

1.13.2 - Motore passo-passo.

Il motore passo-passo è un attuttore che trasforma energia elettrica in energia meccanica disponibile sotto forma di una coppia motrice, utilizzata per far eseguire al rotore spostamenti angolari discreti, detti passi, in verso orario o antiorario. I motori passo-passo possono essere a magnete permanente (unipolare e bipolare), a riluttanza variabile ed ibridi. Il motore passo-passo bipolare è costituito da un rotore a magneti permanenti e da una coppia di espansioni statoriche sulle quali sono disposti due avvolgimenti *AB* e *CD* o fasi, che possono essere attraversate dalla corrente in ambedue i versi (fig. 1.143).

Nel circuito di alimentazione di un motore passo-passo sono presenti un circuito logico e dei transistor in grado di fornire i segnali di controllo alle fasi del motore nei tempi e nei modi stabiliti. Questa tecnica di azionamento consente di ottenere spostamenti angolari di estrema precisione che possono essere controllati da sistemi a microprocessori.

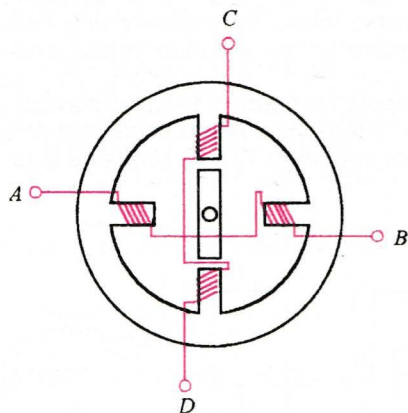
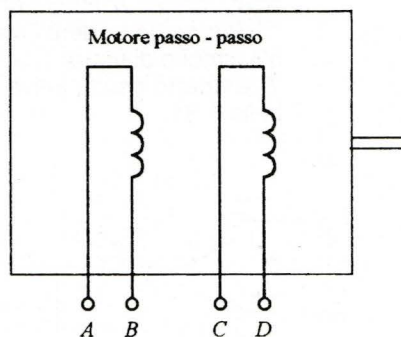


Fig.1.143 - Motore passo-passo a due fasi (bipolare).

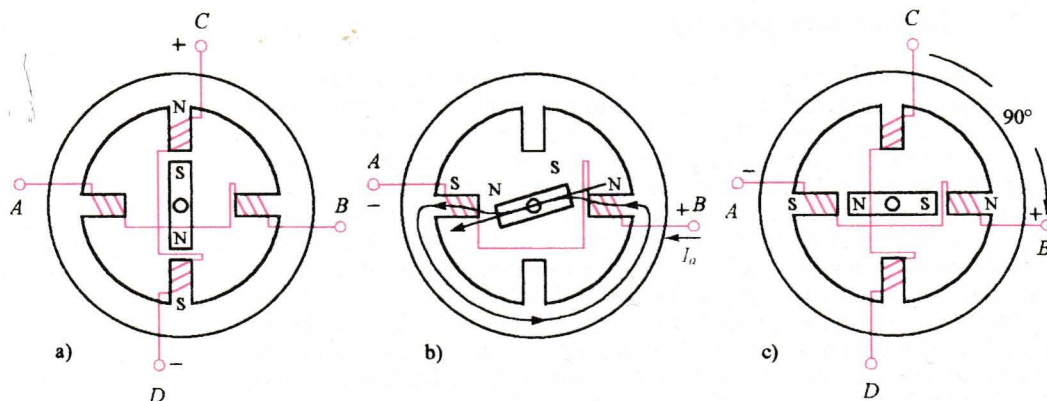


Il principio di funzionamento di un motore passo-passo bipolare a magneti permanenti è basato sull'interazione tra l'intensità del campo magnetico *B* generato da un magnete permanente ed il campo magnetico variabile in direzione ed intensità, generato dagli avvolgimenti dello statore quando sono alimentate le due fasi contemporaneamente o una sola di esse. Per questi tipi di motori vi possono essere sequenze di pilotaggio a *passo intero*, a *mezzo passo* a *quarto di passo* e a *micropassi*.

Nel *funzionamento a passo intero* i terminali *A* e *B*, come riportato nello schema di figura 1.144.b, sono collegati rispettivamente al polo negativo e al polo positivo della sorgente di alimentazione e la fase *CD* è disattivata (A^-B^+ / C^0D^0).

Nell'avvolgimento AB circola una corrente che genera un campo magnetico le cui linee di forza sono dirette da B a A . Poiché il magnete permanente tende a disporsi in una posizione tale da offrire la minore riluttanza magnetica, il vettore del campo magnetico B generato dallo statore e quello generato dal magnete permanente tendono ad allinearsi provocando una rotazione di 90° del rotore in verso orario (fig. 1.144.c).

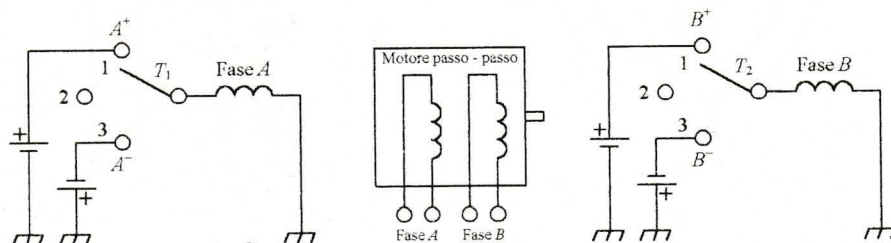
Fig.1.144



Alimentando in sequenza le fasi A^-B^+ , C^-D^+ , A^+B^- , C^+D^- si ottiene un avanzamento in verso orario a passo intero. Per ottenere una rotazione antioraria è necessario alimentare le fasi secondo la sequenza A^+B^- , C^+D^- , A^-B^+ , D^-C^+ .

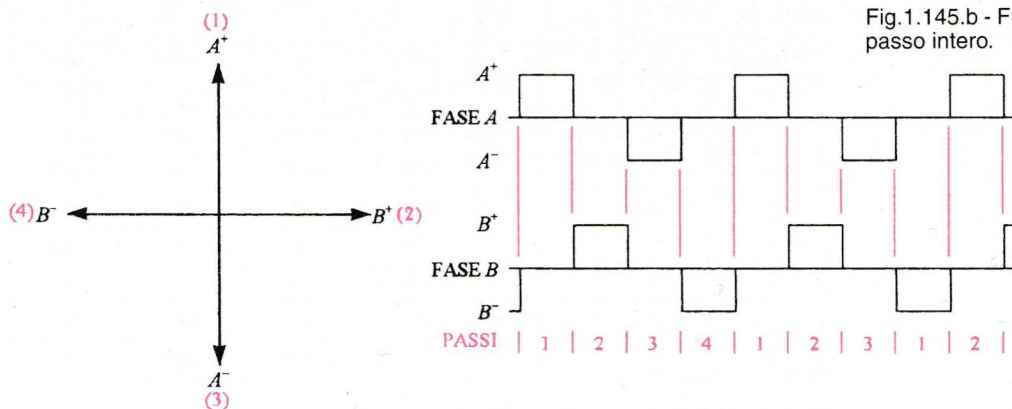
Per comprendere i diagrammi temporali di figura 1.145.b, si consideri il circuito di figura 1.145.a. Quando l'interruttore T_1 è collegato ad A^+ e T_2 è aperto risulta attiva la fase A. Commutando T_1 e T_2 si ottiene la tabella 1.31.

Fig.1.145.a



Tab. 1.31

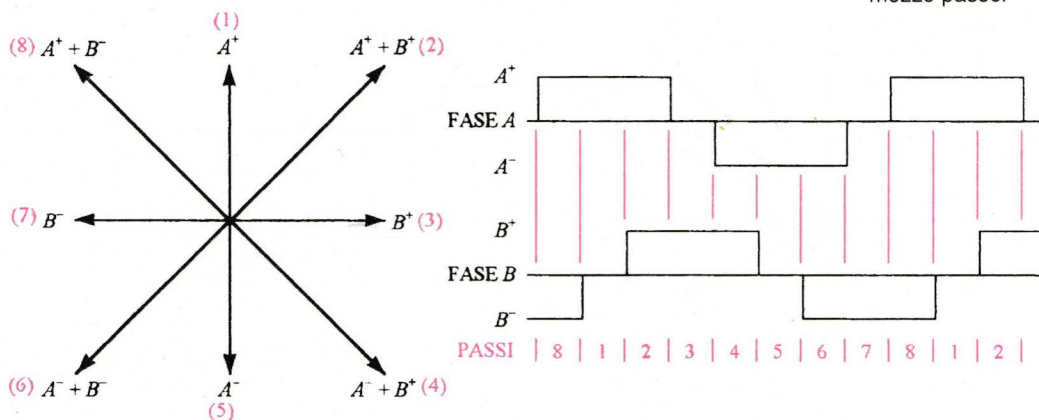
Passi	T_1	T_2	A^+	A^-	B^+	B^-
1	1	2	ON	OFF	OFF	OFF
2	2	1	OFF	OFF	ON	OFF
3	3	2	OFF	ON	OFF	OFF
4	2	3	OFF	OFF	OFF	ON



Nel *funzionamento mezzo passo* le fasi A^-B^+ e C^+D^- sono attive contemporaneamente (fig. 1.144) e i due avvolgimenti sono attraversati da correnti aventi la stessa intensità. In tal modo nello statore sono generati due campi magnetici di induzione B_{BA} e B_{CD} , quest'ultimo ortogonale a B_{BA} , dovuti rispettivamente alle correnti che attraversano le fasi BA e CD . Il campo magnetico risultante B_r ha intensità maggiore di quella del campo magnetico generato nel funzionamento a passo intero e la retta di azione del vettore B_r subisce una rotazione di 45° .

Per il principio di allineamento dei vettori di campo magnetico, il rotore subisce una rotazione di 45° e la coppia motrice disponibile è maggiore di quella sviluppata nel funzionamento a passo intero perché $B_r > B$.

In figura 1.146 sono riportati i diagrammi temporali. Commutando T_1 e T_2 (fig. 1.145.a) si ottiene la tabella 1.32.



Tab. 1.32

Passi	T_1	T_2	A^+	A^-	B^+	B^-
1	1	2	ON	OFF	OFF	OFF
2	1	1	ON	ON	OFF	OFF
3	1	2	OFF	OFF	ON	OFF
4	3	1	OFF	ON	ON	OFF
5	3	2	OFF	ON	OFF	OFF
6	3	3	OFF	ON	OFF	ON
7	2	3	OFF	OFF	OFF	ON
8	1	3	ON	OFF	OFF	ON

La combinazione alternata del funzionamento a passo intero e di quella a mezzo passo consente di ottenere un funzionamento a *quarto di passo*.

Con riferimento alla figura 1.147.a si ricavano i diagrammi temporali riportati in figura 1.147.b dai quali si evidenzia che le tensioni sulle fasi A e B risultano dimezzate (passo 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16).

Commutando T_1 e T_2 si ottiene la tabella 1.33.

Fig.1.147.a

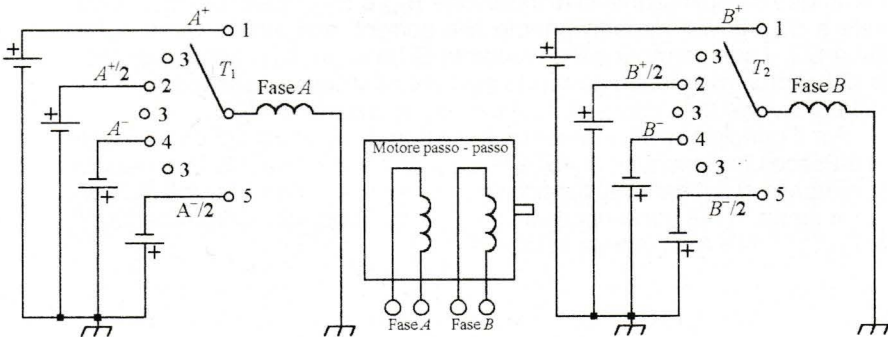
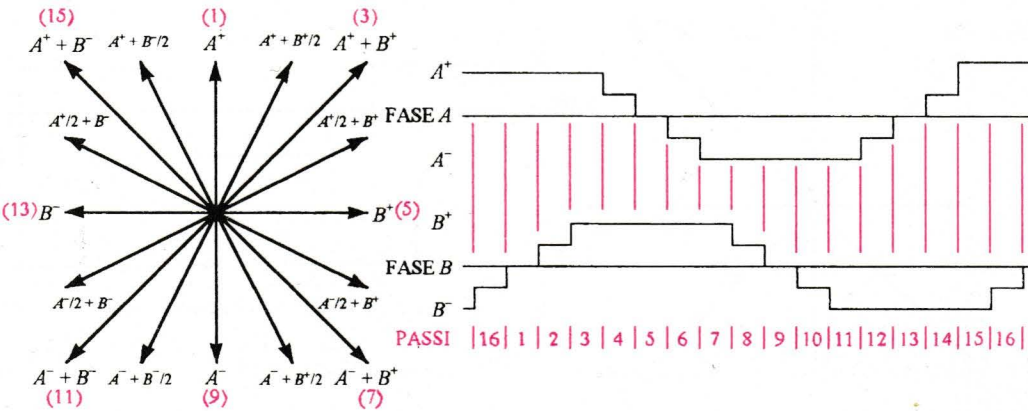


Fig.1.147.b - Funzionamento a quarti di passo.



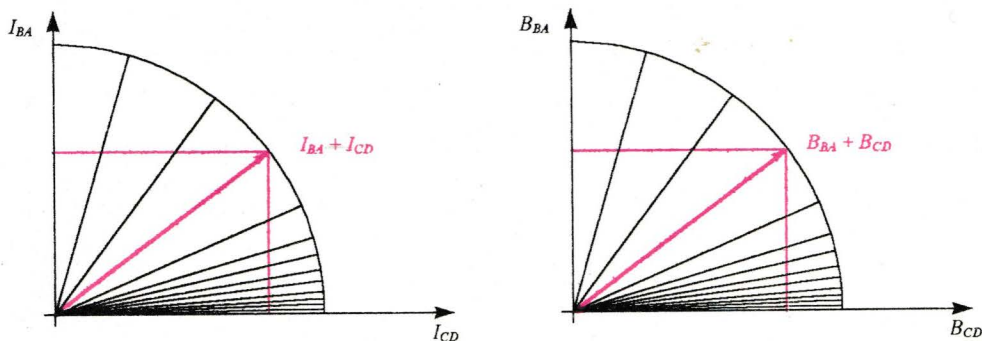
Tab. 1.32

Passi	T_1	T_2	A^+	$A^+/2$	A^-	$A^-/2$	B^+	$B^+/2$	B^-	$B^-/2$
1	1	3	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2	1	2	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
3	1	1	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
4	2	1	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
5	3	1	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
6	5	1	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF
7	4	1	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
8	4	2	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
9	4	3	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
10	4	5	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
11	4	4	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
12	5	4	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF
13	3	4	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
14	5	4	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF
15	1	4	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
16	1	5	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON

Nella pratica i motori disponibili sul mercato hanno una struttura che consente di ottenere angoli di rotazione molto più piccoli di 45° .

Nel funzionamento a *micropassi* le tensioni di alimentazione delle fasi sono graduate in modo tale che la somma vettoriale dell'intensità delle correnti che attraversano gli avvolgimenti sia costante. In pratica si diminuisce in modo graduato l'intensità della corrente che attraversa una fase e contemporaneamente si aumenta sempre in modo graduato quella che attraversa l'altra fase (fig. 1.148).

Fig.1.148 - Funzionamento a micropassi.



I vettori dei campi magnetici di induzione B_{BA} e B_{CD} (vedi fig. 1.148) generati dalle correnti che attraversano gli avvolgimenti sono sempre allineati e la retta di azione del vettore campo magnetico risultante, che ha una intensità costante, descrive un quarto di cerchio perché può assumere una qualsiasi posizione compresa tra 0° e 90° . In tale modo la coppia disponibile è costante ed il rotore subisce spostamenti angolari piccoli, detti *micropassi*, poiché è costretto ad allinearsi con la retta di azione del campo magnetico risultante.

Il numero dei micropassi dipende dalle caratteristiche elettriche e meccaniche del motore e dalla possibilità che esso risponda senza errori a tutti i livelli di tensione di pilotaggio. La tecnica di pilotaggio a *micropassi*, pur essendo complessa, ha un costo contenuto ed ha il vantaggio di diminuire l'overshoot tipico del pilotaggio a passo intero perché gli spostamenti angolari piccoli riducono l'accelerazione del motore.

In commercio sono disponibili numerosi circuiti integrati dedicati al pilotaggio dei motori a *micropassi*. Tra questi si citano gli integrati PBM3960 e PBL3771 prodotti dalla ERICSON e gli integrati L2117A e L6202 prodotti dalla SGS-THOMSON.