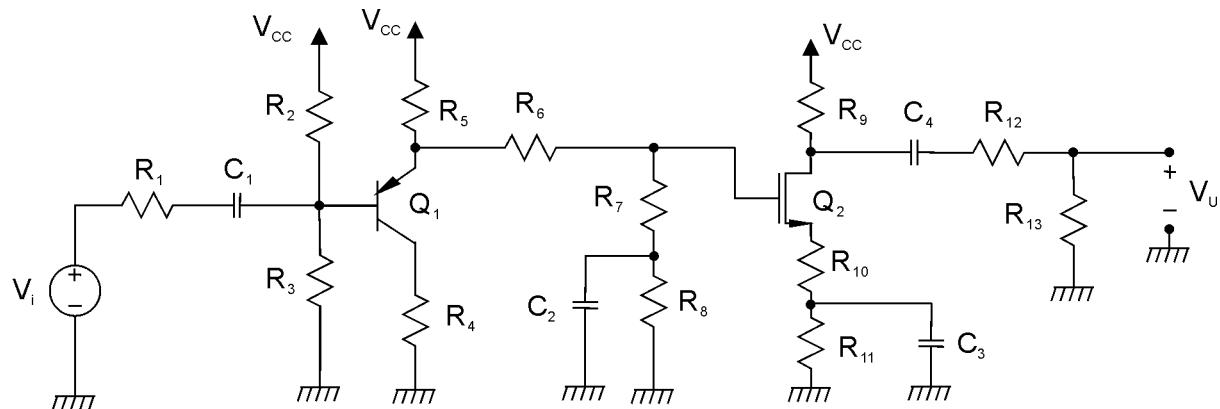


ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 02 novembre 2021

Esercizio 1



Q_1 è un transistore BJT BC179A 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 $I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$.

Gli altri parametri di piccolo segnale dei due transistori sono forniti dal costruttore e sono di valore positivo.

Con riferimento al circuito in figura:

- 1) disegnare il circuito equivalente per l'analisi di piccolo segnale;
- 2) determinare l'espressione di V_U/V_i alle frequenze per le quali i condensatori C_1 , C_2 , C_3 e C_4 possono essere considerati dei corto circuiti.

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 02 novembre 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:

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

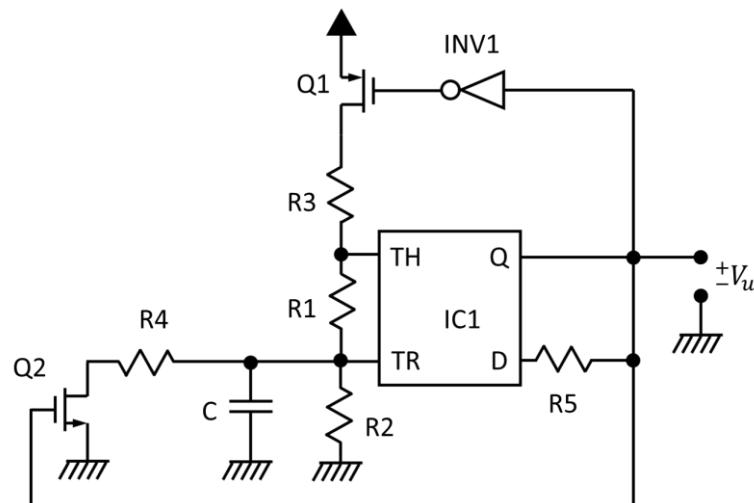
Determinare il numero dei transistori necessari e disegnarne lo schema completo. Dimensionare inoltre il rapporto (W/L) di tutti i transistori, assumendo, per l'inverter di base, W/L pari a 2 per il MOS a canale *n* e pari a 5 per quello a canale *p*. Si specifichino i dettagli della procedura di dimensionamento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

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

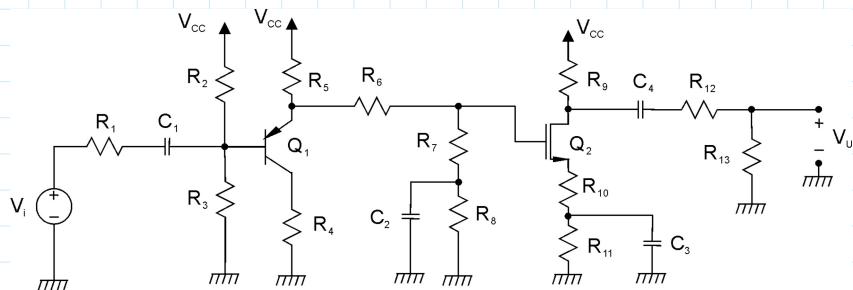
Prova scritta del 02 novembre 2021

Esercizio 3

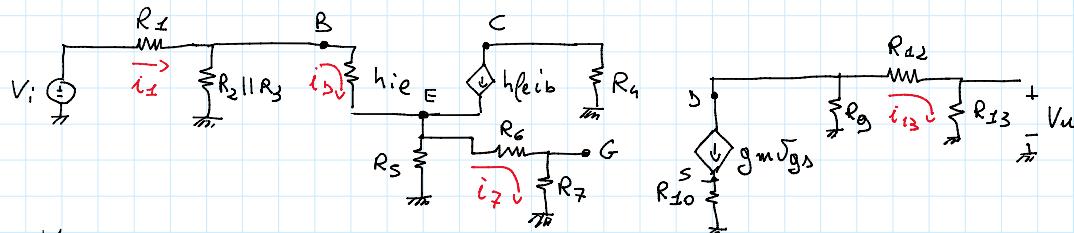
$R_1 = 600 \Omega$	$C = 1 \mu F$
$R_2 = 1.75 \text{ k}\Omega$	$V_{CC} = 6 \text{ V}$
$R_3 = 800 \Omega$	
$R_4 = 7 \text{ k}\Omega$	
$R_5 = 1 \text{ k}\Omega$	



Il circuito IC_1 è un NE555 alimentato a $V_{CC} = 6 \text{ V}$; Q_1 ha una $R_{on} = 0$ e $V_{Tp} = -1\text{V}$; Q_2 ha una $R_{on} = 0$ e $V_{Tn} = 1\text{V}$; l'inverter è ideale. Verificare che il circuito si comporta come un multivibratore astabile e determinare la frequenza del segnale di uscita.



CIRCUITO PER LE VARIAZIONI CON C_1, C_2, C_3 E C_4 CORTOCIRCUITATI



$$V_u = R_{13} i_{13}$$

$$i_{13} = (-g_m \bar{J}_{g_d}) \frac{R_{13}}{R_9 + R_{12} + R_{13}}$$

$$\bar{J}_d = (g_m \bar{J}_{g_d}) R_{10}$$

$$\bar{J}_{g_d} = \bar{J}_g - \bar{J}_d = \bar{J}_g - (g_m \bar{J}_{g_d}) R_{10} \quad \left\{ \Rightarrow \bar{J}_{g_d} = \frac{\bar{J}_g}{1 + g_m R_{10}} \right.$$

$$\bar{J}_g = R_7 i_7$$

$$i_7 = i_e \frac{R_5}{R_5 + R_6 + R_7}$$

$$i_e = i_b (h_{f_e} + 1)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{J}_g &= i_b (h_{f_e} + 1) \frac{R_5}{R_5 + R_6 + R_7} R_7 \\ &\Rightarrow \bar{J}_g = i_b (h_{f_e} + 1) \frac{R_5}{R_5 + R_6 + R_7} R_7 \end{aligned} \right\}$$

$$i_b = i_1 \frac{R_2 || R_3}{(R_2 || R_3) + h_{i_e} + [h_{f_e} + 1] (R_5 || (R_6 + R_7))} = i_1 \frac{R_2 || R_3}{(R_2 || R_3) + R_{V_{base}}}$$

$\underbrace{R_{V_{base}}}_{R_{V_{base}}}$

$$i_1 = \frac{V_i}{R_1 + R_2 || R_3 || R_{V_{base}}} = \frac{V_i}{R_1 + R_2 || R_3 || [h_{i_e} + (R_5 || (R_6 + R_7)) (h_{f_e} + 1)]}$$

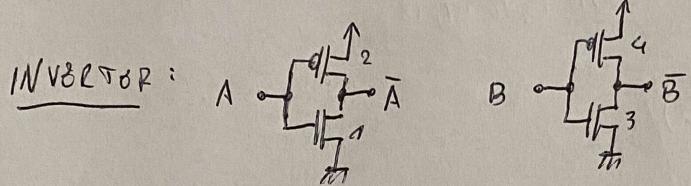
$$\begin{aligned} \frac{V_u}{V_i} &= (-g_m) \frac{R_{13}}{R_9 + R_{12} + R_{13}} R_{13} \frac{-1}{1 + g_m R_{10}} (h_{f_e} + 1) \frac{R_5 R_7}{R_5 + R_6 + R_7} \frac{R_2 || R_3}{R_2 || R_3 + h_{i_e} + (R_5 || (R_6 + R_7)) (h_{f_e} + 1)} \\ &\cdot \frac{-1}{R_1 + R_2 || R_3 || [h_{i_e} + (R_5 || (R_6 + R_7)) (h_{f_e} + 1)]} \end{aligned}$$

es. B

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

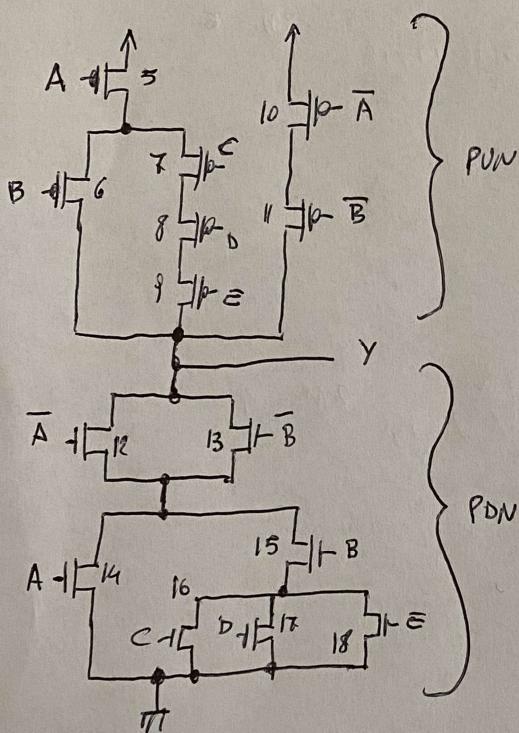
$$N = 2 \times (7+2) = 18$$

INVOLUTOR:



$$\left(\frac{W}{L}\right)_{1,3} = M = 2$$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{2,4} = P = 5$$



DIM. PUN

POLIGONO DA C:
5-7-8-9 POSSIBILITÀ

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{5,7,6,8} = x \quad \frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{4}{x} = \frac{1}{P}$$

$$x = \left(\frac{W}{L}\right)_{5,7,6,8} = 4P = 20$$

POLIGONO DA 2: $\left\{ \begin{array}{l} 5-6 \\ 10-11 \end{array} \right. \text{ CON 5 GRADI DI R.} \quad \left\} \right. \text{ POSSIBILITÀ}$

CONSIDERATO 5-6: $\left(\frac{W}{L}\right)_5 = 4P, \quad \left(\frac{W}{L}\right)_6 = t$

$$\frac{1}{6} + \frac{1}{4P} = \frac{1}{P} = \frac{1}{4P} \rightarrow \frac{1}{t} = \frac{3}{4P} \rightarrow t = \left(\frac{W}{L}\right)_6 = \frac{1P}{3} = \frac{20}{3}$$

CONSIDERATO 10-11: $\left(\frac{W}{L}\right)_{10,11} = 2$

$$\frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{2}{8} = \frac{1}{P} \rightarrow 2 = \left(\frac{W}{L}\right)_{10,11} = 2P = 10$$

D/H. PDN :

PER CO RS: DA 3:

$$\left. \begin{array}{l} 12-15-16 \\ 12-15-17 \\ 12-15-18 \end{array} \right\} \text{POSSIBL} \rightarrow \left(\frac{w}{z} \right)_{12, 15, 16, 17, 18} = J$$

$$\left. \begin{array}{l} 13-15-16 \\ 13-15-17 \\ 13-15-18 \end{array} \right\} \text{IMPOSSIBL } (\bar{B} \in B)$$

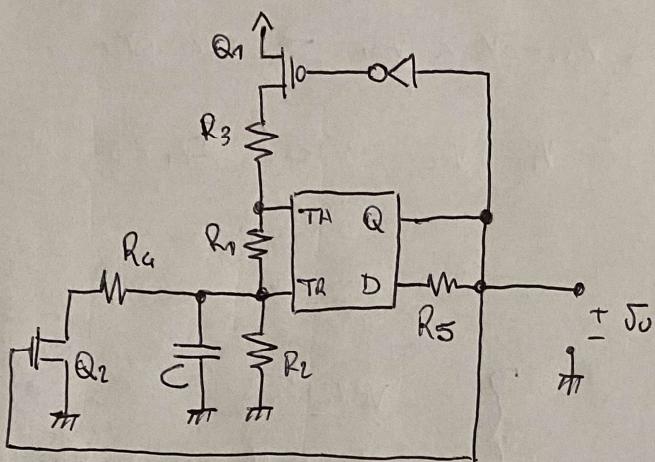
$$\frac{1}{J} + \frac{1}{J} + \frac{1}{J} = \frac{3}{J} = \frac{1}{M} \rightarrow J = \left(\frac{w}{z} \right)_{12, 15, 16, 17, 18} = 3M = 6$$

PER CO RS: DA 2:

$$\left. \begin{array}{l} 12-14 \\ 13-14 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{IMPOSSIBL } (\bar{A} \in A) \\ \text{POSSIBL} \end{array}$$

$$\left(\frac{w}{z} \right)_{13, 14} = K \quad \frac{1}{K} + \frac{1}{K} = \frac{2}{K} = \frac{1}{M} \rightarrow K = \left(\frac{w}{z} \right)_{13, 14} = 2M = 4$$

Ex. ④



$$R_1 = 600 \Omega$$

$$R_2 = 1.75 k\Omega$$

$$R_3 = 800 \Omega$$

$$R_4 = 7 k\Omega$$

$$R_5 = 1 k\Omega$$

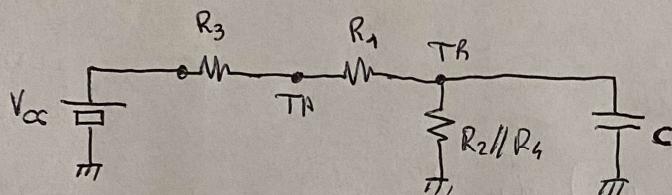
$$C = 1 \mu F$$

$$V_{CC} = 6 V$$

$$V_{TP} = -1 V$$

$$V_{Th} = 1 V$$

5) $\delta T : Q = '1' \rightarrow V_{G1} = 0 V \rightarrow V_{GS1} = -V_{CC} < -|V_{TP}| \rightarrow Q_1 \text{ ON}$
 $V_{G2} = V_{CC} \rightarrow V_{GS2} = V_{CC} > V_{Th} \rightarrow Q_2 \text{ ON}$



a) $\delta T \text{ INICIAL CON } V_{TR} = \frac{1}{3} V_{CC} = 2 V \rightarrow V_{in} = 2 V$

b) COMPARACIONES 1 → 2 : $V_{Th} = \frac{2}{3} V_{CC} = 4 V$, $I_1 = \frac{V_{CC} - \frac{2}{3} V_{CC}}{R_3} = 2.5 \text{ mA}$

$$V_{COM12} = \frac{2}{3} V_{CC} - R_1 \cdot I_1 = 2.5 V$$

c) VALORES FINALES STABILIZADOS : $V_{F1} = V_{CC} \frac{R_2 // R_4}{R_3 + R_1 + R_2 // R_4} = 3 V$

$$R_{V1} = (R_3 + R_1) // R_2 // R_4 = 700 \Omega$$

$$\tau_1 = R_{V1} \cdot C = 700 \mu s$$

$$T_1 = \tau_1 \cdot \ln \left\{ \frac{V_{F1} - V_{C1}}{V_{F1} - V_{COM12}} \right\} = 485.2 \mu s$$

VERIFICA :

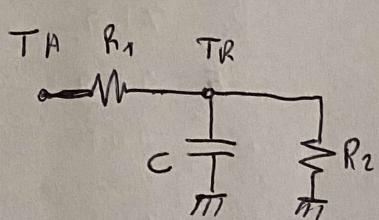
$$V_{C1} < V_{COM12} < V_{F1}$$

$$2 V < 2.5 V < 3 V$$

OK

RESET : $Q = '0' \rightarrow V_{Q1} = V_{CE} \rightarrow V_{GS1} = 0V > -|V_{TP}| \rightarrow Q_1 \text{ OFF}$

$V_{Q2} = 0V \rightarrow V_{GS2} = 0V < V_m \rightarrow Q_2 \text{ OFF}$



$$V_{TH} \equiv V_{TR} \quad \text{Per con} \quad I_{R1} = 0$$

$$V_{i2} = V_{COM2} = 2.5V$$

$$V_{COM21} = \frac{1}{3} V_{CE} = V_{i1} = 2V$$

$$V_{f1} = 0V$$

$$RV_2 = R_2 = \cancel{1.75} \text{ k}\Omega \quad 1.75 \text{ k}\Omega$$

$$\tau_2 = R_2 \cdot C = 1.75 \text{ ms}$$

$$T_2 = \tau_2 \cdot \ln \left\{ \frac{V_{f2} - V_{i2}}{V_{f2} - V_{COM21}} \right\} = \tau_2 \cdot \ln \left\{ \frac{V_{i2}}{V_{COM21}} \right\} \approx 390.5 \text{ }\mu\text{s}$$

$$T = T_1 + T_2 = 875.7 \text{ }\mu\text{s}$$

$$f_{osc} = \frac{1}{T} = 1141.9 \text{ Hz}$$