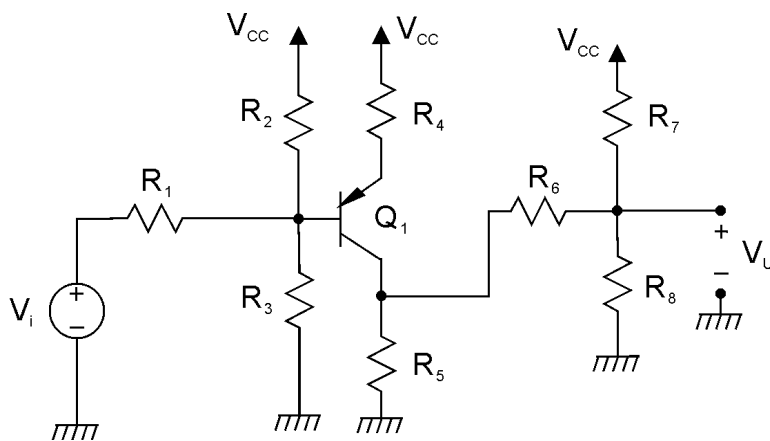


ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 09 aprile 2021

Esercizio 1

$R_1 = 5750 \, \Omega$
$R_2 = 2.6 \, \text{k}\Omega$
$R_3 = 23 \, \text{k}\Omega$
$R_4 = 2.9 \, \text{k}\Omega$
$R_6 = 2 \, \text{k}\Omega$
$R_7 = 5 \, \text{k}\Omega$
$R_8 = 5 \, \text{k}\Omega$
$V_{CC} = 18 \, \text{V}$



Q_1 è un transistor BJT BC179A resistivo con $h_{re} = h_{oe} = 0$; per gli altri parametri forniti dal costruttore si utilizzino i valori tipici o, in loro assenza, i valori massimi.

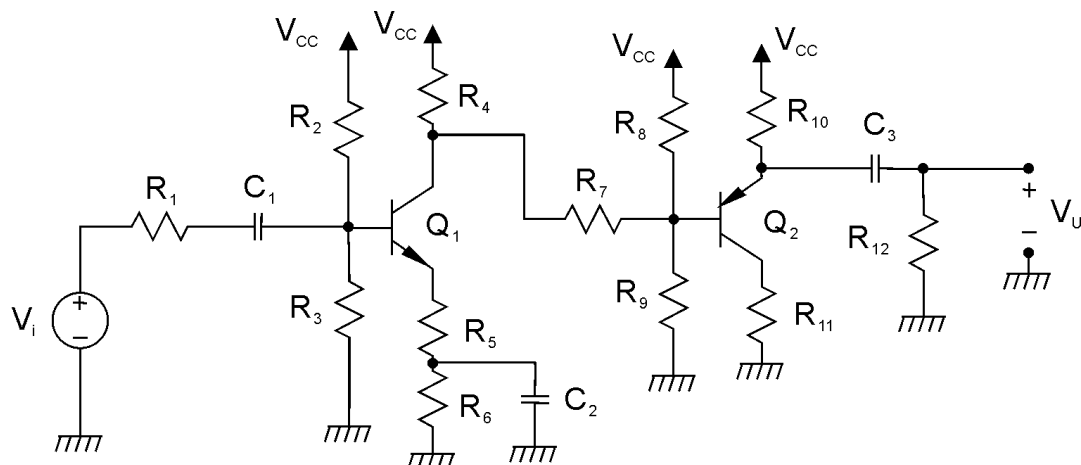
Con riferimento al circuito in figura:

- 1) calcolare il valore della resistenza R_5 in modo che, in condizioni di riposo, la tensione di uscita V_u sia 8 V; si ipotizzi di poter trascurare la corrente di base di Q_1 rispetto alla corrente che scorre in R_3 .
- 2) determinare il punto di riposo del transistor Q_1 e verificare che l'ipotesi di trascurare la corrente di base è verificata;
- 3) determinare il valore dei parametri per il modello di piccolo segnale del transistor Q_1 e disegnare il circuito equivalente per piccoli segnali.

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 09 aprile 2021

Esercizio 2



Q_1 è un transistor BJT BC109B resistivo con $h_{re1} = h_{oe1} = 0$ mentre h_{fe1} e h_{ie1} sono disponibili nel datasheet;
 Q_2 è un transistor BJT BC179A resistivo con $h_{re} = h_{oe} = 0$ mentre h_{fe2} e h_{ie2} sono disponibili nel datasheet.

Con riferimento al circuito in figura:

- 1) determinare l'espressione di V_U/V_i alle frequenze per le quali i condensatori possono essere considerati dei corto circuiti.

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 09 aprile 2021

Esercizio 3

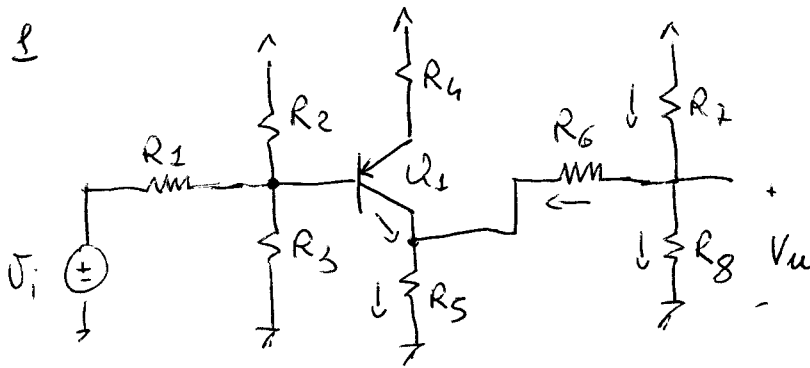
Progettare una porta logica in tecnologia CMOS, utilizzando la tecnica della pull-up network e della pull-down network, che implementi la funzione logica:

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

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.

ES. 1



$$R_1 = 5750 \, \Omega$$

$$R_2 = 2.6 \, \text{k}\Omega$$

$$R_3 = 23 \, \text{k}\Omega$$

$$R_4 = 2.9 \, \text{k}\Omega$$

$$R_6 = 2 \, \text{k}\Omega$$

$$R_7 = 5 \, \text{k}\Omega$$

$$R_8 = 5 \, \text{k}\Omega$$

$$V_{CC} = 18 \, \text{V}$$

1) Det. R_5 per $V_u = 8 \, \text{V}$ con $i_{b1} \approx 0$

$$I_7 = \frac{V_{CC} - V_u}{R_7} = 2 \, \text{mA}$$

$$I_8 = \frac{V_u}{R_8} = 1.6 \, \text{mA}$$

$$I_6 = I_7 - I_8 = 0.4 \, \text{mA}$$

$$V_c = V_u - R_6 I_6 = 7.2 \, \text{V}$$

$$V_B = V_{CC} \frac{R_1 \parallel R_3}{(R_1 \parallel R_3) + R_2} = 11.5 \, \text{V}$$

$$V_{EB} = V_B - V_E = 0.7 \, \text{V}$$

$$V_E = V_B - V_{EB} = 11.5 - 0.7 = 10.8 \, \text{V}$$

$$I_4 = I_E = \frac{V_{CC} - V_E}{R_4} = 2 \, \text{mA}$$

$$I_B \ll I_C \Rightarrow I_C \approx I_E = 2 \, \text{mA}$$

$$I_5 = I_C + I_6 = 2.4 \, \text{mA}$$

$$R_5 = \frac{V_E}{I_5} = \underline{\underline{3000 \, \Omega}}$$

2) Det. punto di riposo e verifica su I_B

$$V_{CE} = V_c - V_E = 7.2 - 10.8 = -3.6 \, \text{V}$$

$$I_C = 2 \, \text{mA}$$

Il costruttore non ci fornisce il valore di h_{FE} per questo punto di lavoro. Dalle caratteristiche si può dedurre che la corrente di base per il BC179 sia un valore compreso tra $8 \, \mu\text{A}$ e $10 \, \mu\text{A}$ che soddisfa le ipotesi.

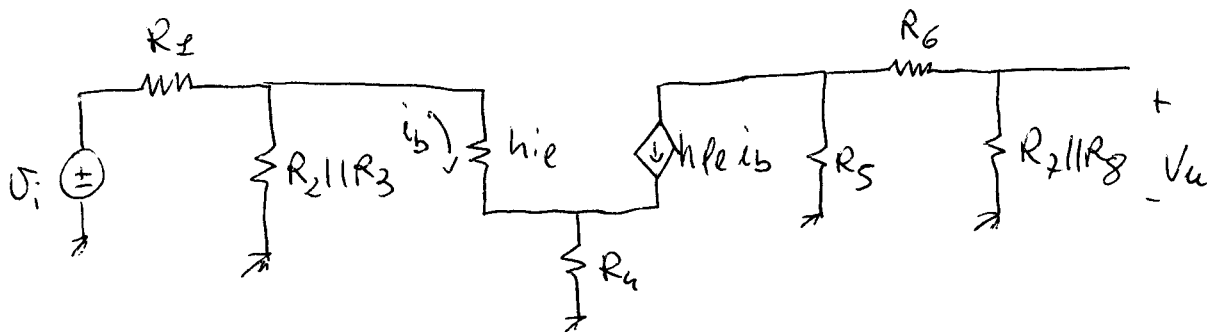
3) Per gli altri parametri si ha:

$$h_{ie} = 2.7 \text{ k}\Omega$$

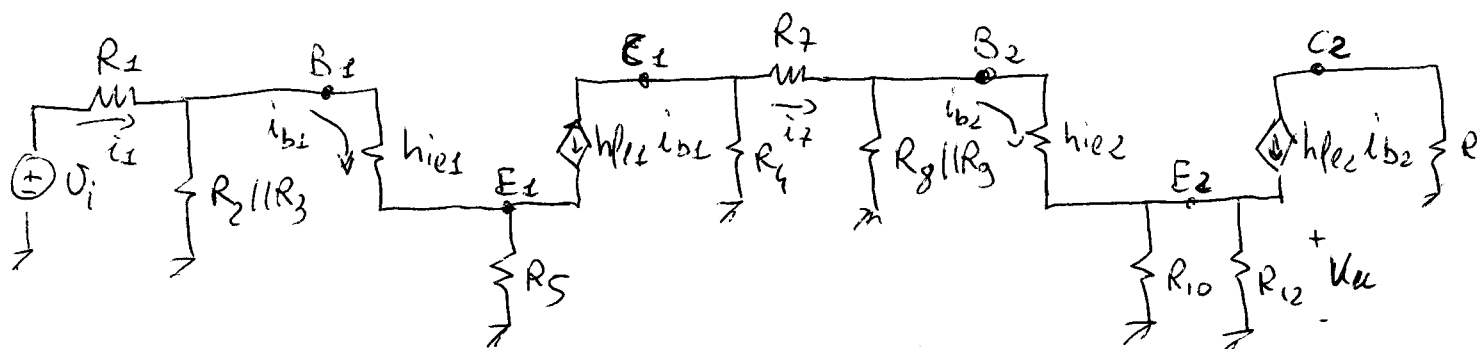
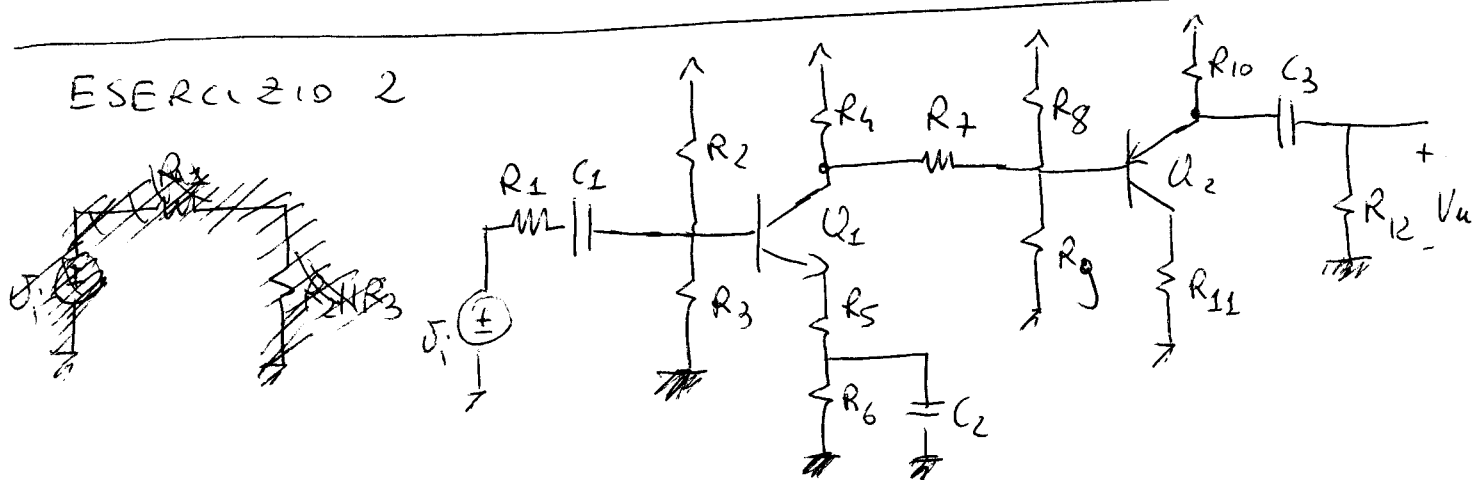
$$h_{fe} = 260$$

Q₁:

$$\begin{cases} V_{CE} = -5V \\ I_C = 2 \text{ mA} \\ I_B = 8 \mu A \div 10 \mu A \\ h_{ie} = 2.7 \text{ k}\Omega \\ h_{fe} = 260 \end{cases}$$



ESERCIZIO 2



$$V_u = (R_{10} || R_{12}) (h_{fe2} + 1) i_{b2}$$

$$i_{b2} = i_7 \frac{(R_8 || R_9)}{(R_8 || R_9) + [h_{ie2} + (R_{10} || R_{12})(h_{fe2} + 1)]} = i_7 \frac{R_8 || R_9}{(R_8 || R_9) + R_{V2}}$$

$$i_7 = (-h_{fe1} i_{b1}) \frac{R_4}{R_4 + R_7 + R_8 || R_9 || R_{V2}}$$

$$i_{b1} = i_1 \frac{(R_2 || R_3)}{(R_2 || R_3) + [h_{ie1} + R_5(h_{fe1} + 1)]} = i_1 \frac{(R_2 || R_3)}{(R_2 || R_3) + R_{v1}}$$

$$i_1 = \frac{J_1}{R_1 + R_2 || R_3 || R_{v1}}$$

$$\frac{V_u}{V_i} = (R_{10} || R_{12})(h_{fe2} + 1) \frac{R_8 || R_9}{(R_8 || R_9) + R_{v2}} (-h_{fe1}) \frac{R_4}{R_4 + R_7 + R_8 || R_9 || R_{v2}} \cdot \frac{R_2 || R_3}{(R_2 || R_3) + R_{v1}}$$

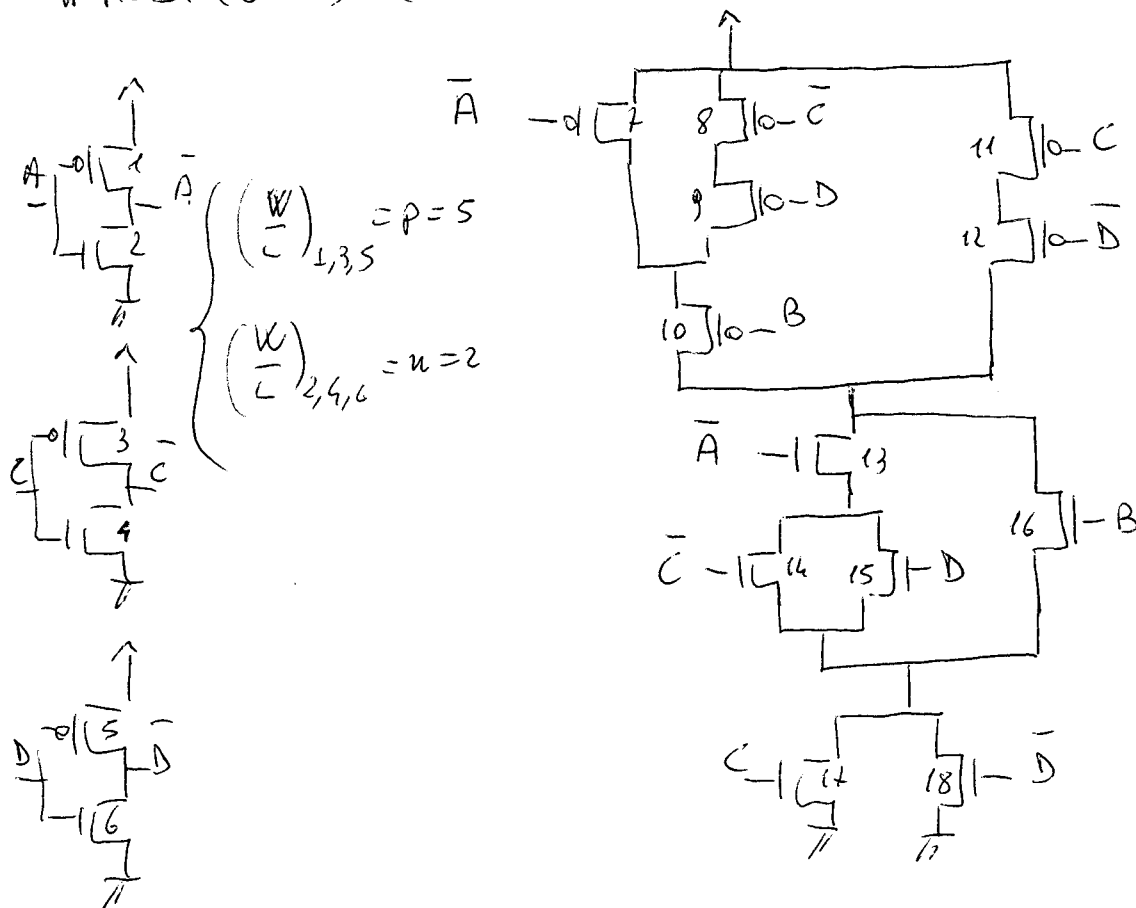
$$\cdot \frac{1}{R_1 + R_2 || R_3 || R_{v1}}$$

$$\begin{cases} R_{v1} = h_{ie1} + R_5(h_{fe1} + 1) \\ R_{v2} = h_{ie2} + (R_{10} || R_{12})(h_{fe2} + 1) \end{cases}$$

ESERCIZIO 3

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

$$\# \text{POS: } (6 \times 2) + (3 \times 2) = 12 + 6 = 18$$



Dir. Pull - UP

(4)

.) $Q_8 - Q_9 - Q_{10}$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{8,9,10} = x = \underline{\underline{15}}$$

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

.) $Q_7 - Q_{10}$ con Q_{10} già dimensionato

$$\left(\frac{W}{L}\right)_7 = y = \underline{\underline{7.5}}$$

$$\frac{1}{y} + \frac{1}{3p} = \frac{1}{p} \Rightarrow \frac{1}{y} = \frac{2}{3p} \Rightarrow y = \frac{3}{2}p = \frac{15}{2} = 7.5$$

.) $Q_{11} - Q_{12}$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{11,12} = z = \underline{\underline{10}}$$

$$\frac{1}{z} + \frac{1}{z} = \frac{1}{p} \Rightarrow z = 2p = 10$$

Dir. Pull Down

.) $Q_{13} - Q_{14} - Q_{17}$ IMPOSSIBILE PER $C \in \bar{C}$

$Q_{13} - Q_{15} - Q_{18}$ IMPOSSIBILE PER $D \in \bar{D}$

$$\left. \begin{array}{l} Q_{13} - Q_{14} - Q_{18} \\ Q_{13} - Q_{15} - Q_{17} \end{array} \right\} \text{possibili} \Rightarrow \left(\frac{W}{L}\right)_{13,14,15,17,18} = K = \underline{\underline{6}}$$

$$\frac{1}{K} + \frac{1}{K} + \frac{1}{K} = \frac{1}{n} \Rightarrow K = 3n = 6$$

.) $Q_{16} - Q_{17}$ } possibile con Q_{17} e Q_{18} già dimensionati
 $Q_{16} - Q_{18}$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{16} = t = \underline{\underline{3}}$$

$$\frac{1}{t} + \frac{1}{3n} = \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{1}{t} = \frac{2}{3n} \Rightarrow t = \frac{3}{2}n = 3$$