

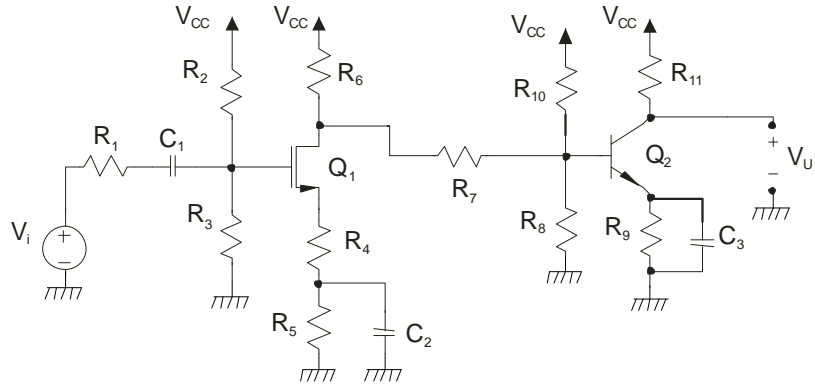
ELETTRONICA DIGITALE

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta 11 settembre 2012

Esercizio A

$R_1 = 50 \, \Omega$	$R_9 = 2 \, \text{k} \, \Omega$
$R_2 = 1 \, \text{k} \, \Omega$	$R_{10} = 10 \, \text{k} \, \Omega$
$R_3 = 1 \, \text{k} \, \Omega$	$R_{11} = 4.5 \, \text{k} \, \Omega$
$R_4 = 50 \, \Omega$	$C_1 = 100 \, \text{nF}$
$R_6 = 1.6 \, \text{k} \, \Omega$	$C_2 = 1 \, \mu\text{F}$
$R_7 = 5 \, \text{k} \, \Omega$	$C_3 = 1 \, \mu\text{F}$
$R_8 = 2 \, \text{k} \, \Omega$	$V_{CC} = 18 \, \text{V}$



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 BC109B resistivo con $h_{re} = h_{oe} = 0$.

Con riferimento all'amplificatore in figura:

- 1) Calcolare il valore della resistenza R_5 in modo che, in condizioni di riposo, $V_U = 9 \, \text{V}$; si ipotizzi di trascurare la corrente di base di Q_2 rispetto alla corrente che scorre nella resistenza R_8 . Determinare, inoltre il punto di riposo dei due transistori e verificare la saturazione di Q_1 . (R: $R_5 = 1200.91 \, \Omega$)
- 2) Determinare il guadagno V_U/V_i alle frequenze per le quali C_1 , C_2 e C_3 possono essere considerati dei corto circuiti. (R: $V_U/V_i = 161.83$)
- 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: $f_{z1} = 0 \, \text{Hz}$; $f_{p1} = 2893.73 \, \text{Hz}$; $f_{z2} = 132.53 \, \text{Hz}$; $f_{p2} = 531.37 \, \text{Hz}$; $f_{z3} = 79.58 \, \text{Hz}$; $f_{p3} = 7893.7 \, \text{Hz}$)

Esercizio B

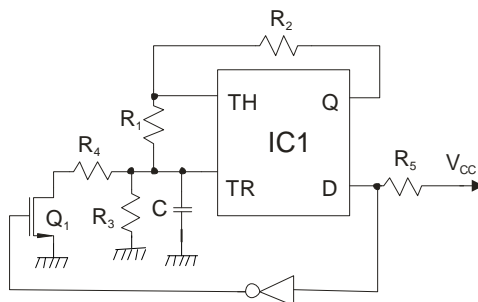
Progettare una porta logica in tecnologia CMOS, utilizzando la tecnica della pull-up network e della pull-down network, che implementi la funzione logica:

$$Y = \overline{A}(\overline{B} + \overline{C}(\overline{D} + \overline{E})) + (\overline{C(A+B)})(\overline{DE}) + \overline{B}C$$

con in totale, non più di 16 transistori e disegnarne lo schema completo. Dimensionare inoltre il rapporto (W/L) di tutti i 16 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.

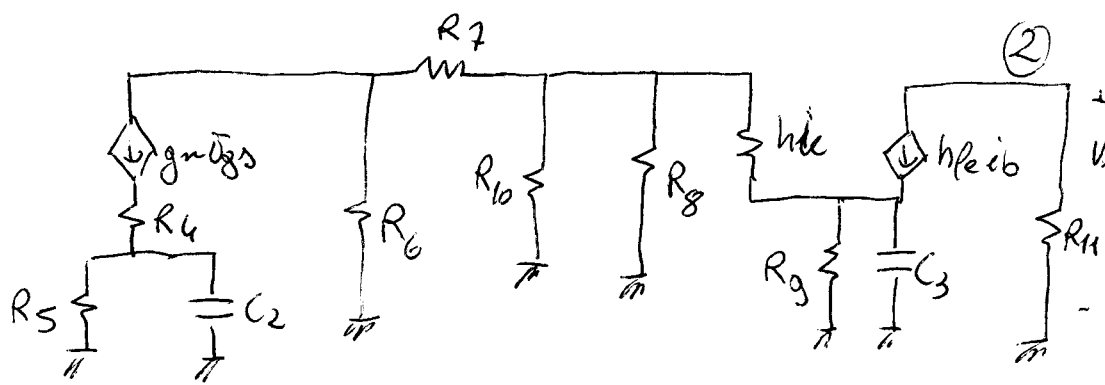
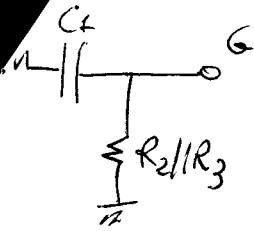
Esercizio C

- $R_1 = 1 \, \text{k}\Omega$
 $R_2 = 2 \, \text{k}\Omega$
 $R_3 = 20 \, \text{k}\Omega$
 $R_4 = 3 \, \text{k}\Omega$
 $R_5 = 1 \, \text{k}\Omega$
 $C = 100 \, \text{nF}$
 $V_{CC} = 5 \, \text{V}$



Il circuito IC_1 è un NE555 alimentato a $V_{CC} = 5 \, \text{V}$, Q_1 ha 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: $f = 6507.58 \, \text{Hz}$)

È consentita la consultazione del solo manuale delle caratteristiche. Nel caso di presenza appunti, testi o carta carbone in vista, si procederà all'immediato annullamento della prova scritta.



CALCOLO A_{CB}

$$U_a = -h_{fe} i_b R_{L1}$$

$$U_b = -g_m U_{gs} \frac{R_6}{R_6 + R_7 + R_{10} || R_8 || h_{ie}} \cdot \frac{R_{L1} || R_5 || h_{ie}}{h_{ie}}$$

$$U_{gs} = \frac{U_g}{1 + g_m R_4}$$

$$U_g = U_i \frac{R_2 || R_3}{R_1 + R_2 || R_3}$$

$$A_{CB} = \frac{U_a}{U_i} = + (h_{fe} R_{L1}) \left(g_m \frac{R_6}{R_6 + R_7 + R_{10} || R_8 || h_{ie}} \frac{R_{L1} || R_5 || h_{ie}}{h_{ie}} \right) \frac{1}{1 + g_m R_4} \frac{R_2 || R_3}{R_1 + R_2 || R_3} =$$

$$= 168.829 \quad (44.18 \text{ dB})$$

$$\phi_{21} = \phi$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi C_1 (R_1 + R_2 || R_3)} = 2833.73 \text{ Hz}$$

$$f_{22} = \frac{1}{2\pi C_2 R_5} = 132.528 \text{ Hz}$$

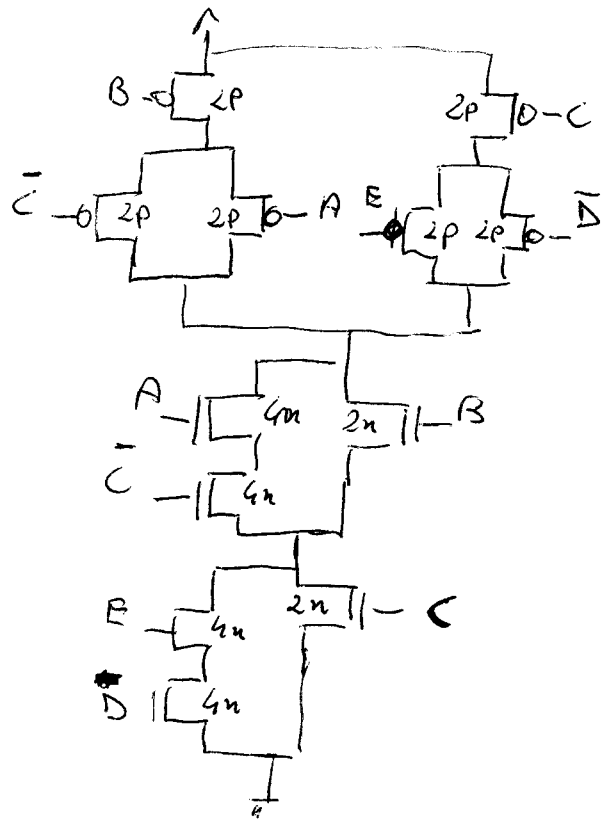
$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi C_2 [R_5 || (R_4 + \frac{1}{g_m})]} = 531.37 \text{ Hz}$$

$$f_{23} = \frac{1}{2\pi C_3 R_3} = 73.577 \text{ Hz}$$

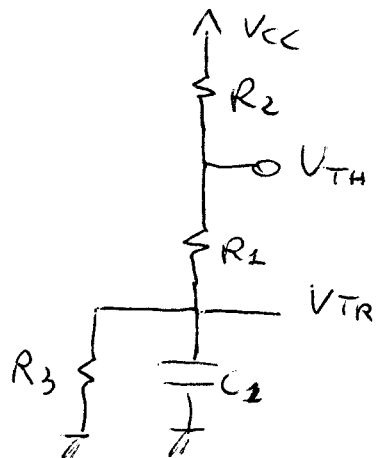
$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi C_3 [R_3 || \frac{[R_7 + R_6] || R_{10} || R_8}{h_{fe} + 1} + h_{ie}]} = 7833.2 \text{ Hz}$$

③

$$\begin{aligned}
 & \bar{A} [\bar{B} + \bar{C} (D\bar{E})] + [\bar{C} + (\bar{A} + B)] [D + \bar{E}] + \bar{B}C = \\
 & = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C}D\bar{E} + [(\bar{C} + \bar{A}\bar{B})(D + \bar{E})] + \bar{B}C = \\
 & = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C}D\bar{E} + \bar{C}D + \bar{C}\bar{E} + \bar{A}\bar{B}D + \bar{A}\bar{B}\bar{E} + \bar{B}C = \\
 & = \bar{B}(\bar{A} + C) + \bar{C}(D + \bar{E})
 \end{aligned}$$



(4)



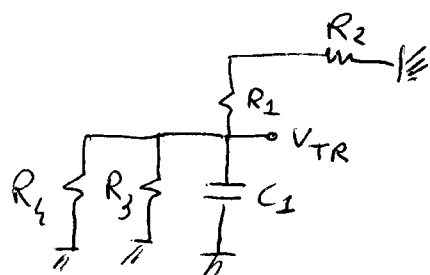
$$V_i = \frac{1}{3} V_{cc}$$

$$V_f = \frac{V_{cc}}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot R_3 = 4.3448V$$

$$V_{con} = \frac{2}{3} V_{cc} - \frac{V_{cc} - \frac{2}{3} V_{cc}}{R_2} \cdot R_1 = 2.5V$$

$$\tau_1 = C [R_3 \parallel (R_1 + R_2)] = 2.6087 \times 10^{-4}$$

$$T_1 = \tau \ln \left(\frac{V_i - V_f}{V_{con} - V_f} \right) = 9.7107 \times 10^{-5}$$

 $Q = \phi$


$$V_i = 2.5V$$

$$V_f = \phi$$

$$V_{con} = \frac{1}{3} V_{cc}$$

$$\tau_2 = C [R_3 \parallel R_4 \parallel (R_1 + R_2)] = 1.385 \times 10^{-4}$$

$$T_2 = 5.656 \times 10^{-5}$$

$$T = 1.5367 \times 10^{-4}$$

$$f = 6507.578$$