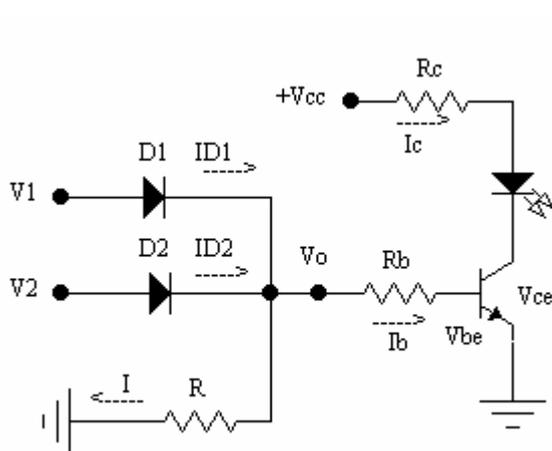
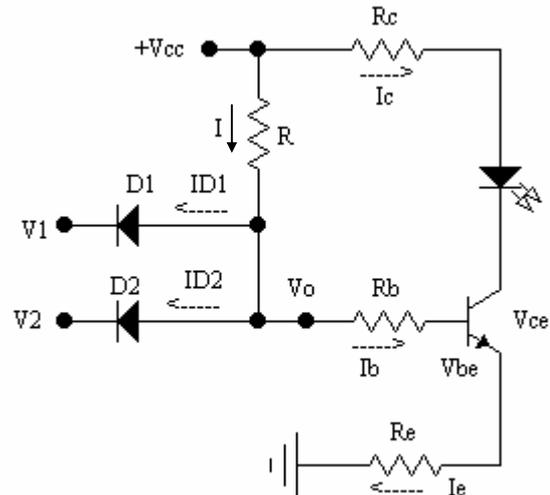


## VERIFICA DEL FUNZIONAMENTO DI PORTE LOGICHE OR E AND REALIZZATE CON DIODI E VISUALIZZAZIONE DELLO STATO LOGICO DELL'USCITA MEDIANTE DIODO LED

Per entrambe le porte il LED acceso indicherà un livello logico alto ("1") e il LED spento un livello logico basso ("0").



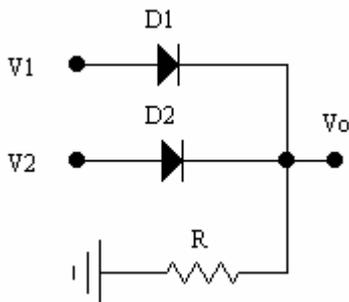
Porta OR



Porta AND

### Definizione del funzionamento dei circuiti e definizione dei valori dei componenti

#### Porta OR



Porta OR						
V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>o</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	LED
0	0	0	0	0	0	Spento
0	V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> - V <sub>γ</sub>	0	1	1	Acceso
V <sub>CC</sub>	0	V <sub>CC</sub> - V <sub>γ</sub>	1	0	1	Acceso
V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> - V <sub>γ</sub>	1	1	1	Acceso

Gli stati logici d'ingresso vengono ottenuti nel seguente modo:

- $V_{iL} = 0 \rightarrow$  ingresso collegato a massa
- $V_{iH} = +V_{CC} \rightarrow$  ingresso collegato all'alimentazione positiva

$$1. \quad V_1 = V_2 = V_{iL} = V_{2L} = 0 \Rightarrow \begin{cases} D_1 & \text{interdetto} \\ D_2 & \text{interdetto} \end{cases} \Rightarrow V_o = 0$$

$$2. \quad \begin{cases} V_1 = V_{iL} = 0 \\ V_2 = V_{2H} = V_{CC} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D_1 & \text{interdetto} \\ D_2 & \text{conduzione} \end{cases} \Rightarrow V_o = V_{CC} - V_\gamma$$

$$3. \begin{cases} V_1 = V_{IH} = V_{CC} \\ V_2 = V_{2L} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ conduzione} \\ D_2 \text{ interdetto} \end{cases} \Rightarrow V_o = V_{CC} - V_\gamma$$

$$4. \begin{cases} V_1 = V_{IH} = V_{CC} \\ V_2 = V_{2L} = V_{CC} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ conduzione} \\ D_2 \text{ conduzione} \end{cases} \Rightarrow V_o = V_{CC} - V_\gamma$$

Al fine di non caricare l'uscita, il diodo LED viene pilotato tramite un BJT in funzionamento ON-OFF.

Si fissa:  $V_F = 2V$  ;  $I_F = I_{CS} = 5mA$  ;  $V_{CES} \cong 0$  ;  $V_{CC} = 5V$  ;  $D$ : 1N4148 ;  $I_{D1} = I_{D2} = 1mA$  quando i diodi conducono contemporaneamente ;  $V_{BES} = 0,8V$  ;  $V_\gamma \cong 0,7V$  ; BJT BC237B :  $h_{FEMIN} = 200$ .

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_F}{I_F} = \frac{5 - 2}{5 \cdot 10^{-3}} = 600\Omega \quad \text{valore commerciale } 680\Omega.$$

Con tale valore  $I_{CS} = I_F = \frac{V_{CC} - V_F}{R_C} = \frac{5 - 2}{0,68 \cdot 10^{-3}} = 4,41mA$ .

$$I_{BMIN} = \frac{I_{CS}}{h_{FEMIN}} = \frac{4,41 \cdot 10^{-3}}{200} = 22\mu A, \quad \text{si fissa } I_B = 50\mu A > I_{BMIN}.$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_\gamma - V_{BES}}{I_B} = \frac{5 - 0,7 - 0,8}{50 \cdot 10^{-6}} = 70k\Omega \quad \text{valore commerciale } 68k\Omega.$$

Con i diodi entrambi in conduzione  $R = \frac{V_{CC} - V_\gamma}{2I_{D1}} = \frac{5 - 0,7}{2 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 2,15k\Omega$  valore commerciale 2,2k $\Omega$

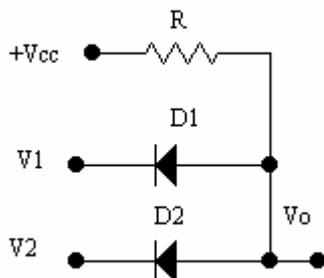
**Riassumendo:**  $R_C = 680\Omega$  ;  $R_B = 68k\Omega$  ;  $R = 2,2k\Omega$  ;  $D = 1N4148$  ; BJT = BC237B.

a. Diodi entrambi interdetti: tensioni e correnti nulle.

b. Un diodo in conduzione ed uno interdetto:  $V_\gamma = 0,7V$  ;  $V_D = -4,3mA$  ;  $V_R = V_o = 4,3V$  ;  
 $I = \frac{V_R}{R} = \frac{4,3}{2,2 \cdot 10^3} = 1,95mA$  ;  $I_B = 50\mu A$  ;  $V_{RB} = 3,5V$  ;  $V_{BE} \cong 0,8V$ .

c. Diodi entrambi in conduzione:  $V_\gamma = 0,7V$  ;  $V_D = -4,3mA$  ;  $V_R = V_o = 4,3V$  ;  $I = 1,95mA$  ;  
 $I_B = 50\mu A$  ;  $V_{RB} = 3,5V$  ;  $V_{BE} \cong 0,8V$ .

### Porta AND



Porta OR						
$V_1$	$V_2$	$V_o$	$V_1$	$V_2$	$V_1$	LED
0	0	0	0	0	0	Spento
0	$V_{CC}$	$V_\gamma$	0	1	0	Spento
$V_{CC}$	0	$V_\gamma$	1	0	0	Spento
$V_{CC}$	$V_{CC}$	$V_{CC} - V_\gamma$	1	1	1	Acceso

1.  $V_1 = V_2 = V_{1L} = V_{2L} = 0 \Rightarrow \begin{cases} D_1 & \text{conduzione} \\ D_2 & \text{conduzione} \end{cases} \Rightarrow V_o = V_\gamma$
2.  $\begin{cases} V_1 = V_{1L} = 0 \\ V_2 = V_{2H} = V_{CC} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D_1 & \text{conduzione} \\ D_2 & \text{interdetto} \end{cases} \Rightarrow V_o = V_\gamma$
3.  $\begin{cases} V_1 = V_{1H} = V_{CC} \\ V_2 = V_{2L} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D_1 & \text{interdetto} \\ D_2 & \text{conduzione} \end{cases} \Rightarrow V_o = V_\gamma$
4.  $\begin{cases} V_1 = V_{1H} = V_{CC} \\ V_2 = V_{2L} = V_{CC} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D_1 & \text{interdetto} \\ D_2 & \text{interdetto} \end{cases} \Rightarrow V_o = V_{CC} - V_\gamma$

Poiché il livello basso d'uscita è  $V_\gamma \cong 0,7V$ , il diodo LED potrebbe ugualmente accendersi, anche se debolmente; pertanto, si aggiunge sull'emettitore una resistenza  $R_E$  sulla quale, se dovesse circolare corrente di collettore a livello basso, si produrrà una caduta di tensione proporzionale a tale corrente rendendo sicuramente minima l'illuminazione del LED.

Lo stesso risultato può meglio essere ottenuto inserendo sull'emettitore, al posto di  $R_E$ , un diodo; a livello basso la differenza di potenziale sulla base risulterà insufficiente a mettere in conduzione contemporaneamente il diodo e la giunzione base-emettitore.

$$R_C + R_E = \frac{V_{CC} - V_F}{I_F} = \frac{5 - 2}{5 \cdot 10^{-3}} = 600\Omega \quad \left\{ \begin{array}{l} R_C = 470\Omega \\ R_E = 220\Omega \end{array} \right.$$

Con tale valore 
$$I_{CS} = I_F = \frac{V_{CC} - V_F}{R_C + R_E} = \frac{5 - 2}{0,47 \cdot 10^{-3} + 0,22 \cdot 10^{-3}} = 4,35\text{mA}.$$

$$I_{BMIN} = \frac{I_{CS}}{h_{FEMIN}} = \frac{4,35 \cdot 10^{-3}}{200} = 21,75\mu\text{A}, \quad \text{si fissa } I_B = 50\mu\text{A} > I_{BMIN}.$$

Con i diodi entrambi in conduzione 
$$R = \frac{V_{CC} - V_\gamma}{2I_{D1}} = \frac{5 - 0,7}{2 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 2,15\text{k}\Omega \quad \text{valore commerciale } 2,2\text{k}\Omega$$

Con i diodi entrambi interdetti in R circolerà la corrente  $I_B$ , si ha:

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BES} - R_E I_F}{I_B} - R = \frac{5 - 0,8 - 220 \cdot 4,35 \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 10^{-6}} - 2,2 \cdot 10^3 = 62,67\text{k}\Omega$$

valore commerciale  $56\text{k}\Omega$ .

**Riassumendo:**  $R_C = 470\Omega$ ;  $R_E = 220\Omega$ ;  $R_B = 56\text{k}\Omega$ ;  $R = 2,2\text{k}\Omega$ ;  $D = 1N4148$ ;  $BJT = BC237B$ .

- a. Diodi entrambi in conduzione:  $V_o = V_\gamma = 0,7V$  ;  $V_{RB} = V_{RE} \cong 0$  ;  $V_{BE} \cong 0,7V$  ;  
 $V_R = V_{CC} - V_\gamma = 4,3V$  ;  $I = \frac{V_{CC} - V_\gamma}{R} = \frac{5 - 0,7}{2,2 \cdot 10^3} = 1,95\text{mA}$  ;  $I_B = 50\mu\text{A}$ .

b. Un diodo in conduzione ed uno interdetto:  $V_o = V_\gamma = 0,7V$  ;  $V_{RB} = V_{RE} \cong 0$  ;  $V_D = -4,3V$  ;  $V_{BE} \cong 0$  ;  $I = 1,95mA$ .

c. Diodi entrambi interdetti:  $V_o = V_{CC} - RI_B = 5 - 2,2 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 4,89V$  ;  $V_D = -0,11V$  ;  
 $V_{RB} = R_B I_B = 56 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 2,8V$  ;  $V_{RE} = R_E I_F = 220 \cdot 4,35 \cdot 10^{-3} = 0,957V$  ;  $V_{BE} \cong 0,8V$  ;  
 $V_R = RI_B = 2,2 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 0,11V$ .

## Procedimento della misura

### Porta OR

1. Si monta il circuito e si collega il generatore;
2. si verificano le combinazioni collegando gli ingressi a massa se a "0" logico e a  $V_{CC}$  se a "1" logico;
3. per ogni combinazione si misurano:  $V_o$  ;  $V_{D1}$  ;  $V_{D2}$  ;  $V_{RB}$  ;  $V_{BE}$  ; e, con i valori misurati, si calcolano  $I = \frac{V_R}{R} = \frac{V_o}{R}$  ;  $I_B = \frac{V_{RB}}{R_B}$  ;  $I_D = I$  se un diodo conduce ed uno è interdetto;  $I_D = \frac{I}{2}$  se entrambi i diodi conducono;
4. si tabulano i dati.

### Porta AND

5. Si monta il circuito e si collega il generatore;
6. si verificano le combinazioni collegando gli ingressi a massa se a "0" logico e a  $V_{CC}$  se a "1" logico;
7. per ogni combinazione si misurano:  $V_o$  ;  $V_{D1}$  ;  $V_{D2}$  ;  $V_{RB}$  ;  $V_{BE}$  ;  $V_R$  ;  $V_{RE}$  ; e, con i valori misurati, si calcolano  $I = \frac{V_R}{R} = \frac{V_o}{R}$  ;  $I_B = \frac{V_{RB}}{R_B}$  ;  $I_D = I$  se un diodo conduce ed uno è interdetto;  $I_D = \frac{I}{2}$  se entrambi i diodi conducono;
8. si tabulano i dati.

Porta OR											
Volt							mA			$\mu A$	Stato
$V_1$	$V_2$	$V_o$	$V_{D1}$	$V_{D2}$	$V_{RB}$	$V_{BE}$	I	$I_{D1}$	$I_{D2}$	$I_B$	LED
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Spento
0	5	4,32	-4,32	0,64	3,64	0,68	1,96	0	1,96	53,5	Acceso
5	0	4,32	0,64	-4,32	3,64	0,68	1,96	1,96	0	53,5	Acceso
5	5	4,32	0,60	0,60	3,67	0,68	1,96	0,98	0,98	53,5	Acceso

Porta AND													
Volt								mA			$\mu A$	Stato	
$V_1$	$V_2$	$V_o$	$V_{D1}$	$V_{D2}$	$V_{RB}$	$V_{BE}$	$V_R$	$V_{RE}$	I	$I_{D1}$	$I_{D2}$	$I_B$	LED
0	0	0,60	0,60	0,60	0,02	0,56	4,36	0,59	1,98	0,99	0,99	0,36	Spento
0	5	0,64	0,64	-4,32	0,06	0,51	4,32	0,61	1,96	1,96	0	1	Spento
5	0	0,63	-4,32	0,63	0,06	0,51	4,32	0,61	1,96	0	1,96	1	Spento
5	5	4,83	-0,13	-0,13	3,18	0,68	0,13	3,86	0,059	0	0	56,8	Acceso

**Il diodo con uscita a livello basso risulta leggermente illuminato**

