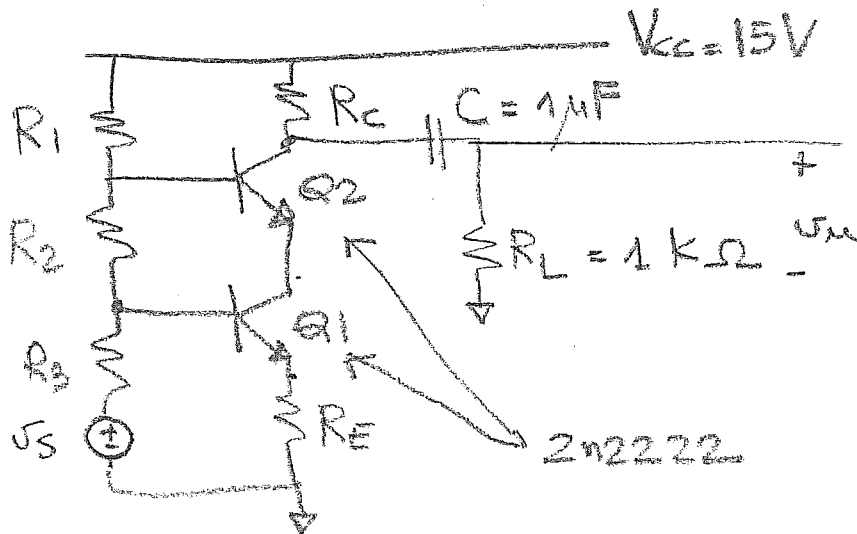


Prova scritta di Elettronica - Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni

30 giugno 2010

1. Si consideri un amplificatore di tensione con $A_{v0}=10^4$, $f_p=100$ Hz, $R_{in} = 1$ M Ω , $R_{out} = 1000$ Ω . Si reazioni l'amplificatore in modo da ottenere una resistenza di ingresso di 5 M Ω , una resistenza di uscita maggiore di 50 K Ω . Si supponga che il carico sia una resistenza $R_L = 5$ K Ω . Si calcoli il limite di banda ottenuto (punteggio 5/30).
2. Supponiamo che fino all'istante $t=0^-$ un inverter CMOS abbia l'ingresso alto ($V_{DD} = 5$ V) e l'uscita bassa (0 V). Il carico del CMOS sia una capacita' di valore 1 nF. All'istante $t=0$ l'ingresso dell'inverter diventa zero. Calcolare dopo quanto tempo la tensione di uscita dell'inverter raggiunge $V_{DD}/2 = 2.5$ V.
Sia $V_{tn} = -V_{tp} = 2$ V; $K_n=K_p=2$ mA/V². [Si supponga che la caratteristica di un pMOSFET in zona di saturazione sia $I_D=K_p(V_{GS}-V_{Tp})^2/2$, e in zona triodo si possa scrivere $I_D=K_p(V_{GS}-V_{Tp})V_{DS}$]. (punteggio 5/30)
3. Con riferimento al circuito in basso, calcolare:
 - il valore di R_1, R_2, R_3, R_E, R_C in modo da avere una corrente nel partitore di 0.1 mA, e come punti di riposo dei transistori $I_C = 1$ mA, $V_{CE} = 5$ V. Vogliamo inoltre avere la base di Q1 a 1V. Si calcolino anche i parametri di piccolo segnale del transistore. (punteggio 7/30).
 - La funzione di trasferimento a centro banda (punteggio 6/30).
 - il limite inferiore di banda (punteggio 5/30).



4. consegna esercizi con spice (3 punti)

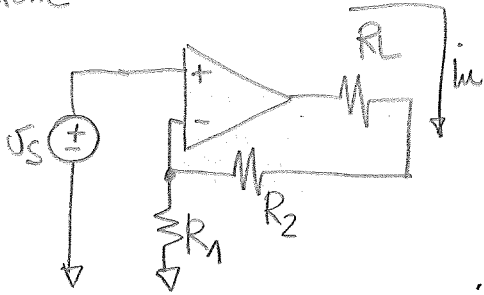
1) $A_{vo} = 10^4$

$f_p = 100 \text{ Hz}$

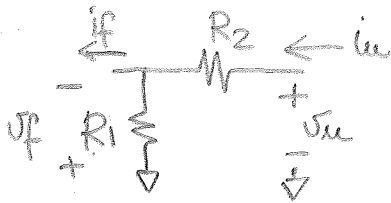
$R_{in} = 1 \text{ M}\Omega \rightarrow R_{IF} = 5 \text{ M}\Omega$

$R_{out} = 1000 \Omega \rightarrow R_{OF} > 50 \text{ K}\Omega$

È necessaria una reazione con prelievo di corrente e inserzione di tensione



rete del β

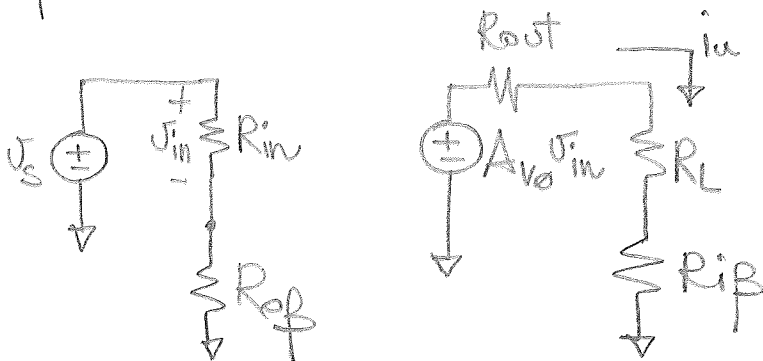


$V_f = \beta i_u + R_o \beta i_f$

$V_u = R_i \beta i_u + K i_f$

$\beta = \left. \frac{V_f}{i_u} \right|_{i_f=0} = -R_1$; $R_o \beta = \left. \frac{V_f}{i_f} \right|_{i_u=0} = R_1$; $R_i \beta = \left. \frac{V_u}{i_u} \right|_{i_f=0} = R_1 + R_2$

rete per A_e



$V_{in} = V_s \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{o\beta}}$

$i_u = \frac{A_{vo} V_{in}}{R_{out} + R_L + R_i \beta}$

$A_e = \frac{i_u}{V_s} = A_{vo} \frac{1}{R_{out} + R_L + R_i \beta} \cdot \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{o\beta}}$

$$R_{IF} = (R_{in} + R_{of}) (1 - \beta A_e) =$$

$$= \left(\underset{\substack{\uparrow \\ 1M\Omega}}{R_{in} + R_1} \right) \left(1 + \frac{R_1 A_{vo} \overset{10^4}{\leftarrow}}{R_{out} + R_L + R_1 + R_2} \cdot \frac{R_{in}}{R_{in} + R_1} \right) = 5M\Omega$$

\uparrow \uparrow \uparrow
 $1K\Omega$ $5K\Omega$

$$R_{OF} = (R_{out} + R_{if}) (1 - \beta A_e|_{R_L=0}) =$$

$$= \left(\underset{\substack{\uparrow \\ 1K\Omega}}{R_{out} + R_1 + R_2} \right) \left(1 + \frac{R_1 A_{vo}}{R_{out} + R_1 + R_2} \cdot \frac{R_{in}}{R_{in} + R_1} \right) > 50K\Omega$$

se si sceglie $R_1 = 10K\Omega$ e $1 - \beta A_e = 5$ e' senz'altro soddisfatta la prima condizione e anche la seconda perche

$$1 - \beta A_e|_{R_L=0} > 1 - \beta A_e$$

$$\frac{R_1}{R_{out} + R_L + R_1 + R_2} A_{vo} \frac{R_{in}}{R_{in} + R_1} = 4 \rightarrow$$

$$R_2 = \frac{R_1 A_{vo}}{4} \frac{R_{in}}{R_{in} + R_1} - R_1 - R_L - R_{out} = 24.74M\Omega$$

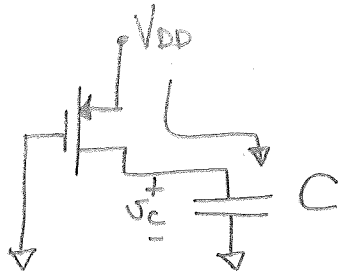
$$R_{IF} = 5.05M\Omega$$

$$R_{OF} = 123.7M\Omega$$

$$f_H = 500Hz$$

2) la Capacità si carica solo attraverso il PMOS

3



$$V_c(0) = 0 \quad V_{DS}(0) = -V_{DD} = -5V ; V_{GS}(0^+) = -5V \leftarrow \text{PMOS in sat.}$$

$$I_D = \frac{k_p}{2} (V_{GS} - V_{tp})^2 = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} (5 - 2)^2 = 9 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

il PMOS rimane in saturazione fin quando

$$V_{DS} < V_{GS} - V_{tp} \rightarrow V_{DS} < -3V$$

$$\text{cioè fino a } t = t^* = \frac{C \Delta V_{DS}}{I_D} = \frac{10^{-9} \cdot 2}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,22 \mu\text{s}$$

successivamente la carica è esponenziale, perché il PMOS è in zona triodo e si comporta come una resistenza di valore

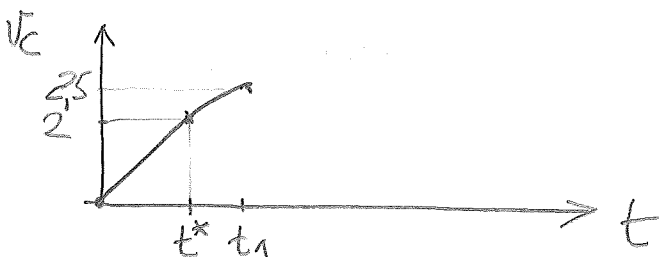
$$R = \frac{1}{|k_p (V_{GS} - V_{tp})|} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 3} = 166,7 \Omega$$

$$\tau = RC = 166,7 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

$$\text{per } t \geq t^* \quad v_c(t) = [V_{DD} + v_c(t^*)] e^{-\frac{(t-t^*)}{RC}} + V_{DD}$$

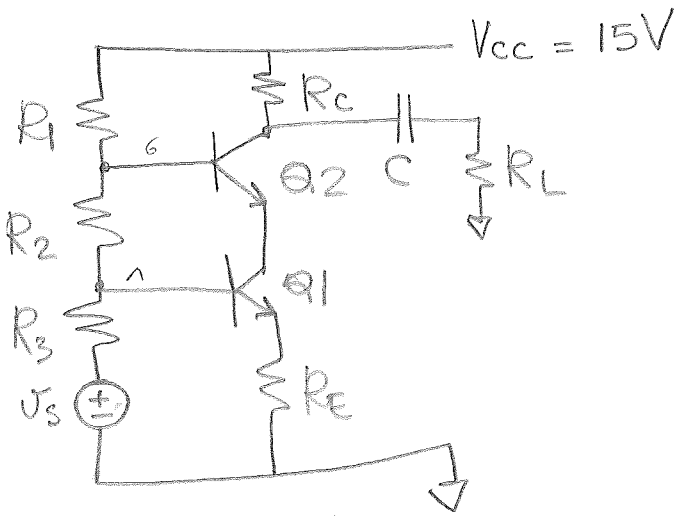
$$\text{se per } t_1 \quad v_c(t_1) = V_{DD}/2$$

$$t_1 = t^* + RC \ln \frac{35}{2,5} = 0,22 \cdot 10^{-6} + 1,667 \cdot 10^{-7} \cdot 0,182 = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$



3)

4



$$V_{B1} = 1V$$

$$V_{E1} = V_{B1} - V_{BE_{ON}} = 0.4V$$

$$R_E = \frac{V_{E1}}{I_{E1}} = 0.4 K\Omega$$

$$V_{C1} = V_{E1} + V_{CE} = 5.4V = V_{E2}$$

$$V_{B2} = V_{E2} + V_{BE_{ON}} = 6V$$

$$V_{C2} = V_{E2} + V_{CE} = 10.4V$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{C2}}{I_{C2}} = \frac{15 - 10.4}{10^{-3}} = 4.6 K\Omega$$

$$R_3 = \frac{V_{B1}}{I_p} = \frac{1}{0.1 \cdot 10^{-3}} = 10 K\Omega$$

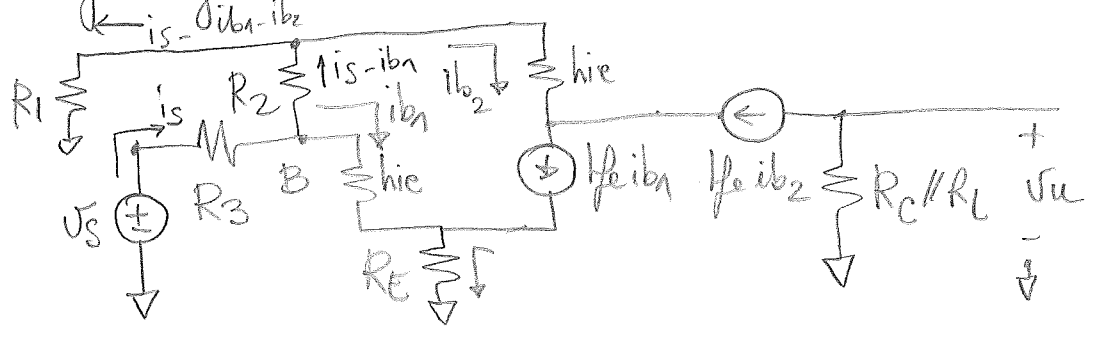
$$R_2 = \frac{V_{B2} - V_{B1}}{I_p} = 50 K\Omega$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{B2}}{I_p} = 90 K\Omega$$

$h_{ie} = 5K\Omega$; $h_{oe} = 50K\Omega$; $\beta_e = 175$

$h_{oe} \gg R_C, R_E$
si può trascurare

quadro a circuiti banda



$$V_u = -(R_c // R_L) h_{fe} i_{b2}$$

$$(h_{fe} + 1) i_{b2} = h_{fe} i_{b1} \rightarrow i_{b1} = \frac{h_{fe} + 1}{h_{fe}} i_{b2}$$

$$\begin{cases} V_S = R_3 i_S + R_2 (i_S - i_{b1}) + R_1 (i_S - i_{b1} - i_{b2}) \\ V_S = R_3 i_S + [h_{ie} + R_E (h_{fe} + 1)] i_{b1} \end{cases}$$

dalla 2^a ricavo i_S e sostituisco nella 1^a

$$i_S = \frac{V_S - [h_{ie} + R_E (h_{fe} + 1)] i_{b1}}{R_3}$$

$$V_S = \frac{(R_3 + R_2 + R_1)}{R_3} \left[V_S - i_{b1} (h_{ie} + R_E (h_{fe} + 1)) \right] - \left(R_2 + R_1 + \frac{R_1 h_{fe}}{h_{fe} + 1} \right) i_{b1}$$

$$V_S = \frac{R_3}{R_1 + R_2} i_{b1} \left[h_{ie} + R_E (h_{fe} + 1) + R_2 + R_1 + \frac{R_1 h_{fe}}{h_{fe} + 1} \right] = R^* i_{b1}$$

$$= \frac{10}{140} \left[5000 + 400 \cdot 176 + 50000 + 90000 \cdot 2 \right] i_{b1} = 21814 i_{b1}$$

$$V_u = - \frac{(R_c // R_L) h_{fe}^2}{h_{fe} + 1} \frac{V_S}{R^*} = -6.55 V_S$$

$$\uparrow \quad \quad \quad \uparrow$$

$$821 \quad \quad \quad A_{CB}$$

$$R_{VC} = R_C + R_L = 5600 \Omega$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_{VC} C} = 28 \text{ Hz}$$