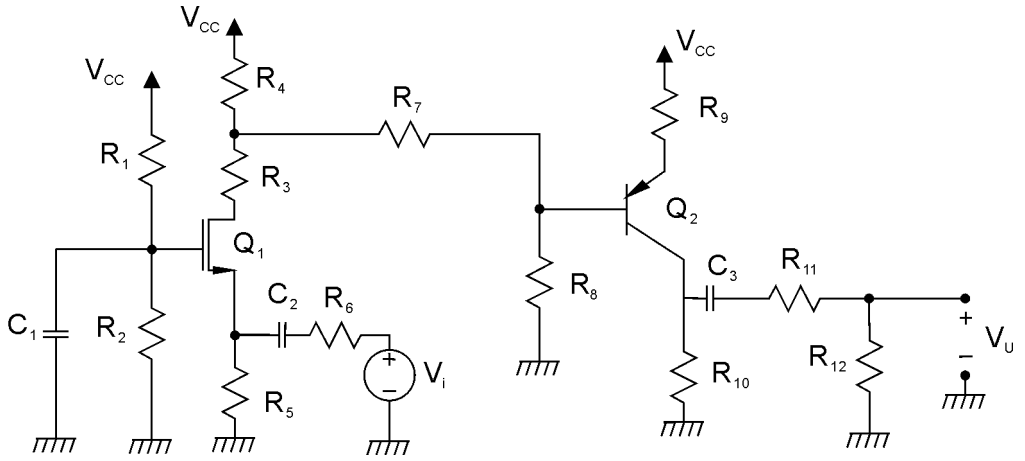
ELETTRONICA DIGITALE

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 08 giugno 2021

Esercizio 1



Q_1 è un transistore MOS a canale n resistivo con la corrente di drain in saturazione data da $I_D=k(V_{GS}-V_T)^2$.

Q_2 è un transistore BJT BC179A resistivo con $h_{re} = h_{oe}= 0$ mentre h_{fe} e h_{ie} sono disponibili nel datasheet.

Con riferimento al circuito in figura:

1) determinare l'espressione di V_U/Vi alle frequenze per le quali i condensatori C_1, C_2 e C_3 possono essere considerati dei corto circuiti.

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 08 giugno 2021

Esercizio 2

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

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

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 di tutti i transistori.

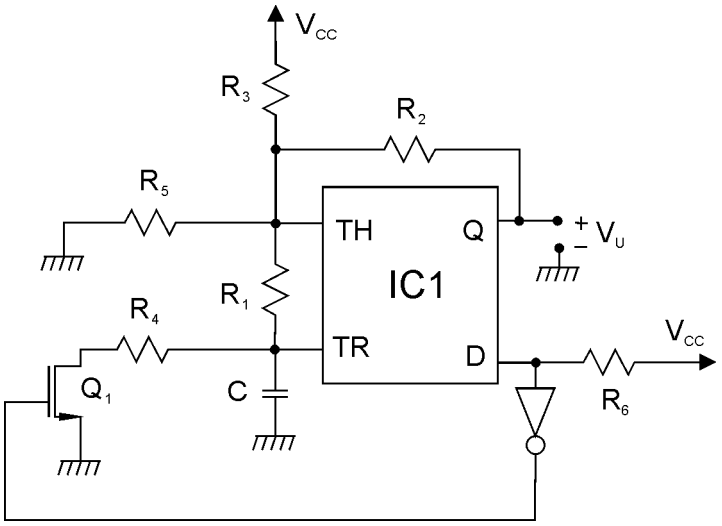
ELETTRONICA DIGITALE

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 08 giugno 2021

Esercizio 3

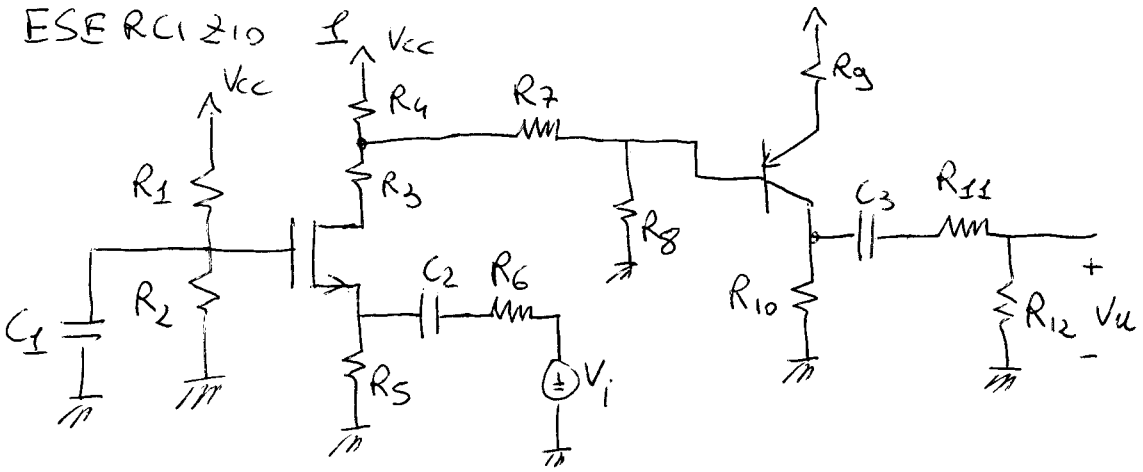
R_1 = 375 Ω	R_5 = 1.5 kΩ
R_2 = 1 kΩ	R_6 = 1 kΩ
R_3 = 1 kΩ	C = 1 µF
R_4 = 250 Ω	V_{CC} = 6 V

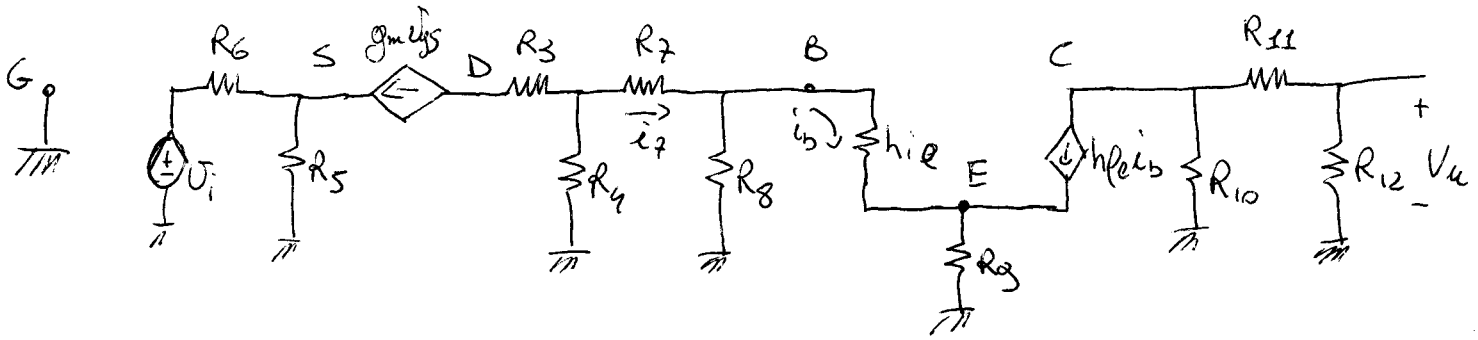


Il circuito IC1 è un NE555 alimentato a V_{CC} = 6 V; Q1 ha una Ron = 0 e V_T = 1V. L'inverter è ideale. Verificare che il circuito si comporta come un multivibratore astabile e determinare la frequenza del segnale di uscita.

APPELLO 08/06/2021

ESERCIZIO 1





$$V_u = (-h_{fe}\, i_b)\,\frac{R_{10}}{R_{10}+R_{11}+R_{12}}\,R_{12}$$

$$i_b = i_7\,\frac{R_8}{R_8 + h_{ie} + R_g(h_{fe}+1)}$$

$$i_7 = (-g_m v_{gs})\,\frac{R_4}{R_4 + R_7 + R_8 \,\|\, [h_{ie} + R_g(h_{fe}+1)]}$$

$$\Rightarrow i_7 = (+g_m v_s)\,\frac{R_4}{R_4 + \dots}$$

$$v_g = 0$$

$$v_s = v_i\,\frac{1}{R_6 + (R_5 \,\|\, \frac{1}{g_m})}\,(R_5 \,\|\, \frac{1}{g_m})$$

$$\frac{V_u}{V_i} = (-h_{fe})\,\frac{R_{10}R_{12}}{R_{10}+R_{11}+R_{12}}\,\frac{R_8}{R_8+h_{ie}+R_g(h_{fe}+1)}\,(+g_m)\,\frac{R_4}{R_4+R_7+R_8\,\|\,[h_{ie}+R_g(h_{fe}+1)]}$$

$$\frac{(R_5 \,\|\, \frac{1}{g_m})}{R_6 + (R_5 \,\|\, \frac{1}{g_m})}$$

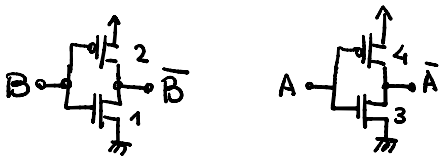
ESB

Sunday, June 6, 2021 10:51 PM

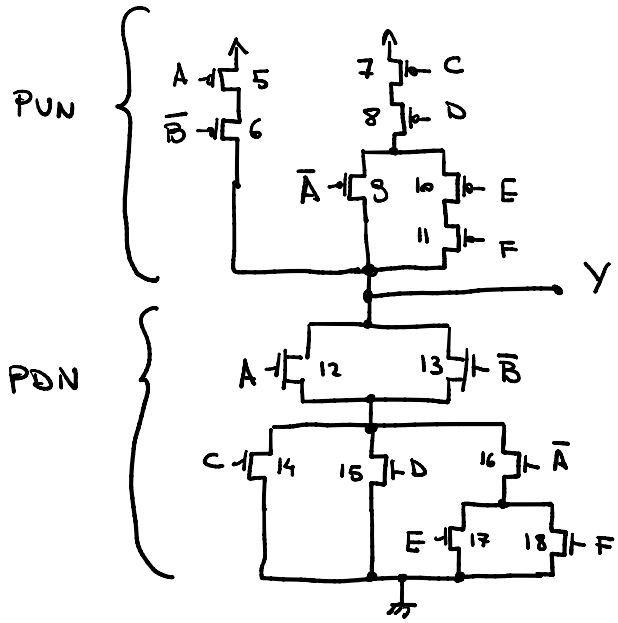
$$Y = \bar{A}B + \bar{C}\bar{D}(A + \bar{E}\bar{F})$$

$$N = 2 \times 7 + 2 \times 2 = 18$$

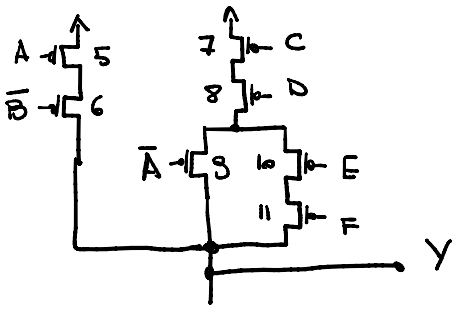
INVERTER



$$\begin{cases} \left(\frac{W}{L}\right)_{1,3} = M = 2 \\ \left(\frac{W}{L}\right)_{2,4} = P = 5 \end{cases}$$



Dim. PUN:



•) PERCORSO DA 4: 7-8-10-11 (POSSIBILE)

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{7,8,10,11} = x \rightarrow \frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{4}{x} \equiv \frac{1}{p}$$

$$x = \left(\frac{W}{L}\right)_{7,8,10,11} = 4p = 20$$

••) PERCORSO DA 3: 7-8-9, CON 7 E 8 GIÀ DIMENSIONATI (4p), (POSSIBILE)

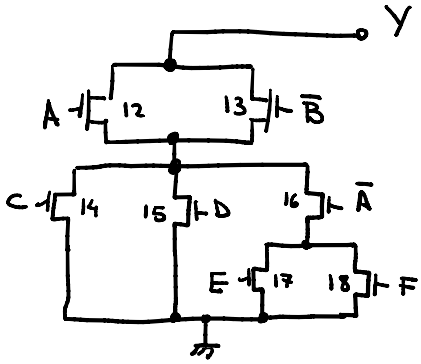
$$\left(\frac{W}{L}\right)_9 = z \rightarrow \frac{1}{z} + \frac{1}{4p} + \frac{1}{4p} = \frac{1}{z} + \frac{1}{2p} \equiv \frac{1}{p} \rightarrow \frac{1}{z} = \frac{2}{2p} - \frac{1}{2p} = \frac{1}{2p}$$

$$z = \left(\frac{W}{L}\right)_9 = 2p = 10$$

•••) PERCORSO DA 2: 5-6 (POSSIBILE)

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{5,6} = t \rightarrow \frac{1}{t} + \frac{1}{t} = \frac{2}{t} = \frac{1}{p} \rightarrow t = \left(\frac{W}{L}\right)_{5,6} = 2p = 10$$

DIM. PDN:



-)PERCORSI DA 3: $\left\{\begin{matrix}12-16-17\\12-16-18\end{matrix}\right\}$ IMPOSSIBILI (A e $\bar{A}$) ; $\left\{\begin{matrix}13-16-17\\13-16-18\end{matrix}\right\}$ POSSIBILI

$\left(\frac{W}{L}\right)_{13,16,17,18} = F \rightarrow \frac{1}{F}+\frac{1}{F}+\frac{1}{F} = \frac{3}{F} \leq \frac{1}{m} \rightarrow F = \left(\frac{W}{L}\right)_{13,16,17,18} = 3m = 6$

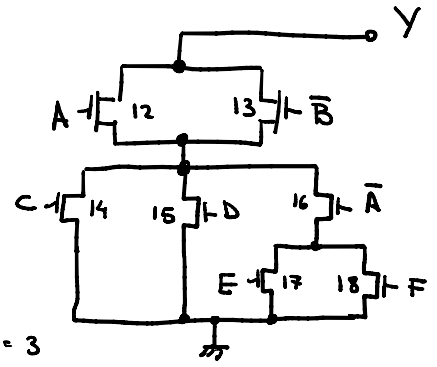
-)PERCORSI DA 2: $\left\{\begin{matrix}12-14\\12-15\\13-14\\13-15\end{matrix}\right\}$ POSSIBILI, CON 13 GIÀ DIMENSIONATO $(3m)$

OPZ. ①: DIM. 12, 14, 15 UGUALI USANDO $\left\{\begin{matrix}12-14\\12-15\end{matrix}\right.$ E POI VERIFICO I PERCORSI $\left\{\begin{matrix}13-14\\13-15\end{matrix}\right.$

$\left(\frac{W}{L}\right)_{12,14,15} = h \rightarrow \frac{1}{h}+\frac{1}{h} = \frac{2}{h} = \frac{1}{m} \rightarrow h = \left(\frac{W}{L}\right)_{12,14,15} = 2m = 4$

PER 13-14 E 13-15 HO: $\underbrace{\frac{1}{3m}}_{13} + \underbrace{\frac{1}{2m}}_{14\,//\,15} = \frac{2+3}{6m} = \frac{5}{6m} < \frac{1}{m}$ CONDIZIONE VERIFICATA

-)PERCORSI DA 2: $\left\{\begin{matrix}12-14\\12-15\\13-14\\13-15\end{matrix}\right\}$ POSSIBILI, CON 13 GIÀ DIMENSIONATO $(3m)$



OPZ. ②

DIMENSIONO PRIMA 14 E 15 USANDO 13-14 E 13-15 E POI 12 USANDO 12-14 E 12-15

$\left(\frac{W}{L}\right)_{14,15} = J \rightarrow \frac{1}{J}+\frac{1}{3m} = \frac{1}{m} \rightarrow \frac{1}{J} = \frac{3}{3m}-\frac{1}{3m} = \frac{2}{3m} \rightarrow J = \left(\frac{W}{L}\right)_{14,15} = \frac{3}{2}m = 3$

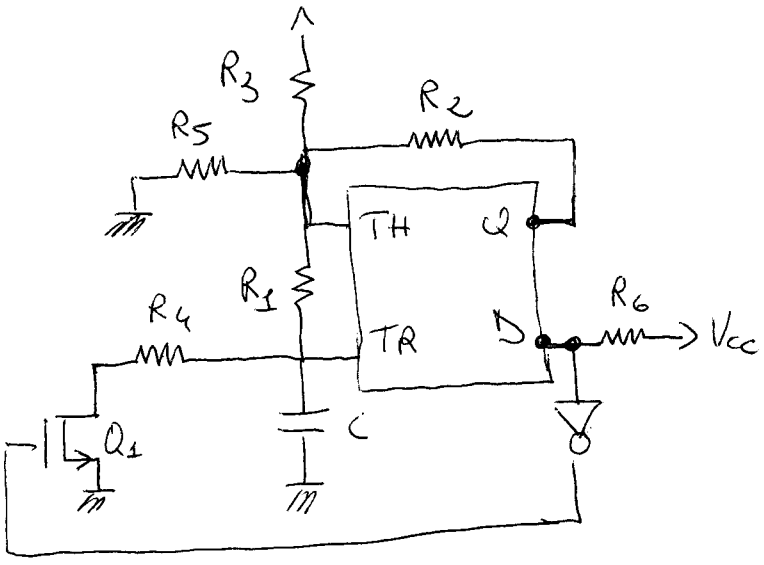
$\left(\frac{W}{L}\right)_{12} = b \rightarrow \frac{1}{b}+\frac{1}{\frac{3}{2}m} = \frac{1}{m} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{3}{3m}-\frac{2}{3m} = \frac{1}{3m} \rightarrow b = \left(\frac{W}{L}\right)_{12} = 3m = 6$

CONFRONTO LE DUE OPZIONI:

	$\left(\frac{W}{L}\right)_{12}$	$\left(\frac{W}{L}\right)_{14}$	$\left(\frac{W}{L}\right)_{15}$	TOT
OPZ. 1	2m	2m	2m	6m
OPZ. 2	3m	$\frac{3}{2}$m	$\frac{3}{2}$m	6m

LE DUE OPZIONI SONO EQUIVALENTI

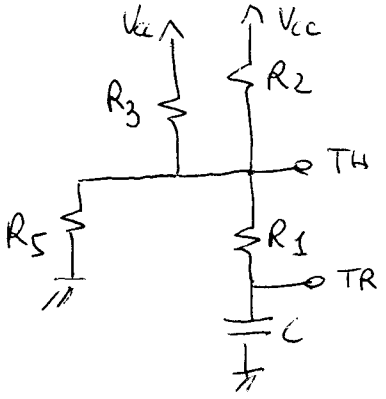
ESERCIZIO 3



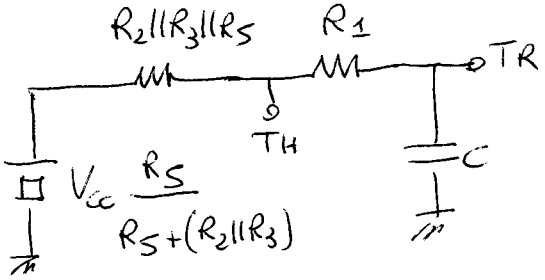
$R_1 = 375\,\Omega$
$R_2 = 1\,k\Omega$
$R_3 = 1\,k\Omega$
$R_4 = 250\,\Omega$
$R_5 = 1.5\,k\Omega$
$R_6 = 1\,k\Omega$
$C = 1\,\mu F$
$V_{cc} = 6\,V$

1) $Q = 1$

$D = HI \Rightarrow V_{G1} = 0\,V \quad V_{S1} = 0\,V \Rightarrow V_{GS1} = 0\,V < V_T \Rightarrow Q_1$ OFF



$\Rightarrow$



$$V_{Thev} = V_{cc}\frac{R_5}{R_5 + R_2 \| R_3} = 4.5\,V$$

$$R_{Thev} = R_2 \| R_3 \| R_5 = 375\,\Omega$$

$$V_{i1} = \frac{1}{3}V_{cc} = 2\,V$$

$$V_{f1} = V_{Thev} = 4.5\,V$$

$$I_1 = \frac{V_{Thev} - V_{TH}}{R_{Thev}} = 1.\overline{3}\,mA$$

$$V_{com1} = V_{TH} - R_1 I_1 = 3.5\,V$$

VERIFICA COMMUTAZIONE : $V_{i1} < V_{com1} < V_{f1}$

$2\,V < 3.5\,V < 4.5\,V$: VERIFICA OK

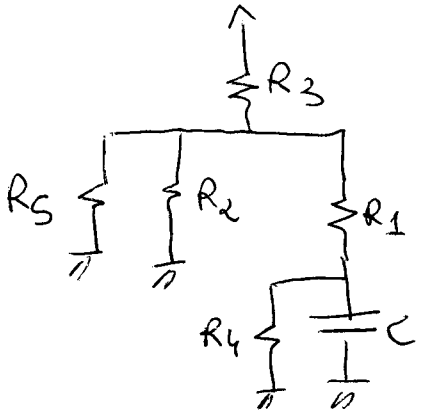
$$R_{v1} = R_1 + R_{Thev} = 750\,\Omega$$

$$\tau_1 = R_{v1} C = 750 \times 10^{-6}\,s$$

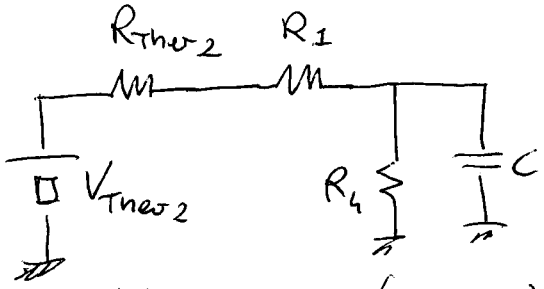
$$T_1 = \tau_1 \ln\left(\frac{V_{i1} - V_{f1}}{V_{cor1} - V_{f1}}\right) = 6.872 \times 10^{-4}\ s$$

2) $Q = \phi$

$D = \phi \Rightarrow V_{G1} = 6V$; $V_{S1} = \phi V \Rightarrow V_{GS1} = 6V > V_T = 1V \Rightarrow Q_1$ ON



$\Rightarrow$



$$V_{Thev2} = V_{CC}\frac{(R_2 \| R_5)}{R_3 + (R_2 \| R_5)} = 2.25V$$

$$R_{Thev2} = R_2 \| R_3 \| R_5 = 375\ \Omega$$

$V_{i2} = V_{cor1} = 3.5\ V$

$V_{cor2} = V_{i1} = 2\ V$

$$V_{f2} = V_{Thev2}\frac{R_4}{R_{Thev2} + R_1 + R_4} = 0.5625V$$

VERIFICA COMMUTAZIONE: $V_{i2} > V_{cor2} > V_{f2}$

$3.5V > 2V > 0.5625V \Rightarrow$ VERIFICA OK

$R_{V2} = R_4 \| (R_1 + R_{Thev2}) = 187.5\ \Omega$

$\tau_2 = C R_{V2} = 187.5 \times 10^{-6}\ s$

$$T_2 = \tau_2 \ln\left(\frac{V_{i2} - V_{f2}}{V_{cor2} - V_{f2}}\right) = 1.339975 \times 10^{-4}\ s$$

$T = T_1 + T_2 = 8.21215 \times 10^{-4}\ s$

$f = 1217.7\ Hz$