

[Clic per tutti gli appunti](#) (AUTOMAZIONE – TRATTAMENTI TERMICI ACCIAIO – SCIENZA delle COSTRUZIONI...)



[e-mail per suggerimenti](#)

Qui di seguito le funzioni binarie combinatorie possono risolvere problemi nei quali sono imposte condizioni logiche nelle quali non entra né la variabile tempo né la sequenza secondo cui si verificano dette condizioni.

Qui di seguito vengono proposti e risolti due semplici problemi la cui soluzione richiede l'impiego di un circuito combinatorio. Di questo viene steso sia lo schema logico che quello pneumatico.

IN LABORATORIO

5.2 Problemi la cui soluzione richiede l'impiego di circuiti combinatori

5.2.1 Tema

Un cilindro a doppio effetto deve porre il suo stelo in posizione A^+ di fuoriuscita quando vengono pigiati contemporaneamente i due pulsanti s_1, s_2 .

Pigiando il pulsante dello s_3 lo stelo si deve porre in posizione di rientro A^- .

Pigiando il pulsante s_4 si ha comunque il rientro dello stelo, in qualsiasi condizione degli altri tre pulsanti (pigiati o meno).

Tabella della verità

Per estrarre le equazioni logiche si effettua la tabella della verità.

| s_4 | s_3 | s_2 | s_1 | A^+ | A^- | Note |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Lo stelo rimane in posizione invariata |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | Lo stelo rimane in posizione invariata |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | Lo stelo rimane in posizione invariata |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | Lo stelo si pone in posizione A^+ |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Pigiando il pulsante s_3 lo stelo si pone in posizione A^- |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Pigiando il pulsante s_4 lo stelo si pone in posizione A^- , qualunque sia la condizione degli altri pulsanti |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |

Il tema non prevede alcuna condizione di rientro o fuoriuscita stelo in alcuni stati possibili dei pulsanti:

- Quando non è pigiato alcun pulsante: lo stelo del cilindro mantiene invariata la sua posizione.

- Quando è pigiato solamente il pulsante s_1 : lo stelo del cilindro mantiene invariata la sua posizione.
- Quando è pigiato solamente il pulsante s_2 : lo stelo del cilindro mantiene invariata la sua posizione.

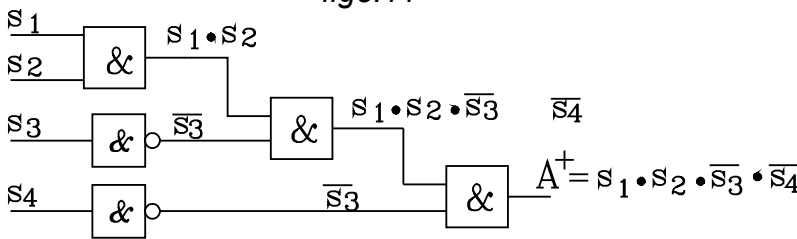
Equazione logica di A^+

Se nelle condizioni iniziali lo stelo è in posizione di fuoriuscita A^+ , ovviamente in questa vi rimane se non viene inviato alcun segnale di comando. Ciò si ha nelle condizioni dei pulsanti, previste nelle tre prime righe della tabella della verità effettuata.

Il comando di fuoriuscita stelo A^+ si ottiene nell'unica condizione prevista nella 4° riga della tabella della verità: quando, cioè, vengono pigiati contemporaneamente i due pulsanti s_1, s_2 e non gli altri: $s_1 = 1, s_2 = 1, s_3 = 0, s_4 = 0$.

$$A^+ = s_1 \cdot s_2 \cdot \bar{s}_3 \cdot \bar{s}_4$$

fig5.11

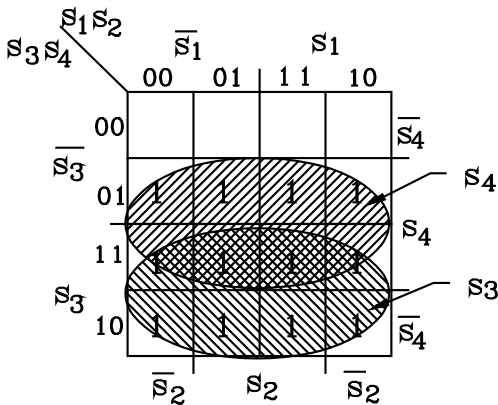


Qui accanto è riportato lo schema logico

Equazione logica di A^-

L'equazione logica è facilmente ricavabile dalla tabella della verità, osservando che lo stato A^- non si ottiene, solamente quando, contemporaneamente, non vengono pigiati i pulsanti s_3, s_4 : ($s_3 = 0, s_4 = 0$); in tutti gli altri casi $A^- = 1$.

fig.5.12

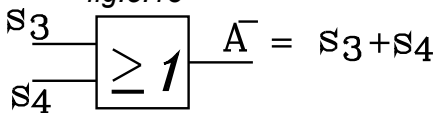


Dalla mappa di Karnaugh si rileva che l'equazione logica è data da.

$$A^- = s_3 + s_4$$

Equazione che è facilmente ricavabile anche semplicemente traducendo con logica le condizioni imposte dal tema.

fig.5.13



Qui accanto è riportato lo schema logico.

Scelta dei componenti

- Il tema prescrive un cilindro a doppio effetto.
- I segnali pneumatici s_1, s_2, s_3, s_4 vengono effettuati con valvole 3/2 NC monostabili.
- I segnali negati $\overline{s_3}, \overline{s_4}$ si ottengono inviandoli, rispettivamente, al pilotaggio di due valvole 3/2 NA monostabili.
- Per ottenere il prodotto logico $s_1 \cdot s_2 \cdot \overline{s_3} \cdot \overline{s_4}$ si adoperano due valvole pneumatica AND e si sfrutta l'inserimento in serie di due valvole.
- Per ottenere la somma logica $s_3 + s_4$ si utilizza una valvola pneumatica OR.

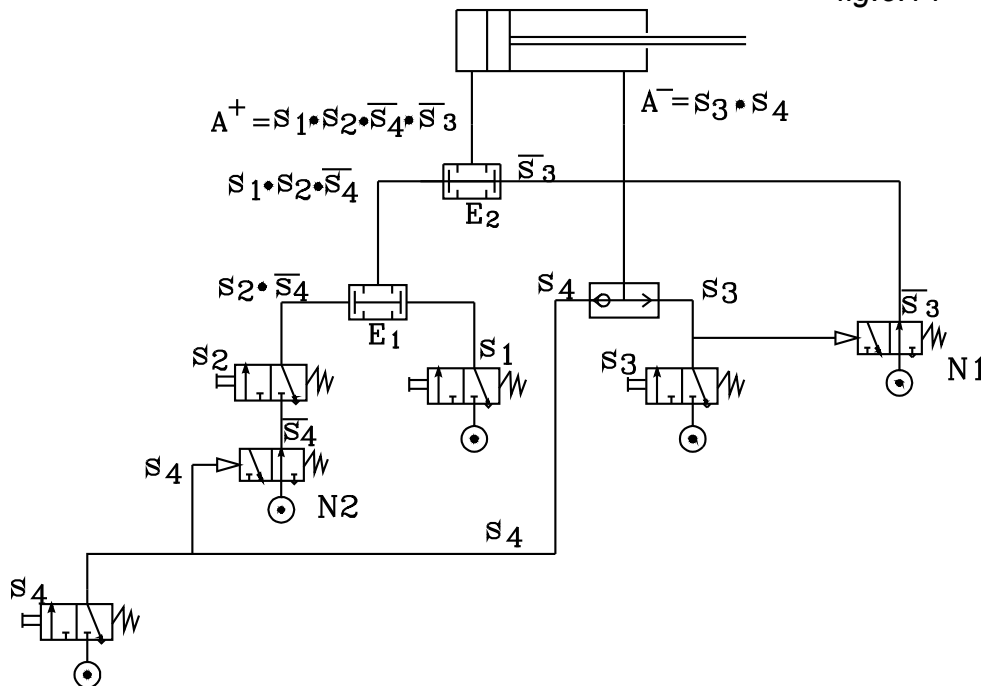
Circuito pneumatico.

Dalle equazioni logiche si ricava il circuito pneumatico.

$$A^+ = s_1 \cdot s_2 \cdot \overline{s_3} \cdot \overline{s_4}$$

$$A^- = s_3 + s_4$$

fig.5.14



Note sulla stesura del circuito

Dalle equazioni logiche si ricava il circuito pneumatico.

- Il comando A^+ è dato dalla operazione AND: $A^+ = s_1 \cdot s_2 \cdot \overline{s_3} \cdot \overline{s_4}$, nel quale compaiono i segnali negati $\overline{s_3}, \overline{s_4}$. Questi si ottengono inviando le uscite delle valvole s_3, s_4 (3/2 NC monostabili), rispettivamente, agli ingressi delle valvole NOT N1 N2 e rilevando i segnali di uscita. Le valvole NOT sono delle monostabili 3/2 NA.
- Si disegnano, così, le valvole s_3, s_4 . La prima si colleghi con l'ingresso della valvola NOT N1, ottenendo in uscita $\overline{s_3}$; la seconda con l'ingresso N2, ottenendo in uscita $\overline{s_4}$.
- Il prodotto logico $s_1 \cdot s_2 \cdot \overline{s_3} \cdot \overline{s_4}$ si può ottenere in vari modi.
- Qui, nello schema proposto, si è posto in serie $\overline{s_4}$ con s_1 , collegando l'uscita del primo con l'ingresso del secondo, ottenendo così $\overline{s_4} \cdot s_1$. L'uscita della serie va ad un ingresso della valvola AND E1, il

cui altro ingresso viene collegato con l'uscita di s_1 (valvola 3/2 NC monostabile), ottenendo così il prodotto logico $\overline{s_4} \cdot s_2 \cdot s_1$.

- Il segnale d'uscita della valvola AND E1 viene inviato all'altra valvola AND E2, la cui altra uscita è collegata con quella della NOT N1, che fornisce s_3 , ottenendo, così, il prodotto logico desiderato $s_1 \cdot s_2 \cdot \overline{s_3} \cdot \overline{s_4}$, costituente il comando A^+ .
- L'uscita di E2 viene collegata con il condotto A^+ del cilindro.
- Il comando di rientro stelo è dato dalla somma logica $A^- = s_3 + s_4$. Si collega, così, l'uscita della valvola s_3 in un ingresso della OR e nell'altro ingresso di questa l'uscita di s_4 .

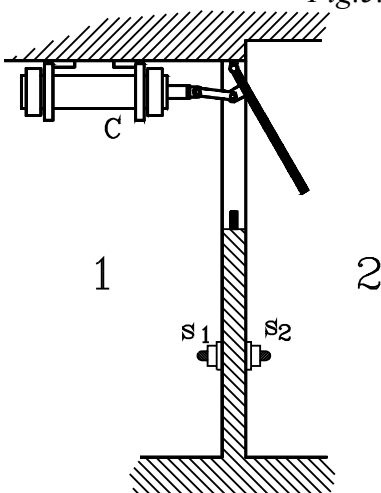
Funzionamento

Porre lo stelo in una posizione qualsiasi.

- Pigiare contemporaneamente i due tasti s_1, s_2 e lo stelo si pone nella posizione A^+ : se è già in tale posizione vi rimane.
 Infatti, l'aria, dalla valvola s_4 normalmente aperta, va all'ingresso di s_1 commutata e da questa, uscendo, passa ad un ingresso della valvola AND E1; nella quale, dall'altro ingresso, perviene l'aria dalla valvola s_2 commutata. Da E1 esce l'aria che va all'ingresso della valvola AND E2. L'altro ingresso di questa è collegato con la valvola NOT N1 che fornisce aria essendo non commutata. L'uscita della valvola E2 fornisce così l'aria di alimentazione della camera lato pistone, che pone lo stelo in posizione A^+ , se non lo è già.
- Pigiare il tasto s_3 e lo stelo si pone nella posizione A^- : se è già in tale posizione vi rimane.
 Infatti, la valvola s_3 si commuta e l'aria di alimentazione commuta la valvola NOT N1 e perviene alla valvola OR.; da questa va alla camera lato stelo del cilindro. L'altra camera è in scarico attraverso N1. Si ottiene, così, la posizione A^- , se non lo è già.
- Pigiare s_4 contemporaneamente ad altri pulsanti: per esempio s_1, s_2 e si ottiene comunque lo stato A^- .
 Infatti la valvola s_4 commuta la NOT N2, interdicendo l'aria in uscita da questa. Per cui, pigiati i due pulsanti s_1, s_2 , l'aria, attraverso la valvola s_1 , perviene ad un ingresso dell'AND E1, ma non nell'altro ingresso collegato alla s_2 alimentata dalla valvola NOT che è in posizione di interdizione.
 Così la camera lato pistone si trova in scarico, mentre, quella lato stelo viene alimentata dalla valvola OR, alla quale perviene l'aria dalla valvola s_4 commutata.

5.2.2 Tema

Fig.5.15



Un portellone che pone in comunicazione due ambienti (contrassegnati con 1,2) può essere aperto o chiuso da due pulsanti con aggancio meccanico, posti ciascuno in un ambiente diverso.

In tal modo, con i due stati possibili del pulsante posto in un ambiente, si deve poter aprire il portellone se è chiuso o chiuderlo se è aperto; oppure lasciarlo, ovviamente, nella stessa posizione. Ciò deve avvenire qualunque sia lo stato del pulsante posto nell'altro ambiente.

L'apertura e chiusura del portello deve avvenire a velocità moderata

Scelta dei componenti dell'impianto

Volendo risolvere il problema con tecnica pneumatica, si scelgono come pulsanti di comando due valvole 3/2 NC monostabili con comando manuale e aggancio meccanico.

Si indichi con s_1 il pulsante posto nell'ambiente 1 e con s_2 quello nell'ambiente 2.

Come attuatore di manovra del portellone viene scelto un cilindro a semplice effetto: la corsa di ritorno è facilitata sia dall'azione della molla che dal peso del portello: il rientro potrebbe essere troppo veloce, si prevede così un regolatore di flusso.

Le due corse debbono avvenire a velocità moderata, per cui si prevede l'utilizzazione di due regolatori di flusso per l'entrata e l'uscita dell'aria.

| Sigla componente | Codice | Componente |
|------------------|--------|--|
| C | | Cilindro a semplice effetto |
| R f ₁ | | Regolatore di flusso unidirezionale |
| R f ₂ | | Regolatore di flusso unidirezionale |
| OR | | Valvola OR |
| E1 E2 | | Valvole AND |
| N1 N2 | | Valvole 3/2 monostabili NA |
| S1 S2 | | Valvole 3/2 monostabili con aggancio meccanico |

Tabella della verità

Si considerino i diversi stati dei due pulsanti e, attraverso la combinazione di questi, si ottiene la soluzione del problema.

Si indichi con y la funzione di trasferta inviata all'ingresso della camera del cilindro a semplice effetto.

1° - *I due pulsanti non sono premuti:* $s_1 = 0 \quad s_2 = 0$:

In questo caso non si invia aria al cilindro e il portellone risulta chiuso: $y=0$

2° - *È premuto solamente il pulsante dell'ambiente 1:* $s_1 = 1 \quad s_2 = 0$:

Questo è il caso nel quale, essendo il portellone chiuso, si deve impartire il comando di apertura con il pulsante dell'ambiente 1: il pulsante della camera 2 non è pigiato.

3° - *È premuto solamente il pulsante dell'ambiente 2:* $s_1 = 0 \quad s_2 = 1$:

Questo è il caso nel quale, essendo il portellone chiuso, si deve impartire il comando di apertura con il pulsante dell'ambiente 2: il pulsante della camera 1 non è pigiato.

4° - *Sono premuti entrambi i pulsanti delle due ambienti:* $s_1 = 1 \quad s_2 = 1$:

Questa combinazione viene utilizzata quando, essendo premuto il pulsante di un ambiente il portellone risulta aperto, e lo si vuole chiudere, pigiando il pulsante che è nell'altro ambiente.

La tabella della verità risulta:

| s_2 | s_1 | y | Note |
|-------|-------|-----|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | Portellone chiuso |

| | | | |
|---|---|---|-------------------|
| 0 | 1 | 1 | Portellone aperto |
| 1 | 0 | 1 | Portellone aperto |
| 1 | 1 | 0 | Portellone chiuso |

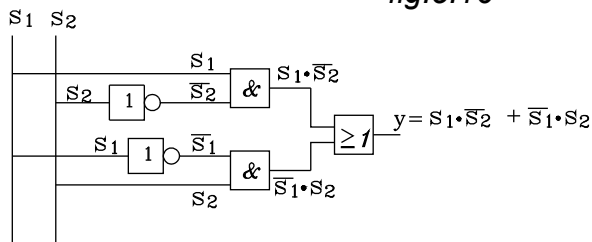
Equazione logica

Dalla tabella della verità si ricava la funzione binaria di trasferta:

$$y = s_1 \cdot \bar{s}_2 + \bar{s}_1 \cdot s_2$$

Schema logico

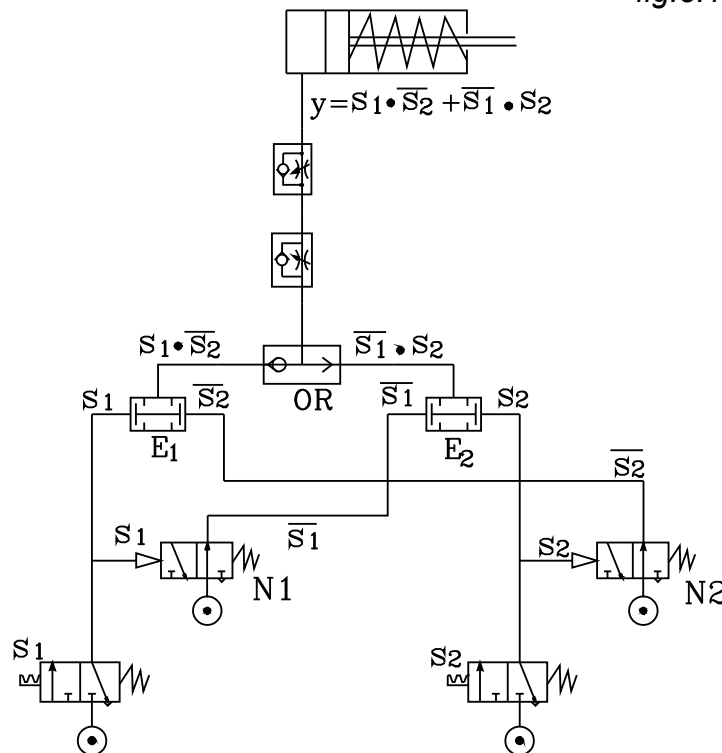
fig.5.16



Schema pneumatico

Dallo schema logico si ricava facilmente quello pneumatico.

fig.5.17



Note sulla stesura dello schema

Conviene partire dall'alto verso il basso.

- Disegnato il cilindro e i due regolatori di flusso, posti nei due sensi opposti, si disegna la valvola OR, i cui ingressi sono collegati, ciascuno con una valvola AND (E_1 , E_2).
- Ad un ingresso dell'OR deve pervenire il segnale $s_1 \cdot \bar{s}_2$ e all'altro $\bar{s}_1 \cdot s_2$.

- In basso all'AND **E1** di sinistra si disegna lo start s_1 che genera il segnale pneumatico s_1 e in basso all'AND di destra quello che genera s_2 .
Occorre generare i due segnali negati $\overline{s_1}, \overline{s_2}$.
- Per ottenere $\overline{s_1}$ si preleva l'aria dall'uscita di s_1 e la si invia al pilotaggio della valvola NOT **N1** (3/2 NA monostabile): l'uscita di questa fornisce $\overline{s_1}$.
- Così per ottenere $\overline{s_2}$ si preleva l'aria dall'uscita di s_2 e la si invia al pilotaggio della valvola NOT **N2** (3/2 NA monostabile): l'uscita di questa fornisce $\overline{s_2}$.

Segnale $\overline{s_1 \cdot s_2}$

Si collega un ingresso della valvola AND di sinistra **E1** con l'uscita di s_1 e l'altro ingresso con l'uscita della valvola NOT **N2** che fornisce $\overline{s_2}$, ottenendo il prodotto logico $\overline{s_1 \cdot s_2}$.

Segnale $\overline{s_1 \cdot s_2}$

Si collega un ingresso della valvola AND di destra **E2** con l'uscita di s_2 e l'altro ingresso con l'uscita della valvola NOT **N1** che fornisce $\overline{s_1}$, ottenendo così il prodotto logico: $\overline{s_1 \cdot s_2}$

Segnale di uscita $y = \overline{s_1 \cdot s_2} + \overline{s_1} \cdot s_2$

Si collega l'uscita della valvola AND **E1**, che trasmette $\overline{s_1 \cdot s_2}$ con un ingresso della valvola OR. L'altro ingresso di questa si collega con l'uscita della valvola AND **E2**, che trasmette il segnale $\overline{s_1} \cdot s_2$. All'uscita della valvola OR si ottiene il segnale di uscita desiderato: $y = \overline{s_1 \cdot s_2} + \overline{s_1} \cdot s_2$.

Verifica del funzionamento

- Non pigiando i pulsanti degli start la camera del cilindro è in scarico e lo stelo, spinto dalla molla, è rientrato. Infatti l'aria in uscita dalla valvola NOT di sinistra **N1** spinge l'otturatore della valvola AND di destra **E2** verso destra e pone in comunicazione l'aria proveniente dalla camera del cilindro con lo scarico dello start s_2 , lo stesso avviene nello start s_1 .
- Pigiando s_1 viene alimentata la camera del cilindro e lo stelo fuoriesce. Infatti, pigiando il pulsante dello start s_1 , l'aria in uscita da questa perviene ad un ingresso della valvola AND di sinistra **E1**, al cui altro ingresso arriva l'aria in uscita dalla valvola NOT di destra **N2**, non commutata.
- Lo stesso avviene pigiando s_2 . In questo caso, fuoriesce l'aria dalla valvola AND di destra **E2**: un ingresso del quale viene alimentato dall'aria di s_2 e l'altro da quella proveniente dalla valvola NOT di sinistra **N1**, non commutata.
- Sia pigiato uno dei pulsanti degli start (per esempio s_1), e lo stelo sia fuoriuscito; quando si pigia anche l'altro, lo stelo rientra. Infatti, pigiati tutti e due gli start, le due valvole NOT si commutano e non inviano aria alle valvole AND. Da queste non esce aria, e gli otturatori sono in posizione tale, da scaricare l'aria sia attraverso s_1 che s_2 .

Temi proposti

1° Tema

Due cilindri A e B vengono comandati da due Start S_1, S_2 per ottenere il seguente funzionamento:

1. Con il solo Start S_1 pigiato deve fuoriuscire lo stelo di A e rientrare quello di B.
2. Con il solo Start S_2 pigiato deve fuoriuscire lo stelo di B e rientrare quello di A.
3. Pigiando tutti e due gli Start S_1, S_2 devono rientrare tutti e due gli steli dei cilindri
4. Quando non sono pigiati i due start devono rientrare gli steli dei due cilindri.

Determinare: le equazioni logiche di comando dei cilindri - lo schema logico e pneumatico
Suggerimenti

Conviene effettuare la tabella della verità, dove in corrispondenza della combinazione degli stati dei due Start vengono riportati gli stati di rientro o fuoriuscita dei due cilindri.

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| S_2 | S_1 | A^+ | A^- | B^+ | B^- |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | ecc. | | | |

Dalla tabella della verità ricavare le funzioni logiche binarie di: A^+, A^-, B^+, B^-
Dalle equazioni logiche ricavare lo schema logico e pneumatico.

2° Tema

Nella fabbricazione di un particolare sono previsti tre tipi di qualità. A seconda di questa deve essere posta una marchiatura diversa che contraddistingue il prodotto.

La marchiatura viene effettuata con tre cilindri pneumatici, a doppio effetto, con controllo di posizione con finecorsa e comandati da valvole di potenza 5/2 monostabile, in modo che il rientro degli steli siano automatici una volta che vengono toccati i finecorsa di fuoriuscita stelo.

I tre cilindri vengono comandati da due soli Start, e precisamente:

1. Pigiando S_1 fuoriesce lo stelo del cilindro 1 se è contemporaneamente toccato il finecorsa a_0
2. Pigiando S_1 fuoriesce lo stelo del cilindro 2 se è contemporaneamente toccato il finecorsa b_0
3. Pigiando contemporaneamente gli Start S_1, S_2 fuoriesce lo stelo del cilindro 3 se è contemporaneamente toccato il finecorsa c_0
4. Lo stelo del cilindro 1 rientra quando è toccato il finecorsa a_1 - Lo stelo del cilindro 2 rientra quando è toccato il finecorsa b_1 - Lo stelo del cilindro 3 rientra quando è toccato il finecorsa c_1

Determinare le equazioni logiche di comando di fuoriuscita stelo dei tre cilindri A^+, B^+, C^+ e stendere il circuito pneumatico.

Suggerimento

Si osservi che la fuoriuscita dello stelo di cilindro 1 si ha quando: è pigiato lo Start S_1 , contemporaneamente è toccato il finecorsa a_0 e non è toccato il finecorsa a_1 .

Si traduca la frase precedente nella corrispondente equazione logica ...

3° Tema

Un cilindro A a doppio effetto viene impiegato per esercitare una pressione tra una serie di due pezzi debbono incollarsi tra loro. Le posizioni dello stelo vengono controllate da finecorsa. la corsa di fuoriuscita deve essere moderata il rientro può essere rapido.

Occorre che siano rispettate le seguenti condizioni al contorno:

1. Il rientro dello stelo deve avvenire solamente quando raggiunta la posizione di incollaggio si è raggiunta una pressione "p" prestabilita nella camera di mandata del cilindro.
2. Raggiunta detta pressione trascorra un tempo Δt prima che lo stelo effettui la corsa di rientro.
3. Si preveda un tasto di emergenza En che quando è attivato, non può fuoriuscire lo stelo di A e in ogni caso rientra se non è in tale posizione.

Suggerimento

Riguardo al tasto di emergenza occorre riflettere che la corsa A^+ non può avvenire se è pigiato En^- (questa condizione va messa nell'equazione logica di A^+) - Nell'equazione logica di A^- va posta la condizione che lo stelo rientri anche quando è pigiato En^+ ...

6 COMANDI SEQUENZIALI

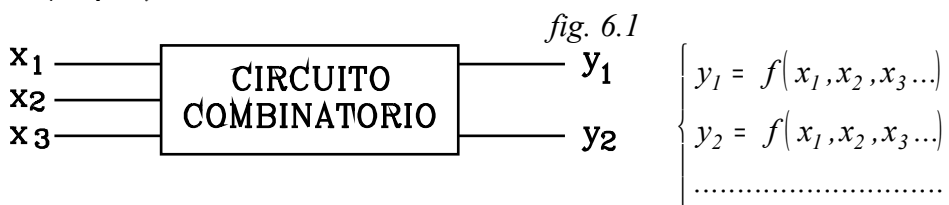
6.1 Generalità

Nei circuiti combinatori finora analizzati, la funzione di trasmissione y dipendeva solamente dalla combinazione dei valori delle variabili binarie di ingresso.

Ad una combinazione delle variabili di ingresso x_1, x_2, x_3, \dots , qualunque sia il tempo e la successione secondo cui esse si verificano, corrisponde una e una sola funzione di trasmissione:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$

In generale, il circuito combinatorio si può rappresentare con un blocco, nel quale, le uscite y_1, y_2, \dots dipendono solamente dalla combinazione dei valori delle variabili binarie di ingresso x_1, x_2, x_3, \dots .



Nei circuiti combinatori occorre che siano verificate le seguenti ipotesi essenziali:

- La funzione di trasferta y non dipenda né dal tempo, né dalla sequenza, secondo cui si verifica la combinazione dei valori delle variabili binarie di ingresso.
- Il flusso dei segnali avvenga sempre nello stesso senso: dall'ingresso verso l'uscita.
- Non vi siano rami di retroazione, per cui le uscite non vadano ad influire sulle condizioni degli ingressi.
- I componenti che costituiscono il circuito lavorino senza introdurre ritardi temporali in ingresso.

Quando una di queste ipotesi viene a mancare si è in presenza di *un circuito sequenziale* e con lo stesso attributo (*sequenziale*) viene definito il comando relativo.

In un circuito sequenziale la funzione di trasferta y non dipende solamente dalla combinazione dei valori delle variabili di ingresso x_1, x_2, x_3, \dots ma anche dal tempo e dalla sequenza secondo la quale esse si succedono nel tempo: per così dire dalla storia di esse.

Il circuito sequenziale si presenta come un *sistema* nel quale viene ricordato lo *stato* di alcuni componenti o il valore delle uscite: a seconda dello *stato* di questi si ottiene una diversa funzione di trasmissione y , a parità della combinazione dei valori delle variabili binarie di ingresso x_1, x_2, x_3, \dots che costituiscono le variabili primarie.

La memorizzazione avviene per l'effetto di inerzia che i componenti fisici del sistema offrono al cambiamento del loro stato, per evolversi verso lo stato successivo, imposto dai segnali di comando, dati dalle variabili di ingresso

Per dette inerzie, nel comando attuale, il sistema ha memoria degli *stati* che avevano *precedentemente* assunto alcuni componenti o le uscite, e, a seconda di questi, si ottiene un effetto diverso.

Occorre introdurre delle nuove variabili, che individuino, in modo univoco, lo *stato* di quei componenti di cui il sistema ha memoria.

A queste variabili si dà nome di *variabili di stato* S_i : esse definiscono lo stato attuale del sistema nell'istante i^{mo} , che rimane memorizzato e influenza l'evoluzione verso lo stato successivo S_{i+1} .

Le variabili di stato S_i sono gli elementi *memorizzati* del sistema: esse costituiscono il ricordo che nell'istante successivo $(i+1)^{mo}$ il sistema ha dei valori degli stati assunti nell'istante precedente i .

Nello studio di un circuito sequenziale occorre considerare un *prima* e un *dopo*. La funzione di trasmissione determina l'evoluzione del sistema da uno stato al successivo: dall'*istante attuale* " i " all'*istante futuro* (o successivo) " $i+1$ ".

In un circuito sequenziale, a parità delle combinazioni dei valori binari delle variabili di ingresso, la funzione di trasmissione y dipende dallo stato precedente S_i delle variabili di stato.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, S_i, S_{i-1}, \dots)$$

È da precisare che le funzioni di stato S_i , fungendo da memoria dello stato i^{mo} , determina un ritardo Δt verso l'evoluzione dello stato successivo (o futuro) S_{i+1} . Questo è dovuto all'inerzia, che il sistema trova, nel passaggio dallo stato precedentemente memorizzato al nuovo.

6.1.1 Schema a blocchi di un circuito sequenziale

Le variabili di stato futuro S_{i+1} vengono anche denominate variabili secondarie. Esse si attuano con un ritardo Δt rispetto alle variabili di stato precedente S_i .

Gli stati precedenti S_i si presentano come ingressi del circuito in quanto influiscono sugli stati futuri S_{i+1} che si trovano all'uscita: come stati da raggiungere. Tra S_i e S_{i+1} vi è un ritardo inerziale Δt

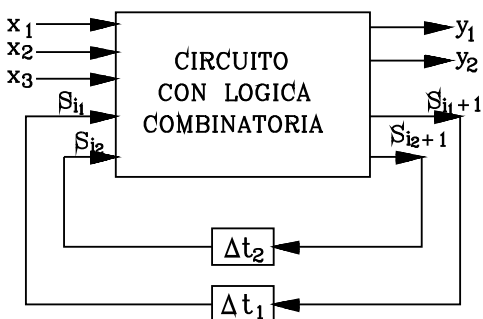


fig.6.2.

Un circuito sequenziale si può rappresentare con lo schema a blocchi di figura.

In questo x_1, x_2, x_3, \dots rappresentano le variabili di ingresso, comandate dall'esterno del circuito, *indipendenti* dallo stato dei suoi componenti: esse costituiscono le *variabili primarie*.

Le variabili y_1, y_2, \dots indicano le variabili di uscita, inviate agli attuatori, corrispondenti agli obiettivi da raggiungere.

Le variabili dello stato attuale " S_{i1}, S_{i2}, \dots ", nell'istante i nel quale si introducono dall'esterno quelle primarie, fungono da ingressi, che influenzano le uscite e fanno evolvere il sistema verso lo stato futuro $i+1$, descritto dalle variabili $S_{i1+1}, S_{i2+1}, \dots$

Il blocco tra gli ingressi e le uscite è un circuito combinatorio.

Nei circuiti sequenziali si possono distinguere vari tipi di reazione.

- *Circuiti sequenziali a reazione diretta*
L'uscita viene riportata all'ingresso mediante una linea di reazione.
In questo caso, il ritardo è dovuto al fatto che lo stato dell'uscita torna in ingresso a comandare l'evoluzione verso lo stato futuro, ma per inerzia, in ingresso, vi è ancora il segnale di stato precedente.
- *Circuiti sequenziali a reazione con ritardo imposto*
Si comporta come il circuito precedente, con la sola particolarità che il ritardo Δt può essere regolato da una rete di ritardo (*ad esempio con regolatori di flusso*)
- *Circuiti sequenziali a reazione con memorie*
La funzione di trasmissione dipende dai segnali di memoria che ricordano gli stati precedenti

Stati stabili ed instabili

Nei circuiti sequenziali occorre considerare due stati possibili a seconda che il sistema spontaneamente evolve o no verso stati diversi

Stato stabile

In tale stato il sistema permane invariato fino a che non cambiano le condizioni delle variabili di ingresso esterne. La durata di permanenza in tale stato non dipende dai suoi componenti.

La funzione di trasmissione $y = f(x_1, x_2, \dots, S_{i_1}, S_{i_2}, \dots)$ dipende dalle variabili di ingresso x_1, x_2, x_3, \dots e da quella di stato. Se le prime restano costanti, affinché la funzione di trasmissione non vari, occorre restino costanti anche le seconde

Si ha uno stato stabile, quando, restando invariate le variabili di ingresso primarie, quelle di stato S_{i_1}, S_{i_2}, \dots del passo sequenziale attuale coincidono con quelle future $S_{i_1+1}, S_{i_2+1}, \dots$

$$S_i = S_{i+1}$$

Stato instabile

Il sistema non permane in questo stato anche se rimangono invariate le condizioni delle variabili primarie di ingresso primarie.

È evidente che ciò può avvenire perché, pur rimanendo costanti le variabili primarie di ingresso, tendono a variare quella di stato: le variabili di stato del passo attuale sono diverse da quelle di stato futuro e il sistema si evolve verso l'attuazione di queste ultime.

In uno stato instabile le variabili di stato S_{i_1}, S_{i_2}, \dots del passo attuale sono diverse da quelle $S_{i_1+1}, S_{i_2+1}, \dots$ dello stato futuro

$$S_i \neq S_{i+1}$$

Si supponga che in un circuito sequenziale, per effetto della variazione di una condizione delle variabili primarie di ingresso, venga rotto lo stato di equilibrio stabile nel quale esso si trovava.

Generalmente, il sistema, attraverso una successione di stati di equilibrio instabili, con commutazione dei componenti, si evolve, nel tempo, verso uno stato finale di equilibrio stabile.

Per variare questo occorrerà cambiare una o più variabili di ingresso.

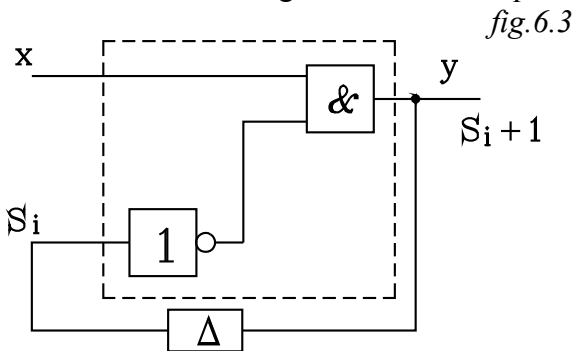
Può accadere invece che, introducendo una nuova variabile primaria di ingresso x_i , si innesci un ciclo continuo di successivi stati instabili, che si susseguono nel tempo senza approdare ad uno stato stabile finale, se non quando si cambi la condizione x_i di ingresso.

Per chiarimento di quanto esposto si prende come esempio l'analisi di un semplice circuito sequenziale con reazione diretta.

6.1.2 Analisi di un semplice circuito sequenziale a reazione diretta

Vi sono vari metodi di analisi dell'evoluzione dei circuiti sequenziali a reazione. Qui viene applicato il metodo di *MOISIL*, consistente nell'analizzare passo-passo i vari stati logici delle variabili e di evidenziarli in un diagramma a barre.

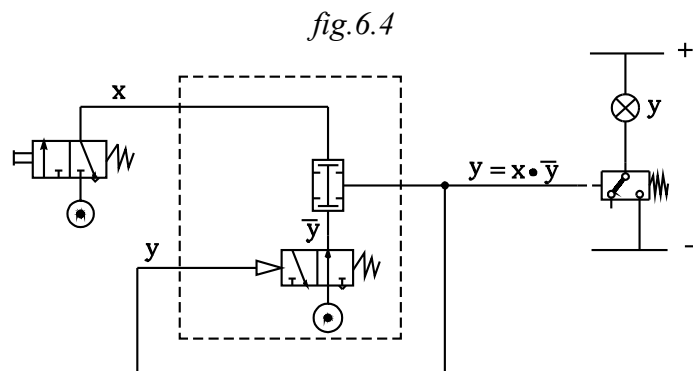
Si consideri il seguente circuito sequenziale a reazione diretta



La variabile dello stato futuro S_{i+1} si faccia coincidere con quella y di uscita.

Il simbolo del ritardo Δ sta ad indicare che, mentre in uscita si sta attuando, in un passo, lo stato $S_{i+1} \equiv y$, il sistema, per inerzia, ricorda quello precedente S_i . Ed è questo che occorre considerare in ingresso del circuito *nel passo attuale*: si considererà lo stato $S_{i+1} \equiv y$ nel passo successivo.

Per la verifica di quanto detto si consideri il seguente circuito pneumatico.



Nello schema pneumatico non compare l'indicazione del ritardo Δ , in quanto questo non è un elemento fisico, ma dovuto alle inerzie dei componenti pneumatici, i quali impiegano un certo tempo per commutarsi.

L'aria di uscita dal circuito pneumatico è inviata al pilotaggio di un trasduttore pneumatico-elettrico, nel quale il contatto normalmente aperto è in serie al circuito che alimenta una lampada. Ad $y=1$ corrisponde l'accensione della lampada.

Funzione di trasmissione del circuito:

La funzione di trasmissione del circuito pneumatico risulta

$$y = x \cdot \bar{y}$$

Dove la y al secondo membro si riferisce al valore che ha l'uscita nell'istante attuale i , mentre la y al primo membro è il valore che assumerà l'uscita nell'istante futuro $i+1$

Per lo studio della successione dei vari stati nel tempo, conviene riferirsi allo schema logico di *fig. 6.3*.

In questo, il segnale in uscita y coincide con lo stato futuro S_{i+1} , verso cui deve evolvere il sistema:

$$y = S_{i+1}$$

Il segnale y torna in ingresso a comandare il circuito combinatorio, ma, nell'istante " $i+1$ ", il sistema si trova ancora nelle condizioni imposte dal segnale d'uscita $S_i = y$ nell'istante precedente " i ".

Conosciuta la funzione di trasmissione y , si studia il sistema nei passi sequenziali successivi.

In ogni passo si considerano:

- Le variabili primarie di ingresso: $x_1, x_2, x_3 \dots$ (nel caso in esame, l'ingresso x)
- Lo stato S_i dell'uscita del passo precedente, che determina l'uscita attuale. È questo stato che va introdotto al posto del segnale di uscita y che si trova al secondo membro della funzione di trasmissione. Nel caso in esame:

$$y = x \cdot \overline{S_i}$$

- Il segnale di uscita y , ottenuto dalla precedente equazione logica, determina lo stato futuro: $y = S_{i+1}$. Questo, infatti, è quello che, nel passo successivo, si presenterà come segnale di comando in ingresso: esso andrà introdotto al posto della S_i al secondo membro della funzione di trasmissione per determinare l'uscita S_{i+2} .

Si può quindi scrivere:

$$y = S_{i+1} = x \cdot \overline{S_i}$$

- Si confronta la variabile di stato del passo attuale (*variabile di stato attuale* S_i) con quella che si ha alla fine del passo futuro (*variabile di stato futuro* S_{i+1})
Se la variabile di stato attuale S_i è uguale a quella dello stato futuro: $S_i = S_{i+1}$, allora lo stato a cui si perviene è stabile, altrimenti è instabile. In questo caso il sistema evolve verso un nuovo stato

Uno stato di un sistema risulta stabile, quando la variabile di stato attuale S_i coincide con quella elaborata per lo stato futuro S_{i+1}

$$S_{i+1} = S_i$$

Alla fine si effettua il diagramma delle sequenze a barre orizzontali, nel quale per ogni passo, si indicano, con barre orizzontali marcate, i segnali che sono nello stato logico 1 .

Si proceda sequenzialmente, per passi successivi, a studiare il circuito pneumatico proposto nello schema

0° passo Non è pigiato lo Start: $x=0$ Il sistema è in stato di riposo e anche $y=0$

Conviene scrivere la funzione di trasmissione nella forma

$$y = S_{i+1} = x \cdot \overline{S_i}$$

Dove S_i rappresenta lo stato dell'uscita y nel passo sequenziale precedente

Nel caso in esame:

$$y = S_1 = x \cdot \overline{S_0}$$

Occorre considerare lo stato logico della seguenti variabili

Stato dell'ingresso esterno $x \quad x=0$

Stato S_0 dell'uscita nel passo precedente $S_0 = 0$ l'uscita precedente è $y=0$

Sostituendo queste nella funzione di trasmissione si ottiene l'uscita y del passo considerato, corrispondente allo stato futuro: a quello, cioè, che dovrà essere sostituito al posto della S_i nel passo successivo

$$y = 0 \cdot \overline{0} = 0$$

Riassumendo si ha:

| | | | | |
|---------------|-----|-------------|-----------------------------------|---------------------|
| 0° passo | x | $S_i = S_0$ | $\overline{S_i} = \overline{S_0}$ | $y = S_{i+1} = S_1$ |
| Istante t_0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

La lampada è spenta

Essendo la variabile di stato attuale $S_0 = 0$ coincidente con quella futura $S_1 = 0$ $S_i = S_{i+1}$ precisamente $S_0 = S_1$

Il sistema è in uno stato stabile

1° passo Viene pigiato lo Start: $x=1$

Pigiato lo Start i componenti pneumatici non si commutano istantaneamente, ma si trovano ancora nello stato comandato dalla uscita precedente; per cui occorre porre nella funzione di trasmissione $x=1$ e sostituire allo stato S_i il valore della uscita del passo precedente $y = S_1 = 0$

Stato dell'ingresso esterno $x \quad x=1$

Stato S_1 dell'uscita nel passo precedente $S_1 = 0$ l'uscita precedente è $y=0$

Sostituendo queste nella funzione di trasmissione si ottiene:

$$y = S_2 = x \cdot S_1$$

$$y = 1 \cdot \overline{0} = 1$$

Riassumendo si ha:

| | | | | |
|---------------|-----|-------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1° passo | x | $S_i = S_1$ | $\overline{S_i} = \overline{S_1}$ | $y = S_{i+1} = S_2$ |
| Istante t_1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

La lampada si accende

Risulta:

$$S_i \neq S_{i+1} \quad \text{precisamente} \quad S_1 \neq S_2$$

Il sistema è in uno stato instabile e quindi evolve verso uno stato successivo

2° passo Resta pigiato lo Start: $x=1$

Stato dell'ingresso esterno $x \quad x=1$

Stato S_2 dell'uscita nel passo precedente $S_2 = 1$ l'uscita precedente è $y = S_2 = 1$

Sostituendo queste nella funzione di trasmissione si ottiene:

$$y = 1 \cdot \bar{1} = 0$$

Riassumendo si ha:

| | | | | |
|---------------|-----|-------------|-------------------------|---------------------|
| 2° passo | x | $S_i = S_2$ | $\bar{S}_i = \bar{S}_2$ | $y = S_{i+1} = S_3$ |
| Istante t_1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

La lampada è spenta

Risulta:

$$S_i \neq S_{i+1} \text{ precisamente } S_2 \neq S_3$$

Il sistema è in uno stato instabile e quindi evolve verso uno stato successivo

3° passo *Resta pigiato lo Start: $x=1$*

Stato dell'ingresso esterno $x \quad x=1$

Stato S_3 dell'uscita nel passo precedente $S_3 = 0$ l'uscita precedente è $y = S_3 = 0$

Sostituendo queste nella funzione di trasmissione si ottiene:

$$y = 1 \cdot \bar{0} = 1$$

Riassumendo si ha:

| | | | | |
|---------------|-----|-------------|-------------------------|---------------------|
| 3° passo | x | $S_i = S_3$ | $\bar{S}_i = \bar{S}_3$ | $y = S_{i+1} = S_4$ |
| Istante t_1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

La lampada è spenta

Risulta:

$$S_i \neq S_{i+1} \text{ precisamente } S_3 \neq S_4$$

Il sistema è in uno stato instabile

4° passo *Resta pigiato lo Start: $x=1$*

Stato dell'ingresso esterno $x \quad x=1$

Stato S_4 dell'uscita nel passo precedente $S_4 = 1$ l'uscita precedente è $y = S_4 = 1$

Sostituendo queste nella funzione di trasmissione si ottiene:

$$y = 1 \cdot \bar{1} = 0$$

Riassumendo si ha:

| | | | | |
|---------------|-----|-------------|-------------------------|---------------------|
| 4° passo | x | $S_i = S_4$ | $\bar{S}_i = \bar{S}_4$ | $y = S_{i+1} = S_5$ |
| Istante t_1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

La lampada è spenta

Risulta:

$$S_i \neq S_{i+1} \text{ precisamente } S_4 \neq S_5$$

Il sistema è in uno stato instabile e quindi evolve verso uno stato successivo

Con lo Start pigiato si innesca un ciclo continuo di successivi stati instabili senza approdare ad uno stato finale stabile fino a che non si disattiva lo start e risulta $y=0$. Si supponga che si disattivi lo Start al 5° passo

Stato dell'ingresso esterno x $x=0$ Start disattivato
 Stato S_i dell'uscita nel passo precedente $S_5 = 0$ l'uscita precedente è
 $y = S_5 = 0$
 $y = 0 \cdot \bar{0} = 0$

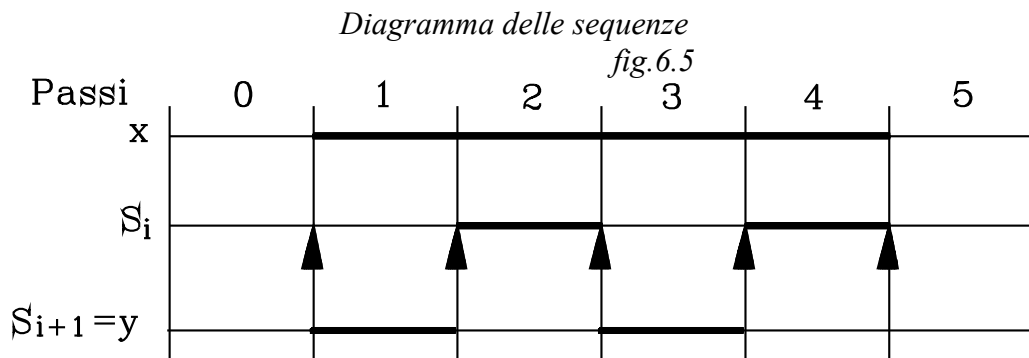
| | | | | |
|---------------|-----|-------------|-------------------------|---------------------|
| 5° passo | x | $S_i = S_5$ | $\bar{S}_i = \bar{S}_5$ | $y = S_{i+1} = S_6$ |
| Istante t_1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

La lampada è spenta

Essendo la variabile di stato attuale $S_i = 0$ coincidente con quella dello stato futuro $S_{i+1} = 0$

$$S_i = S_{i+1} \text{ precisamente } S_5 = S_6$$

Il sistema è in uno stato stabile



Ne diagramma delle sequenze si rappresentano nei successivi passi gli stati delle variabili di ingresso e di stato e di uscita. Si indica con tratto sottile lo stato 0 e con grosso lo stato 1.

Così, per esempio, nel 1° passo:

Start pigiato: $x=1$ tratto grosso

Variabile di stato attuale $S_i = 0$ tratto sottile

Uscita y coincidente con stato futuro $y = S_{i+1} = 1$ tratto grosso

Il valore $y = S_{i+1} = 1$ del 1° passo si riporta come valore della variabile di ingresso S_i (freccia alla fine del tratto grosso da S_{i+1} ad S_i)

Così, per esempio, nel 2° passo si ha:

Start pigiato: $x=1$ tratto grosso

Variabile di stato attuale $S_i = 1$ tratto grosso

Uscita y coincidente con stato futuro $y = S_{i+1} = 0$ tratto sottile

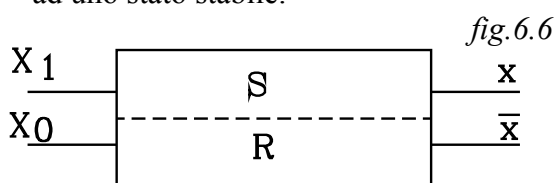
Alla stessa maniera si procede per la rappresentazione degli altri passi

Nel diagramma con le frecce si indica che il valore dell'uscita di un passo si trasporta all'ingresso del sistema nel passo successivo posto a destra della freccia stessa.

6.2 MEMORIE

Un circuito si dice di memoria quando, dietro un comando, detto di *Set*, ha la capacità di memorizzare permanentemente la funzione trasmessa, fino a che non si impartisce un comando di annullamento: detto di *Reset*.

La memoria si presenta quindi come un circuito sequenziale con due stati stabili possibili: *circuito bistabile*. Ogni passo, determinato dalla variazione di una variabile di ingresso conduce ad uno stato stabile.



La memoria bistabile viene rappresentata dallo schema di figura. Con X_1 si designa il segnale di comando in ingresso, detto di *Set*, che determina in uscita uno stato stabile indicato con x . Con X_0 viene designato il comando di annullamento dello stato

precedente, detto di *Reset*, che porta in uscita un altro stato, indicato con \bar{x} .

Lo stato \bar{x} è il complementare di x . Così, se le due uscite stabili portano a due diversi livelli di tensione: uno alto e l'altro basso, quello alto può essere rappresentato dal segnale x , quello basso da \bar{x} . In un circuito pneumatico la memoria può fornire, con i segnali di ingresso $X_1 X_0$: o due uscite su tubazioni diverse; oppure, con il primo, l'uscita dell'aria in una tubazione e con il secondo l'interdizione di essa.

Le memorie possono essere ottenute o con il cablaggio dei componenti logici di base: *NOT AND OR*, della specifica tecnologia in uso (*pneumatica, elettrica ecc.*); oppure con componenti integrati.

L'uscita della memoria, come tutti i circuiti sequenziali, dipende dalle variabili di ingresso e da quelle di stato. Le variabili primarie di ingresso sono i due segnali $X_1 X_0$; la variabile di stato S coincide con l'uscita y della memoria che può assumere due stati complementari diversi: $x - \bar{x}$. Al primo si fa corrispondere lo stato logico 1, al secondo 0.

La variabile di stato S , nello stato attuale, nel quale viene impartito un comando che lo vari, mantiene ancora il valore dell'uscita dalla memoria, memorizzato nello stato precedente.

Indichiamo con $x_i = S_i$ lo stato attuale nel passo i^{mo} , coincidente con lo stato logico dell'uscita y della memoria posseduto prima di variare l'ingresso, e quindi prima che la memoria evolva verso un nuovo stato (*stato futuro*).

Indichiamo con $x_{i+1} = S_{i+1}$ il nuovo stato che assumerà, alla fine del passo, la memoria per effetto della variazione di un l'ingresso (*che può essere una variabile primaria o di stato*).

La variabile di stato x_{i+1} , (*detta di stato futuro*), coincide con lo stato logico che, alla fine del passo i^{mo} , assumerà l'uscita y della memoria, per effetto della variazione di una variabile di ingresso.

È chiaro che la variabile di stato S , sia nello stato attuale x_i , che in quello futuro x_{i+1} può assumere uno dei due stati complementari $x - \bar{x}$ corrispondenti, rispettivamente allo stato logico $1, 0$.

La funzione di trasmissione y dipende quindi dalle variabili di ingresso " X_1, X_0 " e dalla variabile di stato x_i e inoltre alla fine del passo y coincide con lo stato futuro $y = x_{i+1}$

$$y = f(X_1, X_0, x_i) \quad \text{dove} \begin{cases} x_i & \text{variabile di stato attuale} \equiv \text{uscita istante attuale "i"} \\ y = x_{i+1} & \text{variabile di stato futuro} \equiv \text{uscita istante futuro "i+1"} \end{cases}$$

Per determinare l'espressione della funzione di trasmissione, viene qui di seguito stesa la tabella della verità. In questa, le variabili sono date dai due ingressi X_1, X_0 , e la variabile di stato attuale x_i , considerata come quella posseduta dall'uscita della memoria, *prima di impartire un comando in ingresso*.

Così, per esempio, se nell'istante iniziale risulta: $x_i = 0$, $X_1 = 1$, $X_0 = 0$, vuol dire che l'uscita della memoria, inizialmente, è nello stato \bar{x} ($x_i = 0$) e si impartisce, in ingresso, il comando di Set X_1 ($X_1 = 1$, $X_0 = 0$).

In tal caso la memoria si setta e passa dallo stato attuale di *Reset* " \bar{x} " a quello di *Set* " x ". Ne viene che lo stato futuro della memoria risulterà: $x_{i+1} = y = 1$...

Nella tabella della verità vengono considerate tutte le combinazioni possibili degli stati logici delle tre variabili nell'istante attuale " i " (*della variabile di stato attuale x_i e delle variabili primarie X_0, X_1 di ingresso*) e, in corrispondenza ad esse, viene posto il valore che assumerà l'uscita nell'istante successivo " $i+1$ ".

| x_i | X_1 | X_0 | $y = x_{i+1}$ | Note |
|-------|-------|-------|---------------|--|
| 0 | 0 | 0 | 0 | Condizione di riposo memoria diseccitata |
| 0 | 0 | 1 | 0 | Stato iniziale \bar{x} ; $X_0 = 1$ non muta l'uscita $y=0$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | Stato iniziale \bar{x} ; $X_1 = 1$ porta l'uscita allo stato x $y=1$ |
| 0 | 1 | 1 | ? | Entrambi ingressi attivati: definire tipo di memoria (?) |
| 1 | 0 | 0 | 1 | Ingressi $X_1 = X_0 = 0$ - uscita invariata: $y = x_i = x_{i+1} = 1$ |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Stato iniziale x ; $X_0 = 1$ porta l'uscita allo stato \bar{x} $y=0$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | Stato iniziale x ; $X_1 = 1$ non muta l'uscita $y=1$ |
| 1 | 1 | 1 | ? | Entrambi ingressi attivati: definire tipo di memoria (?) |

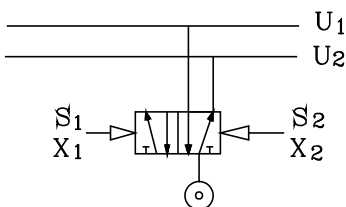
6.2.1 Tipi di memorie

Nella tabella della verità, in corrispondenza delle combinazioni che prevedono la contemporaneità dei due comandi: di *Set* X_1 e *Reset* X_0 , si è posto un punto interrogativo, in quanto, per dare un corrispondente valore in uscita, occorre definire più particolarmente la memoria.

Intanto la memoria può essere di tipo integrato, costituente un solo componente o formata dal cablaggio di componenti logici di base: *AND, OR, NOT*.

Memoria integrata pneumatica

fig.6.7



In pneumatica la memoria può essere ottenuta da una valvola bistabile 5/2 oppure 4/2.

In questo caso il segnale di pilotaggio $X_1 = S_1$ determina l'uscita dell'aria dall'utilizzazione $A = U_1$, mentre $X_0 = S_2$ commuta la valvola alimentando l'uscita $B = U_2$.

In questo tipo di memoria vi sono due segnali di ingresso S_1, S_2 e, ad ognuno di essi, vi corrisponde una specifica uscita di aria, rispettivamente U_1, U_2 , ciascuna alimentante una linea diversa.

In questo caso un segnale di ingresso deve essere impartito in assenza dell'altro: ponendole entrambi la valvola si blocca.

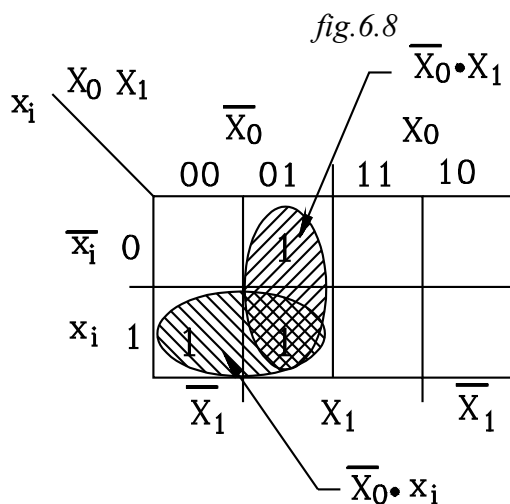
6.2.2 Memoria con precedenza alla cancellazione

È una memoria nella quale in corrispondenza all'ingresso contemporaneo dei due segnali di Set e Reset: X_1, X_0 , si ha in uscita lo stato logico 0: la memoria viene resettata

In pneumatica, questo tipo di memoria, allo stato logico 1 dell'uscita fa corrispondere la fuoriuscita di aria e allo stato logico 0 l'assenza di essa.

La memoria si ottiene con un circuito cablato con componenti logici di base. Per determinarlo, si completi la tabella della verità, ponendo come stato futuro dell'uscita lo stato logico 0, in corrispondenza della attivazione di entrambi gli ingressi: $X_1 = 1, X_0 = 1$.

| x_i | X_1 | X_0 | $y = x_{i+1}$ | Note |
|-------|-------|-------|---------------|--|
| 0 | 0 | 0 | 0 | Condizione di riposo memoria diseccitata |
| 0 | 0 | 1 | 0 | Stato iniziale \bar{x} ; $X_0 = 1$ non muta l'uscita $y=0$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | Stato iniziale \bar{x} ; $X_1 = 1$ porta l'uscita allo stato x $y=1$ |
| 0 | 1 | 1 | 0 | Entrambi ingressi attivati: precedenza cancellazione |
| 1 | 0 | 0 | 1 | Ingressi $X_1 = X_0 = 0$ - uscita invariata: $y = x_i = x_{i+1} = 1$ |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Stato iniziale x ; $X_0 = 1$ porta l'uscita allo stato \bar{x} $y=0$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | Stato iniziale x ; $X_1 = 1$ non muta l'uscita $y=1$ |
| 1 | 1 | 1 | 0 | Entrambi ingressi attivati: precedenza cancellazione |



Si vuole ribadire che vengono considerati come variabili di ingresso della memoria i due segnali esterni di comando: X_1 di Set, X_0 di Reset e lo stato logico della variabile di stato x_i , coincidente con il valore dell'uscita, prima che venga variata una di dette variabili di ingresso.

In corrispondenza al comando esterno si ottiene, in uscita, il nuovo stato logico x_{i+1} , che rappresenterà la variabile di stato che si riporterà all'ingresso nel successivo comando della memoria.

Ponendo la combinazione degli stati logici dei tre ingressi nella mappa di Karnaugh, si ottiene la

minimizzazione della funzione di trasmissione verso lo stato futuro x_{i+1} .

$$x_{i+1} = \bar{X}_0 \cdot X_1 + \bar{X}_0 \cdot x_i \quad \text{raccogliendo } \bar{X}_0 \text{ si ottiene}$$

$$x_{i+1} = (\bar{X}_0 \cdot (X_1 + x_i))$$

Nella funzione scritta compare, sia al primo che al secondo membro, uno stato logico dell'uscita y e precisamente: al secondo membro, lo stato iniziale x_i dell'uscita y prima che venga impartito dall'esterno uno dei comandi X_1 o X_0 , e, al primo, lo stato logico finale x_{i+1} , risultante dal comando impartito.

Per brevità la funzione di trasmissione della memoria verrà scritta indicando con y sia lo stato logico iniziale dell'uscita, posto al secondo membro, che quello finale scritto al primo. Per cui la funzione di trasmissione, concisamente, si scriverà:

$$y = (X_1 + y) \cdot \overline{X_0}$$

Oppure, indicando con Set il segnale di settaggio e con Reset quello di resettaggio:

$$y = (Set + y) \cdot \overline{Reset}$$

Ricordando sempre che: la y al secondo membro rappresenta lo stato logico iniziale di uscita della memoria, prima del comando, e quella al primo, lo stato logico finale, risultante dal comando impartito.

Rappresentazione grafica del Petri - Grafo

Una rappresentazione immediata ed efficace della funzione di stato futuro è quella grafica del Petri.

I valori assunti dalla variabile di stato vengono scritti entro cerchi, detti nodi del grafo.

L'evoluzione del sistema da uno stato ad un altro, per effetto della variazione di una variabile primaria di ingresso, viene rappresentata da un arco orientato, con freccia rivolta dallo stato di partenza a quello di arrivo.

Sugli archi che congiungono i nodi vengono scritti gli ingressi, che hanno determinato il passaggio dallo stato del nodo di partenza a quella di arrivo.

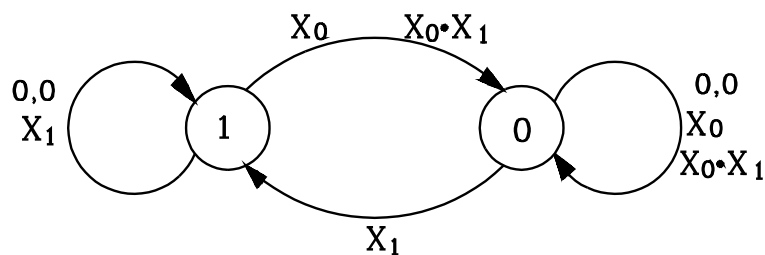
Se vi sono più ingressi, che determinano lo stesso effetto sul passaggio da uno stato all'altro, quelli vengono rappresentati da due archi distinti o da uno stesso arco sul quale si scrivono detti ingressi.

Se un ingresso mantiene inalterato lo stato, questo evento viene rappresentato da un arco, che parte dal corrispondente nodo e si chiude sul nodo stesso. Tale arco viene denominato *autoanello*.

Nel caso della memoria con precedenza alla cancellazione, la variabile di stato, coincidente con quella di uscita, può assumere due valori: viene indicato con 1 lo stato di Set, corrispondente all'uscita dell'aria e con 0 quello di Reset di interdizione di essa.

Il grafo è composto da due nodi corrispondenti ai due stati logici dell'uscita contrassegnati con ① e ②

fig.6.9



Il grafo rappresenta graficamente i passaggi di stato in modo più espressivo della tabella della verità

Così dal grafo si legge che dallo stato 1 (di Set) si passa allo stato 0 (di Reset), quando è attivato l'ingresso primario X_0 (e non è attivato X_1), oppure, contemporaneamente sono attivati i due ingressi primari: $X_0 \cdot X_1$ (la memoria è con prevalenza alla cancellazione).

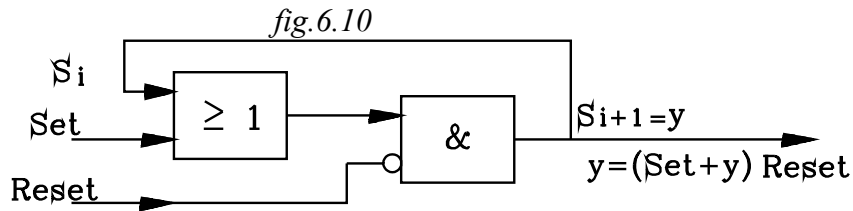
Dallo stato 0 si passa allo stato 1 attivando il solo ingresso X_1 .

Lo stato 0 non muta se non viene attivato alcun ingresso (0,0), oppure vengono attivati: il solo ingresso primario X_0 o entrambi gli ingressi $X_0 \cdot X_1$.

Lo stato 1 non muta se non viene attivato alcun ingresso (0,0) oppure attivando il solo ingresso primario X_1 .

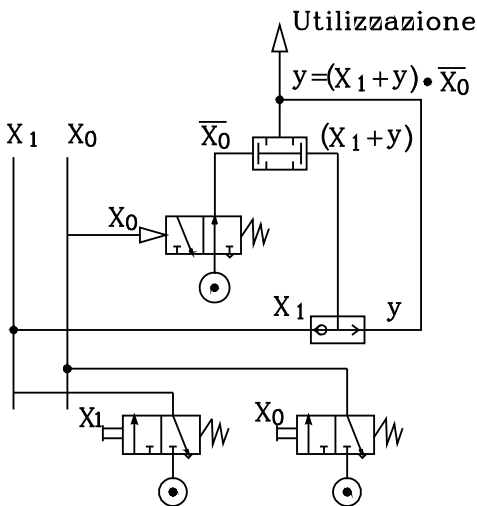
Circuito logico

Il circuito logico, indipendentemente dalla tecnologia applicata, si presenta come da schema seguente:



Circuito pneumatico

fig. 6.11



Il circuito logico si può tradurre nei seguenti circuiti pneumatici

In questi, come circuiti di prova, i segnali di Set X_1 e di Reset X_0 sono ottenuti con valvole 3/2 NC monostabili

I circuito di prova

Nelle condizioni iniziali l'aria, attraverso la valvola X_0 3/2 NA monostabile, perviene ad un ingresso della valvola AND ma, questa, non essendo alimentato l'altro suo ingresso, non invia aria all'uscita y .

Pigiando X_1 , ad entrambi gli ingressi della valvola AND perviene l'aria e questa viene inviata in uscita.

Dal condotto di uscita viene derivata una condotta che porta l'aria ad un ingresso della valvola OR e da questa alla valvola AND. In tal modo, anche se non si attiva X_1 , alla valvola AND perviene l'aria dalla valvola X_0 e dall'uscita y che automantiene la valvola AND nello stato logico 1.

Pigiando X_0 , si interdice, comunque l'aria in uscita dalla valvola AND. Infatti, viene commutata la valvola 3/2 NA monostabile (NOT) e l'aria non perviene ad un ingresso della valvola AND, interdicendo l'uscita, qualunque sia la condizione dell'altro ingresso

II circuito (fig.6.12)

Nelle condizioni iniziali non si ha aria nell'uscita y

Pigiando lo Start X_1 , l'aria perviene alla valvola OR e da questa, attraverso la valvola X_0 3/2 NA monostabile, va al pilotaggio della valvola 3/2 NC monostabile. Questa viene commutata e fornisce aria in uscita. Dal tubo di uscita l'aria viene prelevata e portata all'altro ingresso della valvola OR.

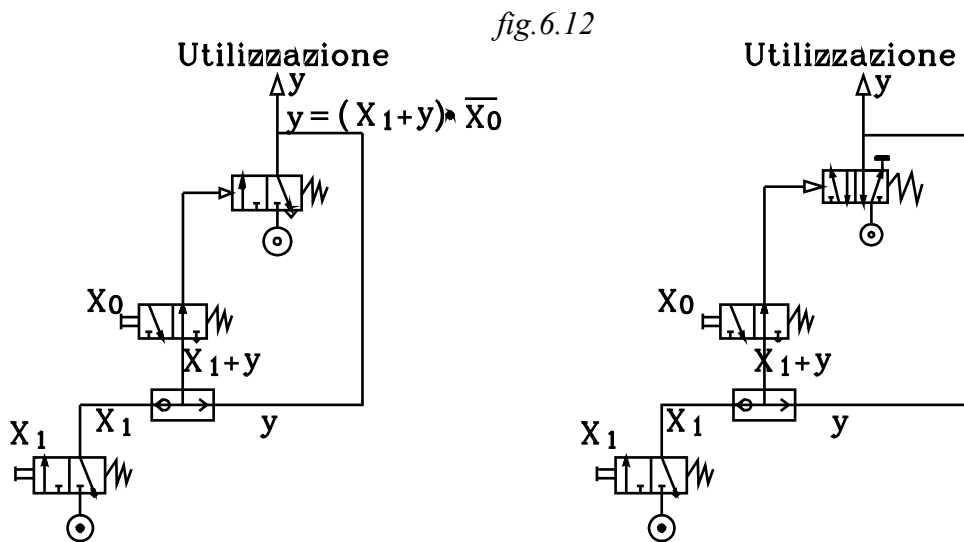
In tal modo, anche se si disattiva lo *Start* X_1 , l'aria di uscita dalla valvola 3/2 NC monostabile commutata, perviene al pilotaggio della valvola stessa, automantenendo la sua commutazione. In uscita continua ad uscire aria.

Pigiando X_0 , essendo questa una valvola 3/2 NA monostabile, nella commutazione viene interdetta l'aria alla sua uscita. Cosicché la valvola 3/2 NC monostabile si commuta, tornando nella posizione che interdice l'aria all'uscita y .

La valvola X_0 si presenta come valvola di *Stop*, che interdice in ogni caso il segnale pneumatico di comando

Nel circuito di destra la valvola 3/2 NC monostabile si è ottenuta con una 5/2 monostabile, tappando l'uscita B.

Attenzione! - Nella utilizzazione di una memoria con precedenza alla cancellazione, occorre che il segnale di *Reset* non venga impartito prima che venga attuato quello di *Set*.



Inviato il segnale di *Set* X_1 all'ingresso della memoria, occorre un certo tempo Δt , affinché i componenti fisici, che la costituiscono, possano realizzare il relativo segnale di uscita y , necessario anche per l'autoritenuta. Se il segnale di *Reset* X_0 viene impartito in un tempo inferiore al ritardo Δt , la memoria non riesce a settarsi

6.2.3 Memoria con prevalenza alla scrittura (attivazione)

In questo tipo di memoria, pigiando entrambi gli ingressi primari: di *Set* X_1 e di *Reset* X_0 , si ha in uscita lo stato logico 1 (si ha aria nel caso di memoria pneumatica)

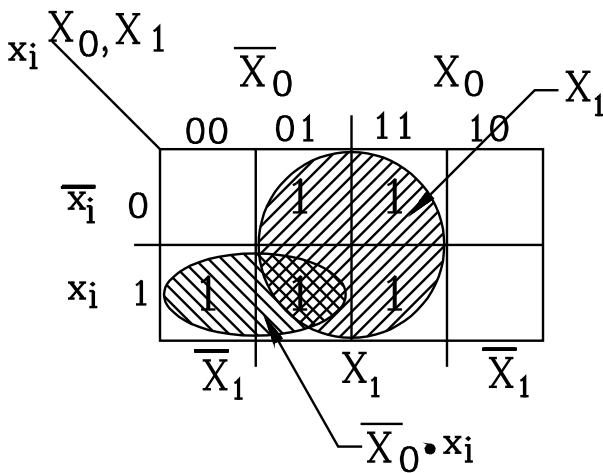
Così nella memoria pneumatica con prevalenza alla scrittura, pigiando entrambi gli ingressi si ha aria in uscita

Nella tabella della verità in corrispondenza della combinazione degli ingressi primari: $X_1 = 1, X_0 = 1$, si ha in uscita come stato futuro $x_{i+1} = 1$

| x_i | X_1 | X_0 | $y = x_{i+1}$ | Note |
|-------|-------|-------|---------------|--|
| 0 | 0 | 0 | 0 | Condizione di riposo memoria diseccitata |

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| 0 | 0 | 1 | 0 | Stato iniziale \bar{x} - $X_0 = 1$ non muta l'uscita $y=0$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | Stato iniziale \bar{x} - $X_1 = 1$ porta l'uscita allo stato x $y=1$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | Entrambi ingressi attivati: precedenza attivazione |
| 1 | 0 | 0 | 1 | Ingressi $X_1 = X_0 = 0$ - uscita invariata: $y = x_i = x_{i+1} = 1$ |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Stato iniziale x - $X_0 = 1$ porta l'uscita allo stato \bar{x} $y=0$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | Stato iniziale x - $X_1 = 1$ non muta l'uscita $y=1$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | Entrambi ingressi attivati: precedenza attivazione |

fig.6.13



Ponendo le combinazioni sulla mappa di Karnaugh e minimizzando, si ottiene la funzione di trasmissione dello stato futuro.

$$x_{i+1} = \bar{X}_0 \cdot x_i + X_1$$

Si ribadisce che: x_i al secondo membro rappresenta lo stato dell'uscita y attuale, quando viene impartito il comando attraverso la variabile primaria di ingresso, mentre x_{i+1} al primo membro dà lo stato futuro dell'uscita y , quando si commuta la memoria.

Con questa avvertenza si può scrivere:

$$y = \bar{X}_0 \cdot y + X_1$$

Il grafo della memoria è il seguente

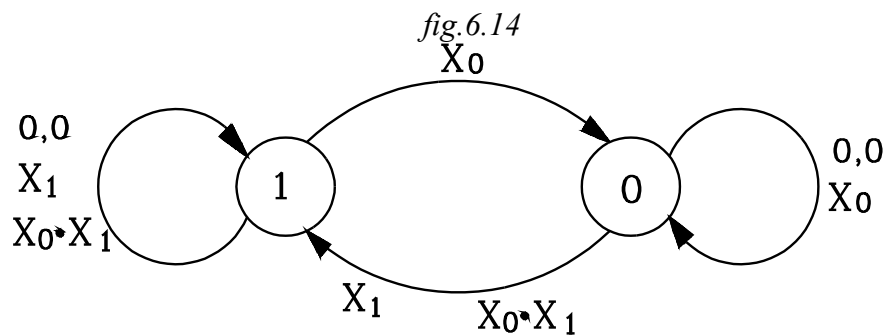


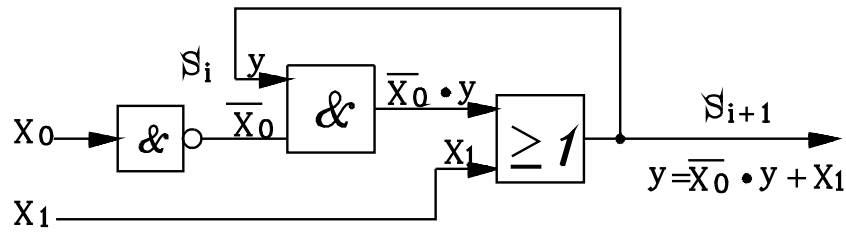
fig.6.14

In questo si evidenzia che l'attivazione contemporanea dei due ingressi: $X_1 = 1$, $X_0 = 1$ conduce l'uscita allo stato logico 1. Si ha il resettaggio nel caso che è attivato il solo segnale di Reset X_0

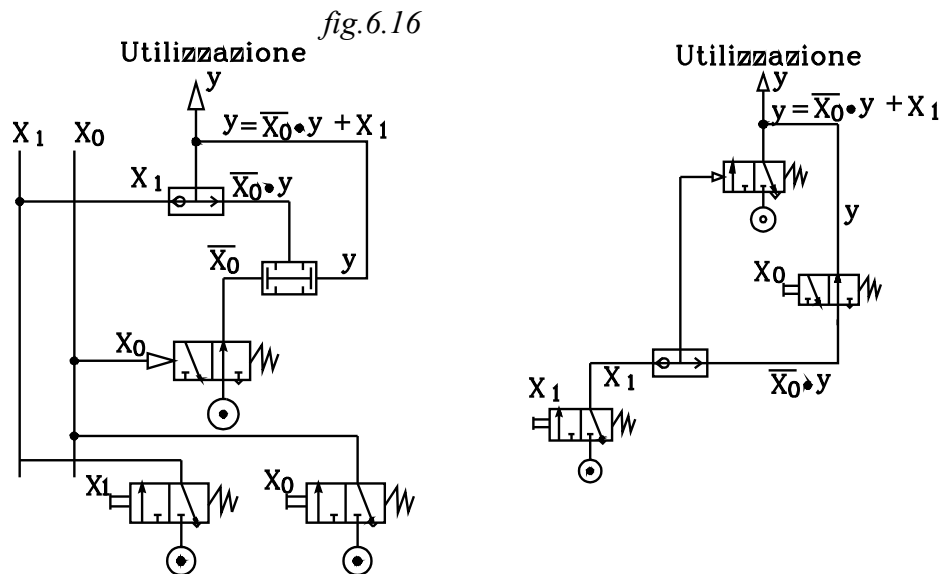
Schema logico

Dalla funzione di trasmissione si ricava lo schema logico della memoria

fig.6.15



Schema pneumatico



Pigiando X_1 l'aria arriva alla valvola OR e attiva l'uscita: nello schema di sinistra è l'aria di X_1 che va direttamente in uscita; in quello di destra, l'aria in uscita da X_1 va al pilotaggio della valvola 3/2 NC monostabile e questa, commutata, alimenta l'uscita.

In uscita si ha aria, qualunque sia lo stato di X_0 : che sia pigiato o no.

Dopo aver pigiato X_1 , e ottenuta l'aria in uscita y , la memoria rimane attivata. Infatti, nello schema di sinistra la valvola AND riceve aria dalla NOT (3/2 NA monostabile) e dall'uscita y ; cosicché l'AND fornisce l'aria che va alla valvola OR e da questa in uscita della memoria. Nello schema di destra, l'aria in uscita y dalla memoria torna, attraverso la valvola di Stop (3/2 NA monostabile) al pilotaggio della valvola 3/2 NC monostabile, la quale, rimanendo commutata fornisce aria in uscita.

La memoria si resetta quando viene pigiato solamente il pulsante X_0 . Infatti nel circuito di sinistra non arriva aria ad un ingresso della valvola AND e quindi, dall'uscita da questa, non viene più erogata verso l'uscita. Nel circuito di destra, pigiando solamente X_0 si interrompe il passaggio dell'aria verso la valvola OR non alimentata da X_1 non attivata.

6.3 CIRCUITI SEQUENZIALI CON COMANDI ON-OFF E CONTROLLO DI POSIZIONE CICLI DI LAVORO

Una particolare e importante categoria di circuiti sequenziali è quella rivolta alla realizzazione di cicli di lavoro con cilindri pneumatici con controllo di posizione.

I cilindri debbono effettuare corse di fuoriuscita e rientro degli steli che si succedono secondo una prefissata sequenza temporale.

I segnali di comando sono determinati, sequenzialmente, dalle attivazioni o disattivazioni dei finecorsa posti alle estremità delle corse, insieme al verificarsi di altri eventi, imposti dalle condizioni al contorno (*Start, Stop, temporizzatori ecc.*).

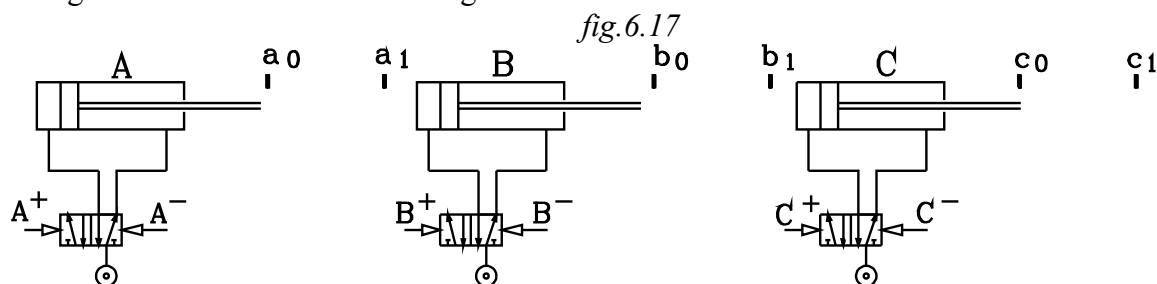
Il finecorsa garantisce che si è verificato l'evento, riguardante il raggiungimento della posizione estrema di rientro o fuoriuscita dello stelo.

Attenzione! Con il finecorsa si garantisce che si è verificato il raggiungimento di una posizione, ma non che questa si mantenga con precisione (*per inerzia lo stelo può andare leggermente oltre se il pistone non è a battuta*). I comandi sono di tipo ON OFF e non proporzionali, e con essi non si può realizzare un preciso controllo di posizione.

Il ciclo di lavoro è composto da fasi successive (*o passi*), ciascuna comandata dalla combinazione dei finecorsa toccati o attivati.

Convenzioni

Vengono utilizzate le convenzioni già adottate nello studio dei circuiti combinatori.



- I cilindri sono indicati con lettere maiuscole A, B, C
- Lo stato di fuoriuscita stelo viene indicato con lettera maiuscola corredata dell'apice "+". Ad esempio A^+ indica lo stato di fuoriuscita dello stelo di A .
- Lo stato di rientro stelo viene indicato con lettera maiuscola corredata dell'apice "-". Ad esempio A^- indica lo stato di rientro dello stelo del cilindro A .
- L'ordine di fuoriuscita stelo si indica con lettera maiuscola corredata del pedice 1, quello di rientro con il pedice 0. Così, A_1 è l'ordine di fuoriuscita stelo, A_0 è quello di rientro.
- I finecorsa, relativi ad un cilindro, vengono indicati con la stessa lettera che lo contraddistingue ma di carattere minuscolo. Così i finecorsa " a " sono relativi al cilindro A .
- Le posizioni dei finecorsa vanno indicate con numeri crescenti: in ordine, da quella più rientrata dello stelo a quella più fuoriuscita di esso. Così se vi sono due finecorsa relativi al cilindro A , quello in posizione rientrata si indica con a_0 , l'altro, in posizione di fuoriuscita

stelo, si indica con a_i . Tre finecorsa, relativi al cilindro A , si indicheranno con a_0, a_1, a_2 , in ordine, dalla posizione più rientrata dello stelo a quella più fuoriuscita.

- I pilotaggi delle valvole bistabili di potenza vanno contrassegnati con lo stato del cilindro che essi determinano nella commutazione. Così, nella figura, nel pilotaggio di sinistra della valvola bistabile relativa al cilindro A , si pone A^+ , in quanto, con la commutazione, si determina la fuoriuscita dello stelo. Al pilotaggio di destra della stessa valvola si pone A^- , perché questo è lo stato che si determina dopo la commutazione della valvola.

6.3.1 Cicli di lavoro

Un ciclo di lavoro con cilindri pneumatici è costituito da una sequenza di stati di rientro e fuoriuscita degli steli, che debbono succedersi ordinatamente in tempi successivi, costituenti i passi o fasi del ciclo.

Il ciclo di lavoro è sequenziale ad eventi. Da un passo si può passare al successivo, solamente quando si sono verificati determinati eventi, che rispettino la sequenza prestabilita.

Gli eventi, di rientri o fuoriuscita steli dei cilindri, sono verificati dalla combinazione dei segnali emessi dai finecorsa attivati (*toccati*).

Nei cicli considerati, i comandi sono di tipo sequenziale; per cui la *funzione di trasmissione* y , di uscita dal circuito, non dipende solamente dalla combinazione delle variabili binarie di ingresso (*finecorsa*, *Start*, ecc.), ma anche dalla sequenza secondo cui esse si succedono nel tempo.

Così può capitare che una stessa combinazione " $a_i \cdot b_i \cdot c_i \dots$ " dei segnali dei finecorsa attivati debba, in fasi diverse (*tempi diversi*), fornire in uscita due comandi y_1, y_2 differenti dei cilindri, per esempio: nella fase precedente, il rientro di A e nella fase successiva la sua fuoriuscita.

Non è possibile che una stessa combinazione delle variabili di ingresso, da sola, possa essere utilizzata per ottenere comandi differenti.

Il problema viene risolto introducendo una memoria bistabile, che, settata nella precedente fase, fornisce un segnale U_1 da porre in AND con la combinazione dei segnali dei finecorsa: $a_i \cdot b_i \cdot c_i \dots \cdot U_1$; resettata nella fase successiva, fornisce un differente segnale U_2 da porre in AND con la stessa combinazione dei finecorsa: $a_i \cdot b_i \cdot c_i \dots \cdot U_2$.

Si ottengono così due differenti funzioni di trasmissione, che differiscono per il diverso segnale di memoria, posto in AND alla stessa combinazione dei segnali dei finecorsa:

$$\begin{aligned} y_1 &= a_i \cdot b_i \cdot c_i \dots \cdot U_1 \\ y_2 &= a_i \cdot b_i \cdot c_i \dots \cdot U_2 \end{aligned}$$

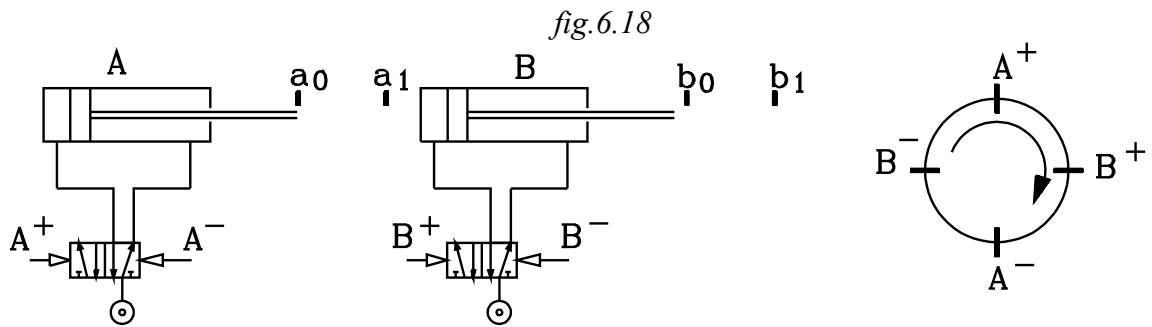
Lo studio dei cicli di lavoro li distingueremo così in due categorie:

- Cicli nei quali non si ripete la combinazione dei segnali dei finecorsa.
- Cicli nei quali si ripete la stessa combinazione dei segnali dei finecorsa.

Un'altra distinzione può essere fatta a seconda che il ciclo preveda o no il movimento contemporaneo di più cilindri.- Altre distinzioni verranno effettuate in seguito.

6.3.2 Cicli senza ripetizione delle combinazioni dei segnali di finecorsa

In questo caso, il segnale di comando di un passo (*fase*) è univocamente definito, dal verificarsi della combinazione dei segnali, emessi dai finecorsa, attivati *alla fine* (*all'attuazione*) *del passo precedente*, insieme ad eventuali altri segnali imposti dalle condizioni al contorno.



Così si supponga che, con i due cilindri A, B , rappresentati in figura, si debba effettuare il ciclo $A^+ B^+ A^- B^-$.

La sequenza, essendo ciclica, si può rappresentare su di una circonferenza, nella quale gli stati successivi si susseguono nel senso orario.

Un passo può essere effettuato solamente quando si è verificato quello precedente. Così l'inizio del ciclo A^+ si può ottenere solamente quando si sia verificato lo stato B^- .

Per iniziare un ciclo occorre che siano verificati gli stati dei finecorsa che si ottengono nelle condizioni finali. Percorrendo, così, il ciclo a ritroso, si accerta che, inizialmente, i due cilindri hanno gli steli rientrati, e sono attivati (toccati) i finecorsa $a_0 b_0$. D'altra parte, se il ciclo inizia con i comandi $A^+ B^+$ di fuoriuscita degli steli, è evidente che essi, inizialmente, sono rientrati.

Il comando A_1 dello stato A^+ è quindi dato dal verificarsi della condizione di attivazione di entrambi i finecorsa $a_0 b_0$, che possono esser posti in AND con uno Start di inizio ciclo.

$$\text{Comando } A_1 = a_0 \cdot b_0 \cdot \text{Start} \qquad \text{Stato comandato } A^+ = a_0 \cdot b_0 \cdot \text{Start}$$

Il comando A_1 determina la fuoriuscita dello stelo del cilindro A . Il ciclo non prosegue nel passo successivo B^+ , fino a che non si è realizzato lo stato che debbono assumere i finecorsa alla fine del passo, indicante dall'attuazione del comando: toccati i finecorsa $a_1 b_0$.

Si può riassumere il comando, lo stato comandato, quello iniziale dei finecorsa e quello finale all'attuazione del comando, con il seguente schema:

| Comando | Stato comandato | Stato iniziale dei finecorsa attivati | Stato finale dei finecorsa attivati |
|---------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| A_1 | A^+ | $a_0 \cdot b_0 \rightarrow$ | $a_1 \cdot b_0$ |

Lo stato $a_1 \cdot b_0$ ottenuto dai finecorsa alla fine del passo, rappresenta l'evento che dà il comando B_1 dello stato B^+ di fuoriuscita dello stelo del cilindro B . Il passo termina quando viene toccato il finecorsa b_1 e rimane attivato a_1 : evento $a_1 \cdot b_1$.

| Comando | Stato comandato | Stato iniziale dei finecorsa attivati | Stato finale dei finecorsa attivati |
|---------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| B_1 | B^+ | $a_1 \cdot b_0 \rightarrow$ | $a_1 \cdot b_1$ |

Verificato lo stato dei finecorsa $a_1 \cdot b_1$ si ha il rientro dello stelo di A . Il passo termina quando si verifica l'evento $a_0 \cdot b_1$.

| Comando | Stato comandato | Stato iniziale dei finecorsa attivati | Stato finale dei finecorsa attivati |
|---------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| A_0 | A^- | $a_1 \cdot b_1 \rightarrow$ | $a_0 \cdot b_1$ |

Verificato lo stato dei finecorsa $a_0 \cdot b_1$ si ha il rientro dello stelo di B . Il passo termina quando si verifica l'evento $a_0 \cdot b_0$ e si ripristina la condizione di inizio ciclo.

| Comando | Stato comandato | Stato iniziale dei finecorsa attivati | Stato finale dei finecorsa attivati |
|---------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| B_0 | B^- | $a_0 \cdot b_1 \rightarrow$ | $a_0 \cdot b_0$ |

Nel ciclo considerato il comando di ciascun passo è univocamente determinato dalla *combinazione* degli stati iniziali dei finecorsa, corrispondente a quella che si ottiene *nell'attuazione del passo precedente*. Si ha così:

$$A_1 = A^+ = a_0 \cdot b_0 \cdot Start$$

$$B_1 = B^+ = a_1 \cdot b_0$$

$$A_0 = A^- = a_1 \cdot b_1$$

$$B_0 = B^- = a_0 \cdot b_1$$

Come si può notare ciascun passo è comandato da una combinazione diversa dei segnali di finecorsa: i comandi sono univoci senza ripetizioni.

6.3.2.1 Variabili attive

Nei cicli di lavoro ad eventi, in analisi, ogni passo è contraddistinto dalla combinazione dei segnali dei finecorsa che risultano attivati alla fine del passo precedente (*inizio dell'attuale*). Detta combinazione, insieme alle eventuali condizioni al contorno, può essere assunta come segnale di comando del passo (*fase*).

Così operando, si ha un controllo completo sullo stato del sistema, ma la ridondanza dei segnali dei finecorsa utilizzati, non tutti necessari, porta ad una complicazione circuitale ed onerosità del cablaggio.

L'utilizzazione di tutti i segnali dei finecorsa, che contraddistingue un passo del ciclo, potrà essere usata nei circuiti con logica programmata (PLC), nei quali il blocco di comando (di test) viene digitato su tastiera e non corrisponde ad un circuito, costituito da elementi fisici da collegare.

Nei circuiti cablati, nei quali, attraverso il collegamento fisico di componenti pneumatici, elettrici, si ricava il segnale di comando, si cerca di minimizzare le variabili binarie che lo costituiscono; in quanto, ad ogni variabile che compare nella funzione di trasmissione, corrisponde un diverso componente da dover opportunamente collegare.

Per la minimizzazione risulta necessaria l'introduzione concettuale di "*variabile attiva*".

Per comprendere il concetto di *variabile attiva*, riferiamoci ai segnali di comando ricavati per il ciclo di lavoro $A^+ B^+ A^- B^-$, composti dalla combinazione di tutti i segnali emessi dai finecorsa, attivati alla fine del passo precedente.

Come si può notare, da un passo al successivo, non cambiano nei comandi tutte le variabili binarie: alcune rimangono invariate. È evidente che queste non danno alcuna informazione in più rispetto all'evento che ha determinato il comando del passo precedente.

Le variabili, che potranno indicare il verificarsi dell'evento nuovo, sono quelle che hanno mutato stato dal passo precedente a quello attuale. Queste variabili sono quelle che possono costituire, da sole, il comando del passo attuale; perciò vengono denominate *variabili attive*.

*Viene definita variabile attiva di un passo del ciclo, ogni **nuova** variabile che compare nel passo attuale rispetto al passo precedente.*

Il comando di un passo può essere costituito dalla combinazione in AND delle sue variabili attive.

In pratica, per formare il comando del passo, si tolgono le variabili che compaiono anche nel passo precedente, lasciando in AND quelle *nuove* che compaiono nel passo attuale.

Con tale criterio si ricavano i segnali di comando del ciclo $A^+ B^+ A^- B^-$ composti dalle sole variabili attive.

Per determinare le variabili attive occorre rispondere a queste due domande:

- 1- Chi precede l'attuale comando?
- 2- Quali variabili cambiano dallo stato precedente a quello attuale?
Le nuove variabili, che compaiono nello stato attuale e non erano presenti nello stato precedente, vanno poste in AND e formano la funzione di trasmissione del comando del passo attuale.

Comando A_1

Stato comandato del passo attuale: A^+ . Lo precede B^-

Il comando del passo precedente B^- è dato dalla combinazione delle variabili $a_0 \cdot b_1$.

Il comando del passo attuale A^+ è dato dalla combinazione delle variabili $a_0 \cdot b_0 \cdot Start$.

Le nuove variabili che compaiono nell'attuale passo rispetto al precedente sono $b_0 \cdot Start$.

Le variabili attive di comando dello stato A^+ sono:

$$A^+ = b_0 \cdot Start$$

Comando B_1

Stato comandato del passo attuale: B^+ . Lo precede A^+

Il comando del passo precedente A^+ è dato dalla combinazione delle variabili $a_0 \cdot b_0$.

Il comando del passo attuale B^+ è dato dalla combinazione delle variabili $a_1 \cdot b_0$.

La nuova variabile che compare nell'attuale passo rispetto al precedente è a_1 .

La variabile attiva di comando dello stato B^+ è:

$$B^+ = a_1$$

Ragionando alla stessa maniera si ottiene:

Comando A_0

La variabile attiva di comando dello stato A^- è:

$$A^- = b_1$$

Comando B_0

La variabile attiva di comando dello stato B^- è:

$$B^- = a_0$$

Riassumendo i comandi del ciclo $A^+ B^+ A^- B^-$ con le sole variabili attive si ha:

$$A^+ = b_0 \cdot Start$$

$$B^+ = a_1$$

$$A^- = b_1$$

$$B^- = a_0$$

6.3.2.2 Variabili attive attivanti

Occorre ora analizzare se le variabili attive di un passo del ciclo, poste in l'AND, possano, da sole, costituire il segnale di comando. Questo viene impartito al pilotaggio della valvola bistabile di potenza, contrassegnato dall'indicazione dello stato che essa determina.

Così, per esempio, la variabile attiva a_1 di comando dello stato A^+ va al pilotaggio che lo determina e contraddistinto dalla stessa indicazione (A^+).

Ora è evidente, che i segnali attivi che, impartiti ad un pilotaggio, hanno determinato la commutazione di una valvola, *devono risultare disattivati prima che venga impartito all'altro pilotaggio il segnale di commutazione opposta*. Se ciò non avviene, la valvola di potenza ha, contemporaneamente, sui due pilotaggi i segnali di commutazione opposta, e si blocca.

Affinché la combinazione delle variabili attive dei finecorsa possano, utilmente, costituire il segnale di comando della corsa di un cilindro, che non sia poi di intralcio alla prosecuzione del ciclo, occorre che almeno una di dette variabili sia disattivata prima che venga impartito il comando della corsa opposta. Non debbono, cioè, permanere attive le stesse variabili che hanno comandato una corsa quando viene comandata la corsa opposta.

Se questa condizione viene rispettata, si dice che le variabili attive sono anche *attivanti*.

Le variabili *attive* di un passo si dicono che sono anche *attivanti*, se non permangono allo stato logico 1 per una doppia corsa dello stelo del cilindro che hanno comandato..

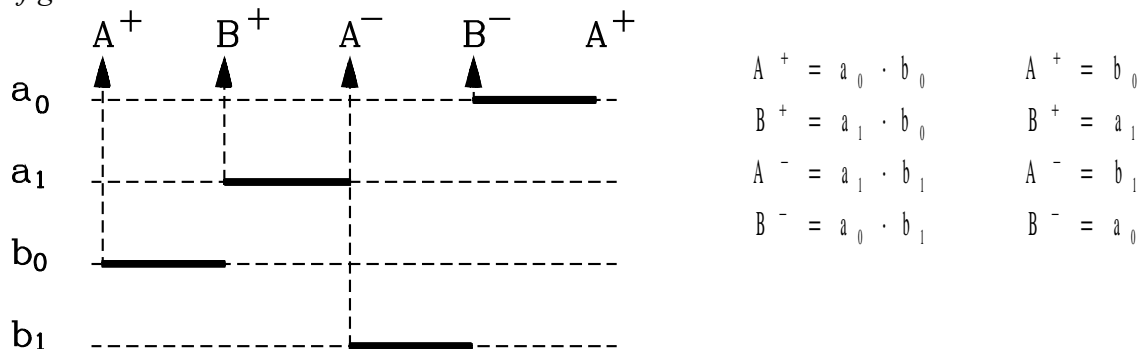
Le variabili attive e attivanti di un passo, poste in AND tra loro, sono sufficienti a costituire il segnale di comando del passo stesso.

Per verificare se un segnale di finecorsa permane o no per una doppia corsa dello stelo del cilindro che ha comandato, si può tracciare un "*diagramma di flusso a barre orizzontali*".

Sulla riga superiore si scrivono gli stati della sequenza ciclica $A^+ B^+ A^- B^-$.

Nelle righe inferiori i segnali di finecorsa $a_0 a_1 b_0 b_1$, che costituiscono le variabili attive di comando degli stati.

fig.6.19



In corrispondenza di ogni variabile attiva si indica: con una *freccia*, lo stato da essa comandato e con una *barra orizzontale* in linea grossa i passi nei quali essa rimane attiva.

Per una facile costruzione del diagramma di flusso a barre, accanto ad esso sono stati riportati i comandi degli stati con la combinazione completa dei finecorsa toccati e a fianco la variabile che risulta attiva.

Così, si può constatare che:

Stato A^+ È comandato dalla variabile attiva b_0 . Scorrendo le combinazioni dei segnali di finecorsa, si verifica che b_0 rimane attiva fino allo stato B^+ : nel comando A^- compare b_1 ($A^- = a_1 \cdot b_1$).

b_0 non permane fino allo stato opposto A^- . La variabile b_0 è *attiva e attivante*.

Stato B^+ È comandato dalla variabile attiva a_1 . Questa rimane attiva fino allo stato A^- .

a_1 non permane fino allo stato opposto B^- . La variabile a_1 è *attiva e attivante*.

Stato A^- È comandato dalla variabile attiva b_1 . Questa rimane attiva fino allo stato B^- .

b_1 non permane fino allo stato opposto A^+ . La variabile b_1 è *attiva e attivante*.

Stato B^- È comandato dalla variabile attiva a_0 . Questa rimane attiva fino allo stato A^+ .

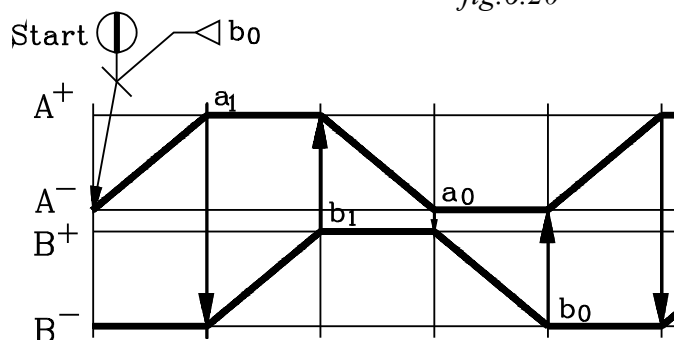
a_0 non permane fino allo stato opposto B^+ . La variabile a_0 è *attiva e attivante*.

Concludendo: tutte le variabili attive determinate sono anche attivanti e, quindi, sufficienti per costituire, insieme alle condizioni al contorno, i comandi degli stati della sequenza ciclica.

Diagramma corsa passo

Per il ciclo di lavoro si può tracciare il diagramma corsa passo come già si è operato precedentemente.

fig.6.20



Come si può notare, il finecorsa toccato alla fine del passo precedente costituisce la variabile attiva del passo attuale.

Così, alla fine dell'ultimo passo, viene toccato b_0 ; esso, in *AND* con lo *Start*, costituisce il comando dello stato A^+ di fuoriuscita dello stelo di A. Quando questo è attuato, viene toccato il finecorsa a_1 , che rappresenta la variabile attiva di comando dello stato B^+ di fuoriuscita dello stelo di B. E così via...

Dall'esame del diagramma *corsa - passo* si può verificare se un finecorsa rimane attivo per una doppia corsa del cilindro su cui ha effettuato il comando.

Così, dall'analisi del ciclogramma, si nota che:

- Il finecorsa a_1 comanda lo stato B^+ di fuoriuscita di B (notare la freccia \downarrow) e rimane attivo fino al verificarsi dello stato B^+ : il finecorsa b_1 fa rientrare lo stelo di A. Il finecorsa a_1 , che comanda la fuoriuscita di B, non è attivo quando viene comandata (dal finecorsa a_0) la corsa opposta di rientro. Il finecorsa a_1 è così una variabile attiva e attivante.
- Il finecorsa b_1 comanda lo stato A^- di rientro dello stelo di A (notare la freccia \uparrow) e rimane attivo fino al verificarsi dello stato A^- : il finecorsa a_0 fa rientrare lo stelo di B. Il finecorsa b_1 , che comanda il rientro di A, non è attivo quando viene comandata (dal finecorsa b_0) la corsa opposta di fuoriuscita: Il finecorsa b_1 è così una variabile attiva e attivante.

E così via...

Dall'analisi del diagramma *corsa - passo* risulta che nessun finecorsa, che costituisce variabile attiva, permane per una doppia corsa del cilindro che ha comandato. Tutte le variabili attive sono nello stesso tempo attivanti e, quindi, sufficienti per costituire, insieme alle condizioni al contorno, i comandi degli stati della sequenza ciclica.

Si svolgono ora cicli nei quali non vi siano ripetizione delle combinazioni dei segnali di finecorsa e nei quali i segnali attivi sono anche attivanti.

La relazione, che descrive lo svolgimento da seguire per la soluzione del ciclo proposto, fino al disegno dello schema pneumatico, si svolga sviluppando in ordine i seguenti argomenti.

- Descrivere il tema proposto e la soluzione del problema. Scegliere i componenti pneumatici da impiegare, in relazione alla soluzione del problema.
- Effettuare il diagramma *corsa - passo*.
- Effettuare la tabella degli ordini (dei comandi).
- Estrarre i segnali di comando degli stati ciclici ordinati, composti dalla combinazione di tutti i finecorsa attivati.

- Estrarre le variabili attive.
- Effettuare il diagramma di flusso a barre e, per ogni variabile attiva, si verifichi se sia anche attivante: che non si protragga, cioè, per una doppia corsa del cilindro che ha comandato. *Tale argomento può essere anche omesso se lo studio viene effettuato sul diagramma corsa passo o analizzando la sequenza delle combinazioni dei finecorsa attivati, componenti i comandi.*
- Dalle equazioni logiche composte dalle variabili attive e le condizioni al contorno, ricavare il circuito pneumatico.

Si inizi col semplice ciclo $A^+ A^-$

IN LABORATORIO

Ciclo di lavoro $A^+ A^-$

Tema

Premendo contemporaneamente due Start che impegnino entrambe le mani, deve essere effettuata una punzonatura. La corsa di lavoro è rapida, più lenta quella di ritorno che solleva il punzone.

Descrizione del problema

Su pezzi posti a mano su apposita attrezzatura deve essere effettuata una punzonatura. La corsa di discesa di lavoro è rapida, in modo da sfruttare anche l'energia cinetica acquistata dalla massa del punzone e porta punzone, posti all'estremità dello stelo.

Nella corsa di salita viene sollevato il punzone con velocità ridotta.

Per sicurezza vengono impiegati due Start da dover pigiare contemporaneamente in modo che le due mani dell'operatore risultino impegnate nella discesa del punzone.

Scelta dei componenti

- *Cilindro*
Viene scelto un cilindro a doppio e non a semplice effetto, in quanto, nella corsa di ritorno, deve essere sollevata una certa massa, per la quale risulterebbe insufficiente l'azione della molla.
- *Valvola di potenza*
Viene scelta una bistabile 5/2.
- *Riduzione della velocità*
Si ottiene con un regolatore di flusso unidirezionale posto sullo scarico.
- *Finecorsa*
Si impiegano due finecorsa 3/2 con leva a rullo e ritorno a molla.
- *Start*
Vengono impiegati due Start costituite da valvole 3/2 NC monostabili con azione manuale a tasto.

| Sigla componente | Codice | Componente |
|------------------|--------|---|
| A | | Cilindro a doppio effetto |
| Rf | | Regolatore di flusso unidirezionale |
| Vb | | Valvola di potenza 5/2 bistabile |
| a ₀ | | Fine corsa 3/2 a rullo e ritorno a molla |
| a ₁ | | Fine corsa 3/2 a rullo e ritorno a molla |
| S ₁ | | Start - valvola 3/2 NC monoastabile con comando manuale a tasto |
| S ₂ | | Start - valvola 3/2 NC monoastabile con comando manuale a tasto |

Diagramma corsa - passo

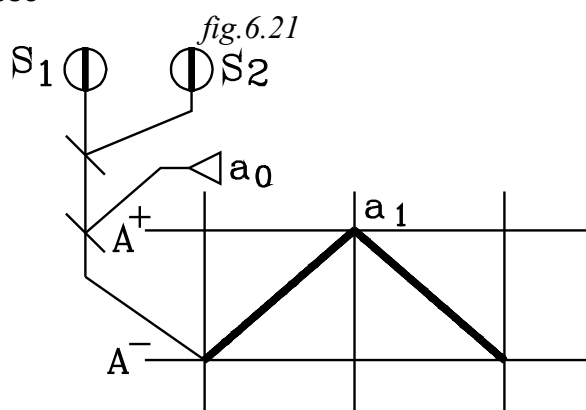


Tabella degli ordini

| Comando | Stato comandato | Stato iniziale dei finacorsa attivati | Stato finale dei finacorsa attivati |
|----------------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| A ₁ | A ⁺ | a ₀ → | a ₁ |
| A ₀ | A ⁻ | a ₁ → | a ₀ |

Estrazione dei segnali di comando

In questo caso il segnale di comando dei finecorsa di ciascun passo corrisponde all'unico toccato all'inizio del passo (*alla fine del passo precedente*), esso è attivo e anche attivante, essendo istantaneo.

Le *condizioni al contorno* sono sul primo passo e corrispondono a porre in AND due start.

$$A^+ = a_0 \cdot S_1 \cdot S_2$$

$$A^- = a_1$$

Il diagramma di flusso a barre, in questo caso si può tralasciare, non rivestendo alcuna utilità.

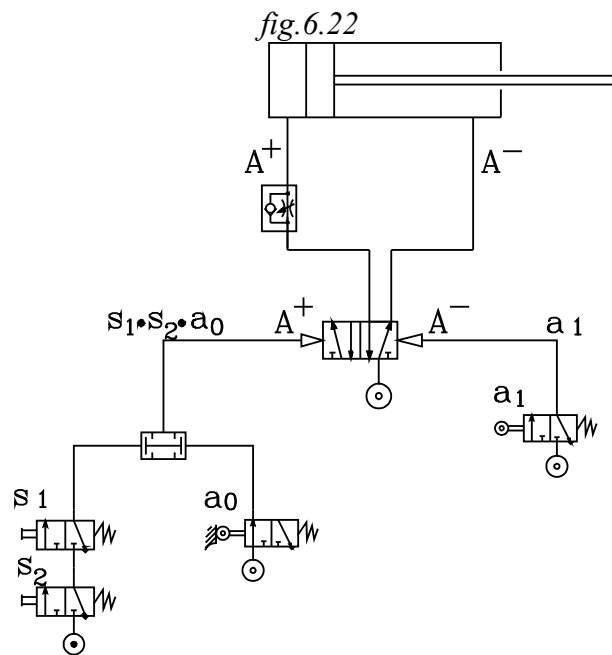
Circuito pneumatico

Dalle equazioni logiche si ricava subito il circuito pneumatico.

L'AND tra i due Start $S_1 S_2$ è ottenuto collegando l'uscita dell'uno con l'ingresso dell'altro. L'AND con a_0 è ottenuto con la valvola AND.

Il regolatore di flusso unidirezionale permette la fuoriuscita veloce dello stelo e il rientro a velocità moderata.

Nelle condizioni iniziali il finecorsa a_0 è toccato e va disegnato in seconda posizione.



Funzionamento

- Nelle condizioni iniziali, l'aria, in uscita dalla valvola Vp di potenza, entra nella camera lato stelo del cilindro, ponendolo nello stato A^- di rientro. Il finecorsa a_0 è toccato. Da esso esce l'aria che va all'ingresso della valvola AND, non alimentata nell'altro ingresso.
- Quando vengono pigiati contemporaneamente i due Start $S_1 S_2$, allora l'aria in uscita da questi va ad alimentare l'ingresso della valvola AND precedentemente interdetto.
- In queste condizioni dalla valvola AND esce l'aria che va al pilotaggio A^+ della valvola di potenza Vp. Questa, avendo l'altro pilotaggio non attivato, si commuta, ponendosi nella seconda posizione, nella quale l'aria viene inviata nella camera sinistra del cilindro, determinando la corsa rapida di lavoro.
- Nella fuoriuscita dello stelo non viene più toccato il finecorsa a_0 il quale non invia più aria al pilotaggio A^+ .
- Alla fine della corsa viene toccato il finecorsa a_1 , il quale, commutandosi, invia l'aria al pilotaggio A^- della valvola di potenza. Questa si commuta inviando aria nella camera lato stelo del cilindro, effettuando così la corsa di ritorno. L'aria contenuta nella camera di sinistra viene scaricata attraverso la strozzatura, determinando così una corsa con velocità moderata.

- Si osservi che quando il finacorsa a_1 invia aria al pilotaggio A^- , l'altro pilotaggio non è alimentato, essendo a_0 non toccato.

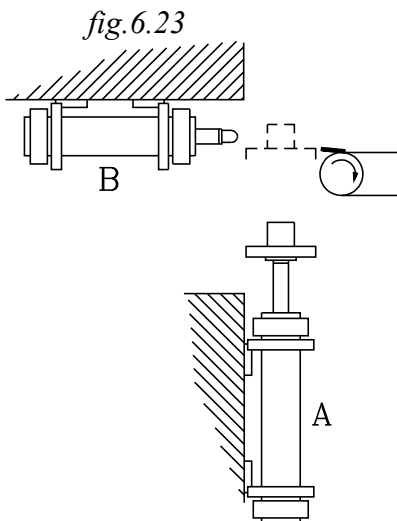
IN LABORATORIO

Ciclo di lavoro $A^+ B^+ A^- B^-$

Tema

Dei cestelli devono essere trasportati da un piano inferiore ad uno superiore e, in questo, spinti su un nastro trasportatore. Il ciclo di lavoro è azionato da uno Start.

Si determini il circuito pneumatico che effettui il ciclo di lavoro, non considerando altri eventuali segnali di sicurezza.



Descrizione e soluzione del problema

Il cestello nel piano inferiore viene posto su una piattaforma mossa in senso verticale dal cilindro pneumatico A.

Azionato uno Start, fuoriesce lo stelo del cilindro A, portando il cestello a livello del piano superiore, e in posizione tale, da poter essere spinto in senso orizzontale dall'estremità dello stelo del cilindro B nella corsa di fuoriuscita.

La corsa dello stelo di B è regolata in modo da far scorrere il cestello oltre la piattaforma e uno scivolo, fino a portarlo sul nastro trasportatore.

Scelta dei componenti

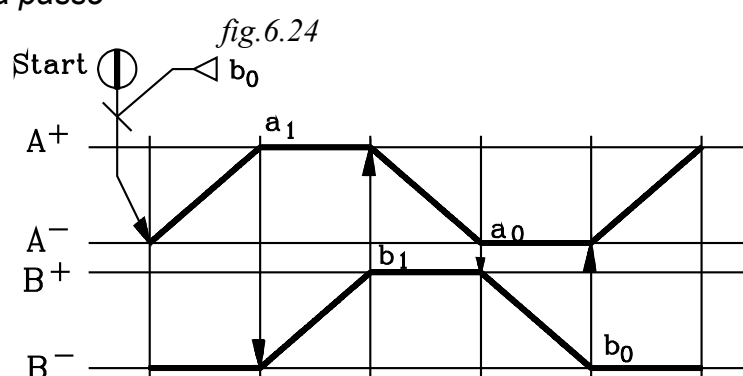
- *Cilindri*
Vengono scelti due cilindri a doppio effetto.
- *Valvola di potenza*
Vengono scelte due valvole bistabili 5/2.
- *Riduzione della velocità*
La corsa di fuoriuscita dello stelo di A per il sollevamento del cestello deve essere lenta, quella di ritorno più veloce ma non eccessiva. Per questo, sia la corsa di andata che di ritorno del cilindro A è regolata da *regolatori di flusso, posti sui due condotti* di scarico: deve risultare più strozzato il regolatore posto sullo scarico lato stelo, corrispondente alla corsa di fuoriuscita.

Lo stelo del cilindro B deve effettuare una corsa di fuoriuscita a velocità moderata e una corsa di ritorno rapida. Si pone così un *regolatore di flusso unidirezionale* sullo scarico lato stelo.

- **Finecorsa**
Si impiegano quattro finecorsa 3/2 con leva a rullo e ritorno a molla.
- **Start**
Vene impiegato uno Start costituito da una valvola 3/2 NC monostabile con azione manuale a tasto.

| Sigla componente | Codice | Componente |
|------------------|--------|---|
| A | | Cilindro a doppio effetto |
| B | | Cilindro a doppio effetto |
| Rf_1 | | Regolatore di flusso unidirezionale |
| Rf_2 | | Regolatore di flusso unidirezionale |
| Rf_3 | | Regolatore di flusso unidirezionale |
| Vb_1 | | Valvola di potenza 5/2 bistabile |
| Vb_2 | | Valvola di potenza 5/2 bistabile |
| a_0 | | Fine corsa 3/2 a rullo e ritorno a molla |
| a_1 | | Fine corsa 3/2 a rullo e ritorno a molla |
| b_0 | | Fine corsa 3/2 a rullo e ritorno a molla |
| b_1 | | Fine corsa 3/2 a rullo e ritorno a molla |
| S_1 | | Start - valvola 3/2 NC monoastabile con comando manuale a tasto |

Diagramma corsa passo



Dall'analisi del diagramma *corsa - passo*, si accerta che ciascun finecorsa, toccato all'inizio del passo (*fine del passo precedente*), e che costituisce il comando della corsa relativa al passo, non permane per una doppia corsa del cilindro comandato.

Così, per esempio, il finecorsa a_1 , che comanda lo stato B^+ di fuoriuscita di B, non permane attivo fino a quando a_0 ne comanda il rientro: il finecorsa a_1 viene disattivato da b_1 , che comanda il rientro di A e, quindi, non risulta più toccato dalla camma, posta sullo stelo, quando viene comandato il rientro di B.

Il finecorsa a_1 risulta quindi una variabile attiva e attivante.

Lo stesso discorso vale per gli altri finecorsa toccati all'inizio di ogni passo.

Tabella degli ordini

| Comando | Stato comandato | Stato iniziale dei finecorsa attivati | Stato finale dei finecorsa attivati |
|---------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| A_1 | A^+ | $a_0 \cdot b_0 \rightarrow$ | $a_1 \cdot b_0$ |
| B_1 | B^+ | $a_1 \cdot b_0 \rightarrow$ | $a_1 \cdot b_1$ |
| A_0 | A^- | $a_1 \cdot b_1 \rightarrow$ | $a_0 \cdot b_1$ |
| B_0 | B^- | $a_0 \cdot b_1 \rightarrow$ | $a_0 \cdot b_0$ |

Equazioni logiche di comando e variabili attive

Dalla tabella degli ordini si ricavano le equazioni logiche di comando degli stati dei cilindri che si succedono nella sequenza ciclica in oggetto.

L'equazione logica completa di comando dello stato di un cilindro è composta dalla combinazione dei segnali emessi da tutti i finecorsa toccati all'inizio del passo (*fine della fase precedente*).

L'equazione logica minimizzata è composta dalle sole *variabili attive*: quelle mutate nel passo attuale rispetto a quelle del passo precedente.

Nel ciclo in oggetto è imposta una sola condizione al contorno, costituita dall'azionamento dello Start dopo avere posto il cestello sulla piattaforma.

Si ottengono le equazioni:

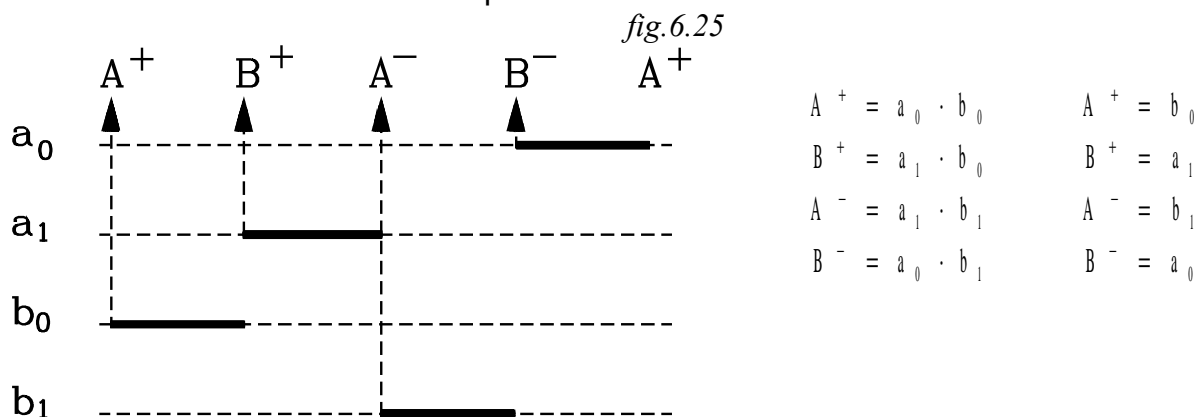
| Equazioni logiche complete | Equazioni logiche con variabili attive |
|-----------------------------------|--|
| $A^+ = a_0 \cdot b_0 \cdot Start$ | $A^+ = b_0 \cdot Start$ |
| $B^+ = a_1 \cdot b_0$ | $B^+ = a_1$ |
| $A^- = a_1 \cdot b_1$ | $A^- = b_1$ |
| $B^- = a_0 \cdot b_1$ | $B^- = a_0$ |

Diagramma di flusso a barre orizzontali

Con tale diagramma vengono visualizzati i passi nei quali rimangono azionati (*toccati*) i finecorsa, che fungono da variabili attive per il comando degli stati dei cilindri.

Con il diagramma si pone in evidenza se la variabile attiva, che ha comandato una corsa del cilindro, permane o no anche quando viene ordinata la corsa opposta.

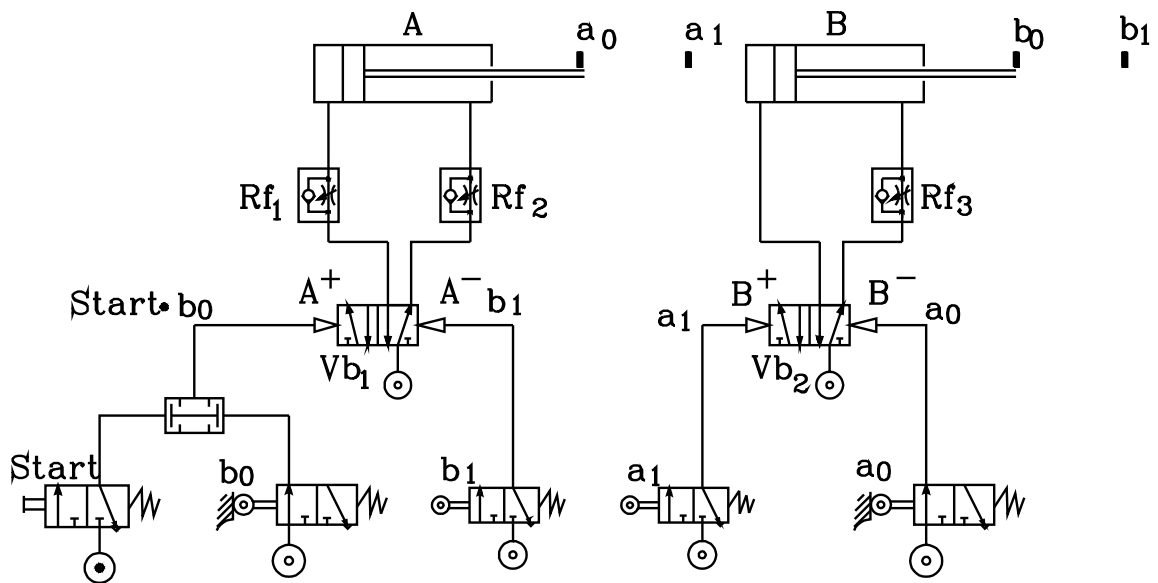
Se la variabile attiva non permane per una doppia corsa del cilindro comandato, essa è anche attivante, sufficiente cioè, a costituire il comando del passo, insieme ad eventuali condizioni al contorno poste in AND.



Dall'analisi del diagramma risulta che nessun finecorsa che costituisce *variabile attiva* permane azionato (*toccato*) per una doppia corsa del cilindro comandato. Le variabili attive sono anche attivanti.

Circuito pneumatico

fig.6.26

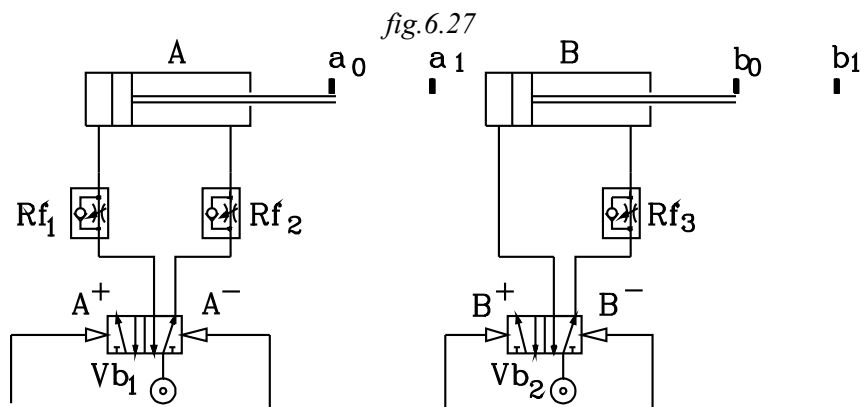


Note sulla stesura dello schema

Lo schema del circuito pneumatico si ottiene subito trasformando le equazioni logiche di comando degli stati dei cilindri nei corrispondenti circuiti combinatori pneumatici.

In ordine conviene:

- 1°- disegnare i cilindri A, B con i regolatori di flusso unidirezionali Rf_1 , Rf_2 , Rf_3 e le valvole di potenza bistabili Vb_1 , Vb_2 . Sui pilotaggi delle valvole si indichino gli stati dei cilindri che essi determinano nella attivazione: A^+ , A^- sui pilotaggi del cilindro A e B^+ , B^- su quelli del cilindro B.

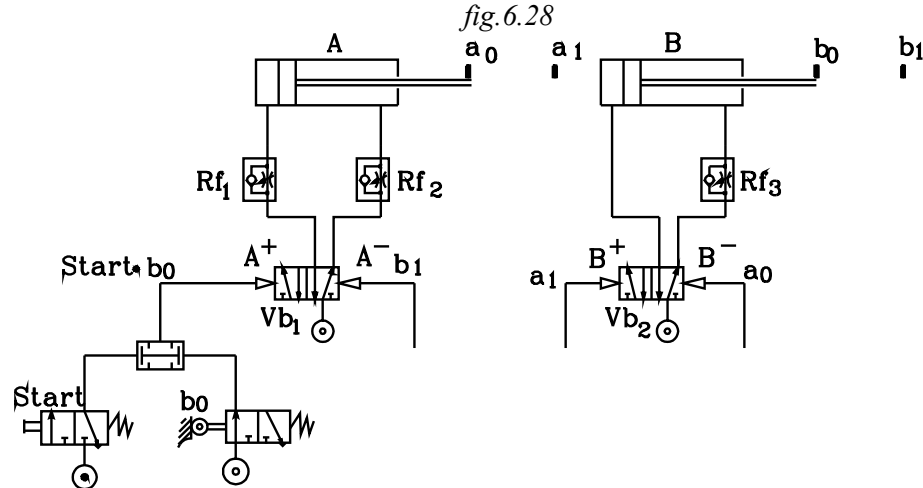


- 2°- L'equazione logica di comando di ciascun stato si tramuta nel corrispondente circuito combinatorio pneumatico.

2.1 Equazione $A^+ = b_0 \cdot \text{Start}$

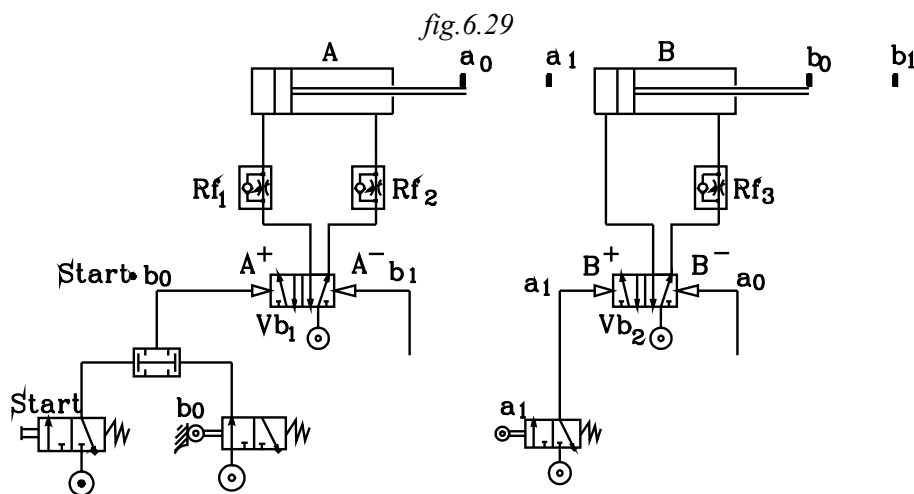
L'AND tra lo Start e il finecorsa b_0 (secondo membro) viene collegato al pilotaggio A^+ (primo membro) della valvola Vb_1 . Il finecorsa b_0 va disegnato attivato.

L'operazione AND si poteva anche ottenere collegando direttamente l'uscita dello Start con l'ingresso del finecorsa, senza adoperare la valvola AND.



2.3 Equazione $B^+ = a_1$

Si collega l'uscita del finecorsa a_1 con il pilotaggio B^+ della valvola Vb_2 .



Si procede alla stessa maniera per le altre due equazioni logiche. Riferirsi al primo schema pneumatico completo.

2.4 Equazione $A^- = b_1$

Si collega l'uscita del finecorsa b_1 con il pilotaggio A^- della valvola Vb_1

2.5 Equazione $B^- = a_0$

Si collega l'uscita del finecorsa a_0 con il pilotaggio B^- della valvola Vb_2 . Il finecorsa a_0 va disegnato nello stato attivato (toccato).

Cablaggio sul pannello di esercitazione

Eeguire la solita procedura

- Montare i componenti dall'alto verso il basso
- Alimentare tutte le valvole che lo richiedono: $Vb_1, Vb_2, Start, a_0, a_1, b_0, b_1$

- *Montare il circuito dal basso verso l'alto.*

Così, collegare lo Start con un ingresso della valvola AND- Collegare l'uscita di b_0 con l'altro ingresso della stessa valvola AND. L'uscita di questa collegarla con il pilotaggio della valvola V_{b_1} , e così via...

Funzionamento

- *Nelle condizioni iniziali, il finecorsa a_0 è toccato, e pone la valvola V_{b_1} nella prima posizione, in modo da alimentare la camera del cilindro B, lato stelo, facendolo rientrare. Il finecorsa b_0 è anch'esso toccato, ma l'aria in uscita va ad un ingresso della valvola AND, che non riceve aria nell'altro ingresso, fintantoché non si aziona lo Start. I finecorsa a_1 , b_1 non sono toccati e le uscite non forniscono aria.*
- *Per far rientrare anche lo stelo del cilindro A, nelle condizioni iniziali, occorre porre, manualmente, la valvola V_{b_1} nella posizione di figura, in modo che l'aria entri nella camera, lato stelo per farlo rientrare.*
- *Azionando lo Start, l'aria, in uscita da esso, va ad alimentare un ingresso della valvola AND che riceve aria nell'altro ingresso dal finecorsa b_0 toccato. Dalla valvola AND esce l'aria che va al pilotaggio A^+ della valvola V_{b_1} commutandola. Viene, così, alimentata la camera del cilindro A, lato pistone, si compie la corsa di fuoriuscita dello stelo, ottenendo lo stato A^+ , rilevato dal finecorsa a_1 che viene azionato.*
- *Toccato il finecorsa a_1 , da esso esce l'aria che va al pilotaggio B^+ della valvola V_{b_2} . Questa si commuta, non essendo il pilotaggio B^- alimentato. L'aria in uscita dalla V_{b_2} va nella camera del cilindro B, lato pistone, e provoca la fuoriuscita dello stelo, ottenendo lo stato B^+ , rilevato dal finecorsa b_1 azionato.*
- *Toccato il finecorsa b_1 , da esso esce l'aria che va al pilotaggio A^- della valvola V_{b_1} . Questa si commuta, non essendo il pilotaggio A^+ alimentato, in quanto il finecorsa b_0 non è toccato. L'aria in uscita dalla V_{b_1} va nella camera del cilindro A, lato stelo, facendolo rientrare. Si ottiene lo stato A^- , rilevato dal finecorsa a_0 azionato.*
- *Toccato il finecorsa a_0 , da esso esce l'aria che va al pilotaggio B^- della valvola V_{b_2} .. Questa si commuta, non essendo il pilotaggio B^+ alimentato, in quanto il finecorsa a_0 non è toccato. L'aria in uscita dalla V_{b_2} va nella camera del cilindro B, lato stelo, facendolo rientrare. Si ottiene lo stato B^- , rilevato dal finecorsa a_0 azionato.*
- *Toccato il finecorsa a_0 si sono ripristinate le condizioni iniziali. Se si piglia lo Start si ha un altro ciclo di lavoro.*

6.3.3 Segnali bloccanti

Le variabili attive, affinché possano costituire segnali, non solamente necessari ma anche sufficienti a costituire il comando delle fasi del ciclo di lavoro, occorre che non restino azionate per una doppia corsa del cilindro da esse comandato.

Infatti, se il segnale di commutazione, posto ad un pilotaggio della valvola bistabile, rimane attivo anche quando viene inviato all'altro pilotaggio il segnale di commutazione opposta, *la valvola bistabile si blocca: sui due pilotaggi sono contemporaneamente attivi i segnali di commutazione opposta.*

Si definisce segnale (variabile) bloccante quello che permane per una doppia corsa del cilindro da esso comandato.

Il segnale bloccante rimane attivo su un pilotaggio della valvola bistabile anche quando viene inviato all'altro il segnale di commutazione opposta: la valvola si blocca e il ciclo di lavoro non può proseguire..

Affinché un ciclo di lavoro possa proseguire senza bloccarsi occorre eliminare i segnali bloccanti.

Un segnale bloccante x può essere eliminato in modi diversi:

- 1- Facendo in modo che il segnale bloccante x , attivo quando comanda la commutazione della valvola bistabile di potenza, sia disattivato prima che venga inviato a questa il comando di commutazione opposta.
- 2- Il segnale bloccante x viene posto in *AND* con due segnali diversi y_1, y_2 . Il primo: y_1 , presente solamente nella prima commutazione e l'altro: y_2 , solamente in quella opposta. In tal modo, il comando della prima commutazione è dato dalla serie $x \cdot y_1$ e quello della commutazione opposta da $x \cdot y_2$.
Così, nelle due commutazioni opposte della valvola bistabile, vi è un segnale che è attivo nell'una ma non nell'altra: quindi, quando un pilotaggio di commutazione della valvola bistabile è attivato l'altro è disattivato e non si ha il bloccaggio di essa.

La scelta dell'utilizzo di uno dei metodi proposti, dipende anche dal tipo di combinazione dei segnali di finecorsa, di cui fa parte il segnale bloccante. Si distinguono:

- a- Segnali bloccanti in comandi di commutazione opposta della valvola bistabile (degli stati del cilindro) composti da due *combinazioni diverse dei segnali di finecorsa*.
- b- Segnali bloccanti in comandi di commutazione opposta della valvola bistabile (degli stati del cilindro) composti dalla *stessa combinazione dei segnali di finecorsa*.

6.3.3.1 Segnali bloccanti in comandi con combinazione diversa dei segnali di finecorsa

In questo caso, nei due comandi di commutazione opposta della valvola, si ha una diversa combinazione dei segnali di finecorsa attivati (toccati). Quindi, se si adoperassero come comandi dei due stati opposti del cilindro (di commutazione della valvola) tutti i segnali dei finecorsa attivati, posti in *AND* tra loro, essendo questi *differenziati per almeno un segnale*, non vi sarebbero segnali bloccanti. Ma nei circuiti cablati occorre minimizzare il segnale di comando, cercando di ridurlo alla sola variabile attiva.

Può avvenire che, nella minimizzazione di comandi, la sola variabile attiva risulta bloccante: cioè, attiva anche nel comando di commutazione opposta della valvola bistabile.

In questo caso è facilmente eliminabile il segnale bloccante: basta porre in *AND* con la variabile *attiva bloccante* un *finecorsa*, che risulta attivato (toccato) nel comando di commutazione da essa impartito e disattivato (non toccato) quando viene inviato il comando di commutazione opposta.

Per comprendere il metodo conviene riferirsi ad un esempio.

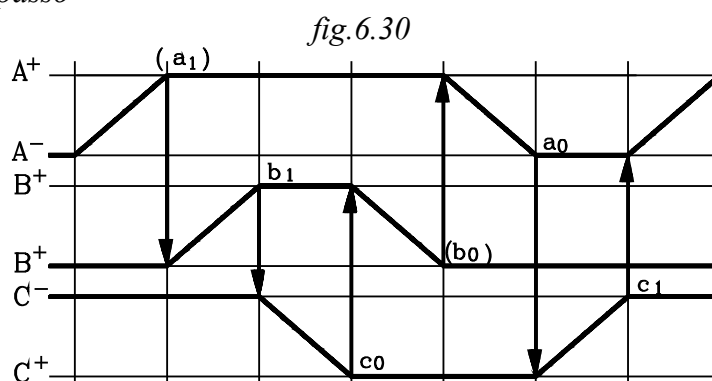
Per rapidità di trattazione si omette il riferimento ad una applicazione pratica, puntando tutta l'attenzione sul metodo di risoluzione del ciclo. Vengono quindi saltati i punti riguardanti: *La descrizione del problema - L'indicazione dei componenti adoperati*. Ciò verrà effettuato anche in seguito nella trattazione dei vari metodi di soluzione dei cicli.

Si debba effettuare il ciclo di lavoro $A^+ B^+ C^- B^- A^- C^+$ avviato da uno Start iniziale.

 IN LABORATORIO

CICLO $A^+ B^+ C^- B^- A^- C^+$

Diagramma corsa - passo



Dall'analisi del diagramma corsa - passo si rilava che:

- Il finecorsa a_1 che comanda la fuoriuscita dello stelo del cilindro B permane attivato anche quando viene comandato il rientro.
Il finecorsa a_1 permane attivo per una doppia corsa del cilindro B che ha comandato: esso è un segnale bloccante e viene rappresentato nel diagramma corsa - passo tra parentesi tonda.
- Il finecorsa b_0 che comanda il rientro dello stelo del cilindro A permane attivato anche quando viene comandata la fuoriuscita.
Il finecorsa b_0 permane attivo per una doppia corsa del cilindro A che ha comandato: esso è un segnale bloccante e viene rappresentato nel diagramma corsa - passo tra parentesi tonda.
- Gli altri finecorsa di comando non permangono per una doppia corsa del cilindro comandato e quindi non sono bloccanti: essi sono attivanti, sufficienti cioè a costituire, da soli, il segnale di comando del passo.

Tabella degli ordini

| Comando | Stato comandato | Stato iniziale dei finacorsa attivati | Stato finale dei finacorsa attivati |
|---------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| A_1 | A^+ | $a_0 \cdot b_0 \cdot c_1 \rightarrow$ | $a_1 \cdot b_0 \cdot c_1$ |
| B_1 | B^+ | $a_1 \cdot b_0 \cdot c_1 \rightarrow$ | $a_1 \cdot b_1 \cdot c_1$ |
| C_0 | C^- | $a_1 \cdot b_1 \cdot c_1 \rightarrow$ | $a_1 \cdot b_1 \cdot c_0$ |
| B_0 | B^- | $a_1 \cdot b_1 \cdot c_0 \rightarrow$ | $a_1 \cdot b_0 \cdot c_0$ |
| A_0 | A^- | $a_1 \cdot b_0 \cdot c_0 \rightarrow$ | $a_0 \cdot b_0 \cdot c_0$ |
| C_1 | C^+ | $a_0 \cdot b_0 \cdot c_0 \rightarrow$ | $a_0 \cdot b_0 \cdot c_1$ |

Equazioni logiche di comando e variabili attive

Dalla tabella degli ordini si ricavano le equazioni logiche di comando degli stati dei cilindri che si succedono nella sequenza ciclica in oggetto.

L'equazione logica completa di comando dello stato di un cilindro è composta dalla combinazione dei segnali emessi da tutti i finacorsa toccati all'inizio del passo (*fine della fase precedente*).

L'equazione logica minimizzata è composta dalle sole *variabili attive*: quelle mutate nel passo attuale rispetto a quelle del passo precedente.

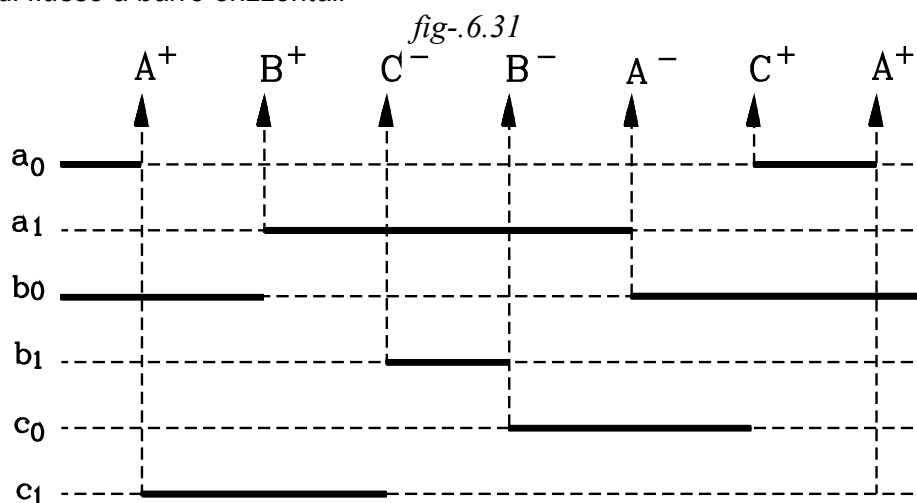
Nel ciclo in oggetto è imposta una sola condizione al contorno, costituita dall'azionamento dello Start di avvio del ciclo.

Si ottengono le seguenti equazioni logiche con i segnali di finecorsa:

| Equazioni logiche complete | Equazioni logiche con variabili attive |
|---------------------------------|--|
| $A^+ = a_0 \cdot b_0 \cdot c_1$ | $A^+ = c_1$ |
| $B^+ = a_1 \cdot b_0 \cdot c_1$ | $B^+ = a_1$ |
| $C^- = a_1 \cdot b_1 \cdot c_1$ | $C^- = b_1$ |
| $B^- = a_1 \cdot b_1 \cdot c_0$ | $B^- = c_0$ |
| $A^- = a_1 \cdot b_0 \cdot c_0$ | $A^- = b_0$ |
| $C^+ = a_0 \cdot b_0 \cdot c_0$ | $C^+ = a_0$ |

Analizzando le equazioni logiche complete di tutti i segnali di finecorsa attivati nei comandi degli stati dei cilindri, si accerta che le combinazioni poste in AND sono diverse una dall'altra: differiscono per almeno una variabile. Non vi sono, nei comandi, ripetizioni di una stessa combinazione di segnali di finecorsa posti in AND.

Diagramma di flusso a barre orizzontali



Per la costruzione del diagramma di flusso a barre orizzontali ci si riferisca, come al solito, alle equazioni logiche composte da tutti i segnali di finecorsa attivati costituenti l'evento che si deve verificare per impartire il comando.

Dall'analisi del diagramma di flusso si accerta che:

- Il comando dello stato A^+ è dato dalla variabile attiva c_1 , che permane attivata fino allo stato C^- ; essa non è presente quando viene comandato lo stato opposto A^- (è attivo c_0).
- La variabile attiva c_1 non è bloccante.
- Il comando dello stato B^+ è dato dalla variabile attiva a_1 che permane attivata fino allo stato A^- ed è quindi presente anche quando viene comandato lo stato opposto B^- .

La variabile attiva a_1 è bloccante.

- Il comando dello stato C^- è dato dalla variabile attiva b_1 , che permane attivata fino allo stato B^- ; essa non è presente quando viene comandato lo stato opposto C^+ . La variabile attiva b_1 non è bloccante.
- Il comando dello stato B^- è dato dalla variabile attiva c_0 , che permane attivata fino allo stato C^+ ; essa non è presente quando viene comandato lo stato opposto B^+ . La variabile attiva c_0 non è bloccante.
- Il comando dello stato A^- è dato dalla variabile attiva b_0 che permane attivata fino allo stato B^+ ed è *quindi presente anche quando viene comandato lo stato opposto* A^+ .
La variabile attiva b_0 è bloccante.
- Il comando dello stato C^+ è dato dalla variabile attiva a_0 , che permane attivata fino allo stato A^+ ; essa non è presente quando viene comandato lo stato opposto C^- . La variabile attiva a_0 non è bloccante.

Eliminazione dei segnali bloccanti

Come si è accertato, la combinazione dei segnali di finecorsa, attivati nel comando degli stati del ciclo in analisi, differiscono per almeno una variabile. Risulta, così, di facile soluzione l'eliminazione dei segnali bloccanti.

In questo caso, per eliminare il segnale bloccante, si pone in AND al segnale di finecorsa, che costituisce la *variabile attiva bloccante*, un altro segnale di finecorsa, che risulta attivato nell'attuale comando di commutazione della valvola, ma disattivato in quello di commutazione opposta.

Nel ciclo in analisi, sono risultati bloccanti i segnali di finecorsa: a_1 e b_0 , nei comandi degli stati:

$$B^+ = a_1 \quad A^- = b_0$$

Consideriamo il comando $B^+ = a_1$.

Il finecorsa a_1 , di comando dello stato B^+ , rimane attivo anche in quello dello stato opposto B^- .

Si osservi, però, che quando viene comandato B^+ sono attivati i finecorsa a_1, b_0, c_1 :

$$B^+ = a_1 \cdot b_0 \cdot c_1;$$

mentre, quando viene comandato lo stato opposto B^- (commutazione opposta della valvola bistabile), sono attivati i finecorsa a_1, b_1, c_0 :

$$B^- = a_1 \cdot b_1 \cdot c_0$$

Il finecorsa c_1 risulta attivato (toccato) nel comando dello stato B^+ e disattivato in quello di commutazione opposta B^- della valvola bistabile.

Perciò, il finecorsa c_1 può essere posto in AND con la variabile attiva e bloccante a_1 ottenendo il segnale di comando:

$$B^+ = a_1 \cdot c_1$$

che risulta attivante.

Infatti, quando si verifica lo stato B^+ , dalla serie $a_1 \cdot c_1$ uscirà l'aria che va a comandare il corrispondente pilotaggio della valvola bistabile; quando, invece, si verifica lo stato opposto B^- , detta serie non fornisce aria in quanto il finecorsa c_1 non è toccato: $B^- = a_1 \cdot b_1 \cdot c_0$

Consideriamo ora il comando $A^- = b_0$

Il finecorsa b_0 , di comando dello stato A^- , permane attivo anche in quello dello stato opposto A^+ .

Si osservi, però, che quando viene comandato A^- sono attivati i finecorsa a_1, b_0, c_0 :

$$A^- = a_1 \cdot b_0 \cdot c_0$$

mentre, quando viene comandato lo stato opposto A^+ (commutazione opposta della valvola bistabile), sono attivati i finecorsa a_0, b_0, c_1 :

$$A^+ = a_0 \cdot b_0 \cdot c_1$$

Il finecorsa c_0 risulta attivato (toccato) nel comando dello stato A^- e disattivato in quello di commutazione opposta B^- della valvola bistabile.

Perciò, il finecorsa c_0 può essere posto in AND con la variabile attiva e bloccante b_0 ottenendo il segnale di comando:

$$A^- = b_0 \cdot c_0$$

che risulta attivante, per la stessa ragione del comando precedente.

Segnali di comando degli stati ciclici dei cilindri

Con l'eliminazione dei segnali bloccanti, la minimizzazione possibile dei segnali di comando degli stati ciclici dei cilindri risulta:

$$A^+ = c_1 \cdot Start$$

$$B^+ = a_1 \cdot c_1$$

$$C^- = b_1$$

$$B^- = c_0$$

$$A^- = b_0 \cdot c_0$$

$$C^+ = a_0$$

Schema del circuito pneumatico

Il problema proposto riguarda solamente la trattazione del metodo di soluzione di un ciclo, contenente segnali bloccanti, di un caso particolare, nel quale non si ripetono, nei comandi, le stesse combinazioni dei segnali di finecorsa attivati. La condizione al contorno riguarda solamente l'avvio del ciclo attraverso uno Start.

Dalle equazioni logiche, minimizzate con le variabili attive, si ricava immediatamente il circuito pneumatico.

Si disegnano prima i tre cilindri collegati alle valvole bistabili nelle condizioni iniziali. Non sono rappresentati i regolatori di flusso unidirezionale, mancando le relative condizioni al contorno.

Nelle condizioni iniziali i cilindri A, B hanno gli steli rientrati, mentre è fuoriuscito quello di C

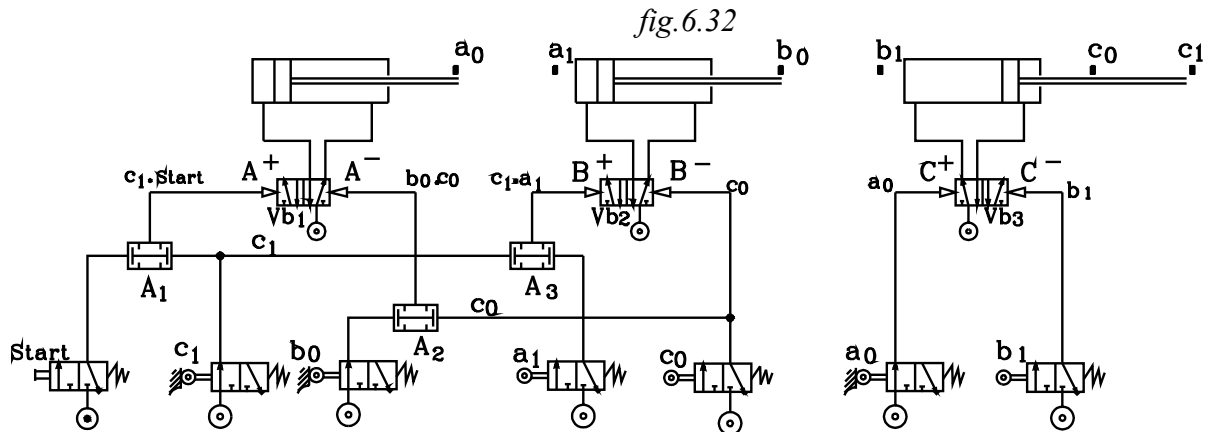
Così, le valvole di potenza bistabili, che alimentano i cilindri A e B, vano disegnate in prima posizione in modo che possano inviare aria nelle camere lato stelo; mentre quella che alimenta il cilindro C va disegnata in seconda posizione, in modo da alimentare la camera lato pistone.

Nelle condizioni iniziali sono toccati i finecorsa a_0, b_0, c_1 , e questi vengono disegnati nella seconda posizione attivata, nella quale forniscono aria in uscita. Non sono toccati, invece, i finecorsa a_1, b_1, c_0 , che vengono disegnati in prima posizione nella quale l'aria viene interdetta all'uscita.

Si traducano, poi, uno alla volta le equazioni logiche nei corrispondenti circuiti combinatori pneumatici.

- *Così, iniziando dalla equazione $A^+ = c_1 \cdot Start$ si disegna il finecorsa c_1 toccato, collegato in serie con lo Start (valvola 3/2 NC monostabile). L'uscita dalla serie si collega con il pilotaggio A^+ della valvola bistabile di potenza Vb_1 .*

- Si passa a tradurre l'equazione $B^+ = a_1 \cdot c_1$ in circuito pneumatico. Si disegna il finecorsa a_1 non toccato. L'uscita di questo si disegna collegato con un ingresso della valvola AND A_3 , il cui altro ingresso viene collegato con l'uscita del finecorsa c_1 già disegnato. L'uscita della valvola AND A_3 va disegnata collegata con il pilotaggio B^+ della valvola V_{b2} .
- Si osservi che l'uscita di c_1 è collegata sia con un ingresso della valvola AND A_1 che con quello di A_3 . Nel cablaggio il nodo si ottiene collegando i tubicini con un raccordo a T. E così via., come rappresentato nello schema di figura...



Funzionamento

- Nelle condizioni iniziali sono toccati i finecorsa a_0, b_0, c_1 . Il finecorsa a_0 invia aria al pilotaggio C^+ della valvola bistabile V_{b3} e la pone in posizione tale da alimentare la camera del cilindro C lato pistone, facendo fuoriuscire lo stelo. Per mettere gli steli dei cilindri A, B nella posizione di rientro, occorre porre manualmente le valvole bistabili V_{b1}, V_{b2} in seconda posizione, in modo che alimentino le camere lato stelo.
- Azionato lo Start, dalla valvola AND A_1 esce l'aria che va al pilotaggio A^+ della valvola bistabile V_{b1} , commutandola. Viene alimentata la camera del cilindro A, lato pistone, e si compie la corsa di fuoriuscita dello stelo (A^+). L'altro pilotaggio A^- non è azionato, essendo c_0 non toccato: non esce aria dalla valvola AND A_2 .
- Alla fine della corsa A^+ , viene toccato il finecorsa a_1 ; questo alimenta un ingresso della valvola AND A_3 il cui altro ingresso riceve aria dal finecorsa c_1 toccato. In tal modo la valvola AND A_3 invia aria al pilotaggio B^+ della valvola bistabile V_{b2} , commutandola, determinando la fuoriuscita dello stelo di B (stato B^+). Il pilotaggio B^- non è azionato, essendo il finecorsa c_0 non toccato.
- Alla fine della corsa B^+ viene toccato il finecorsa b_1 , questo invia aria al pilotaggio C^- della valvola bistabile V_{b3} , commutandola. Si ha la corsa di rientro dello stelo di C (stato C^-). Il pilotaggio C^+ non è azionato, in quanto a_0 non è toccato, essendo lo stelo di A fuoriuscito.
- Alla fine della corsa C^- viene toccato il finecorsa c_0 , questo invia aria al pilotaggio B^- della valvola bistabile V_{b2} , commutandola. Si ha la corsa di rientro dello stelo di B (stato B^-). Il pilotaggio B^+ non è azionato in quanto c_1 ora non è toccato, essendo ora lo stelo di C rientrato e quindi dalla valvola AND A_2 non esce aria.
- Alla fine della corsa B^- , viene toccato il finecorsa b_0 ; questo alimenta un ingresso della valvola AND A_2 il cui altro ingresso riceve aria dal finecorsa c_0 ora toccato. In tal modo la valvola AND A_2 invia aria al pilotaggio A^- della valvola bistabile V_{b1} , commutandola, determinando il rientro dello stelo di A (stato A^-). Il pilotaggio A^+ non è azionato, essendo il finecorsa c_1 ora non toccato.
- Alla fine della corsa A^- viene toccato il finecorsa a_0 , questo invia aria al pilotaggio C^+ della valvola bistabile V_{b3} , commutandola. Si ha la corsa di fuoriuscita dello stelo

di C (stato c^+). Il pilotaggio c^- non è azionato in quanto b_1 ora non è toccato, essendo lo stelo di B rientrato.

- Alla fine della corsa c^+ viene toccato il finacorsa c_1 e si ripristinano le condizioni iniziali e può iniziare un altro ciclo.

6.3.3.2 Cicli con ripetizione delle combinazioni dei segnali di finecorsa

Può accadere che, nel ciclo di lavoro, vi siano due o più stati dei cilindri, comandati dalla stessa combinazione dei segnali emessi dai finacorsa toccati (attivati).

In questo caso risulta bloccante non solo la variabile attiva, ma tutta la combinazione dei segnali di finecorsa che sono in *AND* con essa. Il ciclo si blocca in quanto è impossibile che una stessa combinazione di segnali possa effettuare due fasi diverse, come ad esempio: una volta l'uscita del cilindro B e successivamente, quando si ripete, il rientro di A .

Essendo ripetuta la combinazione di tutti i segnali dei finacorsa toccati (attivati) nei comandi di corse diverse dei cilindri, non è possibile porre in *AND* al segnale che funge da variabile attiva, un altro segnale di finecorsa, che risulti attivato nel primo comando di una corsa e disattivato nell'altro.

Quando, nella sequenza ciclica degli stati dei cilindri, si verificano due o più di essi con la stessa combinazione dei segnali di finacorsa attivati (toccati), non è possibile togliere il segnale bloccante, adoperando solamente una combinazione dei segnali di finecorsa attivati nella fase: essi risultano tutti attivati in comandi di corse diverse dei cilindri.

Si possono impiegare tre metodi diversi per eliminare i segnali bloccanti, che si presentino con una ripetizione di tutti i segnali di finecorsa, attivati nelle fasi di corse diverse dei cilindri: con temporizzazione del segnale bloccante - con l'impiego di finacorsa unidirezionali - con l'impiego di memorie.

Temporizzazione del segnale bloccante

Un segnale di finecorsa, che funge da variabile attiva, risulta bloccante quando permane per una doppia corsa del cilindro comandato: risulta attivato, sia quando viene comandata una corsa del cilindro che quella opposta; in quest'ultimo comando, la valvola bistabile di potenza ha tutti e due i pilotaggi eccitati e si blocca.

Affinché un segnale di finecorsa, normalmente bloccante, non risulti tale, basta far in modo che esso, dopo essere stato attivato per comandare la prima corsa del cilindro, venga disattivato prima che sia ordinata la corsa opposta.

Per eliminare il segnale bloccante si adoperano dei temporizzatori che lo trasformano in un impulso pneumatico, che dura allo stato logico 1 per un piccolo tempo Δt , inferiore a quello che intercorre tra i due comandi di corse opposte del cilindro comandato



Avanti...

[Clic per continuare](#)


Indietro...

[Clic per precedente](#)


Indietro...

[Clic per la pagina iniziale](#)