INTRODUZIONE ALLO STUDIO DEI COMANDI PNEUMATICI

AUTOMAZIONE si deve intendere l'interazione di un insieme di mezzi che consente di evitare attività manuali sia per quanto riguarda le singole fasi che il controllo dei processi.

All'origine della spinta all'automazione ci sono necessità di carattere economico:

- Aumentare la produttività;
- Diminuire i costi di produzione;
- Migliorare la affidabilità qualitativa;
- Produrre con maggiore flessibilità.

E di carattere sociale:

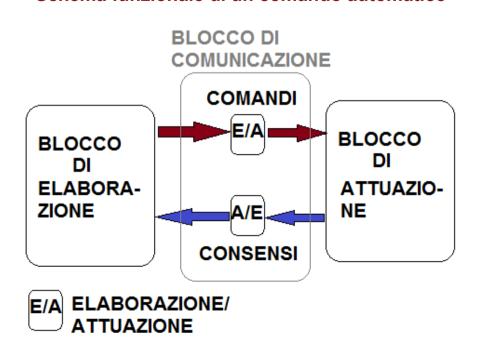
Sollevare l'uomo da lavori pericolosi, pesanti, noiosi e ripetitivi.

L'automazione coinvolge almeno le seguenti specializzazioni:

Meccanica + elettrotecnica + elettronica + informatica

Ed i tecnici devono acquisire una cultura meccatronica

Schema funzionale di un comando automatico



Blocco di elaborazione: è quella parte cui viene demandata il coordinamento di tutte le operazioni necessarie per effettuare l'automazione richiesta, naturalmente in condizioni di sicurezza sia delle persone, apparecchiature e prodotti.

Le tecnologie utilizzate sono:

- > Pneumatica;
- > Oleodinamica;
- Elettromeccanica (quadri elettrici a relè);
- > Elettronica. I comandi elettronici possono essere:
 - A logica cablata (schede dedicate);
 - A logica programmabile:
 - PLC
 - Calcolatori di processo

Blocco di comunicazione: è formato da tutti gli elementi che consentono lo scambio di informazioni tra le altre due parti costituenti il comando.

L'interfaccia E/A (Elaborazione/Attuazione) è quella che consente il flusso di informazioni dall'unità di elaborazione agli attuatori.

L'interfaccia A/E (Attuazione/ Elaborazione) consente il flusso contrario, retroazione o feedback

I segnali da elaborare possono essere di tre tipi:

- 1. ordini dell'operatore;
- 2. segnali esterni;
- 3. segnali di ritorno degli attuatori.

Blocco di attuazione: costituisce la parte che realizza l'operazione da automatizzare. Usa le seguenti tecnologie:

> pneumatica/ oleodinamica/ elettromeccanica/ mista

MODELLI GRAFICI PER LO STUDIO DEI COMANDI

AUTOMATICI

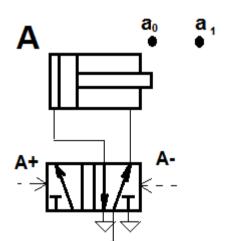
CICLO DI LAVORO: studio della successione dei movimenti degli attuatori che

costituiscono il blocco di potenza

Gli attuatori si indicano con le lettere maiuscole A, B, C ...

Es₁: A+/ B+/ C+/ A-/ B-/ C- Es₂: A+/ C-,B+/ B-/ C+/ A-

Ogni fase del ciclo può iniziare solo quando è terminate la fase precedente, per cui p.e.: A+/ B+ ... il moto di andata dell'attuatore B nella seconda fase avviene a partire dall'istante in cui A è avviato a fine corsa.



I finecorsa relativi ad ogni attuatore si indicano con le lettere minuscole a, b, c ... seguite dal pedice 0, 1

Esempio: A+/ B+/ C+/ A-/ B-, C-

Panarasantazione tehpllare							
FASE	1	2	3	4	5		
мото	A+	В+	C+	Α-	в-с-		
SEGNALE	m • b • c	a	b ₁	CO ¹	a		

ne la fase può o quando il loro Attraverso la lettura della rappresentazione tabellare, è immediata la scrittura:

Equazioni logiche dei

moti:

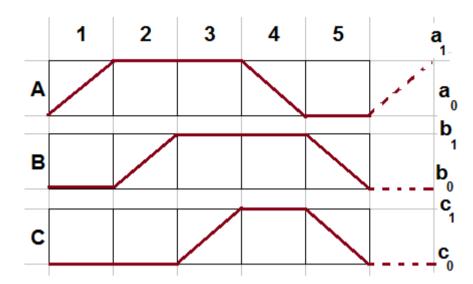
$$m*b_0*c_0 = A+$$

$$b_1 = C+$$

$$c_1 = A_-$$

$$a_0 = B_{-}, C_{-}$$

Diagramma delle fasi:

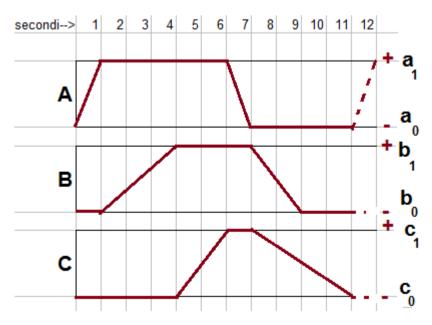


Il diagramma delle fasi fornisce tutte le informazioni essenziali per individuare i movimenti, ma non indica nulla sul tempo che rappresenta invece un dato importante per la corretta esecuzione dei cicli automatici

Diagramma dei tempi: A+ / B+/ C+/ A-/ B-,C-

> 3 2 1 2 4 1 secondi

Ogni movimento realizza una fase della sequenza: in una fase uno stelo si



muove (eventualmente in contemporanea con altri) mentre gli altri stanno fermi (in sosta). Le due linee di una striscia rappresentano le posizioni tutto-fuori (linea

superiore) e tutto- dentro (linea inferiore) e perciò recano i segni + e – rispettivamente.

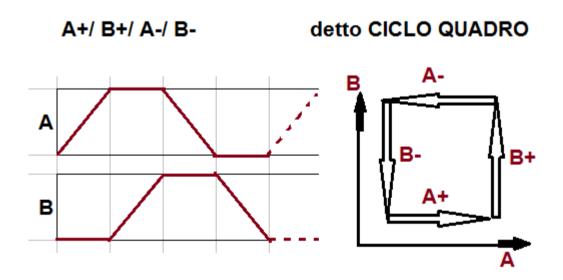
STUDIO DEI SEGNALI DI COMANDO

Per procedere alla realizzazione di un circuito funzionante secondo un dato ciclo di lavoro, è indispensabile studiare i segnali di comando.

Essi possono essere di tre tipi:

- CONTINUI: quando resta attivo nella fase successiva a quella che lo ha generato
- 2. ISTANTANEO: quando si disattiva nella fase immediatamente successiva a quella che lo ha generato
- 3. BLOCCANTE: quando lo stato attivo non consente la prosecuzione del ciclo. Un segnale istantaneo non può essere MAI bloccante.

Esempio:

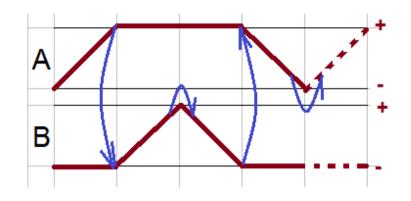


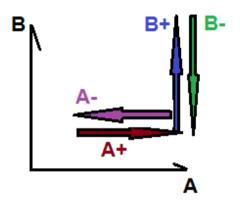
Segnali continui: a₀, a₁, b₀, b₁ Segnali istantanei: -- Segnali bloccanti: --

Esempio:

A+/ B+/ B-/ A-

detto anche ciclo ad L



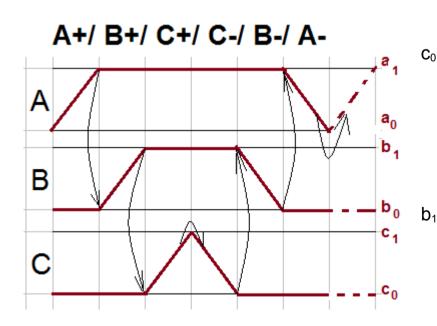


Segnali continui: a₁, b₀ Segnali istantanei: a₀, b₁

Segnali bloccanti: a₁, b₀ (è quello che dura per tutta la doppia corsa del pistone comandato. Bisogna "eliminarlo".

I segnali di comando potranno essere rappresentati nel diagramma delle fasi con linee sottili frecciate, con punto di inizio nel punto di generazione e con punta frecciata nel punto di inizio del movimento che producono.

Esempio:



Segnali continui: a₁, b₁, b₀,

Segnali istantanei: a₀, c₁

Segnali bloccanti: a₁, b₁,b₀, c₀

Esaminiamo il segnale a₁ che è bloccante.

Quando viene attivato, alla fine della prima fase, esso provoca B+. Al termine della quarta fase c₀ deve provocare B-, ma questo è impedito dalla presenza ancora di a₁ (che "vuole" sempre B+). Quindi a₁ è bloccante I segnali bloccanti si trovano solo tra quelli continui; basta osservare se sono presenti sia durante la corsa di andata che durante la corsa di ritorno (o viceversa) dell'attuatore (A, B, C...) che comandano.

Esercizio: A+/ B+/C+/B-/A-,C-

Risoluzione: comando continui: a_1,b_0,b_1,c_0,c_1 comando istantaneo:

 a_0 comando bloccante: $a_1,\,b_0$

ATTUATORI

Gli attuatori lineari sono dispositivi che, alimentati con aria compressa, forniscono energia meccanica sotto forma di una spinta,

ovvero di un moto lineare.

Il motivo per cui sono molto utilizzati nella tecnica è dovuto all'elevato costo di realizzazione di moti rettilinei mediante elementi meccanici azionati da motori elettrici.

Cilindri a semplice effetto forniscono il moto di lavoro in un solo senso



mentre il moto di ritorno può ottenersi per:

- Azione di molla;
- Azione di una forza esterna (ad esempio gravità)



Cilindri a doppio effetto: lo stelo è mosso dall'aria compressa sia nella corsa di andata che in quella di ritorno, anche se con spinte diverse poiché le superfici del, pistone su cui agisce la pressione non sono uguali per la presenza

dello stelo solo da una parte

VALVOLE

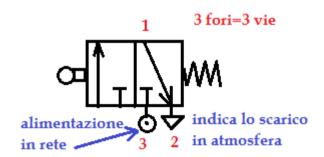
La loro classificazione:

- Distributrici;
- Controllo della portata;
- Controllo della pressione;
- Speciali.

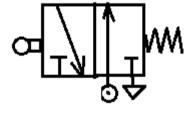
VALVOLE DISTRIBUTRICI

Sono dette anche distributori e servono per aprire, indirizzare e chiudere il flusso dell'aria compressa negli impianti pneumatici. Il tipo di collegamento dipende dal numero delle vie e dal loro schema interno; le varianti corrispondono al numero delle posizioni.

Valvola 3/2 → valvola a tre vie e due posizioni



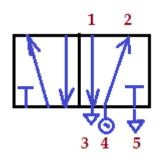
valvola 3/2 N.C. (normalmente chiusa)

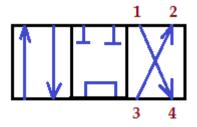


valvola 3/2 N.A. (normalmente aperta)

Valvola $5/2 \rightarrow 5$ vie e due posizioni

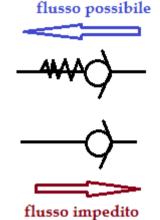
Valvola $4/3 \rightarrow 4$ vie e tre posizioni

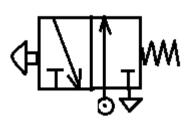




Valvola 3/2 unistabile con azionamento a pulsante

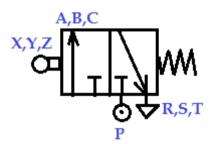
Valvola unidirezionale con molla o senza





Le vie si indicano con le lettere maiuscole secondo il seguente schema:

- Utilizzatori A,B,C,...
- Alimentazione P
- Scarichi R,S,T
- Segnali di pilotaggio X,Y,Z,...



La commutazione tra una posizione e l'altra può avvenire solo mediante l'intervento dall'esterno con un meccanismo cui si dà il nome di <<azionamento>>. I sistemi utilizzati possono essere:

• Muscolari -- meccanici - pneumatici - elettrici - misti

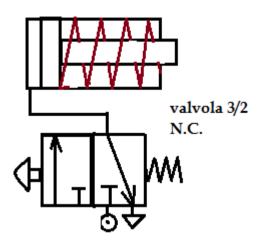
Dal punto di vista funzionale le valvole distributrici possono essere:

- UNISTABILI: la valvola resta commutata per tutta la durata dell'azionamento cessato il quale ritorna nella posizione di riposo. Sono dette anche monostabili o instabili (hanno la molla)
- BISTABILI: la valvola commuta mediante un azionamento di tipo impulsivo anche se di brevissima durata. Rimane nella posizione raggiunta finchè un secondo segnale impulsivo provoca la commutazione opposta. Sono dette anche stabili.

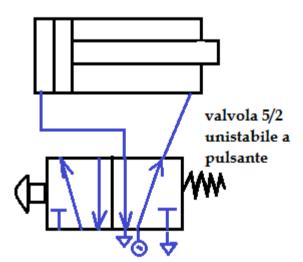
CIRCUITI PNEUMATICI ELEMENTARI

Comando di un cilindro a semplice effetto

Si deve comandare un cilindro a semplice effetto in modo tale che premendo un pulsante lo stelo effettui la corsa di andata e, lasciando il pulsante, ritorni in posizione negativa.



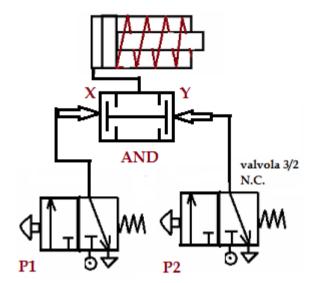
Comando di un cilindro a doppio effetto



Si deve comandare un cilindro a doppio effetto in modo tale che, premendo un pulsante, lo stelo compie la corsa di andata e, lasciandolo, quella di ritorno.

Comando di sicurezza a due mani (per piccole punzonatrici semiautomatiche)

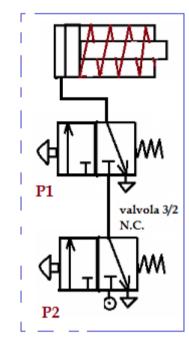
E' un comando di sicurezza consistente nell'azionare il cilindro attraverso la



premuta contemporanea di due pulsanti posti ad una distanza tale da non poter essere azionati con una sola mano.

Sono possibili due soluzioni:

 impiego di una valvola a due pressioni per un attuatore a semplice effetto: il cilindro



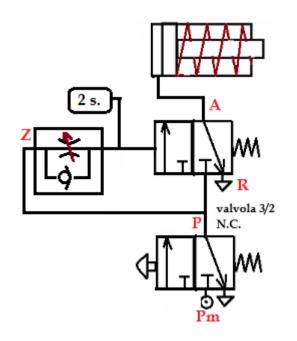
viene azionato solo se sono presenti contemporaneamente i due segnali X e Y provenienti dai due pulsanti P1 e P2;

 impiego di due valvole 3/2 N.C. collegate in serie: il cilindro è alimentato solo se P1 e P2 sono entrambi premuti →→→

Comandi temporizzati

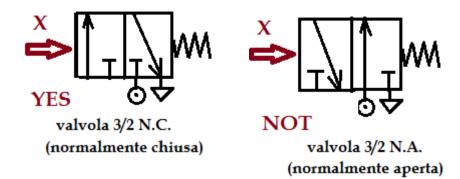
In alcune applicazioni è necessario effettuare comandi in funzione del tempo. Supponiamo di voler azionare un cilindro a semplice effetto facendo trascorrere 2 [sec] tra l'azionamento del pulsante di marcia P e l'inizio del movimento

Z= pilotaggio R= scarico P=alimentazione A=utilizzatore



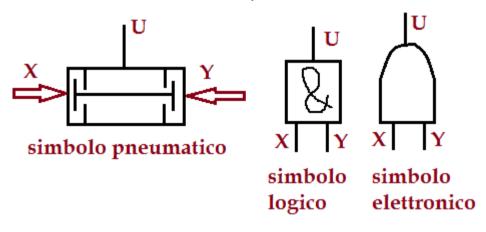
FUNZIONI LOGICHE PNEUMATICHE

X	YES	NOT
0	0	1
1	1	0



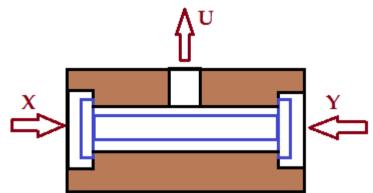
AND si può ottenere in due modi:

1. utilizzando una valvola a due pressioni; sono valvole a tre vie con

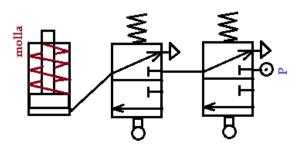


un'uscita e due ingressi. L'uscita si ha solo in presenza di uguali

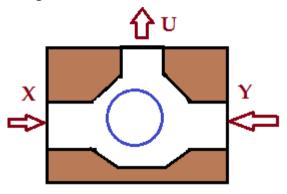
segnali in entrambi gli ingressi. Se le pressioni sono diverse, la valvola mette in comunicazione l'uscita con l'ingresso a pressione minore.

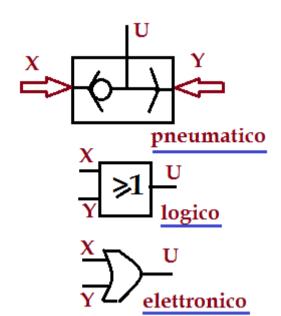


ponendo in serie due valvole 3/2N.C.



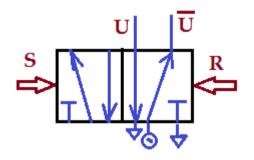
OR si realizza con una valvola selettrice. Sono valvole a tre vie con un'uscita e due ingressi.





Una sfera chiude automaticamente

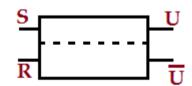
l'ingresso non alimentato. Qualora gli ingressi vengano alimentati contemporaneamente con pressioni diverse, si realizza il collegamento tra il condotto di uscita e quello di ingresso a pressione maggiore.



La <u>funzione memoria</u> può essere svolta da una valvola bistabile a comando pneumatico 5/2. Essa viene alimentata dalla rete: si hanno due segnali di pilotaggio per la sua commutazione S ed R. Le uscite della valvola

sono U e Û.

Una volta inviato il segnale esso commuta la valvola che permane nella sua posizione ricordando quindi il segnale precedentemente ricevuto sino a che non viene commutata dal



segnale opposto. E' anche diffuso il ricorso ad elementi appositamente costruiti cui si dà il nome di elementi pneumologici.

TECNICA DI COMANDO PNEUMATICO

Un circuito pneumatico può essere progettato con diversi metodi; la scelta dipende dal tipo di segnali presenti nel ciclo e dalla complessità del sistema da costruire. Questi metodi sono:

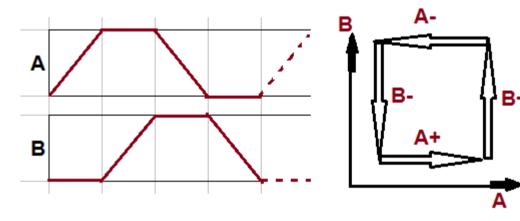
- 1. metodo diretto (se NON ci sono segnali bloccanti);
- 2. metodo dei collegamenti (non verrà sviluppato);
- 3. metodo della cascata;
- 4. metodo del contatore (non verrà sviluppato);
- 5. metodo del sequenziatore.

METODO DIRETTO

Esempio: ciclo QUADRO → 1) Sequenza letterale: A+/ B+/ A-/ B-

A+/ B+/ A-/ B-

detto CICLO QUADRO



- 2) diagramma delle fasi
- 3) equazioni di funzionamento:

$$m*b_0 = A+$$

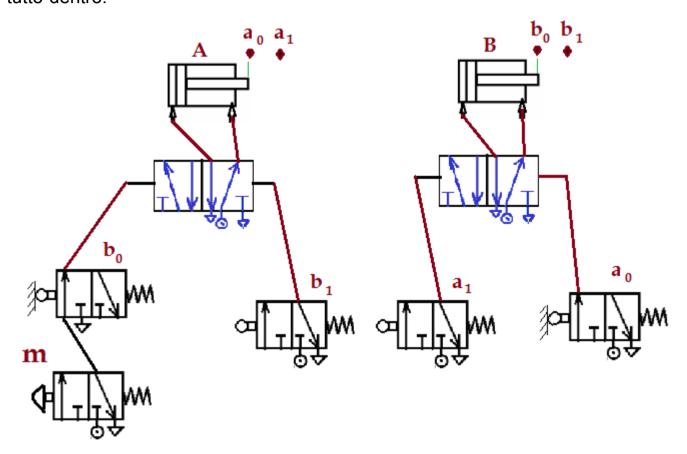
$$a_1 = B+$$

$$b_1 = A_-$$

$$a_0 = B$$
-

4) schema funzionale del circuito:

Tutti i componenti devono essere disegnati in posizione di riferimento, ovvero nella posizione che hanno ad inizio ciclo. Poiché i primi movimenti dei due cilindri sono quelli di uscita, la configurazione iniziale è quella con pistoni tutto-dentro.



 \mathbf{m} deve essere posizionato in AND con b_0 ; si disegna il pulsante di marcia, non attivato, sotto b_0 e collegato in serie con esso.

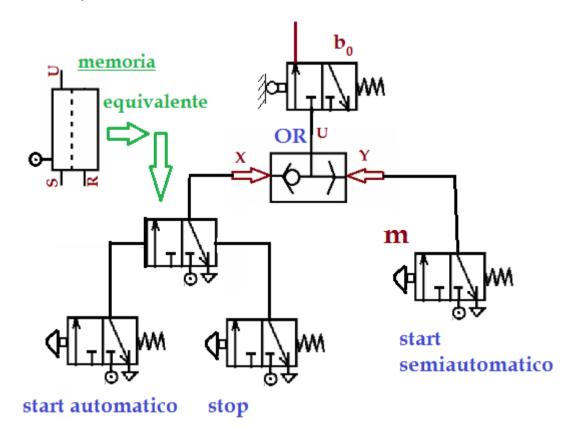
a₀ e b₀ sono finecorsa che vanno disegnati in posizione "azionati" perché tale
 è la loro configurazione a macchina ferma.

Questo è un ciclo semiautomatico in quanto occorre premere il pulsante di marcia tutte le volte che si deve eseguire il ciclo.

Nella fase di studio di un ciclo automatico bisogna porsi la domanda << che succede se ...>> e cioè:

- che succede se uno stelo si ferma accidentalmente durante la corsa?
- che succede se si blocca un distributore di potenza?

 che succede se un finecorsa resta azionato o viene azionato accidentalmente durante lo svolgersi del ciclo o a macchina ferma?
 Per avere un ciclo automatico (che richiede un solo segnale di marcia e prosegue finchè non interviene un comando contrario STOP), il circuito si modifica in questo modo:



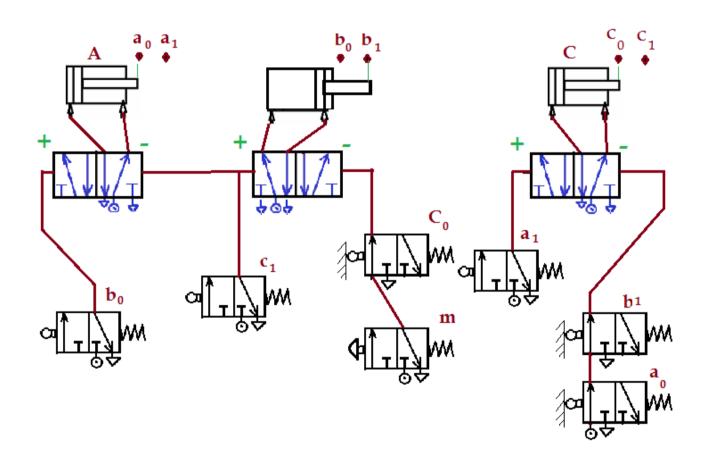
<u>start automatico</u>: il collegamento di b₀ sarà stabile. Tutti i finecorsa risulteranno alimentati e quando verrà il loro turno daranno i comandi così che il ciclo potrà continuare indefinitamente

stop: viene eliminata l'alimentazione del finecorsa b₀. La sequenza si completa e non ricomincia

start semiautomatico: collega alla rete il fine corsa b₀ solo temporaneamente per dare inizio al ciclo

Esercizio: B-/ A+/ C+/ B+, A-/ C- (non ha segnali bloccanti)

 $m^*c_0 = B b_0 = A+$ $a_1 = C+$ $c_1 = B+$, A- $b_1 * a_0 = C-$



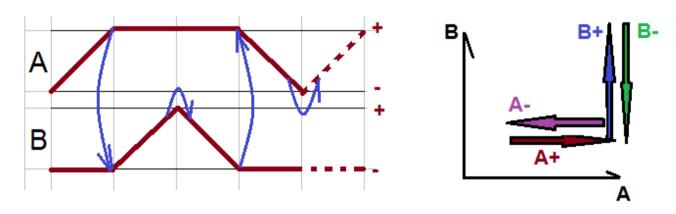
METODO CASCATA

Non sempre i segnali generati dai finecorsa possono essere applicati direttamente ai distributori principali dei cilindri.

Consideriamo la sequenza:

A+/ B+/ B-/ A-

detto anche ciclo ad L



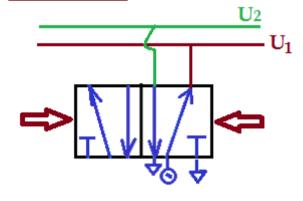
Il segnale b_1 dovrebbe provocare l'arretramento dello stesso cilindro B, ma risulta inefficace perché il distributore principale di B ha dall'altro lato il pilotaggio proveniente da a_1 che si mantiene per le due fasi 2 e 3. La sequenza si blocca in quanto a_1 è un segnale bloccante.

Sono segnali bloccanti quelli che perdurano durante la doppia corsa del cilindro che comanda: a₁ e b₀ sono segnali bloccanti (nel nostro esempio)

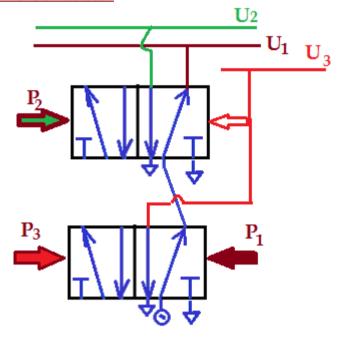
Per risolvere questo problema si può ricorrere al metodo della cascata. Esso consiste nell'inserire nel circuito di comando alcuni distributori ausiliari (valvole 5/2) opportunamente collegati al circuito di potenza

Cascata ad

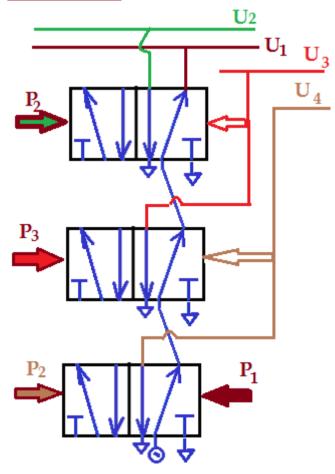
1 distributore



2 distributori



3 distributori

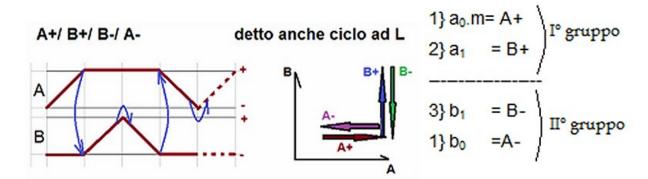


Con P₁, P₂, P₃, P₄ ... si indicano i pilotaggi in ordine cronologico.

Con U₁, U₂, U₃, U₄, ... si indicano le uscite. L'uscita U₁ è alimentata quando è attivo il segnale P₁, l'uscita U₂ è alimentata quando è attivo il segnale P₂, e così via ...

Una cascata ad n uscite si ottiene con n-1 distributori

Esercizio:

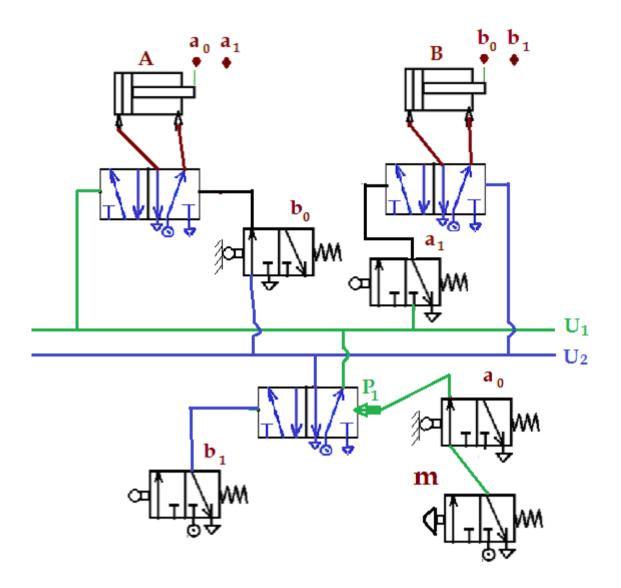


Ci sono due segnali bloccanti a_1 e b_0 e quindi per risolvere questo "problema" bisogna:

- Dividere a gruppi le equazioni dei movimenti ed all'interno di essi non ci deve essere la doppia corsa di un pistone;
- Le equazioni dei movimenti vanno riscritte con pilotaggi ed uscite. Se p
 è il numero delle parti in cui è diviso il ciclo, il numero dei distributori
 ausiliari necessari si ottiene dalla relazione → n= p-1. Nel nostro caso
 avremo bisogno di n=2-1=1 distributore ausiliario (valvola 5/2)

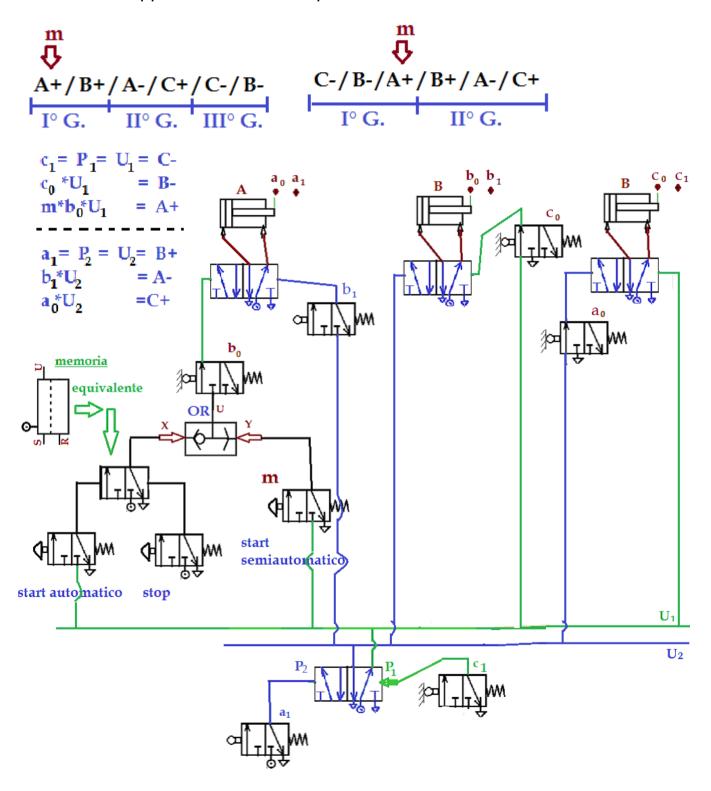
$$m^*a_0 = P_1 \rightarrow U_1 = A + a_1^*U_1 = B + b_1^*U_2 = B - b_0^*U_2 = A - a_1^*U_1 + a_1^*U_1 = A + a_1^*U_1 + a_1^*U_1 = A + a_$$

Il primo finecorsa della prima parte è adibito al pilotaggio P₁ mentre il primo finecorsa della seconda parte è adibito al pilotaggio P₂

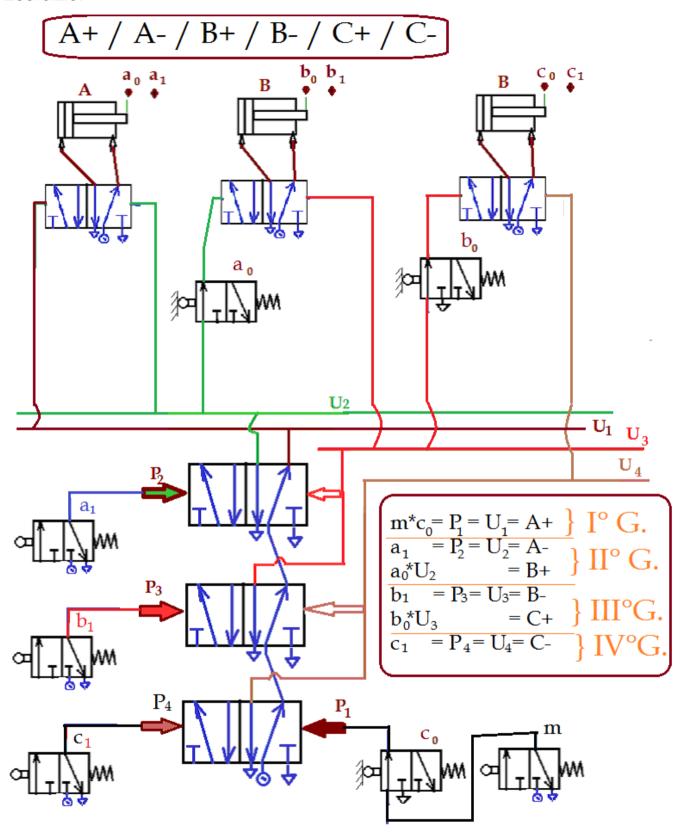


I segnali bloccanti vengono annullati con questo metodo perché, ad ogni commutazione del distributore della cascata, viene attivata solo l'uscita corrispondente ad una parte del ciclo, mentre le altre non sono presenti. La commutazione da una linea all'altra viene affidata al primo finecorsa di ogni gruppo. Nell'operare la suddivisione in gruppi conviene fare in modo che questi contengano il massimo numero possibile di movimenti per risparmiare sul numero delle linee ausiliarie.

Tenendo conto che al segnale in coda alla colonna segue quello di testa, si possono unire i gruppi estremi a condizione che nell'unico che così si ottiene non vi sia la doppia corsa di nessun pistone



Esercizio:



PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E TRATTAMENTO ARIA COMPRESSA

Comando pneumatico: è costituito da un insieme di tubazioni e valvole,

percorse da aria compressa, che collegano una centrale di

compressione ad una o più macchine utilizzatrici, rotanti o

alternative, capaci di compiere un lavoro a spese dell'energia di

pressione posseduta dall'aria.

Caratteristiche dell'aria secca:

azoto Ossigeno Gas rari ed altri (p.e. argon)
78% 21% 1%
Lo stato igrometrico (= presenza del vapor acqueo) è molto importante in
quanto da esso dipende la formazione della condensa la cui presenza
nell'aria compressa è certamente nociva.

I parametri che caratterizzano le condizioni fisiche di un gas sono tre:

pressione - volume - temperatura

PRESSIONE: la pressione relativa (p_{rel}= p_{assoluta} – p_{ambiente}) si utilizza in genere

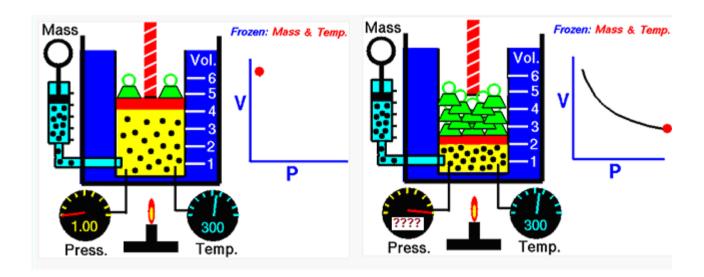
per il dimensionamento degli organi meccanici. I manometri solitamente servono per misurare proprio la pressione relativa all'interno dei serbatoi, tubazioni o attuatori. La pressione assoluta si usa per le leggi dei gas nello studio delle trasformazioni fra stati diversi.



La legge di stato dei gas perfetti: equazione di stato \rightarrow $p_1*v_1/T_1 = p_2*v_2/T_2 = ... = m*R$

 Legge di Boyle →
 T= costante →
 trasformazione isotermica P= pressione assoluta [pa=Pascal]
v= volume effettivo occupato [m]
T= temperatura assoluta [kelvin=K]
m= massa in Kg

R= costante dei gas (per l'aria vale 287 [J/(Kg*K)



Consideriamo un serbatoio in cui l'aumento di pressione avvenga lentamente ed il recipiente sia conduttore di calore:

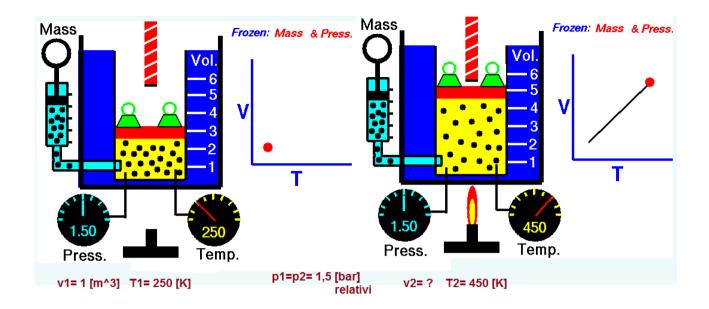
$$\rightarrow p_1v_1 = p_2v_2 \rightarrow p_2 = p_1*v_1/v_2 = (1+1)*2/0,8 = 5 \text{ [bar }_{assoluto}\text{]}$$

2. Leggi di Gay-Lussac

Isobara= pressione costante

 $v_1/v_2 = T_1/T_2 \rightarrow v_2 = v_1 * T_2/T_1 = 1*450/250 = 1,8 \text{ [m}^3\text{]}$

Se si surriscalda il gas senza che possa cedere calore all'esterno e si fa in modo che la forza verticale (il peso) sul pistone resti costante, si ha una trasformazione a pressione costante (isobara)



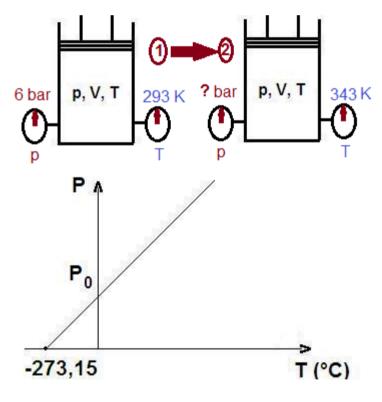
Isometrica = volume costante

In un serbatoio rigido e chiuso viene fornito calore aumentando la temperatura con conseguenze anche sulla pressione

$$p_1/T_1 = p_2/T_2 \rightarrow$$

$$p_2 = p_1 * T_2 / T_1 =$$







La compressione produce calore mentre l'espansione l'assorbe.

L'aria compressa viene prodotta con macchine operatrici denominate compressori che conferiscono energia potenziale all'aria comprimendola.

Per funzionare correttamente il compressore necessita di diverse apparecchiature ed insieme ad esse costituisce la

centrale di compressione.

TRATTAMENTO DELL'ARIA COMPRESSA

I trattamenti necessari sono:

- FILTRAZIONE dell'aria aspirata dall'esterno prima della sua compressione. Essa serve ad evitare l'invio al compressore di quelle particelle, di varie dimensioni e di diversa natura, che si trovano sospese nell'aria
- 2. ESSICAZIONE dopo la compressione consente di ridurre notevolmente il pericolo della formazione di condensa
- 3. LUBRIFICAZIONE dell'aria già compressa prima dell'utilizzazione. Essa consiste nel mescolare all'aria piccole particelle di olio lubrificante ed è necessaria perché gli attuatori ed i relativi organi di comando e di pilotaggio pneumatici sono costituiti da elementi in moto relativo tra di loro e quindi necessitano di lubrificazione per evitare il fenomeno di grippaggio.

Gruppo trattamento aria: perché è necessario?

Dopo vari percossi compiuti dall'aria compressa, attraverso le tubature giunge agli impianti di utilizzazione. Un compressore che eroga **50 l/sec** in un anno immette nel circuito circa **4000 litri di acqua** e **8 litri di olio**, per cui l'aria si presenta molto sporca e umida. La qualità dell'aria influisce notevolmente sulle parti che compongono l'impianto. I danni provocati da queste scorie, se immesse nell'impianto, possono essere molto gravi.

Le proprietà abrasive delle polveri possono danneggiare le guarnizioni dinamiche degli attuatori e delle valvole, mentre l'acqua e l'olio, passando attraverso il circuito, "lavano" tutti gli organi del grasso lubrificante posto al momento del montaggio.

Inoltre la pressione dell'aria potrebbe essere troppo elevata per l'impianto, a questi scopi vengono inseriti negli impianti degli elementi filtranti e regolanti.

Un semplice gruppo trattamento aria perciò è formato da:

- Un filtro
- Un regolatore
- Un manometro

Perché è necessario filtrare l'aria?

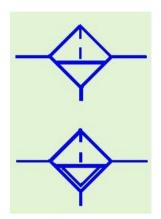
La presenza di impurità, pulviscolo e di umidità nell'aria lascia delle incrostazioni che in breve tempo portano ai seguenti inconvenienti:

- Riduzione della potenza e del rendimento produttivo degli utilizzatori
- Un aumento dei costi dovuto alla manutenzione o sostituzione delle parti dell'impianto



Immediatamente prima di essere inviata agli utilizzatori l'aria deve essere filtrata mediante un **filtro-separatore di condensa**:

- per eliminare le impurità provenienti dal compressore e dalle tubazioni della rete di distribuzione (grumi di olio lubrificante, pulviscolo, particelle di ruggine e altro ancora)
- per eliminare della condensa presente nell'aria (umidità)



Filtro separatore di condensa a scarico manuale

Filtro separatore di condensa a scarico automatico

REGOLATORI DI PRESSIONE: a cosa serve?



Per ottenere un funzionamento corretto degli utilizzatori è necessario alimentarli con aria a pressione costante.

Il regolatore di pressione è un componente pneumatico il cui scopo principale è quello di ridurre la pressione al valore richiesto da uno o più utilizzatori ad esso collegati.

Un'altra funzione strettamente legata alla prima, è quella di mantenere la pressione secondaria sempre allo stesso valore indipendentemente dalla variazione della pressione di rete e dalla portata a valle del riduttore.

Il regolatore, impostato alla pressione richiesta, la mantiene costante

anche al variare della portata richiesta dall'impianto e dalla pressione a monte del regolatore stesso.

Come funziona un regolatore di pressione?

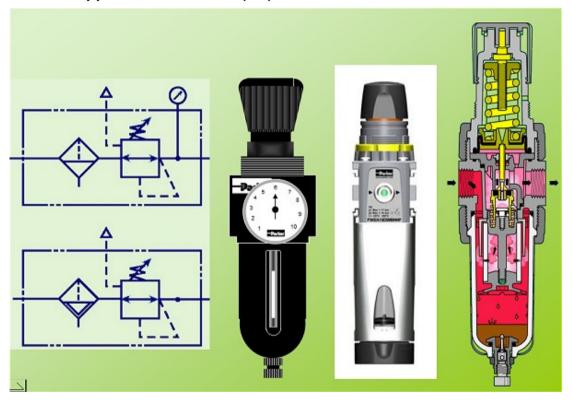
Il funzionamento è il seguente: tramite una vite si può regolare la forza con cui una molla agisce su una membrana. Dall'altro lato della membrana per equilibrare la forza dovuta alla molla, agisce la pressione dell'aria, prelevata all'uscita.



Nel caso in cui la pressione dell'aria all'uscita aumenti, le forze dovute alla molla ed alla pressione non sono più in equilibrio e la membrana si sposta verso l'alto, comprimendo la molla alla ricerca di un nuovo stato di equilibrio. Alla membrana è collegato un otturatore che va a ridurre, ed al limite a chiudere la luce del passaggio dell'aria, riducendone la portata con conseguente diminuzione di pressione negli utilizzatori.

Nel caso in cui, viceversa vi sia una diminuzione della pressione in uscita, la molla spingerà in basso la membrana, causando l'apertura della luce di passaggio dell'aria, con conseguente aumento della pressione negli utilizzatori

Gruppo Filtro-Riduttore (FR)

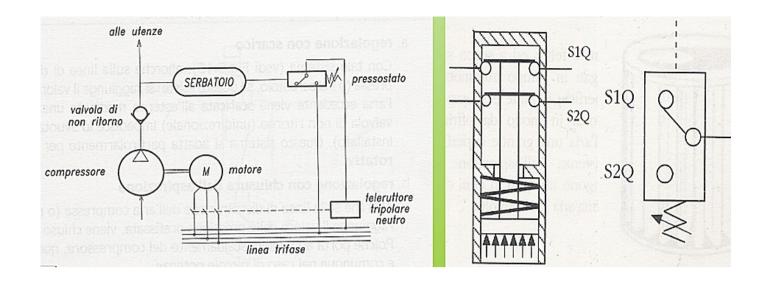


Il filtro e il regolatore possono essere anche uniti in un unico elemento, chiamato filtroregolatore, nel quale l'aria prima viene filtrata e poi regolata.

Pressostati

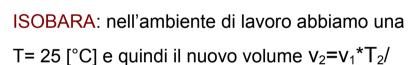
All'uscita del compressore, lungo la linea cha va la serbatoio è presente un pressostato che misura il valore della pressione e lo traduce in un segnale elettrico che consente:

- di azionare il motore collegato al compressore quando la pressione è scesa al di sotto di un certo valore minimo prefissato
- di fermare automaticamente il compressore quando la pressione nel serbatoio raggiunge il valore massimo prestabilito, che deve essere comunque inferiore al valore di taratura della valvola di massima.



Cosa accade ad una q.tà d'aria elaborata in un impianto?

1 [Nm³] di aria in condizioni normali si trova a livello del mare ad una temperatura di 0 [°C] (273 [K]) ed a una pressione di 101.325 [Pascal]= 1,013 [bar] ass.



 $T_1=1*298/273=1,092$ [m³]

COMPRESSIONE: il volume d'aria, subendo una brusca riduzione, ha risvolti significativi sia sul dimensionamento delle condotte che sulla q.tà umidità presente nell'aria e sulla condensa che si forma $P_3 = p_2 * v_2 / T_2 * (T_3 / v_3) =$

 $1,013*1,092*353/(298*0,121) = 10,83 [bar_assoluto]$



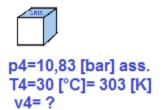
 $V_4 = v_3 * T_4 / T_3 = 0,121*303/353 = 0,104 \text{ [m}^3\text{]}$







p3= ? v3= 0,121 [m] T3= 80 [°C]=353 [K]

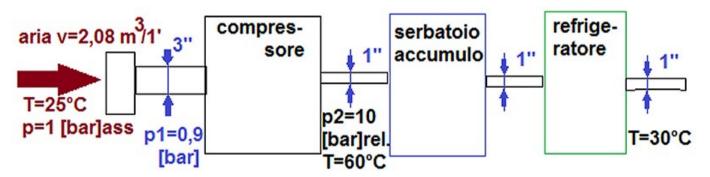


PORTATE

La portata in un condotto viene definita dal volume che attraversa la sezione nell'unità di tempo:

- portata volumetrica: $q_v[m^3/s] = \Delta V/\Delta t = \Delta x^*A/\Delta t = v_m^*A [m/s]^*[m^2]$
- portata massica: qm [Kg/s]= q_v[m³/s]* ∫ [Kg/m³]
 ∫ = massa volumica alla pressione considerata
 La portata massica rimane sempre la stessa, ma quella volumetrica cambia notevolmente al variare della pressione; questo è importante perché le perdite di carico nell'impianto sono legate alla velocità dell'aria.

Esercizio: determinare le velocità nei condotti



- si determina il volume corrispondente alle condizioni Normali (T=0°C);
 si sostituisce nelle formule, al posto dei volumi, le rispettive portate
 p_N*q_N/T_N= p_{am}*q_{am}/T_{am} →
 q_N= p_{am}*q_{am}*T_N/(T_{am}*p_N)=1*2,08*273/(298*1)=1,91 (Nm³/1')
- si determina la massa volumica: q_m=q_n* ∫ =1,91*1,293= 2,47 [Kg/1']
- prima del compressore la pressione p1=0,9 [bar]ass. è leggermente inferiore a quella atmosferica
 d₁= 3"= 3*25,4=76,2[mm] A₁=¶*(d₁/2)²= 3,14*(0,0762/2)²= 4,56*10⁻³[m²]

$$\begin{aligned} & d_1 = 3^n = 3*25, 4 = 76, 2 \text{[mm]} \quad A_1 = \P^*(d_1/2)^2 = 3, 14^*(0,0762/2)^2 = 4,56^*10^{-3} \text{[m}^2] \\ & q_1 = p_{am} * q_{am} * T_1 / (T_{am} * p_1) = 1*2,08*298 / (298*0,9) = 2,31 \text{ [m}^3/1'] \\ & q_{v1} = 2,31/60 = 0,0385 \text{ [m}^3/\text{s]} \\ & \text{velocità } v_{m1} = q_{v1} / A_1 = 0,0385*10^3 / 4,56 = 8,44 \text{ [m/s]} \end{aligned}$$

dopo il compressore

$$d_2$$
= 1"= 1*25,4=25,4 [mm] A_2 =¶*(d_2 /2)²= 3,14*(0,0254/2)²= 5,07*10⁻⁴[m²] p_2 = 10 [bar]_{rel.} =(10+1) = 11[bar]_{ass.} T_2 = 60°C = 333 [K]

$$q_2 = p_{am} * q_{am} * T_2 / (T_{am} * p_2) = 1*2,08*333 / (298*11) = 0,2113 [m^3/1']$$

$$q_{v2} = 0,2113/60 = 0,00352 [m^3/s]$$
velocità $v_{m2} = q_{v2}/A_2 = 0,00352/0,000507 = 6,94 [m/s]$

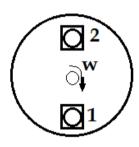
• dopo il refrigeratore

$$\begin{split} &d_3 = 1"= 1*25,4=25,4 \text{ [mm]} \quad A_3 = \P^*(d_2/2)^2 = 3,14^*(0,0254/2)^2 = 5,07^*10^{-4}\text{[m}^2] \\ &p_3 = 10 \text{ [bar]}_{rel.} = (10+1) = 11 \text{[bar]}_{ass.} \quad T_3 = 30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ [K]} \\ &q_3 = p_{am} * q_{am} * T_3 / (T_{am} * p_3) = 1*2,08*303 / (298*11) = 0,192 \text{ [m}^3/1'] \\ &q_{v3} = 0,192/60 = 0,0032 \text{ [m}^3/\text{s]} \\ &\text{velocità } v_{m3} = q_{v3} / A_3 = 0,0032 / 0,000507 = 6,31 \text{ [m/s]} \end{split}$$

GRAFCET

Per facilitare al massimo il dialogo tra l'utente ed il fornitore di automazione è necessario disporre di un mezzo di rappresentazione delle specifiche che sia privo di incertezze, di facile comprensione e possibilmente normalizzato.

- Il metodo GRAFCET è nato in Francia nel 1977 con questi propositi.
- GRAFCET: GRAphe Functionnel de Command Etapes-Transition
- Esempio esplicativo:

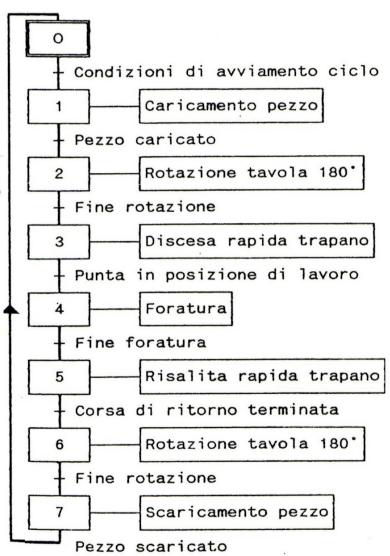


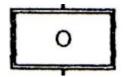
1: postazione di carico/scarico 2: postazione di foratura

- Si deve studiare l'automazione di una stazione di foratura costituita da una tavola rotante a due posizioni:
- un sistema di carico e scarico pezzi {1};
- un trapano a colonna{2}.
- _

Grafcet descrittivo della stazione di foratura.

- avviamento del ciclo,
- caricamento del pezzo da forare,
- rotazione di 180º della tavola,
- discesa rapida del trapano,
- discesa di lavoro del trapano,
- risalita rapida del trapano,
- rotazione di 180º della tavola,
- scarico del pezzo forato.





 Lo stato in figura rappresenta lo stato iniziale di riposo del sistema. Accanto al numero d'ordine della fase viene riportata, entro un apposito rettangolo, la

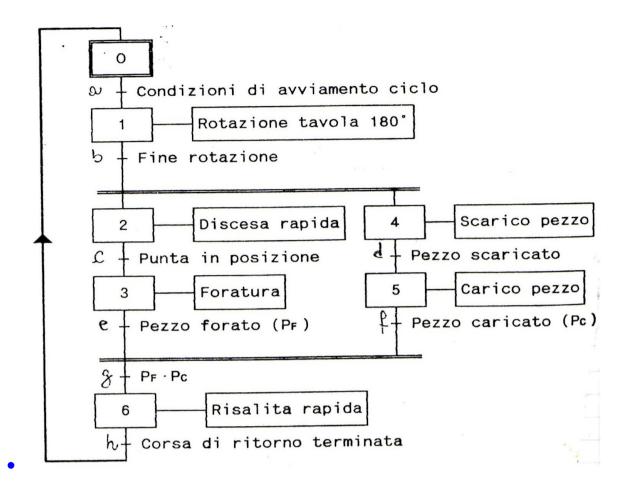
descrizione dell'operazione.

 Le varie fasi sono separate da un trattino orizzontale accanto a cui si riporta l'indicazione del finecorsa che permette il passaggio da una fase alla successiva.

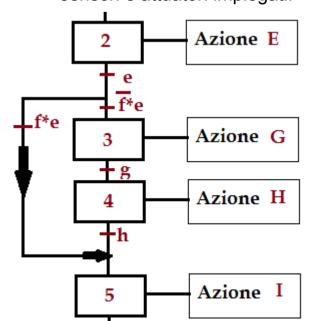


•

• TEMPO CICLO: il tempo richiesto per effettuare tutte le operazioni Tale tempo diminuisce sensibilmente se il comando viene realizzato come in figura sottostante poiché più azioni sono eseguite contemporaneamente sulle due postazioni della tavola rotante: lo scarico di un pezzo forato avviene durante la discesa rapida del trapano e mentre questo effettua la foratura si ha il caricamento di un nuovo pezzo.



- Il grafcet di primo livello ha lo scopo di chiarire al progettista quale dovrà essere il compito del blocco di comando da costruire e di conseguenza né la natura né le caratteristiche dei sensori e degli attuatori utilizzati rivestono importanza in questa fase di studio.
- Il grafcet di secondo livello, detto anche operativo, deve contenere tutte quelle notizie, di carattere tecnologico, che precisano il comando dal punto di vista costruttivo. In tale fase intervengono le informazioni sui sensori e attuatori impiegati.



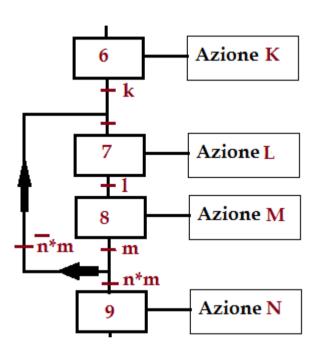
SALTO CONDIZIONATO

 In figura viene considerata una situazione che si presenta piuttosto frequentemente e che richiede il ricorso ad una operazione che si dice salto condizionato. Esso consente di saltare una o più fasi quando le azioni ad esse associate risultano inutili.

In questo caso se f=1 si passa dall'azione E all'azione I; se f=0 dalla fase 2 alla fase 3

•

• RIPRESA DI SEQUENZA



- Sono quelle operazioni che permettono di ripetere una o più volte la stessa sequenza finchè non si ottiene una fissata condizione.
- La sequenza 7-8 viene ripetuta finchè non si verifica la condizione n=1

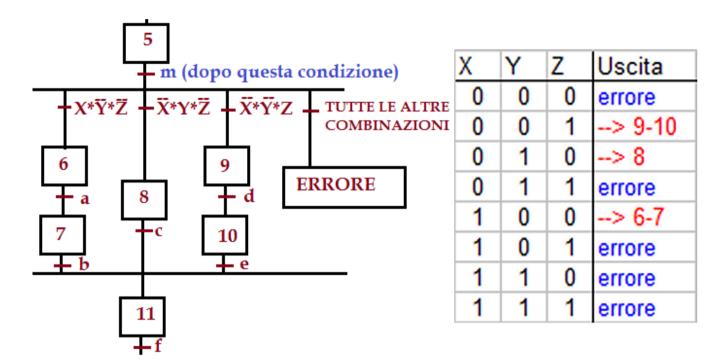
•

•

•

• SCELTA DI SEQUENZA

•

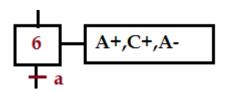


A volte capita di dover scegliere in base al verificarsi di certe condizioni tra più sequenze possibili.

- se X=1 (e Y=0 e Z=0) si ha l'esecuzione della fase 6-7;
- se Y=1 (e X=0 e Z=0) si ha l'esecuzione della fase 8;
- se Z=1 (e Y=0 e X=0) si ha l'esecuzione della fase 9-10;
- in tutti gli altri casi si gestisce l'errore (motore che si ferma, segnale rosso..)

•

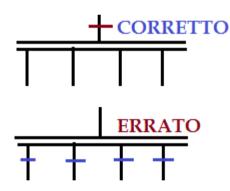
 Nella costruzione del GRAFCET deveono essere evitati con cura eventuali errori di sintassi come: non si devono trovare, in uno stesso rettangolo che definisce il contenuto di un passo, due azioni opposte;



+ ERRATO
CORRETTO

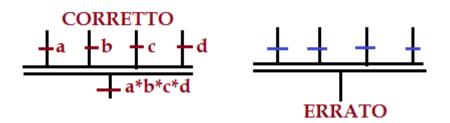
qualunque siano i collegamenti utilizzati, la struttura deve essere rigidamente sequenziale: ad un passo ne deve seguire un altro chiaramente indicato;

 le "divergenze" devono essere seguite da tante transizioni quante le sequenze opzionali e non da una sola comune a tutte. Ciascun ramo costituisce una alternativa agli altri e viene eseguito quando si verifica la propria condizione di abilitazione



 i rami che devono essere seguiti in parallelo hanno bisogno di un'unica condizione di abilitazione comune a tutti i rami

 per le "convergenze": alla fine di più esecuzioni in parallelo, un'unica condizione di abilitazione, coincidente col prodotto logico di tutte le condizioni parziali, fa proseguire il ciclo

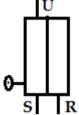


METODO SEQUENZIATORE

L'assemblaggio di più moduli standard, uno di seguito all'altro, dà luogo al dispositivo che prende il nome di sequenziatore e che risolve qualsiasi problema che possono essere come segnali ripetuti o bloccanti.
Esso è costituito da un numero di moduli pari a quello delle fasi della sequenza da comandare.

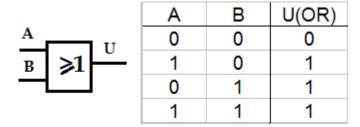
Ogni modulo è formato da:

1. una memoria ad attivazione prevalente



2. un elemento AND

3. un elemento OR

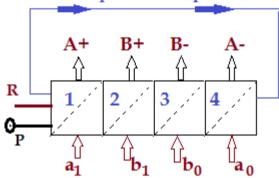


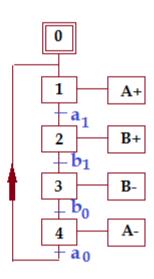
La descrizione del ciclo più adatta all'impiego del metodo del sequenziatore è quella effettuata per mezzo del diagramma grafcet: esso consente un passaggio diretto dallo schema descrittivo a quello operativo

Supponiamo di dover fare la sequenza ad L che, come noto, ha segnali bloccanti

A+ /B+ /B- /A-

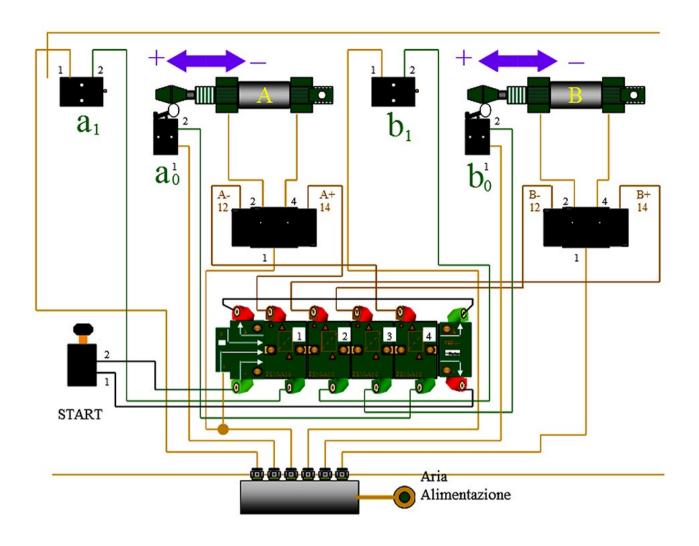
la linea di uscita del primo modulo resetta la memoria di quello che lo precede e cioè l'ultimo

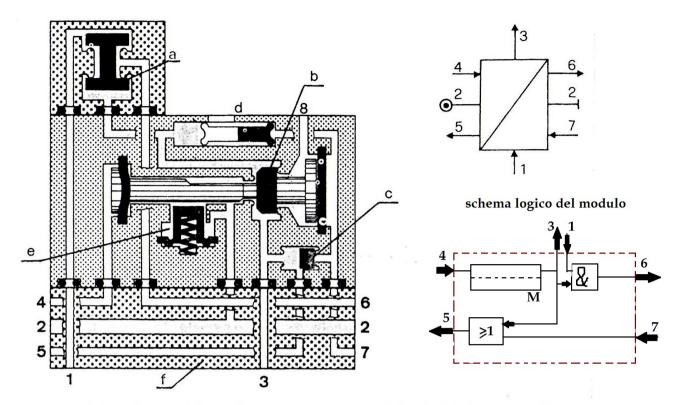




P= segnale di alimentazione che arriva dal banco

R= reset o emergenza





- Sezione di un modulo standard per sequenziatore e relativo simbolo logico semplificato; (a) Elemento AND; (b) Memoria; (c) Elemento OR; (d) Visualizzatore di fase; (e) Freno; (f) Base di collegamento; (l) Segnale di finecorsa; (2) condotto di alimentazione; (3) Uscita di comando; (4) Segnale avvio fase; (5) Segnale di disattivazione della memoria di fase precedente; (6) Segnale di predisposizione della fase successiva; (7) Segnale di disattivazione della memoria (Per concessione di CROUZET).

Principio della cancellazione massima

Una memoria per ogni fase di ciclo in modo che ciascun segnale permanga per una sola fase e non possa svolgere alcuna funzione bloccante.

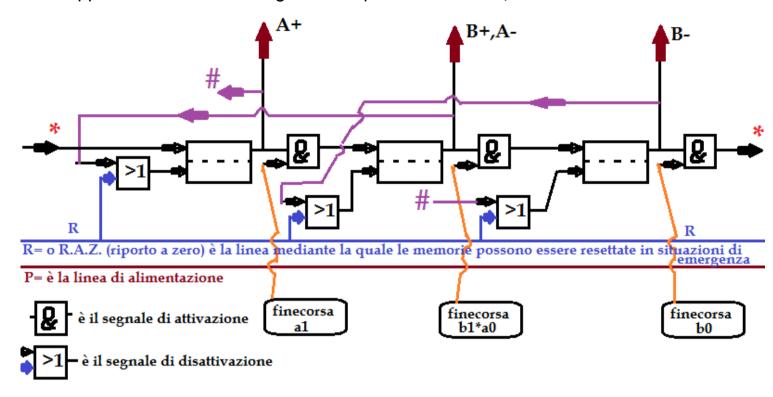
Ciascuna memoria resetta la precedente ed abilita il settaggio della successiva.

Qui i finecorsa non comandano direttamente i distributori principali, ma costituiscono dei consensi ai moduli di fase e non possono svolgere alcuna funzione "bloccante".

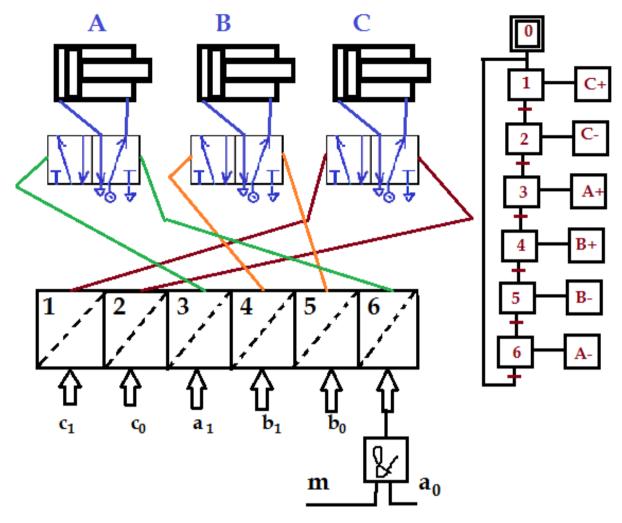
Ogni modulo comporta un visualizzatore del segnale di uscita e così in caso di arresto intempestivo della macchina, il sequenziatore visualizza la fase di arresto permettendo di individuare velocemente il guasto.

Ad ogni fase del ciclo corrisponde un modulo che emette un ordine (A+, B+, B-, A-, ...) e riceve un segnale di ritorno (a_1 , b_1 , b_0 , a_0 , ..) per assicurare il passaggio alla fase successiva

Supponiamo di avere la seguente sequenza: A+/B+,A-/B-



Esempio: C+/ C-/ A+/ B+/ B-/ A-



La diffusione dell'uso dei sequenziatori, soprattutto per macchine di una certa complessità, è dovuta alle seguenti motivazioni:

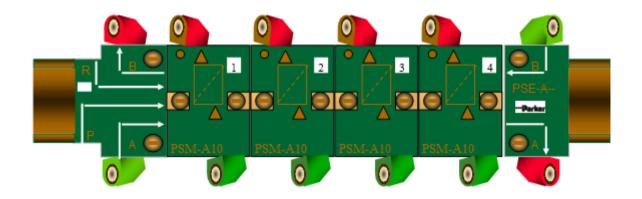
- consentono lo studio immediato del circuito di comando a partire dal diagramma grafcet del ciclo;
- la loro concezione modulare facilita la realizzazione del comando pneumatico anche quando il ciclo diviene particolarmente complesso, grazie all'eliminazione di gran parte del cablaggio;
- durante lo svolgimento del ciclo, essendo attivo un solo modulo per volta, non nascono problemi relativi ai segnali bloccanti e ripetuti e all'azionamento accidentale dei finecorsa;

4. possono essere realizzati indifferentemente con tecnologia pneumatica, elettromeccanica ed elettronica.

Per contro la scelta del sequenziatore conduce a:

• costo elevato del sistema di comando ed il suo ingombro

ESEMPIO A 4 PASSI



ELETTROPNEUMATICA

COMANDO ELETTROPNEUMATICO: un automatismo con blocco di attuazione pneumatico e blocco logico elettrico.

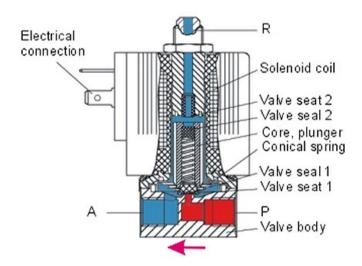
I segnali di comando inviati agli attuatori dall'unità di elaborazione, essendo questa di tipo elettrico, sono elettrici e quindi occorre utilizzare dispositivi in grado di tradurre questi segnali in pneumatici (elettrovalvole) Elettrovalvola: valvola a solenoide o valvola elettromagnetica

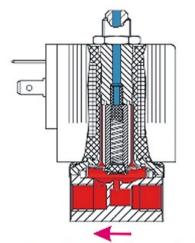
Nella funzione NC



(Normalmente Chiusa), l'ingresso P è collegato al

condotto del fluido sotto pressione, la via A rappresenta l'uscita e l'uscita R lo scarico o ventilazione. In assenza di alimentazione una molla a cono, spinge l'otturatore sulla sede 1 della valvola e blocca la mandata P. L'uscita A è collegata allo scarico R. Se il solenoide è alimentato (segnale elettrico) il nucleo è tirato nella bobina, mentre sede 2 è chiusa tramite una molla posizionata





La Valvola a solenoide 3/2-vie ad azione diretta, ingresso P chiuso, uscita A in scarico verso R (sinistra), ingresso P aperto verso uscita A (destra)

sulla guarnizione 2. La via di scarico R è così chiusa. Col movimento

dell'attuatore in salita, la sede 1 è aperta e il fluido può passare dal punto P al punto A.

Elementi di pilotaggio elettromeccanici.

Nei comandi elettropneumatici gli elementi di pilotaggio sono realizzati mediante i seguenti dispositivi:

- CONTATTI ELETTRICI: sono utilizzati soprattutto per realizzare
 console di comando in cui sono raggruppati tutti i dispositivi di
 {START}- {STOP}- {COMMUTAZIONE}- {SEGNALAZIONE MACCHINA
 o LINEA}
- 2. FINECORSA ELETTROMECCANICI:



3. SENSORI O INTERRUTTORI DI PROSSIMITA': sono impiegati in tutti quei casi in cui occorre rilevare la posizione di un corpo senza toccarlo. Si possono classificare in:

```
→ Induttivi → magnetici → ad ultrasuoni → capacitivi → ottici
```

Gli elementi logici elettromeccanici (unità di elaborazione) possono essere realizzati con tecnologia elettrica ricorrendo a:

→ contatori elettromeccanici

RELE': è basato sul principio che un elettromagnete, quando è percorso da una corrente, è in grado di attirare materiali ferrosi

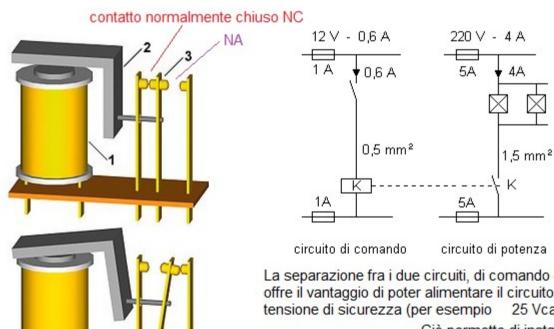


Immagine che schematizza il funzionamento di un relè.

Legenda:

- 1. Bobina
- 2. Ancora
- 3. Contatto mobile

La separazione fra i due circuiti, di comando e di potenza, offre il vantaggio di poter alimentare il circuito di comando a 25 Vca ,50 Vcc).

Ciò permette di installare organi di comando normali (interruttori e pulsanti) anche in luoghi ed ambienti particolari, quali bagni, lavanderie, ecc., cioè, in generale, in tutti quei luoghi considerati umidi e per i quali è richiesta, per ragioni di sicurezza delle persone, una tensione ridotta.

relè elettromagnetico ad innesto



Con riferimento alla modalità di commutazione, i relè si dicono:

- MONOSTABILI (o UNISTABILI) quando al cessare dello stato di eccitazione dell'elettrocalamita, si ha il ritorno dei contatti nella posizione che avevano prima della commutazione;
- 2. BISTABILI quando, nel momento in cui si verifica l'assenza di tensione sul circuito ausiliario, mantengono l'ultimo stato assunto dai contatti

<u>TEMPORIZZATORI</u>: relè + timer consentono commutazioni temporizzate, ovvero

ritardate di un fissato intervallo di tempo a partire dall'istante in cui

si

verificano certe condizioni. I ritardi possono avvenire sia in

apertura

che in chiusura

CONTATORI: consentono commutazioni al raggiungimento di un totale di eventi

prefissato

SCHEMI ELETTROPNEUMATICI

Essi sono costituiti da due parti separate:

 circuito di potenza pneumatico: comprende solo gli attuatori con i relativi distributori che in tal caso sono a comando elettrico

o sono a

+24[V]

simbolo
generico
del relè:
(X,Y,W,T,Z)

Х

 circuito di comando elettrico: consiste in uno schema elettrico funzionale.
 L'elemento che unisce i due schemi è il

nome assegnato alle bobine

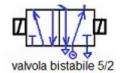
ELETTROPNEUMATICA: STABILITA' DEL COMANDO

Segnale stabile: quando il suo effetto resta, anche in sua assenza, fino al verificarsi di un apposito segnale contrario.

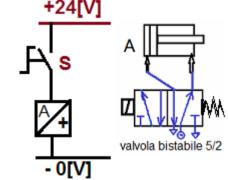
Segnale instabile: quando il suo effetto cessa nell'istante in cui esso viene a mancare

La stabilità del comando può ottenersi in due modi:

 con elettrovalvola bistabile: la funzione memoria viene svolta dall'elettrovalvola che, una volta commutata, resta nella posizione raggiunta fino a quando non arriva il segnale contrario;

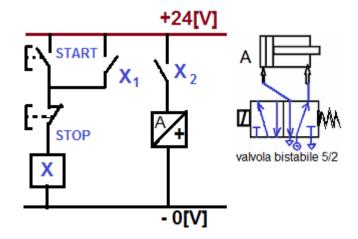


- 2. con elettrovalvola uni stabile. La memorizzazione deve avvenire per mezzo di dispositivi elettrici come:
 - a. selettore: si ha una corsa positiva non appena S si pone nella posizione ON. Il comando è stabile perché lo stelo resta fuori finchè S viene commutato in OFF;

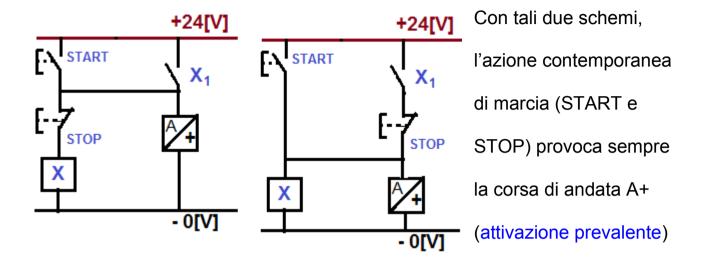


b. circuito di autoritenuta: se
vengono azionati
contemporaneamente sia lo
START che lo STOP,
prevale lo STOP ed X (il
relè) non può essere

eccitato (disattivazione



prevalente)

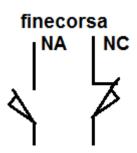


CABLAGGIO DI CIRCUITI ELETTROPNEUMATICI

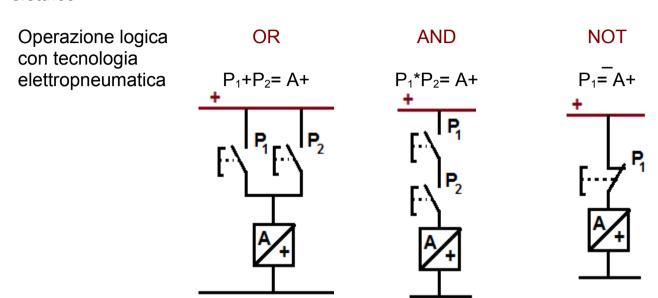
I collegamenti devono essere effettuati sempre in assenza di alimentazione elettrica e pneumatica. I termini NA (Normalmente Aperto) e NC (Normalmente Chiuso) assumono significati opposti quando sono riferiti ad un elemento pneumatico o ad un componente elettrico.

	Componente pneumatico	Componente elettrico
	In condizioni di riposo il circuito	In condizioni di riposo il circuito
NA	pneumatico è aperto (ovvero c'è aria)	elettrico è aperto (ovvero non
		circola corrente)
	In condizioni di riposo il circuito	In condizioni di riposo il circuito
NC	pneumatico è chiuso (ovvero non c'è	elettrico è chiuso (ovvero circola
	aria)	corrente)

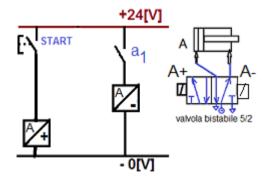
I contatti elettrici vanno disegnati in base alla loro caratteristica e non in base alla situazione contingente .



CABLAGGIO: in elettrotecnica ed in elettronica è l'insieme dei cavi elettrici e relativi accessori che costituiscono gli elementi di collegamento di un circuito elettrico



Cablaggio per ciclo **A+/A-** semiautomatico con elettrovalvola <u>5/2 bistabile</u>
Osservazioni:



- Se viene premuto lo START durante la corsa di ritorno dello stelo, si ha immediatamente A+ ed il ciclo non si completa;
- Se non si rilascia lo START subito

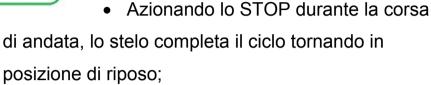
dopo la partenza, il ciclo si ferma alla fine della prima fase;

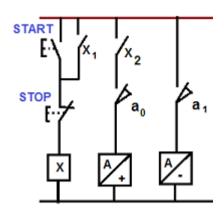
 Se si preme accidentalmente a1 durante la corsa di andata (ed in assenza dello START) lo stelo rientra A- → Cablaggio per ciclo A+/A- automatico con elettrovalvola 5/2 bistabile



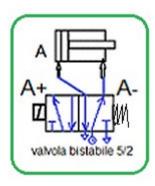
Dopo l'azionamento dello START lo stelo compie ripetutamente il ciclo fino a quando non viene azionato lo STOP.

Oservazioni:



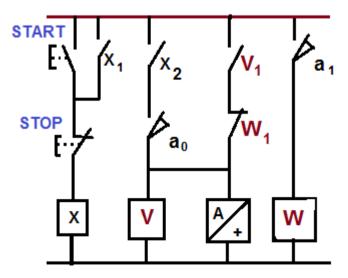


- In caso di mancanza di alimentazione elettrica durante la corsa di andata, lo stelo rimane tutto fuori. Al ritorno dell'alimentazione lo stelo rientra ed il ciclo si arresta
- → Cablaggio per ciclo A+/A- automatico con elettrovalvola <u>5/2 unistabile</u>



Sono necessari tre relè:

- → X per l'autoritenuta dello START;
- → V per l'autoritenuta di A+: mantenimento della commutazione per tutta la durata della corsa di andata;
- → W per la chiusura dell'autoritenuta di A+



Osservazioni:

- Azionando lo STOP durante la corsa di andata, lo stelo completa il ciclo ritornando in posizione di riposo;
- In mancanza di alimentazione elettrica durante la corsa di andata, lo stelo inverte la corsa e rientra in posizione

negativa. Al ritorno dell'alimentazione non succede niente, il ciclo si è fermato.

ELETTROPNEUMATICA: CICLO SEMIAUTOMATICO A+/ B+/ A-/

B-

Equazione dei movimenti

 $M*b_0 = A+$

 $a_1 = B+$

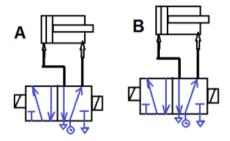
 $b_1 = A_-$

 $a_0 = B_-$

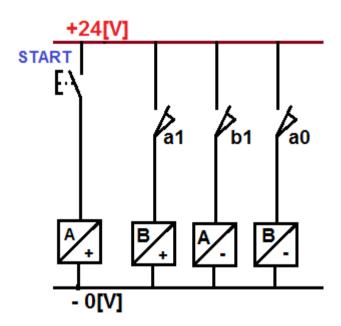
Ci sono delle anomalie di funzionamento:

- → l'azione prolungata di START impedisce la corsa A- e blocca il ciclo con i due steli entrambi fuori:
- → l'azione di START durante la corsa B- provoca la corsa A+ prima che sia ultimata quella del cilindro B

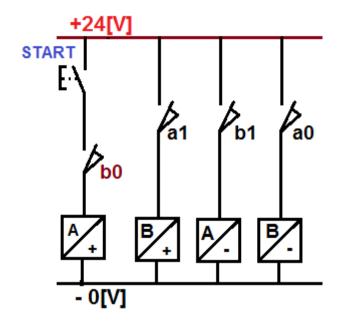
Schema di potenza



schema elettrico



• Con b₀ si fa in modo che il cilindro A non possa partire prima del completamento della corsa di rientro di B



COMANDO DI EMERGENZA

Nella progettazione dei comandi automatici occorre prestare particolare attenzione alle problematiche della sicurezza dei circuiti.

In alcuni casi di pericolo, per le persone o per le macchine, occorre arrestare immediatamente il movimento.

Per soddisfare questa importante esigenza di sicurezza, si dispone un comando di emergenza che deve avere le seguenti caratteristiche:

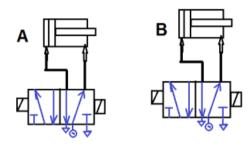
- Il pulsante deve essere del tipo a fungo (per azionamento a palmo), di color rosso e ben visibile;
- Al suo, azionamento la macchina deve fermarsi o ritornare immediatamente in posizione di riposo;
- Dopo il suo azionamento, deve essere
 possibile riavviare la macchina solo attraverso un pulsante di
 riavviamento (detto anche reset). Normalmente il pulsante di
 riavviamento è posto in un armadio chiuso in modo tale da essere
 accessibile solo alle persone autorizzate.

CICLO QUADRO A+/ B+/ A-/ B- (con valvole bistabili)

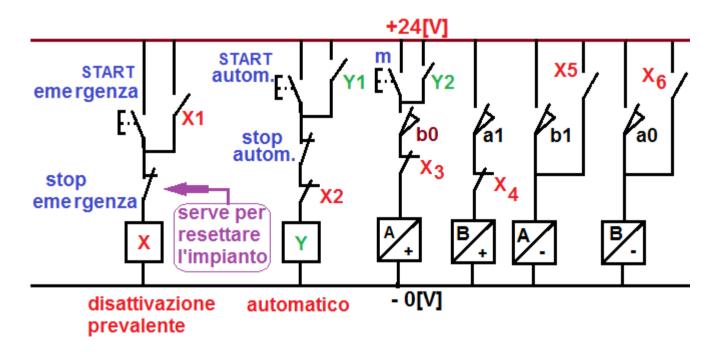
Equazione dei movimenti

Schema di potenza

$$M^*b_0 = A +$$
 $a_1 = B +$
 $b_1 = A a_0 = B -$

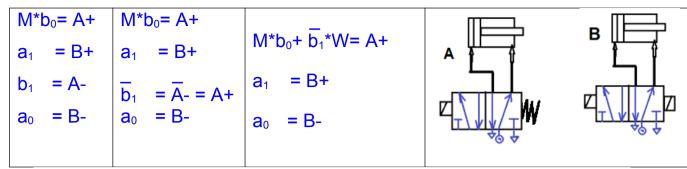


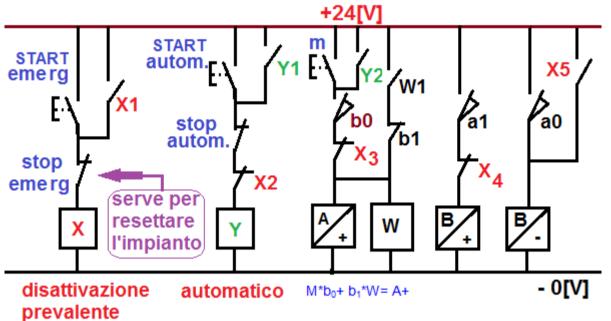
Schema elettrico: i contatti elettrici vanno disegnati in base alla loro caratteristica e non in base alla situazione contingente



CICLO QUADRO A+/B+/A-/B- (con A:valvola monostabile e B: valvola bistabile)

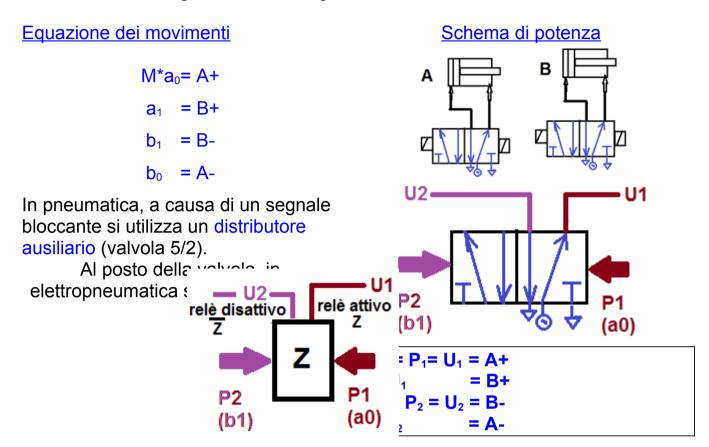
Equazione dei movimenti	Schema di potenza
-------------------------	-------------------



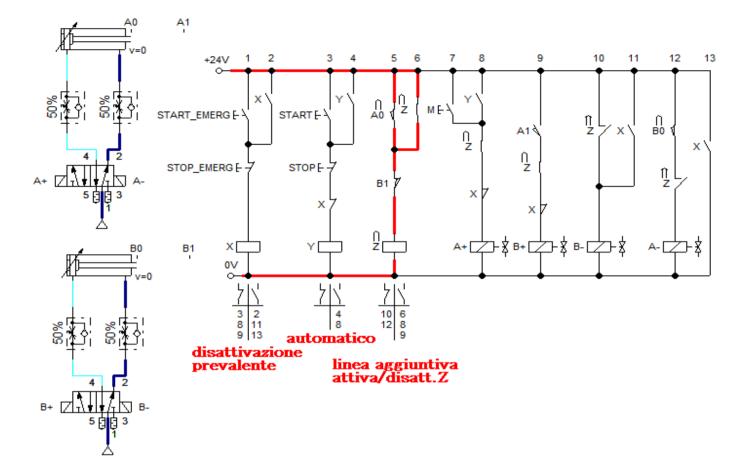


ELETTROPNEUMATICA: CICLO QUADRO A+/ B+/ B-/ A-

Tale ciclo che ha segnali bloccanti è gestito da due valvole bistabili:



Schema elettrico:



Esercizio: A+/ B+/ B-/ C+/ C-/ A- con valvole bistabili

$M*a_0=A+$ $a_1 =B+$	$M^*a_0 = P_1 = U_1 = A + a_1^*U_1 = B + a_1^*U_1$
b ₁ =B- b ₀ =C+	$b_1 = P_2 = U_2 = B$ $b_0 * U_2 = C+$
$c_1 = C$	$c_1 = P_3 = U_3 = C$
$c_0 = A$	$c_0^*U_3$ =A-

