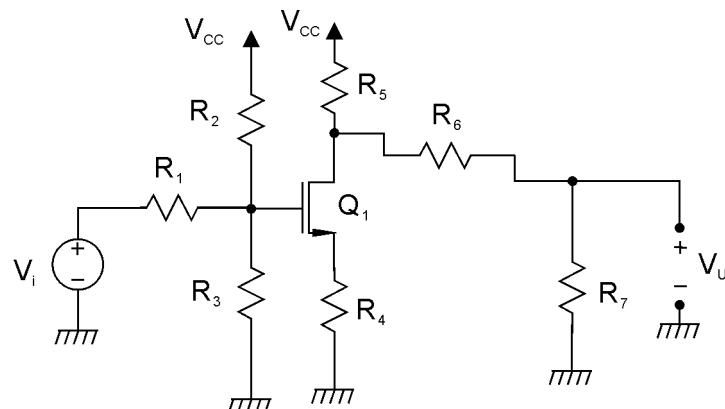


ELETTRONICA DIGITALE
 Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 23 luglio 2020

Esercizio 1

$R_1 = 4 \text{ k}\Omega$
$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$
$R_3 = 4 \text{ k}\Omega$
$R_4 = 3 \text{ k}\Omega$
$R_5 = 3 \text{ k}\Omega$
$R_7 = 8 \text{ k}\Omega$
$V_{CC} = 18 \text{ V}$



Q_1 è un transistore MOS a canale n resistivo con $V_T = 1 \text{ V}$ e la corrente di drain in saturazione data da $I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$ con $k = 0.5 \text{ mA/V}^2$.

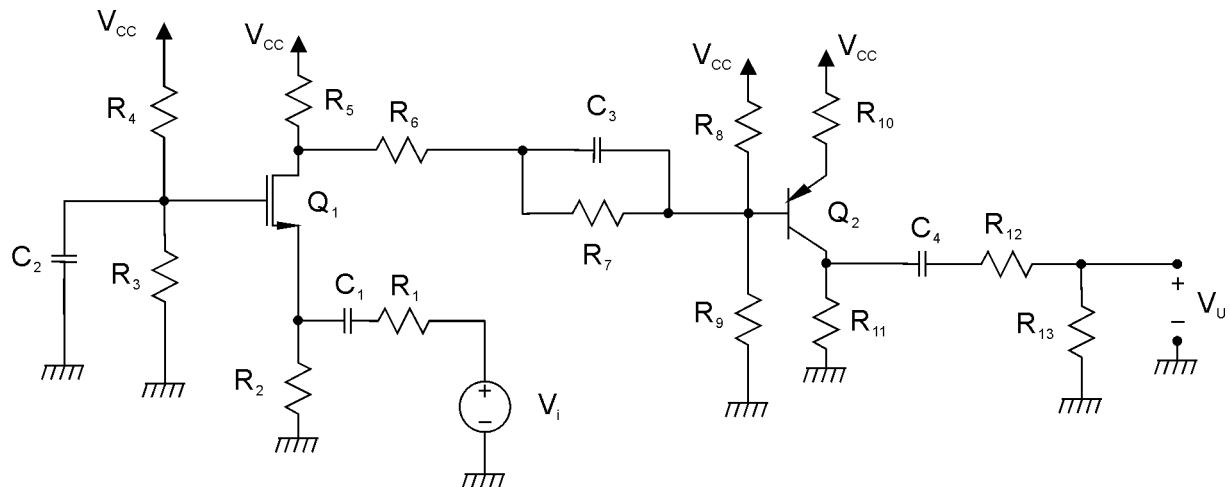
Con riferimento al circuito in figura:

- 1) Calcolare il valore della resistenza R_6 in modo che, in condizioni di riposo, la tensione di uscita V_u sia 8 V;
- 2) Determinare, inoltre, il punto di riposo del transistore Q_1 , verificarne la saturazione e calcolare i parametri per il modello di piccolo segnale.

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 23 luglio 2020

Esercizio 2



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 pnp BC179A resistivo con $h_{re} = h_{oe} = 0$, $h_{fe} > 0$, $h_{ie} \neq 0$.

Con riferimento al circuito in figura:

- 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

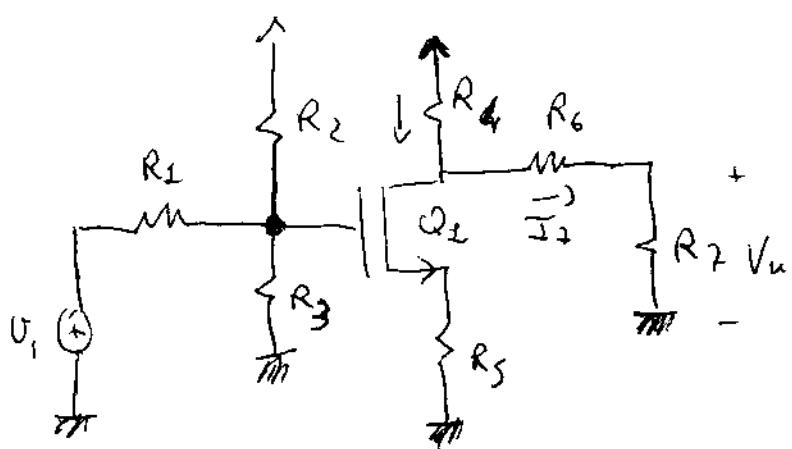
Prova scritta del 23 luglio 2020

Esercizio 3

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

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

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.



$$R_1 = \cancel{2000} \Omega \quad (4)$$

$$R_2 = \cancel{2000} \Omega \quad 2k\Omega$$

$$R_3 = \cancel{2000} \Omega \quad 4k\Omega$$

$$R_4 = 3k\Omega$$

$$R_5 = \cancel{2000} \Omega \quad 3k\Omega$$

$$R_7 = 8k\Omega$$

$$K = 0.5 \times 10^{-3} \text{ A/V}^2$$

$$\text{Det. } R_6 \text{ per } V_u = 8V$$

$$I_7 = \frac{V_u}{R_7} = 1mA$$

$$V_G = V_{CC} \frac{R_2 || R_3}{R_2 + R_2 || R_3} = \cancel{10} \text{ V}$$

$$(Q_2 \text{ sat}) \Rightarrow I_D = K(V_{GS} - V_T)^2$$

$$V_S = R_S \bar{I}_D \Rightarrow I_D = K(V_G - R_S \bar{I}_D - V_T)^2$$

$$\begin{aligned} I_D &= K(9 - R_S \bar{I}_D - 1)^2 = K(8 - R_S \bar{I}_D)^2 = \\ &= K(64 - 16 R_S \bar{I}_D + R_S^2 \bar{I}_D^2) \end{aligned}$$

$$\cancel{\text{and}} \quad K R_S^2 \bar{I}_D^2 - 16 R_S \bar{I}_D - I_D + K 64 = 0$$

$$4500 \bar{I}_D^2 - 25 \bar{I}_D + 0.032 = 0 \quad \bar{I}_{D2} = 3.5mA$$

$$\bar{I}_D = \frac{+25 \pm \sqrt{625 - 546}}{9000} = \frac{+25 \pm 7}{9000} = \begin{cases} \bar{I}_{D1} = 3.5mA \\ \bar{I}_{D2} = 2mA \end{cases}$$

$$V_{S1} = \bar{I}_{D1} R_S = 30.6V \Rightarrow V_{GS1} = -3.6V < V_T = 1V \Rightarrow \text{SOL. NON ACCEPTABLE}$$

$$V_{S2} = \bar{I}_{D2} R_S = 6V \Rightarrow V_{GS2} = 9 - 6 = 3V > V_T = 1V \Rightarrow \text{SOL. ACCEPTABLE}$$

$$I_L = \bar{I}_D + I_B = 2 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3} = 3mA$$

$$V_D = V_{CC} - R_D \bar{I}_D = 9V$$

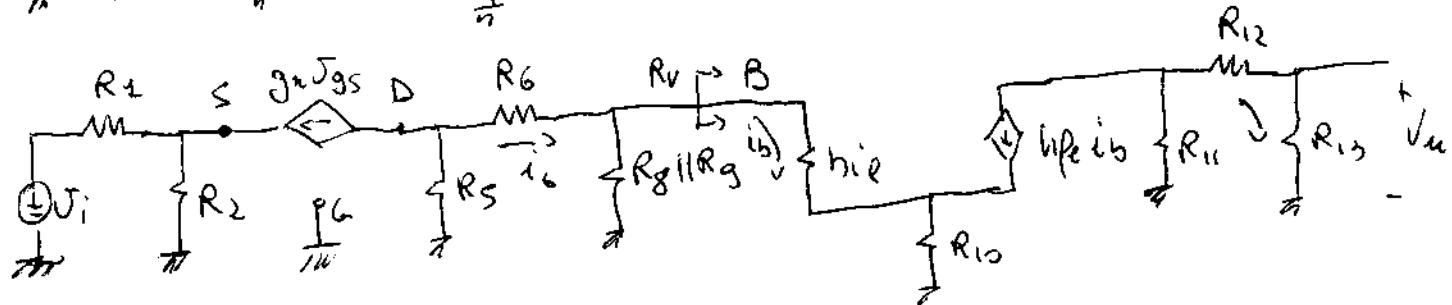
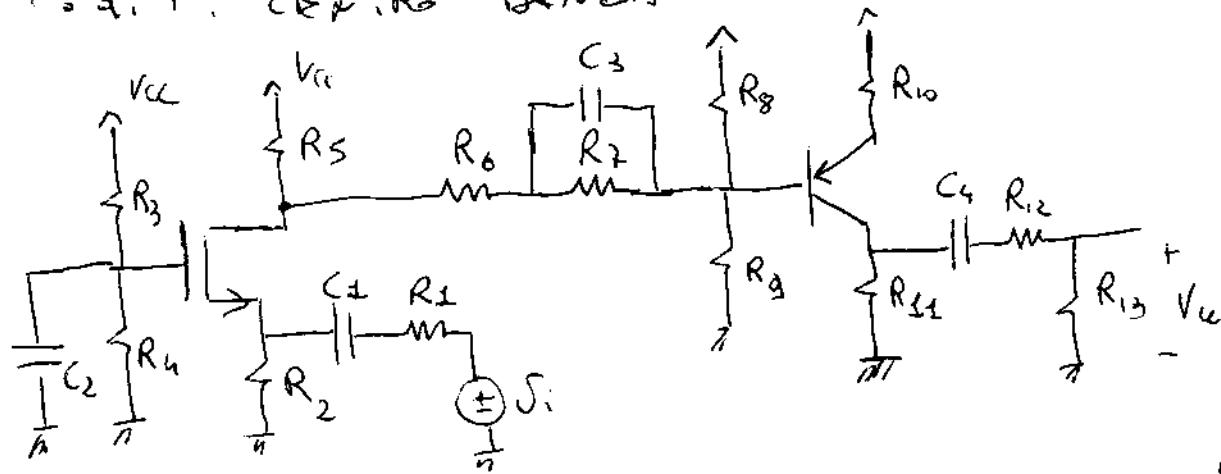
$$V_{DS} = \cancel{9V} \quad V_D - V_S = 9 - 6 = 3V > V_{GS} - V_T = 2V \Rightarrow \underline{\text{hp}} \quad \underline{\text{OK}}$$

$$g_m = 2K(V_{GS} - V_T) = 2mA/V$$

$$R_6 = (V_D - V_u)/I_7 = 1k\Omega$$

$$Q_1 : \begin{cases} I_D = 2mA \\ V_{DS} = 3V \\ V_{GS} = 3V \\ g_m = \cancel{2} \times 10^{-3} A/V \end{cases}$$

F. d. T. CE e TRS BANDA



$$V_{\text{ee}} = R_{13} i_{13}$$

$$i_{13} = (-h_{f(e)i_b}) \frac{R_{8e}}{R_{11} + R_{12} + R_{13}}$$

$$R_V = h_{ie} + R_{10}(h_{fe} + 1)$$

$$i_b = i_6 \frac{R_8 || R_9}{(R_8 || R_9) + R_V}$$

$$i_6 = (-g_m J_{gs}) \frac{R_5}{R_5 + R_6 + R_8 || R_9 || R_V}$$

$$\begin{aligned} J_g &= \phi \\ J_d &= J_i \frac{\left(R_2 \parallel \frac{1}{g_m}\right)}{R_1 + \left(R_2 \parallel \frac{1}{g_m}\right)} = \left\{ \Rightarrow J_{gs} = -J_i \frac{\left(R_2 \parallel \frac{1}{g_m}\right)}{R_1 + \left(R_2 \parallel \frac{1}{g_m}\right)} \right. \end{aligned}$$

$$\frac{J_u}{J_i} = R_{13} (-h_{fe}) \frac{R_{11}}{R_{11} + R_{12} + R_{13}} \frac{R_8 || R_9}{(R_8 || R_9) + h_{ie} + R_{10}(h_{fe} + 1)} \frac{(-g_m) \frac{R_5}{R_5 + R_6 + R_8 || R_9 || R_V}}{(R_8 || R_9) + h_{ie} + R_{10}(h_{fe} + 1)}$$

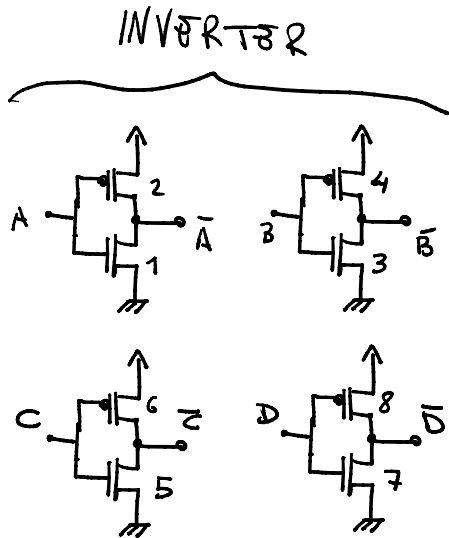
$$(-) \frac{R_2 \parallel \frac{1}{g_m}}{\left(R_2 \parallel \frac{1}{g_m}\right) + R_1}$$

Segn. negativo essendo un puro stadio non invertente (CE) segn. da un stadio invertente (CE)

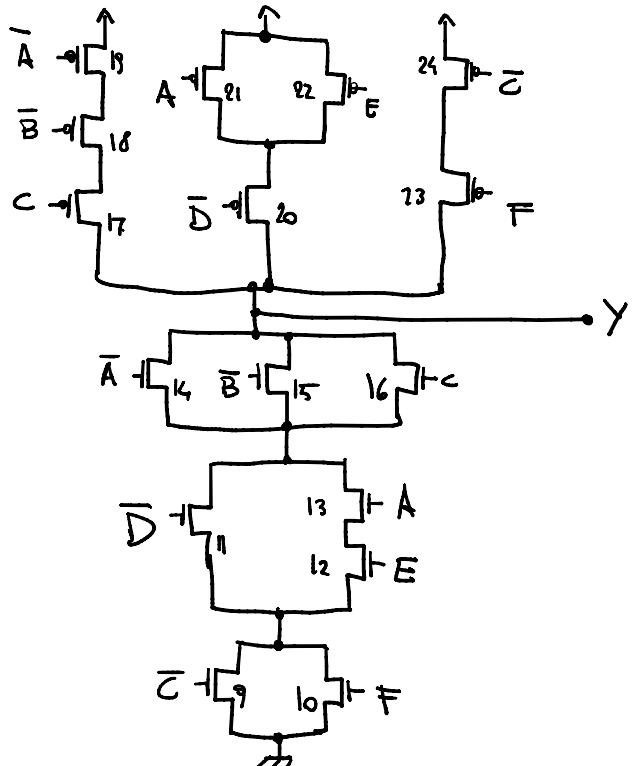
* Σ (3) $Y = A \cdot B \cdot \bar{C} + D(\bar{A} + \bar{E}) + C \cdot \bar{F}$

SOLUCIONES :

$$N = 2 \times (8+4) = 24$$



PULL UP



PULL DOWN

DIMENSION AMPLIFICO:

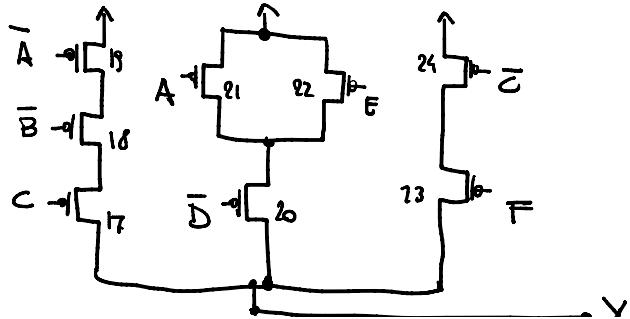
- INVERTER $\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{W}{L} \right)_{1,3,5,7} = m = 2 \\ \left(\frac{W}{L} \right)_{2,4,6,8} = p = 5 \end{array} \right.$

• PUN

PERCORSO DA 3 :

- 17 - 18 - 19 } POSSIBILE

$$\left(\frac{W}{L} \right)_{17,18,19} = x$$



$$\left(\frac{w}{z}\right)_{17,18,19} = x$$



$$\frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{3}{x} = \frac{1}{\varphi} \rightarrow x = \left(\frac{w}{z}\right)_{17,18,19} = 3\varphi = 15$$

PBR CORR DA 2:

$$\begin{array}{l} \cdot 20-21 \\ \cdot 20-21 \\ \cdot 23-24 \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{ POSSIBILI ED EQUIVALENTI}$$

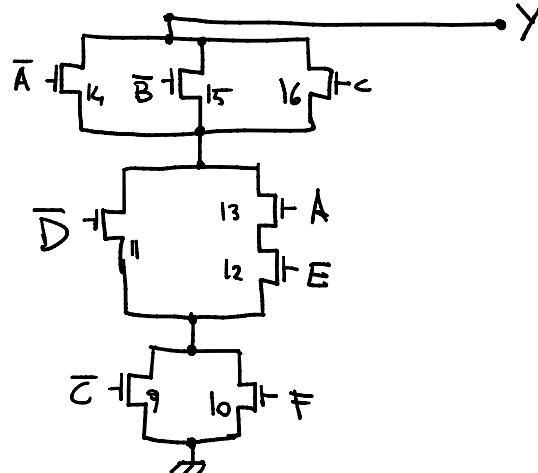
$$\left(\frac{w}{z}\right)_{20,21,22,23,24} = z$$

$$\frac{1}{z} + \frac{1}{z} = \frac{2}{z} = \frac{1}{\varphi} \rightarrow z = \left(\frac{w}{z}\right)_{20,21,22,23,24} = 2\varphi = 10$$

PDN

PBR CORR DA 4:

$$\left\{ \begin{array}{ll} 9-12-13-14 & \text{IMPOSSIBILI } (A, \bar{A}) \\ 9-12-13-15 & \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{ POSSIBILI} \\ 9-12-13-16 & \text{IMPOSSIBILI } (C, \bar{C}) \\ 10-12-13-14 & \text{IMPOSSIBILI } (A, \bar{A}) \\ 10-12-13-15 & \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{ POSSIBILI} \\ 10-12-13-16 & \end{array} \right.$$



$$\left(\frac{w}{z}\right)_{9,10,12,13,15,16} = t$$

$$\frac{1}{t} + \frac{1}{t} + \frac{1}{t} + \frac{1}{t} = \frac{4}{t} = \frac{1}{n} \rightarrow t = \left(\frac{w}{z}\right)_{9,10,12,13,15,16} = 4n = 8$$

RIMANEGGIO 11 8 14 DA DIMENSIONI NARS

→ PBR CORR DA 3 CHE COMPRENDE 11 E/0 14:

9-11-14

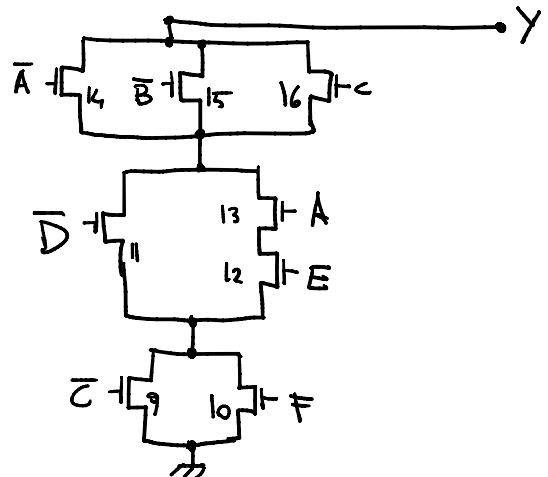
9-11-15

9-11-16

HO 2 Opciones :

A) Dimensiones "11" e "14" iguales
usando IL para lo de 9-11-14

B) Dimensiones primera "11", usando IL
para lo de 9-11-15(16), & resto uso
IL para lo de 9-11-14 para dimensiones
IL solo "14"



Caso A) Período 9-11-14

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{11,14} = f \rightarrow \frac{1}{f} + \frac{1}{f} + \frac{1}{4m} = \frac{1}{n} \rightarrow \frac{2}{f} = \frac{3}{4m}$$

$$f = \left(\frac{W}{L}\right)_{11,14} = \frac{8}{3}m = \frac{16}{3}$$

Caso B) Período 9-11-15(16)

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{11} = J \rightarrow \frac{1}{J} + \frac{1}{4m} + \frac{1}{4m} = \frac{1}{n} \rightarrow \frac{1}{J} = \frac{1}{2m}$$

$$J = \left(\frac{W}{L}\right)_{11} = 2m = 4$$

Período 9-11-14

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{14} = K \quad \frac{1}{K} + \frac{1}{2m} + \frac{1}{4m} = \frac{1}{n} \rightarrow \frac{1}{K} = \frac{4-1-2}{4m} = \frac{1}{4m}$$

$$K = \left(\frac{W}{L}\right)_{14} = 4m = 8$$

CONFRONTO TRA CASO "A" e "B"

	CASO A	CASO B
$\left(\frac{w}{l}\right)_{II}$	$\frac{8}{3}m$	$2m$
$\left(\frac{w}{l}\right)_{I_4}$	$\frac{8}{3}m$	$4m$
SOMMA	$\frac{16}{3}m$	$6m$

$$\frac{16}{3}m = 5.\dot{3}m < 6m$$



SCS_{C40} È IL CASO "A" CHE
È AD ALTA MINIMA

$$\left(\frac{w}{l}\right)_{II, I_4} = \frac{8}{3}m = \frac{16}{3}$$