

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 02 luglio 2020

Esercizio 1

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

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

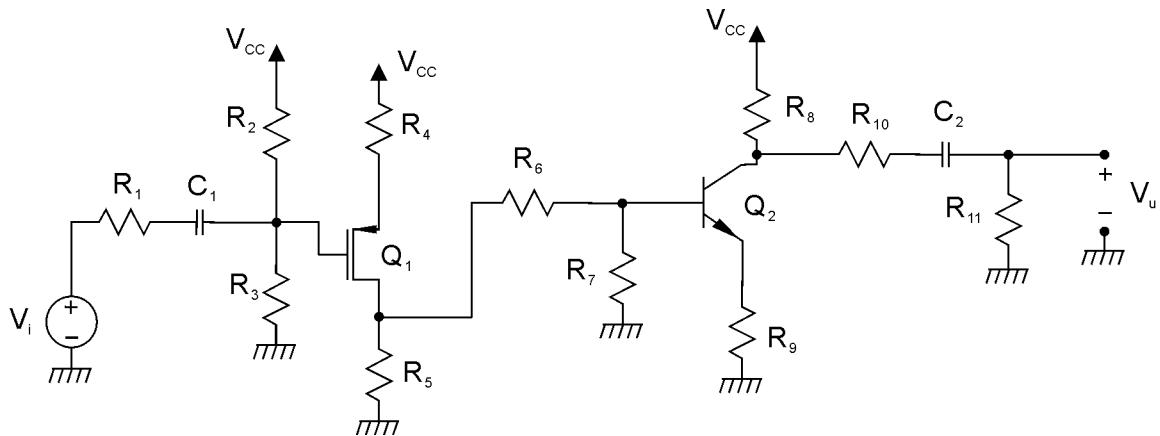
Determinare il numero dei transistori necessari e disegnarne lo schema completo. Dimensionare inoltre il rapporto (W/L) di tutti i transistori, assumendo, per l'inverter di base, W/L pari a 2 per il MOS a canale *n* e pari a 5 per quello a canale *p*. Si specifichino i dettagli della procedura di dimensionamento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

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

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 02 luglio 2020

Esercizio 2



Q_1 è un transistore MOS a canale p resistivo con la corrente di drain in saturazione data da $I_D=k(V_{GS}-V_T)^2$ e $g_m>0$; Q_2 è un transistore BJT BC109B resistivo con $h_{re}=h_{oe}=0$;

Con riferimento al circuito in figura:

- 1) Determinare l'espressione di V_u/V_i alle frequenze per le quali i condensatori C_1 e C_2 possono essere considerati dei corto circuiti.

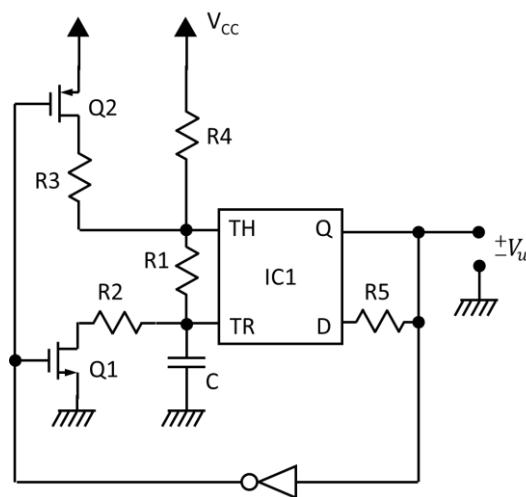
È consentita la consultazione del solo manuale delle caratteristiche. Nel caso di presenza appunti, testi in vista, si procederà all'immediato annullamento della prova scritta.

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 02 luglio 2020

Esercizio 3

$R_1 = 1050 \Omega$	$C = 1 \mu F$
$R_2 = 1245 \Omega$	$V_{CC} = 6 V$
$R_3 = 2400 \Omega$	
$R_4 = 10.4 k\Omega$	
$R_5 = 2500 \Omega$	

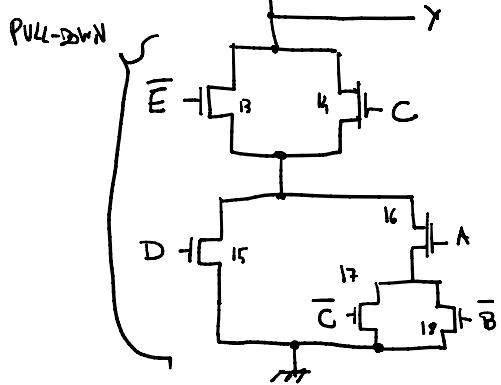
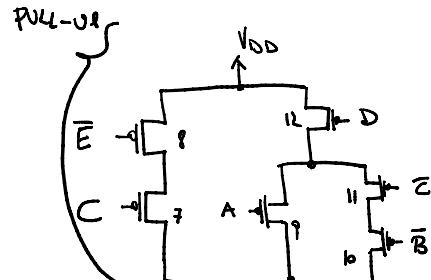


Il circuito IC1 è un NE555 alimentato a $V_{CC} = 6 V$; Q_1 ha una $R_{on} = 0$ e $V_T = 1V$; Q_2 ha una $R_{on} = 0$ e $V_T = -1V$; l'inverter è ideale. Verificare che il circuito si comporta come un multivibratore astabile e determinare la frequenza del segnale di uscita.

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

$$Y = (\bar{A} + BC) \cdot \bar{D} + E\bar{C}$$

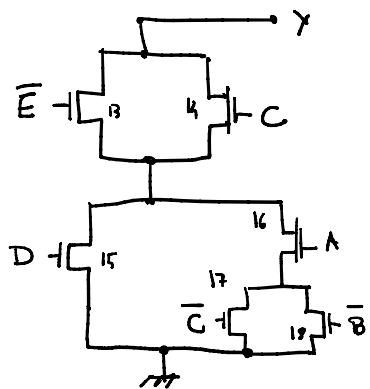
$$N = 2 \times (6 + 3) = 18$$



$$\left(\frac{W}{L}\right)_9 = \eta \rightarrow \frac{1}{\eta} + \frac{1}{3p} = \frac{1}{p} \rightarrow \frac{1}{\eta} = \frac{2}{3p} \rightarrow \eta = \frac{3}{2}p = 7.5 \Rightarrow \left(\frac{W}{L}\right)_9 = \frac{3}{2}p = 7.5$$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{7,8} = t \rightarrow \frac{1}{t} + \frac{1}{t} = \frac{2}{t} = \frac{1}{p} \rightarrow t = 2p = 10 \Rightarrow \left(\frac{W}{L}\right)_{7,8} = 2p = 10$$

Dim. PULL-DOWN:



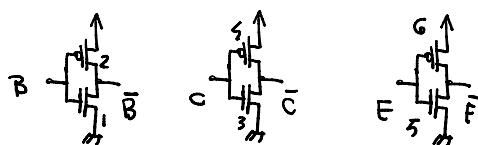
PULL-DOWN DA 2:

- 17 - 16 - 14 IMPOSSIBILE ($C \neq \bar{C}$)
 - 17 - 16 - 13 POSSIBILE
 - 18 - 16 - 14 POSSIBILE
 - 18 - 16 - 13 POSSIBILE
- } EQUIVALENZE

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{13,14,16,17,18} = f$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{3}{f} = \frac{1}{m} \rightarrow f = 3m = 6$$

INV & SR



$$\left(\frac{W}{L}\right)_{1,3,5} = m = 2 \quad \left(\frac{W}{L}\right)_{2,4,6} = p = 5$$

Dim. PULL-UP:

- PULL-UP DA 3: 10 - 11 - 12 POSSIBILE

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{10,11,12} = x \rightarrow \frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{3}{x} = \frac{1}{p} \rightarrow x = 3p = 15$$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{10,11,12} = 3p = 15$$

- PULL-UP DA 2 } 7-12, CON 12 GATE DIMINUITO (3p)

7-8, ENTREMBI DA Dimensionate

$$7-8, \text{ENTRAMBI DA Dimensionate}$$

$$7-8, \text{ENTRAMBI DA Dimensionate}$$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{f} + \frac{1}{r} = \frac{3}{f} = \frac{1}{m} \rightarrow f = 3m = 6$$

$$\left(\frac{N}{L}\right)_{13, 14, 16, 17, 18} = 3m = 6$$

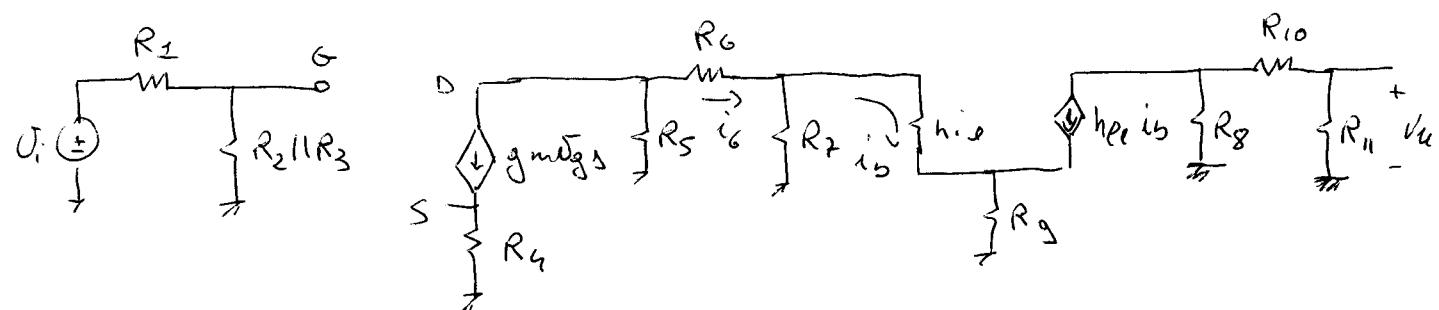
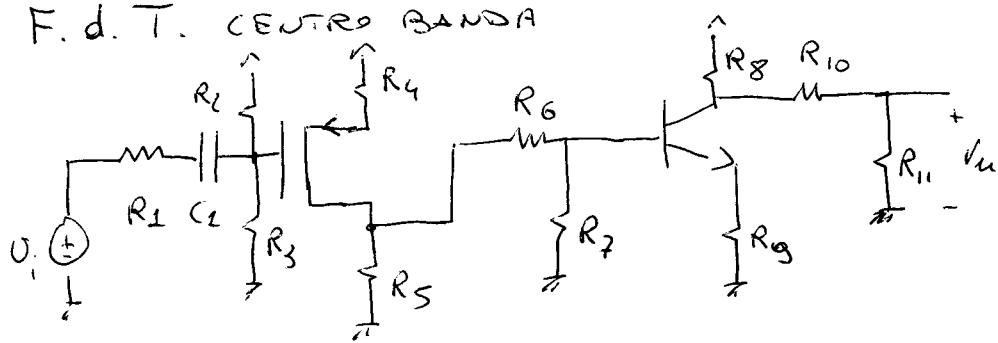
Reporre da 2:

- 15 - 13 } equivarianti, con 13 e 15 give dimensioni ($3m = 6$)
- 15 - 14 }

$$\left(\frac{N}{L}\right)_R = \varepsilon \rightarrow \frac{1}{z} + \frac{1}{3m} = \frac{1}{m} \rightarrow \frac{1}{z} = \frac{1}{3m} \rightarrow z = \frac{3}{2}m = 3$$

$$\left(\frac{N}{L}\right)_{15} = \frac{3}{2}m = 3$$

F. d. T. CENTRO BANDA



$$V_u = (-h_{fe} i_b) \frac{R_8}{R_8 + R_{10} + R_{11}} R_{11}$$

$$i_b = i_6 \frac{R_2}{R_2 + h_{ie} + R_g (h_{re} + 1)}$$

$$i_6 = (-g_m v_{gs}) \frac{R_S}{R_S + R_6 + R_7 || [h_{ie} + R_g (h_{re} + 1)]}$$

$$V_S = (g_m v_{gs}) R_4$$

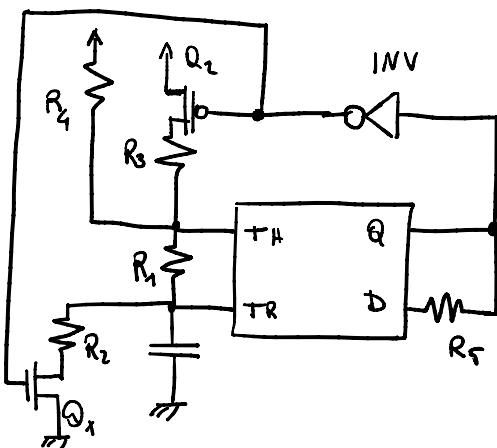
$$V_{gs} = V_g - V_d = V_g - (g_m v_{gs}) R_4 \Rightarrow V_{gs} = \frac{V_g}{1 + g_m R_4}$$

$$V_g = V_i \frac{R_2 || R_3}{R_1 + R_2 || R_3}$$

$$\frac{V_u}{V_i} = (-h_{fe}) \frac{R_8 R_{11}}{R_8 + R_{10} + R_{11}} \frac{R_2}{R_2 + h_{ie} + R_g (h_{re} + 1)} (-g_m) \frac{R_S}{R_S + R_6 + R_7 || [h_{ie} + R_g (h_{re} + 1)]}$$

$$\cdot \frac{1}{1 + g_m R_4}, \quad \frac{R_2 || R_3}{R_1 + R_2 || R_3}$$

ES C



$$\text{SET} \quad \begin{cases} Q = 1 \\ D = \text{H2} \end{cases}$$

$$\text{RESET} \quad \begin{cases} Q = 0 \\ D = 0 \end{cases}$$

$$C = 1 \mu\text{F}$$

$$\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} <$$

$$R_1 = 1050 \Omega$$

$$R_2 = 1245 \Omega$$

$$R_3 = 2900 \Omega$$

$$R_4 = 10.4 \text{ k}\Omega$$

$$R_5 = 2500 \Omega$$

$$Q_1 \text{ NMOS } (V_{Tn} = 1V) \quad R_{on(1)} = \infty$$

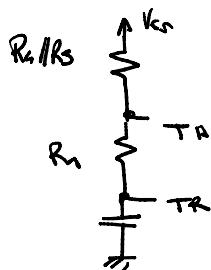
$$Q_2 \text{ PMOS } (V_{Tp} = -1V) \quad R_{on(2)} = 0$$

$$\text{Initial state: } \begin{cases} V_{TR} = \frac{1}{3} V_{CC} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} Q = 1 \\ D = \text{H2} \end{cases}$$

$$Q_2: V_{GS} = -V_{CC} \rightarrow Q_2 \text{ ON}$$

$$R_4 \parallel R_3 = 1950$$

$$Q_1: V_{GS} = 0 \rightarrow Q_1 \text{ OFF}$$



$$V_{in} = \frac{1}{3} V_{CC} = 2V$$

$$V_{f1} = V_{CC} = 6V$$

$$I_{R1} @ \text{SiM12} = \frac{V_{CC} - \frac{2}{3} V_{CC}}{R_4 \parallel R_3} = 1.0256 \text{ mA}$$

$$V_{COM12} = \frac{2}{3} V_{CC} - R_{11} \cdot I_{R1} @ \text{SiM12} = 2.9231 \checkmark$$

$$V_{in} < V_{COM12} < V_{f1}$$

$$2V < 2.9231 < 6V \quad \text{OK}$$

$$R_{11} = R_1 + R_4 \parallel R_3 = 3 \text{ k}\Omega$$

$$\tau_1 = R_{11} \cdot C = 3 \text{ ms}$$

$$\tau_1 = \tau_1 \ln \left\{ \frac{V_{f1} - \frac{1}{3} V_{CC}}{V_{f1} - V_{COM12}} \right\} = 787 \text{ }\mu\text{s}$$

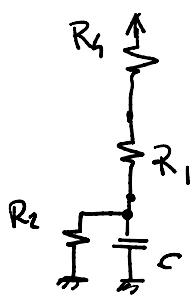
INITIAL & REST: $\begin{cases} Q = 0 & V_{GS1} = V_{CS} \rightarrow S_1 \text{ ON} \\ D = 0 & V_{GS2} = 0 \rightarrow S_2 \text{ OFF} \end{cases}$

INITIAL $V_{TA} = \frac{2}{3} V_{CS}$, $V_{TR} = V_{GS1,12} = V_{i2}$

$$V_{GS1,21} = \frac{1}{3} V_{CS} \quad \frac{1}{3} V_{CS} \quad V_{GS1,22}$$

$$V_{F2} = V_{CS} \cdot \frac{R_2}{R_2 + (R_1 + R_2)} = 0.588 \text{ V}$$

$$V_{F2} < V_{GS1,21} < V_{i2}$$



$$R_{F2} = R_2 \parallel (R_1 + R_2) = 312.28 \text{ k}\Omega$$

$$0.588 \text{ V} < 2 \text{ V} < 3.82 \text{ V}$$

$$T_2 = R_{F2} \cdot C = 1.121 \text{ ms}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \ln \left\{ \frac{V_{F2} - V_{GS1,22}}{V_{F2} - \frac{1}{3} V_{CS}} \right\} = 565 \mu\text{s}$$

$$T = T_1 + T_2 = 1.35 \text{ ms}$$

$$f_{osc} = \frac{1}{T} = 739.6 \text{ Hz}$$