

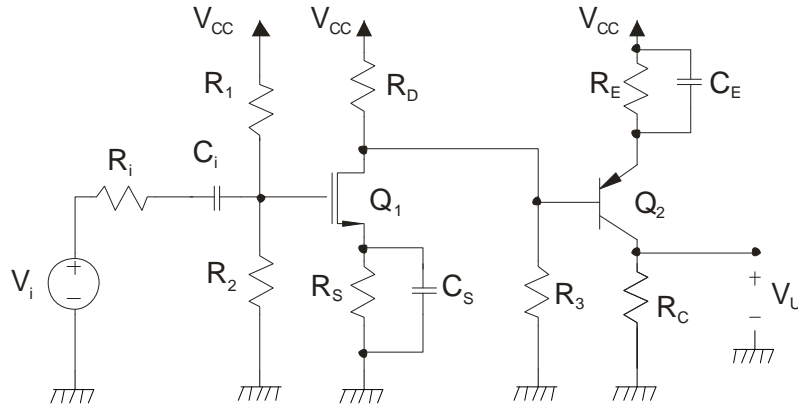
ELETTRONICA DIGITALE

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 05 giugno 2012

Esercizio A

$R_i = 900 \, \Omega$
 $R_1 + R_2 = 15 \, \text{k}\Omega$
 $R_D = 1020 \, \Omega$
 $R_S = 1 \, \text{k}\Omega$
 $R_3 = 3.3 \, \text{k}\Omega$
 $R_E = 2.2 \, \text{k}\Omega$
 $R_C = 2.8 \, \text{k}\Omega$
 $C_i = 3.8 \, \text{nF}$
 $C_S = 2.4 \, \mu\text{F}$
 $C_E = 12 \, \mu\text{F}$
 $V_{CC} = 15 \, \text{V}$



Q_1 è un transistor MOS a canale n resistivo, con la corrente di drain in saturazione data da $I_{DS} = k(V_{GS} - V_T)^2$ con $k = 0.5 \, \text{mA/V}^2$ e $V_T = 1 \, \text{V}$. Q_2 è un transistor BJT BC179A resistivo con $h_{re} = h_{oe} = 0$; per gli altri parametri forniti dal costruttore si utilizzino i valori tipici o, in loro assenza, i valori massimi.

Con riferimento all'amplificatore in figura:

- 1) Calcolare il valore delle resistenze R_1 e R_2 in modo che, in condizioni di riposo, $V_U = 5.6 \, \text{V}$; si ipotizzi di trascurare la corrente di base di Q_2 rispetto alla corrente che scorre nella resistenza R_3 . Determinare, inoltre il punto di riposo dei due transistor e verificare la saturazione di Q_1 . (R: $R_1 = 10 \, \text{k}\Omega$; $R_2 = 5 \, \text{k}\Omega$;)
- 2) Determinare il guadagno V_U/V_i alle frequenze per le quali C_i , C_S e C_E possono essere considerati dei corto circuiti. (R: $V_U/V_i = 256.75$)
- 3) **(Solo per 12 CFU)** Determinare la funzione di trasferimento V_U/V_i e tracciarne il diagramma di Bode quotato asintotico del modulo. (R: $f_{zi} = 0 \, \text{Hz}$; $f_{pi} = 9893.59 \, \text{Hz}$; $f_{zs} = 66.32 \, \text{Hz}$; $f_{ps} = 198.94 \, \text{Hz}$; $f_{ze} = 6.03 \, \text{Hz}$; $f_{pe} = 1000.99 \, \text{Hz}$)

Esercizio B

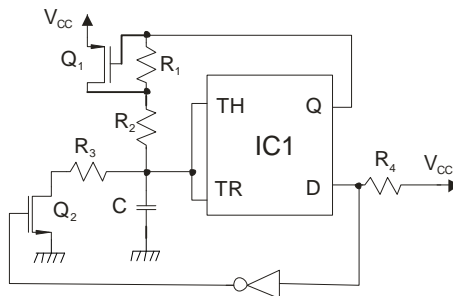
Progettare una porta logica in tecnologia CMOS, utilizzando la tecnica della pull-up network e della pull-down network, che implementi la funzione logica:

$$Y = (\overline{A + B}) \cdot (\overline{C} + B + D) + \overline{A} \cdot (\overline{B}C + BD + \overline{C})$$

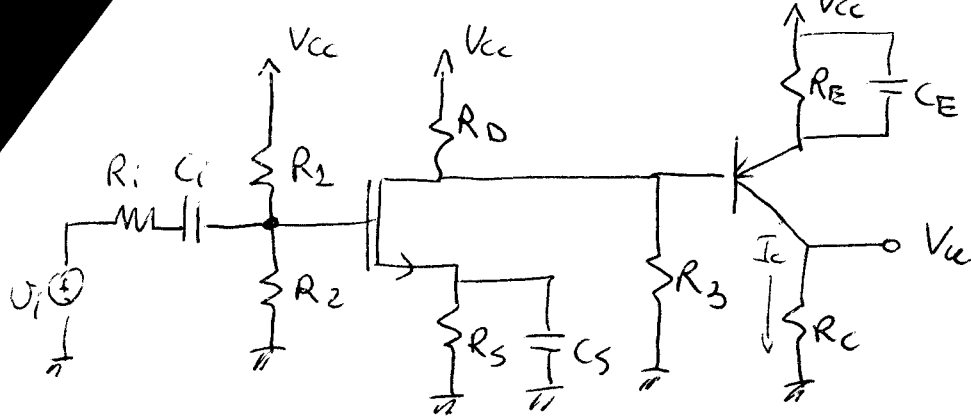
con in totale, non più di 10 transistori e disegnarne lo schema completo. Dimensionare inoltre il rapporto (W/L) di tutti i 10 transistori, assumendo, per l'inverter di base, W/L pari a 2 per il MOS a canale n e pari a 5 per quello a canale p . Si specifichino i dettagli della procedura di dimensionamento dei transistori.

Esercizio C

$R_1 = 1 \, \text{k}\Omega$
 $R_2 = 4 \, \text{k}\Omega$
 $R_3 = 1 \, \text{k}\Omega$
 $R_4 = 1 \, \text{k}\Omega$
 $C = 1 \, \mu\text{F}$
 $V_{CC} = 5 \, \text{V}$



Il circuito IC_1 è un NE555 alimentato a $V_{CC} = 5 \, \text{V}$, Q_1 e Q_2 hanno una $R_{on} = 0$ e $|V_T| = 1 \, \text{V}$ e l'inverter è ideale. Determinare la frequenza del segnale di uscita del multivibratore in figura. (R: $f = 223.8 \, \text{Hz}$)



$$R_E = 2.2K$$

$$R_C = 2.8K$$

$$V_{CC} = 15V$$

$$V_{CC} = 15$$

$$R_3 = 3.3K$$

$$R_D = 1020\Omega$$

$$R_S = 1K\Omega$$

$$K = 0.5 \frac{mA}{V^2}$$

$$V_T = 1V$$

$$C_E = 12\mu F$$

$$C_S = 2.4\mu F$$

$$C_i = 3.8nF$$

$$R_i = 900\Omega$$

$$I_C = 2mA$$

$$V_{CE} = -5V$$

$$I_D = 2mA$$

$$V_{DS} = 7.9V$$

$$V_{GS} = 3V$$

Determine R_1 and R_2 - min. dl

$$P_{R_1+R_2} = 15mW$$

$$V_{CC} = 5.6V$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = 2mA \approx I_E$$

$$\Rightarrow V_E = 15 - R_E I_E = 15 - 4.4 = 10.6V$$

$$V_B = 9.9V$$

$$I_{R_3} = \frac{9.9}{3.3K} = 3mA$$

$$I_{R_D} = \frac{15 - 9.9}{1020} = 5mA$$

$$I_D = 2mA = K (V_{GS} - V_T)^2 \Rightarrow (V_{GS} - V_T) = \sqrt{\frac{I_D}{K}} = 2V$$

$$V_{GS} = 3V$$

$$V_S = 2mA \times 1K\Omega = 2V$$

$$V_G = 3 + 2 = 5V$$

$$P = V_{CC} \times I_{R_2} \Rightarrow I_{R_2} = \frac{1}{15} \times 10^{-3} \Rightarrow (R_1 + R_2) = 15K\Omega$$

$$V_G = 15 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5 \Rightarrow R_2 = 5K\Omega$$

$$R_2 = 10K\Omega$$

$$h_{fe} = 260 \quad h_{ie} = 2.7K\Omega$$

$$g_m = 2K(V_{GS} - V_T) = 2 \times 10^{-3} \quad \frac{1}{g_m} = 500$$

$$f_{pi} = \frac{1}{2\pi C_i (R_i + R_1 || R_2)} = 9893.59Hz$$

$$f_{PS} = \frac{1}{2\pi C_S (R_3 \parallel \frac{1}{g_m})} = 198,94 \text{ Hz}$$

$$f_{2S} = \frac{1}{2\pi C_S R_S} = 66,32 \text{ Hz}$$

$$f_{PE} = \frac{1}{2\pi C_E \left[\frac{R_D \parallel R_3 + h_{ie}}{h_{fe} + 1} \parallel R_E \right]} = 1000,99$$

$$f_{CE} = \frac{1}{2\pi C_E R_E} = 26,03 \text{ Hz}$$

$$A_V = - h_{fe} R_C i_b =$$

$$i_b = (-g_m \bar{v}_{gs}) \frac{R_3 \parallel R_D}{(R_3 \parallel R_D) + h_{ie} + R_{E_{Th}}}$$

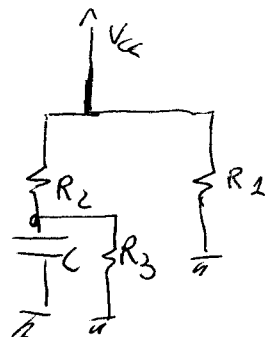
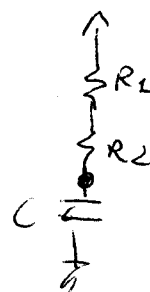
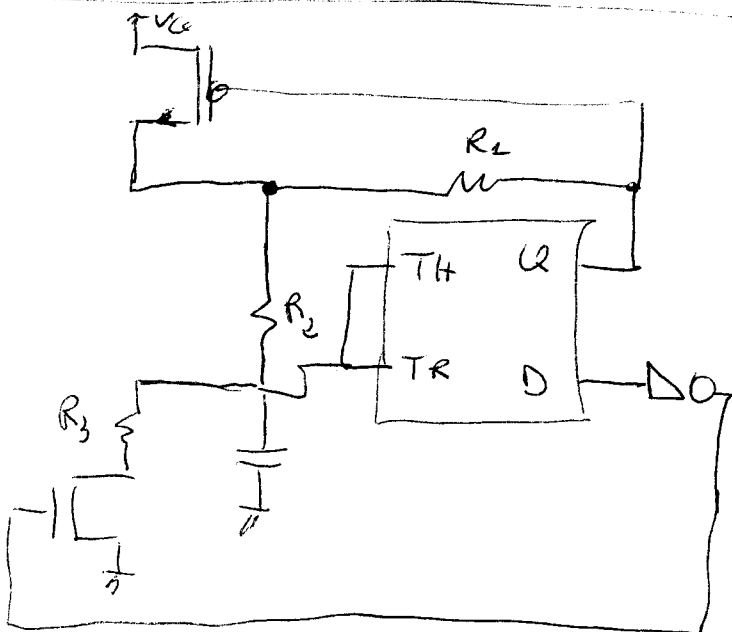
$$A_V = + h_{fe} g_m R_C \frac{R_3 \parallel R_D}{(R_3 \parallel R_D) + h_{ie} + R_{E_{Th}}} \bar{v}_{gs}$$

$$\bar{v}_{gs} = \bar{v}_i \frac{R_1 \parallel R_2}{R_i + R_1 \parallel R_2}$$

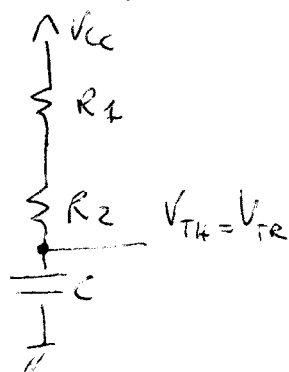
$$\Rightarrow A_{V_{CB}} = h_{fe} g_m R_C \frac{R_3 \parallel R_D}{(R_3 \parallel R_D) + h_{ie}} \cdot \frac{R_1 \parallel R_2}{R_i + R_1 \parallel R_2} = 256,25 \quad (48,19 \text{ dB})$$

(0.224) (0.787)

$$Y = (\overline{A+B}) \cdot (\overline{C+B} + B+D) + \overline{A} (\overline{B+C} + BD + \overline{C})$$



RICARICA ($Q=1$)

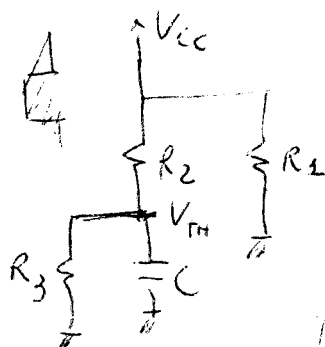


$$V_{cc} = 5V \quad \frac{1}{3} V_{cc} = 1,6$$

$$\frac{2}{3} V_{cc} = 3,3$$

$$\begin{aligned} V_c(t) &= V_{Tr} + (V_i - V_{Tr}) e^{-\frac{t}{\tau}} \\ &= \frac{2}{3} V_{cc} + \left(\frac{1}{3} V_{cc} - \frac{2}{3} V_{cc} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \\ &= \frac{2}{3} V_{cc} - \frac{1}{3} V_{cc} e^{-\frac{t}{\tau}} \end{aligned}$$

SCARICA



$$V_{TRF} = \frac{V_{cc}}{R_2 + R_3} \quad R_3 = \frac{1}{4} V_{cc} \pm V$$

$$\frac{R_3}{R_2 + R_3} = \frac{1}{5}$$

$$5R_3 = R_2 + R_3 \Rightarrow R_3 = \frac{1}{4} R_2$$

$R_2 = 4k\Omega$	$R_1 = 1k\Omega$
$R_3 = 1k\Omega$	$C = 1\mu F$

$$V_c(t) = V_{Tr} + (V_i - V_{Tr}) e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{V_{con} - V_{Tr}}{V_i - V_{Tr}} \Rightarrow t = \tau \ln \frac{V_i - V_{Tr}}{V_{con} - V_{Tr}}$$

CARICA

$$V_{Tr} = V_{cc} \quad V_i = \frac{1}{3} V_{cc}$$

$$\tau_1 = C(R_1 + R_2) = 5ms$$

$$V_{cc} + \left(\frac{1}{3} V_{cc} - V_{cc} \right) e^{-\frac{T_1}{\tau_1}} = \frac{2}{3} V_{cc}$$

$$-\frac{2}{3} V_{cc} e^{-\frac{T_1}{\tau_1}} = -\frac{1}{3} V_{cc}$$

$$e^{-\frac{T_1}{\tau_1}} = \frac{1}{2} \Rightarrow e^{\frac{T_1}{\tau_1}} = 2 \Rightarrow T_1 = \tau_1 \ln 2 = 3,466ms$$

SCARICA

$$V_{Tr} = \frac{V_{cc} R_3}{R_2 + R_3} = \frac{1}{5} V_{cc}$$

$$\tau_2 = C(R_3 || R_2) = 0,8ms$$

$$V_i = \frac{2}{3} V_{cc}$$

$$\frac{1}{5} V_{cc} + \left(\frac{2}{3} V_{cc} - \frac{1}{5} V_{cc} \right) e^{-\frac{T_2}{\tau_2}} = \frac{1}{3} V_{cc}$$

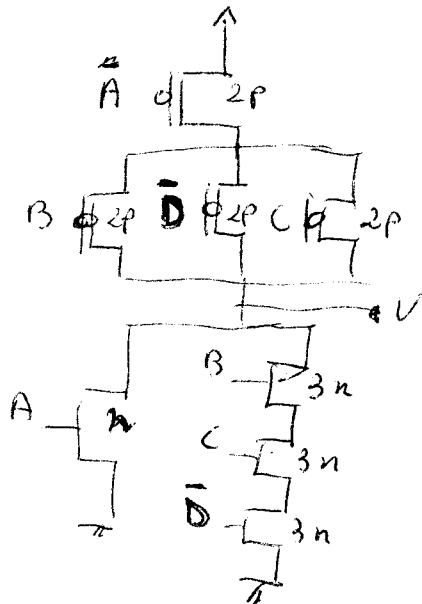
$$\frac{10-3}{15} V_{cc} e^{-\frac{T_2}{\tau_2}} = \frac{5-3}{15} V_{cc}$$

$$e^{-\frac{T_2}{\tau_2}} = \frac{2}{15} \frac{15}{7} = \frac{2}{7} \Rightarrow T_2 = \tau_2 \ln \frac{7}{2} = 1ms$$

$$T = T_1 + T_2 = 4,466ms$$

$$f = \frac{1}{T} = 223,8Hz$$

$$\begin{aligned}
 & \overline{(A+B)} (\bar{C} + B + D) + \bar{A} (\bar{B}C + BD) + \bar{C} = \\
 & = \bar{A} \bar{B} \bar{C} + \bar{A} \bar{B} B + \bar{A} \bar{B} D + \bar{A} \bar{B} C + \bar{A} B D + \bar{A} \bar{C} = \\
 & = \bar{A} \bar{B} (\bar{C} + C) + \bar{A} D (\bar{B} + B) + \bar{A} \bar{C} = \\
 & = \bar{A} \bar{B} + \bar{A} D + \bar{A} \bar{C} = \bar{A} (\bar{B} + D + \bar{C})
 \end{aligned}$$



$$8 + 2 = 10$$

