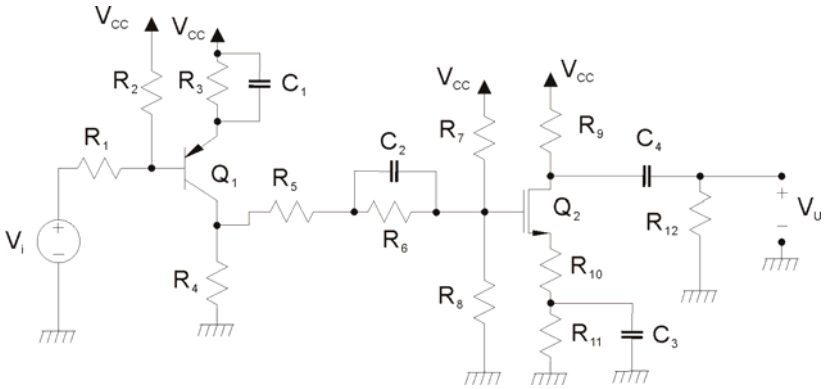
ELETTRONICA DIGITALE

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 21 luglio 2014

Esercizio A

R_1 =1 kΩ	R_{10} = 100 Ω
R_2 = 1250 Ω	R_{11} = 900 Ω
R_4 = 1480 Ω	R_{12} = 50 Ω
R_5 = 600 Ω	C_1 =1 μF
R_6 = 10 kΩ	C_2=2.2 μF
R_7 = 9 kΩ	C_3= 1 μF
R_8 = 18 k Ω	C_4= 68 nF
R_9 = 2 kΩ	V_{CC} = 18 V



Q_1 è un transistore 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; Q_2 è un transistore MOS a canale n resistivo, con la corrente di drain in saturazione data da $I_{DS}=k(V_{GS}-V_T)^2$ con k= 0.25 mA/V^2 e V_T=1V.
Con riferimento all'amplificatore in figura:

1) Calcolare il valore della resistenza R_3 in modo che, in condizioni di riposo, la tensione sul drain di Q_2 sia 10 V; si ipotizzi di trascurare la corrente di base di Q_1 rispetto alla corrente che scorre nella resistenza R_2. Determinare, inoltre, il punto di riposo dei due transistori e verificare la saturazione di Q_2. (R: R_3 = 4650 Ω)
2) Determinare V_U/Vi alle frequenze per le quali C_1, C_2, C_3 e C_4 possono essere considerati dei corto circuiti. (R: V_U/Vi = 3.964)
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} = 34.23 Hz; f_{p1} = 12793.8 Hz; f_{z2} = 7.23 Hz; f_{p2} = 16.187 Hz; f_{z3} = 176.84 Hz; f_{p3} = 442.1 Hz; f_{z4} = 0 Hz; f_{p4} = 1141.7 Hz)

Esercizio B

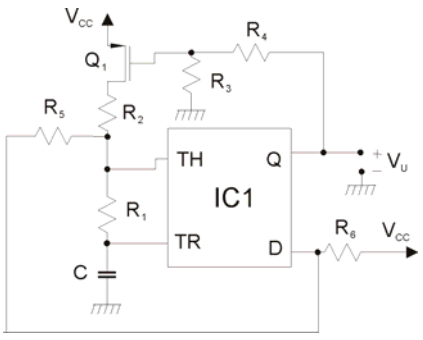
Progettare una porta logica in tecnologia CMOS, utilizzando la tecnica della pull-up network e della pull-down network, che implementi la funzione logica:

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

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.

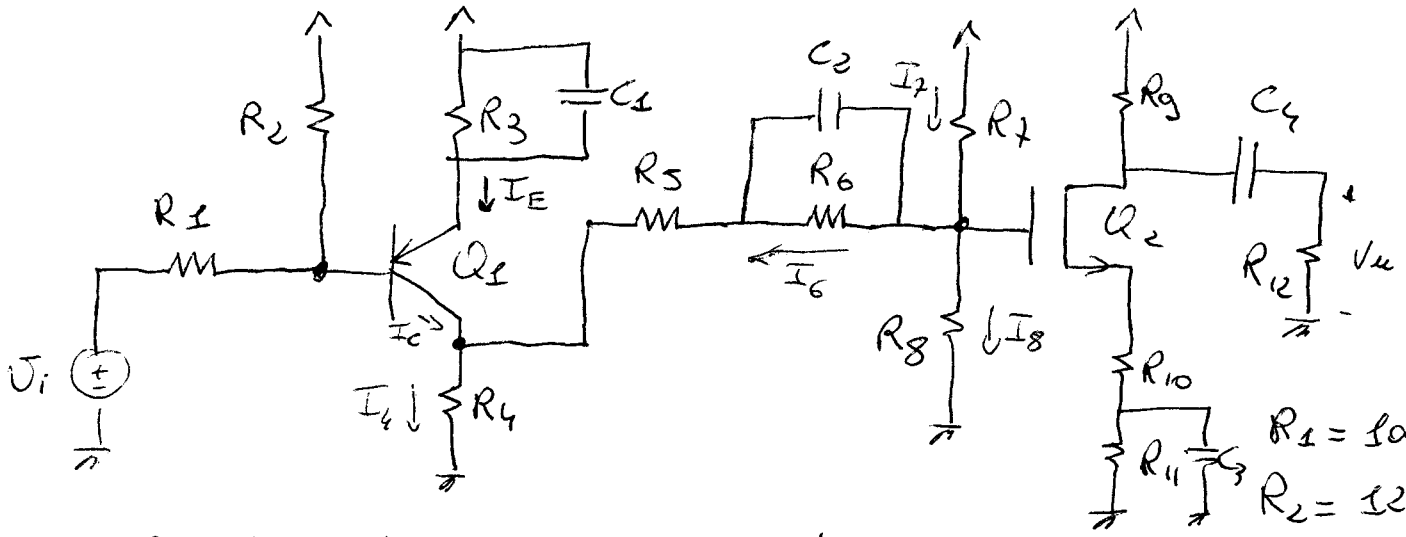
Esercizio C

R_1 =1 kΩ	R_5 = 1 kΩ
R_2 = 9 κΩ	R_6 = 2 kΩ
R_3 = 1 kΩ	C = 330 nF
R_4 = 4 kΩ	V_{CC} = 5 V



Il circuito IC_1 è un NE555 alimentato a V_{CC} = 5V, Q_1 ha una R_{on} = 0 e V_T = -1V. Determinare la frequenza del segnale di uscita del multivibratore in figura. (R: f = 1398 Hz)

ESERCIZIO A



$R_1 = 1000\,\Omega$
$R_2 = 1250\,\Omega$
$R_4 = 1480\,\Omega$
$R_5 = 600\,\Omega$
$R_6 = 10\,K\Omega$
$R_7 = 9\,K\Omega$
$R_8 = 18\,K\Omega$
$R_9 = 2\,K\Omega$
$R_{10} = 100\,\Omega$
$R_{11} = 900\,\Omega$
$R_{12} = 50\,\Omega$
$k = 0.25\,\frac{mA}{V^2}$

1) Det. R_3 tale che $V_D = 10\,V$, si trovino le corrette I_B rispetto a I_{R2}

$$I_g = I_D = \frac{V_{cc} - V_D}{R_g} = \frac{18-10}{2000} = 4\,mA$$

$$V_S = I_D(R_{10} + R_{11}) = 4\,V \Rightarrow V_{DS} = 6\,V$$

$$V_{GS} = V_T + \sqrt{\frac{I_D}{K}} = 5\,V$$

$$V_G = V_{GS} + V_S = 5 + 4 = 9\,V$$

$$I_7 = \frac{V_{cc} - V_G}{R_7} = \frac{18-9}{9000} = 1\,mA$$

$$I_8 = \frac{V_G}{R_8} = \frac{9}{18000} = 0.5\,mA$$

$$I_6 = I_7 - I_8 = 0.5\,mA$$

$$V_C = V_G - (R_5 + R_6)I_6 = 9 - 5.3 = 3.7\,V$$

$$I_4 = \frac{V_C}{R_4} = \frac{3.7}{1480} = 2.5\,mA$$

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

$$V_B = V_{cc}\frac{R_1}{R_1 + R_2} = 8\,V$$

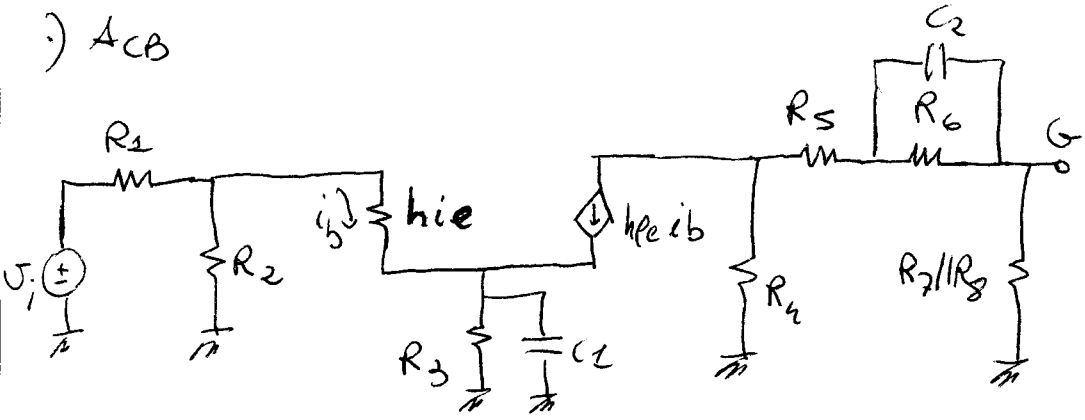
$$V_E = V_B + V_\gamma = 8.7\,V$$

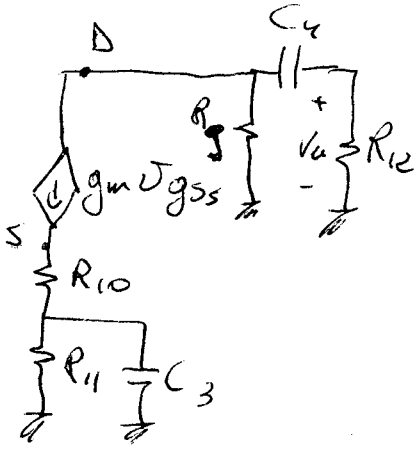
$$\Rightarrow R_3 = \frac{V_{cc} - V_E}{I_E} = \frac{9.3}{2\times10^{-3}} = 4650\,\Omega$$

Q_1 $\begin{cases} I_C = 2\,mA \\ V_{CE} = -5\,V \\ h_{fe} = 260 \\ h_{ie} = 2.7\,K\Omega \end{cases}$

Q_2 $\begin{cases} I_D = 4\,mA \\ V_{DS} = 6\,V \\ V_{GS} = 5\,V \\ g_m = 2K(V_{GS} - V_T) = 2\times10^{-3}\ \frac{A}{V} \end{cases}$ $\quad V_{DS} > (V_{GS} - V_T) = 4V$

) A_{CB}





$$V_a = -g_m V_{gs} (R_g \| R_{12})$$

$$V_s = (g_m V_{gs}) R_{10}$$

$$V_{gs} = V_g - (g_m V_{gs}) R_{10} = \frac{V_g}{1 + g_m R_{10}}$$

$$V_g = (-h_{fe} i_b) \frac{R_4}{R_4 + R_5 + (R_7 \| R_8)} \cdot (R_7 \| R_8)$$

$$i_b = V_i \frac{1}{R_1 + (R_2 \| h_{ie})} \frac{R_2}{R_2 + h_{ie}} = V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{1}{(R_1 \| R_2) + h_{ie}}$$

$$A_{CB} = \underbrace{-g_m (R_g \| R_{12}) \frac{1}{1 + g_m R_{10}}}_{8.13\times10^{-2}} \underbrace{\left(-\frac{h_{fe} R_4}{R_4 + R_5 + (R_7 \| R_8)} (R_7 \| R_8)\right)}_{285742.57} \underbrace{\frac{1}{R_1 + (R_2 \| h_{ie})} \frac{R_2}{R_2 + h_{ie}}}_{1.70648\times10^{-4}} =$$

$$= +3.964$$

$$|A_{CB}|_{dB} = 11.96$$

...21 E ZERI

C_1: $f_{z1} = \frac{1}{2\pi R_3 C_1} = 34.23\ Hz$

$C_1 = 1\mu F$

$f_{p1} = \frac{1}{2\pi R_{V1} C_1} = 12793.8\ Hz$

$R_{V1} = R_3 \,||\, \left[\frac{(R_1 || R_2) + h_{ie}}{(h_{fe}+1)}\right] = 12.44\ \Omega$

C_2: $f_{z2} = \frac{1}{2\pi R_6 C_2} = 7.23\ Hz$

$C_2 = 2.2\mu F$

$f_{p2} = \frac{1}{2\pi R_{V2} C_2} = 16.187\ Hz$

$R_{V2} = R_6 \,||\, \left[R_4 + R_5 + (R_7 || R_8)\right] = 4469.03\ \Omega$

C_3: $f_{z3} = \frac{1}{2\pi R_{11} C_3} = 176.84\ Hz$

$C_3 = 1\mu F$

$f_{p3} = \frac{1}{2\pi R_{V3} C_3} = 442.097\ Hz$

$R_{V3} = R_{11} \,||\, \left[\frac{1}{g_m} + R_{10}\right] = 360\ \Omega$

C_4: $f_{z4} = 0\ Hz$

$C_4 = 68\,nF$

$f_{p4} = \frac{1}{2\pi R_{V4} C_4} = 1141.714\ Hz$

$R_{V4} = R_9 + R_{12} = 2050\ \Omega$

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

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

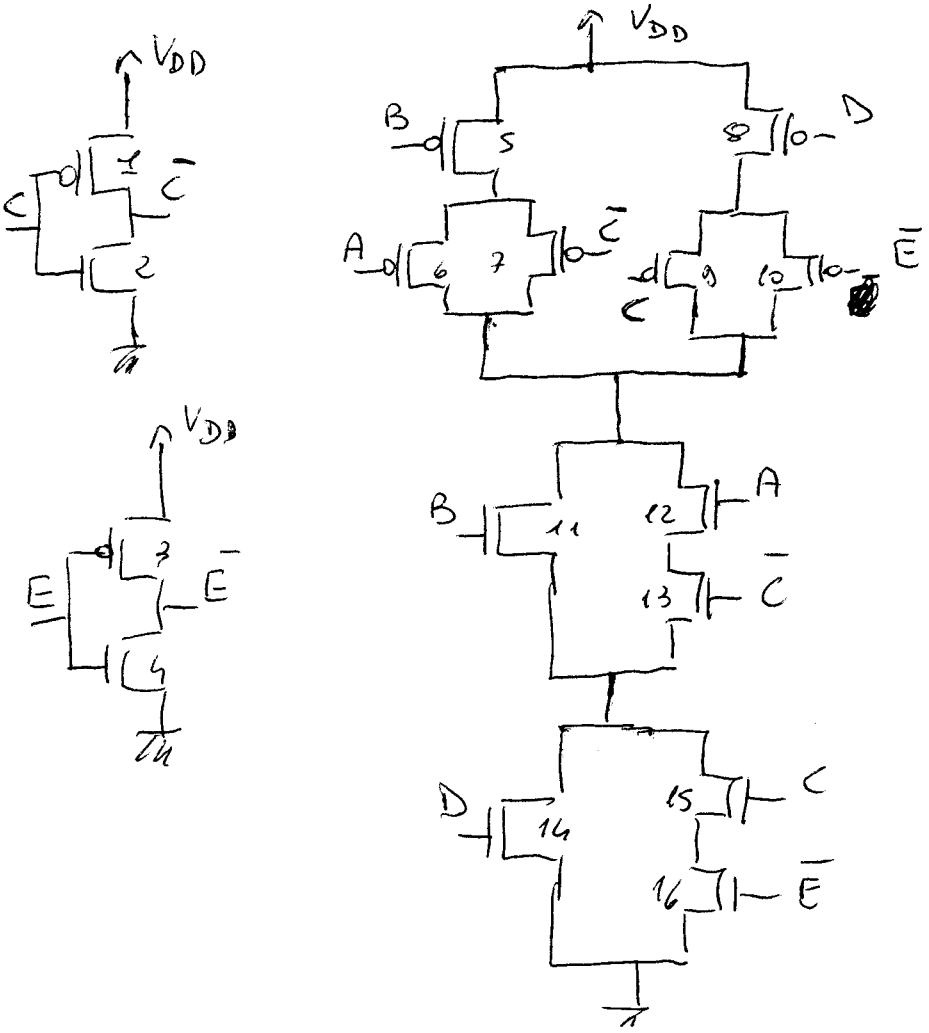
$$= \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}\bar{C}\bar{D} + \bar{C}\bar{D} + \bar{A}\bar{B} + \bar{B}C + \bar{D}E =$$

(⊗) (+) (+) (⊗)

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

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

N. MOSFET = $12 + (2 \cdot 2) = 16$



Inverter di Base

Q_1, Q_3 : $p = 5$

Q_2, Q_4 : $n = 2$

PUN:

$Q_5 - Q_6$

$Q_5 - Q_7$

$Q_8 - Q_9$

$Q_9 - Q_{10}$

Q_5, Q_6, Q_7

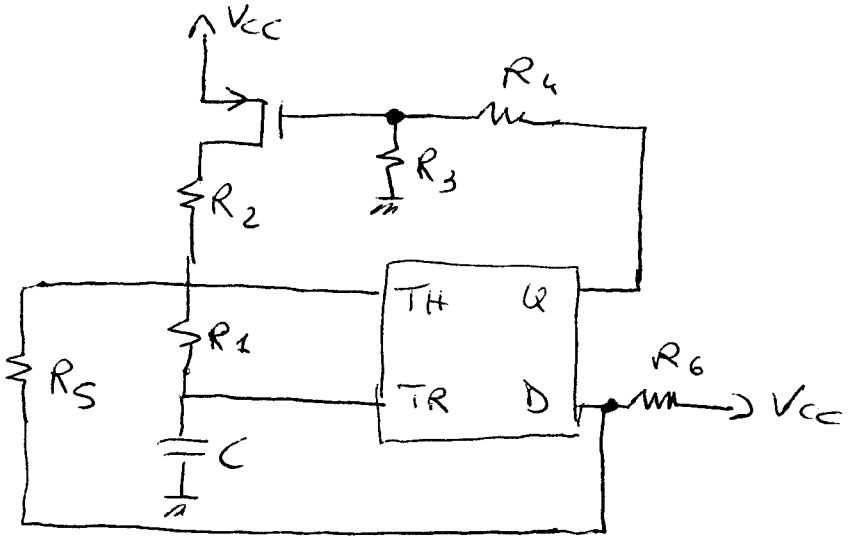
Q_8, Q_9, Q_{10} : $2p = 10$

PDN

Q_{12}, Q_{13}, Q_{14} : $3n = 6$

Q_{11}, Q_{15}, Q_{16} : $3n = 6$

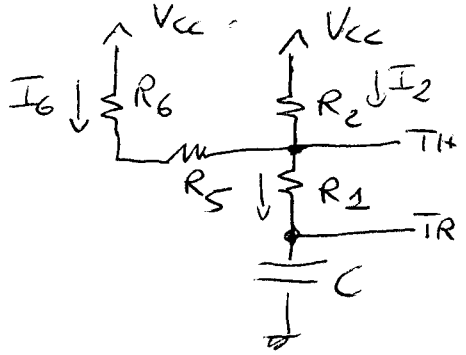
ESERCIZIO C



$R_1 = 1\,k\Omega$
$R_2 = 9\,k\Omega$
$R_3 = 1\,k\Omega$
$R_4 = 4\,k\Omega$
$R_5 = 1\,k\Omega$
$R_6 = 2\,k\Omega$
$C = 330\,nF$

a) $Q = 1$ $\quad V_G = V_{cc}\dfrac{R_3}{R_3 + R_4} = 1\,V$ $\quad V_S = 5\,V$ $\quad V_{GS} = -4\,V < V_T = -1\,V$

$D = HI$ $\quad \Rightarrow Q_1$ ON



$V_i = \frac{1}{3}V_{cc} = 1.\overline{6}\,V$

$V_f = V_{cc} = 5\,V$

$V_{TH} = \frac{2}{3}V_{cc} \Rightarrow I_2 = \dfrac{\frac{1}{3}V_{cc}}{R_2} = 1.8\overline{51} \times 10^{-4}\,A$

$I_6 = \dfrac{\frac{1}{3}V_{cc}}{R_5 + R_6} = 5.\overline{5} \times 10^{-4}\,A$

$I_1 = I_6 + I_2 = 7.\overline{407} \times 10^{-4}\,A$

$V_{con} = \frac{2}{3}V_{cc} - R_1 I_1 = 2.\overline{592}\,V$

$V_i < V_{con} < V_f$

$1.\overline{6}\,V < 2.\overline{592}\,V < 5\,V$ ok

$R_{V1} = R_1 + [R_2 \| (R_5 + R_6)] = 3250\,\Omega$

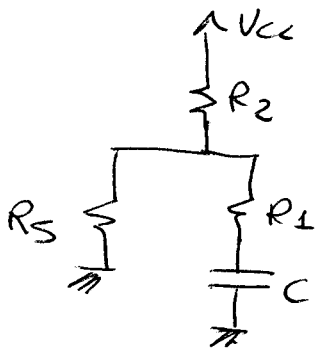
$\tau_1 = C\,R_{V1} = 1.0725\,ms$

$T_1 = \tau_1 \ln\left[\dfrac{V_i - V_f}{V_{con} - V_f}\right] = 3.4902 \times 10^{-4}\,s$

$V_i < V_{con} < V_f$

$Q = \phi$ $\quad V_g = \phi V \quad V_s = 5V \quad V_{gs} = -5V$ ◀ 4 $\quad Q_1$ ON

$D =$



$V_i = 2.\overline{592}\ V$

$V_f = V_{cc} \dfrac{R_S}{R_S + R_2} = 0.5\ V$

$V_{con} = \dfrac{1}{3} V_{cc} = 1.\overline{6}\ V$

$V_i > V_{con} > V_f$

$2.\overline{592}\ V > 1.\overline{6}\ V > 0.5$

OK

$R_{V2} = R_1 + (R_2 \| R_S) = 1900\ \Omega$

$\tau_2 = C R_{V2} = 0.627\ ms$

$T_2 = \tau_2 \ln\left(\dfrac{V_i - V_f}{V_{con} - V_f}\right) = 3.663 \times 10^{-4}\ s$

$T = T_1 + T_2 = 7.1532 \times 10^{-4}\ s$

$f = 1397.97\ Hz$