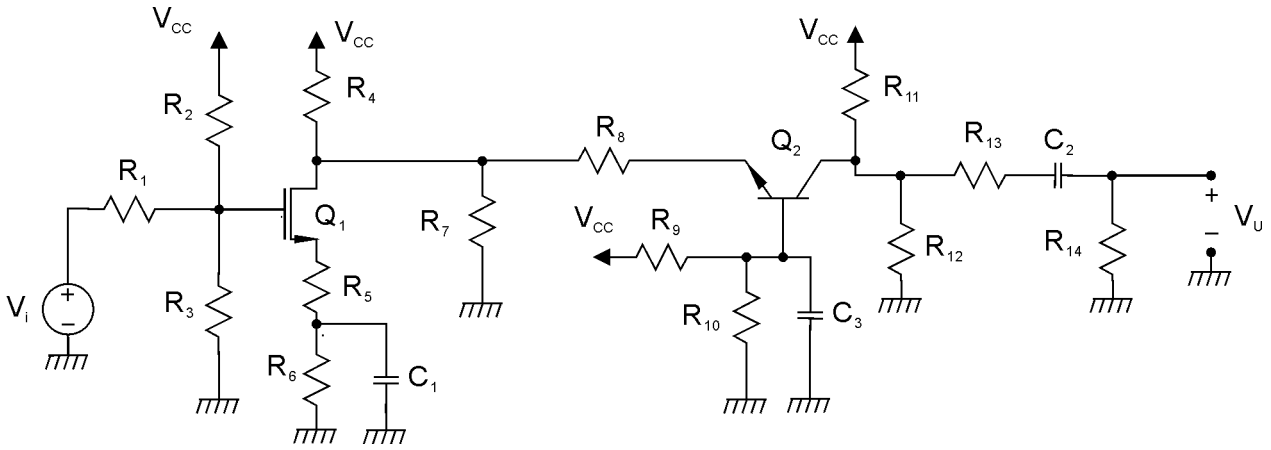
ELETTRONICA DIGITALE

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 08 gennaio 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 BC109B resistivo con $h_{re} = h_{oe}= 0$.

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 gennaio 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:

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

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.

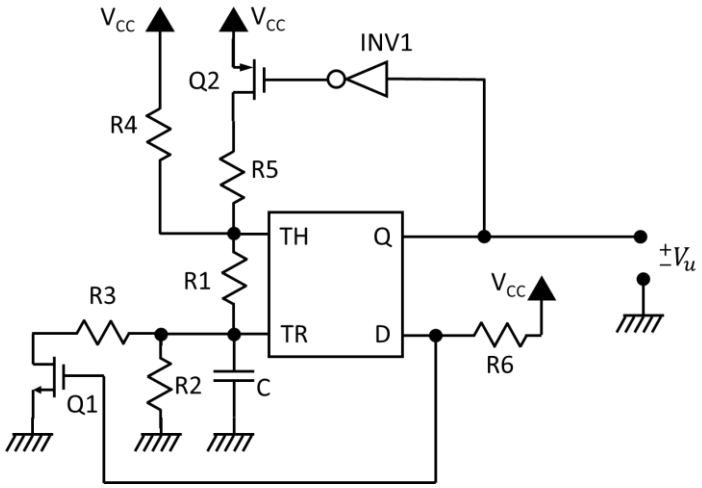
ELETTRONICA DIGITALE

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 08 gennaio 2021

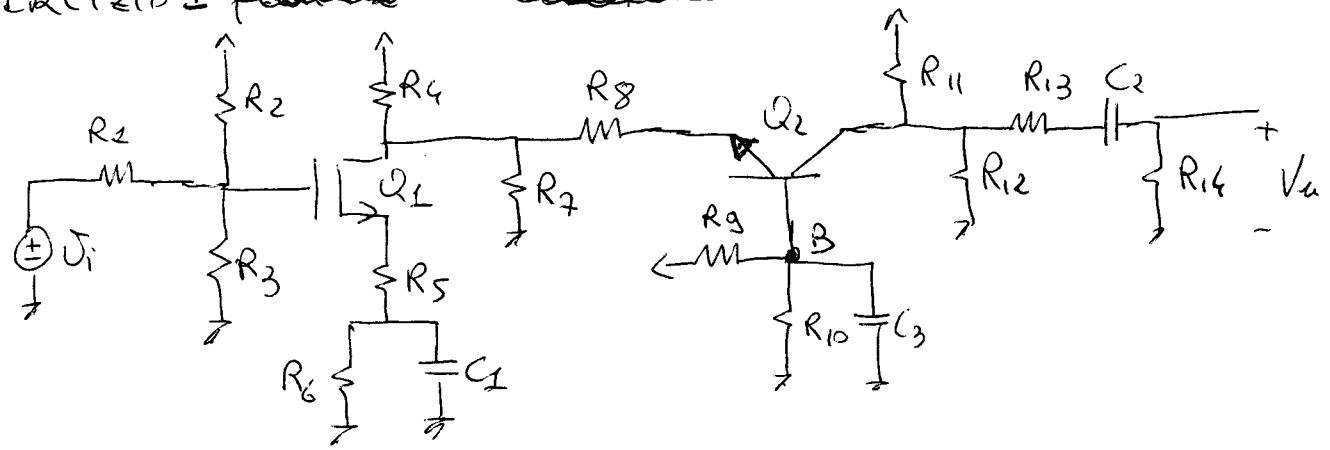
Esercizio 3

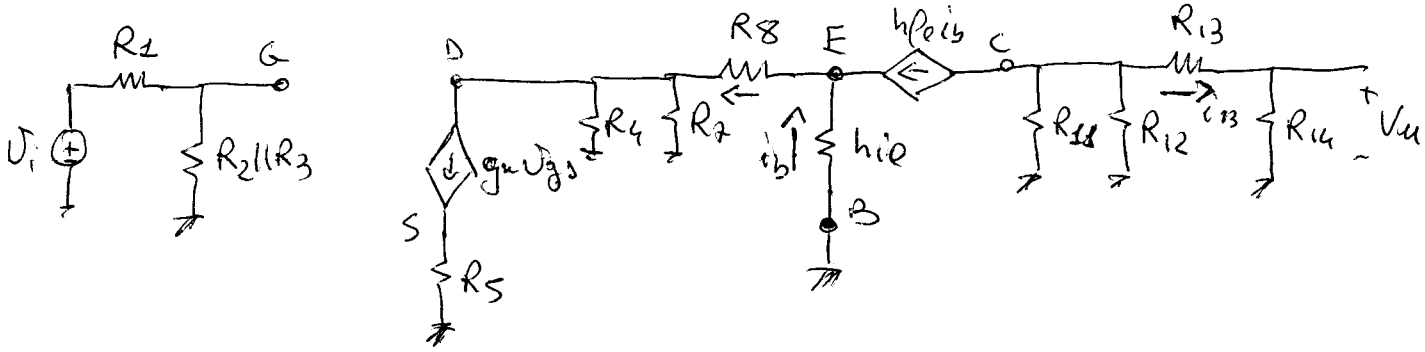
R1 = 50 Ω	R5 = 110 Ω
R2 = 440 Ω	R6 = 10 kΩ
R3 = 4.4 kΩ	C = 1 µF
R4 = 1.1 kΩ	V_{CC} = 6 V



Il circuito IC1 è un NE555 alimentato a V_{CC} = 6 V; Q1 ha una Ron = 0 e V_T = 1V; Q2 ha una Ron = 0 e V_T = -1V; l'inverter INV1 è ideale. Verificare che il circuito si comporta come un multivibratore astabile e determinare la frequenza del segnale di uscita.

ESERCIZIO 1 08/01/2021





$$V_u = (-h_{fe} i_b) \frac{(R_{11} \| R_{12})}{(R_{11} \| R_{12}) + R_{13} + R_{14}} R_{14}$$

$$i_g = (h_{fe}+1)\, i_b \quad \Rightarrow \quad i_b = \frac{i_g}{(h_{fe}+1)}$$

$$i_g = (g_m v_{gs}) \frac{(R_4 \| R_7)}{R_4 \| R_7 + R_8 + \frac{h_{ie}}{(h_{fe}+1)}}$$

$$v_s = (g_m v_{gs}) R_5$$

$$v_{gs} = v_g - (g_m v_{gs}) R_5 \quad \Rightarrow \quad v_{gs} = \frac{v_g}{1 + g_m R_5}$$

$$v_g = v_i \frac{R_2 \| R_3}{R_1 + R_2 \| R_3}$$

$$\frac{V_u}{V_i} = (-h_{fe}) \frac{R_{11} \| R_{12}}{(R_4 \| R_{12}) + R_{13} + R_{14}} R_{14} \frac{1}{(h_{fe}+1)} g_m \frac{R_4 \| R_7}{(R_4 \| R_7) + R_8 + \frac{h_{ie}}{(h_{fe}+1)}}$$

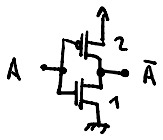
$$\frac{1}{1 + g_m R_5} \quad \frac{R_2 \| R_3}{R_1 + R_2 \| R_3}$$

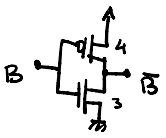
$Y = A + B\bar{C}(\bar{D} + \bar{E}) + D\bar{F}$

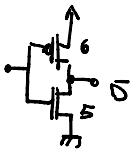
Tuesday, January 5, 2021 10:34 AM

$N = 2 \times (7 + 3) = 20$

3 INVERTER:



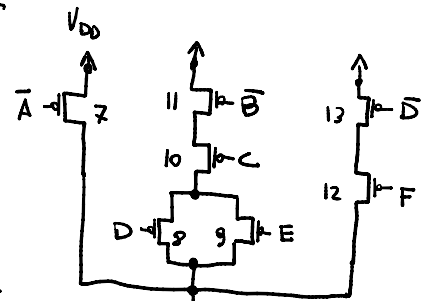




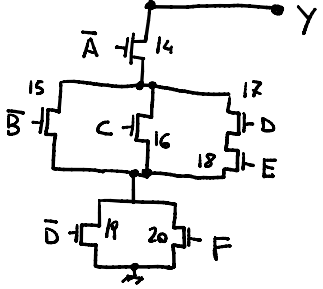
$\left(\frac{W}{L}\right)_{1,3,5} = m = 2$

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

PUN:



PDN:



DIM. PUN:

- PERCORSO DA 3:
  - 9-10-11
  - 8-10-11

  } POSSIBILI 6D EQUIVALENTI

$\left(\frac{W}{L}\right)_{8,9,10,11} = x$

$\frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{3}{x} = \frac{1}{p} \rightarrow x = 3p = 15$

- PERCORSO DA 2:

  12-13: POSSIBILE

$\left(\frac{W}{L}\right)_{12,13} = n \rightarrow \frac{1}{n} + \frac{1}{n} = \frac{2}{n} = \frac{1}{p} \rightarrow n = 2p = 10$

- PERCORSO DA 1: $\left(\frac{W}{L}\right)_7 = p = 5$

DIM. PDN

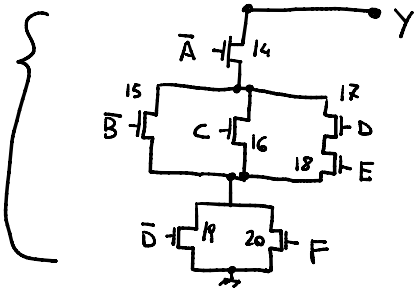
- PERCORSO DA 4:

  19-18-17-14 IMPOSSIBILE ($\overset{17}{D}$ E $\overset{19}{\bar{D}}$)

  20-18-17-14 POSSIBILE

$\left(\frac{W}{L}\right)_{14,17,18,20} = t$

PDN:



$\frac{1}{t} + \frac{1}{t} + \frac{1}{t} + \frac{1}{t} = \frac{4}{t} = \frac{1}{m} \rightarrow t = 4m = 8 \rightarrow \left(\frac{W}{L}\right)_{14,17,18,20} = 8 = 4m$

- PERCORSO DA 3: (N.B. 20 E 14 GIÀ DIMENSIONATI)

  19-15-14
  19-16-14
  20-15-14
  20-16-14

  } POSSIBILI MA NON EQUIVALENTI: $\left(\frac{W}{L}_{14} = \frac{W}{L}_{20} = 4m = 8\right)$

OPZIONE 1) DIMENSIONO 15, 16, 19 USANDO 19 < 15 / 16 – 14 E POI VERIFICO 20 < 15 / 16 / 14

OPZIONE 2) DIMENSIONO PRIMA SOLO 15, 16 USANDO IL PERCORSO CON

20 < 15 – 14 / 16 – 14 E POI 19 USANDO 19 < 15 – 14 / 16 – 14

• OPZ. 1) $\left(\frac{W}{L}\right)_{15,16,19} = z \rightarrow \frac{1}{z} + \frac{1}{z} + \frac{1}{4m} = \frac{2}{z} + \frac{1}{4m} = \frac{1}{m} \rightarrow \frac{2}{z} = \frac{4-1}{4m} = \frac{3}{4m}$

$\hookrightarrow z = \left(\frac{W}{L}\right)_{15,16,19} = \frac{8}{3}m$

VERIFICO 20 < 15 / 16 / 14 $\quad \frac{1}{4m} + \frac{1}{4m} + \frac{1}{\frac{8}{3}m} = \frac{2+2+3}{8m} = \frac{7}{8m} < \frac{1}{m}$ OK

LA CONDIZIONE SULLA RON È VERIFICATA ANCHE PER I PERCORSI 20 – 15 – 14 e 20 – 16 – 14

• OPZ. 2) $\left(\frac{W}{L}\right)_{15,16} = f$

$\frac{1}{4m} + \frac{1}{4m} + \frac{1}{f} = \frac{1}{2m} + \frac{1}{f} \equiv \frac{1}{m} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2-1}{2m} = \frac{1}{2m}$

$f = 2m = 4 \rightarrow \left(\frac{W}{L}\right)_{15,16} = 2m = 4$

$\left(\frac{W}{L}\right)_{19} = h$

$\frac{1}{h} + \frac{1}{2m} + \frac{1}{4m} = \frac{1}{h} + \frac{3}{4m} \equiv \frac{1}{m} \rightarrow \frac{1}{h} = \frac{4-3}{4m} = \frac{1}{4m}$

$\hookrightarrow h = \left(\frac{W}{L}\right)_{19} = 4m = 8$

CONFRONTO IN AREA TRA LE DUE OPZIONI (USANDO I $\frac{W}{L}$)

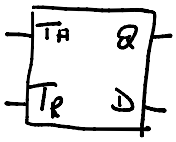
	Q15	Q16	Q19	TOT	
OPZ. 1)	$\frac{8}{3}m$	$\frac{8}{3}m$	$\frac{8}{3}m$	$8m$	SOLUZIONI EQUIVALENTI DAL PUNTO DI VISTA DELL'AREA OCCUPATA
OPZ 2)	$2m$	$2m$	$4m$	$8m$	

Ed esercizio

Saturday, October 24, 2020 7:27 PM

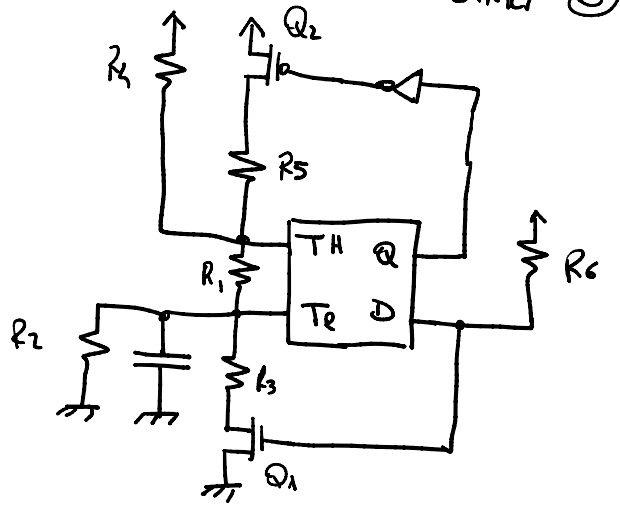
SET

START ① $V_{TR} = \frac{1}{3}V_{CC}$ $\begin{cases} Q = 1 \\ D = H.Z. \end{cases}$



RESET

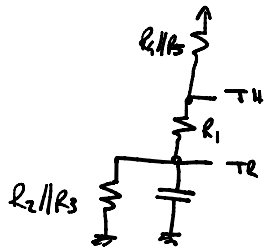
START ② $V_{TH} = \frac{2}{3}V_{CC}$ $\begin{cases} Q = 0 \\ D = 0 \end{cases}$



$R_1 = 50\ \Omega$
$R_2 = 440\ \Omega$
$R_3 = 4.4\ K\Omega$
$R_4 = 1.1\ K\Omega$
$R_5 = 110\ \Omega$
$R_6 = 10\ K\Omega$

$C = 1\ \mu F$
$V_{CC} = 6V$

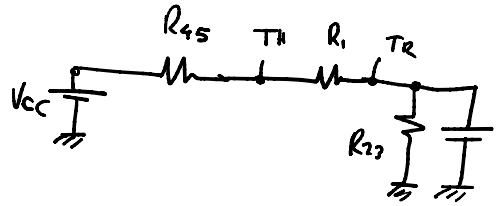
SET: INIZIA $V_{TR} = \frac{1}{3}V_{CC} = 2V$ → $\begin{cases} Q = V_{CC} \\ D = V_{CC} \end{cases}$ → $\begin{cases} V_{GS_{Q2}} = -V_{CC} < V_{TP} \\ V_{GS_{Q1}} = V_{CC} > V_{TN} \end{cases}$ → $\begin{cases} Q_2\ ON \\ Q_2\ ON \end{cases}$



$R_{45} = R_4 // R_5 = 100\ \Omega$

$R_{23} = R_2 // R_3 = 400\ \Omega$

$R_1 = 50\ \Omega$



$V_{f_1} = V_{CC} \cdot \frac{R_{23}}{R_{23} + R_1 + R_{45}} = 4.3636\ V$

V_{CONT2} → $V_{TH} = \frac{2}{3}V_{CC}$

$I_{R_1} = I_{R_{45}} = \frac{V_{CC} - V_{TH}}{R_{45}} = 20\ mA$

$V_{CONT2} = V_{TR}\ @\ [V_{TH} = \frac{2}{3}V_{CC}] = \frac{2}{3}V_{CC} - R_1 \cdot I_{R_1} = 3V$

VERIFICA: $V_{f_1} > V_{CONT2} > V_{in}$ OVVERO

Verifica: $V_{f1} > V_{com2} > V_{in}$ ovvero $4.36V > 3V > 2V$ **Ok**

$R_{S1} = R_{23} // (R_1 + R_{45}) = 109.09\ \Omega$

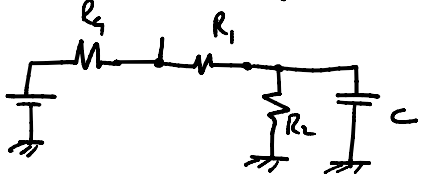
$\tau_1 = 109,09\ \mu s$

$T_1 = \tau_1 \cdot \ln\left\{\frac{V_{f1} - V_{in}}{V_{f1} - V_{com2}}\right\} = 60\ \mu s$

Reset: $V_{i2} = V_{com,2} = 3V$

$V_{TH} = \frac{2}{3} V_{CC}$

$\begin{cases} Q = 0 \\ D = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} Q_1 : OFF \\ Q_2 = OFF \end{cases}$



$\begin{cases} R_1 = 11\ k\Omega \\ R_1 = 50\ \Omega \\ R_2 = 440 \end{cases}$

$V_{f2} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_1 + R_4} = 1.66\ V$

$V_{com\,21} = \frac{1}{3} V_{CC} = 2V$

Verifica: $V_{i2} > V_{com\,21} > V_{f2}$ ovvero $3V > 2V > 1.66V$ **OK**

$R_{S2} = R_2 // (R_1 + R_4) = 318.24\ \Omega$

$\tau_2 = R_{S2} \cdot C = 318.24\ \mu s$

$T_2 = \tau_2 \cdot \ln\left\{\frac{V_{f2} - V_{i2}}{V_{f2} - V_{com\,21}}\right\} = 436,72\ \mu s$

$T = T_1 + T_2 = 496,73\ \mu s$

$f_{osc} = \frac{1}{T} = 2,0132\ kHz$