

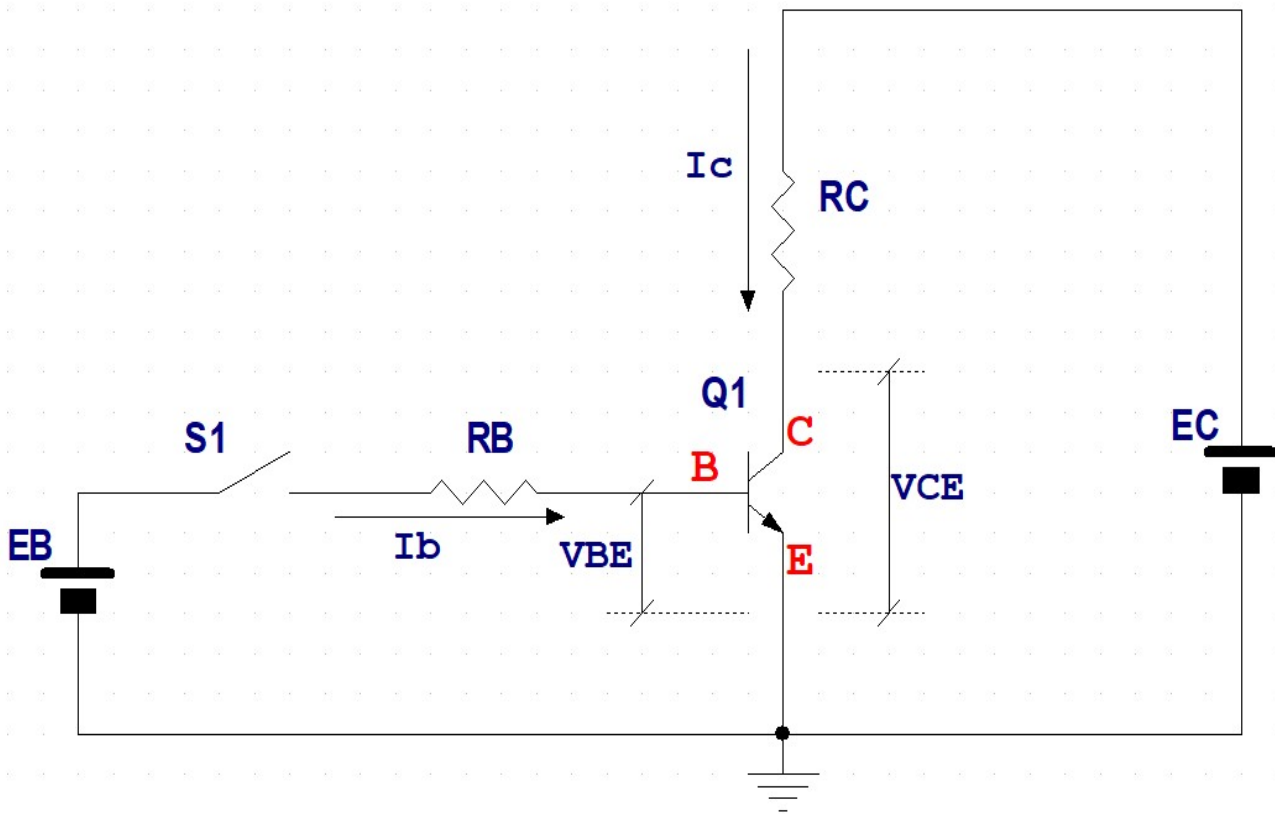
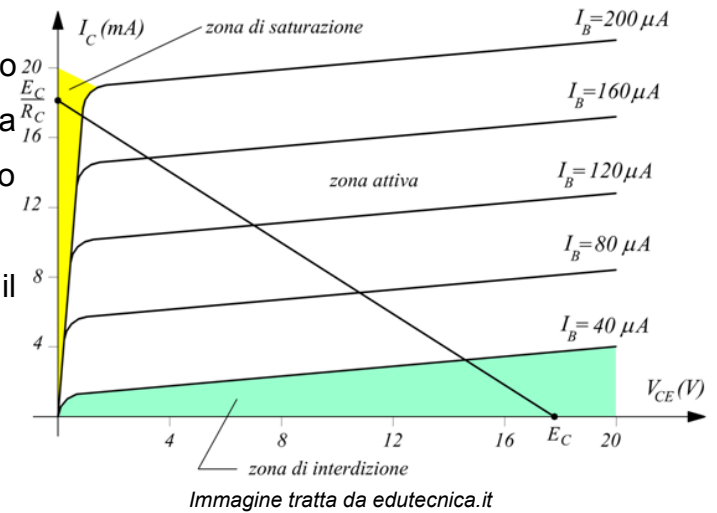
## BJT NPN E PNP IN ON-OFF

Quando si parla di funzionamento ON-OFF in un transistor BJT, si intende di far lavorare il componente nelle due zone di SATURAZIONE ed INTERDIZIONE e non nella zona lineare.

Nella zona di saturazione la  $V_{CE}$  è vicina allo zero come se fosse un cortocircuito, mentre nella zona di interdizione ( $I_b=0$ ) la  $I_c$  è vicina allo zero come se fosse un circuito aperto.

Se la  $V_{CE}=0$  sull'asse delle ordinate avremmo il punto che identifica la massima corrente  $I_c = E_C / R_C$

Viceversa sull'asse delle ascisse con la  $I_c=0$  si avrà la massima tensione  $V_{CE}=E_C$



Il collegamento di un transistor che lavora in on-off, è sempre nella configurazione ad emettitore comune, cioè con l'emettitore collegato alla GND.

Il calcoli da effettuare per ottenere il valore delle resistenze del circuito sono i seguenti:

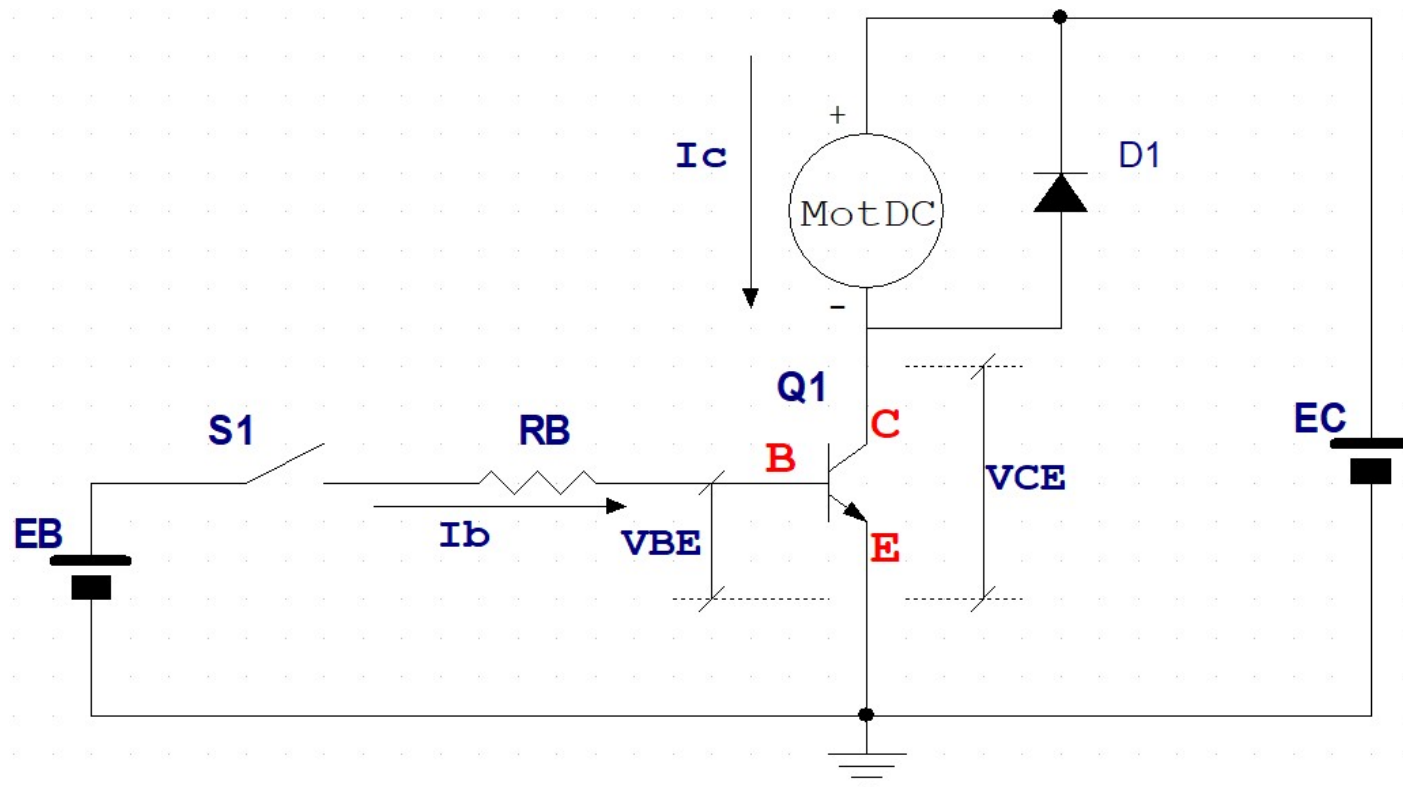
$$I_c = \frac{E_C - V_{CESAT}}{R_C} \quad \text{considerando la } V_{CESAT}=0 \text{ si ha che : } I_c = \frac{E_C}{R_C}$$

Per trovare la  $I_b$  possiamo utilizzare il valore di  $h_{fe}$  del transistor, ma non essendo in zona lineare, utilizziamo il valore  $h_{fe}$  minimo ed incrementiamo il risultato di un 20% per ottenere il valore di  $I_b$  necessario per mandare in saturazione il transistor,  $I_{bsat}$ :

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe \min}} \quad I_{bsat} = I_b + \frac{I_b * 20}{100}$$

A questo punto è possibile calcolare la resistenza  $R_B$ :  $R_B = \frac{E_B - V_{BE}}{I_{b \text{ sat}}}$

In questo caso il carico connesso sul collettore è rappresentato dalla  $R_C$ , ad esempio potremmo immaginare al suo posto un motore DC.



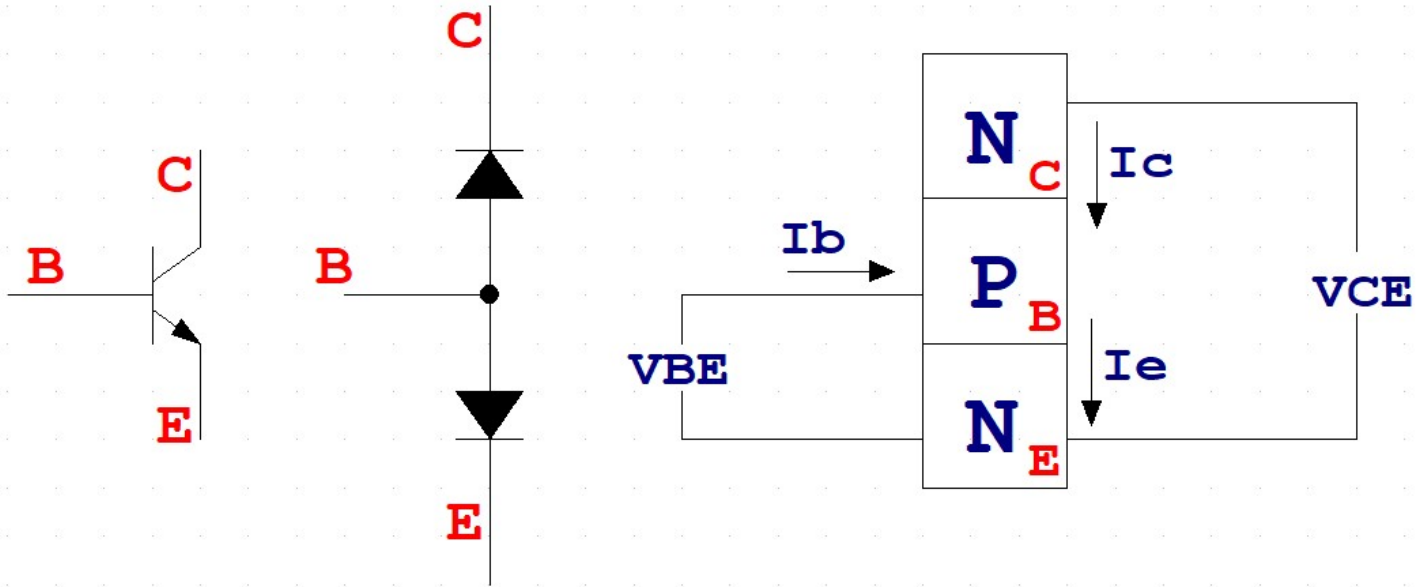
Partendo dal valore della corrente nominale che deve scorrere sul motore, e sostituendo questo valore alla  $I_c$  possiamo ripetere i calcoli visti prima e calcolare la  $R_B$ .

In questa configurazione la corrente entra nel collettore quando il tasto  $S_1$  è chiuso e non circola, o è quasi pari a zero, quando l'interruttore è aperto.

**Le uscite di dispositivi che hanno il collettore libero, a cui collegare un carico connesso ad una fonte positiva di tensione, si chiamano open collector NPN (anche dette sink) se il transistor è in saturazione l'uscita vale 0 Volt ed assorbe la corrente che passa per il carico, se il transistor è in interdizione ( $S_1$  aperto) l'uscita assume un valore di tensione solo se è connesso un carico come nella figura precedente.**

Ora proviamo a vedere cosa accade con un transistor PNP.

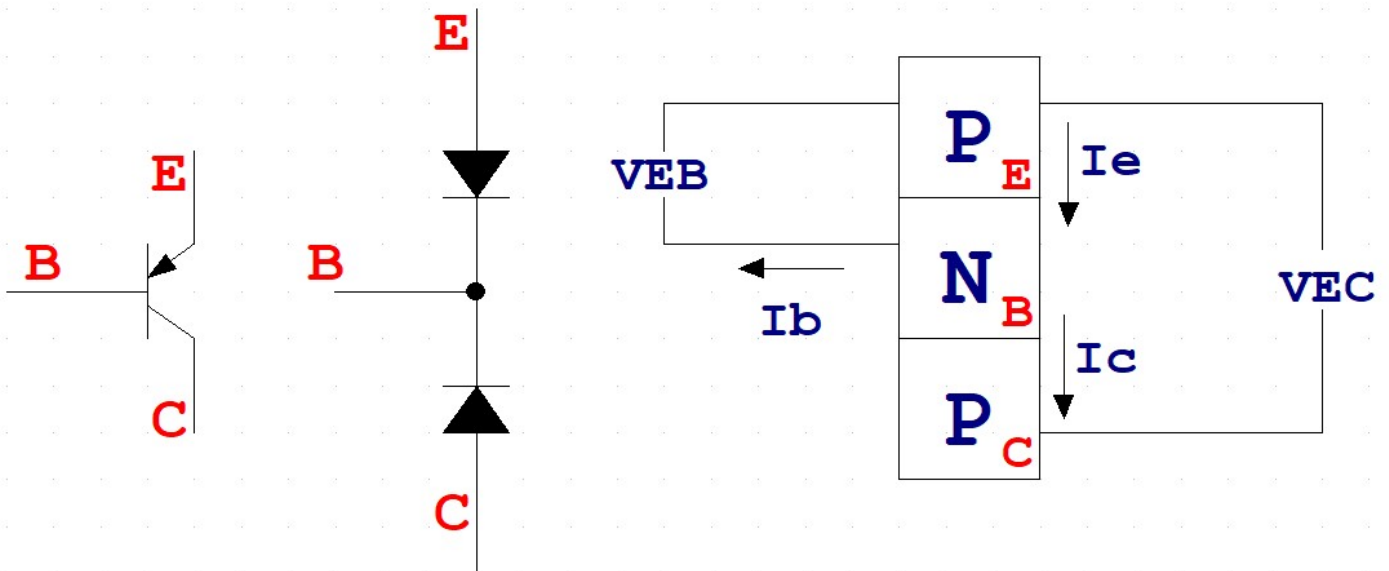
Mentre nel transistor NPN abbiamo la seguente situazione:



La corrente I<sub>B</sub> entra nella base e la I<sub>C</sub> nel collettore, per poi uscire sommata alla I<sub>B</sub> dall'emettitore.

$$I_e = I_b + I_c$$

Nel caso del transistor BJT invece avremo una situazione esattamente complementare e cioè:

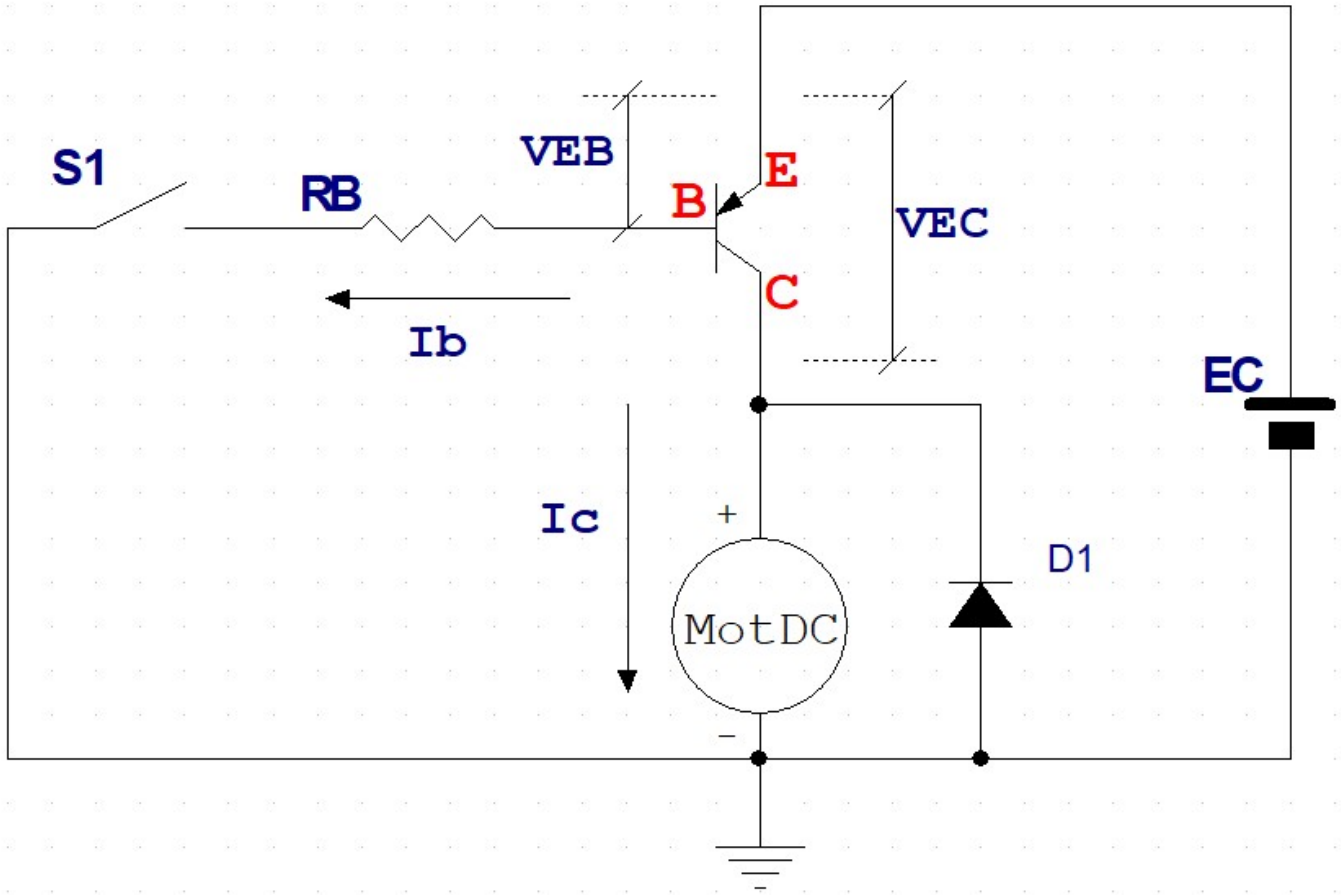


La corrente I<sub>c</sub> esce dal collettore e la corrente I<sub>b</sub> esce dalla base, nell'emettitore entra la corrente I<sub>E</sub>, che è la somma delle due:  $I_e = I_c + I_b$

Anche in questo caso valgono i ragionamenti fatti precedentemente per le due zone di saturazione e di interdizione, ed il legame tra I<sub>c</sub> ed I<sub>b</sub> è sempre lo stesso:

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe \min}}$$

Se colleghiamo come nel precedente caso come carico sul collettore un motore DC, avremo il seguente schema:



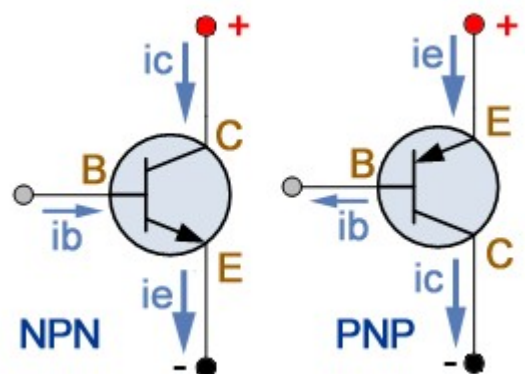
In questa configurazione la corrente esce dal collettore quando il tasto S1 è chiuso e non circola, o è quasi pari a zero, quando l'interruttore è aperto.

**Le uscite di dispositivi che hanno il collettore libero, a cui collegare un carico connesso ad una fonte negativa di tensione, si chiamano open collector PNP (anche dette source) se il transistor è in saturazione l'uscita vale il valore in Volt di EC ed eroga la corrente che poi passerà per il carico, se il transistor è in interdizione (S1 aperto) l'uscita assume un valore di tensione solo se è connesso un carico come nella figura precedente.**

Nella figura a fianco possiamo vedere la direzione delle correnti nei due tipi di transistor. La configurazione ad emettitore comune prevede perciò che l'emettitore andrà collegato o a massa (nel caso del transistor NPN) o alla fonte positiva di alimentazione (nel caso del transistor PNP).

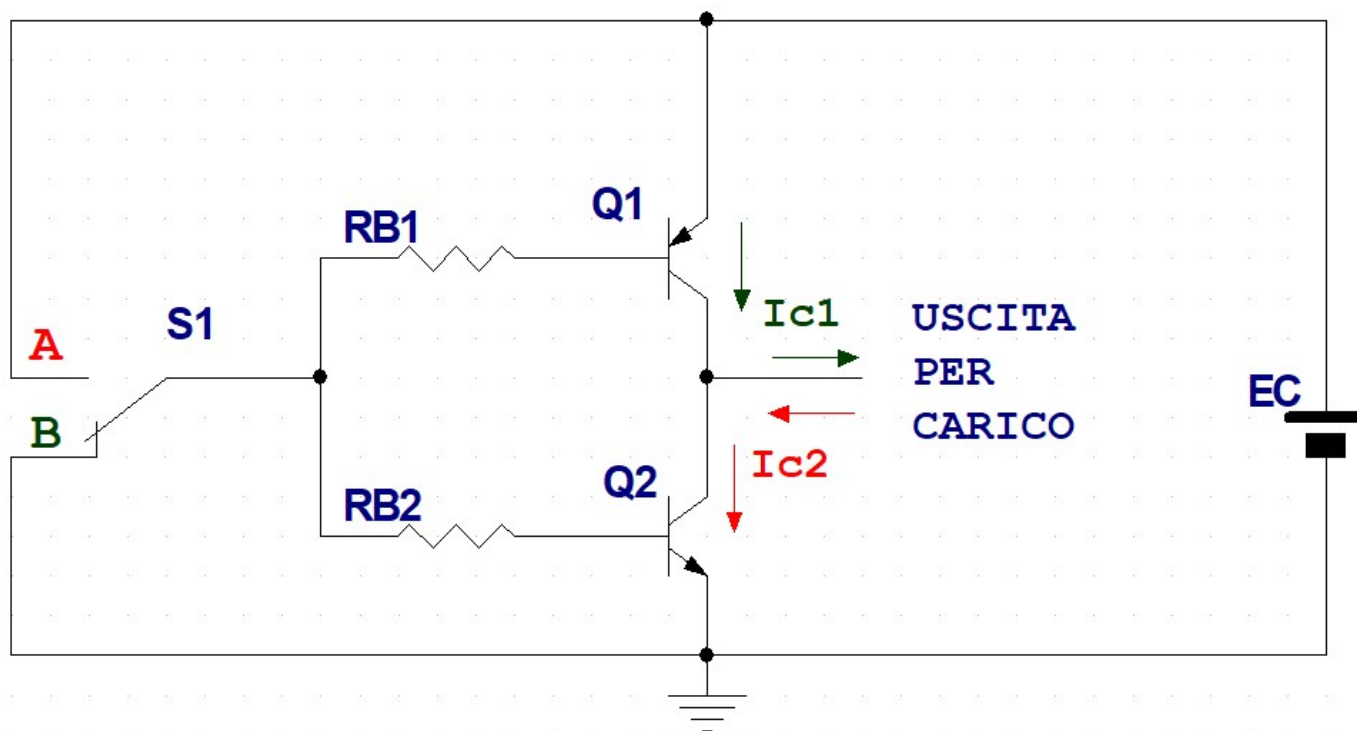
La corrente del carico verrà assorbita dal collettore (nel caso del transistor NPN) o erogata dal collettore (nel caso del transistor PNP).

**In entrambi i casi quando il transistor è in interdizione il collettore se non è collegato non assumerà alcun valore di tensione.**



Oltre alle due configurazioni open collector, c'è però una terza possibilità e cioè quella in cui il collettore connesso al carico assume sempre un valore di tensione, o 0 volt o il valore positivo della fonte di alimentazione.

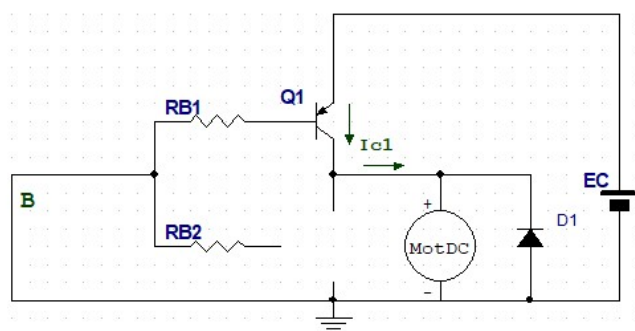
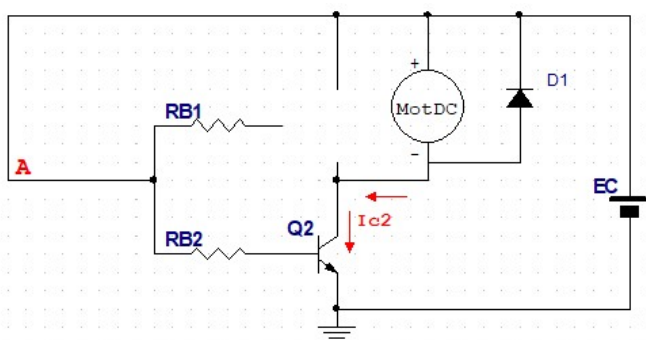
**Il collegamento in questione viene definito push-pull**, e si ottiene con due transistor collegati nel seguente modo:



In pratica se S1 è in posizione A, il transistor Q1 è interdetto e Q2 è in saturazione, in quanto la corrente passerà per RB2 entrando nella base e non passerà per RB1. Con il transistor Q2 in saturazione, la corrente  $I_{c2}$  potrebbe essere assorbita dal transistor se il carico è collegato verso la fonte positiva dell'alimentazione.

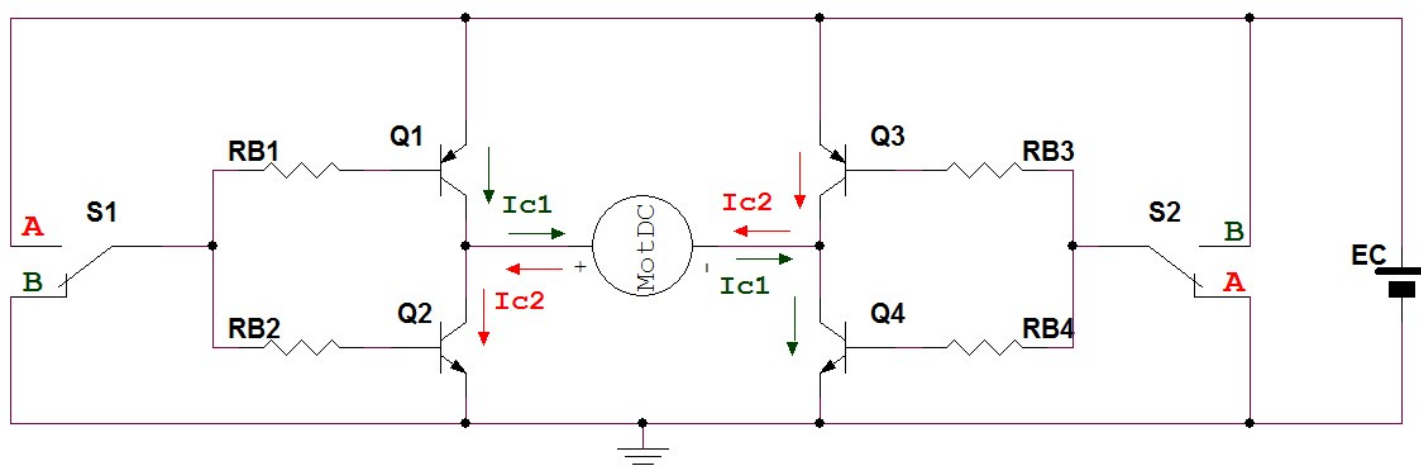
Viceversa se S1 è in posizione B, allora il transistor Q2 è interdetto e Q1 in saturazione, in quanto la corrente passerà per RB1 uscendo dalla base e non passerà per RB2. Con il transistor Q1 in saturazione, la corrente  $I_{c1}$  potrebbe essere erogata dal transistor se il carico è collegato verso la fonte negativa dell'alimentazione.

In entrambi i casi l'uscita avrà un valore di tensione, 0 Volt oppure il positivo della  $E_c$ .



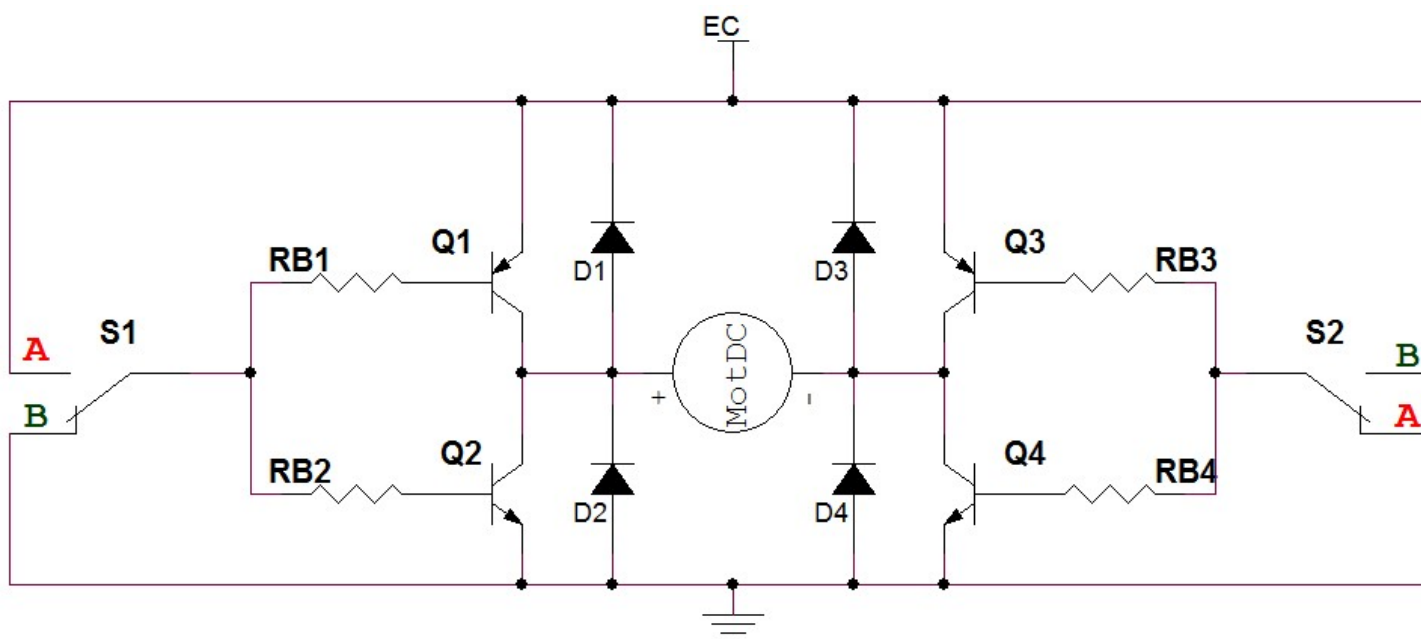
Con questi due circuiti il motore DC verrà percorso dalla corrente in un'unica direzione, pertanto ruoterà in un solo verso.

Una particolare configurazione che si ottiene utilizzando due uscite di tipo push-pull, è la configurazione a ponte H. In questo modo si potrà alimentare il motore in modo che la corrente scorra in ambedue le direzioni, avendo così la possibilità di far ruotare il motore in entrambi i versi.



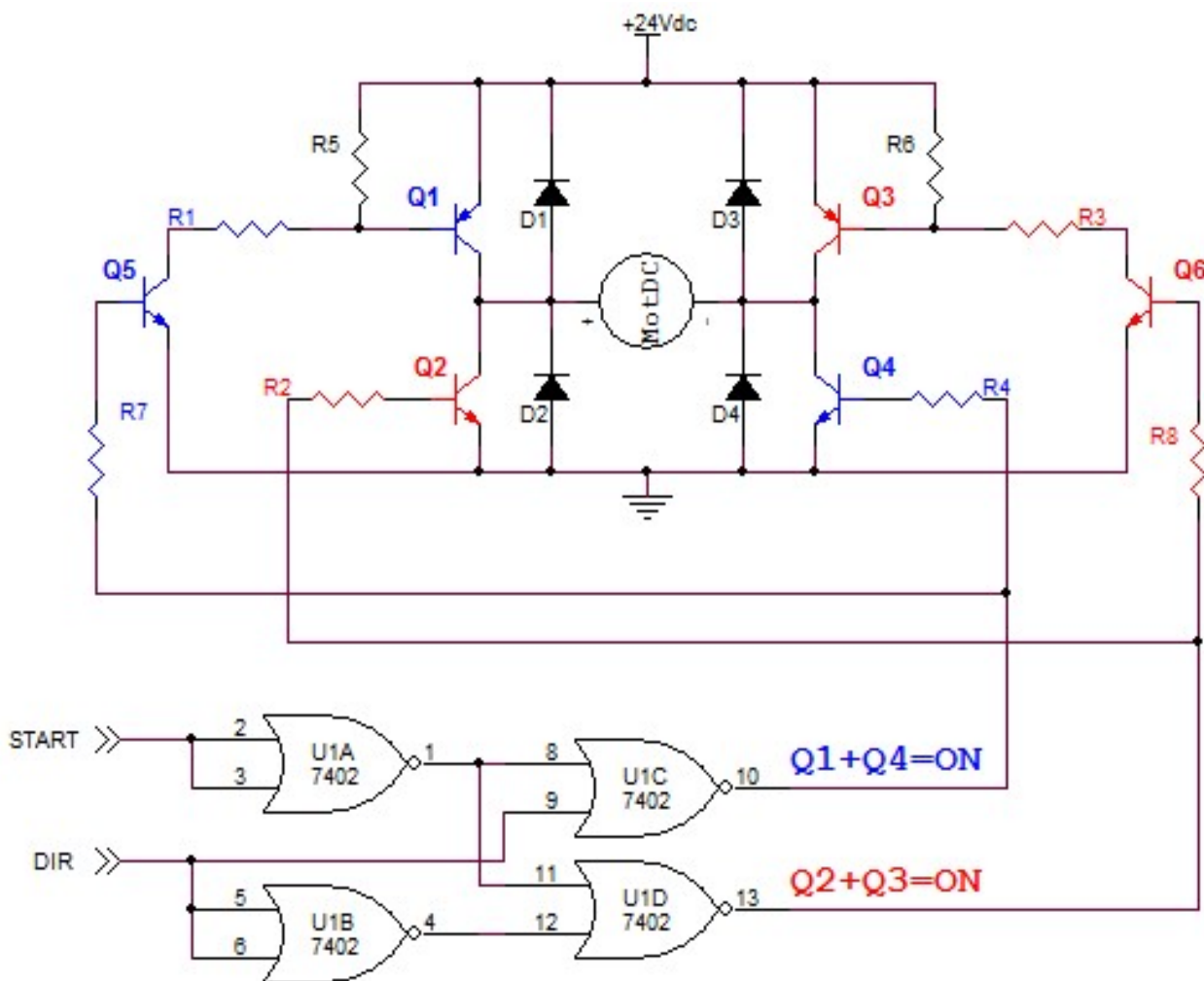
Come si può vedere dalla figura, se entrambi i selettori sono nella posizione **A**, i transistor attivi saranno Q2 e Q3, e sul motore scorrerà la corrente  $I_{c2}$  di colore rosso. Viceversa se i selettori sono nella posizione **B**, i transistor attivi saranno Q1 e Q4, e sul motore scorrerà la corrente  $I_{c1}$  di colore Verde. I transistor PNP Q1 e Q3, vengono definiti di **SOURCE**, mentre invece i transistor Q2 e Q4 sono definiti di **SINK**.

In questa configurazione non si potrà mettere un diodo di protezione (diodo flyback, si utilizza un diodo Schottky per la sua velocità di commutazione) in parallelo al motore, come nei casi precedenti, ma serviranno 4 diodi collegati nel seguente modo:



Allo spegnimento dei transistor Q1 e Q4, il motore essendo un elemento inerziale rispetto alla corrente (la corrente è in ritardo rispetto alla tensione) scaricherà la sua energia residua sottoforma di corrente sui diodi D2 e D3. Viceversa allo spegnimento di Q2 e Q3, interverranno i diodi D1 e D4. In entrambi i casi l'energia verrà restituita all'alimentatore con una corrente che entra nel suo positivo, situazione questa che senza le opportune protezioni potrebbe danneggiarlo nel tempo.

La soluzione del ponte H è molto utilizzata, ma il circuito in genere non è quello teorico visto sopra, volendo ad esempio gestire le due direzioni con due segnali digitali 0-5Volt, uno per lo start ed uno per la direzione, una soluzione possibile potrebbe essere la seguente:



Se l'ingresso START è 0 i transistor saranno tutti in interdizione (OFF) e sul motore non circolerà corrente indipendentemente dallo stato dell'ingresso DIR. Se l'ingresso START è 1 allora le due uscite saranno accese in base al valore dell'ingresso DIR, consentendo così al motore di ruotare in ambedue le direzioni.

Per regolare a velocità si utilizza insieme al ponte ad H, la tecnica PWM (Pulse Width Modulation) cioè modulazione a larghezza di impulso. Il segnale collegato all'ingresso di start, sarà in questo caso un'onda quadra con dutycycle variabile, in modo da modificare il valor medio della tensione sul motore, regolandone così la velocità.

