

L'ABC del motion control

Distinguiamo fra le principali tecniche di motion control per aiutare chi si avvicina per la prima volta a tale ambito

GIULIA GIRASOLE

Il concetto di motion control varia notevolmente nell'industria moderna a seconda del tipo di applicazione. Il termine infatti si può riferire a un semplice controllo on/off oppure a una sequenza di eventi, al controllo della velocità di un motore o allo spostamento di oggetti da un punto a un altro, o ancora al controllo estremamente preciso della velocità, dell'accelerazione e della posizione di un sistema nell'arco di un movimento. In molti casi, le tecniche di motion control sono strettamente legate al controllore, alle apparecchiature di posizionamento e all'attuatore. Nessuna relazione sul motion control sarebbe pertanto completa senza una presentazione delle diverse opzioni di controllo più utilizzate: semplici timer e contatori, computer su chip e su scheda, PLC e sequenziatori pneumatici. Il motion control industriale si può suddividere in quattro categorie: controllo sequenziale, controllo di velocità, controllo punto-punto e controllo incrementale.

Controllo sequenziale

Il motion control sequenziale prevede che diverse operazioni vengano controllate e gestite in modo tale che vengano svolte in un determinato ordine o sequenza, appun-

Fig.1 - Il controllo del movimento in campo industriale è fondamentale: si parla di controllo sequenziale, di velocità, punto-punto e incrementale

cui i martelletti colpiscono le corde del piano. Allo stesso modo, in ambito industriale, l'apertura e la chiusura di valvole può essere scandita meccanicamente mediante l'uso di alberi a camme. In genere, la gestione di una sequenza con mezzi meccanici risulta troppo complessa quando si tratta di apparecchiature industriali come nastri trasportatori o macchine di processo. L'elemento che definisce queste applicazioni come sequenziali è la necessità di gestire comandi di 'movimento e arresto' o 'accesso e spento', che si susseguono in un determinato ordine. La posizione del materiale sul trasportatore, ad esempio, determina il momento in cui un'operazione deve essere avviata o interrotta. Supponiamo di avere un trasportatore che trasferisce pezzi da una stazione di montaggio a un'altra. Il controllore potrebbe posizionare una parte presso una stazione fino a quando l'operatore non schiac-

to. L'esempio più semplice è quello del pianoforte automatico. Quando viene riprodotto un motivo, i fori nel rotolo di carta determinano la sequenza con

cia il pulsante 'avanti'. Questa azione mette in moto la parte verso la stazione successiva, dove entra in un bagno di lavaggio con un tempo d'immersione programmato. Al termine di questa fase, passa a un'altra stazione per l'assemblaggio finale, e così via. Questo tipo di temporizzazione e sequenziamento viene gestito mediante controllori pneumatici, elettronici ed elettromeccanici, laddove gli ultimi due sono i più diffusi. Per il semplice controllo on/off, timer e contatori sono sufficienti. I timer conten-

diversi. Per cambiare le sequenze controllate solo da relè, invece, è necessario modificare il cablaggio e la configurazione fisica dei dispositivi, con notevole dispendio di tempo e costi.

Controllo di velocità

Il controllo di velocità riguarda le applicazioni su macchine che lavorano con velocità o coppie variabili. La fonte di potenza per queste applicazioni è solitamente un

motore a combustione interna oppure elettrico, idraulico o pneumatico. La velocità può essere controllata meccanicamente o, nel caso dei motori elettrici, elettronicamente. I componenti meccanici per il controllo della velocità comprendono frizioni e freni, azionamenti a velocità variabile, azionamenti a trazione, trasmissioni e azionamenti/attuatori a fluido. Esistono poi dispositivi elettromeccanici e idraulici, che sono di fatto frizioni e freni meccanici ad azionamento elettrico o idraulico. Esempi di applicazione di queste tecnologie sono le macchine da stampa

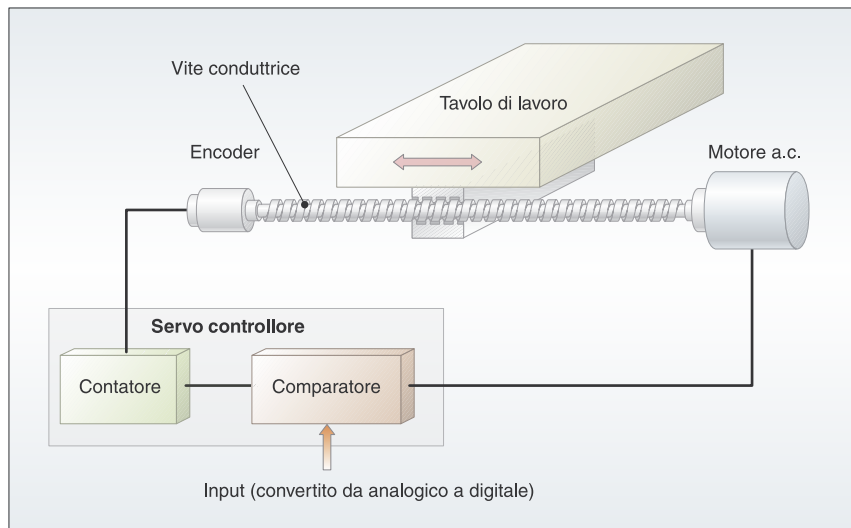


Fig. 2 - Componenti hardware di un servocomando

gono contatti elettrici che possono essere aperti e chiusi a intervalli di tempo stabiliti dall'operatore, digitando su un tastierino o impostando alcuni interruttori. I contatori sono dispositivi analoghi che attivano i contatti quando il conteggio raggiunge il valore prestabilito. Il conteggio aumenta o diminuisce quando i sensori, ad esempio finecorsa o interruttori di prossimità, rilevano un oggetto. Le operazioni in sequenza articolate in più fasi possono richiedere controlli più sofisticati. Può trattarsi ad esempio di elementi discreti, come relè ritardati o temporizzati, che agiscono in risposta a segnali provenienti da sensori e interruttori. Negli ultimi vent'anni l'uso di numerosi relè per la gestione delle sequenze ha gradualmente aperto la strada ai controllori a logica programmabile (PLC) e successivamente ai PC industriali. I primi contengono piccoli computer che traducono le azioni di temporizzazione e conteggio in operazioni in sequenza. Il vantaggio dei PLC (e ancor più dei PC) rispetto ai banchi di relè consiste nel fatto che i primi possono essere facilmente riprogrammati per realizzare sequenze differenti e intervalli di tempo

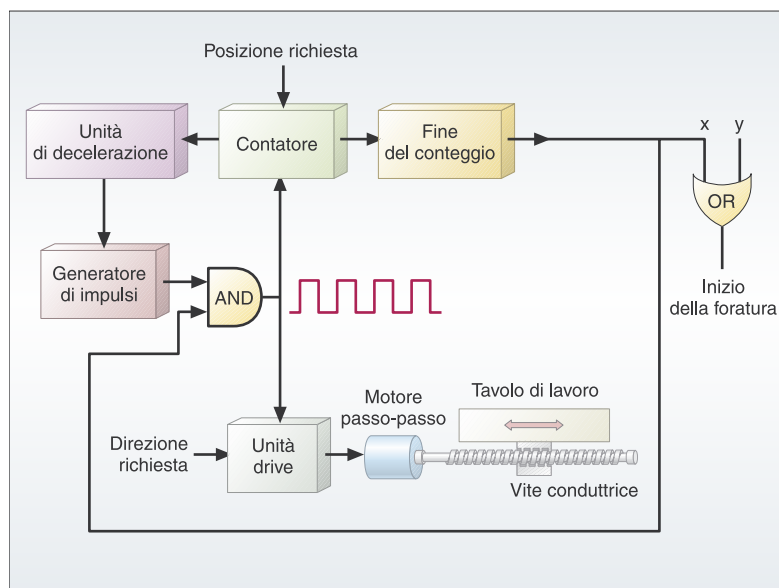


Fig. 3 - Schema di base dei circuiti di comando in un controllore punto-punto per una foratrice, con motori passo-passo per il controllo degli assi x e y della tavola

a bobina, le macchine avvolgitrici e impianti di alimentazione/trasporto materiali. Frizioni e freni di sicurezza vengono utilizzati diffusamente sugli assi dei cilindri da stampa, sui meccanismi di avvolgimento e sulle segatrici di tronchi per arrestare velocemente la rotazione dei com-

Figure da 2 a 6 tratte da www.rielm.ust.hk

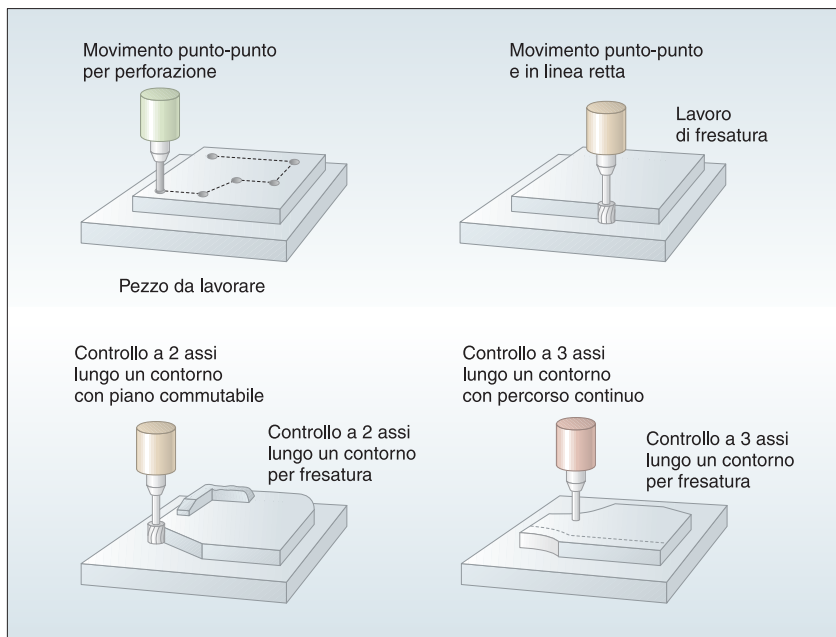


Fig. 4 - Esempi di motion control su macchine utensili a controllo numerico

ponenti. Gli azionamenti meccanici a velocità variabile vengono usati frequentemente per variare la velocità di alimentazione del materiale in un impianto di lavorazione o una linea di trasporto. Interessante l'esempio degli impianti chimici, dove la velocità d'ingresso dei materiali in lavorazione deve essere modificata ogni giorno in base a fattori ambientali quali temperatura e umidità. Altri dispositivi meccanici di controllo del movimento sono

ingranaggi, cinghie e catene, che permettono di modificare in modo meccanico la coppia e la velocità applicate. Diversamente da questa tecnologia di tipo meccanico, i sistemi elettronici agiscono sulla potenza elettrica applicata per controllare velocità e coppia. Il controllo elettronico della velocità nei motori in c.a. utilizza appositi amplificatori o azionamenti. Questi dispositivi variano la velocità del motore in c.a. mediante convertitori a regolazione di frequenza o inverter. Nonostante questi controlli elettronici siano più costosi rispetto a quelli meccanici, offrono il vantaggio di costi energetici ridotti. Le applicazioni per queste apparecchiature comprendono ventilatori, soffiatori, pompe e compressori. Un altro tipo di convertitori a variazione di frequenza viene utilizzato per controllare la velocità dei motori in c.c., preferiti ai motori in c.a. per le applicazioni a velocità variabile, in quanto tendenzialmente accessibili a costi inferiori. Tuttavia, gli azionamenti a velocità variabile vengono privilegiati spesso per apparecchiature soggette ad avviamenti, arresti e inversioni frequenti, soprattutto in ambienti ostili. Gli azionamenti in c.a. vengono impiegati diffusamente per applicazioni con molti motori, che richiedono una regolazione precisa delle velocità. I motori in c.c. e c.a. vengono usati nel settore manifatturiero per l'azionamento dei mandrini, dove servono coppie rilevanti combinate con velocità di rotazione relativamente elevate.

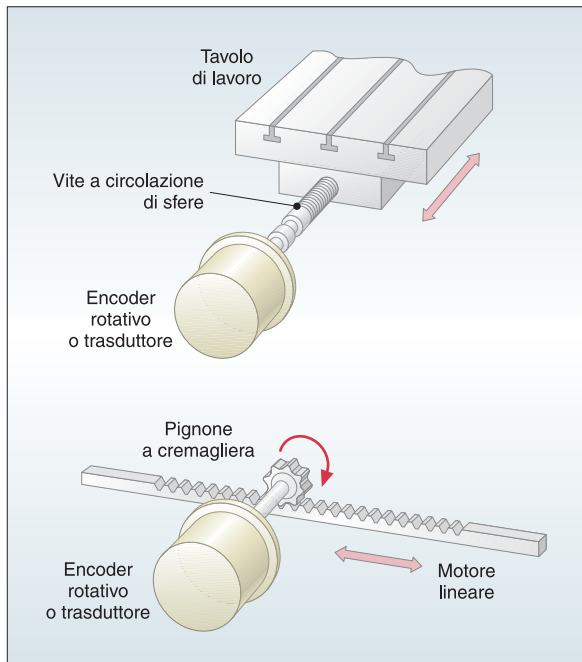


Fig. 5 - Nei sistemi a circuito chiuso con feedback delle moderne macchine a controllo numerico, un encoder legge e segnala la posizione effettiva della tavola, permettendo il controllo della velocità di movimento

Controllo punto-punto

Il controllo di movimento punto-punto si riferisce ad applicazioni in cui un oggetto deve essere spostato da un punto a un altro a velocità costante. Un requisito importante di queste applicazioni è la presenza di due elementi da gestire: velocità e distanza. Esempi di movimento punto-punto sono i piani di lavoro x-y e la lavorazione meccanica, dove un utensile si muove in linea retta mentre è in contatto con un pezzo da lavorare lungo un asse. Poiché queste applicazioni richiedono il monitoraggio e il controllo sia della velocità che della posizione, è necessario un controllore che tenga costantemente monitorate le condizioni operative del sistema.

Questo controllore può essere (come già visto in precedenza) una logica elettronica cablata, un PLC o un PC industriale.

In genere, il sistema di posizionamento più semplice di questo tipo si trova sulle vecchie fresatrici, provviste di un sistema di posizionamento x-y per spostare il gruppo portapezzo. Questo sistema è costituito da motori in c.a. o

c.c., un azionamento a velocità variabile, frizione e un trasduttore di posizione che legge la posizione di ciascun asse della tavola. Il meccanismo di posizionamento per questo tipo di apparato è solitamente una vite a ricircolo di sfere. Molti sistemi utilizzano invece un motore passo-passo, che funziona in base a segnali elettrici detti impulsi. L'albero del motore passo-passo si muove in risposta a ogni impulso in ingresso. In tal modo, può ruotare con incrementi fissi, ripetibili e noti a differenza dei motori tradizionali. I motori passo-passo sono ideali per il motion control, in quanto possono spostare un oggetto lungo una certa distanza semplicemente ruotando per un numero predefinito di impulsi. Per ottenere un movimento su una certa distanza, il controllore invia un dato numero di impulsi al motore passo-passo. La velocità del motore viene così controllata variando la frequenza degli impulsi.

Controllo incrementale

Il motion control incrementale può essere messo a confronto con il metodo punto-punto analizzando alcune 'pecche' dei sistemi gestiti con quest'ultimo. Nel caso più semplice un sistema punto-punto esegue uno spostamento su una certa distanza.

Per alcune applicazioni il semplice comando del motore per coprire una determinata distanza non garantisce una precisione sufficiente; slittamento, distorsione e altri fattori possono impedire al motore di spostare il carico al punto desiderato.

I sistemi di controllo a circuito chiuso (detto anche servocircuito) risolvono questo problema, fornendo un controllo di posizione preciso con feed-back. Il feed-back riduce al minimo la differenza fra la posizione o velocità comandata dal sistema e la posizione o velocità effettivamente raggiunte. In altre parole, il feed-back minimizza gli errori di posizione o velocità.

Nella loro forma più semplice i sistemi di motion control a circuito chiuso sono costituiti da un controller, un motore, un amplificatore per guidare il motore e un trasduttore per monitorare il movimento. Il controllore invia i comandi di posizione periodicamente secondo incrementi determinati da un orologio.

Questi impulsi comandano all'azionamento di spostarsi di una certa distanza nell'incremento di tempo successivo. Il conteggio degli impulsi realizzato da un trasduttore di misura della posizione, che indica la posizione dell'azionamento, viene quindi sottratto dalla posizione comanda-

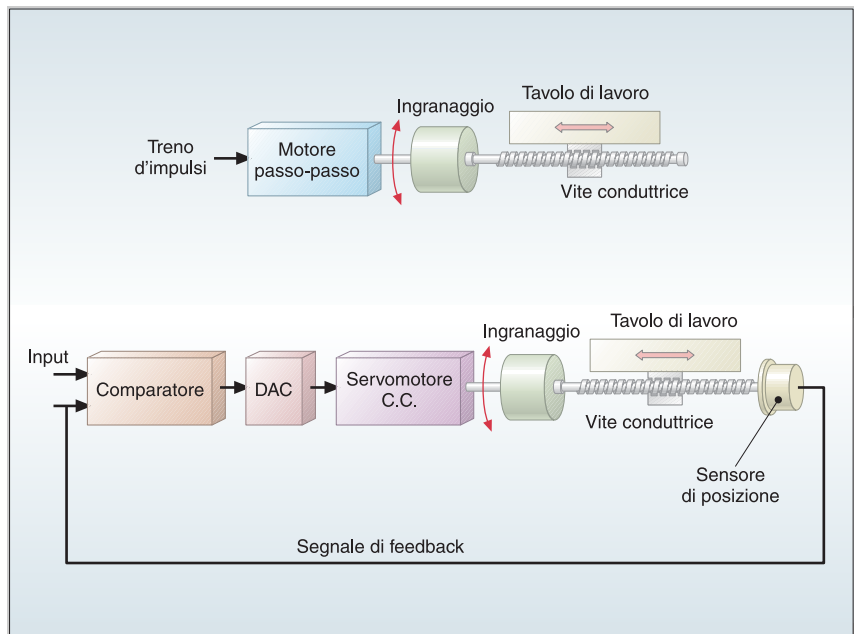


Fig. 6 - Controllo a circuito aperto (a) e a circuito chiuso con feed-back (b)

ta. Gli impulsi provenienti dal trasduttore vengono considerati come feed-back negativo. Così, sottraendo i dati di posizione si ottiene la differenza fra la posizione effettiva dell'azionamento e quella comandata. Tale differenza viene definita errore statico o errore d'inseguimento e l'errore viene inviato a un convertitore D/A (digitale-analogico) che lo converte in una tensione analogica proporzionale alla differenza di posizione. Tale tensione genera quindi un movimento nel motore, determinando lo spostamento in una nuova posizione nel tentativo di ridurre l'errore statico.

Per capire come funziona un sistema a circuito chiuso elementare prendiamo l'esempio di un controllore che comanda al sistema di spostarsi di dieci incrementi, laddove ogni incremento corrisponde a 0,001 cm. Il valore del contatore viene portato istantaneamente a 1.000, generando una tensione in uscita dal convertitore D/A, interpretata dal motore come comando di velocità. Il motore comincia così a muoversi e l'encoder invia un impulso per ogni incremento di rotazione dell'albero del motore.

Ciascun impulso determina la sottrazione di un'unità dal valore del contatore. In tal modo, l'errore statico nel contatore rappresenta la differenza fra la posizione comandata e quella attuale. A mano a mano che il motore avanza, l'errore d'inseguimento diminuisce.

Ricevendo altri comandi di posizione in serie il sistema accelera e si avvicina alla posizione comandata. A ogni iterazione dei comandi il numero nel contatore aumenta e il sistema si muove più velocemente che nell'iterazione precedente. Alla fine il numero sottratto dal contatore coincide con il numero aggiunto. La velocità non aumenta più e l'errore d'inseguimento raggiunge un valore 'stabile', che diventa l'errore statico del sistema a una velocità specifica. ■