

Transistor PNP o NPN?

Di Raffaele Ilardo <http://www.raffaeleilardo.it/pnonp.htm>

Le famiglie di transistor

Un aspetto che spesso si tende a non considerare è la diversa modalità d'impiego che caratterizza i transistor in funzione della loro polarità. Sappiamo infatti che i transistor si differenziano in due grandi famiglie, i **PNP** e gli **NPN**.

Tale differenza non soltanto richiede di usare polarità opposte per i tre elettrodi (collettore, base ed emettitore), ma consente di ottenere un funzionamento simmetrico, molto utile in tanti circuiti, come appresso vedremo.

Un veloce confronto

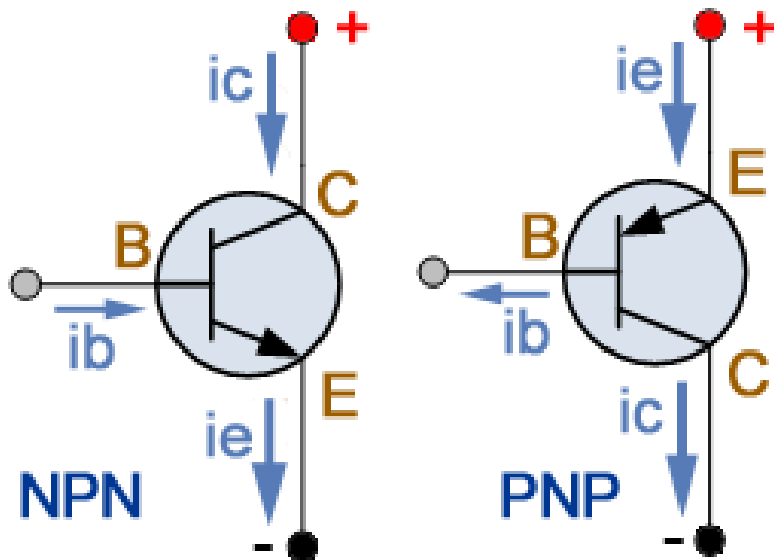


figura 1

In figura 1, dove sono rappresentati i due tipi di transistor, risultano evidenti le differenze.

Cominciando dal transistor NPN (a sinistra) osserviamo che la corrente, proveniente dal polo positivo, entra nel collettore; una seconda corrente, che possiamo definire "corrente di comando" entra nella base.

Dall'emettitore esce quindi una corrente $I_e = I_c + I_b$, che torna al polo negativo dell'alimentazione.

Nel caso del transistor PNP, affinché ogni elettrodo risulti collegato alla giusta polarità, è necessario montare il transistor "rovesciato"; la corrente proveniente dal polo positivo entrerà quindi nell'emettitore. Parte di questa corrente uscirà poi dalla base, costituendo appunto la corrente di comando i_b ; osserviamo che, mentre nel transistor npn tale corrente è entrante, nel pnp la corrente di base è una corrente uscente. Infine, dal collettore uscirà una corrente $i_c = i_e - i_b$, diretta al polo negativo.

Come funzionano i due tipi di transistor

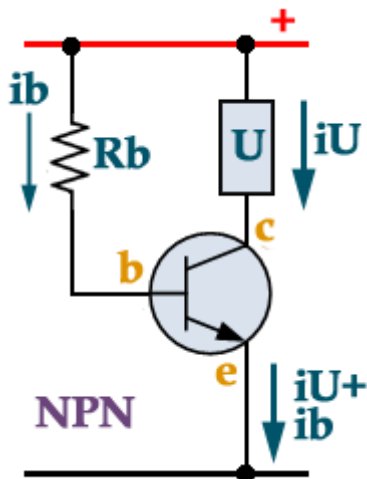


figura 2

Come vediamo in figura 2, il transistor di tipo **NPN** può comandare un utilizzatore (U) inserito nel circuito di collettore; può essere un relè, un diodo led, o qualsiasi altro dispositivo. Affinché nell'utilizzatore passi corrente, occorre applicare alla base una tensione positiva rispetto all'emettitore: è questo il compito della resistenza R_b , attraverso la quale potrà affluire alla base la corrente di base i_b .

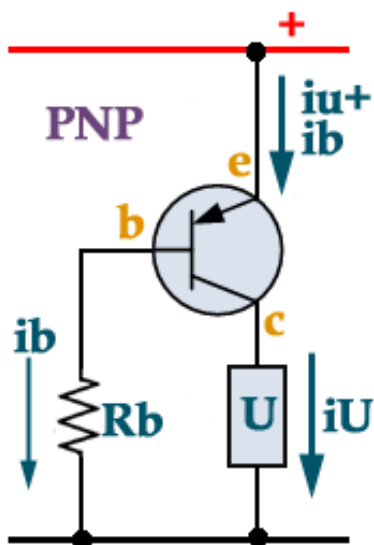


figura 3

Come già si è visto, le due correnti i_U ed i_b escono poi dall'emettitore. Con una simile configurazione, quindi, il carico U viene alimentato quando si applica una tensione positiva alla base.

In figura 3 vediamo il caso di un transistor pnp. Questa volta il carico (o utilizzatore U) si trova fra l'uscita del collettore e il polo negativo (ovvero la massa). Affinché nell'utilizzatore passi corrente, occorre applicare alla base una tensione negativa rispetto all'emettitore. Poiché la tensione dell'emettitore è quella di alimentazione, occorre collegare la base ad un potenziale più basso: è questo il compito della resistenza R_b , attraverso la quale la corrente di base (proveniente dal polo positivo) potrà fluire verso massa. Con una simile configurazione, quindi, il carico U viene alimentato quando si applica alla base una tensione negativa.

Applicazioni pratiche

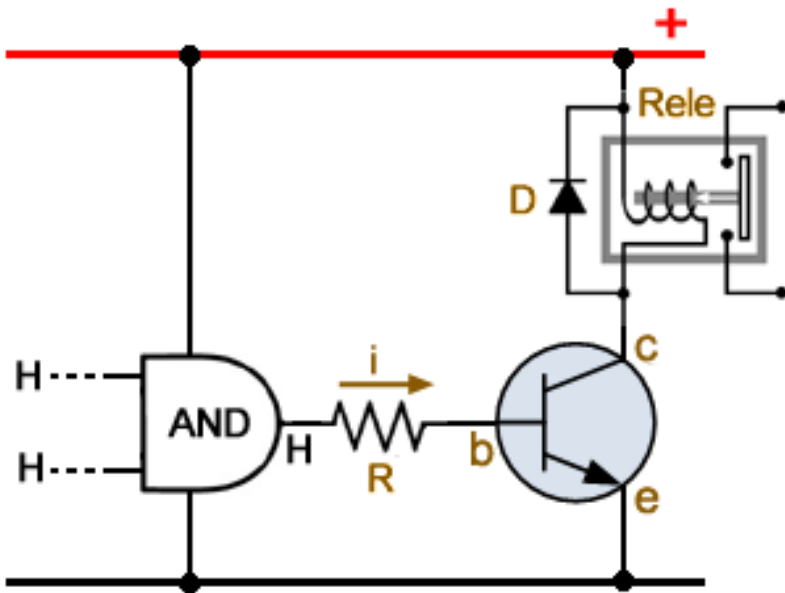


figura 4

Vedremo adesso qualche esempio circa l'opportunità di scegliere un tipo di transistor piuttosto che un altro, a seconda delle situazioni che si verificano nei circuiti.

Nell'esempio di figura 4, supponiamo di voler azionare un relè quando l'uscita di una porta logica di tipo AND scatta a livello H. Come saprete, l'uscita di una porta AND passa a livello H (high) quando entrambi gli ingressi sono a livello H.

Naturalmente una comune porta logica non è in grado di fornire la corrente che occorre per azionare un relè; diventa allora necessario interporre un transistor che se ne faccia carico. In questo caso useremo un transistor NPN.

La debole corrente in uscita dalla porta logica, entrando nella base del transistor tramite la resistenza R, lo porterà in conduzione; la corrente nel circuito di collettore sarà così in grado di azionare la bobina del relè.

In questo caso l'uscita della porta logica è chiamata ad "erogare" la corrente che la base del transistor richiede: si parla allora di **source current**, nel senso che lo stadio di uscita della porta agisce come "sorgente di corrente". Il valore della massima corrente che lo stadio di uscita di una porta può erogare, viene fornito nel data-sheet; ad esempio, nel caso della piattaforma Arduino, che si basa sul processore Atmega328, la source current massima è di 40 mA per ciascun pin.

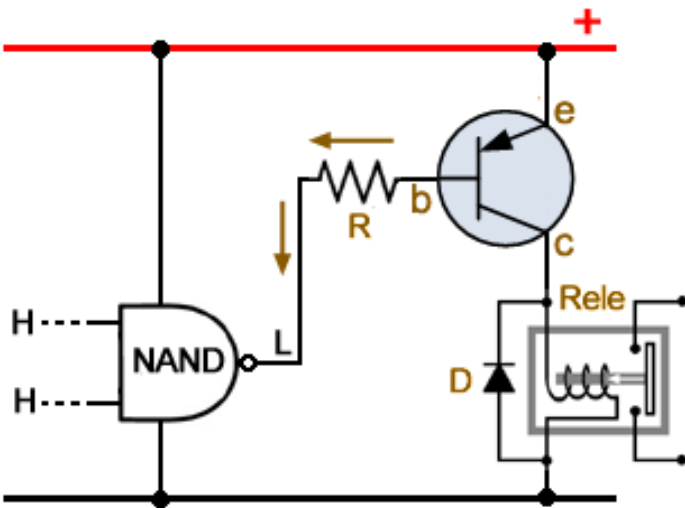


figura 5

Anche nell'esempio di figura 5 vogliamo comunque azionare il relè quando gli ingressi della porta logica sono entrambi a livello alto; in questo caso, però, stiamo usando una porta NAND, per cui, quando i due ingressi sono a livello H, l'uscita risulta a livello L (low, cioè basso). La soluzione consiste nell'usare un transistor PNP che, come detto, va in conduzione quando la base è negativa rispetto all'emettitore. Osserviamo che in questo caso la corrente di base del transistor è una corrente uscente, che arriva alla porta logica e viene da questa "assorbita"; si tratta di una corrente detta **sink current**, che costituisce un altro dato caratteristico dello stadio di uscita di quella determinata porta logica.

Nel caso della piattaforma Arduino, la sink current massima ha lo stesso valore di 40 mA che abbiamo visto per la source current.

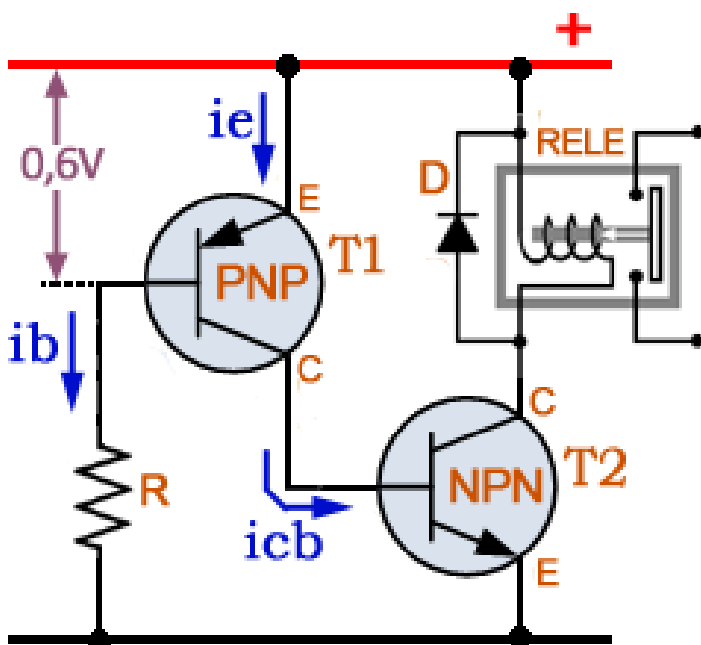


figura 6

Transistor dei due tipi montati in cascata

Abbinare transistor di tipo npn e pnp può tornare molto utile per ottenere sensibilità più elevate o, che è lo stesso, maggiore amplificazione.

In figura 6 è mostrato un esempio in cui un NPN (T2) controlla un relè nel circuito di collettore, ricevendo sulla base la corrente che proviene dal transistor PNP (T1). Il funzionamento è semplice: nel momento in cui la resistenza R viene collegata alla massa (potenziale zero), grazie alla corrente i_b il transistor T1 va in conduzione; osserviamo che questo succede quando la tensione sulla base è di almeno 0,6 V inferiore a quella di emettitore. La corrente che entra sull'emettitore di T1 quando questo è in conduzione, esce poi dal collettore come corrente i_{bc} e diventa corrente di base per T2.

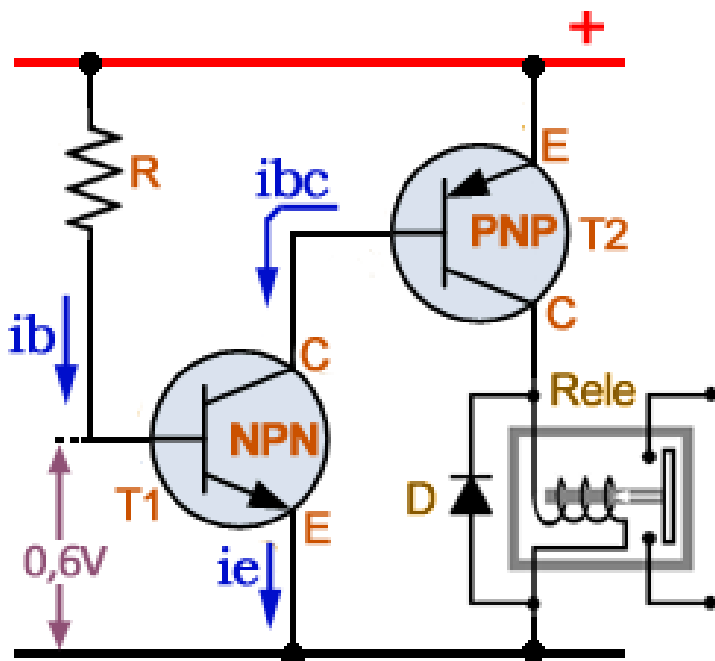


figura 7

In figura 7 è illustrato il caso di un PNP comandato da un NPN. In questo caso occorre collegare la resistenza R al polo positivo, in modo che la corrente i_b possa entrare sulla base di T1, portandolo in conduzione (ciò richiede una tensione di base di almeno 0,6 V superiore a quella di emettitore). Nel collettore di T1 potrà allora entrare la corrente i_{bc} proveniente dalla base di T2. Tale corrente porterà in conduzione T2, attivando il relè.

Gli schemi visti nelle figure 6 e 7 ricordano la configurazione Darlington (figura 8); in effetti il comportamento dei due transistor risulta nel complesso lo stesso, con un guadagno totale che è sempre equivalente al prodotto del guadagno del primo transistor per il guadagno del secondo.

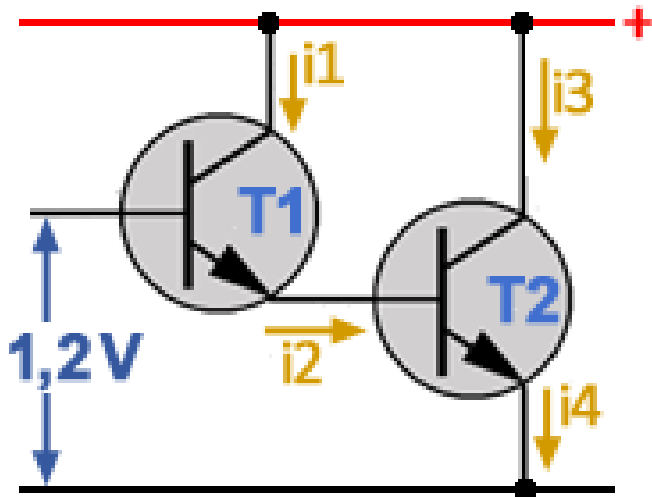


figura 8

Una delle differenze che tuttavia è bene considerare è che, nella coppia Darlington, le tensioni di soglia dei due transistor si sommano; per portare alla conduzione il secondo transistor T2 occorre quindi che alla base del primo transistor T1 sia applicata una tensione pari almeno a $0,6 + 0,6$ V.

Nelle configurazioni delle figure 6 e 7, invece, la tensione minima per la conduzione rimane quella di un solo transistor, e cioè di circa 0,6 V.

Questi sono naturalmente solo alcuni esempi delle varie circuitazioni realizzabili; ciò che importa tuttavia è rendersi conto del meccanismo che permette di abbinare i vari transistor. Occorre avere ben chiaro il percorso delle correnti, distinguendo tra correnti entranti e correnti uscenti, tenendo conto naturalmente dei potenziali che si determinano nei vari punti del circuito in seguito alle correnti che circolano. Facendo molta pratica, cercando in ogni situazione di rendersi conto di come il tutto funziona, non sarà difficile impadronirsi di quelle nozioni che permetteranno di lavorare in piena autonomia.