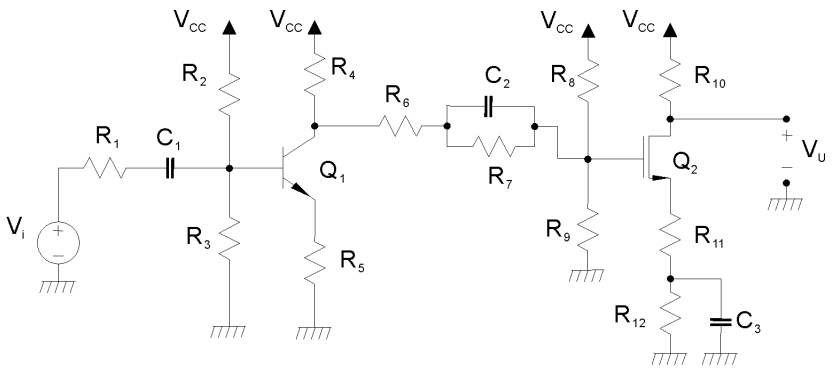
ELETTRONICA DIGITALE

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 17 febbraio 2014

Esercizio A

R_1 =50 Ω	R_{10} = 1750 Ω
R_3 = 270 k Ω	R_{11} = 100 Ω
R_4 = 2 kΩ	R_{12} = 900 Ω
R_5 = 1 kΩ	C_1= 1 nF
R_6 = 50 Ω	C_2= 3.3 μF
R_7 = 450 Ω	C_3= 200 nF
R_8 = 9 k Ω	V_{CC} = 15 V
R_9 = 2 kΩ	



Q_1 è un transistore BJT BC109B resistivo con $h_{re} = h_{oe}= 0$. Q_2 è un transistore MOS a canale n resistivo, con la corrente di drain in saturazione data da $I_D=k(V_{GS}-V_T)^2$ con k = 4 mA/V^2 e V_T = 1 V.
Con riferimento al circuito in figura:

1) Calcolare il valore della resistenza R_2 in modo che, in condizioni di riposo, la tensione di uscita sia 8 V. Determinare, inoltre, il punto di riposo dei due transistori e verificare la saturazione di Q_2. (R: R_2 = 727959.18 Ω)
2) Determinare V_U/Vi alle frequenze per le quali C_1, C_2 e C_3 possono essere considerati dei corto circuiti. (R: V_U/Vi = 6.77)
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 Hz; f_{p1} = 1328 Hz; f_{z2} = 107.18 Hz; f_{p2} = 120.26 Hz; f_{z3} = 884.2 Hz; f_{p3} = 4421 Hz)

Esercizio B

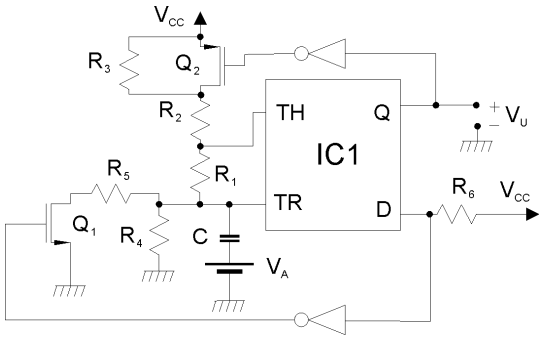
Progettare una porta logica in tecnologia CMOS, utilizzando la tecnica della pull-up network e della pull-down network, che implementi la funzione logica:

$$Y = \left(\overline{A+\overline{D}}\right)\left(\overline{B}D+\overline{C}+\overline{E}\right)+\left(\overline{B+\overline{D}}\right)\left(AD+\overline{C}\right)+A\overline{C}D+\overline{A}\overline{E}$$

Determinare il numero dei transistori necessari e disegnarne lo schema completo. Dimensionare inoltre il rapporto (W/L) di tutti i 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.

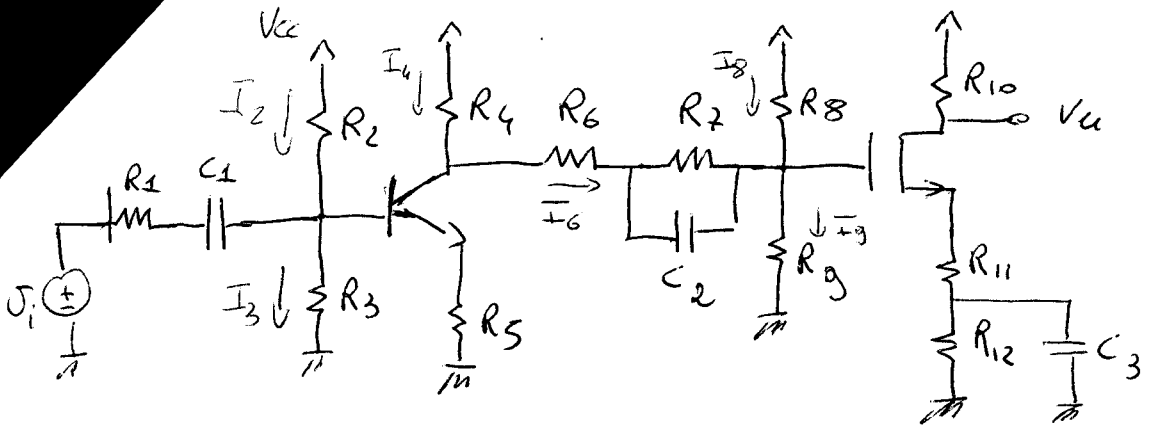
Esercizio C

R_1 =200 Ω	R_5 = 1 kΩ
R_2 = 800 Ω	V_A = 0.5 V
R_3 = 1 kΩ	C = 100 nF
R_4 = 10 kΩ	V_{CC} = 5 V
R_5 = 100 Ω	



Il circuito IC_1 è un NE555 alimentato a V_{CC} = 5V, Q_1 ha una R_{on} = 0 e V_T=1V, Q_2 ha una R_{on} = 0 e V_T= - 1V e gli inverter sono ideali. Determinare la frequenza del segnale di uscita del multivibratore in figura. (R: f = 17331 Hz)

APPELLO 17/02/2014



$R_1 = 50\,\Omega$
$R_3 = 270\,K\Omega$
$R_4 = 2\,K\Omega$
$R_5 = 1\,K\Omega$
$R_6 = 50\,\Omega$
$R_7 = 450\,\Omega$
$R_8 = 9\,K\Omega$
$R_9 = 2\,K\Omega$
$R_{10} = 1250\,\Omega$
$R_{11} = 100\,\Omega$
$R_{12} = 900\,\Omega$
$V_{CC} = 15\,V$
$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2$
$K = 4 \times 10^{-3}\ A/V^2$
$V_T = 1\,V$
$g_m = 2K(V_{GS} - V_T) = 8 \times 10^{-3}\ A/V$
$C_1 = 1\,nF$
$C_2 = 3.3\,\mu F$
$C_3 = 200\,\mu F$

1) Det. R_2 per $V_u = 8\,V$

$$I_{10} = \frac{V_{CC} - V_u}{R_{10}} = \frac{15-8}{1250} = 4\,mA = I_D$$

$$V_S = I_{10}(R_{11} + R_{12}) = 4\,V$$

$$V_{DS} = 8 - 4 = 4\,V$$

$$V_{GS} = V_T + \sqrt{\frac{I_D}{K}} = 2\,V$$

$V_{DS} > (V_{GS} - V_T)$ $\quad 4 > 1$

$$V_G = V_{GS} + V_S = 6\,V$$

$$I_g = \frac{V_G}{R_g} = 3\,mA$$

$$I_8 = \frac{V_{CC} - V_G}{R_8} = 1\,mA$$

$$I_6 = I_g - I_8 = 2\,mA$$

$$V_C = V_G + (R_6 + R_7) I_6 = 7\,V$$

$$I_4 = \frac{V_{CC} - V_C}{R_4} = 4\,mA$$

$$I_C = I_4 - I_6 = 2\,mA$$

$I_C \simeq I_E$

$$V_E = I_E R_5 = 2\,V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 5\,V$$

$\Rightarrow$ $h_{FE} = 290 \Rightarrow I_B = 6.8965\,\mu A$

$h_{ie} = 4800$

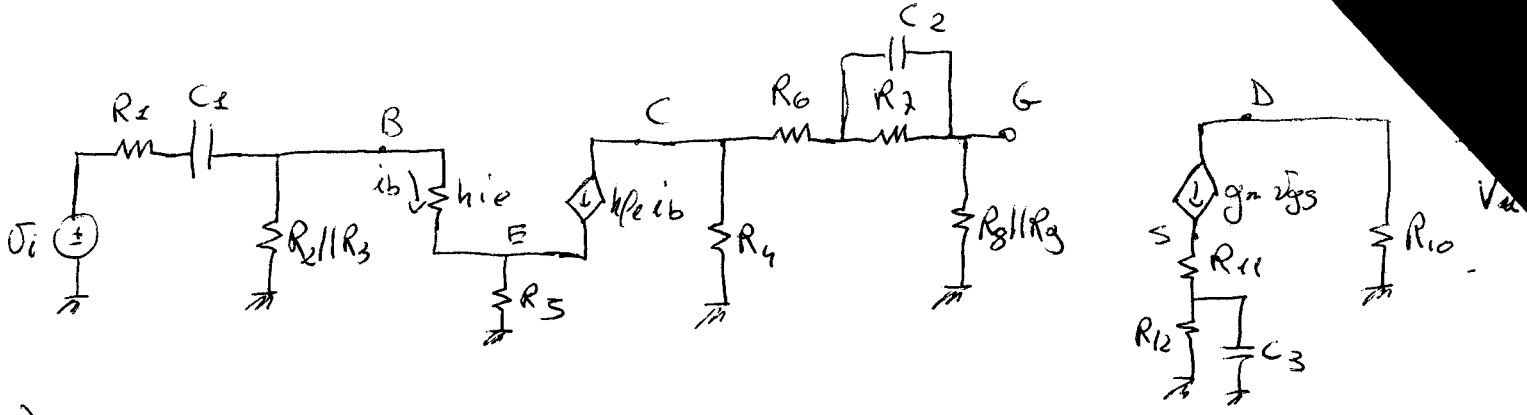
$h_{fe} = 300$

$$V_B = V_E + V_\gamma = 2.2\,V$$

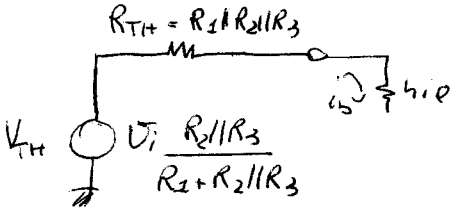
$$I_3 = \frac{V_B}{R_3} = 10\,\mu A$$

$$I_2 = I_3 + I_B = 16.8965\,\mu A$$

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_B}{I_2} = 727959.18\,\Omega$$



·) A_{CB}



$V_u = -(g_m v_{gs}) R_{10}$

$v_s = (g_m v_{gs}) R_{11}$

$v_{gs} = v_g - g_m v_{gs} R_{11} = \dfrac{v_g}{1 + g_m R_{11}}$

$v_g = -(R_8 \| R_9)\left[(h_{fe}\, i_b)\dfrac{R_4}{R_4 + R_6 + R_8 \| R_9}\right]$

$i_b = v_i \dfrac{R_2 \| R_3}{R_1 + R_2 \| R_3} \dfrac{1}{(R_1 \| R_2 \| R_3) + h_{ie} + R_5(h_{fe}+1)}$

$A_B = \dfrac{v_u}{v_i} = \dfrac{g_m R_{10}}{1 + g_m R_{11}} (R_8 \| R_9) \dfrac{h_{fe} R_4}{R_4 + R_6 + R_8 \| R_9} \dfrac{R_2 \| R_3}{R_1 + R_2 \| R_3} \dfrac{1}{(R_1 \| R_2 \| R_3) + h_{ie} + R_5(h_{fe}+1)}$

$7.\overline{2}$ $\quad 1636.\overline{36}$ $\quad 162.262$ $\quad 0.39924$ $\quad 3.26952 \times 10^{-6}$

$= 6.771 \quad (16.61\ dB)$

CONDENSATORE C_1

·) $f_{z1} = \phi$

$R_{VC1} = R_1 + R_2 \| R_3 \| [h_{ie} + R_5(h_{fe}+1)] = 119846.08\ \Omega$

·) $f_{P1} = \dfrac{1}{2\pi C_1 R_{VC1}} = 1327.99\ Hz$

CONDENSATORE C_2

·) $f_{z2} = \dfrac{1}{2\pi C_2 R_7} = 107.175\ Hz$

$R_{VC2} = R_7 \| [R_6 + R_4 + R_8 \| R_9] = 401.04\ \Omega$

$f_{P2} = \dfrac{1}{2\pi C_2 R_{VC2}} = 120.259\ Hz$

SATORE C_3

$f_{z3} = \frac{1}{2\pi C_3 R_{12}} = 884.19\ Hz$

$R_{VC3} = R_{12} \| \left[\frac{1}{g_m} + R_{11} \right] = 180\ \Omega$

$f_{P3} = \frac{1}{2\pi C_3 R_{VC3}} = 4420.92\ Hz$

ESERCIZIO B

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

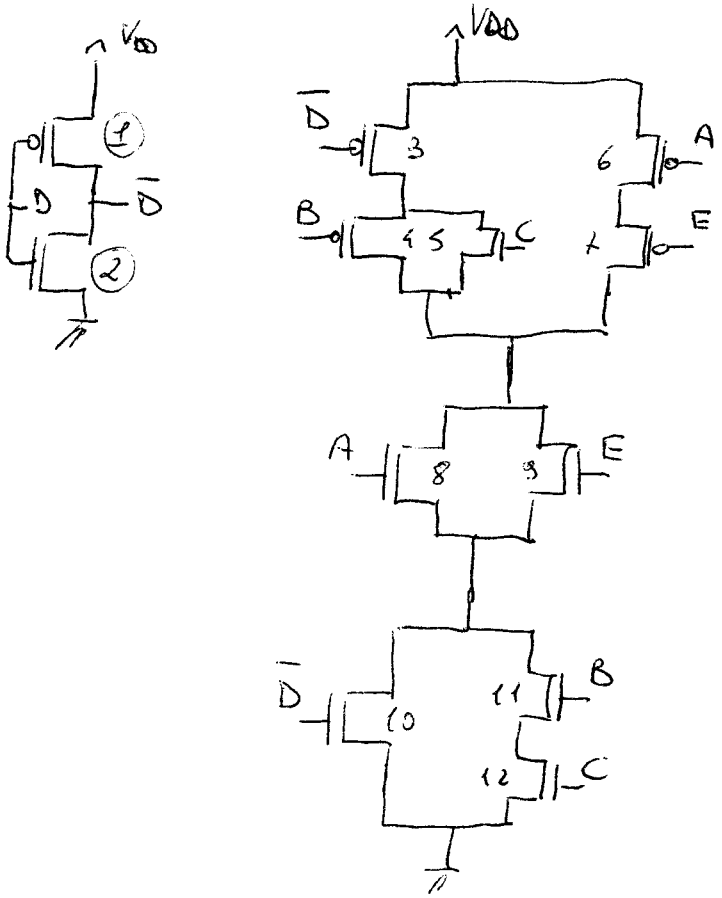
$= (\bar{A}D)(\bar{B}D + \bar{C} + \bar{E}) + (\bar{B}D)(AD + \bar{C}) + A\bar{C}D + \bar{A}\bar{E} =$

$= \bar{A}\bar{B}D + \bar{A}D\bar{C} + \bar{A}D\bar{E} + A\bar{B}D + \bar{B}\bar{C}D + A\bar{C}D + \bar{A}\bar{E} =$

$= \bar{B}D + \bar{C}D + \bar{A}\bar{E} =$

$= D(\bar{B} + \bar{C}) + \bar{A}\bar{E}$

12 MOSFET



Q_1 : P Q_2 : n

PUN: Q_3, Q_4, Q_5, Q_6, Q_7 : 2p

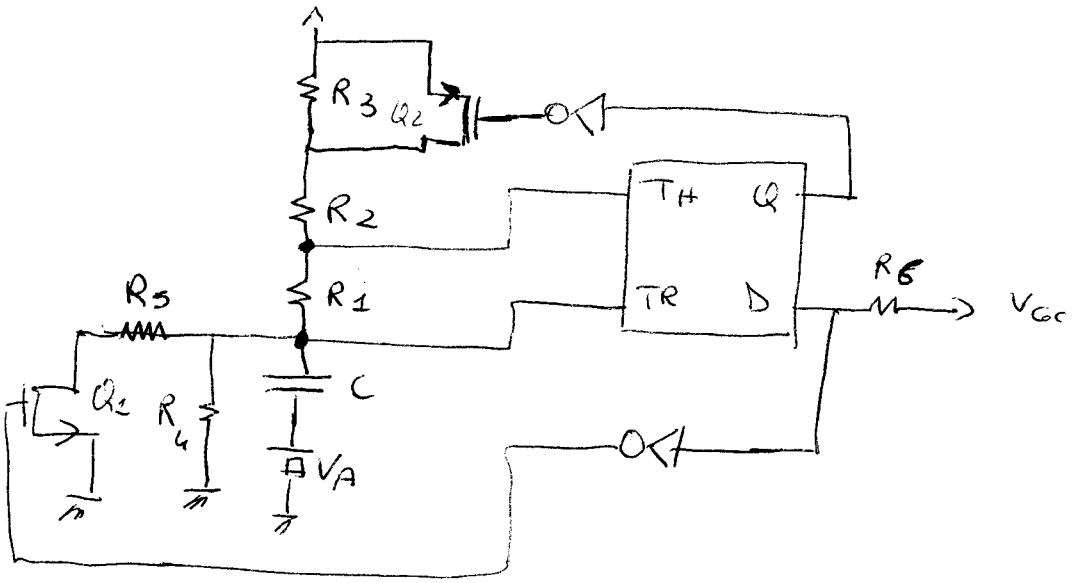
PDN

) Q_8, Q_9, Q_{11}, Q_{12} : 3 n

$\frac{1}{X_{10}} + \frac{1}{3n} = \frac{1}{n}$

$\frac{1}{X_{10}} = \frac{2}{3n} \Rightarrow Q_{10} = \frac{3}{2}n = 1.5n$

ESERCIZIO C



$R_1 = 200\,\Omega$

$R_2 = 800\,\Omega$

$R_3 = 1\,k\Omega$

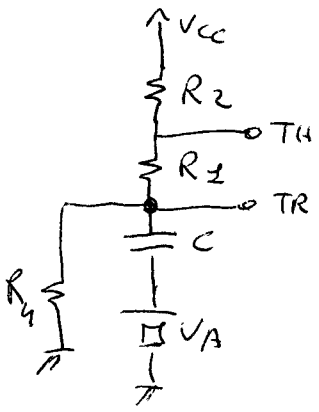
$R_4 = 10\,K\Omega$

$V_A = 0.5\,V$

$C = 100\,nF$

$R_5 = 100\,\Omega$

1) Q = 1, D : H.I. $\Rightarrow$ $U_{g2} = 0\,V$ $U_{s2} = 5\,V$ $\Rightarrow$ $U_{gs2} = -5 < V_T \Rightarrow Q_2$ ON, Q_1 OFF



$U_{CIN} = \frac{1}{3}V_{CC} - V_A = 1.1\bar{6}\,V$

$V_{CFIN} = V_{CC}\,\frac{R_4}{R_4+R_1+R_2} - V_A = 4.0\bar{45}\,V$

$I_{R1} = \left(V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}\right)\frac{1}{R_2} = 2.08\bar{3}\,mA$

$V_{TR} = \frac{2}{3}V_{CC} - R_1 I_{R1} = 2.91\bar{6}\,V$

$V_{CCOR} = V_{TR} - V_A = 2.41\bar{6}\,V$

$R_{VC_1} = R_4 \| (R_1+R_2) = 909.0\bar{90}\,\Omega$

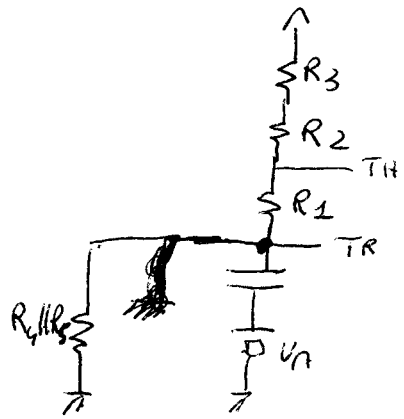
$V_i < V_{COR} < V_f$

$1.1\bar{6}V < 2.41\bar{6}V < 4.0\bar{45}V$

$\tau_1 = C R_{VC_1} = 9.0\bar{9} \times 10^{-5}\,s$

$T = \tau_1 \ln \frac{V_{CIN} - V_{CFIN}}{V_{CCOR} - V_{CFIN}} = 5.177 \times 10^{-5}\,s$

2) Q = 0 $\Rightarrow$ Q_2 OFF, D = 0 $\Rightarrow$ Q_1 ON



$U_{CIN} = 2.41\bar{6}\,V$

$V_i > V_{COR} > V_f$

$2.41\bar{6}V > 1.1\bar{6}V > -0.264V$

$U_{CCOR} = 1.1\bar{6}\,V$

$U_{CFIN} = V_{CC}\,\frac{R_4 \| R_5}{(R_4 \| R_5) + R_1 + R_2 + R_3} - V_A = -0.264\,V$

0.23585

$R_4 \| R_5 \| (R_1 + R_2 + R_3) = 94.34\ \Omega$

$\tau_2 = 9.434\ \mu s$

$T_2 = 5.9238\ \mu s$

$T = T_1 + T_2 = 5.77 \times 10^{-5}$ s

$f = 17331.145$ Hz