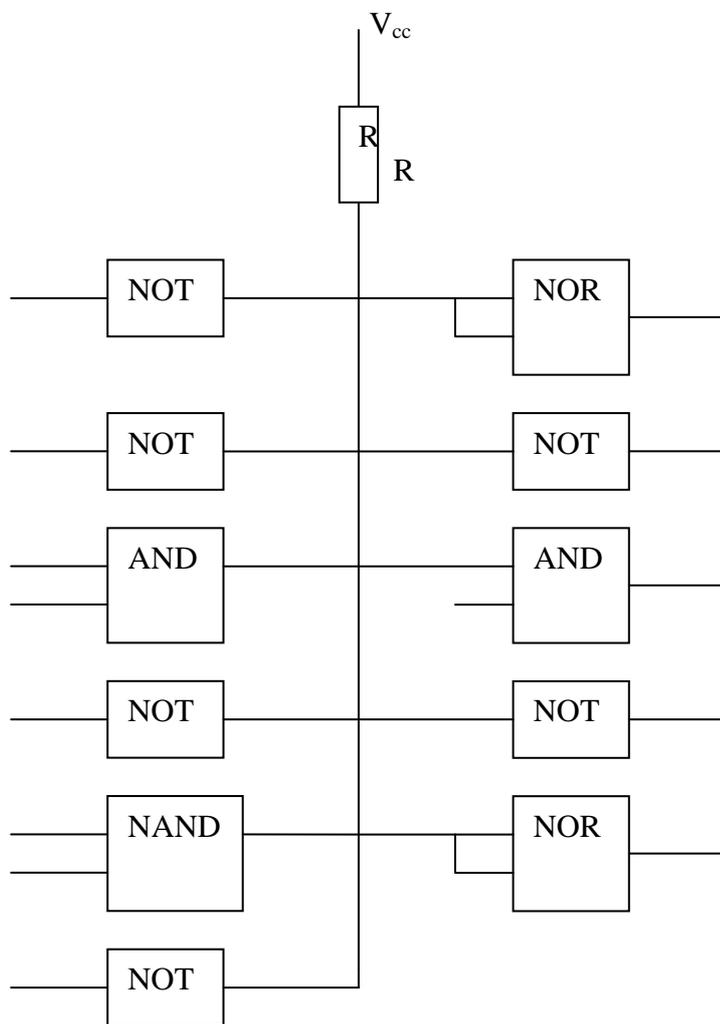
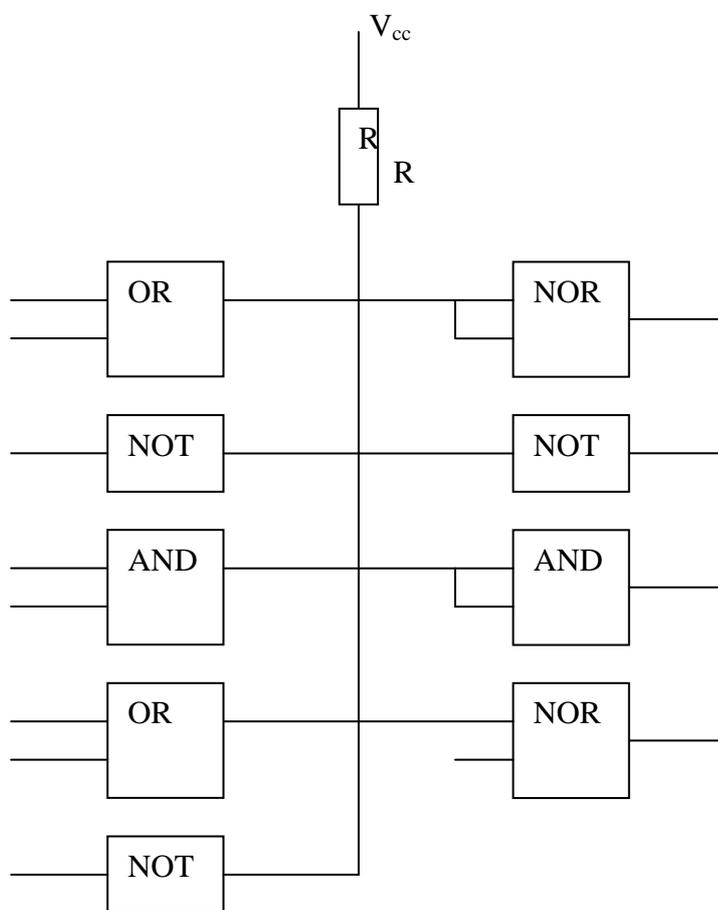


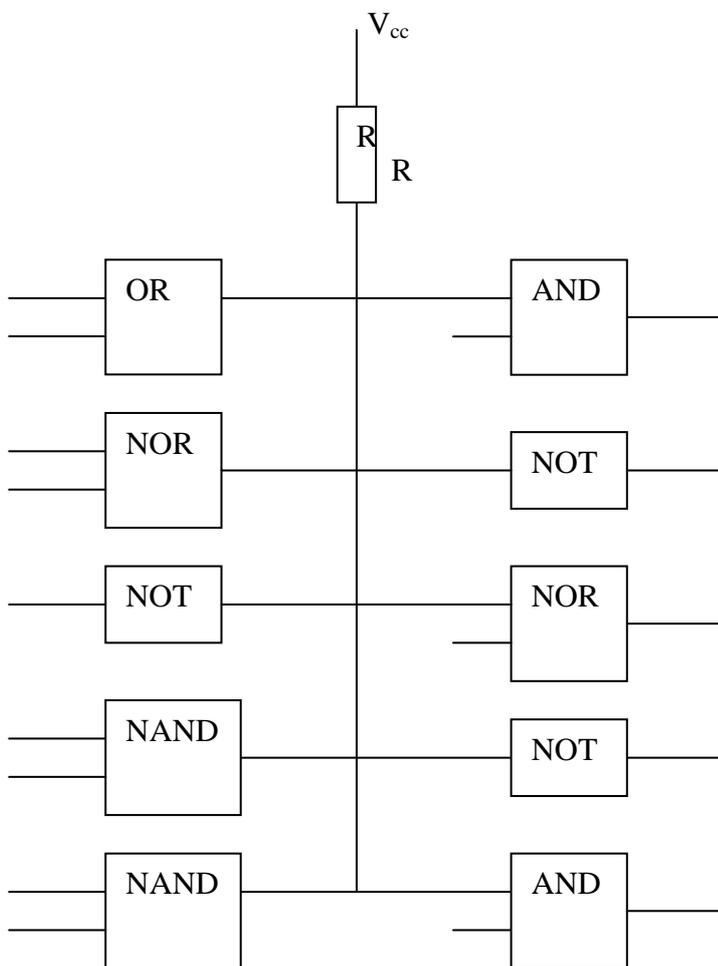
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 2,8 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



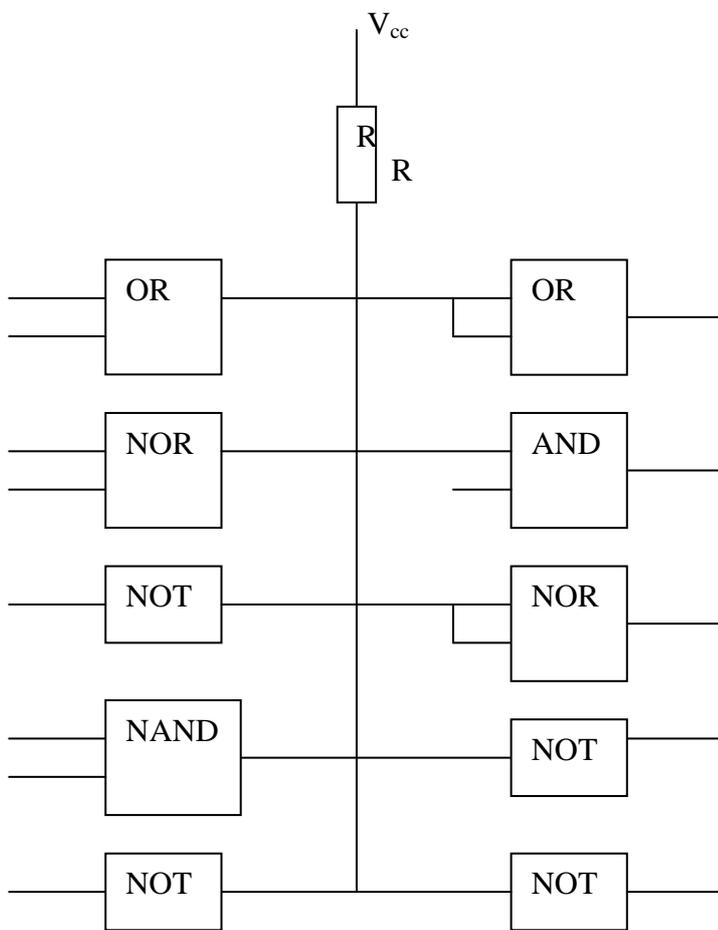
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 3 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



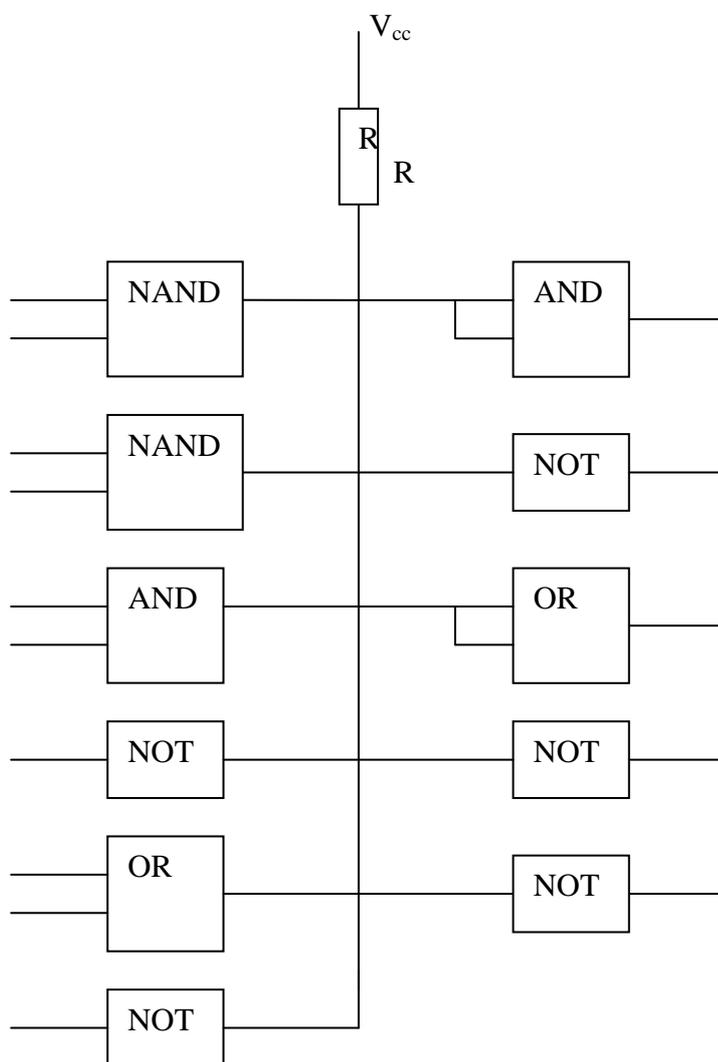
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up in modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 3,4 \text{ V}$ .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



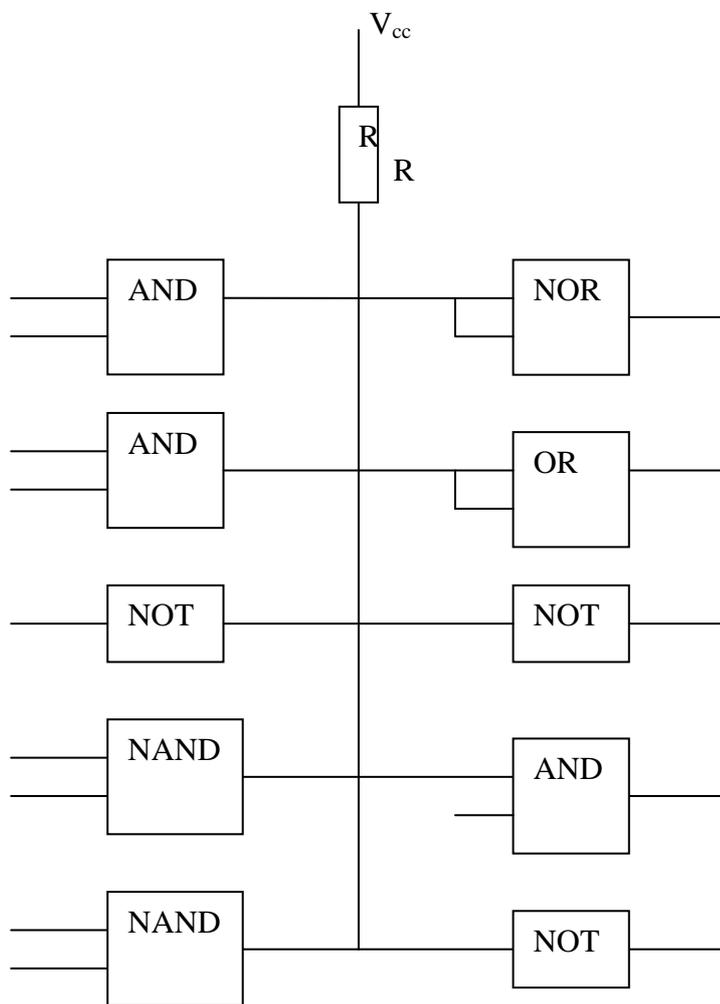
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 3,1 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



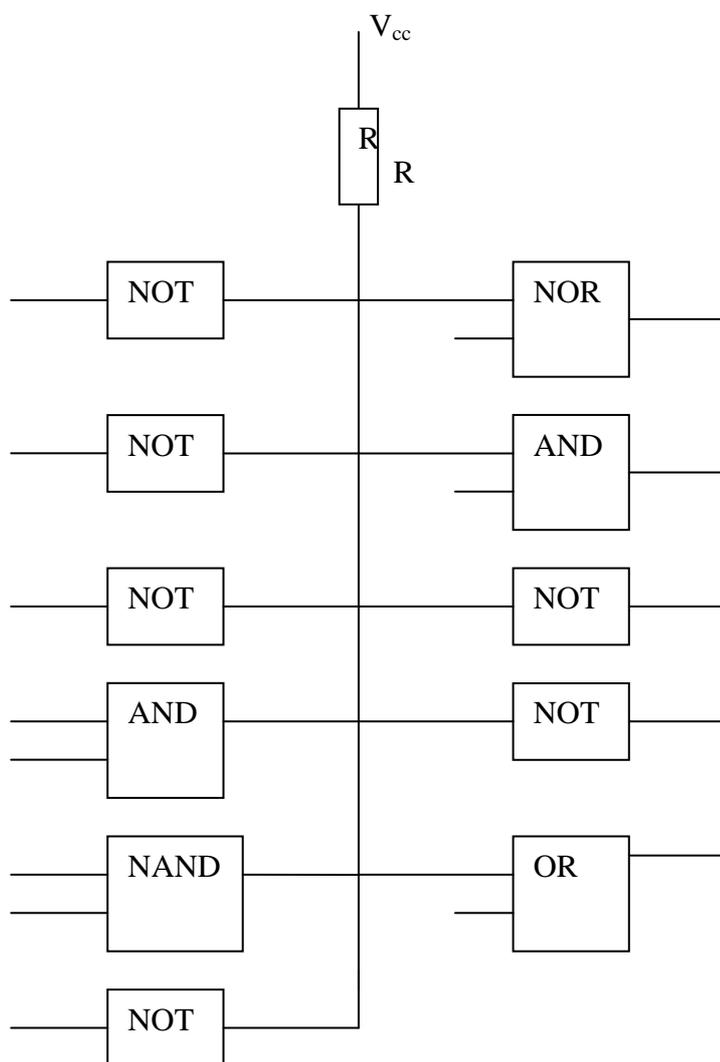
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up in modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 3,3 \text{ V}$ .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



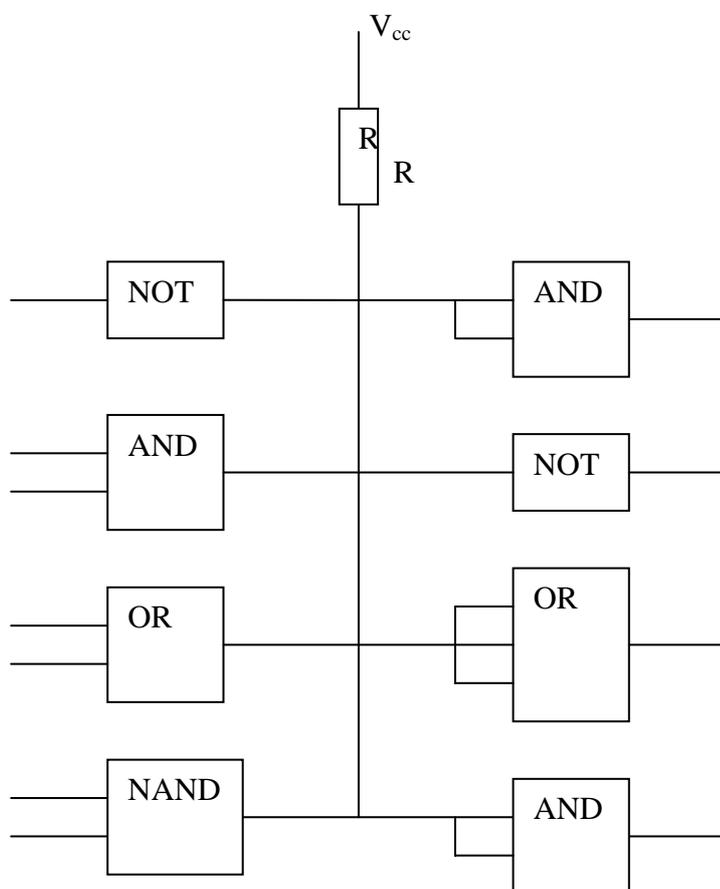
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up in modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 3,2 \text{ V}$ .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



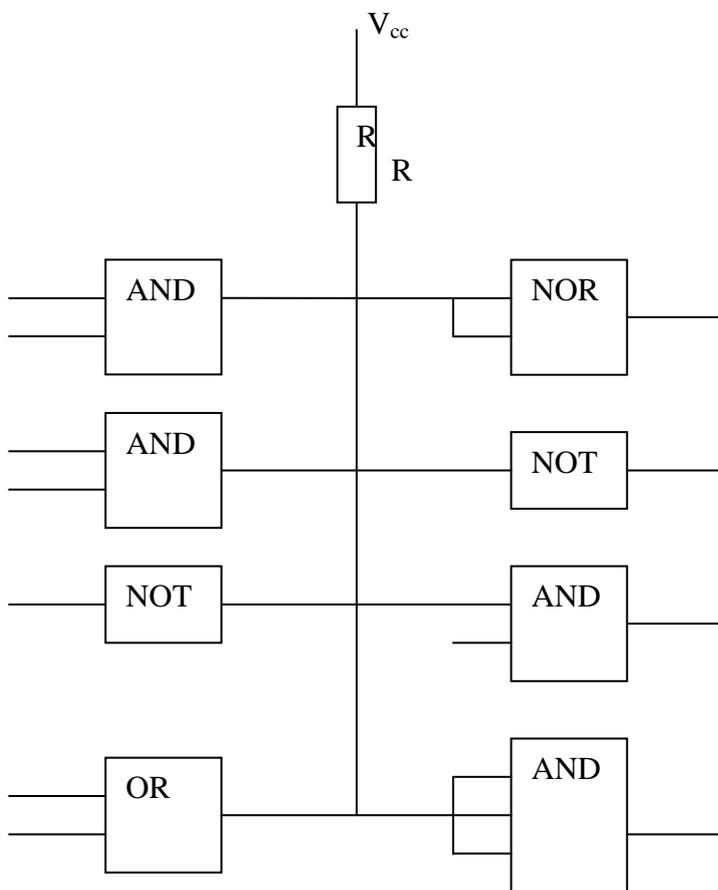
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up in modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 2,9 \text{ V}$ .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



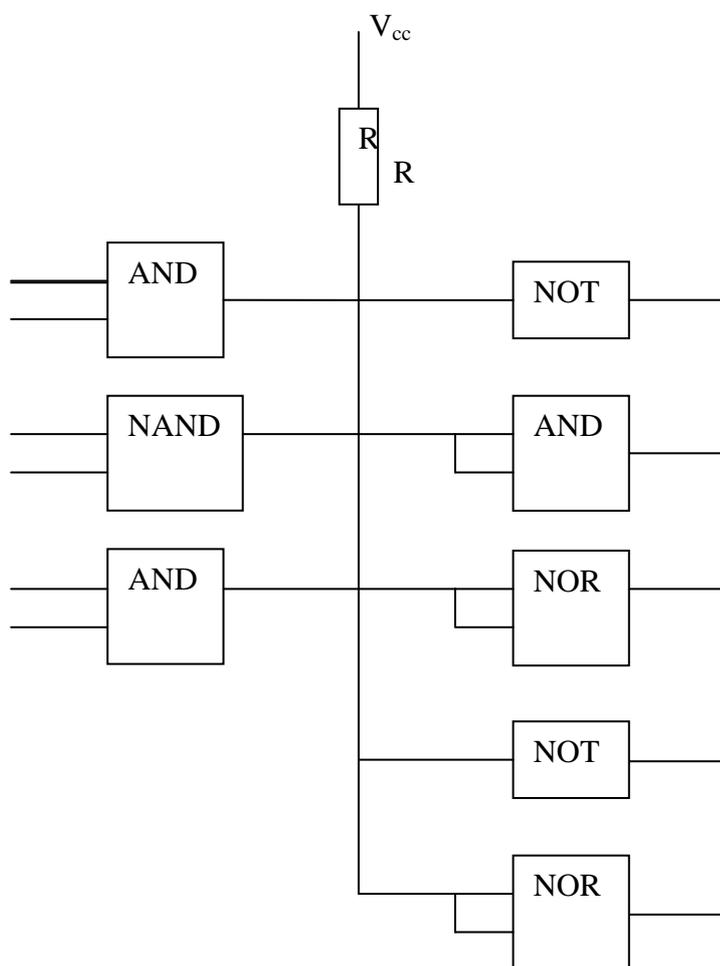
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 2,4 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



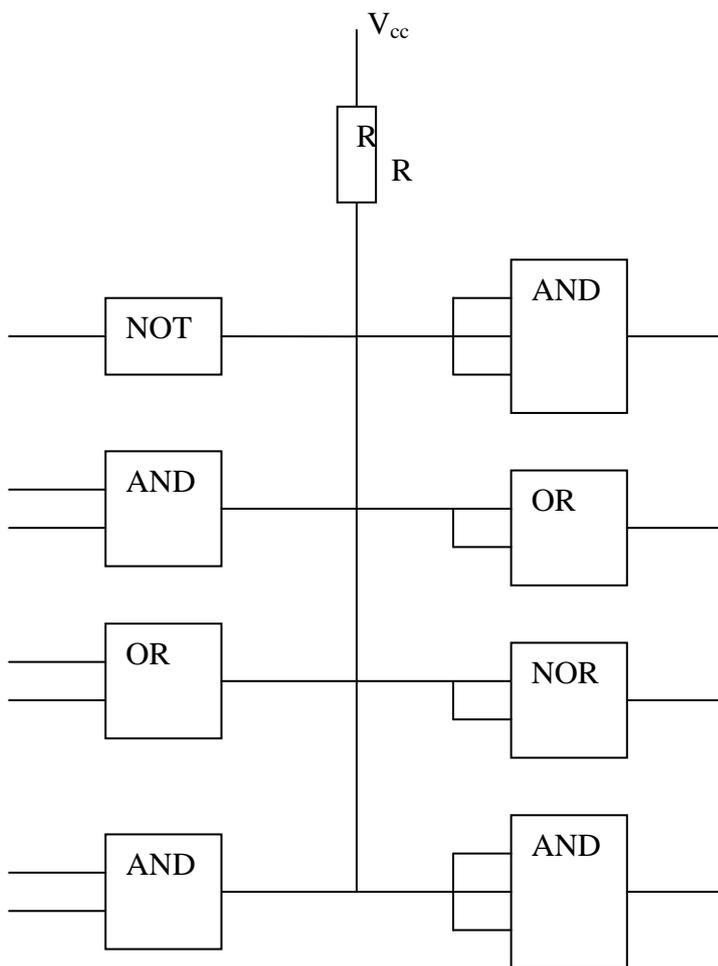
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 3,5 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



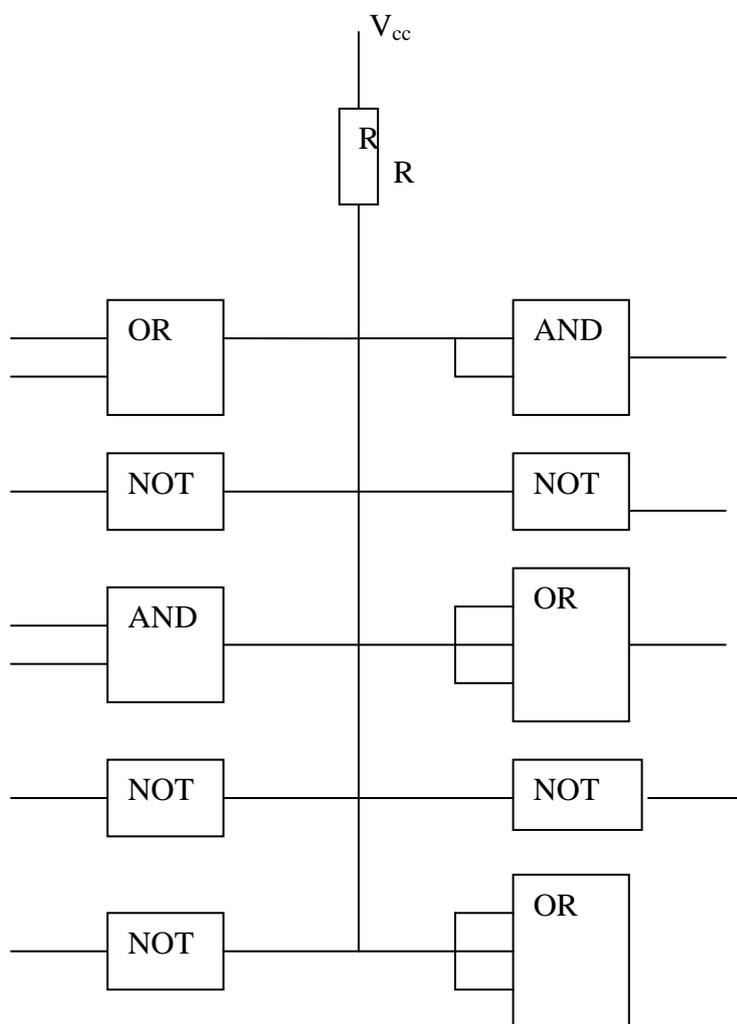
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 2,6 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



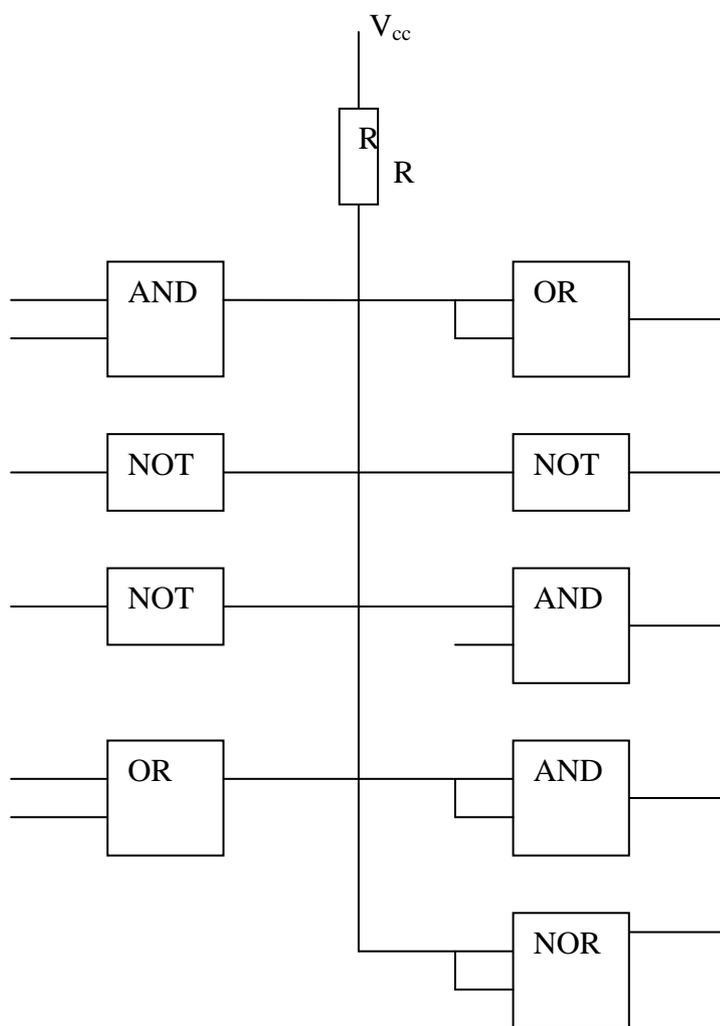
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up in modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 3,7 \text{ V}$ .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



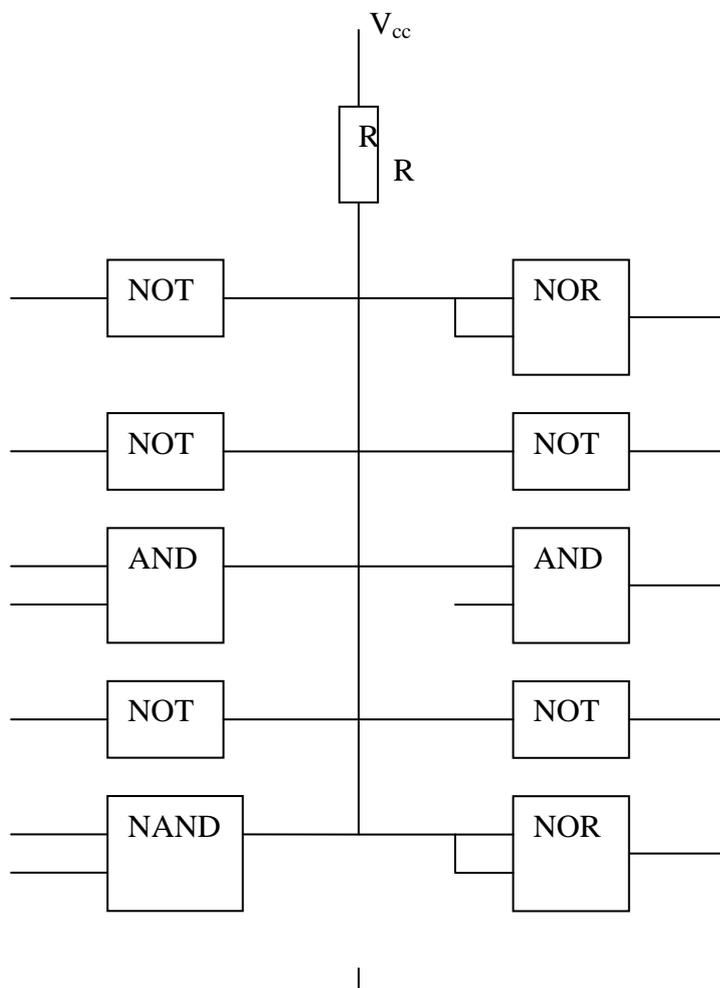
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up in modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 2,5 \text{ V}$ .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



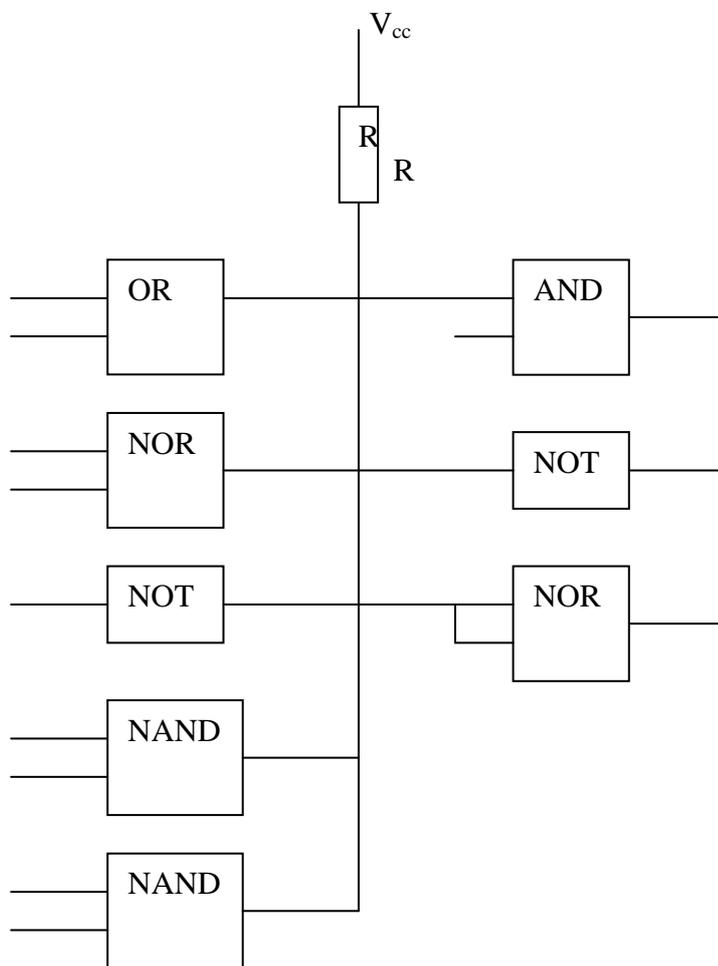
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up in modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 3,8 \text{ V}$ .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



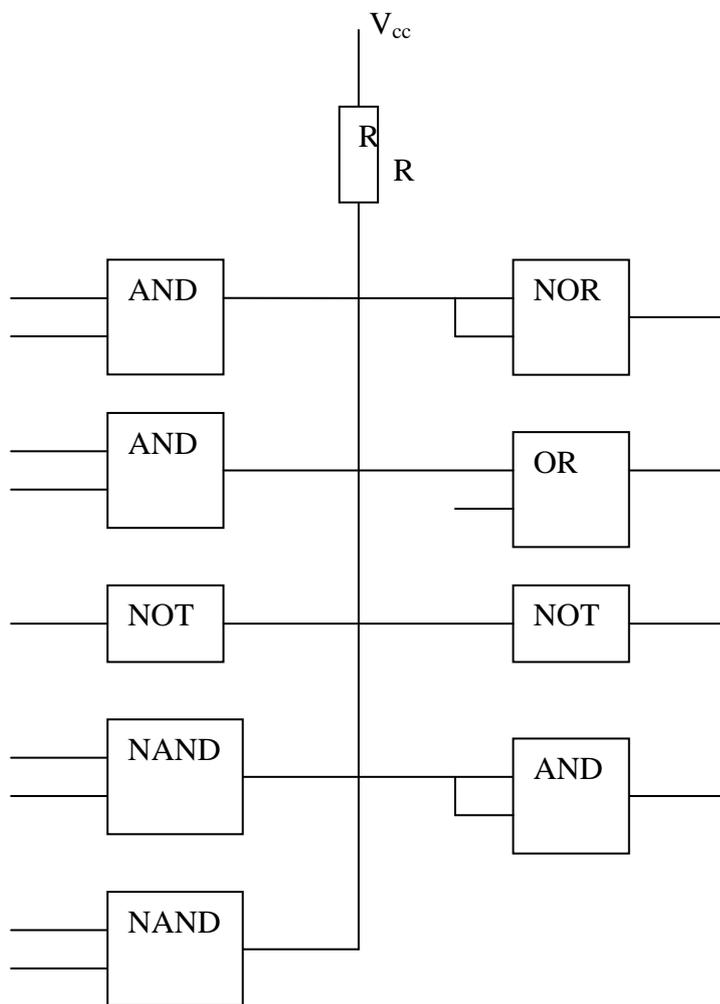
Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 4 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 4,1 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.

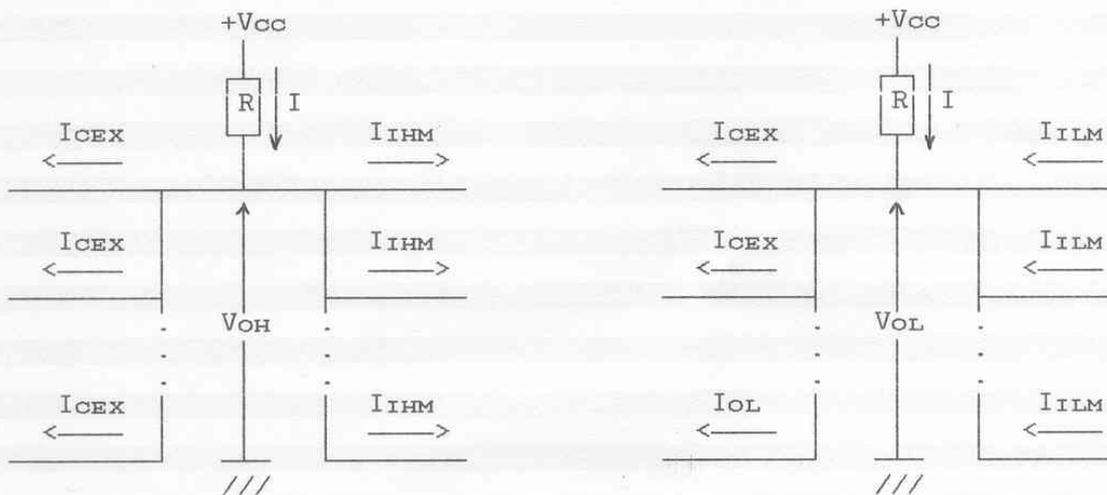


Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore della resistenza R di pull-up im modo da ottenere una tensione  $V_{OH} = 4,2 \text{ V}$  .  
 Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso.  
 In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.



Dato il circuito di figura, impiegante porte TTL standard open-collector, dimensionare il valore di R in modo da ottenere una tensione  $V_{OH} =$  . Verificare il corretto funzionamento del collegamento a livello basso. In ultimo, calcolare i valori minimo e massimo della resistenza di pull-up.

RISOLUZIONE DI UN GENERICO CIRCUITO CON M USCITE O.C. E N INGRESSI



1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}}$$

2.- Verifica del funzionamento a livello basso

Tale verifica si ottiene controllando che, nelle condizioni più sfavorevoli, a livello basso la corrente  $I_{OL}$  non superi il valore  $I_{OLM} = 16 \text{ mA}$ , oppure che la tensione  $V_{OL}$  non superi il valore  $V_{OLM} = 0,4 \text{ V}$ .

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R}$$

$$I + N * I_{IILM} = I_{OL} + (M - 1) * I_{CEX} \quad ==>$$

$$I_{OL} = I + N * I_{IILM} - (M - 1) * I_{CEX} < I_{OLM} ?$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$V_{OL} = V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) < V_{OLM} ?$$

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

$$R_{min} = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}}$$

.- se  $R_{min} < R_{MAX}$  il circuito è dimensionabile

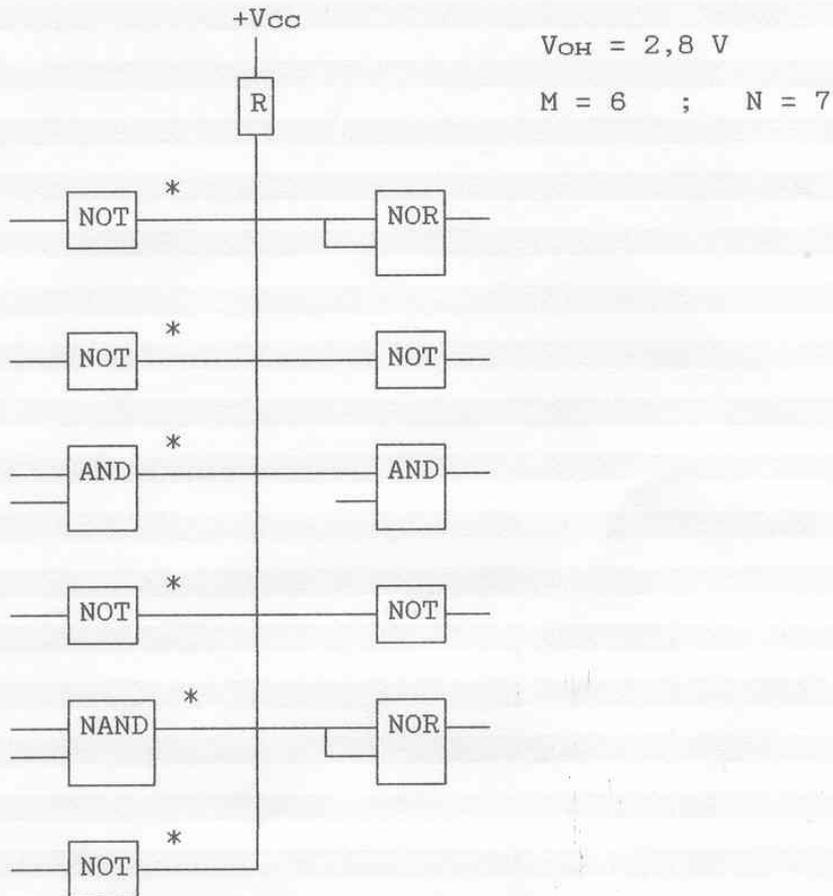
.- se  $R_{min} > R_{MAX}$  il circuito non è dimensionabile

Valori :  $I_{CEX} = 250 \mu A$  ;  $I_{OLM} = 16 \text{ mA}$  ;  $I_{ILM} = 40 \mu A$

$V_{CC} = 5 \text{ V}$  ;  $V_{OHm} = 2,4 \text{ V}$  ;  $V_{OLM} = 0,4 \text{ V}$

6.1

$$V_{OH} = 2,8 \text{ V} ; M = 6 ; N = 7$$



1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 2,8}{6 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 1,236 \text{ K}\Omega$$

2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,236 * 10^3} = 3,72 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 3,72 * 10^{-3} + 7 * 1,6 * 10^{-3} - 5 * 250 * 10^{-6} = 13,67 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,236 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 5 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 2,48 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

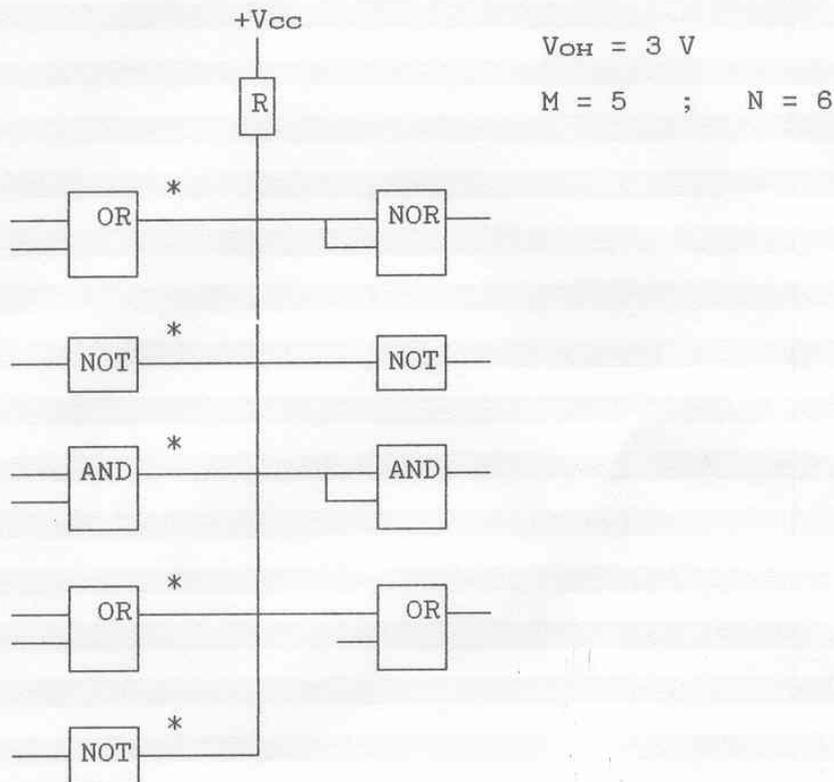
3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{max}$

$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 5 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}} = 0,76 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{6 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 1,46 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.2

 $V_{OH} = 3 \text{ V} ; M = 5 ; N = 6$ 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 3}{5 * 250 * 10^{-6} + 6 * 40 * 10^{-6}} = 1,34 \text{ K}\Omega$$

2.- Verifica del funzionamento a livello bassoa.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$ 

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,34 * 10^3} = 3,43 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 3,43 * 10^{-3} + 6 * 1,6 * 10^{-3} - 4 * 250 * 10^{-6} = 12,03 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,34 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 6 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 4,92 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

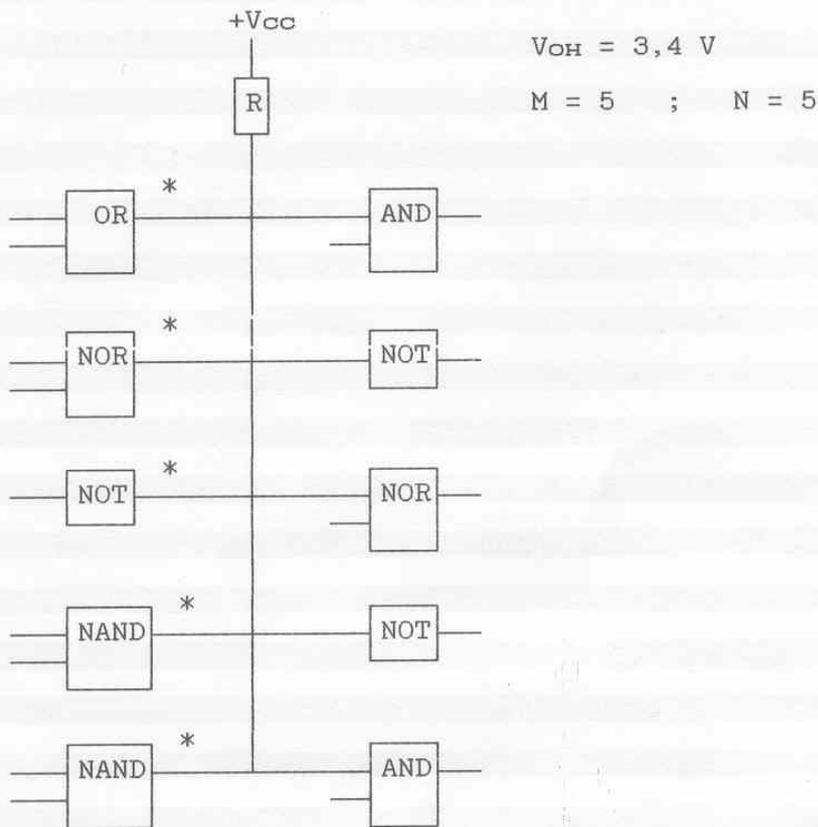
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 6 * 1,6 * 10^{-3}} = 0,62 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{5 * 250 * 10^{-6} + 6 * 40 * 10^{-6}} = 1,74 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.3

$$V_{OH} = 3,4 \text{ V} ; M = 5 ; N = 5$$



### 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 3,4}{5 * 250 * 10^{-6} + 5 * 40 * 10^{-6}} = 1,1 \text{ K}\Omega$$

### 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,1 * 10^3} = 4,17 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 4,17 * 10^{-3} + 5 * 1,6 * 10^{-3} - 4 * 250 * 10^{-6} = 11,17 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,1 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 5 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 4,9 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{max}$

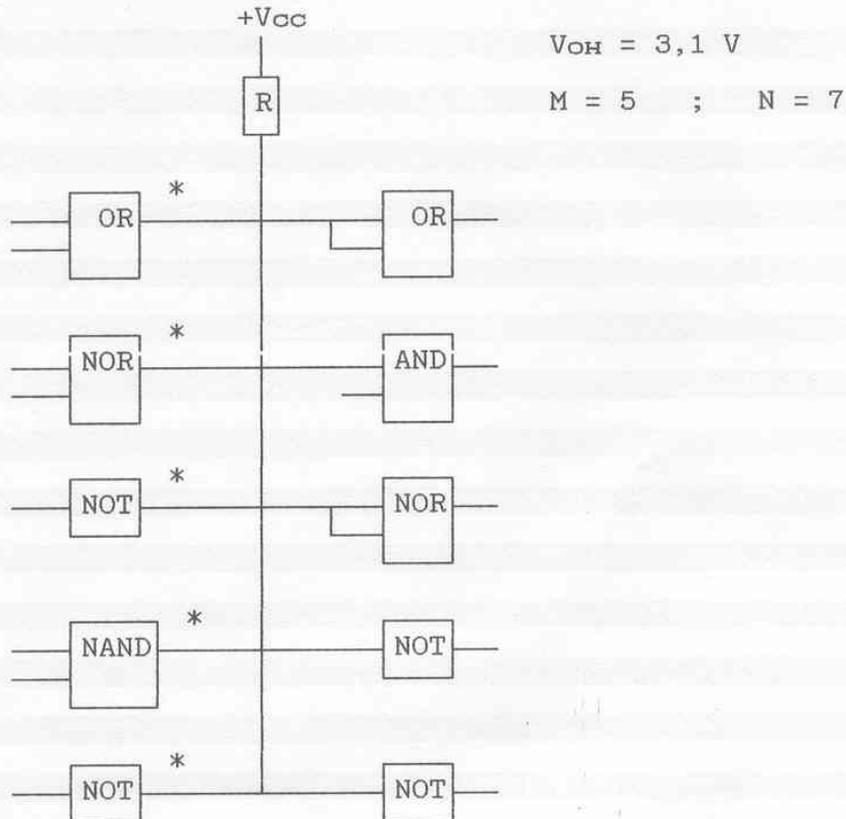
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 5 * 1,6 * 10^{-3}} = 0,29 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{max} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{5 * 250 * 10^{-6} + 5 * 40 * 10^{-6}} = 1,79 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.4

$$V_{OH} = 3,1 \text{ V} \quad ; \quad M = 5 \quad ; \quad N = 7$$



### 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 3,1}{5 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 1,24 \text{ K}\Omega$$

### 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,24 * 10^3} = 3,7 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 3,7 * 10^{-3} + 7 * 1,6 * 10^{-3} - 4 * 250 * 10^{-6} = 13,9 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,24 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 2,19 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

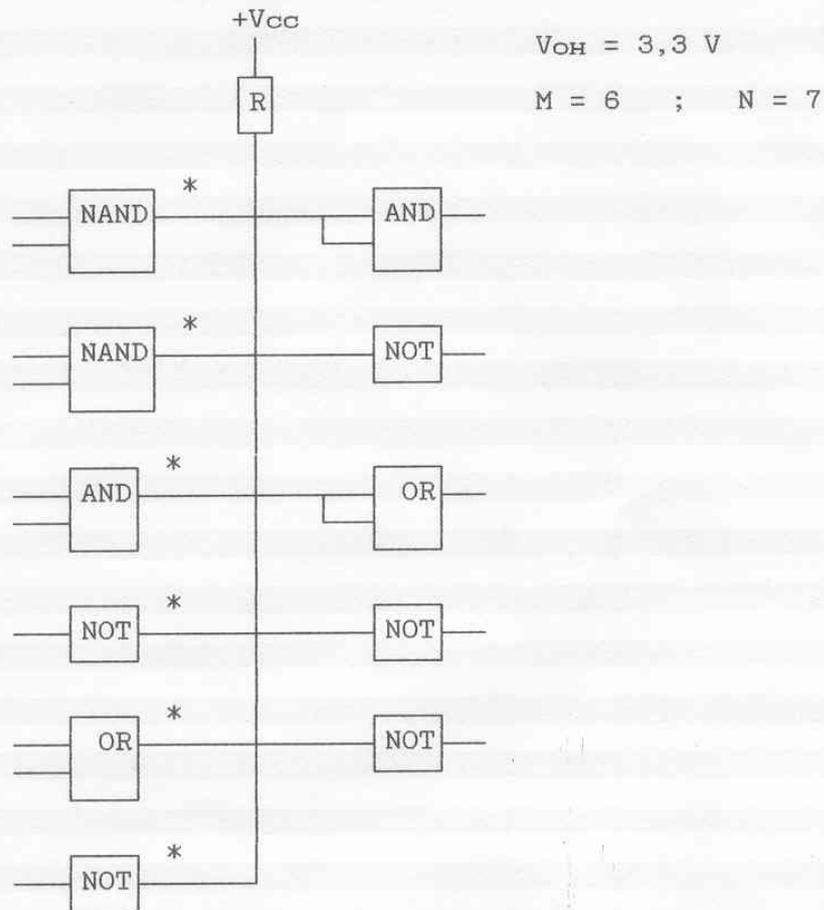
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}} = 0,79 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{5 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 1,7 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.5

$$V_{OH} = 3,3 \text{ V} ; M = 6 ; N = 7$$



$$V_{OH} = 3,3 \text{ V}$$

$$M = 6 ; N = 7$$

1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 3,3}{6 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 0,955 \text{ K}\Omega$$

2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{0,955 * 10^3} = 4,817 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 4,817 * 10^{-3} + 7 * 1,6 * 10^{-3} - 5 * 250 * 10^{-6} = 14,77 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 0,955 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 5 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 0,78 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{max}$

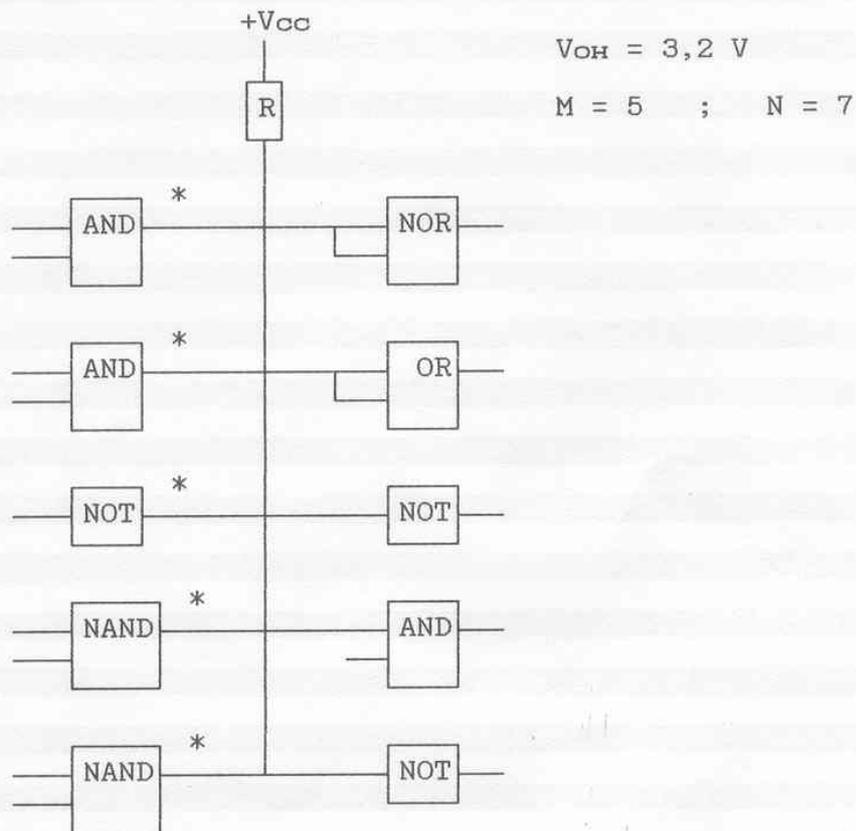
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 5 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}} = 0,76 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{6 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 1,46 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.6

$$V_{OH} = 3,2 \text{ V} ; M = 5 ; N = 7$$



1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 3,2}{5 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 1,18 \text{ K}\Omega$$

2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,18 * 10^3} = 3,91 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 3,91 * 10^{-3} + 7 * 1,6 * 10^{-3} - 4 * 250 * 10^{-6} = 14,11 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,18 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 1,844 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

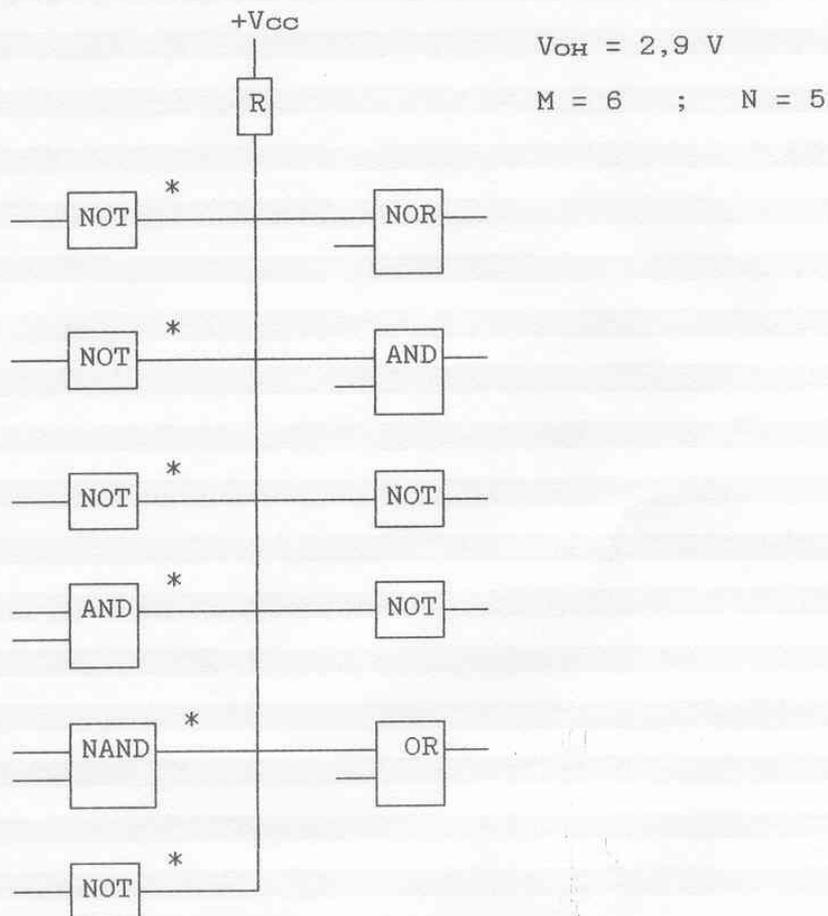
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}} = 0,79 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{5 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 1,7 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.7

$$V_{OH} = 2,9 \text{ V} ; M = 6 ; N = 5$$



### 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 2,9}{6 * 250 * 10^{-6} + 5 * 40 * 10^{-6}} = 1,23 \text{ K}\Omega$$

### 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,23 * 10^3} = 3,72 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 3,72 * 10^{-3} + 5 * 1,6 * 10^{-3} - 5 * 250 * 10^{-6} = 10,47 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,23 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 5 * 250 * 10^{-6} - 5 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 6,38 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

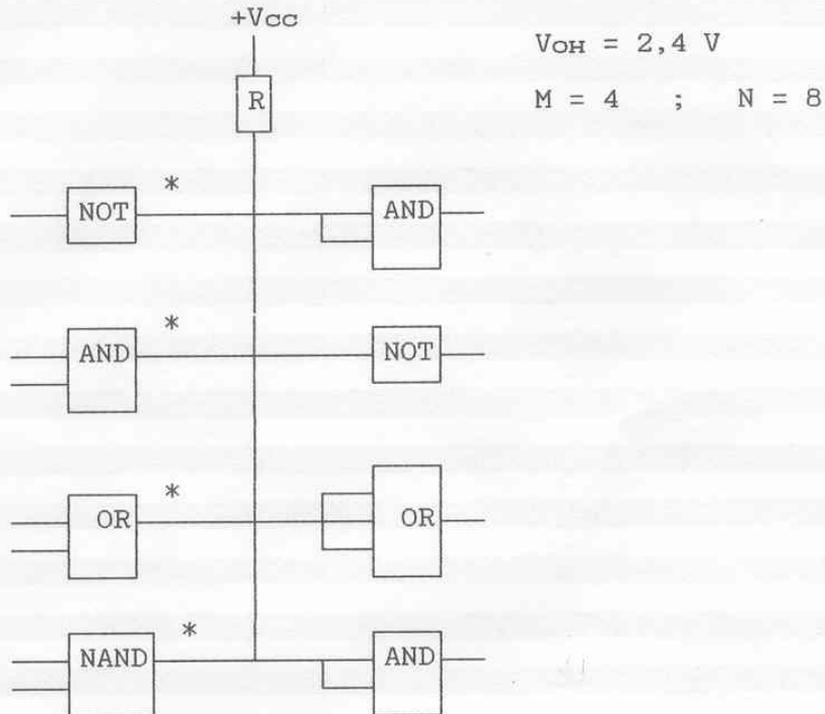
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 5 * 250 * 10^{-6} - 5 * 1,6 * 10^{-3}} = 0,5 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{6 * 250 * 10^{-6} + 5 * 40 * 10^{-6}} = 1,53 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.8

$$V_{OH} = 2,4 \text{ V} ; M = 4 ; N = 8$$



### 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 2,4}{4 * 250 * 10^{-6} + 8 * 40 * 10^{-6}} = 1,97 \text{ K}\Omega$$

### 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,97 * 10^3} = 2,335 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 2,335 * 10^{-3} + 8 * 1,6 * 10^{-3} - 3 * 250 * 10^{-6} = 14,385 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,97 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 3 * 250 * 10^{-6} - 8 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 2,78 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

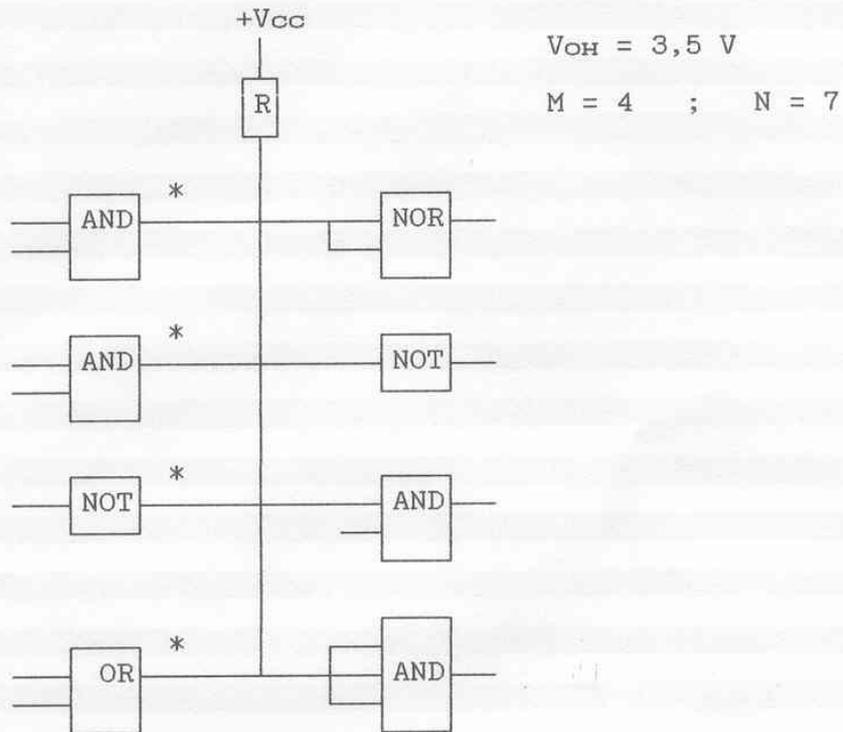
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 3 * 250 * 10^{-6} - 8 * 1,6 * 10^{-3}} = 1,164 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{4 * 250 * 10^{-6} + 8 * 40 * 10^{-6}} = 1,97 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.9

$$V_{OH} = 3,5 \text{ V} ; M = 4 ; N = 7$$



### 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 3,5}{4 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 1,17 \text{ K}\Omega$$

### 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,17 * 10^3} = 3,93 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 3,93 * 10^{-3} + 7 * 1,6 * 10^{-3} - 3 * 250 * 10^{-6} = 14,38 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,17 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 3 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 0,55 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

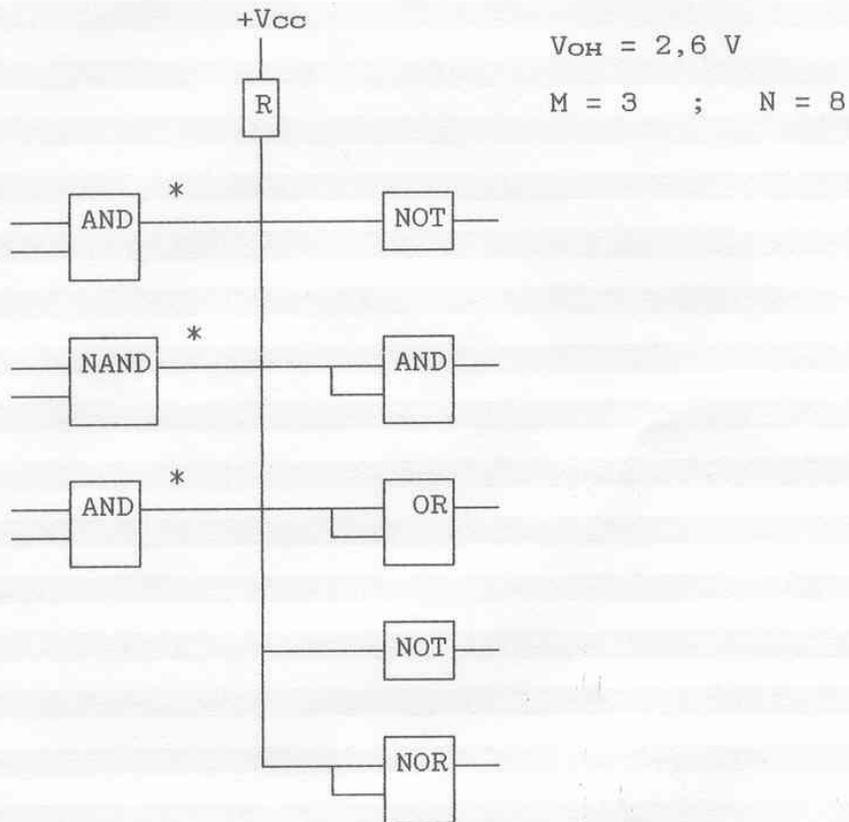
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 3 * 250 * 10^{-6} - 7 * 1,6 * 10^{-3}} = 0,83 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{4 * 250 * 10^{-6} + 7 * 40 * 10^{-6}} = 2,03 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.10

$$V_{OH} = 2,6 \text{ V} ; M = 3 ; N = 8$$



### 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 2,6}{3 * 250 * 10^{-6} + 8 * 40 * 10^{-6}} = 2,24 \text{ K}\Omega$$

### 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{2,24 * 10^3} = 2,05 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 2,05 * 10^{-3} + 8 * 1,6 * 10^{-3} - 2 * 250 * 10^{-6} = 14,35 \text{ mA} < I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 2,24 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 2 * 250 * 10^{-6} - 8 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= - 3,29 \text{ V} < V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta corretto.

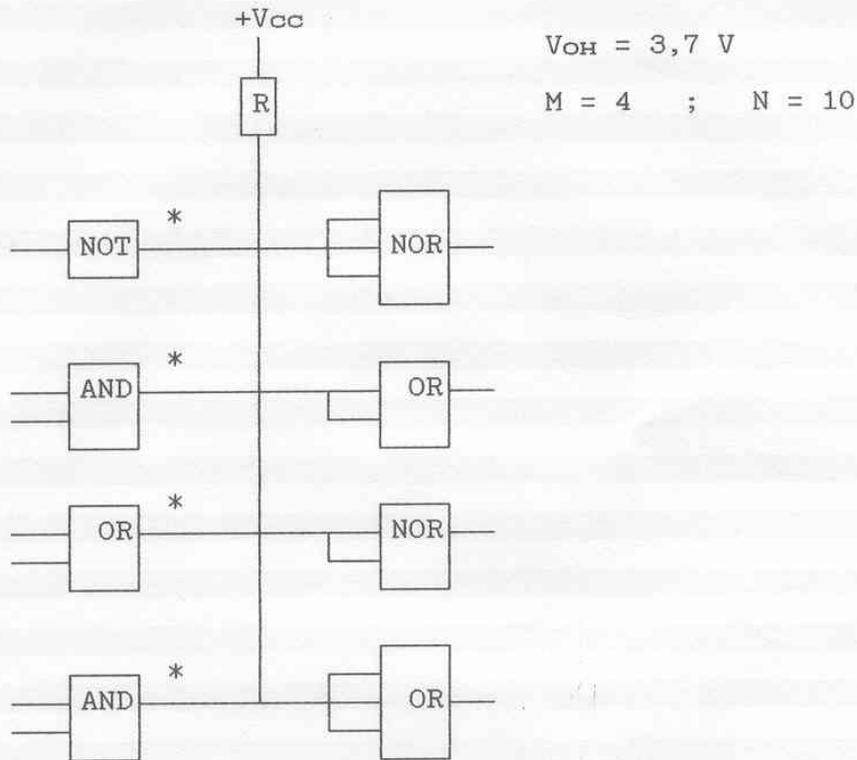
3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{max}$

$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 2 * 250 * 10^{-6} - 8 * 1,6 * 10^{-3}} = 1,24 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{3 * 250 * 10^{-6} + 8 * 40 * 10^{-6}} = 2,43 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.

6.11

 $V_{OH} = 3,7 \text{ V} ; M = 4 ; N = 10$ 

## 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 3,7}{4 * 250 * 10^{-6} + 10 * 40 * 10^{-6}} = 0,93 \text{ K}\Omega$$

## 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$ 

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{0,93 * 10^3} = 4,94 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 4,94 * 10^{-3} + 10 * 1,6 * 10^{-3} - 3 * 250 * 10^{-6} = 20,19 \text{ mA} > I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned} V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\ &= 5 - 0,93 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 3 * 250 * 10^{-6} - 10 * 1,6 * 10^{-3}) = \\ &= 4,3 \text{ V} > V_{OLM} \end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta non corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

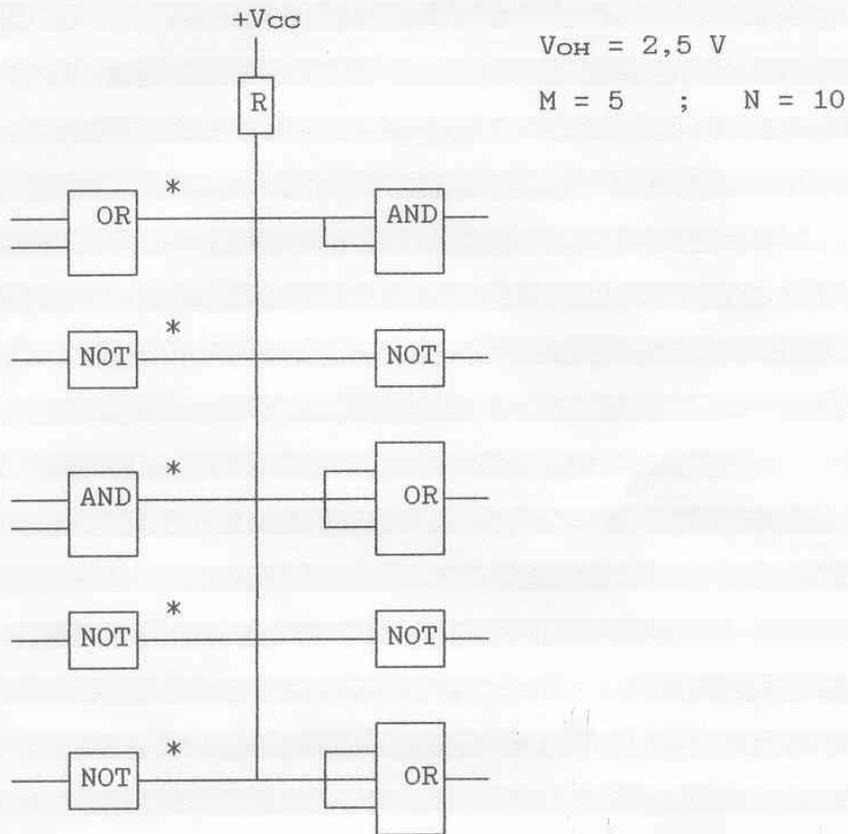
$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\ &= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 3 * 250 * 10^{-6} - 10 * 1,6 * 10^{-3}} = 6,13 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHM}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 2,4}{4 * 250 * 10^{-6} + 10 * 40 * 10^{-6}} = 1,86 \text{ K}\Omega$$

Il circuito non è dimensionabile in quanto risulta  $R_{min} > R_{MAX}$ .

6.12

$$V_{OH} = 2,5 \text{ V} ; M = 5 ; N = 10$$



### 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 2,5}{5 * 250 * 10^{-6} + 10 * 40 * 10^{-6}} = 1,51 \text{ K}\Omega$$

### 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{1,51 * 10^3} = 3,036 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 3,036 * 10^{-3} + 10 * 1,6 * 10^{-3} - 4 * 250 * 10^{-6} = 18,036 \text{ mA} > I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 1,51 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 10 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= 3,49 \text{ V} > V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta non corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{max}$

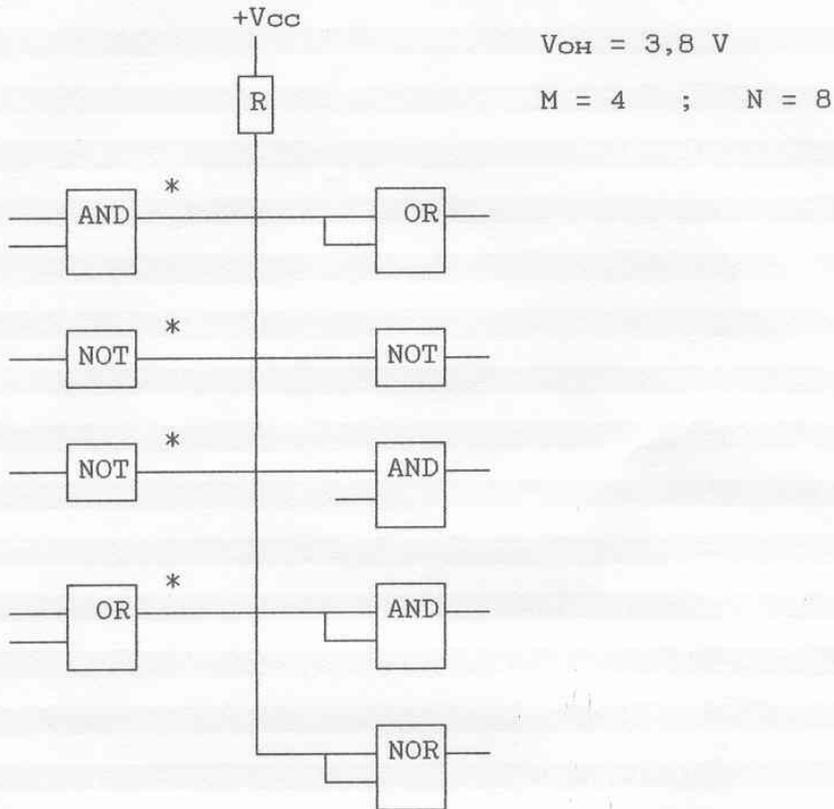
$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 4 * 250 * 10^{-6} - 10 * 1,6 * 10^{-3}} = 4,6 \text{ K}\Omega\end{aligned}$$

$$R_{max} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{5 * 250 * 10^{-6} + 10 * 40 * 10^{-6}} = 1,576 \text{ K}\Omega$$

Il circuito non è dimensionabile in quanto risulta  $R_{min} > R_{max}$ .

6.13

$$V_{OH} = 3,8 \text{ V} ; M = 4 ; N = 8$$



### 1.- Dimensionamento del valore di R

$$R = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHM}} = \frac{5 - 3,8}{4 * 250 * 10^{-6} + 8 * 40 * 10^{-6}} = 0,91 \text{ K}\Omega$$

### 2.- Verifica del funzionamento a livello basso

a.- Si verifica se  $I_{OL} < I_{OLM}$  con  $V_{OL} = V_{OLM}$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{R} = \frac{5 - 0,4}{0,91 * 10^3} = 5,06 \text{ mA}$$

$$I_{OL} = I + N * I_{ILM} - (M - 1) * I_{CEX} =$$

$$= 5,06 * 10^{-3} + 8 * 1,6 * 10^{-3} - 3 * 250 * 10^{-6} = 17,11 \text{ mA} > I_{OLM}$$

b.- Si verifica se  $V_{OL} < V_{OLM}$  con  $I_{OL} = I_{OLM}$

$$\begin{aligned}V_{OL} &= V_{CC} - R * (I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}) = \\&= 5 - 0,91 * 10^3 * (16 * 10^{-3} + 3 * 250 * 10^{-6} - 8 * 1,6 * 10^{-3}) = \\&= 1,4 \text{ V} > V_{OLM}\end{aligned}$$

Il funzionamento a livello basso risulta non corretto.

3.- Calcolo dei valori  $R_{min}$  e  $R_{MAX}$

$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_{CC} - V_{OLM}}{I_{OLM} + (M - 1) * I_{CEX} - N * I_{ILM}} = \\&= \frac{5 - 0,4}{16 * 10^{-3} + 3 * 250 * 10^{-6} - 8 * 1,6 * 10^{-3}} = 1,16 \text{ K}\Omega > R = 910 \Omega\end{aligned}$$

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{OHm}}{M * I_{CEX} + N * I_{IHm}} = \frac{5 - 2,4}{4 * 250 * 10^{-6} + 8 * 40 * 10^{-6}} = 1,97 \text{ K}\Omega$$

Il circuito è dimensionabile.