UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

PAS _ A020_UNIPD_2015

Didattica delle tecnologie meccaniche di processo e di prodotto.

Professore Domenico Fernando Antonucci

PAS _ A020_UNIPD_2015

Didattica delle tecnologie meccaniche di processo e di prodotto.

Analisi, Riflessioni, Esercitazioni

Professore Domenico Fernando Antonucci

AUTOMAZIONE PNEUMATICA

La pneumatica è uno dei mezzi più economici e sicuri per la risoluzione degli innumerevoli problemi di automazione.

La comodità di avere a disposizione una fonte di energia secondaria come l'aria compressa (considerando pure il suo costo di produzione), l'economicità dei componenti, la semplicità dei collegamenti uniti alla sicurezza ed all'affidabilità, fanno sì che la pneumatica occupi un posto di primo piano nell'automazione in genere.

Campi di impiego dell'aria compressa. — L'aria compressa, rispetto ad altri mezzi di trasporto dell'energia, ha delle caratteristiche che ne rendono opportuno e consigliabile l'impiego e altre che ne limitano l'applicazione.

In pneumatica la pressione è bassa soprattutto per ragioni di sicurezza in quanto, con pressioni elevate, un'espansione improvvisa dell'aria dovuta a guasti avrebbe caratteristiche esplosive; inoltre, all'aumentare del rapporto di compressione, i compressori divengono più ingombranti, complicati e con rendimenti più bassi; infine sono opportune pressioni limitate per problemi di rumorosità allo scarico.

Caratteristiche favorevoli: *a*) il fluido operatore, l'aria appunto, è innocuo ed è disponibile in qualsiasi luogo e nella quantità desiderata; *b*) i circuiti pneumatici possono limitarsi al solo ramo di alimentazione perché il ritorno dell'aria può avvenire liberamente attraverso l'ambiente; *c*) i problemi di tenuta, pur essendo presenti, non sono vincolanti nel progetto dei dispositivi pneumatici; *d*) si ottengono facilmente movimenti rettilinei e veloci; *e*) i componenti sono economici e facilmente reperibili.

Limitazioni: *a*) impiego riservato ai dispositivi di piccola potenza (fig. 1.1), perché alle pressioni usuali della pneumatica (6,3 bar relativi), per ottenere potenze elevate sarebbero necessari dispositivi ingombranti e costosi; *b*) impossibilità di conseguire posizionamenti continui con precisione perché l'aria, essendo un mezzo elastico, realizza spostamenti nulli solo con sforzi nulli; *c*) impossibilità di controllare in modo preciso la velocità quando varia il carico o durante i transitori, ciò sempre a causa della comprimibilità dell'aria.

L'impiego della pneumatica è consigliabile in tutte le applicazioni che richiedono sforzi limitati e velocità anche elevate, ma senza la necessità di un controllo preciso della posizione o della velocità. La pneumatica è ideale per la realizzazione delle automazioni che tendono a sostituire il lavoro manifatturiero.

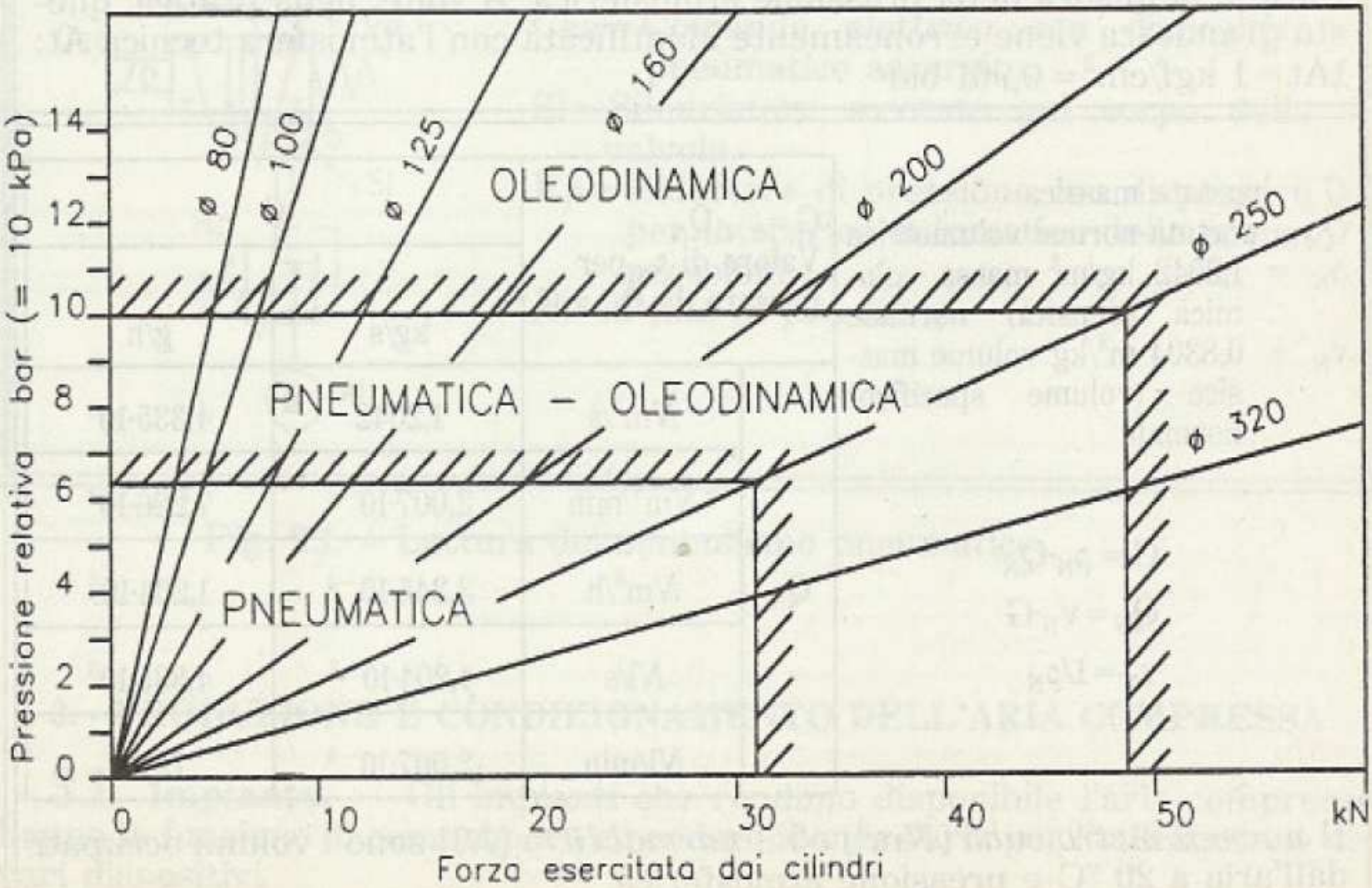


Fig. 1.1. – Campo d'impiego economico della pneumatica.

CILINDRI

I *cilindri* sono componenti che trasformano l'energia contenuta da una certa quantità di aria compressa in lavoro meccanico determinato dallo spostamento rettilineo di una forza teorica F_t [N], data dal prodotto della pressione *relativa* p_r [Pa], detta anche pressione di lavoro, per la superficie effettiva del pistone A_u [m^2], detta anche area utile, su cui l'aria esercita la sua azione

$$F_t = p_r \cdot A_u \ .$$

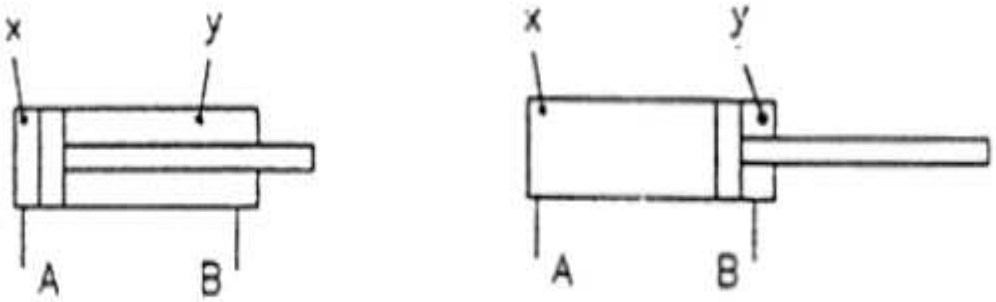
Tipologie costruttive

Cilindri a doppio effetto

Sono utilizzati per eseguire lavori con sforzi bidirezionali.

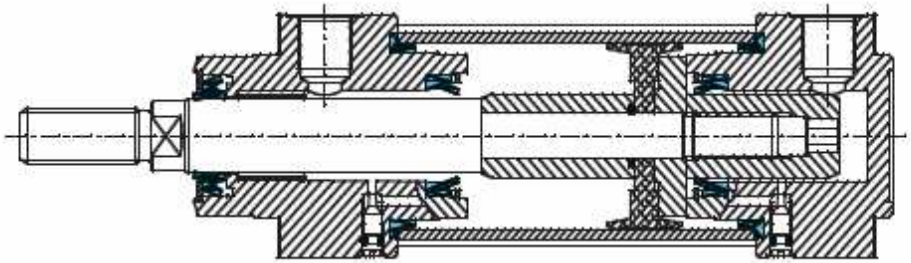
Simbolo grafico:

Funzionamento:



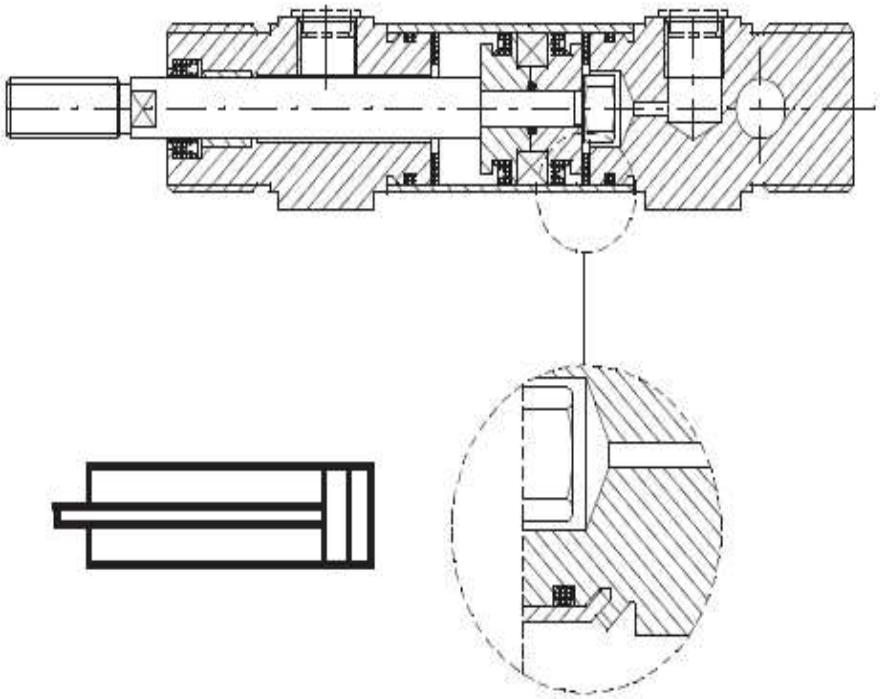
Immettendo aria nella connessione A essa giunge alla camera x; la pressione che si genera sulla superficie del pistone, non appena sviluppa una forza capace di vincere le resistenze, sposta il pistone (fuoriuscita dello stelo). Durante tale movimento la camera y attraverso la connessione B si scarica nell'atmosfera. Immettendo aria nella connessione B, essa giunge alla camera y, determinando lo spostamento del pistone (rientro dello stelo). Durante tale movimento la camera x attraverso la connessione A si scarica nell'atmosfera.

Per quanto riguarda il calcolo delle dimensioni del cilindro è da tener presente che durante la corsa di rientro lo sforzo esercitato dal pistone è minore di quello esercitato durante la corsa di uscita in quanto l'aria agisce solo sulla superficie ridotta del pistone (Area del pistone – Area dello stelo).



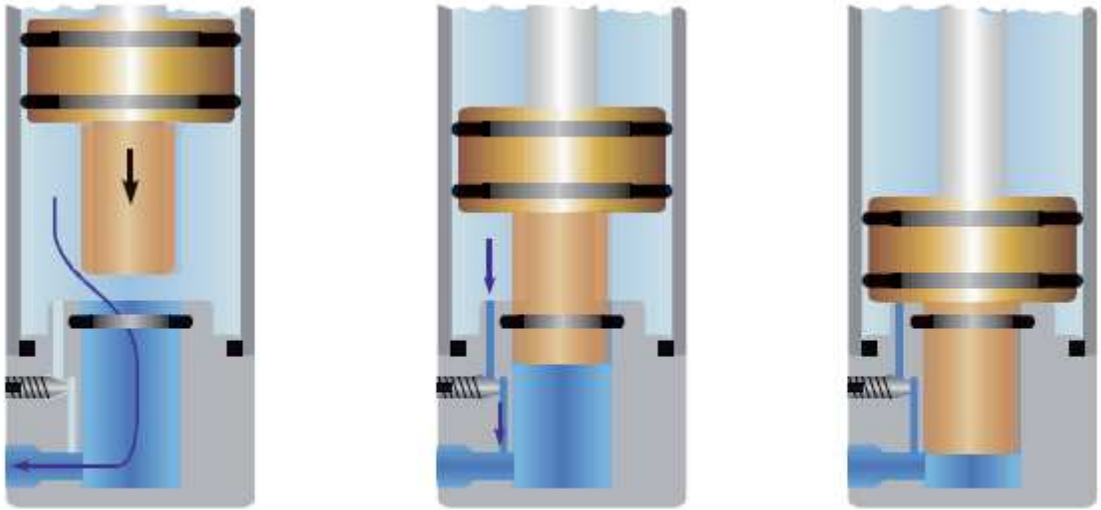
Doppio effetto ammortizzato
con cuscino d'aria

Doppio effetto ammortizzato
con paracolpi elastici



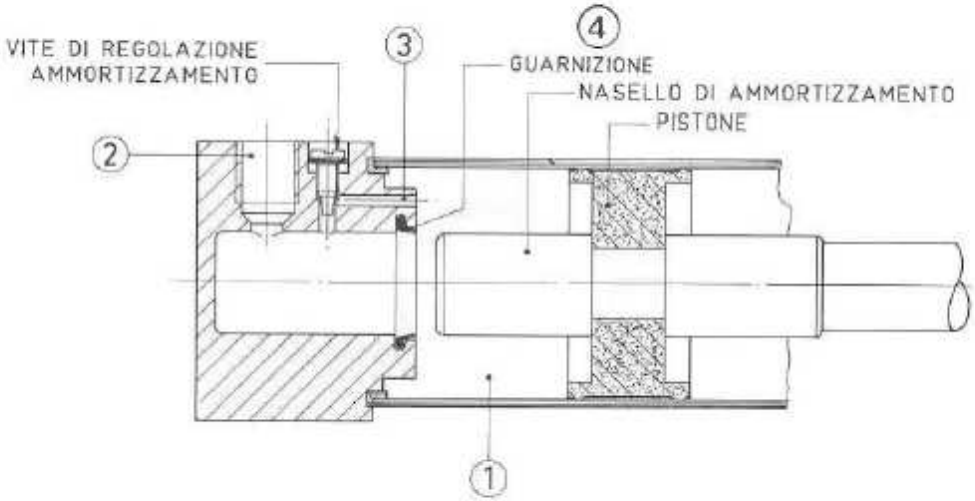
I cilindri pneumatici sono in grado di sviluppare velocità elevate e le forze d'urto al termine della corsa possono essere di notevole entità.
Come accennato, l'urto di fine corsa è smorzato mediante l'uso di un cuscino d'aria che riduce la velocità del pistone in prossimità della fine della corsa.

Ammortizzamento regolabile a cuscino d'aria



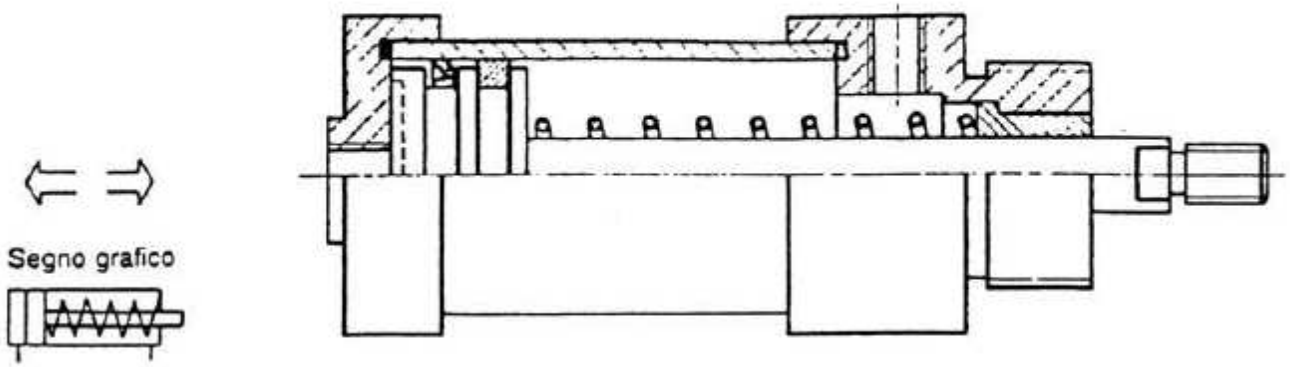
Ammortizzatori di fine corsa.

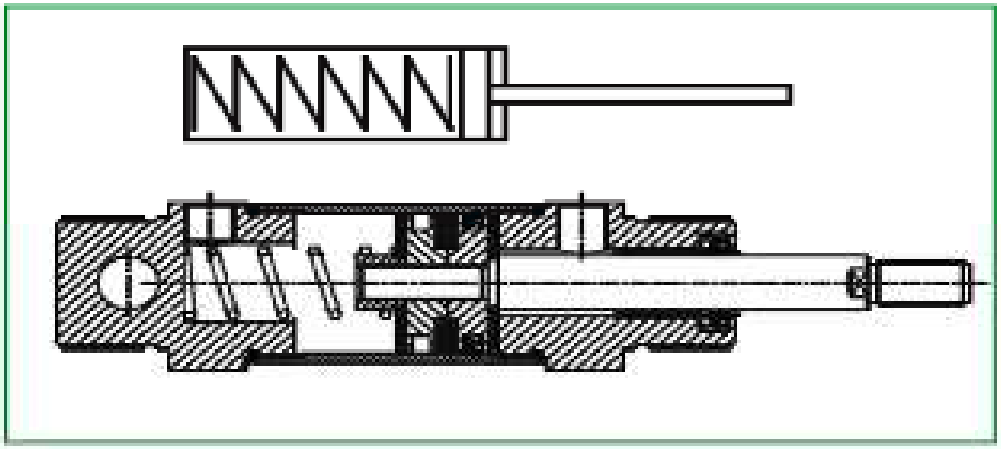
Se la velocità del pistone è elevata, per evitare che l'urto contro la testata provochi vibrazioni e comprometta la durata del componente, è consigliabile usare cilidri con ammortizzatori che rallentano il movimento del pistone in prossimità del fine corsa.



Nello spostamento del pistone da destra a sinistra, l'aria contenuta nella camera 1 fuoriesce dalla bocca 2. Quando però il nasello di ammortizzamento entra nella guarnizione, l'aria rimasta nella camera 1 è obbligata ad uscire dal foro 3 e ad attraversare il regolatore di ammortizzamento, frenando così l'ultimo tratto di corsa. La guarnizione flottante 4 funziona anche da valvola unidirezionale e serve a by-passare il regolatore quando il pistone deve partire in senso opposto, permettendo all'aria di lavorare su tutta la superficie del pistone.

Cilindri a semplice effetto Sono attuatori nei quali una corsa (di solito quella di rientro) viene effettuata dall'azione di una molla e non dall'aria compressa.





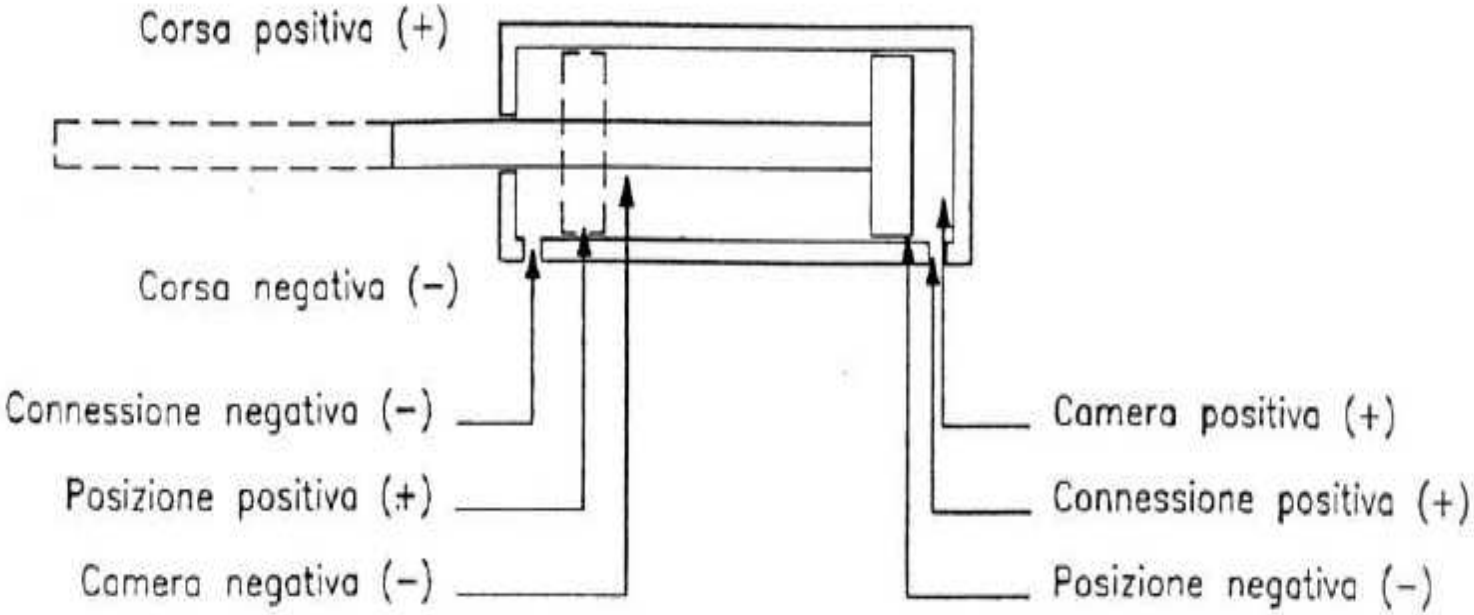
Un cilindro a semplice effetto sviluppa la spinta in una sola direzione. Lo stelo si riposiziona nella condizione di riposo per mezzo dell'azione di una molla o per l'azione di una forza esterna.
Si distinguono in cilindri a semplice effetto in spinta o in trazione.
Sono utilizzati per applicazioni quali serraggi, espulsioni pressature etc. quindi senza carichi ancorati al filetto dello stelo.
La molla infatti è dimensionata solo per riposizionare l'equipaggio stelo/pistone.

Definizioni

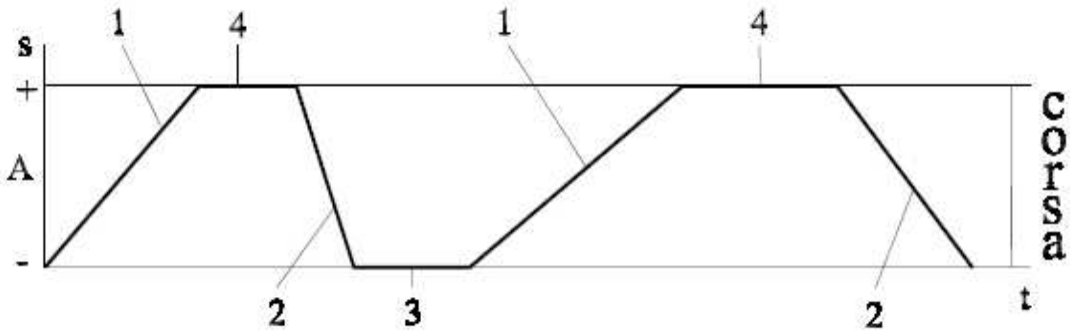
Corsa Per corsa si intende la misura, espressa in mm, dello spostamento che il pistone effettua in un solo senso. Il *ciclo* è un insieme di due o più corse ed è definito come una serie completa di eventi o condizioni che si ripetono periodicamente nel tempo in modo identico.

Posizioni, Connessioni, Camere e Corse dei Cilindri

- corsa positiva (+) quando lo stelo del pistone esce dal cilindro;
- corsa negativa (–) quando lo stelo del pistone entra nel cilindro;
- posizione positiva (+) quando lo stelo del pistone è completamente fuori;
- posizione negativa (–) quando lo stelo del pistone è completamente dentro;
- camera positiva (+) camera sotto pressione nella corsa positiva;
- camera negativa (–) camera sotto pressione nella corsa negativa;
- connessione positiva (+) connessione d'ingresso durante la corsa positiva;
- connessione negativa (–) connessione d'ingresso durante la corsa negativa.


Corsa positiva (+)
Corsa negativa (−)
Connessione negativa (−)
Posizione positiva (+)
Camera negativa (−)
Camera positiva (+)
Connessione positiva (+)
Posizione negativa (−)

Diagrammi di moto Per realizzare correttamente e velocemente un circuito pneumatico sono indispensabili i diagrammi di funzionamento dei pistoni. Il diagramma di moto si costruisce tracciando due assi ortogonali e riportando parallelamente all'asse delle ascisse una semiretta la cui distanza, nella scala prefissata, corrisponde alla corsa del pistone.
Se la corsa è rappresentata in funzione del tempo necessario per compierla, questi diagrammi sono detti *diagrammi di moto* SPAZIO–TEMPO.



I due assi paralleli rappresentano le due posizioni estreme dello stelo; quello inferiore corrisponde alla posizione "dentro" detta posizione *negativa*, quello superiore corrisponde alla posizione "fuori" detta posizione *positiva*.
Poiché sulle ascisse sono riportati i tempi e sulle ordinate lo spazio (la corsa), le linee inclinate che uniscono i due assi paralleli rappresentano i moti del pistone, e precisamente: quelle più inclinate rappresentano i movimenti più veloci e quelle meno inclinate i movimenti più lenti.

Secondo il numero dei cilindri si disegnano più diagrammi, uno per ogni cilindro.
Alla sinistra di ogni diagramma si pone:

- la denominazione del cilindro che viene data con una lettera maiuscola, partendo dalla A;
- il segno + alla sinistra della parallela superiore che sta ad indicare la posizione dello stelo "fuori";
- il segno – alla sinistra della parallela inferiore che sta ad indicare la posizione dello stelo "dentro".

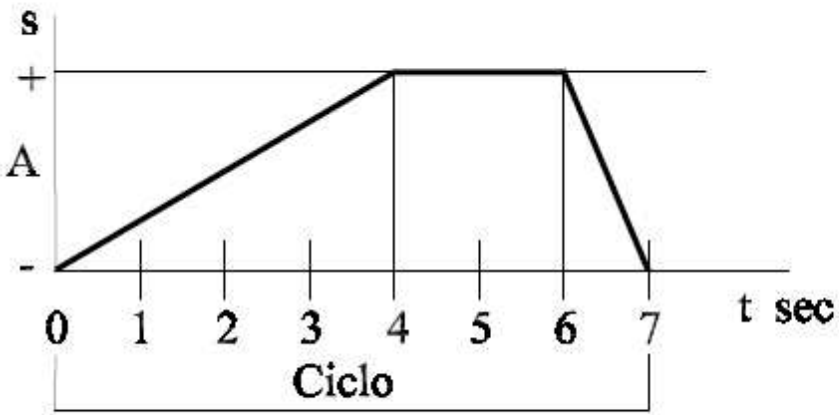
Con riferimento al diagramma si ha:

1 Linee di moto positive (corsa positiva A+);
2 Linee di moto negative (corsa negativa A–);
3 Linea di sosta in posizione negativa (–);
4 Linee di sosta in posizione positiva (+).

Prendendo come esempio un cilindro A:

- A+ sta a significare che lo stelo del cilindro A deve fare una corsa positiva (uscita) fino a raggiungere la posizione finale +, o che la corsa positiva è stata attuata e lo stelo si trova in posizione "fuori";
- A– sta a significare che lo stelo del cilindro A deve fare una corsa negativa (entrata) fino a raggiungere la posizione finale –, o che la corsa negativa è stata attuata e lo stelo si trova in posizione "dentro".

Diagramma SPAZIO–TEMPO di un ciclo



Il diagramma raffigura un cilindro il cui stelo avanza in un tempo di 4 secondi, si ferma in posizione positiva (fuori) per due secondi e quindi rientra in un secondo.
La durata dell'intero ciclo è di 7 secondi.

ELEMENTI DI COMANDO E DI CONTROLLO

Per comandare e controllare i cilindri occorrono dei componenti chiamati *valvole* che agiscono sulle vie di flusso dell'aria. I vari tipi di valvole si suddividono in:

- di *distribuzione* se deviano il flusso dell'aria mediante comandi;
- di *intercettazione* se modificano il percorso dell'aria o lo bloccano automaticamente;
- di *regolazione* se modificano le grandezze di pressione o di portata.

Le valvole di distribuzione sono chiamate *distributori*.
Comunemente vengono denominati distributori i componenti che per agire sul flusso dell'aria necessitano di un comando, mentre vengono denominati valvole quelli che agiscono sull'aria automaticamente.

Distributori

Servono a ricevere dei segnali di comando e –di conseguenza– aprono, chiudono o deviano il flusso dell'aria senza apportare modifiche sostanziali alla portata e alla pressione.
Si definiscano distributori *di potenza* quelli che agiscono direttamente sull'aria compressa che va ad alimentare i cilindri, mentre vengono definiti distributori *di controllo* quelli che agiscono sull'aria utilizzata per l'azionamento di altre valvole necessarie a realizzare l'automatismo richiesto.
Secondo le caratteristiche costruttive si distinguono in due tipi:

A CASSETTO o A OTTURATORE.

In quelli a cassetto un pistoncino (cassetto) con appropriate guarnizioni scorre dentro il corpo del distributore. Il cassetto non è soggetto a forze sviluppate dalla pressione del fluido, forze che sono tra loro equilibrate.
In quelli ad otturatore l'organo mobile è costituito da un piattello (otturatore). Generalmente sono a centri aperti, cioè durante il movimento dell'otturatore nella fase di commutazione, le luci di passaggio dell'aria rimangono tra loro comunicanti. Tale comportamento può, in alcuni casi, generare inconvenienti.

Classificazione

La classificazione dei distributori viene fatta in base:

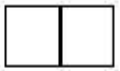
a) al numero delle "bocche" di alimentazione, utilizzo e scarico, escludendo le eventuali bocche di comando;

b) alle posizioni che può assumere l'organo scorrevole: due (destra e sinistra) per i distributori ad otturatore, due o tre (destra, centro e sinistra) per quelli a cassetto.

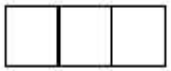
La denominazione è unificata; alla parola distributore, si fanno seguire due numeri: il primo indica il numero delle bocche o vie, escluse quelle eventuali di pilotaggio, il secondo il numero delle posizioni. Ad esempio:

- con *distributore 3/2* si indica un distributore a 3 bocche e 2 posizioni;
- con *distributore 5/3* si indica un distributore con 5 bocche e 3 posizioni.

La rappresentazione grafica dei distributori è unificata; ogni posizione viene indicata con un quadretto.

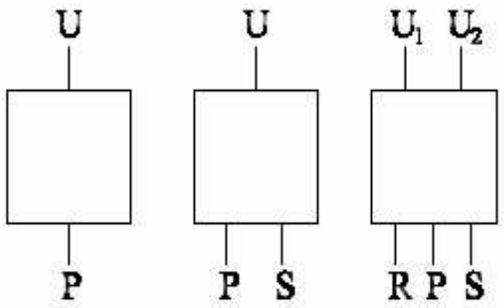


due posizioni

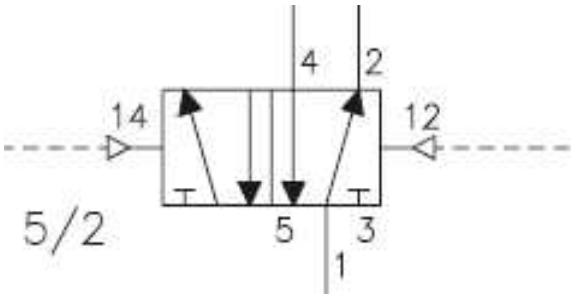


tre posizioni

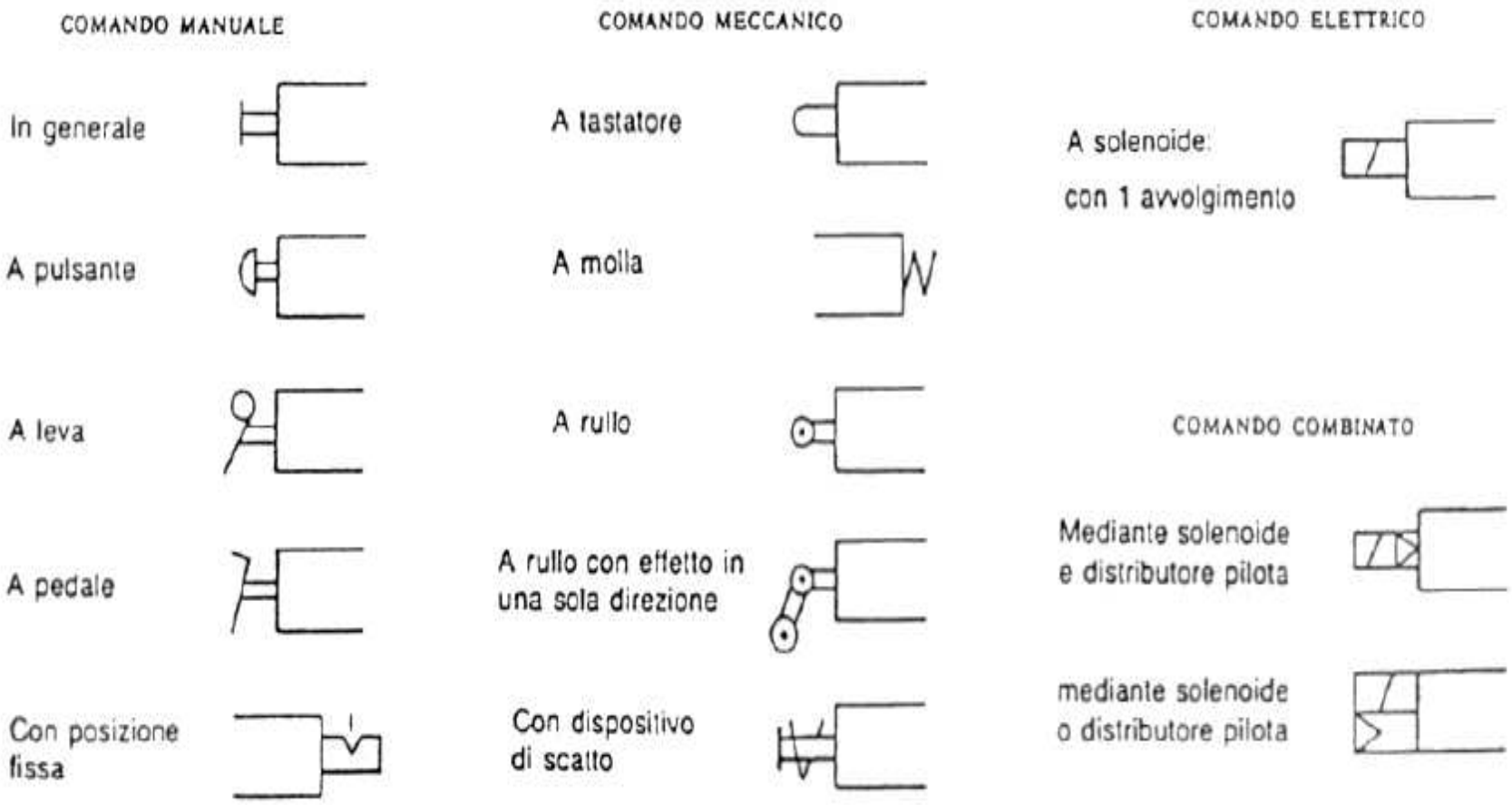
Le condotte esterne, che corrispondono al numero delle bocche, sono rappresentate con dei trattini esterni ai quadretti e, se i trattini vengono indicati con delle lettere (che non fanno parte dell'unificazione), si usano di solito la lettera P per indicare la bocca di alimentazione, le lettere S e R per indicare gli scarichi, e U, U_1, U_2 per indicare le bocche di utilizzo chiamate anche bocche di uscita.



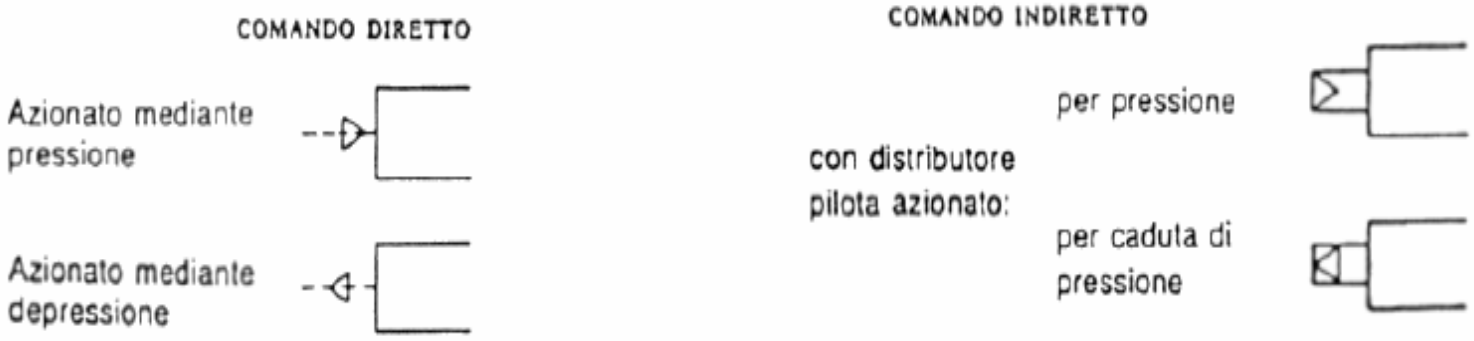
I segni grafici per i comandi di azionamento e riposizionamento si disegnano sui lati sinistro e destro dei quadretti che rappresentano il numero delle posizioni del distributore.



Simboli grafici dei comandi manuali, meccanici ed elettrici



Simboli grafici dei comandi pneumatici



Il simbolo grafico ⊙ rappresenta la sorgente di pressione e può sostituire la lettera P (alimentazione). Il senso che il flusso dell'aria segue internamente al distributore (condotti interni) viene rappresentato con delle frecce, mentre la condizione di bocca chiusa viene rappresentata con un segno a T.

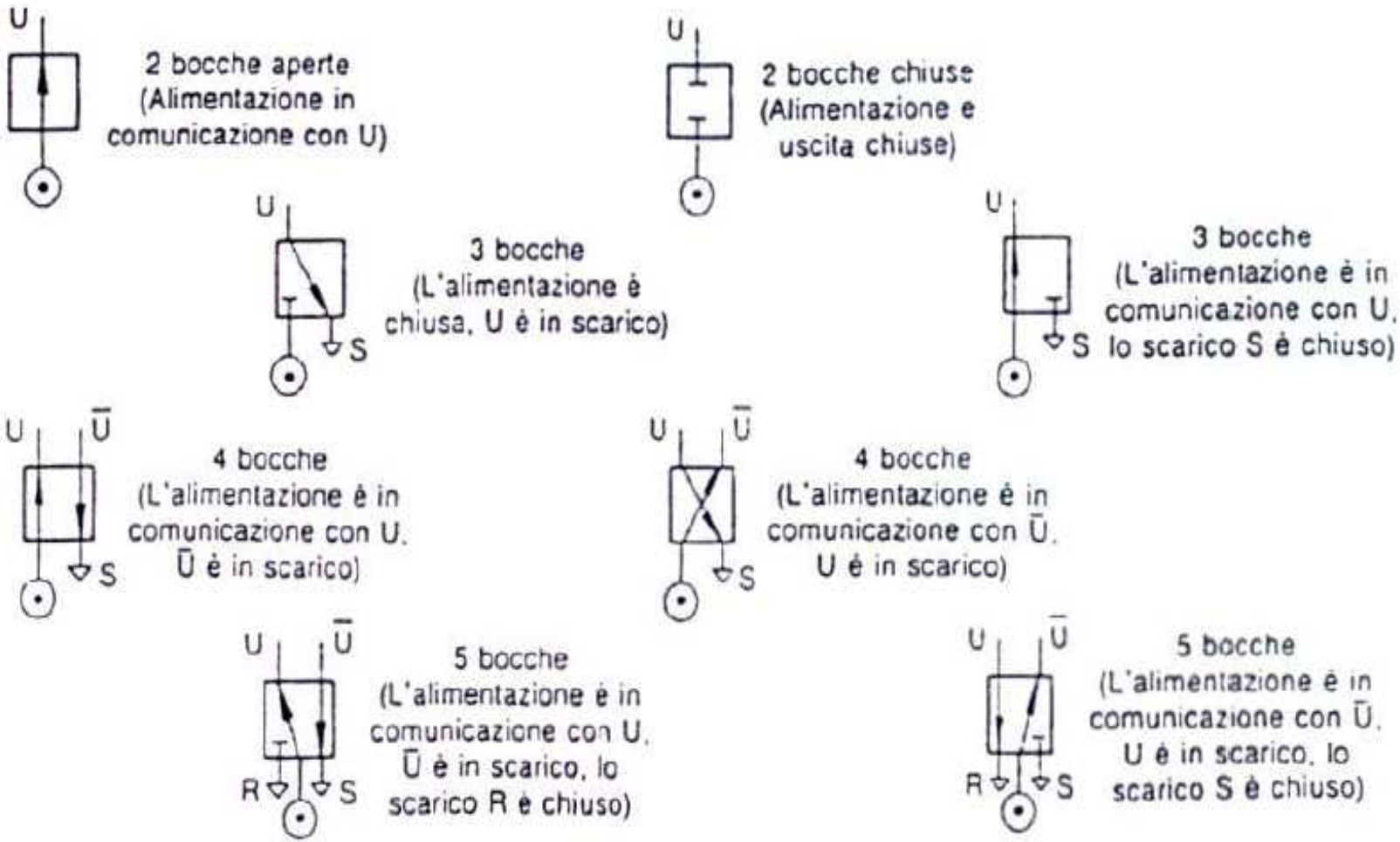
Rappresentazione

Per rappresentare un distributore in modo graficamente completo devono essere indicati:

- Il numero delle posizioni dell'organo mobile (un quadrato per ogni posizione);
- I condotti interni;
- Le connessioni;
- I comandi.

Le connessioni vengono rappresentate nella posizione di riposo *del distributore: questa posizione, chiamata "posizione zero", nei distributori a due posizioni è data dal quadretto a destra. I condotti interni vengono rappresentati in ogni posizione.*

Rappresentazione

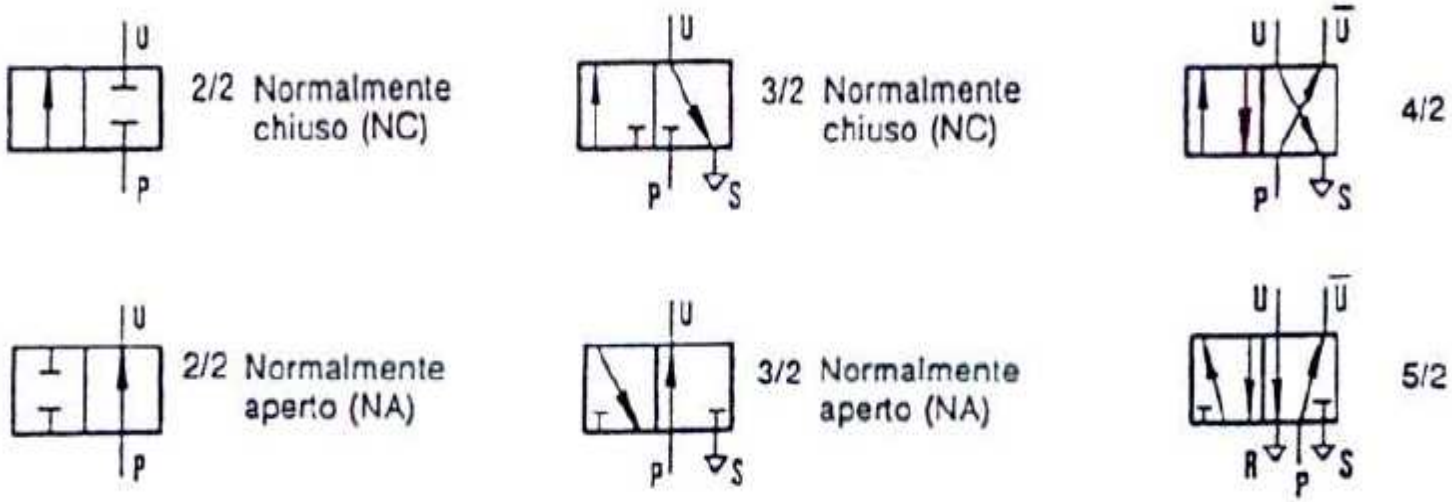


Rappresentazione

I distributori 2/2 e 3/2 si dicono:

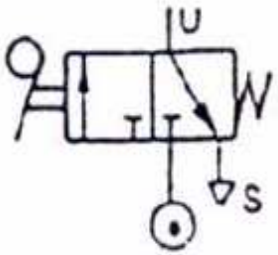
- *normalmente aperti* (NA) se nella posizione di riposo sono aperti;
- *normalmente chiusi* (NC) se, sempre nella posizione di riposo, sono chiusi.

SIMBOLOGIA DEI DISTRIBUTORI A DUE POSIZIONI:

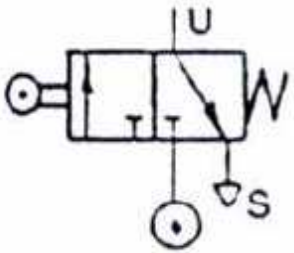


I distributori si dicono *stabili* quando, al cessare del comando di azionamento, l'organo mobile rimane nella posizione assunta. In questo caso i distributori a due posizioni vengono chiamati *BISTABILI*.

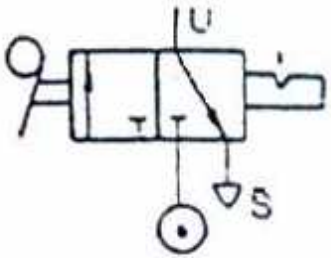
Se, al cessare del comando di azionamento, l'organo mobile ritorna nella posizione iniziale il distributore si dice *instabile*. In questo caso i distributori vengono chiamati *MONOSTABILI*.



Distributore 3/2 monostabile NC a leva riposizionamento a molla.



Distributore 3/2 finecorsa NC a rullo riposizionamento a molla.



Distributore 3/2 bistabile a leva.

Nei distributori bistabili il comando di azionamento agisce *solo se il comando di azionamento opposto è assente*. Un distributore bistabile infatti *permane nella posizione che gli è stata fatta assumere dal segnale arrivato per primo*. Un segnale opposto è inefficiente finchè il primo non è annullato. I distributori bistabili si chiamano *MEMORIE*.

Negli schemi, i distributori vengono rappresentati nella posizione che assumono a macchina ferma.

Laboratorio Sistemi Automatici

In questo laboratorio è possibile realizzare schemi di collegamento di impianti oleodinamici, pneumatici ed elettropneumatici, anche con controllo tramite PLC, studiare il comportamento e le caratteristiche di componenti di sistemi automatici (trasduttori di temperatura e livello, attuatori) e di sistemi completi con diverse modalità di regolazione (on/off, proporzionale, integrale, derivativa), programmare e simulare il funzionamento di un piccolo robot industriale a cinque assi.

Strumenti in Dotazione:

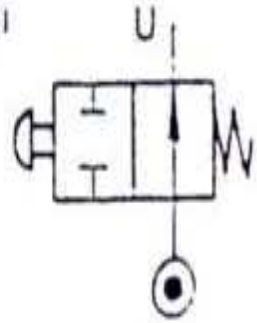
- *Pannello didattico di automazione pneumatica*
- *Pannello didattico di automazione elettro-pneumatica*

- Pannello didattico di automazione oleodinamica
- Banco di simulazione per trasduttori di livello e temperatura

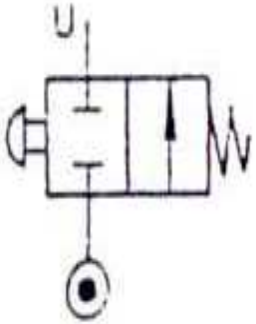
- Banco di simulazione per la regolazione del livello
- PLC
- Robot industriale a cinque assi
- Centralina di produzione aria compressa
- PC

DISTRIBUTORE 2/2 (normalmente aperto)

PRIMA POSIZIONE
(di riposo)



SECONDA POSIZIONE
(azionato)



Azionamento: Pulsante
Riposizionamento: Molla

In posizione di riposo l'alimentazione è in comunicazione con U.

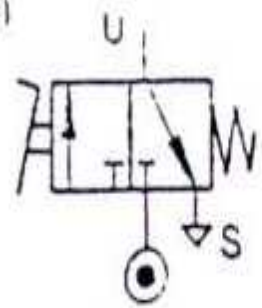
Pigiando il pulsante si effettua lo spostamento verso destra di un quadretto. Il flusso viene interrotto.

Lasciando il pulsante la molla ripristina la prima posizione

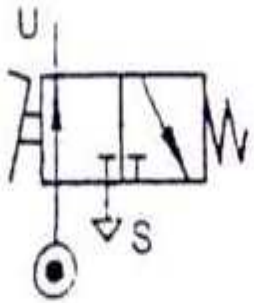
I distributori 2/2 non hanno scarico quindi, in posizione chiusa, il condotto dell'uscita U rimane in pressione.

DISTRIBUTORE 3/2 (normalmente chiuso)

PRIMA POSIZIONE
(di riposo)



SECONDA POSIZIONE
(azionato)



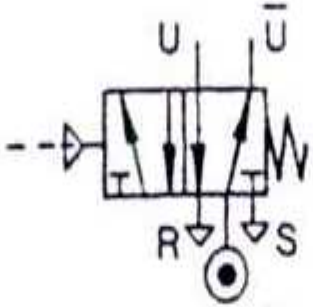
Azionamento: Pedale
Riposizionamento: Molla

In posizione di riposo l'alimentazione è chiusa: U è in scarico.

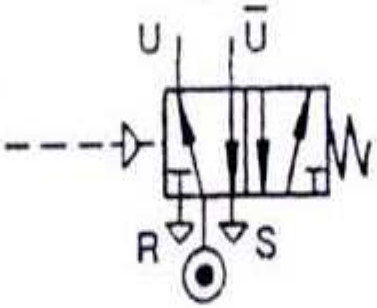
In posizione azionato l'alimentazione è in comunicazione con U: lo scarico è chiuso.

DISTRIBUTORE 5/2

PRIMA POSIZIONE
(di riposo)



SECONDA POSIZIONE
(azionato)

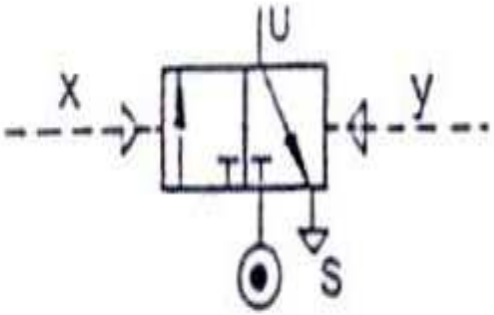


Azionamento: Aria
Riposizionamento: Molla

In posizione di riposo l'alimentazione è in comunicazione con Ū: U è allo scarico R; S è chiuso.

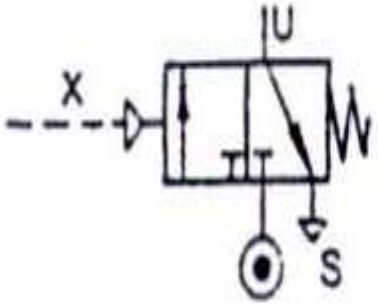
In posizione azionato l'alimentazione è in comunicazione con U: Ū è allo scarico S. R è chiuso.

DISTRIBUTORE 3/2 Bistabile



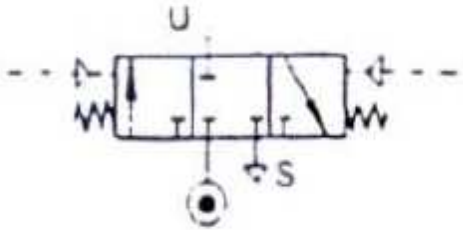
Azionamento: Pressione
Riposizionamento: Pressione

DISTRIBUTORE 3/2 Monostabile
(Normalmente chiuso)

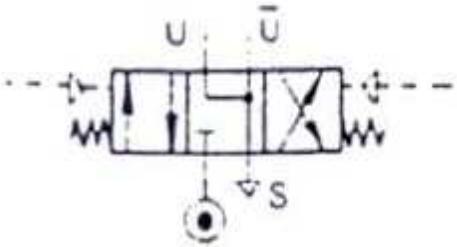


Azionamento: Pressione
Riposizionamento: Molla

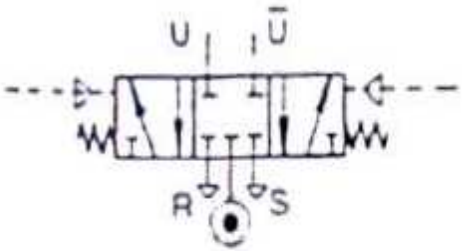
DISTRIBUTORI A 3 POSIZIONI:



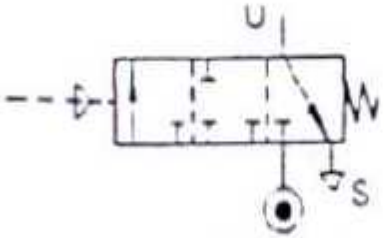
DISTRIBUTORE 3/3 con posizione intermedia chiusa
Azionamento Aria - Aria



DISTRIBUTORE 4/3 con posizione intermedia chiusa e uscite in scarico
Azionamento: Aria - Aria

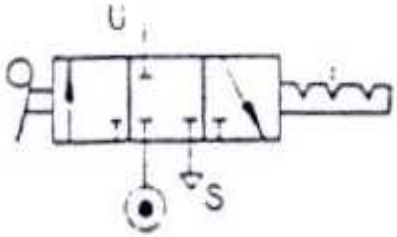


DISTRIBUTORE 5/3 con posizione intermedia chiusa
Azionamento: Aria - Aria

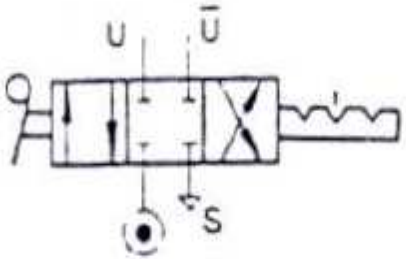


DISTRIBUTORE 3/3 con posizione intermedia di passaggio

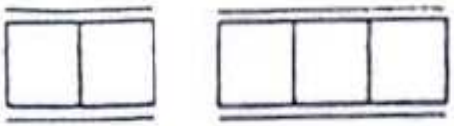
Azionamento Aria
Riposizionamento Molla



DISTRIBUTORE 3/3 con posizione intermedia chiusa
Azionamento: Manuale

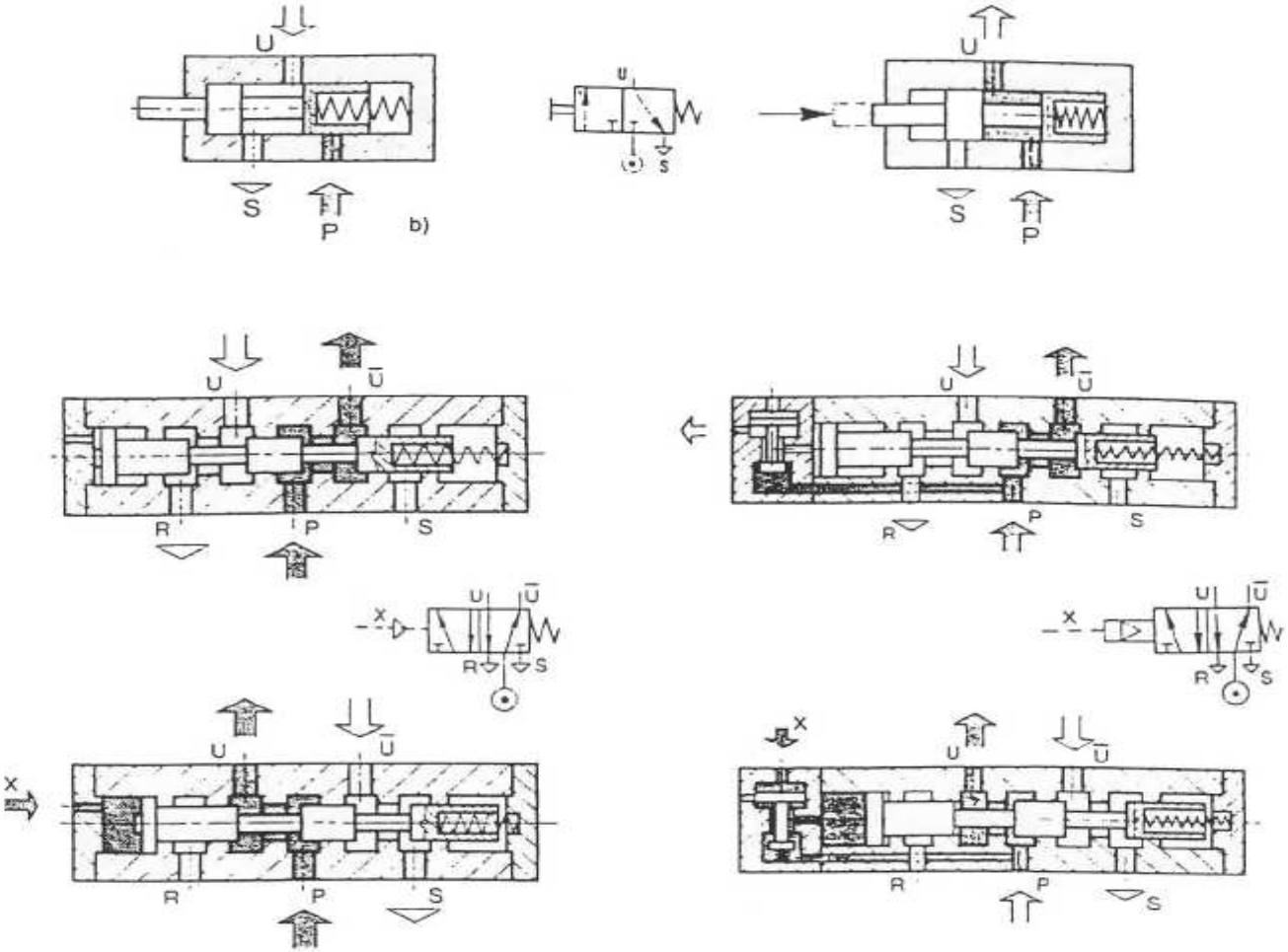


DISTRIBUTORE 4/3 con posizione intermedia chiusa
Azionamento: Manuale

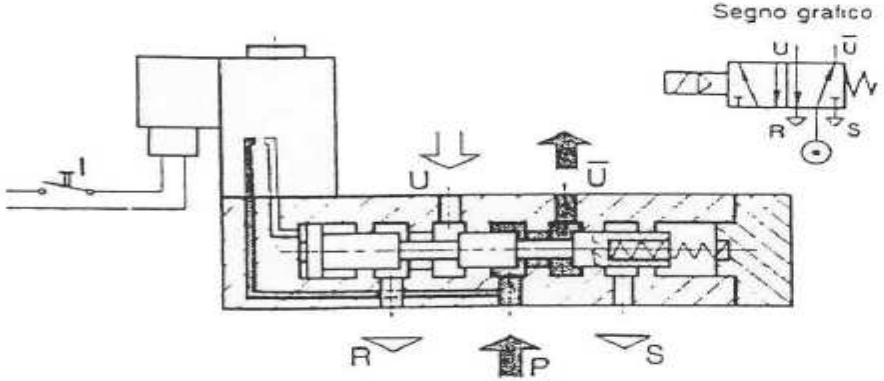


Distributori senza posizioni fisse. Due posizioni estreme e molte posizioni intermedie di strozzamento.

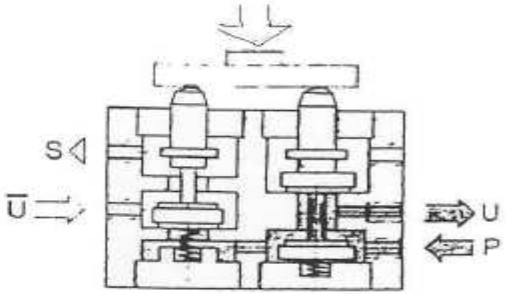
ALCUNI TIPI DI DISTRIBUTORI

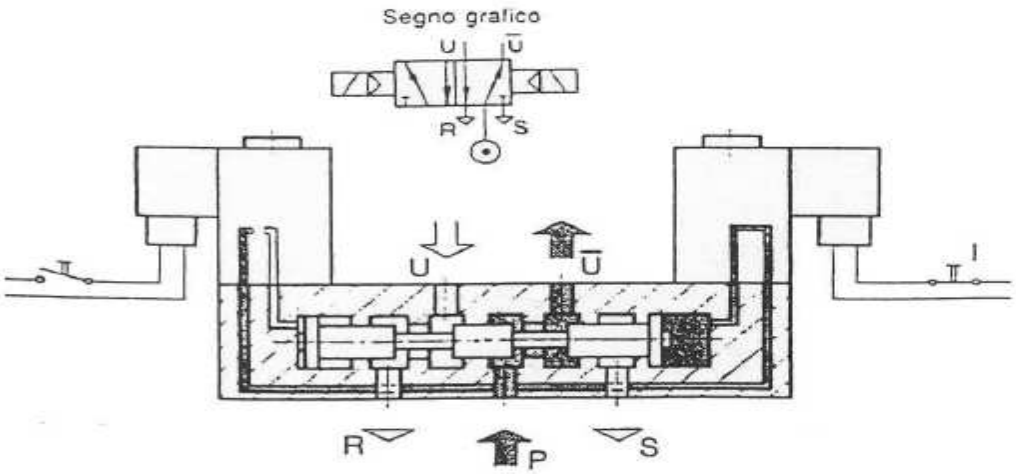


Distributore 5/2 con comando pneumatico diretto e riposizionamento a molla.

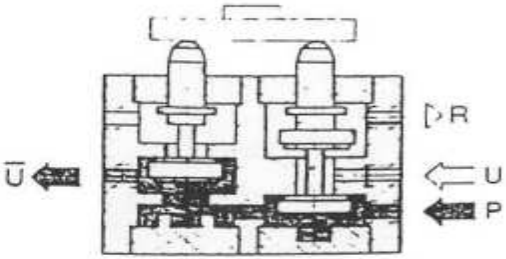


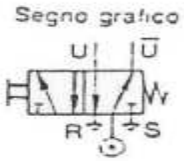
Distributore 5/2 con comando pneumatico indiretto e riposizionamento a molla.





Distributore 5/2 con comando indiretto pneumatico





Distributore 5/2 monostabile a otturatore

COMANDI SEMPLICI E PILOTATI

Per comandare i cilindri occorrono dei distributori detti *distributori principali*.
Un comando si dice *semplice* se l'operatore agisce direttamente sul distributore principale, mentre si dice *pilotato* se il distributore principale viene azionato da segnali non manuali che arrivano da altre parti del circuito.

Il circuito pneumatico si divide in tre parti fondamentali:

1) circuito di potenza costituito dalla valvola di comando e del proprio cilindro dimensionati secondo le esigenze.

2) circuito ausiliario in cui si collocano finecorsa e valvole di sequenza unitamente a tutti i componenti che costituiscono il governo del circuito.

3) circuito di comando che serve per comandare la messa in marcia e l'arresto del ciclo.

É importante disegnare i simboli in modo corretto applicando un unico metodo di rappresentazione.
I componenti devono essere rappresentati nella posizione di riposo e cioè nella posizione che assumono a macchina ferma con aria in rete.

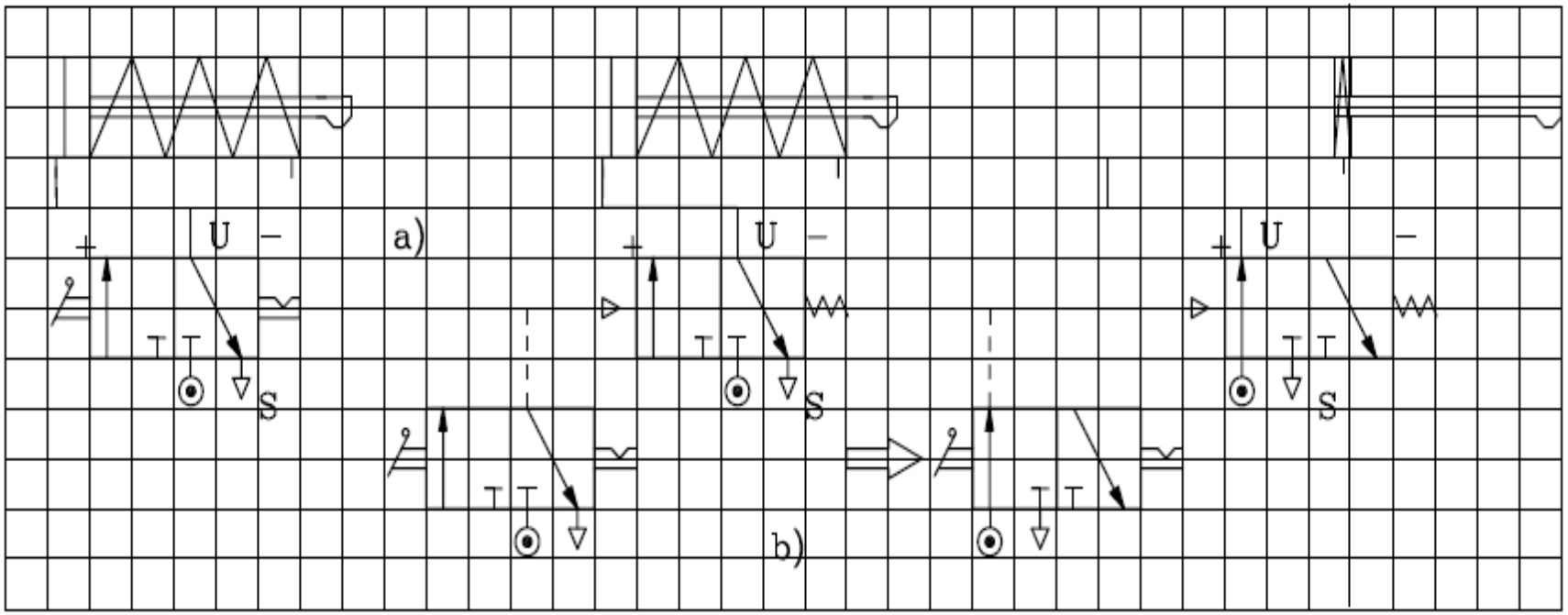
Rappresentazione funzionale dei circuiti pneumatici.

È importante disegnare i simboli dei vari componenti il circuito in modo corretto e impiegando un unico metodo di rappresentazione. In questo modo gli schemi sono facilmente interpretabili e il progettista può individuare *a colpo d'occhio* eventuali errori.

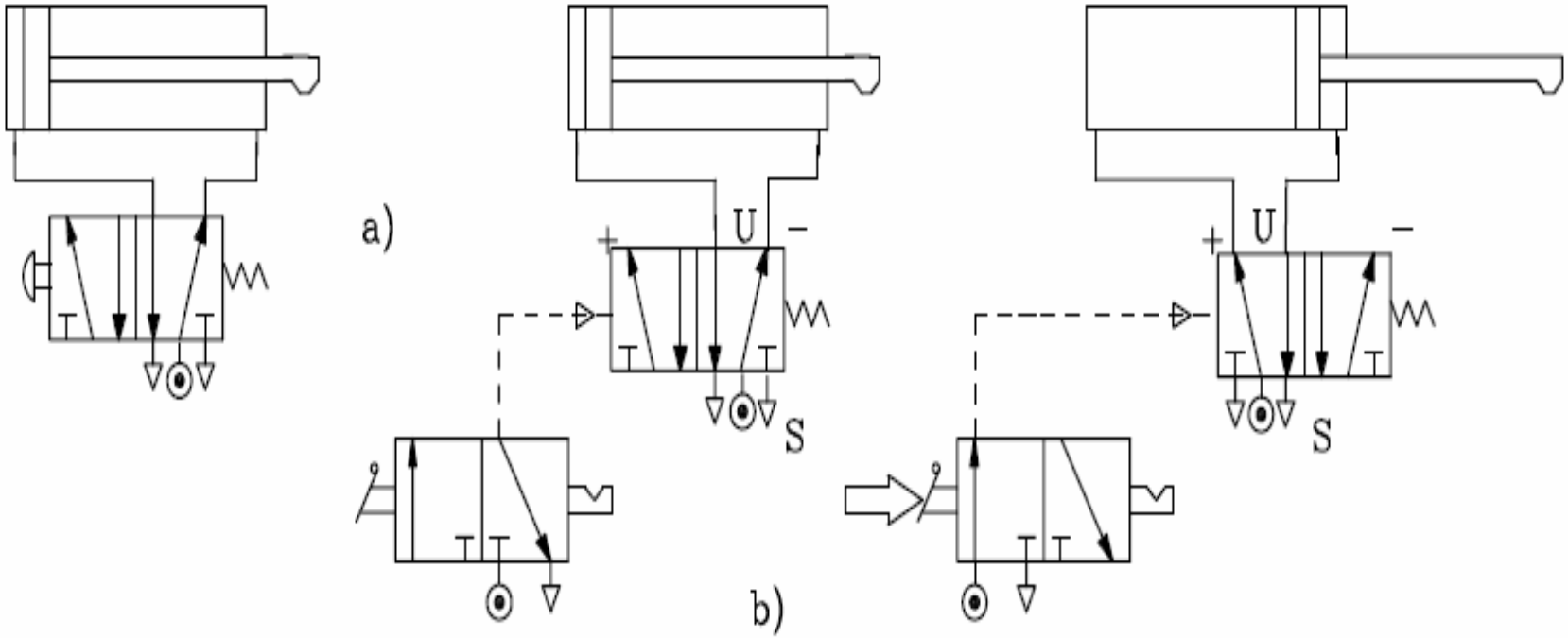
La *rappresentazione funzionale* degli schemi è quella che più si presta al raggiungimento degli scopi sopra esposti. I vari componenti vengono disegnati, senza tener conto della loro posizione sulla macchina, nei punti che rendono immediata e chiara la funzione sia dell'elemento rappresentato sia del circuito.

Negli schemi funzionali, i cilindri vengono rappresentati nella posizione di riposo, che è quella assunta a macchina ferma con aria in rete. Vanno disegnati uno in fianco all'altro, in posizione orizzontale con lo stelo verso destra, indicati con una lettera maiuscola e in ordine di movimento (con A si indica il cilindro che si muove per primo, con B quello che si muove per secondo, e così via).

Sotto i cilindri, in posizione centrale, vanno disegnati i distributori principali. Per facilitare la lettura si mette il segno + di fianco al quadratino rappresentante le vie di flusso che provocano l'uscita dello stelo (normalmente quello di sinistra), e il segno – di fianco al quadratino rappresentante le vie di flusso che provocano il rientro dello stelo (normalmente quello di destra).



Comando di un cilindro a semplice effetto a) semplice b) pilotato

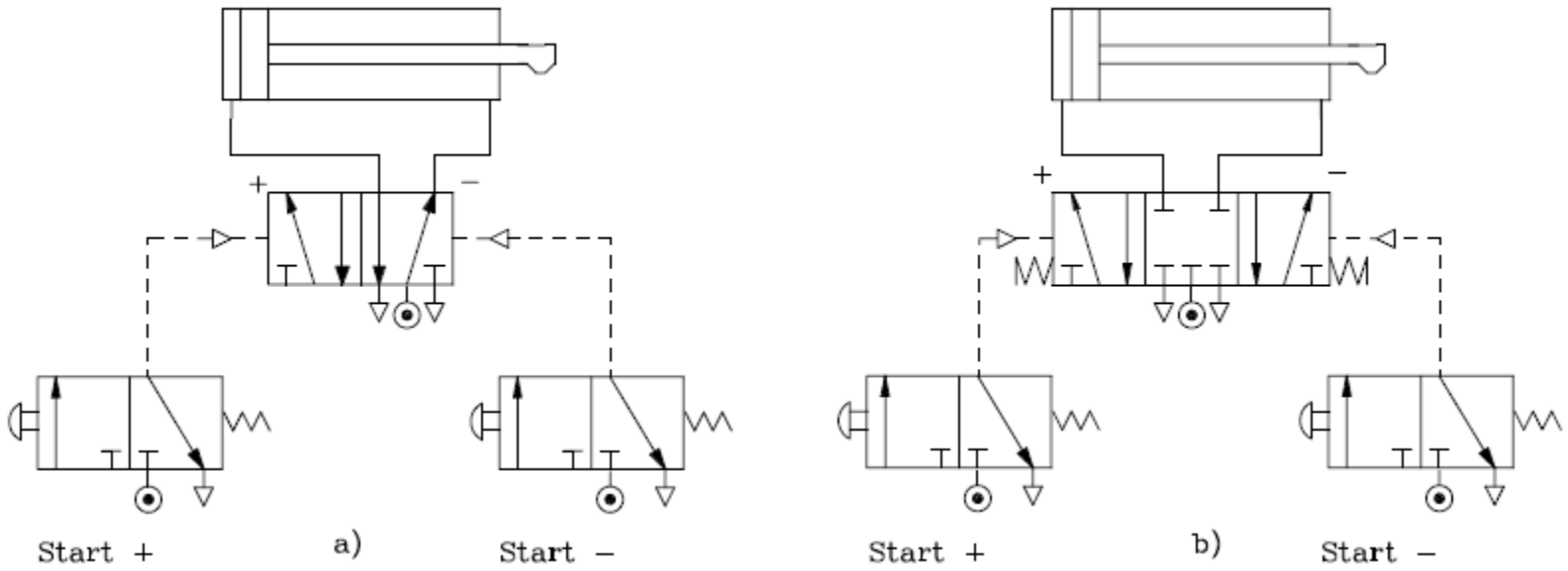


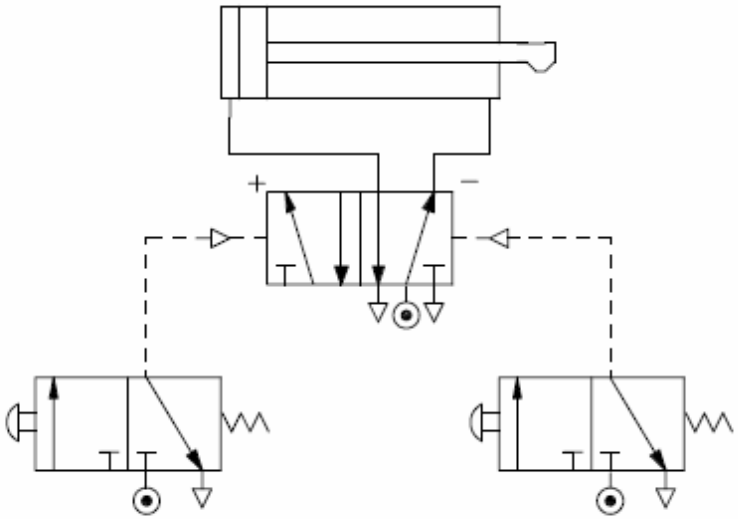
Comando di un cilindro a doppio effetto. a) semplice b) pilotato

Tutti gli altri componenti del circuito vengono disegnati allineati su righe al di sotto dei distributori principali e possibilmente disposti in modo che le varie linee di collegamento si incrocino il meno possibile.

Negli schemi precedenti, si può notare che al cessare del comando (manuale o pilotato) sul distributore principale, essendo questo del tipo monostabile, si ha l'inversione del movimento dello stelo. Se si vuole invece che il distributore principale rimanga posizionato anche quando cessa il segnale di comando, occorre impiegarne uno di tipo bistabile.

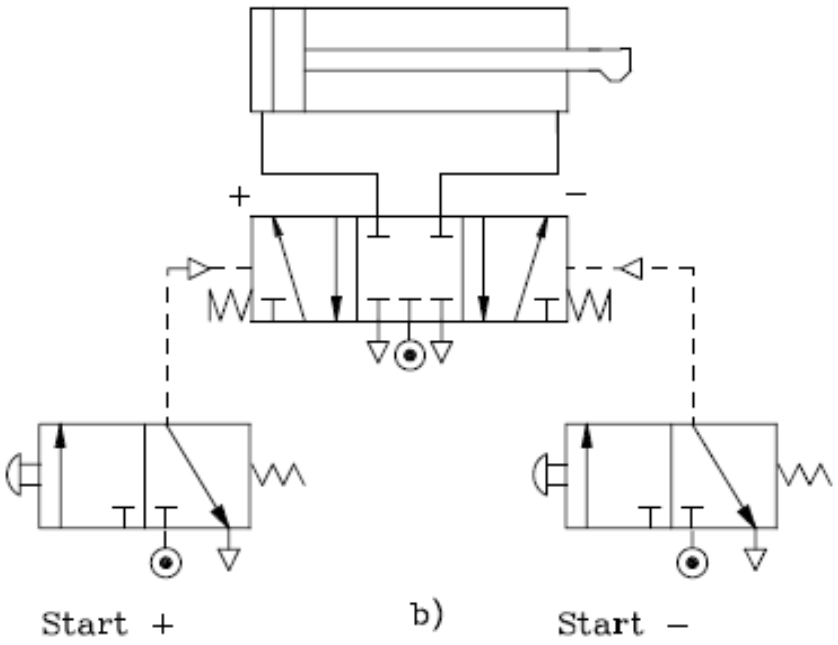
Negli schemi seguenti vengono rappresentati due comandi pilotati.





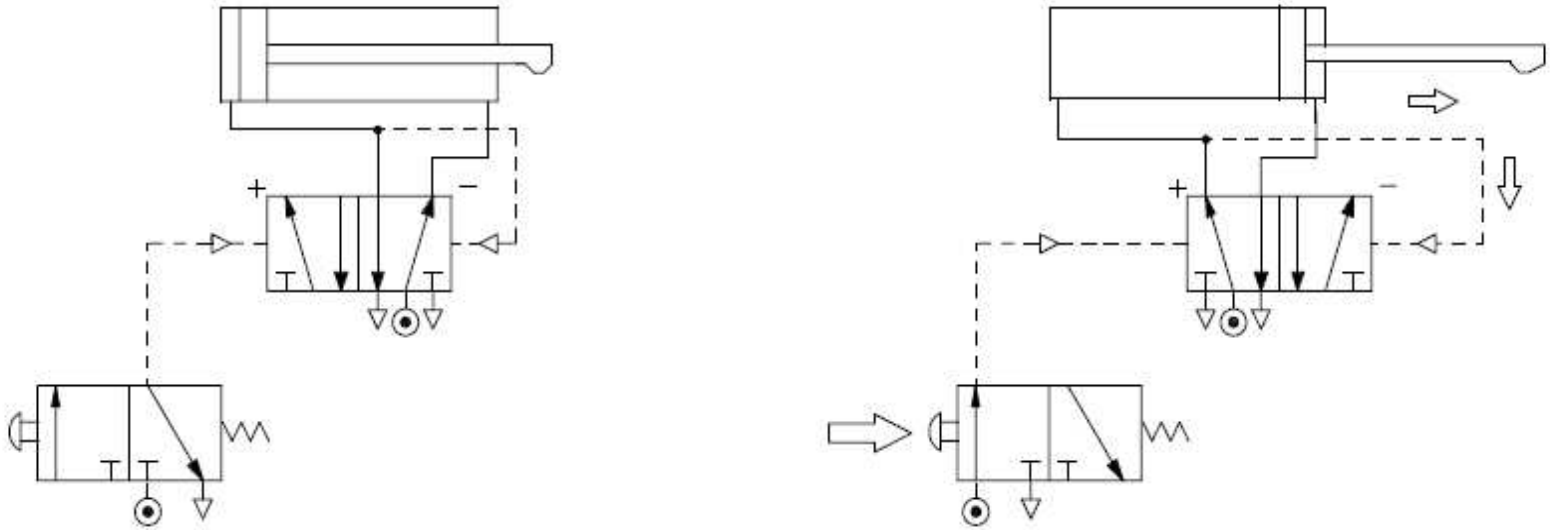
Start + a) Start −

Nel primo (a) viene impiegato un distributore 5/2 bistabile. In questo caso in posizione di riposo entrambi i condotti di pilotaggio sono in comunicazione con l'atmosfera; pigiando lo Start + si genera un segnale che pilota il lato positivo del distributore 5/2 provocando di conseguenza l'avanzamento del pistone. Lasciando il pulsante, il segnale di pilotaggio si azzera, il distributore 5/2 rimane nella posizione + e il cilindro resta con lo stelo fuori. Azionando ora lo Start − si riposiziona il distributore 5/2 che provoca l'arretramento dello stelo. Se dopo aver azionato Start + (o Start −) si aziona anche l'altro pulsante Start, si nota che non succede nulla in quanto, come già detto, un distributore bistabile permane nella posizione che gli è stata fatta assumere dal segnale arrivato per primo; un segnale opposto è inefficiente finché il primo non è annullato.



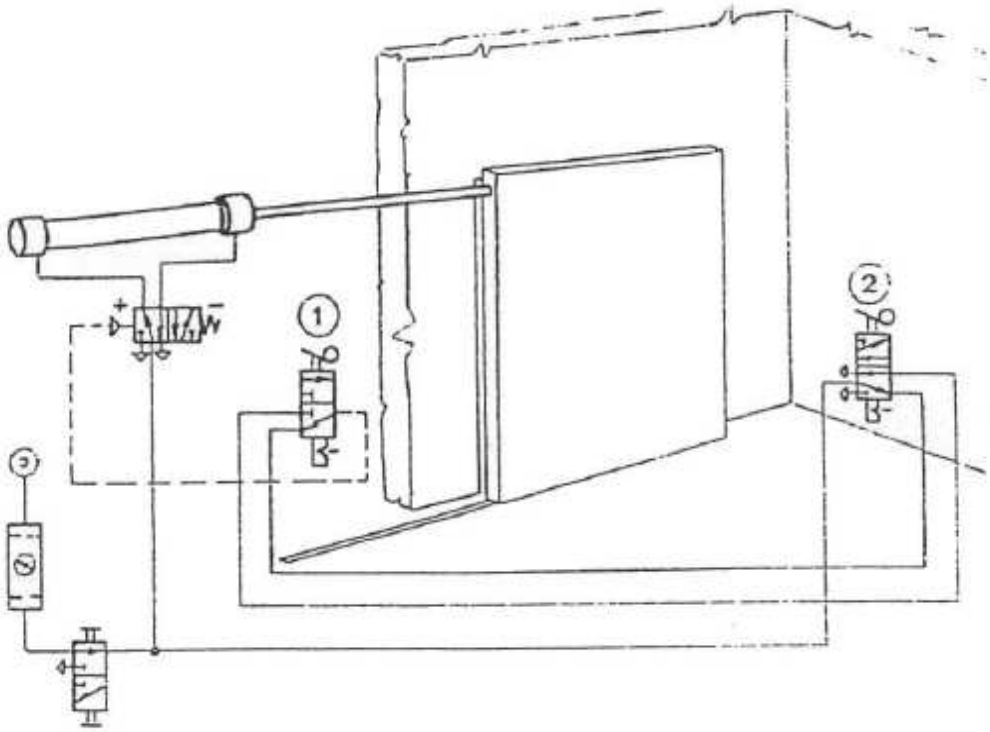
Nel secondo schema (b) viene impiegato un distributore 5/3 a centri chiusi. In assenza di segnali di pilotaggio, due molle mantengono il distributore in posizione centrale. In questo modo si ottiene l'arresto del pistone in qualsiasi posizione, basta lasciare il pulsante. Per avere la corsa completa occorre tener premuto il pulsante fino al termine del movimento.

Molla Pneumatica. È possibile utilizzare un distributore bistabile come monostabile con un collegamento chiamato *molla pneumatica*.

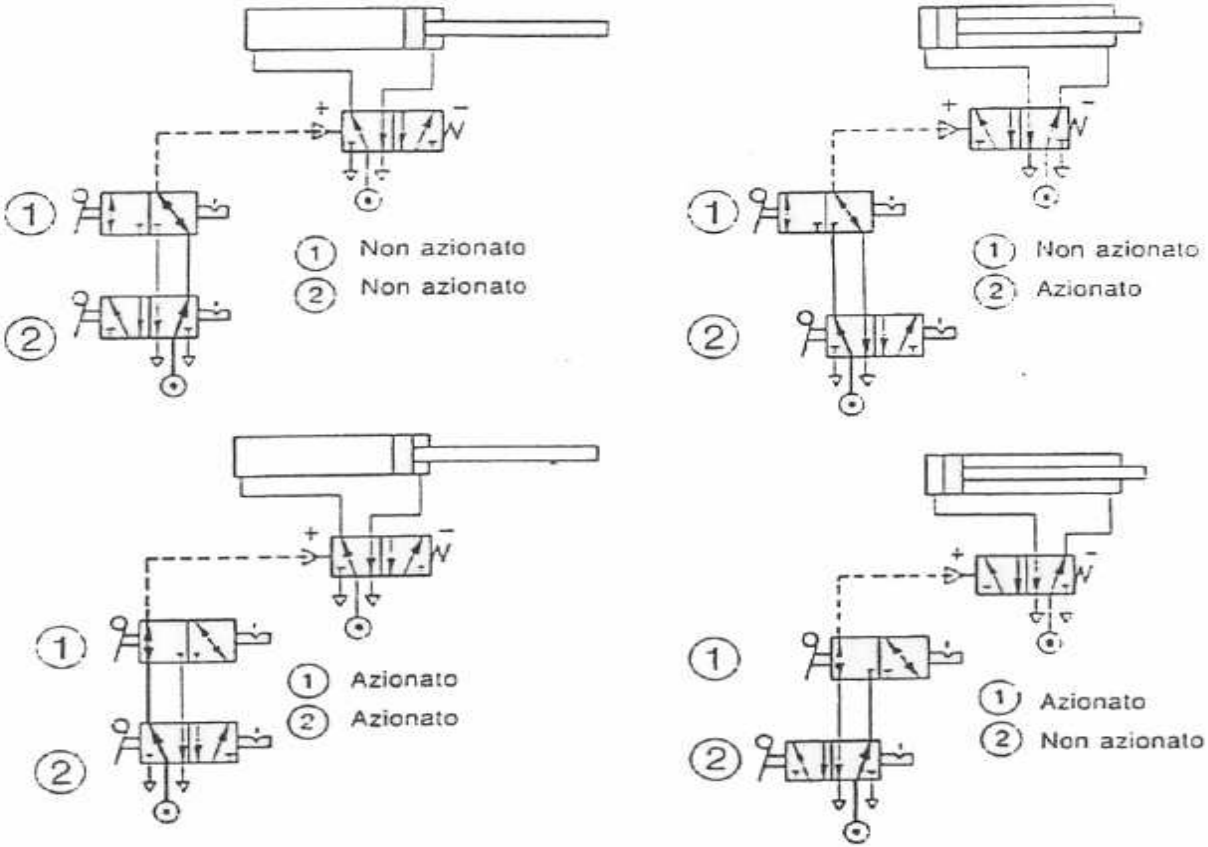


Nello schema che illustra tale collegamento, si vede che azionando il pulsante il distributore 5/2 commuta. In seguito a ciò l'aria compressa oltre a raggiungere la camera positiva del cilindro, provocando l'avanzamento del pistone, pone in pressione anche il condotto che porta l'aria al pilotaggio negativo del distributore 5/2. Tale pilotaggio però rimane inefficace fino a che è presente il segnale opposto proveniente dal 3/2. Lasciando il pulsante, l'aria del pilotaggio positivo va allo scarico, il pilotaggio negativo diventa efficace con conseguente commutazione del 5/2 e arretramento dello stelo.

Schema di comando di una porta scorrevole. Lo schema rappresentato in modo *topografico* illustra un circuito che permette di aprire e chiudere una porta scorrevole agendo su due distributori posti in due locali, separati dalla porta stessa. In pratica si può dire che agendo su uno dei due comandi si ottiene sempre un movimento: se la porta è aperta si chiude, se è chiusa si apre.



SCHEMI FUNZIONALI. Per una migliore interpretazione del funzionamento vengono analizzati i movimenti con riferimento alle quattro combinazioni di comando realizzabili.



I condotti in pressione sono messi in risalto con una linea di maggior spessore. Come si nota il distributore n. 1 porta una doppia freccia. Ciò indica che l'aria può circolare nei due sensi. I distributori di questo tipo sono denominati: *distributori con vie di flusso reversibili.*

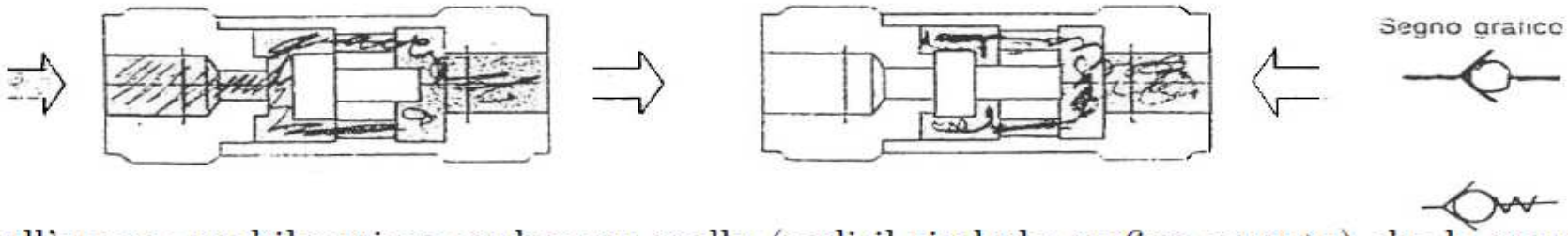
VALVOLE DI INTERCETTAZIONE E DI REGOLAZIONE

Sono componenti che agiscono sull'aria automaticamente. I principali tipi sono:

- Valvole unidirezionali e di non ritorno;
- Valvole di strozzamento bidirezionali;
- Valvole di strozzamento d'estremità;
- Valvole di non ritorno con strozzamento;
- Valvole selettive di circuito;
- Valvole a due pressioni;
- Valvole a scappamento rapido.

VALVOLE UNIDIREZIONALI

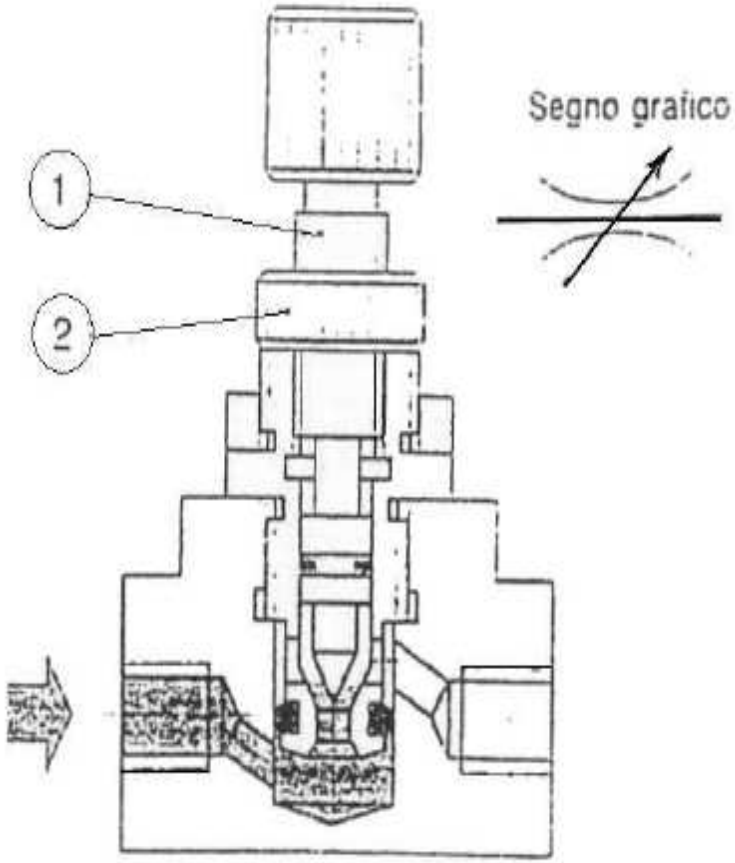
Permettono il libero passaggio del fluido in un solo senso. Nella valvola rappresentata, il flusso è libero di attraversarla nel senso da sinistra a destra, mentre nel senso opposto, lo stesso flusso d'aria, agendo sul pistoncino mobile, provoca la chiusura della luce di passaggio.

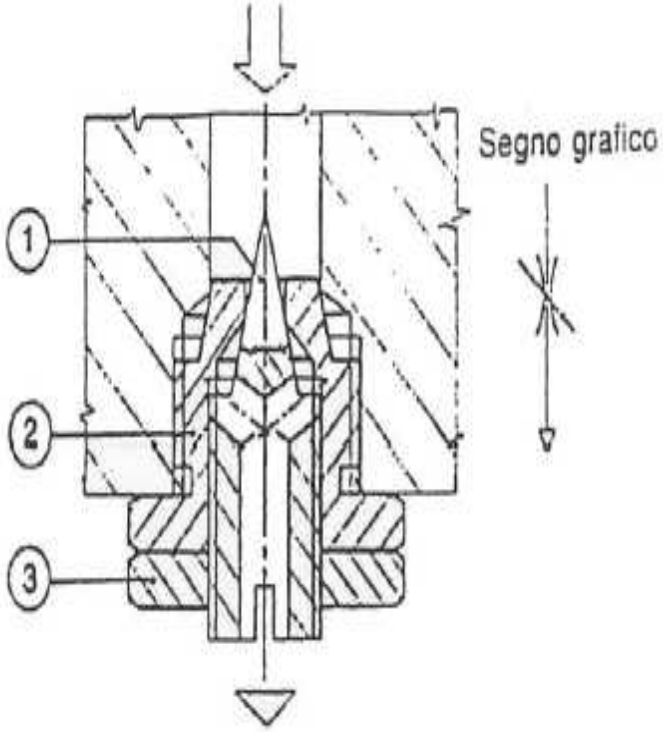


Se sull'organo mobile agisce anche una molla (vedi il simbolo grafico accanto) che lo mantiene in chiusura, la valvola viene denominata: *Valvola di non ritorno.*

VALVOLE DI STROZZAMENTO BIDIREZIONALI

Permettono la regolazione dell'aria nei due sensi. Il passaggio del flusso viene regolato da una vite con estremità a spillo 1 che, registrata, parzializza la sezione di passaggio nei due sensi. Il dado zigrinato cilindrico 2 serve per bloccare la vite con lo spillo dopo la taratura.



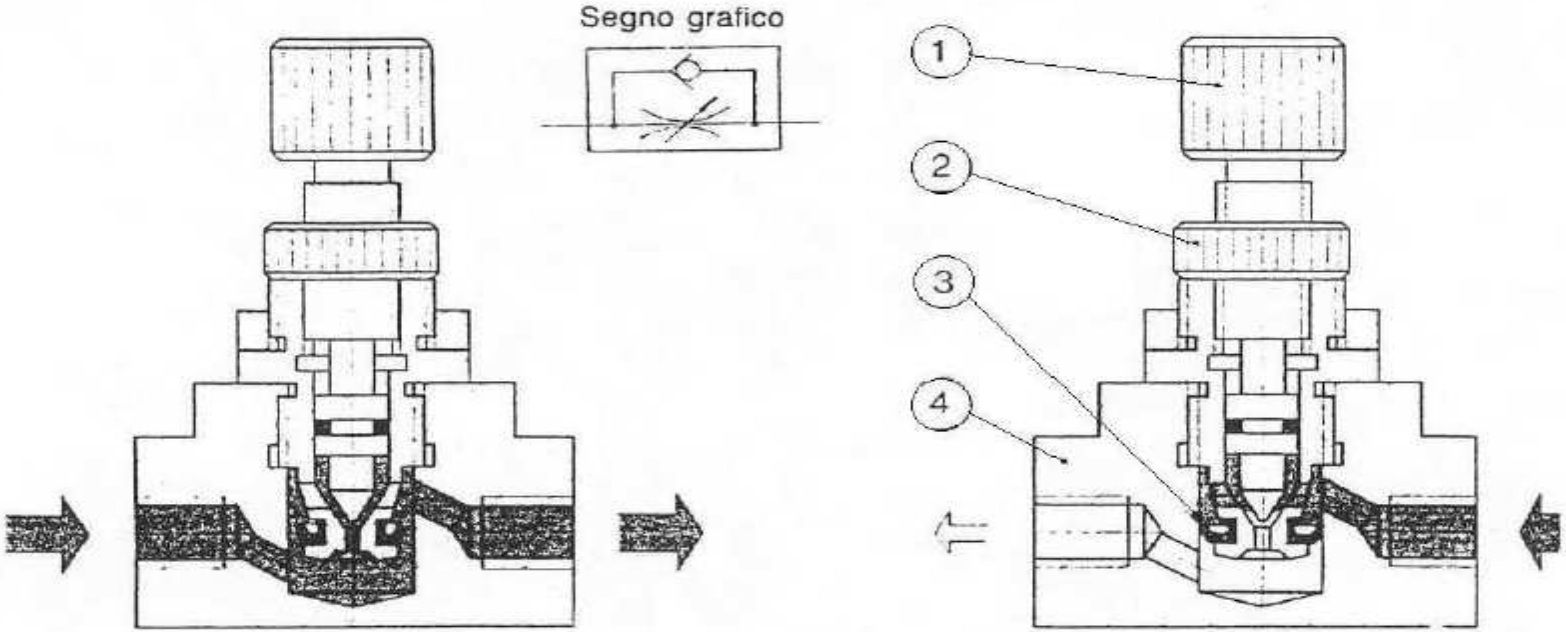


VALVOLE DI STROZZAMENTO D'ESTREMITÀ

Vengono impiegate esclusivamente per regolare la velocità dei pistoni. Sono costituite da una bussola 2 che si avvita di- rettamente sulla bocca di scarico dei distributori principali. Una vite 1 con estremità a spillo, forata radialmente e assial- mente, parzializza il foro della bussola. Il dado 3 serve a bloccare la vite dopo la taratura. L'aria si scarica in atmosfe- ra attraversando il foro della bussola la cui luce può essere aumentata o diminuita variando la posizione dello spillo.

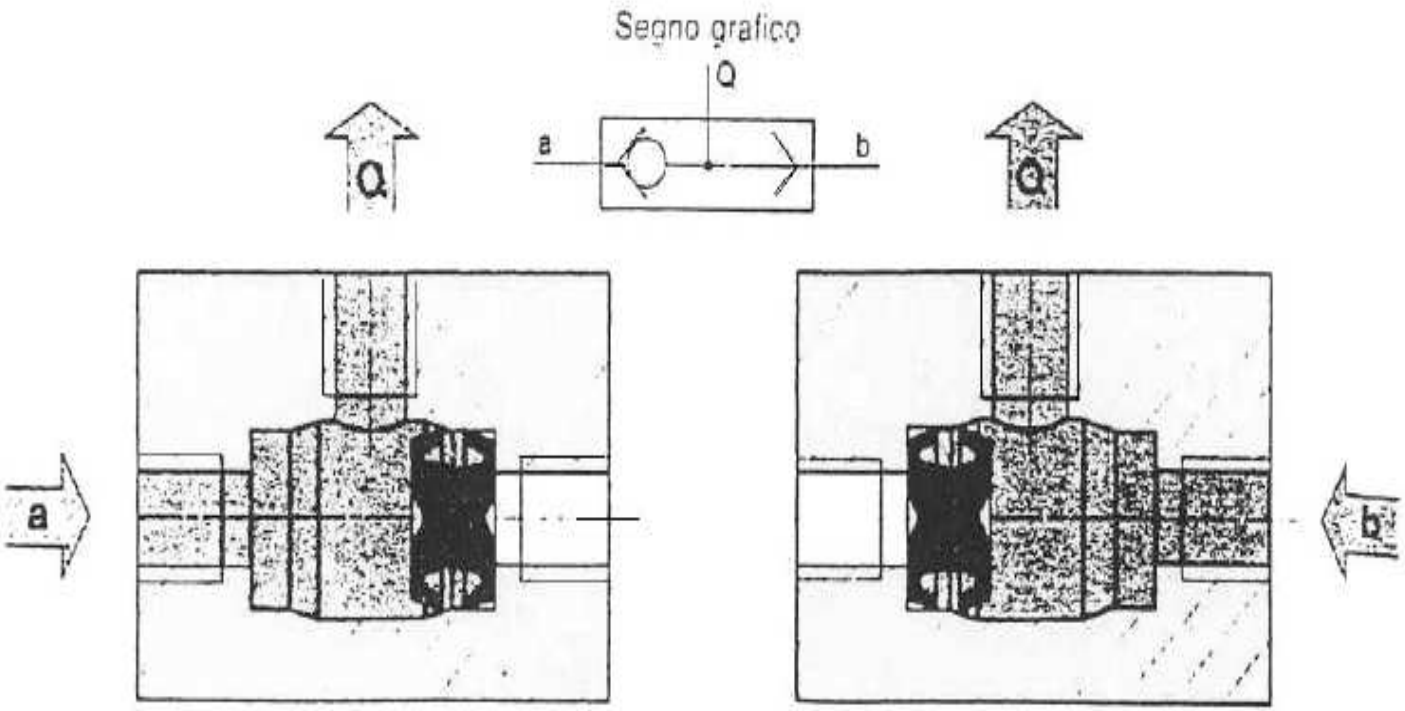
VALVOLE DI NON RITORNO CON STROZZAMENTO

Permettono il passaggio dell'aria libero in un senso e lo strozzamento nel senso opposto.
Nel corpo 4 sono ricavati due fori filettati per l'attacco dei tubi di arrivo e uscita dell'aria. Considerando il senso verso destra, il passaggio è libero perché il flusso d'aria flette il bordo elastico della guarnizione 3 che oppone poca resistenza.
Nel senso opposto, il bordo elastico della guarnizione 3 non può flettersi e la stessa pressione dell'aria mantiene il bordo aderente alla sede assicurando la tenuta. Il flusso d'aria è costretto ad attraversare il passaggio parzializzato che può essere regolato con la vite a spillo 1 bloccata, dopo la taratura, con il dado 2.



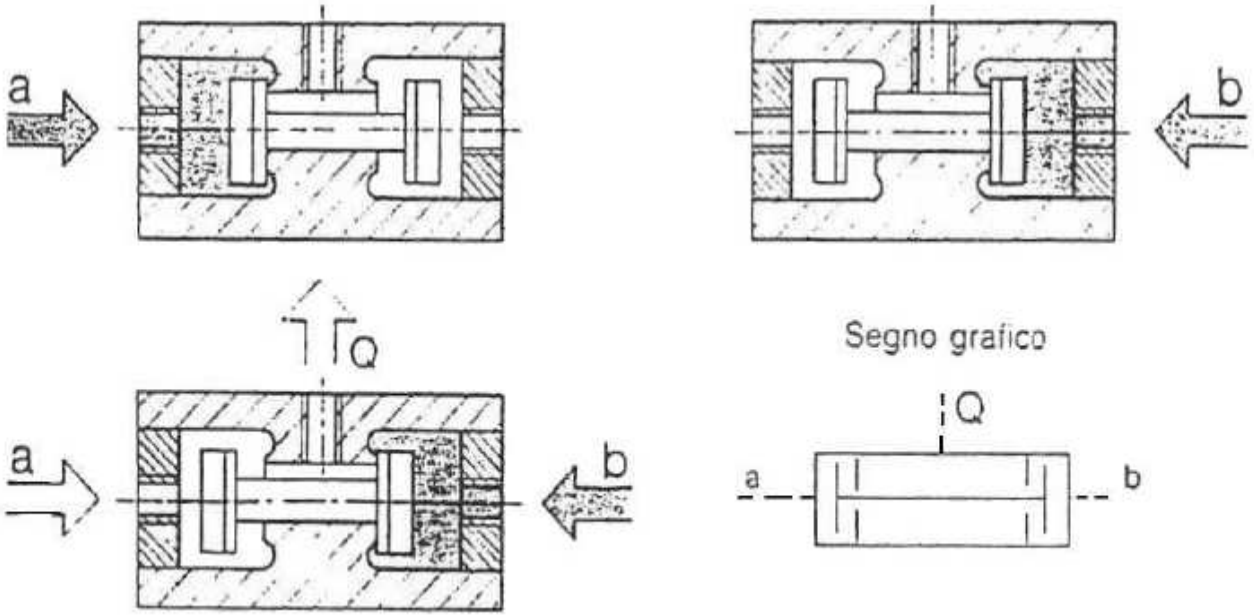
VALVOLE SELETTIVE DI CIRCUITO

Sono valvole con due entrate e una uscita. Un elemento mobile all'interno del corpo della valvola è libero di spostarsi assialmente. L'aria convogliata verso una entrata sposta l'organo mobile che blocca l'altra entrata obbligando il flusso verso l'uscita e viceversa.



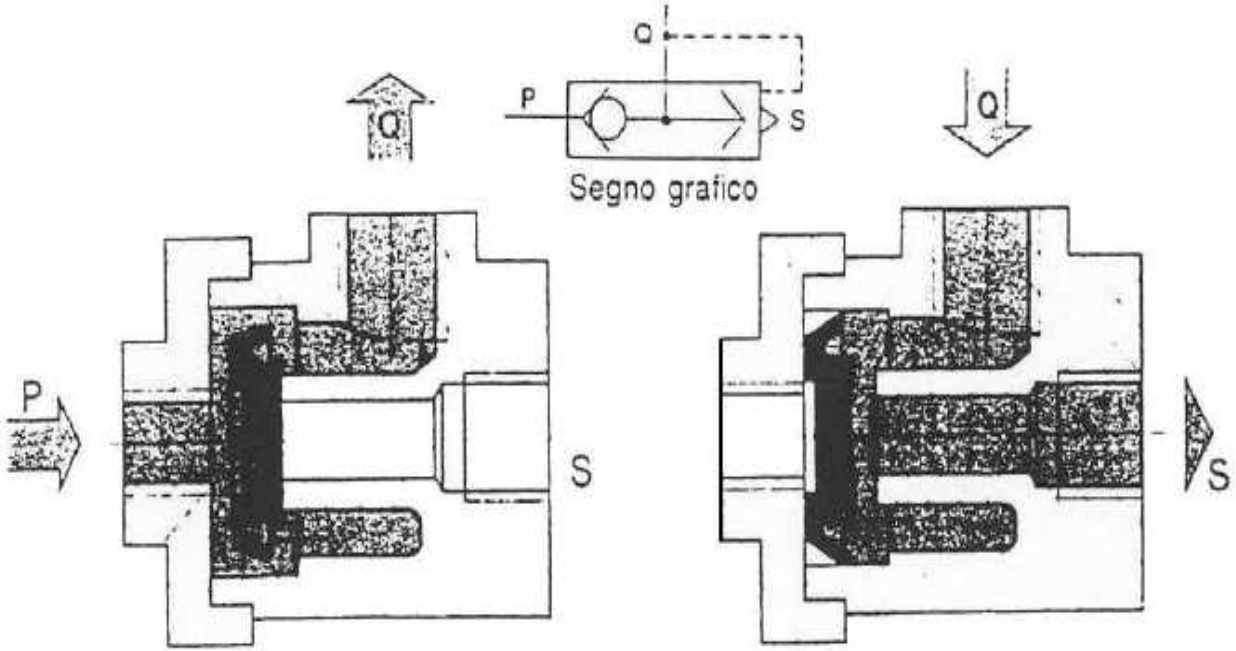
VALVOLE A DUE PRESSIONI

Anche queste valvole hanno due ingressi ed una uscita ma, a differenza di quelle selettive di circuito, l'uscita è assicurata solo se sono presenti tutte e due le entrate.
Infatti se è presente solo l'ingresso **a** il pistoncino scorrevole blocca l'uscita; in questa posizione, se è presente anche l'ingresso **b** si ha l'uscita e viceversa. Se uno dei due ingressi si annulla, automaticamente anche l'uscita cessa. In caso di due ingressi a pressioni diverse, quella maggiore posiziona in chiusura il pistoncino e quella più bassa va all'uscita.



VALVOLE A SCAPPAMENTO RAPIDO

Permettono di ridurre al minimo il tempo di scarico dell'aria. I fori opposti sono quelli d'entrata **P** e di scarico **S** mentre quello laterale **Q** è il foro di utilizzazione.



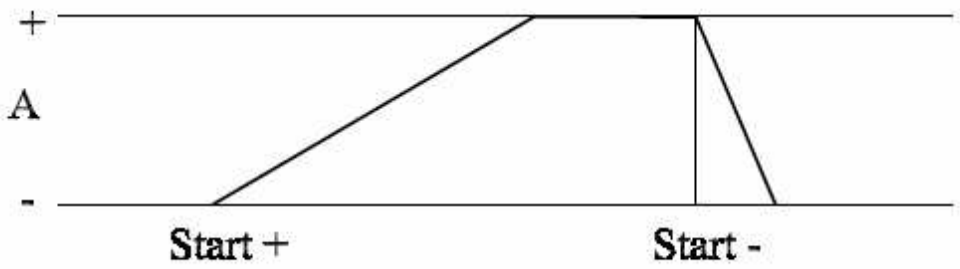
Quando l'aria arriva in **P** sposta il disco verso destra chiudendo lo scarico e, flettendo il bordo della guarnizione, si dirige verso l'utilizzazione. Viceversa quando l'aria arriva da **Q**, sposta il disco verso sinistra, **P** si chiude e il flusso è costretto allo scarico **S**.

REGOLAZIONE DELLA VELOCITÀ DEI PISTONI

La regolazione della velocità dei pistoni avviene strozzando l'aria delle camere dei cilindri collegate con lo scarico. In questo modo si crea una *contropressione* che si oppone al movimento del pistone frenandolo.

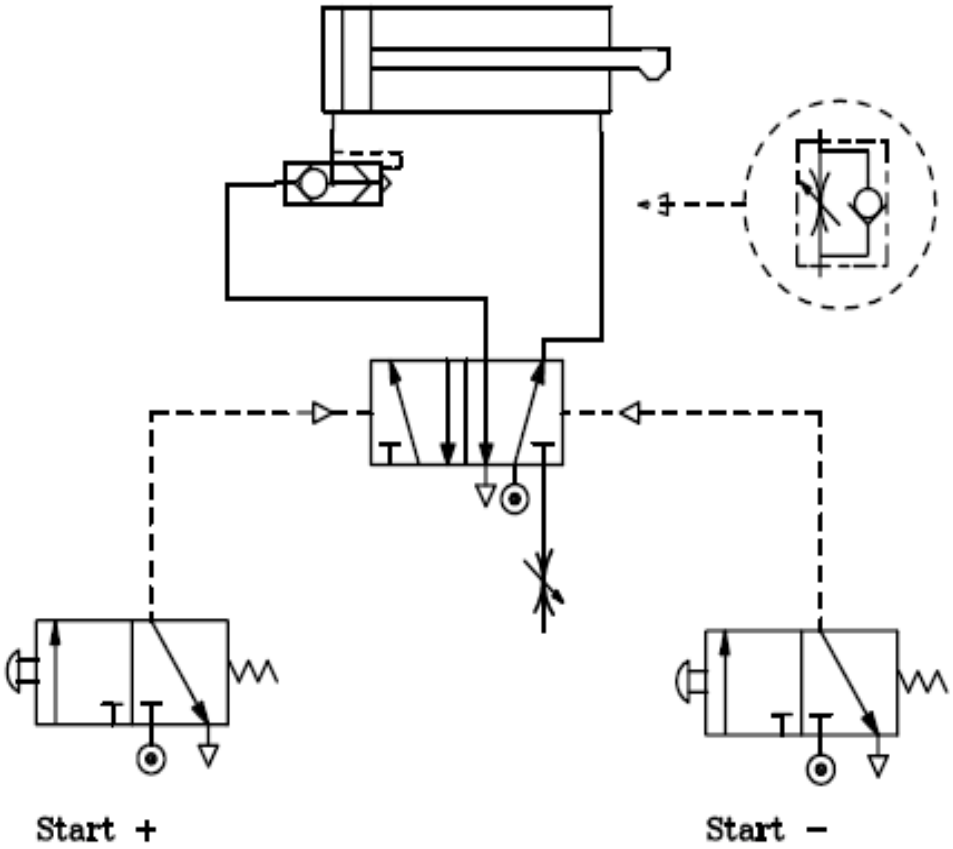
È errato strozzare l'aria all'ingresso delle camere sotto pressione, in quanto si avrebbe uno spostamento del pistone a scatti.

"RITORNO RAPIDO"



Come si vede dal diagramma spazio-tempo lo stelo del cilindro A deve:

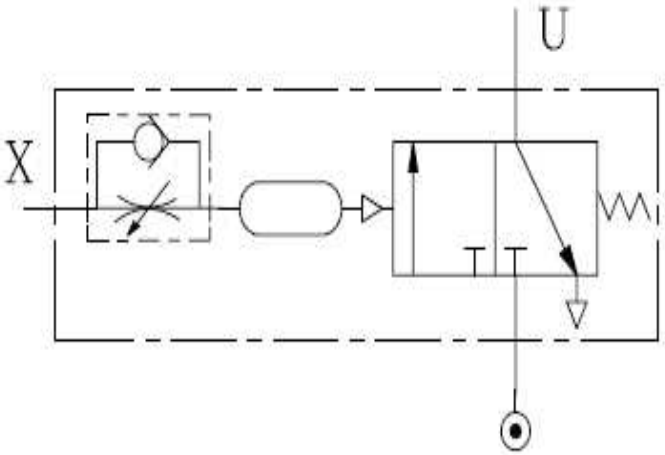
- uscire lentamente all'azionamento dello Start + ;
- rimanere fermo in posizione positiva;
- rientrare alla massima velocità all'azionamento dello Start – ;



Si può anche sostituire la valvola di strozzamento allo scarico del 5/2 con una di non ritorno con strozzamento facendo attenzione a montarla nel senso giusto (vedi simbolo cerchiato).

TEMPORIZZATORI

Sono apparecchi che permettono di ritardare un segnale. Dal simbolo grafico è semplice capirne il funzionamento.

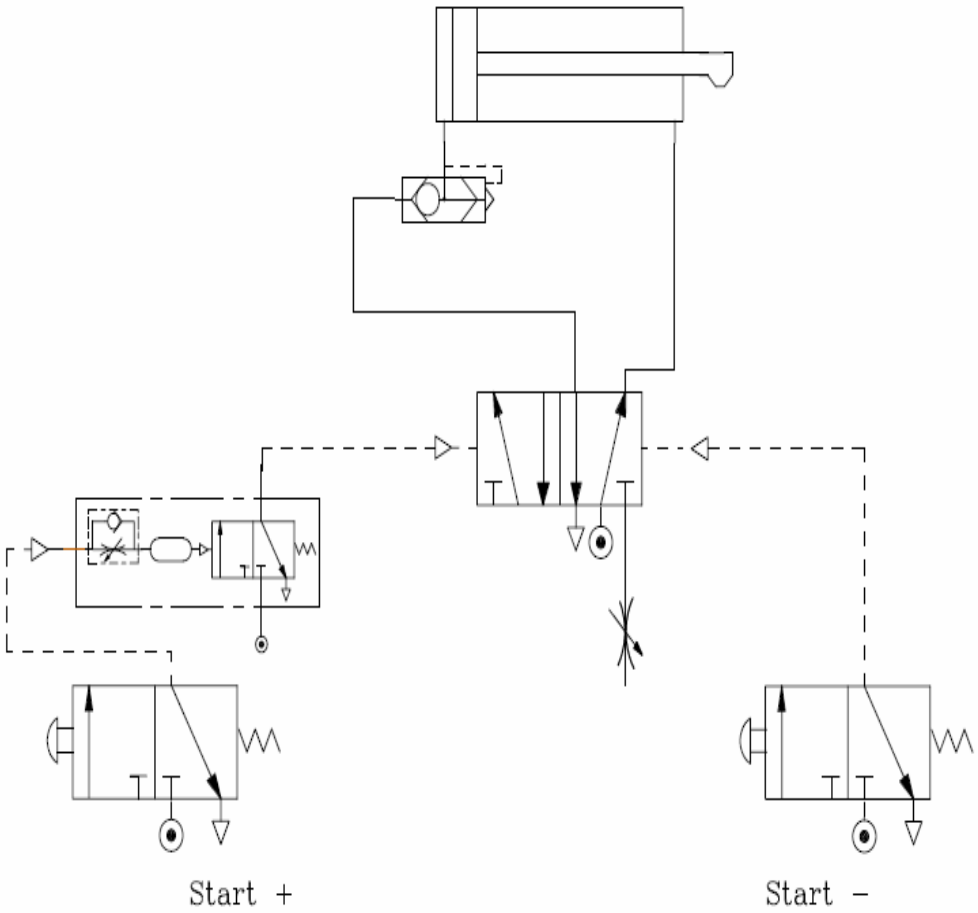


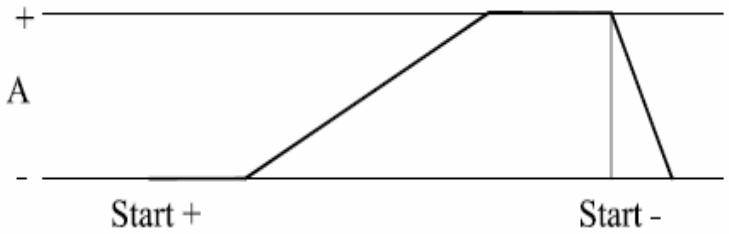
Quando il simbolo grafico è contornato da una linea tratto e punto significa che tutti i componenti racchiusi in questa linea fanno parte di un'unica apparecchiatura.

Il segnale X, prima di pilotare il 3/2, deve passare attraverso la strozzatura della valvola e riempire il serbatoio. Si ha pertanto un ritardo tra l'arrivo del segnale X e l'uscita U; il tempo si può regolare variando la posizione dello spillo della valvola di non ritorno con strozzamento.

ESEMPIO

Variante del circuito precedente; all'azionamento dello Start +, prima che il pistone si muova deve passare un certo tempo.



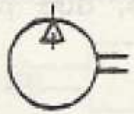
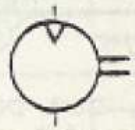
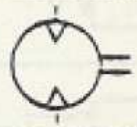
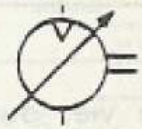
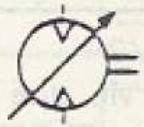
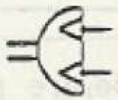


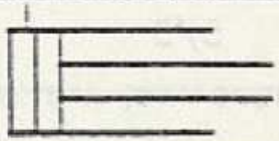
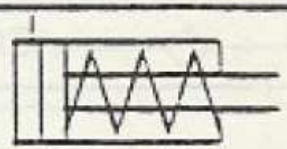
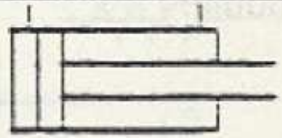
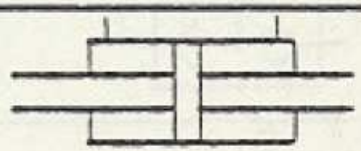
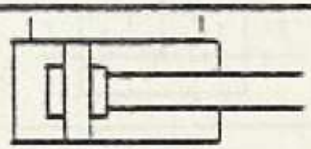
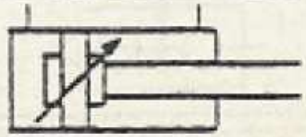
SIMBOLISMO (ISO 1219) (UNI 6861)

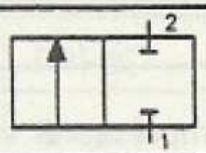
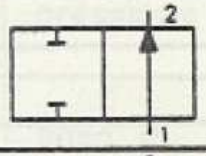
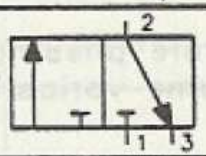
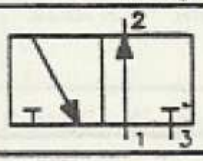
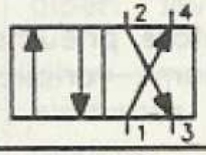
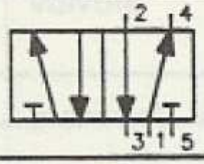
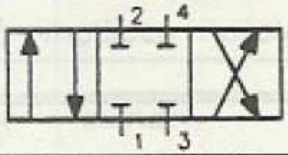
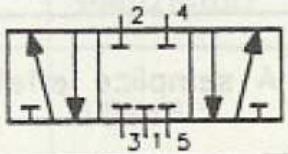
TAB. 2.1.a. - SIMBOLISMO PNEUMATICO.

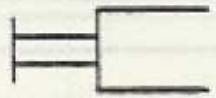
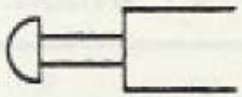
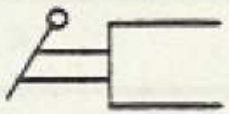
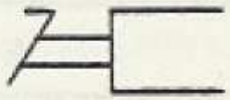
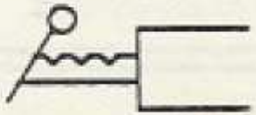
SEGNI GRAFICI		
ELEMENTO	SEGNO	ESEMPI
Linea continua	d	linea in pressione
linea a tratti lunghi	d, l, l > 20 d	linea di comando
linea a tratti corti	d, l, l < 5 d	scarico libero
Linee affiancate	s, s < 5 d	steli di pistoni, alberi, leve
Figure base: quadrato	h, l, l = h	elemento base valvole
rettangolo 1,5 h	h, l, l = 1,5 h	elementi logici
rettangolo 2 h	h, l, l = 2 h	cilindri, silenziatori
rettangolo 3 h	h, l, l = 3 h	cilindri

DENOMINAZIONE DELLE LUCI DI EFFLUSSO		
Luce	Normativa CETOP	Normativa ISO
Alimentazione (pressione)	1	P
Prima utilizzazione	2	A
Seconda utilizzazione	4	B
Primo scarico	3	R
Secondo scarico	5	S

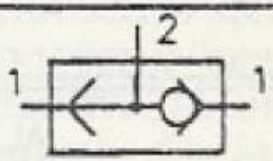
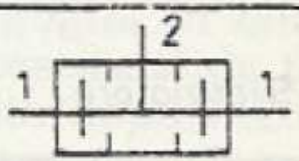
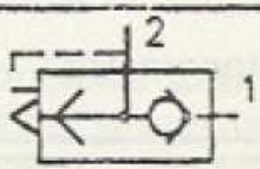
DENOMINAZIONE		SIMBOLO
COMPRESSORI		
Compressore volumetrico		
MOTORI (realizzano un moto rotatorio)		
Motore pneumatico a volume variabile	– uno solo direzione di flusso	
	– due direzioni di flusso	
Motore pneumatico a volume varibile:	– uno solo direzione di flusso	
	– due direzioni di flusso	
Motori oscillanti (attuatori rotativi)		

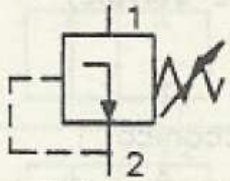
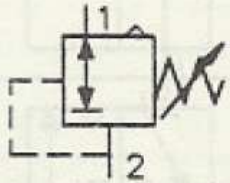
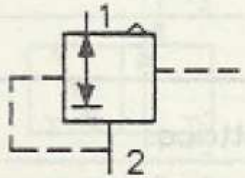
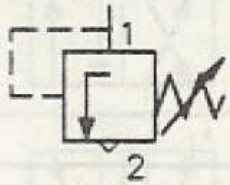
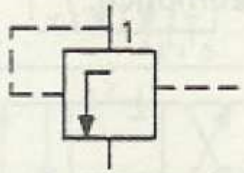
CILINDRI (realizzano un moto rettilineo)		
A semplice effetto	– ritorno non specificato	
	– ritorno a molla	
A doppio effetto:	– con stelo semplice	
	– con stelo passante	
	– con deceleratori	
	– con decelleratori regolabili	

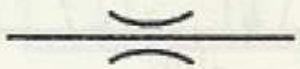
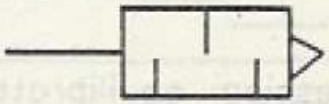
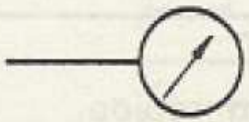
VALVOLE DISTRIBUTRICI		
2/2 Due vie, due posizioni	– normalmente chiusa (NC)	
	– normalmente aperta (NA)	
3/2 Tre vie, due posizioni	– normalmente chiusa (NC)	
	– normalmente aperta (NA)	
4/2 Quattro vie, due posizioni		
5/2 Cinque vie, due posizioni		
4/3 Quattro vie, tre posizioni		
5/3 Cinque vie, tre posizioni		

AZIONAMENTO DELLE VALVOLE DISTRIBUTRICI		
Manuale:	– generico, non specificato	
	– a pulsante	
	– a leva	
	– a pedale	
	– leva a tre posizioni	

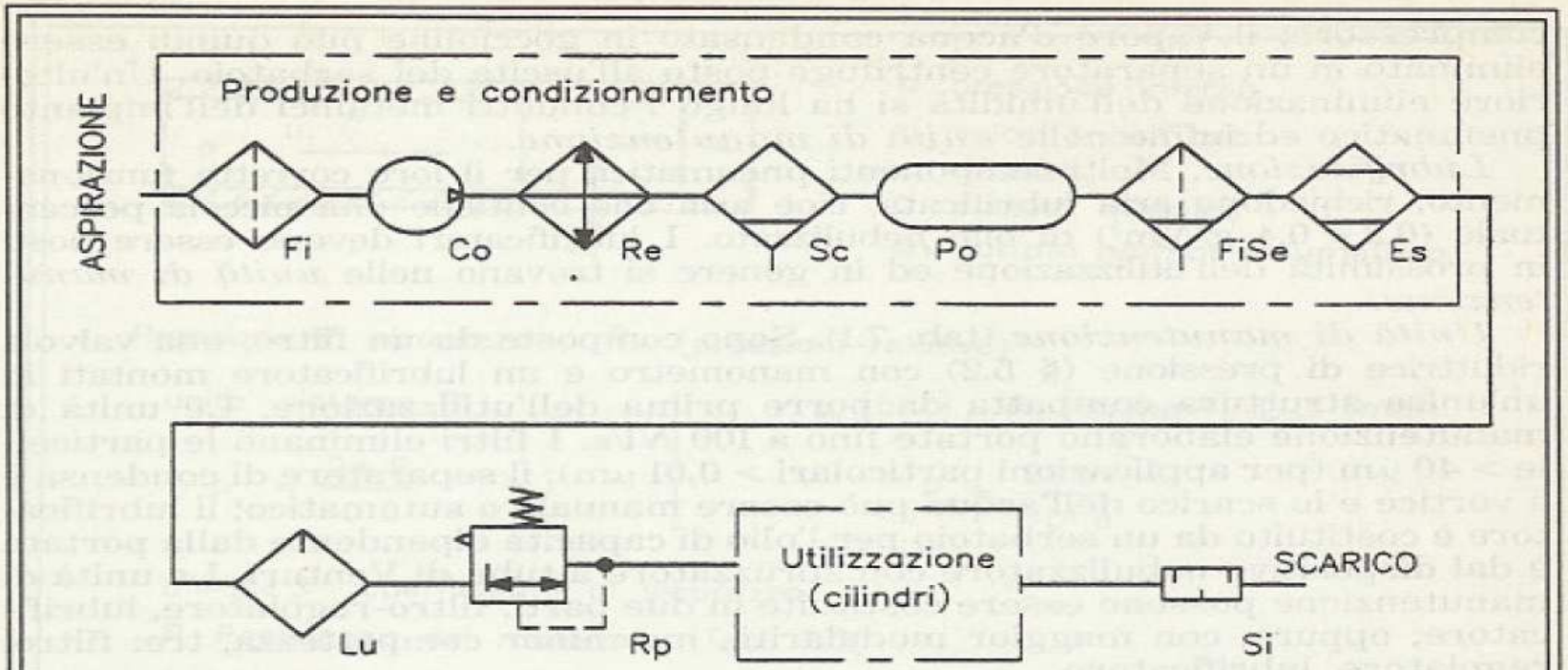
(Azionamento delle valvole)	– a tastatore	
Meccanico:	– ad asta con rullo	
	– a leva con rullo con effetto in un solo senso	
	– a molla	
Elettrico:	– bobina ad un avvolgimento	
	– bobina che aziona un dispositivo pneumatico ausiliario (elettrico servopilotato)	
Pneumatico:	– pressione che aziona direttamente la valvola	
	– pressione che aziona un dispositivo pneumatico ausiliario (servopilota)	

VALVOLE DI INTERCETTAZIONE E LOGICHE	
Unidirezionale	
Unidirezionale precaricato	
Selettrice (elemento OR)	
A pressioni equilibrate (elemento AND)	
Di scarico rapido	

VALVOLE DI REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE		
Valvola riduttrice di pressione.	— regolabile senza scarico delle sovrapressioni	
	— regolabile con scarico delle sovrapressioni	
	— pilotata con scarico delle sovrapressioni	
Valvola di sicurezza regolabile		
Valvola di sequenza a pressione regolabile		

VALVOLE REGOLATRICI DI PORTATA		
Bidirezionale	– riduzione fissa	
	– riduzione regolabile	
Unidirezionale regolabile		
ALTRI COMPONENTI		
Silenziatore		
Manometro		

PRODUZIONE E CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA COMPRESSA



Fi = filtro in aspirazione; Co = compressore; Re = refrigeratore; Sc = separatore di condensa; Po = serbatoio polmone; FiSe = filtro e separatore di condensa; Es = essiccatore; Lu = lubrificatore; Rp = riduttore di pressione; Si = silenziatore

Fig. 3.1. – Schema di produzione e condizionamento dell'aria compressa.

Elementi di un impianto di produzione e condizionamento

Compressori. Generalmente comprimono l'aria a 1000 kPa (10 bar) in modo che, anche dopo le perdite di pressione dovute al trasporto e a punte di richiesta, a valle del riduttore di pressione ci possa essere sempre una pressione di 600 kPa (6 bar). Per portate fino a 4 ÷ 7 Nm^3/s si usano compressori alternativi (V. VENTILATORI E COMPRESSORI); in grossi impianti con portate > 10 Nm^3/s si usano compressori centrifughi.

Filtri. Le particelle solide presenti nell'aria spesso hanno carattere abrasivo e devono essere eliminate per evitare il danneggiamento dei dispositivi pneumatici. All'aspirazione del compressore ci possono essere: *filtri a secco* in carta impregnata; *filtri a labirinto* costituiti da strati sovrapposti di lamierino forati e bagnati d'olio; *filtri a bagno d'olio*, richiesti quando l'aria è molto inquinata, in cui l'aria gorgoglia in olio e poi passa attraverso un filtro secco. In mandata i filtri, costituiti da piastre in materiale ceramico poroso, possono trovarsi subito dopo il compressore e/o immediatamente prima dell'utilizzazione incorporati nelle *unità di manutenzione*.

Separatori di condensa. L'aria aspirata dai compressori contiene una certa percentuale di vapore acqueo che può corrodere i componenti pneumatici. La maggior parte del vapore contenuto nell'aria viene eliminato refrigerandola e arrestandola momentaneamente in un serbatoio posto subito dopo il compressore; il vapore d'acqua condensato in goccioline può quindi essere eliminato in un separatore centrifugo posto all'uscita del serbatoio. Un'ulteriore eliminazione dell'umidità si ha lungo i condotti metallici dell'impianto pneumatico ed infine nelle *unità di manutenzione.*

Lubrificazione. Molti componenti pneumatici, per il loro corretto funzionamento, richiedono aria lubrificata, cioè aria che contiene una piccola percentuale ($0{,}2 \div 0{,}4$ g/Nm^3) di olio nebulizzato. I lubrificatori devono essere posti in prossimità dell'utilizzazione ed in genere si trovano nelle *unità di manutenzione.*

Unità di manutenzione (tab. 7.1). Sono composte da un filtro, una valvola riduttrice di pressione (§ 5.2) con manometro e un lubrificatore montati in un'unica struttura compatta da porre prima dell'utilizzazione. Le unità di manutenzione elaborano portate fino a 100 Nl/s. I filtri eliminano le particelle > 40 μm (per applicazioni particolari > 0,01 μm); il separatore di condensa è a vortice e lo scarico dell'acqua può essere manuale o automatico; il lubrificatore è costituito da un serbatoio per l'olio di capacità dipendente dalla portata e dal dispositivo nebulizzatore con spruzzatore a tubo di Venturi. Le unità di manutenzione possono essere costituite in due parti: filtro-regolatore, lubrificatore; oppure, con maggior modularità, ma minor compattezza, tre: filtro, regolatore, lubrificatore.

Buon lavoro