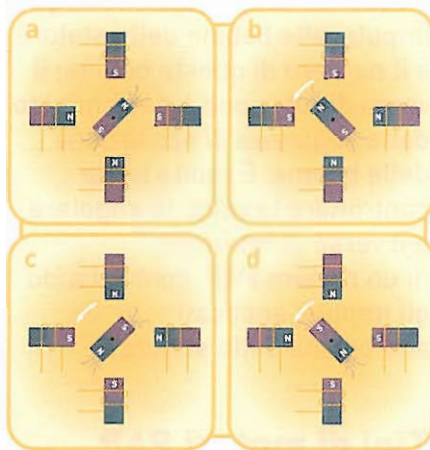


Motori passo a passo

Anche se i potenti motori di cui hanno bisogno i robot per eseguire operazioni gravose quali la palletizzazione, la saldatura o l'asservimento alle macchine utensili devono essere a corrente continua, in molti casi piccoli dispositivi ausiliari — robot per utilizzo didattico e microrobot — utilizzano i motori passo a passo (PAP) che hanno delle caratteristiche molto singolari, e che, grazie alla loro semplicità, sono stati scelti per iniziare lo studio di questi dispositivi.

L'asse dei motori PAP ruota a scatti, cioè ruota di un determinato angolo alla volta, che viene detto "passo". Ad esempio se un motore PAP ha un passo di $6^{\circ}30'$ significa il massimo controllo che ha sull'asse è di $6^{\circ}30'$; in altre parole non potrà ruotare il proprio asse di qualsiasi angolo, e questo fatto costituisce un evidente svantaggio in robotica, vista l'importanza che riveste il preciso posizionamento e orientamento del TCP. La rotazione a passi si produce applicando al motore una sequenza di impulsi.

Controllando la sequenza di questi impulsi si controlla la velocità a cui si producono i passi e il loro numero. Questi motori non hanno bisogno di sensori esterni per misurare l'angolo di rotazione dell'asse, in quanto conoscendo gli impulsi applicati si conoscono di



Principio di funzionamento del motore PAP. Quando cambia la polarità dei poli dello statore, a causa dell'inversione della tensione ai capi delle bobine, il rotore ruota per riallinearsi ai poli di segno opposto.

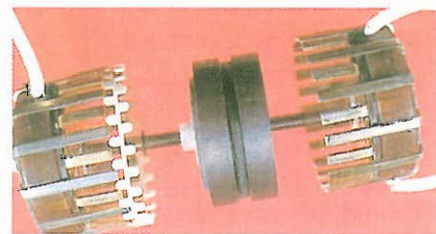
conseguenza i passi e l'angolo di rotazione.

I motori PAP hanno come principio di funzionamento una delle leggi fondamentali del magnetismo: "poli dello stesso segno si respingono e di segno contrario si attraggono". Sostanzialmente un motore PAP è costituito da uno statore fisso, che ha il compito di creare un campo magnetico, composto da diverse bobine avvolte su pezzi di materiale ferromagnetico, che funzionano come poli magnetici, al cui interno può girare liberamente il rotore. Nella figura lo statore è rappresentato da quattro poli magnetici che possono invertire la loro polarità, invertendo la tensione esterna applicata.

Il rotore è un magnete permanente, che come si può

vedere nella sequenza delle quattro immagini, ruota con un incremento di 90° in senso antiorario. Questa rotazione si produce invertendo la polarità della tensione ai capi degli avvolgimenti dello statore, che provoca l'inversione del campo magnetico. Il rotore tende ad allinearsi ai poli dello statore, in modo da allineare poli di diverso segno.

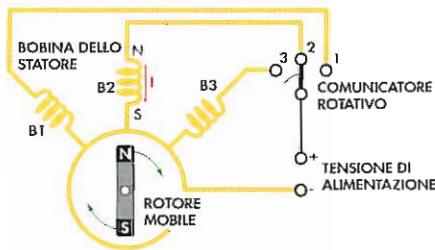
Come si può vedere nell'immagine sottostante, il motore PAP è del modello a magnete permanente per il rotore, mentre lo statore dispone di diversi poli, per fare in modo che il passo, o angolo di rotazione, sia ridotto. In pratica alle bobine che alimentano lo statore fisso, e a quelle che cambiano la polarità della tensione applicata per fare in modo che si produca l'inversione dei poli magnetici, viene fornita tensione esterna tramite un commutatore. Nello schema della figura, mediante il commutatore rotativo si applica in sequenza la tensione esterna



Motore PAP con un magnete permanente come rotore e uno statore con avvolgimenti ad ogni estremo, che formano i diversi poli magnetici a cui si troverà di fronte il rotore.

alle bobine dello statore, ottenendo uno spostamento angolare del flusso magnetico che obbliga il rotore a muoversi per riallinearsi al polo di segno opposto, situazione in cui esiste la maggior forza di attrazione.

Se, come si può vedere nella figura, si collega il commutatore rotativo alla posizione 2, la tensione di alimentazione si applica alla bobina B2: essendo percorsa da corrente, crea un campo magnetico che obbliga il magnete del rotore a orientarsi di fronte ad essa, in modo che si fronteggino magneti di segno opposto.



Mediante il commutatore rotativo si applica in modo sequenziale la tensione alle bobine dello statore.

Quando il commutatore si sposta nella posizione 3 la corrente circola sulla bobina B3, che cambia il verso del flusso magnetico dello statore, facendo ruotare il rotore sino a riposizionare i due poli di segno opposto. Se all'interno dello statore trovano posto 6 bobine, applicando loro una tensione in sequenza, il rotore si riallineerà con passi di $360^\circ/6 = 60^\circ$ ognuno, valore che rappresenterebbe un passo.

In realtà il controllo dei motori PAP non utilizza commutatori meccanici, ma elettronici, che hanno il compito di applicare gli impulsi alle

bobine a velocità molto alta e con molta precisione. In questi casi il numero di rotazioni al secondo dell'asse del motore è dato dal quoziente fra la frequenza di applicazione degli impulsi alle bobine dello statore e il numero di queste bobine; il verso di rotazione è determinato dalla sequenza di eccitazione delle bobine. È molto facile controllare la velocità angolare e il verso di rotazione di un motore PAP, controllando gli impulsi applicati alle bobine dello statore.

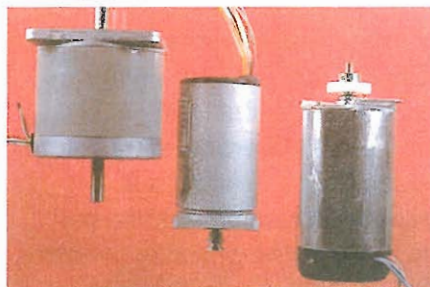
Tipi di motori PAP

I motori PAP si classificano in tre grandi gruppi a seconda del tipo di rotore che utilizzano.

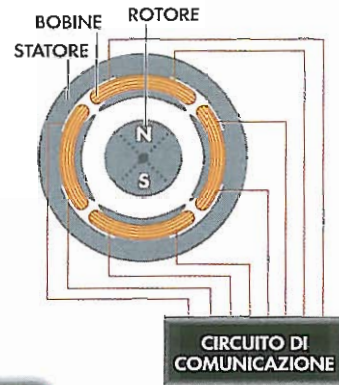
Lo statore consiste sempre in un supporto di materiale ferromagnetico su cui trovano posto le bobine.

• A magnete permanente.

In questo tipo di motore PAP il rotore è un magnete permanente che ruota liberamente all'interno dello statore, e tende sempre ad allinearsi al campo magnetico della bobina dello statore che sta ricevendo alimentazione in quel momento.



Diversi modelli di motori PAP.

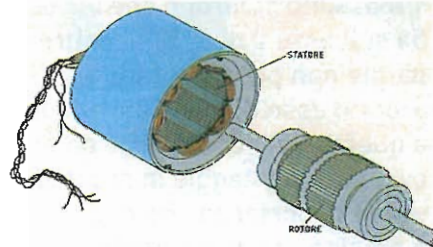


Il rotore è un magnete permanente che ruota sempre per allinearsi al campo magnetico prodotto dallo statore.

• A riluttanza variabile.

Il rotore è un cilindro di ferro dolce con una serie di denti intagliati sulla sua superficie.

Lo statore è formato da diverse bobine a cui si applicano gli impulsi di corrente. L'azionamento del motore si produce grazie all'attrazione dello statore sui denti del rotore, che hanno lo scopo di diminuire la riluttanza del circuito magnetico.



Struttura interna di un motore PAP con rotore a riluttanza variabile.

• Ibridi.

L'ultimo tipo di motore PAP combina le caratteristiche dei due modelli precedenti, sfruttando i vantaggi di entrambi e ottenendo passi di pochi gradi, ottimi per il funzionamento ad alte frequenze.