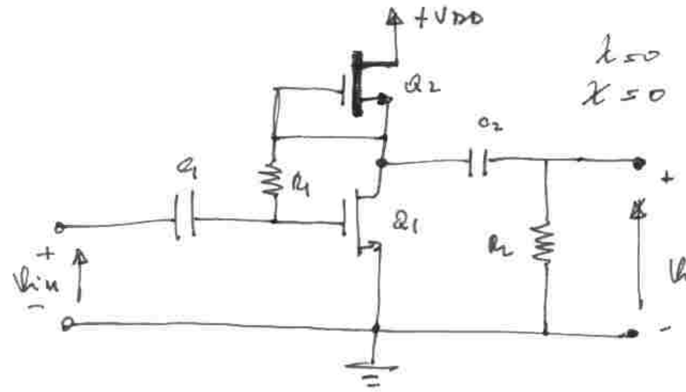
$$\frac{V_s \times 12\,k\Omega}{R_G + 12\,k\Omega} = v_{GS} \overset{\text{calcoli}}{=} V_s\ \frac{12\,k\Omega}{24\,k\Omega} = \frac{1}{2} V_s$$

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

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

18/09/03

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



$\lambda = 0$ $C_{gs} = C_{gd}$ trascurabili

$\chi = 0$

$V_{DD} = 10$ Volts

$R_1 = 10\,R\Omega$

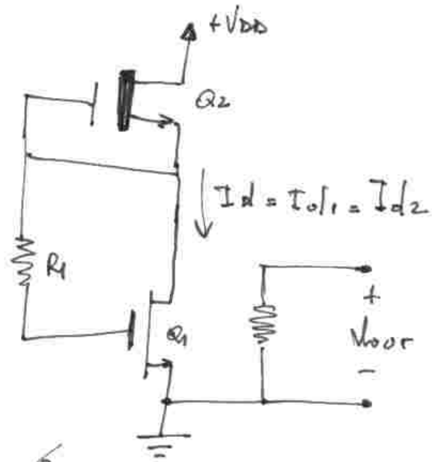
$R_2 = 10\,k\Omega$

$\boxed{C_1 = C_2 = \infty}$

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

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

Svolgimento



$I_d = K_2 (V_t)^2$

$I_d = 0{,}25\ mA$

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

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

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

$V_{G\,2}^{\,1} = \dfrac{+2 \pm \sqrt{4 - 4(1)\frac{3}{4}}}{2(1)} = +\dfrac{2 \pm 1}{2} = \begin{cases} +3/2 \\ +1/2 \end{cases}$

considerando che $\boxed{V_{GS} > V_t}$

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

in definitiva

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

$V_{ds1} = 1{,}5$ Volts

$V_{ds2} = V_{DD} - V_{DS1} = 10, - 1{,}5 = 8{,}5$ Volts.

Q2:

Vgs = 0 (gate e source collegati)
Id = 0,25 mA

si nota che la corrente che scorre su Q2 è la stessa che scorre su Q1: Id2 = Id1 (su R1 non scorre corrente perché non ha un percorso a terra, circuito aperto sia sul gate di Q1 che sul condensatore)

Q1:

Vs = 0
Vg lo si ricava imponendo Id = k1*(Vgs-Vt)^2, ossia 0,25 = (Vg - 1)^2
risolvendo si ottiene Vg = 1,5V come valore accettabile (l'altro, 0,5V, non soddisfa la condizione di saturazione)

inoltre si può vedere che Vg1 = Vg2 = Vs2 = Vd1 (visto che su R1 non scorre corrente, non c'è caduta di potenziale)

quindi, alla fine:
Id1 = Id2 = 0,25 mA
Vds1 = 1,5V
Vds2 = 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

Roma Decesare

Calcolare il guadagno di tensione $A_v \left[\frac{V_{out}}{V_{in}}\right]$ $\frac{V_{out}}{V_{in}}$ dell'amplificatore seguente

$V_{DD} = 10$ volts

$R_1 = 1\,G\Omega$

$R_2 = 10\,k\Omega$

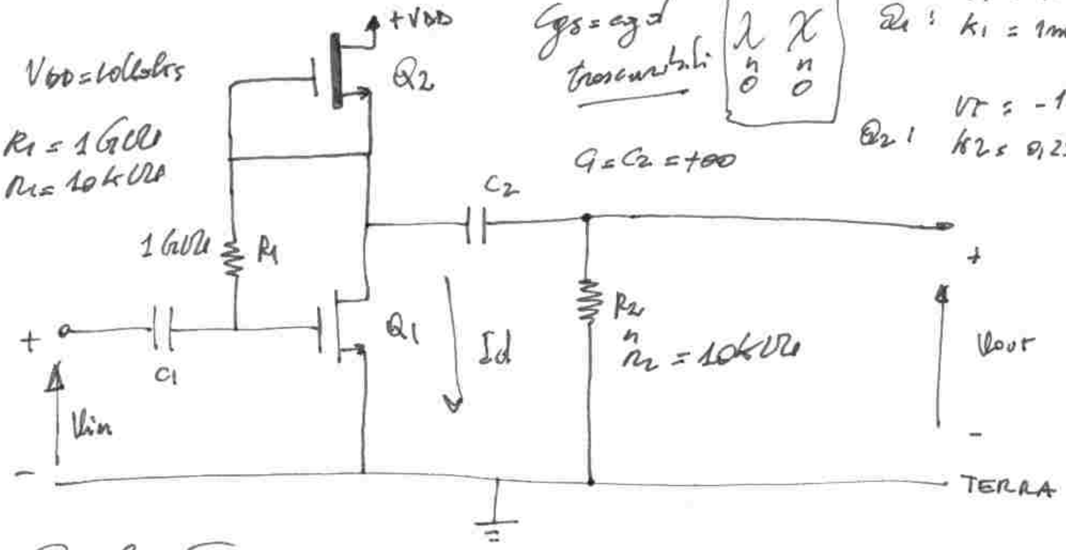
$C_{gs} = C_{gd}$ trascurabili

$\boxed{\begin{matrix} \lambda & \chi \\ n & n \\ 0 & 0 \end{matrix}}$

Q_1: $V_T = 1V$, $k_1 = 1 mA/V^2$

Q_2: $V_T = -1$, $k_2 = 0{,}25\ mA/V^2$

$C_1 = C_2 = +\infty$



Svolgimento

$V_{GS2} = 0 \Rightarrow I_d = 0{,}25 \times 10^{-3} (-1)^2 \Rightarrow I_d = I_{d1} = I_{d2}$

$I_d = 0{,}25$ mAmpere.

$I_{d2} = k_1 (V_{GS1} - V_t)^2 = 0{,}25 \times \cancel{10^{-3}} = 1 \times \cancel{10^{-3}} (V_{GS1}^2 + 1 - 2V_{GS1})$

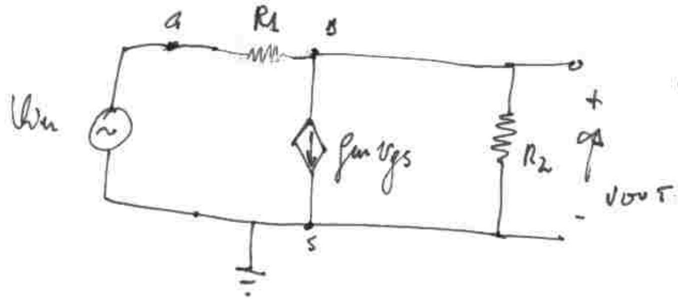
$0{,}25 = V_{GS1}^2 - 2V_{GS1} + 1 \Rightarrow V_{GS1} - 2V_{GS1} + \frac{3}{4} = 0$

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

$V_{GS1} \geq V_t \Rightarrow$ scelgo $V_{GS1} = 3/2 = 1{,}5$ Volts

$g_{m1} = 2K(V_{GS1} - V_t) \underset{\text{calcoli}}{=} 1$

Analisi Dinamica



$V_{gs} \simeq V_{in}$

$V_{OUT} = g_m V_{in} R_2 = 1 \times V_{in} \times 10$

$A_V = \dfrac{V_{OUT}}{V_{in}} = 10$

allora, ci provo

Q2: suppongo in saturazione
Vd = Vdd = 10V
Vgs = 0
Vt = -1 (Vgs >= Vt, OK, la seconda condizione la verifico dopo)
Id = 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 Id=0,25m passa attraverso il mosfet Q1, quindi posso scrivere:
0,25 = k(Vgs - Vt)^2
da cui ricavo due valori per Vgs, 1,5V e 0,5V
con Vgs = 1,5V accettabile perché >= Vt=1V
Vg = 1,5V perché Vs = 0

tornando al secondo mosfet ho che Vg2 = Vs2 = Vg1 (non scorrendo corrente in R1 non c'è caduta di potenziale)
Vgs2 - Vds2 <= Vt2, OK
Vgs1 - Vds1 <= Vt1, OK (Vd1 = Vg1 per lo stesso motivo esposto 2 righe sopra)

quindi alla fine:
gm1 = 1 $= 2K(V_{gs} - V_t) = 2 \cdot 10^{-3}(1,5 - 1) = 2 \cdot 10^{-3}(0,5) = 10^{-3} = m\,A/V$
gm2 = 0,5 $2 \cdot 0,25\,(1) = 0,5\ mA/V$

---
per piccoli segnali:

in Q2, vgs2*gm2 = 0 (perché gate e source sono collegati), quindi è come se non ci fosse

ridisegnando il circuito viene: (non so se si capisce)
Vin in serie con R1 // -vgs1gm1 // RL
(inoltre Vin = vgs1)

ora questo si potrebbe risolvere con il metodo delle maglie con 2 correnti di maglia I1 e I2, e il vincolo
vgs1gm1 = I1 + I2

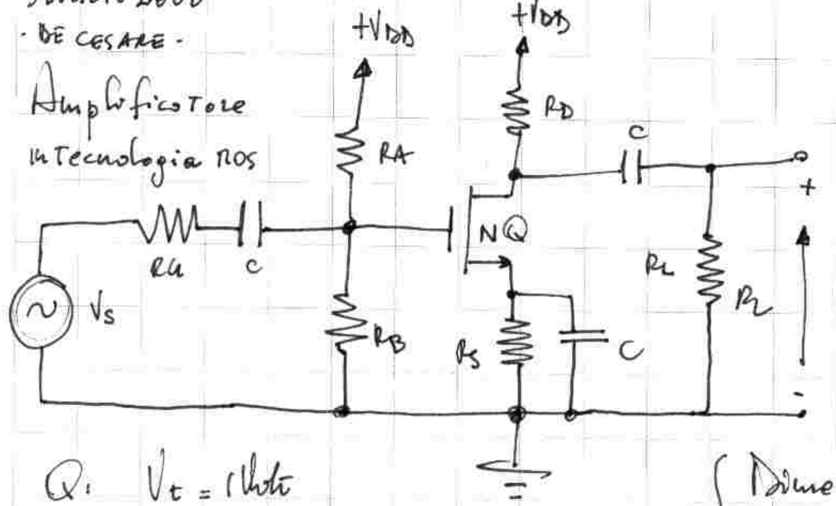
ma visto che R1 >> RL (1G >> 10K) posso assumere che (quasi) tutta la corrente scorre sulla resistenza di carico RL e quindi:
Vout = -gm1*vsg1*RL = -10*Vin

Av = -10

mi pare corretto, dubbi e/o errori?

9 Luglio 2008
- DE CESARE -

Amplificatore in Tecnologia MOS



C = 100

$R_A = 10k\Omega$

$R_B = 10k\Omega$

$R_G = 2,5k\Omega$

$R_L = 6k\Omega$

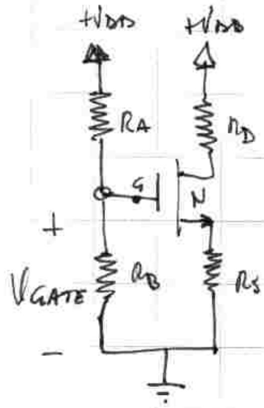
$V_{DD} = 10\,Volt$

Q: $V_t = 1\,Volt$

$K = 0,5\,\frac{mA}{V^2}$

testo esercizio: Dimensionare R_S e R_d per avere una corrente $I_d = 2\,mA$ ed un guadagno di tensione $A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} \left[= \frac{V_{out}}{V_s}\right] = -2$

Analisi STATICA



$$V_{GATE} = \frac{V_{DD}}{R_A+R_B} \times R_B = \frac{10 \times 10\cancel{K}}{(10+10)\cancel{K}} = \frac{10\cancel{0}}{2\cancel{0}}$$

$$V_{GATE} = 5\,Volts$$

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

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

$$2\times10^{-3} = 0,5\times10^{-3}\left(-2\times10^{-3} R_S + 4\right)^2$$

$$\cancel{2\times10^{-3}} = \cancel{0,5\times10^{-3}}\left(\frac{4\times10^{-6}}{2} R_S^2 + \frac{16}{2} - R_S\frac{16\times10^{-3}}{2}\right)$$

$$\cancel{1} = 10^{-6} R_S^2 + \cancel{4}_{3} - 4\times10^{-3} R_S$$

$$\frac{4\times10^{-3} \pm \sqrt{16\times10^{-6} - 4\times10^{-6}\times3}}{2\times10^{-6}}$$

$$\frac{4\times10^{-3} \pm \sqrt{4\times10^{-6}}}{2\times10^{-6}} = \frac{4\times10^{-3} \pm 2\times10^{-3}}{2\times10^{-6}}$$

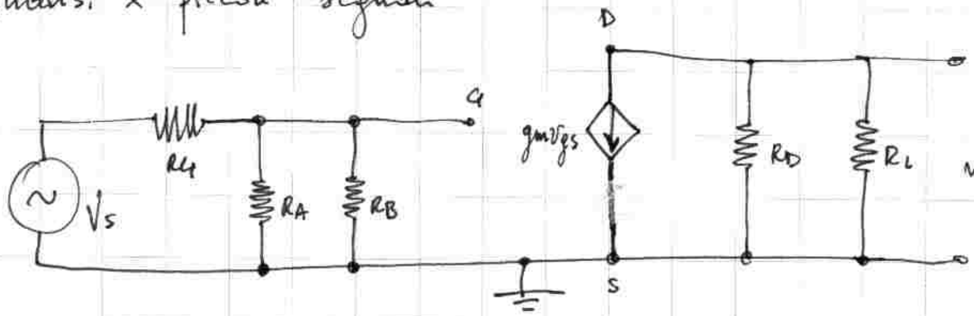
$$R_S = \frac{4 \pm 2}{2 \times 10^{-3}} = \left\{ \frac{4 \pm 2}{2} \right\} \times 10^{3} = \begin{cases} 1 \times 10^{3} = 1\,k\Omega \\ 3 \times 10^{3} = 3\,k\Omega \end{cases}$$

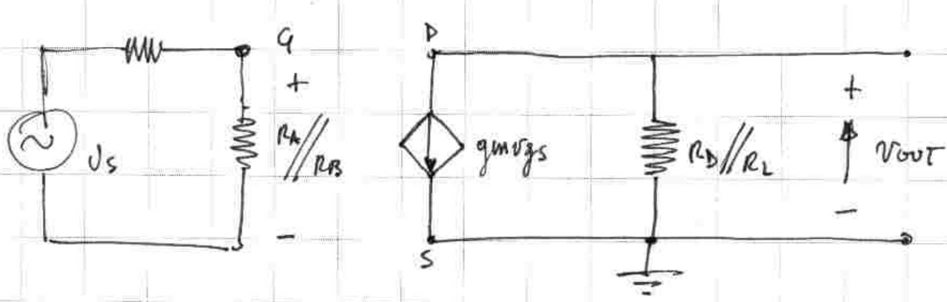
Lo scelgo affinché V_{GS} sia $> V_t$ (=1Volt)

$V_{source} = I_D R_S = 2 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{3} = 2$ Volts

$V_{GS} = 5 - 2 = 3$ Volts (NB $> V_t$)

Analisi x piccoli segnali



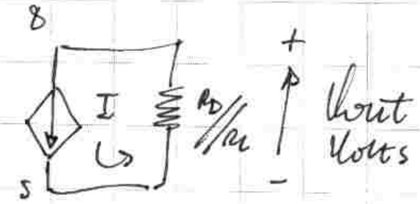


$$\frac{R_a // R_b \; V_s}{(R_a // R_b) + R_g} = 0{,}67 \times V_s = V_{GS}$$

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

$g_m = 2\, mA/V$
calcol.

8



$R_D // R_L = ?$

non conosco la resistenza R_L

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

$$\frac{V_{OUT}}{V_S} = -2$$

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

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

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

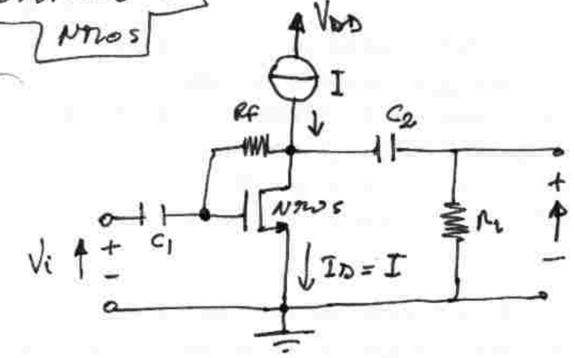
$$1{,}34 \times \cancel{10^{-3}} \times R_D \times 6 \times \cancel{10^{3}} = -2R_D - 12 \times 10^3$$

$$4{,}02\, R_d = R_d + 6$$

$$3{,}02\, R_d = 6$$

$$R_d = \frac{6}{3{,}02} = 1{,}98\ K$$

ESERCIZIO NMOS



SOL: $V_{DS} = 2$ Volts

SOL: $I_D = I$ corrente di DRAIN

SOL: $g_m = 2\,\frac{mA}{V}$

SOL: $A_v \cong -20$

NMOS: $2K = \beta = 2\times10^{-3}\,\frac{A}{V^2}$

$V_T = 1$ Volts

$\lambda = 0$

$\chi = 0$

$R_F = 10\,M\Omega$

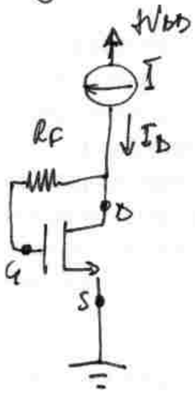
$R_L = 10\,k\Omega$

$I = 1\,mA$

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

Svolgimento

ANALISI STATICA



$$I_D = \frac{\beta}{2}\left(V_{GS} - V_t\right)^2$$

$$I_D = I = 1\,mA = 10^{-3}\left(V_{GS} - \overset{1}{V_t}\right)^2$$

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

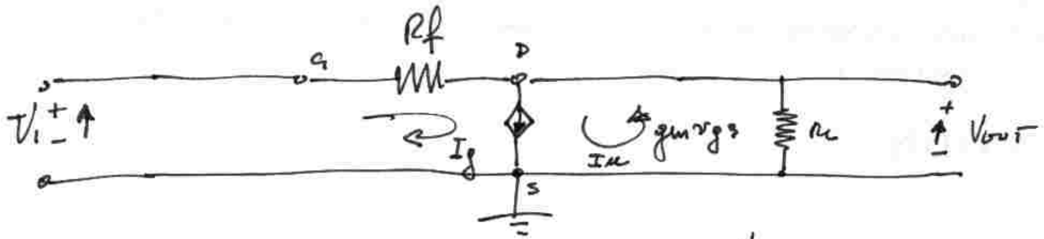
$$\cancel{1\times10^{-3}} = \cancel{10^{-3}} \times \left(V_{DS} - 1\right)^2 \Rightarrow V_{DS} = 2\text{ Volts}$$

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = \frac{1}{2}\beta\, 2\left(V_{GS} - V_t\right) = \beta\left(V_{GS} - V_t\right) =$$

$$= 2\times10^{-3}$$

Analisi per piccoli segnali: pagina seguente ⇒

piccoli segnali



$V_u = I_u \times R_L$

$V_{GATE} = V_i$

$\frac{V_g}{R_F}$

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

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

$I_u = -\frac{V_u}{R_L}$

adati

NOTA

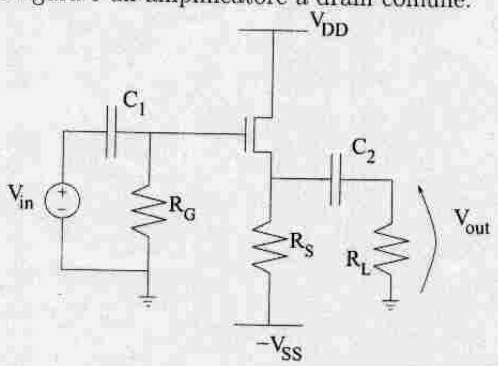
$I_g = g_m V_g - I_u$

$\frac{V_g}{V_u} = 1 + R_f \, g_m \frac{1}{A} + \frac{R_f}{R_L}$

$\frac{1}{A}(1 - R_f g_m) = \frac{R_f}{R_L} + 1$

$\Rightarrow A = \left\{ \frac{1 - R_f g_m}{\frac{R_f}{R_L} + 1} \right\} = -20$

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



Date le seguenti informazioni

- $C_1 \to \infty$, $C_2 \to \infty$
- $R_L = 3$ kΩ, $R_S = 3,6$ kΩ, $R_G = 22$ MΩ
- $V_{SS} = 20$ V, $V_{DD} = 5$ V
- per il MOSFET, $V_t = 1,5$ V, $\beta_n = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 20$ 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 transistore 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 dall carico R_{L}.

La tensione sul gateè 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:

$$V_{\text{GS}} = 0 - (-V_{\text{SS}} + R_{\text{S}}\, I_{\text{D}}) = V_{\text{SS}} - R_{\text{S}}\, I_{\text{D}}$$

Poichè si suppone il MOS polarizzato in regione di saturazione, la corrente I_{D} vale:

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

$$I_{\mathrm{D}} = \frac{1}{2}\beta_n (V_{\mathrm{GS}} - V_{\mathrm{T}})^2$$

Dalle due precedenti relazioni si ottiene:

$$I_{\mathrm{D}} = \frac{1}{2}\beta_n (V_{\mathrm{SS}} - R_{\mathrm{S}}\, I_{\mathrm{D}} - V_{\mathrm{T}})^2$$

Riordinando i termini si ottiene una equazione di secondo grado in I_{D}:

$$R_{\mathrm{S}}^2\, I_{\mathrm{D}}^2 - 2\left[(V_{\mathrm{SS}} - V_{\mathrm{T}}) + \frac{1}{\beta_n}\right] I_{\mathrm{D}} + (V_{\mathrm{SS}} - V_{\mathrm{T}})^2 = 0$$

Dalle due soluzioni si ha:

$$I_{\mathrm{D}} = \begin{cases} 5.3\,\mathrm{mA} \Rightarrow V_{\mathrm{GS}} = 0.77\,\mathrm{V} \quad < V_{\mathrm{T}} & \textbf{non accetabile} \\ 4.9\,\mathrm{mA} \Rightarrow V_{\mathrm{GS}} = 2.2\ \mathrm{V} \quad > V_{\mathrm{T}} & \textbf{accetabile} \end{cases}$$

Infine dall'equazione alla maglia di uscita:

$$V_{\mathrm{DS}} = V_{\mathrm{DD}} + V_{\mathrm{SS}} - R_{\mathrm{S}}\, I_{\mathrm{D}} = 7.2\,\mathrm{V}$$

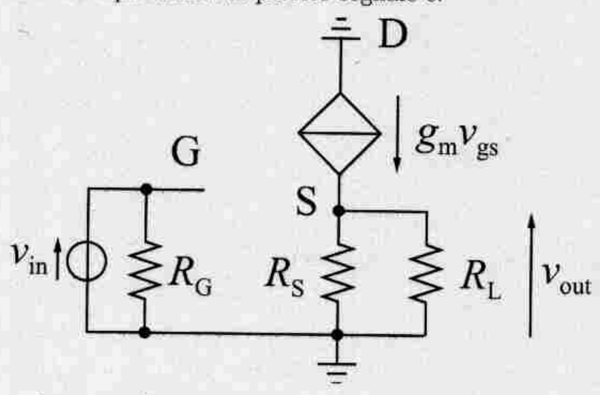
Si osserva che poichè $V_{\mathrm{DS}} > V_{\mathrm{GS}} - V_{\mathrm{T}}$ il MOS è effettivamente polarizzato in regione di saturazione.
La tensione di uscita in continua è:

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

(c) La transconduttanza vale:

$$g_m = \beta_n\, (V_{\mathrm{GS}} - V_{\mathrm{T}}) = 0.014\ \mathrm{S}$$

(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, poiché $\lambda = 0$, il valore della resistenza di uscita del MOS è infinito.

La tensione di uscita si calcola come:

$$v_{\text{out}} = R_{\text{S}}//R_{\text{L}}\, i_{\text{d}} = R_{\text{S}}//R_{\text{L}}\, g_m\, v_{\text{gs}}$$

Osservando inoltre che :

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

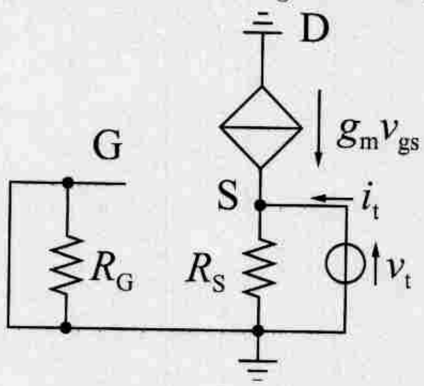
si ha il guadagno dello stadio:

$$A_v = \frac{v_{\text{out}}}{v_{\text{in}}} = \frac{R_{\text{S}}//R_{\text{L}}\, g_m}{R_{\text{S}}//R_{\text{L}}\, g_m + 1} = 0.96 \simeq 1$$

tipico dello stadio a drain comune.
Per il calcolo della resistenza di ingresso si osserva banalmente che:

$$R_{\text{in}} = R_G$$

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:

$$v_{\text{gs}} = -v_{\text{t}}$$

e:

$$v_{\text{t}} = R_{\text{S}}(i_{\text{t}} + g_m\, v_{\text{gs}}) = R_{\text{S}}\, i_{\text{t}} - g_m\, R_{\text{S}}\, v_{\text{t}}$$

e infine:

$$R_{\text{out}} = \frac{v_{\text{t}}}{i_{\text{t}}} = \frac{R_{\text{S}}}{1 + g_m\, R_{\text{S}}} = 70\,\Omega$$

Soluzione

Il transistore funziona in saturazione finché

$$|V_{\mathrm{DS}}| > |V_{\mathrm{GS}} - V_{\mathrm{T}}| \tag{5.6}$$

Dall'osservazione del circuito risulta

$$V_{\mathrm{DS}} = V_{\mathrm{GS}} + R_{\mathrm{D}} I \tag{5.7}$$

che sostituita nella (5.6) fornisce

$$|V_{\mathrm{GS}} + R_{\mathrm{D}} I| > |V_{\mathrm{GS}} - V_{\mathrm{T}}|$$

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

$$R_{\mathrm{D}} I < |V_{\mathrm{T}}|$$

Nel caso in questione

$$R_{\mathrm{D}} I = 3V > |V_{\mathrm{T}}|$$

per cui il transistore è in regione lineare e la corrente I_{D} vale

$$I = I_{\mathrm{D}} = \beta \cdot \left[(|V_{\mathrm{GS}} - V_{\mathrm{T}}|)|V_{\mathrm{DS}}| - \frac{V_{\mathrm{DS}}^2}{2} \right] \tag{5.8}$$

in cui

$$\beta = \mu_{\mathrm{p}} C_{\mathrm{ox}} \frac{W}{L} = 0{,}2 \frac{\mathrm{mA}}{\mathrm{V}^2}$$

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

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

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

Esercizio 5

Si polarizzi l'amplificatore di figura 5.10 in modo da ottenere $I_{\mathrm{D}} = 0{,}2\,\mathrm{mA}$. Si calcoli l'amplificazione di tensione $A_{\mathrm{vs}} = v_{\mathrm{u}}/v_{\mathrm{s}}$, la resistenza di ingresso R_{i} e quella di uscita R_{u}. Si tenga conto della resistenza di uscita del transistore NMOS di valore pari a $r_{\mathrm{o}} = 15\,\mathrm{k\Omega}$. Il condensatore C ha un valore tale da poter essere considerato un corto circuito per il segnale di ingresso.

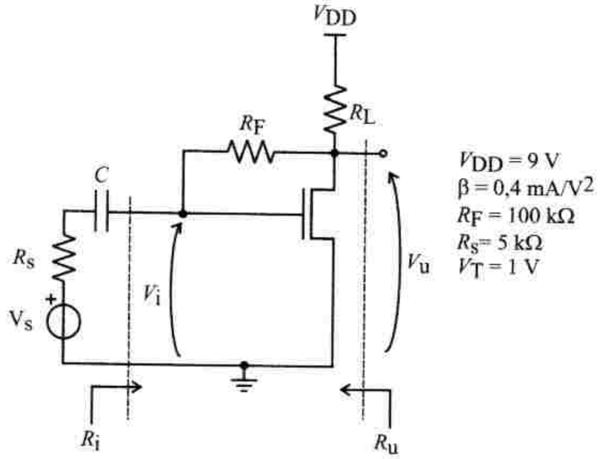


Figura 5.10 Circuito per l'esercizio 5

Soluzione

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

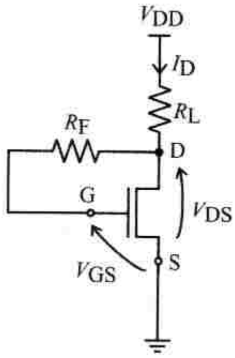


Figura 5.11 Circuito di polarizzazione

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

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

dalla quale si ottiene la tensione V_{GS}

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

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

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

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

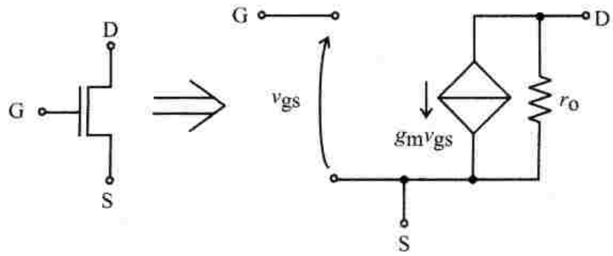


Figura 5.12 Modello di piccolo segnale

$$g_m = \frac{\mathrm{d}I_D}{\mathrm{d}V_{GS}} = \beta(V_{GS} - V_T) = 0{,}4\,\frac{\mathrm{mA}}{\mathrm{V}}$$

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

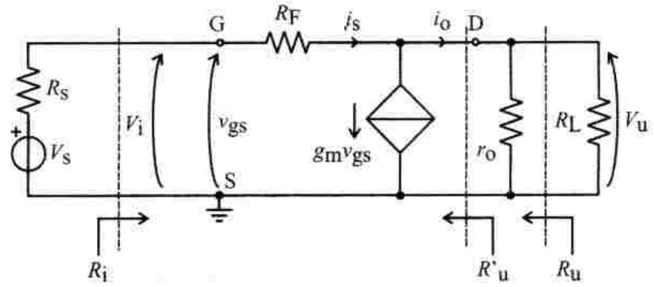


Figura 5.13 Circuito ottenuto spegnendo V_{DD} e cortocircuitando C

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

$$v_u = (r_o \parallel R_L) \cdot i_o \tag{5.9}$$

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

$$i_o = i_s - g_m \cdot v_{gs} \tag{5.10}$$

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

$$i_s = \frac{v_{gs} - v_u}{R_F} \tag{5.11}$$

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

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

La resistenza di ingresso R_i

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

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

$$\begin{aligned} I_t &= g_m \cdot v_{gs} + \frac{v_{gs}}{R_s} \\ V_t &= \frac{v_{gs}}{R_s} \cdot (R_s + R_F) \end{aligned}$$

che combinate forniscono la resistenza R_u'

$$R_u' = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_s + R_F}{1 + g_m \cdot R_s} = 35\,\mathrm{k\Omega}$$

da cui la resistenza di uscita

$$R_u = R_u^{'} \parallel R_L \parallel r_o = 8{,}08\,\mathrm{k\Omega}$$

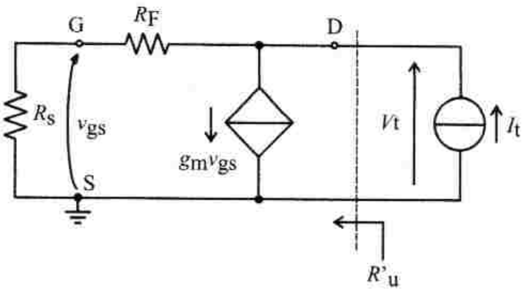


Figura 5.14 Circuito per il calcolo di R_u'

Esercizio 6

Il transistore in figura 5.15 è polarizzato con $I_D = 1\,\mathrm{mA}$ e $g_m = 1\,\mathrm{mA/V}$. 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 $f = 10\,\mathrm{Hz}$.

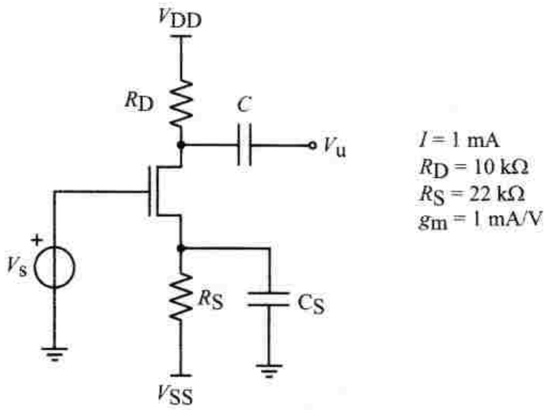
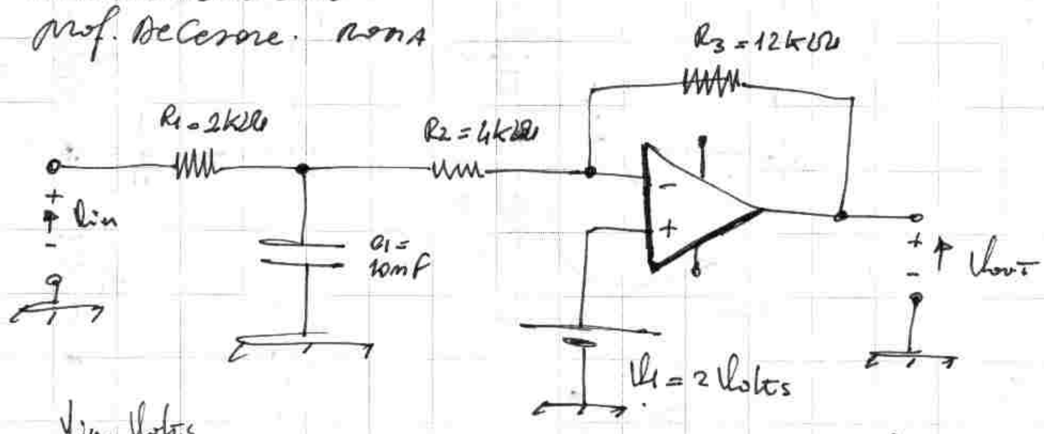


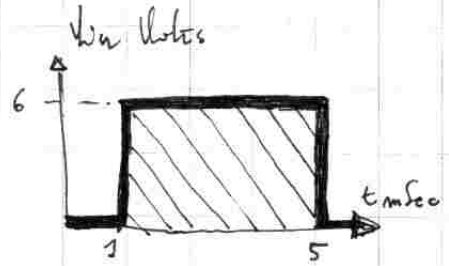
Figura 5.15 Circuito per l'esercizio 6

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 transistore MOS. L'amplificazione di tensione vale

10 Novembre 2010
Prof. DeCesare. Roma

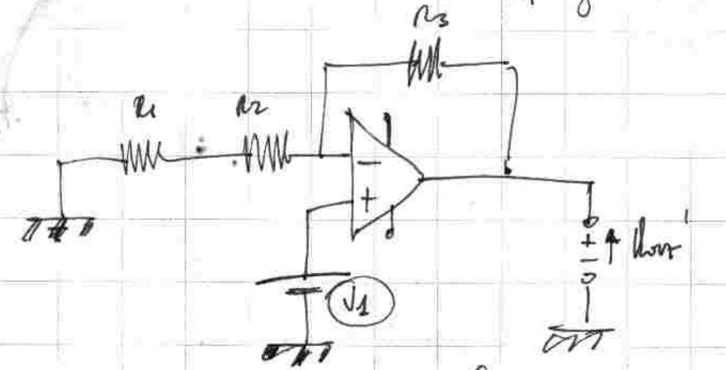


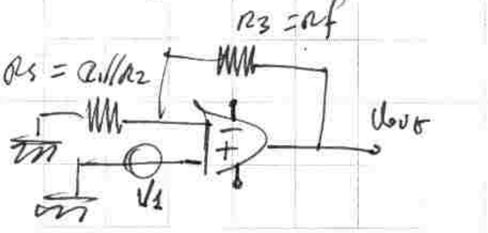


Dato il segnale di ingresso Vin determinare l'andamento temporale della tensione di uscita Vout

Svolgimento

NB applicando il principio di sovrapposizione degli effetti spengo Vin

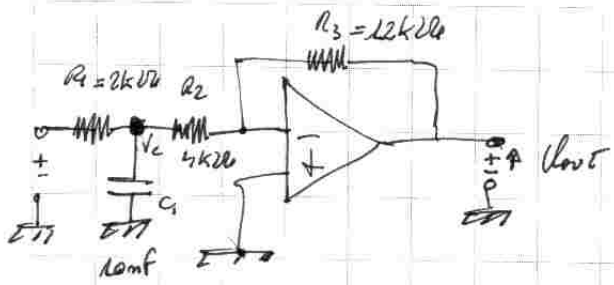




$$V'_{out} = V_1\left(1 + \frac{R_f}{R_s}\right)$$

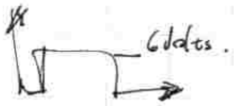
$$V'_{out} = V_1\left(1 + \frac{12}{6}\right)$$

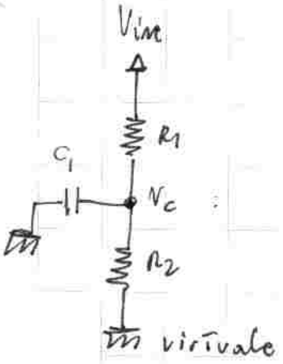
$$V'_{out} = 2 \times 3 = 6 \text{ Volts}$$

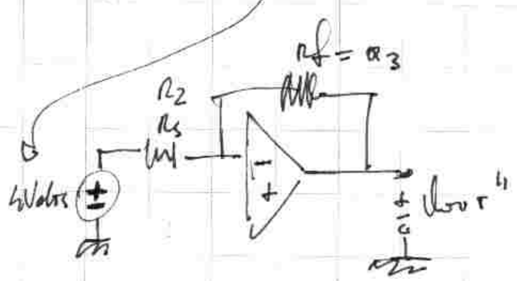


Configurazione invertente

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





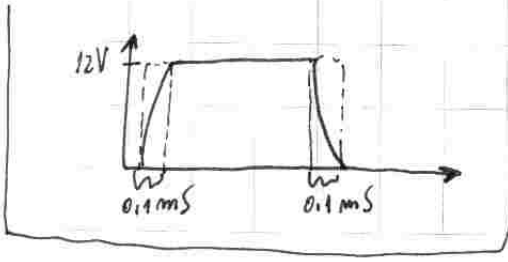


$$V_{out}'' = 4 \text{ Volts} \times \left\{ \frac{R_3}{R_2} \right\} = 4 \times \left(\frac{12}{4} \right) = 4 \times 3 = 12 \text{ Volts}$$

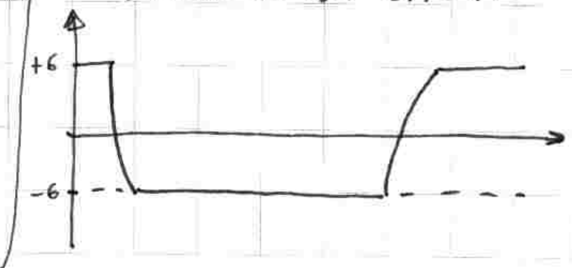
calcolo il transitorio: $5\tau = 5RC = 5 \times (2k \times 10n)$

$$5 \times (2 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-9}) = 5(20 \times 10^{-6}) = (20\,\mu\text{sec.}) \times 5$$

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



SOMMANDO GLI EFFETTI



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

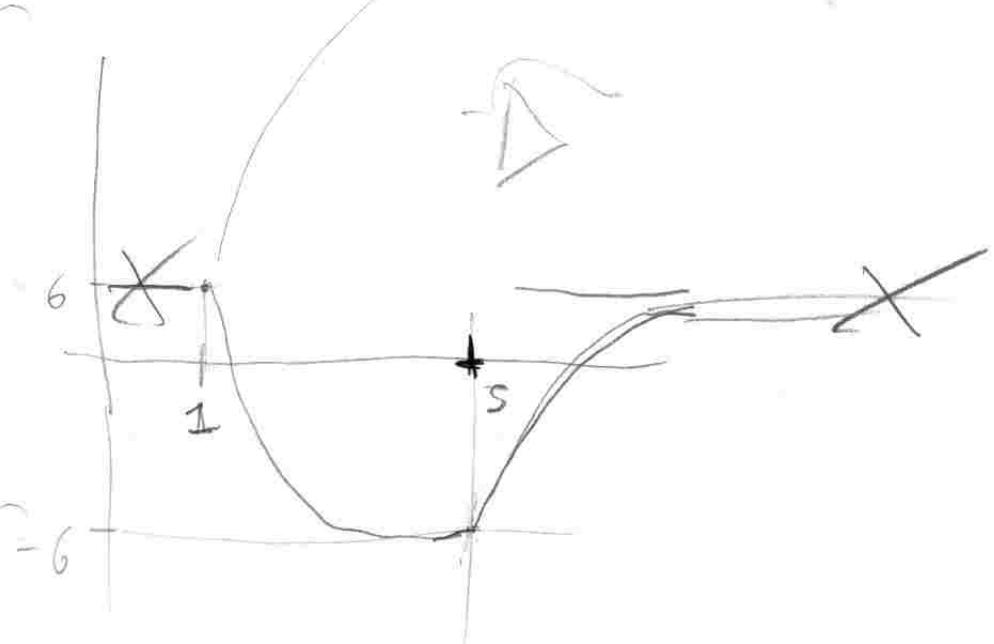
t=1: passa-basso, la tensione su Vc comincia a salire... (e Vout2 comincia a scendere, ingresso invertente)

1<t<5: transitori finiti e la tensione su Vc (che nel frattempo lo si può considerare un circuito aperto) si stabilizza a Vin * R2/(R1+R2) = 4V (partitore di tensione, con il morsetto negativo a 0V per il corto circuito virtuale) e quindi Vout2 = 4 * (-R3/R2) = -12V

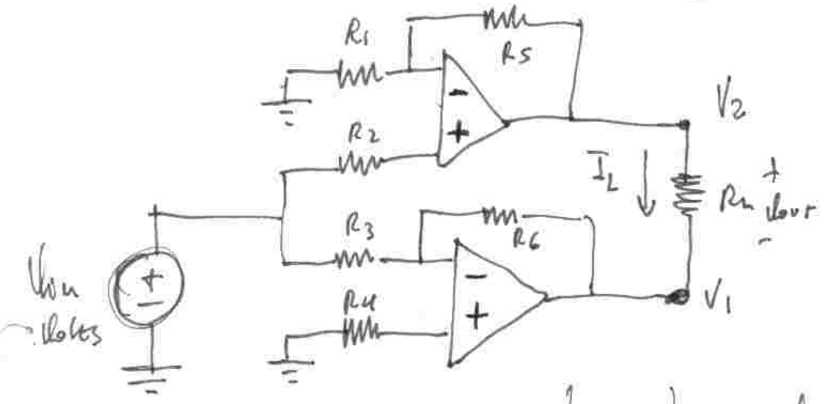
t=5: passa-basso, la tensione su Vc comincia a scendere... (e Vout2 comincia a salire, ingresso invertente)

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 stablizza a 6V



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



$R_1 = 4k\Omega$
$R_2 = 4k\Omega$
$R_3 = 4k\Omega$
$R_4 = 4k\Omega$
$R_5 = 2k\Omega$
$R_6 = 12k\Omega$
$R_L = 6k\Omega$

$V_+ = -V_- = 12$ Volts

NB.

"Configurazione invertente"

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

"configurazione non invertente"

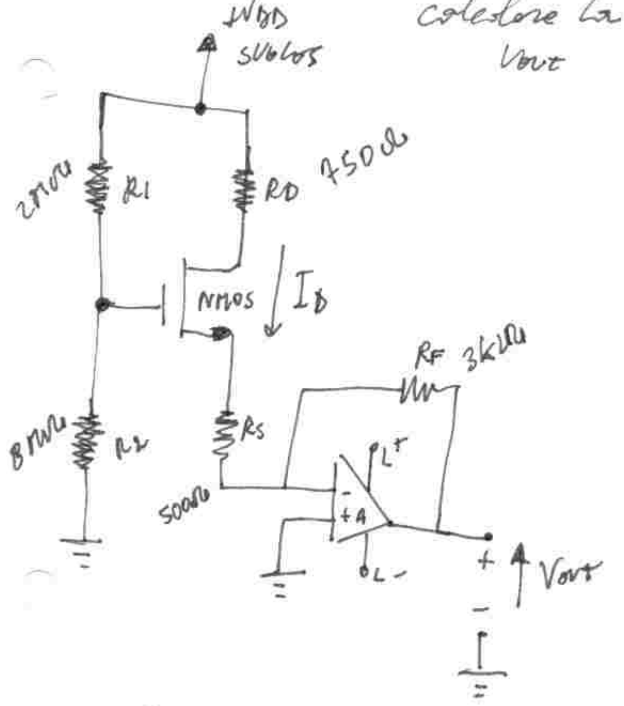
$$V_o = 1 + \frac{R_f}{R_S}(V_{in})$$

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

$$V_2 - (-V_1) = V_2 + V_1 = 9 \text{ Volts}$$

$$\frac{9 \text{ Volts}}{R_L} = \frac{\cancel{9}\,3}{\cancel{6}_2 K} = 1,5 \text{ mA}$$

Calcolare la V_{out}



$V_T = 1 Volt$

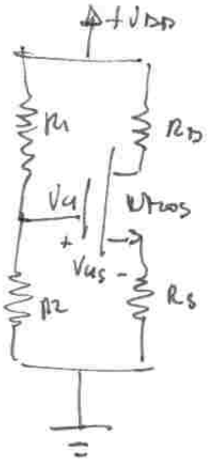
NMOS: $k = 0{,}5 \frac{mA}{V^2}$

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

Alimentazione amplificatore operazionale.

Svolgimento

Analisi teorica



$V_G = \frac{V_{DD} \times R_2}{R_1 + R_2} \xrightarrow{calcolo} \frac{5 \times 8}{10 \times \cancel{10^6}} \cancel{\times 10^6} = \frac{40}{10} = 4 \text{ Volts}$

tensione sul gate

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

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

$V_{DS} = 5 - 1250\, I_D$

$I_D = k (V_G - V_S - V_t)^2$

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

$\frac{V_S}{R_S} = k (V_G - V_S - V_t)^2 \underset{V_S = ?}{\Rightarrow} \frac{V_S}{500} = 0{,}5 \times 10^{-3} \times (-V_S + 3)^2$

$\frac{V_S}{\cancel{500}} = \cancel{0{,}5 \times 10^{-3}} (V_S^2 + 9 - 6 V_S)$

250×10^{-3}

$\cancel{0{,}25}\ 1/4$

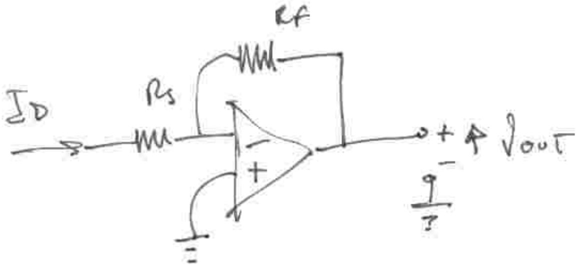
$4 V_S = V_S^2 + 9 - 6 V_S \Rightarrow V_S^2 - 10 V_S + 9 = 0$

$\frac{+10 \pm \sqrt{100 - 4(1)(9)}}{2(1)} = \frac{10 \pm \sqrt{100 - 36}}{2} = \frac{10 \pm 8}{2} = V_{S_{1,2}} = $ 1 Volts / 9 Volts

$V_{GS} = 3$ Volts

$$I_D = k\left(V_G - V_t\right)^2 = 0{,}5 \times 10^{-3} \times 4 = 2\ mA$$

corrente di DRAIN = corrente in entrata all'amplif. operazionale



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

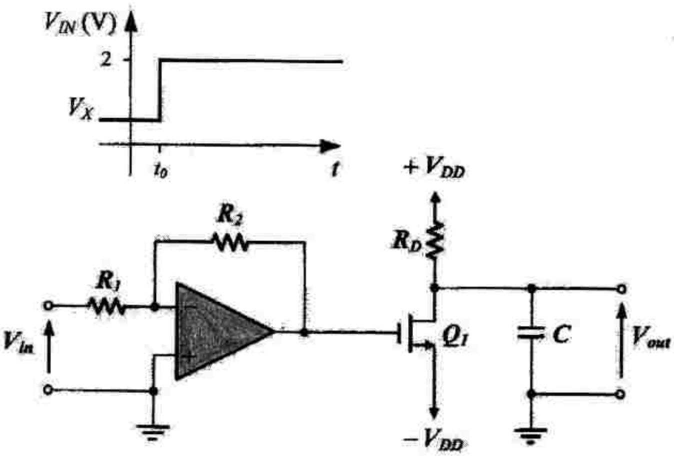
Prof. G. de Cesare
Esame di Elettronica
Ingegneria Informatica
19 aprile 2012

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 $V_{OUT} = 4$ 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/V^2; $\lambda = 0$, $\chi = 0$

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

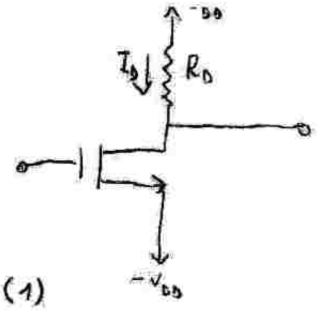
---

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:



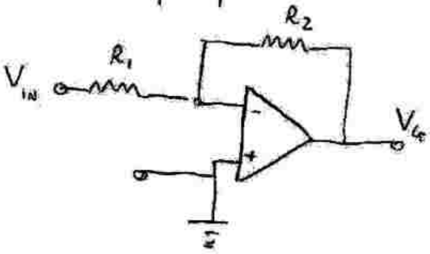
$$I_D = V_{DD}/R_D = \frac{5^V}{5\,k\Omega} = 1\,mA$$

Ipotizzo il mosfet in saturazione:

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

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

- V_G è fissata dall'uscita dell'ampl. op perciò:



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

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

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

Sostituisco in (1) e ottengo:

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

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

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

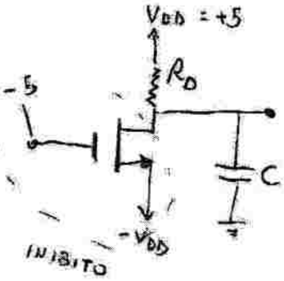
Calcolo: $V_{GS} = 5 - 4 \cdot 1/4 = 4$; $V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D + V_{DD} = 10 - 5 \cdot I_D = 5$

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

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

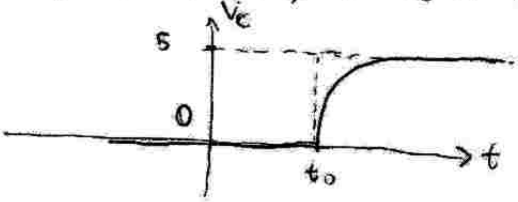
$V_G = -4V_{in} = -8$ ← l'amplificatore però satura a $L_- = -5$ (non può erogare di più). Ciò determina una $V_{GS} = -5 - (-5) = 0$ che di fatto <u>interdice il mosfet</u>! Ciò vuol dire che il condensatore passa da 0 volt (tensione forzata dal mosfet) a +5 Volt (a causa dell'alimentazione V_{DD}).

Facendo uso della formula della tensione sul condensatore, calcoliamo le grandezze richieste



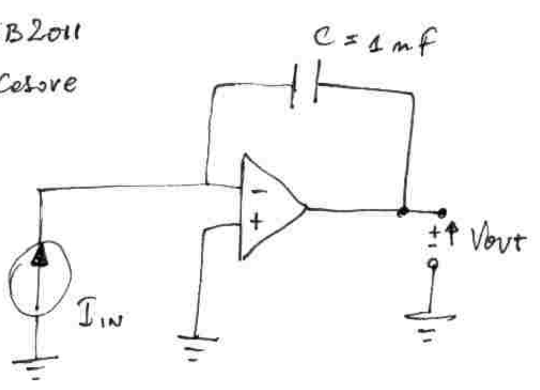
$V(\infty) = 5$; $V_0 = V(t_0) = 0$; $\tau = R_D \cdot C = 10\,\mu s$.

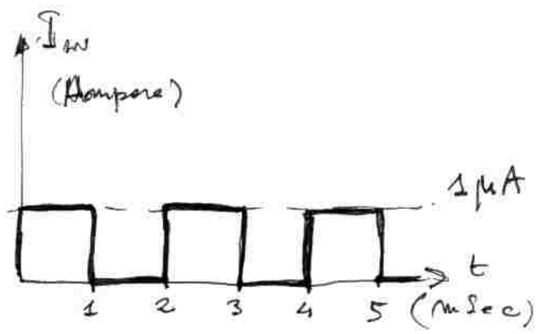
Quindi:



END.

10 FEB 2011
De Cesare





Determinare l'evoluzione temporale della tensione di uscita V_{OUT} e disegnarne il grafico riportando i punti significativi.
Supporre l'amplificatore operazionale ideale con $|L^+| = |L^-| = 5$ Volts e il condensatore scarico per $t < 0$

Svolgimento: NOTA: INTEGRATORE INVERTENTE

per $0 \leq t < 1$

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

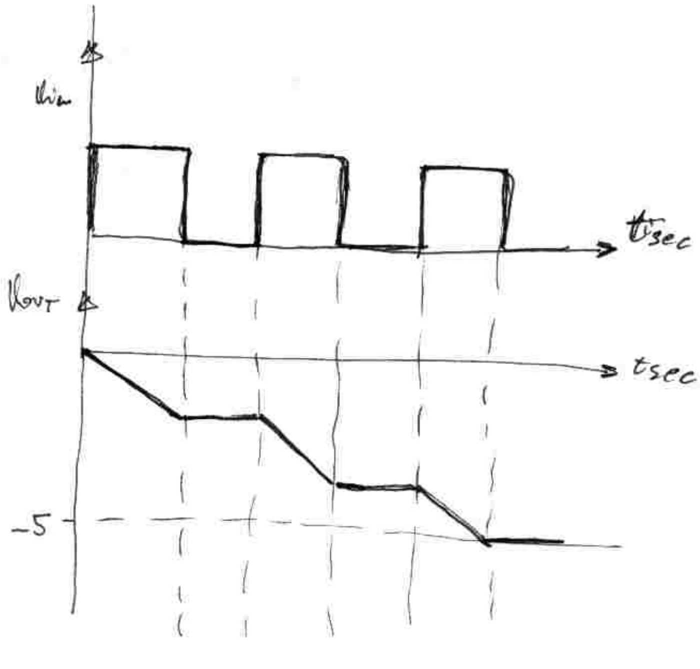
per $1 \leq t < 2$

$V_{OUT} = 0$

per $2 \leq t < 3$

$V_{OUT} = -t$

e così via...



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

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

se t = 10ms, allora viene - (10 * 10^-3) / (2 * 10^-3) = -5 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")
Vout=-1/C integrale In(t) dt= (poichè circuito aperto) = 0

0<=t<1
Vout=-1/C integrale In(t) dt = - t

1<=t<2
Vout=0

2<=t<3
Vout= -t

e così via ....

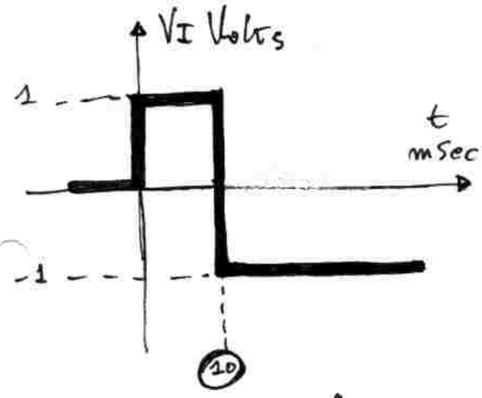
grafico è un'onda triangolare che parte da 0 scende a -1 (fino 1ms) poi sale a 0 (fino a 2 ms) poi scende a -1 (fino a 3 ms) poi sale a 0 (fino a 4 ms) e così via ...

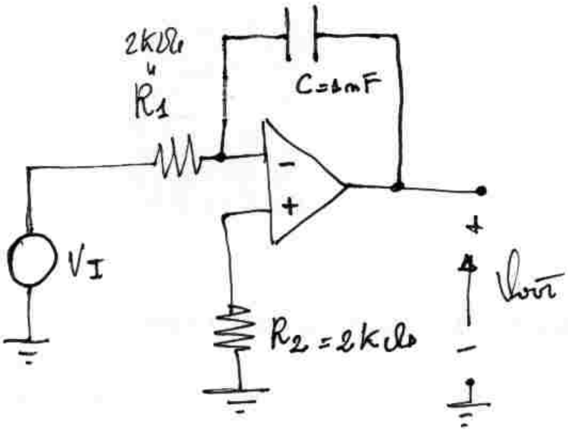
visto che per 1<=t<2 (cioé per i t in cui la corrente = 0) esce Vout=0, significa che la tensione rimane costante nel tempo

quindi il grafico inizia da 0, scende a -1 (fino a 1ms), rimane costante a -1 (fino a 2ms), poi scende a -2 (finoa 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





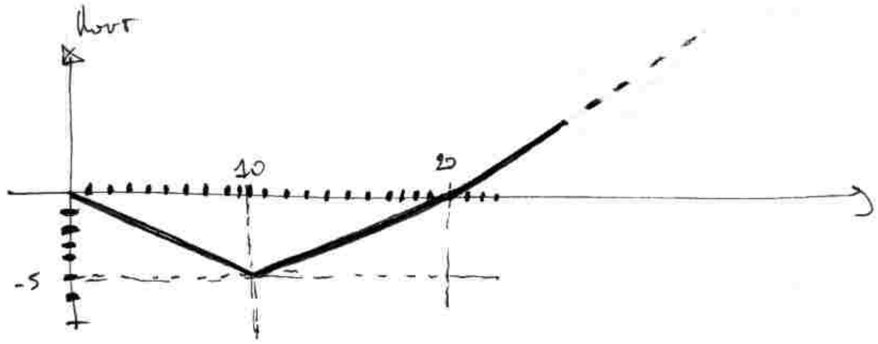
$$V_{out} = -\frac{1}{RC}\int V_I(t)\,dt$$

mSec Vout

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

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

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



07/12/2004

Decesare Rosa $\quad R_1 = ?$ $\quad R_2 = ?$

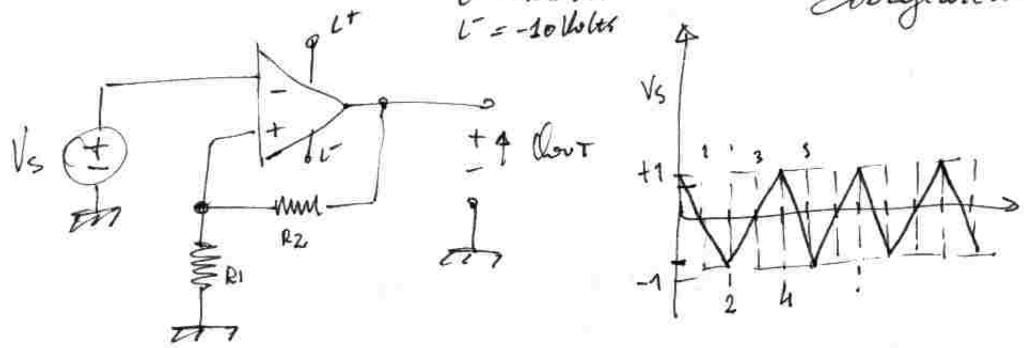
Determinare i valori delle resistenze R_1 ed R_2 tali che il seguente circuito riveli correttamente l'attraversamento dello zero anche in presenza di disturbi di ampiezza massima 100 millivolts.

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

$L^+ = 10$ Volts

$L^- = -10$ Volts

Svolgimento

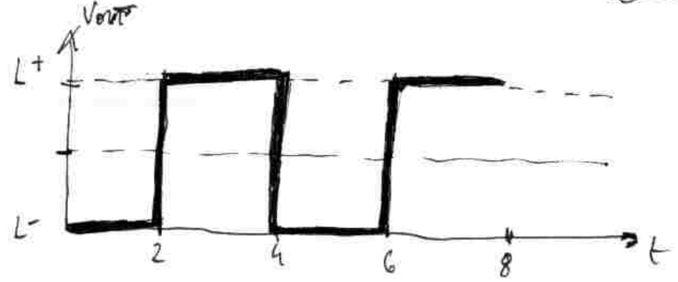


- $\beta L_+ = \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right) L_+$ Soglia Superiore $= V_{TH}$
- $\beta L_- = \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right) L_-$ Soglia Inferiore $= V_{TL}$

$$\beta L_+ - (\beta L_-) = 100 \text{ millivolts} \Rightarrow 2\,\frac{R_1}{R_1+R_2} = 100 \times 10^{-3}\ V$$

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

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



Soglia $V_{TH} = \beta L^+ \cong +9$ Volts

Soglia $V_{TL} = \beta L^- \cong -9$ Volts bistabile invertente, soglie a b*L+ e b*L- con b=R1/(R1+R2)

ti trovi due valori per R1 e R2 affinché bL+ - bL- = 100mV

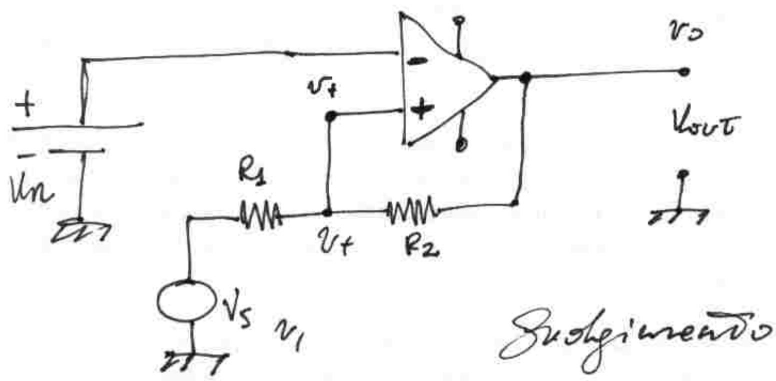
per il grafico, vediamo, parte da +1, quindi inizialmente satura a L-

poi scende fino a bL- per poter riportare la Vout a L+
poi risale fino a bL+ per avere Vout = 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

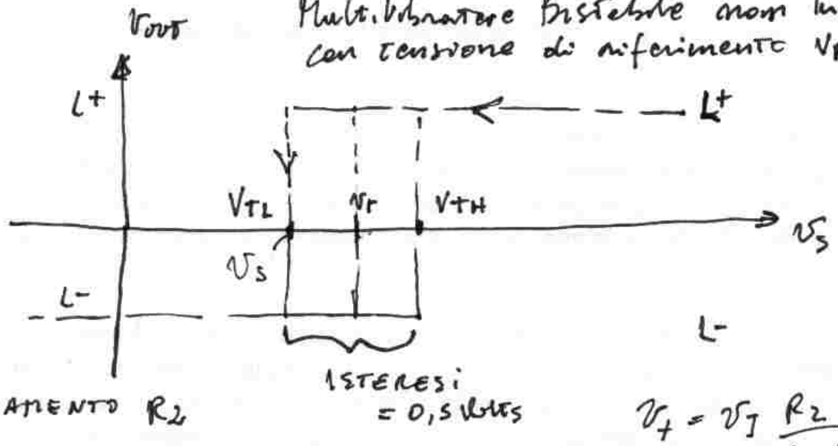
Disegnare inoltre la Transcaratteristica V_{out}/V_S



$$\begin{cases} L^+ = 10 \text{ Volts} \\ L^- = -10 \text{ Volts} \\ R_1 = 1\,k\Omega \\ V_R = 1 \text{ Volts} \end{cases}$$

Svolgimento

Multivibratore Bistabile non Invertente con tensione di riferimento $V_R = 1$ Volts



DIMENSIONAMENTO R_2

$$v_+ = v_I \frac{R_2}{R_1+R_2} + v_O \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

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

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

$$V_R = 1\text{Volts} = V_S\left(\frac{R_2}{1\times10^3+R_2}\right) + 10\left(\frac{1\times10^3}{1\times10^3+R_2}\right)$$

$$\left(1 - \frac{10^3\times10}{10^3+R_2}\right)\frac{10^3+R_2}{R_2} = V_S \Rightarrow \frac{10^3+R_2}{R_2} - \frac{10^4}{R_2} = V_S +$$

$$V_R = 1\text{Volts} = V_S\left(\frac{R_2}{1\times10^3+R_2}\right) - 10\left(\frac{1\times10^3}{1\times10^3+R_2}\right)$$

$$\left(1 + \frac{10^3\times10}{10^3+R_2}\right)\times\frac{10^3+R_2}{R_2} = V_S \Rightarrow \frac{10^3+R_2}{R_2} + \frac{10^4}{R_2} = V_S -$$

$$0,5 = \left(\frac{10^3+R_2-10^4}{R_2}\right) - \left(\frac{10^3+R_2+10^4}{R_2}\right)$$

$$0,5 = \frac{R_2 - 9\times10^3 - (11\times10^3+R_2)}{R_2}$$

$$\frac{R_2}{2} = \cancel{R_2} - 9\times10^3 - 11\times10^3 - \cancel{R_2}$$

$$\frac{R_2}{2} = -20\times10^3$$

$$R_2 = -40\times10^{+3}$$

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+ = Vs * R2/(R1+R2) + Vout * R1/(R1+R2)

se Vout = L+ = 10V (cioé arriva dalla saturazione positiva):
V- = V+
1 = Vs * R2/(1+R2) + L+ * 1/(1+R2)
...
Vs = 1 - 9/R2

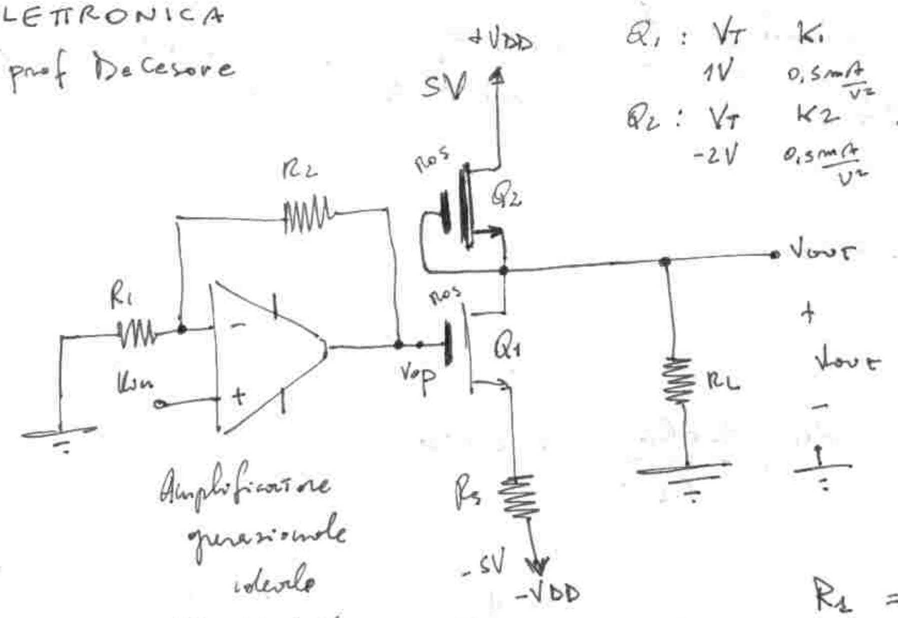
se Vout = L- = -10V:
V- = V+
1 = Vs * R2/(1+R2) + L- * 1/(1+R2)
...
Vs = 1 + 11/R2

l'isteresi è data dalla differenza dei due valori che assume l'ingresso (Vs) per portare l'uscita da L+ a L- e da L- a L+:
0,5 = (1 + 11/R2) - (1 - 9/R2) = 20/R2
R2 = 40

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

24 GIUGNO 2011 ROMA

ELETTRONICA
prof De Cesare



Amplificatore operazionale ideale

$L^+ = L^- = 10V$

	V_T	K	λ	χ	
Q_1:	1V	$0{,}5\frac{mA}{V^2}$	0	0	$c_{gs} = c_{gd}$ trasc
Q_2:	−2V	$0{,}5\frac{mA}{V^2}$	0	0	$c_{gs} = c_{gd}$ trasc

$R_1 = 2k\Omega$
$R_2 = 10k\Omega$
$R_L = 15\,k\Omega$

ⓐ Con tensione in ingresso nulla $v_{in} = 0V$ 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

ⓑ 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

Q_2: $V_{u_2} = 0$, $V_{g_2} = 0$ $\Rightarrow I_D = (V_{gs} - V_t)^2 K = K \times 4 = 2\,mA$

Q_1: $I_{D1} = 2 \times 10^{-3} A = K(V_{gs} - V_t)^2 = 0{,}5 \times 10^{-3} \frac{A}{V^2} (-V_s - 1)^2$

$2 = \frac{1}{2}(-V_s - 1)^2 \Rightarrow$ QUADRATO $V_s \to V_{gs}$ $\Rightarrow$ $V_s = +1$ Volt, $V_s = -3$ Volts

considerando che $V_{gs} > V_t \Rightarrow V_{gs} = 3$ Volts numericamente

$$R_s = \frac{-3-(-V_{dd})}{I_d} = \frac{-3+5}{2\times10^{-3}}\,\frac{V}{A} = \frac{2}{2}\times10^{3}\ \Omega$$

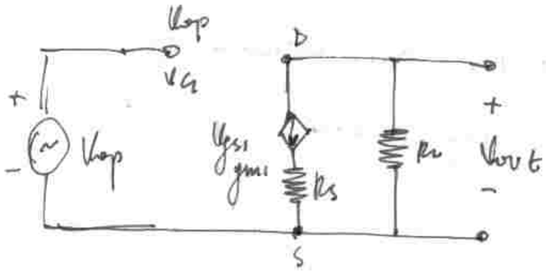
$R_s = 1$ Kohm

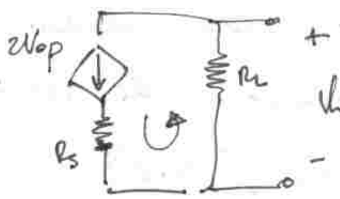
(b) $V_{op} = V_{in}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) = 6\,V_{in}$

calcolo dei parametri di TRANSCONDUTTANZA.

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

$\boxed{\text{Analisi Dinamica.}}$





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

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

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

$$V_s = 4\,V_{in}$$

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

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

24/06/2011

a) se sai che Id=2mA puoi usare Id = k(Vgs-Vt)^2 per calcolarti Vs1

...

~~Vs1 = 1 --- Vgs1 = -1~~ non va bene

Vs1 = -3 --- Vgs1 = 3 > Vt -OK-

Rs = (Vs1 - (-Vdd)) / Id = (-3 + 5) / 2 = 1 kohm

b) uscita dell'operazionale Vop = Vin* (1+R2/R1) = 6*Vin

per piccoli segnali:

gm2 = 2k(Vgs-Vt) = 2*1/2*(0-(-2)) = 2

gm1 = 2k(Vgs-Vt) = 2*1/2*(3-1) = 2

per Q2, gm2*vgs2 = 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:

Vs = Rs * (Vgs * gm) = Rs*gm*(Vg - Vs) = 1*2*(6*Vin - Vs)

Vs = 12*Vin - 2Vs

3*Vs = 12*Vin

Vs = 4*Vin

quindi alla fine:

Vout = - (Vg - Vs) * gm * RL = - (6*Vin - 4*Vin) * 2 * 15 = -60*Vin

Av = -60

a)

$$I_D = k(V_{gs}-V_T)^2 = k(0--2)^2 = 0.5\cdot10^{-3}(4) = 2\,mA.$$

$$I_{D_1} = k(V_{gs}-V_T)^2 \Rightarrow 2\cdot\cancel{10^{-3}} = k_1(0-V_s-1)^2 = \frac{1}{2}\cdot\cancel{10^{-3}}(V_s+1)^2$$

$$4=(V_s+1)^2 \Rightarrow V_s+1=\pm 2 \quad \boxed{V_s = 1,\ -3} \quad V_{gs1} = V_g - V_{s1} = 0-(-3) = 3 > 1$$

V_T

-2

$\boxed{R_S = 1\,K ohm}$