

CAMOZZI COMPETENCE CENTRE



## L'AUTOMAZIONE PNEUMATICA DAI PRINCIPI DI BASE ALLE TECNICHE PRATICHE



---

Pubblicazione a cura di

**Camozzi Automation S.p.A.**

Società Unipersonale

Via Eritrea, 20/1

25126 Brescia

Italia

Tel. +39 030 37921

info@camozzi.com

Edizione 2019

**Tutti i diritti riservati.**

Ogni diritto sui contenuti del presente testo è riservato ai sensi della normativa vigente. La riproduzione, la pubblicazione e la distribuzione, totale o parziale, di tutto il materiale originale contenuto in questo manuale (tra cui, a titolo esemplificativo e non esaustivo, i testi, le immagini, le elaborazioni grafiche) sono espressamente vietate in assenza di autorizzazione scritta.

CAMOZZI COMPETENCE CENTRE



**L'AUTOMAZIONE PNEUMATICA**  
DAI PRINCIPI DI BASE  
ALLE TECNICHE PRATICHE

---

# L'IMPORTANZA DELLA DIDATTICA NELLA PNEUMATICA



## **Camozzi Competence Centre Competenza e passione**

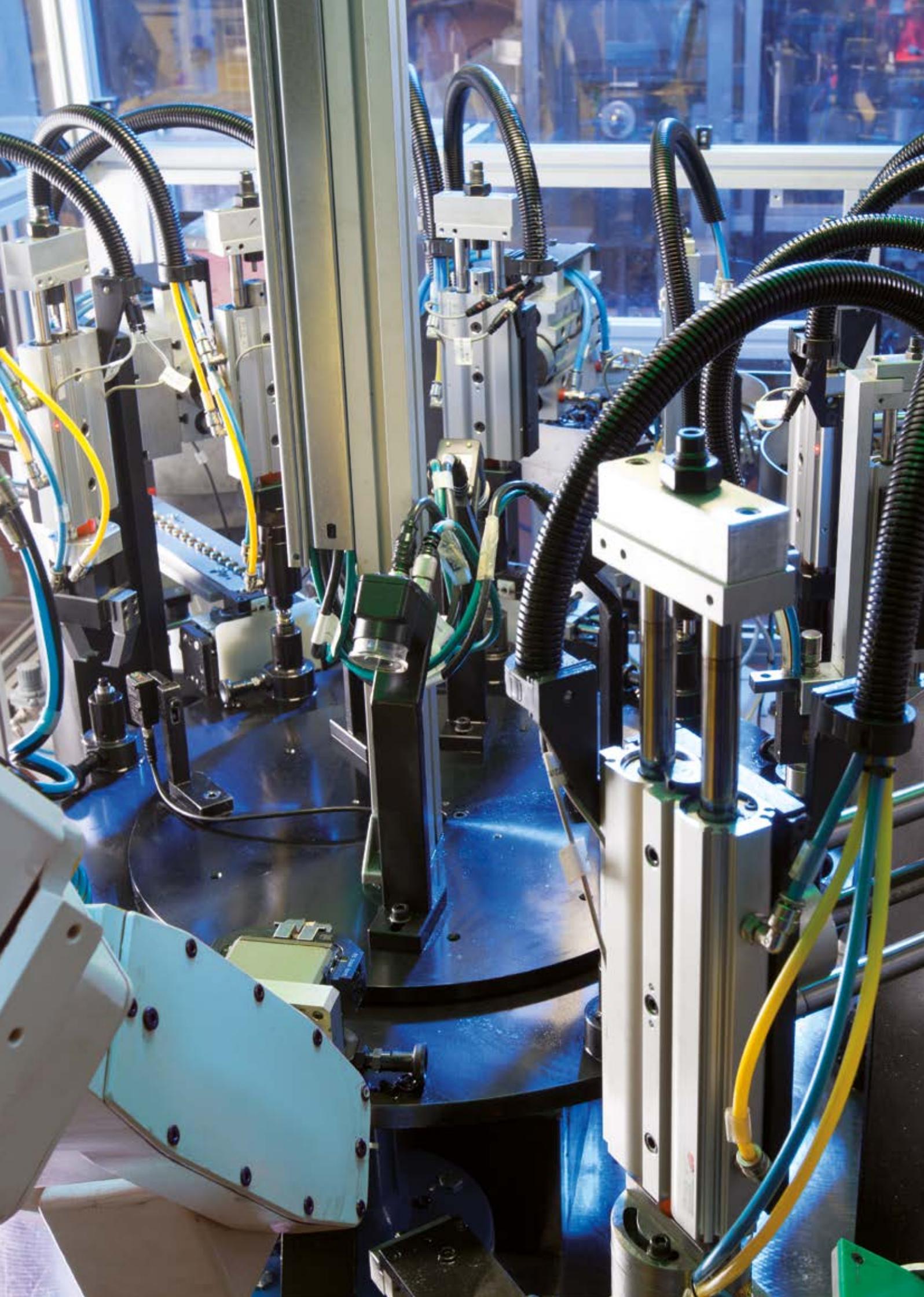
Realizzare soluzioni per i clienti in grado di fornire valore aggiunto combinando efficienza, qualità ed affidabilità dei componenti sulla base delle esigenze di ogni settore applicativo, questo è da sempre la missione di Camozzi.

La diffusione di sistemi sempre più complessi che integrano tecnologie differenti rende necessaria una formazione articolata su contenuti che spaziano dalla fisica tradizionale alla pneumatica e all'elettronica sino alla mecatronica.

Einstein diceva che "è l'arte suprema dell'insegnante, risvegliare la gioia della creatività e della conoscenza", oggi più che mai è indispensabile che al lavoro sul campo si affianchi una formazione continua e strutturata.

Preparare dipendenti, clienti e fornitori su queste tematiche è l'obiettivo del Camozzi Competence Centre, una struttura interamente dedicata alla formazione grazie all'ausilio di docenti, testi e strumentazioni costantemente aggiornate.





# L'UTILIZZO DELL'AUTOMAZIONE PNEUMATICA NELL'INDUSTRIA



## **Conoscere, immaginare, realizzare Il progresso comincia da qui**

La conoscenza è il patrimonio più grande di cui ogni persona dispone e proprio dalla combinazione di conoscenza, creatività ed immaginazione nascono le idee per un vero progresso.

L'evoluzione tecnologica sempre più rapida che caratterizza l'industria rende indispensabile un approccio anche da parte dei produttori di componenti basato sulla una conoscenza

dei principi sui quali si basa il funzionamento dei prodotti e contemporaneamente delle applicazioni che con questi bisogna realizzare.

In particolare l'automazione dei processi presenta peculiarità uniche a seconda del settore e la pneumatica rappresenta una delle principali tecnologie impiegate per ottenere soluzioni affidabili ed altamente performanti.

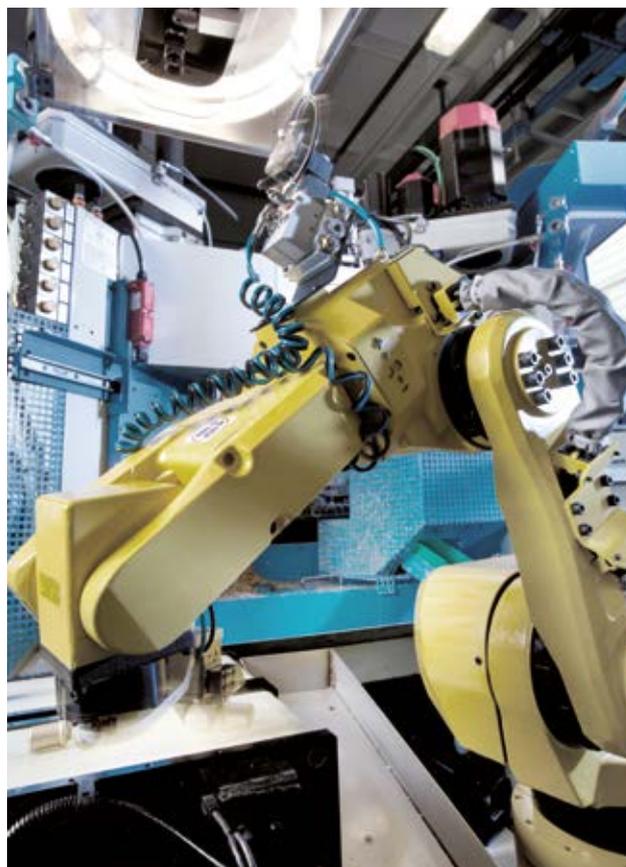
# CAMOZZI TECNOLOGIA E SOLUZIONI INDUSTRIALI SU MISURA

Camozzi Automation è una delle principali realtà internazionali operanti nel settore della componentistica pneumatica per l'automazione industriale.

Grazie a 6 stabilimenti produttivi, tutti organizzati e gestiti secondo le logiche della "Lean production", ed al supporto di MARC (Mechatronic Application Research Center), interamente dedicato alla ricerca tecnologica, vengono progettati e realizzati componenti e sistemi sempre più evoluti che integrano pneumatica, meccanica ed elettronica.

La vocazione internazionale dell'azienda si traduce nella capacità di affiancare i clienti in tutto il mondo assicurando assistenza ovunque siano installati i propri prodotti. Una filosofia che ha come obiettivo quello di rivestire un ruolo importante per aziende che non cercano unicamente componenti affidabili, ma veri partner internazionali, capaci di essere al loro fianco ovunque sia necessario.

Per questo oggi Camozzi Automation è un network internazionale con sede in Italia ma presente in tutti i continenti, con filiali commerciali e workshop in 21 Paesi e 53 distributori esclusivi che assicurano la copertura di oltre 75 Paesi. Qualità Totale di prodotti e processi produttivi, flessibilità e ricerca costante sulle tecnologie più innovative sono alla base della strategia Camozzi, che vede nello sviluppo di competenze mirate per ogni settore industriale il mezzo per poter offrire soluzioni specifiche ed efficaci.





# Indice

## Capitolo 1

---

### LA FISICA

- 12 L'aria
- 13 La pressione atmosferica
- 14 Pressione assoluta e relativa
- 16 Le leggi dei gas: la legge di Boyle
- 18 Effetti della temperatura sui gas
- 19 Le leggi dei gas: le leggi di Gay-Lussac
- 22 Relazione tra pressione, volume e temperatura
- 25 Pressione e portata
- 27 Il principio di Pascal
- 29 Principio Venturi
- 30 Concetti di meccanica
- 34 Magnetismo ed elettromagnetismo

## Capitolo 2

---

### LA PRODUZIONE DI ARIA

- 38 I compressori
- 40 Dal compressore al serbatoio di accumulo dell'aria
- 41 Dal serbatoio all'utilizzo
- 43 Calcolo delle tubazioni
- 44 Trattamento dell'aria compressa:
  - il filtro
  - il filtro disoleatore
- 47 Regolatore di pressione
- 48 Valvola di intercettazione
- 49 Avviatore progressivo
- 50 Regolatore di pressione senza compensazione
- 51 Trattamento dell'aria compressa: il lubrificatore

## Capitolo 3

---

### I CILINDRI

- 54 Principio di funzionamento di un cilindro
- 56 Definizioni tipiche
- 57 Andamento della pressione nelle camere positiva e negativa di un cilindro a doppio effetto
- 58 Forze sviluppate da un cilindro
- 59 Caratteristiche costruttive
- 60 Dimensionamento di un cilindro in funzione del carico applicato
- 62 Ammortizzamento del movimento in un cilindro a doppio effetto
- 63 Fase di spunto di un cilindro a doppio effetto
- 64 Ancoraggi del corpo
- 65 Collegamento dello stelo
- 66 Sollecitazioni dello stelo al carico di punta
- 68 Come modificare le prestazioni dei cilindri: la leva
- 71 Dispositivi per modificare le prestazioni dei cilindri:
  - la manovella
  - i ruotismi
  - il cuneo
- 77 Cilindri rotanti
- 79 Cilindri magnetici
- 80 Cilindri in altre esecuzioni
- 82 Consumo d'aria libera in un cilindro
- 84 Richiesta di aria in un cilindro pneumatico
- 85 Freno idraulico
- 86 Moltiplicatore di pressione

## Capitolo 4

---

### LE VALVOLE

- 90 Le valvole
- 90 Classificazione delle valvole
- 92 Valvole pneumatiche di distribuzione ad otturatore
- 93 Funzionamento delle valvole ad otturatore 3/2 NC
- 94 Funzionamento delle valvole ad otturatore 3/2 NO

95	Dispositivi di comando manuale delle valvole ad otturatore
96	Dispositivi di comando meccanico delle valvole ad otturatore
97	Minivalvole ad otturatore
98	Valvole di distribuzione 3/2 a spola
99	Valvole di distribuzione 5/2 a spola
100	Dispositivi di azionamento manuale e meccanico
101	Tipologie di azionamento pneumatico nelle valvole
102	Elettrovalvole a comando diretto
107	Elettrovalvole con servo pilotaggio interno
108	Elettrovalvole con servo pilotaggio esterno
110	Valvole a tre posizioni
111	Valvole di blocco:
	- unidirezionali
	- bidirezionali
113	Doppie valvole 2/2 e 3/2
115	Valvole logiche di elaborazione dei segnali
120	Portata nominale
121	Dimensionamento delle valvole di distribuzione e delle tubazioni di collegamento
124	Valvole di intercettazione
125	Valvole regolatrici di flusso
130	Utilizzo di valvole con vuoto
131	Pressostati con contatto Normalmente Chiuso, Aperto o in Scambio

## Capitolo 5

---

### LA TECNICA DEI CIRCUITI

134	Simbologia pneumatica
136	Norme per l'esecuzione di uno schema
138	Circuiti elementari
141	Ciclo singolo o semiautomatico
142	Ciclo continuo o automatico
143	Circuiti elementari
144	Rappresentazione letterale e grafica del movimento dei cilindri
146	I segnali generati dalle valvole di finecorsa
150	I principi della logica
152	Le funzioni logiche di base
153	Esempio di applicazione delle funzioni logiche di base
155	Impiego delle funzioni logiche YES e NOT
156	OR ed AND realizzate con valvole di distribuzione
157	Valvola di memoria
160	Il temporizzatore
161	Comando d'inizio ciclo
162	Ciclo singolo/continuo
163	Comando di emergenza
165	Sviluppo di una sequenza
166	Diagramma di flusso e sviluppo dello schema
168	Movimentazione di più cilindri
171	Identificazione dei segnali bloccanti
173	Tecniche per eliminare i segnali bloccanti
192	Comando bimanuale

## Capitolo 6

---

### I CIRCUITI ELETTROPNEUMATICI

196	Simbologia elettrica
197	Circuiti con relè
198	Sistemi di comando
201	Schema elettropneumatico
202	Realizzazione delle funzioni logiche
204	Circuiti con doppi comandi
207	Comando di emergenza
	- arresto e riposizionamento dei cilindri
210	Ciclica con più cilindri
213	Sequenze con segnali bloccanti



## CAPITOLO 1

# LA FISICA

- 12 L'aria
- 13 La pressione atmosferica
- 14 Pressione assoluta e relativa
- 16 Le leggi dei gas: la legge di Boyle
- 18 Effetti della temperatura sui gas
- 19 Le leggi dei gas: le leggi di Gay-Lussac
- 22 Relazione tra pressione, volume e temperatura
- 25 Pressione e portata
- 27 Il principio di Pascal
- 29 Principio Venturi
- 30 Concetti di meccanica
- 34 Magnetismo ed elettromagnetismo

# L'aria

Ogni entità in possesso di massa e dimensioni spaziali viene definita materia ed è costituita da particelle dette **molecole**. È possibile trovare la materia nelle seguenti forme:

- **solida**, ha volume e forma propria: le molecole sono strettamente legate le une alle altre;
- **liquida**, con un proprio volume ma non una forma: le molecole assumono la forma del recipiente che le contiene;
- **gassosa**, la materia non ha una forma e un volume proprio: le molecole sono libere di muoversi al punto che la loro distanza e posizione varia in continuazione.

In questa sezione ci soffermiamo sulla caratteristica propria dei gas detta **compressione**, per guidarci nella comprensione utilizziamo come esempio la pompa della bicicletta.

## Figura 1

**Pos. 1:** attraverso il foro posto all'estremità della pompa, l'aria esterna viene **aspirata** nel cilindro (o camera) mediante il pistone; di conseguenza, il suo volume e la sua forma coincidono con le dimensioni del contenitore, ossia della camera.

**Pos. 2:** chiudendo il foro della pompa ed esercitando una pressione sul pistone, l'aria si **comprime** diminuendo il volume occupato.

**Pos. 3:** aumentando ulteriormente la pressione sul pistone, il volume occupato dall'aria diminuisce. È possibile osservare che le molecole, se soggette ad un'azione di compressione, sono costrette a posizionarsi in uno spazio sempre inferiore.

Ipotizziamo che il numero totale di molecole contenute nella pompa sia 900 e che la camera della pompa abbia un volume di  $150 \text{ cm}^3$ ; calcoliamo il numero di molecole presenti per ogni  $\text{cm}^3$ :

$$n^\circ \text{ di molecole per } \text{cm}^3 = \frac{n^\circ \text{ tot di molecole}}{\text{volume}} = \frac{900}{150} = 6$$

Riducendo lo spazio volumetrico, l'aria si comprime e il numero di molecole per  $\text{cm}^3$  aumenta.

Portando il volume da  $150$  a  $100 \text{ cm}^3$  e successivamente a  $60 \text{ cm}^3$ , calcoliamo il numero di molecole presenti:

$$n^\circ \text{ di molecole per } \text{cm}^3 = \frac{n^\circ \text{ tot di molecole}}{\text{volume}} = \frac{900}{100} = 9$$

$$n^\circ \text{ di molecole per } \text{cm}^3 = \frac{n^\circ \text{ tot di molecole}}{\text{volume}} = \frac{900}{60} = 15$$

Possiamo concludere che con la compressione dell'aria, lasciando invariato il numero di molecole totali, **aumenta il numero di molecole per  $\text{cm}^3$** .

## Figura 1

**Pos. 4:** la compressione ha la proprietà di influenzare la temperatura del gas, le molecole gassose sono sempre in movimento secondo traiettorie rettilinee e si urtano vicendevolmente tra loro e con le pareti del contenitore. Diminuendo il volume, le molecole si avvicinano, aumentano la velocità dei loro movimenti e il numero degli urti causando l'**aumento della temperatura**.

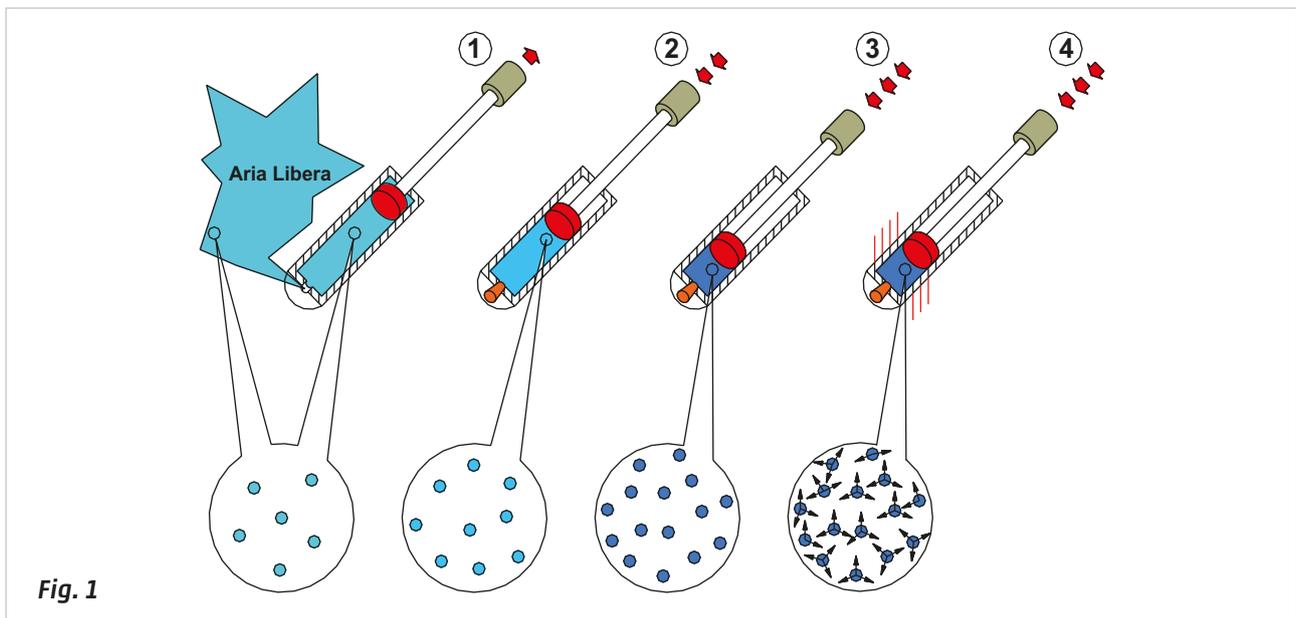


Fig. 1

## La pressione atmosferica

Poiché attratta dalla forza di gravità della Terra, l'aria ha un peso. Se non lo avesse, sarebbe soggetta ad espandersi e fuggirebbe dalla Terra dirigendosi verso lo spazio. A causa del suo peso l'atmosfera esercita una pressione su tutti gli oggetti in essa contenuti, **la pressione atmosferica**.

Il peso dell'aria è determinato dal peso di  $1 \text{ m}^3$  di aria secca alla temperatura di  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  e alla pressione di  $760 \text{ mm Hg}$  ( $760 \text{ mm}$  di colonna di mercurio) ed equivale a  $1,03 \text{ Kg}$ .

Una caratteristica della pressione atmosferica è quella di variare a seconda dell'altitudine del luogo dove è misurata. Ciò è dovuto dal peso minore dell'aria sugli strati elevati dell'atmosfera rispetto a quello che grava sugli strati più profondi. Al livello del mare la pressione atmosferica è in media di  $760 \text{ mm Hg}$  e diminuisce di circa  $1 \text{ cm}$  di colonna mercurio per ogni  $100 \text{ m}$  di innalzamento. All'altezza di  $1000 \text{ m}$  sul livello del mare la colonna ha in media l'altezza di  $66 \text{ cm}$ . Per grandi altitudini la pressione diminuisce in modo meno rapido.

Il valore della pressione atmosferica si può misurare riproducendo l'esperimento ideato dal fisico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), allievo di Galileo Galilei (1564-1642).

### Figura 2

**Pos. 1:** prendiamo un tubo di vetro chiuso ad un'estremità con lunghezza  $1 \text{ m}$  e con un diametro interno di circa  $12 \text{ mm}$  (circa  $1 \text{ cm}^2$ ), e riempiamolo completamente di mercurio. Tenendo chiusa l'estremità aperta, capovolgiamo il tubo in modo da immergerlo in una bacinella contenente anch'essa mercurio. Rimuovendo la chiusura possiamo notare che il tubo non si svuota completamente. Il mercurio contenuto nel tubo scende nella bacinella fino a quando il dislivello è di  $76 \text{ cm}$ .

Il mercurio contenuto nel tubo non è fuoriuscito completamente perché la pressione atmosferica, agendo sulla superficie del mercurio nella bacinella, ha sostenuto il mercurio rimasto nel tubo. Possiamo affermare che la pressione atmosferica equivale alla pressione esercitata da una colonna di mercurio alta  $76 \text{ cm}$ . Con queste informazioni calcoliamo il peso dell'aria.

Calcolo del volume della colonna:

$$V_{\text{colonna}} = \text{Area di base} * \text{altezza} \qquad 1 * 76 = 76 \text{ cm}^3 \qquad V_{\text{colonna}} = \mathbf{76 \text{ cm}^3}$$

Sapendo che il peso specifico  $P_s$  del mercurio è  $0,01359 \text{ Kg/cm}^3$ , calcoliamo la massa della colonna di mercurio  $m_{\text{colonna}}$ :

$$m_{\text{colonna}} = V_{\text{colonna}} * P_s \qquad 76 * 0,01359 = 1,03 \text{ Kg} \qquad m_{\text{colonna}} = \mathbf{1,03 \text{ Kg}}$$

### Figura 2

**Pos. 2:** per mettere in equilibrio la colonna di mercurio dobbiamo opporre una Forza ad esempio tramite un peso. Tale Forza peso  $F_p$  corrisponde a:

$$F_p = 9,81 \text{ [N/Kg]} * 1,03 \text{ [Kg]} = 10,1 \text{ N} \qquad F_p = \mathbf{10,1 \text{ N}}$$

### Figura 2

**Pos. 3:** partendo dal risultato del precedente esperimento calcoliamo l'altezza che raggiungerebbe una colonna di acqua al posto di quella di mercurio:

$$V_{\text{colonna}} = \text{Area di base} * \text{altezza} \qquad 1 \text{ [cm}^2\text{]} * x \text{ [cm]} = x \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$m_{\text{colonna}} = V_{\text{colonna}} * P_s \qquad x \text{ [cm}^3\text{]} * m_{\text{vol.}} \text{ [Kg/cm}^3\text{]} = 1,03 \text{ Kg} \qquad m_{\text{colonna}} = \mathbf{1,03 \text{ Kg}}$$

Sapendo che la massa volumica  $m_{\text{vol.}}$  dell'acqua è  $0,001 \text{ Kg/cm}^3$  e che la massa della colonna di mercurio è di  $1,03 \text{ Kg}$  calcoliamo l'altezza della colonna di acqua  $x$ :

$$1,03 \text{ [kg]} = 1 \text{ [cm}^2\text{]} * x \text{ [cm]} * m_{\text{vol.}} \text{ [Kg/cm}^3\text{]}$$

$$1,03 \text{ [kg]} = 1 \text{ [cm}^2\text{]} * x \text{ [cm]} * 0,001 \text{ [Kg/cm}^3\text{]}$$

$$x = \frac{1,03 \text{ [kg]}}{1 \text{ [cm}^2\text{]} * 0,001 \text{ [Kg/cm}^3\text{]}} \qquad x = \frac{1,03 \text{ [kg]}}{0,001 \text{ [Kg/cm}^3\text{]}} \qquad x = \mathbf{1030 \text{ cm}}$$

L'altezza che la colonna di acqua deve avere per pareggiare la pressione atmosferica è di 10,3 m.

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura della pressione è il **Pascal (Pa)** e corrisponde alla pressione esercitata da una Forza di 1 N su una superficie di 1 m<sup>2</sup>.

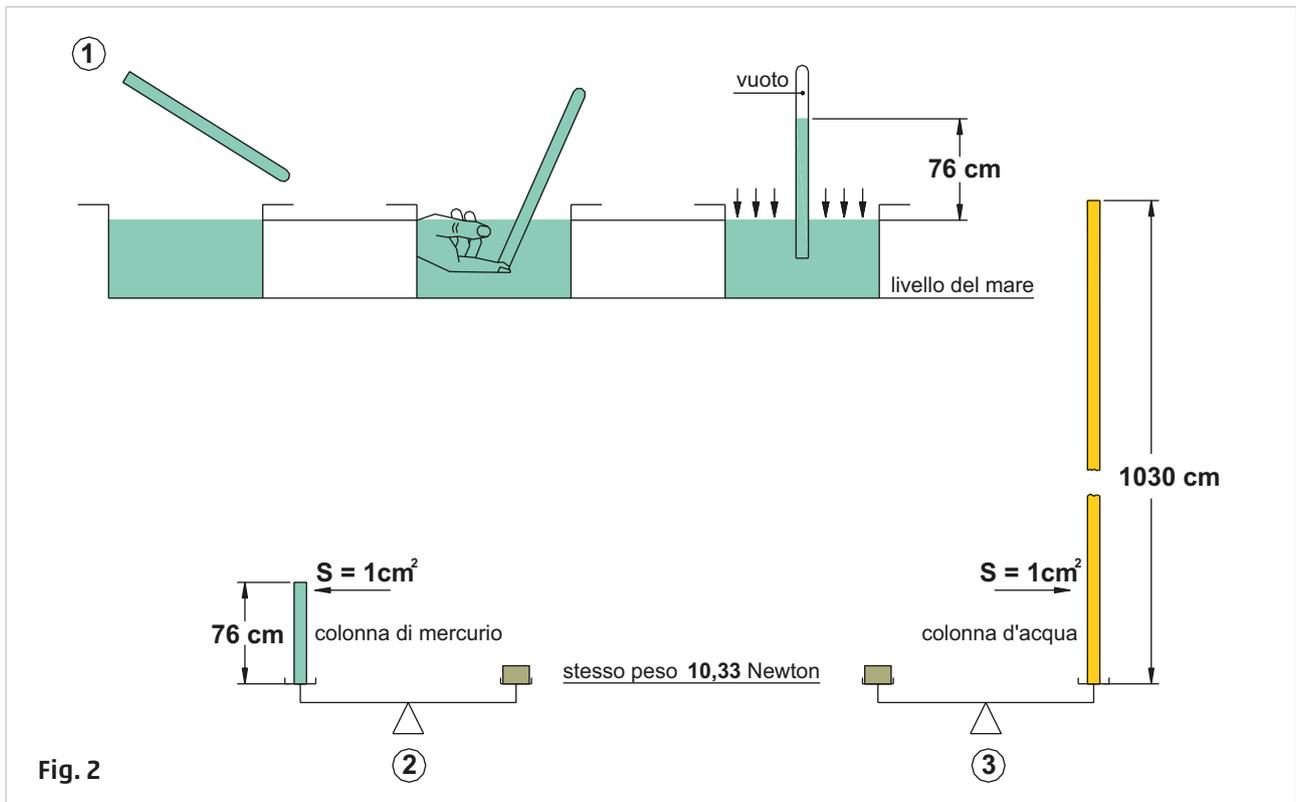
$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Un multiplo del Pa molto utilizzato (anche se non fa parte del Sistema Internazionale) è il *bar*:

$$1 \text{ bar} \approx 100.000 \text{ Pa} \approx 0,1 \text{ MPa}$$

Nella tabella le unità di misura più comuni.

<i>bar</i>	Pascal	Kg/cm <sup>2</sup>	cm H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O	mm Hg	P.S.I.
<b>1</b>	101.757	1,03	1033	10.330	760	14,69



## Pressione assoluta e relativa

In questo capitolo osserviamo la tendenza ad **espandersi** che hanno i gas e l'influenza che esercita la pressione atmosferica su un involucro pieno d'acqua.

### Figura 3

Un palloncino vuoto e chiuso da un rubinetto è posizionato all'interno di una campana di vetro. A pressione atmosferica, il palloncino si presenta floscio, anche se al suo interno è presente una certa quantità di aria. Estruendo l'aria contenuta nella campana si nota che il palloncino si gonfia gradatamente perché, non essendoci più aria al suo esterno, è venuta meno la resistenza che si opponeva alla sua espansione. L'aria all'interno del palloncino ha un valore di pressione maggiore di quello all'interno della campana.

Questa proprietà è evidente con i palloncini che volano verso l'alto: aumentando l'altitudine la pressione esterna diminuisce ed il gas interno al palloncino si espande fino a romperlo.

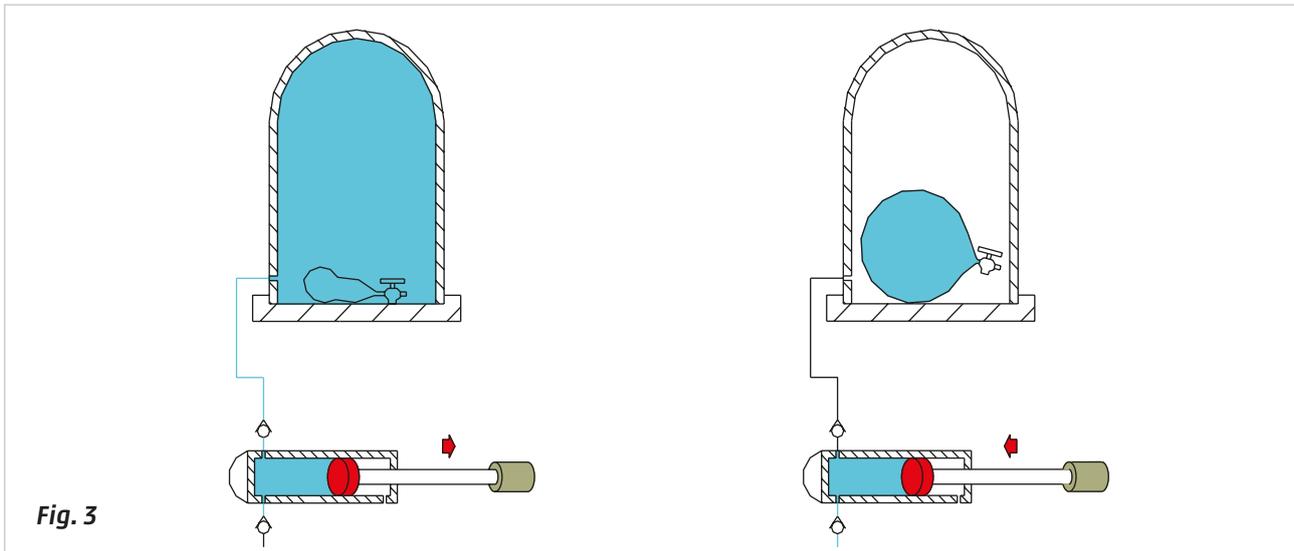


Fig. 3

**Figura 4**

Con il rubinetto chiuso il serbatoio è in pressione ad es. con una  $p = 5 \text{ bar}$ . Aprendo il rubinetto l'aria contenuta all'interno del serbatoio esce e si disperde nell'atmosfera finché le due pressioni non raggiungono l'equilibrio. Per raggiungere l'equilibrio, l'aria contenuta all'interno del serbatoio ha dovuto cedere all'esterno parte delle sue molecole.

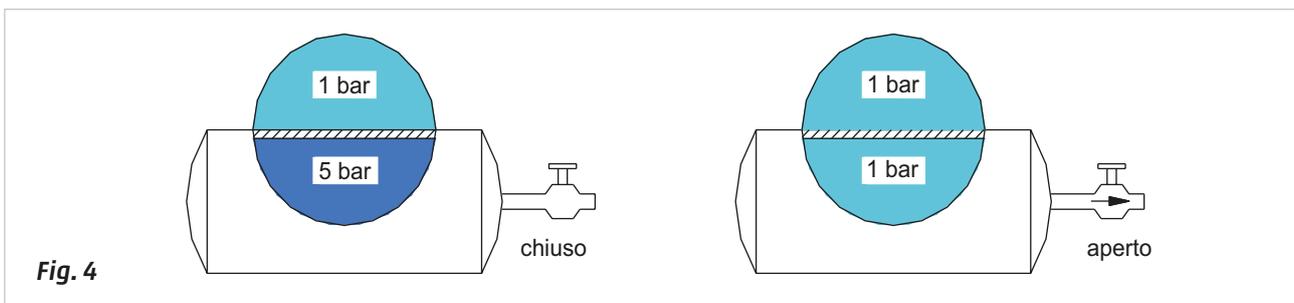


Fig. 4

**Figura 5**

Due serbatoi, con pressione  $p_1 = 5 \text{ bar}$  e  $p_2 = 1 \text{ bar}$ , sono collegati con un rubinetto. Come nella Fig. 4, all'apertura del rubinetto si crea un movimento d'aria dal serbatoio 1 al serbatoio 2, ossia dalla pressione maggiore a quella minore, finché il valore di queste due si stabilizza al valore d'equilibrio  $p_e$  che si calcola con la media delle due pressioni:

$$p_e = \frac{p_1 + p_2}{2} = \frac{5 [\text{bar}] + 1 [\text{bar}]}{2} = 3 \quad p_e = 3 \text{ bar}$$

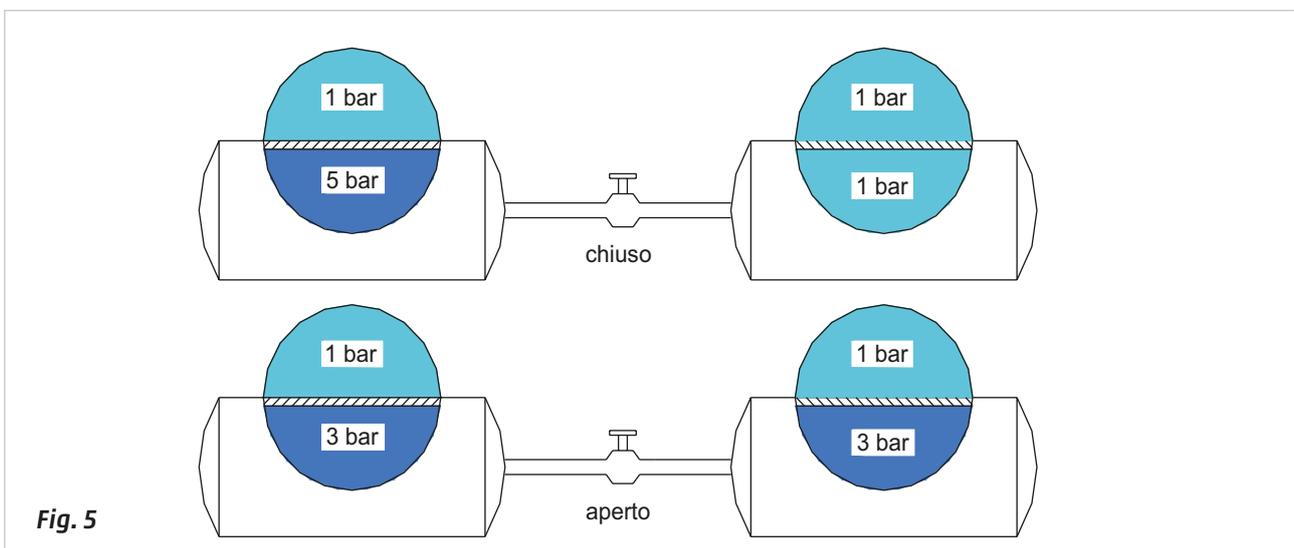


Fig. 5

**Figura 6**

Si hanno due tipi di pressione quella **assoluta** e quella **relativa**. La **pressione assoluta** è quella che comprende oltre alla pressione che noi generiamo ad es. attraverso una pompa, la pressione atmosferica. La **pressione relativa** è quella che indica il manometro ossia quella generiamo attraverso la pompa.

Per misurare la pressione atmosferica si utilizza il **barometro** mentre per misurare la pressione di un gas racchiuso in un recipiente si utilizza il **manometro**. Questo è costituito da un tubo metallico di sezione ellittica disposto lungo una circonferenza.

Al variare della pressione relativa nell'estremità **B**, il tubo varia la sua lunghezza. Il punto **A**, sensibile a questa modifica, la riporta su un indice mediante il movimento rotatorio di un perno. In questo caso, il manometro non da nessuna indicazione poiché la differenza di pressione fra l'interno e l'esterno del tubo è **zero**.

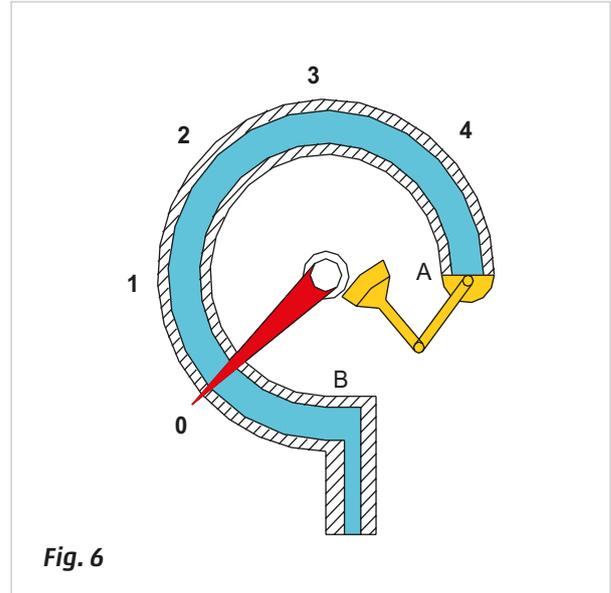


Fig. 6

**Figura 7**

Attraverso questa figura possiamo osservare che, aumentando la pressione all'estremità **B**, l'estremità **A** tende a raddrizzarsi e a spostare l'indice, infatti viene vinta la resistenza creata dalla pressione atmosferica esterna. La differenza fra le due pressioni determina lo spostamento angolare dell'indice.

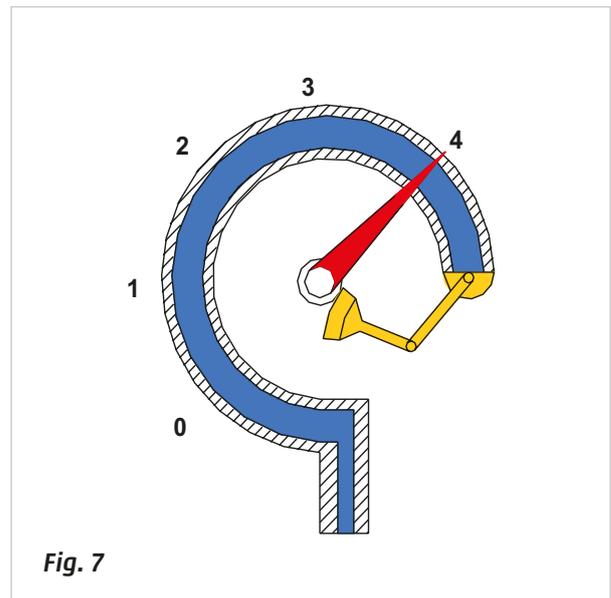


Fig. 7

## Le leggi dei gas: la legge di Boyle

Lo stato di un gas è descritto da tre grandezze: **Volume**, **Pressione** e **Temperatura**. Per capire che relazione intercorre tra loro, studiamo come si comporta un gas tenendo fissa una di queste grandezze e osservando il comportamento delle altre. Una particolare caratteristica dei gas è la capacità di espandersi e di occupare il massimo volume disponibile. Con gli esempi seguenti, studiamo il cambiamento di pressione e volume a temperatura costante.

**Figura 8**

**Pos. 1:** un tubo rigido trasparente, di sezione costante e piegato ad **U**, è disposto in posizione verticale con il ramo lungo aperto e quello corto collegato a un rubinetto anch'esso aperto. Riempendo il tubo di mercurio, il liquido si dispone nei due rami allo stesso livello a causa della pressione atmosferica. Chiudendo il rubinetto, indichiamo con  $V_x$  (soggetto alla pressione atmosferica) il volume d'aria presente nel ramo più corto e con  $x$  la sua altezza.

**Pos. 2:** introduciamo dell'altro mercurio nel ramo lungo fino a che l'aria intrappolata nel ramo di destra occupi la metà del volume iniziale  $V_x$ . Osserviamo che il dislivello del mercurio è di  $76\text{ cm}$ , ossia  $1\text{ bar}$ .

**Pos. 3:** continuando ad aggiungere mercurio, osserviamo che quando il volume dell'aria intrappolata diventa un terzo di quella iniziale il dislivello del mercurio è pari a  $152\text{ cm}$  ( $76\text{ cm} + 76\text{ cm}$ ), ossia  $2\text{ bar}$ .

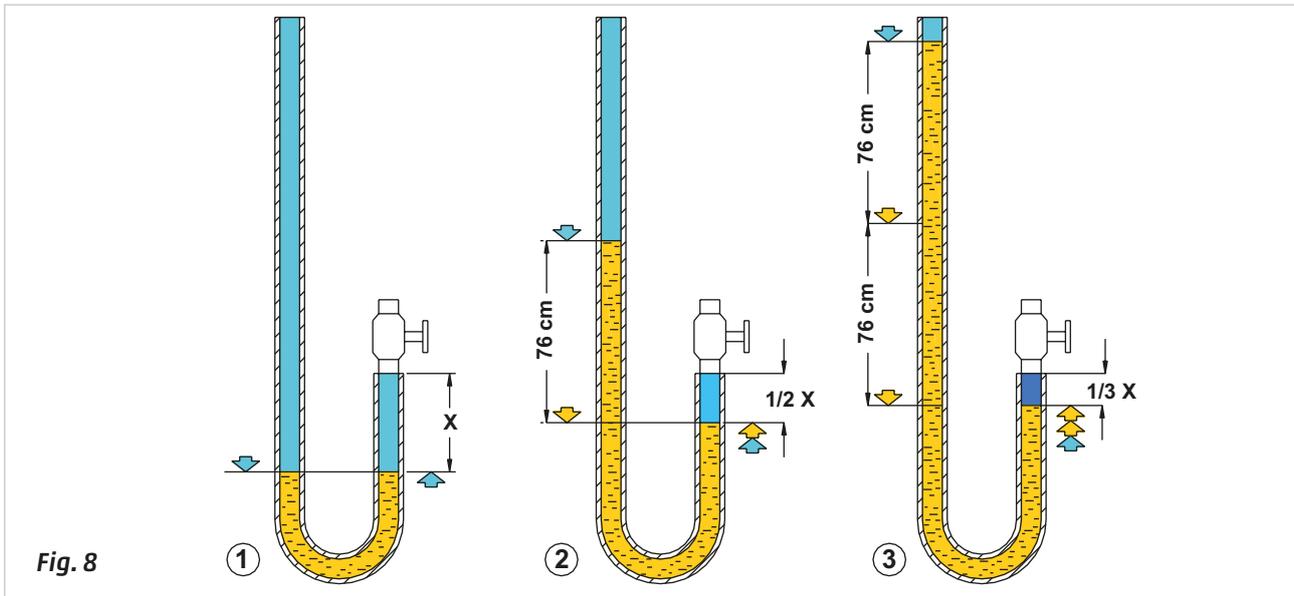


Fig. 8

Attribuiamo dei valori letterali alle variabili:

Pressione iniziale	(Pos.1) = $p_i$	Pressione finale	(Pos.2) = $p_f$
Volume iniziale	(Pos.1) = $V_i$	Volume finale	(Pos.2) = $V_f$

Dall'esperienza descritta risulta che:

$$p_i : p_f = V_f : V_i$$

$$p_i * V_i = p_f * V_f$$

Questa proprietà studiata dal chimico irlandese Robert Boyle (1627-1691) è enunciata nella legge che porta il suo nome: **il volume occupato da una data massa di gas, tenuta a temperatura costante, è inversamente proporzionale alla pressione a cui è sottoposta.**

Ossia, al raddoppiare della pressione il volume si dimezza; se la pressione diventa un terzo, il volume della massa gassosa triplica ecc.

Se con  $p$  si indica la pressione del gas e con  $V$  il suo volume, la legge di Boyle si può esprimere anche con la formula:

$$p * V = \text{costante}$$

**Esempio 1:** un serbatoio con volume  $V_i = 2 \text{ m}^3$  è sottoposto alla pressione  $p_i = 5 \text{ bar}$ . Quale sarà il suo volume alla pressione atmosferica, tenendo costante la temperatura?

$$p_i * V_i = p_f * V_f$$

$$V_f = \frac{V_i * p_i}{p_f}$$

$$\frac{2 [\text{cm}^3] * 5 [\text{bar}]}{1 [\text{bar}]} = 10 \text{ cm}^3$$

$$V_f = 10 \text{ cm}^3$$

**Esempio 2:** una massa d'aria subisce una pressione  $p_i = 2,5 \text{ bar}$  ed occupa un volume  $V_i = 0,5 \text{ m}^3$  a temperatura costante, un aumento di pressione riduce il volume  $V_f = 0,1 \text{ m}^3$ . Quanto vale la nuova pressione  $p_f$ ?

$$p_i * V_i = p_f * V_f$$

$$p_f = \frac{V_i * p_i}{V_f}$$

$$\frac{2,5 [\text{bar}] * 0,5 [\text{m}^3]}{0,1 [\text{m}^3]} = 12,5 \text{ bar}$$

$$p_f = 12,5 \text{ bar}$$

## Effetti della temperatura sui gas

Tutti i corpi, qualunque sia il loro stato di aggregazione (solido, liquido, gassoso), subiscono delle variazioni di volume quando sono soggetti a un cambiamento di temperatura. Il fenomeno si presenta con caratteristiche diverse nel caso dei gas i quali assumono la forma del recipiente che li contiene. Recipienti di dimensioni differenti possono essere "pieni" di un ugual volume di gas, cioè di una stessa quantità di molecole.

A parità di temperatura esiste una diretta dipendenza fra il volume del recipiente e la quantità di molecole di gas in esso contenute, cioè tra volume e pressione. La variazione di temperatura produce effetti su entrambi, come possiamo osservare dalle figure.

### Figura 9

#### Riscaldamento a pressione costante, il gas aumenta il suo volume

Un recipiente chiuso e pieno d'aria è collegato con un tubo ad una bacinella contenente acqua. A temperatura ambiente, la pressione dell'aria all'interno del recipiente coincide con quella atmosferica che agisce sul livello dell'acqua. (Ne l'aria può uscire, ne l'acqua può entrare dal tubicino.)

Scaldando l'aria del recipiente possiamo osservare il gorgoglio nell'acqua mentre, spegnendo la fiamma, è possibile osservare l'abbassarsi dell'acqua dal suo livello iniziale e la sua risalita nel tubo. Il primo di questi due movimenti accade perché l'aria, scaldandosi, ha bisogno di occupare un volume maggiore ed il gorgoglio nell'acqua ci mostra le molecole d'aria uscire dal serbatoio. Nel secondo movimento, una volta spenta la fonte di calore, il gas riduce il suo volume e l'acqua, spinta dalla pressione esterna, entra nel tubo occupando il posto delle molecole che si sono disperse nell'atmosfera durante la fase di riscaldamento.

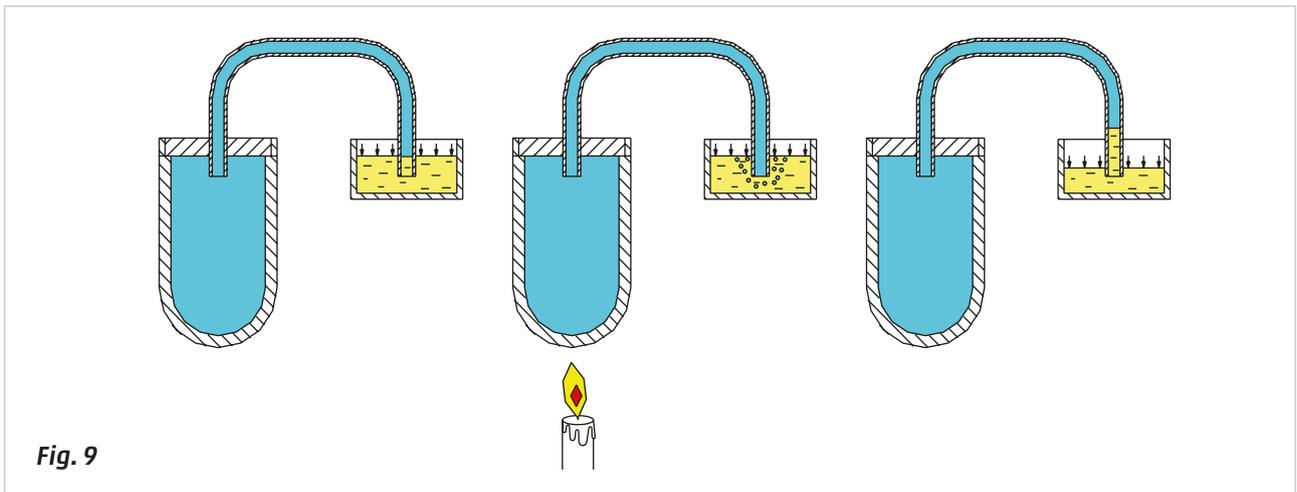


Fig. 9

### Figura 10

#### Riscaldamento a volume costante: il gas aumenta la pressione

Lo stesso recipiente, pieno d'aria ad una pressione assoluta  $p = 2 \text{ bar}$ , è in comunicazione con un manometro che indica una pressione relativa di  $1 \text{ bar}$ . Differenza fra la pressione assoluta di  $2 \text{ bar}$ , all'interno del recipiente e la pressione atmosferica di  $1 \text{ bar}$ . Riscaldando l'aria nel recipiente, questa si espande ma non potendo fuoriuscire è obbligata a mantenere inalterato il proprio volume di conseguenza aumenta la pressione, come indicato dal manometro. Raffreddandosi, l'aria riduce il volume, diminuisce la pressione e l'indicazione del manometro torna ad abbassarsi.

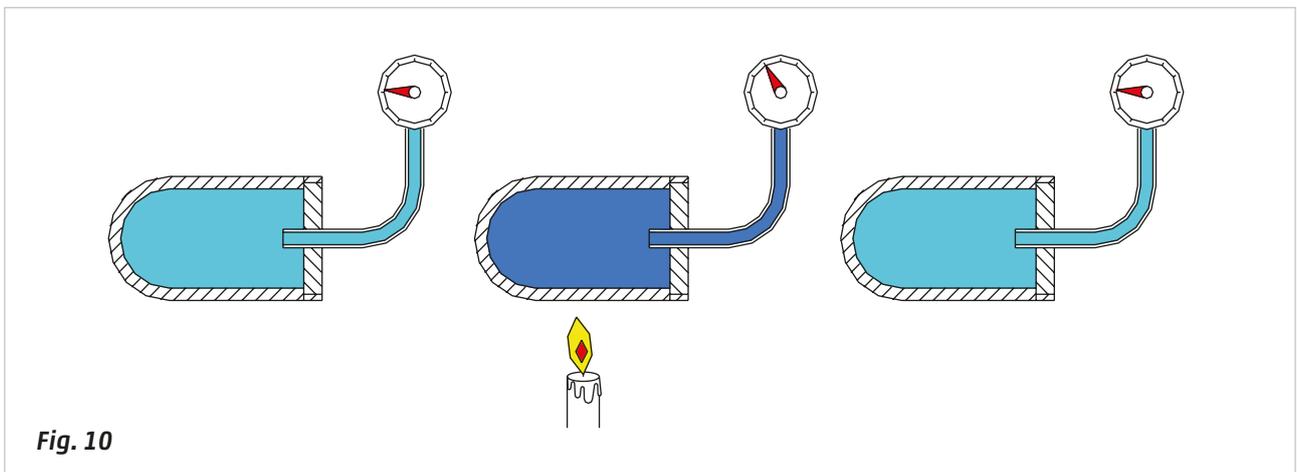


Fig. 10

Quando un gas è riscaldato ed ha la possibilità di espandere il suo volume, la pressione non subisce variazioni; quando un gas è riscaldato ma non ha la possibilità di espandersi, subisce un aumento di pressione.

## Le leggi dei gas: le leggi di Gay-Lussac

Il fisico che ha studiato le trasformazioni dei gas spiegate nella sezione precedente è Gay-Lussac.

La prima legge di Gay-Lussac afferma che:

**a pressione costante il volume di un gas aumenta linearmente con la temperatura.**

Prove sperimentali hanno determinato che un gas, se soggetto ad abbassamenti di temperatura, passa dallo stato gassoso a quello liquido. Questo valore di temperatura corrisponde allo zero assoluto, aumentando la temperatura il gas torna ad espandersi. Lo zero assoluto è riferito alla scala Kelvin e corrisponde a  $-273^\circ$  della scala in gradi centigradi.

$$0 \text{ K} = -273^\circ \text{C}$$

Sopra questa temperatura il volume del gas torna ad espandersi in modo lineare; da queste osservazioni è stato ricavato un **coefficiente di espansione dei gas** definito  $\alpha$ , valido per tutti i gas:

$$\alpha = 3.663 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \quad \text{pari a circa } 1/273 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

l'aumento di volume  $\alpha$ , se immaginiamo il gas in un contenitore chiuso, rappresenta l'aumento relativo di pressione quando la sua temperatura aumenta di  $1^\circ\text{C}$ .

La formula che indica questa linearità quando  $p = K$  (costante) è la seguente:

$$V_t = V_0 * (1 + \alpha t)$$

$V_t$  è il volume occupato dal gas alla temperatura  $t^\circ\text{C}$

$V_0$  è il volume occupato dal gas alla temperatura di  $0^\circ\text{C}$

$t$  è la temperatura espressa in  $^\circ\text{C}$

**Esempio 1:** la temperatura di un gas con volume  $2 \text{ dm}^3$  passa da  $273 \text{ K}$  ( $t_1$ ) a  $373 \text{ K}$  ( $t_2$ ), il  $\Delta t$  è di  $100 \text{ K}$  (che corrispondono anche a  $100^\circ\text{C}$ ) il suo volume diventa:

$$V_t = V_0 * \left( 1 + \left( \frac{1}{t_1} * \Delta t \right) \right)$$

$$V_t = V_0 * \left( 1 + \left( \frac{1}{273} * 100 \right) \right) \quad V_t = 2 * \left( 1 + (0,0036 * 100) \right)$$

$$V_t = 2 * 1,36 \quad V_t = \mathbf{2,72 \text{ dm}^3}$$

il volume del gas aumenta circa del 36%.

**Esempio 2:** il precedente volume subisce un abbassamento di temperatura di  $100 \text{ K}$  dai  $373 \text{ K}$  al quale era arrivato, il suo volume diventa:

$$V_t = V_0 * \left( 1 - \left( \frac{1}{373} * 100 \right) \right)$$

$$V_t = 2,72 * \left( 1 - (0,0026 * 100) \right) \quad V_t = 2,72 * 0,74 \quad V_t = \mathbf{2 \text{ dm}^3}$$

**Esempio 3:** dalla condizione finale del primo caso, riducendo la temperatura di  $20 \text{ K}$  (equivalenti a  $20^\circ\text{C}$ ) il volume diventa:

$$V_t = V_0 * \left( 1 - \left( \frac{1}{353} * 20 \right) \right)$$

$$V_t = 2,72 * \left( 1 - (0,0028 * 20) \right) \quad V_t = 2,72 * 0,94 \quad V_t = \mathbf{2,56 \text{ dm}^3}$$

La seconda legge di Gay-Lussac afferma che:

**a volume costante la pressione di un gas aumenta linearmente con la temperatura.**

La formula per il calcolo della pressione quando  $V = K$  (costante) è la seguente:

$$p_t = p_0 * (1 + \alpha t)$$

$p_t$  è la pressione espressa a  $t$  °C

$p_0$  è la pressione espressa a 0 °C

$t$  è la temperatura espressa in °C

umentando la temperatura di un gas da 0 °C a 100 °C, la pressione diventa:

$$p_t = p_0 * \left( 1 + \left( \frac{1}{t_1} * \Delta t \right) \right)$$

$$p_t = p_0 * \left( 1 + \left( \frac{1}{273} * 100 \right) \right) \quad p_t = p_0 * \left( 1 + (0,0036 * 100) \right) \quad p_t = p_0 * \mathbf{1,36 \text{ dm}^3}$$

La pressione del gas aumenta circa del 36%.

Se la temperatura si riduce a valori inferiori a 0 °C, la pressione  $p_t$  si riduce proporzionalmente fino ad annullarsi in corrispondenza di una temperatura  $T$  di -273 °C. A questa temperatura, definita zero assoluto, i gas passano allo stato liquido. In realtà la maggior parte dei gas si liquefa prima di giungere a tale temperatura: l'azoto a -196 °C, l'idrogeno a -253 °C, l'elio a -269 °C.

Nel caso di riduzione della temperatura la precedente formula cambia leggermente e diventa:

$$p_t = p_0 * \left( 1 - \left( \frac{1}{t_1} * \Delta t \right) \right)$$

**Esempio:** la pressione iniziale è di 10 bar, se si provoca una diminuzione di temperatura di 1 °C, la pressione diventa:

$$p_t = p_0 * \left( 1 - \left( \frac{1}{273} * 1 \right) \right) \quad p_t = 10 * (1 - 0,0036) \quad p_t = \mathbf{9,96 \text{ bar}}$$

per una diminuzione di 100 °C, la pressione si riduce al valore di:

$$p_t = p_0 * \left( 1 - \left( \frac{1}{273} * 100 \right) \right) \quad p_t = 10 * (1 - 0,36) \quad p_t = \mathbf{6,33 \text{ bar}}$$

per una diminuzione di 273 °C, la pressione si riduce al valore di:

$$p_t = p_0 * \left( 1 - \left( \frac{1}{273} * 273 \right) \right) \quad p_t = 10 * (1 - 1) \quad p_t = \mathbf{0 \text{ bar}}$$

alla temperatura di -273 °C la pressione diventa 0.

L'unità di misura comunemente usata per la temperatura è il grado Celsius (°C) ed è definito in modo che la temperatura a cui il ghiaccio cominci a liquefarsi valga 0 °C e che la temperatura di ebollizione dell'acqua corrisponda a 100 °C. L'unità di misura usata nel Sistema Internazionale è il grado kelvin che ha un valore uguale a quello del grado Celsius, anche se la scala è diversa.

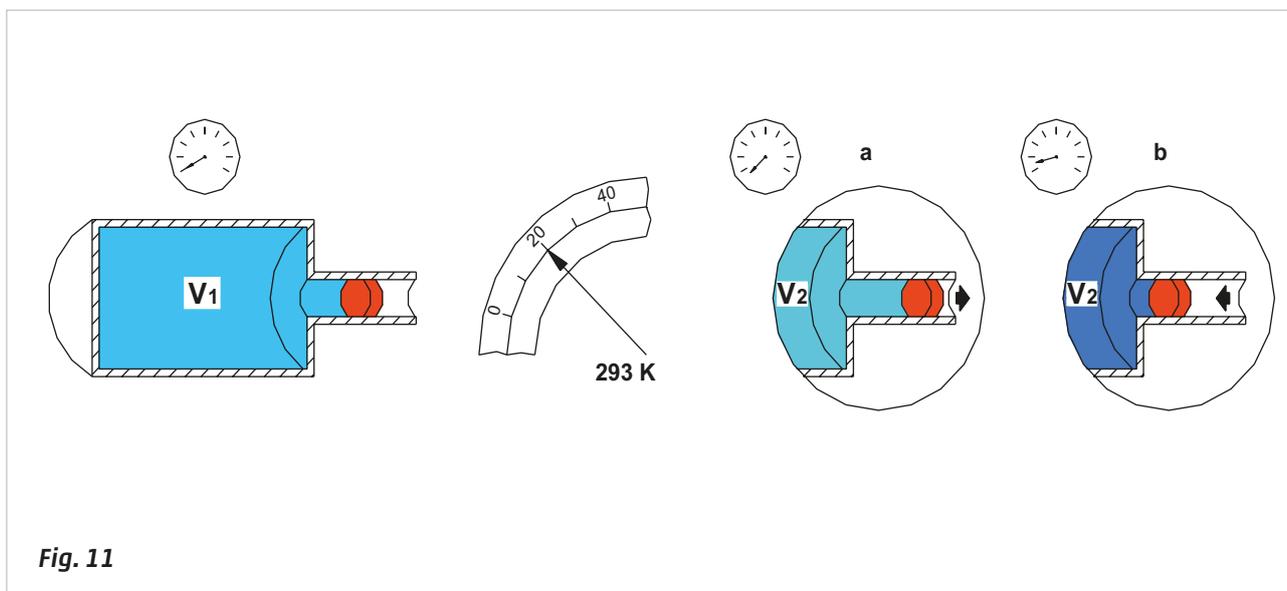
$$0 \text{ °C} = \mathbf{273 \text{ K}} \quad 100 \text{ °C} = \mathbf{373 \text{ K}}$$

**Figura 11**

Un serbatoio di volume  $V_1$  è costituito da due cilindri aventi diametro diverso, un pistone di peso trascurabile si trova in equilibrio fra la pressione assoluta (all'interno del serbatoio) e la pressione atmosferica. Ipotizziamo che l'indice del manometro sia sullo 0 nella condizione di temperatura ambiente ossia  $T = 293\text{ K}$  ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ).

- Mantenendo costante la temperatura  $T$  si applica una Forza che tiri il pistone verso l'esterno facendo aumentare il volume del serbatoio, l'indicazione sul manometro diminuisce andando sotto il valore dello zero, perché la pressione all'interno di  $V_2$  è inferiore a quella atmosferica.
- Se fosse applicata una Forza che spinga il pistone verso l'interno, il volume del serbatoio tenderebbe a diminuire mentre l'indicazione del manometro tenderà ad aumentare perché la pressione all'interno di  $V_2$  è maggiore di quella atmosferica.

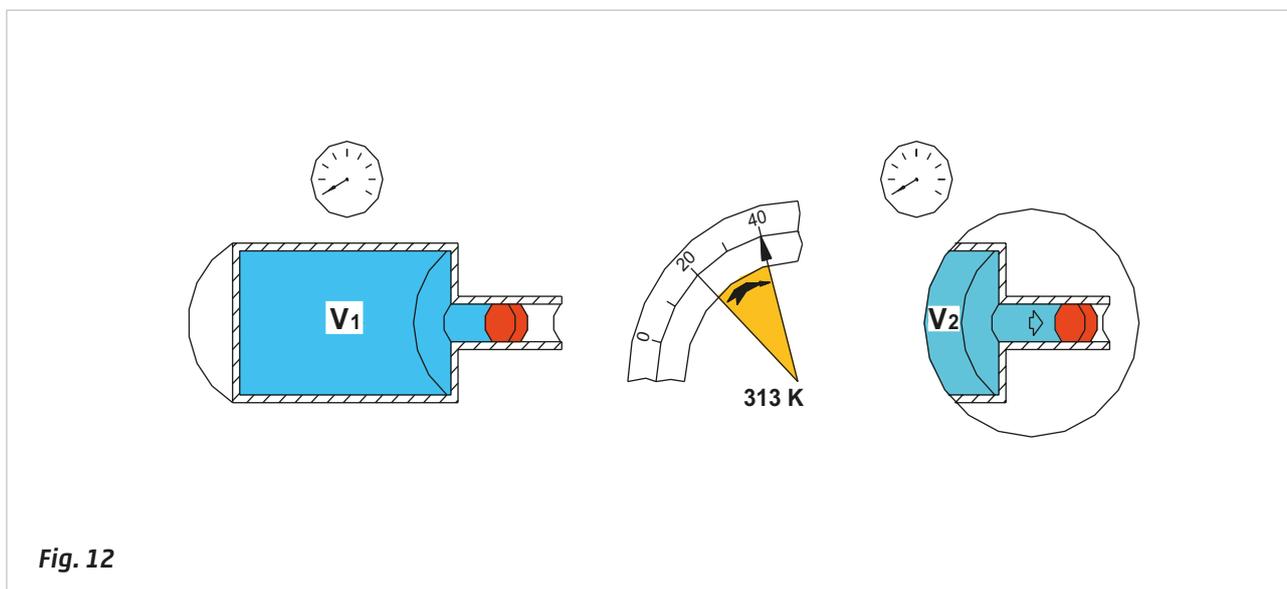
$$V_1 : V_2 = P_2 : P_1$$

**Fig. 11****Figura 12**

Ipotizziamo di mantenere costante la temperatura, ed agire con una Forza esterna sul pistone, innalziamo la temperatura ambiente di  $20\text{ }^\circ\text{C}$  portandola ad un valore  $T = 313\text{ K}$ .

La spinta delle molecole, a seguito della loro dilatazione, tende a far spostare il pistone verso l'esterno finché l'aumento di volume abbia compensato la maggior pressione.

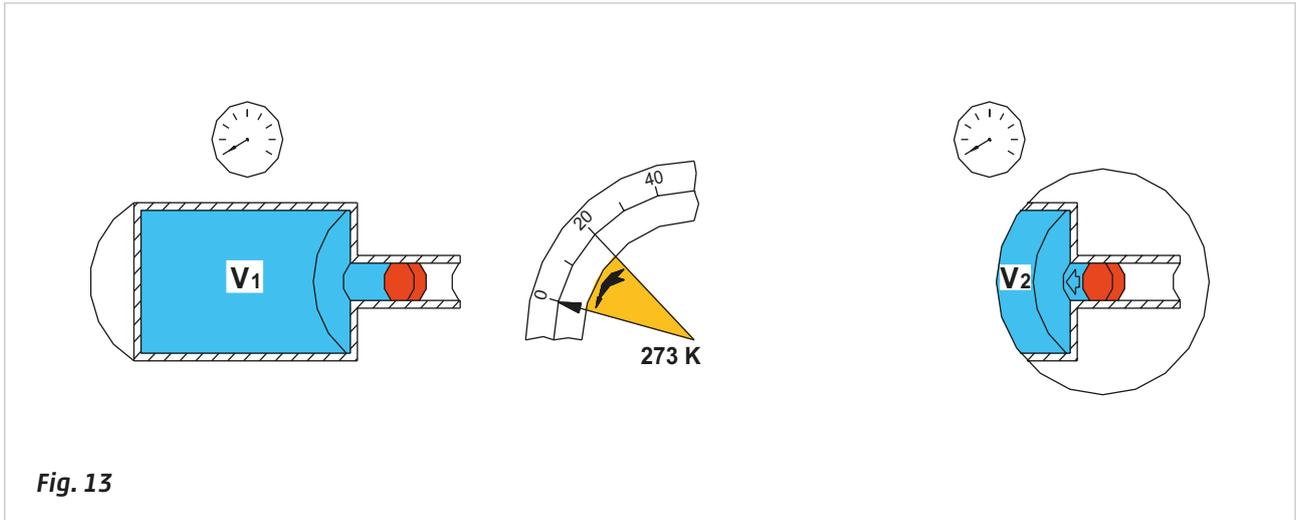
$$V_1 : V_2 = T_1 : T_2$$

**Fig. 12**

**Figura 13**

Riducendo la temperatura, all'interno del serbatoio si ha una contrazione delle molecole, si crea una specie di vuoto, il pistone è attirato verso l'interno finché non si ristabilisce l'equilibrio della pressione.

$$P_1 : P_2 = T_1 : T_2$$

**Fig. 13**

**Esempio 1:** un gas occupa un volume di  $0,5 \text{ m}^3$  alla temperatura di  $283 \text{ K}$ , quale sarà il suo volume a  $323 \text{ K}$  se rimane costante la pressione?

$V_1 = 0,5 \text{ m}^3$	$T_1 = 283 \text{ K}$	$T_2 = 323 \text{ K}$	$V_2 = ?$
$V_1 : V_2 = T_2 : T_1$	$0,5 : V_2 = 283 : 323$	$V_2 = (0,5 * 323) / 283 = \mathbf{0,57 \text{ m}^3}$	

**Esempio 2:** una bombola è piena di gas ad una pressione di  $2 \text{ bar}$  ed a una temperatura di  $283 \text{ K}$ , rimanendo esposta al sole si riscalda di  $50 \text{ °C}$ . Che pressione si avrà all'interno della bombola?

$P_1 = 2 \text{ bar}$	$T_1 = 283 \text{ K}$	$P_2 = ?$	$T_2 = T_1 + 50 = 333 \text{ K}$
$P_1 : P_2 = T_1 : T_2$	$2 : P_2 = 283 : 333$	$P_2 = (2 * 333) / 283 = \mathbf{2,35 \text{ bar}}$	

## Relazione tra pressione, volume e temperatura

Come dimostrato in precedenza tra Pressione, Volume e Temperatura esiste un legame indissolubile: al modificarsi dell'una si modificano anche le altre. Riassumiamo le loro relazioni:

$V_1 : V_2 = P_2 : P_1$  (legge di Boyle) a temperatura costante  $V$  e  $p$  sono inversamente proporzionali

$V_1 : V_2 = t_1 : t_2$  (1ª di Gay-Lussac) a pressione costante  $V$  e  $t$  sono direttamente proporzionali

$P_1 : P_2 = t_1 : t_2$  (2ª di Gay-Lussac) a temperatura costante  $p$  e  $t$  sono direttamente proporzionali

Utilizzando queste relazioni si risolve il seguente problema:

un cilindro con diametro interno  $d = 50 \text{ mm}$  è riempito con un gas che alla temperatura  $t_1 = 20 \text{ °C}$  occupa un volume  $V_1 = 0,98 \text{ dm}^3$ ; sullo stelo è applicato un carico  $F_1 = 980 \text{ N}$ . Calcolare lo spostamento del pistone al raddoppio del carico ( $F_2 = 2 * F_1$ ) ed a una temperatura ambiente  $t_2 = 50 \text{ °C}$ .

Calcolo del volume raggiunto dal gas.

**Caso A****Figura 14**

**1° tempo:** ipotizzando che la pressione esercitata rimanga costante, con la prima legge di Gay-Lussac si calcola il volume  $V_2$  del gas passato dalla temperatura  $t_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$  alla temperatura  $t_2 = 50 + 273 = 323 \text{ K}$ .

$$V_1 : V_2 = t_1 : t_2 \qquad V_1 * t_2 = V_2 * t_1 \qquad V_2 = \frac{V_1 * t_2}{t_1}$$

$$V_2 = \frac{0,98 [dm^3] * 323 [K]}{293 [K]} \qquad V_2 = \mathbf{1,08 dm^3}$$

A causa del solo aumento di temperatura il gas ha raggiunto un volume  $V_2 = \mathbf{1,08 dm^3}$ .

**2° tempo:** osserviamo il comportamento del volume  $V_2$  al raddoppio del carico sullo stelo.

$$F_2 = 2 * F_1 \qquad F_2 = 2 * 980 \text{ N} \qquad F_2 = \mathbf{1960 \text{ N}}$$

Cambiando il carico  $F_2$ , si ha una riduzione di volume  $V_3$ .

$$V_2 : V_3 = F_2 : F_1 \qquad V_3 = \frac{V_2 * F_1}{F_2}$$

$$V_3 = \frac{1,08 [dm^3] * 980 [N]}{1960 [N]} \qquad V_3 = \mathbf{0,54 dm^3}$$

Sotto l'azione della Forza  $F_2$  e della temperatura  $t_2$  il volume si riduce fino a raggiungere un valore  $V_3 = \mathbf{0,54 dm^3}$ .

**Caso B**

L'unità di misura della pressione è il  $\text{Kg/cm}^2$ , è possibile calcolarne l'entità utilizzando il valore del carico  $F_1$ ,  $F_2$  e la superficie del pistone.

**Figura 14**

**1° tempo:** calcolo della superficie del pistone

$$S = r * r * \pi \qquad S = 25 * 25 * 3,14 \qquad S = \mathbf{1962,5 mm^2} \qquad S = \mathbf{19,6 cm^2}$$

Calcolo della pressione iniziale  $p_1$ :

$$p_1 = \frac{F_1}{S} \qquad \frac{980 [N]}{19,6 [cm^2]} \cong 50 \text{ N/cm}^2 \qquad p_1 \cong \mathbf{5 \text{ Kg/cm}^2}$$

**Figura 14**

**2° tempo:** calcolo della pressione finale  $p_2$ :

$$p_2 = \frac{F_2}{S} \qquad \frac{1960 [N]}{19,6 [cm^2]} \cong 100 \text{ N/cm}^2 \qquad p_2 \cong \mathbf{10 \text{ Kg/cm}^2}$$

Carico e pressione sono direttamente proporzionali; sostituendo questi valori nella legge di Boyle si ottiene:

$$V_2 : V_3 = p_2 : p_1 \qquad V_2 * p_1 = p_2 * V_3 \qquad V_3 = \frac{V_2 * p_1}{p_2}$$

$$V_3 = \frac{1,08 [dm^3] * 50 [N/cm^2]}{100 [N/cm^2]} \qquad V_3 = \mathbf{0,54 dm^3}$$

In entrambi i casi il risultato è  $V_3 = \mathbf{0,54 dm^3}$ .

Ulteriore metodo che implementa le due leggi di Gay-Lussac

$$(p_1 * V_1) : t_1 = (p_2 * V_3) : t_2 \quad \frac{p_1 * V_1}{t_1} = \frac{p_2 * V_3}{t_2}$$

$$V_3 = \frac{p_1 * V_1 * t_2}{p_2 * t_1}$$

$$V_3 = \frac{50 [N/cm^2] * 0,98 [dm^3] * 323 [K]}{100 [N/cm^2] * 293 [K]} \quad V_3 = \mathbf{0,54 dm^3}$$

Con la formula di calcolo del volume, è possibile ricavare la variazione dell'altezza del pistone.

$$V_1 = S * h_1 \quad h_1 = \frac{V_1}{S} = \frac{980 [cm^3]}{19,6 [cm^2]} \quad h_1 = \mathbf{50 cm}$$

$$V_3 = S * h_2 \quad h_2 = \frac{V_3}{S} = \frac{540 [cm^3]}{19,6 [cm^2]} \quad h_2 = \mathbf{27,5 cm}$$

Il pistone si è abbassato di:

$$h_1 - h_2 = 50 [cm] - 27,5 [cm] = \mathbf{22,5 cm}$$

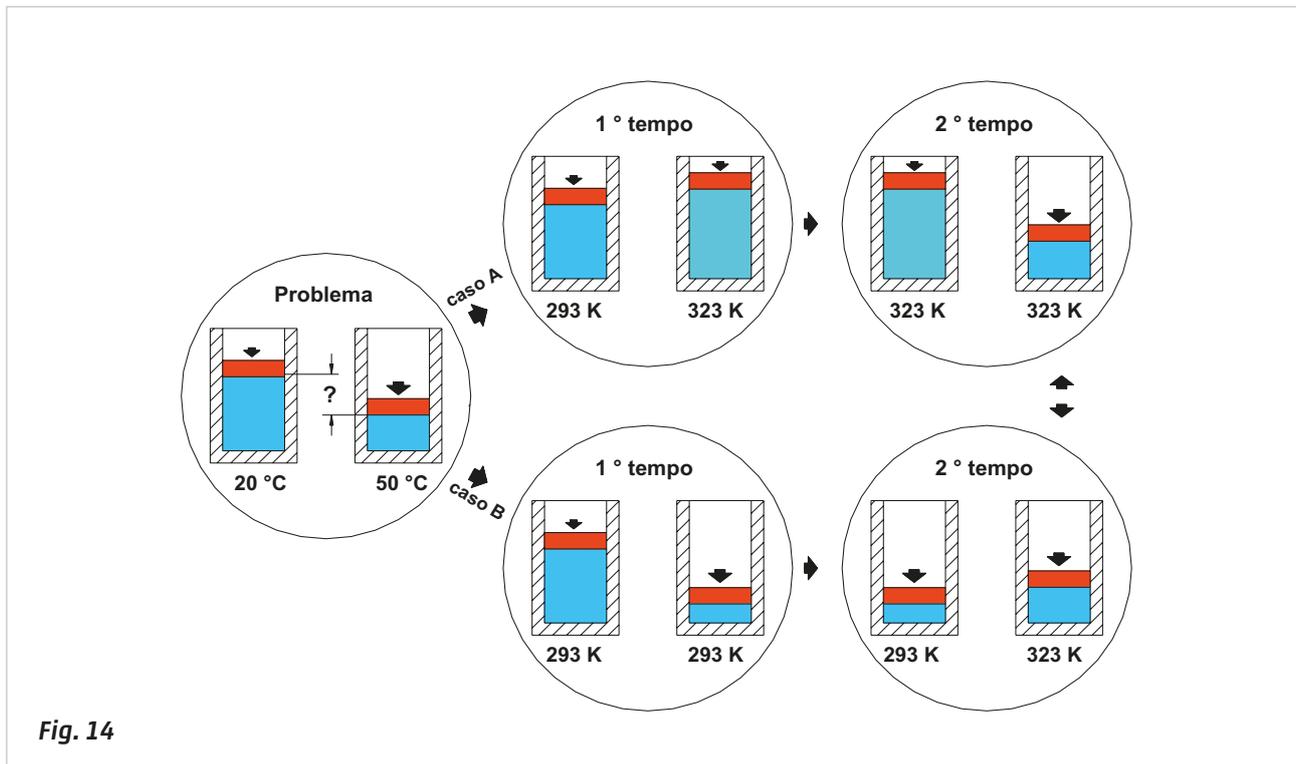


Fig. 14

## Pressione e portata

### Prima parte

Le due grandezze fondamentali della pneumatica sono: **pressione** e **portata**.

La portata esprime il volume di liquido che attraversa la sezione di un condotto nell'unità di tempo. La portata  $Q$  è definita dal rapporto tra il volume  $\Delta V$  di liquido che attraversa il condotto e l'intervallo di tempo  $\Delta t$  impiegato a percorrerlo oppure, avendo note la velocità del fluido e la sezione di passaggio, dal loro prodotto.

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad Q = S * v$$

Nel sistema Internazionale si misura in  $m^3/s$ .

La portata di una valvola è influenzata da due fattori:

- la sezione di passaggio;
- il peso della colonna di liquido che agisce sulla valvola (ricordiamo che una colonna d'acqua alta 10,33 m esercita una pressione di 1 bar).

### Esempio:

In un serbatoio si ha una valvola di scarico **A** e una valvola di carico **B** di sezione uguale ( $S_A = S_B$ ) entrambe con portata regolabile. In un sistema di assi cartesiani, in cui l'asse delle ascisse rappresenta il tempo  $t$  necessario allo svuotamento del serbatoio e l'asse delle ordinate il livello dell'acqua  $L$ , registriamo quanto avviene nelle successive situazioni.

#### Figura 15

**Pos. 1:** entrambe le valvole sono chiuse. Il diagramma ha un punto in 0,0.

**Pos. 2:** valvola di scarico **A** chiusa e valvola di carico **B** aperta. Il serbatoio si riempie fino al livello  $L_p$  (livello di serbatoio pieno). Nel diagramma,  $t = 0$  ed  $L = L_p$ .

**Pos. 3:** valvola di carico **B** chiusa e valvola di scarico **A** aperta. Il livello dell'acqua si abbassa sino al completo svuotamento del serbatoio (il tempo di svuotamento  $t_s$  dipende da  $S_A$ ). Nel diagramma si ottiene un segmento che da  $L_p$  discende fino a  $t_s$  (tempo necessario per lo svuotamento).

**Pos. 4:** entrambe le valvole sono aperte. L'acqua in uscita e quella in entrata coincidono, il livello dell'acqua nel serbatoio rimane costante e sul diagramma compare una semiretta con  $L = L_p$ .

Prove sperimentali hanno verificato che da un foro di sezione  $S = 1 \text{ cm}^2$  ( $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ) con una pressione  $p = 1 \text{ bar}$ , fuoriescono circa  $84 \text{ l/min} = 1,4 \text{ l/s}$ .

Nel seguente esercizio calcoliamo il livello  $L_e$  (ossia l'altezza di equilibrio) affinché la quantità di acqua all'interno del serbatoio sia costante, la portata della valvola **B** è stata regolata per fornire  $40 \text{ l/min}$ , ossia  $0,66 \text{ l/s}$ .

Procediamo impostando la portata  $Q_A = Q_B$  da cui la velocità  $v_A = v_B$ , infatti le sezioni delle due valvole sono uguali. Mediante  $Q_B$  è possibile calcolare la velocità d'uscita dell'acqua dalla valvola **B** con la formula inversa

$$v_B = \frac{Q_B}{S} = \frac{0,66 \text{ [l/s]}}{1 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}} = \frac{0,66 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{/s]}}{1 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}} \quad v_B = \mathbf{6,6 \text{ m/s}}$$

Per ottenere l'altezza di equilibrio  $L_e$ , impostiamo la legge di Torricelli, la velocità con cui l'acqua esce da un foro praticato su un serbatoio è uguale alla velocità, che nel vuoto, avrebbe un sasso fatto cadere da un'altezza pari a quella del pelo libero dell'acqua sino all'altezza del foro.

$$v_A = \sqrt{2g * L_e}$$

$$L_e = \frac{v_A^2}{2g} = \frac{6,6^2 \text{ [m/s]}^2}{2 * 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}} \quad L_e = \mathbf{2,22 \text{ m}}$$

Per avere in uscita una portata pari a quella in entrata  $Q_A = Q_B$ , impostiamo l'uguaglianza tra le due velocità  $v_A = v_B$  e con la legge di Torricelli troviamo l'altezza di liquido necessaria per verificare questa eguaglianza:

$$L_e = \mathbf{2,22 \text{ m}} \quad Q_A = Q_B = \mathbf{0,66 \text{ l/s}}$$

Con lo stesso procedimento, calcoliamo l'altezza di equilibrio  $L_e$  ipotizzando  $Q_B = 120 \text{ l/min} = 2 \text{ l/s}$ .

$$v_B = \frac{Q_B}{S} = \frac{2 \text{ [l/s]}}{1 * 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}} = \frac{2 * 10^{-3} \text{ [m}^3\text{/s]}}{1 * 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}} \quad v_B = 20 \text{ m/s}$$

$$v_A = \sqrt{2g * L_e} \quad L_e = \frac{v_A^2}{2g} = \frac{20^2 \text{ [m/s]}^2}{2 * 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}} \quad L_e = 20,38 \text{ m}$$

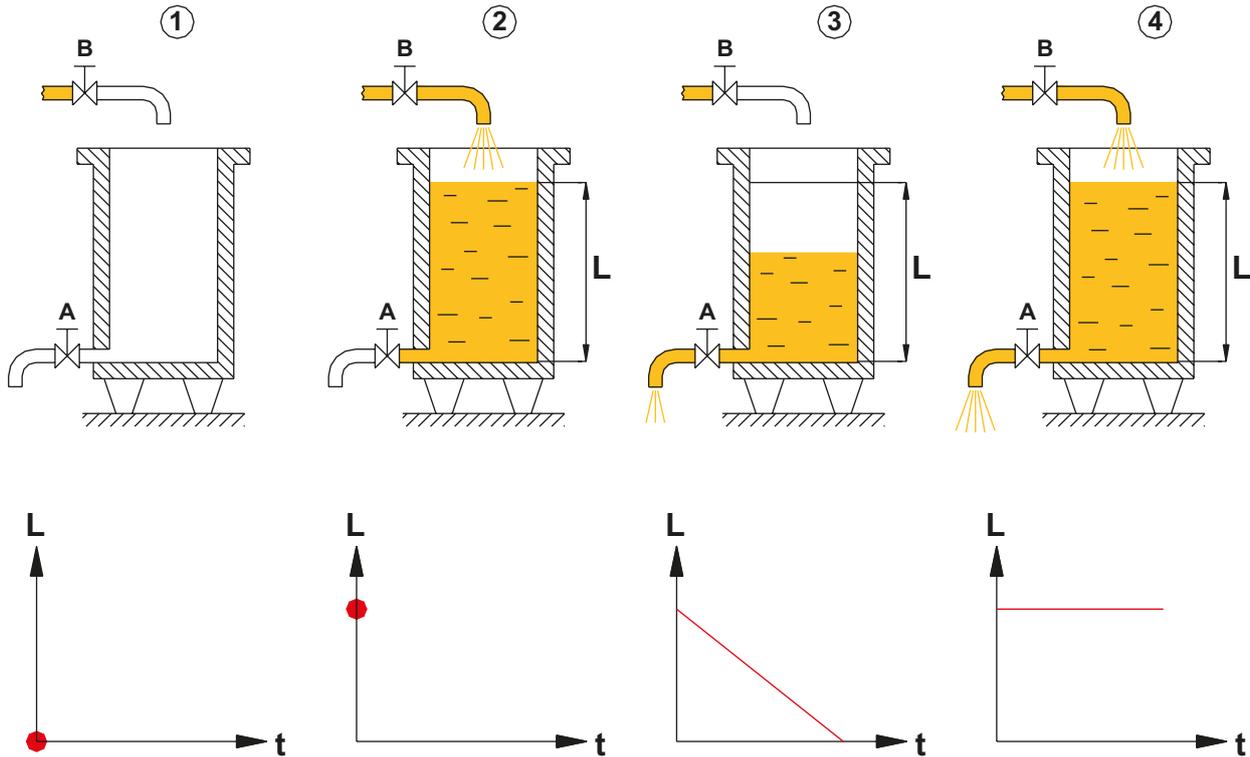


Fig. 15

### Seconda parte

Nella sezione precedente, abbiamo osservato che, mantenendo costanti la portata in ingresso ed in uscita, si ha un'altezza di equilibrio del liquido nel serbatoio.

#### Figura 16

**Pos. 1:** al serbatoio pieno d'acqua fino al livello  $L$ , sono collegate due tubazioni, con relative valvole di sezione  $S_{A1} = S_{A2} = S$ . Apriamo la valvola **B** ( $S_B > S$ ) e in seguito la valvola **A2**.

Raggiunta l'altezza di equilibrio  $L$ , ossia quando la quantità di liquido in ingresso sarà uguale alla quantità di liquido in uscita, posizioniamo all'uscita della valvola **A2** una bacinella per la raccolta del liquido.

Dopo un tempo  $t$  verifichiamo l'altezza  $h$  del liquido raccolto.

**Pos. 2:** modifichiamo il sistema precedente aprendo anche la valvola **A1** e raccogliamo il liquido in due bacinelle. Ora il tempo  $t$  per raggiungere il livello  $h$  nelle due bacinelle è maggiore rispetto al tempo rilevato nella Pos. 1 ( $t_2 > t_1$ ). Osserviamo come la variazione della portata in scarico non è compensata da un'adeguata variazione della portata in ingresso, con conseguente variazione del livello **L1** e quindi della pressione.

Se si fosse regolata la valvola **B** al fine di mantenere costante il livello **L1** =  $L$ , su **A1** e **A2** si sarebbe esercitata la medesima pressione della Pos.1 e il tempo di riempimento delle bacinelle sarebbe stato  $t_2 = t_1$ .

**Pos. 3:** consideriamo ora un'unica tubazione di uscita **A** di sezione  $S_A = 2S$

Attraverso la valvola **A**, nel tempo  $t_1$  scorre una quantità di acqua uguale alla somma delle portate delle valvole **A1** e **A2** e la bacinella sottostante si riempie sino ad un livello  $2h$ .

Si possono trarre le seguenti considerazioni:

A parità di **pressione**, la **portata** dipende dalla difficoltà o meno che il fluido incontra nell'attraversare una tubazione o una valvola, ossia dalla sezione di passaggio. Maggiore è la sezione e più facilmente il fluido la attraverserà.

A parità di sezione, una diminuzione del valore di pressione porta a una diminuzione della portata, cioè ad una minor quantità di fluido in movimento nell'unità di tempo.

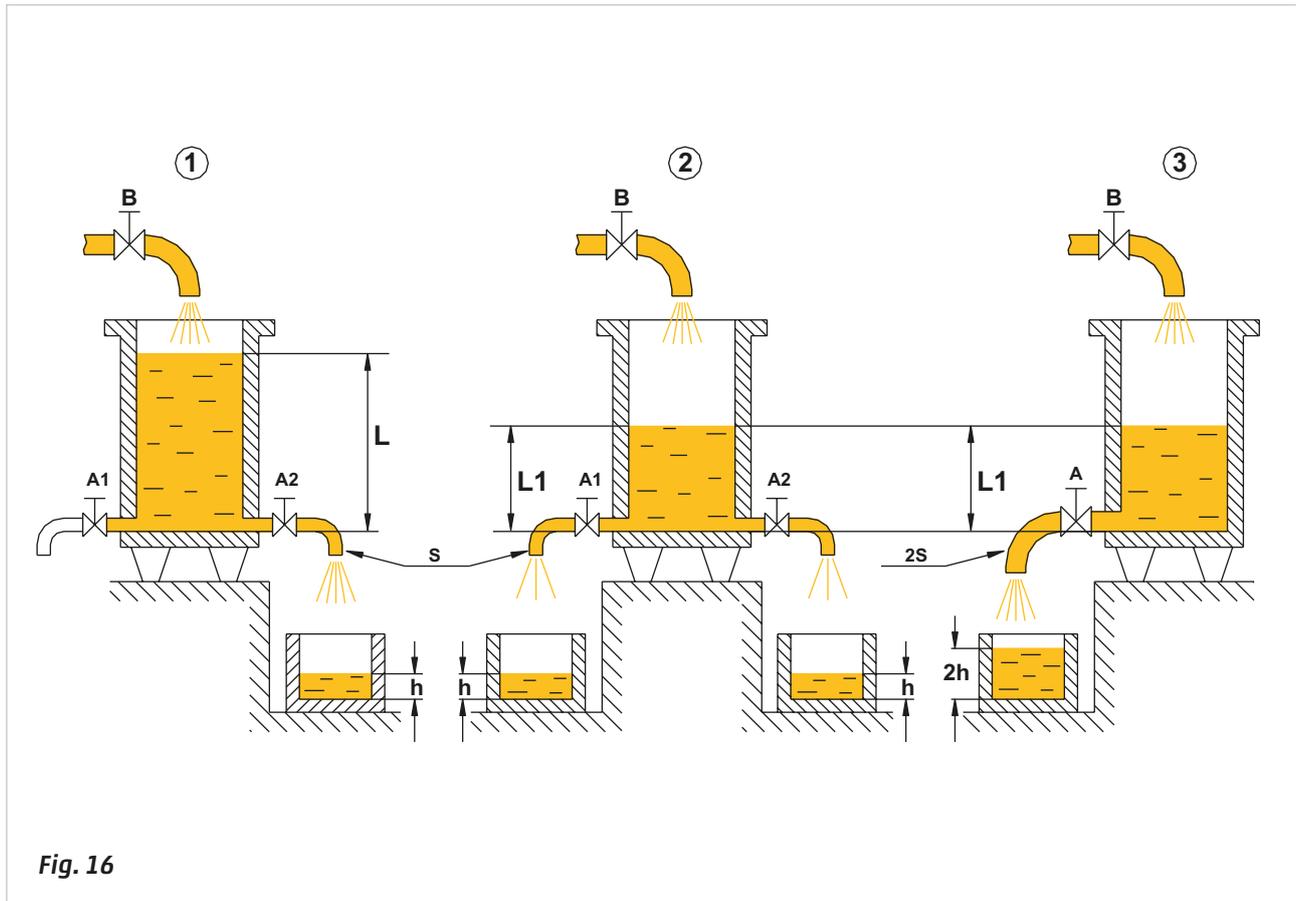


Fig. 16

## Il principio di Pascal

In questa sezione prendiamo in esame il principio enunciato dallo scienziato francese Blaise Pascal ed enunciato nel diciassettesimo secolo. Tuttavia, prima di entrare nell'argomento, mostriamo la differenza tra "legge" e "principio":

- una "legge" è sempre espressa da una formula che lega fra di loro le variabili di un determinato fenomeno;
- un "principio", esprime la constatazione di un fatto da cui possono derivare delle utili occasioni d'impiego.

Osserviamo le illustrazioni:

### Figura 17

Due tubi con forma ad **U** e medesima sezione, contengono due fluidi, uno di natura gassosa e l'altro di natura liquida. Alle estremità dei tubi, agiscono dei pistoni sollecitati dalla medesima Forza  $F$ , dalla due figure possiamo rilevare che i livelli raggiunti dai pistoni sono, diversi se confrontati fra loro, uguali se visti separatamente. Il livello raggiunto dai pistoni contenenti gas è inferiore rispetto a quello contenente liquidi infatti i primi, a differenza dei secondi, sono comprimibili.

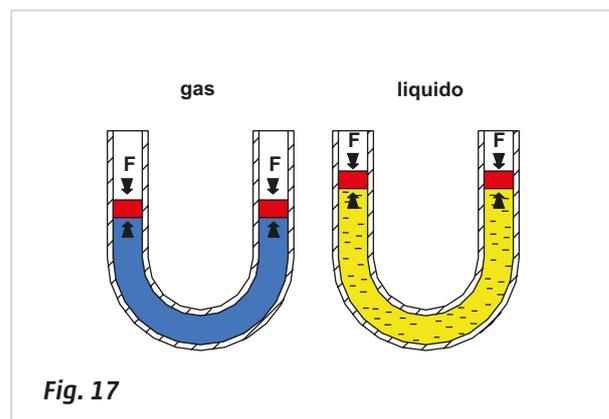
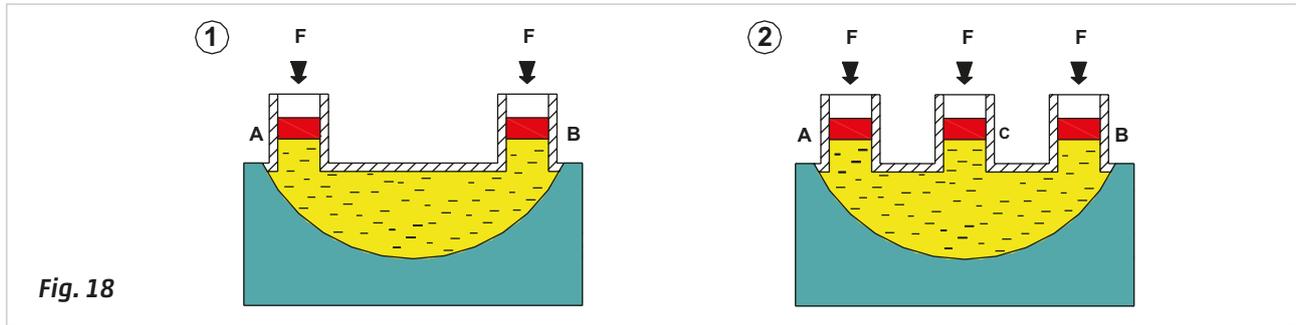


Fig. 17

**Figura 18**

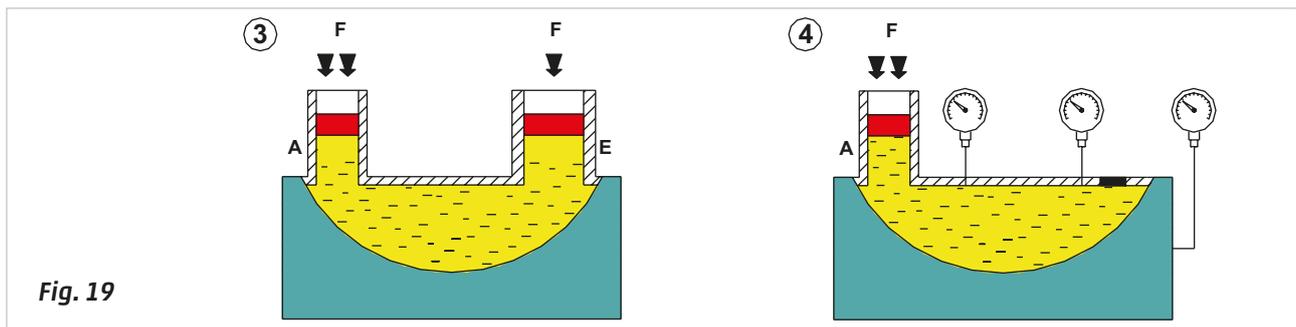
**Pos. 1:** un serbatoio contenente del liquido è collegato ai pistoni **A** e **B** di uguale sezione i quali esercitano la medesima Forza  $F$ . Indipendentemente dalla sezione del serbatoio e dalla posizione di montaggio il livello dei pistoni rimane identico. Aumentando la Forza  $F$  su uno dei due pistoni, l'altro si solleverà.

**Pos. 2:** accanto al pistone **B** ne aggiungiamo uno identico **C**. Esercitando la Forza  $F$  sul solo pistone **A**, i pistoni **B** e **C** si sollevano. Applicando la stessa Forza  $F$  sui pistoni **A** e **B**, questi si mettono in equilibrio ed il pistone **C** si solleva verso l'alto. Nel caso in cui anche il pistone **C** eserciti la Forza  $F$ , i tre pistoni si posizionano alla stessa altezza.

**Figura 19**

**Pos. 3:** i pistoni **B** e **C** (aventi medesima sezione) sono ora sostituiti da un unico pistone **E** la cui area è la somma delle aree **B** e **C** ( $S_E = S_B + S_C$ ). Applicando una Forza  $F$  al solo pistone **A**, questo si abbassa trasmettendola al fluido e di conseguenza il pistone **E** che reagisce sollevandosi. Mantenendo la Forza  $F$  sul pistone **A** ed esercitando la stessa Forza  $F$  sul pistone **E**, questo si abbassa restando tuttavia, a causa della sezione maggiore, al di sopra del livello del pistone **A**. Con una Forza avente valore  $2F$ , il pistone **E** è in equilibrio con il pistone **A**.

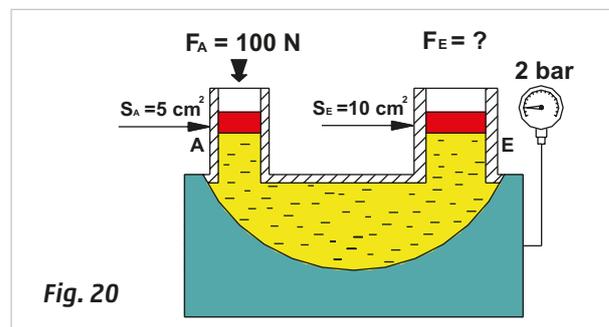
**Pos. 4:** eliminiamo il pistone **E** e sigilliamo il serbatoio. Introducendo un manometro, possiamo notare che in ogni punto del serbatoio è presente la stessa pressione.



La spiegazione dei fenomeni qui sopra descritti è rilevabile nel **principio di Pascal** secondo il quale **la pressione esercitata su una superficie qualsiasi di un liquido si trasmette con la stessa intensità su ogni altra superficie a contatto con il liquido, indipendentemente da come questa è orientata.**

**Figura 20**

Osserviamo gli effetti fisici di questo principio ipotizzando che il pistone **A** abbia una sezione  $S_A = 5 \text{ cm}^2$  e che la Forza  $F_A = 100 \text{ N}$ ; calcoliamo la pressione esercitata sul fluido ( $1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ bar} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ )



$$p_A = \frac{F_A}{S_A} = \frac{100 \text{ [N]}}{5 \text{ [cm}^2\text{]}} = \frac{100 \text{ [N]}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}} \quad p_A = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \quad p_A = 2 \text{ bar}$$

Calcoliamo ora la Forza  $F_E$  da applicare sulla superficie **E** in modo da mantenerla in equilibrio con il pistone **A**.

$$p_E = \frac{F_E}{S_E} \quad F_E = p_E \cdot S_E \quad 2 \cdot 10^5 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]} = 200 \text{ N} \quad F_E = 200 \text{ N}$$

## Principio Venturi

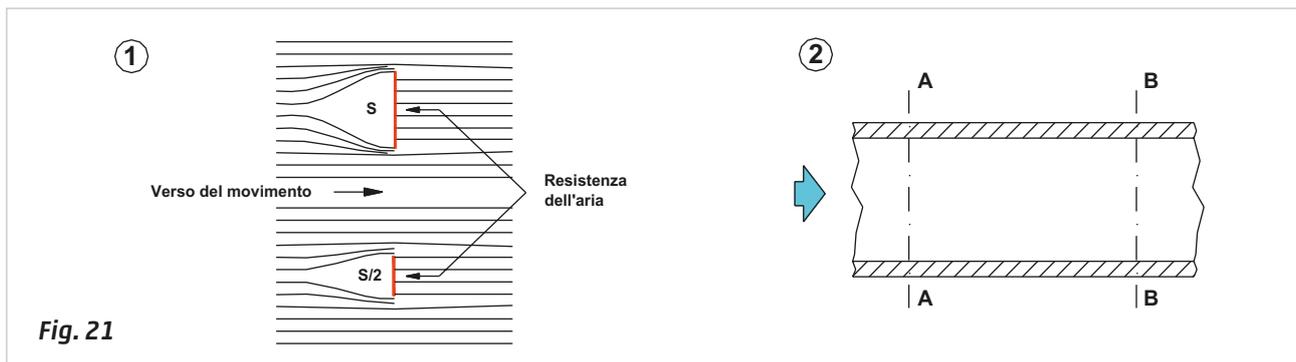
Nel linguaggio comune il vocabolo "fenomeno" è utilizzato per indicare un fatto straordinario, in fisica **indica la variazione della posizione o dello stato di un corpo.**

Supponiamo di dovere tenere sospeso fra le dita un disco sottile di metallo di sezione **S** e di muoverlo nell'aria a velocità costante secondo una direzione perpendicolare alla superficie del disco: il movimento provoca una reazione percepibile, dovuta alla resistenza dall'aria; tale reazione di valore costante si mantiene fintanto che dura il movimento stesso. Ripetiamo la prova con un altro disco, la cui superficie è minore di quella precedente, per esempio **S/2**: mantenendo per quanto possibile la stessa velocità di movimento, notiamo una minore resistenza dell'aria.

### Figura 21

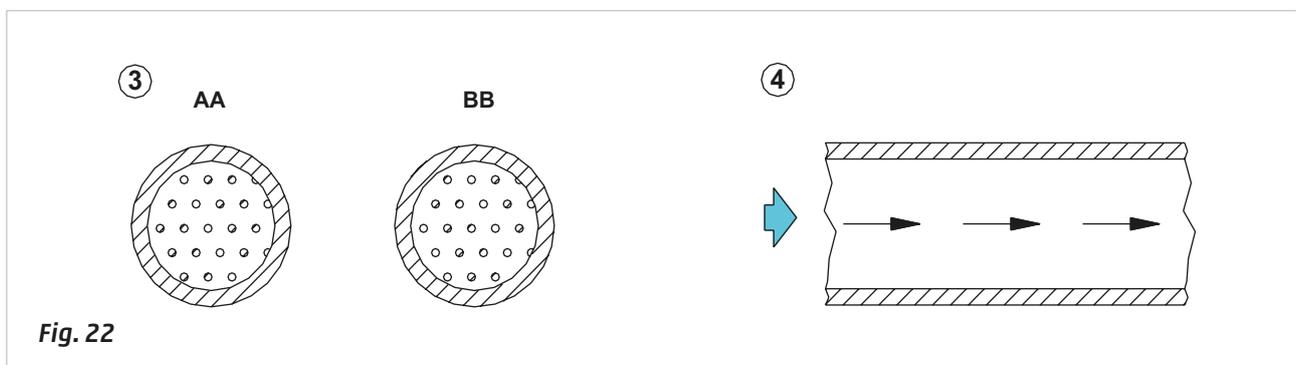
**Pos. 1:** si evidenzia graficamente l'esperimento precedente fornendo un'immagine dell'andamento dei flussi d'aria sia mostrando che a parità di pressione (quella atmosferica) la resistenza dell'aria è in relazione alla sezione del corpo in movimento.

**Pos. 2:** in questo caso è l'aria in pressione a scorrere dentro un corpo, nello specifico una tubazione con una certa sezione, ossia una situazione inversa alla precedente. Indichiamo due sezioni **AA** e **BB**.



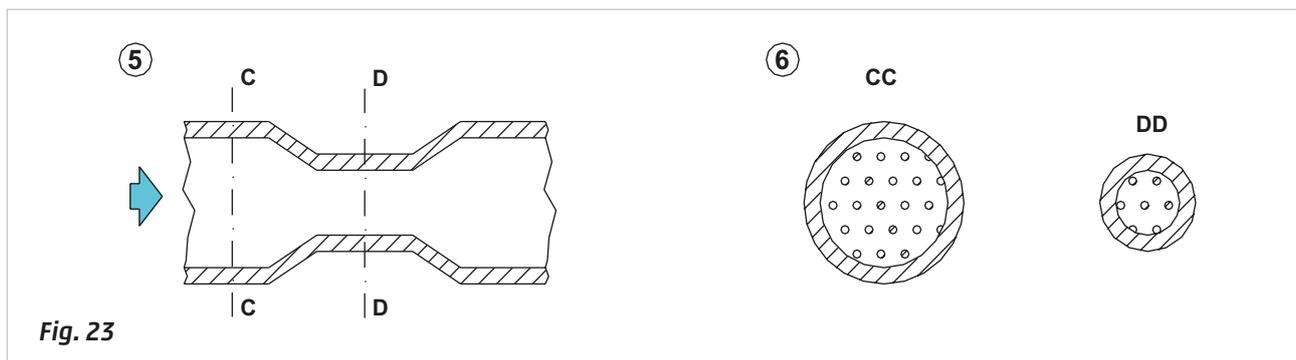
### Figura 22

**Pos. 3 e 4:** a pressione costante la quantità di molecole d'aria in transito nelle sezioni **AA** e **BB** è uguale e costante indipendentemente dalla distanza delle due sezioni: il fluido scorre a velocità uniforme in quanto nessun ostacolo si oppone al suo movimento.



### Figura 23

**Pos. 5 e 6:** consideriamo un tubo con la sezione centrale minore e raccordato ad imbuto, l'aria in entrata è alla medesima pressione dell'esempio precedente, tuttavia, in corrispondenza della sezione ridotta **DD**, l'aria incontra al suo passaggio una resistenza. Essendo costante la pressione in ingresso l'aria sarà costretta ad aumentare la sua velocità.



**Figura 24**

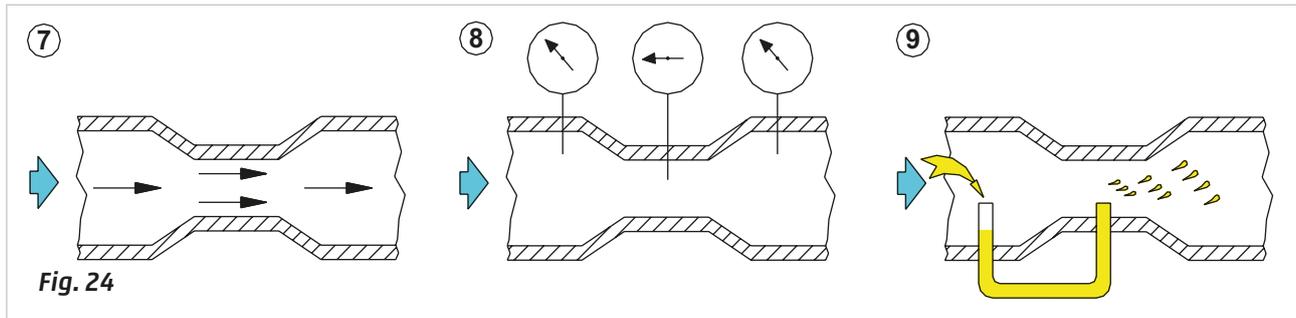
**Pos. 7:** la legge fisica che regola questo fenomeno afferma che: **in un intervallo di tempo uguale e a parità di pressione, in due tubi di sezione diversa passa sempre la stessa quantità d'aria.**

Osservando le sezioni **CC** e **DD** nella *Figura 23* - Pos. 6 possiamo dedurre che, per mantenere la stessa portata, le molecole in corrispondenza delle sezioni **DD** aumenteranno la loro velocità rispetto a quella della sezione **CC**.

**Pos. 8:** come enuncia **l'effetto Venturi:** **nella zona di un condotto dove la velocità del fluido aumenta, la sua pressione diminuisce.**

**Pos. 9:** tale fenomeno, che prende il nome dal fisico emiliano Giovanni Battista Venturi (1746-1822), trova applicazione in diversi meccanismi quotidiani grazie ad un semplice dispositivo chiamato tubo Venturi.

Si tratta di un tubo sagomato dove, lungo la strozzatura, è presente un'apertura collegata ad un tubo con del liquido. Quando si inizia a far circolare l'aria nel tubo, nella strozzatura, essendoci una pressione inferiore rispetto al tratto precedente, il liquido viene aspirato. Questo quando si incontra con il flusso dell'aria si nebulizza e viaggia in sospensione nel tratto successivo.

**Fig. 24**

## Concetti di meccanica

Lo studio della meccanica è da considerarsi suddiviso in tre rami fondamentali:

La "**Statica**", che si occupa dell'equilibrio dei corpi soggetti ad un sistema di forze ad essi applicate;

La "**Cinematica**", lo studio del moto dei corpi indipendentemente dalle cause che lo hanno generato;

La "**Dinamica**", cioè lo studio del moto dei corpi in relazione alle cause che lo hanno generato.

Un corpo può assumere diversi "stati".

**Stato di quiete:** quando al trascorrere del tempo tutti i punti che lo costituiscono mantengono la medesima posizione rispetto ad un sistema di riferimento fisso.

**Stato di moto:** quando almeno una parte dei punti che lo costituiscono occupano, al trascorrere del tempo, posizioni diverse rispetto ad un sistema di riferimento fisso.

**Figura 25**

**Pos. 1:** la **Forza**: è una qualsiasi causa capace di modificare lo stato di quiete o di moto di un corpo.

Se un'automobile è ferma, occorre una Forza motrice per muoverla, viceversa, se vogliamo fermarla, occorre una Forza frenante contraria al senso di moto. L'unità di misura della Forza nel Sistema Internazionale è il Newton (*N*). Il prodotto dell'intensità della Forza, nella direzione dello spostamento, per lo spostamento subito dal corpo è definito **Lavoro** di una Forza. L'unità di misura è il Joule (*J*).

$$L = F s [J]$$

**Figura 25**

**Pos. 2:** **Forza di gravità:** è l'attrazione che la Terra esercita su tutti i corpi e per effetto di questa attrazione tutti i corpi cadono al suolo.

**Pos. 3:** **Equilibrio delle Forze:** due o più Forze applicate ad un corpo in stato di quiete o di moto rettilineo uniforme sono in equilibrio quando, agendo simultaneamente, non ne influenzano lo stato, ovvero la loro risultante è pari a zero. La Forza esercitata per tenere in sospeso un corpo è pari e contraria al suo peso.

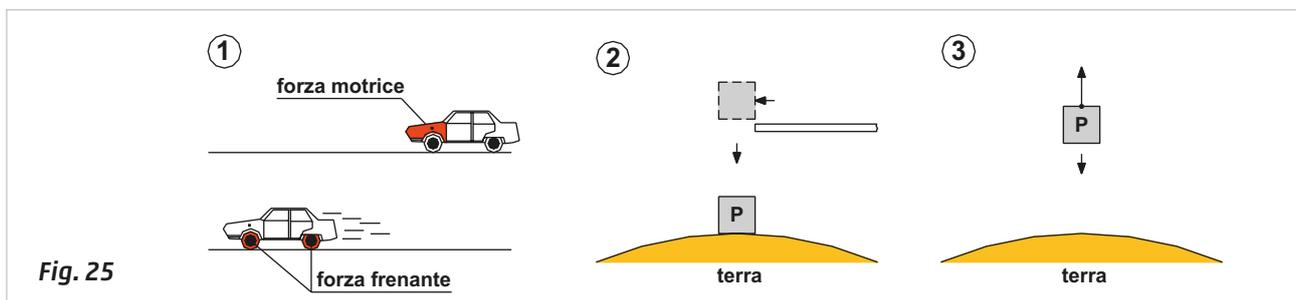
**Fig. 25**

Figura 26

**Pos. 4: Velocità media  $v$ :** è il rapporto tra la distanza  $S$  percorsa da un corpo e l'intervallo di tempo  $\Delta t$  impiegato a percorrerla. L'unità di misura è il  $m/s$ .

$$v = S/t [m/s]$$

Figura 26

**Pos. 5: Accelerazione media:** è il rapporto tra la variazione di velocità  $\Delta v$  e l'intervallo di tempo  $t$  nel quale avviene tale variazione. L'unità di misura è il  $m/s^2$ .

$$a = (V - V_0)/t [m/s^2]$$

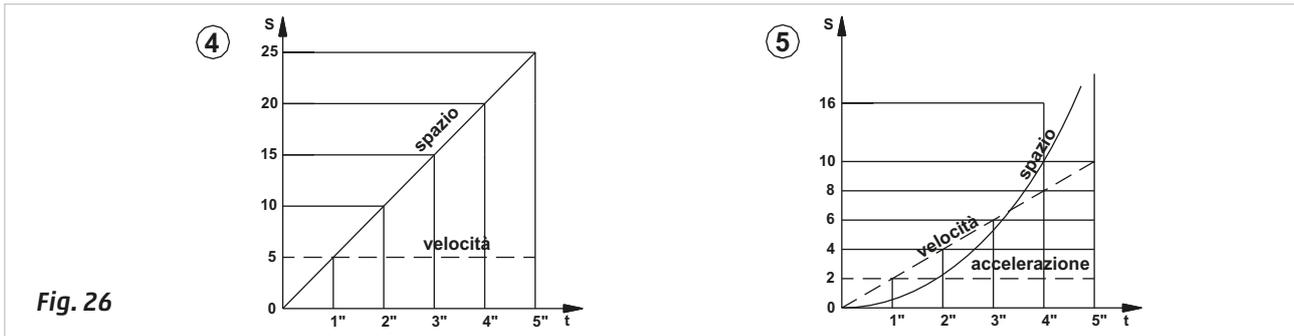


Fig. 26

Figura 27

**Pos. 6: Relazione fra Massa e Forza Peso:** la massa  $m$  di un corpo è costante indipendentemente dalla sua posizione nello spazio e si misura in  $Kg$ . Il peso corrisponde alla massa sotto l'effetto dell'accelerazione di gravità e si misura in  $N$ . L'intensità del peso  $P$  è direttamente proporzionale alla massa  $m$ .

$$P = m g \quad \text{dove} \quad g = 9,81 [N/Kg]$$

Figura 27

**Pos. 7: Relazione fra Forza e Massa:** se ad un corpo posizionato nello spazio in stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, venisse applicata una Forza continua e costante  $F_m$ , esso si muoverebbe con un moto uniformemente accelerato nella direzione della Forza. Il valore di questa Forza è dato dal prodotto della massa  $m$  per l'accelerazione  $a$ .

$$F_m = m a [N]$$

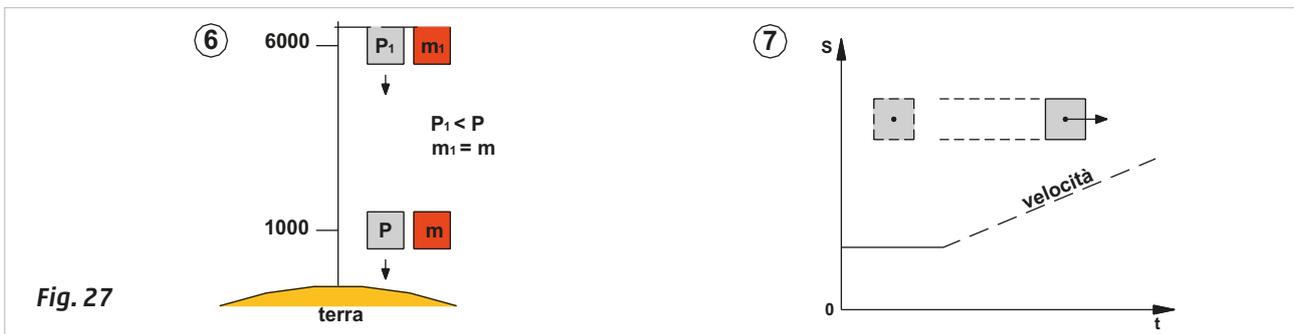


Fig. 27

Figura 28

**Pos. 8: Energia cinetica:** ogni corpo in moto possiede un'attitudine a compiere un lavoro, ossia per il fatto stesso che è in movimento, possiede dell'energia. L'energia cinetica la cui unità di misura è il Joule si ricava con la formula:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 [J]$$

Un'auto in movimento possiede energia, nel togliere la Forza motrice il movimento continuerà fin tanto che le resistenze d'attrito non la fermeranno.

**Figura 28**

**Pos. 9: Attrito di strisciamento (o radente):** è quella Forza resistente che si manifesta tra due superfici piane che rimangono in contatto e scorrono una rispetto all'altra. Il suo valore dipende dal materiale dei corpi a contatto, dalla finitura superficiale delle superfici, dall'eventuale lubrificazione e dalla Forza con cui le due superfici sono premute una sull'altra. L'attrito radente non dipende dall'estensione della superficie di contatto.

Possono essere individuati due tipi di attrito radente:

a) **attrito statico (o di primo distacco)**, è la Forza di attrito che si genera tra due superfici in quiete fra loro.

b) **attrito dinamico**, è la Forza di attrito che si genera tra due superfici in movimento.

L'attrito statico è sempre maggiore dell'attrito dinamico.

Un corpo di peso  $P$  è appoggiato su un piano, la Forza resistente dovuta all'attrito di strisciamento vale:

$$F = c * P \text{ [N]}$$

dove  $c$  è un coefficiente numerico definito "**coefficiente di attrito radente**" che tiene conto della natura dei materiali delle due superfici in contatto e dell'eventuale presenza di lubrificante.

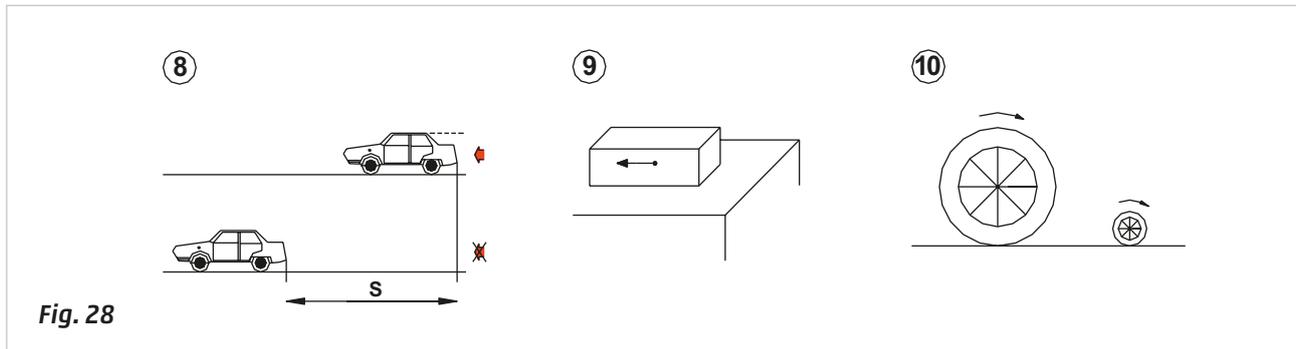
**Figura 28**

**Pos. 10: Attrito di rotolamento (o volvente):** è l'attrito che si manifesta su un corpo che ruota su un altro, è proporzionale alla pressione che il corpo esercita sul piano di contatto ed inversamente proporzionale alla lunghezza del corpo rotolante e del suo raggio. La maggiore lunghezza del punto di contatto determina un minor affondamento del corpo perché la pressione unitaria diminuisce, il raggio maggiore a parità di profondità estende il contatto per una superficie maggiore.

Un corpo di forma rotonda (ruota) di peso  $P$  è appoggiato su un piano, la Forza resistente dovuta all'attrito di rotolamento vale:

$$F = \frac{b P}{r} \text{ [N]}$$

dove  $b$  è il "**coefficiente di attrito volvente**" ed  $r$  è il raggio dell'elemento che rotola.

**Fig. 28**

Calcolo della Forza necessaria per far compiere ad un corpo un movimento in diverse direzioni e con diverse tipologie di attrito.

Massa del corpo	$m = 50 \text{ Kg}$
Spazio da percorrere in orizzontale	$S = 2 \text{ m}$
Tempo richiesto	$t = 5 \text{ s}$
Coeff. d'attrito radente statico	$c_1 = 0,02$
Coeff. d'attrito radente dinamico	$c_2 = 0,01$
Coeff. d'attrito volvente	$b = 0,002 \text{ m}$

Calcolo del peso del corpo:

$$P = m * g \qquad P = 50 \text{ [Kg]} * 9,81 \text{ [m / s}^2\text{]} \qquad P \cong 490 \text{ N}$$

Per far compiere al corpo un movimento in direzione verticale, dovrà essere applicata una Forza motrice verticale maggiore della Forza peso:

$$F_{mv} > P; \qquad F_{mv} > 490 \text{ [N]}$$

Forza di attrito statico

$$F_{a1} = P_{c1} \quad F_{a1} = 490 [N] * 0,02 \quad F_{a1} \cong \mathbf{9,8 N}$$

Forza di attrito dinamico

$$F_{a2} = P_{c2} \quad F_{a2} = 490 [N] * 0,01 \quad F_{a2} \cong \mathbf{4,9 N}$$

Accelerazione

$$a = \frac{2S}{t^2} \quad \frac{2 * 2 [m]}{5 [s^2]} \quad \frac{4 [m]}{25 [s^2]} \quad a = \mathbf{0,16 m/s^2}$$

Per poter muovere il corpo con accelerazione pari a  $0,16 [m/s^2]$  è necessario che la Forza risultante orizzontale sia

$$F_{Ro} = m * a \quad 50 [Kg] * 0,16 [N / s^2] \quad F_{Ro} = \mathbf{8 N}$$

La Forza motrice orizzontale da applicare sarà:

$$F_{mo} = F_{Ro} + F_{a2} \quad 8 [N] + 4,9 [N] \quad F_{mo} = \mathbf{12,9 N}$$

L'evidente differenza di Forza fra  $F_{mv}$  e  $F_{mo}$  è giustificata dal fatto che nella condizione di equilibrio verticale la Forza  $F_e$  deve contrastare la Forza di gravità che richiama il corpo verso il basso, invece, in senso orizzontale, questo non avviene, in quanto il piano di appoggio reagisce con una Forza uguale e contraria al peso del corpo, contrariamente il piano cederebbe.

Velocità

$$v = a * t \quad 0,16 [m / s^2] * 5 [s] \quad v = \mathbf{0,80 m / s}$$

Il lavoro compiuto per muovere il corpo è

$$L = F_{mo} * S \quad 12,9 [N] * 2 [m] \quad L = \mathbf{25,8 J}$$

Una parte di esso sarà dissipato per vincere la Forza attrito e una parte sarà ceduta al corpo sotto forma di energia cinetica:

$$E = \frac{1}{2} m * v^2 \quad \frac{1}{2} 50 [Kg] * 0,8^2 [m / s^2] \quad E = \mathbf{16 J}$$

Ipotesizzando che il corpo sia una ruota di raggio  $r$  pari a  $500 mm$ , la Forza di attrito volvente sarebbe:

$$F_{mo} = \frac{P b}{r} \quad \frac{490 [N] * 0,002 [m]}{0,5 [m]} \quad F_{av} \cong \mathbf{1,96 N}$$

E la Forza motrice orizzontale:

$$F_{mo} = F_{Ro} + F_{av} \quad 8 [N] + 1,96 [N] \quad F_{mo} = \mathbf{9,96 N}$$

# Magnetismo ed elettromagnetismo

Il **magnetismo** è la Forza d'attrazione posseduta da un minerale di nome "magnetite o calamita naturale" verso i materiali ferrosi.

## Figura 29

**Pos. 1:** quando un corpo in acciaio "dolce", ossia con scarsa percentuale di carbonio chiamato comunemente "ferro", è messo a contatto con una calamita, o nel raggio della sua azione magnetica, diventa esso stesso una calamita; tuttavia perde tale proprietà non appena lo si allontana. Per queste proprietà l'acciaio dolce viene definito "magnete artificiale temporaneo".

Un corpo in acciaio "duro", ossia con alta percentuale di carbonio, una volta calamitato, mantiene tale proprietà per lungo tempo; per questa proprietà viene definito "magnete artificiale permanente".

**Pos. 2:** l'attrazione magnetica non ha uguale Forza in tutti i punti della calamita, è massima alle estremità e decresce verso il centro. È possibile verificare sperimentalmente questa proprietà avvicinando una calamita a della limatura di ferro, questa si avvicina solo alle estremità del magnete. Gli estremi di una calamita prendono il nome di **poli**, tutte le calamite hanno due poli.

**Pos. 3:** sospendendo ad un filo un ago magnetico, questo, indipendentemente dalla posizione, si orienta verso il **Nord terrestre**. Per convenzione, l'estremo della calamita che si rivolge a **Nord** si chiama **polo nord**, l'altro estremo **polo sud**.

**Pos. 4:** accostando due poli uguali, Nord con Nord o Sud con Sud, questi si respingono, viceversa, accostando due poli opposti, si attraggono.

**Pos. 5:** lo spazio entro in cui si manifestano le azioni di attrazione si chiama **campo magnetico**.

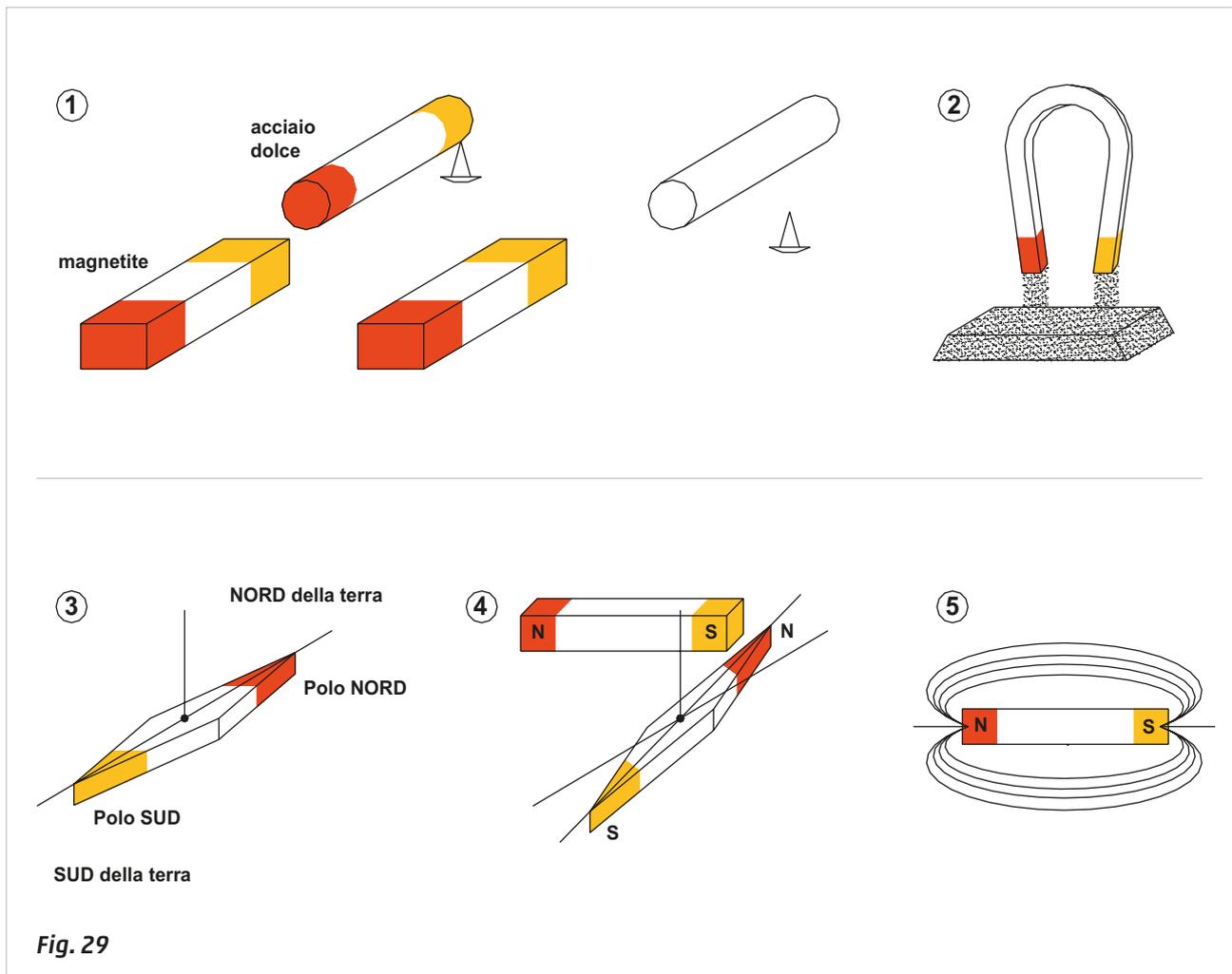


Fig. 29

## Elettromagnetismo

Attraversando un conduttore, la corrente elettrica produce un campo magnetico identico a quello prodotto da una calamita. In modo elementare viene definita elettricità la carica posseduta dagli "elettroni", mentre la loro capacità di muoversi lungo i conduttori viene definita **corrente elettrica**.

## Figura 30

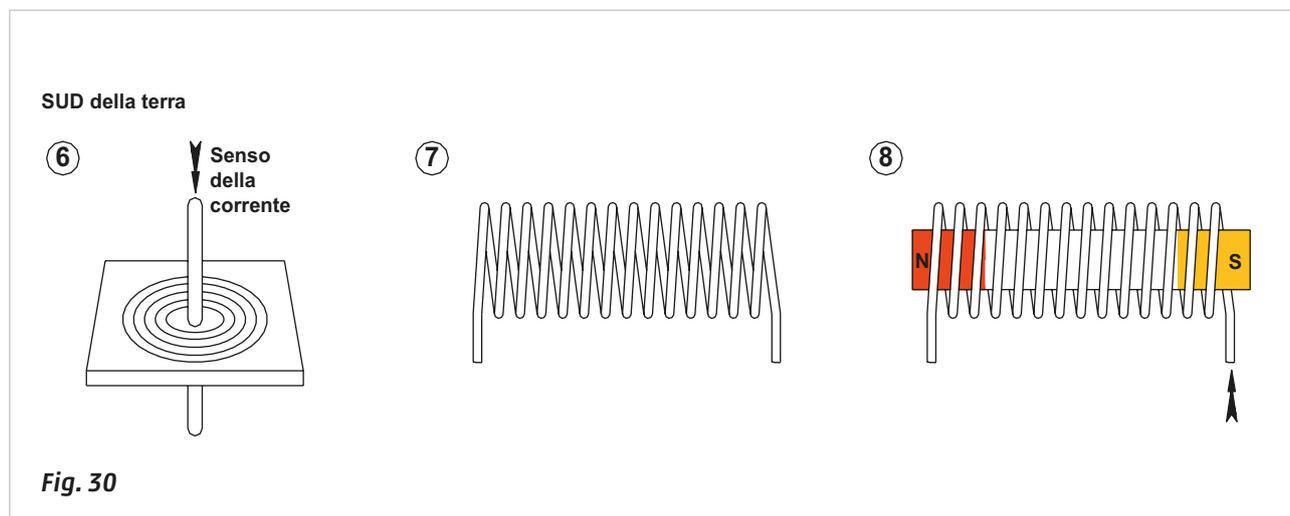
**Pos. 6:** dopo aver cosperso un cartoncino con limatura di ferro, facciamo attraversare al centro da un filo di rame. Applicando energia elettrica al filo di rame, osserviamo la limatura disporsi in cerchi concentrici intorno al filo; questo dimostra che intorno ad un conduttore attraversato da energia elettrica si creano delle linee di Forza, ossia un campo magnetico.

**Figura 30**

**Pos. 7:** il campo magnetico della Pos.6 può essere notevolmente aumentato, cioè le linee di Forza possono diventare più fitte se il filo, anziché teso, viene avvolto a spirale formando una bobina o "solenoid". È caratteristico di queste forme geometriche infittire le linee di Forza fino a farle assumere un andamento simile a quello osservato nella *Figura 29* - Pos. 5.

**Pos. 8:** introducendo nel solenoide un nucleo di acciaio dolce, questo si magnetizza ed acquisisce la capacità di attrarre altri corpi diventando così un elettromagnete. Nel caso i corpi presenti nel raggio di azione del campo magnetico fossero fissi sarebbe il nucleo in acciaio a muoversi.

Potendo gestire il fenomeno di attrazione, un dispositivo elettromagnetico trova molteplici applicazioni industriali. La condizione indispensabile per l'utilizzo del fenomeno è la capacità del nucleo di magnetizzarsi solo quando il solenoide è alimentato; ricordiamo che il nucleo deve essere di ferro perché, in assenza di energia elettrica, perde la capacità di attrazione.





## CAPITOLO 2

# LA PRODUZIONE DI ARIA

- 38 I compressori
- 40 Dal compressore al serbatoio di accumulo dell'aria
- 41 Dal serbatoio all'utilizzo
- 43 Calcolo delle tubazioni
- 44 Trattamento dell'aria compressa:
  - il filtro
  - il filtro disoleatore
- 47 Regolatore di pressione
- 48 Valvola di intercettazione
- 49 Avviatore progressivo
- 50 Regolatore di pressione senza compensazione
- 51 Trattamento dell'aria compressa: il lubrificatore

## I compressori

Con una pompa da bicicletta è possibile elevare la pressione dell'aria da quella atmosferica ad un valore maggiore, ossia è possibile comprimerla ed immagazzinarla all'interno della ruota al valore di pressione necessario.

Come noto, l'aumento della pressione dell'aria è la conseguenza diretta della diminuzione dello spazio da essa occupato o l'aumento della quantità di molecole di aria in un determinato spazio.

Le macchine che comprimono l'aria secondo questo principio sono definite **compressori volumetrici**.

Il tipo di costruzione dell'organo meccanico che determina la progressiva riduzione del volume dell'aria aspirata, ne consente la classificazione come **alternativi** o **rotativi**.

In questo paragrafo si fanno solo alcuni accenni sulle caratteristiche fondamentali di queste macchine.

### Figura 1

#### Pos. 1: Funzionamento del compressore alternativo.

Il movimento di alcuni organi interni è simile a quello di un motore a due tempi con la differenza che nel compressore il meccanismo "biella/manovella" riceve il movimento da un'altra macchina rotante, normalmente un motore elettrico.

a) Il pistone, in fase discendente aspira aria libera attraverso la valvola di sinistra mentre quella di destra resta chiusa.

b) Il pistone è in fase ascendente, la valvola di sinistra si chiude, quella di destra si apre quando la pressione creata dal pistone è sufficiente per vincerne la resistenza. L'aria adesso compressa è inviata al serbatoio.

La parte esterna alla zona di scorrimento del pistone è alettata per dissipare l'aumento di temperatura generatosi per il fenomeno fisico della compressione dell'aria e per l'attrito dato dallo scorrimento dei pistoni.

A parità di pressione e di portata d'aria da immagazzinare, la temperatura finale può essere contenuta utilizzando compressori a più stadi: nel primo stadio, l'aria è aspirata e compressa ad una pressione intermedia; nello stadio intermedio si ha un'azione di raffreddamento; nel secondo stadio è compressa sino al valore finale.

#### Pos. 2: Funzionamento del compressore rotativo a palette.

Delle palette, libere di muoversi radialmente, sono inserite in delle scanalature ricavate in un corpo cilindrico. Questo corpo ruota all'interno di una sede circolare, l'asse di rotazione del corpo è spostato lateralmente rispetto all'asse teorico della sede circolare, in questo modo, si crea uno spazio in cui le palette creano dei settori al cui interno vi è aria. Il corpo porta palette, con il suo movimento rotatorio, crea un effetto centrifugo sulle palette che le proietta e mantiene aderenti al corpo fisso.

L'ingresso dell'aria è situato sul lato il cui volume fra una paletta e la successiva va aumentando mentre l'uscita, è nella parte in cui il volume diminuisce. La fase di aspirazione si verifica ad ogni giro in corrispondenza dei volumi compresi fra **A** e **D**, la compressione avviene fra i volumi **E** ed **H**. I settori che contengono questi volumi, per effetto della rotazione diminuiscono di sezione e fanno aumentare la pressione dell'aria al loro interno.

A differenza del compressore alternativo, la produzione di aria compressa non ha fasi alterne ma è a flusso continuo. Il raffreddamento dell'aria può avvenire mediante l'iniezione di olio che deve poi essere recuperato, raffreddato e riciclato.

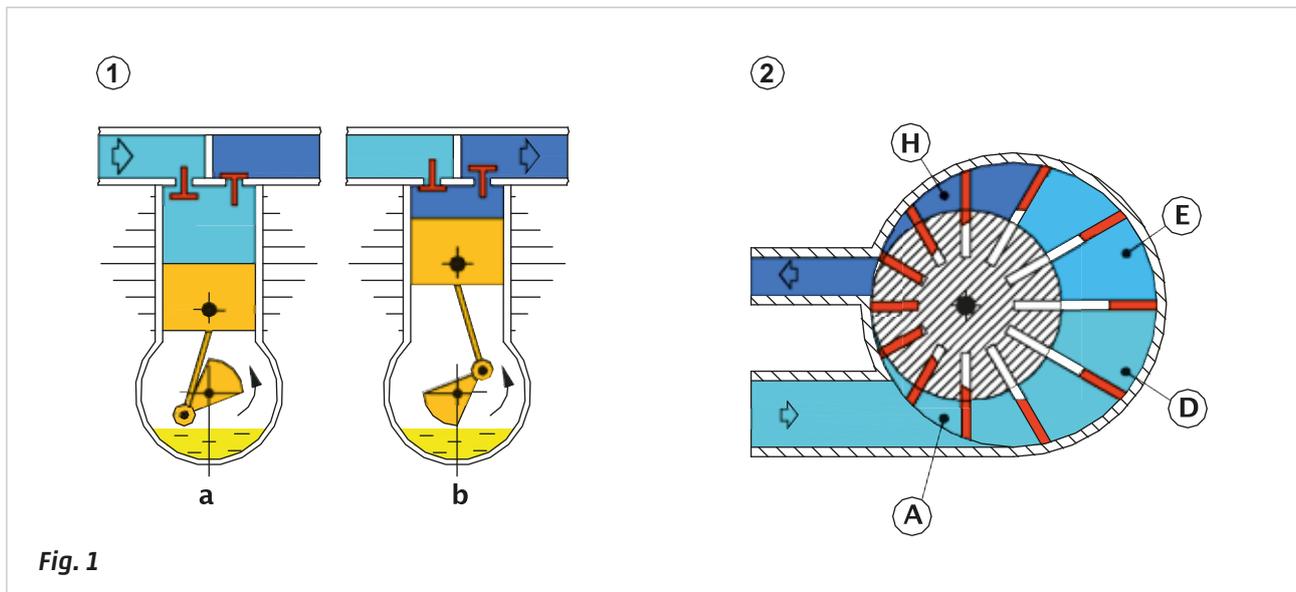


Fig. 1

### Figura 2

#### Funzionamento del compressore rotativo a vite.

Questi compressori sono costituiti da due viti senza fine inserite in sedi opportunamente conformate in modo da lasciare il minimo spazio possibile attorno alle viti stesse.

a) La vista frontale semplificata mostra le due viti con diversi principi. Con la rotazione delle due viti l'aria è aspirata.

b) Con la rotazione lo spazio a disposizione dell'aria aspirata si riduce dando inizio alla fase di compressione e successivo invio verso l'utilizzo. Questa azione si verifica ad ogni giro e per ogni principio della vite di sinistra.

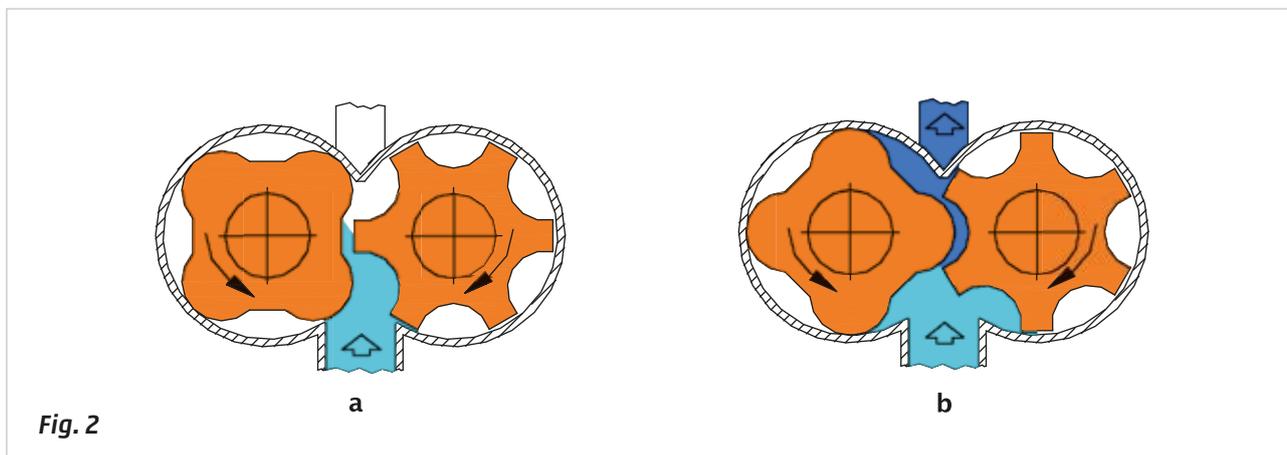


Fig. 2

**Figura 3****Funzionamento del compressore dinamico.**

Questi compressori sono utilizzati per comprimere grandi quantità d'aria, il principio di funzionamento è basato sul movimento dell'aria per mezzo di giranti. L'energia di movimento che l'aria acquista è trasformata in energia di pressione prima dell'uscita dal compressore.

In base alla forma della girante il compressore è classificato come **radiale** o **assiale**.

**a) Radiale**

La prima girante aspira l'aria libera e la proietta radicalmente verso una condotta collegata con l'aspiratore della seconda girante, e così via di seguito. In ogni passaggio si ha un incremento di pressione.

**b) Assiale**

Il movimento dell'aria mantiene una direzione parallela all'asse della girante.

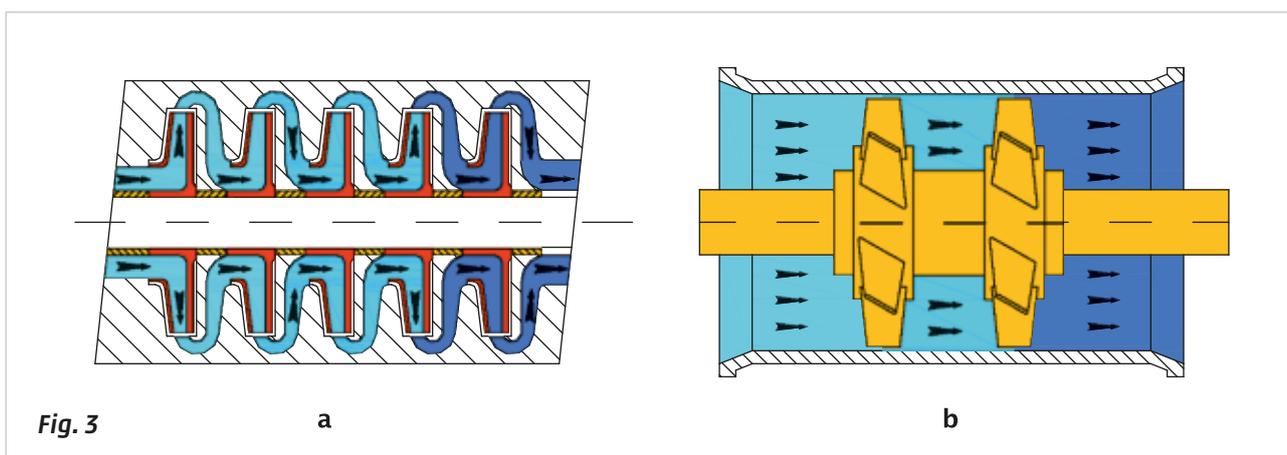


Fig. 3

**Scelta del compressore.**

Il dato più importante da definire è la quantità di aria necessaria calcolata in  $Nm^3/h$ . Essa corrisponde alla somma dei consumi d'aria di tutte le utenze collegate.

Il consumo può essere continuo oppure intermittente:

**Continuo:** macchine, impianti, utenze che abbiano un funzionamento prolungato durante l'arco della giornata. A questo valore si sommano le perdite delle utenze e della rete di distribuzione.

**Intermittente:** generalmente trapani, smerigliatrici, avvitatori e simili.

Il costruttore di quest'ultima tipologia di elementi fornisce il consumo di aria in funzione della pressione e del tempo. Conoscendo il periodo in cui viene utilizzato, è possibile quantificare la quantità d'aria richiesta al compressore nell'unità di tempo. Per quanto riguarda i cilindri e le rispettive tubazioni di collegamento, il calcolo del consumo sarà trattato in seguito.

In genere è normale scegliere un compressore in grado di fornire una quantità d'aria superiore del 50% rispetto a quella richiesta e di collegare un serbatoio a valle del compressore stesso.

## Dal compressore al serbatoio di accumulo dell'aria

L'A/C in uscita dal compressore non può essere utilizzata immediatamente, ma deve essere trattata per eliminare le impurità come parti solide, vapore acqueo e nebbia di olio.

Un locale ben areato, la possibilità di aspirare aria "pulita" e una buona manutenzione del compressore sono semplici accorgimenti da prendere per limitare queste impurità.

### Figura 4

L'aria aspirata dal compressore prima di arrivare al serbatoio dove è immagazzinata deve passare attraverso diversi elementi intermedi:

**Filtro di aspirazione:** la sua funzione è quella di trattenere le parti solide di una certa dimensione e la maggior parte di impurità presenti nell'aria aspirata.

**Refrigeratore:** con la compressione l'aria può raggiungere anche i 200 °C, il refrigeratore raffreddando l'aria, trasforma il vapore acqueo in essa contenuto in acqua. Di norma, per il funzionamento di cilindri, valvole e utensili pneumatici non si deve oltrepassare la temperatura di 40 °C.

**Serbatoio:** deve essere certificato, sottoposto a periodiche verifiche da parte di enti preposti e dotato di valvola di sicurezza (che scarica automaticamente l'aria al di sopra di una certa pressione).

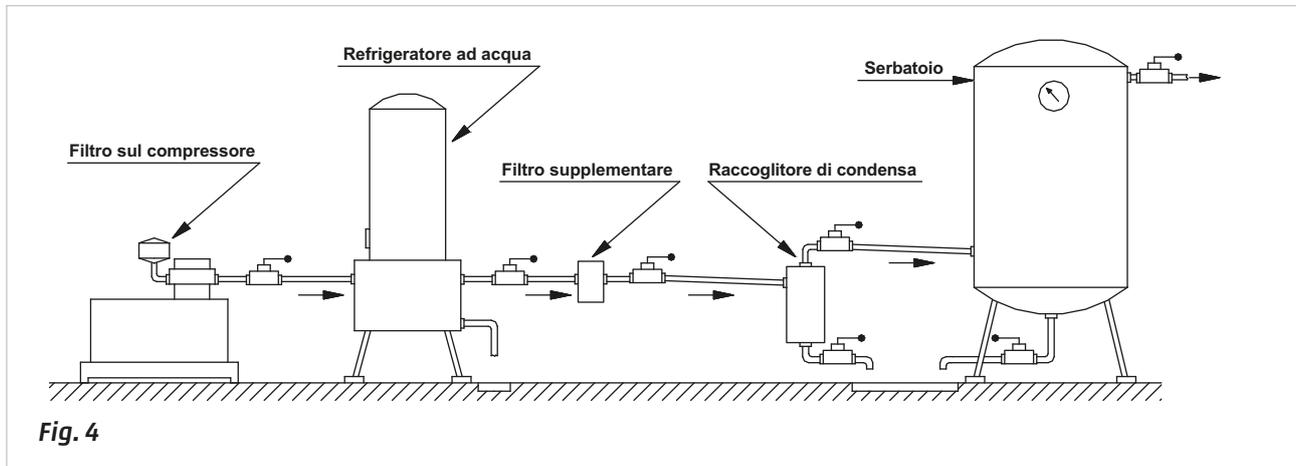
Ha diverse funzioni:

- Ammortizza le pulsazioni dell'aria provocate dal compressore del tipo alternativo
- Consente il prelievo temporaneo di quantità d'aria superiori a quella prodotta
- Permette una riserva d'A/C in caso di interruzione di energia elettrica
- Assicura una stabilità della pressione nella rete
- Favorisce il deposito di condensa e conseguente raccolta

Sul serbatoio sono ricavate le seguenti connessioni:

- Attacco del manometro sulla calotta superiore
- Uscita dell'A/C nella parte alta
- Entrata dell'A/C nella parte bassa
- Scarico della condensa sulla calotta inferiore

Lungo la linea di distribuzione dell'A/C si trovano anche i **raccoglitori di condensa**, un recipiente di dimensioni ridotte con lo scopo di raccogliere la condensa che si forma lungo la linea di distribuzione.



### Figura 5

**Pos. 1:** l'aria che respiriamo contiene sempre dell'umidità che si crea in seguito all'evaporazione delle masse d'acqua esistenti sulla terra; ce ne accorgiamo soprattutto durante i mesi estivi quando il grado di umidità rende difficoltoso persino il respiro.

Un  $m^3$  di aria libera a 25°C contiene 23 grammi di acqua sottoforma di vapore.  
Considerando che per ottenere 1  $m^3$  di aria a 6 bar occorrono circa 7  $m^3$  di aria libera,

$$23 * 7 = 161 \text{ grammi di acqua per } m^3$$

che se non eliminati, giungerebbero all'impianto di utilizzazione.

Nel refrigeratore il raffreddamento dell'A/C può essere fatto in due modi: ad aria o ad acqua.

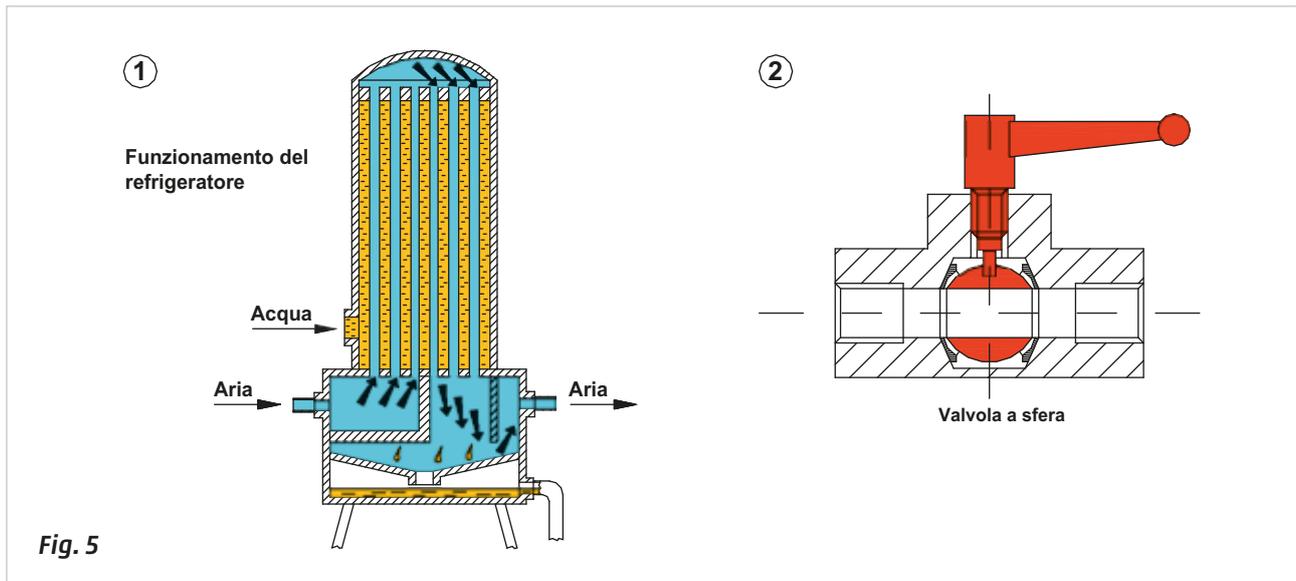
Il principio di funzionamento del refrigeratore è basato sullo scambio di calore per conduzione.

L'A/C calda, attraversa un cilindro nel quale sono presenti una fitta rete di tubi nei quali circola acqua corrente.

L'aria a contatto con queste tubazioni diminuisce di temperatura e trasforma il vapore in essa contenuto in gocce di acqua che si raccolgono sul fondo. L'acqua accumulata è convogliata verso lo scarico.

Figura 5

**Pos. 2: Le valvole a sfera** con una rotazione di 90° consentono di aprire o chiudere un passaggio, permettono di far manutenzione senza dover scaricare l'impianto.



## Dal serbatoio all'utilizzo

I tratti di tubazione relativi alla distribuzione dell'A/C che collegano il serbatoio con le utenze sono definite: **rete primaria e rete secondaria**.

### Rete primaria.

Con questo termine si intende la tubazione che parte dal serbatoio e percorre in senso orizzontale tutta la planimetria del locale da servire e può essere realizzata in diverse tipologie.

Questa rete è da considerare come un prolungamento del serbatoio è dimensionata in modo tale da non creare né variazioni di portata né riduzioni di pressione. Per una corretta installazione e dimensionamento della rete primaria occorre considerare: la caduta di pressione tra i punti estremi della stessa e la richiesta di A/C determinata dalla somma degli utilizzi presenti, oltre ad un margine di sicurezza.

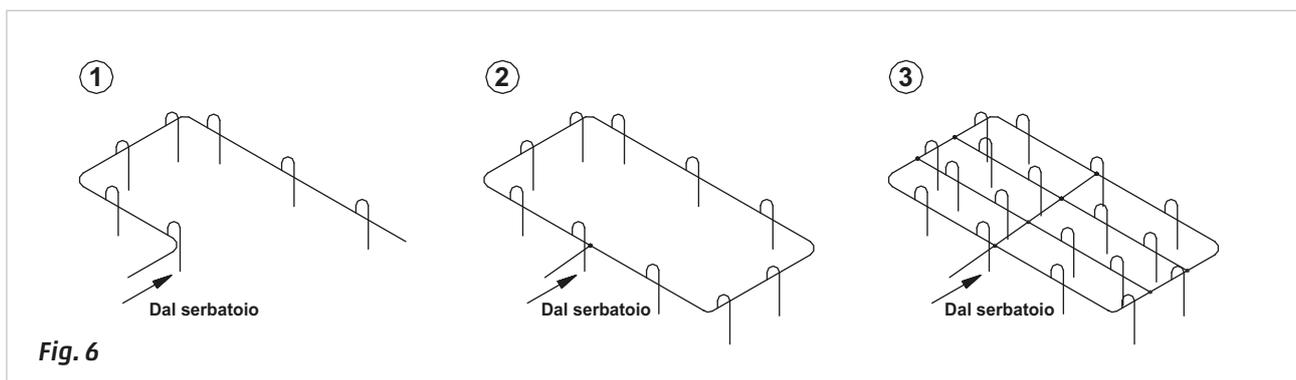
Possibili soluzioni di installazione della rete primaria

Figura 6

**Pos. 1: Anello Aperto:** è realizzabile quando sono presenti delle utenze in cui la richiesta di A/C non è contemporanea. Contrariamente si ha una continua riduzione della portata nella tubazione con il rischio che le utenze a fine linea ricevano una pressione non adeguata. Un sezionamento anche temporaneo della rete interrompe l'alimentazione a tutte le parti successive.

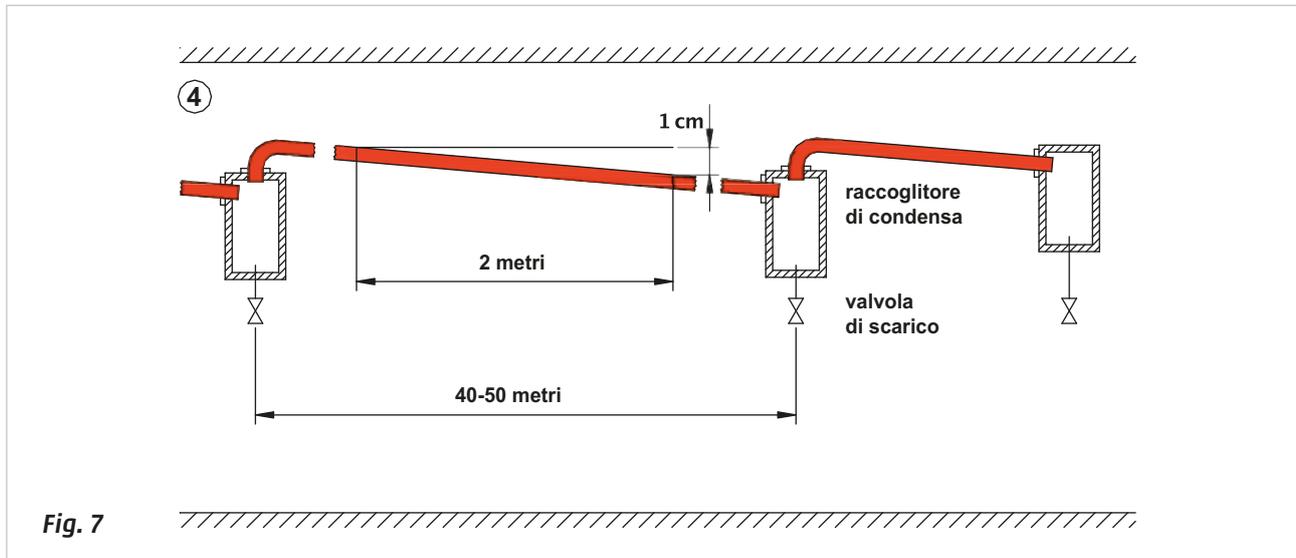
**Pos. 2: Anello Chiuso:** la rete primaria parte e ritorna al serbatoio dopo aver percorso, con un tubo avente sempre la stessa sezione, tutto il perimetro del locale nel quale si trovano le utenze. Con questa soluzione si ha uniformità di pressione indipendentemente dalle utenze che richiedono A/C, inoltre è possibile sezionare parti di rete.

**Pos. 3: Anello Intrecciato:** è la soluzione più complessa ma anche più flessibile, inoltre tutta la rete di distribuzione consente un aumento della riserva di aria.



**Figura 7**

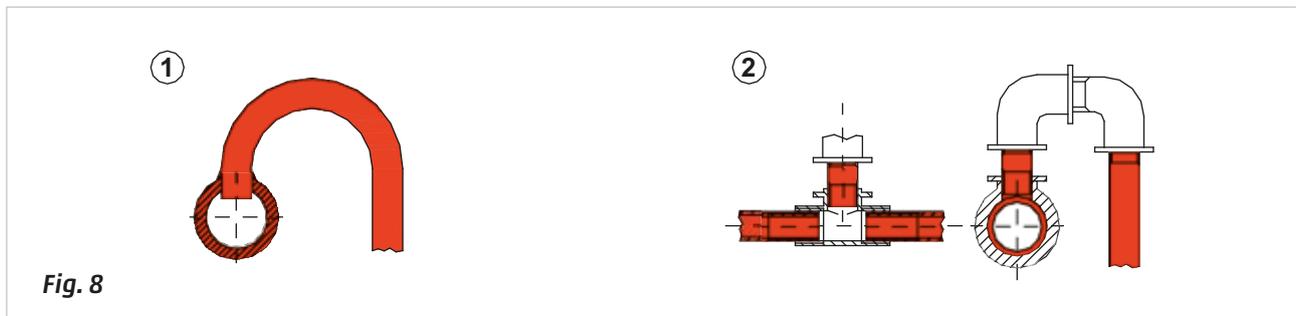
Per consentire alla condensa di scorrere nelle tubazioni è buona norma creare una cadenza di 1 cm ogni 2 metri di tubazione nel verso del flusso d'aria. Questa condensa va raccolta in appositi raccoglitori posizionati a distanza di 40/50 metri. L'uscita dell'A/C è sulla parte superiore del raccoglitore e da qui si riparte applicando la cadenza. A fine linea è necessario un raccoglitore di condensa.

**Fig. 7****Rete secondaria.**

Questa identificazione è relativa al tratto verticale di sezione minore che deriva dalla rete primaria. Al termine di ogni tratto verticale è opportuno collegare un raccoglitore di condensa. Sulle reti secondarie sono ricavati uno o più attacchi per il collegamento degli utilizzatori.

**Figura 8**

**Pos. 1:** la giunzione fra rete principale e secondaria si effettua prelevando l'aria sulla parte superiore del tubo sia nel caso tubi saldati,  
**Pos. 2:** sia con tubi e raccordi di tipo idraulico.

**Fig. 8**

## Calcolo delle tubazioni

Per il dimensionamento del diametro interno di una rete primaria si possono utilizzare due metodi:

**Analitico:** tiene conto delle perdite di carico nei vari rami della rete, è un metodo rigoroso ma lungo.

**Grafico:** è più semplice e pratico del precedente, si utilizza un nomogramma in cui sono rappresentate tutte le grandezze che interessano il dimensionamento. L'asse dei diametri ha una doppia scala, pollici gas e millimetri, per facilitare la lettura diretta del valore:

Come utilizzare il nomogramma:

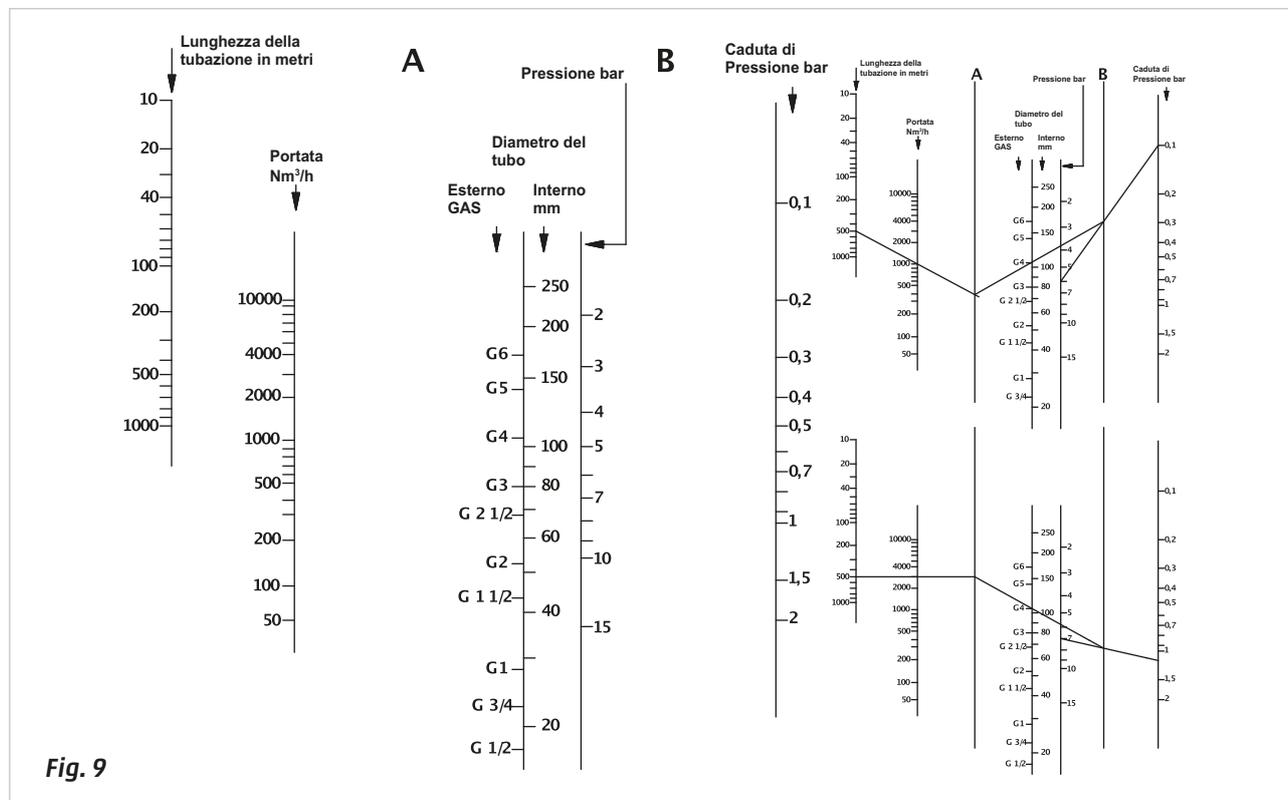


Fig. 9

**Esempio 1:** ricerca del diametro interno di una rete primaria, di un impianto con le seguenti caratteristiche:

lunghezza totale della tubazione	500 m
portata massima	1000 Nm <sup>3</sup> /h
pressione d'esercizio	6 bar
caduta di pressione stabilita $\Delta p$	0,1 bar

Individuare il valore di lunghezza e di portata sui rispettivi assi.  
Unire i punti individuati e prolungare il segmento sino all'asse **A**

Individuare il valore di pressione e il  $\Delta p$ .  
Unire i due punti con un segmento

Unire i punti d'intersezione degli assi **A** e **B**.  
L'incrocio con l'asse "diametro del tubo" determina il valore ricercato.

Con questi parametri il valore corrisponde ad una dimensione **G4**.

**Esempio 2:** ricerca della caduta di pressione nella stessa rete sostituendo il compressore con un altro di portata tripla e con pressione di 7 bar.

Individuare il valore di lunghezza e di portata sui rispettivi assi  
Unire i punti individuati e prolungare il segmento sino all'asse **A**  
Unire questo punto con quello in corrispondenza del diametro **G4** e prolungare il segmento sino all'asse **B**.  
Tracciare un segmento che dal valore di 7 bar passi dall'intersezione dei due assi **A** e **B**, arrivando sull'asse "caduta di pressione".

Con questi parametri il  $\Delta p$  è superiore a 1 bar.

**Nota:** il nomogramma non tiene in considerazione la caduta di pressione dei raccordi, valvole e eventuali curve inserite nella rete primaria di distribuzione.

## Trattamento dell'aria compressa

### Caratteristiche dell'aria

La presenza di pulviscolo, umidità e vapori di olio nell'aria contribuiscono al deposito di incrostazioni che oltre a deteriorare la rete di distribuzione possono creare degli inconvenienti nei componenti.

Le anomalie più frequenti sono:

- Deterioramento degli elementi di tenuta nei componenti pneumatici e conseguente aumento degli attriti.
- Aumento dei costi di manutenzione dei componenti e dell'impianto.
- Aumento del tempo ciclo.
- Maggiore caduta di pressione e diminuzione della resa finale.

Queste impurità, devono essere eliminate dal circuito di A/C, non sono sufficienti le barriere installate all'uscita del compressore, è necessario installare dei gruppi di trattamento aria anche all'ingresso delle singole utenze.

I dispositivi di **filtraggio** devono assicurare una ottimale purificazione dell'aria contenendo al minimo la caduta di pressione.

### Caratteristiche del fluido

Le impurità che si trovano nell'aria possono essere di diversa tipologia e in base al settore applicativo ci sono differenti esigenze di purificazione.

Nel nostro caso consideriamo solo gli elementi inizialmente indicati, non si prendono in esame contaminazioni di origine batteriologica in quanto ci riferiamo a componenti e sistemi di filtrazione utilizzati in settori industriali tradizionali.

La **Norma Internazionale ISO-DIN 8573-1** definisce le caratteristiche del fluido in base a delle classi e per le impurità tradizionali. La classificazione è fatta in base a:

- Numero di **particelle solide** presenti in un  $m^3$  di aria in funzione del loro diametro.
- Temperatura alla quale, a pressione costante, l'A/C comincia a far condensare il **vapore acqueo** in essa contenuta. L'umidità è sempre presente nell'aria sotto forma di vapore acqueo, per poterla rimuovere è necessario abbassare il suo grado di temperatura per mezzo di refrigeratori o essiccatori.
- Concentrazione massima di **olio**.

Nella tabella sono indicati i valori massimi ammissibili per tutti gli elementi in funzione della classe definita.

La qualità dell'aria richiesta da componenti adatti a lavorare in un ambiente minerario non è uguale alla qualità richiesta da componenti progettati per applicazioni nel settore alimentare o farmaceutico.

Esistono sistemi di filtrazione specifici per i vari contaminanti e si possono realizzare dei gruppi composti da più elementi di filtrazione con le diverse caratteristiche.

Classe	Numero max. di particelle per $m^3$ in funzione del diametro		
	$0,1 \mu m < d \leq 0,5 \mu m$	$0,5 \mu m < d \leq 1 \mu m$	$1 \mu m < d \leq 5 \mu m$
1	$\leq 20.000$	$\leq 400$	$\leq 10$
2	$\leq 400.000$	$\leq 6000$	$\leq 100$
3		$\leq 90.000$	$\leq 1000$
4			$\leq 10.000$
5			$\leq 100.000$
Classe	Contenuto di acqua		
	Temperatura di condensazione dell'acqua		
1	$\leq -70^\circ$		
2	$\leq -40^\circ$		
3	$\leq -20^\circ$		
4	$\leq +3^\circ$		
5	$\leq +7^\circ$		
6	$\leq +10^\circ$		
Classe	Concentrazione di olio $mg/m^3$		
1	$\leq 0,01$		
2	$\leq 0,1$		
3	$\leq 1$		
4	$\leq 5$		
5	$\leq 5$		

## Il filtro

Il filtro è il primo elemento facente parte del gruppo di trattamento aria.

### Figura 10

L'A/C in entrata nel filtro è obbligata a passare sul deflettore **A** che le imprime un movimento vorticoso durante il quale le particelle liquide e solide essendo più pesanti, per effetto della forza centrifuga, vanno a urtare contro la parete della tazza **D**.

Queste parti discendono lungo la parete superano lo schermo **C** che serve da separatore fra la zona "turbolenta" e la parte di "deposito" evitandone il rientro in circolo e si depositano sul fondo della tazza **D**. L'A/C attraversa la cartuccia filtrante **B**, che trattiene le impurità più leggere e si dirige verso l'utilizzo.

Le cartucce filtranti si differenziano per il diverso grado di filtrazione espresso in Micron ( $\mu m$ ), che corrisponde alla dimensione massima della particella da intercettare. Se l'elemento filtrante è da  $25 \mu m$ , significa che le particelle solide aventi un diametro maggiore o uguale a  $25 \mu m$  saranno rimosse, se il filtraggio fosse  $5 \mu m$  saranno rimosse le particelle solide aventi un diametro maggiore o uguale a  $5 \mu m$ . La caratteristica della cartuccia filtrante determina l'appartenenza ad una determinata classe della tabella ISO riferita alle parti solide.

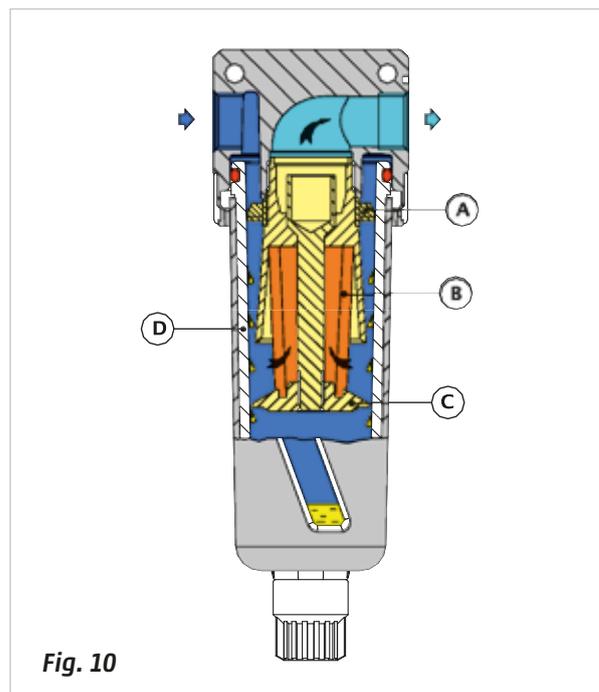


Fig. 10

Le impurità che si sono depositate nella parte inferiore della tazza **D** possono essere eliminatele per mezzo di dispositivi realizzati in diverse tipologie:

### Figura 11

#### Manuale/Semiautomatico

**Manuale:** ruotando e spingendo verso l'alto il dispositivo dello scaricatore è possibile aprire un passaggio dall'interno della tazza verso l'atmosfera. Questa operazione è facilitata dalla presenza di pressione all'interno della tazza.

**Semiautomatico:** lo stesso scaricatore può essere utilizzato in modo semiautomatico, solo al raggiungimento di un valore di pressione ridotto ( $0,4 \div 0,5 \text{ bar}$ ) la molla al suo interno solleva il piattello liberando le impurità presenti. Questo scaricatore interviene solo in mancanza di pressione.

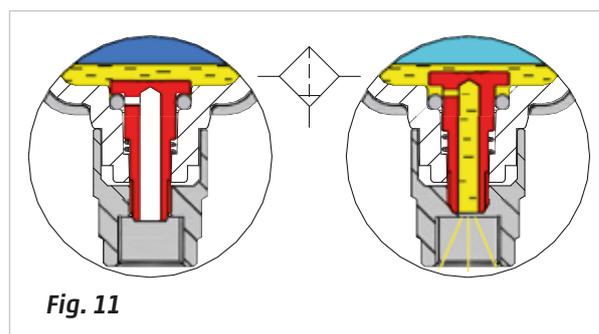


Fig. 11

### Figura 12

#### Automatico a depressione

Questo tipo di scaricatore permette la rimozione delle impurità ogni volta che varia la richiesta di aria a valle dell'impianto. Avendo due superfici diverse, il piattello risente delle variazioni di pressione fra la parte superiore e quella inferiore: ogni volta che c'è una richiesta di aria, la pressione presente sopra il piattello si riduce leggermente consentendogli, per un periodo brevissimo, un movimento verso l'alto tale da consentire l'apertura dello scarico e l'espulsione delle impurità.

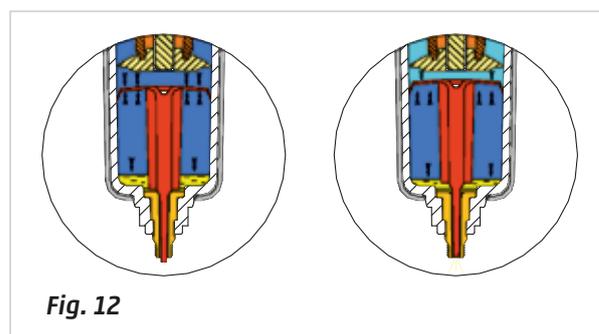


Fig. 12

### Figura 13

La condensa che si deposita sul fondo della tazza solleva un galleggiante che consente l'apertura della valvola di scarico. Abbassandosi il livello del liquido, il galleggiante richiude la valvola di scarico.

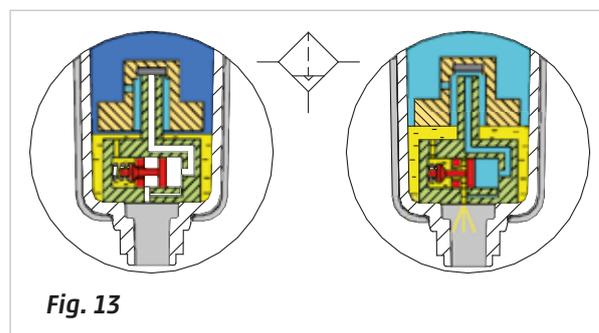


Fig. 13

L'elemento filtrante deve essere periodicamente pulito o sostituito.

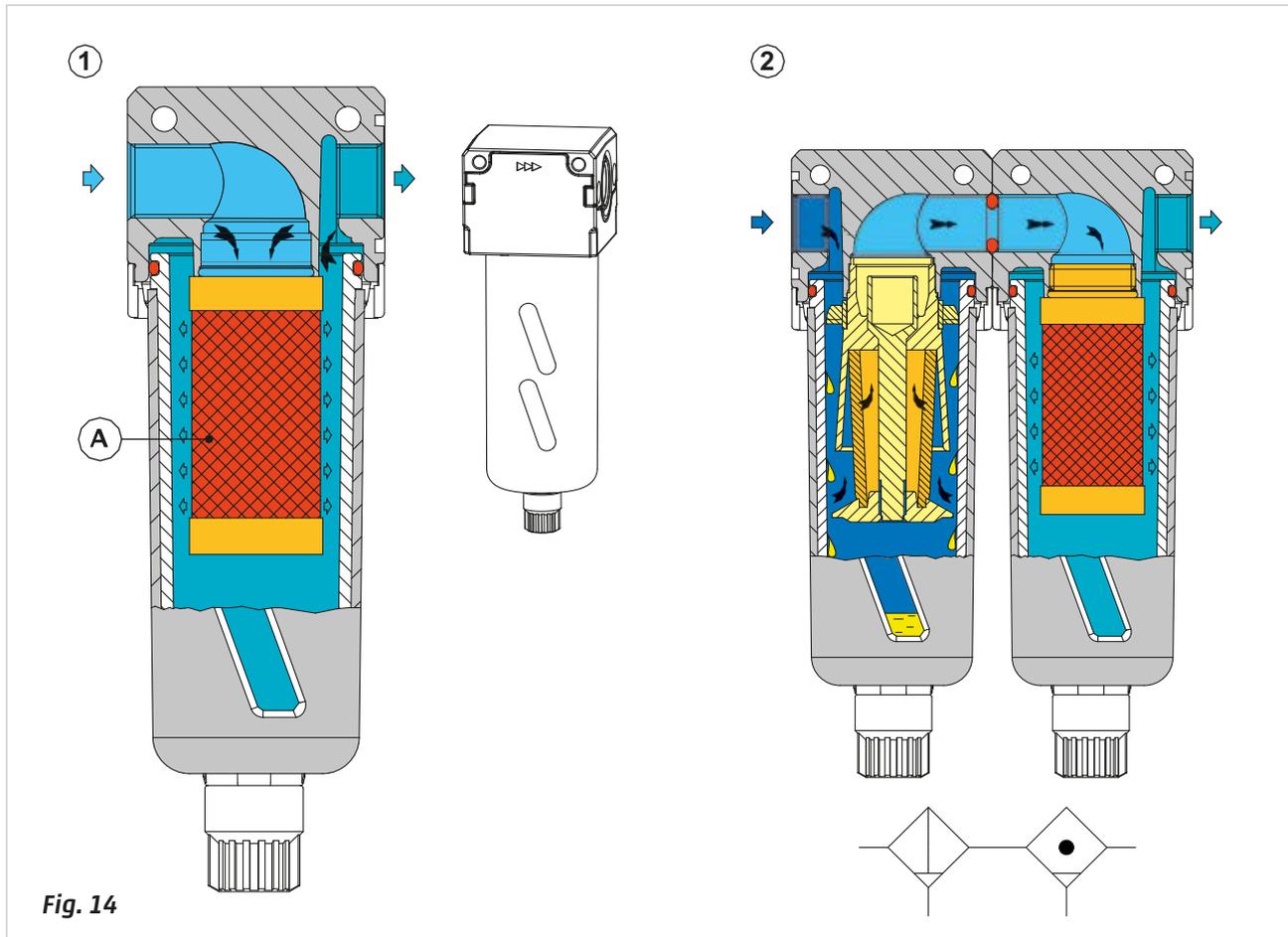
## Il filtro disoleatore

Per avere delle caratteristiche di filtraggio migliori rispetto a quelle offerte dai filtri standard, si possono utilizzare i **filtri disoleatori**. Questi filtri sono indicati per rimuovere i vapori di olio in uscita dal compressore che non sono intercettabili con i sistemi tradizionali. In queste tipologie si ha una differente direzione del flusso ed una diversa tipologia di elemento filtrante.

### Figura 14

**Pos. 1:** l'aria entra direttamente all'interno dell'elemento filtrante che è composto da diversi strati di differenti materiali, la rete metallica esterna trattiene questi strati in presenza di colpi d'ariete determinati dall'arrivo dell'A/C.

**Pos. 2:** per ottenere una buona resa da questi filtri è opportuno montarli a valle di altri elementi filtranti in modo che l'aria subisca un prefiltraggio a stadi sempre più elevati.



I filtri disoleatori hanno delle cartucce con grado di filtrazione che può essere diverso fra i vari costruttori e generalmente varia da  $0,1 \div 0,01 \mu m$ . Più piccole sono le parti da intercettare più piccole sono le sezioni di passaggio dell'A/C, di conseguenza il valore di portata. In considerazione della portata limitata, questi filtri non sono utilizzati per alimentare l'impianto completo della macchina ma solo le parti ritenute più critiche.

## Regolatore di pressione

Il regolatore, o riduttore di pressione, ha lo scopo di ridurre la pressione da un valore in ingresso ad un valore inferiore in uscita, mantenendola il più costante possibile indipendentemente dalla variazione di pressione in rete a monte e dalla richiesta di aria a valle.

### Funzionamento

#### Figura 15

**Pos. 1:** il regolatore è alimentato ma non ha subito nessuna regolazione, la molla **B** non è caricata dal volantino **A**, il disco **C** non agisce sulla membrana **D**.

**Pos. 2:** rappresenta l'istante in cui ha inizio l'intervento manuale di regolazione tramite il volantino **A**, la molla **B** viene compressa ed agendo sul disco **C** abbassa sia la membrana **D** sia l'astina dell'otturatore **H**, si carica la molla **F**.

**Pos. 3:** come conseguenza della posizione precedente si ottiene un passaggio d'A/C proporzionale al carico della molla. La pressione raggiunge il valore desiderato e il sistema torna in equilibrio.

Attraverso il foro **L** la pressione secondaria agisce sulla parte inferiore della membrana equilibrando la spinta della molla **B**. L'otturatore **H** torna verso l'alto per effetto della spinta della molla **F** e chiude il passaggio di aria. Il sistema resta in questa posizione se all'utilizzo non si ha richiesta d'A/C.

**Pos. 4:** la pressione all'utilizzo si abbassa a seguito di una richiesta di A/C, la forza che agisce sotto la membrana **D** si riduce, la molla **B**, il cui carico non è mutato, spinge sia il piattello **C** sia la membrana **D** verso il basso, aprendo il passaggio. Tramite l'otturatore **H** si apre nuovamente il passaggio d'aria verso l'uscita.

**Pos. 5:** a valle del regolatore si ha una sovrappressione che attraverso il foro **L** raggiunge la parte inferiore della membrana **D** sollevandola. L'otturatore **H** per effetto della molla **F** chiude il passaggio verso l'utilizzo, la deformazione della membrana è tale da consentire l'apertura del foro **E** che scarica all'esterno attraverso il foro **M** l'eccesso di pressione. Questa funzione è definita **relieving** ed interviene anche in fase di scarico dell'impianto. La funzione relieving non è presente su impianti idraulici o oleodinamici.

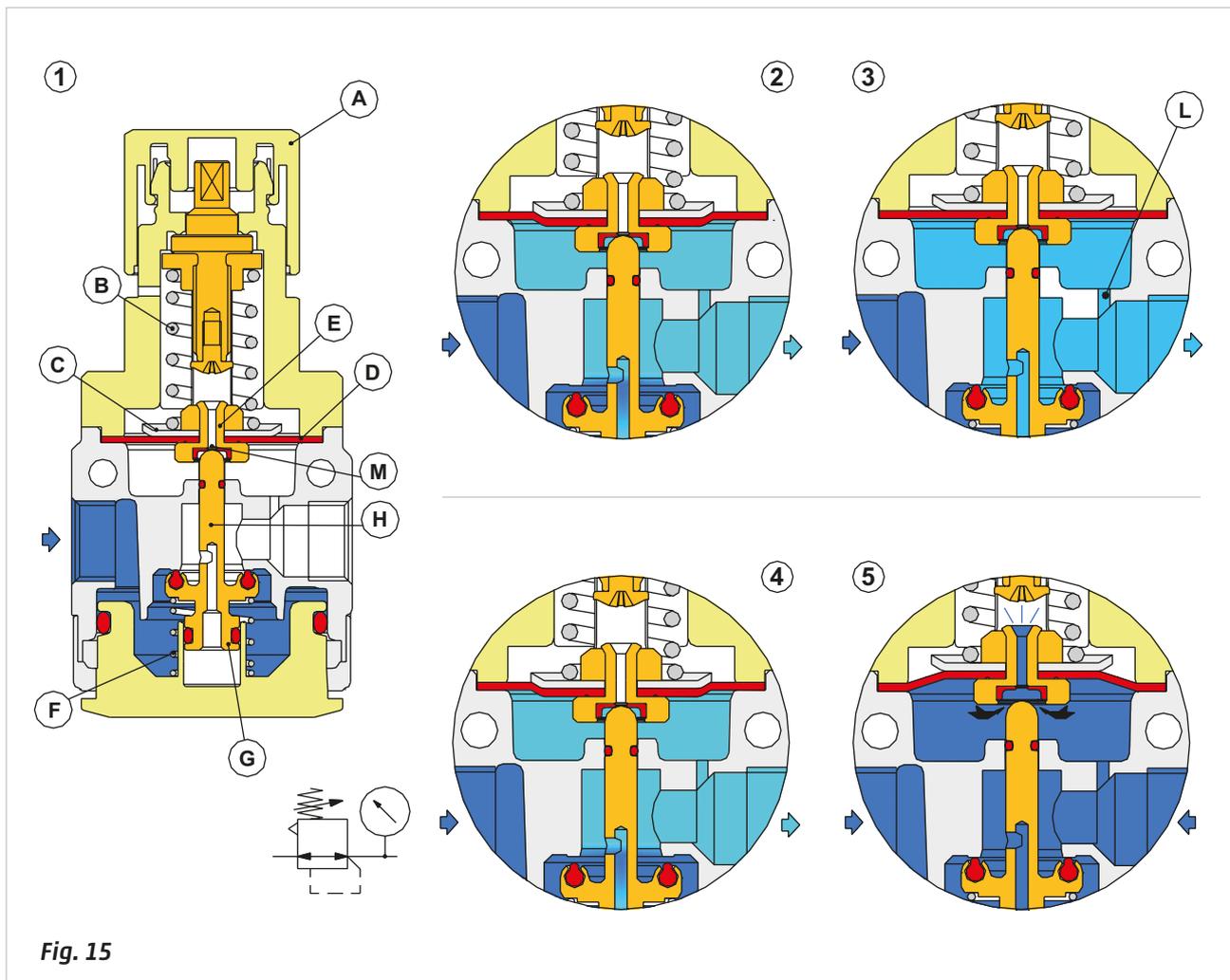


Fig. 15

Per migliorare le caratteristiche di precisione sulla regolazione i regolatori sono disponibili con molle più "morbide" per meglio adattarsi alle diverse pressioni. Il regolatore può essere integrato in un corpo unico con l'elemento filtro.

## Valvola di intercettazione

Le valvole di intercettazione o sezionatrici sono valvole che permettono un montaggio modulare con il gruppo trattamento aria e hanno una caratteristica di portata elevata in quanto devono alimentare l'impianto di distribuzione. Il loro compito è di sezionare la linea di alimentazione e scaricare l'aria presente nell'impianto hanno una funzione 3/2 N.C. e possono avere diverse tipologie di azionamento.

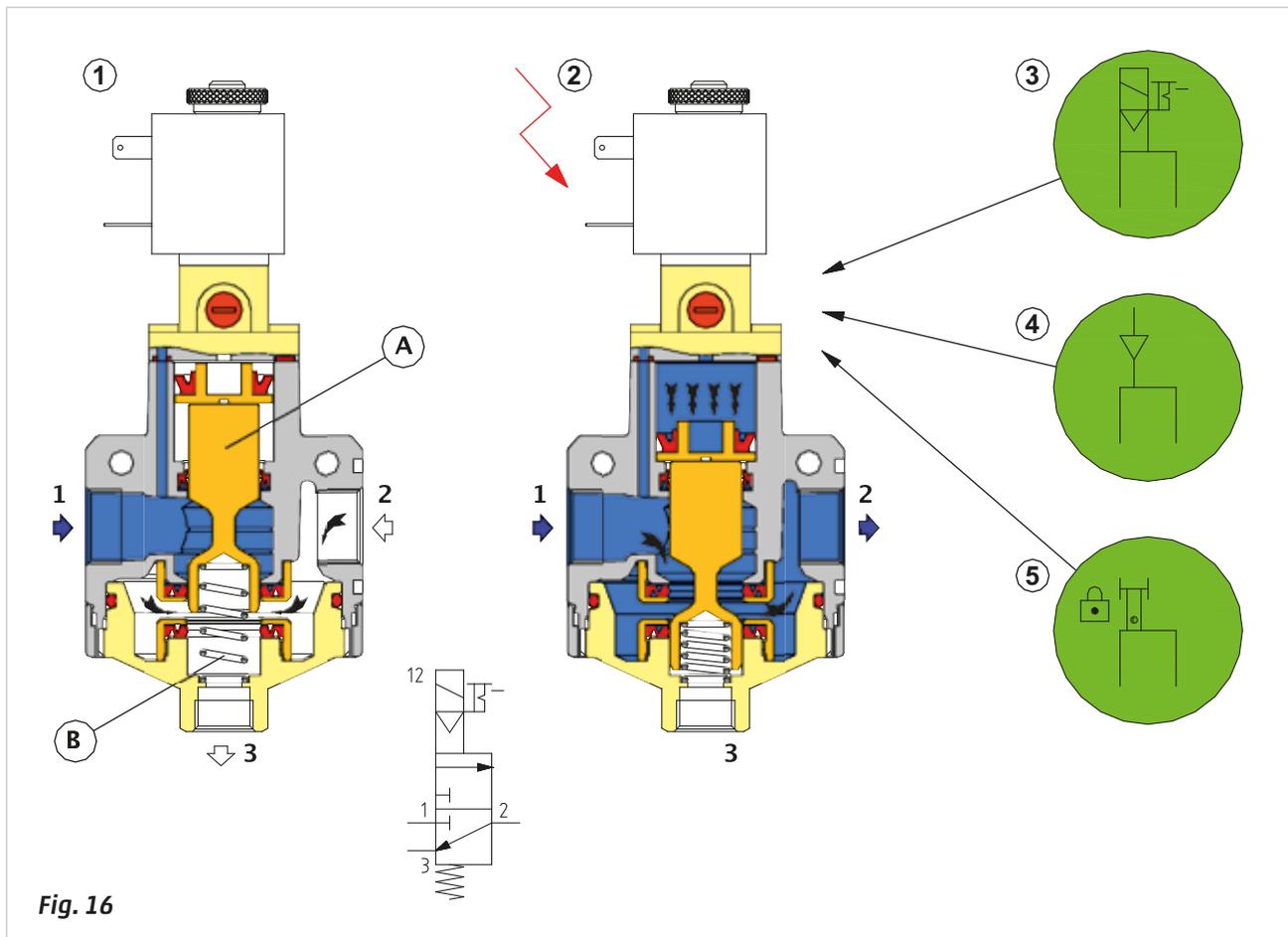
**Figura 16**

**Pos. 1:** in posizione di riposo la molla **B** solleva la spola **A**, l'utilizzo 2 è collegato con lo scarico 3 e l'ingresso 1 è chiuso.  
**Pos. 2:** eccitando il solenoide si ha un passaggio di aria che, agendo sul pistone di comando, sposta la spola **A** consentendo il passaggio dell'A/C dall'ingresso 1 verso l'utilizzo 2, lo scarico 3 si chiude. La molla **B** è compressa, al cessare dell'eccitazione ripositiona la spola nella condizione di riposo.

Queste valvole possono avere diversi tipi di azionamento:

**Figura 16**

**Pos. 3:** elettrico  
**Pos. 4:** pneumatico  
**Pos. 5:** manuale



**Fig. 16**

Nella versione manuale, la valvola è di tipo bistabile e il dispositivo di comando consente l'inserimento di un lucchetto per il blocco della posizione di alimentazione chiusa. Questo consente di mettere in sicurezza l'impianto e gli addetti che vi dovessero intervenire.

In condizioni di riposo l'impianto è normalmente a pressione atmosferica come le camere dei cilindri, con l'attivazione di questa valvola si ha un rapido riempimento dell'impianto che potrebbe portare ad un movimento improvviso e incontrollato del gruppo pistone/stelo all'interno dei cilindri con possibili inconvenienti sulla struttura della macchina o addetti. Per evitare questo fenomeno, si abbinano delle valvole ad avviamento progressivo.

## Avviatore progressivo

Come indicato nel paragrafo relativo alle Valvole d'Intercettazione, a impianto fermo ed in mancanza di pressione, il gruppo pistone/stelo all'interno delle camere dei cilindri potrebbe trovarsi in una posizione diversa da quella di fine ciclo. Questo potrebbe verificarsi a causa della posizione di montaggio, ad esempio in posizione verticale o per l'azione di qualche addetto. Con la pressurizzazione dell'impianto, il flusso d'aria riempie in modo immediato le camere dei cilindri e genera un movimento improvviso e non controllato del gruppo pistone/stelo. Questo movimento non è controllato in quanto, la camera opposta a quella di movimento, si trova a pressione atmosferica e non offre nessuna possibilità di regolazione della velocità, situazione che potrebbe provocare danni non solo strutturali.

Un rimedio è l'utilizzo di valvole ad **avviamento progressivo**.

### Figura 17

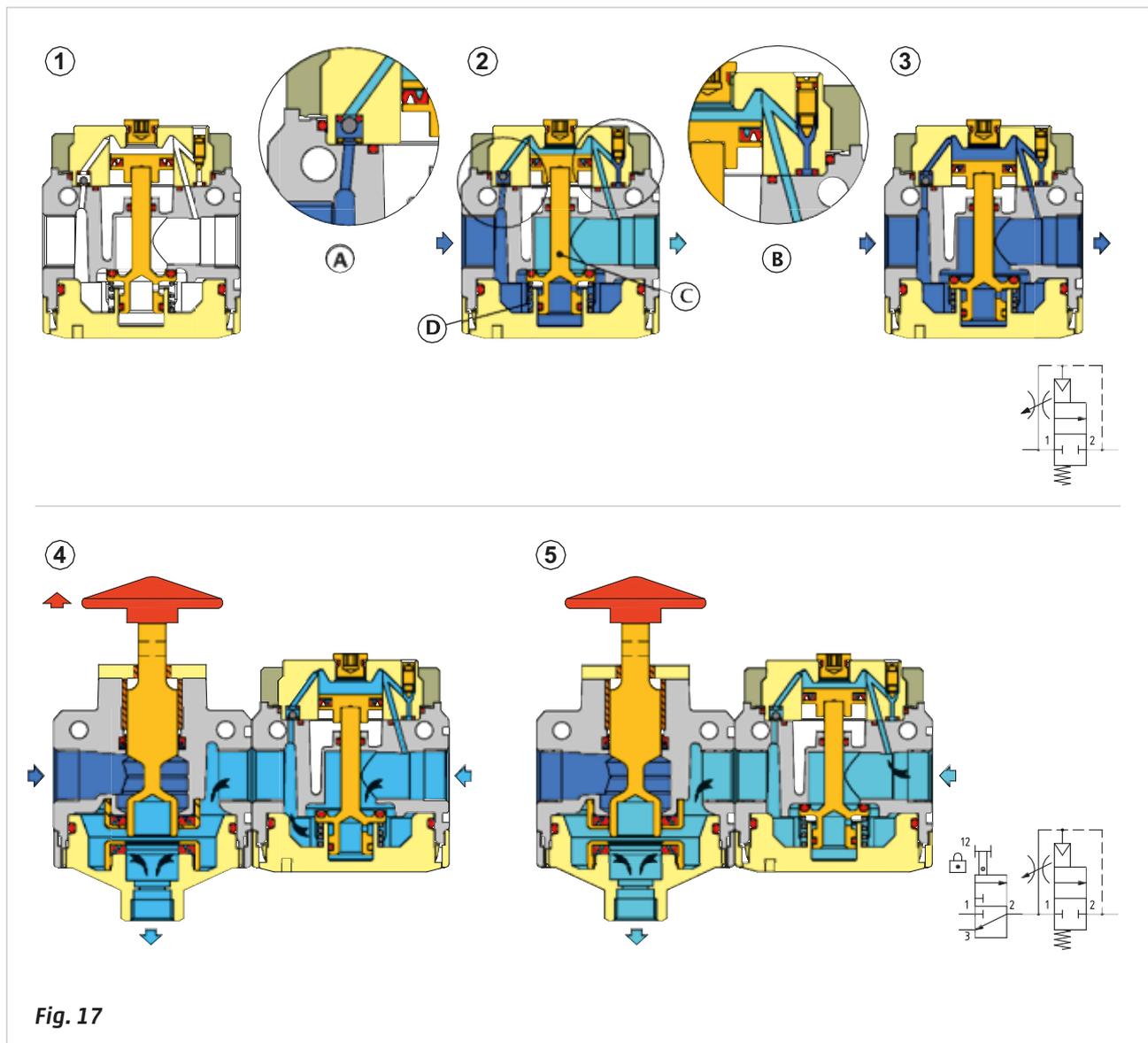
**Pos. 1:** l'avviatore progressivo non è alimentato.

**Pos. 2:** a seguito dell'azionamento della valvola d'intercettazione, la pressione giunge all'ingresso dell'avviatore progressivo, l'otturatore **C** resta in posizione in quanto spinto verso l'alto dalla pressione e dalla forza della molla **D**. La sfera (ingrandimento **A**) si solleva chiudendo il passaggio. Tramite la corona circolare dove è alloggiata la sfera con funzione di valvola unidirezionale, l'A/C arriva sotto la vite di regolazione (ingrandimento **B**) che parzializza il flusso diretto all'impianto.

**Pos. 3:** grazie all'ingresso graduale della pressione, la velocità di movimento del gruppo pistone/stelo all'interno dei cilindri risulta limitata in funzione dell'apertura della vite di regolazione. Terminato il movimento, il valore della pressione tende a crescere fino a vincere la resistenza della molla **D**, l'otturatore **C** si abbassa consentendo l'ingresso con la portata massima.

**Pos. 4:** al cessare dell'alimentazione, l'impianto si scarica con portata piena attraverso la valvola di intercettazione in quanto l'otturatore **C** è ancora abbassato.

**Pos. 5:** il valore della pressione a valle scende, la molla **D** riposiziona l'otturatore **C** che chiude il passaggio pieno. Il flusso di A/C attraversa la valvola unidirezionale nella direzione opposta alla precedente, l'impianto si scarica completamente.



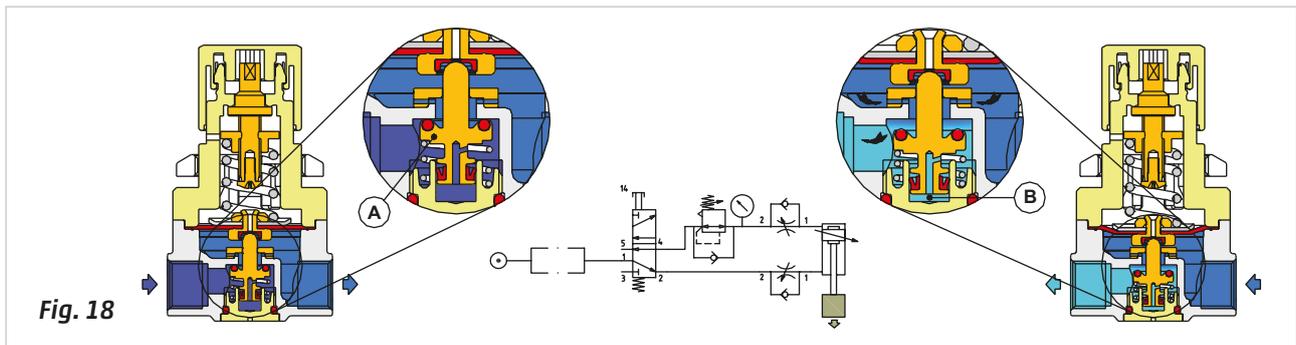
## Regolatore di pressione senza compensazione

Nei paragrafi precedenti abbiamo osservato il funzionamento del regolatore di pressione tradizionale. Utilizzare sempre la stessa pressione per tutte le fasi lavoro degli attuatori implica un dispendio di energia elettrica da parte del compressore. Nei paragrafi successivi dimostreremo che una pressione elevata non contribuisce a migliorare la velocità di traslazione del gruppo stelo/pistone nei cilindri di conseguenza differenziare la pressione negli attuatori fra la fase di lavoro e quella di riposizionamento oltre a non variare il tempo ciclo contribuisce a ridurre lo spreco d'energia. Dovendo sollevare un carico, si ha la necessità di una pressione adatta a svolgere questo lavoro, ma la stessa pressione rischia di diventare nociva nella fase di discesa dove alla forza del pistone si somma il valore del carico. La sola forza di gravità è sufficiente a portare il carico nella posizione iniziale.

In un altro caso si può avere la necessità di spingere o serrare un oggetto, quindi una pressione elevata che in fase di riposizionamento o rilascio è inutile. Alcune tipologie di Isole di Elettrovalvole consentono di avere due linee distinte di alimentazione in modo da differenziare le pressioni fra la fase di lavoro e quella di riposizionamento. Negli altri casi si possono impiegare dei regolatori di pressione senza compensazione applicabili fra valvola di comando e cilindro. Un regolatore tradizionale potrebbe non essere la migliore soluzione infatti analizzandone il sezionato nel paragrafo **Regolatore di pressione** è visibile una camera di compensazione sotto l'otturatore **A**, comunicante con l'uscita del regolatore tramite un piccolo foro sull'otturatore stesso. Questa camera consente una "risposta" migliore nel caso di applicazioni tradizionali dove il flusso ha una direzione, ma non è l'ideale per applicazioni dove il regolatore è interposto fra valvola e cilindro.

**Figura 18**

Nel regolatore senza compensazione, l'otturatore **A** è diverso, in corrispondenza della camera di compensazione **B** utilizza una guarnizione e labbro ed è stato eliminato il foro. Togliendo la pressione di alimentazione, come nell'applicazione di montaggio a valle di una valvola, l'aria da scaricare agisce sulla guarnizione a labbro favorendone il movimento verso il basso e quindi l'apertura del passaggio verso lo scarico, in questo modo si ha una portata maggiore rispetto al sistema tradizionale. Il simbolo rappresentativo di tale funzione è un regolatore standard con una valvola di non ritorno.

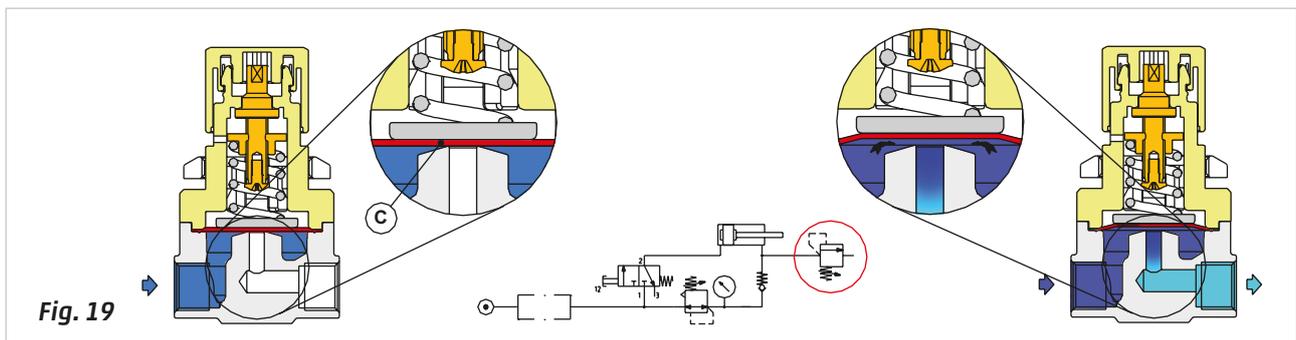


### Valvola di massima

In alcune applicazioni si può avere la necessità di mantenere costante la pressione in un volume, ad esempio la camera di un cilindro che deve essere costantemente pressurizzata ad un valore definito. In caso di un aumento della pressione, la quantità d'aria in eccesso deve scaricarsi in atmosfera. Con volumi piccoli ad es. un cilindro con ridotte dimensioni si può impiegare un regolatore di pressione dotato di relieving, quando il volume di aria da scaricare è elevato la caratteristica di portata del relieving potrebbe essere insufficiente.

**Figura 19**

Questa valvola definita: Valvola di Massima ha la forma di un regolatore di pressione, si monta con l'uscita libera verso l'ambiente e consente di scaricare in atmosfera la sovrappressione che si ha nel volume da controllare. Nell'esempio si ha un cilindro con lo stelo represso tramite molla pneumatica realizzata da un regolatore di pressione. L'uscita del regolatore attraversa una valvola di non ritorno (che ne impedisce il flusso nella direzione opposta) ed ha in derivazione una valvola di massima. La valvola di massima è regolata ad un valore di pressione leggermente superiore a quella del regolatore in modo che l'apertura avvenga solo in presenza di una sovrappressione. Azionando il pulsante lo stelo fuoriesce contrastato dalla molla pneumatica, la pressione lato stelo tende ad aumentare ma è tenuta costante attraverso lo scarico della valvola di massima.



## Trattamento dell'aria compressa: il lubrificatore

Tutti i componenti pneumatici sono lubrificati in fase costruttiva con grassi particolarmente "adesivi" che ne consentono l'impiego in assenza di lubrificazione esterna. In alcune situazioni, ad esempio con alte velocità di traslazione o con frequenze di movimento elevate potrebbe essere utilizzata una lubrificazione ulteriore.

Quando la si utilizza è opportuno considerare che:

- Se questa è presente non può essere interrotta. Gli oli hanno un effetto detergente e rimuovono i grassi lubrificanti utilizzati in fase di costruzione del componente.
- Per essere certi della compatibilità con le guarnizioni, si deve utilizzare un olio di lubrificazione con le caratteristiche fornite dal costruttore del componente.
- Non bisogna eccedere con il dosaggio, la quantità corretta generalmente varia da 1 a 5 gocce ogni 1000 litri d'aria.

Il **lubrificatore a nebbia** è quel componente che dosa e nebulizza l'olio in modo da sfruttare l'aria come mezzo di trasporto lungo la linea.

### Figura 20

**Pos. 1:** l'aria entrando nel lubrificatore passa sia attraverso il restringimento **A** sia sulla parte esterna ad esso.

La pressione in ingresso entra nella tazza **C** contenente l'olio e agendo sulla sua superficie, lo fa risalire nel tubo condotto sino alla cupola nella Pos. 2.

**Pos. 2:** la vite a spillo **D**, permette la regolazione della quantità di olio che cade sopra il restringimento.

**Pos. 3:** una parte dell'A/C attraversando il restringimento aumenta di velocità generando l'effetto **Venturi** che le consente di aspirare l'olio precedentemente dosato. Quando l'olio entra nel restringimento per effetto dell'impatto con il flusso dell'aria ad alta velocità si nebulizza, questo gli consente di essere trasportato lungo le tubazioni.

La distanza che percorre l'olio nebulizzato dipende dalla quantità di aria richiesta a valle e dalla conformazione delle tubazioni. Sono da evitare raccordi a gomito, collettori di distribuzione e tutti quegli elementi che possano creare una barriera al flusso dell'aria e l'addensamento dell'olio nebulizzato.

**Pos. 4 e 5:** il tappo **C** agisce sulla valvola di Pos. 5 che essendo aperta consente la pressurizzazione della tazza di contenimento dell'olio. Rimuovendo il tappo **C** con l'impianto in funzione, la valvola chiude l'ingresso dell'aria e la pressione presente nella tazza è libera di scaricarsi in atmosfera. In queste condizioni e **con aria nell'impianto**, è possibile rimuovere la tazza del lubrificatore e provvedere al rabbocco d'olio. Riposizionando il tappo **C** e la tazza il circuito si rimette in pressione con conseguente ripartenza della lubrificazione.

**Pos. 6:** la sfera indicata nell'ingrandimento impedisce all'olio di rientrare nella tazza ogni volta che si interrompe la richiesta d'aria; la quantità di olio rimasta sopra la sfera e nella tubazione resta disponibile per essere immediatamente utilizzata con la nuova richiesta di aria.

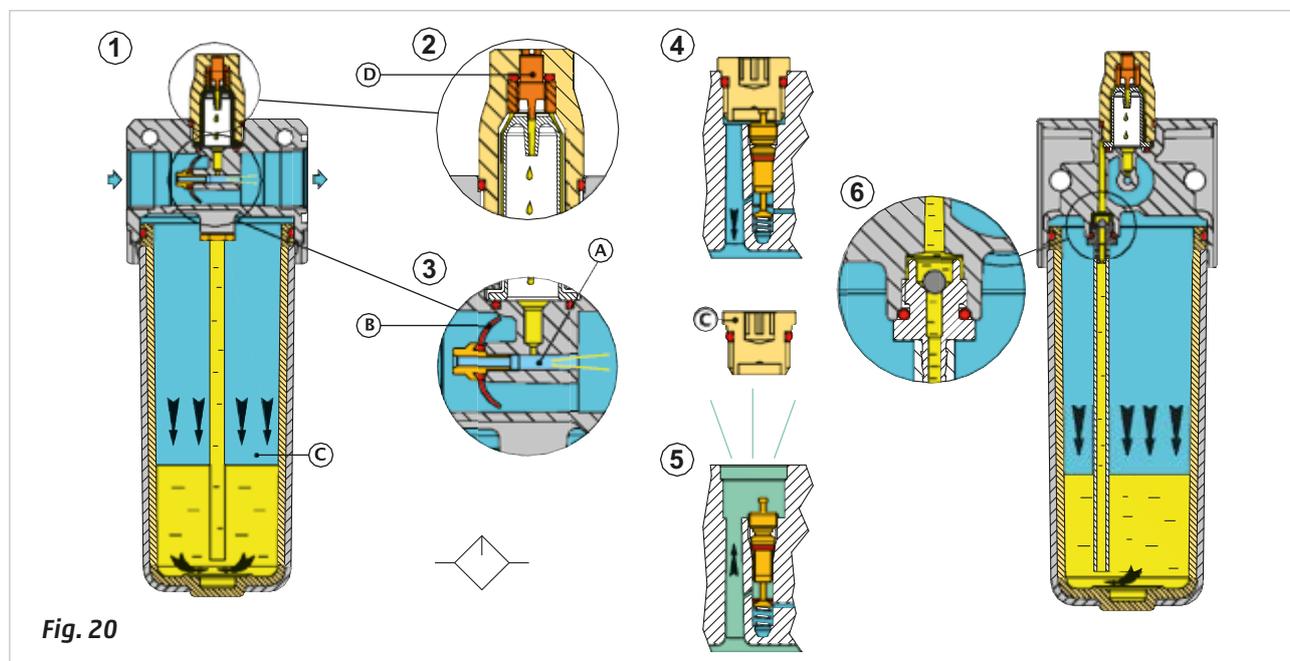


Fig. 20

Una controindicazione della lubrificazione è che l'olio immesso attraverso gli scarichi delle valvole torna in atmosfera e può contaminare il prodotto in lavorazione o produzione (generi alimentari o farmaceutici) ma anche disperdersi nell'ambiente di lavoro con possibilità di inspirazione da parte degli operatori.

È preferibile non eccedere con la quantità di olio durante la lubrificazione e convogliare gli scarichi delle valvole in appositi filtri/disoleatori.

Nel caso non fossero date indicazioni sul tipo di olio, utilizzare oli per impianti di lubrificazione che generalmente rientrano nella classe ISO VG 32. La moderna tecnologia tende comunque a limitare l'impiego dell'olio realizzando componenti utilizzabili con aria non lubrificata.



## CAPITOLO 3

# I CILINDRI

- 54 Principio di funzionamento di un cilindro
- 56 Definizioni tipiche
- 57 Andamento della pressione nelle camere positiva e negativa di un cilindro a doppio effetto
- 58 Forze sviluppate da un cilindro
- 59 Caratteristiche costruttive
- 60 Dimensionamento di un cilindro in funzione del carico applicato
- 62 Ammortizzamento del movimento in un cilindro a doppio effetto
- 63 Fase di spunto di un cilindro a doppio effetto
- 64 Ancoraggi del corpo
- 65 Collegamento dello stelo
- 66 Sollecitazioni dello stelo al carico di punta
- 68 Come modificare le prestazioni dei cilindri: la leva
- 71 Dispositivi per modificare le prestazioni dei cilindri:
  - la manovella
  - i ruotismi
  - il cuneo
- 77 Cilindri rotanti
- 79 Cilindri magnetici
- 80 Cilindri in altre esecuzioni
- 82 Consumo d'aria libera in un cilindro
- 84 Richiesta di aria in un cilindro pneumatico
- 85 Freno idraulico
- 86 Moltiplicatore di pressione

## Principio di funzionamento di un cilindro

Il cilindro pneumatico è un "motore", cioè un mezzo capace di generare una Forza a spese di un'energia naturale; esso infatti utilizza l'Aria Compressa (A/C) come propellente.

### Figura 1

Il principio di funzionamento è opposto a quello della pompa da bicicletta, dove è la Forza muscolare dell'uomo ad agire sul pistone per immettere aria all'interno del pneumatico. Nel cilindro, invece, è la pressione dell'A/C che agendo sulla superficie del pistone, genera una forza che lo mette in movimento, a condizione che l'aria contenuta nella camera opposta possa scaricarsi.

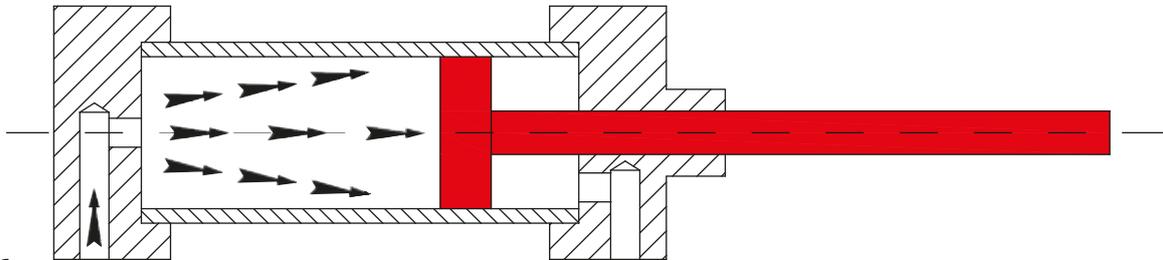


Fig. 1

Affinché la pressione dell'aria possa essere interamente disponibile sulla superficie del pistone, questo deve assicurare una buona tenuta, ossia evitare che l'A/C passi nella camera opposta, altrimenti si riduce la Forza dell'attuatore.

### Figura 2

**Pos. 1 e 2:** la superficie posteriore del pistone  $P_1$  chiude il foro d'ingresso dell'aria. La superficie posteriore del pistone  $P_2$  e il foro sono separati da un anello. A parità di dimensioni generali del cilindro la resa migliore per la fase di partenza del cilindro la si ottiene con l'esempio nella Pos. 2. La superficie su cui agisce l'A/C è molto maggiore rispetto quella nella Pos. 1.

Per il principio di **Pascal**, i pistoni  $P_1$  e  $P_2$  sono sollecitati da una Forza di spinta:

$$F = p * S$$

$$S = \frac{\pi * D^2}{4}$$

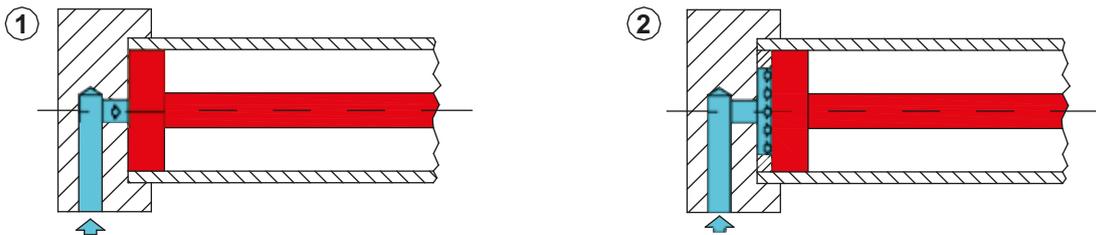


Fig. 2

### Figura 3

**Pos. 3 e 4:** a parità di pressione, tra  $S$  e  $F$  esiste una proporzionalità quadratica: con diametro doppio la Forza di spinta quadruplica, con diametro triplo la forza aumenta di nove volte e così via.

Dati due pistoni  $P_3$  con diametro  $D_3 = 20 \text{ cm}$  e  $P_4$  con diametro  $D_4 = 10 \text{ cm}$  ed una pressione di alimentazione  $p = 5 \text{ bar}$ , ( $1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2$ ) calcoliamo le forze di spinta  $F_3$  ed  $F_4$ :

$$S_3 = \frac{\pi * D_3^2}{4}$$

$$S_3 = \frac{3,14 * 20^2}{4} = \mathbf{314 \text{ cm}^2}$$

$$S_4 = \frac{\pi * D_4^2}{4}$$

$$S_4 = \frac{3,14 * 10^2}{4} = \mathbf{78,5 \text{ cm}^2}$$

$$F_3 = p * S^3$$

$$F_3 = 50 \text{ [N/cm}^2] * 314 \text{ [cm}^2]$$

$$F_3 = \mathbf{15700 \text{ N}}$$

$$F_4 = p * S^4$$

$$F_4 = 50 \text{ [N/cm}^2] * 78,5 \text{ [cm}^2]$$

$$F_4 = \mathbf{3925 \text{ N}}$$

Dai risultati risulta chiaramente che un diametro doppio ( $D_3$  è il doppio di  $D_4$ ) permette una spinta quadrupla ( $F_3$  è quattro volte  $F_4$ ) fra diametro e Forza esiste una proporzionalità quadratica.

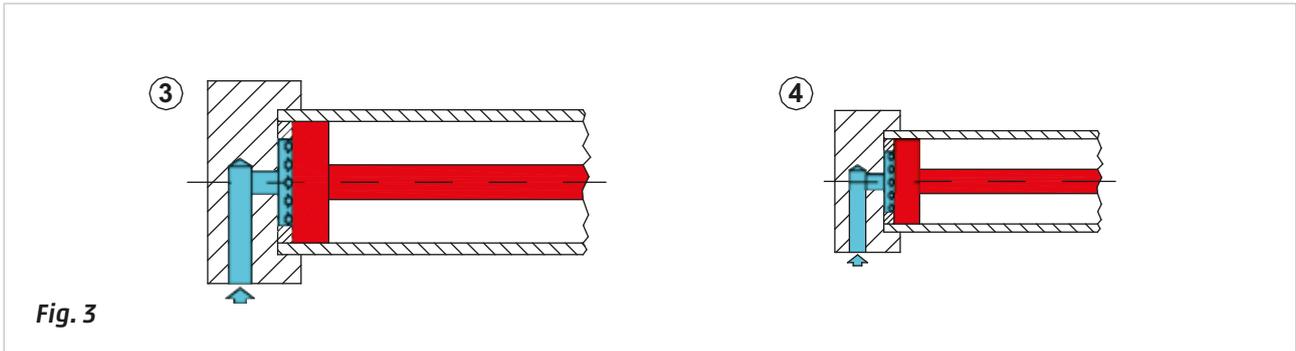


Fig. 3

**Figura 4**

**Pos. 5 e 6:** a parità di superficie, con l'aumentare del valore di pressione  $p$  si ha un incremento della Forza  $F$ . In questo esempio, i pistoni  $P_5$  e  $P_6$  hanno uguale diametro  $D = 20 \text{ cm}^2$ , ma sono alimentati da pressioni diverse  $p_5 = 10 \text{ bar}$  e  $p_6 = 5 \text{ bar}$ . Calcoliamo le Forze di spinta  $F_5$  ed  $F_6$ .

$$S = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$S = \frac{3,14 * 20^2}{4} = 314 \text{ cm}^2$$

$$F_5 = p_5 * S$$

$$F_5 = 100 \text{ [N/cm}^2\text{]} * 314 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$F_5 = 31400 \text{ N}$$

$$F_6 = p_6 * S$$

$$F_6 = 50 \text{ [N/cm}^2\text{]} * 314 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$F_6 = 15700 \text{ N}$$

In questo caso, abbiamo verificato che a pressione doppia,  $p_5$  è il doppio di  $p_6$ , la Forza è doppia,  $F_5$  è il doppio di  $F_6$ , cioè pressione e Forza sono direttamente proporzionali.

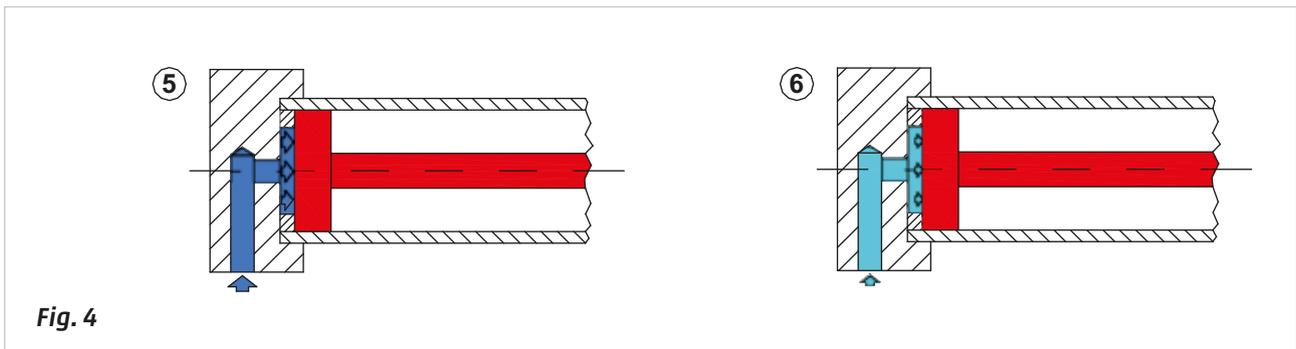


Fig. 4

## Definizioni tipiche

Figura 5

- **Tubo (Profilo o Camicia):** è la parte racchiusa fra le due testate all'interno della quale scorre il gruppo stelo/pistone; il suo diametro interno, o alesaggio, è l'elemento determinante per la scelta del cilindro.
- **Pistone:** è l'organo mobile dotato di dispositivi che garantiscano la tenuta; in alcuni casi integra un anello magnetico per il rilevamento della sua posizione. Il suo movimento è lineare.
- **Stelo:** è l'albero metallico collegato al pistone che ha lo scopo di trasmetterne all'esterno il movimento.
- **Testata anteriore e posteriore:** assicurano la tenuta meccanica e pneumatica con il tubo o profilo, consentono le connessioni d'ingresso e scarico dell'aria. Possono integrare le vite di regolazione dell'ammortizzo di fine corsa e le sedi per il montaggio degli elementi di fissaggio del cilindro. Quella anteriore integra la boccola di guida per lo scorrimento dello stelo.
- **Spazio nocivo:** è lo spazio che rimane fra una testata ed il pistone quando questo si trova in fine corsa.
- **Camera positiva:** è lo spazio compreso fra il pistone e la testata posteriore. Il suo volume varia dal valore minimo dello spazio nocivo al valore massimo determinato dalla corsa del pistone.
- **Camera negativa:** è lo spazio compreso fra il pistone e la testata anteriore. Il suo volume varia dal valore minimo dello spazio nocivo al valore massimo determinato dalla corsa del pistone.
- **Camera attiva:** è la camera in pressione.
- **Camera passiva:** è la camera in scarico.
- **Corsa positiva:** è il senso del movimento del gruppo stelo/pistone in uscita dal corpo cilindro.
- **Corsa negativa:** è il senso del movimento del gruppo stelo/pistone in rientro nel corpo cilindro.
- **Sezione utile di spinta:** è la superficie su cui l'aria esercita la sua pressione nella camera positiva. Corrisponde alla sezione interna del tubo.
- **Sezione utile di tiro:** è la superficie su cui l'aria esercita la sua pressione nella camera negativa. È minore di quella di spinta per la presenza dello stelo.
- **Cilindro a Semplice Effetto:** è realizzato in modo che il rientro del gruppo stelo/pistone avvenga tramite una molla interna. L'A/C agisce su una sola superficie del pistone, sull'altra si ha la molla e l'azione della pressione atmosferica.
- **Cilindro a Doppio Effetto:** è realizzato in modo che la pressione agisca alternativamente sulle due superfici del pistone. Si ottengono così due direzioni di moto con la possibilità di sfruttare in entrambi i sensi di marcia la forza del cilindro.

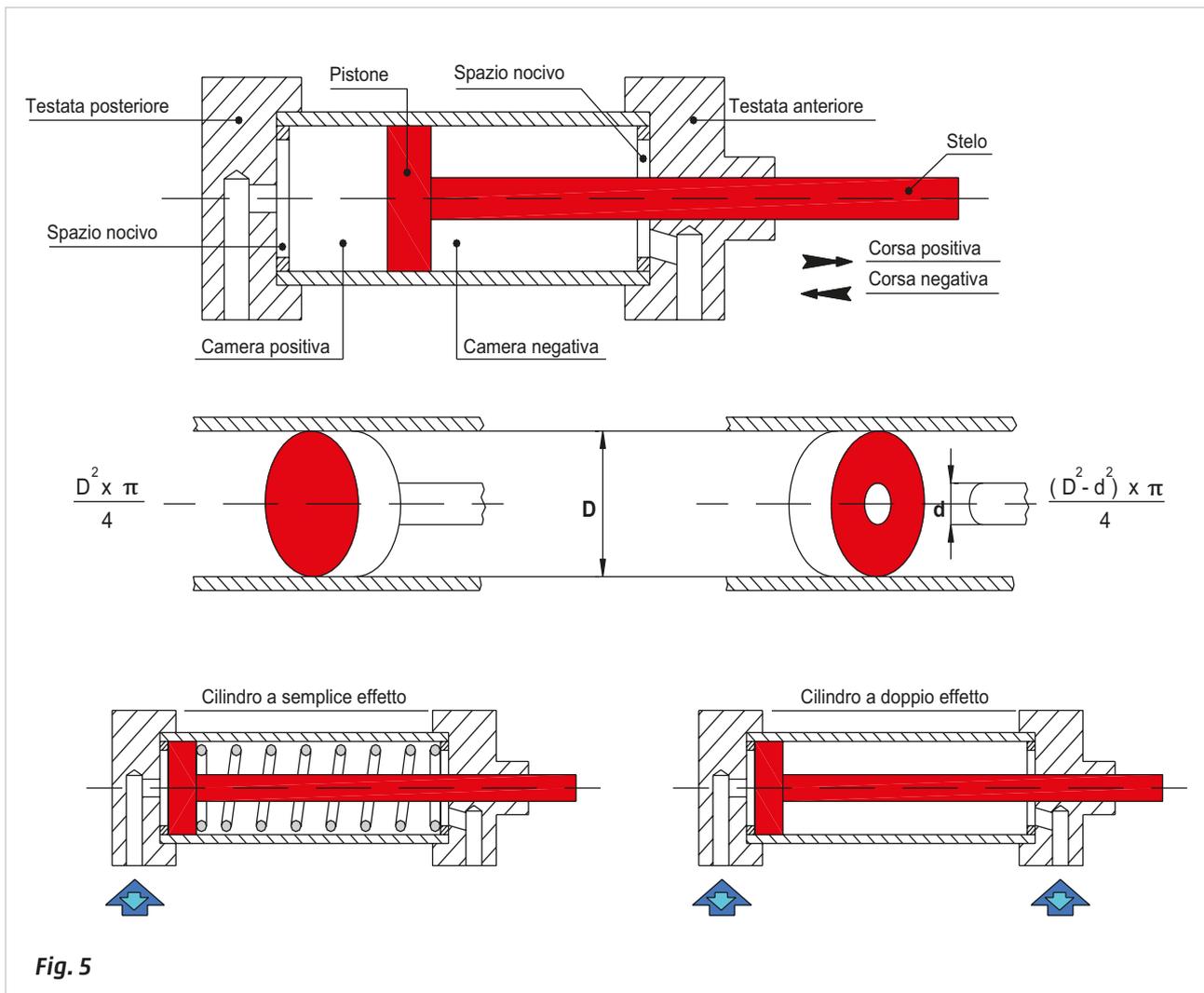


Fig. 5

## Andamento della pressione nelle camere positiva e negativa di un cilindro a doppio effetto

In un cilindro a DE, con le due camere comunicanti con l'atmosfera, il gruppo stelo/pistone è libero di muoversi per tutta la lunghezza della corsa (e nei due sensi) senza incontrare particolare resistenza.

Posizioniamo il gruppo stelo/pistone contro la testata posteriore, chiudiamo a tenuta la connessione sulla testata anteriore ed esercitiamo a mano la corsa positiva. Ci accorgiamo che dobbiamo esercitare una forza d'intensità sempre maggiore per vincere la contropinta che si crea nella camera negativa a seguito della riduzione del volume d'aria ed il conseguente aumento di pressione. Questo volume, non potendosi scaricare, fa da ostacolo elastico ed impedisce al pistone di raggiungere la testata anteriore. Rilasciandolo ritorna quasi al punto di partenza.

Continuando con l'operazione, ci accorgiamo di dover tirare lo stelo con forza sempre maggiore, a causa del costante diminuire del volume d'aria nella camera negativa e il conseguente aumento di pressione.

Ripetendo l'operazione e mettendo in comunicazione la camera negativa con l'esterno tramite un piccolo foro, troveremo durante in nostro movimento una resistenza proporzionale al diametro del foro. A parità di forza applicata, minore è il diametro del foro, minore è la velocità ottenibile.

L'A/C nella camera anteriore svolge la funzione di "frenatura": se non ci fosse, farebbe assumere al gruppo stelo/pistone una velocità incontrollata con probabili danni alla struttura o all'attrezzatura della macchina.

Da quanto detto possiamo dedurre che:

- la camera positiva e quella negativa sono pneumaticamente indipendenti;
- la camera opposta al senso di movimento del pistone deve essere in scarico.

Con il diagramma a fondo pagina, osserviamo l'andamento della pressione nelle camere di un cilindro a DE durante la corsa.

### Figura 6

#### Fase 1: Pistone fermo contro la testata posteriore

- Camera positiva: è a pressione atmosferica, il manometro dà indicazione zero.
- Camera negativa: c'è presenza di pressione al suo interno, il manometro dà l'indicazione del valore di questa pressione. Immettiamo A/C nella camera positiva e contemporaneamente scarichiamo quella negativa.

#### Fase 2: Pressurizzazione/Scarico

- Pressurizzazione camera positiva: considerando il ridotto volume, la pressione sale sino a raggiungere nel punto **A** il valore della pressione di alimentazione, il cilindro deve ancora iniziare il suo movimento.
- Scarico camera negativa: il volume di aria contenuta si libera in atmosfera e con il trascorrere del tempo questo valore scende in modo graduale. Questa condizione è identica a quella che si verificherebbe nella fase di svuotamento di un serbatoio.

#### Fase 3: Movimento del pistone

Quando il valore della forza di spinta  $F_s$  è maggiore del valore della Forza di tiro  $F_t$  e al carico da movimentare ( $F_s > F_t + \text{carico}$ ) il gruppo stelo/pistone inizia il suo movimento. Osserviamo cosa avviene nelle camere:

- Camera positiva: a seguito del movimento del gruppo stelo/pistone ed in funzione della sua velocità si ha un abbassamento della pressione di alimentazione. Questa situazione è presente sino al termine della corsa.
- Camera negativa: la curva relativa all'andamento della pressione si interrompe nel punto **B** in quanto il gruppo stelo/pistone, vince le resistenze dovute al carico ed inizia il movimento.

Le due pressioni in alimentazione e scarico restano costanti fino al punto **C** che corrisponde al termine del movimento.

#### Fase 4: Stabilizzazione pressione

Terminata la corsa, il cilindro non ha più bisogno di aria, punto **D**.

- Camera positiva: la pressione raggiunge il valore che aveva in fase iniziale (punto **A**).
- Camera negativa: la pressione nello spazio nocivo e nelle tubazioni di collegamento continua a scaricarsi sino al raggiungimento della pressione atmosferica.

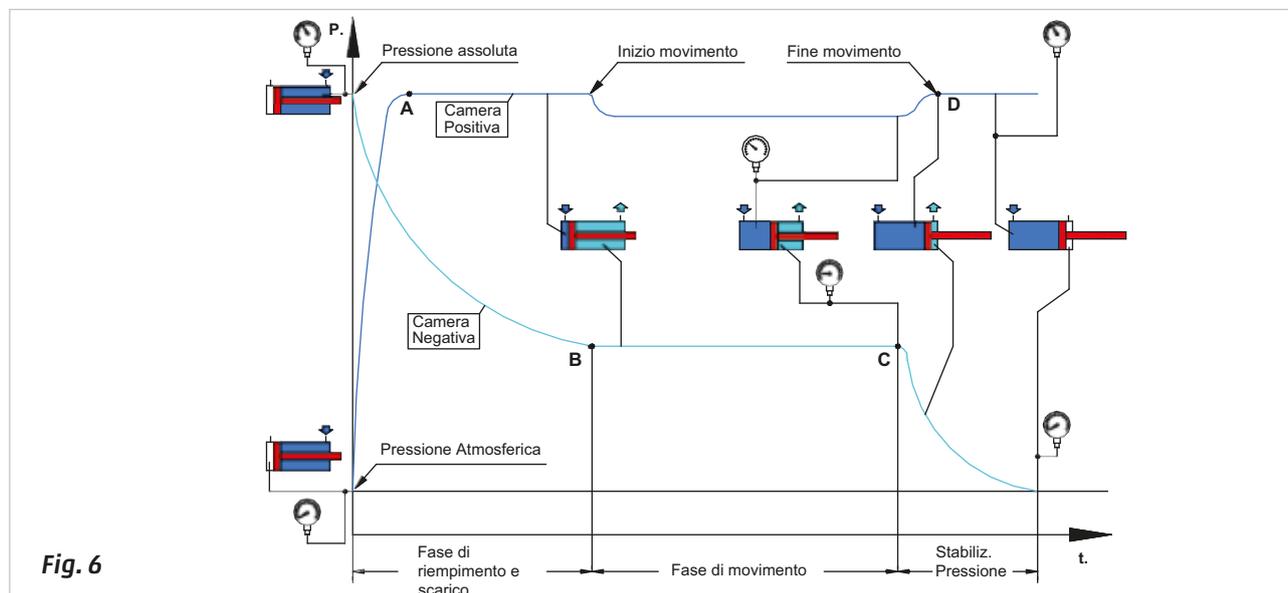


Fig. 6

## Forze sviluppate da un cilindro

### Figura 7

**Cilindro a D.E.:** una parte della superficie utile di spinta del pistone è occupata dalla presenza dello stelo pertanto la Forza  $F$  sviluppata nelle due direzioni è diversa.

**Cilindro a S.E.:** la presenza della molla di ritorno oppone una resistenza al senso di marcia, la Forza utile nella direzione di lavoro, è minore rispetto a quella di un cilindro a DE. La Forza di reazione è deducibile dal diagramma nella pagina seguente.

Grandezze che determinano il valore della Forza  $F$ :

- **Pressione  $p$ .**
- **Superfici del pistone  $S_S$  e  $S_T$ :** la superficie di spinta  $S_S$  e quella di trazione  $S_T$  sono differenti per la presenza dello stelo.
- **Resistenze d'attrito  $\mu$ :** si manifestano fra due superfici mobili in contatto, in particolar modo:
  - tra la guarnizione tergestelo o raschiatore e lo stelo stesso;
  - tra la bronzina guida stelo e lo stelo;
  - tra le guarnizioni sul pistone e la camicia o profilo.

Queste resistenze incidono circa il 10% sulla Forza teorica, per comodità di calcolo si moltiplica il valore della Forza teorica sviluppata dal cilindro per 0,9 considerato come rendimento  $\eta$  del cilindro.

Forza di un cilindro a D.E.:

in spinta	$F_S = p * S_S * \eta$
-----------	------------------------

in trazione	$F_T = p * S_T * \eta$
-------------	------------------------

Forza di un cilindro a S.E.:

dobiamo considerare la presenza della molla di ritorno. La molla genera una Forza  $F_m$  che, con il cilindro a riposo, è al suo valore minimo mentre, con il movimento del pistone, aumenta il suo valore sino a raggiungere il valore massimo al termine della corsa.

(I valori minimo e massimo variano in funzione del diametro e della corsa del cilindro).

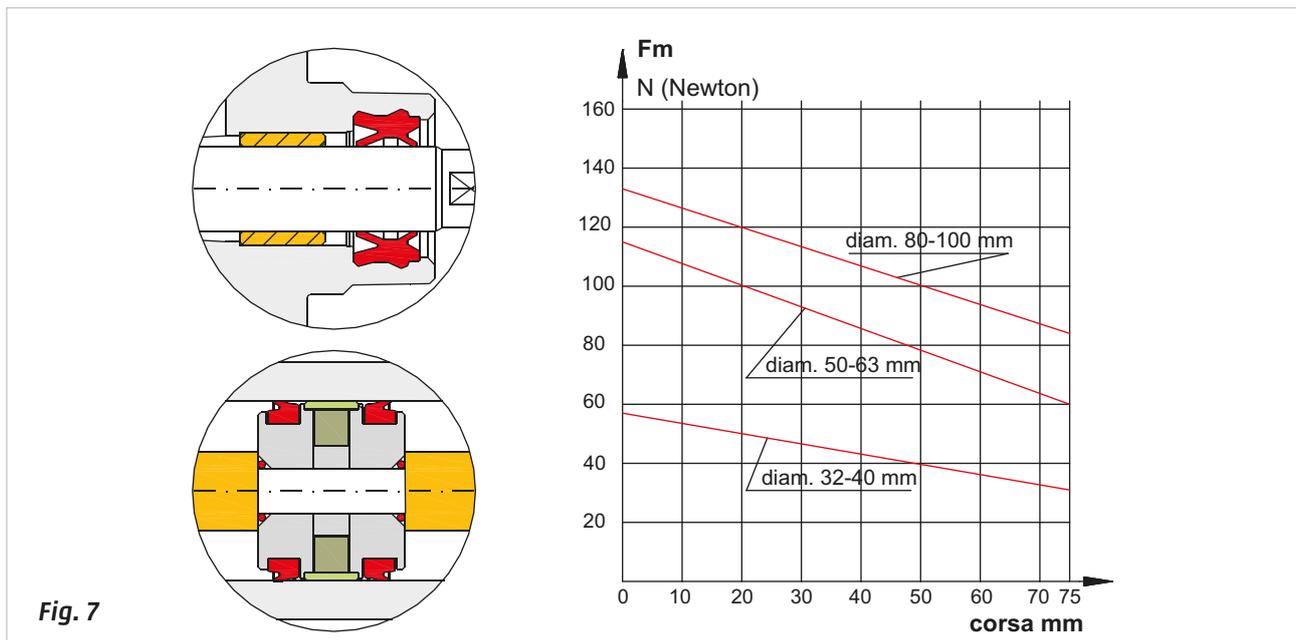
Il valore  $F_m$  può essere letto sul grafico e varia in base all'estensione della molla.

in spinta	$F_S = (p * S_S * \eta) - F_m$
-----------	--------------------------------

in trazione	$F_m$
-------------	-------

Per contenere entro limiti tollerabili lo snervamento della molla e garantire con sufficiente sicurezza il ritorno del gruppo stelo/pistone, le corse sono limitate in funzione dei diametri e del tipo di costruzione del cilindro.

**Esempio:** un cilindro ha un diametro  $D = 50 \text{ mm}$  e una corsa  $C = 50 \text{ mm}$ , quando è a riposo la molla è completamente estesa ed ha un carico  $F_m$  leggermente inferiore a  $80 \text{ N}$ , quando il cilindro compie la sua corsa positiva la molla è completamente compressa ed ha una Forza  $F_m$  di circa  $115 \text{ N}$ .



## Caratteristiche costruttive

Esistono diverse tipologie di cilindri pneumatici, le più comuni sono:

- con testate cianfrinate;
- con testate fissate al tubo tramite tiranti;
- con testate fissate al profilo tramite viti;
- con testate integrate nel corpo cilindro e fissate tramite anelli seeger;
- con testate avvitare.

Sulle testate si trovano le sedi per il collegamento degli elementi di fissaggio del cilindro sulle attrezzature.

Fra le varie tipologie si hanno cilindri che rispettano le Normative Internazionali per quanto riguarda le dimensioni generali e l'interasse dei fori di fissaggio, ad esempio:

DIN/ISO 6432 per diametri da 8 a 25 mm

ISO15552 sostituisce DIN/ISO 6431 / VDMA 24562 per diametri da 32 a 320 mm

ISO 21287 per modelli compatti e diametri da 20 a 100 mm

I campi applicativi dei cilindri variano notevolmente pertanto sono possibili personalizzazioni di materiali e trattamenti.

- **Testate:** normalmente sono in alluminio. In presenza di nebbia salina (ambienti marini) o in ambienti aggressivi possono essere trattate, verniciate, o realizzate in altri materiali.
- **Stelo:** generalmente in acciaio inossidabile.
- **Tubo o profilo:** solitamente è in acciaio o in alluminio anodizzato, quest'ultimo trattamento riduce notevolmente l'effetto di incrostazioni.
- **Guarnizioni:** importanza rilevante hanno la forma ed il materiale impiegato, oltre ad assicurare la tenuta, devono rispondere alle seguenti esigenze:
  - resistenza chimica al lubrificante;
  - basso attrito e assenza di tendenza all'incollaggio;
  - resistenza all'usura e agenti esterni.

Possono essere in diversi materiali ad es. NBR, HNBR, Poliuretano, FKM ed altri.

Le guarnizioni sono utilizzate:

- sul pistone: generalmente due guarnizioni a labbro **A**;
- sullo stelo: questa esercita una doppia funzione, di tenuta e di pulizia **B**;
- su gli ammortizzi **C**;
- sulle testate e sulle viti di regolazione dell'ammortizzo **F** e **D**.

I cilindri possono essere di tipo magnetico, ossia permettono di rilevare la posizione del pistone.

Il magnete **E**, avente un campo magnetico ben definito, è rilevato tramite sensori sulla camicia del cilindro.

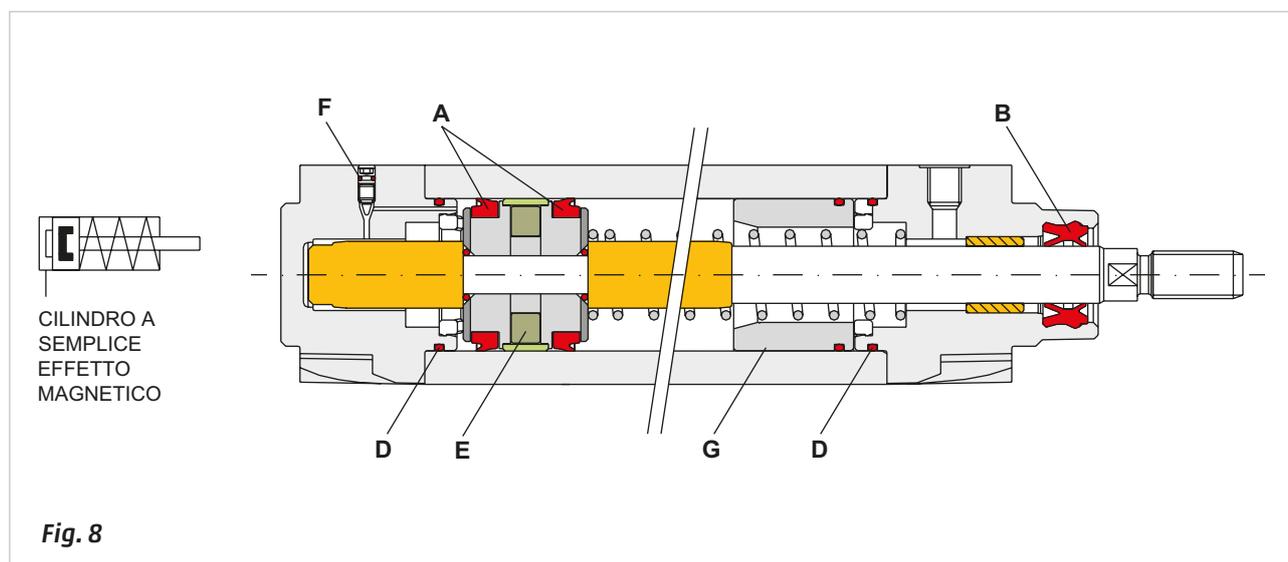
Normalmente i cilindri sono a:

### Figura 8

**Semplice Effetto:** può essere con molla di richiamo in spinta o in trazione.

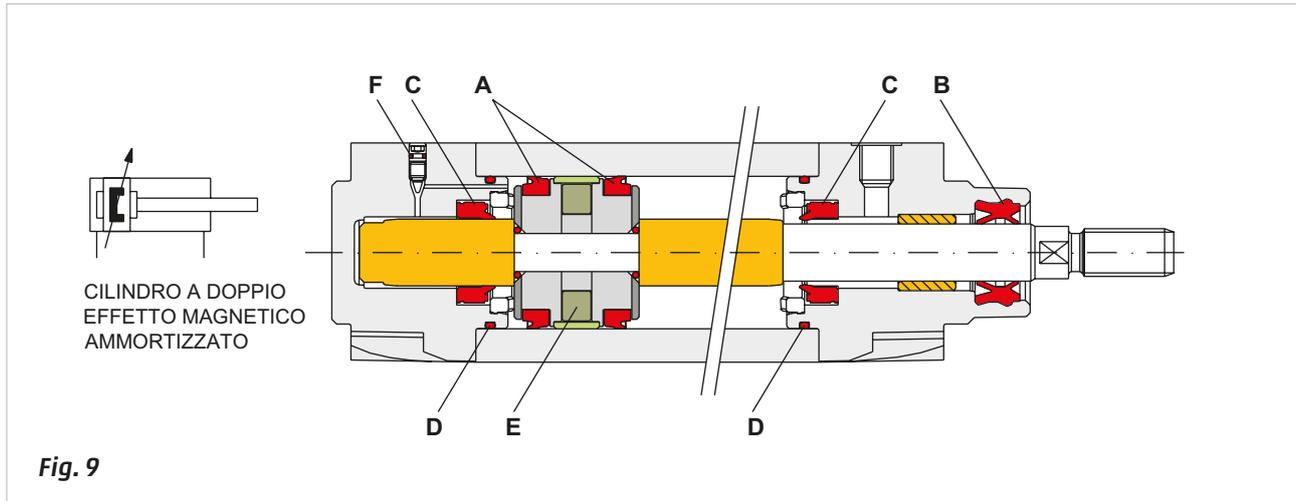
**In trazione:** la molla di richiamo, guidata dallo stelo, mantiene il gruppo stelo/pistone in posizione di finecorsa negativa. Il foro sulla testata anteriore, consente la comunicazione con l'ambiente di conseguenza con la pressione atmosferica nella camera negativa.

**In spinta:** la molla di richiamo mantiene il gruppo stelo/pistone in posizione di finecorsa positiva. Il foro sulla testata posteriore consente la comunicazione con l'ambiente di conseguenza con la pressione atmosferica nella camera positiva. Il distanziale **G** che permette un corretto alloggiamento della molla di riposizionamento.



**Figura 9**

**Doppio Effetto:** può essere con o senza ammortizzo pneumatico regolabile di finecorsa.

**Fig. 9**

## Dimensionamento di un cilindro in funzione del carico applicato

La Forza sviluppata da un cilindro può essere utilizzata in due modi:

**Staticamente:** quando il cilindro compie la corsa a "vuoto" e la Forza è richiesta solo al suo arresto; ad esempio per il bloccaggio di pezzi in lavorazione, operazioni di piegatura, ecc.

La Forza  $F$  richiesta da queste operazioni corrisponde al prodotto della pressione  $p$  per la superficie  $S$  del pistone

$$F = p * S$$

**Dinamicamente:** quando il cilindro deve muovere un carico; in questo caso la valutazione della Forza è fatta considerando la direzione del movimento che può essere:

**verticale:** la Forza  $F$  deve vincere la resistenza del carico;

$$F = m * g$$

**orizzontale:** la Forza  $F$  deve vincere la resistenza d'attrito. Il suo valore è pari al prodotto del peso del corpo  $Fp$  per il coefficiente d'attrito  $\mu$  del sistema d'appoggio (slitte, carrelli ecc.).

$$F = Fp * \mu$$

A parità di carico, il movimento orizzontale necessita di una Forza minore rispetto a quello verticale.

Le prestazioni dei cilindri pneumatici possono essere determinate tramite opportune regolazioni.

Le più comuni riguardano:

**Velocità massima:** la tipologia di costruzione, le dimensioni delle tubazioni di collegamento, la portata delle valvole di comando, le regolazioni sui regolatori di flusso concorrono a determinare la velocità.

**Energia Cinetica:** è l'energia che il carico applicato al cilindro acquisisce durante il suo movimento e deve essere ridotta prima che termini la corsa per evitare impatti contro la testata. Al fine di ridurre l'entità di questa energia, alcuni cilindri sono dotati di dispositivi regolabili di ammortizzo che riducono la velocità nel tratto finale della corsa.

Per meglio comprendere quanto detto e per capire l'efficacia di questi sistemi di frenatura, abbiamo riportato un grafico che ha sull'asse delle ascisse il valore del carico da ammortizzare e su quello delle ordinate la velocità del pistone. Questo grafico è stato ottenuto per mezzo di prove pratiche utilizzando:

- cilindri a doppio effetto;
- carico montato su guida e movimento orizzontale;
- apparecchiatura elettronica per il rilievo dei tempi;
- pressione di prova  $p = 6 \text{ bar}$ .

L'energia cinetica è completamente assorbita dalla fase di frenatura quando, ad ammortizzo completamente chiuso, il gruppo stelo/pistone non raggiunge il piano di battuta sulla testata. Questa analisi anche se non accettabile dall'utilizzatore per effetto del "rimbalzo" del pistone, ha consentito di determinare i parametri di carico e velocità massimi applicabili.

La prova è stata realizzata prendendo come riferimento la corsa positiva del pistone che è la più penalizzata in quanto la camera negativa racchiude un minor volume d'aria, ossia la peggiore condizione di smorzamento del carico. Con carichi elevati si utilizzano deceleratori idraulici esterni opportunamente dimensionati.

### Figura 10

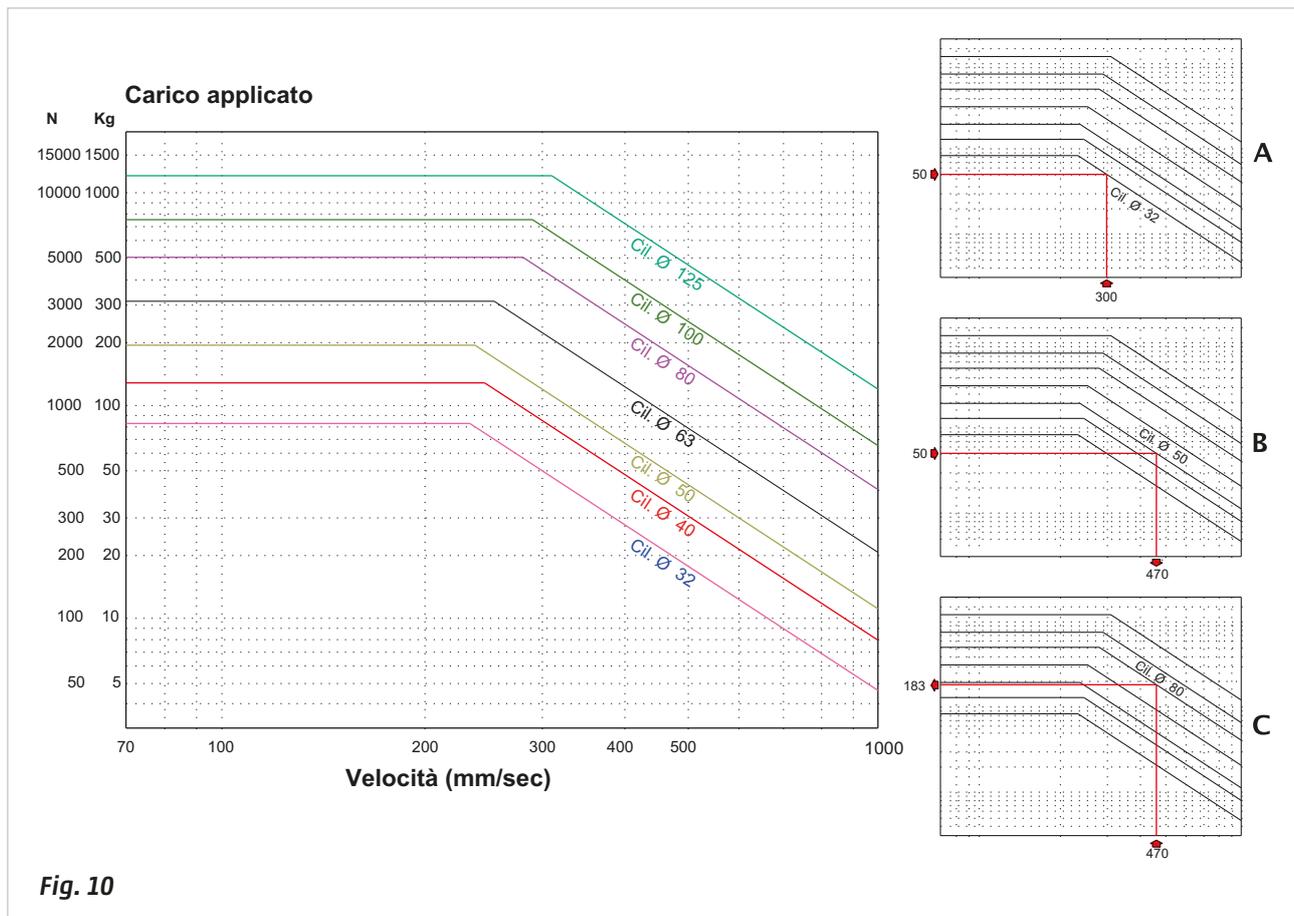
**Pos. A:** quale cilindro occorre per smorzare un carico di 50 Kg (500 N) alla velocità di 300 mm/sec?

Partendo dall'ascissa (valore del carico) si traccia un segmento in corrispondenza dei 50 kg che intersechi le linee del carico massimo dei cilindri. Partendo dall'ordinata (velocità) si traccia un segmento che intersechi quello del carico. L'incrocio fra i due segmenti si ha in corrispondenza del limite massimo di energia smorzabile da un cilindro con Diametro di 32 mm.

**Pos. B:** con quale velocità massima si può spostare un carico di 50 kg utilizzando un cilindro con diametro  $D = 50$  mm? La velocità max. è di 470 mm/sec.

**Pos. C:** che peso può spostare un cilindro avente diametro  $D = 80$  mm ad una velocità di 470 mm/sec?

Il peso massimo è di 183 Kg.



## Ammortizzamento del movimento in un cilindro a doppio effetto

Per evitare danni alla struttura del cilindro o ai meccanismi collegati, l'energia cinetica acquisita dal carico durante il movimento deve essere ridotta o annullata prima che il pistone raggiunga la posizione di finecorsa.

Alcuni cilindri sono dotati di sistemi di ammortizzamento regolabili che, in base al diametro del cilindro, intervengono tra i 15 e i 50 mm del tratto finale della corsa. Questa decelerazione si attiva in modo automatico obbligando l'aria in scarico ad un passaggio attraverso una sezione ridotta.

L'innalzamento della pressione nella camera in scarico oppone una maggior resistenza al movimento del gruppo stelo/pistone con conseguente riduzione di velocità.

Come mostrato nel grafico precedente, esistono dei valori massimi di energia che i sistemi di ammortizzamento possono assorbire, più è alto il carico minore sarà la velocità, più è alta la velocità minore sarà il carico.

Prendendo come esempio la testata anteriore di un cilindro verificiamo il funzionamento del sistema di ammortizzo.

### Figura 11

**Pos. 1:** la guarnizione d'ammortizzo **A** non ha alcuna funzione.

L'aria è libera di passare in quanto l'ogiva **B** non è ancora a contatto con il labbro interno della guarnizione **A**.

**Pos. 2:** quando l'ogiva **B** si inserisce nel labbro della guarnizione **A**, questa è spinta assialmente in una posizione ben definita auto-centrandola e sviluppando due distinte azioni di tenuta:

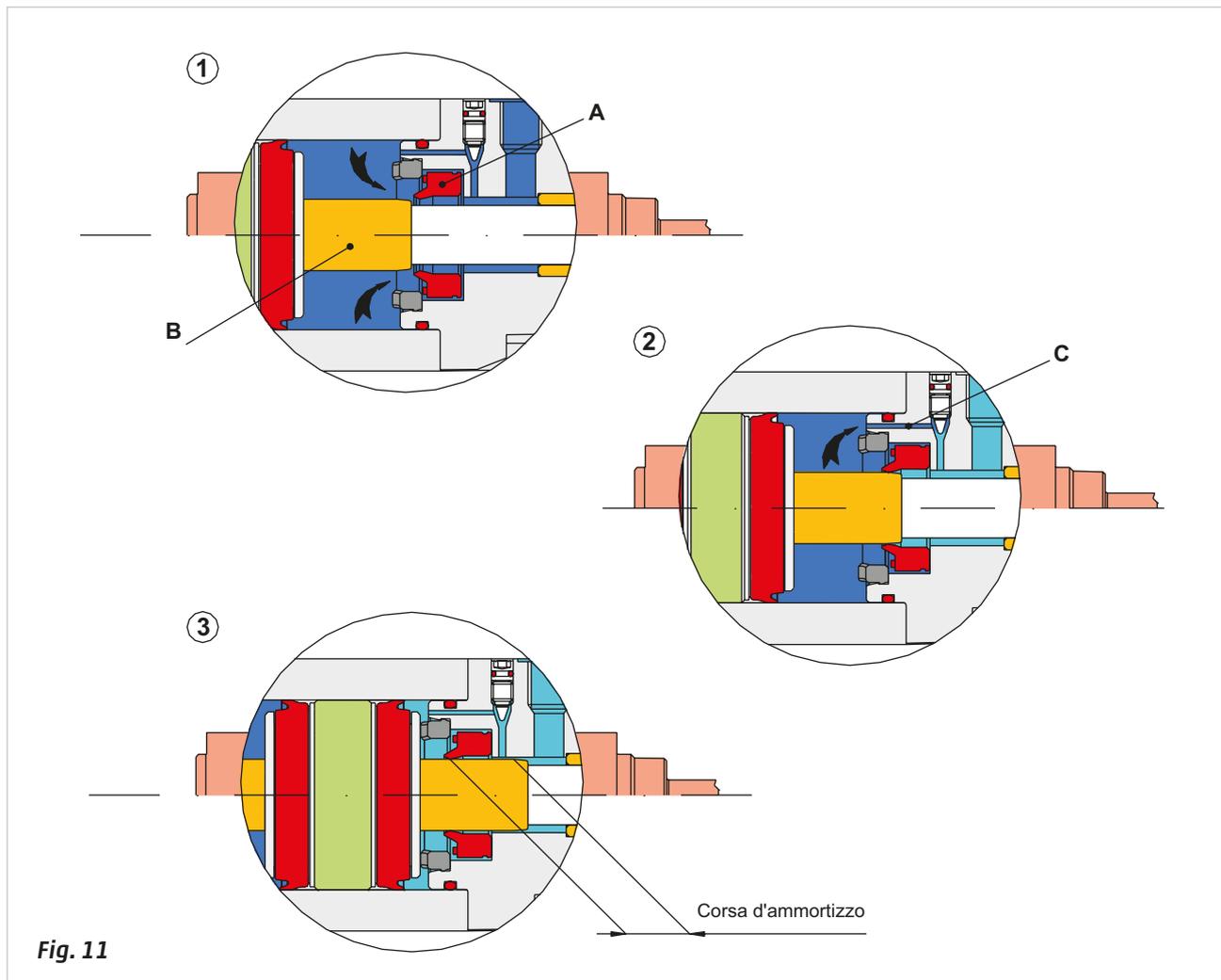
**statica**, mediante la superficie piana in appoggio alla testata;

**dinamica**, quando l'ogiva è in appoggio sul labbro della guarnizione.

In questa situazione la quantità di A/C presente tra pistone e testata può scaricarsi solo attraverso il foro **C**.

Lo spazio a disposizione per l'operazione di frenatura è definito "corsa di ammortizzo".

**Pos. 3:** il pistone ha terminato la sua corsa e la ridotta pressione all'interno della camera si scarica nell'atmosfera.



Quanto descritto si verifica anche nella testata posteriore quando il pistone deve rientrare.

## Fase di spunto di un cilindro a doppio effetto

Analizziamo la fase di partenza di un cilindro pneumatico.

Immaginiamo di sostituire la guarnizione di ammortizzo con una semplicissima guarnizione a sezione circolare (definita comunemente "O-Ring").

Quando il gruppo stelo/pistone raggiunge la posizione terminale l'effetto frenante è analogo a quanto visto nei precedenti capitoli, in fase di partenza lo "spazio nocivo" ed il volume della camera sono pressurizzati, ma in funzione dell'apertura della vite di regolazione dell'ammortizzo.

Questa strozzatura ritarda la fase comunemente chiamata "di spunto" ossia la pressurizzazione della camera e la successiva partenza del gruppo stelo/pistone che in questa zona avrebbe anche un movimento non lineare.

Per evitare questa condizione, si utilizzano delle guarnizioni con un profilo particolare.

### Figura 12

**Pos. 1:** il pistone è contro la testata, la guarnizione **A** è appoggiata con la sua parte piana contro la sede sulla testata. Dalla parte opposta il labbro è a contatto con l'ogiva di ammortizzo.

**Pos. 2:** con l'arrivo dell'A/C, indipendentemente dalla posizione della vite di ammortizzo, il flusso d'aria sposta la guarnizione **A** dalla precedente posizione verso il pistone iniziando la fase di riempimento del volume della camera **B**.

**Pos. 2a:** l'A/C passa attraverso la vite di regolazione dell'ammortizzo e attraverso i distanziali sulla guarnizione che la staccano dal piano di appoggio sul pistone. In questo modo il riempimento avviene in modo più rapido.

**Pos. 3:** nella camera **B** del cilindro è presente la pressione di alimentazione. Il pistone inizia il suo movimento solo quando la forza di spinta generata vince quella resistente.

**Pos. 4:** il gruppo stelo/pistone è in movimento, con l'uscita dell'ogiva di ammortizzo dalla guarnizione si ha il massimo passaggio di A/C.

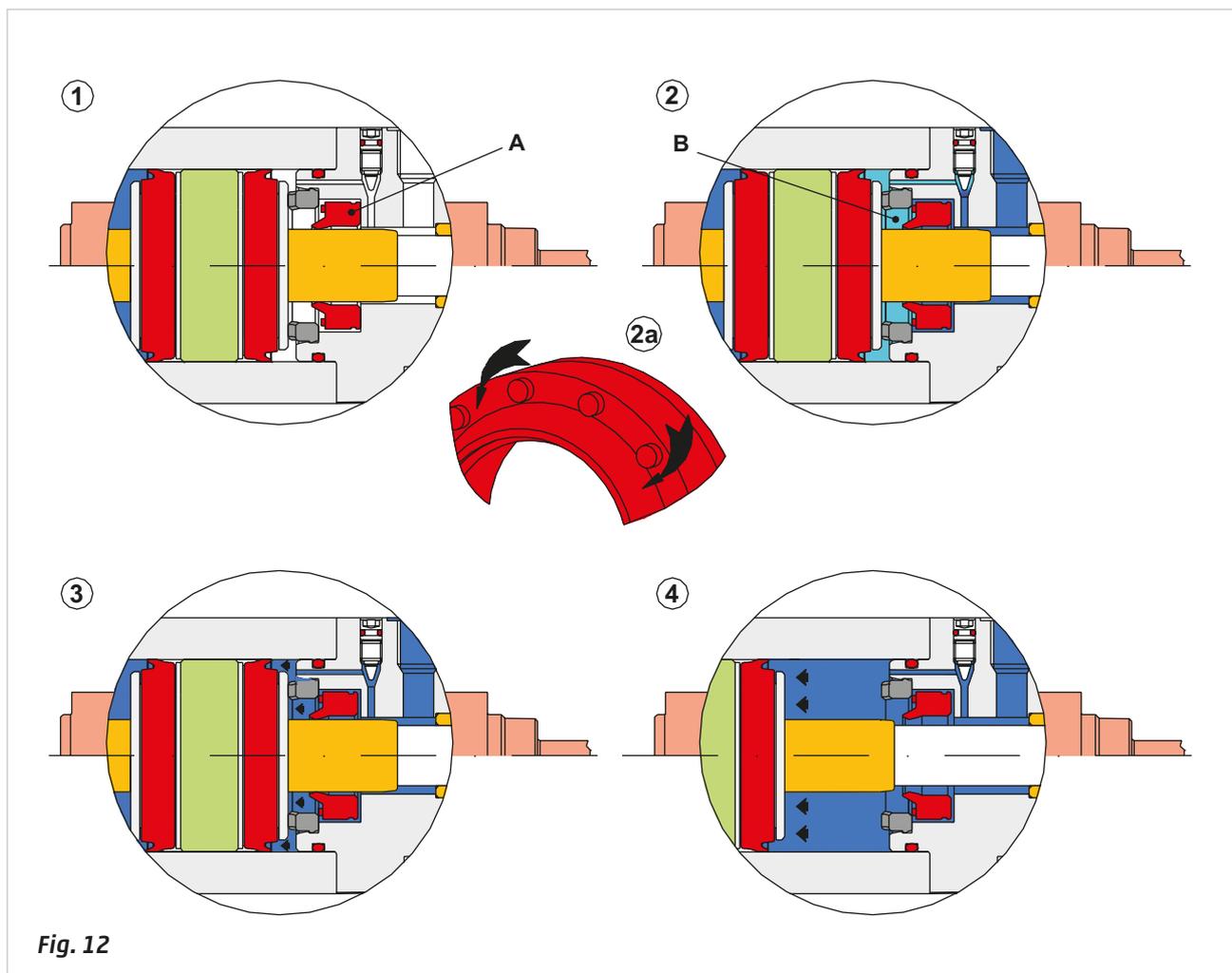


Fig. 12

## Ancoraggi del corpo

Il cilindro è un componente in grado di trasformare l'energia dell'A/C in energia meccanica.

È composto da una parte statica definita "corpo" all'interno del quale scorre la parte dinamica composta dal gruppo "stelo/pistone".

Per consentire che la Forza motrice sull'asse dello stelo possa essere sfruttata, il corpo del cilindro deve essere vincolato in modo opportuno alla struttura.

Gli elementi che fissano il corpo alla struttura sono definiti "ancoraggi" e sono di tipo **rigido** od **oscillante**. L'ancoraggio deve limitare al massimo i carichi radiali che potrebbero essere applicati al cilindro.

### Esempi di ancoraggi rigidi:

#### Figura 13

**Pos. A: Fissaggio diretto** le testate sono fissate alla struttura della macchina.

**Pos. B: Flangia.** Questo accessorio permette un perfetto centraggio sulle testate. Si sconsiglia l'uso della flangia sulla testata posteriore se non nel caso di cilindri di corsa ridotta o per montaggi in posizione verticale. Il peso del cilindro e dello stelo, quando fuoriuscito, graverebbero sulla flangia creando flessioni crescenti con la lunghezza della corsa.

**Pos. C: Piedini.** Fissati direttamente alle due testate consentono il montaggio del cilindro su un piano qualunque, purché parallelo all'asse di movimento.

### Esempi di ancoraggi oscillanti:

#### Figura 13

**Pos. D e F: Cerniera posteriore.** Questo accessorio può essere corredato della cerniera maschio, la loro combinazione permette sia l'oscillazione che il fissaggio sulla struttura della macchina.

**Pos. E: Cerniera anteriore.** Data la presenza dello stelo, è l'unico ancoraggio possibile per la testata anteriore. Il supporto della cerniera deve essere posizionato sulla struttura della macchina.

**Pos. G: Cerniera intermedia.** È un ancoraggio oscillante che offre la possibilità di essere fissato sul tubo o sul profilo del cilindro in un punto qualsiasi compreso fra le testate.

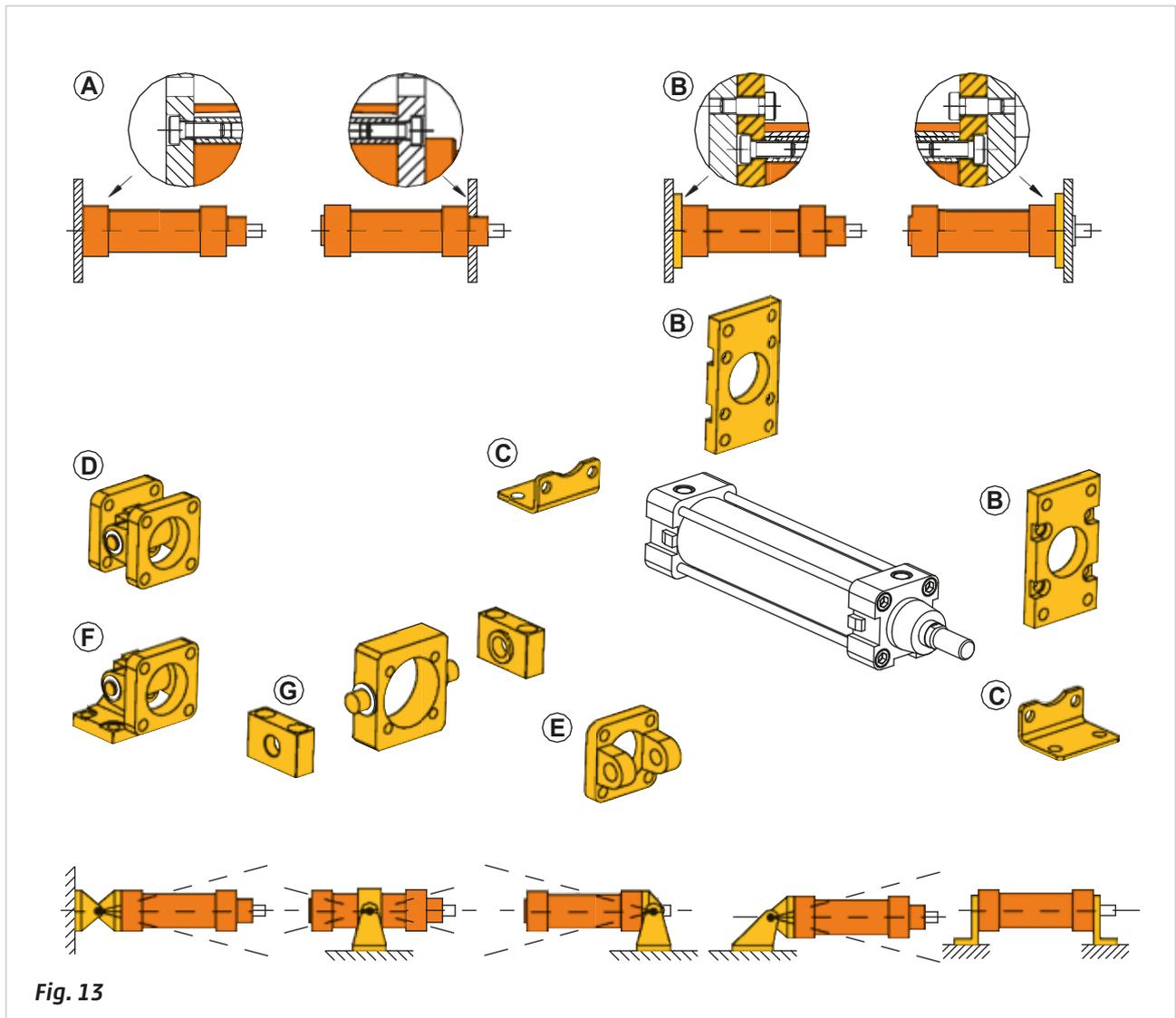


Fig. 13

## Collegamento dello stelo

Il tipo di ancoraggio del corpo cilindro con la struttura e quello di collegamento dello stelo alla parte da movimentare devono essere tali da evitare disallineamenti tra l'asse dello stelo e quello su cui scorre l'oggetto da movimentare. Prima di metter un impianto in funzione, è buona norma controllare l'allineamento del carico con lo stelo completamente dentro e fuori dal cilindro.

Un allineamento non corretto si trasforma in un carico radiale che agendo sullo stelo ne deforma la boccia di guida provocando anche una rapida usura delle guarnizioni di tenuta sullo stelo e sul pistone.

### Figura 14

**Pos. 1:** l'oggetto da movimentare non è vincolato a delle guide e lo stelo può essere collegato direttamente al corpo da movimentare. Questo fissaggio è definito **diretto**.

**Pos. 2:** fissaggio tramite **forcella**. Consente di non scaricare sullo stelo eventuali sollecitazioni angolari dovute al movimento dell'oggetto collegato.

**Pos. 2a:** il carico si muove mantenendo una posizione parallela al piano d'appoggio del cilindro con una deviazione laterale di un angolo  $\beta$ . Lo stelo esercita un carico radiale sulla boccia di guida; inserendo un'articolazione a forcella è possibile compensare l'angolo.

**Pos. 2b:** il carico si muove verso l'alto di un angolo  $\beta$  e lo stelo è costretto a lavorare sulla parte superiore della boccia: anche in questo caso la forcella con un diverso orientamento consente di recuperare il disassamento.

**Pos. 3:** fissaggio tramite **snodo sferico**.

**Pos. 4:** fissaggio tramite **giunto di compensazione**.

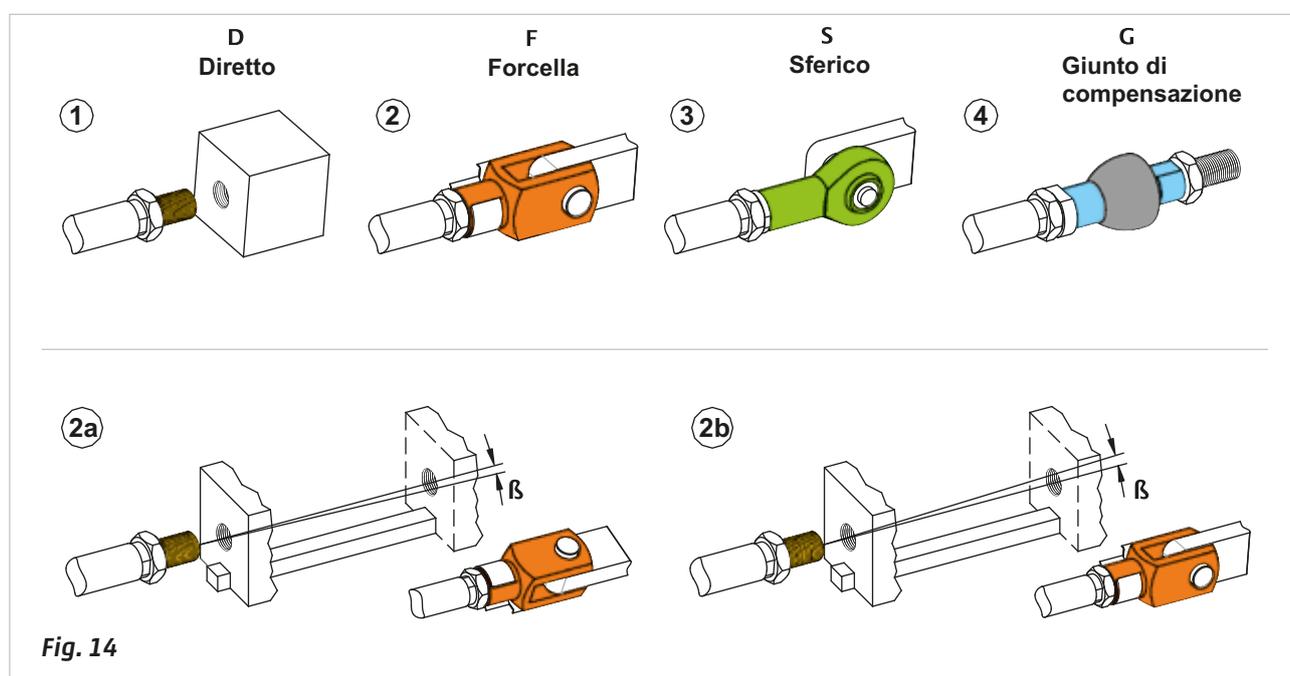


Fig. 14

### Figura 15

**Pos. 5:** i due errori precedenti sono entrambi presenti in quanto la boccia è soggetta ad usura su due piani diversi. Inserendo un'articolazione a snodo sferico **S** o un giunto di compensazione **G** è possibile recuperare il disassamento.

**Pos. 6:** il movimento angolare si mantiene sempre su uno stesso piano. In questa ipotesi, con l'evidente necessità di sostenere il cilindro con un ancoraggio oscillante, lo stelo può essere collegato alla manovella con un'articolazione a forcella **F**. Nel dubbio che il movimento possa mantenersi sullo stesso piano, è opportuno usare un'articolazione del tipo **S**. Con questa soluzione è consigliabile verificare il carico dovuto al peso del cilindro.

Quando lo stelo è in posizione esterna questo carico va a gravare sulla bronzina danneggiandola.

In particolare con corse lunghe è preferibile utilizzare un fissaggio del cilindro con cerniera intermedia.

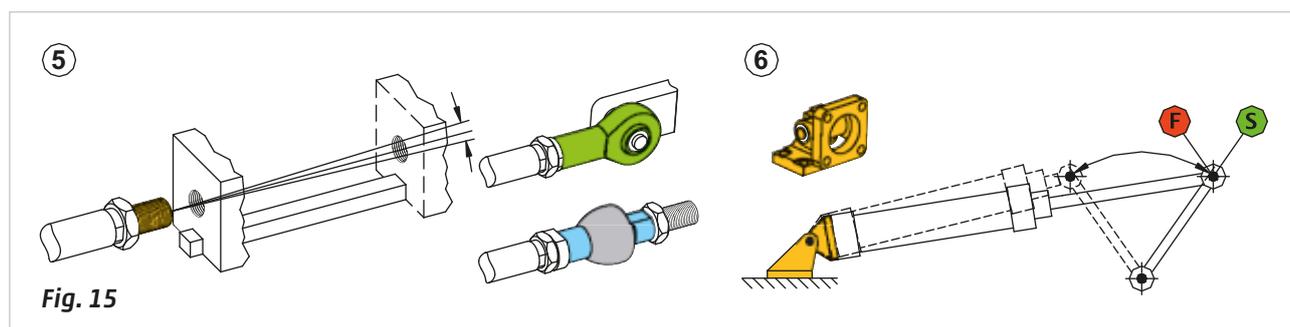


Fig. 15

## Sollecitazioni dello stelo al carico di punta

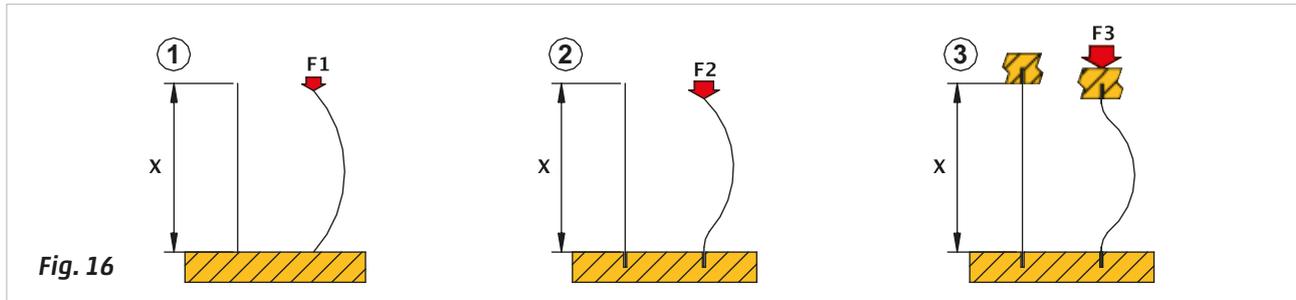
Premendo gradualmente le estremità di un fiammifero di legno tenuto tra l'indice e il pollice della mano, notiamo che si flette fino a spezzarsi; ripetendo l'operazione con una delle parti spezzate, per ottenere lo stesso risultato, dovremmo applicare una forza molto maggiore.

**Figura 16**

**Pos. 1:** immaginiamo che il fiammifero sia rappresentato da un'asta di lunghezza  $X$  e che sotto l'azione di una Forza  $F_1$  quest'asta si pieghi.

**Pos. 2:** vincolando un'estremità dell'asta, per ottenere la flessione, è necessaria una Forza maggiore al precedente caso  $F_2 > F_1$ . L'asta subisce una curvatura più accentuata e solo nella parte non guidata.

**Pos. 3:** con entrambe le estremità dell'asta vincolate, la Forza  $F_3$  necessaria per flettere il pezzo è ancora maggiore  $F_3 > F_2$ . L'asta subisce una curvatura più accentuata nella parte centrale.



Con quest'esempio vogliamo evidenziare il fatto che uno stelo, quando compresso lungo l'asse da una Forza, tende a flettersi con possibilità di rottura. Questa sollecitazione composta da "presso-flessione" è definita "carico di punta" e si manifesta quando la lunghezza dello stelo supera di 10 volte il suo diametro.

I cilindri, in base alle normative, hanno degli abbinamenti standard fra la dimensione dello stelo e il diametro. La scelta del cilindro è fatta in base alla Forza di spinta  $F_s$  da sviluppare, la dimensione dello stelo, è una conseguenza di questa scelta.

### Esempi di installazione:

**Figura 17**

**Pos. A:** il cilindro ha un ancoraggio rigido, lo stelo è rigidamente fissato ad un pezzo in movimento su un piano. Inseriamo un fermo meccanico al carico in modo che il cilindro non lavori a finecorsa. Lo stelo è compresso dalla Forza che il pistone realizza e il fermo del carico. Il valore di questa Forza è:

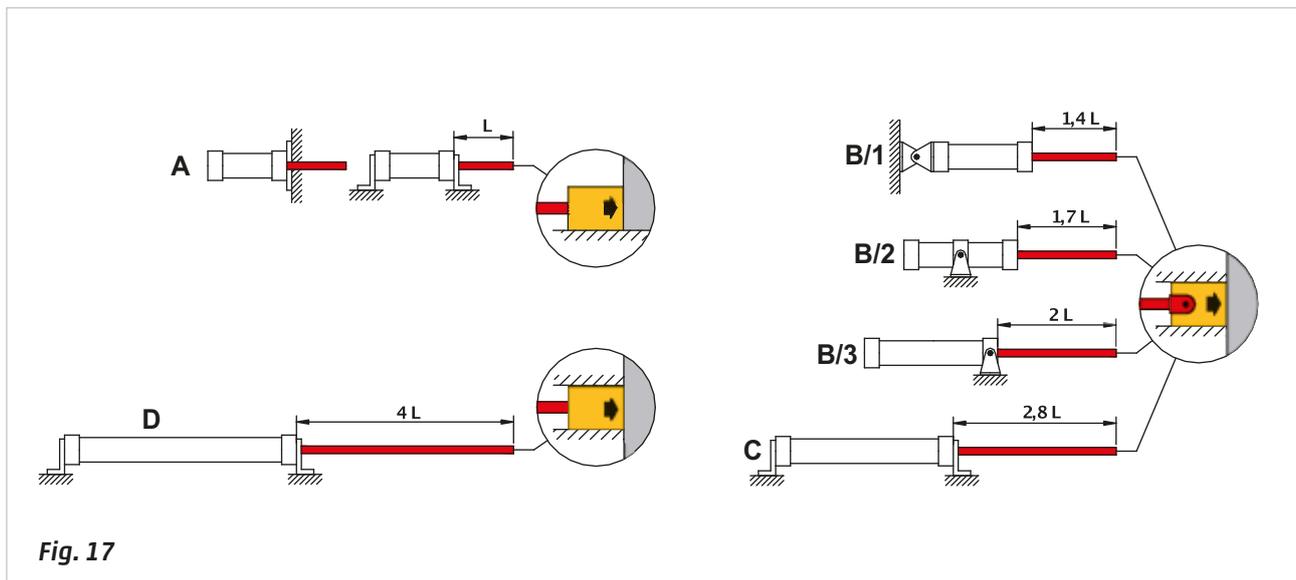
$$F = p * S$$

**Figura 17**

**Pos. B/1-B/2-B/3:** l'estremità dello stelo è snodata ed il pezzo è guidato, il cilindro è fissato in modi diversi ed in diverse posizioni.

**Pos. C:** l'attacco dello stelo è identico alla Pos. B, l'ancoraggio del corpo è rigido.

**Pos. D:** il cilindro è fissato in modo rigido alla struttura, lo stelo lo è sul pezzo ed il pezzo è guidato.



**Fig. 17**

Verifica del carico di punta:

### Figura 18

**Diagramma A:** è realizzato utilizzando il valore della Forza  $F_s$  [N] in relazione alla pressione  $p$  [bar], il diagramma consente di scegliere il diametro del cilindro in abbinamento con quello dello stelo indicato fra parentesi.

**Diagramma B:** è realizzato sulla base della Forza  $F_s$  [kg] e della lunghezza dello stelo  $L$  [mm], il diagramma mostra la lunghezza massima possibile nella condizione più sfavorevole di collegamento, quella indicata nella Pos. A.

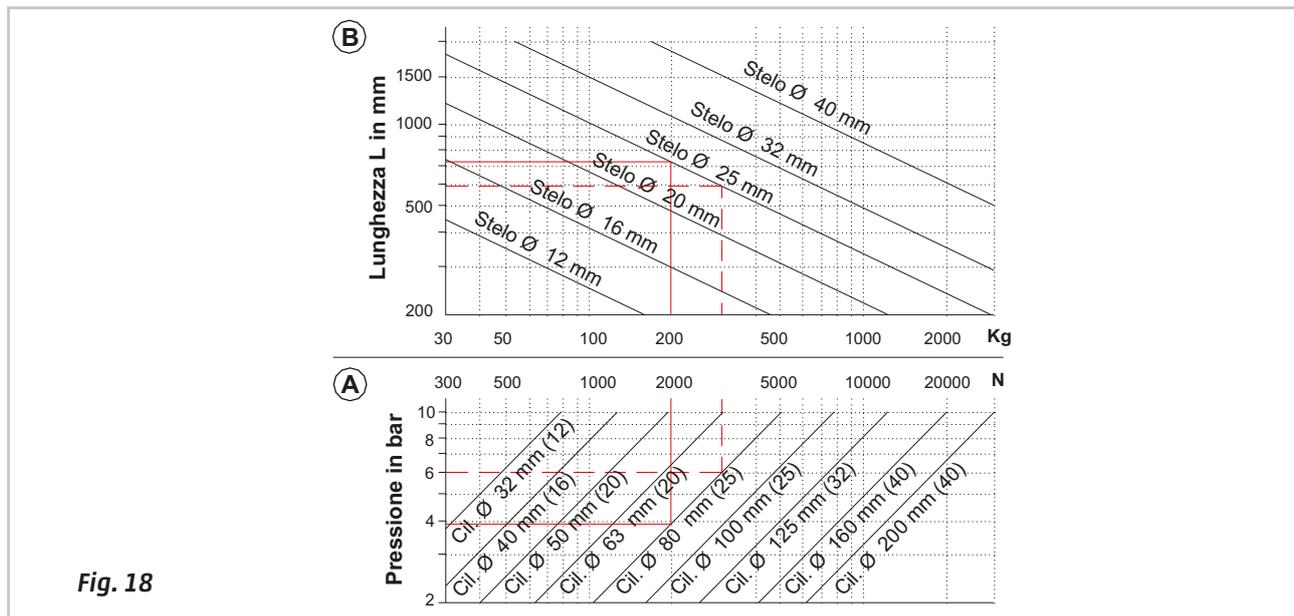


Fig. 18

**Esempio 1:** ricerca del cilindro che possa esercitare una Forza di spinta  $F_s = 2000$  N, con una corsa  $L = 1400$  mm ed una pressione  $p = 6$  bar.

### Figura 18

#### Diagramma A

Partendo dal valore  $F_s = 2000$  N si incrociano varie inclinate, quella relativa al cilindro  $D = 80$  mm e stelo da 25 mm consente l'uso con la pressione richiesta.

Essendo la corsa di 1400 mm superiore di **10 volte il diametro dello stelo** (di 25 mm nel nostro caso) è necessaria la verifica al carico di punta.

#### Diagramma B

Il cilindro scelto, con una  $p = 6$  bar, sviluppa una Forza  $F_s = 3000$  N (circa), per avere il valore  $F_s = 2000$  N è necessario limitare la pressione a 4 bar.

Dal valore di 2000 N alziamo la verticale sino a raggiungere l'inclinata "stelo 25" e sulla ordinata rileviamo una lunghezza massima  $L = 700$  mm (circa).

**Collegamenti possibili:**

### Figura 17

**Pos. B/1:** non è possibile, questo collegamento consente al cilindro una corsa massima

$$L_{max} = 700 \text{ mm} * 1,4 = \mathbf{980 \text{ mm}}$$

**Pos. B/2:** non è possibile, questo collegamento consente al cilindro una corsa massima

$$L_{max} = 700 \text{ mm} * 1,7 = \mathbf{1190 \text{ mm}}$$

**Pos. B/3:** è al limite quindi senza margine di sicurezza questo collegamento consente al cilindro una corsa massima

$$L_{max} = 700 \text{ mm} * 2 = \mathbf{1400 \text{ mm}}$$

**Pos. C:** questo collegamento è l'unico possibile ed offre un buon margine di sicurezza

$$L_{max} = 700 \text{ mm} * 2,8 = \mathbf{1960 \text{ mm}}$$

**Esempio 2:** ricerca del carico di punta e collegamento per un cilindro con diametro  $D = 50 \text{ mm}$  con corsa  $L = 700 \text{ mm}$  e una pressione  $p = 6 \text{ bar}$ .

### Figura 18

#### Diagramma A

In corrispondenza del valore  $p = 6 \text{ bar}$  tracciamo un segmento orizzontale sino all'obliqua del diametro  $D = 50 \text{ mm}$  (stelo  $20 \text{ mm}$ ), sull'ascissa si rileva che il valore del carico di punta è di

$$F_s > 1000 \text{ N}$$

#### Diagramma B

Dal precedentemente incrocio tracciamo un segmento verticale che incontra l'obliqua dello "stelo 20" ad un valore  $L = 600 \text{ mm}$  (circa)

#### Collegamenti possibili:

### Figura 17

**Pos. B/1:** questo collegamento consente al cilindro una corsa massima

$$L_{max} = 600 \text{ mm} * 1,4 = \mathbf{840 \text{ mm}}$$

**Pos. B/2:** questo collegamento consente al cilindro una corsa massima

$$L_{max} = 600 \text{ mm} * 1,7 = \mathbf{1020 \text{ mm}}$$

**Pos. B/3:** questo collegamento consente al cilindro una corsa massima

$$L_{max} = 600 \text{ mm} * 2 = \mathbf{1200 \text{ mm}}$$

**Pos. C:** questo collegamento consente al cilindro una corsa massima

$$L_{max} = 600 \text{ mm} * 2,8 = \mathbf{1680 \text{ mm}}$$

Tutti i collegamenti sono possibili.

## Come modificare le prestazioni dei cilindri

### La leva

La forza di un cilindro può essere modificata con dei dispositivi meccanici definiti **leve**.

### Figura 19

**Pos. 1:** questi dispositivi sono realizzati da un'asta rigida incernierata in un punto chiamato **fulcro** ( $fc$ ), all'estremità di questa asta si applica una Forza  $F$ .

La distanza fra la perpendicolare dall'asse di applicazione della Forza e il fulcro è definita **braccio** ( $b$ ).

Il prodotto della Forza per il braccio genera una componente definita **Momento di una forza**.

$$m = F * b$$

Volendo sollevare un carico si hanno due Forze: la potenza  $P$  (la Forza del cilindro) e la resistenza  $R$  (il peso del corpo da sollevare). Dal prodotto di ciascuna Forza per i rispettivi bracci si ottengono i relativi "momento di potenza" e il "momento di resistenza".

La leva è in equilibrio quando i due momenti si equivalgono, cioè quando:

$$bp * P = br * R$$

**Esempio:** tramite una leva ed un cilindro possiamo sollevare un carico e portarlo in una posizione di equilibrio. E' possibile ottenere l'equilibrio con tre diverse posizioni del cilindro rispetto al fulcro ed alla resistenza, come rappresentato di seguito.

### Figura 19

**Pos. 2:** il fulcro  $fc$  si trova tra la potenza  $P$  e la resistenza  $R$  (leva di 1° genere).

Valore del carico  $R = 12 \text{ Kg}$  (120 N)

Lunghezza della leva  $PR = 1100 \text{ mm}$

Distanza del fulcro dal punto di applicazione della resistenza  $fcR = 660 \text{ mm}$

Calcolo della distanza del fulcro dal punto di applicazione della potenza  $fcP$

$$fcP = PR - fcR = 1100 - 660 = \mathbf{440 \text{ mm}}$$

il suo stato di equilibrio  $RR_1$  deve essere possibile con uno spostamento di 550 mm.

Calcolo della corsa del cilindro, per la similitudine dei triangoli  $fcPP_1$  e  $fcRR_1$ :

$$fcP : fcR = PP_1 : RR_1 \quad PP_1 = \frac{fcP_1 * RR_1}{fcR} \quad PP_1 = \frac{440 [\text{mm}] * 550 [\text{mm}]}{660 [\text{mm}]} = \mathbf{366 \text{ mm}}$$

Con il teorema di **Pitagora**, calcoliamo la lunghezza dei bracci  $b_r$  e  $b_p$

$$b_p = \sqrt{(fcP)^2 - (1/2 PP_1)^2} \quad b_p = \sqrt{(440)^2 - (1/2 * 366)^2} \cong \mathbf{400 \text{ mm}}$$

$$b_r = \sqrt{(fcR)^2 - (1/2 RR_1)^2} \quad b_r = \sqrt{(660)^2 - (1/2 * 550)^2} \cong \mathbf{600 \text{ mm}}$$

Per l'equilibrio dei momenti sappiamo che:

$$b_p * F = b_r * R \quad F = \frac{b_r * R}{b_p} \quad F = \frac{600 [\text{mm}] * 12 [\text{N}]}{400 [\text{mm}]} = \mathbf{180 \text{ N}}$$

La Forza  $F$  necessaria per mettere in equilibrio il sistema è di 180 N.

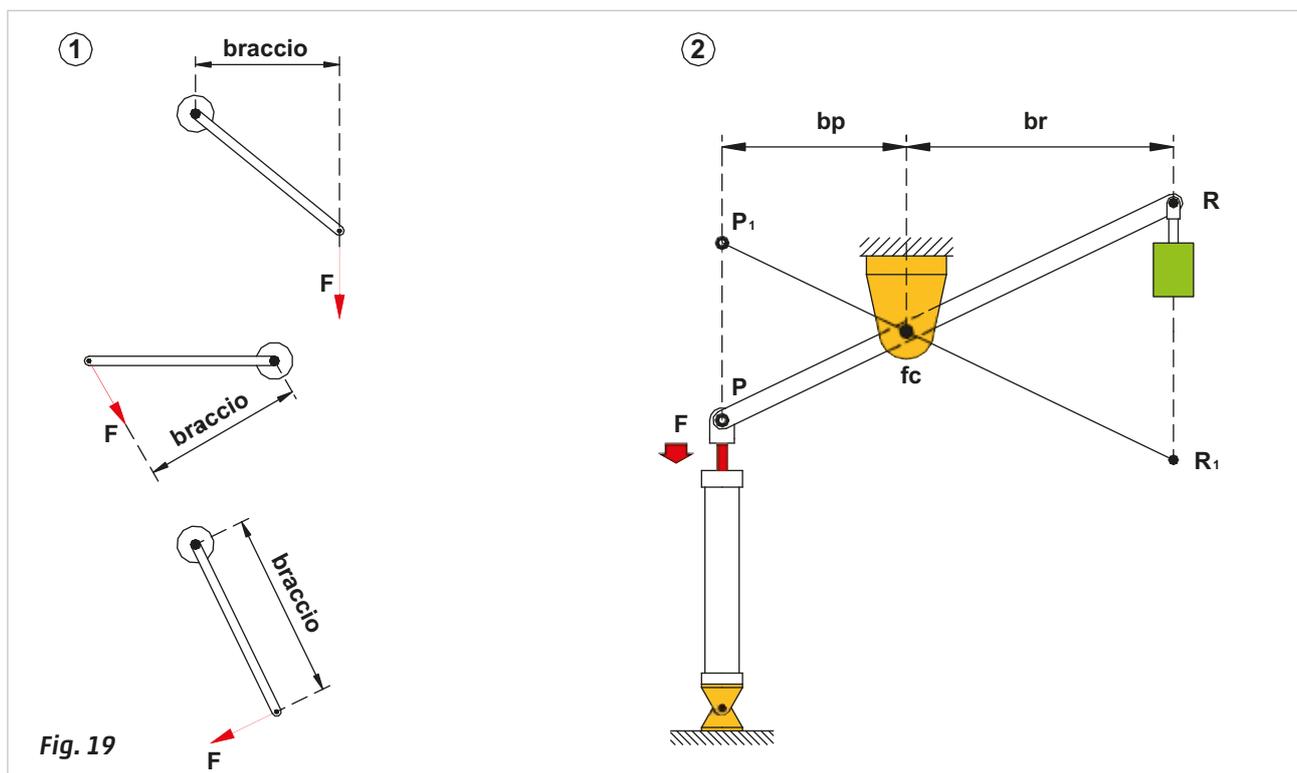


Fig. 19

**Figura 20**

**Pos. 3:** la resistenza  $R$  si trova tra il fulcro  $fc$  e la potenza  $P$  (leva di 2° genere).

Valore del carico  $R = 12 \text{ Kg}$  (120 N)

Il braccio  $b_p = 1000 \text{ mm}$

Distanza del fulcro dal punto di applicazione della resistenza  $fcR = 660 \text{ mm}$

Distanza del fulcro dal punto di applicazione della potenza  $fcP = 1100 \text{ mm}$

il suo stato di equilibrio  $RR_1$  deve essere possibile con uno spostamento di 550 mm.

Calcolo della corsa del cilindro, per la similitudine dei triangoli  $fcPP_1$  e  $fcRR_1$ :

$$fcP : fcR = PP_1 : RR_1 \quad PP_1 = \frac{fcP_1 * RR_1}{fcR} \quad PP_1 = \frac{1100 [mm] * 550 [m]}{660 [mm]} = \mathbf{916 \text{ mm}}$$

calcolo del braccio resistente

$$b_r = \sqrt{(fcR)^2 - (1/2 * RR_1)^2} \quad b_r = \sqrt{(660)^2 - (1/2 * 550)^2} \cong \mathbf{600 \text{ mm}}$$

Per l'equilibrio dei momenti sappiamo che:

$$b_p * F = b_r * R \quad F = \frac{b_r * R}{b_p} \quad F = \frac{600 [mm] * 12 [N]}{1000 [mm]} = \mathbf{72 \text{ N}}$$

La Forza  $F$  necessaria per mettere in equilibrio il sistema è di 72 N.

**Figura 20**

**Pos. 4:** la potenza  $P$  si trova tra il fulcro  $fc$  e la resistenza  $R$  (leva di 3° genere).

Valore del carico  $R = 12 \text{ Kg}$  (120 N)

Il braccio  $b_p = 400 \text{ mm}$

Il braccio  $fcR = 1000 \text{ mm}$

il suo stato di equilibrio deve essere possibile con uno spostamento di 550 mm ( $RR_1$ )

Calcolo della corsa del cilindro, per la similitudine dei triangoli  $fcPP_1$  e  $fcRR_1$ :

$$b_p : b_r = PP_1 : RR_1 \quad PP_1 = \frac{b_p * RR_1}{b_r} \quad PP_1 = \frac{400 [mm] * 550 [m]}{1000 [mm]} = \mathbf{220 \text{ mm}}$$

calcolo della forza del cilindro, per l'equilibrio dei momenti avremo

$$F * b_p = b_r * R \quad F = \frac{b_r * R}{b_p} \quad F = \frac{1000 [mm] * 12 [Kg]}{400 [mm]} = 30 \text{ Kg} \cong \mathbf{300 \text{ N}}$$

La Forza  $F$  necessaria per mettere in equilibrio il sistema è di 300 N.

È buona norma, per un corretto dimensionamento del cilindro, che lo stesso possa sviluppare una forza che sia almeno il 25% in più del valore del carico.

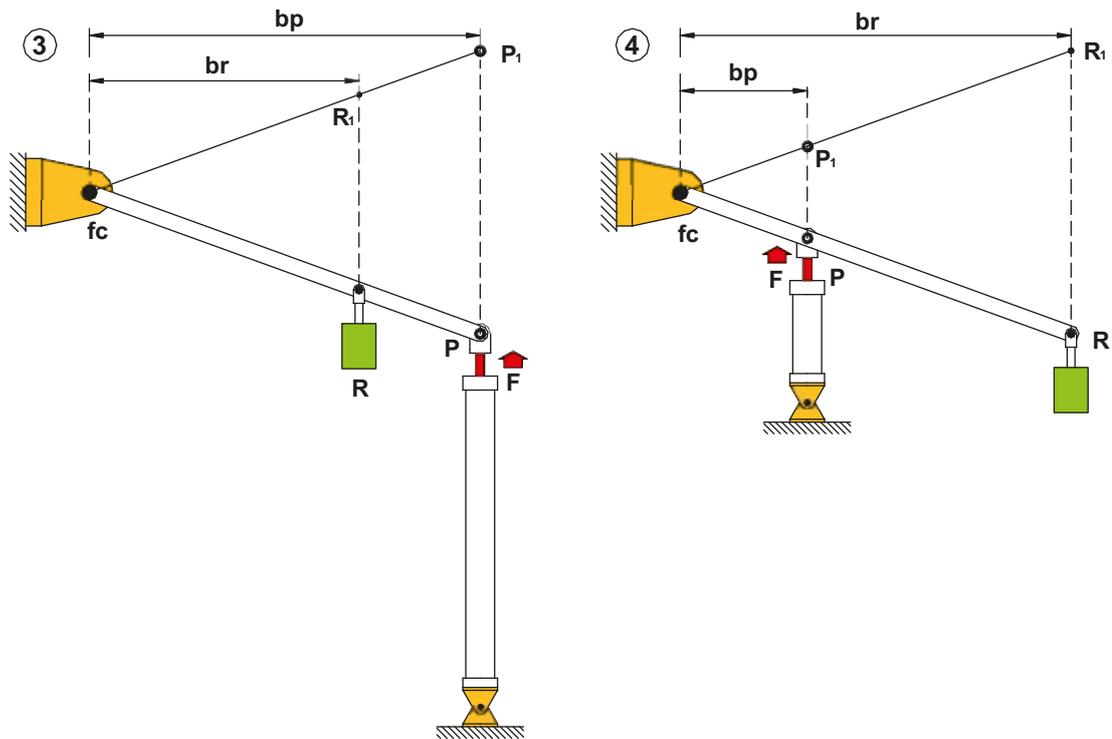


Fig. 20

## Dispositivi per modificare le prestazioni dei cilindri

### La manovella

La manovella è un dispositivo che permette di trasformare il movimento rettilineo di un cilindro in un movimento angolare alternato. È costituita da un'asta rigida con un'estremità imperniata su una forcella che riceve il movimento dal cilindro, l'altra estremità è solidale con un albero a cui trasmette il movimento di rotazione.

Un esempio di manovella è il pedale della bicicletta.

#### Figura 21

**Pos. 1:** tramite una leva, il cilindro deve far compiere una rotazione al perno nella posizione A. Il momento torcente che agisce sul perno equivale a:

$$M_t = F_S * b_{min}$$

$F_S$  è la Forza applicata dal cilindro,  $b_{min}$  è la lunghezza del braccio in questa posizione.

Il momento torcente sviluppato dal cilindro è direttamente proporzionale alla lunghezza del braccio: minore è la lunghezza del braccio, minore è il momento torcente sviluppato.

#### Figura 21

**Pos. 2:** la leva ha raggiunto la posizione in cui la lunghezza del braccio è max., il momento torcente è al max.

$$M_t = F_S * b_{max}$$

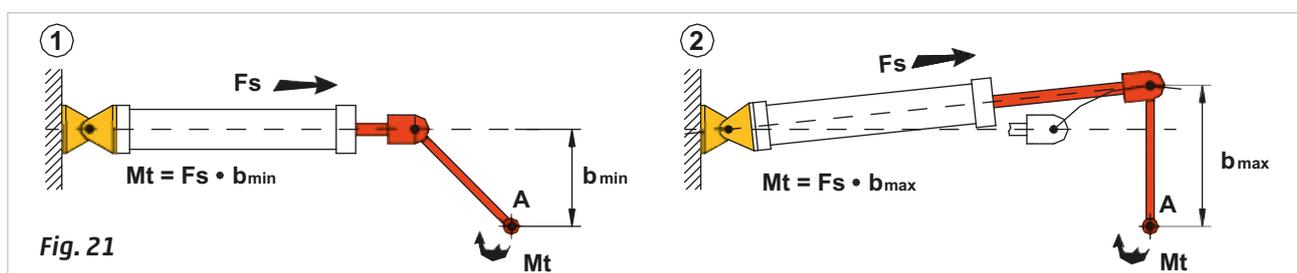


Fig. 21

**Figura 22****Pos. 3:** il braccio si riduce e di conseguenza il momento torcente.Per determinazione della corsa del cilindro rispetto all'angolo  $\beta$  sono necessari:l'angolo  $\beta$ lunghezza della manovella  $r$ valore della quota  $h$ 

Con questi dati otteniamo la lunghezza del braccio

$$b = r * \sin \left( \frac{180^\circ - \beta}{2} \right)$$

Da cui la corsa  $C$ :

$$C = 2 \sqrt{r^2 - b^2}$$

Esempio di calcolo della corsa  $C$  di un cilindroLunghezza della manovella  $r = 500 \text{ mm}$ Angolo  $\beta = 90^\circ$ Calcolo della lunghezza del braccio  $b$ :

$$b = r * \sin \left( \frac{180^\circ - \beta}{2} \right) \quad b = 500 [\text{mm}] * \sin \left( \frac{180^\circ - 90^\circ}{2} \right) \quad b = 500 [\text{mm}] * \sin 45^\circ \quad b = \mathbf{353 \text{ mm}}$$

Calcolo della corsa  $C$ 

$$C = 2 \sqrt{r^2 - b^2} \quad C = 2 \sqrt{500^2 [\text{mm}] - 353^2 [\text{mm}]} \quad C = 2 \sqrt{250000 - 124609} \quad C = \mathbf{708 \text{ mm}}$$

**Figura 22****Pos. 4:** incidenza della variazione dell'angolo sulla corsa e sul diametro del cilindro ipotizzando un momento torcente di  $100 \text{ Nm}$ .Lunghezza della manovella  $r = 450 \text{ mm}$ Angolo  $\alpha = 90^\circ$ Calcolo della lunghezza del braccio  $b_1$ :

$$b_1 = r * \sin \left( \frac{180^\circ - \beta}{2} \right) \quad b_1 = 450 [\text{mm}] * \sin \left( \frac{180^\circ - 90^\circ}{2} \right) \quad b_1 = 450 [\text{mm}] * \sin 45^\circ \quad b_1 = \mathbf{318 \text{ mm}}$$

In questa posizione, per avere i  $100 \text{ Nm}$  di momento torcente sar\`a necessario un cilindro che sviluppi una Forza di:

$$F_s = \frac{M_t}{b_1} \quad F_s = \frac{100 [\text{Nm}]}{0,318 [\text{m}]} \quad F_s = \mathbf{314 \text{ N}}$$

la corsa necessaria al cilindro sar\`a:

$$C = 2 \sqrt{r^2 - b^2} \quad C = 2 \sqrt{450^2 [\text{mm}] - 318^2 [\text{mm}]} \quad C = 2 \sqrt{202500 - 101124} \quad C = \mathbf{636 \text{ mm}}$$

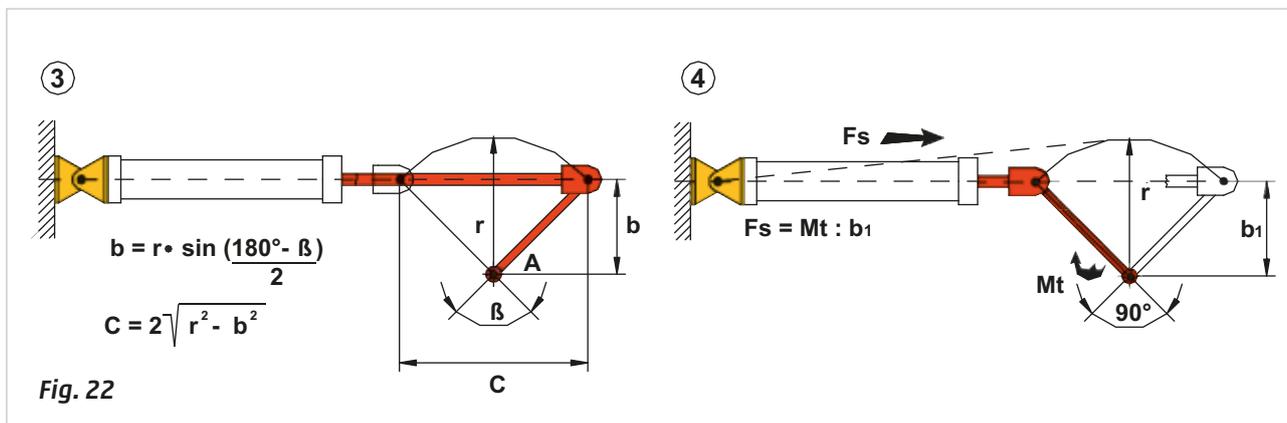


Figura 23

**Pos. 5:** incidenza della variazione dell'angolo sulla corsa e sul diametro del cilindro ipotizzando un momento torcente di 100 Nm.

Lunghezza della manovella  $r = 450 \text{ mm}$

Angolo  $\alpha = 120^\circ$

Calcolo della lunghezza del braccio  $b_2$ :

$$b_2 = r * \sin\left(\frac{180^\circ - \beta}{2}\right) \quad b_2 = 450 [\text{mm}] * \sin\left(\frac{180^\circ - 120^\circ}{2}\right) \quad b_2 = 450 [\text{mm}] * \sin 30^\circ \quad b_2 = \mathbf{225 \text{ mm}}$$

In questa posizione, per avere i 100 Nm di momento torcente sar\`a necessario un cilindro che sviluppi una Forza di:

$$F_s = \frac{M_t}{b_2} \quad F_s = \frac{100 [\text{Nm}]}{0,225 [\text{m}]} \quad F_s = \mathbf{444 \text{ N}}$$

la corsa necessaria al cilindro sar\`a:

$$C = 2\sqrt{r^2 - b^2} \quad C = 2\sqrt{450^2 [\text{mm}] - 225^2 [\text{mm}]} \quad C = 2\sqrt{202500 - 50625} \quad C = \mathbf{779 \text{ mm}}$$

Figura 23

**Pos. 6:** incidenza della variazione dell'angolo sulla corsa e sul diametro del cilindro ipotizzando un momento torcente di 100 Nm.

Lunghezza della manovella  $r = 450 \text{ mm}$

Angolo  $\alpha = 150^\circ$

Calcolo della lunghezza del braccio  $b_3$ :

$$b_3 = r * \sin\left(\frac{180^\circ - \beta}{2}\right) \quad b_3 = 450 [\text{mm}] * \sin\left(\frac{180^\circ - 150^\circ}{2}\right) \quad b_3 = 450 [\text{mm}] * \sin 15^\circ \quad b_3 = \mathbf{116 \text{ mm}}$$

In questa posizione, per avere i 100 Nm di momento torcente sar\`a necessario un cilindro che sviluppi una Forza di:

$$F_s = \frac{M_t}{b_3} \quad F_s = \frac{100 [\text{Nm}]}{0,116 [\text{m}]} \quad F_s = \mathbf{862 \text{ N}}$$

la corsa necessaria al cilindro sar\`a:

$$C = 2\sqrt{r^2 - b^2} \quad C = 2\sqrt{450^2 [\text{mm}] - 116^2 [\text{mm}]} \quad C = 2\sqrt{202500 - 13456} \quad C = \mathbf{869 \text{ mm}}$$

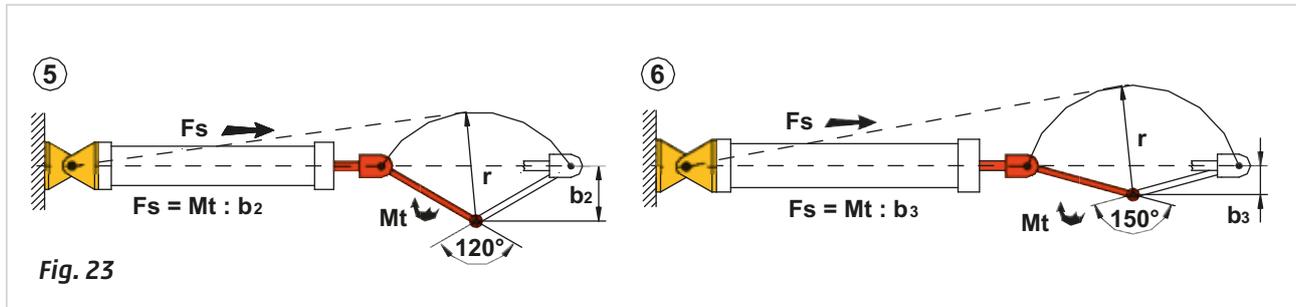


Fig. 23

Dagli esempi risulta che a parità di lunghezza di manovella e di momento torcente da vincere, con l'aumento dell'angolo di rotazione aumenta sia la lunghezza della corsa sia l'alesaggio del cilindro.

Con un ulteriore aumento dell'angolo, che equivale a ridurre ulteriormente il braccio minimo, l'asse di rotazione della manovella si avvicina alla linea d'azione della Forza del cilindro ostacolandone il movimento; da ciò la necessità di utilizzare la manovella solo per angoli di rotazione inferiori a 150°.

Per angoli maggiori si ricorre all'aiuto di cilindri rotanti in cui la trasformazione di movimento avviene all'interno del cilindro stesso (come osserveremo nei prossimi argomenti).

## I ruotismi

Per "ruotismo" si intende il collegamento di almeno due ingranaggi in modo che il moto di uno provochi il moto dell'altro. La risultante del moto fra questi elementi può essere:

- da circolare a circolare;
- da circolare a rettilineo;
- da rettilineo a circolare.

Considerando che il movimento di un cilindro è di tipo rettilineo, il moto che ci interessa è da rettilineo a circolare. L'insieme di ingranaggi capace di trasformare il moto rettilineo in circolare è normalmente definito "pignone-cremagliera" (il pignone è una ruota di diametro piccolo, mentre la cremagliera è una ruota di diametro infinito tanto da essere ricavata su un'asta diritta).

Figura 24

Il moto rettilineo è trasformato in circolare per essere nuovamente trasformato in rettilineo. Il pignone **F** collegato allo stelo ruota sul perno, il vincolo dato dalla cremagliera fissa posta in alto, lo costringe a ruotare in senso antiorario trasferendo il moto alla cremagliera mobile.

Oltre alla corsa **C** del cilindro si aggiunge questa rotazione, questi due moti sommati, si trasmettono alla cremagliera inferiore che esegue una corsa doppia rispetto alla corsa del cilindro.

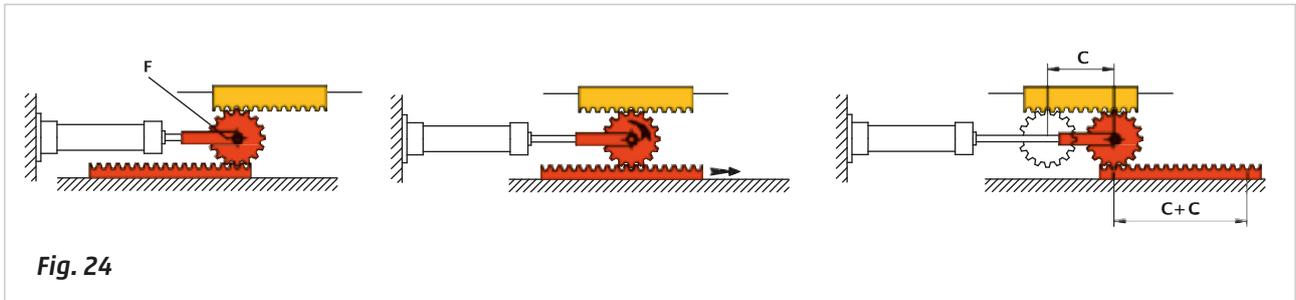


Fig. 24

Figura 25

**Pos. A:** il moto dato alla cremagliera tramite il cilindro è trasformato da rettilineo in rotatorio. Variando il numero di denti del gruppo pignone/cremagliera, è possibile far fare al pignone angoli di rotazione, o un numero di giri diversi.

**Esempio:** Numero di denti cremagliera  $Z_c = 40$

Numero dei denti pignone  $Z_p = 20;$        $Z_p = 40;$        $Z_p = 50;$        $Z_p = 80$

Con la formula seguente formula si calcolano il numero di rotazioni del pignone

$$N_{rot.pign.} = \frac{Z_c}{Z_p} \quad N_{rot.pign.} = \frac{40}{20} = 2 \quad \frac{40}{40} = 1 \quad \frac{40}{50} = 0,8 \quad \frac{40}{80} = 0,5$$

E il corrispondente valore in gradi

$$360 * 2 = 720^\circ$$

$$360 * 1 = 360^\circ$$

$$360 * 0,8 = 288^\circ$$

$$360 * 0,5 = 180^\circ$$

**Pos. B:** meccanismo atto allo spostamento di materiale su piani di differente altezza. Il movimento avviene "passo-passo" mediante una ruota dentata **1**, che ingrana un arpione **2** incernierato sulla manovella **3**, questa è comandata da un cilindro.

Per tutta la lunghezza della corsa positiva del cilindro, l'arpione resta impegnato sempre sullo stesso dente (pos. a - b) mettendo in rotazione la ruota dentata. La corsa del cilindro corrisponde al "passo" necessario. Con il rientro del cilindro, l'arpione si sgancia (pos. c) ripresentandosi davanti ad un altro dente, una volta raggiunta la posizione di finecorsa negativa, il ciclo si ripete.

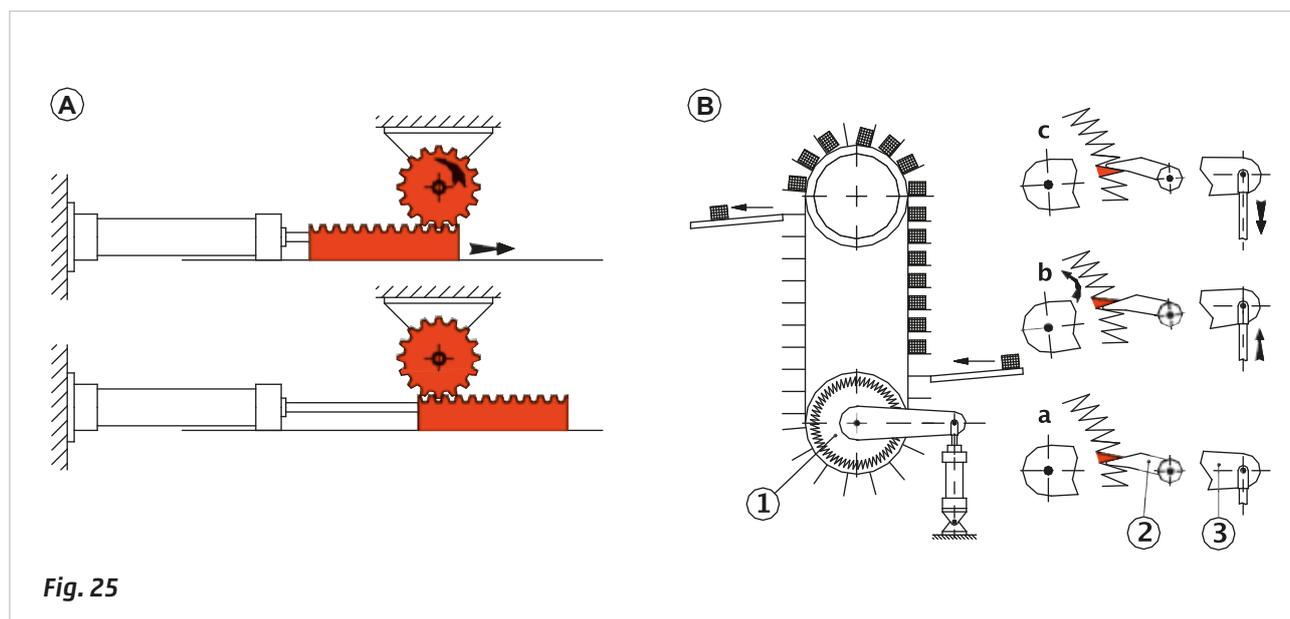


Fig. 25

## Il cuneo

Come osservato nelle sezioni precedenti, la funzione del cilindro non è limitata ad essere quella di movimentare un oggetto, può svolgere numerose attività. In questa sezione, ne analizziamo l'uso come dispositivo di bloccaggio. A volte, in queste attrezzature, è necessario inserire dei dispositivi che assicurino, oltre al bloccaggio del pezzo, anche il mantenimento di questa posizione ad esempio in caso di mancanza di A/C.

Il **cuneo** è un mezzo semplice ed economico che si presta per tale applicazione, consiste in un prisma la cui sezione può essere:

- un triangolo rettangolo, se ha un solo piano inclinato;
- un triangolo isoscele, se è a doppio piano inclinato.

### Figura 26

#### Cuneo semplice

Questo sistema consente di ottenere una Forza elevata  $F_v$  applicando un valore minimo di Forza  $F_s$ .

Modificando il rapporto fra altezza e lunghezza della base, cambia notevolmente il valore di Forza ottenibile.

#### Esempi:

Ipotizziamo di aver bisogno di una Forza  $F_v = 1000 \text{ N}$  con un cuneo di altezza  $a = 10 \text{ mm}$ , e con una base  $b = 100 \text{ mm}$ . Il valore della Forza di spinta da applicare  $F_s$  è dato da:

$$F_s = F_v * \frac{a}{b} \quad 1000 \text{ [N]} * \frac{10 \text{ [mm]}}{100 \text{ [mm]}} = 100 \text{ N} \quad F_s = \mathbf{100 \text{ N}}$$

Dimezzando il valore dell'altezza  $a = 5 \text{ mm}$ , la Forza di spinta  $F_s$  diventa:

$$F_s = F_v * \frac{a}{b} \quad 1000 \text{ [N]} * \frac{5 \text{ [mm]}}{100 \text{ [mm]}} = 50 \text{ N} \quad F_s = \mathbf{50 \text{ N}}$$

Per ottenere una  $F_s = 50 \text{ N}$  mantenendo l'altezza  $a = 10 \text{ mm}$  dovremo avere una base  $b$  di:

$$F_s = F_v * \frac{a}{b} \quad b = \frac{F_v * a}{F_s} \quad \frac{1000 \text{ [N]} * 10 \text{ [mm]}}{50 \text{ [N]}} = 200 \text{ mm} \quad b = \mathbf{200 \text{ mm}}$$

Per dimezzare il valore di  $F_s$  è dunque necessario dimezzare  $a$  oppure raddoppiare  $b$ .

Il cuneo sotto l'effetto della spinta del cilindro compie un movimento rettilineo, come conseguenza per effetto del piano inclinato si genera una Forza  $F_v$  diretta in senso perpendicolare a  $F_s$ .

Un cilindro ha una corsa  $C = 50 \text{ mm}$  è collegato ad un cuneo di altezza  $a = 10 \text{ mm}$  con una base  $b = 100 \text{ mm}$ ; quale è lo spostamento  $s$  in altezza?

Per trovare  $s$  utilizziamo la formula:

$$s = a * \frac{C}{b} \quad 10 [\text{mm}] * \frac{50 [\text{mm}]}{100 [\text{mm}]} = 5 \text{ N} \quad s = \mathbf{5 \text{ mm}}$$

Determiniamo  $s$  nel caso  $a = 5 \text{ mm}$  e  $b = 100 \text{ mm}$ :

$$s = a * \frac{C}{b} \quad 5 [\text{mm}] * \frac{50 [\text{mm}]}{100 [\text{mm}]} = 2,5 \text{ mm} \quad s = \mathbf{2,5 \text{ mm}}$$

Cambiando i termini dell'esempio: con un cuneo di altezza  $a = 10 \text{ mm}$  e base  $b = 100 \text{ mm}$  si ha uno spostamento  $s = 4 \text{ mm}$ ; determiniamo il valore della corsa  $C$  del cuneo.

Utilizzando la formula precedente in modo inverso:

$$C = s * \frac{b}{a} \quad 4 [\text{mm}] * \frac{100 [\text{mm}]}{10 [\text{mm}]} = 40 \text{ mm} \quad C = \mathbf{40 \text{ mm}}$$

Con  $a = 5 \text{ mm}$  e  $b = 100 \text{ mm}$ :

$$C = s * \frac{b}{a} \quad 4 [\text{mm}] * \frac{100 [\text{mm}]}{5 [\text{mm}]} = 80 \text{ mm} \quad C = \mathbf{80 \text{ mm}}$$

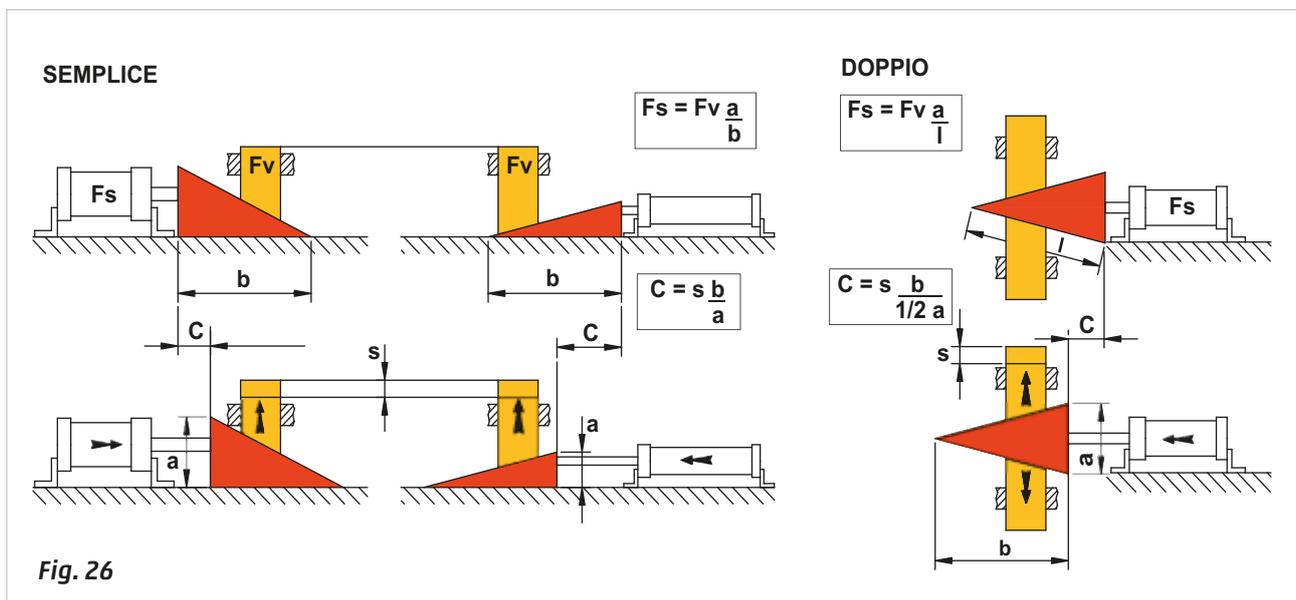
Al dimezzarsi dell'altezza  $a$  la corsa  $C$  raddoppia.

### Figura 26

#### Cuneo doppio

Questo sistema consente di ottenere la stessa Forza  $F_v$  sui due piani inclinati applicando un valore minimo di Forza  $F_s$ . In questo caso il cuneo ha una sezione con forma di triangolo isoscele con dimensioni  $a = 10 \text{ mm}$  e  $b = 100 \text{ mm}$ , con una Forza di spinta  $F_s = 100 \text{ N}$ , si ottengono due Forze opposte una verso l'alto e una verso il basso perpendicolari alla Forza  $F_s$ .

$$F_s = F_v * \frac{a}{b} \quad F_v = F_s * \frac{b}{a} \quad 100 [\text{N}] * \frac{100 [\text{mm}]}{10 [\text{mm}]} = 1000 \text{ N} \quad F_v = \mathbf{1000 \text{ N}}$$

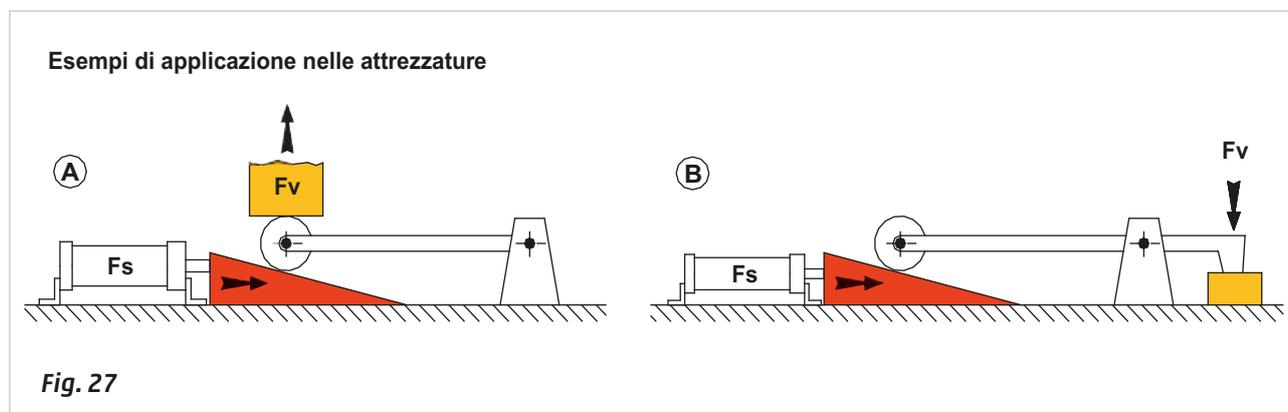


Le figure in basso danno alcuni esempi dell'utilizzo del cuneo.

### Figura 27

**Pos. A:** il piano del carico  $F_v$  non è sottoposto a strisciamento con il piano del cuneo durante la fase di sollevamento, interponendo un elemento circolare si trasforma l'attrito radente in volvente migliorando la condizione di lavoro.

**Pos. B:** con la combinazione cuneo-leva, oltre ad un maggior rapporto di riduzione tra Forza  $F_s$  e  $F_v$ , si modificano i punti di applicazione delle due Forze.



## Cilindri rotanti

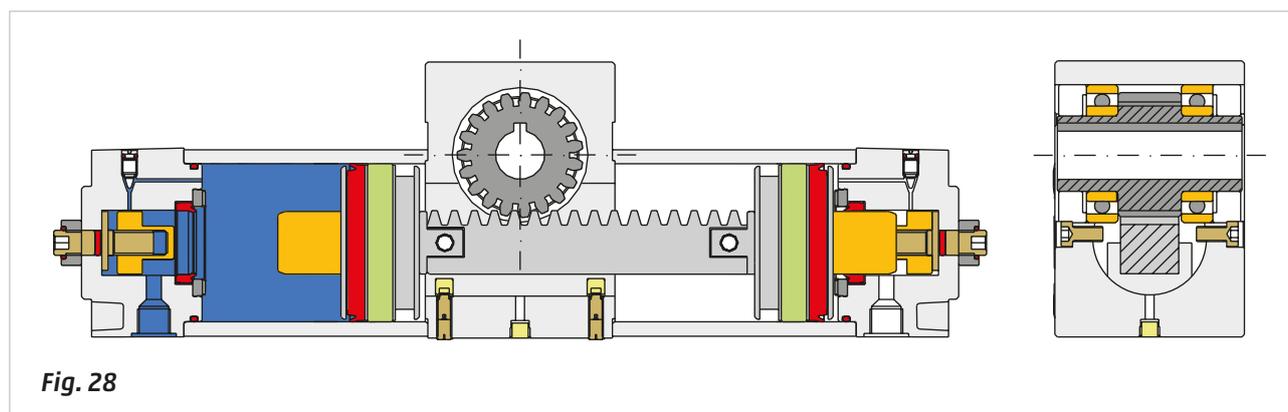
### Figura 28

Il cilindro rotante riassume alcune caratteristiche già esaminate nei precedenti capitoli in cui abbiamo mostrato come collegare un cilindro tradizionale ad una manovella o ad un ruotismo.

All'interno del cilindro rotante si trova il gruppo pignone/cremagliera, collegato ai due pistoni completi di anello magnetico a loro volta alloggiati nelle relative camere.

Il movimento della cremagliera avviene tramite il movimento dei pistoni. Le testate sono dotate di dispositivo di ammortizzo di finecorsa e viti di regolazione dell'ampiezza angolare, delle viti di registro sul corpo centrale permettono la compensazione del gioco fra pignone e cremagliera.

Gli angoli di rotazione normalmente sono di  $90^\circ$  e  $180^\circ$ . L'ampiezza dell'angolo dipende dalla lunghezza della cremagliera e dal numero di denti del pignone. Dalla distanza, espressa in metri, che intercorre tra l'asse del pignone e quello della cremagliera, ha origine il **momento torcente**  $M_t$ ; questo valore è determinante per la scelta del cilindro. Il momento è espresso in  $Kgm$  o  $Nm$  e si ottiene moltiplicando la Forza di spinta del pistone sulla cremagliera, per il diametro primitivo del pignone.



### Figura 29

**Pos. 1:** indichiamo con  $a$  la distanza che intercorre tra l'asse del pignone e quello della cremagliera, e con  $F_1$  la Forza sviluppata dal pistone, il momento del cilindro è uguale al prodotto dei due valori, ossia:

$$M_t = F_1 * a$$

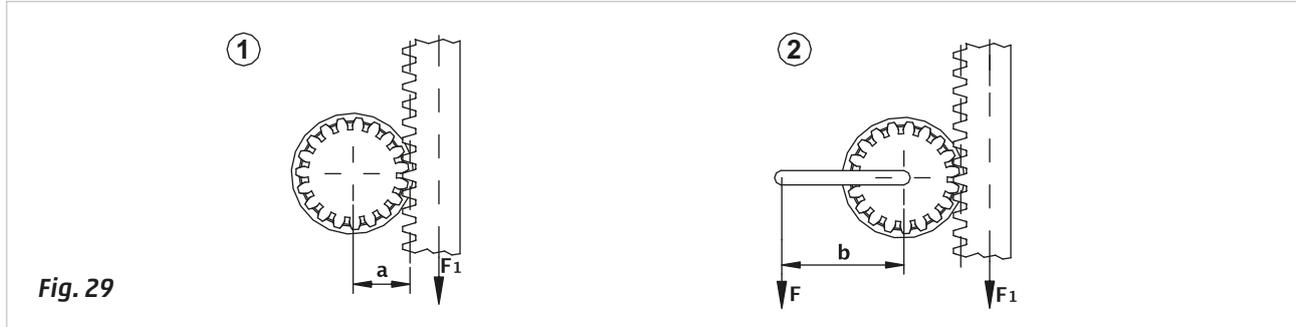
Dato che la Forza è in funzione della pressione lo è anche il momento torcente.

**Figura 29**

**Pos. 2:** un'estremità del braccio  $b$  è collegata con l'albero del pignone mentre l'altra sopporta un peso corrispondente ad una Forza  $F$ . Affinché il sistema resti in equilibrio, cioè il cilindro non consenta il movimento del peso, è necessaria l'uguaglianza dei due momenti:

$$F_1 * a = F * b$$

In realtà, dato che il peso corrispondente alla Forza  $F$  deve essere movimentato, il momento del cilindro deve essere maggiore.

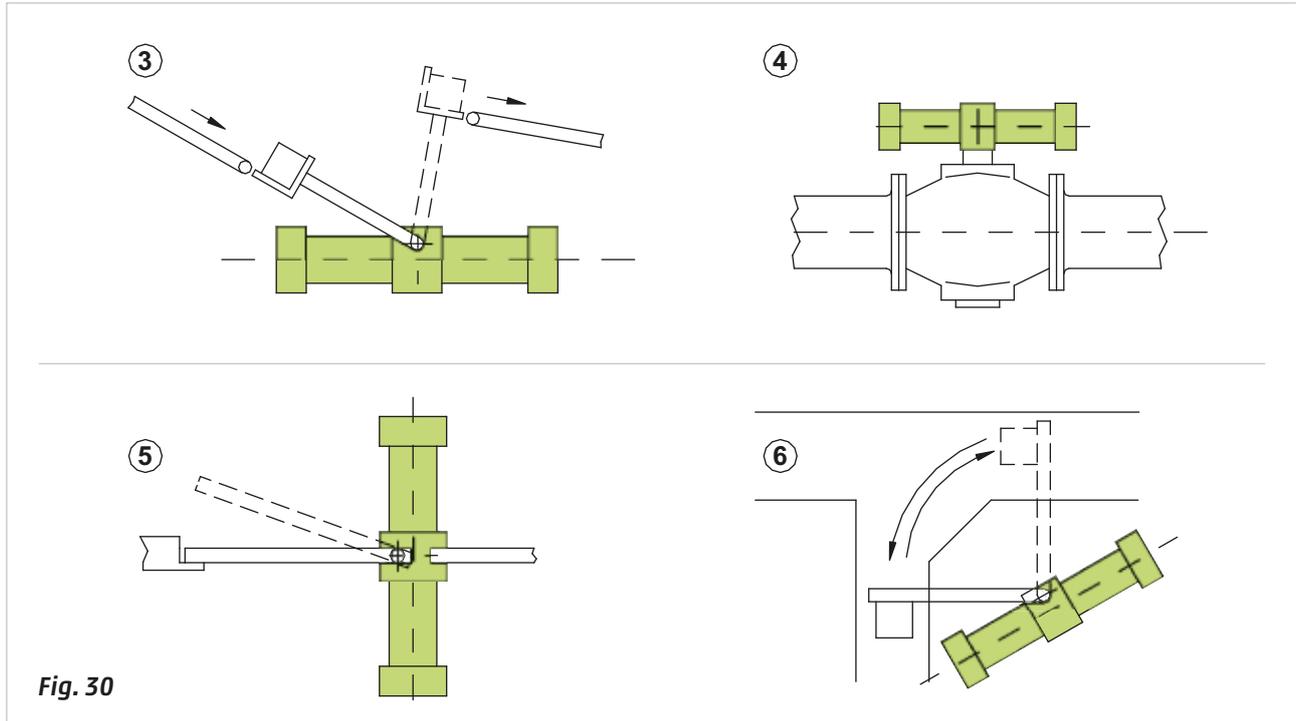
**Figura 30**

**Pos. 3:** sollevamento di un pezzo da una linea di lavorazione inferiore a una superiore.

**Pos. 4:** azionamento di una valvola a farfalla.

**Pos. 5:** apertura di una porta battente.

**Pos. 6:** smistamento di un elemento da scartare, il cilindro dalla sua posizione di riposo si predispone per fermare e spostare l'elemento in un'altra direzione.



## Cilindri magnetici

Nei circuiti pneumatici, un cilindro è quasi sempre corredato da dispositivi che hanno lo scopo di rilevare la posizione di finecorsa del gruppo stelo/pistone. Questi dispositivi possono essere azionati tramite lo stelo o il pistone.

Inserendo un magnete permanente nel pistone è possibile, tramite questi dispositivi definiti **sensori o finecorsa magnetici**, rilevarne il campo magnetico generato.

L'orientamento delle linee di Forza del magnete è tale da essere massimo solo sulla verticale, in corrispondenza del posizionamento del finecorsa sulla parte esterna del cilindro.

Le componenti con le quali è costruito il cilindro devono essere in materiale amagnetico e nel caso fossero presenti materiali diversi, la loro massa non deve influenzare le linee di Forza generate dal magnete.

### Figura 31

**Pos. 1:** costruzione di un pistone con anello magnetico.

Le dimensioni, la geometria e la distanza del sensore dal magnete sono elementi importantissimi per un corretto funzionamento del sistema. Un campo magnetico troppo forte può essere rilevato non solo sulla verticale ma anche lateralmente, generando una corsa di contatto lunga, un campo magnetico debole potrebbe essere rilevato solo nelle posizioni terminali e non durante la corsa. Il costruttore dei cilindri fornisce anche sensori adeguati alle caratteristiche del campo magnetico.

**Pos. 2:** il sensore è un particolare tipo di interruttore elettrico che modifica la posizione del contatto in presenza di un campo magnetico esterno. Normalmente a riposo il contatto è di tipo **aperto** ossia non c'è passaggio di corrente. I sensori possono essere applicati ai tiranti oppure inseriti nelle sedi ricavate sulla camicia dei cilindri, senza l'ausilio di staffe o adattatori. La quota  $b$  indica l'ampiezza del campo magnetico, in cui si chiude il contatto. La quota  $H$  è il valore dell'isteresi ossia il ritardo sull'effetto di magnetizzazione e smagnetizzazione del sensore. Il campo di funzionamento, per effetto dell'isteresi è sfasato della quota  $H$  nel senso opposto alla direzione di traslazione del gruppo stelo/pistone.

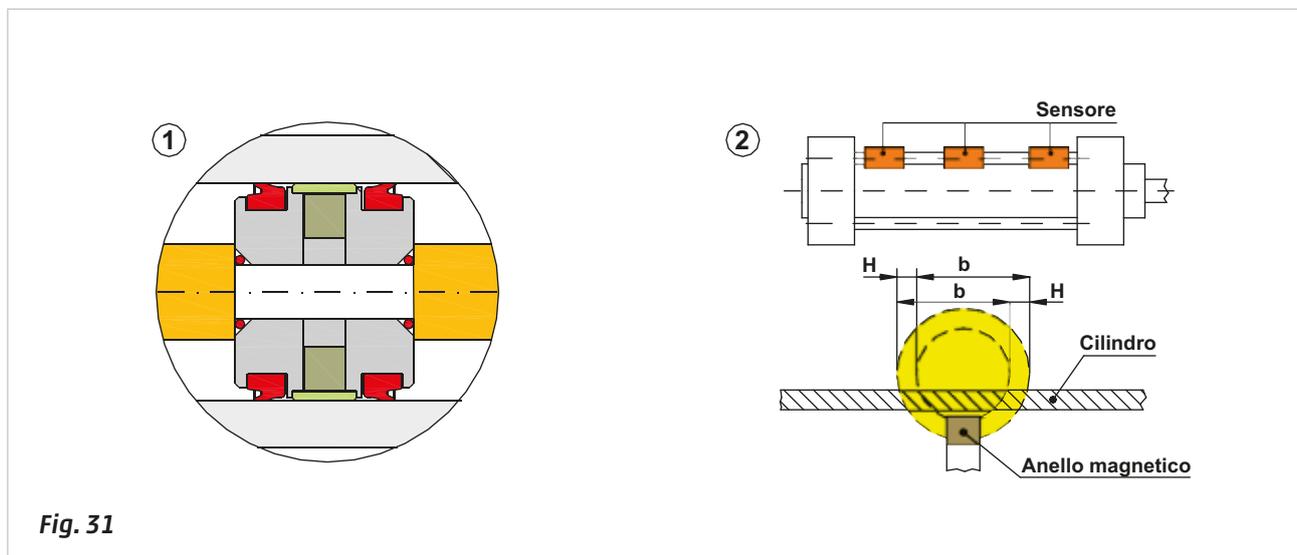


Fig. 31

### Figura 32

Corsa positiva, comportamento del sensore.

**A:** il campo magnetico comincia a manifestarsi sul sensore ma la Forza generata non è sufficiente a muovere il contatto elettrico. (isteresi  $H$ ).

**B:** il sensore si trova nella zona di massima attrazione del campo magnetico, il contatto elettrico si chiude e resta chiuso per la lunghezza  $b$ .

**C:** il campo magnetico si allontana dal sensore ma la Forza è ancora sufficiente a mantenere chiuso il contatto.

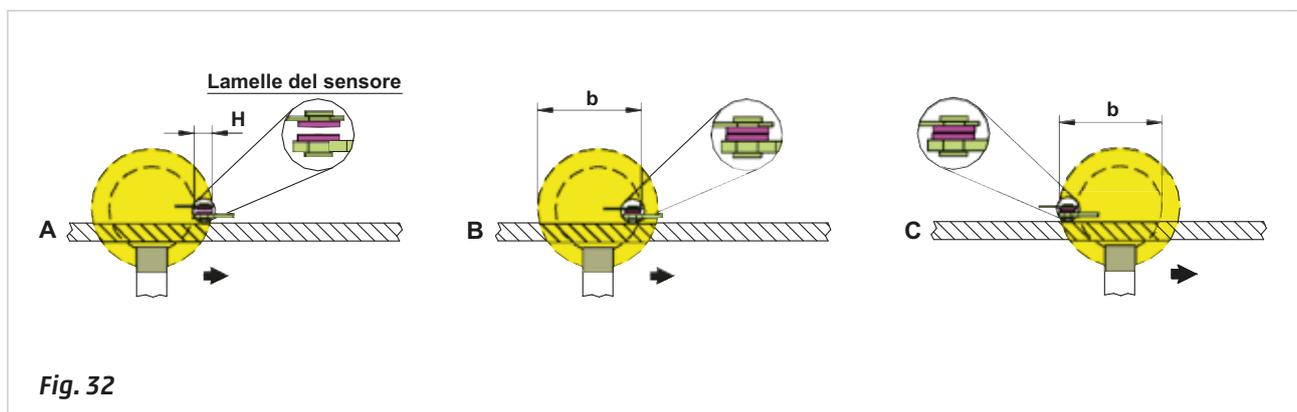


Fig. 32

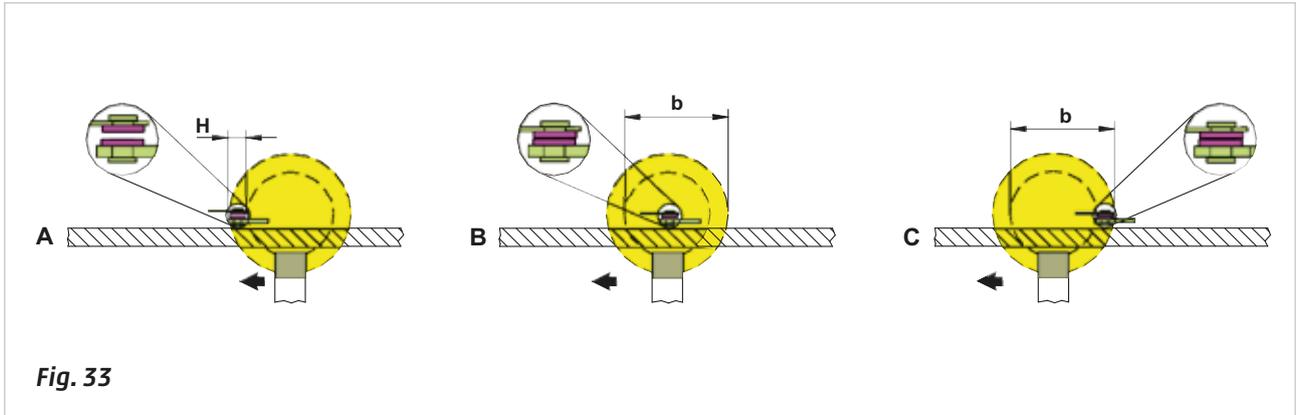
**Figura 33**

Corsa negativa, comportamento del sensore.

**A:** il campo magnetico comincia a manifestarsi sul sensore ma la Forza generata non è sufficiente a muovere il contatto elettrico. (isteresi  $H$ ).

**B:** il sensore si trova nella zona di massima attrazione del campo magnetico, il contatto elettrico si chiude e resta chiuso per la lunghezza  $b$ .

**C:** il campo magnetico si allontana dal sensore ma la Forza è ancora sufficiente a mantenere chiuso il contatto.



**Fig. 33**

Le corse di contatto sono rilevabili nei cataloghi dei costruttori di cilindri.

Alcune informazioni utili per il corretto impiego dei sensori:

- la durata dei sensori dipende dal carico collegato e dal numero di manovre da effettuare,
- il valore di corrente massima è riferito a contatti chiusi,
- il sensore può essere influenzato da campi magnetici proveniente dalla vicinanza di grossi motori elettrici, da cariche elettrostatiche provocate da corpi in movimento, ecc.

## Cilindri in altre esecuzioni

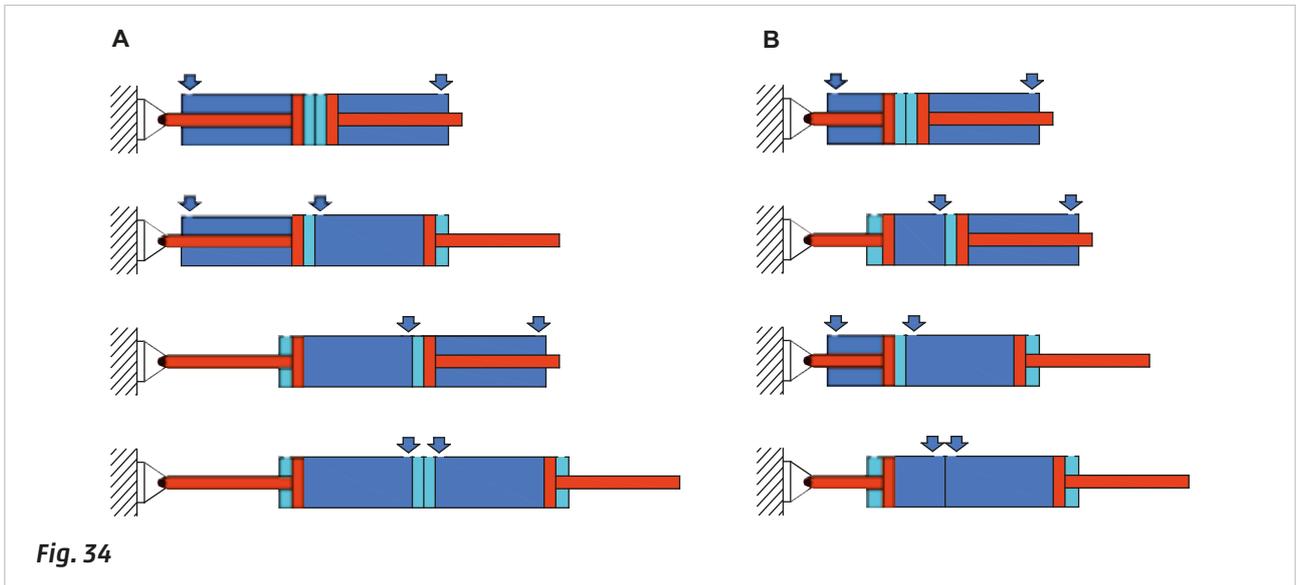
I cilindri analizzati hanno la caratteristica di avere un unico stelo e un unico pistone, esistono versioni con caratteristiche diverse, ad esempio:

**Figura 34****Cilindri contrapposti**

Con un cilindro normale possiamo ottenere due posizioni definite da ciascuna corsa del gruppo stelo/pistone, unendo rigidamente le testate posteriori di due cilindri, possiamo realizzare:

**A:** tre posizioni se le corse dei cilindri sono uguali

**B:** quattro posizioni se le corse dei cilindri sono diverse.



**Fig. 34**

### Figura 35 Cilindri tandem

Abbiamo già verificato che la Forza sviluppata da un cilindro dipende dalla pressione e dal diametro del pistone. Quando la Forza richiesta è elevata e non si ha la possibilità di aumentare il diametro del pistone è possibile utilizzare una soluzione alternativa come i cilindri in tandem.

Sono costituiti da un unico cilindro con doppie camere e doppi pistoni dove lo stelo del primo pistone è collegato meccanicamente al secondo pistone. La Forza di spinta risultante è data, leggermente ridotta per gli attriti, dalla somma delle aree dei due pistoni per la pressione che agisce su di esse.

I cilindri tandem possono avere più pistoni in serie e sono definiti a due, tre, quattro stadi in base al numero di pistoni.

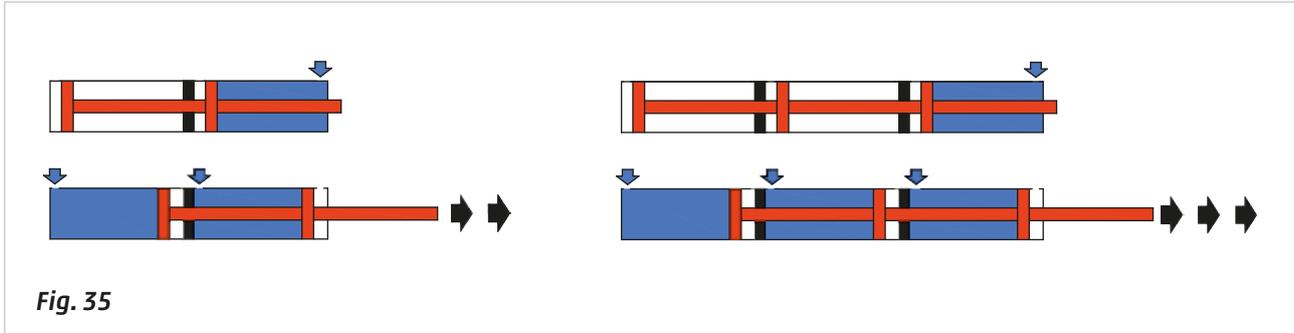


Fig. 35

### Figura 36 Cilindri a più posizioni

Quando si richiedono diverse posizioni al gruppo stelo/pistone, si utilizza il cilindro a più posizioni. È paragonabile ad una soluzione dove il primo pistone spinge quello adiacente, il quale spinge quello a lui adiacente e analogamente per tutti i pistoni. Le corse del cilindro possono essere uguali o diverse. Alimentando pneumaticamente la camera anteriore del pistone si crea un effetto di molla pneumatica che riposiziona a finecorsa posteriore tutti i pistoni. Mantenendo un valore di pressione limitato sulla camera anteriore ed alimentando successivamente le camere posteriori è possibile ottenere le varie corse. La stessa situazione si verifica in fase di rientro, scaricando successivamente le camere posteriori. È importante mantenere una pressione costante e di basso valore nella camera anteriore per evitare dei posizionamenti non voluti.

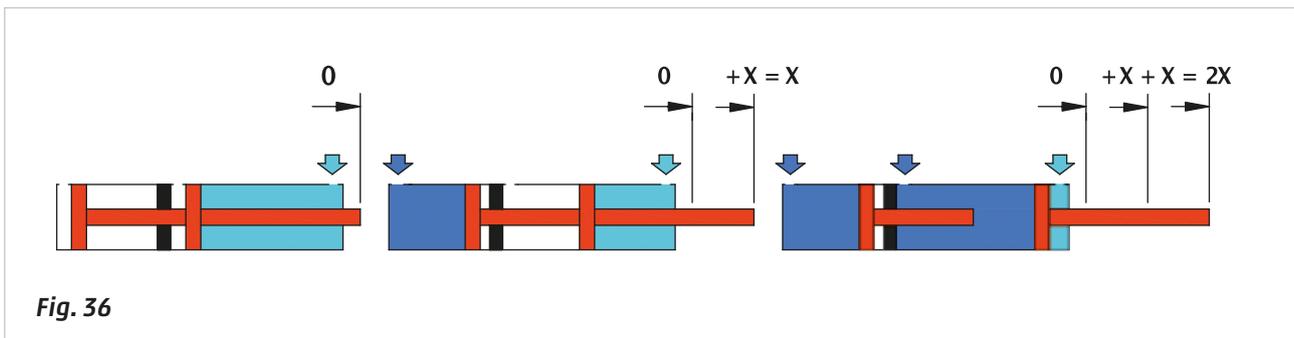


Fig. 36

### Figura 37 Cilindri senza stelo

In questi cilindri, lo stelo è costituito da un carrello esterno collegato ad un pistone interno alla camicia del cilindro. La camicia è tagliata longitudinalmente e le tenute sono realizzate con lamine in acciaio, o con guarnizioni con un profilo specifico. Non avendo lo stelo, le superfici di spinta e di trazione sono uguali e a parità di pressione lo è anche la Forza. Questo tipo di costruzione ha come vantaggio l'ingombro, se in un cilindro tradizionale la dimensione, una volta estratto lo stelo, è almeno, due volte la corsa, con questo tipo di costruzione sono notevolmente ridotte. Questa caratteristica, con corse ridotte non è valida.

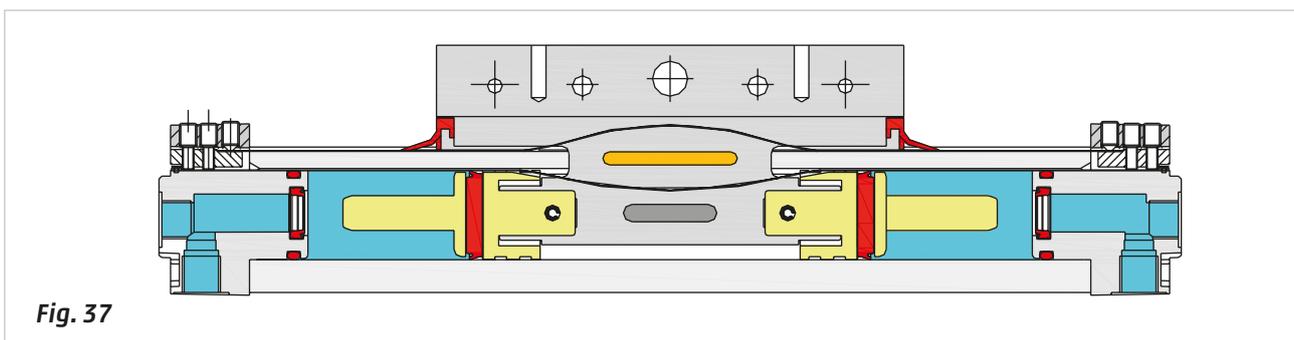


Fig. 37

## Consumo d'aria libera in un cilindro

L'aria libera, cioè quella che ci circonda, è una fonte di energia a costo zero, tuttavia, affinché acquisti energia, deve essere compressa e accumulata. Questo passaggio avviene grazie all'energia elettrica che, avendo un costo di produzione, influenza anche il conseguente prezzo dell'energia pneumatica. Il costo dell'energia pneumatica è relativo ad un determinato volume di **aria libera**, e non ad un determinato volume di **aria compressa**.

La quantità di aria libera che il compressore deve aspirare e comprimere alla pressione desiderata è definita come  $Nm^3$  normal metro cubo. Ipotizzando che un compressore con una potenza di 11 KW fornisca una quantità d'aria pari a 1400  $Nl/min$ . ossia 84  $Nm^3/h$  (considerando una pressione di 10 bar), che il costo di 1 KW di energia elettrica sia 0,10 € e che il compressore resti attivo per un ora, la spesa per la produzione dell'aria compressa è:

$$\text{Costo} = 11 * 0,10 = 1,1 \text{ €/h}$$

Ipotizzando che le apparecchiature pneumatiche sull'impianto abbiano un consumo di 600  $Nl/min$ . → 36  $Nm^3/h$  significa che il compressore rimane in funzione per il:

$$36 / 84 = 0,43 * 100 = 43 \%$$

Il costo giornaliero di energia elettrica per produrre questa quantità di aria è:

$$\text{Costo} = 1,1 * 0,43 = 0,473 \text{ €}$$

per 220 giorni lavorativi

$$220 * 8 = 1760 \text{ ore}$$

$$1760 * 0,473 = \mathbf{832,48 \text{ €}}$$

Un compressore, per elevare la pressione in un serbatoio, deve aspirare e comprimere una quantità maggiore di aria libera, più alto è il valore di pressione da ottenere più lungo sarà il tempo di funzionamento e di conseguenza il costo.

### Figura 38

**Q:** è la quantità di aria libera espressa in  $Nl$  che il compressore deve fornire al cilindro per compiere un determinato lavoro.

**Q<sub>s</sub>:** con il pistone contro la testata anteriore, il volume da riempire è quello corrispondente alla corsa positiva; il suo valore è dato dal prodotto della superficie del pistone per la corsa stessa. Noto il volume si calcola quanti  $dm^3$  di A/C sono contenuti nella camera del cilindro ad esempio con una pressione di 6 bar.

La pressione relativa di 6 bar corrisponde ad una pressione assoluta  $(6 + 1) = 7 \text{ bar}$ .

Nel calcolo del consumo di aria libera, dobbiamo considerare questo valore di pressione.

**Q<sub>t</sub>:** analogamente a  $Q_s$  con la differenza che, per la presenza dello stelo, il volume della camera negativa è inferiore a quello della camera positiva.

**n:** numero di cicli è il dato indispensabile per calcolare la quantità d'aria libera che il compressore deve fornire al cilindro perché possa compiere le operazioni previste nell'unità di tempo. La somma delle quantità d'aria  $Q_s$  e  $Q_t$ , relative alle quantità d'aria delle singole corse, va moltiplicata per i cicli che il cilindro compie in un minuto.

Nel caso di più cilindri funzionanti contemporaneamente, le rispettive quantità  $Q_s$  e  $Q_t$  devono essere sommate per calcolare la quantità d'aria libera necessaria al circuito.

Per un calcolo preciso del consumo  $Q$  occorre considerare le eventuali differenze di pressione e il numero di corse al minuto (corsa positiva e negativa).

**Esempio:** cilindro con diametro  $D = 32 \text{ mm}$

stelo  $d = 12 \text{ mm}$

corsa  $C = 200 \text{ mm}$

numero di cicli  $n = 10 \text{ al minuto}$

pressione alimentazione camera positiva  $p_s = 6 \text{ bar}$

pressione alimentazione camera negativa  $p_t = 4 \text{ bar}$ .

$$\text{Superficie camera positiva} \quad S_s = \frac{\pi * D^2}{4} \quad \frac{3,14 * 32^2}{4} = \mathbf{803 \text{ mm}^2}$$

Superficie camera negativa

$$S_t = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4}$$

$$\frac{3,14 * (32^2 - 12^2)}{4} = \mathbf{690 \text{ mm}^2}$$

Volume camera positiva

$$V_s = S_s * C$$

$$V_s = 803 [\text{mm}^2] * 200 [\text{mm}] = 160600 [\text{mm}^3]$$

$$V_s = \mathbf{0,160 \text{ dm}^3}$$

Volume camera negativa

$$V_t = S_t * C$$

$$V_t = 690 [\text{mm}^2] * 200 [\text{mm}] = 138000 [\text{mm}^3]$$

$$V_t = \mathbf{0,138 \text{ dm}^3}$$

Quantità di aria libera necessaria per riempire il volume delle due camere  $V_s$  e  $V_t$  considerando una pressione  $p_s = 6 \text{ bar}$  e  $p_t = 4 \text{ bar}$ :

$$Q_s = V_s * (p_s + 1)$$

$$Q_s = 0,160 [\text{dm}^3] * (6 + 1) [\text{bar}] = \mathbf{1,12 \text{ NI}}$$

$$Q_t = V_t * (p_t + 1)$$

$$Q_t = 0,138 [\text{dm}^3] * (4 + 1) [\text{bar}] = \mathbf{0,69 \text{ NI}}$$

Quantità di aria necessaria al minuto

$$Q = (Q_s + Q_t) * n$$

$$Q = (1,12 + 0,69) * 10 = \mathbf{18,1 \text{ NI / min}}$$

Con una pressione di alimentazione in entrambe le camere di 6 bar, la quantità di aria libera è:

$$Q_s = V_s * (p_s + 1)$$

$$Q_s = 0,160 [\text{dm}^3] * (6 + 1) [\text{bar}] = \mathbf{1,12 \text{ NI}}$$

$$Q_t = V_t * (p_t + 1)$$

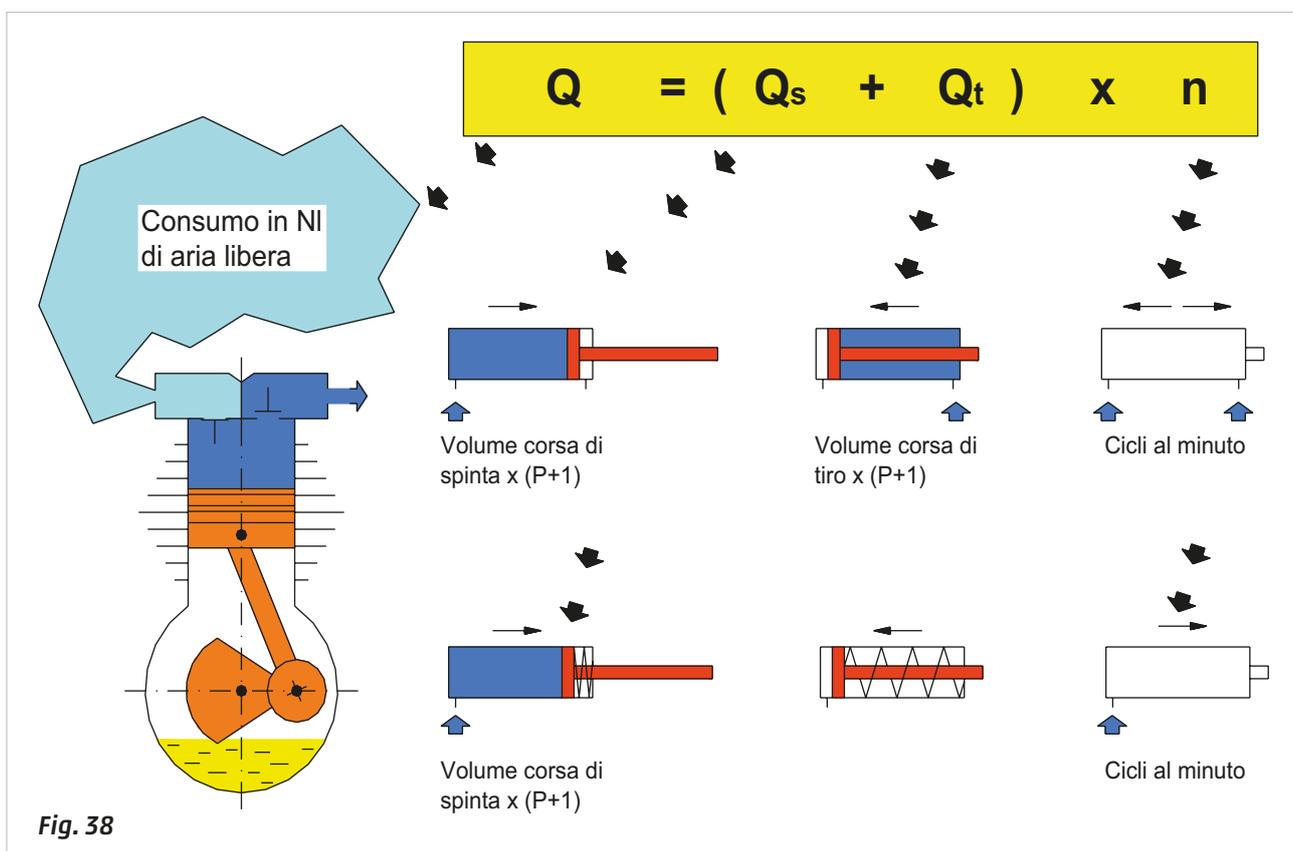
$$Q_t = 0,138 [\text{dm}^3] * (6 + 1) [\text{bar}] = \mathbf{0,96 \text{ NI}}$$

Quantità di aria necessaria al minuto

$$Q = (Q_s + Q_t) * n$$

$$Q = (1,12 + 0,96) * 10 = \mathbf{20,86 \text{ NI / min}}$$

Nel caso di cilindri a S.E., il consumo d'aria è limitato alla sola camera positiva.



## Richiesta di aria in un cilindro pneumatico

Nel precedente paragrafo abbiamo analizzato come determinare il consumo di aria, ossia la quantità di aria che il compressore deve produrre per alimentare costantemente l'impianto pneumatico, ora analizziamo la richiesta di aria compressa di un cilindro pneumatico ossia la quantità di aria necessaria a far compiere un determinato lavoro nel tempo voluto.

**Figura 39**

**Esempio:** cilindro con diametro  $D = 50 \text{ mm}$

corsa  $C = 250 \text{ mm}$

con una pressione  $p = 6 \text{ bar}$  deve compiere la corsa positiva in  $1,5 \text{ secondi}$ .

In base al tempo a disposizione bisogna dimensionare la valvola di comando e le tubazioni di collegamento.

### Calcolo del consumo di A/C durante la corsa positiva.

Superficie di spinta del cilindro	$S = r^2 * \pi$	$S = 3,14 * 25^2$	$S = \mathbf{1962 \text{ mm}^2}$
Volume camera di spinta	$V_s = S * C$	$V_s = 1962 * 250$	$V_s = 490.625 \text{ mm}^3$
	$Q_s = V_s * (p + 1)$	$Q_s = 0,49 * (6 + 1)$	$Q_s = \mathbf{3,43 \text{ NI}}$

Questa quantità di aria deve essere inserita nella camera posteriore del cilindro in un tempo  $t = 1,5 \text{ s}$  la portata richiesta  $Q_{rs}$  alla valvola di comando è:

$$Q_{rs} = \frac{Q_s}{t} \quad Q_{rs} = \frac{3,43}{1,5} \quad Q_{rs} = 2,29 \text{ NI/s} \quad Q_{rs} = \mathbf{137 \text{ NI / min}}$$

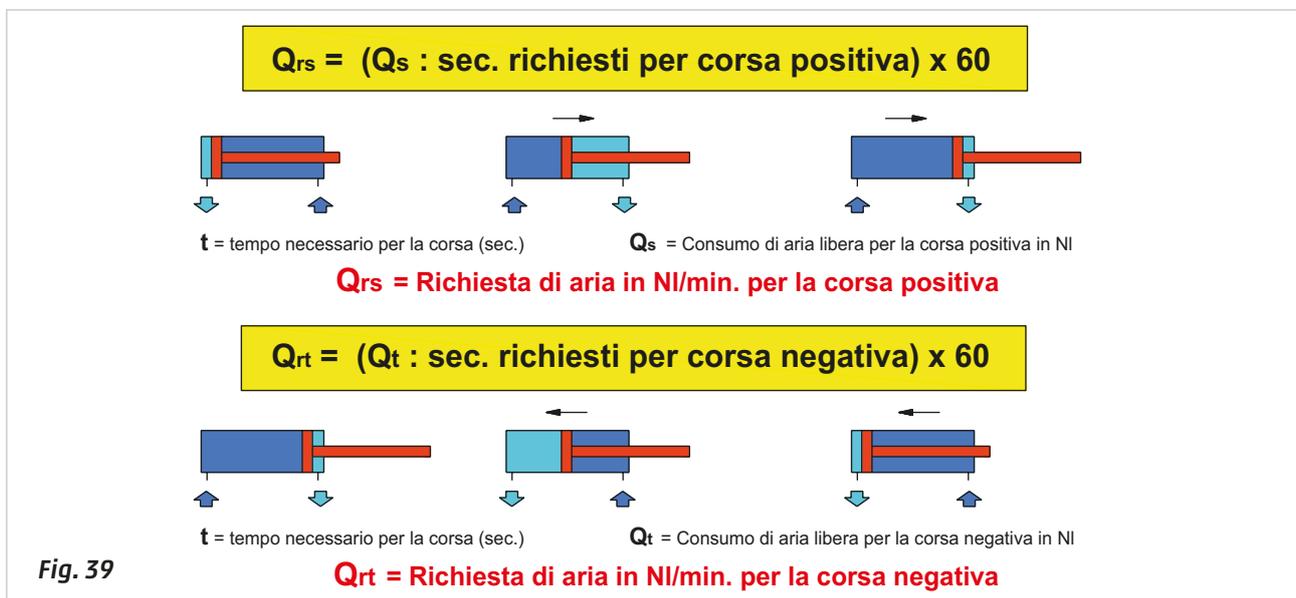
La velocità media del cilindro è:

$$V = \frac{C}{t} \quad V = \frac{250}{1,5} \quad V = \mathbf{167 \text{ mm / s}}$$

Riducendo il tempo della corsa a  $1 \text{ s}$ , la richiesta d'aria  $Q_{rs}$  diventa:

$$Q_{rs} = \frac{Q_s}{t} \quad Q_{rs} = \frac{3,43}{1} \quad Q_{rs} = 3,43 \text{ NI/s} \quad Q_{rs} = \mathbf{206 \text{ NI / min}}$$

Aumentando la velocità aumenta la richiesta di aria pertanto la valvola di comando deve essere dimensionata in modo adeguato.



**Fig. 39**

## Freno idraulico

Le guarnizioni dei cilindri pneumatici possono non essere completamente compatibili con gli oli utilizzati nei freni idraulici, per questo motivo, i freni idraulici sono indipendenti dal cilindro pneumatico.

Il freno idraulico, è costituito da un cilindro con relativo serbatoio di compensazione e può essere equipaggiato con:

regolatori di flusso, per regolare la velocità in:

- spinta
- tiro
- o in entrambe le direzioni.

valvole di:

- Skip (per avere la massima accelerazione)
- Stop (per il blocco del movimento)

Entrambe queste valvole, by-passano le regolazioni di velocità.

### Figura 40

**Pos. 1:** l'olio presente nelle due camere si trova in un circuito chiuso e le valvole regolatrici di flusso consentono la regolazione della velocità nei due sensi. La riserva di olio contenuta nel serbatoio ha la funzione di compensare la differenza di volume esistente fra la camera anteriore e posteriore del freno.

**Pos. 2:** esempio di collegamento del freno idraulico con un attuttore pneumatico. Gli steli sono montati sullo stesso asse.

**Pos. 3:** esempio di collegamento del freno idraulico con un attuttore pneumatico. Gli steli sono paralleli.

**Pos. 4:** esempio di regolazione della velocità di avanzamento dalla punta di un trapano.

La corsa di avvicinamento al pezzo da forare è rapida, l'operazione di foratura è lenta e regolata.

**A:** lo stelo è a fine corsa negativa

**B:** lo stelo del cilindro pneumatico ha percorso il tratto di avvicinamento (questa quota è regolabile per mezzo di dadi) senza la regolazione del freno idraulico.

**C:** da questa posizione e per tutta la corsa di lavoro, i due steli si muovono uniti.

Il cilindro pneumatico è il motore, la valvola regolatrice di flusso unidirezionale montata sul freno regola la velocità durante la fase di foratura. Questa regolazione essendo fatta con un liquido non comprimibile (olio) è più precisa di quanto si potrebbe ottenere pneumaticamente.

Nella corsa di ritorno, lo stelo del cilindro pneumatico riposiziona anche lo stelo del freno.

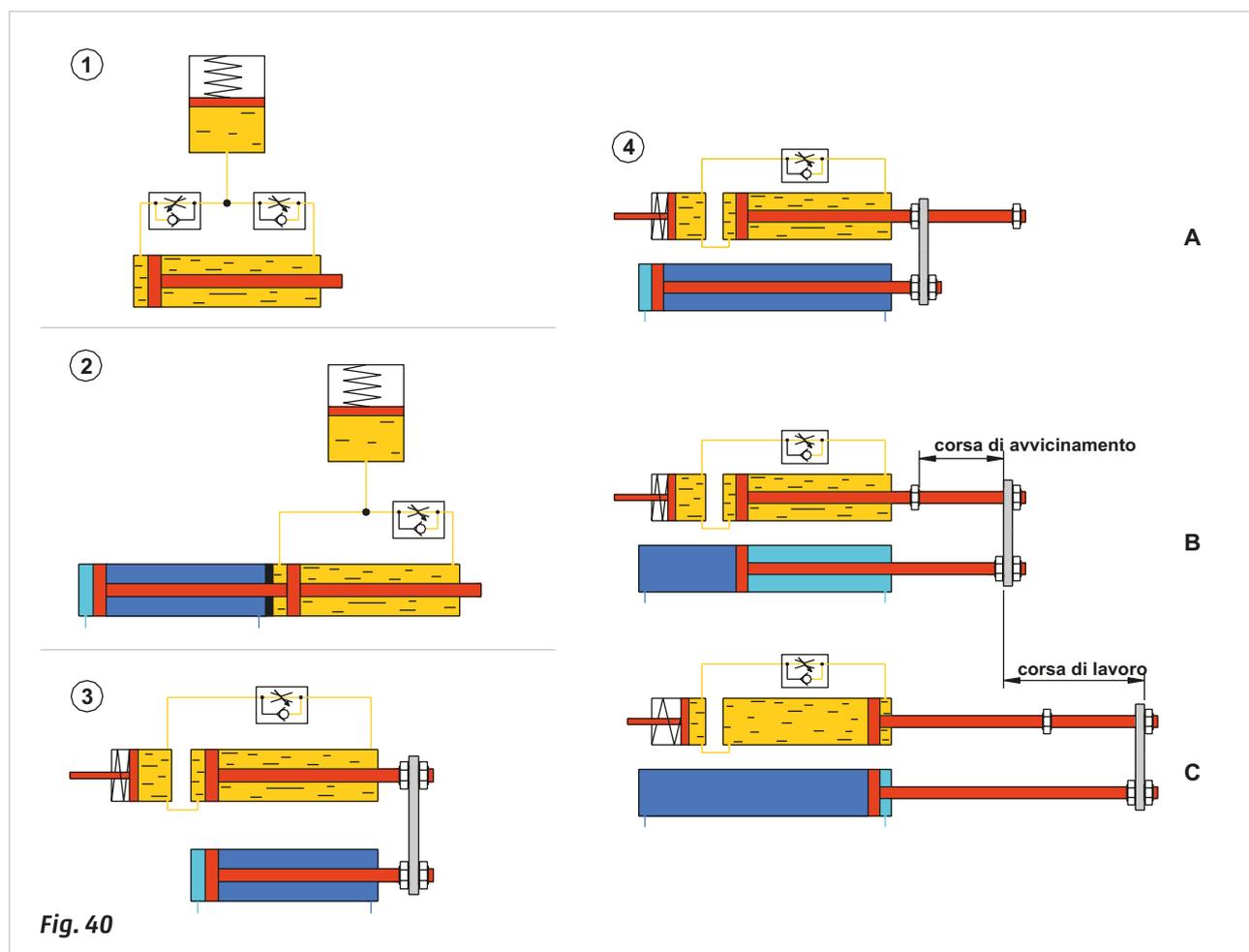


Fig. 40

## Moltiplicatore di pressione

Dove sono richieste forze elevate, ad esempio per operazioni di tranciatura e piegatura, possono essere utilizzati cilindri con diametro elevato o cilindri Tandem, in entrambi i casi si potrebbero avere problemi di ingombro, una possibile soluzione è quella di aumentare la pressione di alimentazione. Un mezzo per aumentare la pressione è il Moltiplicatore di Pressione.

Il Moltiplicatore di Pressione ha un funzionamento assimilabile a due cilindri contrapposti uniti per lo stelo, il movimento di questi cilindri è oscillante alternativo. La parte centrale del Moltiplicatore è alimentata tramite un regolatore di pressione, le due laterali da una valvola di comando 5/2.

Il movimento oscillante alternativo è determinato in modo automatico tramite dei finecorsa interni che invertono lo stato della valvola di comando 5/2 una volta che il pistone ha raggiunto la posizione terminale. L'aumento di pressione, si ottiene in quanto la somma delle superfici in spinta è maggiore di quella della superficie resistente, pertanto il volume della camera resistente continua a ridursi e di conseguenza l'A/C in essa contenuta aumenta di pressione.

### Figura 41

**Pos. A:** il moltiplicatore di pressione è alimentato, il pistone di sinistra è nella posizione di finecorsa positiva, il pistone di destra è a finecorsa negativa e la relativa camera è a scarico. Il regolatore di pressione immette aria nella parte centrale. Le due Forze che si generano essendo opposte si annullano.

**Pos. B:** il pistone di sinistra aziona il finecorsa integrato nel blocco centrale che inverte la valvola 5/2, la camera di destra è alimentata quella di sinistra è a scarico. La pressione nella camera negativa del pistone di destra aumenta, quando questa pressione supera la taratura della molla dell'unidirezionale, questa aria va all'utilizzo collegato all'uscita **U**. Le valvole unidirezionali impediscono lo scarico attraverso il regolatore.

**Pos. C:** il pistone di destra ha raggiunto la posizione di terminale della corsa positiva e aziona il fine corsa interno che inverte la valvola 5/2.

**Pos. D:** la valvola 5/2 ha commutato, la camera di sinistra è alimentata quella di destra è a scarico.

La pressione nella camera negativa del pistone di sinistra aumenta, quando questa pressione supera la taratura della molla dell'unidirezionale questa aria va all'utilizzo collegato all'uscita **U**. Le valvole unidirezionali impediscono lo scarico attraverso il regolatore. Il pistone si muove verso destra in quanto le superfici di spinta sono maggiori di quella resistente. Arrivato a fine corsa il ciclo si ripete.

Il rapporto fra la pressione in ingresso e quella in uscita è normalmente 1:2 anche se sono possibili valori diversi.

**Ipotizzando che:** la superficie di un pistone sul lato esterno sia  $S_e = 20 \text{ cm}^2$

quella di un pistone sul lato stelo  $S_s = 16 \text{ cm}^2$

pressione di lavoro  $p = 6 \text{ bar}$

Calcolare il valore della pressione  $p_u$  in uscita:

$$F = (S_e + S_s) * p$$

$$F = (20 + 16) * 6$$

$$F = 216 \text{ kg}$$

$$p_u = \frac{F}{S_s}$$

$$p_u = \frac{216}{16} = 13,6$$

$$p_u = 13,6 \text{ bar}$$

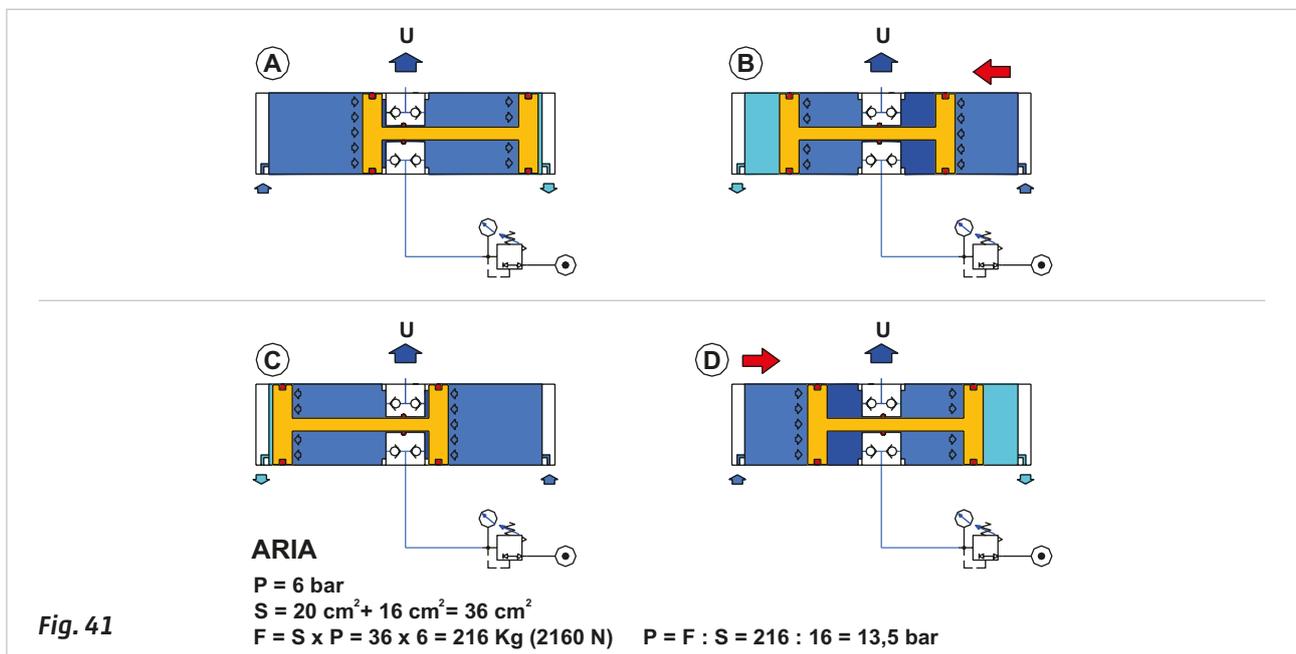


Fig. 41



# 4

## LE VALVOLE

## CAPITOLO 4

# LE VALVOLE

- 90 Le valvole
- 90 Classificazione delle valvole
- 92 Valvole pneumatiche di distribuzione ad otturatore
- 93 Funzionamento delle valvole ad otturatore 3/2 NC
- 94 Funzionamento delle valvole ad otturatore 3/2 NO
- 95 Dispositivi di comando manuale delle valvole ad otturatore
- 96 Dispositivi di comando meccanico delle valvole ad otturatore
- 97 Minivalvole ad otturatore
- 98 Valvole di distribuzione 3/2 a spola
- 99 Valvole di distribuzione 5/2 a spola
- 100 Dispositivi di azionamento manuale e meccanico
- 101 Tipologie di azionamento pneumatico nelle valvole
- 102 Elettrovalvole a comando diretto
- 107 Elettrovalvole con servo pilotaggio interno
- 108 Elettrovalvole con servo pilotaggio esterno
- 110 Valvole a tre posizioni
- 111 Valvole di blocco:
  - unidirezionali
  - bidirezionali
- 113 Doppie valvole 2/2 e 3/2
- 115 Valvole logiche di elaborazione dei segnali
- 120 Portata nominale
- 121 Dimensionamento delle valvole di distribuzione e delle tubazioni di collegamento
- 124 Valvole di intercettazione
- 125 Valvole regolatrici di flusso
- 130 Utilizzo di valvole con vuoto
- 131 Pressostati con contatto Normalmente Chiuso, Aperto o in Scambio

## Le valvole

Con il termine valvole, in base al settore tecnologico per cui sono progettate ed utilizzate, si indicano degli elementi con funzionalità diverse. Alcuni esempi nei diversi campi di utilizzo e funzione:

**Elettrico:** interrompono il passaggio di corrente elettrica quando questa raggiunge dei valori eccessivi.

**Motoristico:** permettono di realizzare le fasi di un motore a scoppio: aspirazione, compressione, scoppio, scarico.

**Termico:** impediscono il raggiungimento di pressioni e/o temperature troppo elevate all'interno delle caldaie a vapore.

**Pneumatico:** controllano e regolano il valore del flusso, della pressione e la direzione dell'A/C.

In campo pneumatico, le valvole possono essere:

### Figura 1

#### Fase A: di distribuzione

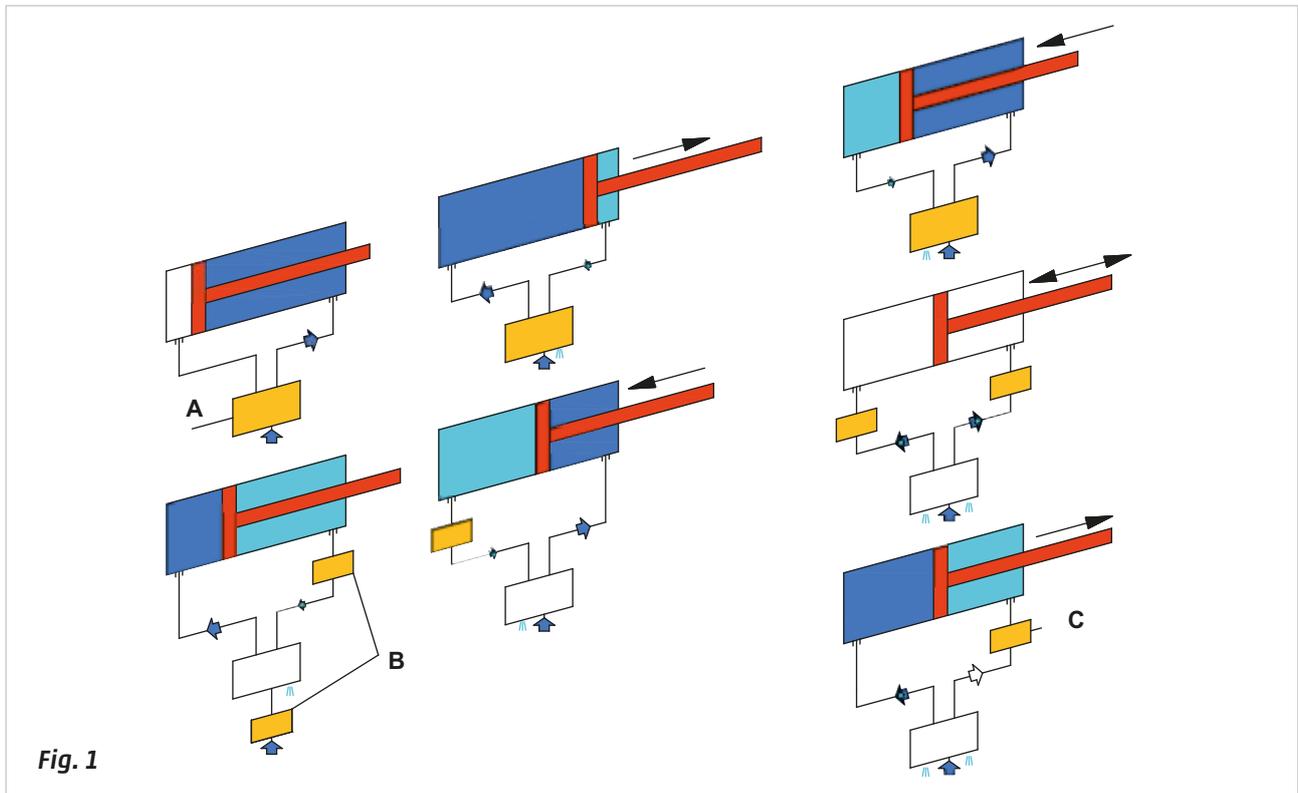
Hanno lo scopo di aprire, chiudere o deviare il flusso di A/C. facendo assumere al cilindro una posizione diversa da quella di riposo.

#### Fase B: di regolazione

Queste valvole modificano le caratteristiche fisiche dell'A/C. La regolazione può essere effettuata sia sulla pressione con "valvole regolatrici di pressione", sia sul flusso con "valvole regolatrici di flusso". Per regolare la velocità di una o entrambe le corse del cilindro, occorre inserire la valvola di regolazione di flusso tra la valvola di distribuzione e il cilindro. Variando la quantità di A/C in scarico si aumenta o diminuisce il tempo di svuotamento delle camere del cilindro. La valvola di regolazione della pressione è rappresentata in alimentazione alla valvola di distribuzione e serve per regolare la Forza che il cilindro potrà generare.

#### Fase C: di intercettazione

Queste valvole bloccano e/o modificano il percorso dell'A/C. La valvola potrebbe impedire il passaggio dell'A/C mantenendola bloccata all'interno delle camere o deviarne il percorso consentendo una via più veloce allo scarico.



## Classificazione delle valvole

La scelta di una valvola dipende da diversi parametri fra questi, il numero di posizioni, di vie e dal tipo di pilotaggio.

Alcuni numeri nella classificazione delle valvole identificano il numero di vie e posizioni. Ad esempio la dicitura **3/2** indica una valvola con **3** vie e **2** posizioni. La prima cifra indica sempre il numero di **vie**, generalmente 2, 3 o 5, la seconda indica il numero delle **posizioni**, generalmente 2 o 3.

Le valvole hanno una rappresentazione grafica nel simbolo pneumatico, ogni posizione che può assumere la valvola è indicata con un quadratino, una valvola a due posizioni ha due quadratini uniti, una valvola a tre posizioni ha tre quadratini uniti.

All'interno di ogni quadratino sono presenti ulteriori simboli: la freccia indica la direzione assunta dal flusso di A/C in quella determinata posizione, il trattino orizzontale indica l'interruzione del passaggio. Il simbolo non dà indicazioni sulla dimensione.

### Figura 2

#### Movimentazione di un cilindro a Doppio Effetto.

**Fase A:** la freccia con l'apice rivolto verso l'alto indica che l'A/C fornita all'ingresso 1 della valvola è indirizzata verso l'utilizzo 4 collegato alla camera positiva (colore blu) del cilindro. La freccia con apice rivolto verso il basso indica che l'A/C presente nella camera negativa (colore azzurro) del cilindro attraversa la valvola dall'utilizzo 2 per andare verso lo scarico 3.

**Fase B:** la freccia con apice rivolto verso l'alto indica che l'A/C fornita all'ingresso 1 della valvola è indirizzata verso l'utilizzo 2 collegato alla camera negativa (colore blu) del cilindro. La freccia con apice rivolto verso il basso indica che l'A/C presente nella camera positiva (colore azzurro) del cilindro attraversa la valvola dall'utilizzo 4 per andare verso lo scarico 5.

#### Movimentazione di un cilindro a Semplice Effetto.

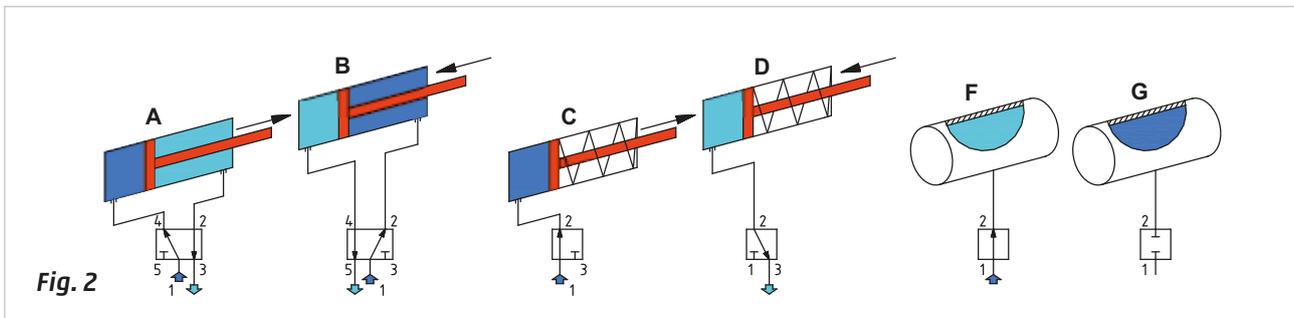
**Fase C:** la freccia con l'apice rivolto verso l'alto indica che l'A/C fornita all'ingresso 1 della valvola è indirizzata verso l'utilizzo 2 collegato alla camera positiva (colore blu) del cilindro.

**Fase D:** la camera precedentemente messa in pressione deve essere scaricata, possiamo utilizzare una valvola con meno vie rispetto al precedente caso.

#### Pressurizzazione di un serbatoio.

**Fase F:** la freccia con l'apice rivolto verso l'alto indica che l'A/C fornita all'ingresso 1 della valvola è indirizzata verso l'utilizzo 2 collegato al serbatoio.

**Fase G:** La freccia è stata sostituita da un tappo non c'è passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2, il serbatoio resta in pressione.



### Figura 3

#### Pos. 1: Valvola 5/2

I quadratini **A** e **B** indicano le due posizioni che la valvola può assumere, le frecce all'interno indicano la direzione del flusso. Le frecce indipendentemente dal numero delle posizioni oltre ad indicare la direzione del flusso indicano anche il numero delle vie, la loro definizione è:

- Connessione **1** ingresso della sorgente di A/C
- Connessione **2** utilizzo predefinito o in posizione di riposo
- Connessione **3** scarico dell'utilizzo 2
- Connessione **4** utilizzo ottenuto pilotando la valvola
- Connessione **5** scarico dell'utilizzo 4

#### Pos. 2: Valvola 3/2

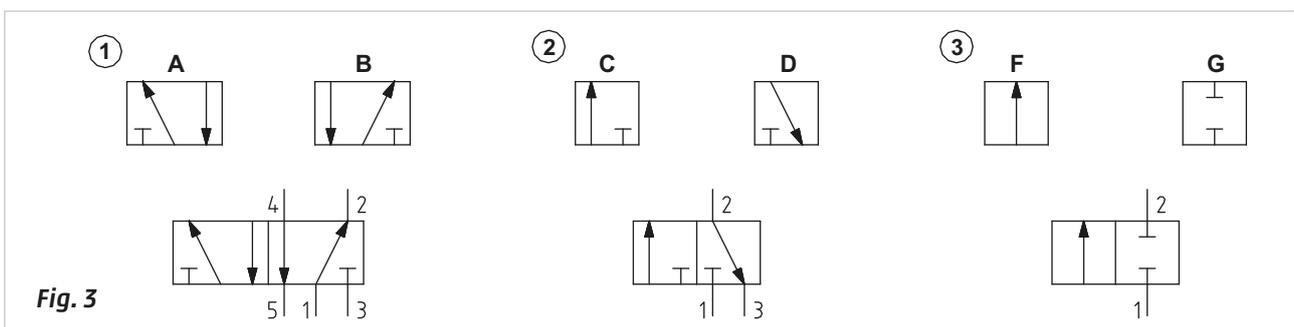
I quadratini **C** e **D** rappresentano le due distinte posizioni valvola.

- Connessione **1** ingresso della sorgente di A/C
- Connessione **2** utilizzo
- Connessione **3** scarico dell'utilizzo 2

#### Pos. 3: Valvola 2/2

I quadratini **F** e **G** rappresentano le due distinte posizioni valvola.

- Connessione **1** ingresso della sorgente di A/C
- Connessione **2** utilizzo



## Valvole pneumatiche di distribuzione ad otturatore

Il principio costruttivo delle valvole pneumatiche non è in funzione del numero di vie o del numero di posizioni, ma dipende da parametri come il settore di utilizzo, la portata, le dimensioni ecc.

Le vie possono essere: 2, 3, 4, 5.

Le posizioni possono essere: 2 o 3, esistono valvole con un numero di posizioni superiori ma hanno un utilizzo molto limitato.

Le tipologie di costruzione tradizionali sono: **otturatore, spola, membrana, piattello**.

Alcune costruzioni si adattano meglio ad una determinata funzione; ad esempio, è più facile trovare valvole a membrana con funzione 2/2 che non 5/2.

Una caratteristica distintiva delle valvole è la quella identificata dai termini: **Normally Open (NO)** o **Normally Close (NC)** che definisce se c'è passaggio o meno di A/C dalla valvola in posizione di riposo, ossia non azionata.

Fra le tipologie indicate, in pneumatica le valvola ad otturatore e a spola sono le più comuni.

### Figura 4

#### Pos. 1: valvola 3/2 NC.

L'otturatore è l'elemento indicato con la lettera **B**. La sua posizione di riposo è determinata dalla molla sottostante che, spingendolo verso l'alto, consente alla guarnizione di colore rosso di fare tenuta, ossia impedisce il passaggio dell'A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2.

La parte superiore dell'otturatore racchiude una molla che separa il particolare **B** dal particolare **A**, questa disposizione consente di mettere in comunicazione l'utilizzo 2 con lo scarico 3.

La valvola viene attivata azionando il particolare **A**: durante il suo movimento, entrando in contatto con **B**, chiude lo scarico 3 e di seguito, schiacciando la molla sotto l'otturatore **B**, libera il passaggio tra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2. Togliendo l'azionamento sul particolare **A**, le molle riprendono la loro dimensione iniziale riportando la valvola in posizione di chiusura.

#### Pos. 2: valvola 3/2 NO.

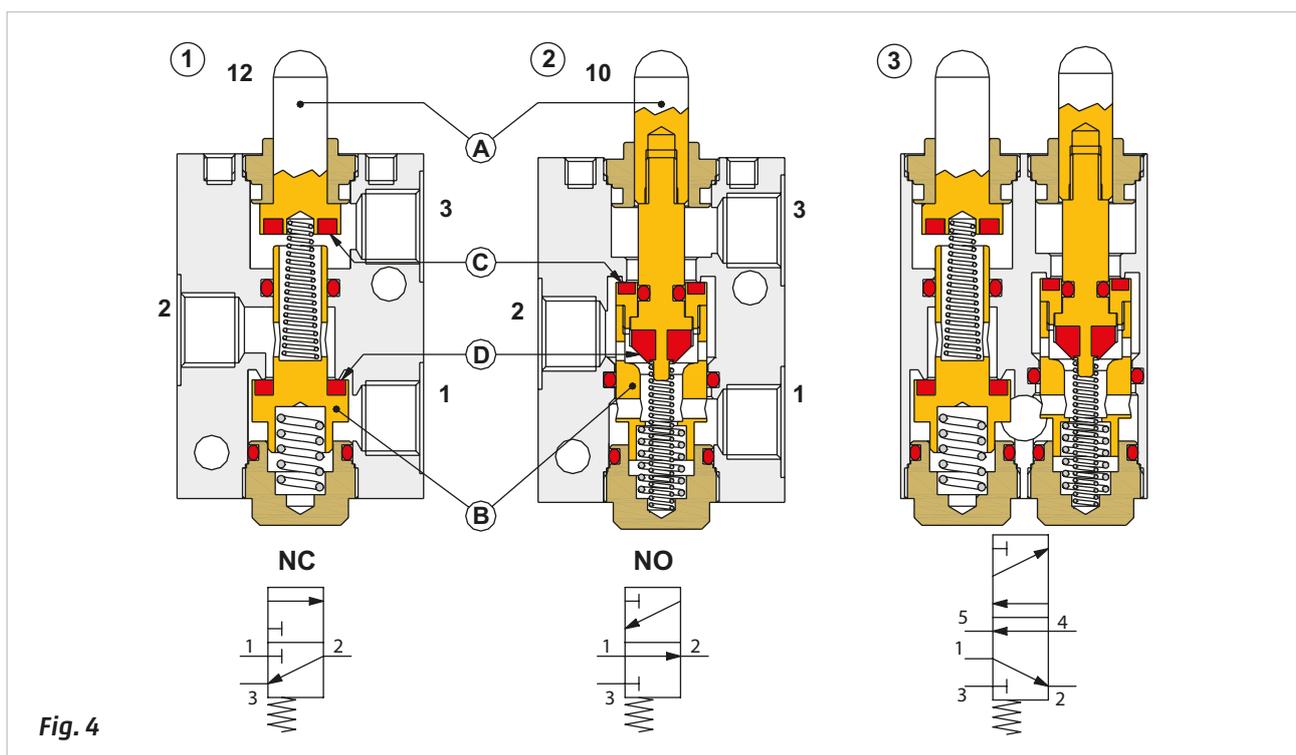
La funzione è inversa rispetto alla valvola normalmente chiusa. In posizione di riposo, la guarnizione **D** non è a contatto con il particolare **B**, l'A/C presente nell'ingresso 1 è libera di passare verso l'utilizzo 2 e lo scarico 3 è tappato dalla guarnizione **C**. L'apertura di questa valvola si ottiene azionando il particolare **A**: durante il suo movimento, la guarnizione **D** va a contatto con **B** chiudendo il passaggio dall'ingresso 1 verso l'utilizzo 2, con l'abbassarsi dell'otturatore **B** si stacca la guarnizione **C** dalla tenuta sul corpo valvola aprendo il passaggio dell'A/C dall'utilizzo 2 verso lo scarico 3.

Nelle valvole ad otturatore, ed in particolare su quelle a comando meccanico oltre alla corsa necessaria per aprire/chiudere la valvola, si ha un'extra corsa che consente un margine di sicurezza per evitare rotture sulla valvola. Non facendo fare tutta la corsa di azionamento, si ha una parzializzazione della portata. Sul simbolo pneumatico, la posizione dei numeri, ed in questo caso anche della molla di riposizionamento, sono raffigurati in corrispondenza del quadratino che identifica la condizione di riposo della valvola.

#### Pos. 3: valvola 5/2.

Questa valvola si realizza inserendo ed affiancando, in un unico corpo, le parti interne delle valvole 3/2 NC e 3/2 NO, convogliando in un'unica connessione gli ingressi.

Nelle valvole 5/2 non esistono versioni **NC** o **NO** perché l'ingresso 1 è sempre aperto verso uno dei due utilizzi 2 o 4.



## Funzionamento delle valvole ad otturatore 3/2 NC

Le figure sottostanti mostrano l'interno di una valvola ad otturatore 3/2 NC nelle diverse fasi della commutazione: riposo, intermedia e azionata.

### Figura 5

#### Posizione di riposo.

**Pos. 1:** in questa posizione, si ha un passaggio fra il particolare **A** e il particolare **B** questo grazie alla spinta della molla esistente fra i due elementi. Attraverso questo passaggio l'A/C proveniente dall'utilizzo 2, si scarica attraverso lo scarico 3. Il particolare **B** è mantenuto in posizione attraverso la spinta della molla inferiore che chiude l'ingresso 1.

#### Fase intermedia.

**Pos. 2:** in questa fase, la valvola non ha ancora raggiunto la posizione finale: la parte **A** dell'otturatore è abbassata e mediante il contatto tra la guarnizione di **A** e l'otturatore **B**, lo scarico 3 è chiuso. In questa fase l'otturatore **B** non ha ancora raggiunto la sua posizione terminale e non c'è ancora il passaggio dell'A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2. Questa fase intermedia è definita "centri chiusi" infatti nessuna connessione è comunicante con le altre.

#### Posizione azionata.

**Pos. 3:** in questa posizione, l'azionamento è completo: la parte **A** non solo ha chiuso il passaggio come precedentemente analizzato ma ha anche abbassato il particolare **B** nella posizione terminale consentendo così l'apertura dell'ingresso 1 e il passaggio dell'A/C con l'utilizzo 2. Questa condizione permane fin tanto che è presente l'azionamento.

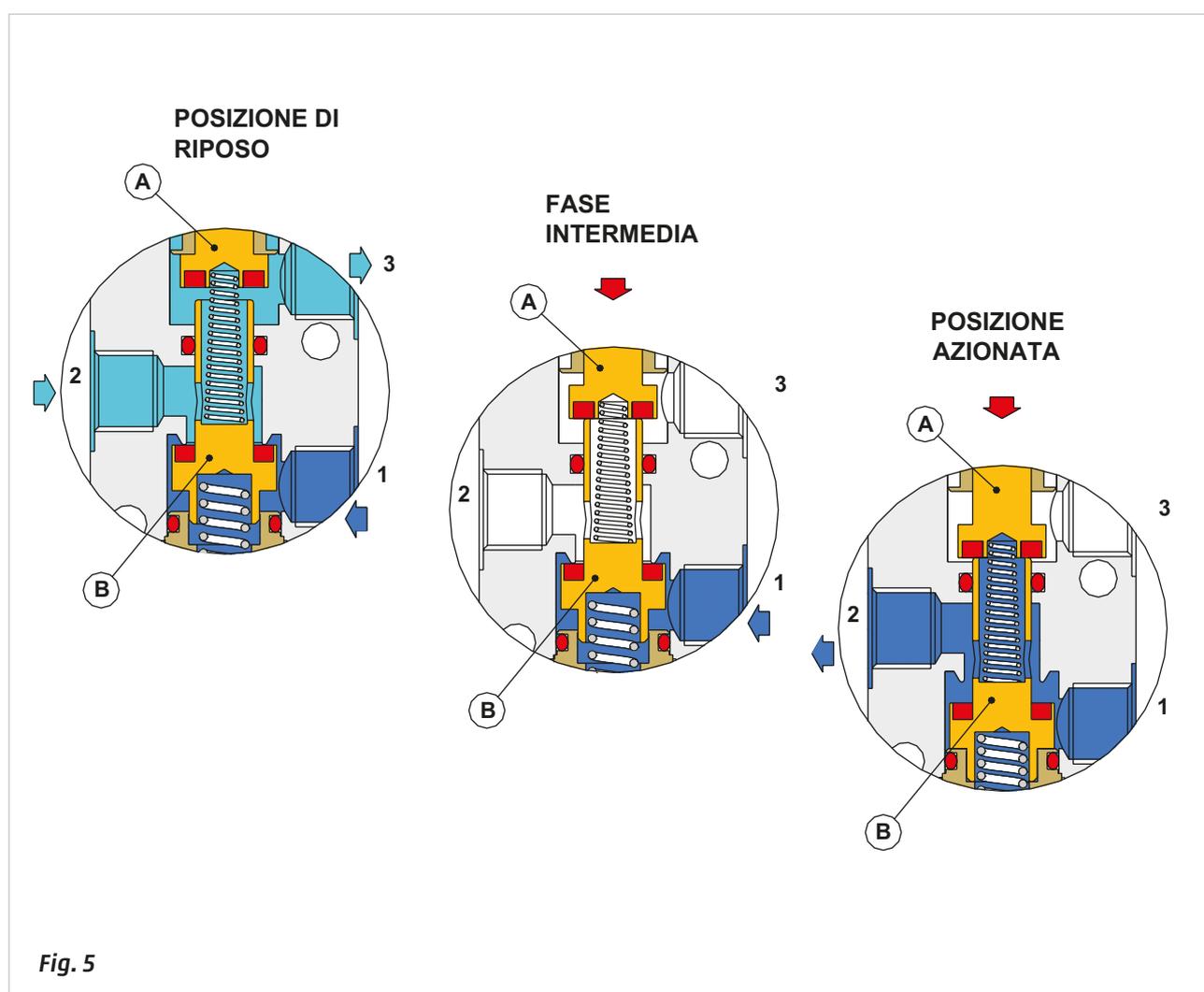


Fig. 5

#### Riposizionamento.

In mancanza di azionamento, la molla sottostante la parte **B**, solleva entrambi gli otturatori, l'ingresso 1 si chiude, si ripassa attraverso la fase di "centri chiusi".

In seguito, la molla fra l'otturatore **A** e **B**, solleva **A** e apre il passaggio dall'utilizzo 2 allo scarico 3, l'A/C si scarica in atmosfera. La valvola è tornata nella posizione di riposo.

Con questa tipologia di otturatore, l'alimentazione è consentita solo dalla connessione 1, questa caratteristica è rilevabile anche dal simbolo pneumatico che identifica un solo verso per il passaggio dell'A/C.

Una eventuale alimentazione tramite le connessioni 2 o 3 non otterrebbe la funzione di NO infatti si abbasserebbe l'otturatore **B**, aprendo il passaggio anche attraverso il canale 1.

## Funzionamento delle valvole ad otturatore 3/2 NO

Le figure sottostanti mostrano l'interno di una valvola ad otturatore 3/2 NO nelle diverse fasi della commutazione: riposo, intermedia e azionata.

### Figura 6

#### Posizione di riposo.

**Pos. 1:** in questa posizione, si ha un passaggio fra il particolare **A** e il particolare **B** questo grazie alla spinta della molla esistente fra i due elementi. Contemporaneamente, il particolare **B**, per effetto della molla di diametro maggiore e tramite la guarnizione **C**, chiude il passaggio verso lo scarico 3. L'A/C presente sull'ingresso 1 è libera di passare ed andare sull'utilizzo 2.

#### Fase intermedia.

**Pos. 2:** in questa fase, la valvola non ha ancora raggiunto la posizione finale: il particolare **A** si è abbassato e la guarnizione ha chiuso il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2 mediante il contatto con il particolare **B**, lo scarico 3 è ancora chiuso. Questa fase intermedia è definita "centri chiusi" infatti nessuna connessione è comunicante con le altre.

#### Posizione azionata.

**Pos. 3:** in questa posizione, l'azionamento è completo: le parti **A** e **B** dell'otturatore proseguono il loro movimento sino all'apertura totale del passaggio dall'utilizzo 2 verso lo scarico 3. Questa condizione permane fin tanto che è presente l'azionamento.

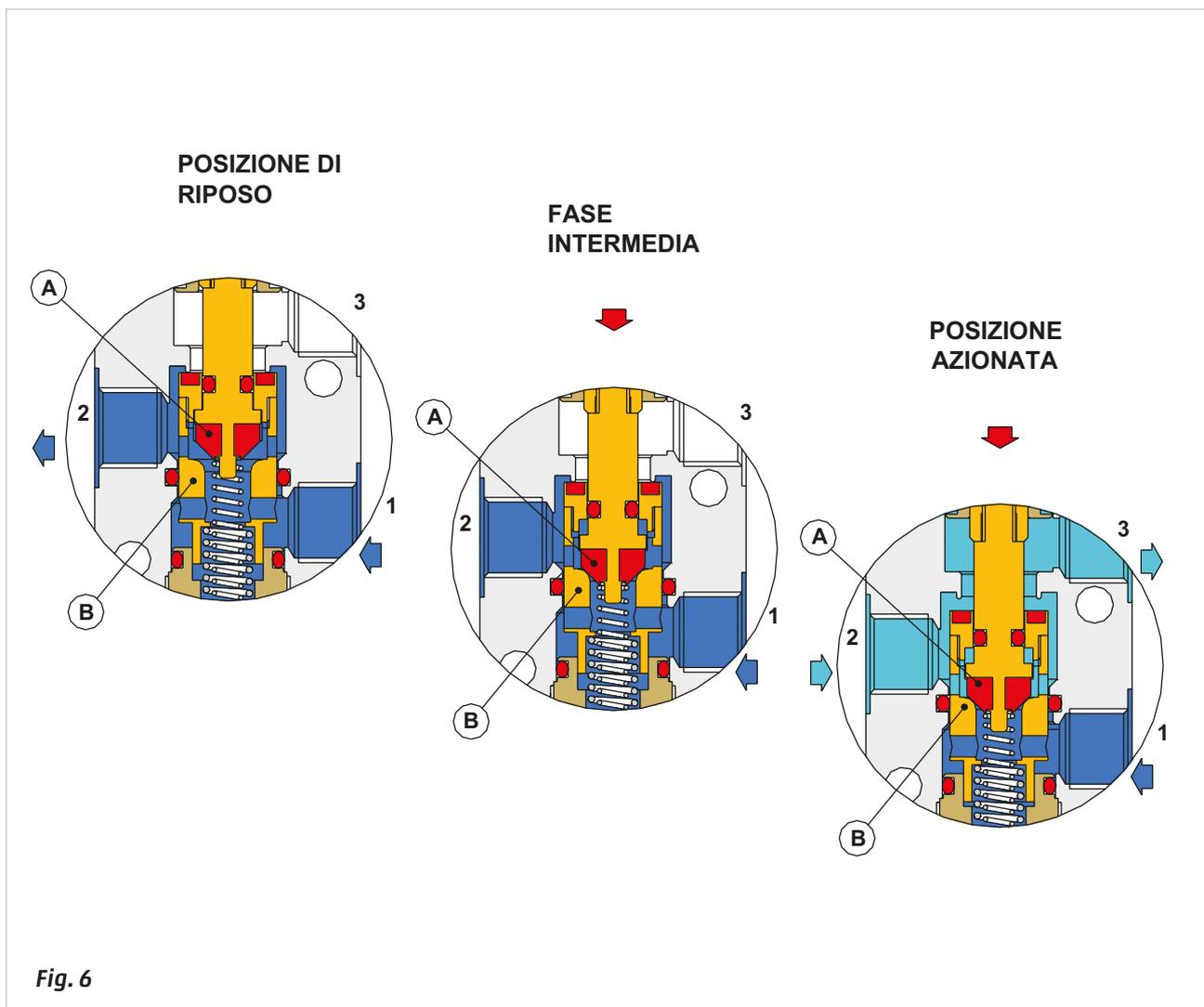


Fig. 6

#### Riposizionamento.

Interrompendo l'azionamento, la molla cilindrica con diametro maggiore solleva entrambi gli otturatori, si ripassa attraverso la fase di "centri chiusi".

In seguito la molla cilindrica più piccola solleva l'otturatore **A** aprendo il passaggio tra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2. L'otturatore **B**, tramite la guarnizione **C**, chiude il passaggio verso lo scarico 3. La valvola è tornata nella posizione di riposo.

Anche con questa tipologia di otturatore, l'alimentazione è consentita solo dalla connessione 1, questa caratteristica è rilevabile anche dal simbolo pneumatico che identifica un verso definito per il passaggio dell'A/C.

## Dispositivi di comando manuale delle valvole ad otturatore

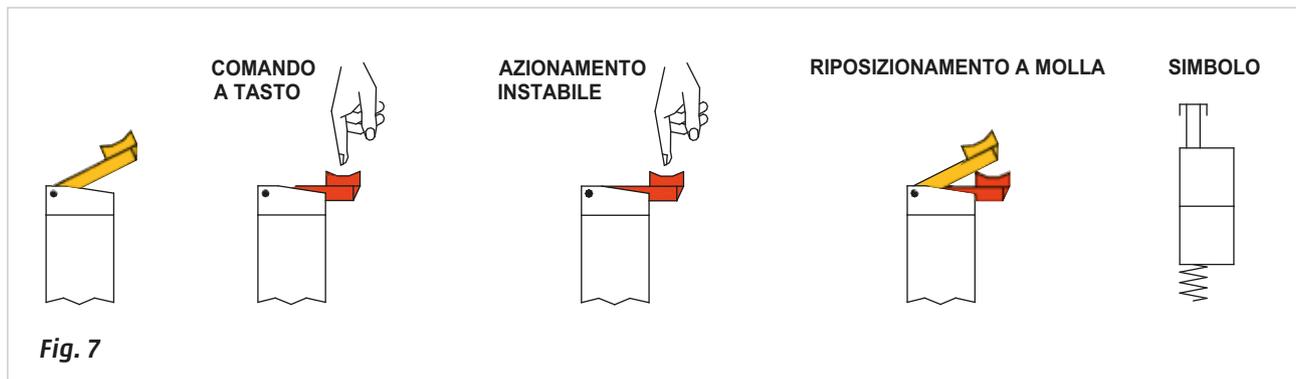
I dispositivi di comando manuale si differenziano in **stabili** e **instabili** in relazione alla funzione che la valvola deve compiere. L'interruttore della luce e il pulsante del campanello di casa sono due esempi per indicare questi due tipi di dispositivi: il primo è stabile in quanto mantiene la posizione di luce accesa o spenta, il secondo è instabile perché consente al campanello di suonare solo con la pressione del pulsante.

**Comandi manuali:**

**Figura 7**

**Comando a tasto, azionamento instabile, riposizionamento a molla.**

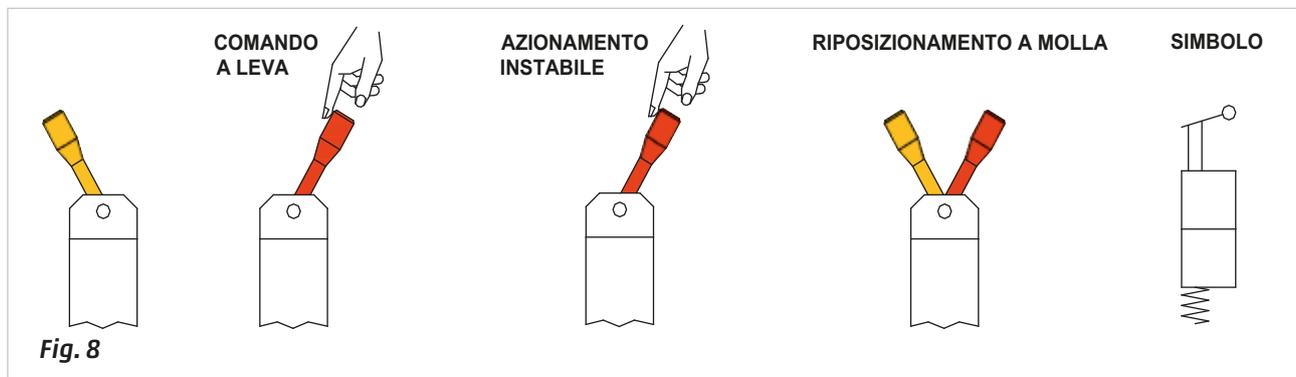
L'azionamento richiede una pressione continua sul tasto e realizza il passaggio dell'A/C, se la valvola è NC o la sua interruzione se NO. La durata del passaggio è uguale alla permanenza dell'azionamento. Il riposizionamento avviene tramite una molla interna alla valvola rilasciando il tasto.



**Figura 8**

**Comando a leva, azionamento instabile, riposizionamento a molla.**

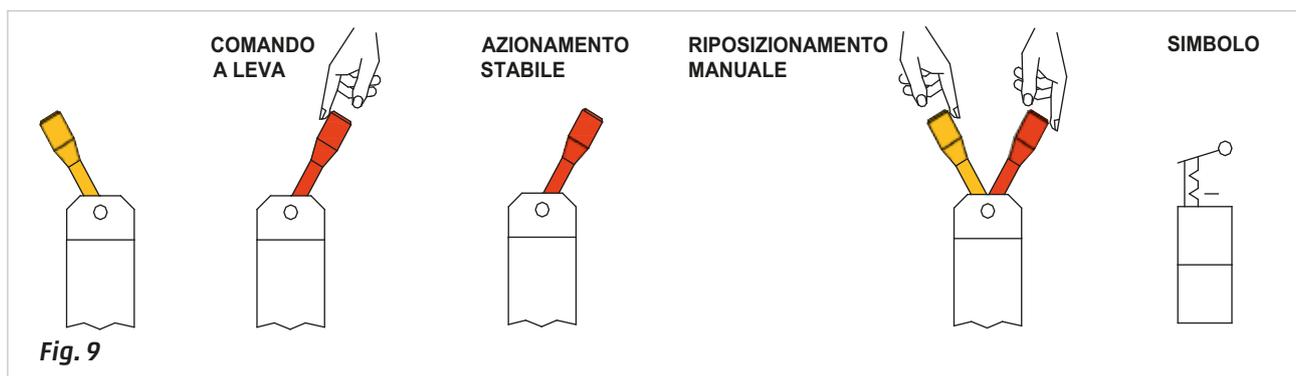
L'azionamento richiede lo spostamento della leva per tutto il suo arco, l'operatore deve mantenere l'azione per tutta la durata necessaria e realizza il passaggio dell'A/C, se la valvola è NC o la sua interruzione se NO. Il riposizionamento avviene tramite una molla interna alla valvola rilasciando la leva.



**Figura 9**

**Comando a leva, azionamento stabile, riposizionamento manuale.**

L'azionamento richiede lo spostamento della leva per tutto il suo arco, raggiunta la posizione terminale l'operatore può rilasciare la leva e realizza il passaggio dell'A/C, se la valvola è NC o la sua interruzione se NO. Il riposizionamento avviene manualmente tramite lo spostamento della leva nella posizione iniziale.



## Dispositivi di comando meccanico delle valvole ad otturatore

In un impianto automatizzato l'intervento dell'uomo è limitato all'avviamento o a risolvere eventuali emergenze. L'avanzamento della sequenza è determinata e controllata da valvole di "finecorsa" che rilasciano un segnale quando azionate. Il loro azionamento, in questo caso di tipo meccanico, è determinato dal raggiungimento delle posizioni volute da parte degli organi in movimento, ad esempio i cilindri.

### Alcuni tipi di comando meccanico.

#### Figura 10

#### Pos. 1 e 2: comando a leva rullo, azionamento instabile, riposizionamento a molla.

L'azionamento richiede una pressione continua sulla leva rullo e realizza il passaggio dell'A/C, se la valvola è NC o la sua interruzione se NO. La durata del passaggio è uguale alla permanenza dell'azionamento.

Il comando a leva rullo si utilizza quando l'organo mobile che aziona il dispositivo meccanico del finecorsa ha una direzione di movimento perpendicolare all'asse della valvola. Per un corretto montaggio, il finecorsa deve essere orientato in modo che la rotazione della leva sia nello stesso senso del movimento dell'organo mobile. Il riposizionamento avviene tramite una molla interna.

#### Figura 11

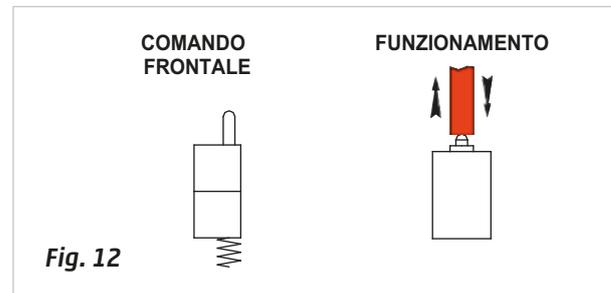
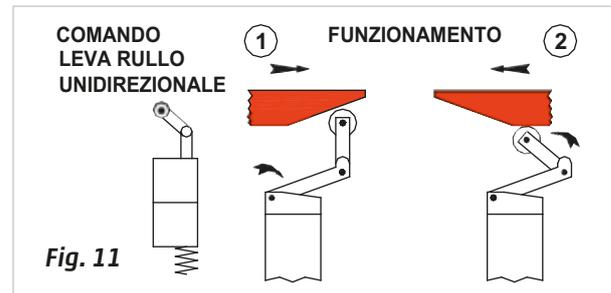
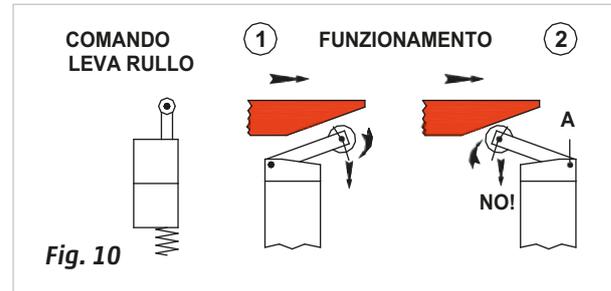
#### Pos. 1 e 2: comando a leva rullo unidirezionale, azionamento instabile, riposizionamento a molla.

È analogo alla versione leva rullo ma la particolare conformazione dell'azionamento lo rende unidirezionale, la commutazione avviene in una sola delle due direzioni.

#### Figura 12

#### Comando frontale, azionamento instabile, riposizionamento a molla.

Questo tipo di comando si utilizza quando l'organo mobile che aziona il dispositivo meccanico del finecorsa ha la direzione di movimento parallela all'asse della valvola. Al termine del movimento, occorre accertarsi che l'organo mobile non azioni il comando frontale oltre il valore massimo ammesso, dato dalla somma di corsa ed extra corsa.



### Esempi di azionamento:

#### Figura 13

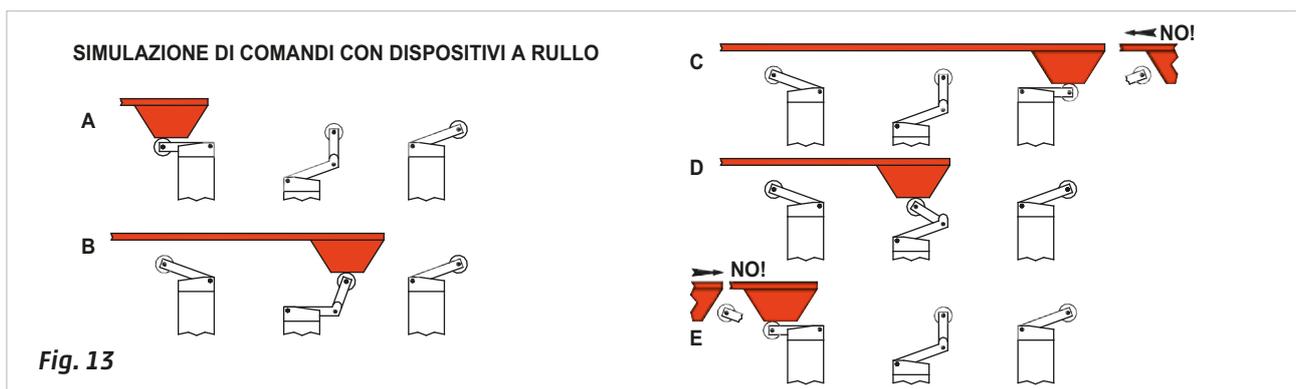
**A:** con l'organo mobile in posizione di partenza, la camma mantiene azionato il primo finecorsa; gli altri sono a riposo.

**B:** con l'organo mobile in posizione intermedia, la camma raggiunge il finecorsa con dispositivo meccanico a leva rullo unidirezionale e lo aziona per tutta la lunghezza della camma. Questo finecorsa è posizionato più in basso perchè il dispositivo di comando meccanico a leva rullo unidirezionale ha un ingombro maggiore rispetto agli altri.

**C:** con l'organo mobile in posizione terminale, la camma aziona l'ultimo finecorsa montato in posizione opposta rispetto al primo e lo mantiene azionato.

**D:** durante la corsa di rientro, la camma dell'organo mobile in posizione intermedia abbassa la sola parte di leva con funzione unidirezionale del finecorsa evitando la commutazione.

**E:** con l'organo mobile ritornato in posizione di partenza, la camma mantiene azionato solo il primo finecorsa.



## Minivalvole ad otturatore

In questa tipologia di minivalvole, per contenere le dimensioni, non tutte le connessioni hanno un attacco filettato o una predisposizione per l'inserimento della tubazione, inoltre sia i filetti che le cartucce di collegamento del tubo hanno dimensioni contenute, in genere i filetti da M5 e le cartucce per tubo diametro 4 mm.

**Figura 14**

### Modello: 3/2 NC

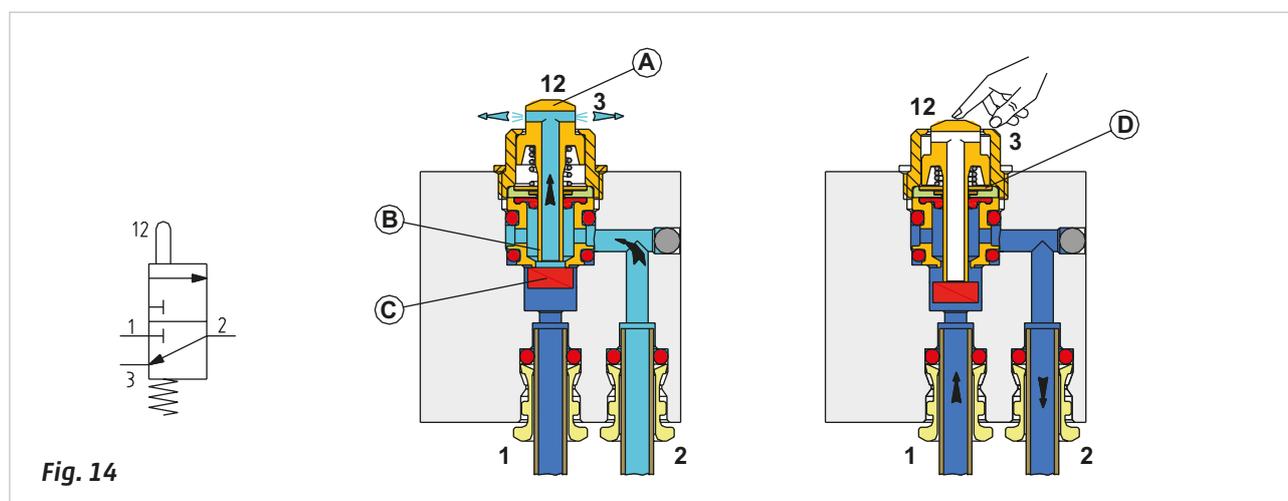
Le connessioni per l'ingresso 1 e l'utilizzo 2 sono ricavate sul corpo, lo scarico 3 è ottenuto tramite il passaggio **B**, ricavato all'interno dell'astina di comando **A**.

L'A/C proveniente dall'ingresso 1 agisce sulla guarnizione **C** che sollevandosi, chiude il passaggio attraverso **A**.

L'utilizzo 2 e lo scarico 3 sono in comunicazione attraverso il passaggio **B** interno all'astina di comando **A**.

L'azionamento della minivalvola si ottiene abbassando l'astina di comando **A** per una piccola corsa. La parte terminale dell'astina, che funge da otturatore, spingendo la guarnizione **C** chiude lo scarico 3 attraverso il passaggio **B** e consente l'apertura dell'ingresso 1 verso l'utilizzo 2. L'anello **D** evita azionamenti di "extra corsa", realizzando un fermo all'astina di comando.

Al cessare dell'azionamento, la pressione dell'aria nell'ingresso 1 spinge la guarnizione **C** verso l'alto, congiuntamente all'astina **A**. L'ingresso 1 è chiuso e la molla interna spinge ulteriormente verso l'alto l'astina che, staccandosi dalla guarnizione, riapre il passaggio tra l'utilizzo 2 e lo scarico 3.



**Fig. 14**

**Figura 15**

### Modello: 3/2 NO

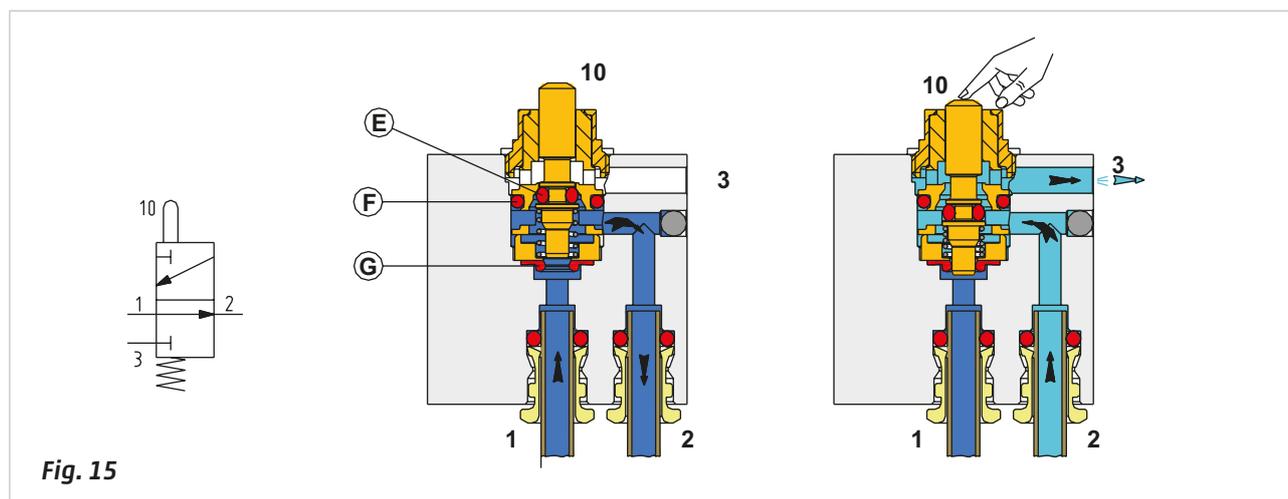
Le connessioni per l'ingresso 1 e l'utilizzo 2 sono posizionate esattamente come sulla valvola NC, lo scarico 3 è sul corpo valvola ed è ottenuto tramite un passaggio laterale non filettato.

L'A/C, dall'ingresso 1, attraversa la membrana **G** e l'astina di comando sollevata può andare verso l'utilizzo 2.

La guarnizione **E** chiude il passaggio verso lo scarico 3.

L'azionamento della minivalvola si ottiene abbassando l'astina di comando per una piccola corsa. Il passaggio dall'ingresso 1 all'utilizzo 2 si chiude attraverso la membrana **G** e contemporaneamente la guarnizione **E**, spostandosi apre il passaggio dall'utilizzo 2 verso lo scarico 3.

Al rilascio dell'astina di comando, la molla interna assume nuovamente la posizione iniziale chiudendo, tramite la guarnizione **E**, il passaggio dall'utilizzo 2 allo scarico 3. La membrana **G**, una volta liberata, riapre il passaggio dall'ingresso 1 verso l'utilizzo 2.



**Fig. 15**

## Valvole di distribuzione 3/2 a spola

La spola è un cilindro genericamente in metallo con due differenti diametri opportunamente raccordati, mediante il suo movimento all'interno della valvola, e grazie alle tenute effettuate sul diametro maggiore, mette in comunicazione le varie connessioni attraverso le quali è canalizzata l'A/C.

**Figura 16**

In questo esempio, come rilevabile del disegno, non esiste una zona intermedia in cui durante la commutazione tutti i passaggi interni sono chiusi, ne rimane sempre uno aperto:

- o il passaggio dall'ingresso 1 all'utilizzo 2
- o il passaggio dall'utilizzo 2 allo scarico 3.

Un'altra differenza è che a parità di portata di A/C, la spola deve compiere una corsa più lunga, ne derivano un tempo di commutazione e delle dimensioni maggiori.

La spola ha comunque alcuni vantaggi ad esempio:

- può montare qualsiasi dispositivo di azionamento
- l'A/C può essere connessa su qualsiasi connessione (ingresso 1, utilizzi 2 e 4, e scarichi 3 e 5)
- è possibile utilizzare qualsiasi valore di pressione e anche il vuoto (i valori massimi sono indicati dal costruttore).

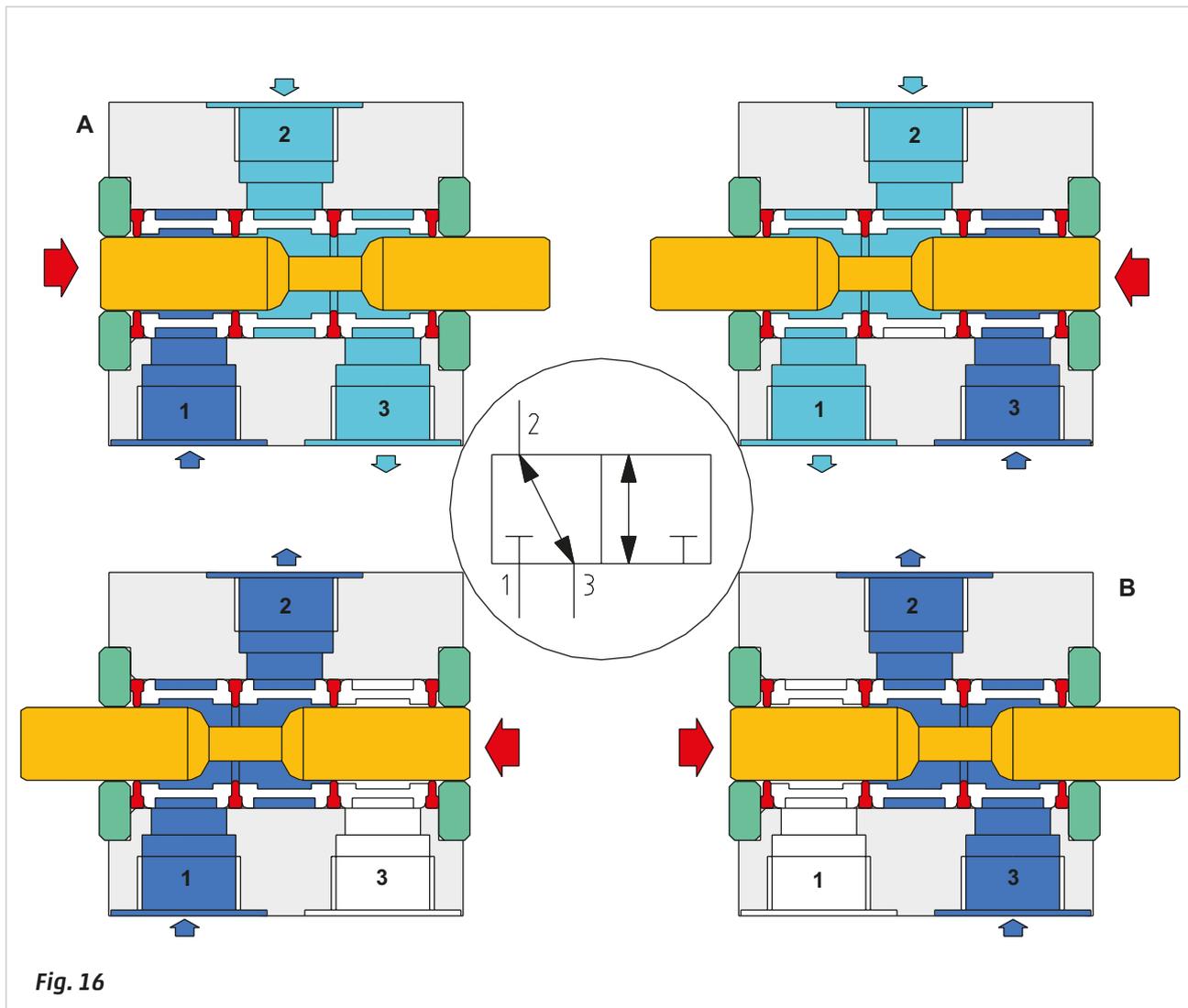
Data la flessibilità bisogna assicurarsi che il dispositivo di azionamento, riceva la necessaria alimentazione.

Gli elementi interni della valvola a spola sono normalmente: spola, distanziali e guarnizioni.

La spola tramite il dispositivo di azionamento, in questo momento non preso in considerazione, si muove all'interno dei distanziali e delle guarnizioni e sfruttando l'interferenza creata dal suo diametro maggiore con quello interno delle guarnizioni, consente la separazione delle varie canalizzazioni.

È possibile utilizzare questa tipologia di valvole quando il movimento della spola avviene tramite un azionamento meccanico o manuale, si può utilizzare sia in modalità NC Pos. **A** che NO Pos. **B** invertendo le connessioni di ingresso e scarico.

In queste valvole la pressione dell'A/C agisce in modo uniforme su tutta la superficie della spola interessata, nelle valvole ad otturatore la pressione dell'A/C cerca di sollevare l'elemento di tenuta per questo motivo le valvole a spola sono definite "bilanciate".



## Valvole di distribuzione 5/2 a spola

Nelle valvole 3/2 l'A/C è indirizzata verso l'unica via di utilizzo, identificata dal numero 2, nelle valvole 5/2 gli utilizzi sono due identificati dai numeri 2 e 4 con i rispettivi scarichi 3 e 5.

- L'alimentazione è sempre indicata con il numero 1
- l'utilizzo è indicato con il numero 2 e il suo scarico con il numero 3
- l'utilizzo è indicato con il numero 4 e il suo scarico con il numero 5.

Le vie sono diventate 5 mentre le posizioni sono sempre 2. Avendo un numero maggiore di vie e canalizzazioni, si ha una geometria diversa della spola con una quantità maggiore di distanziali e guarnizioni, di conseguenza dimensioni maggiori rispetto una 3/2. Nelle valvole 5/2 non esistono versioni NC o NO perché l'ingresso 1 è sempre aperto verso uno dei due utilizzi 2 o 4.

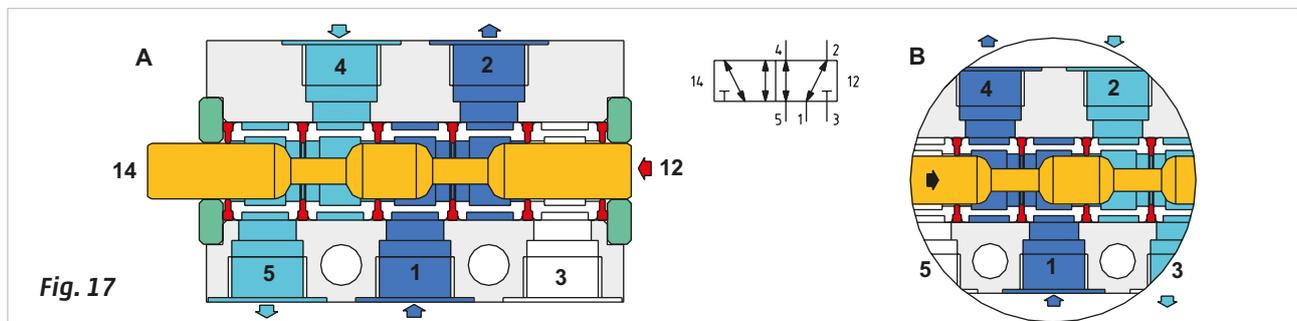
**Figura 17**

**Pos. A:**

la spola si è spostata completamente a sinistra come conseguenza del pilotaggio 12, l'ingresso 1 è comunicante con l'utilizzo 2, lo scarico 3 è chiuso, l'utilizzo 4 è comunicante con lo scarico 5.

**Pos. B:**

la spola si è spostata completamente a destra come conseguenza del pilotaggio 14, l'ingresso 1 è comunicante con l'utilizzo 4, lo scarico 5 è chiuso, l'utilizzo 2 è comunicante con lo scarico 3.



Come abbiamo accennato le valvole a spola consentono di utilizzare anche delle connessioni diverse per l'ingresso dell'A/C. Funzionamento della 5/2 con alimentazione a pressione diversa dagli scarichi 3 e 5.

**Figura 18**

**Pos. C:**

la spola si è spostata completamente a sinistra come conseguenza del pilotaggio 12, l'alimentazione da 5 è comunicante con l'utilizzo 4, l'utilizzo 2 è a scarico attraverso il canale 1, l'alimentazione da 3 è chiusa.

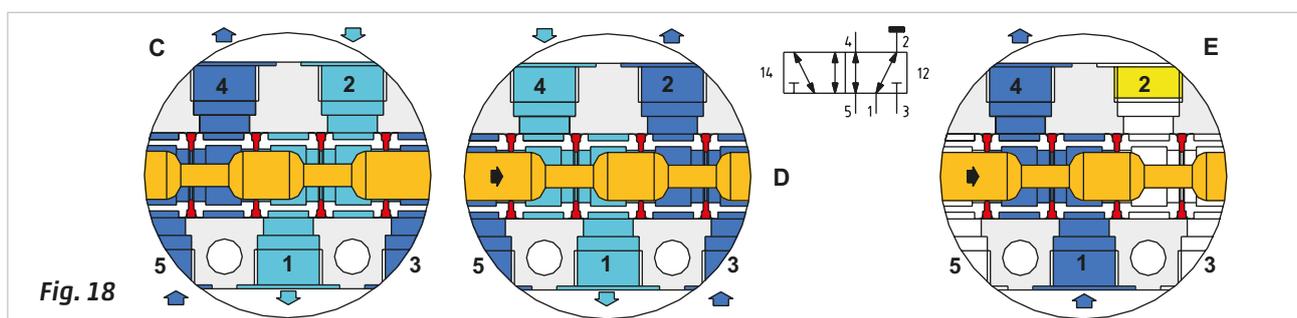
**Pos. D:**

la spola si è spostata completamente a destra come conseguenza del pilotaggio 14, l'alimentazione da 3 è comunicante con l'utilizzo 2, l'utilizzo 4 è a scarico attraverso il canale 1, l'alimentazione da 5 è chiusa.

Utilizzo di una valvola 5/2 come 3/2.

**Pos. E:** per ottenere questa funzione è sufficiente chiudere con un tappo uno dei due utilizzi, il relativo scarico può restare libero. Nella simbologia, la connessione non utilizzata è contrassegnata da un trattino orizzontale.

La valvola 5/2, di norma, è utilizzata per comandare un cilindro a doppio effetto, dove il movimento del pistone è realizzato immettendo alternativamente A/C in una camera e scaricando l'opposta.



## Dispositivi di azionamento manuale e meccanico

Per modificare la posizione di una valvola è necessario che essa riceva un comando. Questo comando può essere di diverse tipologie: meccanico, manuale, elettrico o pneumatico.

Per comando manuale si intende un comando determinato dall'azione di un operatore.

Per comando meccanico si intende un comando determinato dal movimento di qualche organo meccanico.

Per fornire il comando serve un apposito elemento da installare sulla valvola sul quale possa agire uno dei comandi prima elencati. Questo elemento è definito "dispositivo di azionamento".

### Dispositivi di Azionamento Monostabili

La funzione dei dispositivi di azionamento manuali delle valvole pneumatiche è analoga a quella di quelli elettrici, troviamo ad es. Pulsanti a fungo, Pulsanti incassati, Leve orizzontali, interruttori ecc..

#### Figura 19

**Pos. A:** simbolo di un dispositivo di azionamento a leva.

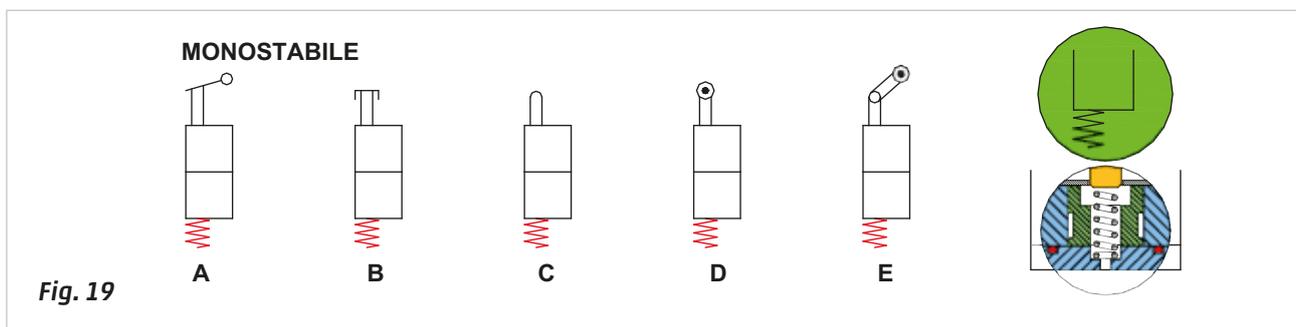
**Pos. B:** simbolo di un dispositivo di azionamento a pulsante.

**Alcuni esempi di dispositivo di azionamento meccanici:**

**Pos. C:** simbolo di un comando frontale.

**Pos. D:** simbolo di una leva rullo.

**Pos. E:** simbolo di una leva rullo unidirezionale.



Nella simbologia, il tipo di azionamento si rappresenta nella zona superiore al riquadro che riporta la funzione valvola. Il riposizionamento del dispositivo di azionamento si ottiene tramite una molla interna che, intervenendo in modo autonomo al cessare del comando di azionamento, lo riporta nella posizione di riposo.

Anche la valvola ha un suo sistema di riposizionamento, questo dispositivo è specificato nel simbolo ma nella inferiore al riquadro che riporta la funzione valvola; generalmente, si tratta di una molla meccanica o pneumatica.

### Dispositivi di Azionamento Bistabili

In alcuni casi la posizione determinata dal comando iniziale deve essere mantenuta anche al suo cessare. In questi casi la posizione di partenza si ottiene tramite un secondo comando opposto al precedente. Anche in questo caso, la valvola mantiene la posizione determinata da questo comando anche al suo cessare.

Alcuni tipi di dispositivo ad azionamento bistabile di tipo manuale sono: un selettore, un pulsante con ritenuta (come quello dell'Emergenza) o ad esempio;

#### Figura 20

**Pos. F:** simbolo di un pulsante a spingere e tirare.

**Pos. G:** simbolo di un selettore a leva.

**Alcuni esempi di dispositivo di azionamento meccanici:**

**Pos. H:** simbolo di un comando frontale da entrambi i lati.

**Pos. I:** simbolo di una leva rullo da entrambi i lati.

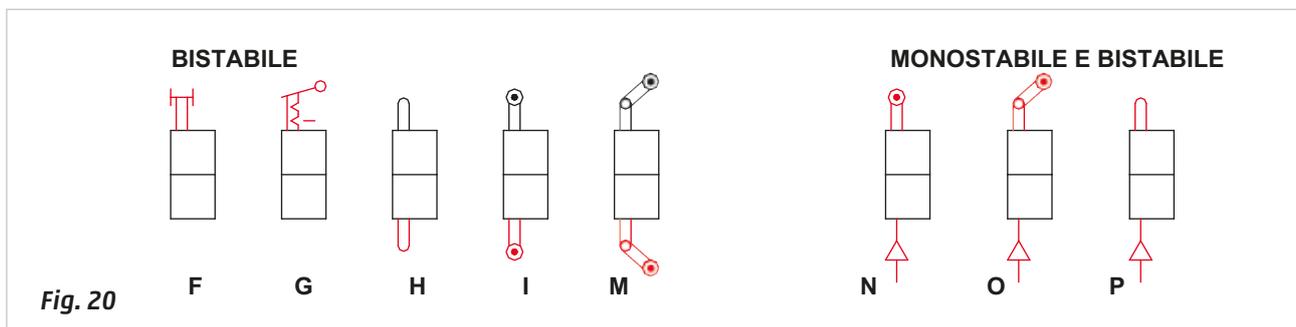
**Pos. M:** simbolo di una leva rullo unidirezionale da entrambi i lati.

**Esistono inoltre valvole ad azionamento meccanico con riposizionamento pneumatico esterno:**

**Pos. N:** simbolo di una leva rullo e riposizionamento pneumatico esterno.

**Pos. O:** simbolo di una leva rullo unidirezionale e riposizionamento pneumatico esterno.

**Pos. P:** simbolo di un comando frontale e riposizionamento pneumatico esterno.



## Tipologie di azionamento pneumatico nelle valvole

I dispositivi di azionamento possono essere a comando:

**diretto:** è il tipo di comando manuale, meccanico o altro che agisce in modo diretto sul movimento della spola od otturatore della valvola.

**indiretto:** è l'A/C a realizzare il movimento della parte interna della valvola.

Nel caso delle valvole ad azionamento pneumatico, il pilotaggio è di tipo indiretto ossia è fornito da un elemento esterno che apre o chiude un passaggio di A/C. Il pilotaggio agisce su un pistoncino all'interno della valvola, nel caso delle valvole bistabili, la forza di spinta generata da questo pistoncino deve essere sufficiente a muovere la spola vincendo l'attrito interno, nelle monostabili oltre all'attrito deve vincere la resistenza che oppone il dispositivo di riposizionamento. Questo è il motivo per cui le valvole monostabili necessitano di una pressione di pilotaggio maggiore di quelle bistabili.

### Figura 21

#### Azionamento pneumatico di una valvola monostabile con ritorno a molla.

**Pos. A1:** in assenza di pilotaggio la molla mantiene la spola nella posizione di riposo.

**Pos. A2:** in presenza del pilotaggio pneumatico, il pistoncino sulla sinistra si sposta verso destra, spingendo la spola che vince la resistenza della molla di riposizionamento comprimendola. La valvola commuta e resta in questa posizione per tutta la durata del pilotaggio.

**Pos. A3:** in assenza del pilotaggio, la reazione della molla riporta la spola nella posizione iniziale.

#### Azionamento pneumatico di una valvola bistabile.

**Pos. B1:** in questa versione si hanno due pistoncini di egual sezione sul pilotaggio della valvola. In assenza di pilotaggio, la spola si trova nella posizione definita dall'ultimo segnale ricevuto.

**Pos. B2:** in presenza del pilotaggio sul lato sinistro il pistoncino si sposta verso destra, spingendo la spola e il pistoncino di destra. La valvola ha commutato.

**Pos. B3:** al termine del pilotaggio, la valvola resta nella posizione da lui determinata.

**Pos. B4:** in presenza del pilotaggio sulla destra (e in assenza del pilotaggio sulla sinistra) il pistoncino si sposta verso sinistra, spingendo la spola e il pistoncino di sinistra. La valvola ha commutato.

**Pos. B5:** la presenza contemporanea dei due pilotaggi non modifica la posizione assunta dalla spola. Le forze esercitate dai due pistoncini sono pari e contrarie e si annullano.

#### Azionamento pneumatico di una valvola con riposizionamento preferenziale (dominante).

**Pos. C1:** in questa versione si hanno due pistoncini con diverse dimensioni sul pilotaggio della valvola. In assenza di pilotaggio, la spola si trova nella posizione definita dall'ultimo segnale ricevuto.

**Pos. C2:** in presenza del pilotaggio sul lato sinistro il pistoncino si sposta verso destra, spingendo la spola e il pistoncino di destra. La valvola ha commutato.

**Pos. C3:** al termine del pilotaggio, la valvola resta nella posizione da lui determinata.

**Pos. C4:** in presenza del pilotaggio sulla destra (e in assenza del pilotaggio sulla sinistra) il pistoncino si sposta verso sinistra, spingendo la spola e il pistoncino di sinistra. La valvola ha commutato.

**Pos. C5:** la presenza contemporanea dei due pilotaggi modifica la posizione assunta dalla spola. La spola si sposta nella direzione del pistoncino con sezione minore. La forza di spinta del pistoncino di sezione maggiore è più elevata di quella di contrasto opposta dall'altro.

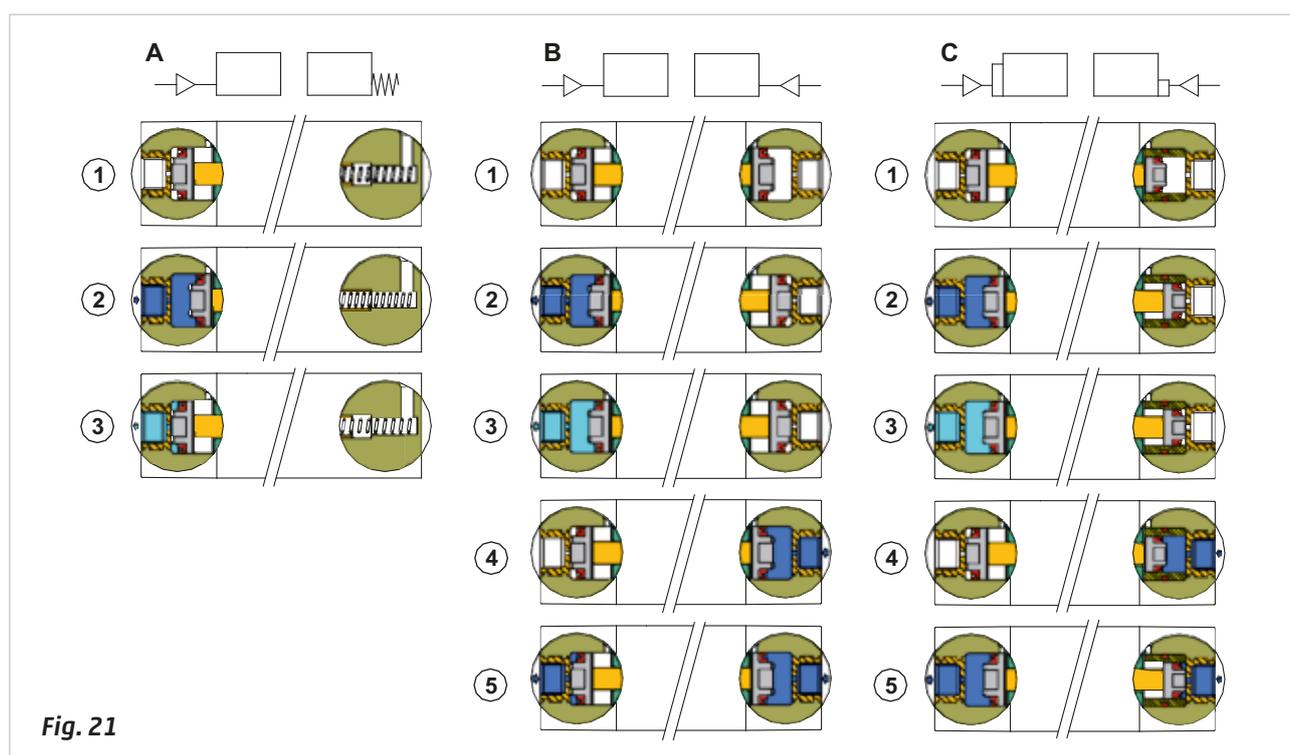


Fig. 21

## Elettrovalvole a comando diretto

Oltre ai sistemi illustrati in precedenza, le valvole possono essere commutate anche con segnali elettrici; tuttavia, per poter essere utilizzato, il segnale elettrico deve essere trasformato in un pilotaggio pneumatico. Questa operazione la svolge l'**elettropilota**, costituito da una parte elettrica, il solenoide e da una parte meccanica, il nucleo fisso e il nucleo mobile.

**Figura 22**

### Pos. 1: il Solenoide

Il solenoide è formato da un avvolgimento in filo di rame **A**, avvolto su un rocchetto **B** racchiuso in un'armatura metallica **C**. Spesso il tutto è isolato con del materiale sovrastampato che ne definisce forma e dimensioni esterne. Dal solenoide sporgono due o tre terminali metallici per il collegamento elettrico. La disposizione di questi terminali ne determina la forma e segue varie normative come le DIN 43650 e DIN 40050. Il solenoide essendo un componente elettrico deve essere utilizzato rispettando alcuni fattori, tra i principali ricordiamo:

**Temperatura:** essendo un parametro che può subire variazioni considerevoli in funzione del luogo in cui il solenoide è collocato, i costruttori ne specificano le temperatura minime e massime compatibili.

**Umidità:** in base al tipo di materiale di sovra stampaggio si possono avere applicazioni diverse.

**Valore di corrente:** è legato alla potenza elettrica del solenoide. I solenoidi più recenti necessitano di potenze ridotte al fine di ridurre consumi, riscaldamento e dimensioni.

In caso di funzionamento con corrente continua (DC), richiedono un valore di corrente identico sia in fase di spunto che a regime. In caso di funzionamento con corrente alternata (AC), richiedono un valore di corrente maggiore in fase di spunto rispetto a quanto richiesto a regime. Fornendo una corrente alternata al solenoide e mancando la parte meccanica al suo interno è possibile danneggiarlo. E' buona norma togliere alimentazione elettrica o togliere il connettore dal solenoide prima di sfilarlo dal canotto della valvola.

**Durata del segnale elettrico:** i solenoidi sono studiati per garantire le prestazioni di targa in presenza continua di energia elettrica, questa indicazione è normalmente identificata con ED 100%. Negli ultimi anni si stanno diffondendo tecniche diverse come la tecnologia PWM.

**Ambiente di lavoro:** tutti i solenoidi, quando sono attraversati da energia elettrica, producono calore. Il montaggio in quadri chiusi, privi della sufficiente aerazione o in ambienti particolarmente caldi sfavorevoli alla dissipazione del calore, sono da evitare, in particolare per le batterie di valvole dove si hanno molti solenoidi vicini fra loro.

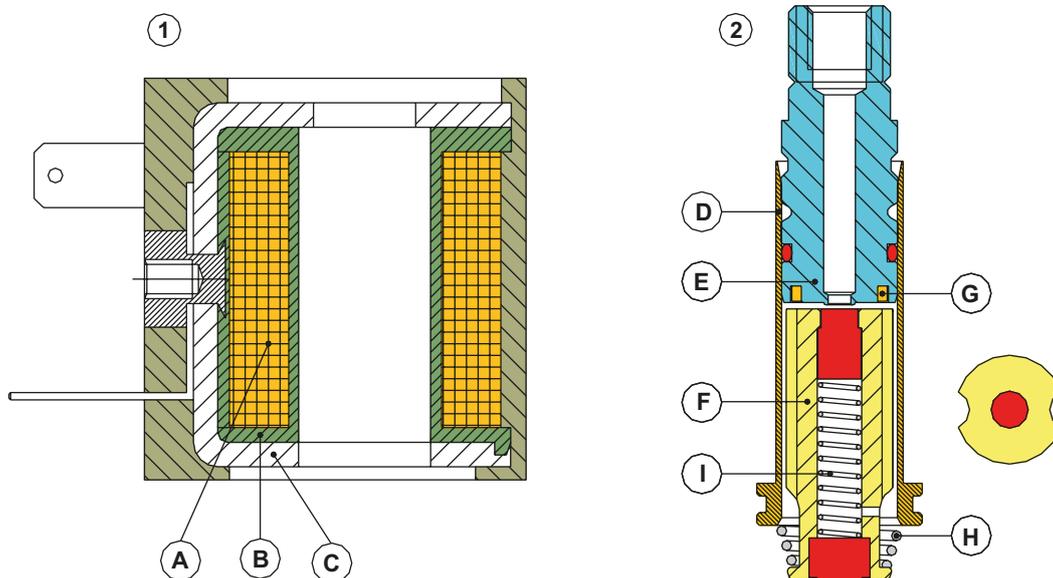
### Pos. 2: Nucleo fisso e nucleo mobile

Il nucleo fisso **E** è fissato in modo rigido sul canotto **D** che è in materiale non magnetico, acciaio inossidabile o ottone. Sul canotto si inserisce il solenoide.

Il nucleo fisso **E** ha diverse funzioni: contiene l'anello di rame **G**, definito "anello di sfasamento" che serve per ridurre le vibrazioni prodotte dal campo magnetico a seguito della alimentazione con corrente alternata. La parte centrale può essere attraversata da un canale di passaggio con ugello di tenuta, ma questo argomento sarà ripreso in seguito. Delimita la corsa del nucleo mobile e consente il bloccaggio del solenoide.

Anche il nucleo mobile **F** ha diverse funzioni: fornendo tensione al solenoide, si genera il campo magnetico, che attrae il nucleo mobile verso l'alto, fino a mandarlo in appoggio sul nucleo fisso **E**. La guarnizione di colore rosso nella parte superiore chiude l'ugello del nucleo fisso. La molla cilindrica interna **I** esercita un'azione di spinta su questa guarnizione garantendo la chiusura sull'ugello. La guarnizione inferiore sollevandosi insieme al nucleo mobile determina l'apertura o la chiusura del passaggio di A/C, ma anche questa parte sarà analizzata in seguito. Togliendo tensione, cessa il campo magnetico, la molla di contrasto **H** riposiziona il nucleo mobile.

Le due fessure laterali sul nucleo mobile consentono all'A/C di passare verso la parte superiore del canotto per raggiungere il canale di scarico del nucleo fisso.



**Fig. 22**

## Elettrovalvola 3/2 NC (3 vie, 2 posizioni, Normalmente Chiusa)

### Figura 23

Posizione di riposo, contatto elettrico aperto, assenza di energia elettrica.

**Pos. A:** la molla conica spinge il nucleo mobile e la relativa guarnizione contro l'ugello chiudendo il passaggio di A/C dall'ingresso 1 verso l'utilizzo 2.

**Pos. B:** la parte superiore del nucleo mobile e la relativa guarnizione, sotto l'azione della molla conica si stacca dal nucleo fisso e dall'ugello di tenuta, mettendo in comunicazione l'utilizzo 2 con lo scarico 3.

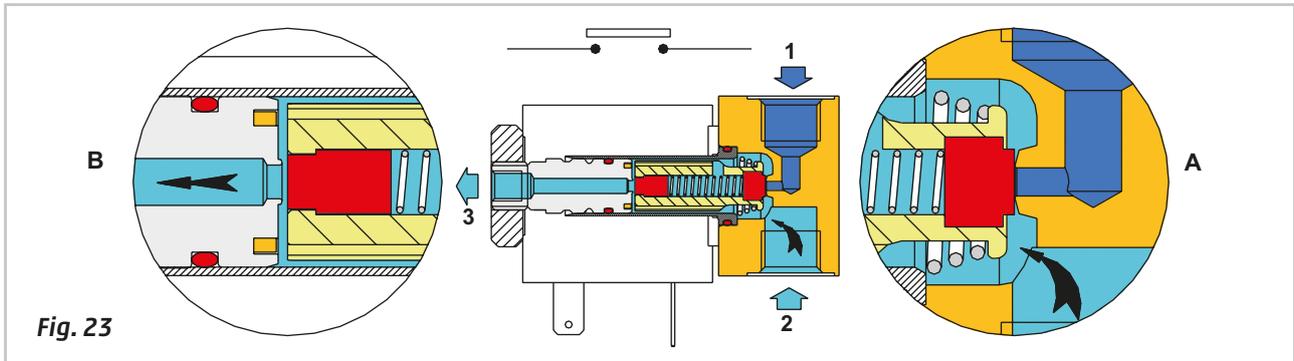


Fig. 23

### Figura 24

Il contatto elettrico è chiuso si ha passaggio di energia elettrica, al solenoide è fornita tensione.

**Pos. C:** la corrente attraversa il solenoide generando un campo magnetico che attira verso l'alto il nucleo mobile. La molla conica si comprime e la guarnizione si stacca dall'ugello. Si apre il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2.

**Pos. D:** il piano della parte superiore del nucleo mobile va a contatto con il piano inferiore del nucleo fisso, la guarnizione chiude il passaggio verso lo scarico 3.

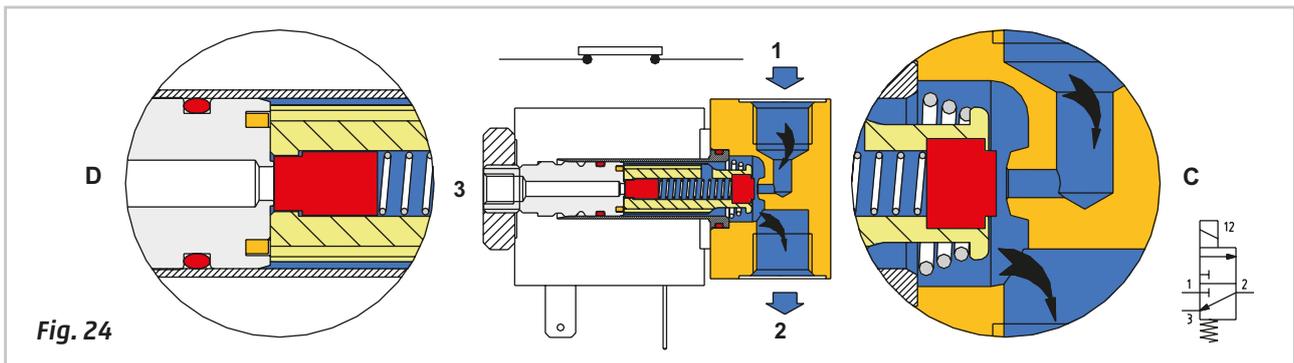


Fig. 24

## Elettrovalvola 3/2 NO (3 vie, 2 posizioni, Normalmente Aperta)

Rispetto la 3/2 NC questa elettrovalvola si differenzia per:

- la posizione dell'ingresso 1 e dello scarico 3;
- il carico delle molle.

### Figura 25

Posizione di riposo, contatto elettrico aperto, assenza di energia elettrica.

**Pos. A:** la molla conica spinge il nucleo mobile e la relativa guarnizione contro l'ugello chiudendo il passaggio di A/C dall'ingresso 1 verso lo scarico 3.

**Pos. B:** la parte superiore del nucleo mobile e la relativa guarnizione, sotto l'azione della molla conica si stacca dal nucleo fisso e dall'ugello di tenuta, mettendo in comunicazione l'ingresso 1 con l'utilizzo 2.

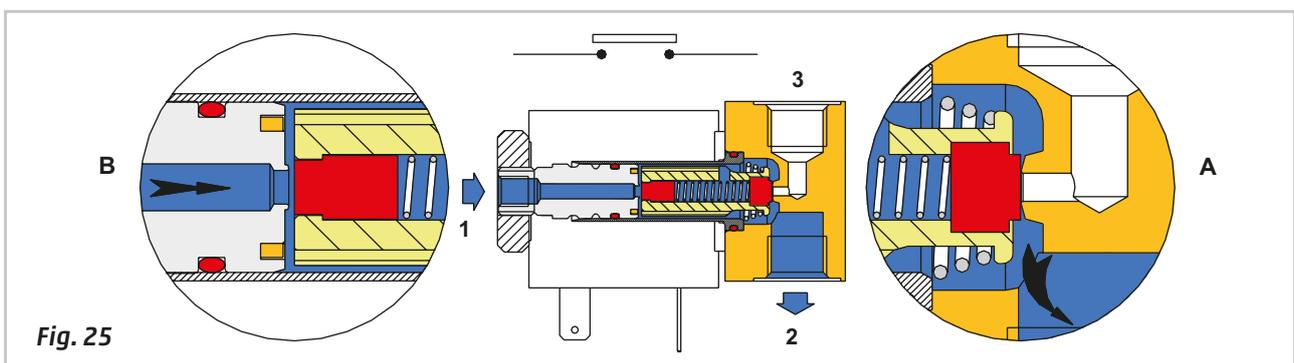


Fig. 25

**Figura 26**

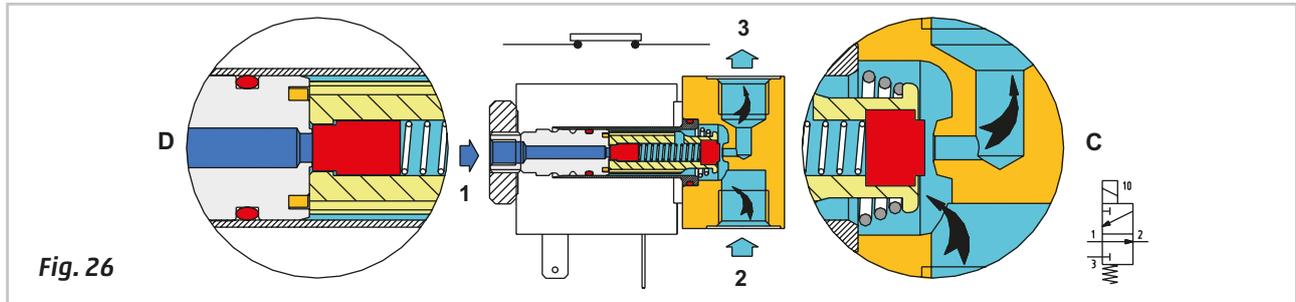
Il contatto elettrico è chiuso si ha passaggio di energia elettrica, al solenoide è fornita tensione.

**Pos. C:** la corrente attraversa il solenoide generando un campo magnetico che attira verso l'alto il nucleo mobile. La molla conica si comprime e la guarnizione si stacca dall'ugello. Si apre il passaggio di A/C dall'utilizzo 2 allo scarico 3.

**Pos. D:** il piano della parte superiore del nucleo mobile va a contatto con il piano inferiore del nucleo fisso, la guarnizione chiude l'ingresso 1 dell'A/C.

In questa versione il carico della molla conica è minore di quello della Elettrovalvola NC in quanto non deve vincere la spinta dell'A/C che tenderebbe ad alzare il nucleo mobile.

Il carico ridotto della molla conica offre una reazione minore al sollevamento del nucleo mobile determinato dal campo magnetico.

**Fig. 26****Elettrovalvola 3/2 NO** (3 vie, 2 posizioni, Normalmente Aperta, montaggio in linea)

All'interno del canotto porta solenoide troviamo tre componenti fondamentali:

- il nucleo mobile
- il nucleo fisso
- il supporto porta guarnizione inferiore.

**Figura 27**

**Pos. 1:** posizione di riposo, contatto elettrico aperto, assenza di energia elettrica.

**A:** il nucleo mobile non essendo interessato dal campo magnetico e sotto la spinta del supporto porta guarnizione sopra descritto, si solleva. La guarnizione, del nucleo mobile che è stato sollevato, chiude il passaggio verso lo scarico 3.

**B:** il nucleo mobile non essendo interessato dal campo magnetico e sotto la spinta del supporto porta guarnizione sopra descritto, si solleva. La guarnizione, del nucleo mobile che è stato sollevato, chiude il passaggio verso lo scarico 3.

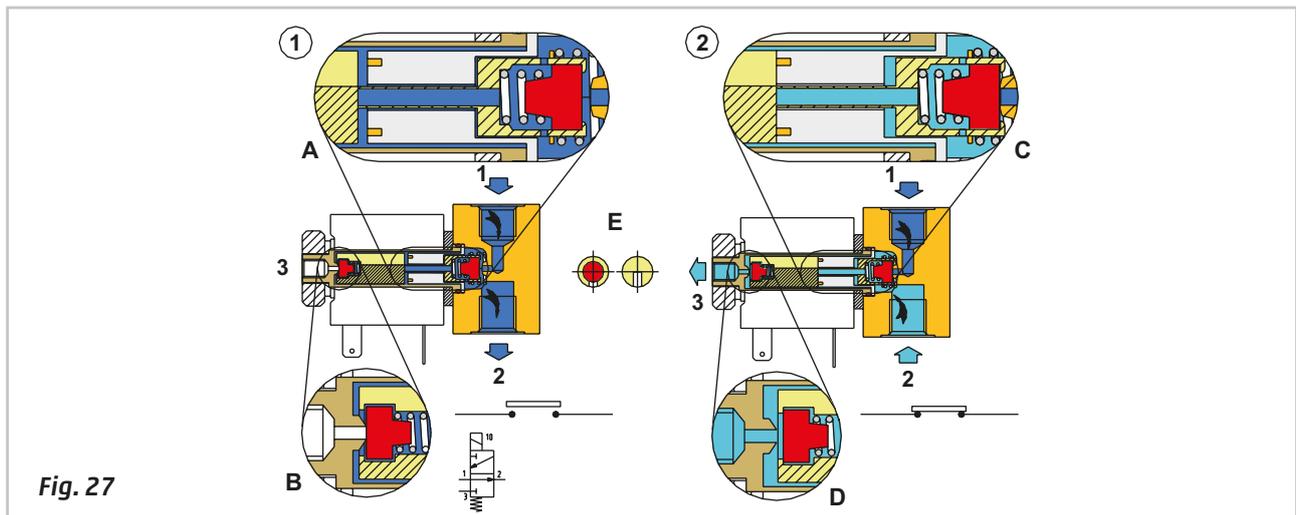
**Pos. 2:** il contatto elettrico è chiuso, si ha passaggio di energia elettrica, al solenoide è fornita tensione.

**C:** la corrente attraversa il solenoide generando un campo magnetico che spinge verso il basso il nucleo mobile e di conseguenza il supporto porta guarnizione inferiore. Questo, comprime la molla e mette a contatto la guarnizione con l'ugello inferiore chiudendo l'ingresso 1.

**D:** il nucleo mobile abbassandosi per effetto del campo magnetico oltre a consentire la chiusura dell'ingresso 1, stacca la guarnizione superiore dall'ugello di scarico consentendo il passaggio dall'utilizzo 2 allo scarico 3.

**E:** sezionato del nucleo mobile con evidenziata la guarnizione superiore e la fresatura che consente il passaggio dell'A/C.

Il simbolo pneumatico si completa con un riquadro di dimensioni ridotte che identifica il pilotaggio elettrico 10. Il comando 10 identifica che in presenza di questo segnale l'ingresso 1 è chiuso.

**Fig. 27**

Le valvole 2/2 NO o NC sono utilizzate generalmente in applicazioni che prevedono operazioni di soffiaggio, riempimento di capacità, chiusura di un flusso ecc.

Esteticamente non presentano differenze sostanziali con le 3/2 a parte la mancanza della connessione dello scarico 3 e la differente posizione dei collegamenti.

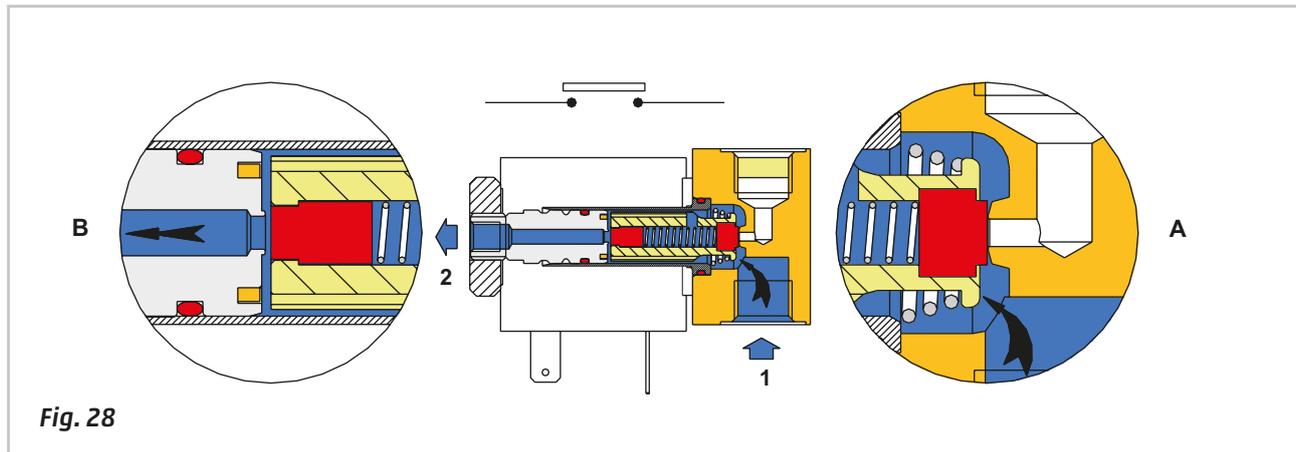
## Elettrovalvola 2/2 NO (2 vie, 2 posizioni, Normalmente Aperta)

**Figura 28**

Posizione di riposo, contatto elettrico aperto, assenza di energia elettrica.

**Pos. A:** per ridurre il numero dei componenti normalmente si utilizza il corpo della versione 3/2 ed in questo caso si tappa la connessione della via che sarebbe chiusa. La molla conica spinge il nucleo mobile e la relativa guarnizione contro l'ugello relativo alla connessione non utilizzata.

**Pos. B:** la parte superiore del nucleo mobile e la relativa guarnizione, sotto l'azione della molla conica sono staccati dal nucleo fisso e dall'ugello di tenuta. Si ha comunicazione fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2.



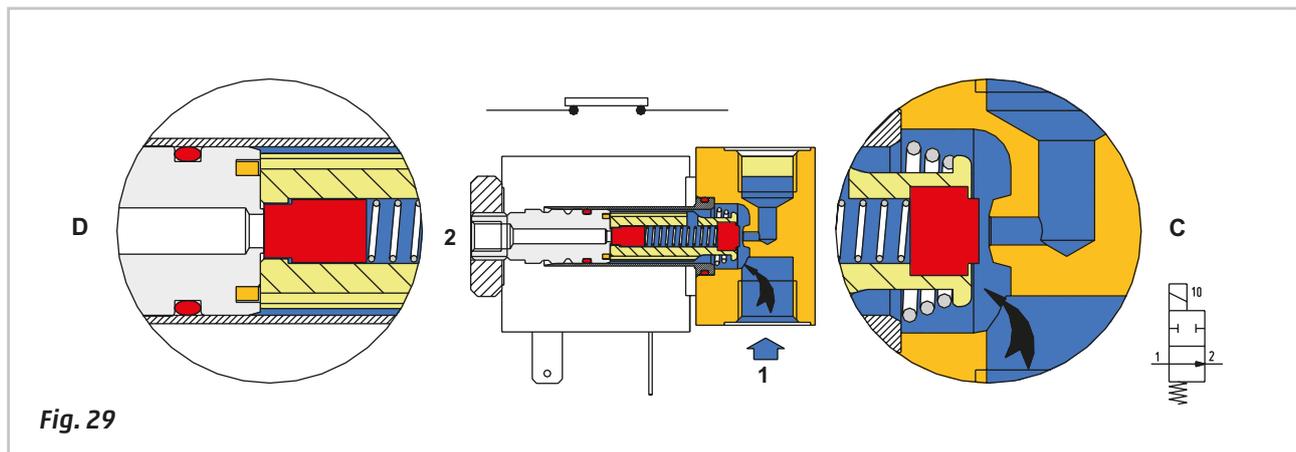
**Fig. 28**

**Figura 29**

Il contatto elettrico è chiuso si ha passaggio di energia elettrica, al solenoide è fornita tensione.

**Pos. C:** la corrente attraversa il solenoide generando un campo magnetico che attira verso l'alto il nucleo mobile. La molla conica si comprime e la guarnizione si stacca dall'ugello.

**Pos. D:** il piano della parte superiore del nucleo mobile va a contatto con il piano inferiore del nucleo fisso, la guarnizione si appoggia all'ugello chiudendo il passaggio da 1 verso 2.



**Fig. 29**

Indipendentemente dal tipo di azionamento, le valvole ad otturatore sono influenzate nel loro funzionamento dal valore di pressione e dalla dimensione dell'ugello in alimentazione.

Il nucleo mobile, in precedenza analizzato, rappresenta l'otturatore che tramite una guarnizione ed una molla conica tiene chiuso l'ugello di alimentazione. In questa condizione, la molla conica è dimensionata per vincere la spinta che la pressione dell'A/C genera sulla superficie del nucleo a contatto con l'ugello. Considerando "costante" la forza attrattiva del solenoide che muove il nucleo mobile, ne deriva che esiste un equilibrio fra la pressione e il diametro di passaggio. Con una pressione elevata il diametro dovrà essere contenuto, con una pressione bassa il diametro potrà essere maggiore.

Le valvole 2/2 NC in genere sono utilizzate per operazioni di soffiaggio o come rubinetti ed in questi casi si ha necessità di avere dei diametri di passaggio e pressioni elevate.

Queste necessità sono soddisfatte tramite la diversa geometria e guarnizione del nucleo mobile e il diverso senso di passaggio dell'A/C.

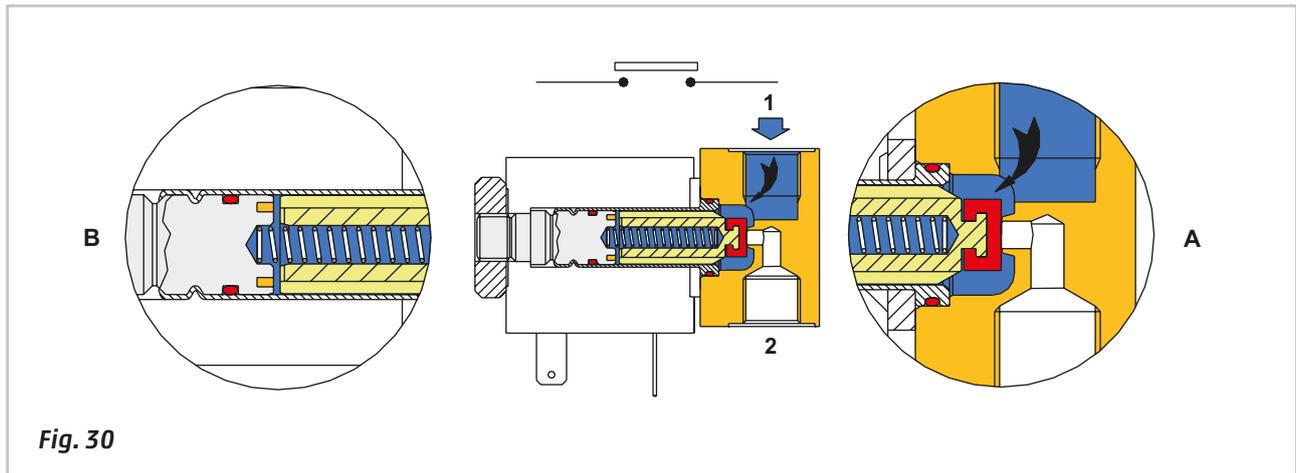
## Elettrovalvola 2/2 NC (2 vie, 2 posizioni, Normalmente Chiusa)

### Figura 30

Posizione di riposo, contatto elettrico aperto, assenza di energia elettrica.

**Pos. A:** l'A/C in ingresso non agisce su tutte le superfici del nucleo mobile tranne la parte interna all'ugello dove il nucleo chiude il passaggio verso l'utilizzo 2. La spinta dell'aria favorisce la chiusura e non l'apertura. Limitando la pressione massima di utilizzo è possibile aumentare il diametro di passaggio verso l'utilizzo 2 mantenendo lo stesso solenoide. Con questa soluzione non si hanno anomalie anche in presenza di forti oscillazioni di pressione, come nel caso di soffi.

**Pos. B:** la forza esercitata sul nucleo mobile è maggiore sul lato molla in quanto, oltre a quella della molla, le superfici dei piani superiore e inferiore interessate dalla pressione sono diverse. La presenza di pressione all'utilizzo 2 favorisce il sollevamento del nucleo mobile, l'assenza ne determina una maggior richiesta di potenza per l'azionamento.

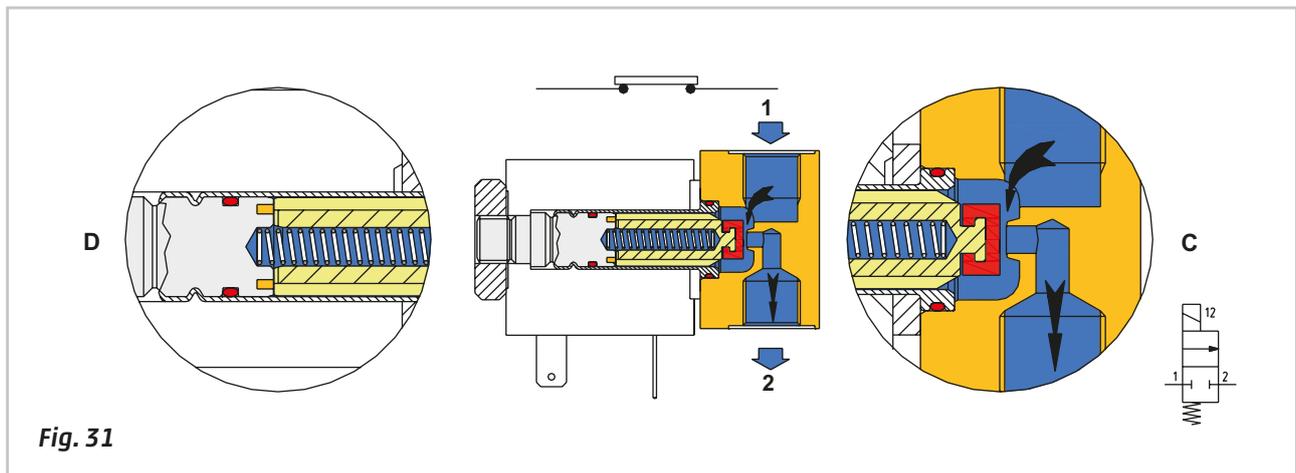


### Figura 31

Il contatto elettrico è chiuso si ha passaggio di energia elettrica, al solenoide è fornita tensione.

**Pos. C:** la corrente attraversa il solenoide generando un campo magnetico che attira verso l'alto il nucleo mobile. La molla interna si comprime e la guarnizione si stacca dall'ugello.

**Pos. D:** il piano della parte superiore del nucleo mobile va a contatto con il piano inferiore del nucleo fisso.



## Elettrovalvole con servo pilotaggio interno

La richiesta di contenimento delle dimensioni, obbliga ad avere elettrovalvole con solenoidi sempre più piccoli e con assorbimenti ridotti. In questi casi il solenoide non agisce direttamente sulla commutazione ma, apre o chiude l'alimentazione al pistoncino di comando come analizzato nel paragrafo **"Tipologie di azionamento pneumatico nelle valvole"**.

Il gruppo elettropilota può variare nella forma, nel tipo di collegamento elettrico o normativa e si abbina ai fondelli che contengono il pistoncino di comando prima indicato.

L'alimentazione pneumatica all'elettropilota è la stessa di quella fornita all'elettrovalvola ed è ottenuta tramite una canalizzazione interna alla valvola. Questa caratteristica fa definire la valvola con **servo pilotaggio interno**.

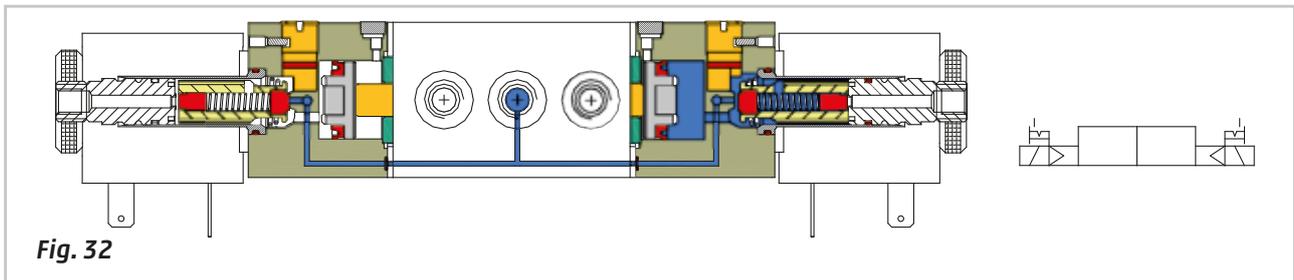
**Figura 32**

### Elettrovalvola con doppio comando elettrico

Il corpo centrale è quello di una normale valvola a spola in cui è ricavata la canalizzazione del servo pilotaggio.

Le estremità del corpo sono chiuse da fondelli che integrano gli elettropiloti. L'alimentazione della valvola alimenta anche gli elettropiloti, la loro uscita aziona i rispettivi pistoncini.

L'elettropilota di destra è eccitato, l'aria in uscita muove il relativo pistoncino che sposta la spola verso sinistra. In questa fase, l'elettropilota di sinistra non deve essere eccitato. Nel togliere segnale elettrico al solenoide, l'elettrovalvola mantiene la posizione. Questa elettrovalvola è definita di tipo Bistabile e con servo pilotaggio interno.

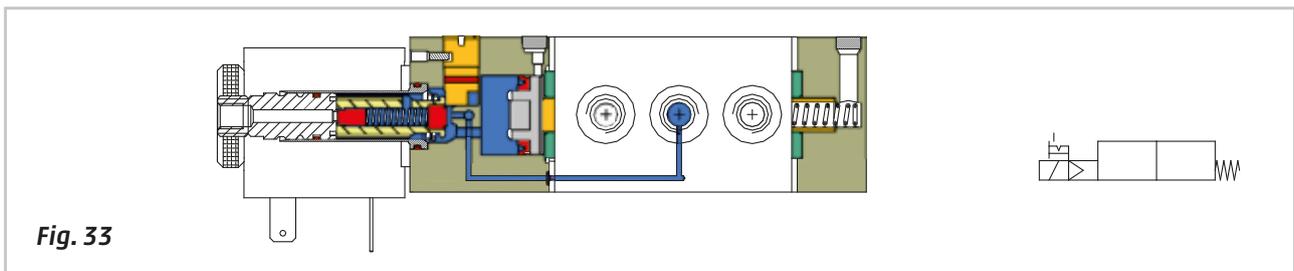


**Fig. 32**

**Figura 33**

### Elettrovalvola con comando elettrico e riposizionamento a molla meccanica

In questo caso, l'elettropilota di destra è stato sostituito da una molla meccanica. L'elettropilota di sinistra è stato azionato tramite il comando manuale che genera lo stesso effetto del comando elettrico, l'aria in uscita muove il relativo pistoncino che sposta la spola verso destra, la molla di riposizionamento si comprime. Nel togliere l'azionamento, l'elettrovalvola si riposiziona per effetto della spinta della molla. Con il solenoide non eccitato e il comando manuale in posizione 0, l'elettrovalvola assume la posizione definita dalla molla. Questa elettrovalvola è definita di tipo Monostabile riposizionamento con molla meccanica e servo pilotaggio interno.

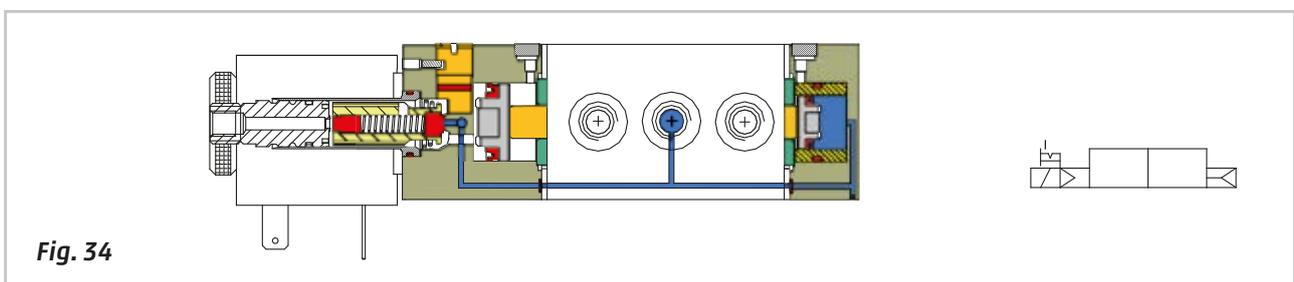


**Fig. 33**

**Figura 34**

### Elettrovalvola con comando elettrico e riposizionamento a molla pneumatica

La differenza rispetto al precedente caso è determinata dalla molla pneumatica al posto di quella meccanica. La molla pneumatica è ottenuta con un pistoncino sempre alimentato, ma di dimensioni ridotte rispetto quello nel fondello con l'elettropilota. Con il solenoide non eccitato, e presenza di A/C l'elettrovalvola assume la posizione determinata dalla molla pneumatica. Questa elettrovalvola è definita di tipo Monostabile riposizionamento con molla pneumatica e servo pilotaggio interno.

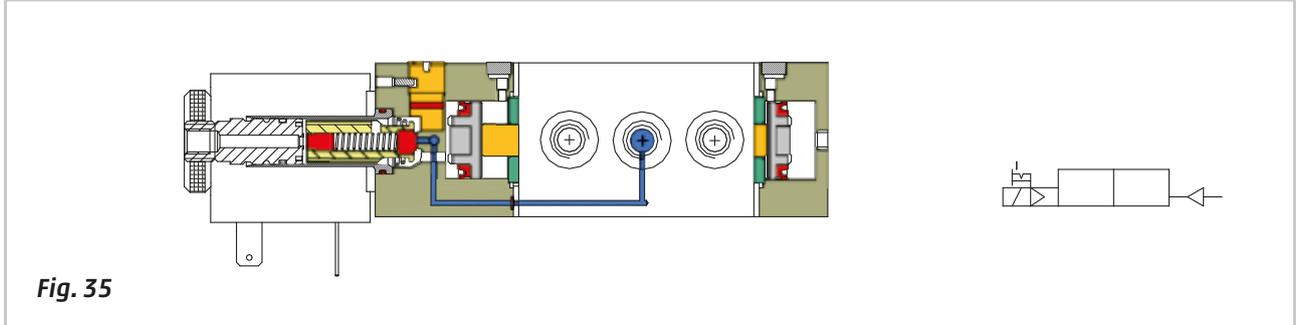


**Fig. 34**

**Figura 35****Elettrovalvola con comando elettrico e riposizionamento pneumatico**

Il fondello di destra, comunemente definito "fondello pneumatico", ha una connessione filettata per il collegamento di un pilotaggio esterno. I due pistoni di comando hanno il medesimo diametro. Il riposizionamento della spola avviene solo in presenza di un pilotaggio pneumatico esterno. Al cessare del comando elettrico la valvola non cambia di posizione, lo fa solo in presenza di un pilotaggio esterno. In questa condizione è definita di tipo Bistabile comando elettrico riposizionamento pneumatico esterno.

Se il comando pneumatico esterno fosse sempre presente ma con una pressione ridotta la valvola sarebbe di tipo Monostabile comando elettrico riposizionamento con molla pneumatica.

**Fig. 35****Elettrovalvole con servo pilotaggio esterno**

Come illustrato nelle elettrovalvole a comando indiretto è un elettropilota che aprendo o chiudendo un passaggio di A/C fornisce il comando per il pilotaggio. L'alimentazione pneumatica all'elettropilota è la stessa di quella fornita all'elettrovalvola ed è ottenuta tramite una canalizzazione interna alla valvola. In funzione della tipologia di elettrovalvola la pressione minima richiesta per il comando di pilotaggio è circa 2 bar.

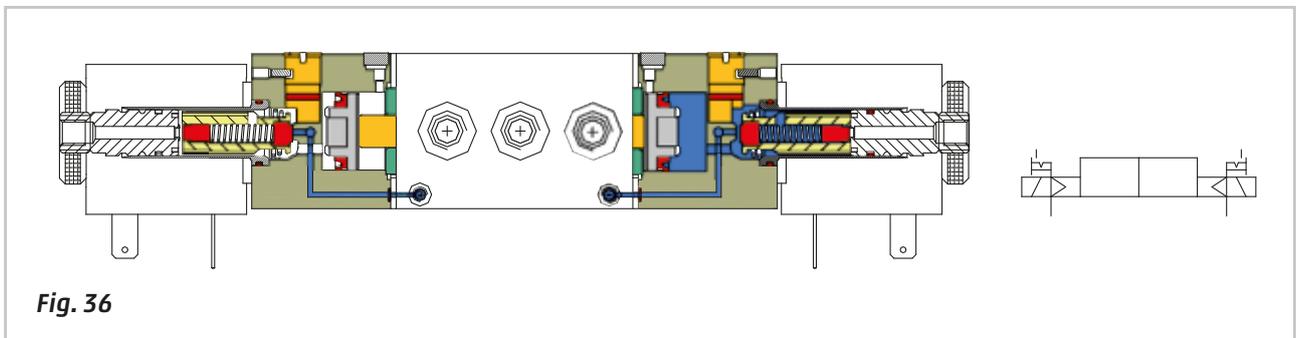
Nei casi in cui si utilizzi una pressione inferiore o il vuoto si ha la necessità di alimentare l'elettropilota con una pressione diversa, in questi casi si utilizzano delle elettrovalvole che hanno una connessione separata per l'alimentazione dell'elettropilota e sono definite con **servo pilotaggio esterno**.

Non ci sono particolari differenze fra le due tipologie.

**Figura 36****Elettrovalvola con doppio comando elettrico e servo pilotaggio esterno**

Il corpo centrale è quello di una normale valvola dove la canalizzazione del servo pilotaggio è assente o intercettata. Le estremità del corpo sono chiuse da fondelli che integrano gli elettropiloti. L'alimentazione della valvola è indipendente da quella degli elettropiloti, la loro uscita aziona i rispettivi pistoncini.

L'elettropilota di destra è eccitato, l'aria in uscita muove il relativo pistoncino che sposta la spola verso sinistra. In questa fase, l'elettropilota di sinistra non deve essere eccitato. Nel togliere segnale elettrico al solenoide, l'elettrovalvola mantiene la posizione. Questa elettrovalvola è definita di tipo Bistabile e con servo pilotaggio esterno.

**Fig. 36****Figura 37****Elettrovalvola con comando elettrico e riposizionamento a molla meccanica, servo pilotaggio esterno**

In questo caso, l'elettropilota di destra è stato sostituito da una molla meccanica. L'elettropilota di sinistra è stato azionato tramite il comando manuale che genera lo stesso effetto del comando elettrico, l'aria in uscita muove il relativo pistoncino che sposta la spola verso destra, la molla di riposizionamento si comprime. Nel togliere l'azionamento, l'elettrovalvola si riposiziona per effetto della spinta della molla. Con il solenoide non eccitato e il comando manuale in posizione 0, l'elettrovalvola assume la posizione definita dalla molla. Questa elettrovalvola è definita di tipo Monostabile riposizionamento con molla meccanica e servo pilotaggio esterno.

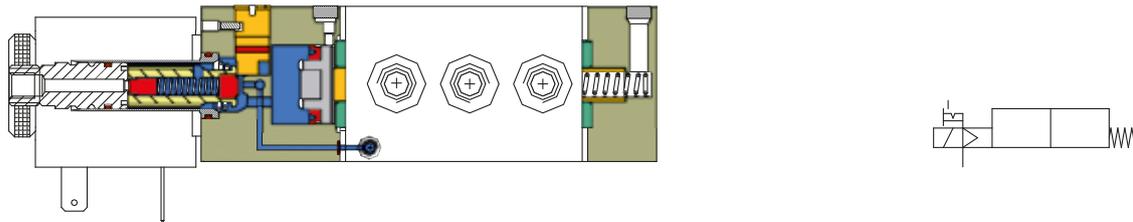


Fig. 37

Figura 38

**Elettrovalvola con comando elettrico e riposizionamento a molla pneumatica, servo pilotaggio esterno**

La differenza rispetto al precedente caso è determinata dalla molla pneumatica al posto di quella meccanica. La molla pneumatica è ottenuta con un pistoncino sempre alimentato da una sorgente esterna, ma con dimensioni ridotte rispetto a quello nel fondello con l'elettropilota.

Con il solenoide non eccitato, e presenza di A/C l'elettrovalvola assume la posizione determinata dalla molla pneumatica. Questa elettrovalvola è definita di tipo Monostabile riposizionamento con molla pneumatica esterna e servo pilotaggio esterno.

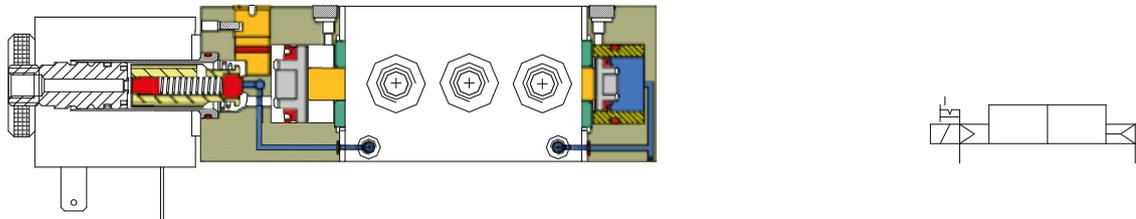


Fig. 38

Figura 39

**Elettrovalvola con comando elettrico e riposizionamento pneumatico, servo pilotaggio esterno**

Il fondello di destra, comunemente definito "fondello pneumatico", ha una connessione filettata per il collegamento di un pilotaggio esterno. I due pistoni di comando hanno il medesimo diametro. Il riposizionamento della spola avviene solo in presenza di un pilotaggio pneumatico esterno. Al cessare del comando elettrico la valvola non cambia di posizione, lo fa solo in presenza di un pilotaggio esterno. Questa elettrovalvola è definita di tipo Bistabile con comando elettrico riposizionamento pneumatico e servo pilotaggio esterno.

Se il comando pneumatico esterno fosse sempre presente ma con una pressione ridotta la valvola sarebbe di tipo Monostabile comando elettrico riposizionamento con molla pneumatica.

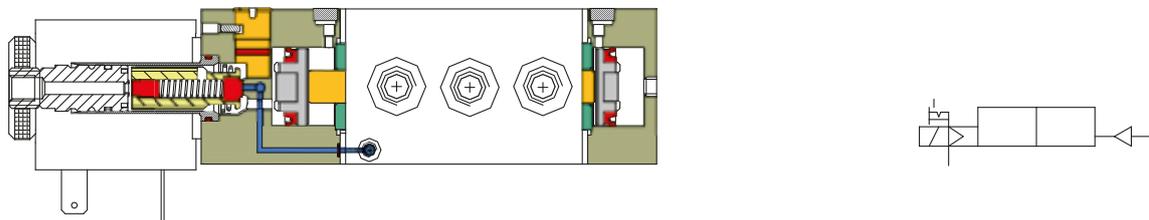


Fig. 39

## Valvole a tre posizioni

In queste valvole ad azionamento elettrico o pneumatico, la terza posizione si ottiene tramite un riposizionamento a molla che, in assenza di pilotaggio, garantisce il ritorno della spola nella posizione centrale.

Nelle valvole ad azionamento manuale si possono avere due soluzioni distinte:

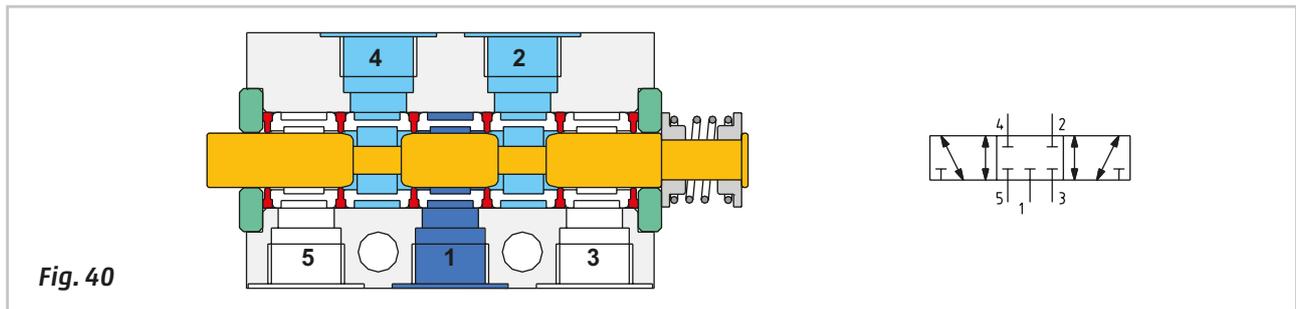
- **valvola monostabile:** rilasciando la leva di comando la spola si riposiziona al centro per effetto della molla;
- **valvola bistabile:** tutte le posizioni sono stabili, in questo caso la condizione centrale si ottiene manualmente agendo sulla leva.

Il dispositivo di riposizionamento può essere realizzato in diversi modi, molle distinte nei due fondelli o tutto dallo stesso lato. La terza posizione di queste valvole può avere diverse versioni:

**Figura 40**

**5/3 CC - Centri Chiusi:** ingresso 1 chiuso, utilizzi 2 e 4 chiusi, scarichi 3 e 5 chiusi.

La posizione centrale (terza posizione) prevede che tutte le connessioni siano chiuse non consentendo né l'alimentazione né lo scarico delle camere del cilindro. Questa tipologia di valvola è utilizzata per realizzare posizionamenti intermedi ai cilindri. Non è da intendersi come componente di precisione o di sicurezza.



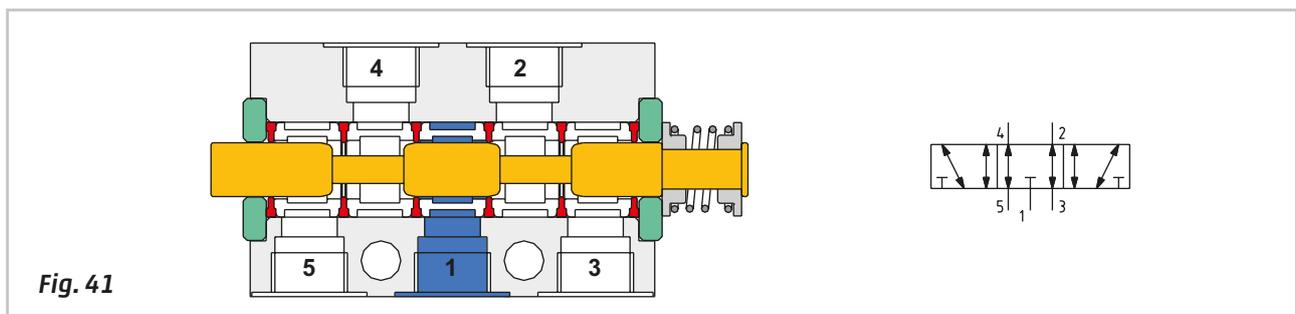
**Figura 41**

**5/3 CO - Centri Aperti:** ingresso 1 chiuso, utilizzi 2 e 4 in comunicazione con gli scarichi 3 e 5.

La posizione centrale (terza posizione) prevede l'ingresso 1 chiuso mentre gli utilizzi 2 e 4 sono aperti con i rispettivi scarichi 3 e 5, in questo modo si consente lo scarico delle camere del cilindro.

Questa tipologia di valvola è utilizzata quando si ha necessità di movimentare esternamente il cilindro una volta arrestato. Con questo tipo di valvola, il cilindro trovandosi "in folle", potrebbe muoversi per effetto di agenti esterni posizionandosi in una posizione non corretta.

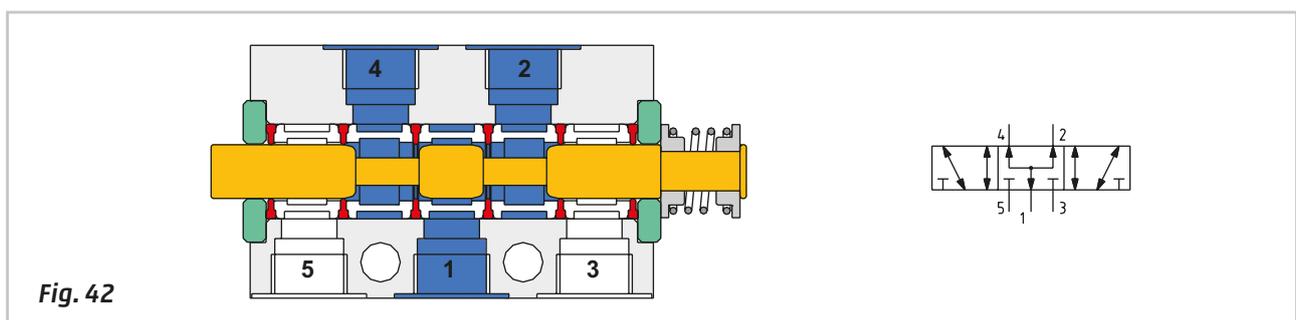
Durante la fase di immissione dell'A/C, si hanno delle velocità di traslazione non controllate in quanto le camere del cilindro sono a pressione atmosferica. È opportuno un inserimento graduale della pressione.



**Figura 42**

**5/3 CP - Centri in Pressione:** ingresso 1 in comunicazione con gli utilizzi 2 e 4, scarichi 3 e 5 chiusi.

La posizione centrale (terza posizione) prevede l'ingresso 1 aperto con gli utilizzi 2 e 4 mentre gli scarichi 3 e 5 sono chiusi; in questo modo è consentita la pressurizzazione di entrambe le camere del cilindro. In questa posizione si ha una spinta del pistone data dalla differenza di superfici determinate dalla presenza dello stelo.

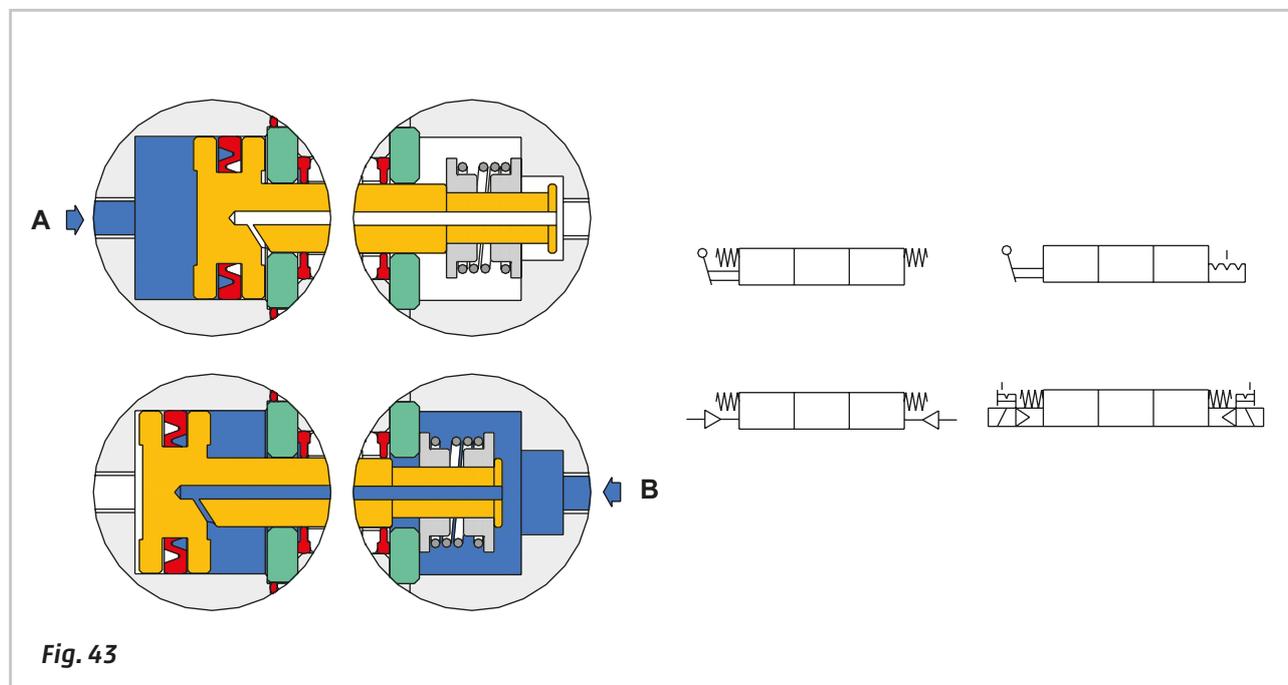


**Figura 43****Funzionamento valvole 5/3**

Il comando proveniente da **A**, agisce sulla parte sinistra del pistone di pilotaggio, spostando la spola verso destra cambiando il senso di passaggio dell'A/C e comprimendo la molla di riposizionamento. Terminato il comando, la molla si distende riposizionando la spola nella posizione centrale.

Il comando proveniente da **B** attraversa il foro passante nella spola, raggiunge il lato sinistro del pistone di pilotaggio spostandolo verso sinistra, comprimendo la molla di riposizionamento. Terminato il comando, la molla si distende riposizionando la spola nella posizione centrale.

Le valvole 5/3 CO e le valvole 5/3 CP possono essere sostituite rispettivamente da una doppia valvola 3/2 NC e 3/2 NO.

**Fig. 43**

## Valvole di blocco

Per arrestare il movimento di un cilindro o per mantenerne la posizione anche in assenza di alimentazione pneumatica, possono essere utilizzate sia delle valvole di blocco sia le valvole 5/3 CC. Le valvole di blocco sono preferibili alle 5/3 perché offrono maggiore sicurezza. La valvola 5/3 CC è soggetta alle possibili perdite delle guarnizioni spola, dei raccordi, oltre al possibile danneggiamento delle tubazioni che vanificherebbero la funzione della valvola CC.

Le valvole di blocco, montandosi direttamente sulle connessioni del cilindro, non risentono dei problemi sulle tubazioni e non avendo connessioni intermedie sono meno soggette alle perdite.

Le valvole di blocco sono di due tipi: **Unidirezionali** e **Bidirezionali**.

### Valvole di blocco Unidirezionali

**Figura 44**

**Pos. A:** valvola in posizione di riposo, non si ha pilotaggio.

La connessione 2 della valvola si monta direttamente sul cilindro. L'A/C in scarico dalla camera del cilindro entra nella valvola di blocco che in questa condizione, è chiusa. Questa condizione è generata per effetto della molla e della pressione dall'A/C che agiscono sull'otturatore spingendolo verso l'alto favorendone la chiusura.

L'otturatore svolge la funzione di valvola unidirezionale in quanto consente il passaggio in una sola direzione.

**Pos. B:** posizione di riposo senza pilotaggio, A/C collegata sull'ingresso 1.

L'A/C in uscita dalla valvola di potenza entra nella valvola di blocco attraverso l'ingresso 1 ed esce dall'utilizzo 2 che essendo connesso alla camera del cilindro consente all'A/C di riempirla.

Il passaggio dall'ingresso 1 all'utilizzo 2 è aperto perchè la pressione dell'A/C proveniente dall'ingresso 1 è sufficiente per aprire l'otturatore.

**Pos. C:** è presente il pilotaggio la valvola è nella posizione di scarico.

L'A/C uscendo dalla camera in scarico del cilindro entra nella valvola di blocco tramite l'utilizzo 2, la attraversa e uscendo dall'ingresso 1 prosegue verso la valvola di potenza dove può scaricarsi.

Per ottenere il passaggio dall'utilizzo 2 all'ingresso 1, è necessario azionare il pistone di comando della valvola di blocco fornendo il pilotaggio 21.

Il pilotaggio 21, agendo sul pistone di comando, muove l'otturatore unidirezionale aprendolo.

Nello schema è rappresentato il collegamento di un cilindro a DE con arresto intermedio. Azionando una delle due elettrovalvole 3/2 NC, si fornisce A/C alla camera attiva del cilindro, contemporaneamente si pilota una valvola di blocco che, aprendosi, consente lo scarico di A/C della camera opposta del cilindro; quest'ultimo è in movimento. In posizione di riposo, le camere del cilindro non sono alimentate e non possono scaricarsi perché le valvole di blocco sono chiuse: il cilindro è bloccato.

4

LE VALVOLE

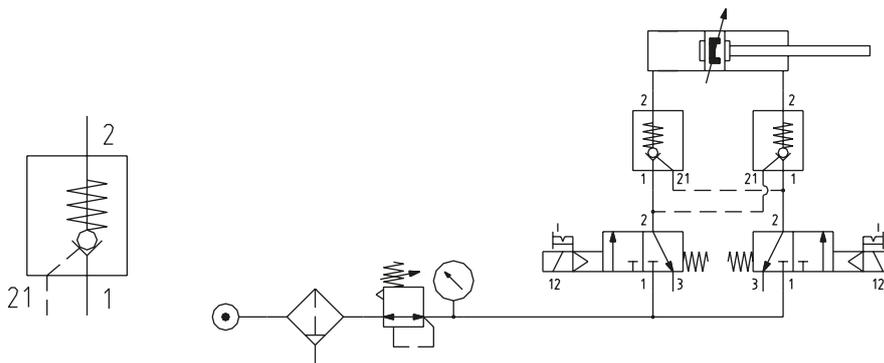
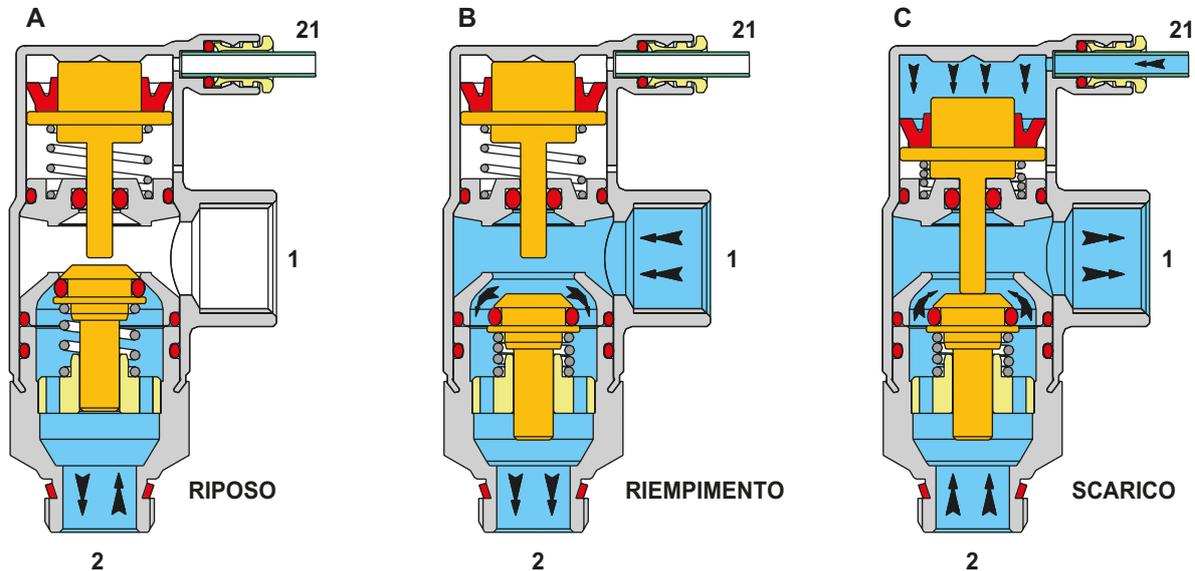


Fig. 44

## Valvole di blocco Bidirezionali

Esteticamente le valvole di blocco Unidirezionali e Bidirezionali non hanno differenze, ma il loro funzionamento è diverso. Questa versione è indicata quando si ha necessità di chiudere il passaggio in tutte le direzioni.

### Figura 45

**Pos. A:** valvola in posizione di riposo, non si ha pilotaggio.

La connessione 2 della valvola si monta direttamente sul cilindro. L'A/C in scarico dalla camera del cilindro entra nella valvola di blocco che in questa condizione, è chiusa. Questa condizione è generata per effetto della molla e della pressione dall'A/C che agiscono sull'otturatore spingendolo verso l'alto favorendone la chiusura.

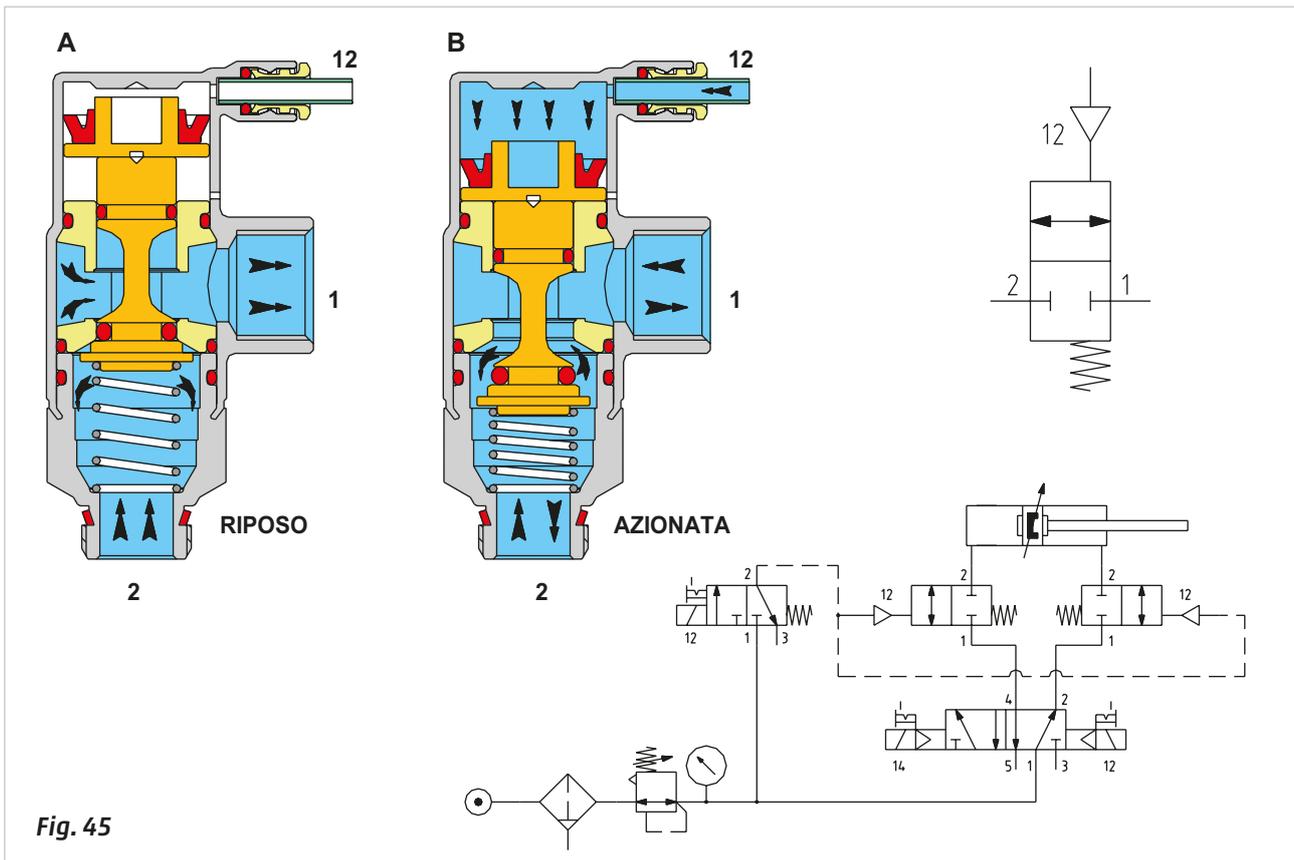
L'otturatore non ha possibilità di abbassarsi pertanto l'A/C collegata sull'ingresso 1 non ha la possibilità di passare. La valvola ha la funzione di una 2/2 NC.

**Pos. B:** è presente il pilotaggio la valvola è nella posizione azionata.

L'A/C uscendo dalla camera in scarico del cilindro entra nella valvola di blocco tramite l'utilizzo 2, la attraversa e uscendo dall'ingresso 1 prosegue verso la valvola di potenza dove può scaricarsi.

Per ottenere il passaggio dall'utilizzo 2 all'ingresso 1, è necessario azionare il pistone di comando della valvola di blocco fornendo il pilotaggio 12. Il pilotaggio 12, agendo sul pistone di comando, muove l'otturatore aprendolo.

Nello schema è rappresentato il collegamento di un cilindro a DE con arresto intermedio. L'A/C proveniente dall'elettrovalvola 5/2 non può entrare all'interno del cilindro in quanto la valvola di blocco è chiusa analogamente a quella in scarico proveniente dal cilindro. Azionando l'elettrovalvola 3/2 si fornisce il pilotaggio 12 ad entrambe le valvole di blocco. L'otturatore di ogni valvola di blocco si abbassa e apre i passaggi da 1 verso 2 e da 2 verso 1, consentendo così il movimento del cilindro. In assenza del pilotaggio 12, la molla, riposiziona l'otturatore che chiude i passaggi, la valvola di blocco è nella posizione di riposo.



## Doppie valvole 2/2 e 3/2

Per ottimizzare gli ingombri dei gruppi o isole di Valvole, si possono installare due spole 2/2 o 3/2 in un solo corpo valvola. In questo modo l'ingombro non è più quello di due singole valvole affiancate ma quello di una valvola bistabile. Ogni doppia valvola 2 x 3/2 o 2 x 2/2 può integrare:

- 2 valvole NC
- 2 valvole NO
- una valvola NO più una valvola NC

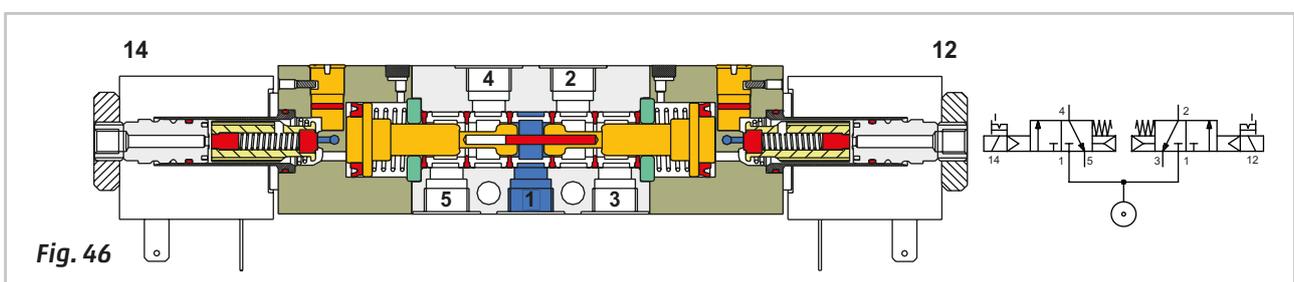
Ogni valvola facente parte della doppia valvola 2 x 3/2 o della 2 x 2/2 è indipendente dall'altra ed ha il suo pilotaggio che può essere pneumatico od elettrico.

### Figura 46

#### 2 x 3/2 NC azionamento elettrico

Nel corpo della doppia valvola sono presenti due spole con funzione 3/2 NC con le molle di riposizionamento e due gruppi di pilotaggio elettrico. In assenza dei pilotaggi 12 e 14 (posizione di riposo) i passaggi dall'ingresso 1 agli utilizzi 2 e 4 sono chiusi. Con il pilotaggio 12, la spola sul lato destro si muove verso sinistra aprendo il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2, al cessare del pilotaggio la molla riposiziona la spola chiudendo l'ingresso 1 mettendo in comunicazione l'utilizzo 2 con lo scarico 3. Con il pilotaggio 14, la spola sul lato sinistro si muove verso destra aprendo il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 4, al cessare del pilotaggio la molla riposiziona la spola chiudendo l'ingresso 1 mettendo in comunicazione l'utilizzo 4 con lo scarico 5.

Con i due pilotaggi 12 e 14 attivati in contemporanea, si aprono i passaggi dall'ingresso 1 agli utilizzi 2 e 4, in questo caso la portata di aria si riduce in quanto sono aperti entrambi gli utilizzi.

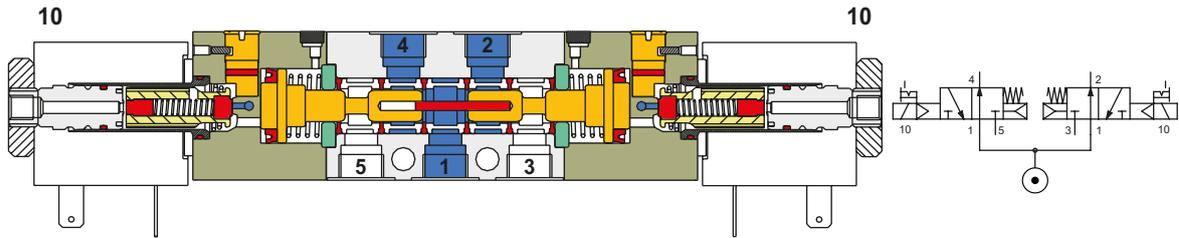


**Figura 47****2 x 3/2 NO azionamento elettrico**

Nel corpo della doppia valvola sono presenti due spole con funzione 3/2 NO con le molle di riposizionamento e due gruppi di pilotaggio elettrico. In assenza dei pilotaggi 12 e 14 (posizione di riposo) i passaggi dall'ingresso 1 agli utilizzi 2 e 4 sono aperti. Con il pilotaggio 10 di destra, la spola sul lato destro si muove verso sinistra chiudendo il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2 che è messo in comunicazione con lo scarico 3. Al cessare del pilotaggio la molla riposiziona la spola riaprendo il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2.

Con il pilotaggio 10 di sinistra, la spola sul lato sinistro si muove verso destra chiudendo il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 4 che è messo in comunicazione con lo scarico 5. Al cessare del pilotaggio la molla riposiziona la spola riaprendo il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 4.

Con i due pilotaggi 12 e 14 attivati in contemporanea, si chiudono i passaggi dall'ingresso 1 agli utilizzi 2 e 4 e si aprono i rispettivi scarichi 3 e 5.

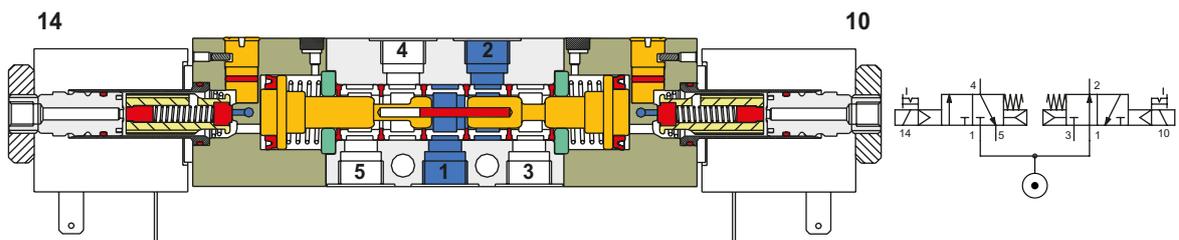
**Fig. 47****Figura 48****Una valvola NO più una valvola NC azionamento elettrico**

Nel corpo della doppia valvola sono presenti due spole, una con funzione 3/2 NC ed una con funzione 3/2 NO, le rispettive molle di riposizionamento e due gruppi di pilotaggio elettrico.

In assenza dei pilotaggi (posizione di riposo) si ha passaggio di A/C dall'ingresso 1 verso l'utilizzo 2 attraverso la 3/2 NO, mentre l'utilizzo 4 è comunicante con lo scarico 5 attraverso la 3/2 NC. Con il pilotaggio 10 la spola sul lato destro si sposta verso sinistra chiudendo il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2 che si mette in comunicazione con lo scarico 3. Al cessare del pilotaggio la molla riposiziona la spola riaprendo il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2.

Con il pilotaggio 14 la spola sul lato sinistro si sposta verso destra aprendo il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 4. Al cessare del pilotaggio la molla riposiziona la spola richiudendo l'ingresso 1 e mettendo in comunicazione l'utilizzo 4 con lo scarico 5.

Con i pilotaggi 10 e 14 attivati in contemporanea, si inverte la posizione di riposo ossia l'ingresso 1 è comunicante con l'utilizzo 4 e l'utilizzo 2 è comunicante con lo scarico 5.

**Fig. 48**

Le doppie valvole 2 x 3/2 NC e NO possono sostituire rispettivamente le versioni 5/3 CO e 5/3 CP. La versione 2 x 2/2 ha lo stesso principio di funzionamento.

## Valvole logiche di elaborazione dei segnali

Le "valvole logiche" o "funzioni logiche" sono valvole a comando pneumatico con dimensioni e portate ridotte. Normalmente per il pilotaggio sono sufficienti segnali in bassa pressione. Si prestano in particolare per l'elaborazione dei segnali al fine di realizzare una sequenza di lavoro.

Queste valvole hanno generalmente una costruzione ad otturatore e possono ricreare le seguenti funzioni:

**NOT:** corrisponde al funzionamento di una valvola 3/2 NO monostabile, a comando pneumatico con riposizionamento a molla meccanica.

**YES:** corrisponde al funzionamento di una valvola 3/2 NC monostabile, a comando pneumatico con riposizionamento a molla meccanica.

**AND:** come da definizione, questa valvola logica necessita di due segnali continui in entrata anche non contemporanei per generare un'uscita.

**OR:** come da definizione, questa valvola logica necessita di almeno uno dei due segnali in entrata per generare un segnale d'uscita.

**Memoria:** corrisponde ad una valvola 5/2 pneumatica, bistabile.

**Amplificatore di segnale:** in presenza di un pilotaggio in bassa pressione rende un'uscita in alta pressione.

**Sensori pneumatici ad interruzione di getto:** sono un'alternativa ai sensori ad azionamento meccanico, non è necessario un contatto meccanico è sufficiente che un oggetto si interponga nel loro campo di azione per generare un segnale in uscita.

### Funzione logica NOT

La funzione logica NOT è una **valvola 3/2 NO** monostabile a comando pneumatico. La differenza fra una valvola 3/2 normale ed una funzione NOT è che quest'ultima necessita di un valore di pressione molto basso per il pilotaggio (0,3 bar).

Uno degli impieghi più comuni di questa funzione è quello di segnalare la posizione di finecorsa di un cilindro. Durante la traslazione, il valore della pressione nella camera in scarico resta ad un valore costante per poi ridursi progressivamente terminato il movimento. Questo valore è sufficiente a mantenere pilotato il NOT che commuterà solo all'arresto del movimento del gruppo stelo/pistone, in pratica quando nella camera si avrà pressione atmosferica.

#### Figura 49

**Pos. A:** in presenza di pilotaggio, l'ingresso 1 è chiuso e l'utilizzo 2 è comunicante con lo scarico 3.

Il gruppo stelo/pistone è nella posizione di finecorsa negativa e la camera negativa è in pressione, il NOT è pilotato. (10) In presenza di pilotaggio il pistone **C** si abbassa e spinge l'astina **D**. La molla si comprime e l'astina **D** tramite la guarnizione **E** chiude il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2, si apre il passaggio dall'utilizzo 2 verso lo scarico 3.

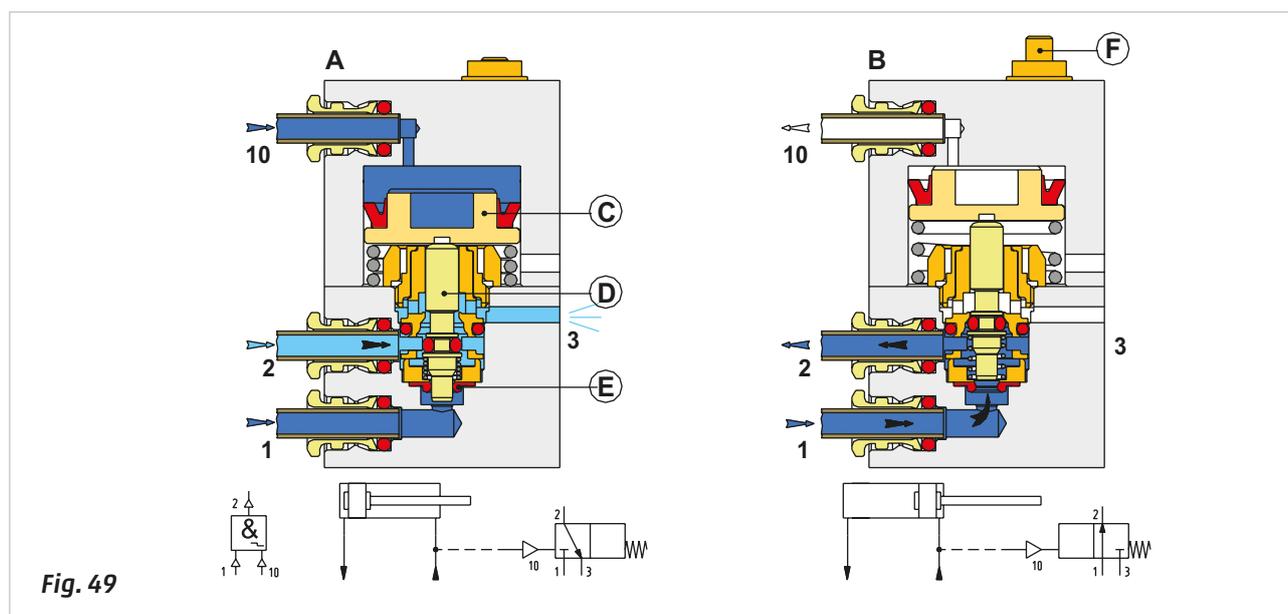
**Pos. B:** in assenza di pilotaggio, l'ingresso 1 è aperto verso l'utilizzo 2.

Il gruppo stelo/pistone è nella posizione di finecorsa positiva, la camera negativa è a pressione atmosferica, il NOT non è pilotato. (10)

In assenza di pilotaggio, la molla che era compressa, si distende sollevando l'astina **D** e il pistone **C**.

Si apre il passaggio attraverso la guarnizione **E**, l'ingresso 1 è comunicante con l'utilizzo 2.

La presenza di pressione sull'utilizzo 2 è segnalata dal testimone/indicatore **F** sollevato.



Nel caso si utilizzassero regolatori di flusso per il controllo della velocità, è necessario collegare il NOT fra il regolatore di flusso e il cilindro. A differenza dei sensori a comando meccanico in questo caso non si legge la reale posizione in fine corsa ma la presenza di aria all'interno della camere. In caso di blocchi esterni che impediscano la corsa completa del gruppo stelo/pistone, il NOT dà segnale in uscita.

## Funzione logica YES

La valvola logica YES è una valvola 3/2 NC monostabile a comando pneumatico. Anche in questo caso è richiesto un valore di pressione molto basso per il pilotaggio (0,3 bar). Meno utilizzata rispetto la funzione NOT trova applicazioni nei circuiti a logica pneumatica.

### Figura 50

**Pos. A:** in presenza di pilotaggio, l'ingresso 1 è aperto verso l'utilizzo 2. Il cilindro è nella posizione di finecorsa negativa e la camera negativa è in pressione, il pilotaggio è in pressione. (12) In presenza di pilotaggio il pistone **C** si abbassa e spinge l'astina con il foro **D**. La molla si comprime e l'astina tramite la guarnizione **E** apre il passaggio di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2. La guarnizione **E** tiene chiuso il passaggio **D** dell'astina. La presenza di pressione sull'utilizzo 2 è segnalata dal testimone/indicatore **F** sollevato.

**Pos. B:** in assenza di pilotaggio, l'ingresso 1 è chiuso e l'utilizzo 2 è comunicante con lo scarico 3. Il cilindro è nella posizione di finecorsa positiva, la camera negativa è a pressione atmosferica non c'è pilotaggio. (12) In assenza di pilotaggio, la molla che era compressa si distende sollevando l'astina **D** e il pistone **C**. La guarnizione **E** si stacca dall'astina chiudendo l'ingresso 1 aprendo il passaggio **D** sull'astina. L'utilizzo 2 è comunicante con lo scarico 3.

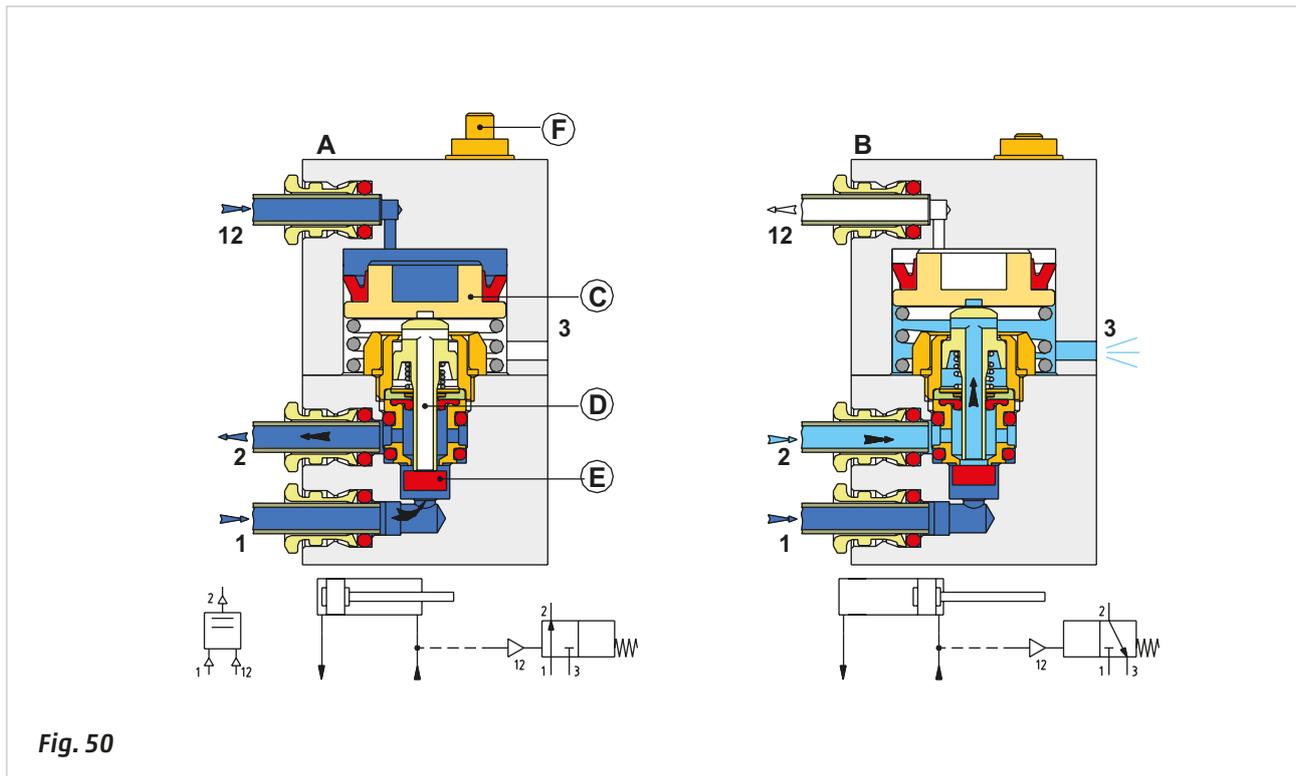


Fig. 50

Nel caso si utilizzassero regolatori di flusso per il controllo della velocità, è necessario collegare lo YES fra il regolatore di flusso e il cilindro.

## Funzione logica OR e AND

Le funzioni logiche OR ed AND sono utilizzate nella realizzazione di circuiti pneumatici dove è necessario avere delle condizioni particolari per consentire il passaggio di segnali pneumatici.

### Funzione logica OR

È una valvola logica che realizza la funzione di un selettore di circuito. Presenta tre connessioni pneumatiche: due ingressi ed una uscita. Per generare l'uscita è necessaria la presenza continua di almeno uno dei due ingressi.

### Figura 51

**Pos. 1:** presenza del solo ingresso **P** sulla connessione superiore. L'A/C in ingresso spinge la guarnizione **G** contro l'ugello ricavato sull'inserto, si chiude il passaggio verso l'ingresso **P** inferiore. Si apre il passaggio verso l'utilizzo **A**. La presenza dell'utilizzo **A** è indicata dal testimone/indicatore **B**.

**Pos. 2:** presenza del solo ingresso **P** sulla connessione inferiore. L'A/C in ingresso solleva la guarnizione **G** contro l'ugello ricavato sul corpo valvola, si chiude il passaggio verso l'ingresso **P** superiore. Si apre il passaggio verso l'utilizzo **A**. La presenza dell'utilizzo **A** è indicata dal testimone/indicatore **B**.

**Pos. 3:** assenza dei segnali in ingresso. In assenza di ingressi pneumatici non si ha uscita. Nel caso siano presenti contemporaneamente i due ingressi **P**, all'uscita **A** si ha il segnale arrivato per primo nel caso di pressioni equivalenti, mentre con pressioni differenti passa il segnale con pressione maggiore. Il testimone/indicatore **B**, richiamato dalla molla è in posizione di riposo.

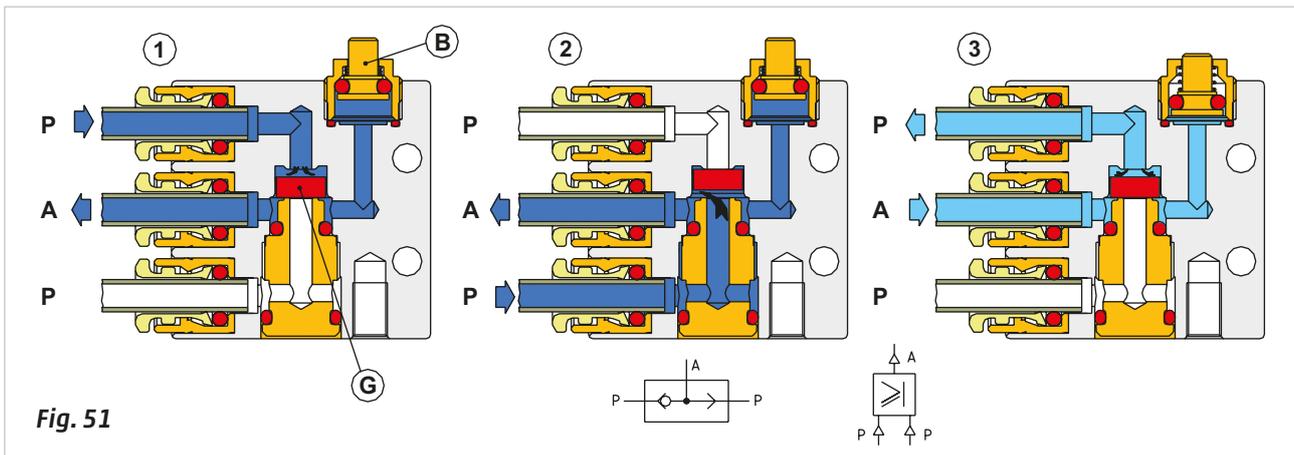


Fig. 51

### Funzione logica AND

Presenta tre connessioni pneumatiche: due ingressi ed una uscita.

Per generare l'uscita è necessario avere la presenza continua dei due ingressi.

Non è necessaria la loro contemporaneità.

Non è da utilizzare come valvola Bimanuale.

### Figura 52

**Pos. 1:** presenza del solo ingresso **P** sulla connessione superiore.

L'ingresso pneumatico **P** spinge l'astina **C** verso il basso e le sue guarnizioni, agendo sull'ugello ricavato sull'inserto, chiudono il passaggio di questo ingresso verso l'utilizzo **A**. Nella direzione opposta l'eventuale pressione presente sull'utilizzo **A** può scaricarsi attraverso la connessione **P** inferiore.

**Pos. 2:** presenza di entrambi gli ingressi pneumatici.

Trovando l'astina nella posizione determinata dal precedente pilotaggio, il secondo pilotaggio è libero di passare verso l'utilizzo **A**. La presenza dell'uscita **A** è indicata dal testimone/indicatore **D**. In presenza di due ingressi **P** con pressioni diverse, all'uscita **A** si ha il segnale con pressione inferiore.

**Pos. 3:** presenza del solo ingresso **P** sulla connessione inferiore.

L'ingresso pneumatico **P** solleva l'astina **C**, le sue guarnizioni, agendo sull'ugello ricavato sull'inserto, chiudono il passaggio di questo ingresso verso l'utilizzo **A**. L'eventuale pressione presente sull'utilizzo **A** può scaricarsi attraverso la connessione **P** superiore. Il testimone/indicatore **D**, richiamato dalla molla è in posizione di riposo.

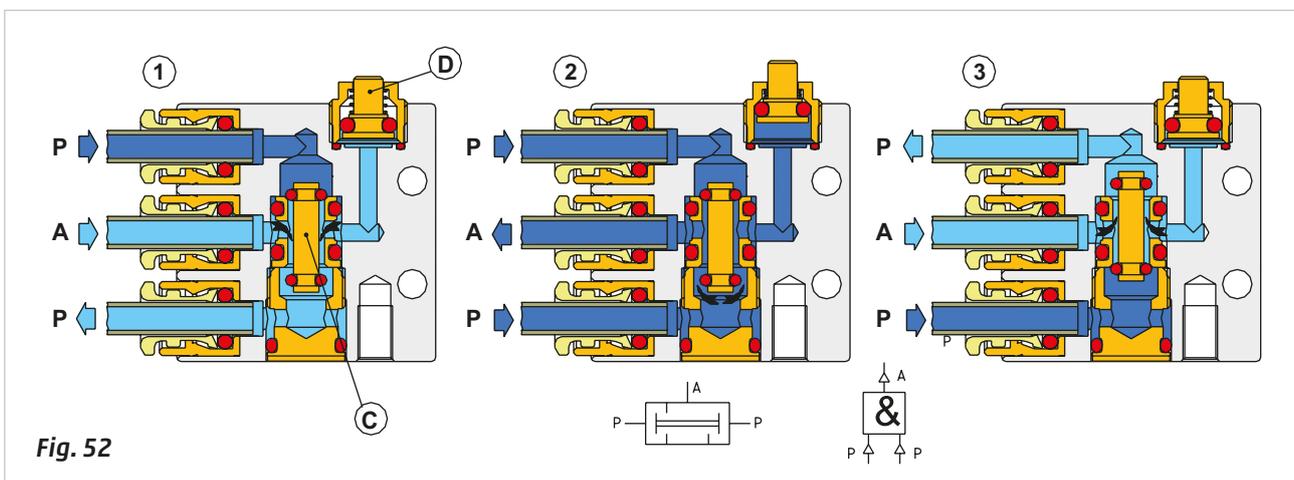


Fig. 52

### Funzione logica Memoria

La funzione logica Memoria ha lo scopo di alimentare parti di circuito pneumatico a seconda del comando pneumatico ricevuto e di restare nella posizione determinata dall'ultimo pilotaggio.

Il suo funzionamento è identico a quello di una valvola a comando pneumatico 5/2 bistabile, con due differenze:

- dimensioni ridotte, in quanto nelle valvole di elaborazione dei segnali non è richiesta una portata elevata;
- presenza dell'azionamento manuale.

### Figura 53

**Pos. A:** pilotaggio 12.

In presenza del pilotaggio 12 la spola di color grigio si sposta verso destra permettendo i passaggi di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 2 e dall'utilizzo 4 verso lo scarico 5. La spola spinge verso l'esterno il comando manuale di destra.

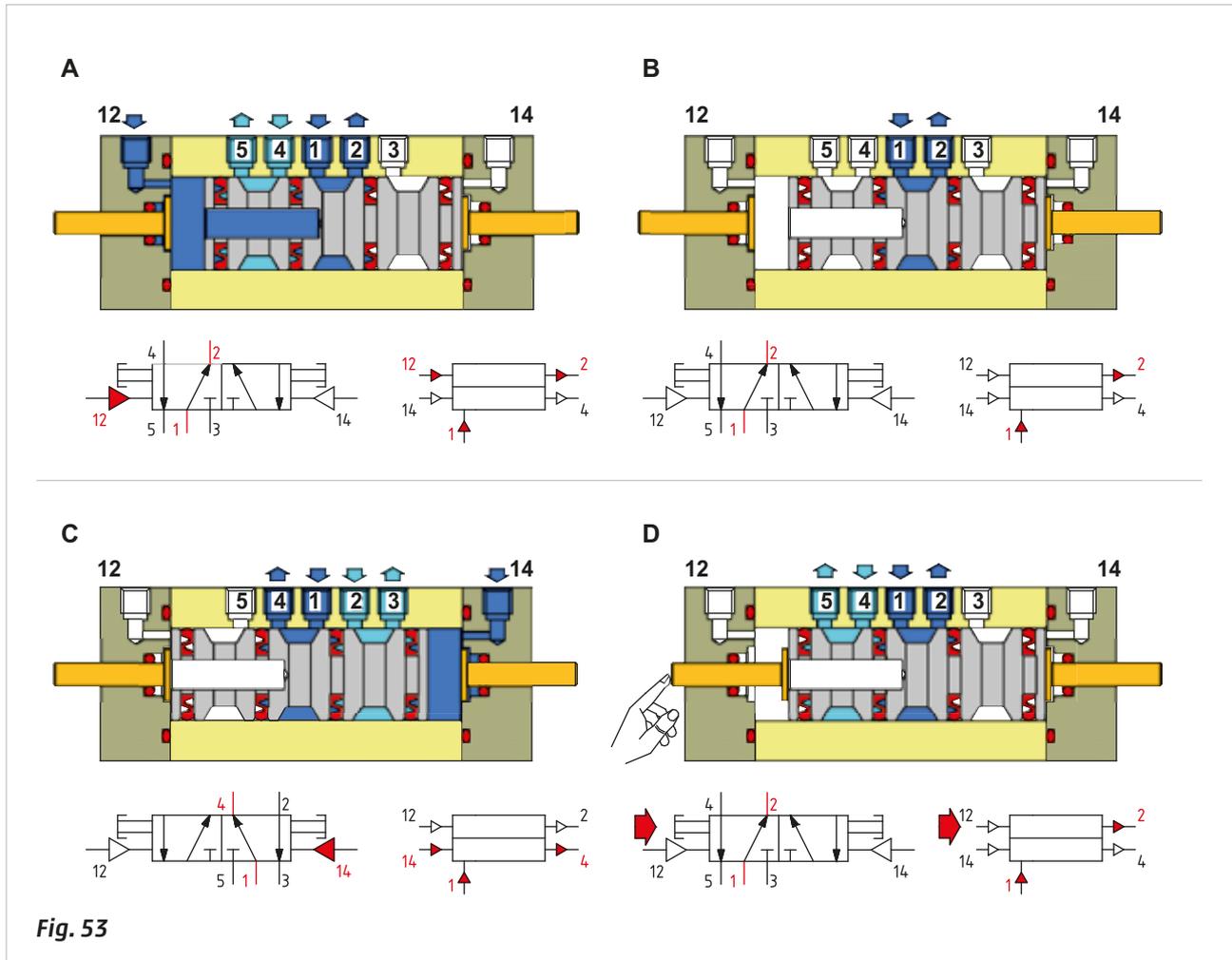
**Pos. B:** assenza di pilotaggio.

Come da definizione questa funzione valvola memorizza la posizione determinata dall'ultimo pilotaggio ricevuto. Lo stato non cambia.

**Figura 53****Pos. C:** pilotaggio 14.

In presenza del pilotaggio 14 la spola di color grigio si sposta verso sinistra permettendo i passaggi di A/C dall'ingresso 1 all'utilizzo 4 e dall'utilizzo 2 verso lo scarico 3.

La spola spinge verso l'esterno il comando manuale di sinistra.

**Pos. D:** assenza di pilotaggio pneumatico, azionamento tramite comandi manuali.**Fig. 53**

I comandi manuali sono utilizzabili solo in assenza dei comandi pneumatici ed hanno la medesima funzione.

## Amplificatore di segnale

L'amplificatore di segnale è una valvola 3/2 NC monostabile ad azionamento pneumatico.

Anche in questo caso la pressione di pilotaggio è molto bassa (0,03 ÷ 0,6 bar), per via della membrana interna **C** di grande dimensione.

Gli amplificatori sono particolarmente indicati in abbinamento con i sensori ad interruzione di getto o per amplificare quelle utenze la cui uscita fornisce un segnale con valori di pressione come quelli indicati.

**Figura 54****Pos. A:** assenza di pilotaggio (12).

Il passaggio di A/C dall'ingresso 1 (connessione non visibile in quanto sul lato posteriore dell'amplificatore) all'utilizzo 2 è chiuso. La guarnizione **E**, spinta dalla pressione dell'A/C proveniente dall'ingresso 1 e dalla forza esercitata dalla molla **M**, chiude il passaggio verso l'utilizzo 2.

L'A/C proveniente dall'ingresso 1 passa attraverso l'ugello ricavato sull'astina forata sulla quale è alloggiata la guarnizione **E**, la attraversa passando per il piattello **D** fino ad arrivare sotto la membrana **C** che si solleva.

L'A/C riempie il volume sottostante la membrana creando una molla pneumatica che tiene sollevata la membrana stessa. Questo volume è aperto verso l'esterno attraverso una fuga controllata di A/C.

L'A/C proveniente dall'utilizzo 2 si scarica in 3.

**Pos. B:** presenza del pilotaggio (12).

In presenza del pilotaggio (12), la membrana **C**, si abbassa in quanto la pressione dell'A/C nel volume sottostante, avendo uno scarico continuo, ha un valore inferiore. Abbassandosi, la membrana chiude l'ugello superiore (ingrandimento **F**), non si ha più A/C in uscita attraverso la fuga controllata. Chiudendo l'ugello, l'A/C che prima si scaricava in atmosfera, agisce sul piattello **D** (ingrandimento **G**) facendolo abbassare.

Il piattello **D** è montato sull'astina che si abbassa aprendo il passaggio tramite la guarnizione **E** (ingrandimento **H**).

L'ingresso 1 è ora comunicante con l'uscita 2.

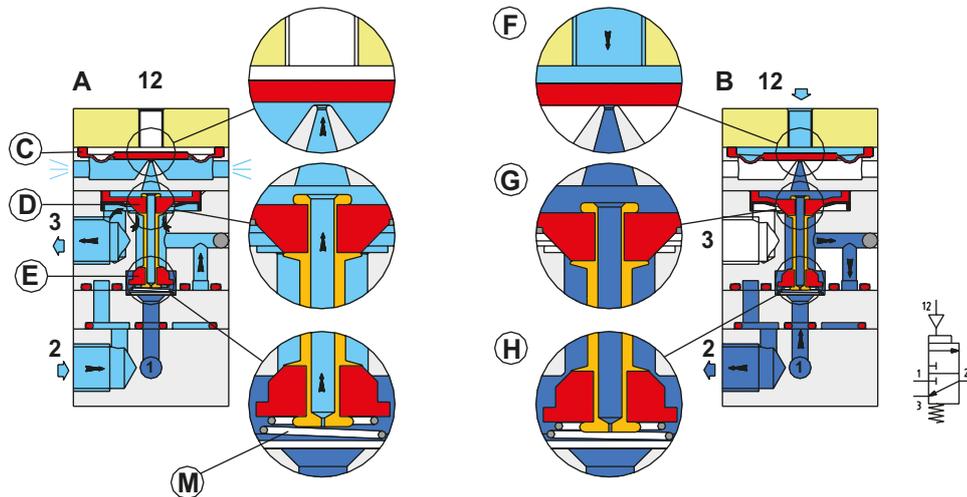


Fig. 54

Nel simbolo pneumatico, la dimensione del riquadro relativo al comando pneumatico è maggiore rispetto al normale per evidenziare che si tratta di una valvola con bassa pressione di azionamento.

### Sensori pneumatici ad interruzione di getto

In alcune applicazioni può essere utile utilizzare dei sensori che non debbano entrare in contatto con il prodotto, che possano funzionare in assenza di energia elettrica o dove l'ambiente di lavoro suggerisce l'impiego di sensori "auto-pulenti". I sensori pneumatici, normalmente uno emittente ed uno ricevente, si comportano come delle fotocellule, tolgono il segnale pneumatico normalmente in uscita quando un oggetto si interpone fra di essi. Questi sensori sono efficaci soprattutto quanto la loro distanza non supera gli 80 mm. La forma del pezzo interposto tra i due sensori può variare la sensibilità del sistema.

#### Figura 55

**Pos. A:** nessun oggetto è interposto fra i sensori emittente e ricevente.

I due sensori emittente e ricevente sono alimentati in bassa pressione ed emettono entrambi un flusso di A/C con verso contrario, ossia uno indirizzato verso l'altro. La diversa dimensione degli ugelli presenti nei due sensori provoca una variazione di velocità dei due flussi di aria generati. Il sensore emittente, avendo un diametro minore dell'ugello, genera un flusso con velocità maggiore rispetto al flusso generato dal sensore ricevente. Il flusso prodotto dal sensore ricevente non riesce a liberarsi in atmosfera perché trova l'opposizione del flusso emittente più veloce. Si crea un'ostruzione al flusso in uscita dal sensore ricevente che non potendo liberarsi in atmosfera crea un incremento di pressione all'utilizzo 2. Questo incremento di pressione è in grado di pilotare l'amplificatore di pressione al quale l'utilizzo 2 è collegato. L'amplificatore restituisce un segnale pneumatico.

**Pos. B:** un oggetto è interposto fra i sensori emittente e ricevente.

Il flusso di A/C in uscita dal sensore ricevente, non trovando più l'opposizione del flusso proveniente dal sensore emittente, si libera in atmosfera. Il sensore ricevente non indirizza più il flusso verso la sua uscita 2.

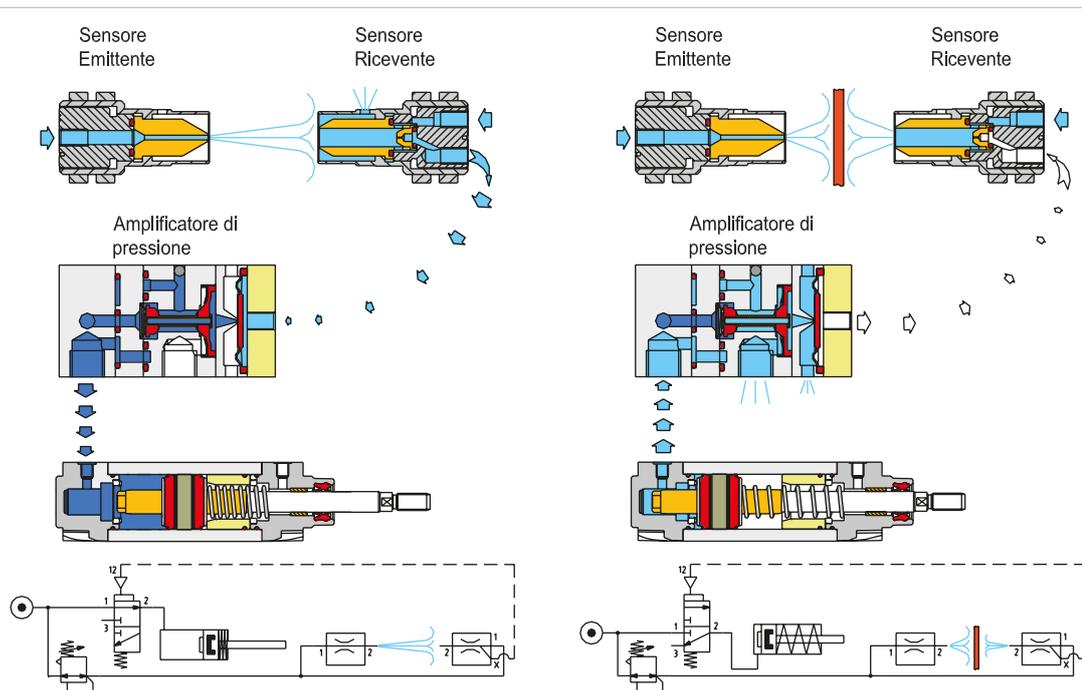


Fig. 55

## Portata nominale

Alcuni accenni a quanto già analizzato nei precedenti capitoli:

- La linea di distribuzione deve essere adeguata alla richiesta dell'impianto da servire.
- Maggiore è la sezione di passaggio, maggiore è la portata possibile.
- Ogni richiesta di aria crea sempre una caduta di pressione.
- Aumentando la richiesta di aria, a parità di sezione, aumenta la caduta di pressione.

**Figura 56**

Analogamente alla linea di distribuzione, anche le valvole devono essere dimensionate in modo corretto per essere in grado di fornire una quantità di A/C sufficiente a quella richiesta dall'utilizzo.

La scelta non va fatta basandosi sulla dimensione della connessione, ma in riferimento al valore di portata indicato sui dati tecnici del prodotto. Per avere omogeneità fra i dati di catalogo dei vari costruttori il rilevamento dei valori di portata si effettua secondo le direttive ISO (International Standard Organization).

Con il termine **portata nominale** si intende la quantità di A/C che attraversa un passaggio nelle seguenti condizioni di prova:

- Pressione regolata in entrata 6 bar
- Temperatura ambiente 20 °C
- Caduta di pressione ( $\Delta p$ ) sull'uscita 1 bar

Tabella di conversione fra le Unità di Misura più utilizzate.

<b>1 kv</b>	$Kv$ 0,06	$C_v$ 0,069	$f$ 0,057	$Q_n$ 67
<b>1 Kv</b>	$C_v$ 1,179	$f$ 1,000	$Q_n$ 1149	$kv$ 16,67
<b>1 <math>C_v</math></b>	$f$ 0,83	$Q_n$ 962	$kv$ 14,42	$Kv$ 0,85
<b>1 <math>f</math></b>	$Q_n$ 1159	$kv$ 1,85	$Kv$ 0,97	$C_v$ 1,205
<b>1 <math>Q_n</math></b>	$kv$ 0,015	$Kv$ 0,0009	$C_v$ 0,001	$f$ 0,0009

$kv$  = portata con acqua con  $\Delta p = 1 \text{ bar}$  a 20°C [l/min]

$Kv$  = portata con acqua con  $\Delta p = 1 \text{ bar}$  con temperatura compresa fra 5°÷40° [ $m^3$ /ora]

$C_v$  = portata con acqua con  $\Delta p = 1 \text{ PSI}$  [Galloni-US/min]

$f$  = come sopra ma espresso in Galloni imperiali

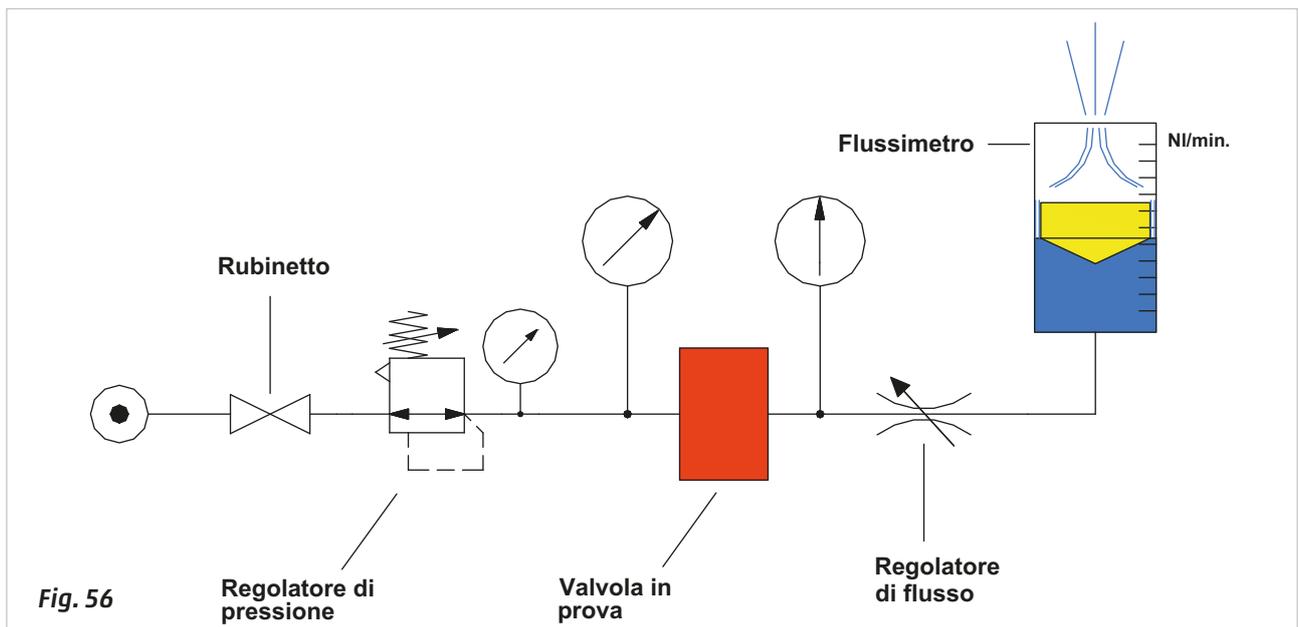
$Q_n$  = portata nominale con  $P$ . ingresso 6 bar  $\Delta p = 1 \text{ bar}$  a 20 °C [NL/min]

**Esempio:** Conversione del valore di portata di 17 kv in  $Q_n$ :

$$1 \text{ kv} = 67 \text{ } Q_n \text{ [NL / min]}$$

$$17 \text{ kv} = 17 * 67 \text{ } Q_n$$

Una portata di 17 kv corrisponde ad una  $Q_n$  di 1133 NL/min.



## Dimensionamento delle valvole di distribuzione e delle tubazioni di collegamento

In un impianto pneumatico si richiede ad un cilindro di movimentare un determinato carico e di effettuare questa manovra in un determinato tempo. La prima richiesta è già stata analizzata nei precedenti capitoli, ora analizziamo come risolvere la seconda.

Per farlo è necessario conoscere alcune caratteristiche come:

- Il volume da riempire, ad es. la camera del cilindro in uso.
- Il tempo richiesto per compiere la corsa.
- La pressione di lavoro.

### Dimensionamento della valvola

Ipotizziamo un cilindro con le seguenti caratteristiche:

Diametro  $D = 50 \text{ mm}$ ,

Corsa  $c = 250 \text{ mm}$ ,

Pressione di lavoro  $P = 6 \text{ bar}$ ,

Tempo della corsa positiva  $t = 1,5 \text{ sec}$ .

Calcolo del volume  $V$  del cilindro:

$$V = \text{Superficie} * \text{Corsa}$$

$$V = r^2 * \pi * c$$

$$V = (25 \text{ [mm]})^2 * \pi * 250 \text{ [mm]}$$

$$V = 490.625 \text{ mm}^3$$

$$V = \mathbf{0,49 \text{ dm}^3}$$

Calcolo della quantità di aria richiesta  $Q_s$  per riempire il volume  $V$  a 6 bar in un tempo  $t = 1,5 \text{ sec}$ .

$$Q_s = V * P_{ass}$$

$$Q_s = 0,49 \text{ [dm}^3] * 7 \text{ [bar]}$$

$$Q_s = \mathbf{3,43 \text{ NL}}$$

Questa quantità deve essere fornita in un tempo  $t = 1,5 \text{ sec}$ , che espressa al minuto diventa  $Q_r$ :

$$Q_r = (Q_s / t) * 60$$

$$Q_r = (3,43 / 1,5) * 60$$

$$Q_r = \mathbf{137 \text{ NL / min}}$$

La quantità di aria richiesta alla valvola per movimentare un cilindro:

di diametro  $D = 50 \text{ mm}$

corsa  $c = 250 \text{ mm}$

in un tempo  $t = 1,5 \text{ sec}$ .

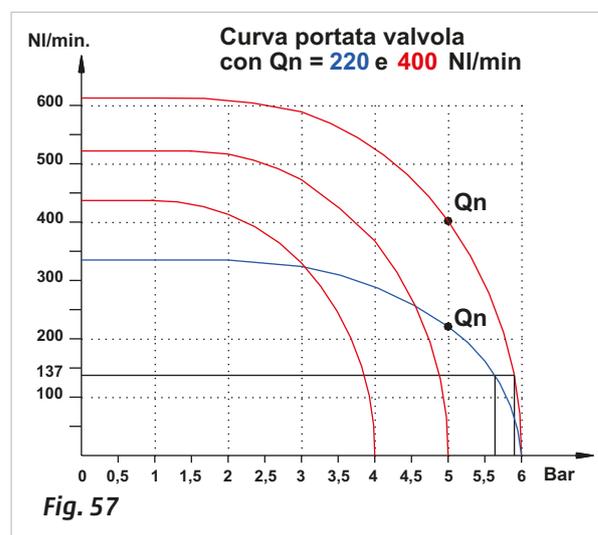
è di  $\mathbf{137 \text{ NL / min}}$

### Figura 57

Dal grafico è possibile rilevare le caratteristiche di portata di due diverse valvole che hanno rispettivamente i filetti da M5 e da M7.

La quantità di aria richiesta  $Q_r$  è ottenibile con entrambe le valvole e determina una caduta di pressione  $\Delta p$  limitata che varia da  $0,1 \div 0,4 \text{ bar}$ .

Pur avendo un cilindro con certe dimensioni si rileva che in questo caso, non è necessario dimensionare la valvola in relazione alle connessioni sulle testate ma è possibile utilizzare valvole con miglior rapporto prezzo/dimensioni/portata.



**Figura 58****Dimensionamento delle tubazioni**

Per la scelta delle tubazioni è necessario verificarne la caratteristica di portata in base alla loro lunghezza e diametro (vedi Fig. 58). Un dimensionamento non corretto ha come conseguenza un incremento del  $\Delta p$  con ripercussioni sui tempi di traslazione dei cilindri e quindi sul ciclo.

Quando diversi elementi sono posti in serie, la portata risultante non è quella dell'elemento con valore minore. Per calcolarla è necessario introdurre una nuova grandezza definita "**Conduttanza**".

**La conduttanza è il rapporto fra il valore di portata a flusso libero Q e il valore della pressione assoluta.**

$$C = \frac{Q [NL / min]}{P_{rel} [bar] + P_{atm} [bar]}$$

Prendendo come riferimento la valvola con  $Q_n \cong 400 \text{ NL/min}$  si rileva che il valore di flusso in aria libera a 6 bar è  $Q \cong 610 \text{ NL/min}$ , da cui la conduttanza vale:

$$C = \frac{Q}{P_{rel} + P_{atm}} \qquad C = \frac{610}{6 + 1} \qquad C = \mathbf{87,14 \text{ NL / min} * bar}$$

Se la pressione di alimentazione fosse di 5 bar:

$$C = \frac{520}{5 + 1} \qquad C = \mathbf{87,14 \text{ NL / min} * bar}$$

Se la pressione di alimentazione fosse di 4 bar:

$$C = \frac{435}{4 + 1} \qquad C = \mathbf{87,14 \text{ NL / min} * bar}$$

Concludiamo che il valore della conduttanza non varia al variare della pressione di alimentazione.

Sui cataloghi, normalmente, è indicato il valore di portata nominale  $Q_n$  calcolato come da normative UNI ISO 8778 con pressione di alimentazione di 6 bar e  $\Delta p$  1 bar. Riprendendo i valori rilevati sul grafico, si ha che la portata in aria libera con una pressione di alimentazione a 6 bar è:

$$Q \cong \mathbf{610 \text{ NL / min}}$$

La conduttanza di questa valvola come da calcoli precedenti è:

$$C = \mathbf{87,14 \text{ NL / min} * bar}$$

Sempre dal grafico la portata con una pressione di alimentazione di 6 bar e  $\Delta p$  1 bar è:

$$Q_n \cong \mathbf{400 \text{ NL / min}}$$

Prendendo il valore di  $Q_n$  e dividendolo per il valore di C si ottiene un coefficiente X che prove sperimentali hanno determinato valido con buona approssimazione per tutte le sezioni attraversate da un fluido.

$$X = \frac{Q_n}{C} \qquad X = \frac{400}{87,14} \qquad X \cong \mathbf{4,6}$$

Un altro modo per calcolare la Conduttanza di un elemento è:

$$C = \frac{Q_n}{X}$$

Il valore che assume la conduttanza di più elementi posti in serie è definito dalla formula:

$$C = \sqrt[3]{\frac{1}{\frac{1}{C_1^3} + \frac{1}{C_2^3} + \frac{1}{C_3^3} + \frac{1}{C_n^3}}}$$

Dove  $C$  è la conduttanza di ciascun elemento preso singolarmente.

Inseriamo nella formula i dati calcolati o rilevati dal grafico delle portate dei tubi. (Fig. 58).

$Q_{n1} = 320 \text{ NL/min}$  tubazione diam. 6/4  $L = 2,5 \text{ m.}$  dal trattamento aria alla valvola

$Q_{n2} = 400 \text{ NL/min}$  valvola

$Q_{n3} = 320 \text{ NL/min}$  tubazione diam. 6/4  $L = 2,5 \text{ m.}$  da valvola a cilindro

I rispettivi valori di conduttanza sono:

$$C_1 = \frac{Q_{n1}}{X} \quad C_1 = \frac{320}{4,6} \quad C_1 = \mathbf{69,56 \text{ NL / min * bar}}$$

$$C_2 = \frac{Q_{n2}}{X} \quad C_2 = \frac{400}{4,6} \quad C_2 = \mathbf{86,95 \text{ NL / min * bar}}$$

$$C_3 = \frac{Q_{n3}}{X} \quad C_3 = \frac{320}{4,6} \quad C_3 = \mathbf{69,56 \text{ NL / min * bar}}$$

Inserendo i valori nella formula si ottiene il valore della conduttanza totale:

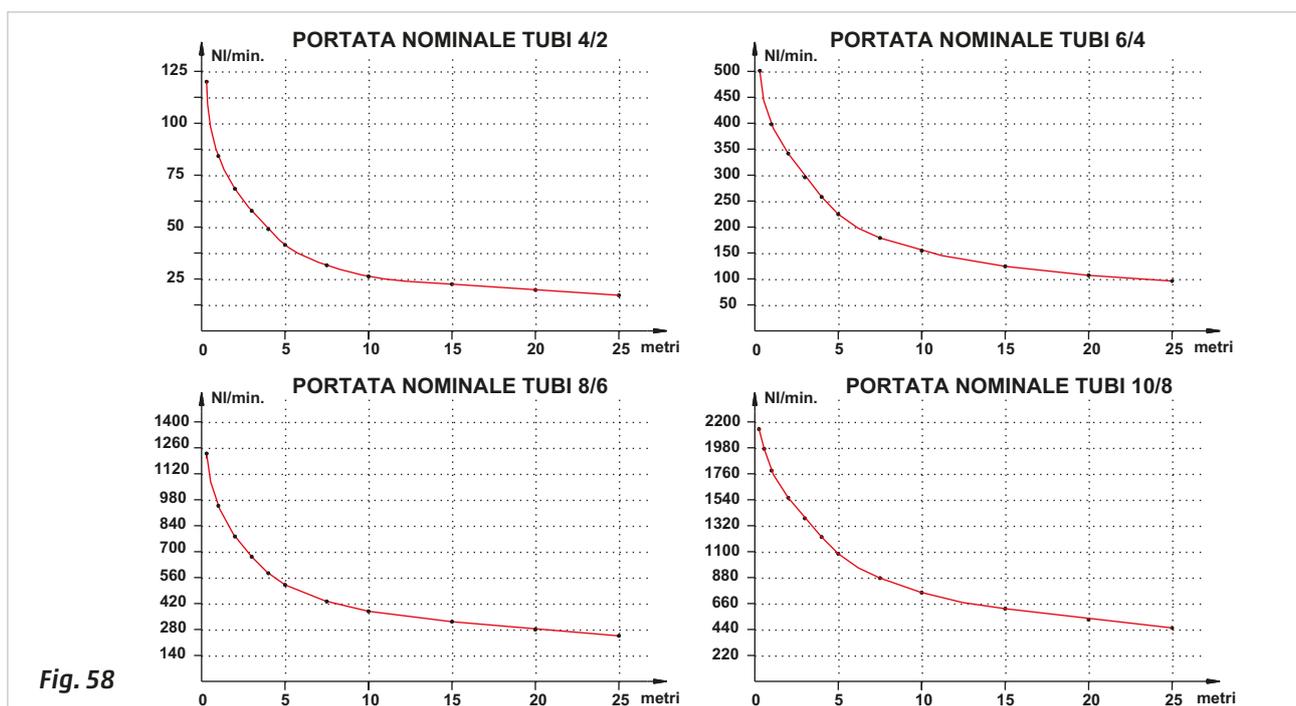
$$C_{tot} = \sqrt[3]{\frac{1}{\frac{1}{69,56^3} + \frac{1}{86,95^3} + \frac{1}{69,56^3}}} \quad C_{tot} = \mathbf{51,18 \text{ NL / min * bar}}$$

Da cui:

$$Q_n = C * 4,6$$

$$Q_n = 51,18 * 4,6$$

$$Q_n = \mathbf{235 \text{ NL / min}}$$



**Considerazioni conclusive:**

Il cilindro in esame con diametro 50 mm, corsa 250 mm, per effettuare la corsa in un tempo di 1,5 sec. necessita di almeno 137 *Nl/min*. Ipotizzando l'uso di una valvola che abbia una portata di  $Q_n = 400 \text{ Nl/min}$ .

E vari tubi di collegamento con diametro 6/4 con lunghezza totale 5 mt. risulta che la portata nominale del sistema diventa:

$$Q_n = 235 \text{ Nl / min}$$

Questa portata è maggiore di quanto richiesto quindi soddisfa la richiesta inoltre la caduta di pressione del sistema è inferiore ad 1 bar con ampi margini di sicurezza.

## Valvole di intercettazione

### Valvole di non ritorno o unidirezionali.

Queste valvole bloccano il passaggio di A/C nella direzione non desiderata. Per il fenomeno dell'espandibilità dei gas, la direzione del flusso è sempre rivolta verso il volume a pressione minore.

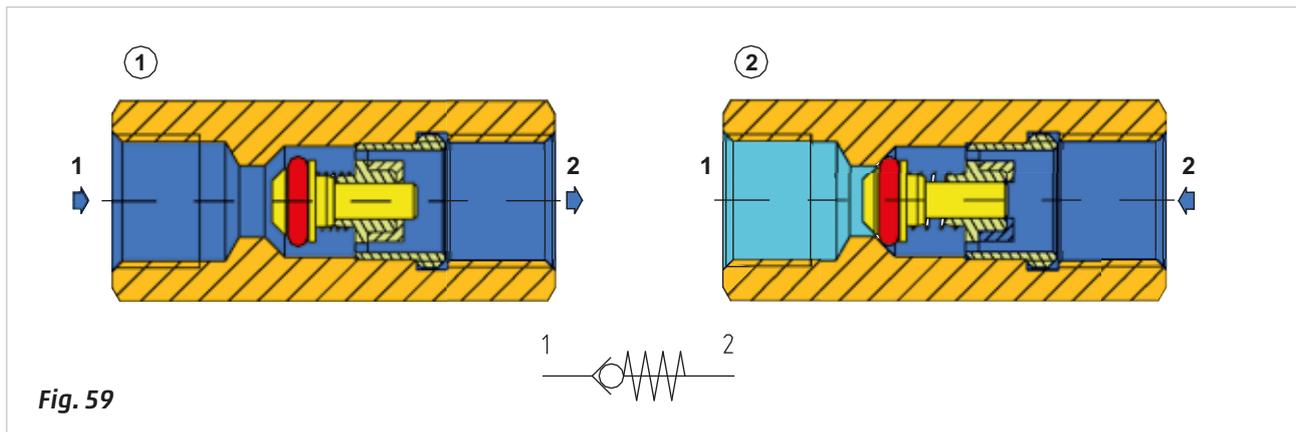
L'A/C contenuta in due capacità collegate tra loro, qualunque sia il loro volume e la loro distanza, se non intercettata, si distribuisce in modo uniforme equilibrando la pressione.

Normalmente la distribuzione dell'A/C prevede un serbatoio iniziale di accumulo a monte della rete di distribuzione. Le utenze pneumatiche collegate alla rete possono avere degli ulteriori piccoli serbatoi di compensazione. Per il fenomeno sopra descritto se la pressione nel serbatoio iniziale di accumulo dovesse diminuire, si avrebbe un movimento non desiderato dell'A/C che dai serbatoi di compensazione tornerebbe a monte. Per evitare questo processo si utilizzano le valvole definite di non ritorno o unidirezionali.

#### Figura 59

**Pos. 1:** la valvola unidirezionale è costituita da un corpo al cui interno si trovano un otturatore con relativa guarnizione ed una molla. L'A/C che può passare solo da sinistra verso destra deve avere una pressione tale da vincere la forza della molla e della pressione a valle.

**Pos. 2:** quando il valore della pressione a valle unito alla spinta della molla risulta essere maggiore della pressione a monte, l'otturatore si sposta verso sinistra chiudendo il passaggio.



### Valvole di scarico rapido.

Questa valvola si monta direttamente sulle connessioni di un cilindro o di un volume e ha lo scopo di deviare il flusso dell'A/C scaricandolo direttamente in atmosfera.

Questo metodo evita all'A/C in scarico di compiere il percorso a ritroso attraverso le tubazioni e la valvola di comando consentendo un tempo di evacuazione ridotto ed accelerando il movimento del cilindro. La mancanza di molle interne consente allo scarico rapido di azionarsi anche con pressioni molto basse.

#### Figura 60

**Pos. 1:** il corpo dello scarico rapido è costituito da due parti avvitata tra loro, al cui interno è alloggiata una guarnizione a labbro. L'A/C dall'ingresso 1 sposta la guarnizione che chiude il passaggio verso lo scarico 3 e lo apre verso l'utilizzo 2 collegato alla camera in alimentazione del cilindro.

**Pos. 2:** quando l'A/C del cilindro si deve scaricare, non essendo più presente pressione sull'ingresso 1, passa a ritroso dall'utilizzo 2, sposta la guarnizione che chiude l'ingresso 1 e apre lo scarico 3.

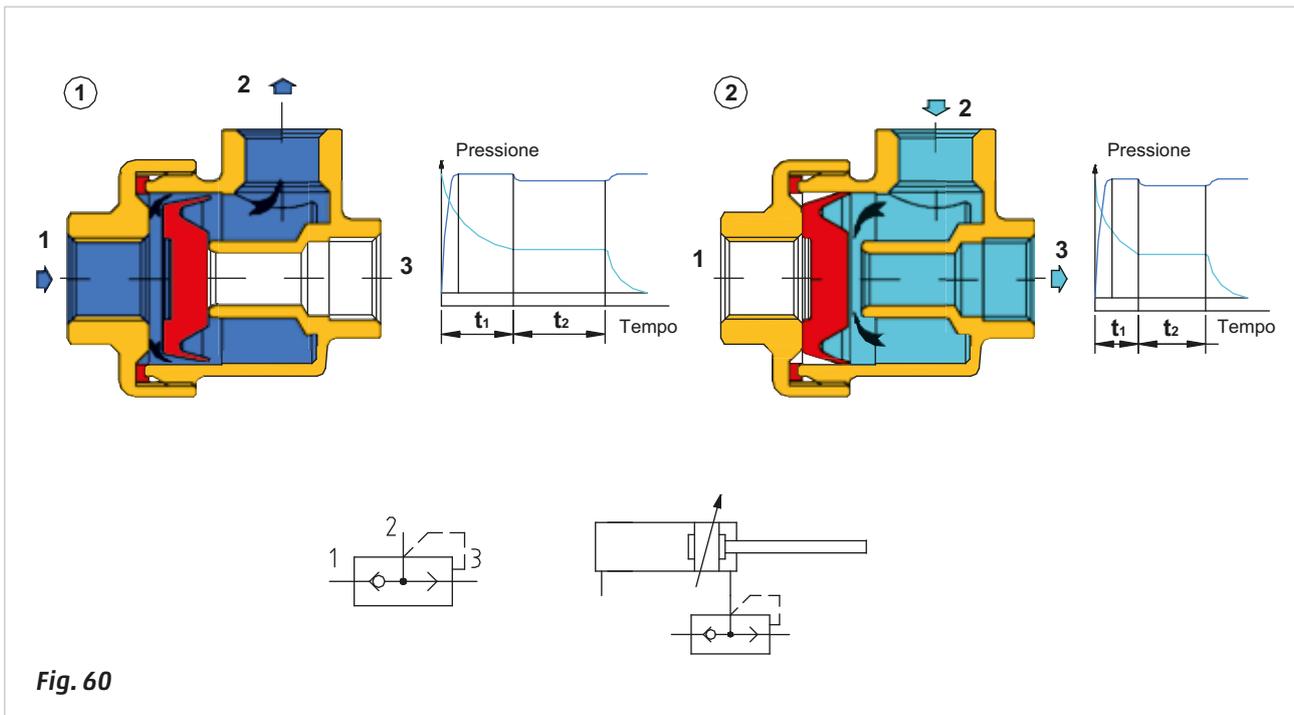


Fig. 60

I diagrammi mostrano il differente comportamento dell'A/C nelle due camere di un cilindro a D.E. in presenza o meno di una valvola a scarico rapido.

Il valore  $t_1$  indica il tempo che intercorre fra il cambiamento di stato della valvola (incluso il tempo di pressurizzazione del cilindro) e l'inizio del movimento del pistone. Si può notare come la curva, che rappresenta la fase di scarico, ha un andamento diverso nei due grafici. Il valore  $t_2$  indica il tempo di durata della corsa del pistone. Questo valore è molto diverso nei due grafici perché la pressione in scarico si libera immediatamente in atmosfera non attraversando a ritroso né la tubazione di collegamento né la valvola di comando.

**Nota:** non è corretto l'impiego di valvole a scarico rapido abbinata a valvole 5/3 CC.

## Valvole regolatrici di flusso

### Prima parte

Le valvole regolatrici di flusso (o di portata) controllano, tramite la variazione della loro sezione interna il passaggio di A/C. Il controllo del flusso consente di regolare la velocità di traslazione dei pistoni nei cilindri pneumatici. Il controllo va sempre fatto sul volume in scarico, solo nei cilindri a S.E. si regola l'aria in ingresso.

### Regolatore di flusso unidirezionale

La connessione 1 è quella che si connette al volume da controllare, la connessione 2 è quella verso la valvola di potenza.

#### Figura 61

**Pos. A:** il flusso di A/C in uscita dal volume entra nel regolatore attraverso la connessione 1. L'A/C incontra la guarnizione a labbro **C** montata sul particolare **B** e ne dilata la parte esterna mettendola a contatto contro il corpo del regolatore creando una funzione di unidirezionalità. L'A/C è costretta a passare attraverso la strozzatura realizzata dalla parte conica della vite di regolazione **A** e l'ugello sul particolare **B**.

**Pos. B:** il flusso di A/C in alimentazione al volume entra nel regolatore attraverso la connessione 2. La guarnizione a labbro **C** si chiude aprendo il passaggio e permette il transito del flusso sia all'esterno sia all'interno del particolare **B**. In questo senso il flusso non è regolabile.

### Regolatore di flusso bidirezionale

**Pos. C:** il flusso di A/C in uscita dal volume entra nel regolatore attraverso la connessione 1. In questa versione non si ha il particolare **B** e la relativa guarnizione. L'A/C è costretta a passare attraverso la strozzatura regolabile realizzata dalla parte conica della vite di regolazione **A** che, alzandosi o abbassandosi, varia la sezione di passaggio esistente con l'ugello **D**.

**Pos. D:** il flusso di A/C in entrata attraverso la connessione 2 è costretta a passare, come nel caso precedente, attraverso la strozzatura regolabile realizzata dalla parte conica della vite di regolazione **A** che, alzandosi o abbassandosi, varia la sezione di passaggio esistente con l'ugello **D**.

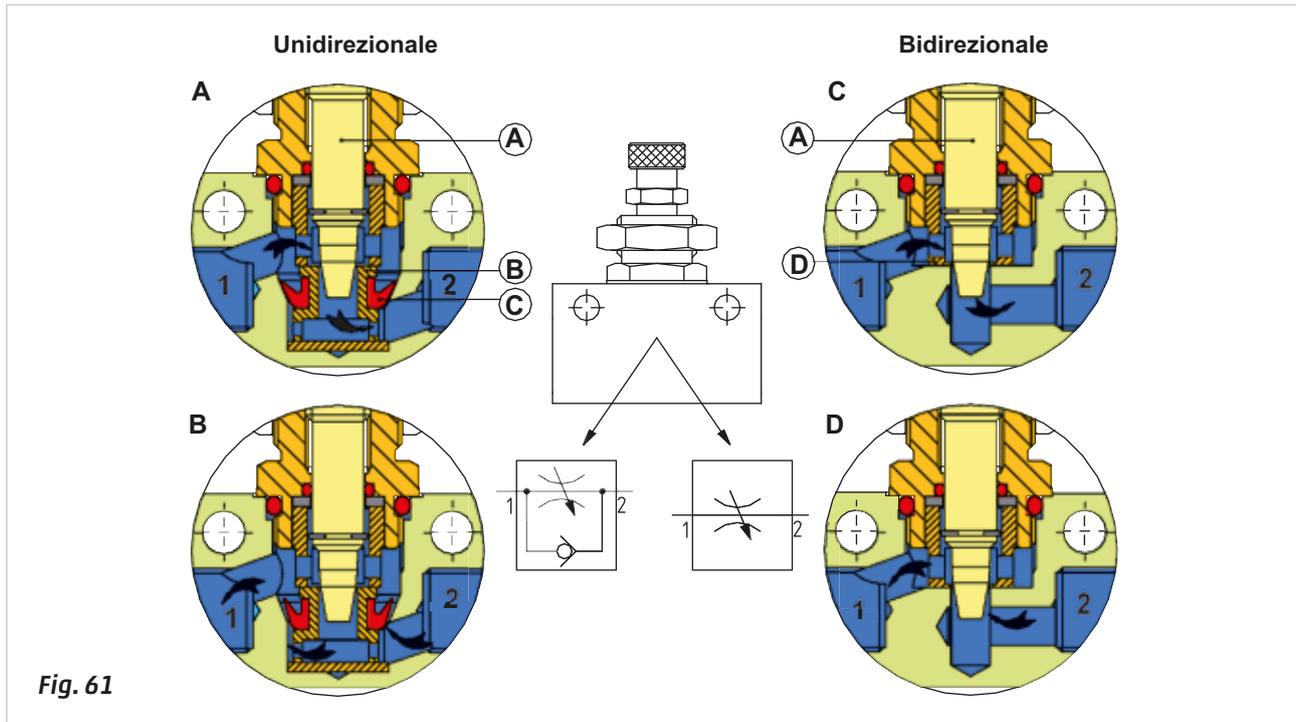


Fig. 61

Figura 62

Per dimensionare correttamente un regolatore di flusso è buona norma considerare alcune sue caratteristiche, fra cui:

- Il valore di portata massima con la vite di regolazione tutta aperta.
- Il valore di portata nel senso non regolato: alla camera in spinta del cilindro deve arrivare una quantità di A/C adeguata per garantire una pressione costante. Durante il movimento del cilindro, il volume della camera in spinta cambia continuamente e la quantità di A/C immessa deve sempre essere in grado di compensare questa variazione di volume, se così non fosse avremmo un movimento a scatti.
- L'andamento della curva di portata in base al numero di giri della vite di regolazione: il volume di A/C all'interno delle camere del cilindro dipende dal diametro, dalla corsa e dalla pressione fornita. Attraverso i grafici indicanti le caratteristiche di portata si può determinare il regolatore di flusso più appropriato che consenta una regolazione più fine e precisa.

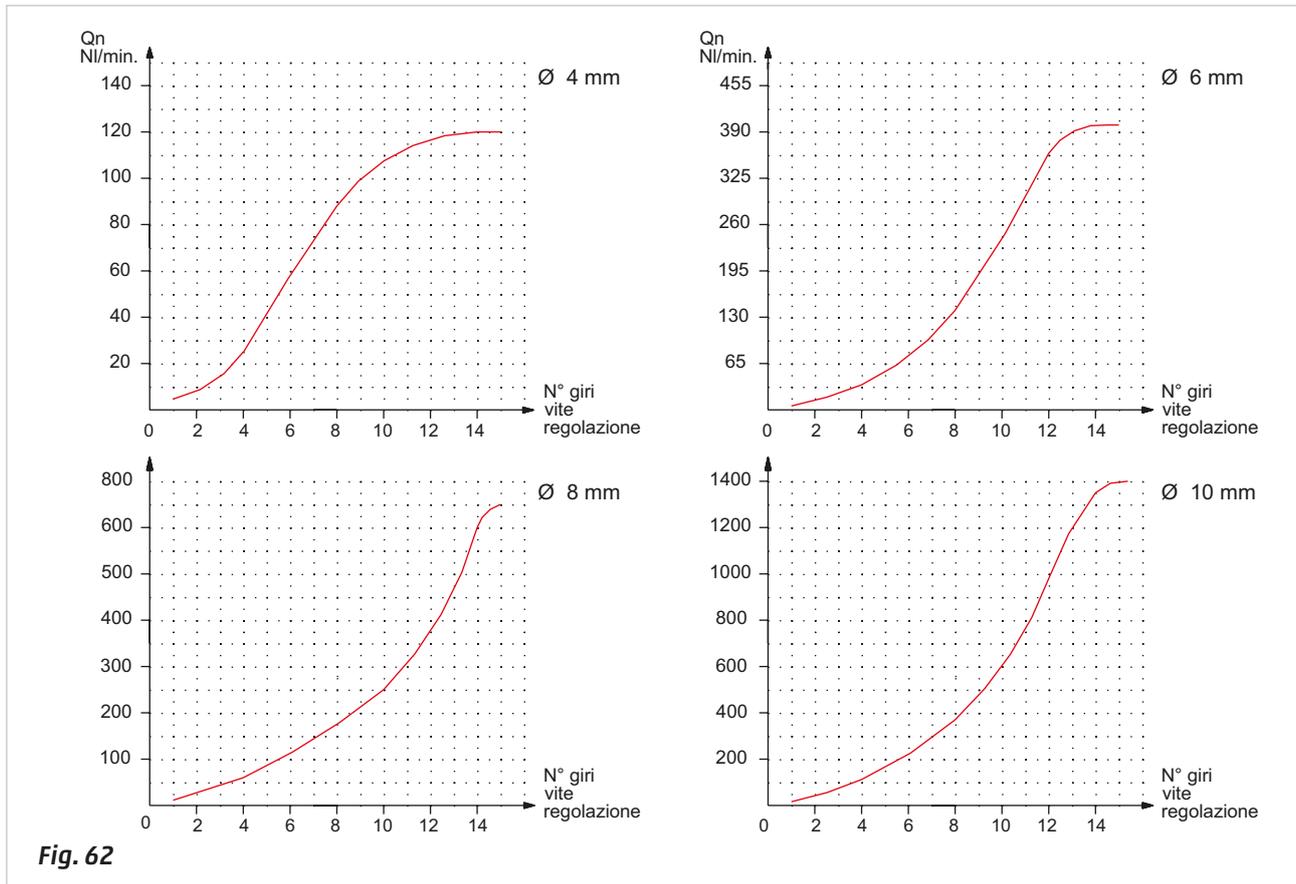


Fig. 62

## Seconda parte

I regolatori di flusso maggiormente utilizzati sono quelli unidirezionali, in questo paragrafo ne analizziamo meglio le caratteristiche.

### Figura 63

**Pos. 1:** nel grafico è rappresentato l'andamento del tempo e della pressione nelle due camere del cilindro durante le corse positiva e negativa ed in assenza di regolatore di flusso.

Lo spazio  $t_1$  rappresenta il tempo compreso fra l'eccitazione dell'elettrovalvola, l'inizio della pressurizzazione della camera attiva e la messa a scarico della camera negativa.

Lo spazio  $t_2$  rappresenta il tempo della corsa dall'inizio della messa a scarico della camera negativa fino all'inizio della fase di ammortizzo del pistone sulla testata.

Eccitando l'elettrovalvola, la pressione nella camera positiva aumenta, mentre quella nella camera negativa diminuisce. Non si ha nessun movimento in quanto la pressione non ha ancora raggiunto un valore tale da generare una forza capace di vincere il carico e la resistenza dell'aria in scarico. (tempo  $t_1$ )

Appena inizia il movimento del pistone aumenta il volume della camera positiva, la pressione si abbassa leggermente per poi stabilizzarsi in quanto la portata della valvola è adeguata a questa continua variazione. (tempo  $t_2$ )

Il pistone arriva a contatto con l'ammortizzo del cilindro, la variazione di volume è minore, la pressione tende nuovamente a salire. Il pistone arriva in battuta sulla testata, la pressione si stabilizza.

**Pos. 2:** in questo caso sulla camera negativa è montato un regolatore di flusso, i tempi  $t_1$  e  $t_2$  aumentano.

La pressione nella camera negativa non si scarica con la stessa velocità illustrata nella Pos. 1 in quanto il regolatore di flusso ha un passaggio parzializzato. Si crea all'interno della camera negativa una pressione che si oppone alla spinta del pistone, quindi una riduzione di velocità.

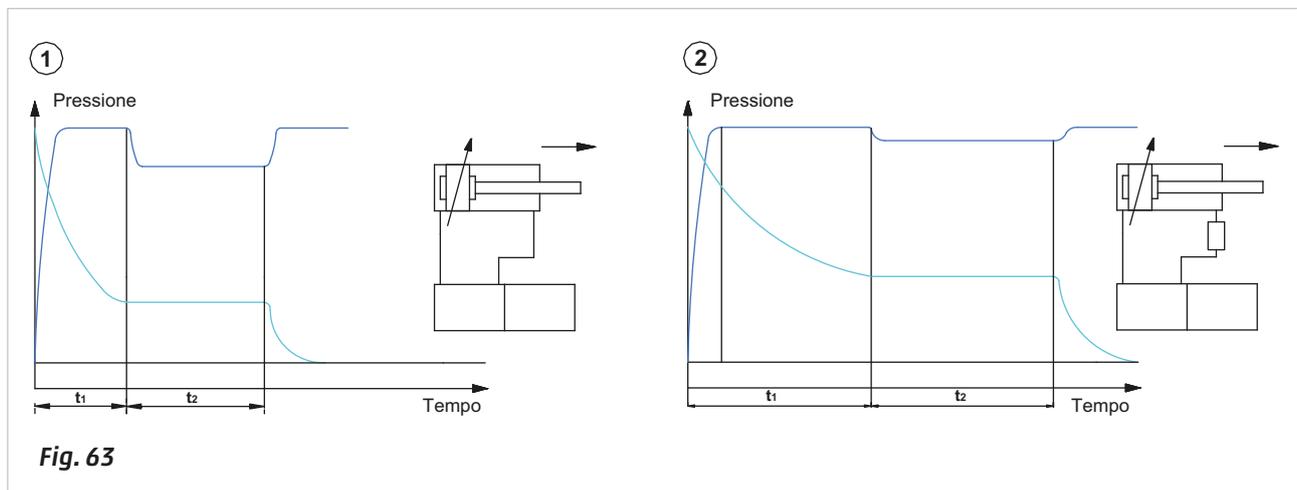


Fig. 63

### Figura 64

**Pos. 1:** cilindro a D.E. con regolazione di velocità in entrambi i sensi.

Nella corsa positiva il flusso attraversa liberamente la valvola unidirezionale all'interno del regolatore fornendo la massima portata. Nella camera negativa della valvola unidirezionale obbliga il flusso a passare attraverso la vite di regolazione.

**Pos. 2:** i regolatori di flusso possono essere utilizzati anche per altre funzioni ad esempio è possibile ritardare il riposizionamento di una valvola pneumatica. La valvola si aziona immediatamente con l'arrivo del segnale pneumatico di pilotaggio, in fase di riposizionamento la strozzatura ritarda lo scarico mantenendo pressione sul pilotaggio.

**Pos. 3:** la capacità interposta fra il regolatore e il pilotaggio della valvola consente di aumentare il tempo di ritardo.

**Pos. 4:** montando il regolatore in modo opposto si ottiene un ritardo in fase di pilotaggio della valvola, il riposizionamento, è rapido perché il flusso è libero di scaricarsi.

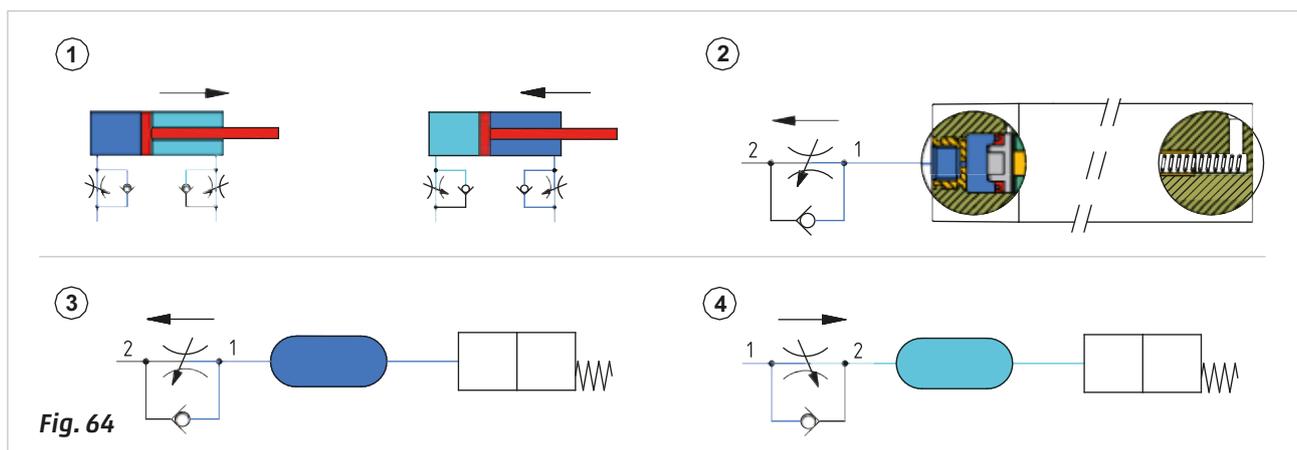


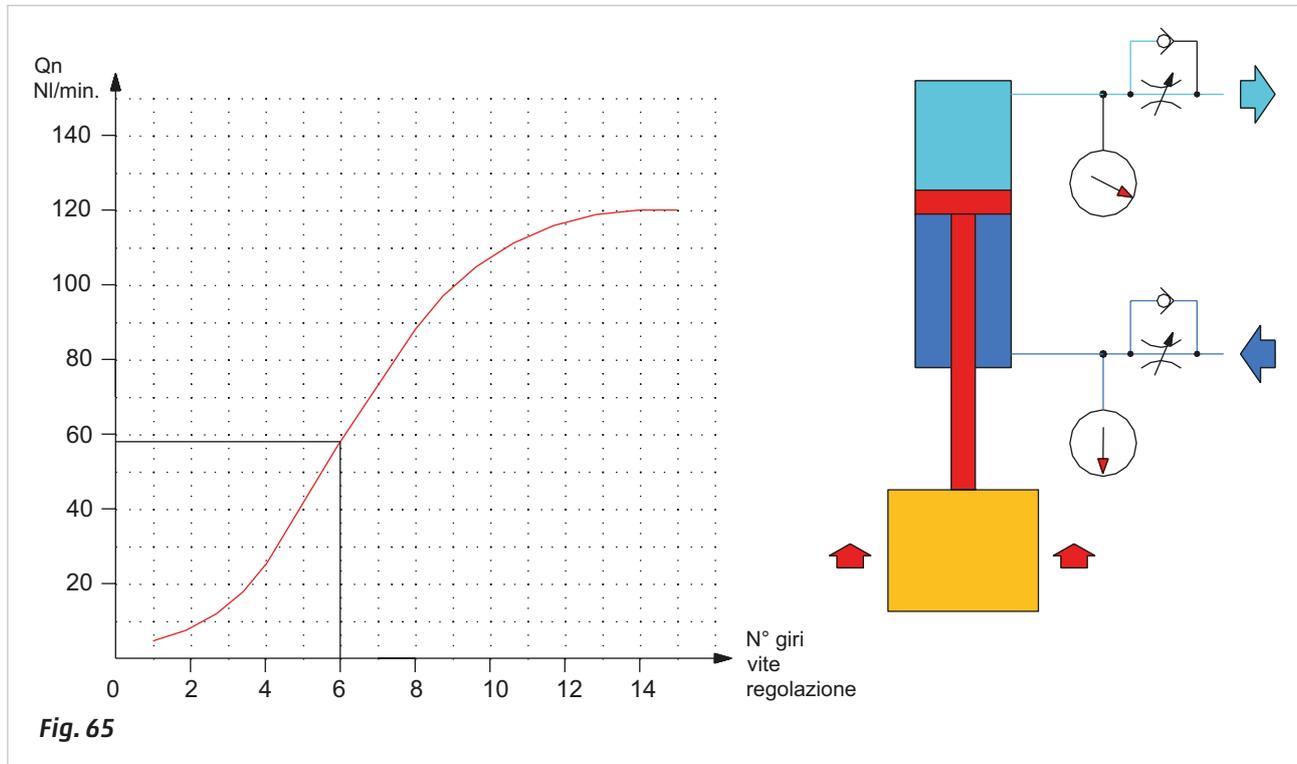
Fig. 64

**Terza parte**

Queste valvole tramite il dispositivo manuale di regolazione del flusso consentono il "controllo" della velocità di movimento del gruppo pistone/stelo nei cilindri pneumatici.

**Figura 65**

Le indicazioni fornite in questo capitolo sono di aiuto nella scelta della grandezza della valvola regolatrice e nel ricavare le prestazioni ottenibili dal cilindro a essa collegato. Per questo lavoro è necessario utilizzare i grafici presenti sui cataloghi che riportano la portata nominale in funzione del numero di giri della vite di regolazione.

**Fig. 65**

**Esempio:** Un cilindro diametro 63 mm corsa 400 mm, stelo orientato verso il basso.

Sullo stelo è applicato un carico da sollevare. Sul cilindro sono collegati due regolatori di flusso.

Solleviamo il carico, l'A/C all'interno della camera positiva del cilindro si scarica, il valore del carico applicato allo stelo rimane invariato per tutta la corsa. Ipotizziamo che durante il movimento il valore della pressione in scarico sia di 3 bar e che la valvola regolatrice di flusso sia aperta a 6 giri.

Calcolo del volume della camera in scarico  $V_5$

$$V_5 = (\pi * \pi * 3,14) * \text{Corsa}$$

$$V_5 = (31,5 * 31,5 * 3,14) * 400$$

$$V_5 = 3115 * 400$$

$$V_5 = 1.246.266 \text{ mm}^3$$

$$V_5 \cong 1,25 \text{ dm}^3$$

Considerando che la pressione  $P$  in scarico ha un valore di 3 bar il volume  $V_3$  diventa:

$$V_3 = V_5 * (P + 1)$$

$$V_3 = 1,25 * (3 + 1)$$

$$V_3 = 5 \text{ NL}$$

Questa quantità di aria è quella che si scarica in atmosfera una volta superato il regolatore di flusso. La portata dei regolatori è indicata come portata nominale  $Q_n$  ossia 6 bar in ingresso e  $\Delta p = 1$ .

Come analizzato nei capitoli precedenti, è possibile ricavare il flusso di aria libera a una determinata pressione partendo dal valore di portata nominale  $Q_n$ .

Il regolatore ipotizzato ha un valore di  $Q_n$  di poco inferiore ai 60 NL/min. Utilizzando le formule già note otteniamo il valore di flusso alla pressione di 3 bar.

Calcolo della conduttanza  $C$ :

$$C = \frac{Q_n}{4,6}$$

$$C = \frac{60}{4,6}$$

$$C = 13 \text{ NL / min * bar}$$

Calcolo del flusso a 3 bar:

$$C = \frac{Q}{(P_{rel} + P_{atm})} \quad Q = C * (P_{rel} + P_{ass}) \quad Q_3 = 13 * (3 + 1) \quad Q_3 = \mathbf{52 \text{ NL / min}} \quad Q_3 = \mathbf{0,86 \text{ NL / sec}}$$

Dividendo la quantità d'aria racchiusa all'interno della camera in scarico con il valore di flusso in uscita dal regolatore è possibile conoscere il tempo necessario per la corsa del cilindro.

$$t = \frac{V_3}{Q_3} \quad t = \frac{5}{0,86} \quad t \cong \mathbf{5,8 \text{ sec}}$$

Cambiando il numero di giri del regolatore si modifica il valore di flusso in scarico aumentando o riducendo la velocità del cilindro.

**La velocità di movimento ossia il tempo per compiere la corsa del cilindro non cambia in funzione della pressione.**

Immaginiamo che il precedente cilindro compia la corsa negativa in assenza di carico, nella camera positiva la pressione ha un valore maggiore, ipotizziamo 6 bar. La quantità d'aria da scaricare è superiore al caso precedente e maggiore è il valore di flusso che si libera in atmosfera.

Calcolo del volume della camera in scarico  $V_6$ :

$$V_6 = V_5 * (P + 1) \quad V_6 = 1,25 * (6 + 1) \quad V_6 = \mathbf{8,75 \text{ NL}}$$

Lasciamo invariata la regolazione sui 6 giri e calcoliamo il flusso in aria libera al valore di 6 bar:

$$Q = C * (P_{rel} + P_{ass}) \quad Q_6 = 13 * (6 + 1) \quad Q_6 = \mathbf{91 \text{ NL / min}} \quad Q_6 = \mathbf{1,51 \text{ NL / sec}}$$

Dividendo la quantità d'aria racchiusa all'interno della camera in scarico con il valore di flusso in uscita dal regolatore è possibile conoscere il tempo necessario per la corsa del cilindro.

$$t = \frac{V_6}{Q_6} \quad t = \frac{8,75}{1,51} \quad t \cong \mathbf{5,8 \text{ sec}}$$

La variazione di pressione non influenza il tempo ciclo.

## Utilizzo di valvole con vuoto

Non tutte le valvole possono essere utilizzate con il vuoto, dipende da diversi parametri ad esempio: dalla costruzione interna, dal tipo di commutazione, dal tipo di guarnizioni utilizzate e altro.

Prendiamo come esempio la minivalvola ad otturatore:

### Figura 66

**Pos. A:** in una minivalvola ad otturatore la presenza di pressione sull'ingresso 1 spinge la guarnizione verso l'alto mandandola in appoggio sull'ugello superiore. In questo caso ottenendo la funzione di valvola NC.

**Pos. B:** sulla stessa valvola la presenza di vuoto sull'ingresso 1 aspira la guarnizione mettendola in appoggio sull'ugello inferiore di ingresso, qualsiasi manovra sul dispositivo di azionamento è inutile. Ipotizziamo la presenza del vuoto sulla connessione 2, si ha una situazione come nella Pos. **A**, la guarnizione sull'ingresso aspirata verso l'alto e un passaggio continuo attraverso lo scarico 3, anche in questo caso qualsiasi manovra sul dispositivo di azionamento è inutile.

**Pos. C:** una valvola a spola può essere generalmente utilizzata anche se dipende dalla geometria delle guarnizioni interne. Ipotizziamo di applicare il vuoto sull'ingresso 1, la valvola è nella posizione di NO il vuoto è utilizzabile sulla connessione 2, lo scarico 3 è chiuso. Movimentando la spola si chiude il vuoto e si mette a pressione atmosferica l'utilizzo 2.

Ipotizziamo di applicare il vuoto sullo scarico 3, la valvola è nella posizione di NO il vuoto non passa, l'utilizzo 2 è a pressione atmosferica tramite l'ingresso 1. Movimentando la spola si apre il vuoto e si chiude la comunicazione con la pressione atmosferica.

Generalmente non ci sono problemi di funzionamento con il vuoto su valvole a spola con azionamento meccanico o manuale, su quelle elettriche è necessario il servo pilotaggio esterno.

Nel caso di elettrovalvole ad azionamento diretto in genere non si riscontrano problemi.

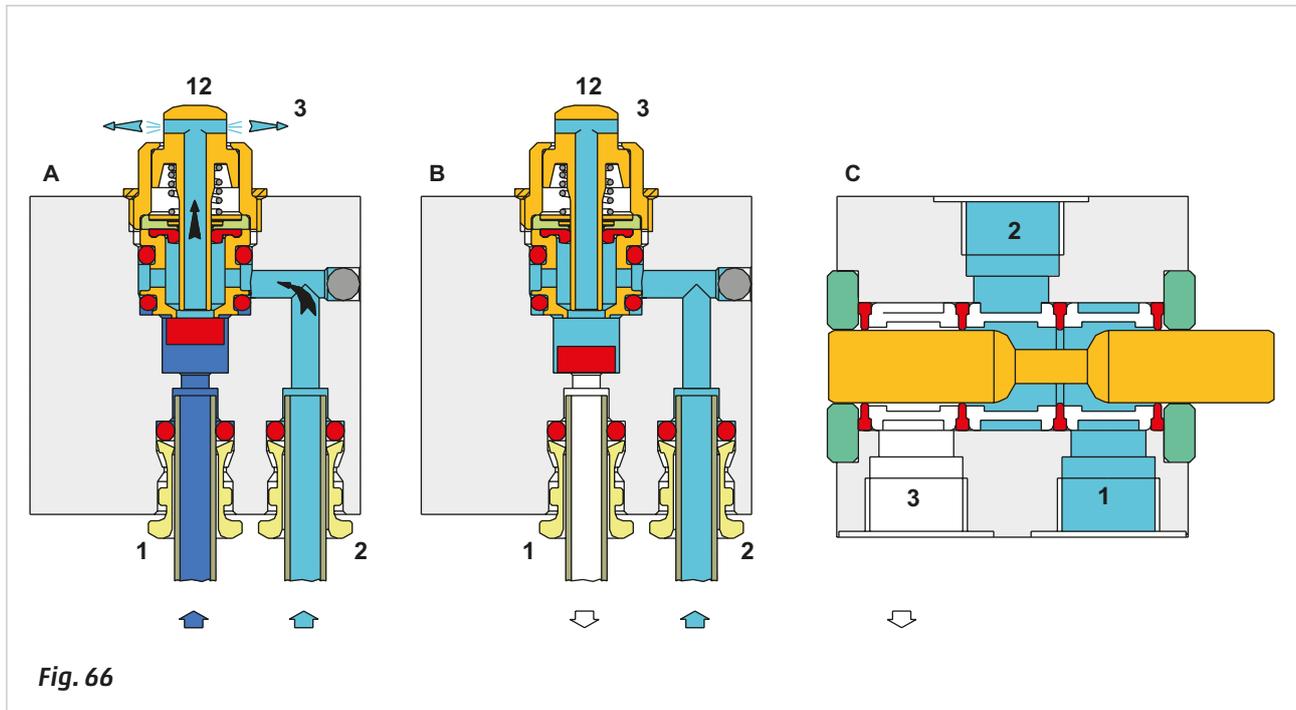


Fig. 66

## Pressostati con contatto Normalmente Chiuso, Aperto o in Scambio

Per consentire ad un impianto di funzionare in modo adeguato è necessario che il valore della pressione raggiunga un livello adeguato alle esigenze e solo in questa condizione si ha un consenso alla partenza del ciclo. Per controllare che questo valore resti entro i termini consentiti si utilizzano i pressostati.

Il pressostato è un componente che si collega alla sorgente di aria compressa e utilizza la pressione dell'A/C per commutare un interruttore elettrico.

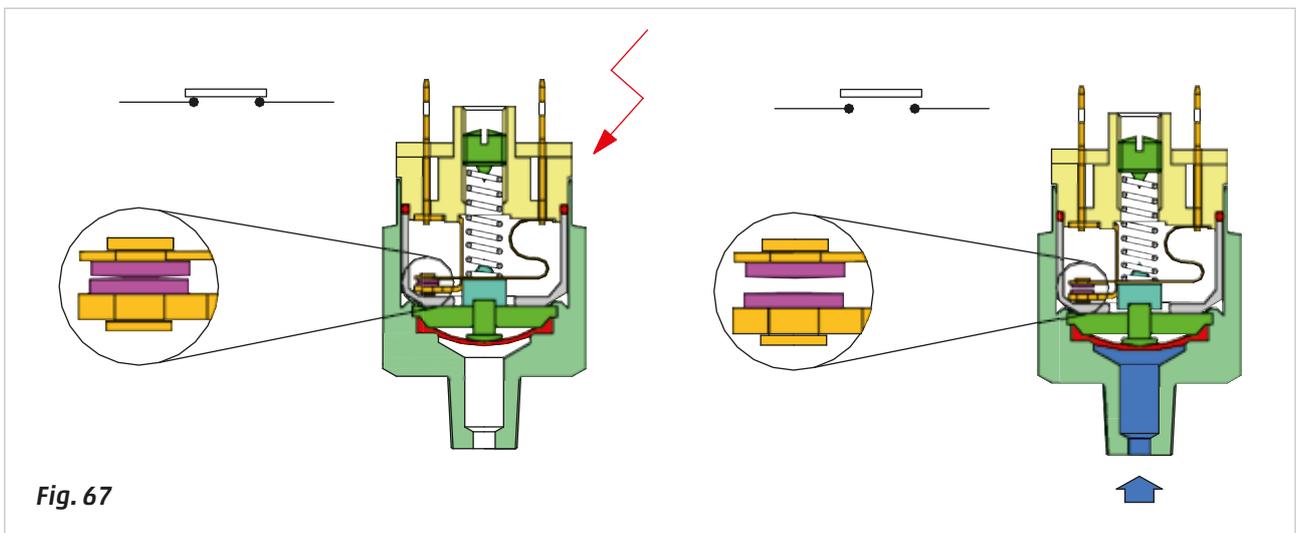
Fra le varie tipologie i più diffusi sono:

- con contatto **Normalmente Chiuso (NC)**
- con contatto **Normalmente Aperto (NO)**
- con contatto in **Scambio (NC ed NO)**

Il pressostato permette di essere regolato per adeguare l'intervento dell'interruttore al valore di pressione necessario. La regolazione avviene tramite una vite che, caricando una molla, agisce su una membrana opponendosi alla spinta ricevuta dall'aria.

**Figura 67**

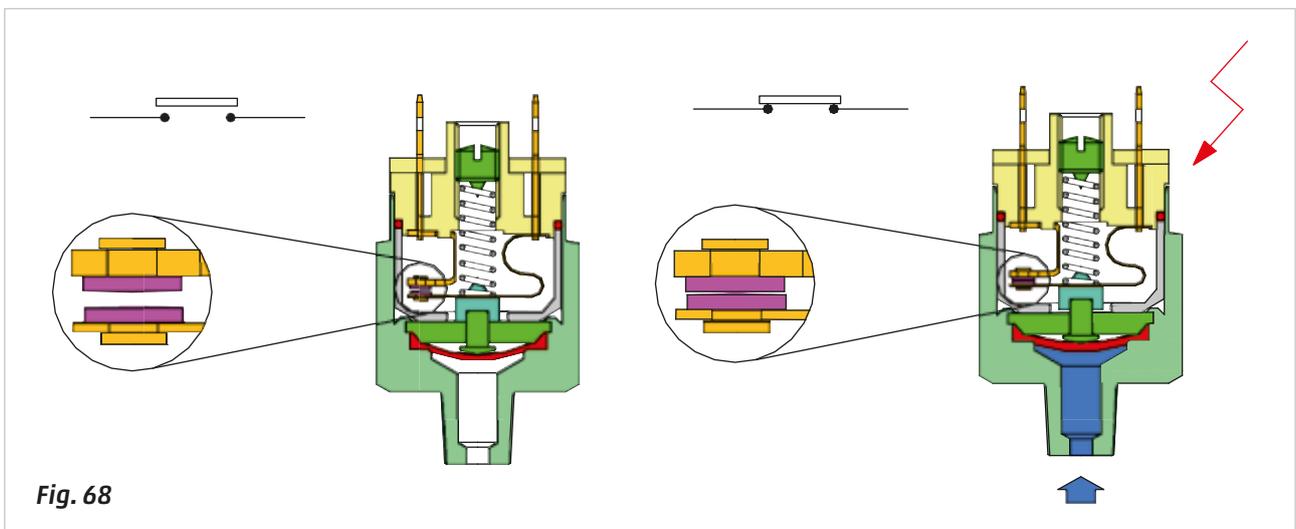
**Modello NC:** in assenza di pressione, sui fastoni di collegamento si ha continuità elettrica. Inserendo pressione il contatto elettrico si solleva e il segnale si interrompe.



**Fig. 67**

**Figura 68**

**Modello NO:** in assenza di pressione sui fastoni di collegamento non si ha continuità elettrica. Inserendo pressione il contatto elettrico si chiude e ristabilisce la continuità.



**Fig. 68**

**Modello con contatto in Scambio:** è analogo ai precedenti modelli, cambia il tipo di interruttore che consente di utilizzare indifferentemente il contatto **NC** o **NO**.



## CAPITOLO 5

# LA TECNICA DEI CIRCUITI

- 134 Simbologia pneumatica
- 136 Norme per l'esecuzione di uno schema
- 138 Circuiti elementari
- 141 Ciclo singolo o semiautomatico
- 142 Ciclo continuo o automatico
- 143 Circuiti elementari
- 144 Rappresentazione letterale e grafica del movimento dei cilindri
- 146 I segnali generati dalle valvole di finecorsa
- 150 I principi della logica
- 152 Le funzioni logiche di base
- 153 Esempio di applicazione delle funzioni logiche di base
- 155 Impiego delle funzioni logiche YES e NOT
- 156 OR ed AND realizzate con valvole di distribuzione
- 157 Valvola di memoria
- 160 Il temporizzatore
- 161 Comando d'inizio ciclo
- 162 Ciclo singolo/continuo
- 163 Comando di emergenza
- 165 Sviluppo di una sequenza
- 166 Diagramma di flusso e sviluppo dello schema
- 168 Movimentazione di più cilindri
- 171 Identificazione dei segnali bloccanti
- 173 Tecniche per eliminare i segnali bloccanti
- 192 Comando bimanuale

## Simbologia pneumatica

Nei precedenti capitoli oltre alle immagini che illustrano le caratteristiche costruttive e di funzionamento dei componenti, ne sono stati indicati i relativi simboli.

### Figura 1

#### Preparazione Aria

##### Pos. 1:

**A:** Filtro rappresentazione generica

**B:** Filtro con scarico di condensa manuale

**C:** Filtro con scarico di condensa automatico

##### Pos. 2:

**A:** Regolatore di pressione con scarico della sovra pressione (relieving) il segmento con le due frecce indica la direzione del flusso verso l'utilizzo e la direzione di scarico della sovra pressione.

**B:** Regolatore di pressione senza scarico della sovra pressione (manca il triangolino sullo scarico).

**Pos. 3:** Lubrificatore rappresentazione generica.

**Pos. 4:** Avviatore progressivo un flusso regolato sull'uscita mette gradatamente l'impianto in pressione. Al raggiungimento di circa il 50% della pressione in ingresso, l'avviatore apre completamente il passaggio. La freccia indica la direzione del flusso.

##### Pos. 5:

**A:** Gruppo FRL, simbologia dettagliata

**B:** Gruppo FRL, simbologia semplificata

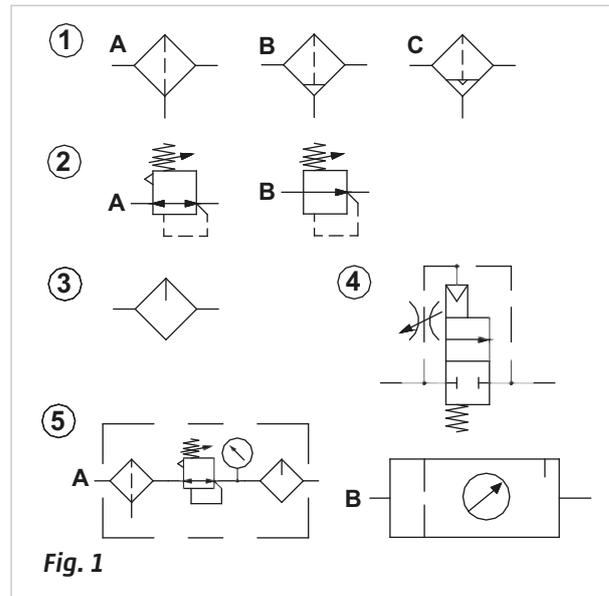


Fig. 1

### Figura 2

#### Cilindri

**A:** Semplice Effetto non magnetico corsa di ritorno con molla meccanica, ammortizzo meccanico fisso, corsa negativa

**B:** Semplice Effetto magnetico corsa di ritorno con molla meccanica, ammortizzo meccanico fisso, corsa negativa

**C:** Doppio Effetto non magnetico

**D:** Doppio Effetto non magnetico con ammortizzo meccanico fisso in entrambe le direzioni

**E:** Doppio Effetto non magnetico con ammortizzo pneumatico regolabile in entrambe le direzioni

**F:** Doppio Effetto magnetico con ammortizzo meccanico fisso in entrambe le direzioni

**G:** Doppio Effetto magnetico con ammortizzo pneumatico regolabile corsa positiva e ammortizzo meccanico fisso corsa negativa

**H:** Doppio Effetto magnetico con ammortizzo pneumatico regolabile in entrambe le direzioni

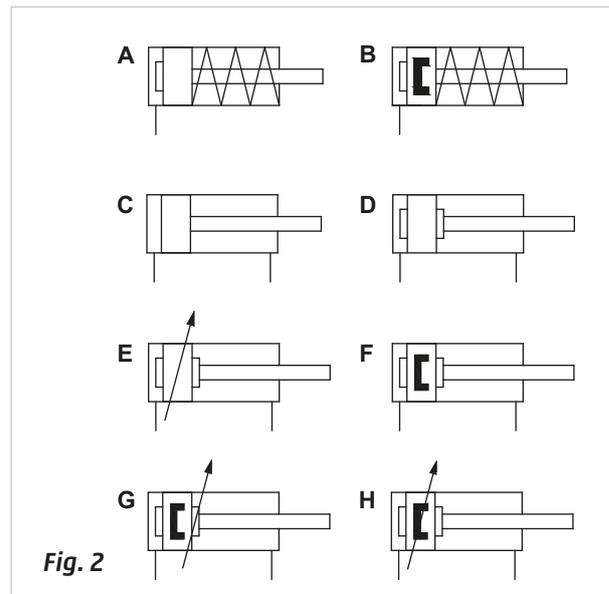


Fig. 2

### Figura 3

#### Valvole di distribuzione

**A:** 2/2 monostabile chiusa in posizione di riposo (2/2 NC)

**B:** 2/2 monostabile aperta in posizione di riposo (2/2 NO)

**C:** 3/2 monostabile chiusa in posizione di riposo (3/2 NC)

**D:** 3/2 monostabile aperta in posizione di riposo (3/2 NO)

**E:** 5/2

**F:** 5/3 centri chiusi (5/3 CC)

**G:** 5/3 centri aperti (5/3 CO)

**H:** 5/3 centri in pressione (5/3 CP)

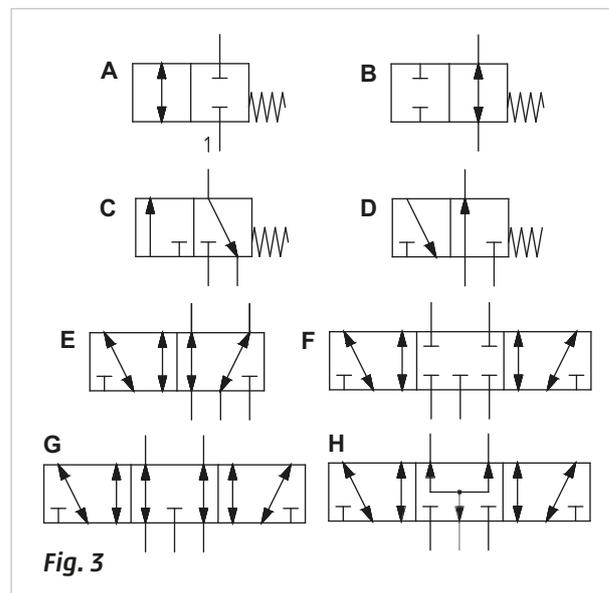


Fig. 3

La direzione della freccia indica la direzione del flusso. Alcuni simboli sono da completate con i simboli relativi ai dispositivi di azionamento e riposizionamento.

**Figura 4****Valvole di elaborazione**

- A: funzione **OR** valvola selettiva  
 B: funzione **AND** valvola a due pressioni  
 C: funzione **NOT** negazione  
 D: funzione **YES** identità

**Figura 5****Pos. 1:****Valvole di intercettazione**

- A: non ritorno  
 B: scarico rapido

**Pos. 2:**

- A: regolatore di flusso unidirezionale  
 B: regolatore di flusso bidirezionale

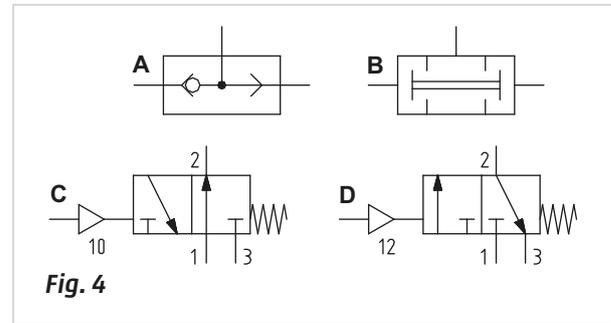
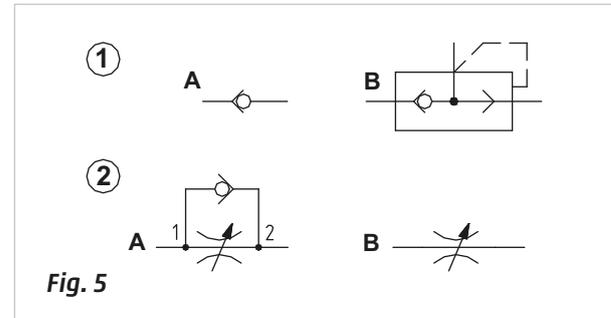
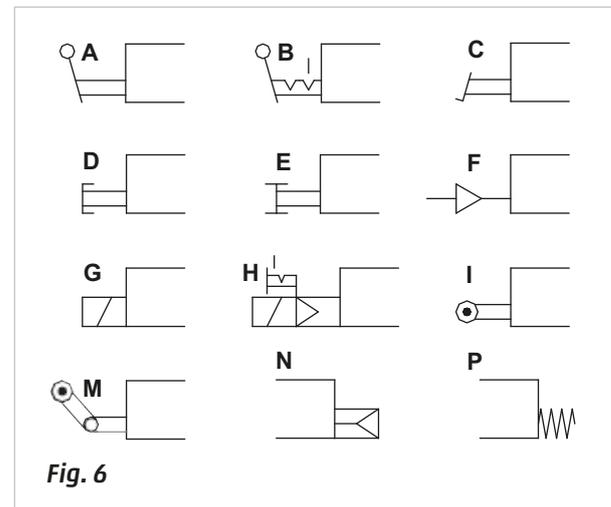
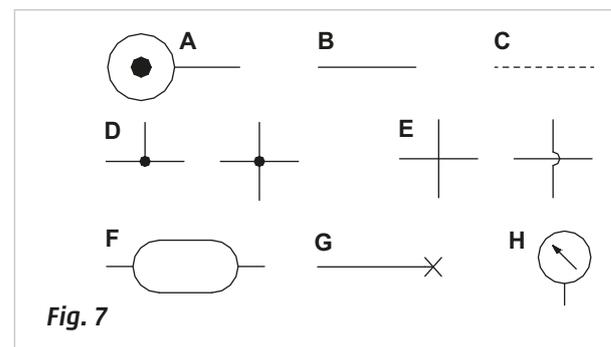
**Figura 6****Dispositivi di azionamento**

- A: manuale a leva  
 B: manuale a leva con posizioni stabili  
 C: pedale  
 D: manuale con fungo a spingere  
 E: manuale con tasto a spingere e tirare  
 F: pneumatico  
 G: elettrico diretto  
 H: elettropneumatico con azionamento manuale bistabile  
 I: meccanico con leva rullo bidirezionale  
 M: meccanico con leva rullo unidirezionale  
 N: riposizionamento con molla pneumatica  
 P: riposizionamento con molla meccanica

**Figura 7****Simboli vari**

- A: sorgente di pressione  
 B: linea di lavoro (potenza)  
 C: linea di comando  
 D: connessioni  
 E: incrocio  
 F: accumulatore (capacità-polmone)  
 G: posizione d'attacco chiusa  
 H: manometro

Alcuni simboli sono da completare con i simboli relativi ai dispositivi di azionamento e riposizionamento.

**Fig. 4****Fig. 5****Fig. 6****Fig. 7**

## Norme per l'esecuzione di uno schema

Uno schema, indipendentemente che sia pneumatico elettrico o altro, è un insieme convenzionale di linee e simboli mediante i quali è possibile rappresentare le funzioni presenti, i loro collegamenti e lo stato dei comandi nella posizione di fine ciclo.

Nei paragrafi precedenti abbiamo indicato i simboli dei componenti, in questo illustriamo come disegnarli e collegarli tra loro per realizzare uno schema.

### Figura 8

#### Pos. 1:

**A:** la sorgente di pressione, è rappresentata da un cerchio con un punto al centro. Può essere indicata in corrispondenza di ogni elemento interessato a riceverla. Il collegamento fra le due parti è realizzato tramite una tubazione.

**B:** la sorgente di pressione può essere rappresentata singolarmente e poi distribuita ai vari elementi.

**Pos. 2:** le tubazioni di lavoro o di potenza si rappresentano con una linea continua.

**Pos. 3:** negli schemi è meglio evitare, l'incrociarsi delle linee di collegamento. È possibile interrompere una delle due linee e formare un piccolo arco ad indicare l'accavallamento delle tubazioni. Nel caso l'incrocio fosse un collegamento va messo in evidenza con un punto ben visibile.

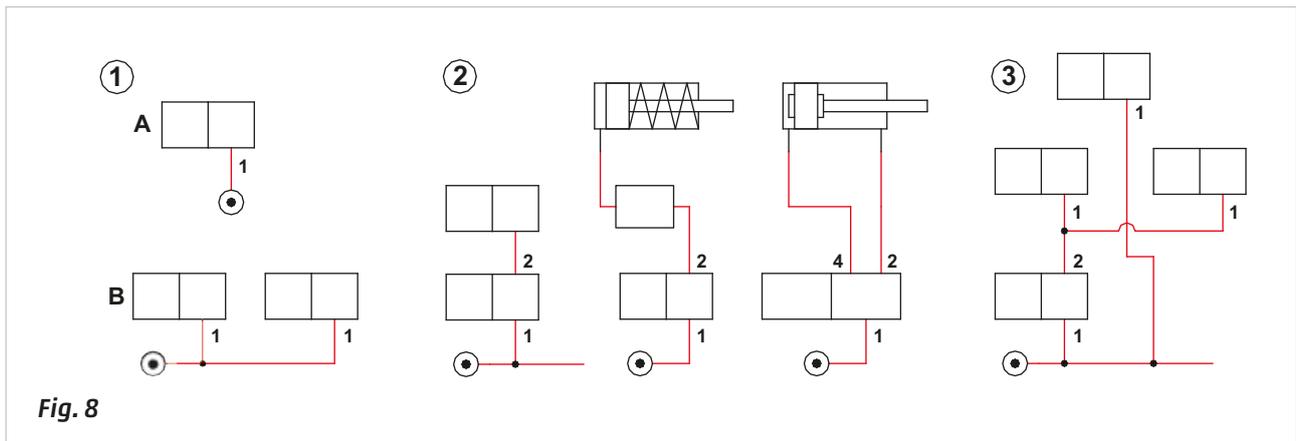


Fig. 8

Con la linea tratteggiata si rappresentano tutte le tubazioni che:

### Figura 9

**Pos. 1:** determinano il pilotaggio di valvole pneumatiche

**Pos. 2:** indicano se il servopilotaggio di una Ev. è esterno

**Pos. 3:** rappresentano il collegamento in entrata ed in uscita delle valvole di elaborazione

**Pos. 4:** indicano l'ingresso e l'uscita di valvole funzionali

**Pos. 5:** in alcuni casi è possibile che all'uscita di una valvola di distribuzione, si debbano rappresentare le tubazioni nei due modi, con linea tratteggiata per la commutazione di una valvola a comando pneumatico con linea continua per l'alimentazione di un'altra valvola.

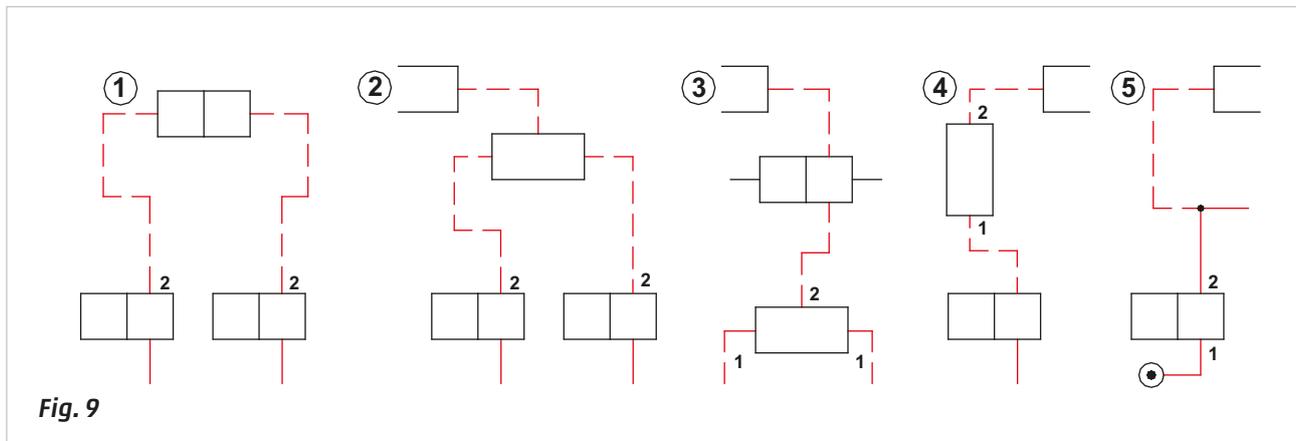


Fig. 9

In realtà la rappresentazione più utilizzata è quella con la linea continua.

In uno schema si devono rappresentare tutte le componenti che ne fanno parte nella posizione che assumono quando la macchina /impianto si trova a fine ciclo.

### Figura 10

I cilindri sono rappresentati da un rettangolo all'interno del quale si trova il gruppo stelo/pistone. La posizione del gruppo identifica se lo stelo è represso o meno.

## POSIZIONE DI FINECORSA NEGATIVA

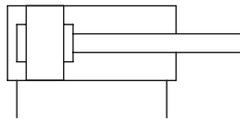
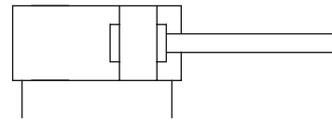


Fig. 10

## POSIZIONE DI FINECORSA POSITIVA



Le valvole sono rappresentate da dei quadratini affiancati che definiscono le posizioni che la valvola può assumere. Delle frecce all'interno dei quadratini, indicano la direzione del flusso di A/C.

In posizione non azionata i collegamenti pneumatici e relativi numeri identificativi sono riportati sul quadratino a fianco della molla. In posizione azionata è indicata la presenza dell'azionamento esterno, i collegamenti si realizzano sul quadratino adiacente all'azionamento.

**Figura 11**

**Pos. 1:** valvola 3/2 NC ad azionamento meccanico e riposizionamento a molla meccanica.

**Pos. 2:** valvola 3/2 NO ad azionamento meccanico e riposizionamento a molla meccanica.

**Pos. 3:** valvola 3/2 NC ad azionamento pneumatico e riposizionamento a molla meccanica. La presenza del pilotaggio non è rilevabile come nei precedenti casi se non per le diverse posizioni dell'alimentazione e dell'utilizzo.

**Pos. 4:** valvola 5/2 bistabile ad azionamento pneumatico. I pilotaggi sono sulle estremità della valvola. Uno dei due utilizzi 2 o 4 è sempre connesso con l'alimentazione 1. L'utilizzo attivo è determinato dal quadratino con indicati i collegamenti e i numeri.

## NON AZIONATE

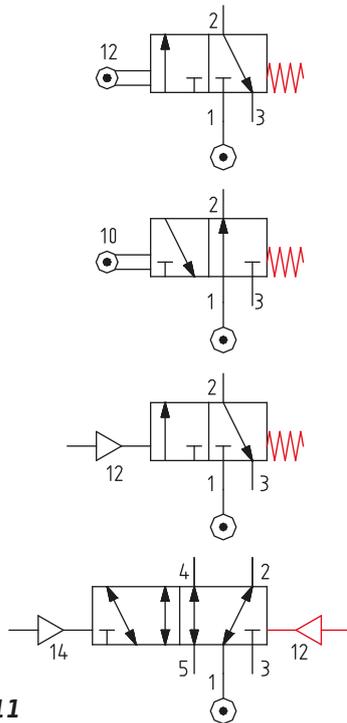
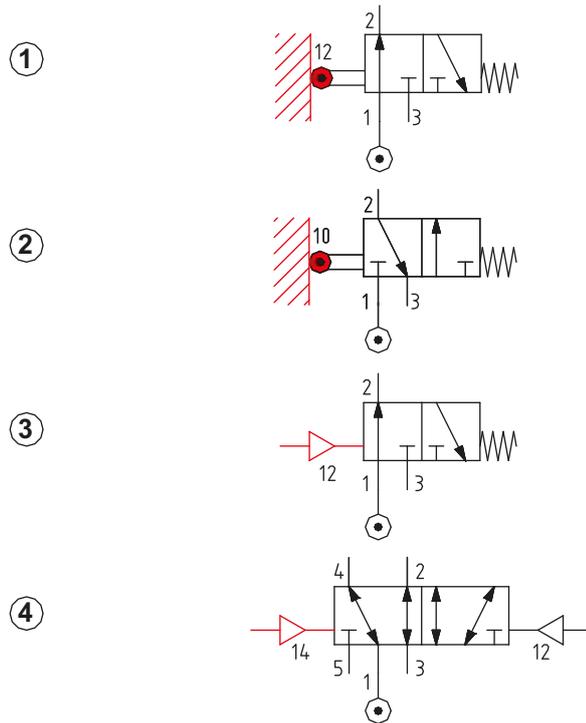


Fig. 11

## AZIONATE



## Circuiti elementari

Con il termine circuiti elementari si intendono quei circuiti semplici come quelli per il comando di un solo cilindro.

### Comando di un cilindro a semplice effetto

Dovendo alimentare una sola camera del cilindro si utilizza una valvola **3 vie e 2 posizioni**.

La versione NO o NC di questa valvola deve essere scelta in relazione alla posizione che si vuole fare assumere al cilindro nella posizione di riposo.

#### Figura 12

**Pos. 1:** con una valvola NC non si ha uscita dall'utilizzo 2, il gruppo stelo/pistone per effetto della spinta della molla è posizionato a finecorsa negativa.

**Pos. 2:** la valvola è a riposo, l'A/C collegata all'ingresso 1 non passa perché la valvola è NC. L'ingresso 1 è chiuso e l'utilizzo 2 è comunicante con l'atmosfera tramite lo scarico 3.

**Pos. 3:** premendo e mantenendo l'azione sul pulsante si apre il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2. L'A/C consente il movimento del gruppo stelo/pistone che raggiunge il finecorsa positivo.

**Pos. 4:** con il rilascio del pulsante, la valvola torna nella sua posizione di riposo, si chiude l'ingresso 1 e l'utilizzo 2 va in comunicazione con lo scarico 3. L'A/C precedentemente inviata nel cilindro può scaricarsi ed il gruppo stelo/pistone, per effetto della spinta della molla, rientra.

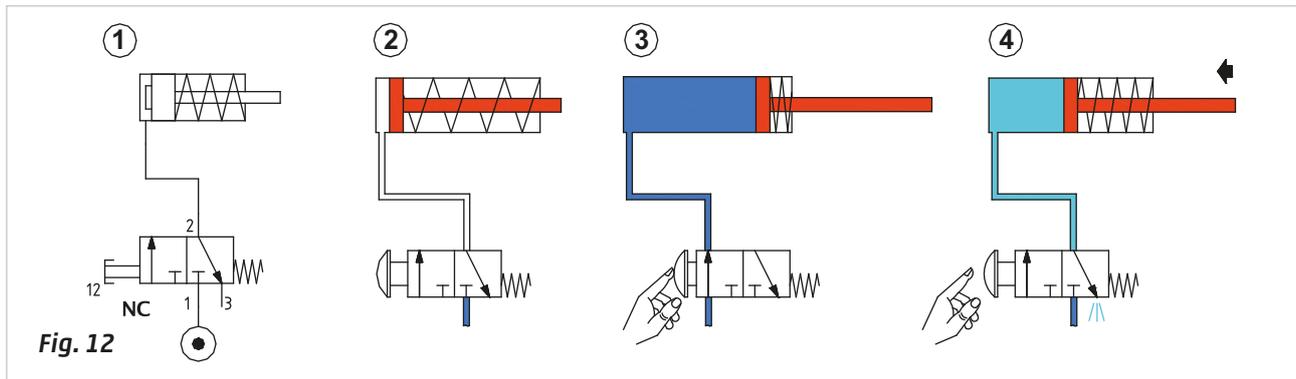


Fig. 12

#### Figura 13

**Pos. 1:** con una valvola NO si ha uscita dall'utilizzo 2, il gruppo stelo/pistone sotto l'azione della spinta dell'A/C raggiunge la posizione di finecorsa positiva e comprime la molla all'interno del cilindro.

**Pos. 2:** la valvola è a riposo, l'A/C collegata all'ingresso 1, può attraversarla ed entrando nel cilindro muove il gruppo stelo/pistone fino alla posizione di finecorsa positiva.

**Pos. 3:** premendo e mantenendo l'azione sul pulsante si chiude il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2. L'A/C contenuta nel cilindro passando dall'utilizzo 2 si scarica attraverso 3. Il gruppo stelo/pistone per effetto della spinta della molla, rientra.

**Pos. 4:** con il rilascio del pulsante, la valvola torna nella sua posizione di riposo, si apre l'ingresso 1 che consente all'A/C tramite l'utilizzo 2 di far tornare il gruppo stelo/pistone nella posizione di finecorsa positiva.

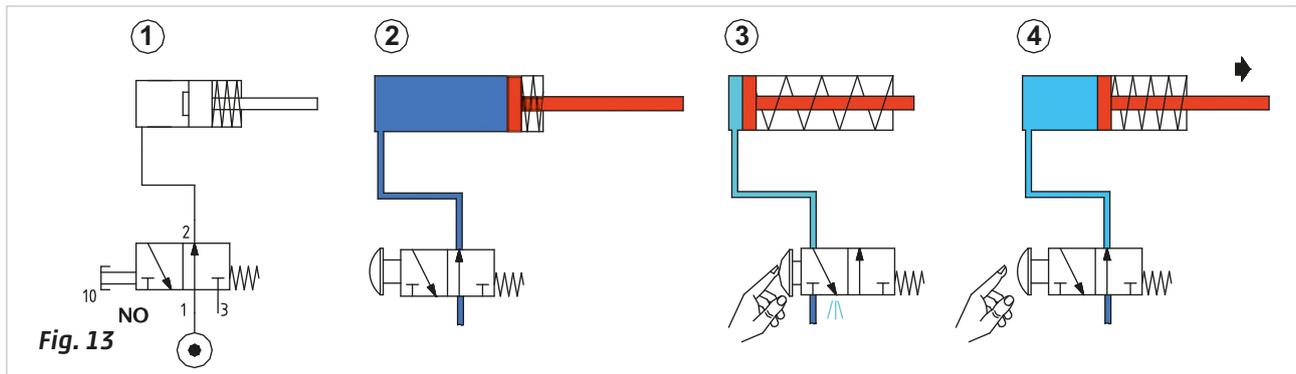


Fig. 13

### Comando di un cilindro a doppio effetto

In un cilindro a doppio effetto l'A/C deve essere fornita sia per la corsa positiva sia per la corsa negativa. Per questa ragione la valvola di distribuzione deve avere due utilizzi indipendenti, ossia una valvola a **5 vie 2 posizioni**.

#### Figura 14

##### Valvola Monostabile a comando diretto

**Pos. 1:** la valvola 5/2 monostabile nella posizione di riposo ha sempre l'utilizzo 2 in pressione, la posizione del gruppo stelo/pistone del cilindro a doppio effetto che comanda dipende da dove si collega l'utilizzo attivo.

**Pos. 2:** la valvola è a riposo, l'A/C collegata all'ingresso 1 tramite l'utilizzo 2, alimenta la camera negativa del cilindro e mantiene il gruppo stelo/pistone contro la testata posteriore.

**Pos. 3:** premendo e mantenendo l'azione sul pulsante si apre il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 4. L'utilizzo 2 si scarica attraverso la connessione 3. L'A/C consente il movimento del gruppo stelo/pistone che raggiunge il finecorsa positivo.

**Pos. 4:** con il rilascio del pulsante, la valvola torna nella sua posizione di riposo, rimettendo in comunicazione l'ingresso 1 con l'utilizzo 2. L'utilizzo 4 è in comunicazione con lo scarico 5. Il gruppo stelo/pistone si muove per tornare nella posizione iniziale.

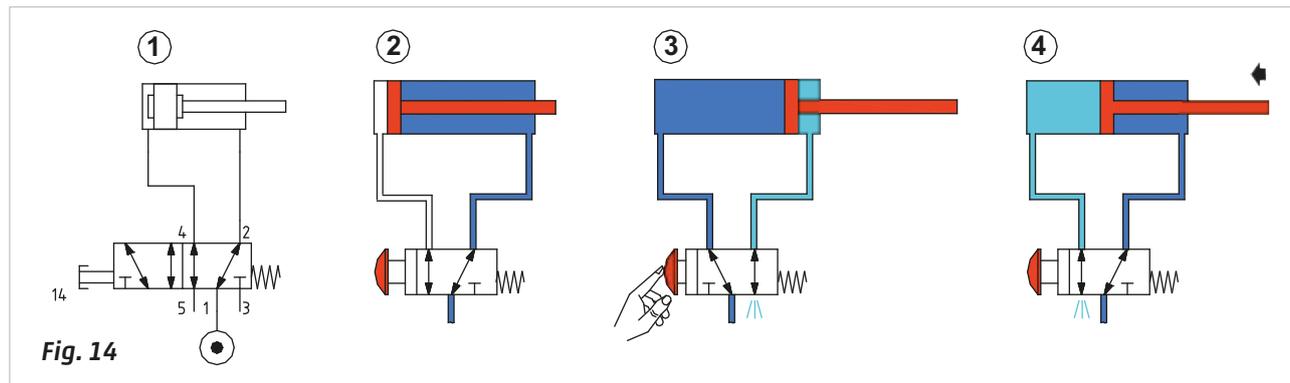


Fig. 14

Figura 15

### Valvola Bistabile a comando diretto

**Pos. 1:** la valvola 5/2 bistabile non ha una posizione di riposo definita e potrebbe avere attiva l'uscita 2 o la 4.

**Pos. 2:** con la leva in questa posizione si ha il passaggio dell'A/C fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2. Il gruppo stelo/pistone è in posizione di finecorsa positiva.

**Pos. 3:** spostando la leva, l'ingresso 1 si mette in comunicazione con l'utilizzo 4 mentre l'utilizzo 2 si scarica attraverso 3. Il gruppo stelo/pistone si sposta fino a raggiungere la posizione di finecorsa negativa.

**Pos. 4:** riposizionando la leva l'ingresso 1 si rimette in comunicazione con l'utilizzo 2 mentre l'utilizzo 4 si scarica attraverso 5. Il gruppo stelo/pistone si sposta fino a raggiungere la posizione di finecorsa positiva.

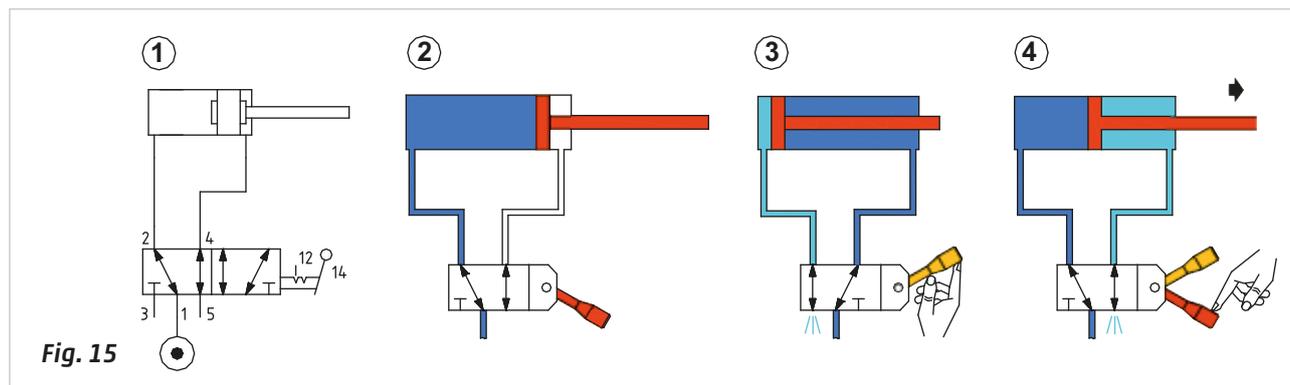


Fig. 15

Queste prime soluzioni circuitali, rappresentano il modo più semplice per controllare il movimento di un cilindro e vanno sotto il nome di **comando diretto**, nel circuito è presente una sola valvola con la duplice funzione: distribuzione e comando.

Non sempre un intervento diretto da parte dell'operatore sulla valvola di comando è agevole, in particolare quando è posizionata vicino all'attuatore, in alternativa si può utilizzare una valvola ad azionamento pneumatico pilotata da un'altra valvola dislocata in una posizione sicura e agevole.

In questo caso il comando non è più **diretto** come nei casi analizzati nei precedenti capitoli, ma diventa **indiretto** per la presenza della seconda valvola di pilotaggio. Le dimensioni di questa, come quella delle sue tubazioni di collegamento o le forze necessarie al suo azionamento nel caso della versione manuale, possono essere contenute, in quanto non serve una portata elevata.

Figura 16

### Valvola Monostabile a comando indiretto

**Pos. 1:** la valvola di **pilotaggio** è una 3/2 NC monostabile riposizionamento con molla meccanica e azionamento manuale. La valvola di **potenza** è una 5/2 monostabile riposizionamento con molla meccanica e azionamento pneumatico. L'uscita 2 della valvola di pilotaggio è collegata all'azionamento 14 della valvola di potenza.

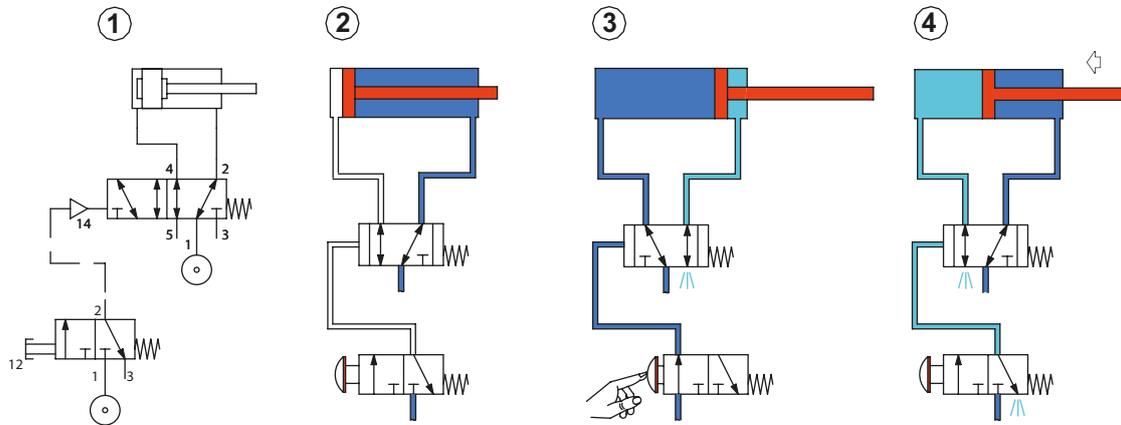
**Pos. 2:** in assenza di pilotaggio, la valvola di potenza è a riposo, l'A/C collegata all'ingresso 1 tramite l'utilizzo 2, alimenta la camera negativa del cilindro e mantiene il gruppo stelo/pistone contro la testata posteriore.

**Pos. 3:** Premendo e mantenendo l'azione sul pulsante si apre il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2 che pilota la valvola di potenza. La valvola commuta, l'utilizzo 2 si scarica attraverso la connessione 3 e l'ingresso 1 è comunicante con l'utilizzo 4. L'A/C consente il movimento del gruppo stelo/pistone che raggiunge il finecorsa positivo.

Questa condizione si mantiene per tutto il perdurare dell'azionamento sul pulsante di pilotaggio.

**Figura 16**

**Pos. 4:** con il rilascio del pulsante, il segnale di comando si scarica attraverso lo scarico 3 della valvola di pilotaggio, la valvola di potenza per effetto della molla torna nella posizione di riposo, rimettendo in comunicazione l'ingresso 1 con l'utilizzo 2. L'utilizzo 4 si scarica attraverso la connessione 5. Il gruppo stelo/pistone si muove per tornare nella posizione iniziale.

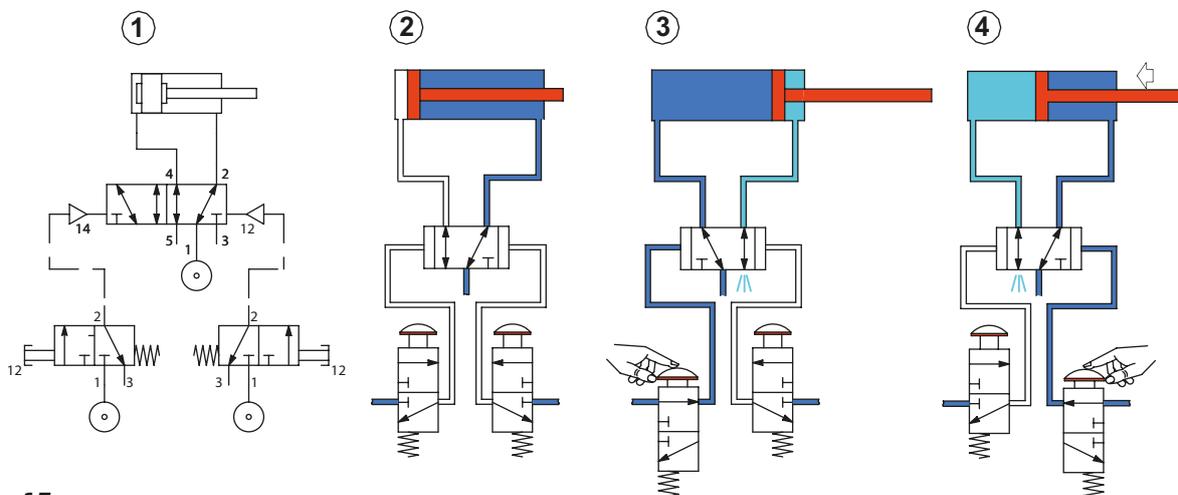
**Fig. 16****Figura 17****Valvola Bistabile a comando indiretto**

**Pos. 1:** con questo tipo di valvola di potenza sono necessari due comandi di pilotaggio, è stata aggiunta una seconda valvola di pilotaggio uguale alla prima.

**Pos. 2:** la valvola 5/2 bistabile non ha una posizione di riposo definita e potrebbe avere attiva l'uscita 2 o la 4. Non essendoci azione sui pulsanti, la valvola di potenza alimenta il cilindro in modo che il gruppo stelo/pistone sia in posizione di finecorsa negativa.

**Pos. 3:** con l'azionamento del pulsante di sinistra si apre il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2, la valvola di potenza riceve il comando 14. La valvola commuta, l'utilizzo 2 si scarica attraverso la connessione 3, l'ingresso 1 è comunicante con l'utilizzo 4. L'utilizzo 4 alimenta la camera positiva del cilindro, il gruppo stelo/pistone si muove per raggiungere la posizione di finecorsa positiva. Questa condizione si mantiene anche al cessare dell'azione sul pulsante. Al cessare dell'azione l'utilizzo 2 del pulsante scarica il segnale di comando attraverso la connessione 3.

**Pos. 4:** con l'azionamento del pulsante di destra si apre il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2, la valvola di potenza riceve il comando 12. La valvola commuta, l'utilizzo 4 si scarica attraverso la connessione 5, l'ingresso 1 è comunicante con l'utilizzo 2. L'utilizzo 2 alimenta la camera negativa del cilindro, il gruppo stelo/pistone si muove per raggiungere la posizione di finecorsa negativa. Questa condizione si mantiene anche al cessare dell'azione sul pulsante.

**Fig. 17**

Se l'azione sul pulsante fosse ancora presente e si agisse sul pulsante opposto, alla valvola di potenza arriverebbero due pilotaggi ma non si avrebbe nessun effetto, la valvola resterebbe nella posizione determinata dal primo pilotaggio ricevuto.

## Ciclo singolo o semiautomatico

Nei circuiti gli attuatori si muovono in tempi diversi secondo una logica definita da una sequenza. Le varie fasi che compongono la sequenza si svolgono a seguito di conferme sui movimenti avvenuti. Queste conferme sono fornite da valvole con dispositivi di azionamento di tipo meccanico commutate direttamente dagli attuatori o dalle parti meccaniche ad essi collegati. Potendole posizionare a piacere lungo la corsa possono essere azionate nel momento desiderato.

L'operatore sulla macchina o impianto limita la sua azione ai comandi di "Start" e "Stop".

Per semplicità in questo esempio utilizzeremo un solo attuatore realizzando una sequenza a **ciclo singolo o semiautomatico**. Con questo termine si stabilisce che ad ogni intervento manuale sul comando di Start la sequenza compia un solo ciclo.

### Figura 18

**Pos. 1:** il comando di **Start** è fornito tramite una valvola manuale 3/2 NC di tipo monostabile e riposizionamento a molla meccanica. La valvola di **potenza** è una 5/2 bistabile ad azionamento pneumatico. Il comando di riposizionamento è fornito tramite un finecorsa a comando meccanico 3/2 NC.

**Pos. 2:** la valvola 5/2 bistabile non ha una posizione di riposo definita e potrebbe avere attiva l'uscita 2 o la 4. Non essendoci azione ne sul pulsante di Start ne sul finecorsa, la valvola di potenza alimenta il cilindro in modo che il gruppo stelo/pistone sia in posizione di finecorsa negativa.

**Pos. 3:** con l'azionamento del pulsante di Start la valvola di potenza riceve il comando 14, si apre il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 4, l'utilizzo 2 si scarica attraverso la connessione 3. L'A/C alimenta la camera positiva del cilindro, il gruppo stelo/pistone si muove per raggiungere la posizione di finecorsa positiva.

**Pos. 4:** al raggiungimento della posizione di finecorsa positiva, indicata da un tratto di linea verticale, agendo sul dispositivo di azionamento meccanico del finecorsa si apre il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2, fornendo il pilotaggio 12 alla valvola di potenza.

Affinché questo segnale abbia effetto occorre che non sia presente il segnale proveniente dal pulsante di Start.

**Pos. 5:** Nel rimuovere il comando sul pulsante di Start il gruppo stelo/pistone si distacca dalla posizione terminale, il finecorsa chiude il passaggio fra l'ingresso 1 e l'utilizzo 2 e scarica il pilotaggio alla valvola di potenza attraverso la connessione 3.

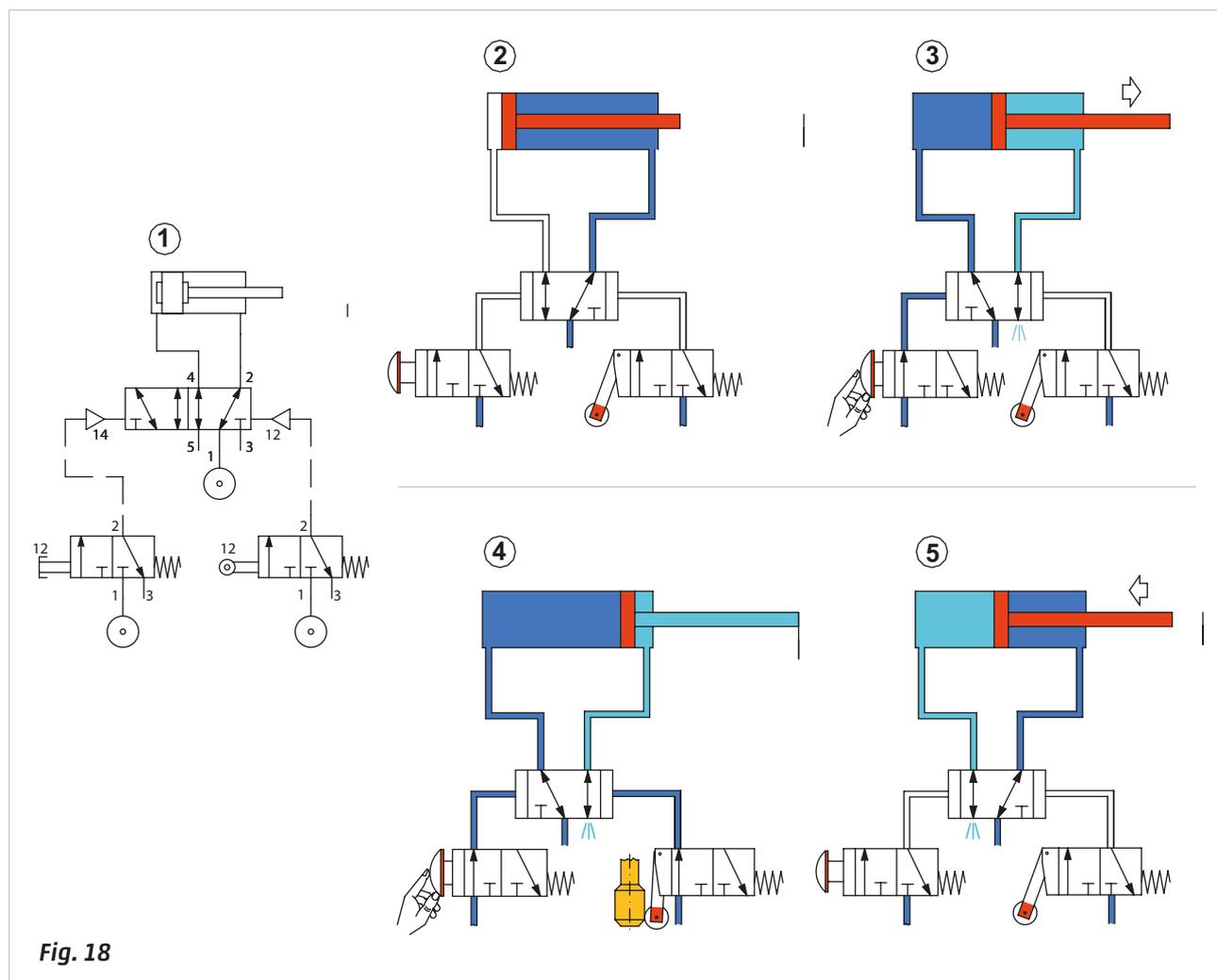


Fig. 18

La ripetizione del ciclo è possibile con un nuovo azionamento della valvola di Start.

## Ciclo continuo o automatico

Nel circuito precedente con la valvola ad azionamento meccanico al termine della corsa positiva si otteneva il ritorno automatico del cilindro. Per ottenere un ciclo automatico dovremmo inserire un'altra valvola ad azionamento meccanico, con funzione di "Start". Il comando di Inizio/Fine Ciclo è dato sempre dall'operatore.

Anche in questo esempio utilizzeremo un solo attuatore realizzando una sequenza a **ciclo continuo o automatico**. Con questo termine si stabilisce che il ciclo si ripeta in modo automatico fin tanto che l'operatore non posizioni la valvola su Fine Ciclo.

### Figura 19

**Pos. 1:** a differenza del ciclo singolo o semiautomatico in questo caso il pulsante di Start è stato sostituito da una valvola 3/2 manuale bistabile di Inizio/Fine Ciclo (**I.C.**) la cui alimentazione dipende dallo stato del finecorsa negativo. La valvola di potenza è una 5/2 bistabile ad azionamento pneumatico.

**Pos. 2:** l'A/C presente all'ingresso di tutte le valvole, attraversa la valvola 5/2 che alimenta la camera negativa del cilindro. Il finecorsa negativo essendo azionato alimenta la valvola **I.C.** che in questa condizione non consente alla ciclica di partire.

**Pos. 3:** spostando la leva della valvola **I.C.** si ha il passaggio di A/C verso la valvola di potenza che viene pilotata e consente al gruppo stelo/pistone il movimento verso la posizione positiva. Il gruppo stelo/pistone muovendosi disimpegna il finecorsa che chiude il passaggio dell'A/C consentendo lo scarico del pilotaggio. Il comando sulla valvola **I.C.** può essere rimosso in quanto essendo una valvola di tipo bistabile, la posizione è mantenuta.

**Pos. 4:** il gruppo stelo/pistone raggiunge il finecorsa positivo azionandolo, la sua uscita 2 giunge al pilotaggio 12 della valvola di potenza che commutando inverte l'ingresso dell'aria nelle camere del cilindro. Il gruppo stelo/pistone si muove verso la posizione negativa, il finecorsa è disimpegnato.

**Pos. 5:** il gruppo stelo/pistone raggiunge la posizione negativa azionando il relativo finecorsa. L'uscita 2 di questo finecorsa alimenta la valvola **I.C.**, se l'operatore non ne modifica lo stato il ciclo continua a ripetersi in modo automatico.

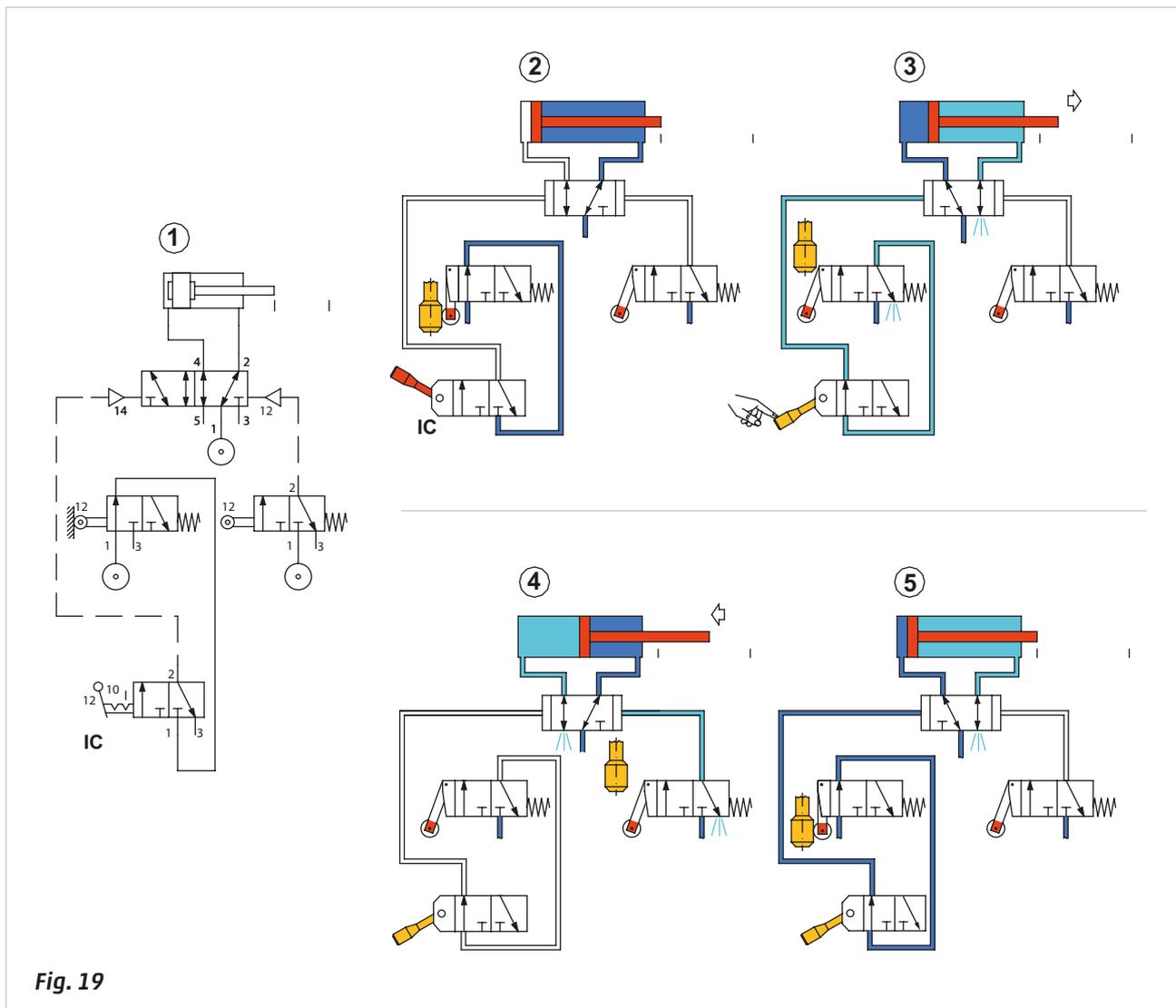


Fig. 19

Riposizionando la leva della valvola **I.C.**, indipendentemente dalla posizione del gruppo stelo/pistone, questo continua il suo movimento sino al completamento del ciclo per poi fermarsi.

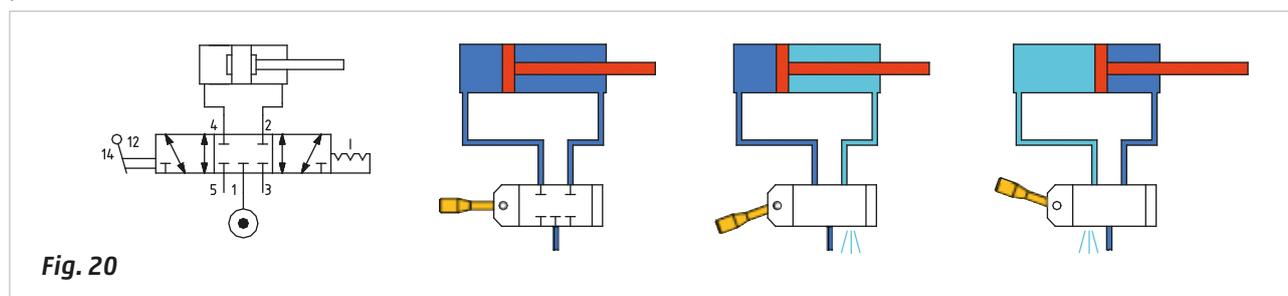
## Circuiti elementari

Nei circuiti precedenti abbiamo utilizzato valvole di potenza a **5 vie/2 posizioni** e valvole a **3 vie/2 posizioni** per i finecorsa. In questo paragrafo utilizziamo valvole a **5 vie/3 posizioni**. Ricordiamo la funzione che può assumere la terza posizione: **Centri Chiusi (CC)**, **Centri Aperti (CO)**, **Centri in Pressione (CP)**.

**Figura 20**

### Centri Chiusi (CC)

In questa condizione tutte le connessioni presenti sulla valvola sono chiuse. Bloccando l'A/C sia in ingresso sia in scarico dal cilindro, questa resta imprigionata al suo interno e sposta il gruppo pistone/stelo del cilindro fino a trovare una condizione di equilibrio delle pressioni all'interno delle due camere. A questo punto il movimento si arresta. Questa condizione non è da considerarsi né stabile né di sicurezza. Un'eventuale perdita dalle guarnizioni siano esse del pistone, dei raccordi di collegamento, della valvola o la rottura di una tubazione di collegamento, creerebbero una differenza di pressione nelle camere del cilindro e il conseguente movimento del gruppo stelo/pistone.

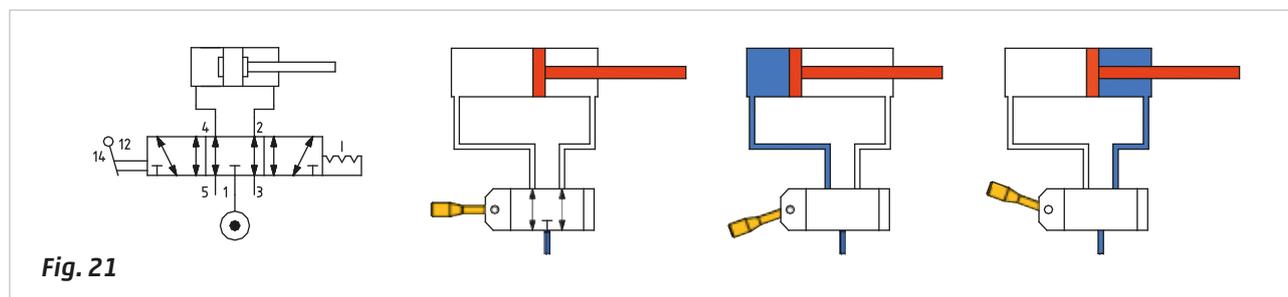


**Fig. 20**

**Figura 21**

### Centri Aperti (CO)

L'ingresso 1 dell'A/C è chiuso, i due utilizzi 2 e 4 collegati alle camere del cilindro sono aperti verso gli scarichi 3 e 5. Nelle camere del cilindro c'è pressione atmosferica il gruppo stelo /pistone è libero di muoversi. Con l'utilizzo di questa tipologia bisogna considerare che il movimento del pistone dopo una sosta nella posizione di CO della valvola, non è più controllabile in quanto nella camera in scarico non c'è A/C. Un eventuale regolatore di flusso non funzionerebbe regolarmente.

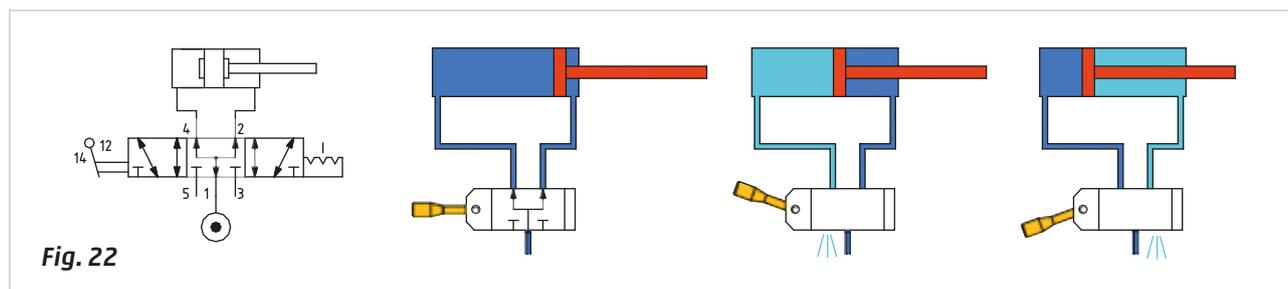


**Fig. 21**

**Figura 22**

### Centri in Pressione (CP)

Le due camere del cilindro sono pressurizzate, la diversa sezione di spinta sul pistone del cilindro dovuta alla presenza dello stelo, da una risultante che tende a farlo muovere verso la posizione di finecorsa positiva. In questo caso interviene anche il valore del carico applicato, se superiore alla risultante il gruppo stelo/pistone resterà fermo. Questa funzione può trovare applicazione ad es. nella movimentazione di una porta che in caso di emergenza può essere aperta manualmente con una forza ridotta.



**Fig. 22**

Le valvole a 3 posizioni di tipo elettrico e pneumatico, sono monostabili, la terza posizione è ottenuta in assenza di pilotaggio tramite molle di riposizionamento. Le valvole manuali possono essere mono o bistabili è l'operatore che le posiziona.

## Rappresentazione letterale e grafica del movimento dei cilindri

Il ciclo di un cilindro è la successione dei movimenti positivo (+) e negativo (-) del gruppo stelo/pistone e si rappresenta generando un diagramma di sequenza con indicazioni letterali e grafiche.

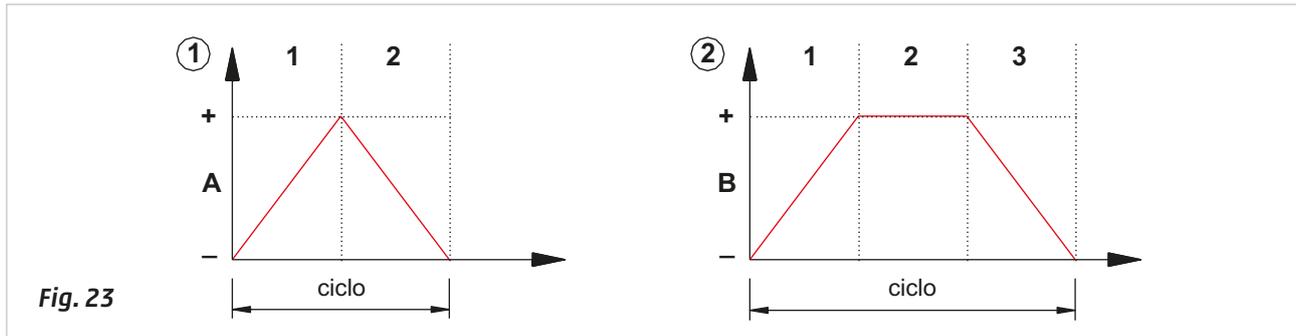
**Letterale:** si nominano i cilindri con delle lettere alle quali si aggiunge il segno corrispondente al tipo di movimento, ad es. **A + / A -** o **B - / B +**. La barra di separazione indica la Fase all'interno della quale si ha il movimento.

**Grafica:** si trascrivono tutte le varie lettere su delle righe, le Fasi della ciclica sono indicate da delle colonne. Nella cella che si forma in corrispondenza dell'incrocio fra riga e colonna si riporta il tipo azione che quel cilindro sta compiendo in quella Fase. L'indicazione della Fase è nella parte superiore.

### Figura 23

**Pos. 1:** il ciclo del cilindro **A (A + / A -)** dura per due Fasi. La posizione **A -** è quella di partenza.

**Pos. 2:** il ciclo del cilindro **B (B + / B -)** dura per tre Fasi. In questo caso la posizione di partenza è la **B -**.



In presenza di più cilindri in uno stesso circuito, si ha la seguente rappresentazione letterale:

A + B +	/	A - B -
1		2

Il ciclo si svolge in due Fasi:

- nella prima si hanno contemporaneamente i movimenti **A +** e **B +**,
- nella seconda contemporaneamente **A -** e **B -**.

A +	/	B +	/	A - B -
1		2		3

Il ciclo si svolge in tre Fasi:

- nella prima **A +**,
- nella seconda **B +**,
- nella terza **A -** e **B -** contemporaneamente.

**Rappresentazione grafica di più cilindri,** prendiamo come esempio il ciclo.

A +	/	B +	/	A - B -
1		2		3

### Figura 24

**Pos. 1:** preparazione del diagramma di flusso, si inseriscono tante righe quanti sono i cilindri.

**Pos. 2:** come prima indicazione si inseriscono nelle righe i nomi dei cilindri e si rappresentano nella posizione che hanno all'inizio della ciclica.

**Pos. 3:** Fase per Fase si rappresenta il movimento che i cilindri compiono. Si traccia una linea obliqua all'interno della cella relativa alla fase interessata, partendo dalla posizione iniziale a quella da raggiungere. Nel caso un cilindro non subisce variazioni si prolunga il tratto per tutte le fasi in cui non è interessato al movimento.

In questa Fase il cilindro **A** deve raggiungere la posizione di finecorsa positiva **A +**, il cilindro **B** non subisce movimenti pertanto si prolunga il tratto in modo orizzontale.

**Pos. 4:** nella seconda Fase è il cilindro **B** che deve raggiungere la posizione di finecorsa positiva **B +**, si procede in modo analogo al precedente tracciando una linea obliqua all'interno della cella che incrocia la riga del cilindro **B** con la Fase 2. Sempre in questa Fase ma nella cella relativa al cilindro **A** si prolunga il tratto in quanto il cilindro resta fermo.

**Pos. 5:** nella terza Fase entrambi i cilindri devono raggiungere la posizione di finecorsa negativa, **A - B -**.

**Pos. 6:** il ciclo è completato si riparte dalla Fase uno. La lunghezza del ciclo è indicata nella parte bassa del diagramma di flusso.

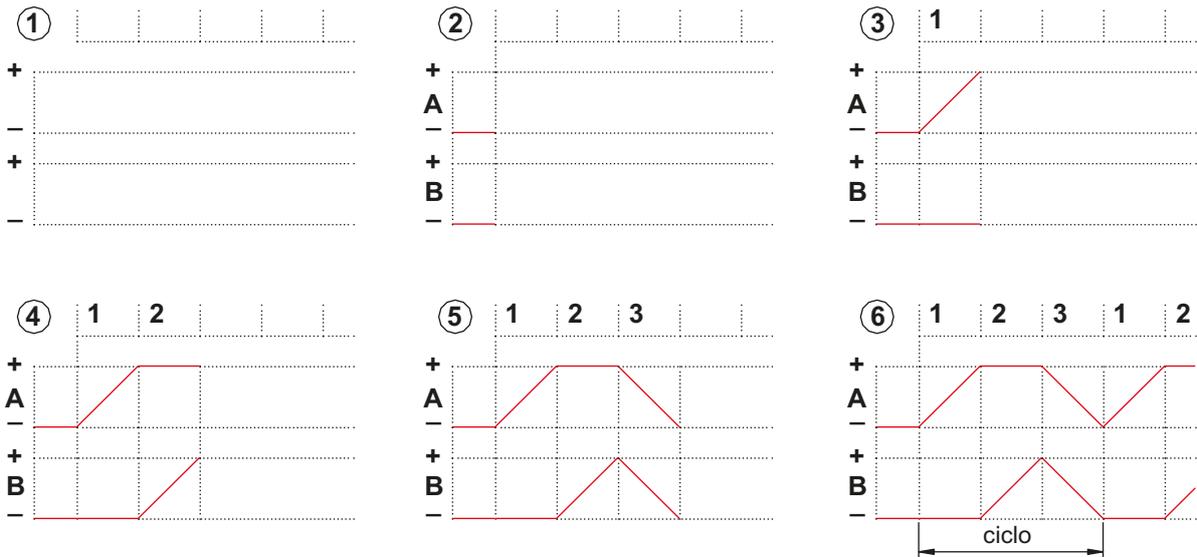


Fig. 24

Diagramma di flusso di alcuni esempi:

### Figura 25

**Pos. 1:** delle lamiere, posizionate manualmente, devono essere piegate e punzonate. Per farlo si realizza una attrezzatura con dei cilindri che svolgono delle operazioni in fasi successive:

**Fase 1** cilindro **A** scende e blocca il pezzo per tutta la durata delle operazioni **A +**

**Fase 2** cilindro **B** se il pezzo è bloccato può effettuare l'operazione di piegatura **B +**

**Fase 3** cilindro **B** libera la zona di lavoro per consentire il movimento **B -**

**Fase 4** cilindro **C** effettua la punzonatura **C +**

**Fase 5** cilindro **C** libera la zona di lavoro **C -**

**Fase 6** cilindro **A** sblocca il pezzo che può essere rimosso **A -**

In questo caso nessun movimento è in contemporanea con altri ma sono tutti successivi.

Rappresentazione della sequenza in forma letterale:

A+	/	B+	/	B-	/	C+	/	C-	/	A-
1		2		3		4		5		6

**Pos. 2:** rappresentazione grafica.

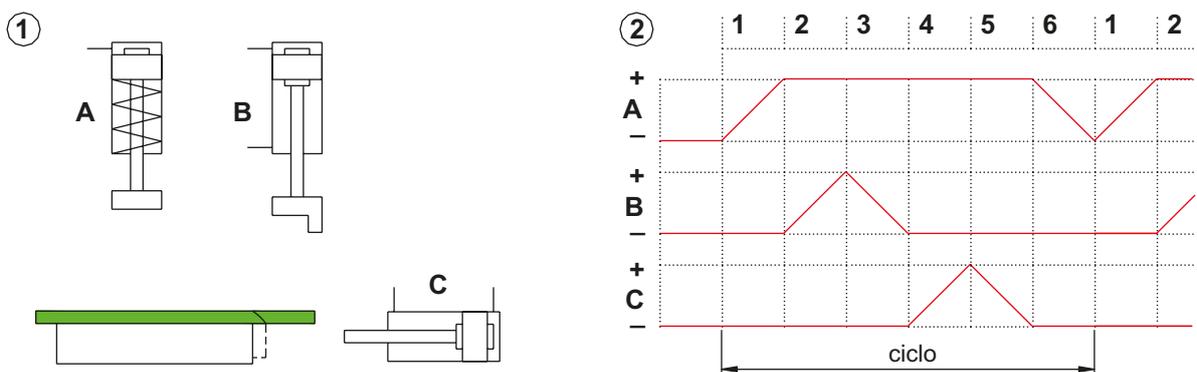


Fig. 25

**Figura 26**

**Pos. 1:** un pezzo posizionato manualmente deve essere punzonato e scaricato in un contenitore. Anche in questo caso si realizza un'attrezzatura con dei cilindri che svolgono delle operazioni in fasi successive:

**Fase 1** cilindro **A** sposta il pezzo sotto il punzone **A +**

**Fase 2** cilindro **A** libera la zona di lavoro **A -**  
cilindro **B** effettua la punzonatura **B +**

**Fase 3** cilindro **B** libera la zona di lavoro **B -**

**Fase 4** cilindro **C** rientra per scaricare il pezzo **C -**

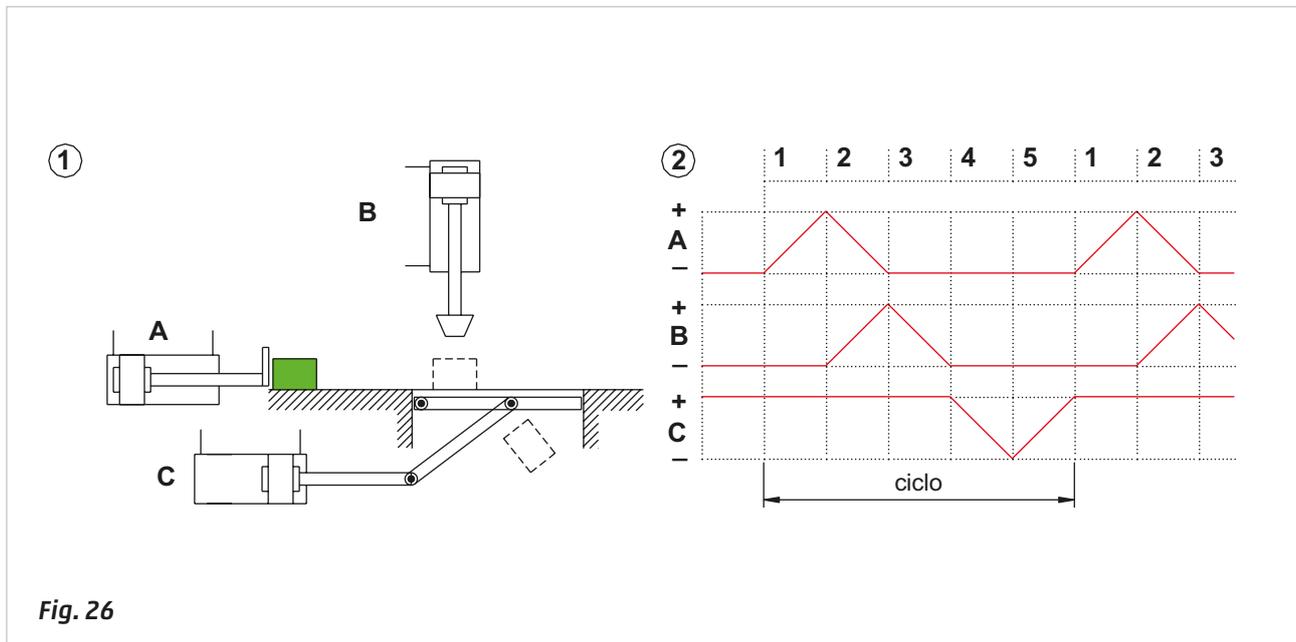
**Fase 5** cilindro **C** ritorna in posizione **C +**

In questo caso nella Fase 2 si ha il movimento del gruppo stelo/pistone dei cilindri **A** e **B**.

Rappresentazione della sequenza in forma letterale:

A+	/	A-B+	/	B-	/	C-	/	C+
1		2		3		4		5

**Pos. 2:** rappresentazione grafica.



## I segnali generati dalle valvole di finecorsa

Le valvole di finecorsa, sono normalmente ad azionamento meccanico e si utilizzano per rilevare il movimento del gruppo stelo/pistone nei cilindri o delle parti meccaniche ad essi collegate. Il segnale generato resta attivo per tutto il periodo di azionamento e conferma il raggiungimento di una determinata posizione.

Per identificare i finecorsa si utilizza la stessa lettera, ma con carattere minuscolo, del cilindro di cui devono rilevare il movimento. La posizione si identifica con uno 0 od un 1.

Cilindro **A** posizione di finecorsa negativa, stelo rientrato **a0**

Cilindro **A** posizione di finecorsa positiva, stelo fuori **a1**

Normalmente i segnali in uscita dai finecorsa si utilizzano per dare il consenso a dei movimenti successivi, sul diagramma di flusso è importante indicare la posizione di ogni finecorsa e la destinazione dei segnali da essi generati.

### Figura 27

**Inizio ciclo:** i cilindri hanno il gruppo stelo/pistone in posizione di finecorsa negativa, le rispettive valvole di potenza **P<sub>A</sub>** e **P<sub>B</sub>** sono posizionate in modo che l'A/C in uscita alimenti la camera negativa. Questa posizione è determinata dall'ultimo pilotaggio che hanno ricevuto.

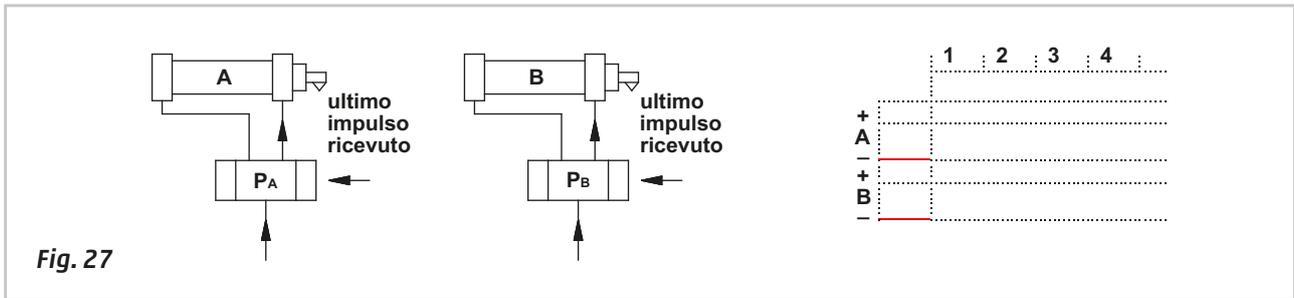


Fig. 27

Figura 28

**Fase 1:** tramite un pulsante si pilota il dispositivo di azionamento sulla sinistra della valvola  $P_A$ , questa commutando alimenta la camera posteriore del cilindro **A**. Il relativo gruppo stelo/pistone si muove e raggiunge la posizione di finecorsa positiva azionando il finecorsa **a1**.

**Nota:** osservare che sul diagramma di flusso, il segnale in uscita dal finecorsa **a1** abilita il movimento del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**.

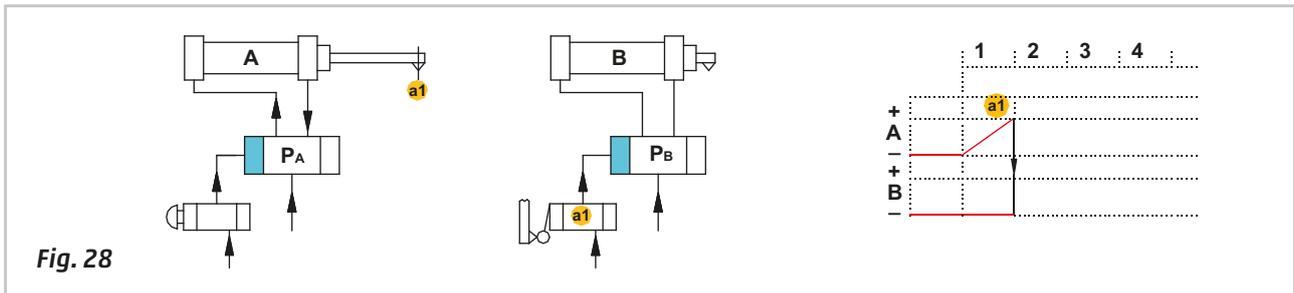


Fig. 28

Figura 29

**Fase 2:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** resta fermo, il segnale generato dal finecorsa **a1** pilota il dispositivo di azionamento sulla sinistra della valvola  $P_B$  che commutando alimenta la camera posteriore del cilindro **B**.

Il relativo gruppo stelo/pistone si muove e raggiunge la posizione di finecorsa positiva azionando il finecorsa **b1**.

**Nota:** osservare che sul diagramma di flusso, il segnale in uscita dal finecorsa **b1** abilita il movimento del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**. Durante la corsa del cilindro **B**, il finecorsa **a1** rimane azionato perché il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** è in sosta nella posizione di finecorsa positiva.

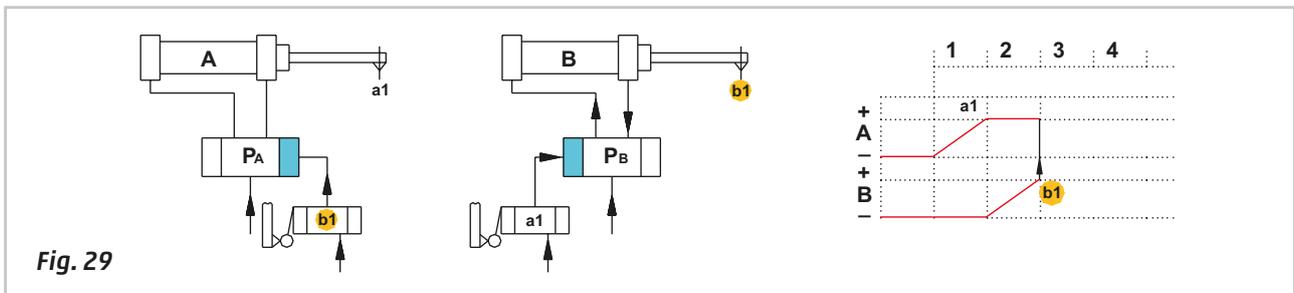


Fig. 29

Figura 30

**Fase 3:** il segnale generato dal finecorsa **b1** pilota il dispositivo di azionamento sulla destra della valvola  $P_A$  che commutando alimenta la camera anteriore del cilindro **A**. Il relativo gruppo stelo/pistone si muove, rilascia il finecorsa **a1** e raggiunge la posizione di finecorsa negativa azionando il finecorsa **a0**.

**Nota:** osservare che sul diagramma di flusso, il segnale in uscita dal finecorsa **a0** abilita il rientro del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**. Durante la corsa del cilindro **A**, il finecorsa **b1** rimane azionato perché il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** è in sosta nella posizione di finecorsa positiva.

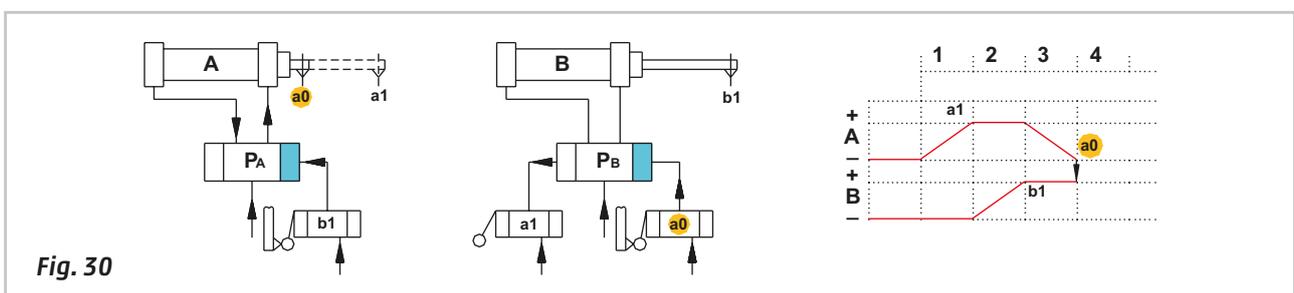


Fig. 30

La Fase 4 abilita due differenti tipologie di funzionamento: ciclo **singolo** o **continuo**.

### Figura 31

#### Fase 4: Ciclo Singolo

Dopo la commutazione della valvola **P<sub>B</sub>** generata dal segnale proveniente dal finecorsa **a0** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** torna nella posizione iniziale, dove non c'è nessun finecorsa, il ciclo si ferma.

Siamo tornati alla Fase 1 il segnale di Start alla valvola **P<sub>A</sub>** è fornito da una valvola manuale monostabile 3/2 NC alimentata direttamente dalla rete.

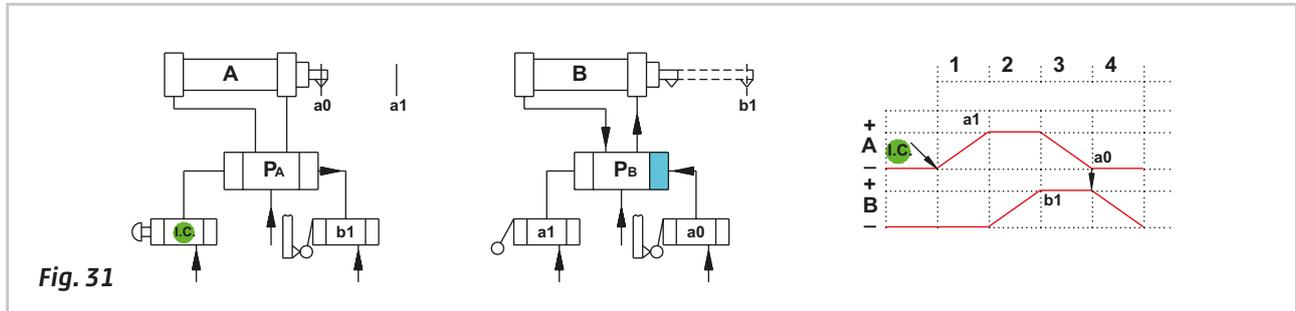


Fig. 31

### Figura 32

#### Fase 4: Ciclo Continuo

Dopo la commutazione della valvola **P<sub>B</sub>** generata dal segnale proveniente dal finecorsa **a0** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** torna nella posizione iniziale e aziona il finecorsa **b0** (prima assente).

**Nota:** osservare che sul diagramma di flusso, il segnale in uscita dal finecorsa **b0** abilita la ripartenza del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**.

Il finecorsa **b0** è alimentato dalla valvola bistabile 3/2 NC a comando manuale **I.C.**

Se **I.C.** è nella posizione aperta, con l'azionamento del finecorsa **b0** l'A/C raggiunge il pilotaggio della valvola di potenza **P<sub>A</sub>** per la ripresa del ciclo.

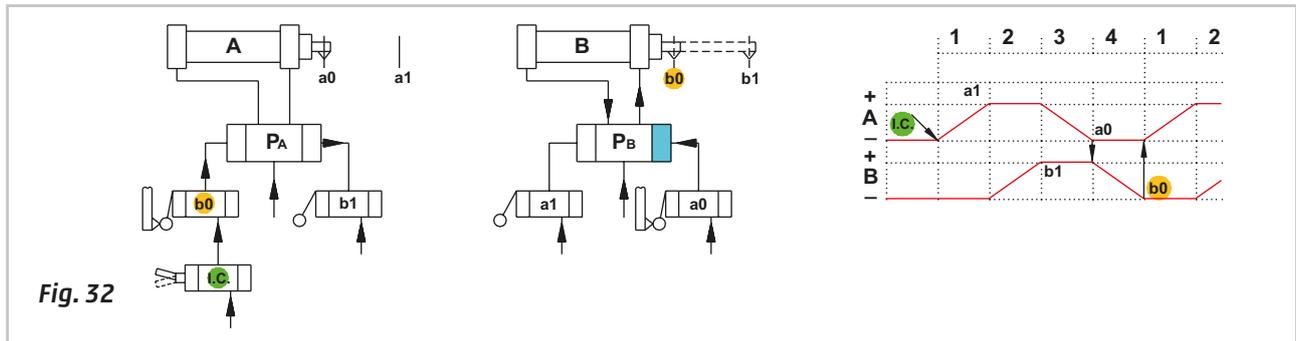


Fig. 32

Come rilevabile nelle Fasi 2; 3 e 4 la permanenza dell'azionamento sui finecorsa, quindi la presenza dei segnali in uscita **non hanno ostacolato il proseguimento del ciclo**.

E' importante annotare le relazioni tra **movimenti e segnali**, indispensabili per la risoluzione dei circuiti.

### Figura 33

Come esempio riportiamo le relazioni del Ciclo Continuo:

per ottenere la corsa **A +** servono i segnali in uscita da **I.C.** e **b0**

per ottenere la corsa **B +** serve il segnale in uscita da **a1**

per ottenere la corsa **A -** serve il segnale in uscita da **b1**

per ottenere la corsa **B -** serve il segnale in uscita da **a0**.

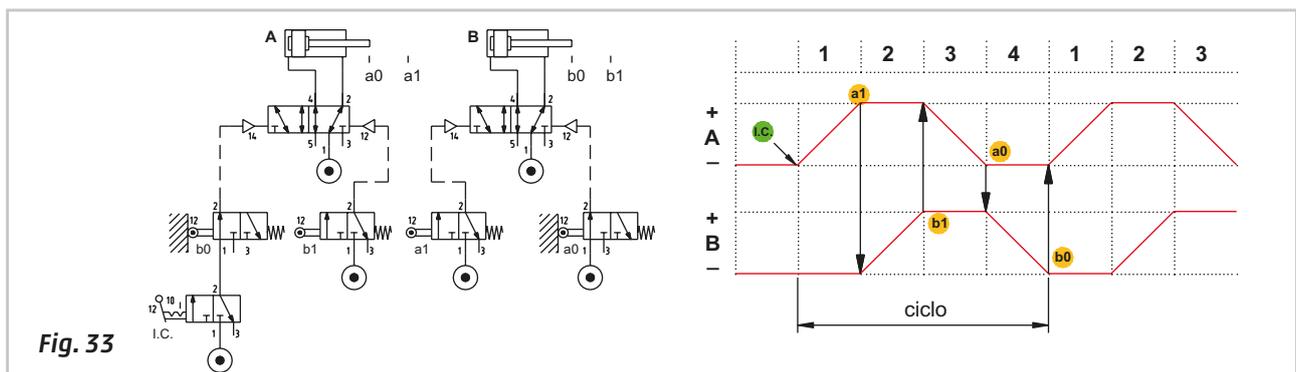


Fig. 33

Modifichiamo la sequenza precedente da:

A+	/	B+	/	A-	/	B-		in	A+	/	B+	/	B-	/	A-
1		2		3		4			1		2		3		4

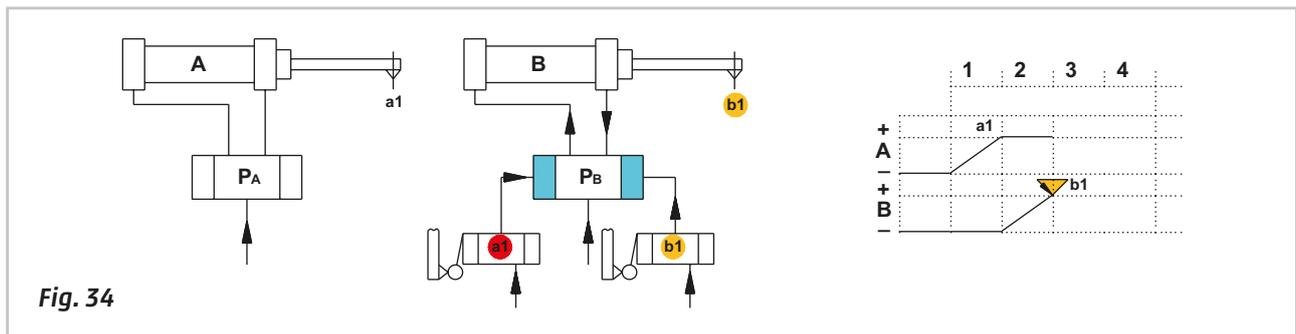
e funzionamento con ciclo continuo.

Il cambiamento dei movimenti delle due ultime Fasi richiede un nuovo studio del circuito a partire dalla Fase 2.

**Figura 34**

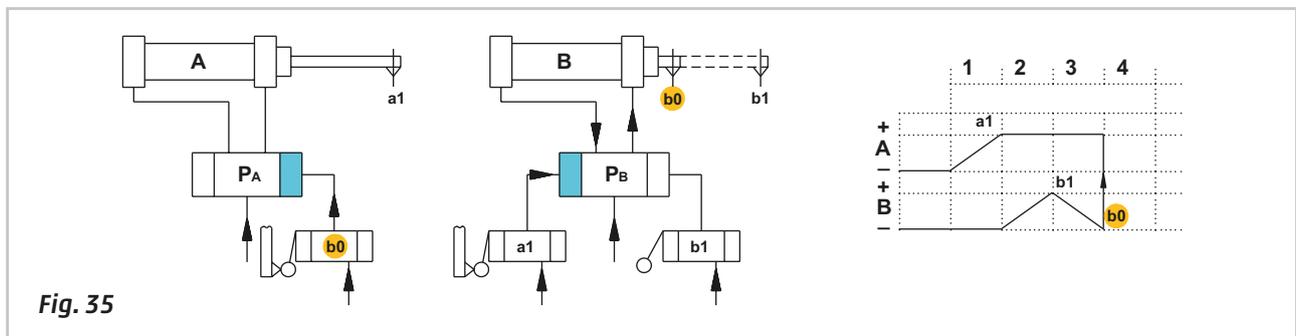
**Fase 2:** con la commutazione della valvola **P<sub>B</sub>** generata dal segnale proveniente dal finecorsa **a1**, il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** raggiunge la posizione di finecorsa positiva e aziona il finecorsa **b1**.

A seguito del pilotaggio il finecorsa **b1** genera un segnale che dovrebbe consentire il rientro immediato del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**. Il segnale **b1** non può commutare la valvola **P<sub>B</sub>** perché è ancora presente il pilotaggio proveniente dal finecorsa **a1** che è azionato in quanto il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** è ancora in questa posizione. Per consentire alla sequenza di proseguire è necessario rimuovere il segnale proveniente dal finecorsa **a1**.



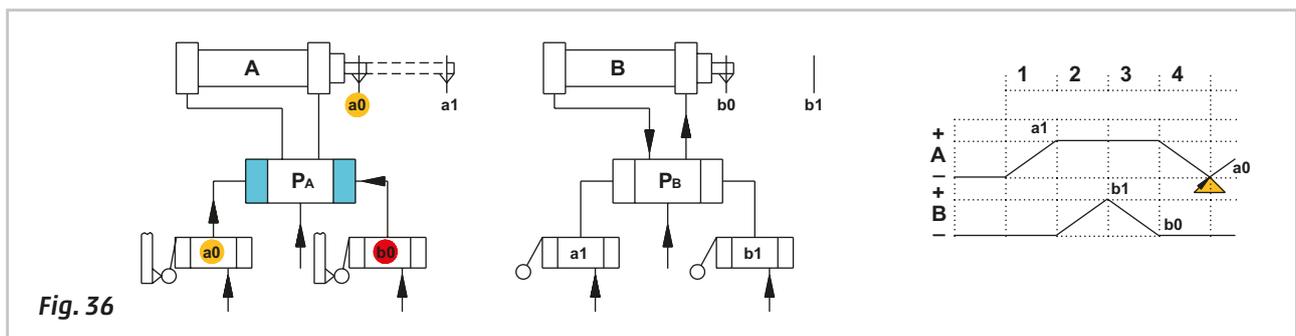
**Figura 35**

**Fase 3:** ipotizziamo di aver rimosso **a1** (il modo in cui si effettua tale intervento, sarà oggetto di un prossimo argomento) e procediamo con il ciclo. La valvola **P<sub>B</sub>** commuta, il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** che rientra e aziona il finecorsa **b0**.



**Figura 36**

**Fase 4:** Il segnale generato dal finecorsa **b0** determina il pilotaggio della valvola **P<sub>A</sub>** che commuta e fa rientrare il gruppo stelo/pistone del cilindro **A**. Con il ritorno nella posizione di partenza si aziona il finecorsa **a0**.



Il ciclo dovrebbe ripetersi ma non può proseguire perché sulla valvola **P<sub>A</sub>** è presente il pilotaggio **b0** che le impedisce la commutazione, analogamente a quanto riscontrato nella Fase 2 con il segnale generato dal finecorsa **a1**, questo tipo di segnali sono detti **bloccanti**. Il segnale generato dai finecorsa **b1** e **a0** è **istantaneo**.

**Figura 37**

Relazione esistente tra **movimenti** e **segnali**:

per ottenere la corsa **A +** servono i segnali in uscita da **I.C.** e **a0**

per ottenere la corsa **B +** serve il segnale in uscita da **a1**

per ottenere la corsa **B -** serve il segnale in uscita da **b1**

per ottenere la corsa **A -** serve il segnale in uscita da **b0**.

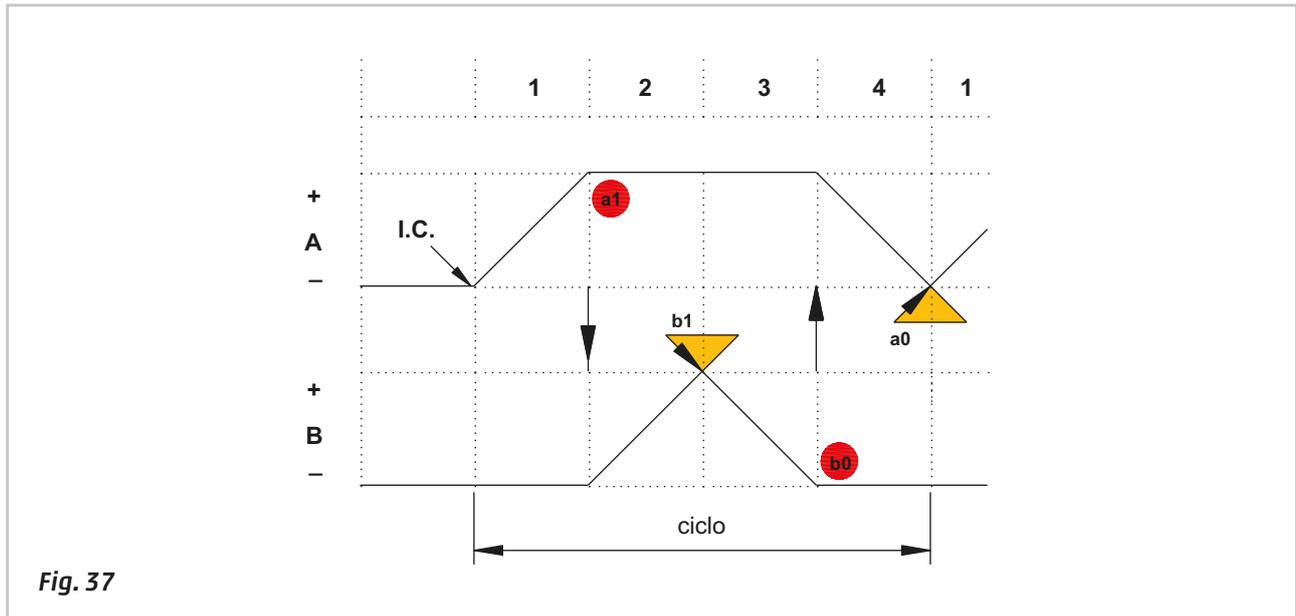


Fig. 37

## I principi della logica

In una qualsiasi automazione pneumatica oltre alla definizione di quella che sarà la sequenza bisogna implementare tutte le informazioni che ne consentano lo svolgimento.

Per spiegare meglio il concetto utilizziamo l'esempio di una automazione atta a singolarizzare delle barre per un successivo prelievo. Rappresentazione schematica dell'automazione.

**Figura 38**

**Pos. 1:** l'informazione "a" rileva se il singolarizzatore ha caricato la barra.

**Pos. 2:** l'informazione "b" verifica che nel magazzino ci siano barre.

**Pos. 3:** l'informazione "c" segnala che la zona di scarico è libera.

**Pos. 4:** la logica matematica presuppone due aspetti **VERO** o **FALSO** ed associa a ciascuna delle due condizioni un valore numerico:

VERO = 1

FALSO = 0

Riportiamo questa logica nel nostro esempio

Informazione "a" Il singolarizzatore ha caricato una barra? VERO a = 1

Informazione "b" Nel magazzino ci sono barre? VERO b = 1

Informazione "c" La zona di scarico è libera? VERO c = 1

Queste informazioni riunite ed elaborate devono dare un risultato che consenta di avere in uscita il comando **X**.

In questo caso, dovendo essere VERE tutte le informazioni la regola matematica finale e il relativo risultato sono:

$$X = a * b * c$$

$$X = 1$$

In questa condizione è possibile avere il comando **X** che abilita il movimento dell'automazione.

**Pos. 5:** Una barra discende lungo lo scivolo.

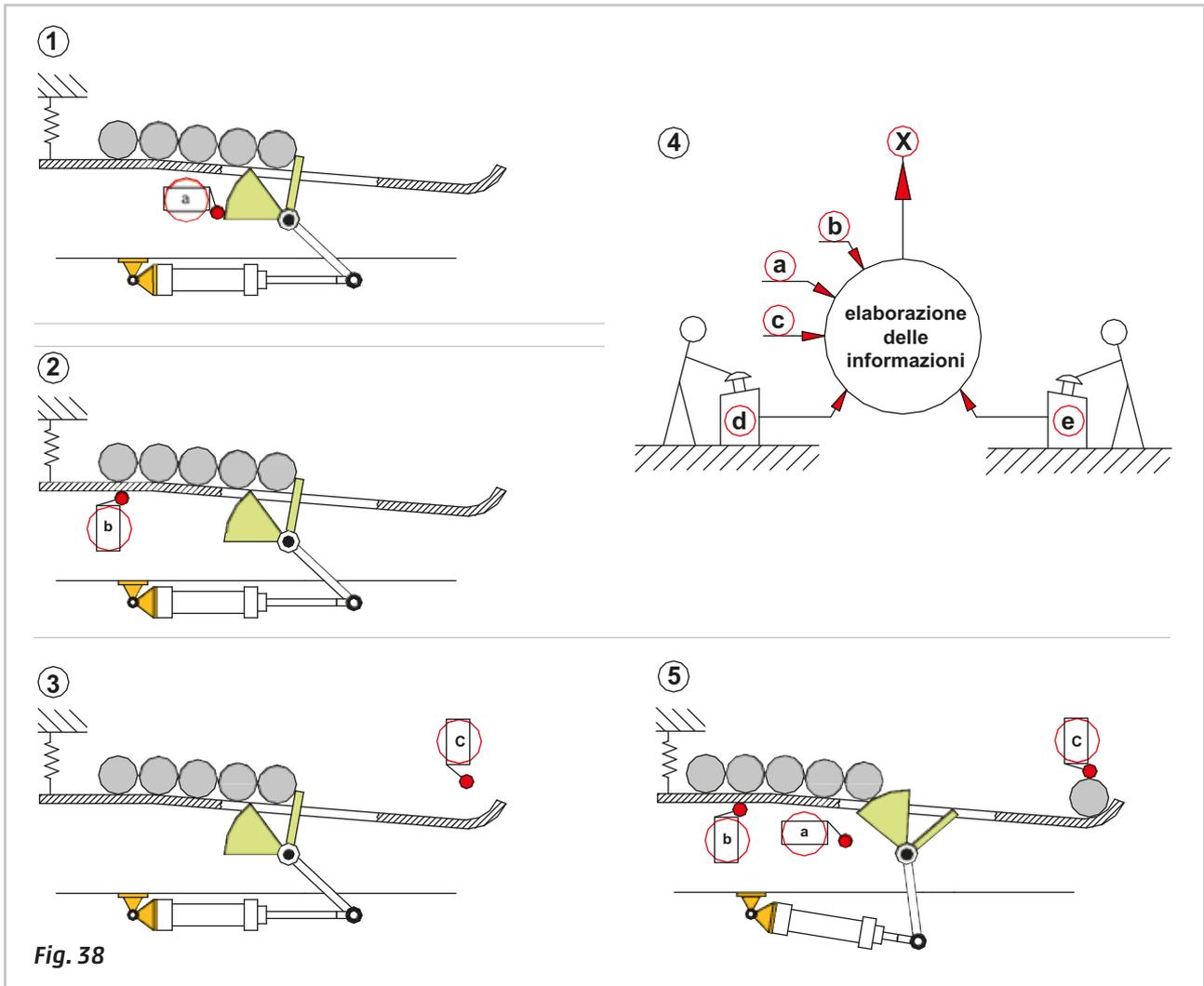


Fig. 38

**Esempio 1**

Marco legge (**X**) se ha un giornale (**a**) e gli occhiali (**b**).

La regola matematica è:

$$X = a * b$$

Marco ha un giornale	<b>a = 1</b>	ha gli occhiali	<b>b = 1</b>	Marco legge	<b>X = 1</b>
Marco ha un giornale	<b>a = 1</b>	non ha gli occhiali	<b>b = 0</b>	Marco non legge	<b>X = 0</b>
Marco non ha un giornale	<b>a = 0</b>	ha gli occhiali	<b>b = 1</b>	Marco non legge	<b>X = 0</b>
Marco non ha un giornale	<b>a = 0</b>	non ha gli occhiali	<b>b = 0</b>	Marco non legge	<b>X = 0</b>

**Esempio 2**

Luca legge (**X**) se ha un giornale (**a**) o un libro (**b**).

In questo caso, la condizione richiesta è che almeno una delle informazioni sia VERA, la regola matematica è:

$$X = a + b$$

Luca ha un giornale	<b>a = 1</b>	ha un libro	<b>b = 1</b>	Luca legge	<b>X = 1</b>
Luca ha un giornale	<b>a = 1</b>	non ha un libro	<b>b = 0</b>	Luca legge	<b>X = 1</b>
Luca non ha un giornale	<b>a = 0</b>	ha un libro	<b>b = 1</b>	Luca legge	<b>X = 1</b>
Luca non ha un giornale	<b>a = 0</b>	non ha un libro	<b>b = 0</b>	Luca non legge	<b>X = 0</b>

In pneumatica, una valvola può assumere due stati Aperta (**1**) o Chiusa (**0**) questo faciliterà la corrispondenza con la logica matematica, argomento che tratteremo in seguito.

## Le funzioni logiche di base

Le regole della logica che prevedono una condizione di stato **1** o **0** si adattano molto bene alle valvole ad azionamento pneumatico.

Le principali funzioni logiche realizzabili pneumaticamente sono: **YES**; **NOT**; **AND**; **OR**.

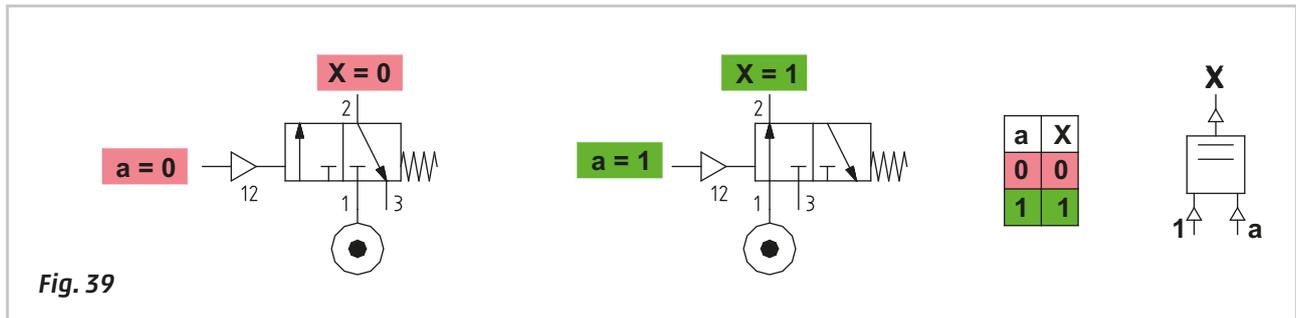
**Figura 39**

Funzione **YES = SI**

La valvola che realizza tale funzione è una **3/2 NC monostabile**, con l'informazione "a" indichiamo lo stato **0** o **1** del segnale di pilotaggio, con **X** indichiamo lo stato **0** o **1** del segnale in uscita dall'utilizzo 2;

Quando **a = 0** allora **X = 0**; quando **a = 1** allora **X = 1**

$$X = a$$



**Fig. 39**

**Figura 40**

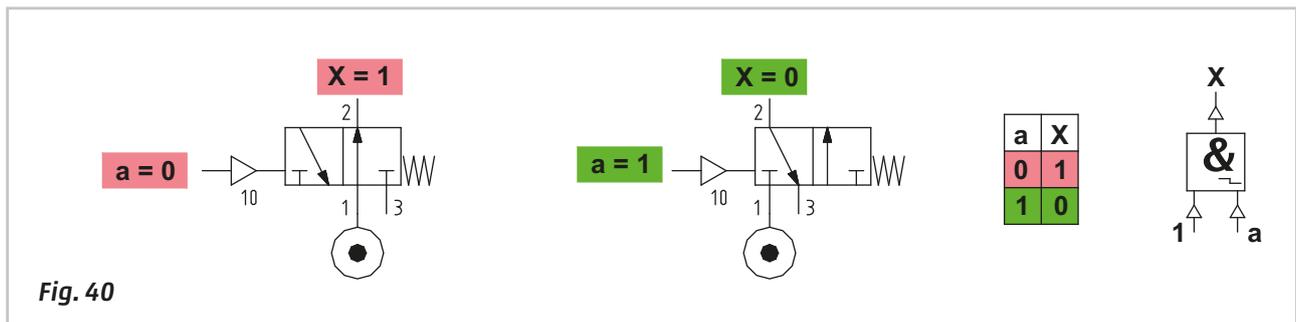
Funzione **NOT = NO**

La valvola che realizza tale funzione è una **3/2 NO monostabile**, con l'informazione "a" indichiamo lo stato **0** o **1** del segnale di pilotaggio, con **X** indichiamo lo stato **0** o **1** del segnale in uscita dall'utilizzo 2;

Quando **a = 0** allora **X = 1**; quando **a = 1** allora **X = 0**

**a = 0** quando l'informazione "a" non è presente, (FALSO) allora **X = 1** (è presente, è VERO)

$$\bar{a} = X$$



**Fig. 40**

**Figura 41**

Funzione **AND = E**

Questa valvola da un segnale in uscita solo se ai suoi due pilotaggi è presente il segnale.

Si ha il segnale in uscita **X** solo se **a = 1** e **b = 1**

La presenza di due segnali di pilotaggio, ciascuno dei quali può avere due stati, porta a quattro il totale delle possibili combinazioni, ma in una sola si trova lo stato **1** della variabile **X**.

Quando **a = 0** e **b = 0** allora **X = 0** non vi è presenza di segnali

Quando **a = 1** e **b = 0** allora **X = 0** il segnale in ingresso sposta il pistoncino verso destra impedendo il passaggio verso **X**

Quando **a = 0** e **b = 1** allora **X = 0** il segnale in ingresso sposta il pistoncino verso sinistra impedendo il passaggio verso **X**

Quando **a = 1** e **b = 1** allora **X = 1** se le pressioni sono uguali, passa il segnale che arriva per ultimo, se diverse passa il segnale minore.

Il prodotto dello stato delle due variabili "a"; "b" determina lo stato dell'uscita X.

$$X = a * b$$

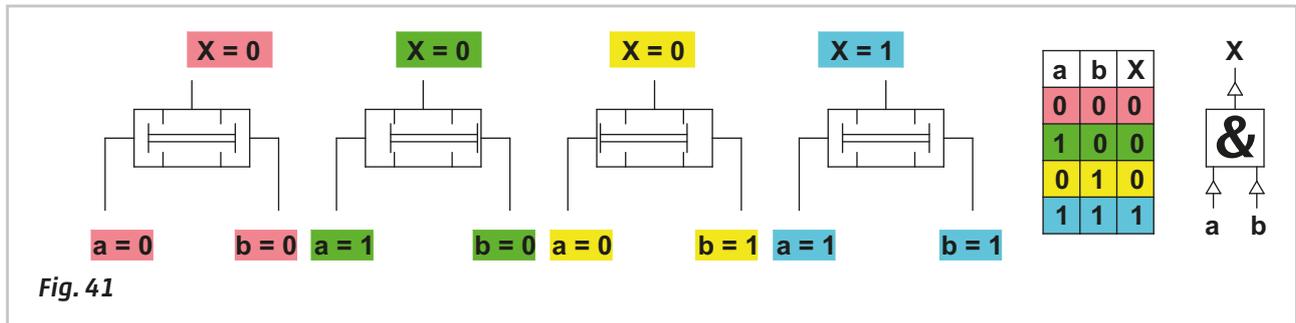


Fig. 41

Figura 42

Funzione **OR = 0**

Questa valvola dà un segnale in uscita se almeno uno dei suoi due pilotaggi è presente.

Si ha il segnale in uscita X solo se "a" o "b" sono **VERI** (sono presenti).

La presenza di due segnali di pilotaggio, ciascuno dei quali può avere due stati, porta a quattro il totale delle possibili combinazioni in tre delle quali si trova lo stato **1** della variabile X.

Quando **a = 0** e **b = 0** allora **X = 0** non vi è presenza di segnali

Quando **a = 1** e **b = 0** allora **X = 1** il segnale in ingresso da "a" spinge la sfera verso "b" chiudendo il passaggio verso X

Quando **a = 0** e **b = 1** allora **X = 1** il segnale in ingresso da "b" spinge la sfera verso "a" chiudendo il passaggio verso X

Quando **a = 1** e **b = 1** allora **X = 1** se le pressioni sono uguali, passa il segnale che arriva per primo, se diverse passa il segnale maggiore.

La somma delle due variabili "a" e "b" determina lo stato dell'uscita X.

$$X = a + b$$

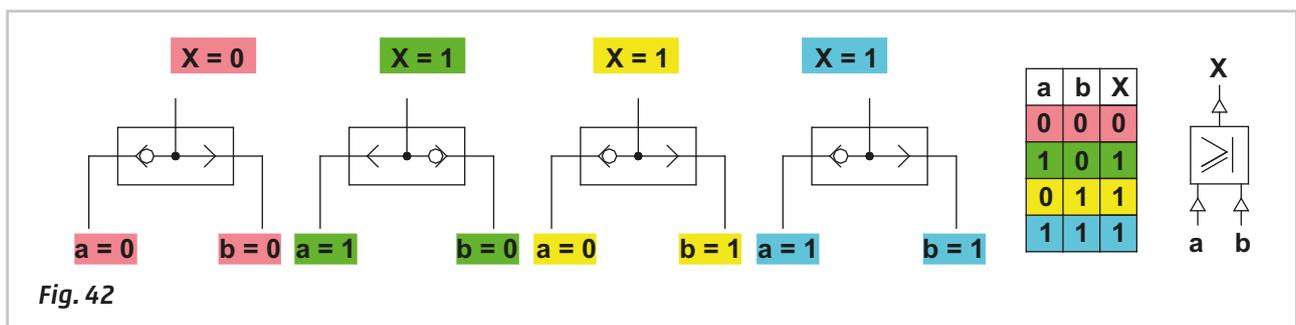


Fig. 42

## Esempio di applicazione delle funzioni logiche di base

Realizziamo l'impianto per il movimento di barre che abbiamo osservato in precedenza descrivendolo secondo i principi della logica.

Le condizioni iniziali richieste sono:

**SE** il singularizzatore ha caricato la barra informazione "a"

**E** sono presenti altre barre sul piano oscillante informazione "b"

**E NON** si trovano barre, sul fondo dello scivolo informazione "c"

**ALLORA** è possibile comandare il cilindro da una posizione informazione "d" o da un'altra posizione informazione "e"

La condizione può essere scritta anche nel seguente modo:

se "a" è in **AND** con "b", in **AND** con "c", in **AND** con ("d" o "e") allora si ha **X** come equazione logica:

$$X = a * b * c * (d + e)$$

Le informazioni "d", "e" nell'equazione sono racchiuse fra parentesi questo significa che con l'**AND** di "a" \* "b" \* "c", ne serve solo una delle due per l'avvio del ciclo. Una volta che il problema è stato tradotto in una forma logica, analizziamo il procedimento per l'esecuzione dello schema pneumatico:

**Figura 43**

**Tipologia di valvole di finecorsa:**

informazione "a" il singularizzatore ha caricato una barra.

Questo finecorsa è azionato dalla posizione del singularizzatore.

Si utilizza una valvola **3/2 NC** che **azionata** ha l'uscita con stato **1**

informazione "b" è presente almeno una barra sul piano oscillante.

Questo finecorsa è azionato dalla presenza della barra.

Si utilizza una valvola **3/2 NC** che **azionata** ha l'uscita con stato **1**

informazione "c" non ci sono barre sul fondo dello scivolo.

Questo finecorsa non deve essere azionato e deve confermare di non esserlo.

Si utilizza una valvola **3/2 NO** che **non azionata** ha l'uscita con stato **1**

informazioni "d", "e" si utilizzano valvole **3/2 NC** ad azionamento manuale che **non azionate** hanno le uscite con stato **0**

**Percorso delle informazioni dei finecorsa:**

La condizione iniziale richiesta per poter azionare il dispositivo è data dall'equazione:

$$a * b * c$$

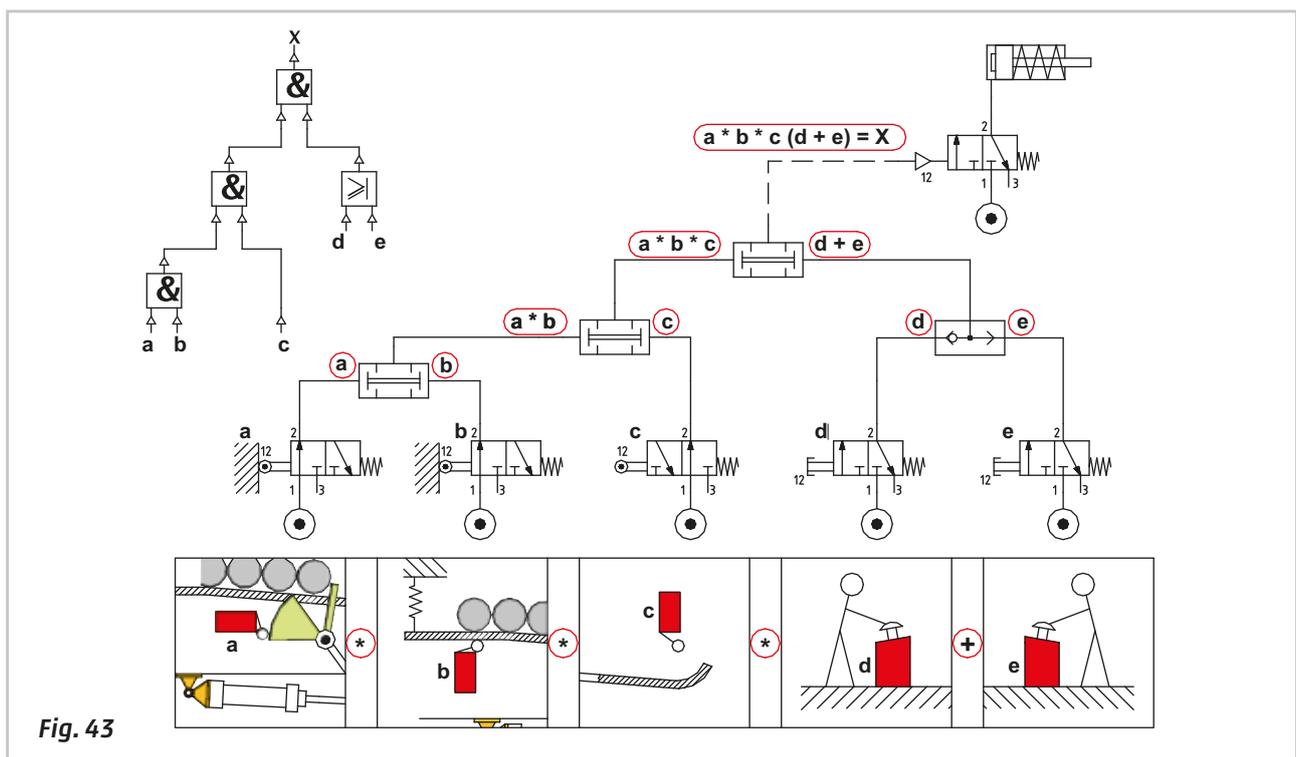
Una soluzione è quella di collegare le tre valvole in "serie", ossia alimentare solamente la prima, l'uscita di questa andrà ad alimentare la seconda la cui uscita andrà ad alimentare la terza. La stessa funzione è ottenibile con l'elemento **AND** il quale ha solamente due pilotaggi, mentre nel nostro caso le informazioni necessarie sono tre, per questo è necessario utilizzare due elementi **AND**.

**Il percorso delle informazioni da parte dell'operatore:**

Le informazioni "d"; "e", possono essere generate da due distinte valvole 3/2 NC posizionate l'una distante dall'altra, ma ugualmente interessate al consenso per l'inizio dei ciclo. La destinazione di queste informazioni è la medesima pertanto debbono essere riunite in un solo elemento logico che consenta il proseguimento di almeno uno dei due segnali in entrata. L'elemento logico adatto a questa funzione è l'**OR**.

**Riunione dei due gruppi di informazioni: con (d + e):**

Il segnale **X** in uscita dall'equazione logica ( $a * b * c$ ) deve essere in **AND** con il segnale **X** in uscita dall'equazione logica ( $d + e$ ), l'uscita **X** finale è quella che comanda la valvola di potenza che provoca il movimento del cilindro.



**Fig. 43**

## Impiego delle funzioni logiche YES e NOT

Figura 44

### Funzione YES

**Pos. 1:** è una valvola 3/2 NC monostabile ad azionamento pneumatico che necessita di una bassa pressione di pilotaggio. Può essere utilizzata per amplificare il segnale di pilotaggio.

**Pos. 2:** due valvole sono collegate allo YES in modo che svolgano una funzione AND. Con il loro azionamento che può essere indistintamente manuale, meccanico o altro, si generano i segnali "a" e "b" connessi all'alimentazione e al pilotaggio della funzione YES. Con la presenza di entrambi si ottiene l'uscita.

**Pos. 3:** con la valvola di potenza in questa posizione, la camera posteriore del cilindro è scarica e non si ha il pilotaggio della funzione YES, la sua uscita "a" non è in pressione. Anche la valvola manuale che si trova in posizione di riposo non ha uscita.

In questa condizione l'equazione logica è: se  $a = 0$  allora  $X = 0$

Con l'azionamento della valvola manuale si commuta la valvola di potenza che fa compiere la corsa positiva al cilindro e pilota la funzione YES. La sua uscita pur andando sul dispositivo di pilotaggio 12 della valvola non ne cambierà lo stato fin tanto che la valvola manuale resterà azionata.

Al rilascio della valvola manuale indipendentemente dalla posizione del cilindro questo invertirà la sua corsa.

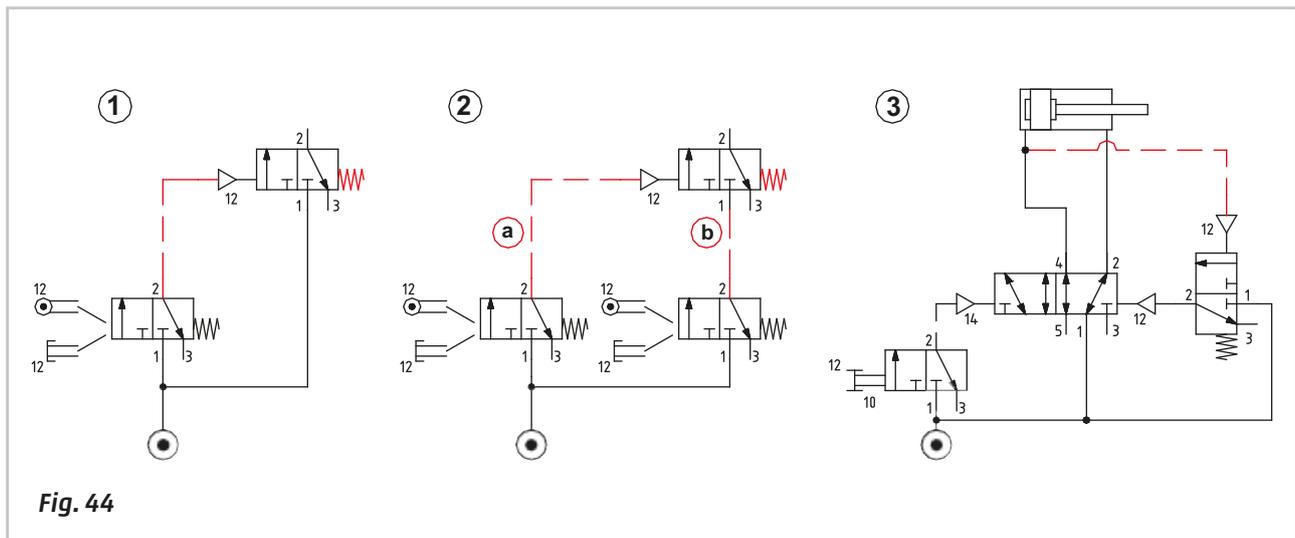


Fig. 44

Figura 45

### Funzione NOT

**Pos. 1:** è una valvola 3/2 NO monostabile ad azionamento pneumatico di ridotte dimensioni. La bassa pressione di pilotaggio necessaria all'azionamento può essere sfruttata al fine di controllare la presenza di pressione all'interno di un volume.

L'equazione logica è: se  $a = 0$  allora  $X = 1$

**Pos. 2:** Inversione del segnale proveniente da un elemento AND.

L'elemento AND genera un'uscita in presenza dei suoi due pilotaggi, è possibile realizzare una funzione NAND ossia AND Negato collegando l'uscita dell'AND al pilotaggio del NOT.

Fin tanto che è attiva l'uscita dalla funzione AND sul NOT la  $X = 0$ .

Inversione del segnale proveniente da un elemento OR.

L'elemento OR genera un'uscita in presenza di almeno uno dei suoi due pilotaggi, è possibile realizzare una funzione NOR ossia OR Negato, collegando l'uscita dell'OR al pilotaggio del NOT.

Fin tanto che è attiva l'uscita della funzione OR sul NOT la  $X = 0$ .

In entrambi i casi l'equazione logica è: se  $a = 1$  allora  $X = 0$

**Pos. 3:** Utilizzo del NOT come finecorsa.

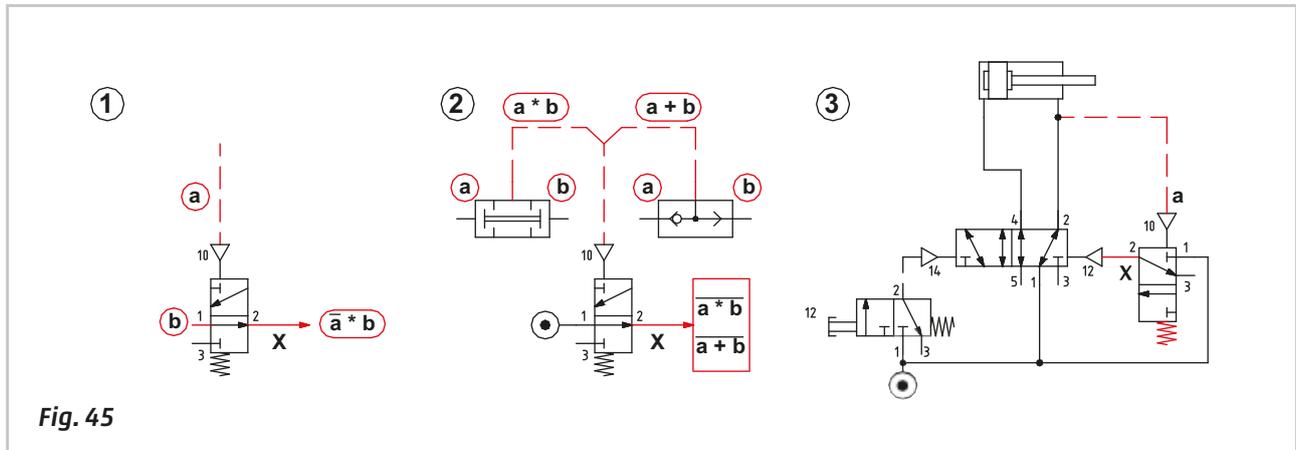
Con l'azionamento della valvola manuale si ha la commutazione della valvola di potenza e l'inversione dell'alimentazione alle camere del cilindro. Il pilotaggio della funzione NOT continua ad essere alimentato dalla pressione dell'aria in scarico dal cilindro e resta pilotato fino a quando la pressione in scarico non raggiunge un valore che corrisponde al valore minimo di pilotaggio (soglia). In genere questo valore è circa 0,2 bar.

Quando la pressione raggiunge questo valore si ha: se  $a = 0$  allora  $X = 1$

L'uscita X della funzione NOT collegata al pilotaggio 12 della valvola 5/2 ha un effetto di breve durata, infatti subito dopo la commutazione della valvola l'uscita 2 è nuovamente in pressione ristabilendo la condizione: se  $a = 1$  allora  $X = 0$

La valvola manuale è abilitata per una nuova operazione.

**Nota:** nell'utilizzo della funzione **NOT** come finecorsa è importante considerare che nel caso di un arresto meccanico del gruppo stelo/pistone intermedio rispetto la corsa, si ha l'uscita **X**. Anche eventuali regolazioni sulla velocità di traslazione sono da realizzare sugli scarichi della valvola 5/2. Con le valvole regolatrici posizionate sulle connessioni del cilindro, la pressione all'interno del tubo di collegamento fra valvola di potenza e valvola di regolazione si abbassa e potrebbe non essere sufficiente a tener pilotato il **NOT** che attiverebbe l'uscita **X**. In questo caso avremmo un falso consenso in quanto il cilindro sarebbe ancora in movimento e non in finecorsa.



## OR ed AND realizzate con valvole di distribuzione

### Funzione logica AND

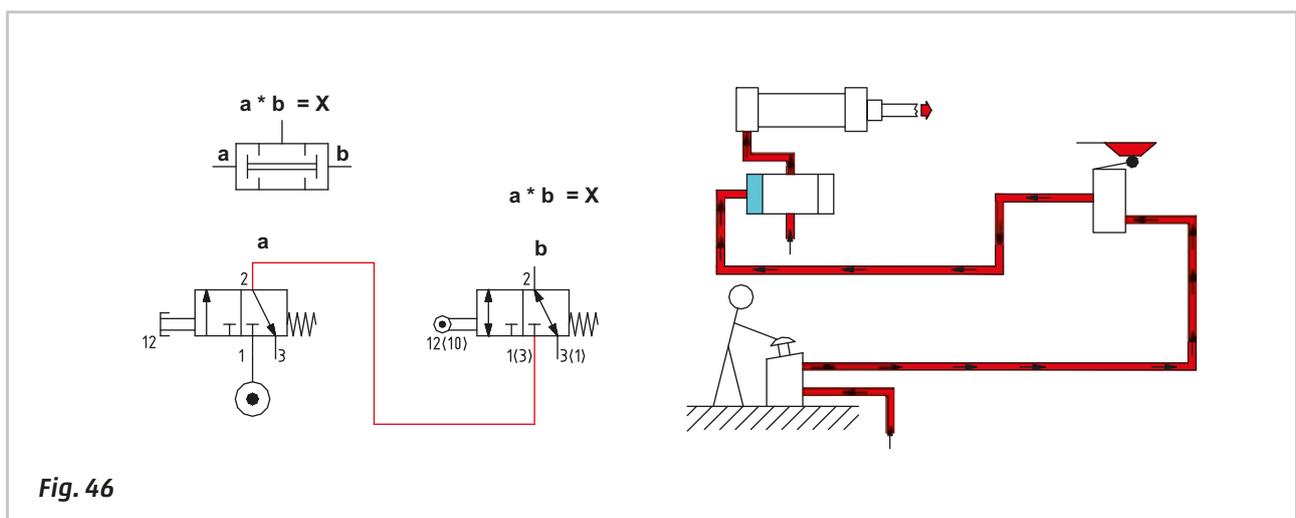
La funzione **AND** presuppone la presenza delle due informazioni "a" e "b" ai suoi due ingressi per generare il segnale in uscita **X**. Anche due valvole 3/2, collegate in modo opportuno possono realizzare la stessa funzione logica.

#### Figura 46

Due valvole, una collegata alla rete di A/C l'altra alimentata dall'utilizzo della prima. Le due valvole sono collegate in serie, entrambe sono **NC** e solo in presenza dell'azionamento rendono le rispettive informazioni "a" e "b" con il conseguente risultato **X**.

Equazione logica con funzione AND:  $a * b = X$

Equazione logica con valvole di distribuzione:  $a * b = X$



### Funzione logica OR

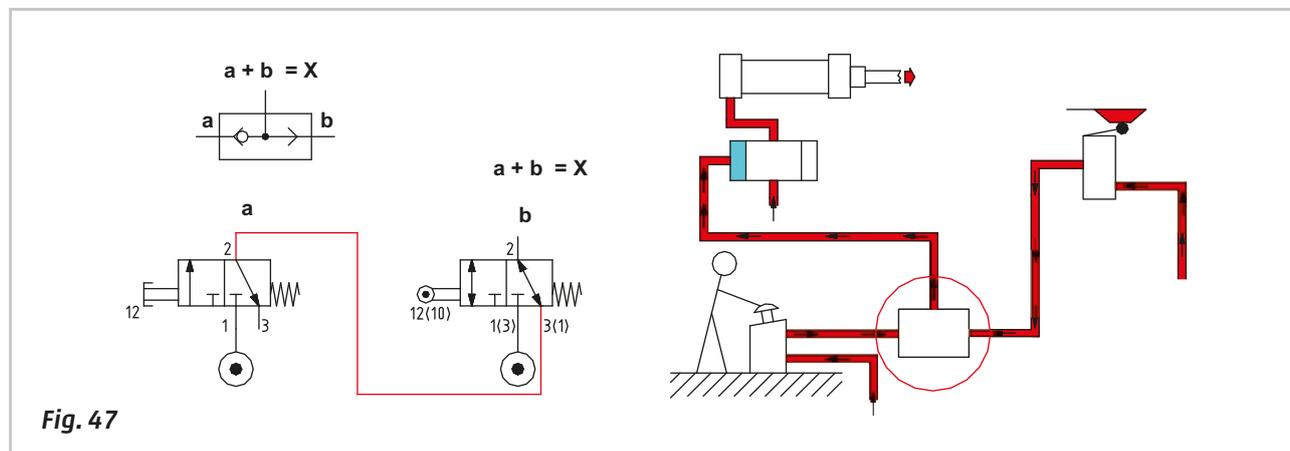
La funzione **OR** presuppone la presenza di almeno una delle due informazioni "a" o "b" ai suoi due ingressi per generare il segnale in uscita **X**. Anche due valvole 3/2, collegate in modo opportuno possono realizzare la stessa funzione logica.

**Figura 47**

La valvola che genera l'informazione "a" è collegata alla rete di A/C attraverso la connessione 1; la valvola che genera l'informazione "b" è collegata alla rete di A/C attraverso la connessione 1 e all'uscita della valvola precedente tramite l'attacco 3, questa valvola deve essere a spola. In questo modo il segnale X, può essere generato con la presenza di una sola informazione su una qualunque delle due valvole.

Equazione logica con funzione OR:  $a + b = X$

Equazione logica con valvole di distribuzione:  $a + b = X$

**Fig. 47**

## Valvola di memoria

Il segnale in uscita generato da una qualsiasi valvola monostabile ha una durata uguale a quella del segnale di pilotaggio. Questi ed altri segnali, possono essere elaborati attraverso le funzioni logiche **AND** ed **OR**. Anche i segnali in uscita da queste funzioni, hanno la stessa durata dei segnali in entrata.

In alcune tipologie di circuito, la brevità anche di un solo segnale, può impedire il corretto funzionamento del ciclo, da ciò la necessità di una successiva valvola che "memorizzi" l'informazione anche al suo cessare.

La valvola di memoria è una normale valvola di distribuzione **3/2** o **5/2** bistabile ad azionamento pneumatico.

**Figura 48**

### Funzionamento di una memoria 3/2

Pos. 1:  $b = 1$   $X = 0$

Pos. 2:  $b = 0$   $X = 0$  la valvola resta nella posizione precedente

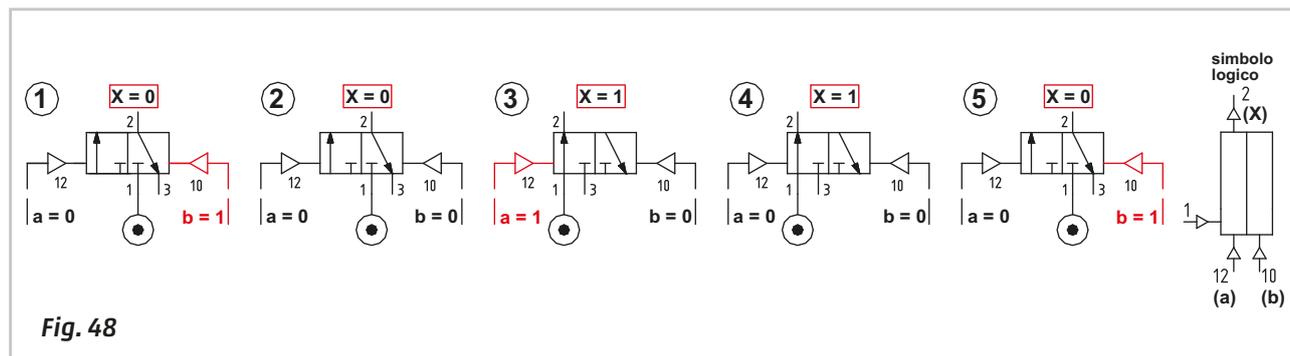
Pos. 3:  $a = 1$   $X = 1$  la valvola commuta e mette in comunicazione 1 con 2

Pos. 4:  $a = 0$   $X = 1$  la valvola resta nella posizione precedente

Pos. 5:  $b = 1$   $X = 0$  la valvola è stata riposizionata e mantiene la posizione anche in assenza della informazione.

La valvola di memoria riceve l'informazione  $a = 1$  come conseguenza si ha  $X = 1$ .

Questa uscita sarà mantenuta con o senza la presenza dell'informazione "a" fin tanto che non sarà fornita l'informazione "b" (l'informazione "a" deve essere rimossa).

**Fig. 48**

**Figura 49****Prolungamento dell'informazione "a"**

Dalla valvola manuale o meccanica l'informazione "a" giunge al pilotaggio 12 della memoria che attiva l'uscita.  $a = 1$   $X = 1$

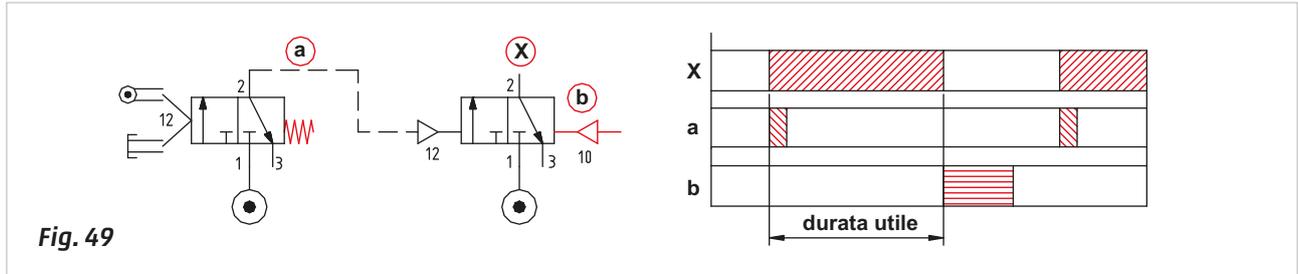
Al cessare dell'informazione "a" l'uscita resta attiva.  $a = 0$   $X = 1$

Per chiudere l'uscita è necessaria l'informazione "b".  $b = 1$   $X = 0$

La durata utile è quella che intercorre fra l'arrivo dell'informazione "a" e l'informazione "b".

Anche se l'informazione "a" fosse un impulso di breve durata avremmo lo stesso effetto.

Talvolta può essere utile rappresentare su un diagramma lo stato delle informazioni e delle uscite in funzione del tempo. L'entità del tempo non è indicata.

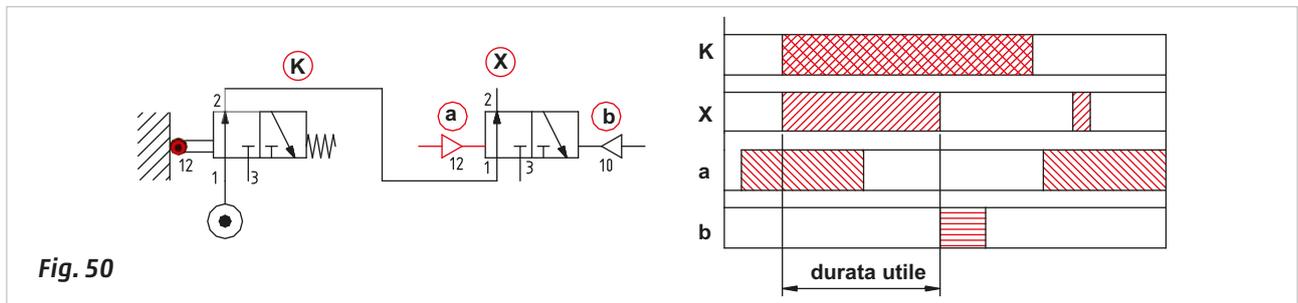
**Fig. 49****Figura 50****Utilizzo della memoria con segnali bloccanti.**

Le memorie in un circuito possono essere utilizzate per gestire i segnali di breve durata ma anche quelli continui definiti bloccanti. Per ricondurre questi segnali bloccanti entro certi limiti di durata stabiliti dalla necessità del circuito, si utilizza anche in questo caso una valvola 3/2 bistabile con funzione di memoria.

La condizione di partenza è che in presenza del segnale **K** si abbia  $X = 1$ , pertanto la memoria avrà ricevuto l'informazione "a".

Il segnale **K**, attraversando la memoria diventa **X**, la sua durata dipende dall'arrivo della informazione "b".

Le informazioni "a" e "b" potrebbero essere degli impulsi di breve durata anche diversi fra loro.

**Fig. 50**

La valvola di memoria 5/2 si differenzia dalla 3/2 perché ha due uscite separate ciascuna delle quali può assumere alternativamente lo stato 0 o 1.

Le informazioni "a" e "b" commutano la memoria rispettivamente sulle uscite "X" e "K".

**Figura 51**

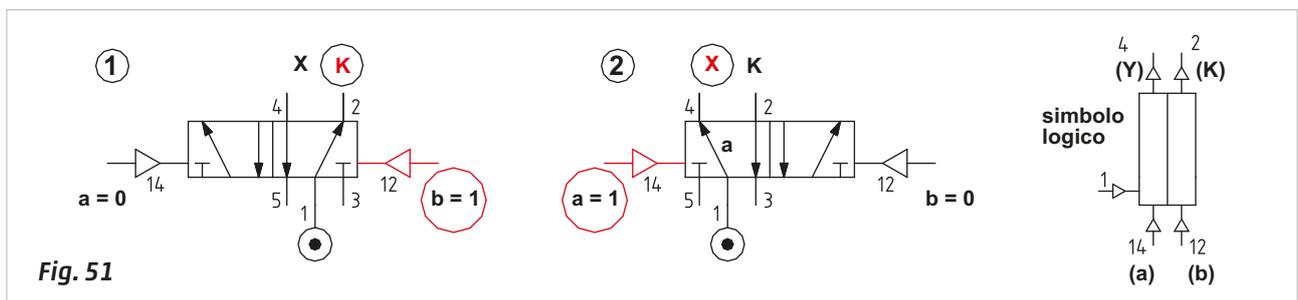
**Pos. 1:** se  $a = 0$  e  $b = 1$  allora  $K = 1$  e  $X = 0$

Al cessare dell'informazione "b" la memoria conserva la posizione assunta se  $a = 0$  e  $b = 0$  allora  $K = 1$  e  $X = 0$

**Pos. 2:** se  $a = 1$  e  $b = 0$  allora  $K = 0$  e  $X = 1$

Al cessare dell'informazione "a" la memoria conserva la posizione assunta se  $a = 0$  e  $b = 0$  allora  $K = 0$  e  $X = 1$

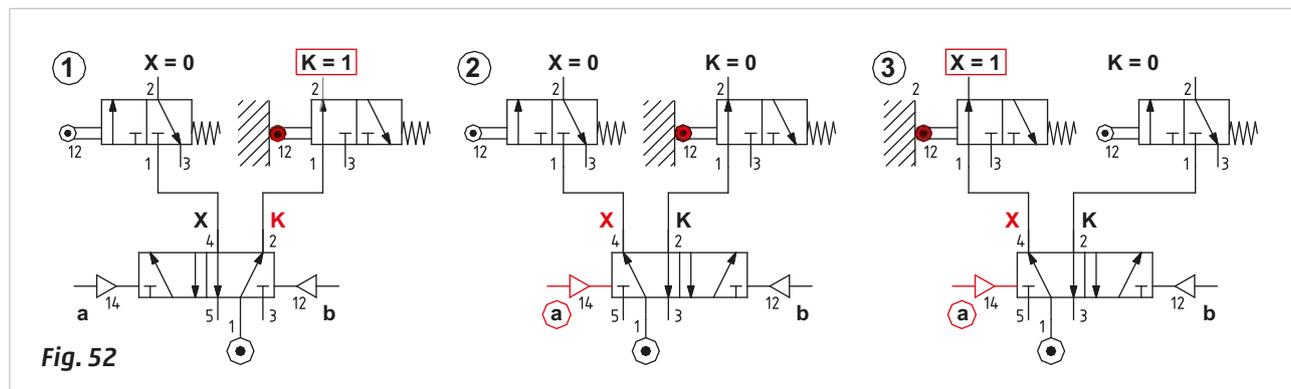
La presenza continua di una delle due informazioni "a" o "b" non consente di modificare la posizione della memoria.

**Fig. 51**

**Figura 52**  
**Utilizzo della valvola di memoria con alimentazione di rete.**

Due finecorsa 3/2 NC monostabili sono alimentati alternativamente dalle uscite **X** e **K** della memoria. Le uscite dei finecorsa si avranno solo in presenza del comando sul loro dispositivo di azionamento.

	Memoria		Finecorsa di sinistra		Finecorsa di destra	
	Segnale	Uscita	Azionamento	Uscita	Azionamento	Uscita
<b>Pos. 1</b>	a = 0	X = 0	Assente	0	Presente	1
	b = 0	K = 1				
<b>Pos. 2</b>	a = 1	X = 1	Assente	0	Presente	0
	b = 0	K = 0				
<b>Pos. 3</b>	a = 0	X = 1	Presente	1	Assente	0
	b = 0	K = 0				



**Figura 53**  
**Utilizzo della valvola di memoria con alimentazione A/C proveniente da un'altra valvola.**

Le uscite **X** e **K** dipendono dalla presenza di A/C e dalle informazioni "a" e "b". Per facilitarne la lettura, il diagramma è stato diviso in parti uguali.

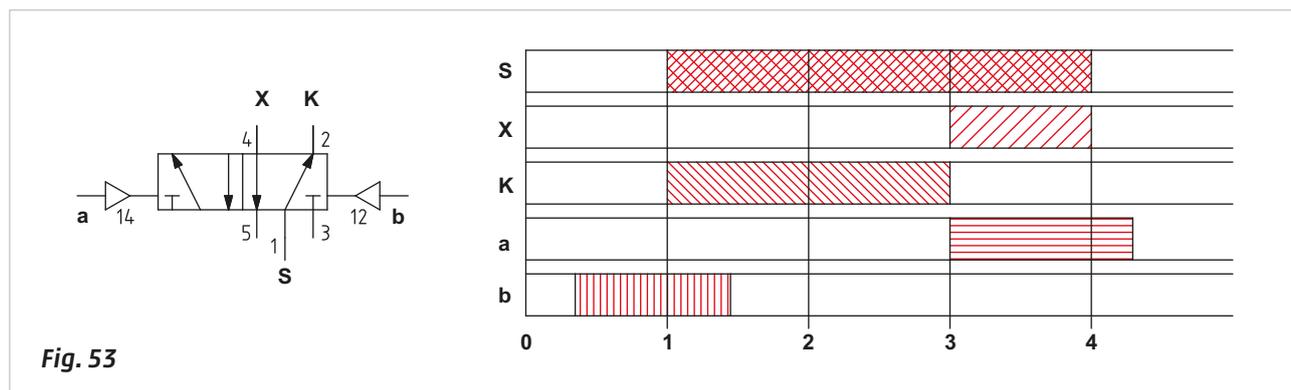
**Tempo 0-1:** arriva l'informazione "b", la memoria si posiziona in modo che in presenza di A/C sia attiva l'uscita **K**.  
 $S = 0$        $K = 0$        $X = 0$

**Tempo 1-2:** cessa l'informazione "b", è presente A/C, la memoria non cambia di stato e l'uscita **K** si attiva.  
 $S = 1$        $K = 1$        $X = 0$

**Tempo 2-3:** anche in assenza delle informazioni "a" o "b" la memoria non cambia di stato e resta nella posizione definita dall'ultimo segnale ricevuto (**b**).

**Tempo 3-4:** arriva l'informazione "a", la memoria si posiziona in modo che l'alimentazione A/C sia in comunicazione con l'uscita **X**.  
 $S = 1$        $K = 0$        $X = 1$

**Tempo 4-5:** l'alimentazione S non è presente e non si hanno uscite. La presenza dell'informazione "a" non modifica la situazione.  
 $S = 0$        $K = 0$        $X = 0$



## Il temporizzatore

La funzione del temporizzatore è quella di regolare la durata di un segnale.

### Figura 54

**Pos. 1:** quando il cilindro aziona il finecorsa, l'uscita "a" è immediata come la commutazione della valvola di potenza per l'azionamento successivo. Se, per un'esigenza particolare, si ha bisogno che il cilindro resti nella posizione di finecorsa per un tempo diverso, si inserisce un temporizzatore che consente l'uscita "x" dopo un tempo regolabile.

**Pos. 2:** il principio di funzionamento di un temporizzatore è basato sull'uso combinato di alcuni elementi pneumatici. **Un regolatore di flusso unidirezionale:** che regola la quantità di aria all'interno di un circuito composto da una capacità e dal pilotaggio di una valvola 3/2.

Il regolatore può essere collegato nei due modi, per regolare "in ingresso" o in "scarico" questo per ritardare o mantenere commutata la valvola 3/2 anche al cessare del segnale "a".

Più il regolatore è chiuso, meno aria facciamo passare e più tempo impiega la capacità a riempirsi o a scaricarsi e la valvola a commutarsi.

**Una capacità:** più grande è il suo volume, maggiore sarà il tempo "t" necessario a riempirlo o a svuotarlo attraverso la strozzatura creata dal regolatore, in modo che la pressione all'interno raggiunga il valore necessario per fare scambiare la valvola.

**Una valvola 3/2:** NC o NO in relazione al tipo di funzione richiesta al temporizzatore.

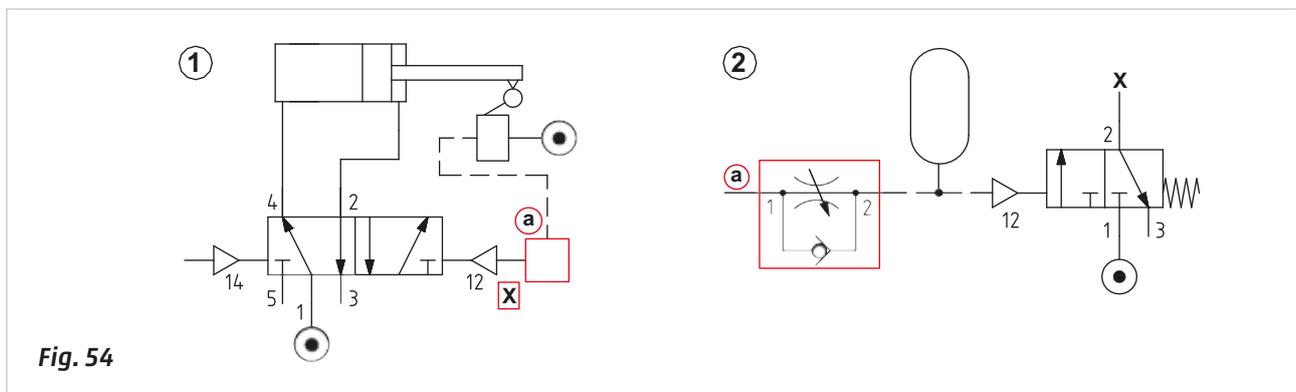


Fig. 54

### Figura 55

**Pos. 1:** immissione ritardata del segnale "a".

La capacità si riempie lentamente in quanto il regolatore sta strozzando il flusso.

La valvola indipendentemente che sia **3/2 NC** o **3/2 NO** commuta con ritardo "t" rispetto all'arrivo del segnale "a".

**Pos. 2:** mantenimento del segnale "a" anche in sua assenza.

La capacità si svuota lentamente in quanto il regolatore sta strozzando il flusso, si ha un mantenimento del segnale anche in sua assenza. La valvola indipendentemente che sia **3/2 NC** o **3/2 NO** commuta con un ritardo "t" rispetto al cessare del segnale "a".

**Pos. 3:** combinazione dei casi precedenti.

Si hanno due ritardi, uno in fase di immissione e uno in fase di scarico del flusso della capacità.

La capacità si riempie lentamente in quanto il regolatore in ingresso sta strozzando il flusso. "t<sub>1</sub>".

La capacità si svuota lentamente in quanto il regolatore in scarico sta strozzando il flusso, si ha un mantenimento del segnale anche in sua assenza. "t<sub>2</sub>".

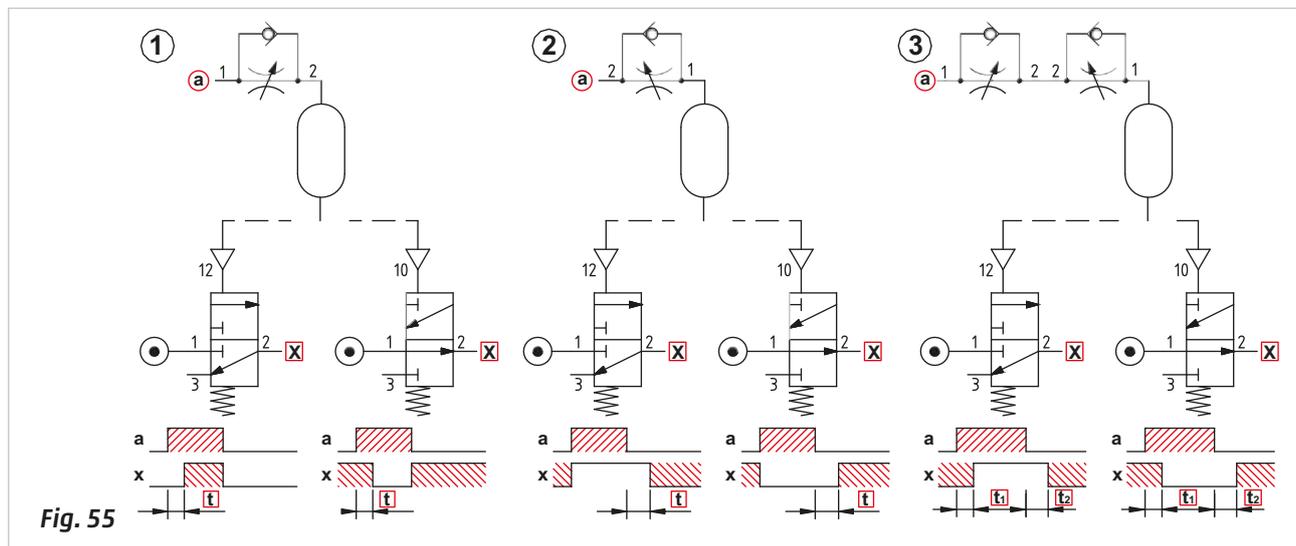


Fig. 55

## Comando di inizio ciclo

In un impianto la sequenza può svolgersi sia con ciclo **singolo** o semiautomatico sia con ciclo **continuo** o **automatico**. In entrambi i casi è necessario il comando di Start che è dato da una valvola di Inizio Ciclo **I.C.**.

In un ciclo **singolo** il comando deve essere dato per ogni ripartenza della sequenza. In questo caso la valvola che genera il segnale di Start è di tipo monostabile.

In un ciclo **continuo** il comando è dato solo all'avvio. In questo caso la valvola che genera il segnale di Start può essere di tipo bistabile.

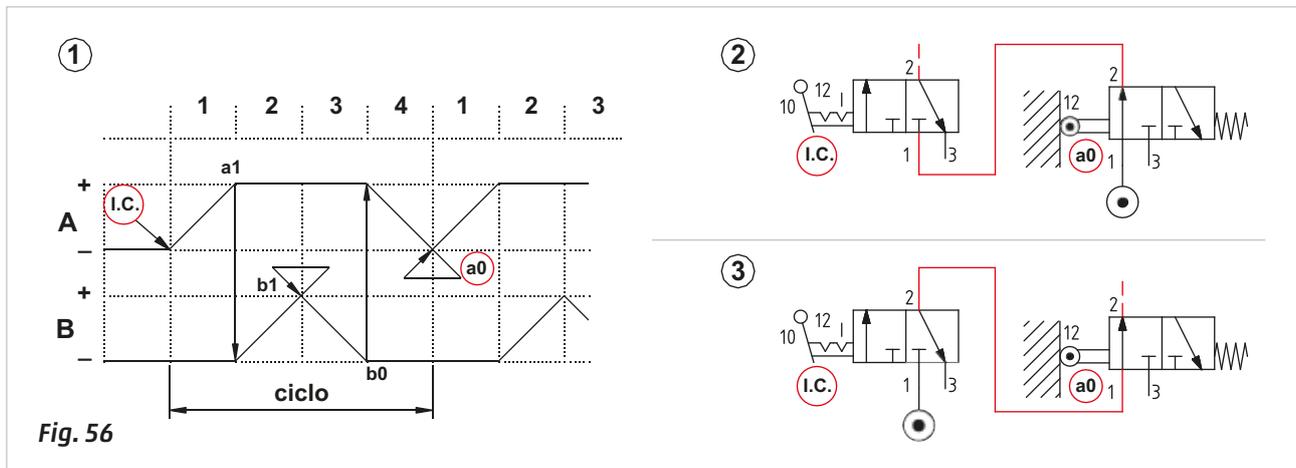
Nel ciclo continuo la valvola **I.C.** nella posizione azionata, deve essere collegata in serie con l'ultimo segnale che conferma la corretta posizione degli attuatori al termine della sequenza. Con valvola disazionata, non si ha la funzione di ciclo continuo e il segnale di Start non può far ripartire la sequenza.

### Figura 56

**Pos. 1:** osservando il diagramma di flusso si rileva che l'ultima Fase è la 4 e in questa il finecorsa ad essere azionato per ultimo è **a0**.

**Pos. 2:** l'uscita del finecorsa **a0**, che conferma la corretta posizione degli attuatori al termine della sequenza, alimenta la valvola di **I.C.** che a sua volta ne consente il passaggio solo se aperta ossia nella posizione **C.C.** (Ciclo Continuo). Nella posizione rappresentata la valvola è chiusa e si trova nella condizione di **F.C.** (Fine Ciclo). Se la valvola di **I.C.** fosse di tipo monostabile, il ciclo sarebbe singolo e dovrebbe essere azionata ad ogni fine sequenza.

**Pos. 3:** situazione invertita rispetto la precedente, la valvola di **I.C.** è alimentata dall'A/C e solo quando, sia questa sia il finecorsa **a0**, sono azionate si ha l'uscita del comando di Start.

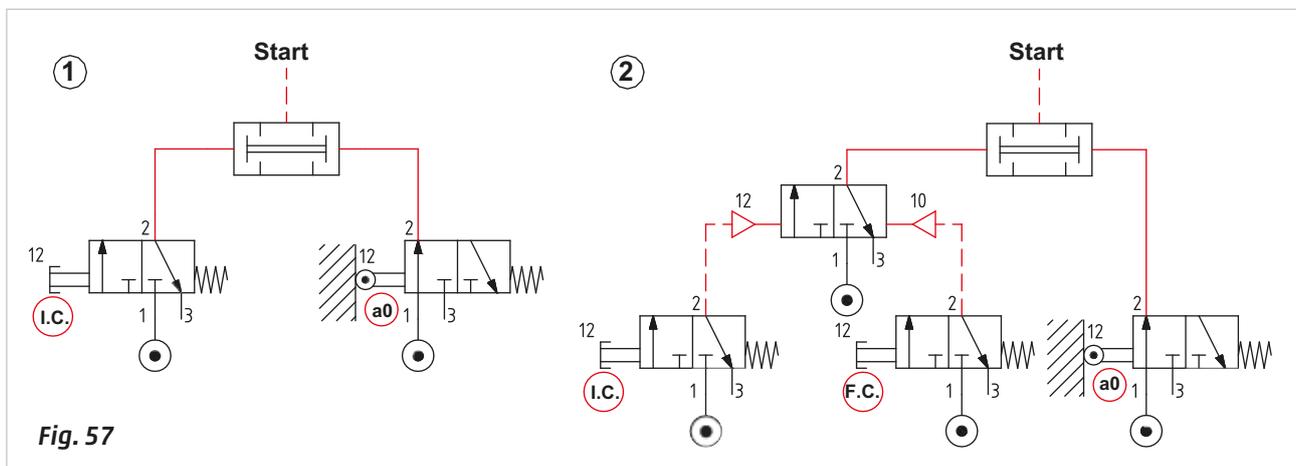


### Figura 57

**Pos. 1:** con l'inserimento di un elemento AND le due valvole possono essere alimentate direttamente dalla rete. La valvola **a0** è azionata e sull'elemento AND è sempre presente un segnale, l'uscita Start è attiva solo con l'azionamento della valvola di **I.C.**. Il ciclo è singolo.

**Pos. 2:** stesso collegamento dell'esempio di Pos. 1, con l'introduzione di due valvole monostabili 3/2 NC che consentono la separazione dei comandi di **I.C.** e di **F.C.**.

In questa condizione è necessario l'inserimento di una valvola 3/2 bistabile a doppio azionamento pneumatico per la memorizzazione dei segnali provenienti dalle due valvole di comando.



La funzione di Start può essere ottenuta in modi diversi, sia con valvole manuali bistabili sia manuali monostabili. La preferenza per una o per l'altra soluzione è demandata al progettista che utilizzerà la migliore soluzione in base al contesto applicativo.

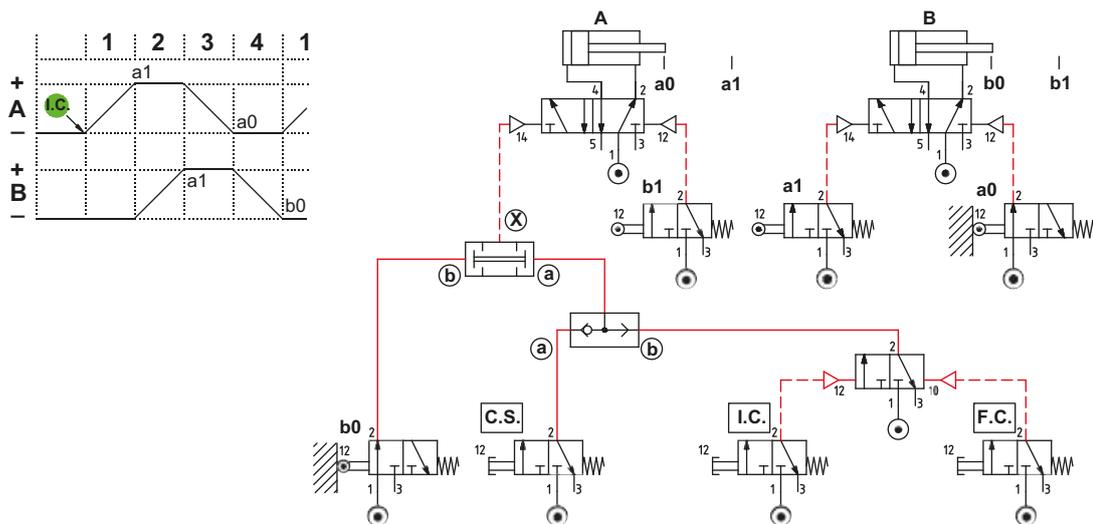
## Ciclo singolo/continuo

Come analizzato, un ciclo può essere singolo o continuo, questa funzionalità è realizzabile con molteplici soluzioni circuitali.

**Figura 58**

**Ciclo Singolo:** L'A/C alimenta il pulsante **C.S.**, con il suo azionamento si ottiene l'informazione "a" della funzione **OR** e successivamente della funzione **AND**, in presenza della informazione "b" generata dal finecorsa **b0**, si ottiene l'uscita **X** che diventa il segnale di Start. Il ciclo per ripartire necessita di una nuova azione sul pulsante **C.S.**

**Ciclo Automatico:** azionando il pulsante **I.C.** si ottiene un segnale in uscita che pilota la valvola di memoria, questa commuta e si ottiene l'informazione "b" della funzione **OR** e successivamente l'informazione "a" della funzione **AND**. In presenza dell'informazione "b" generata dal finecorsa **b0**, si ha l'uscita **X** che diventa il segnale di Start. Il ciclo continua a ripetersi fin tanto che non si interviene sul comando **F.C.** che riposiziona la memoria in posizione di chiusura.



**Fig. 58**

**Figura 59**

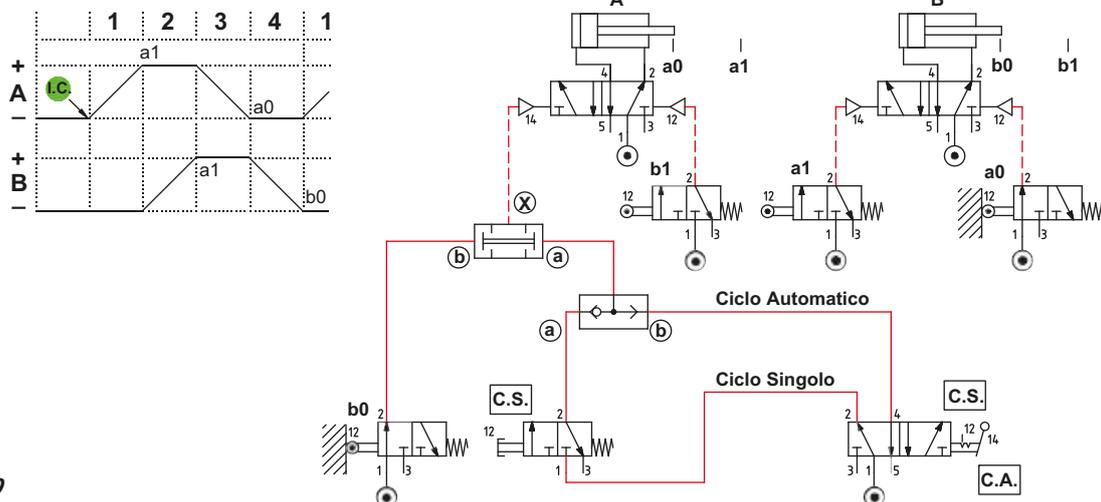
La ciclica è la stessa, cambia la parte iniziale riferita al segnale di Start. I comandi **I.C.** e **F.C.** sono stati sostituiti da una valvola manuale 5/2 con due posizioni stabili: **C.S.** Ciclo Singolo e **C.A.** Ciclo Automatico.

**Valvola 5/2 posizionata nella posizione di Ciclo Singolo C.S.**

Il pulsante definito **C.S.** è alimentato ma si trova nella posizione di chiusura, con l'azionamento si ottiene l'informazione "a" della funzione **OR** e in seguito l'informazione "a" della funzione **AND**, l'uscita **X**, che si ha solo in presenza dell'informazione "b" generata da **b0**, diventa il segnale di Start. Per la ripartenza della ciclica è necessario azionare nuovamente il comando **C.S.**

**Valvola 5/2 posizionata nella posizione di Ciclo Automatico C.A.**

L'A/C è presente sull'alimentazione della valvola 5/2 e attraversandola genera l'informazione "b" della funzione **OR** e in seguito l'informazione "a" della funzione **AND**, l'uscita **X** che si ha solo in presenza dell'informazione "b" generata dal finecorsa **b0**, diventa il segnale di Start. Riposizionando il selettore su Ciclo Singolo la sequenza si arresta terminata l'ultima fase.



**Fig. 59**

## Comando di emergenza

Con la definizione Emergenza si è soliti intendere una qualsiasi situazione, imprevista e pericolosa, che richiede provvedimenti immediati per garantire la sicurezza di chi deve intervenire.

A volte questa fase si differenzia fra:

**Stop in Ciclo** ad esempio interrompendo il movimento dei gruppi stelo/pistone nella posizione in cui si trovano o consentirne il raggiungimento delle posizioni di finecorsa impedendo il proseguimento della ciclica.

**Stop Generale** anche per questo tipo di Stop non c'è una regola definita, è il progettista dell'impianto che definisce la migliore condizione, ad esempio riposizionare i gruppi stelo/pistone dei vari cilindri nelle posizioni iniziali, o consentirne il raggiungimento delle posizioni di finecorsa, alimentare pneumaticamente alcune zone dell'impianto o scaricarlo anche in questo caso parzialmente o completamente o altro.

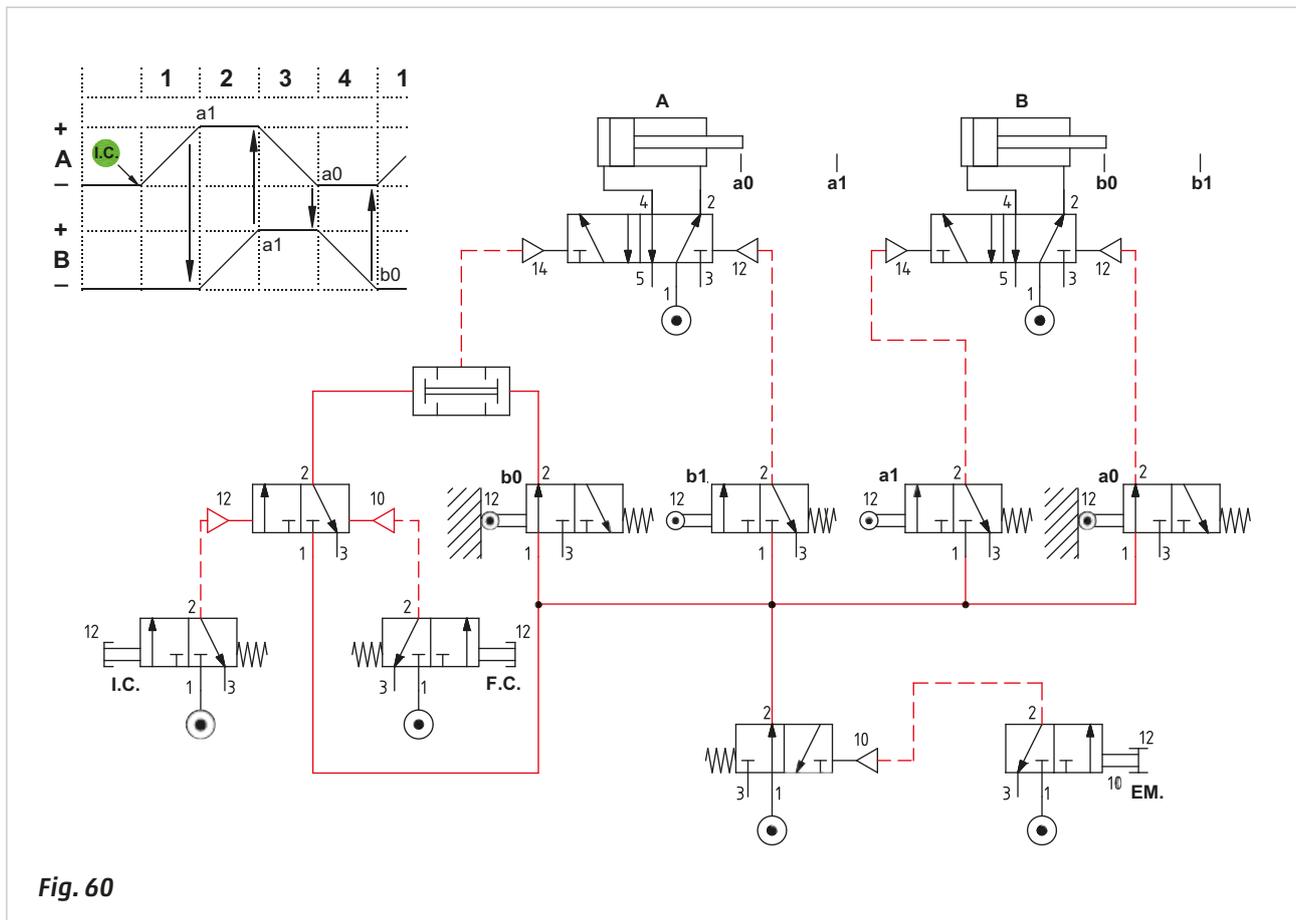
Il comando di Emergenza **EM** deve essere posizionato in una zona accessibile e visibile, si realizza con una valvola 3/2 NC, il cui dispositivo di azionamento normalmente deve avere:

- un'ampia superficie di azionamento per facilitarne l'azionamento (pulsante a fungo),
- un colore evidente (rosso),
- un sistema di auto-aggiungimento meccanico in modo che la ripresa del ciclo possa verificarsi solo dopo l'intervento dell'operatore che ha reputato siano state ripristinate le condizioni di sicurezza.

**Figura 60**

### Stop in Ciclo e ripartenza dalla stessa Fase

Il dispositivo di EM è collegato al pilotaggio di una valvola 3/2 NO che fornisce l'alimentazione a tutti i finecorsa. In presenza di questo pilotaggio la 3/2 chiude il passaggio e toglie alimentazione ai finecorsa che non danno più il consenso all'avanzamento della ciclica, i gruppi stelo/pistone dei vari cilindri raggiungono la posizione di finecorsa e si fermano. Al ripristino dell'alimentazione la sequenza riprende dalla stessa fase in cui si è fermata.



**Fig. 60**

**Figura 61**

### Variante alla precedente condizione

Il dispositivo di EM è collegato ad una valvola monostabile 5/2, che in condizione di riposo fornisce l'alimentazione ai finecorsa e alla valvola 3/2 che abilita la sequenza. All'azionamento di questo dispositivo, la linea di alimentazione dei finecorsa è rimossa con gli stessi effetti del precedente esempio.

Sbloccando il dispositivo di EM il ciclo riparte dalla posizione in cui è stato interrotto esattamente come nel caso precedente. In questa variante è possibile decidere se ripartire dal punto in cui ci si è fermati o azzerare tutto e ripartire dalla prima fase.

Nella condizione di EM il pulsante di **Reset** è alimentato e con il suo azionamento, tramite le funzioni **OR** è possibile riportare i gruppi stelo/pistone degli attuatori nella posizione di partenza.

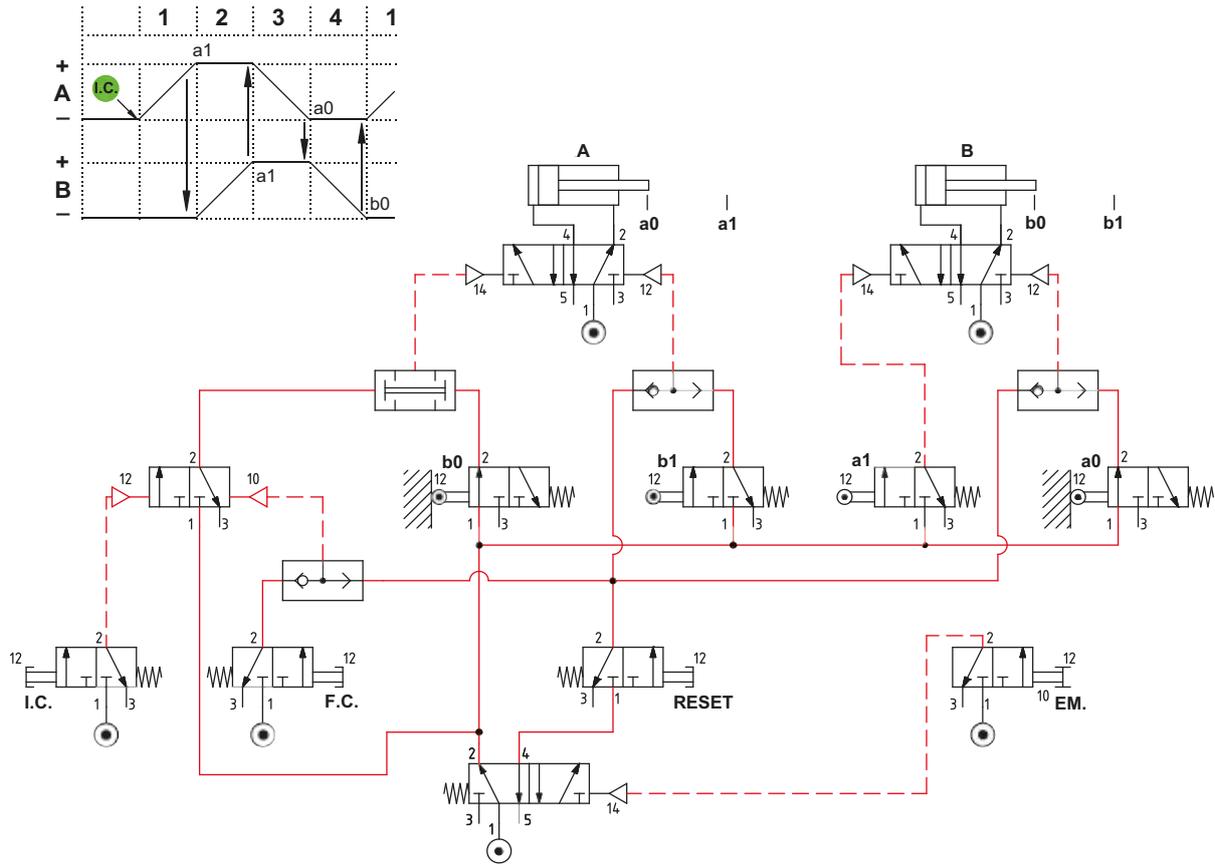


Fig. 61

Il comando di EM non genera sempre lo stesso effetto, in base al circuito che si realizza è possibile fare in modo che il gruppo stelo/pistone degli attuatori raggiunga la posizione di finecorsa, in altri casi è meglio che tornino nella posizione di Inizio Ciclo o altro. In questo esempio si vuole interrompere il ciclo e riportare i cilindri nella posizione di Inizio Ciclo secondo una sequenza che eviti eventuali interferenze meccaniche.

Sviluppiamo la seguente sequenza:

A+ / B- / C+ / A- / B+ / C-

Figura 62

**Condizione richiesta in caso di EM:** devono riposizionarsi prima i gruppi stelo/pistone dei cilindri A e B, solo al raggiungimento dei rispettivi finecorsa si ha il consenso al movimento del gruppo stelo/pistone del cilindro C.

Analisi dello schema:

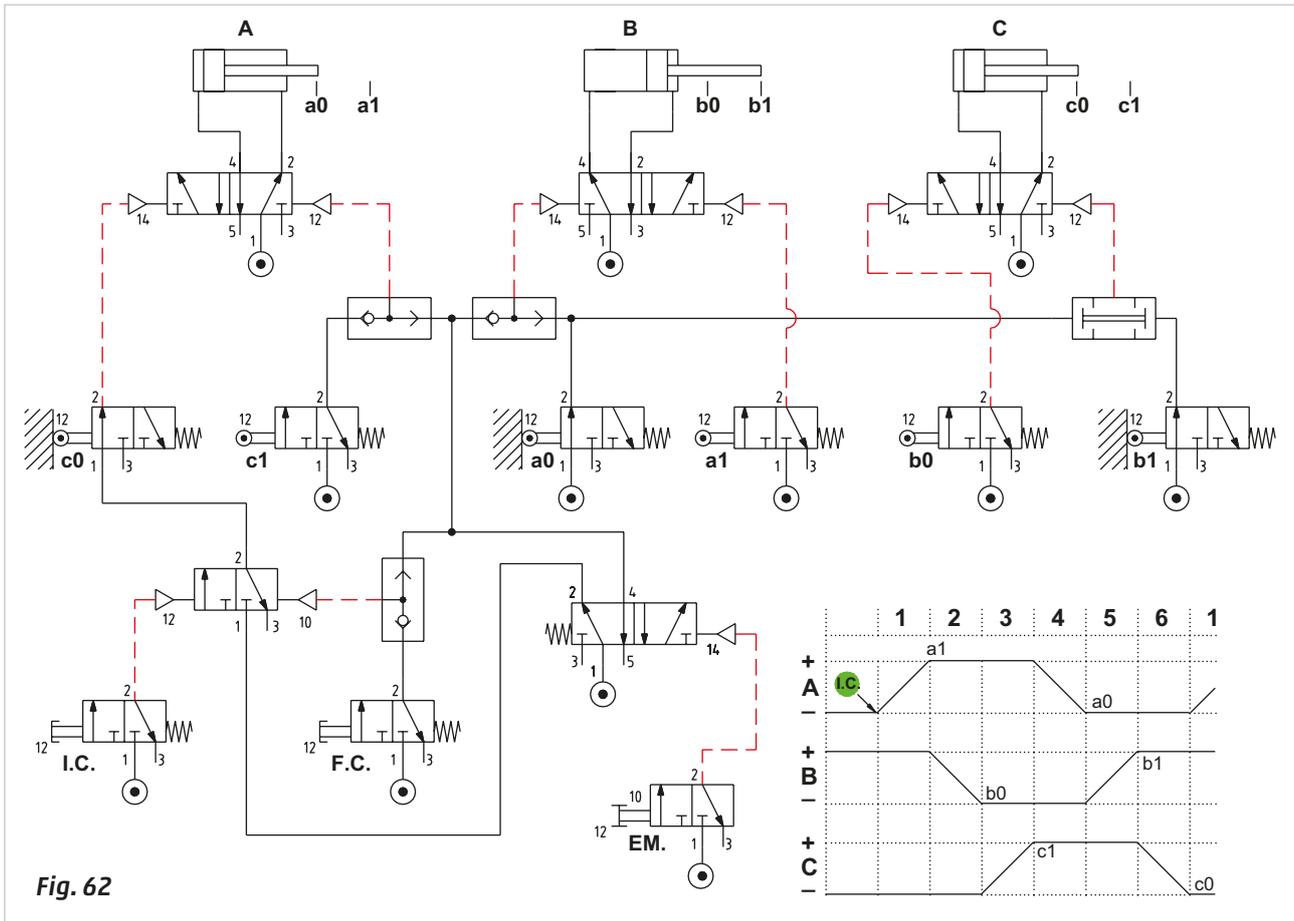
Ad impianto fermo la valvola 5/2 pilotata dal comando di EM ha l'uscita 2 attiva e alimenta la valvola 3/2, in questa Fase chiusa. Agendo sul pulsante I.C. la 3/2 apre e la ciclica parte, se non intervengono altri comandi continua in modo automatico.

Con l'azionamento del pulsante F.C. la valvola 3/2 chiude, il finecorsa c0 non è più alimentato, la sequenza arriva all'ultima Fase e si ferma. Azionando il comando di EM si pilota la valvola 5/2 che cancella l'uscita 2 quindi l'alimentazione della 3/2 e abilita l'uscita 4 che tramite le funzioni OR:

- posiziona la valvola 3/2 in posizione di chiusura,
- pilota la valvola per il rientro del gruppo stelo/pistone del cilindro A,
- pilota la valvola per il rientro del gruppo stelo/pistone del cilindro B.

In presenza del segnale in uscita dai finecorsa a0 e b1 e tramite la funzione AND ad essi collegata si ha la conferma che entrambi i cilindri hanno raggiunto la posizione voluta ed è possibile pilotare la valvola per il rientro del gruppo stelo/pistone del cilindro C.

Sganciando il fermo meccanico del dispositivo di azionamento si ripristina l'alimentazione alla valvola 3/2 e tramite il comando I.C. si può far ripartire la sequenza.



## Sviluppo di una sequenza

Tramite uno sportello di sicurezza è possibile accedere alla parte interna di una struttura meccanica dove si posiziona un oggetto che deve essere bloccato e marchiato.

La condizione richiesta per dare inizio al ciclo è che lo sportello di sicurezza sia chiuso e che il pulsante di **I.C.** resti azionato fino all'operazione di marchiatura. Nel caso lo sportello fosse aperto o il pulsante rilasciato, i gruppi stelo/pistone dei due cilindri devono tornare nella posizione iniziale.

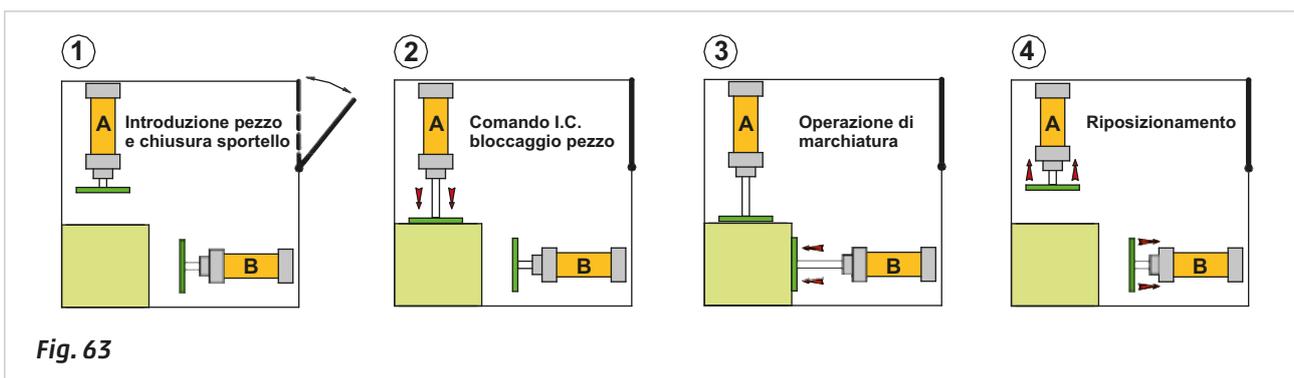
### Figura 63

**Pos. 1:** si introduce il pezzo all'interno della struttura meccanica e si richiude lo sportello di sicurezza.

**Pos. 2:** azionando il pulsante **I.C.** il gruppo stelo/pistone del cilindro **A**, adibito all'operazione di bloccaggio, compie la corsa positiva.

**Pos. 3:** al raggiungimento della posizione di finecorsa positiva, con il pezzo bloccato, si ha il consenso per l'operazione di marchiatura tramite il cilindro **B**.

**Pos. 4:** terminata l'operazione di marchiatura i gruppi stelo/pistone dei due cilindri tornano nelle posizioni iniziali. In questa fase è possibile rilasciare il pulsante **I.C.**, aprire lo sportello, rimuovere il pezzo marchiato ed introdurre uno nuovo.



## Diagramma di flusso e sviluppo dello schema

Definita la ciclica e le condizioni di sicurezza, realizziamo il diagramma di flusso trasformando la ciclica in forma letterale, definiamo con **S** la valvola che rileva la chiusura dello sportello e con **I.C.** quella di Inizio Ciclo.

**Figura 64**

**Pos. 1:** La ciclica si svolge in tre Fasi:

<b>Fase 1</b>	$I.C. * S = A +$
<b>Fase 2</b>	$I.C. * S * a1 = B +$
<b>Fase 3</b>	$I.C. * S * a1 * b1 = A - B -$

**Pos. 2:** le condizioni di sicurezza indicate nel precedente paragrafo, prescrivono che in assenza del comando **I.C.** o in caso di apertura dello sportello, i gruppi stelo/pistone dei cilindri tornino nella posizione iniziale. Il modo più semplice per ottenere questa caratteristica è quello di comandare i due cilindri con valvole 5/2 monostabili che in assenza del segnale di pilotaggio si riposizionano invertendo le uscite garantendo la condizione richiesta.

Le corse dei due cilindri sono variabili in quanto le dimensioni del pezzo non sono definite, non è pertanto possibile l'uso di valvole di finecorsa. Per rilevare la posizione dei cilindri si utilizzano gli elementi logici **NOT**.

Come da prassi nello schema si rappresentano le valvole e i cilindri nella posizione che assumono nella condizione di riposo. Si collegano alla rete le due valvole di potenza 5/2 monostabili in modo che in assenza del segnale di pilotaggio entrambi i gruppi stelo/pistone siano a finecorsa negativa. La valvola **S** al momento non è collegata.

**Pos. 3:** corsa positiva del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**. La condizione di sicurezza per poter far partire la ciclica prevede la presenza sia del segnale proveniente dalla valvola **I.C.** sia quello della valvola **S**, per soddisfarla si introduce la funzione logica **AND** la cui uscita, determinata dalla presenza dei due ingressi (**I.C.** ed **S**) pilota la valvola del cilindro **A**. La valvola **I.C.** è una 5/2 monostabile con azionamento a pulsante, alimentata direttamente dalla rete e con l'uscita 4, non attiva, connessa all'ingresso della funzione **AND**. Il finecorsa **S** è una valvola 3/2 NC ad azionamento meccanico la cui uscita è connessa all'altro ingresso della funzione **AND**.

**Pos. 4:** inserimento della funzione logica **NOT** per la corsa **A +**. La funzione **NOT** riceve il segnale di pilotaggio solo quando il cilindro **A** ha scaricato quasi completamente l'A/C dalla camera anteriore a conferma che ha terminato la sua corsa contro il pezzo. L'uscita del NOT **a1** è connessa al pilotaggio 14 della valvola di potenza del cilindro **B** che commutando ne consente la corsa positiva.

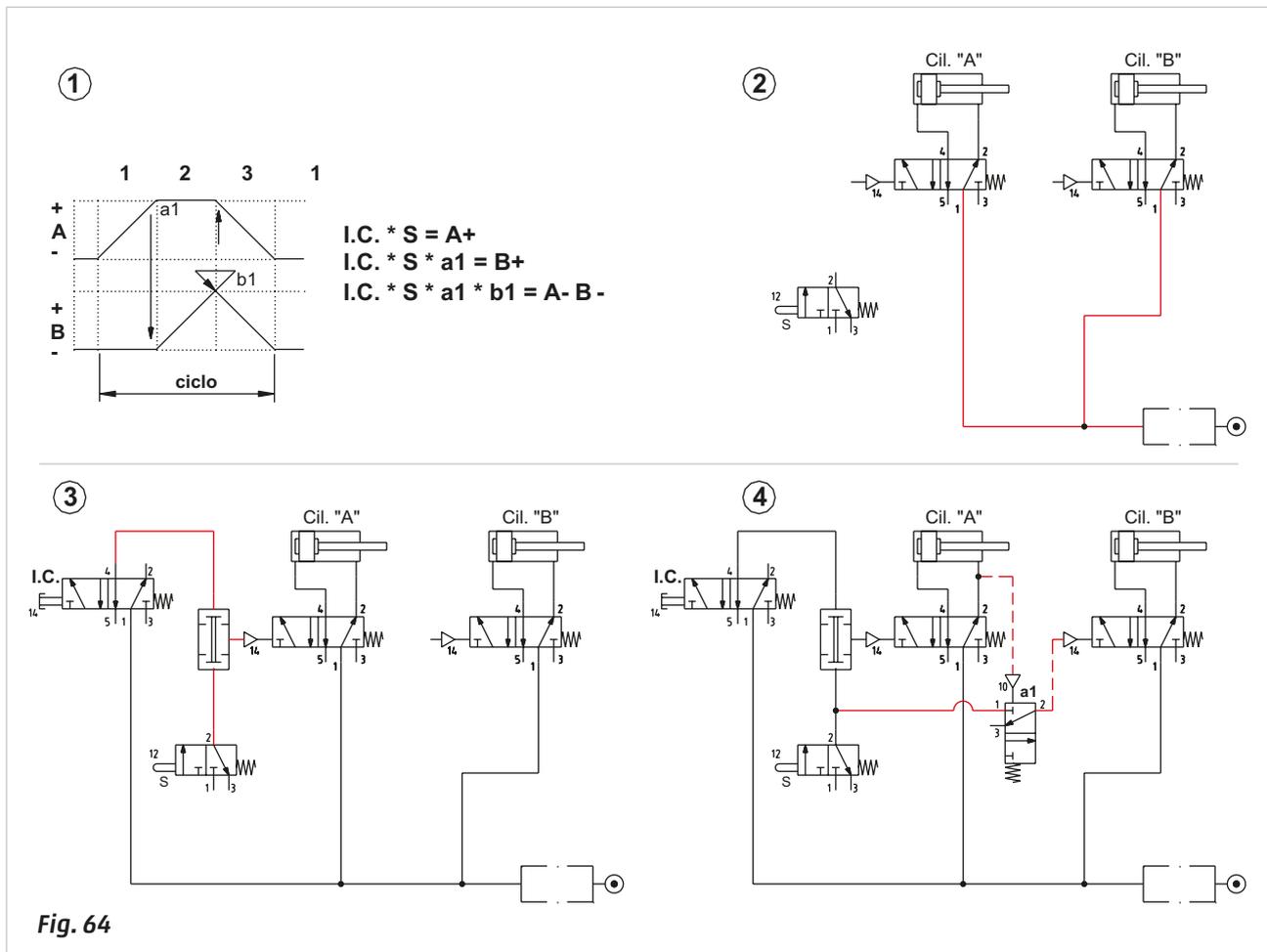


Figura 65

**Pos. 1:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** ha compiuto la corsa positiva.

Come per il cilindro **A** anche il cilindro **B** ha una corsa variabile ed anche in questo caso per rilevare che il gruppo stelo/pistone abbia raggiunto il pezzo si utilizza una funzione NOT (**b1**). Questa funzione è pilotata dalla pressione della camera anteriore del cilindro **B** e alimentata dall'uscita del NOT collegato al cilindro **A**.

**Pos. 2:** rientro del gruppo stelo/pistone dei cilindri **A** e **B**.

Terminato il movimento **B +**, il NOT **b1** segnala il raggiungimento della posizione ed invia il comando di pilotaggio alla memoria 3/2 che commutando chiude l'uscita. Questo comporta che la valvola **S** non è più alimentata, di conseguenza il pilotaggio della funzione **AND** e l'alimentazione del NOT **a1**. I gruppi stelo/pistone dei cilindri **A** e **B** tornano nella posizione iniziale.

**Pos. 3:** rilascio del pulsante **I.C.**

L'eventuale rilascio durante la ciclica del pulsante **I.C.** o della valvola **S** cancella l'uscita della funzione **AND** e la valvola che comanda il cilindro **A** riassume la posizione definita dalla molla. Il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** torna nella posizione di finecorsa negativa, non avendo segnale in uscita dalla funzione NOT anche la valvola che comanda il cilindro **B** si riposiziona. Il ciclo non si è completato in modo corretto.

Solo in questa fase è possibile rilasciare il pulsante **I.C.** che scambiando l'uscita 4 con la 2 riposiziona la memoria 3/2 in posizione di apertura riattivando la linea di alimentazione alla valvola **S**.

Si crea una condizione definita "antiripetizione" che costringe l'operatore a rilasciare il pulsante prima della manovra successiva. Avendo le mani libere è ora possibile aprire lo sportello di protezione estrarre il pezzo marchiato ed introdurne uno nuovo.

**Pos. 4:** verifica finale.

Azionamento e rilascio del pulsante **I.C.** con sportello chiuso, **S** attivo.

In qualsiasi fase della sequenza, al rilascio del pulsante **I.C.** i gruppi stelo/pistone dei cilindri compiono la corsa negativa. Con il successivo azionamento del pulsante **I.C.** il ciclo riparte dalla Fase 1.

Pulsante **I.C.** premuto e sportello di sicurezza aperto, **S** disattivato.

Se durante la corsa positiva dei gruppi stelo/pistone lo sportello viene aperto, la valvola **S** interrompe l'alimentazione ai NOT ed otteniamo il rientro dei gruppi stelo/pistone dei cilindri **A** e **B**.

Con lo sportello di sicurezza aperto il solo comando del pulsante **I.C.** non abilita l'inizio ciclo.

Pulsante **I.C.** rilasciato e sportello di sicurezza chiuso, **S** attivo.

Non si ha la condizione per poter iniziare il ciclo.

Le condizioni richieste sono state rispettate.

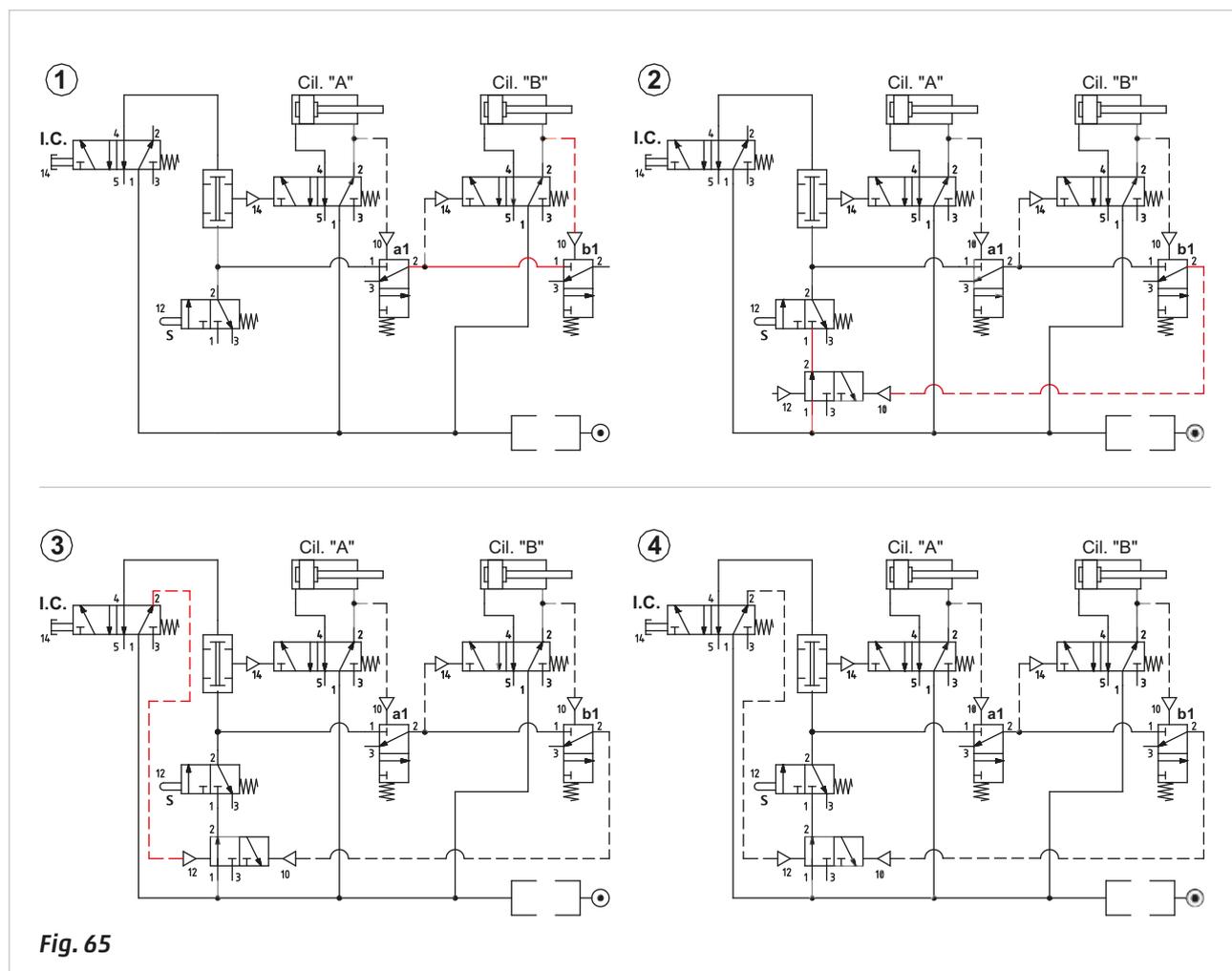


Fig. 65

## Movimentazione di più cilindri

In questo esempio la ciclica comprende tre cilindri i cui movimenti sono definiti dalle seguenti condizioni:

### Figura 66

**Pos. 1:** verifica che la barra sia presente in ingresso e che lo scivolo in uscita sia libero

**Pos. 2:** introduzione della barra nel sollevatore **A +**

**Pos. 3:** sollevamento della barra **B -**

**Pos. 4:** espulsione della barra verso lo scivolo di uscita **C +**

**Pos. 5:** rientro del cilindro introduttore **A -**

**Pos. 6:** riposizionamento dei cilindri di espulsione e sollevamento **B + C -**

**Fase 1**

**Fase 2**

**Fase 3**

**Fase 4**

**Fase 5**

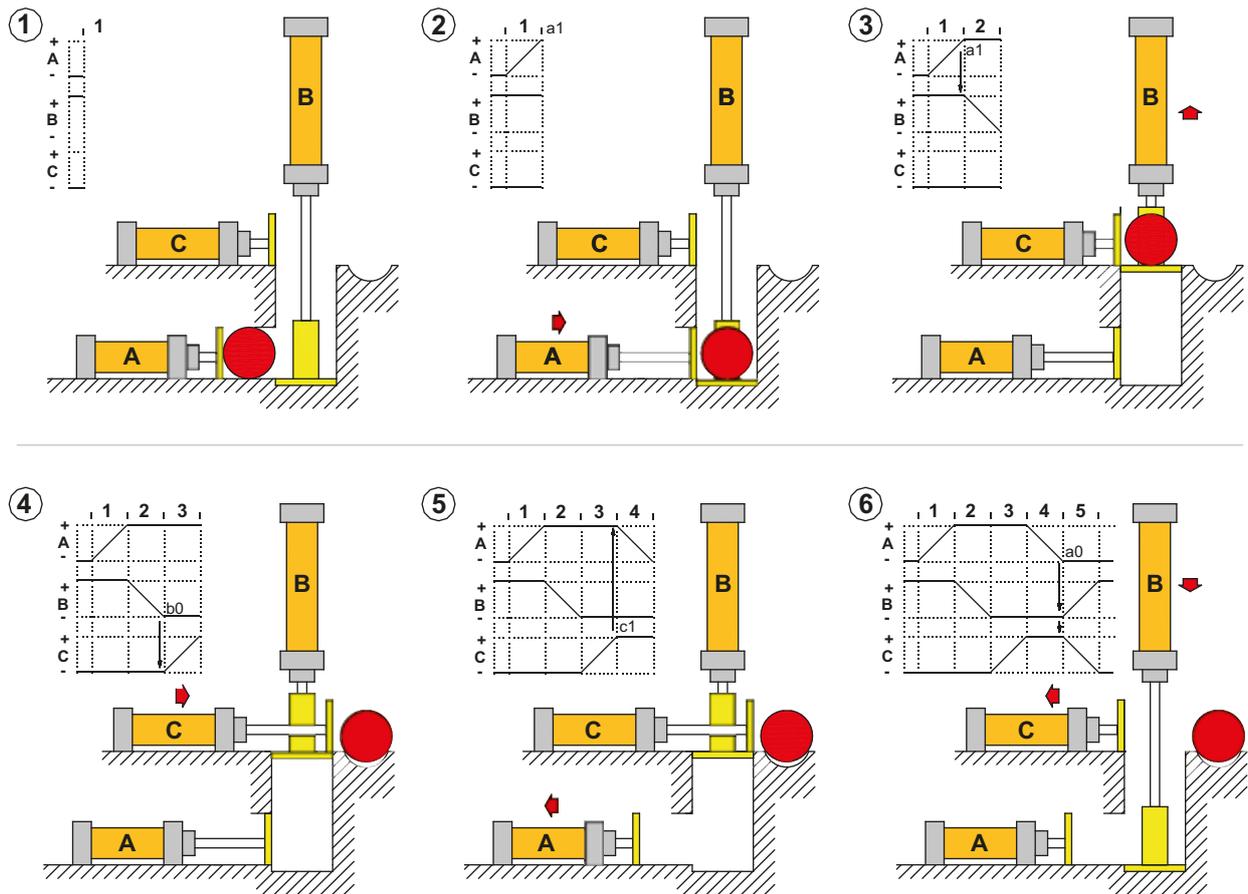


Fig. 66

A differenza del precedente esempio, in questo per rilevare la posizione dei cilindri si utilizzano delle valvole di finecorsa ad azionamento meccanico.

Il comando di Start è fornito tramite la valvola di Inizio Ciclo **I.C.** Oltre alla verifica sulla presenza della barra, in fase di partenza si richiede che i gruppi stelo/pistone dei cilindri **B** e **C** abbiano completato le rispettive corse.

Nella scelta della tipologia di valvole di potenza bisogna considerare se il segnale di pilotaggio è continuo o impulsivo. La scelta di una valvola Bistabile a differenza di una Monostabile, evita il mantenimento del segnale di pilotaggio. Rappresentiamo i cilindri e relativi fine corsa nella condizione iniziale e tracciamo le sole linee di collegamento dalle valvole di potenza ai cilindri, nella stesura di uno schema evitare il più possibile gli incroci delle linee di collegamento.

### Figura 67

Introduzione della barra nel sollevatore  $I.C. * b1 * c0 = A +$

**Fase 1**

L'azione sulla valvola **I.C** genera un segnale che attraversa i finecorsa **b1** e **c0** in questa Fase azionati quindi aperti. Questo segnale connesso al pilotaggio 14 della valvola di potenza del cilindro **A** ne determina la fuoriuscita del relativo gruppo stelo/pistone e il compimento della fase **A +**.

In assenza di uno dei consensi **I.C.**, **b1** o **c0** il ciclo non può iniziare.

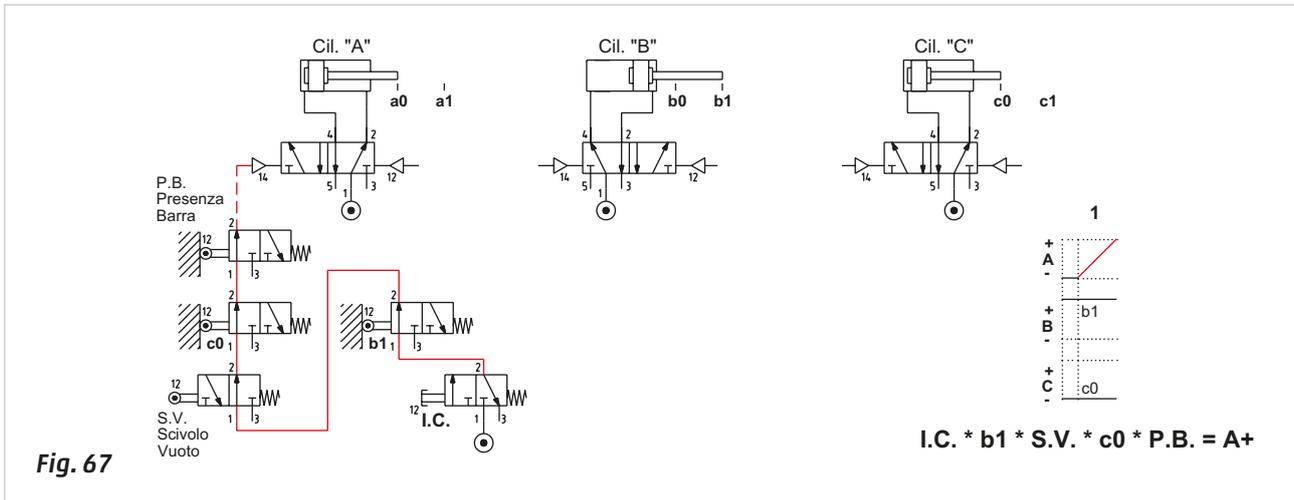


Figura 68

Sollevamento della barra

 $a1 = B - \text{Fase 2}$ 

Al raggiungimento del finecorsa **a1** si genera un segnale che inviato al pilotaggio 12 della valvola di potenza del cilindro **B** ne determina il rientro del gruppo stelo/pistone e il compimento della fase **B -**.

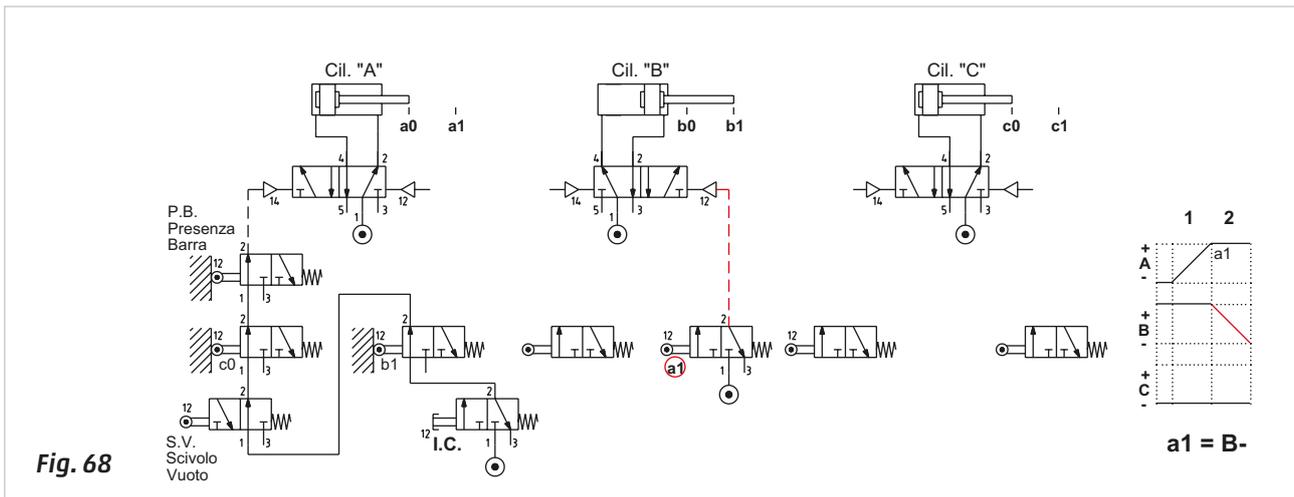
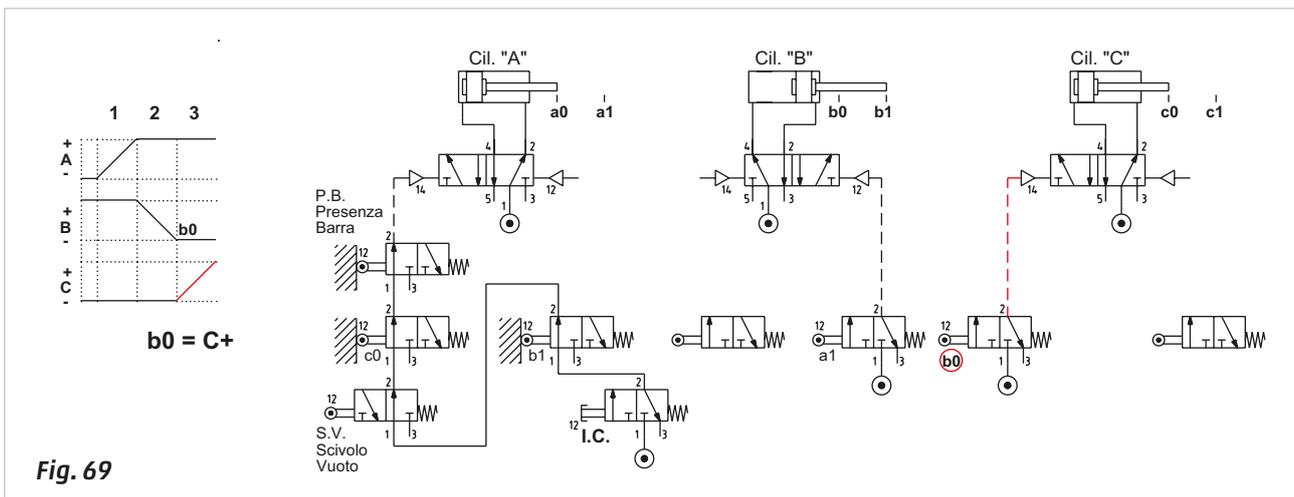


Figura 69

Espulsione barra verso lo scivolo di uscita

 $b0 = C + \text{Fase 3}$ 

Al raggiungimento del finecorsa **b0** si genera un segnale che inviato al pilotaggio 14 della valvola di potenza del cilindro **C** determina la fuoriuscita del gruppo stelo/pistone e il compimento della fase **C +**.





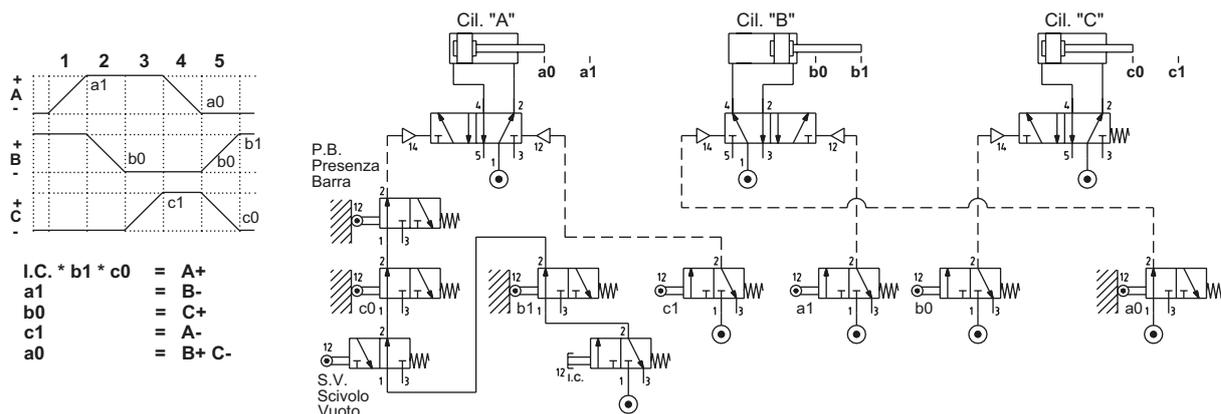


Fig. 72

## Identificazione dei segnali bloccanti

Con la rappresentazione dei movimenti relativi alle sequenze precedenti, abbiamo riscontrato che non sempre i segnali generati dai finecorsa assicurano la continuità del ciclo.

I segnali possono essere di tre tipi: **istantaneo**, **prolungato** e **bloccante**.

I segnali bloccanti sono quelli che possono impedire la ciclica.

### Figura 73

Riprendiamo una delle precedenti sequenze:

A+	B+	C+	A-	C-	B-
1	2	3	4	5	6

Partendo dalla sequenza che si vuole realizzare devono essere ricercati i segnali bloccanti, per facilitarne la ricerca e la loro destinazione li rappresentiamo in modo isolato.

Segnale **a1**: da chi è generato? Dalla valvola di finecorsa azionata al raggiungimento della posizione **A+**.

Che funzione ha? Generare tramite la valvola di potenza la corsa positiva del cilindro **B**.

Il segnale scompare nella Fase 4 non ostacola il rientro del cilindro **B** che è nella Fase 6.

Il segnale è di tipo **prolungato** perché è presente nelle Fasi 2 e 3.

Segnale **b1**: da chi è generato? Dalla valvola di finecorsa azionata al raggiungimento della posizione **B+**.

Che funzione ha? Generare tramite la valvola di potenza la corsa positiva del cilindro **C**.

Il segnale è ancora presente nella Fase 5 quando il cilindro **C** dovrebbe rientrare.

Questo segnale è di tipo **bloccante** (impedisce il rientro di **C**).

Segnale **c1**: da chi è generato? Dalla valvola di finecorsa azionata al raggiungimento della posizione **C+**.

Che funzione ha? Generare tramite la valvola di potenza la corsa negativa del cilindro **A**.

Il segnale scompare nella Fase 5 non ostacola il rientro del cilindro **A** nella Fase 4.

Il segnale è di tipo **prolungato** perché è presente nella Fase 4.

Segnale **a0**: da chi è generato? Dalla valvola di finecorsa azionata al raggiungimento della posizione **A-**.

Che funzione ha? Generare tramite la valvola di potenza la corsa negativa del cilindro **C**.

Il segnale scompare nella Fase 1, non ostacola l'uscita del cilindro **C**.

Il segnale è di tipo **prolungato** perché è presente nelle Fasi 5 e 6.

Segnale **c0**: da chi è generato? Dalla valvola di finecorsa azionata al raggiungimento della posizione **C-**.

Che funzione ha? Generare tramite la valvola di potenza la corsa negativa del cilindro **B**.

Il segnale è presente in entrambe le corse del cilindro **B**.

Il segnale è di tipo **bloccante**.

Segnale **b0**: da chi è generato? È l'ultimo segnale ed è generato al termine di ogni ciclo quando il cilindro **B** termina la corsa negativa.

Che funzione ha? Generare tramite la valvola di potenza la corsa positiva del cilindro **A**.

Il segnale scompare nella Fase 2 non ostacola il rientro di **A**.

Il segnale è di tipo **prolungato**.

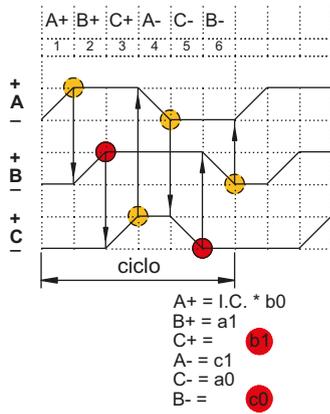


Fig. 73

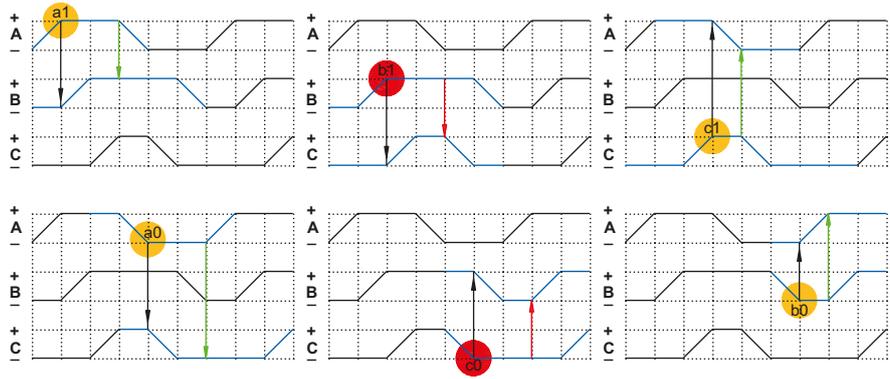


Figura 74

Analogamente per un'altra sequenza:

A+	B+	C+	C-	B-	A-
1	2	3	4	5	6

Segnale **a1**: è **bloccante** perché attivo nella Fase 5 quando il cilindro **B** deve rientrare  
 Segnale **b1**: è **bloccante** perché attivo nella Fase 4 quando il cilindro **C** deve rientrare  
 Segnale **c1**: è **istantaneo** serve solo al cilindro **C** per il suo rientro  
 Segnale **a0**: è **bloccante** perché attivo nella Fase 2 quando il cilindro **B** deve uscire  
 Segnale **c0**: è **bloccante** perché attivo nella Fase 1 quando il cilindro **A** deve uscire  
 Segnale **b0**: è **istantaneo** perché è l'ultimo segnale ed è generato al termine del ciclo.  
 Serve come conferma per la partenza del ciclo.

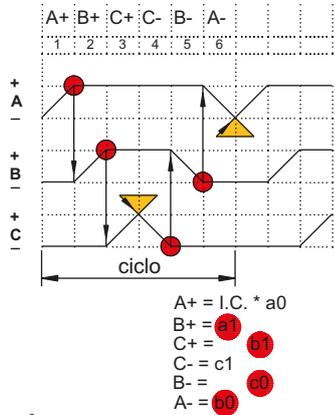
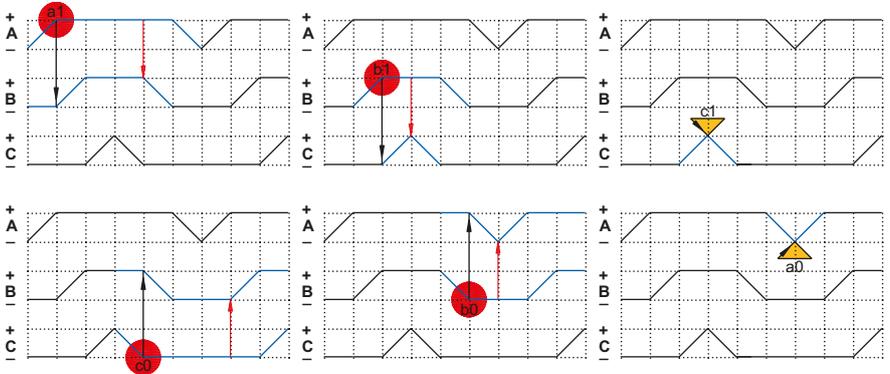


Fig. 74



Sui diagrammi di flusso sono indicate le relazioni che legano i segnali ai movimenti, in evidenza il momento in cui il segnale diventa **bloccante**.

## Tecniche per eliminare i segnali bloccanti

I segnali generati dalle valvole di finecorsa, sono attivi per tutto il tempo in cui restano azionate e sono utilizzati per dare il consenso all'avanzamento delle varie fasi della sequenza. La loro permanenza in alcuni casi diventa un problema perché non consentono il riposizionamento del dispositivo su cui stanno agendo, in questo caso si definiscono **bloccanti**.

Nella stesura di un diagramma di flusso questi segnali devono essere individuati per evitare, nel successivo sviluppo dello schema pneumatico, eventuali "conflitti" che impedirebbero il proseguimento della ciclica.

Per eliminare i segnali bloccanti si può:

- togliere il comando meccanico che aziona il finecorsa
- controllare l'alimentazione del finecorsa
- controllare il segnale che generano.

Ipotizziamo la sequenza:

A -	/	B +	/	B -	/	A +
1		2		3		4

### Figura 75

Stesura del diagramma di flusso.

<b>Fase 1</b> in presenza del comando <b>I.C.</b> e del finecorsa <b>a1</b>	si ha <b>A -</b>	<b>I.C. * a1 = A -</b>
<b>Fase 2</b> in presenza del finecorsa <b>a0</b>	si ha <b>B +</b>	<b>a0 = B +</b>
<b>Fase 3</b> in presenza del finecorsa <b>b1</b>	si ha <b>B -</b>	<b>b1 = B -</b>
<b>Fase 4</b> in presenza del finecorsa <b>b0</b>	si ha <b>A +</b>	<b>b0 = A +</b>

#### Fase 1: A -

La condizione necessaria all'inizio del movimento è che siano presenti sia l'uscita del finecorsa **a1** sia il comando di Inizio Ciclo **I.C.**. Per ottenerla si mettono o le due valvola in serie o le loro uscite in AND.

Il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** compie la corsa negativa.

$$A - = I.C. * a1$$

#### Fase 2: B +

Al raggiungimento del finecorsa **a0** da parte del gruppo stelo/pistone del cilindro **A** si ha un segnale che abilita la corsa positiva del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**.

$$B + = a0$$

#### Fase 3: B -

Al raggiungimento del finecorsa **b1** da parte del gruppo stelo/pistone del cilindro **B** si ha un segnale che abilita la corsa negativa del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**.

Se il dispositivo di azionamento delle valvole di finecorsa fosse del tipo a leva rullo bidirezionale, il ciclo si fermerebbe. Sulla valvola del cilindro **B** sarebbe ancora presente il comando dato dal finecorsa **a0** che genera il movimento **B +**, il segnale in uscita dal finecorsa **b1** non riuscirebbe a modificare lo stato della valvola per effettuare il movimento **B -**. In questo caso il segnale **a0** è **bloccante** e lo evidenziamo con un cerchio.

$$B - = b1$$

#### Fase 4: A +

Immaginiamo di aver in qualche modo risolto il problema della Fase precedente.

Al raggiungimento del finecorsa **b0** da parte del gruppo stelo/pistone del cilindro **B** si ha un segnale che abilita la corsa positiva del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**.

Il ciclo è terminato ma non può ripartire perché il segnale in uscita dal finecorsa **b0** è **bloccante** sul movimento del cilindro **A**. Anche in questo caso lo evidenziamo con un cerchio.

$$A + = b0$$

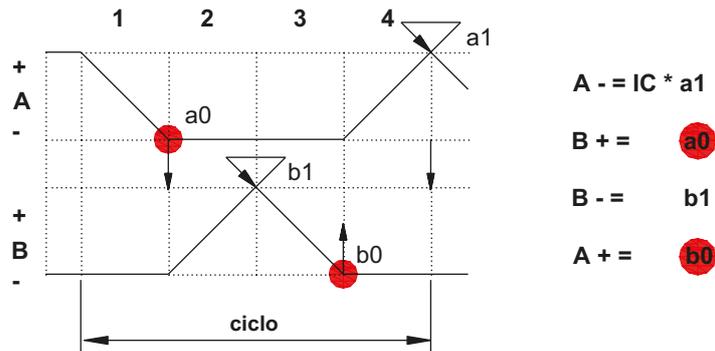


Fig. 75

**Figura 76**

Adesso sostituiamo il dispositivo di azionamento dei finecorsa **a0** e **b0** con uno a leva rullo unidirezionale.

**Pos. 1:** il finecorsa ha un senso di azionamento. Per effetto dello snodo, l'azionamento dal lato opposto fa sì che la leva di comando si fletta e la valvola non generi alcun segnale.

È importante che questa valvola non resti azionata nella posizione di finecorsa del cilindro, va pertanto installata in modo che la camma di comando rilasci il dispositivo di azionamento in questa posizione.

La durata del segnale in uscita dipenderà dalla lunghezza del dispositivo di comando e dalla velocità del cilindro. Un comando meccanico troppo corto o una velocità elevata del cilindro potrebbero generare un segnale in uscita troppo breve per effettuare la commutazione della valvola.

**Pos. 2:** schema pneumatico utilizzando i finecorsa a leva rullo unidirezionale.

In questo caso i finecorsa **a0** e **b0** non sono bloccanti e la ciclica non si interrompe.

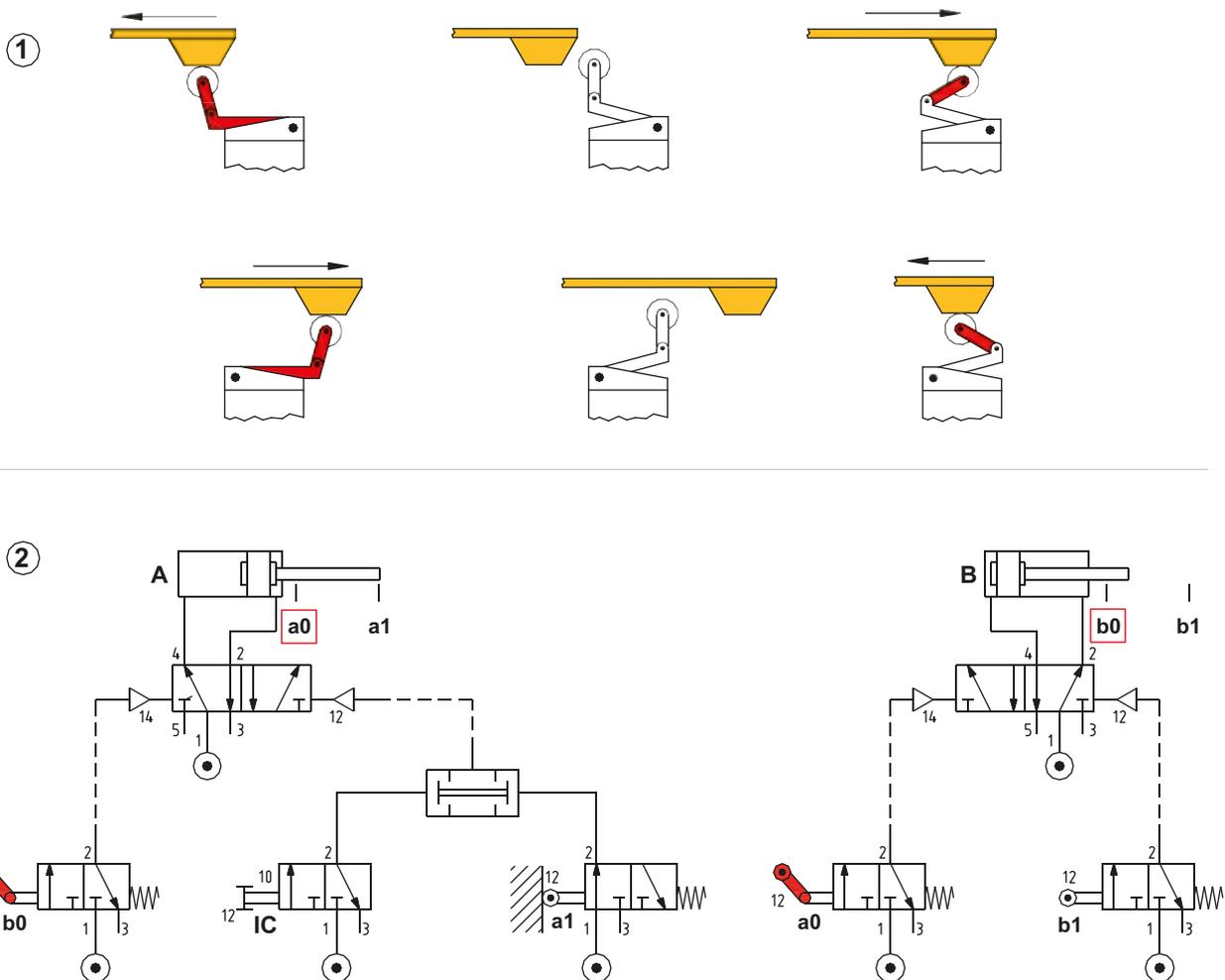


Fig. 76

Nel precedente paragrafo abbiamo eliminato i segnali bloccanti cambiando il tipo di finecorsa, possiamo procedere anche in altri modi ad esempio con il **controllo dell'alimentazione**.

Questo controllo può essere realizzato con due tecniche:

- tecnica dei collegamenti
- tecnica delle memorie.

### Tecnica dei collegamenti

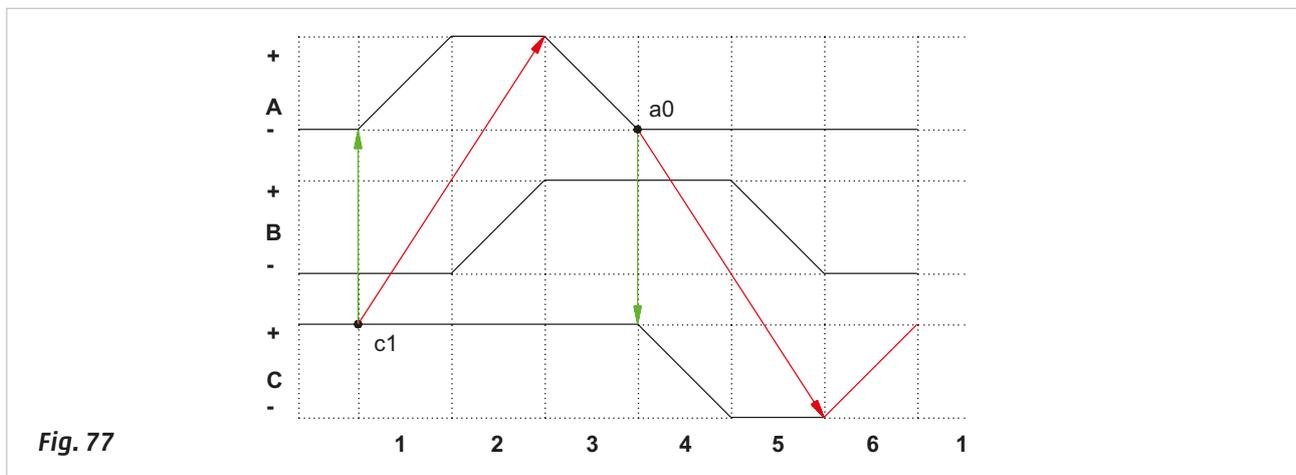
Ipotizziamo una nuova sequenza

A+	B+	A-	C-	B-	C+
1	2	3	4	5	6

**Figura 77**

Nello sviluppo del diagramma di flusso appare evidente come ci siano dei segnali **bloccanti** generati dal:

- finecorsa **c1** che segnala la posizione positiva del gruppo stelo/pistone del cilindro **C** e congiuntamente ad altre informazioni abilita l'inizio del ciclo con il movimento **A+**, resta attivo anche nella Fase 3 ed è bloccante per il movimento **A-**.
- Finecorsa **a0** che segnala la posizione negativa del gruppo stelo/pistone del cilindro **A** e da il consenso al movimento **C-**, resta attivo anche nella Fase 6 ed è bloccante per il movimento **C+**.



**Fig. 77**

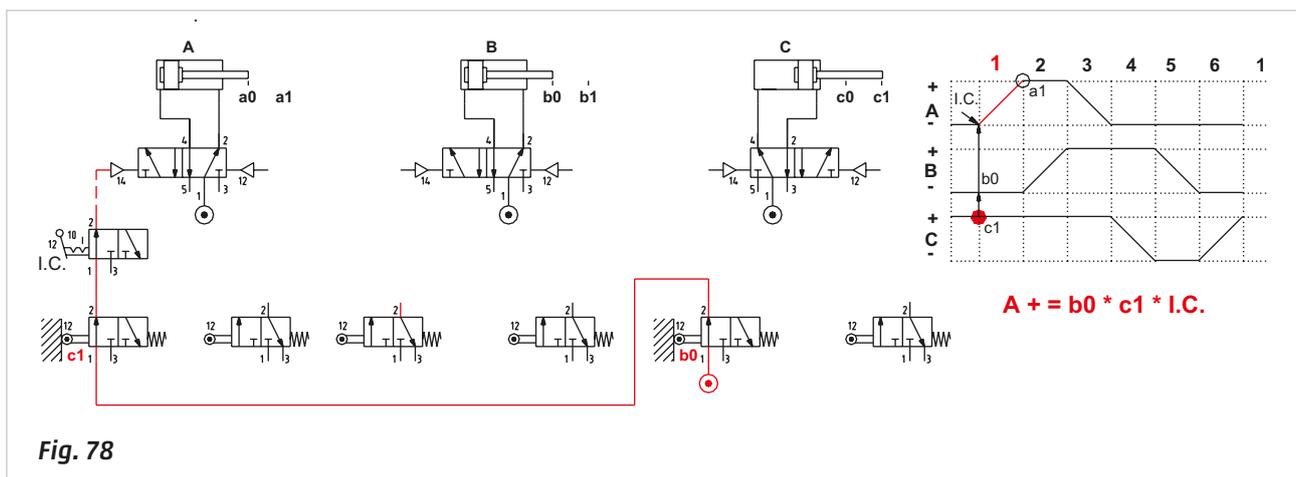
Analizziamo le singole fasi della sequenza verificando se e come è possibile eliminare i segnali bloccanti.

**Figura 78**

#### Fase 1: A +

Il segnale del finecorsa **a0** che da il consenso alla partenza del cilindro **C** è bloccante in quanto attivo in entrambe le corse di questo del cilindro. È possibile evitare questa condizione alimentandolo con il finecorsa **b0**, presente sino al termine della Fase 1. Il finecorsa **a0** ritorna attivo al termine della Fase 5 quando il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** abilita il finecorsa **b0**.

$$A+ = b0 * c1 * I.C.$$

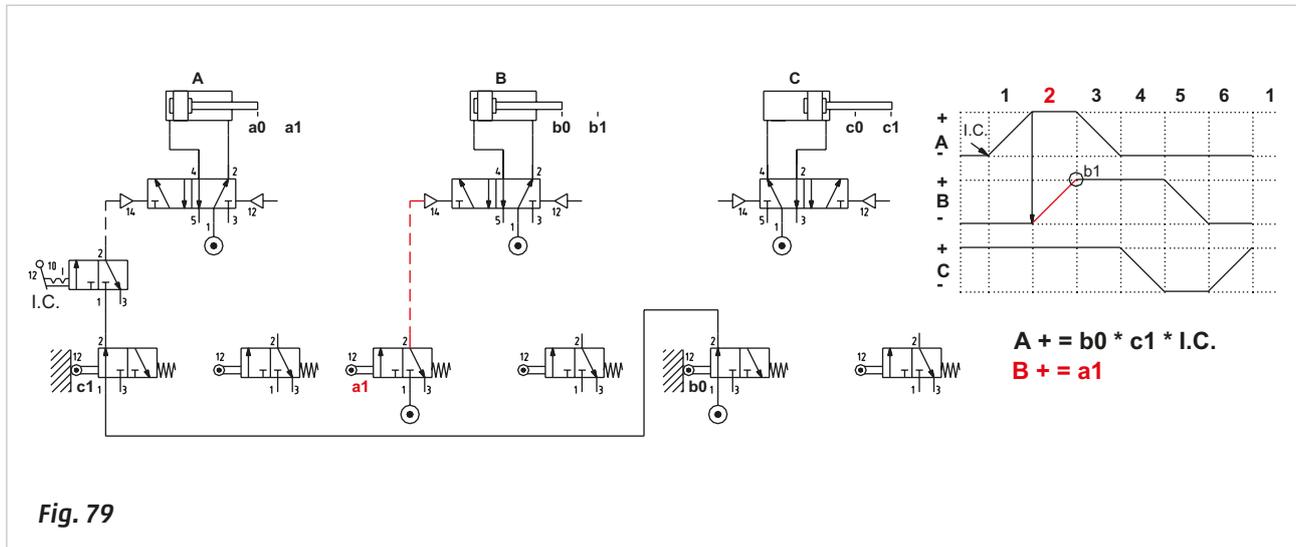


**Fig. 78**

**Figura 79****Fase 2: B +**

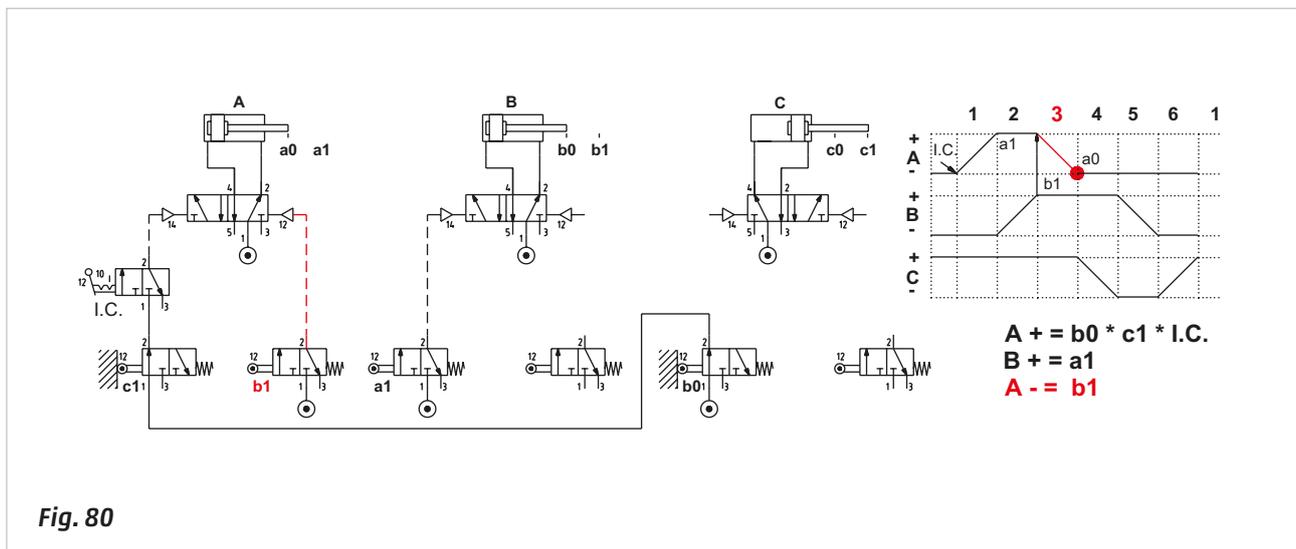
Il finecorsa **a1** che determina il consenso alla partenza del cilindro **B** può essere alimentato dalla rete di A/C perché la sua azione termina nella Fase 3.

$$B + = a1$$

**Figura 80****Fase 3: A -**

Il finecorsa **b1** che da il consenso alla corsa negativa del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**, può essere alimentato dalla rete di A/C in quanto la corsa positiva si ha solo nel ciclo successivo, quando il finecorsa **b1** non è azionato.

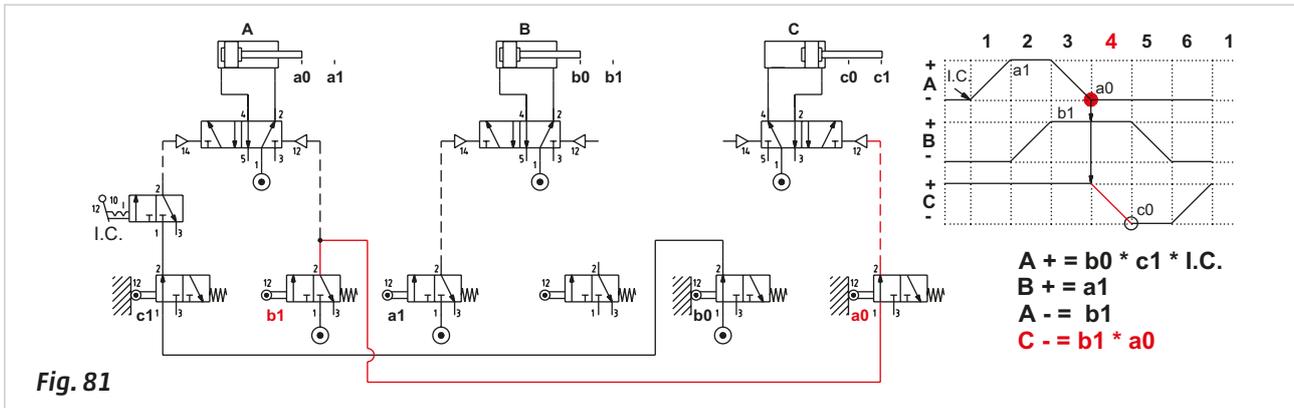
$$A - = b1$$

**Figura 81****Fase 4: C -**

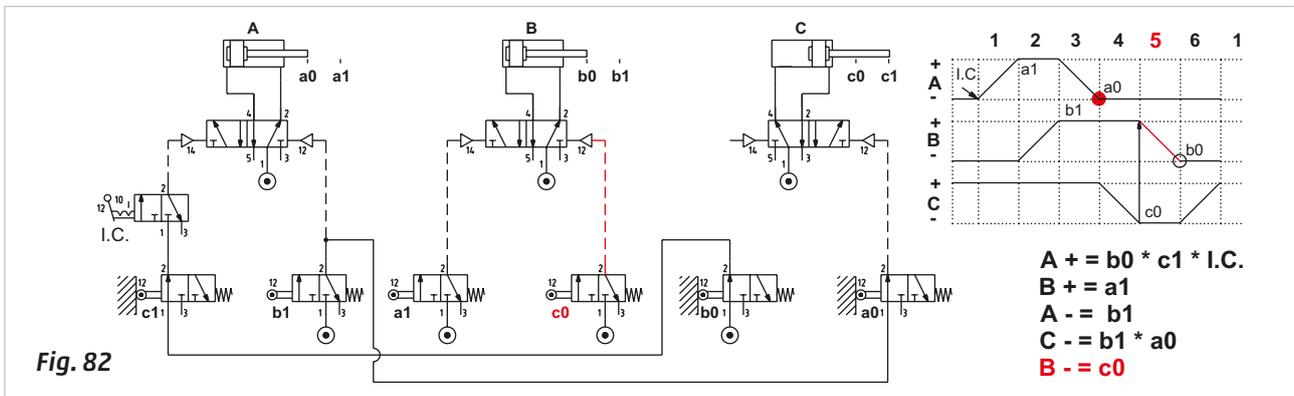
Il finecorsa **a0** che da il consenso alla corsa negativa del gruppo stelo/pistone del cilindro **C**, può essere alimentato dall'uscita del finecorsa **b1** in quanto:

- l'alimentazione proveniente da **b1** è presente prima dell'attivazione di **a0**.
- Il finecorsa **a0** non si ripresenta una seconda volta nella sequenza.
- Il finecorsa **b1** non è più attivo in presenza di **C +**.

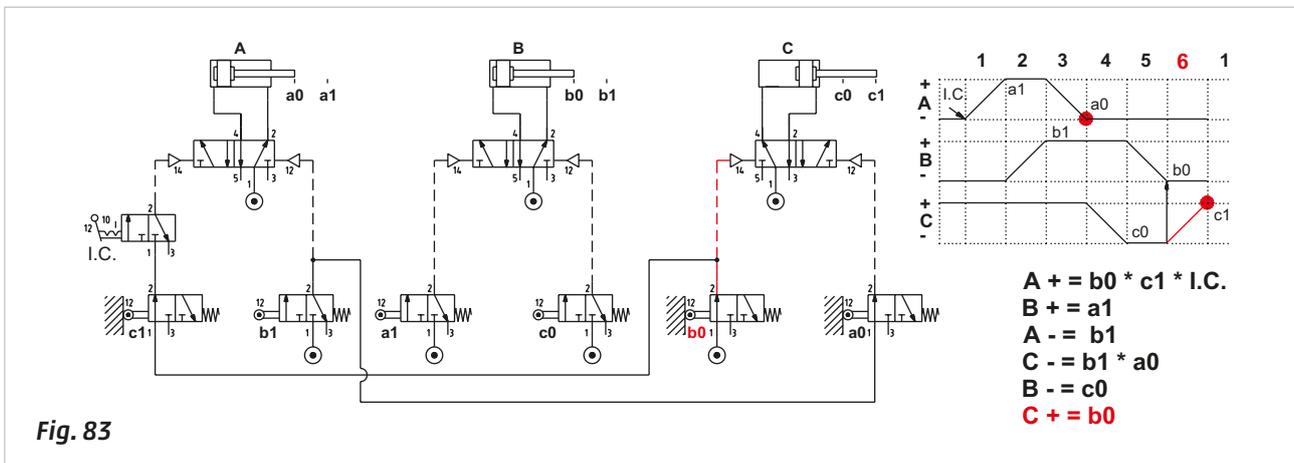
$$C - = b1 * a0$$

**Figura 82****Fase 5: B -**

Il fincorsa **c0** che dà il consenso alla corsa negativa del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**, può essere alimentato dalla rete di A/C in quanto la corsa positiva si ha solo nel ciclo successivo.

**B - = c0****Figura 83****Fase 6: C +**

Terminata la corsa negativa il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** aziona il fincorsa **b0**, che alimenta il fincorsa **c1**, di conseguenza il comando **I.C.** e il pilotaggio della valvola del cilindro **C** per la sua corsa positiva.

**C + = b0**

La sequenza è terminata e si ripresenta nella condizione iniziale con i fincorsa **b0** e **c1** azionati e l'uscita attiva, in quanto alimentati dalla rete di A/C. Il fincorsa **a0** è azionato ma non è alimentato. L'azionamento del comando **I.C.** abilita la ripartenza della sequenza.

### Tecnica delle memorie

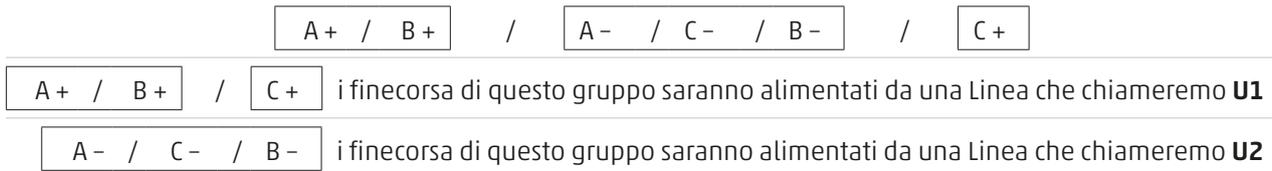
Tramite questa tecnica è possibile controllare l'alimentazione delle valvole di finecorsa. Utilizziamo la stessa sequenza della Tecnica dei Collegamenti.

A+	/	B+	/	A-	/	C-	/	B-	/	C+
1		2		3		4		5		6

I finecorsa che generano i segnali bloccanti, come precedentemente rilevato sono **a0** e **c1**.

La prima attività da fare una volta individuata la presenza dei segnali bloccanti, è quella di suddividere la sequenza in gruppi. Ogni gruppo rappresenta l'insieme delle lettere identificative dei cilindri, all'interno del gruppo la stessa lettera **non deve apparire più di una volta**.

Suddividendo in gruppi la sequenza si ottiene:



Nello schema si introduce una valvola di memoria 5/2 le cui uscite sono definite **U1** e **U2**, queste alimentano alternativamente i finecorsa dei cilindri facenti parte dei rispettivi gruppi.

#### Figura 84

##### Fase 1: A +

L'ultimo movimento è stato quello del gruppo stelo/pistone del cilindro **C** che ha azionato il finecorsa **c1**. Questo finecorsa è alimentato dalla **Linea U1** in questa Fase attiva, la sua uscita fornisce A/C al comando **I.C.** che consente il pilotaggio della valvola del cilindro **A** e la corsa positiva del relativo gruppo stelo/pistone.

$$U1 * c1 * I.C. = A +$$

##### Fase 2: B +

Raggiunta la posizione di finecorsa positiva si aziona il finecorsa **a1** che come da raggruppamento è alimentato dalla **Linea U1**. La sua uscita consente il pilotaggio della valvola del cilindro **B** e la corsa positiva del relativo gruppo stelo/pistone.

$$U1 * a1 = B +$$

##### Fase 3: A -

Come da suddivisione dei gruppi l'ultima operazione che si ha nel primo Gruppo è il raggiungimento della posizione **B +**. Il finecorsa **b1** che rileva questa posizione è alimentato dalla **Linea U1**, la sua uscita tramite il segnale **S2** pilota la valvola di memoria che abilita la **Linea U2** e disabilita la **U1**.

La **Linea U2** pilota la valvola del cilindro **A** ed il suo gruppo stelo/pistone compie la corsa negativa.

$$U1 * b1 = S2 \quad = U2 \quad = A -$$

##### Fase 4: C -

Completata la corsa **A -** si ha l'azionamento del finecorsa **a0** la cui uscita pilotando la valvola del cilindro **C** consente la corsa negativa del relativo gruppo stelo/pistone.

$$U2 * a0 = C -$$

##### Fase 5: B -

Completata la corsa **C -** si ha l'azionamento del finecorsa **c0** la cui uscita pilotando la valvola del cilindro **B** consente corsa negativa del relativo gruppo stelo/pistone.

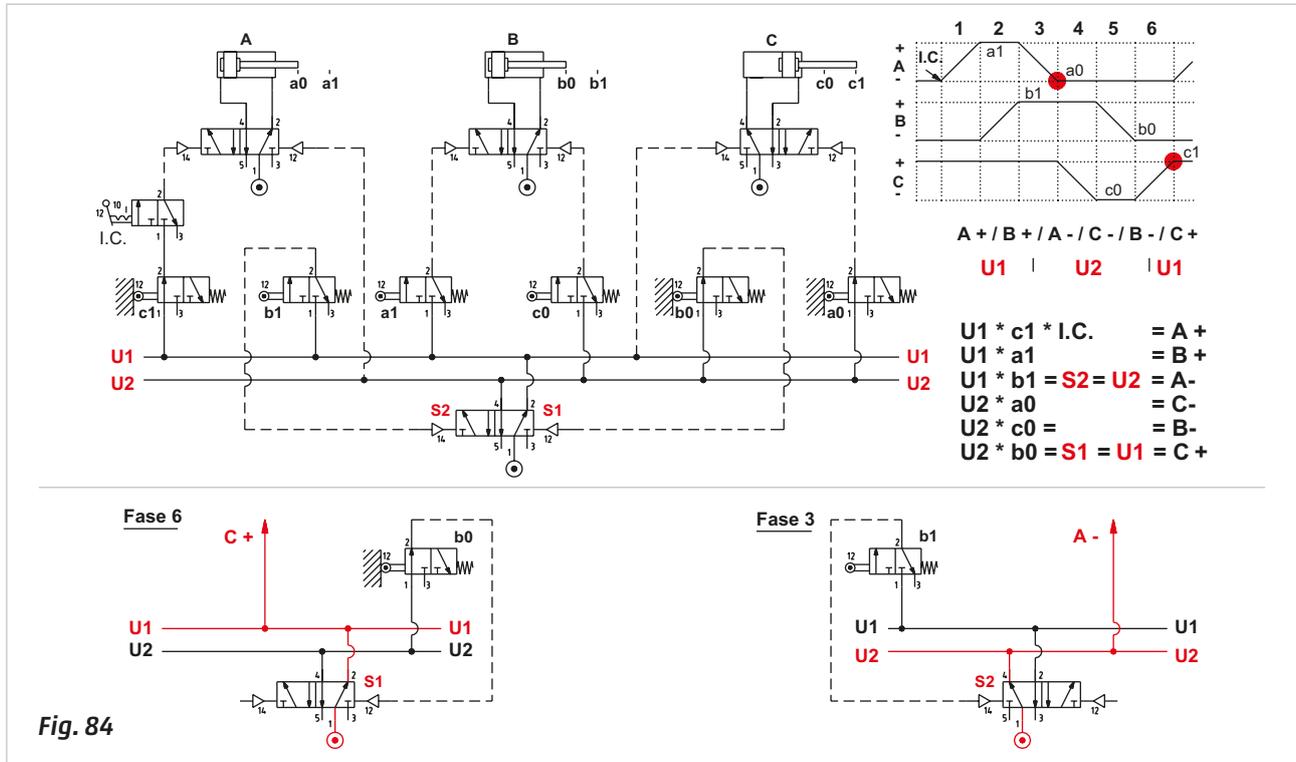
$$U2 * c0 = B -$$

**Fase 6: C +**

Al raggiungimento del finecorsa **b0**, alimentato dalla **Linea U2**, si ottiene il segnale **S1** che scambia nuovamente la valvola di memoria riattivando la **Linea U1**.

L'uscita del finecorsa **a0** che bloccava la valvola del cilindro **C** non è più attiva, la **Linea U1** consente il pilotaggio della valvola del cilindro **C** e la corsa positiva del relativo gruppo stelo/pistone.

$$U2 * b0 = S1 \quad = U1 \quad = C +$$

**Tecnica delle memorie**

Analizziamo una nuova sequenza e rileviamo la presenza di segnali bloccanti.

$$A - / B + / B - / A +$$

Il finecorsa **a0** rileva la posizione di corsa negativa del cilindro **A** e abilita la corsa positiva del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**. Questo finecorsa è presente anche quando il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** deve fare la corsa negativa, **a0** è quindi bloccante.

Il finecorsa **b0** rileva la posizione di corsa negativa del cilindro **B** e abilita la corsa positiva del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**. Questo finecorsa è presente anche quando il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** deve fare la corsa negativa, **b0** è quindi bloccante.

Ripetiamo la procedura illustrata nel precedente paragrafo suddividendo la sequenza in gruppi.

$$A - / B + \quad / \quad B - / A + \\ U1 \quad / \quad U2$$

La **Linea U1** è attiva fornisce l'alimentazione ai finecorsa **a0** e **b1**.

**Figura 85****Fase 1: A -**

L'ultimo movimento è stato quello del gruppo stelo/pistone del cilindro **A** che ha azionato il finecorsa **a1**.

La sua uscita ha commutato la valvola di memoria attivando la **Linea U1**. Il comando di Inizio Ciclo **I.C.** è alimentato e il suo azionamento consente il pilotaggio della valvola del cilindro **A** e la corsa negativa del relativo gruppo stelo/pistone.

$$U1 * IC = A -$$

**Figura 85****Fase 2: B +**

Raggiunta la posizione di finecorsa negativa si aziona il finecorsa **a0**, la sua uscita consente il pilotaggio della valvola del cilindro **B** e la corsa positiva del relativo gruppo stelo/pistone.

$$U1 * a0 = B +$$

**Fase 3: B -**

Raggiunta la posizione di finecorsa positiva si aziona il finecorsa **b1**, la suddivisione in gruppi della sequenza, prevede che la sua uscita pilotando la valvola di memoria, abiliti la **Linea U2** e disattivi la **Linea U1**.

Con l'abilitazione della **Linea U2** si ha alimentazione ai finecorsa **b0** e **a1**.

La **Linea U2** pilota la valvola del cilindro **B** che consente la corsa negativa del relativo gruppo stelo/pistone.

$$U1 * b1 = U2 = B -$$

**Fase 4: A +**

Raggiunta la posizione di finecorsa negativa si aziona il finecorsa **b0**, la sua uscita consente il pilotaggio della valvola del cilindro **A** e la corsa positiva del relativo gruppo stelo/pistone.

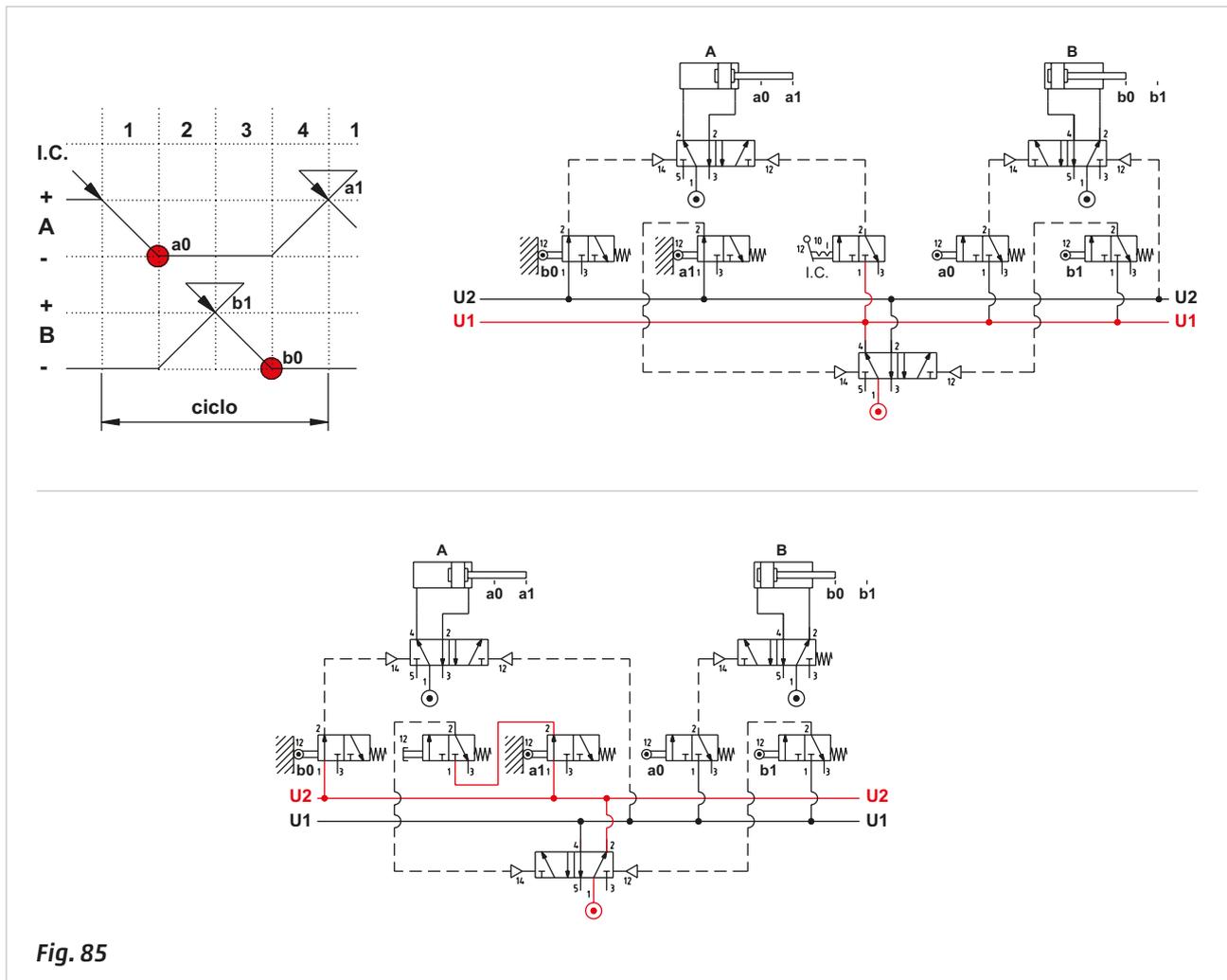
$$U2 * b0 = A +$$

Raggiunta la posizione di finecorsa positiva si aziona il finecorsa **a1**, la suddivisione in gruppi della sequenza, prevede che la sua uscita pilotando la valvola di memoria, abiliti la **Linea U1** e disattivi la **Linea U2**.

Con l'abilitazione della **Linea U1** si alimentano i finecorsa **b1** e **a0** ed il comando **I.C.**

L'alimentazione dei finecorsa non bloccanti, può essere fornita direttamente da rete, ma in caso di azionamento accidentale di **a0** o **b1** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** compirebbe delle manovre non desiderate.

Il comando **I.C.** può essere posto indifferentemente come nei due schemi, la valvola di comando del cilindro **B** può essere di tipo Monostabile o Bistabile.

**Fig. 85**

### Tecnica delle memorie in cascata

Questo è il metodo più semplice ed adattabile a qualsiasi sequenza.

Con questa tecnica si stabilisce una relazione tra i segnali in arrivo dai finecorsa (che indichiamo con la lettera **S** seguita da un numero per indicare la successione) ed i segnali in uscita (che indichiamo con la lettera **U** seguita dallo stesso numero del segnale che l'ha generato).

#### Figura 86

**Pos. 1:** questo è il caso del precedente paragrafo dove la sequenza necessitava di due Linee di alimentazione per i finecorsa. La memoria è una valvola a doppio comando pneumatico alimentata da rete, quando riceve il segnale di pilotaggio **S1** attiva la **Linea U1**, quando riceve il segnale di pilotaggio **S2** attiva la **Linea U2**.

La presenza di **U1** esclude quella di **U2** e viceversa.

**Pos. 2:** se le Linee necessarie fossero più di due si procederebbe nel seguente modo:

La prima memoria è alimentata da rete, il segnale di pilotaggio **S1** attiva la **Linea U1** che, oltre ad alimentare i finecorsa predisporre la posizione della valvola di memoria successiva.

**Pos. 3:** con l'arrivo del segnale di pilotaggio **S2**, connesso alla memoria alimentata da rete, questa commuta cancellando l'uscita che abilitava la **Linea U1** e attivando l'uscita che alimenta la valvola precedentemente predisposta. La nuova uscita è la **Linea U2**.

**Pos. 4:** in presenza del segnale di pilotaggio **S3** si attiva la **Linea U3** che cancella la **Linea U2**.

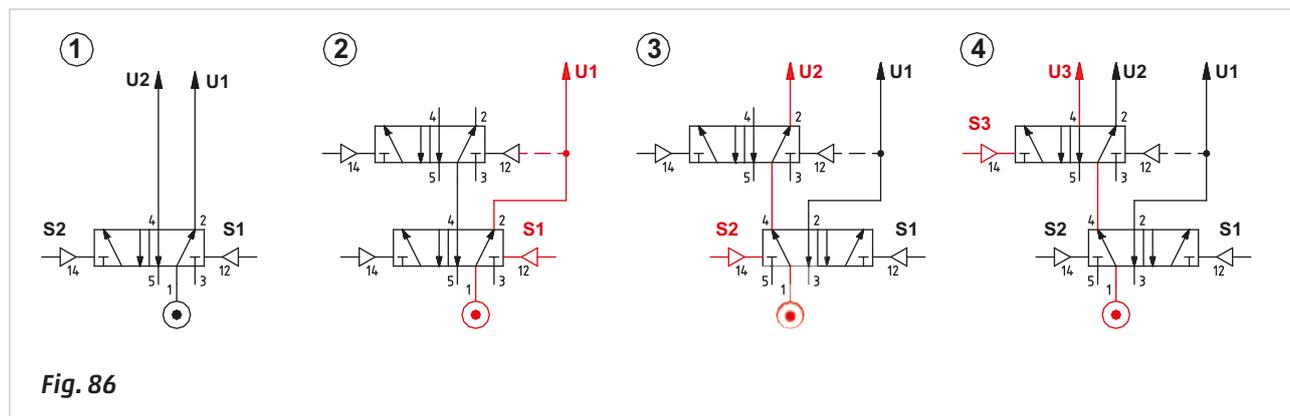


Fig. 86

Due memorie collegate in cascata, possono fornire tre Linee di alimentazione e solamente una di queste tre può essere attiva, dovessero servire ulteriori Linee si aggiungono valvole di memoria.

Data una sequenza e individuata la presenza di segnali bloccanti, la si divide in gruppi in modo che le lettere che identificano i cilindri non appaiano più di una volta nello stesso gruppo, il numero delle memorie necessarie è uguale al numero dei gruppi meno uno.

#### Figura 87

**Pos. 5:** rispetto alla Pos.4 è stata aggiunta una valvola di memoria per ottenere la **Linea U4**.

In presenza del segnale **S4** si attiva la **Linea U4** che cancella la **Linea U3**.

**Pos. 6:** rimosso il segnale **S4** e in presenza del segnale **S1** la cascata si azzerando riabilitando la **Linea U1**. Nella realizzazione di uno schema pneumatico che preveda la tecnica illustrata, è opportuno predisporre un sistema di azzeramento esterno della cascata da utilizzarsi in fase di **Reset** dopo un'emergenza.

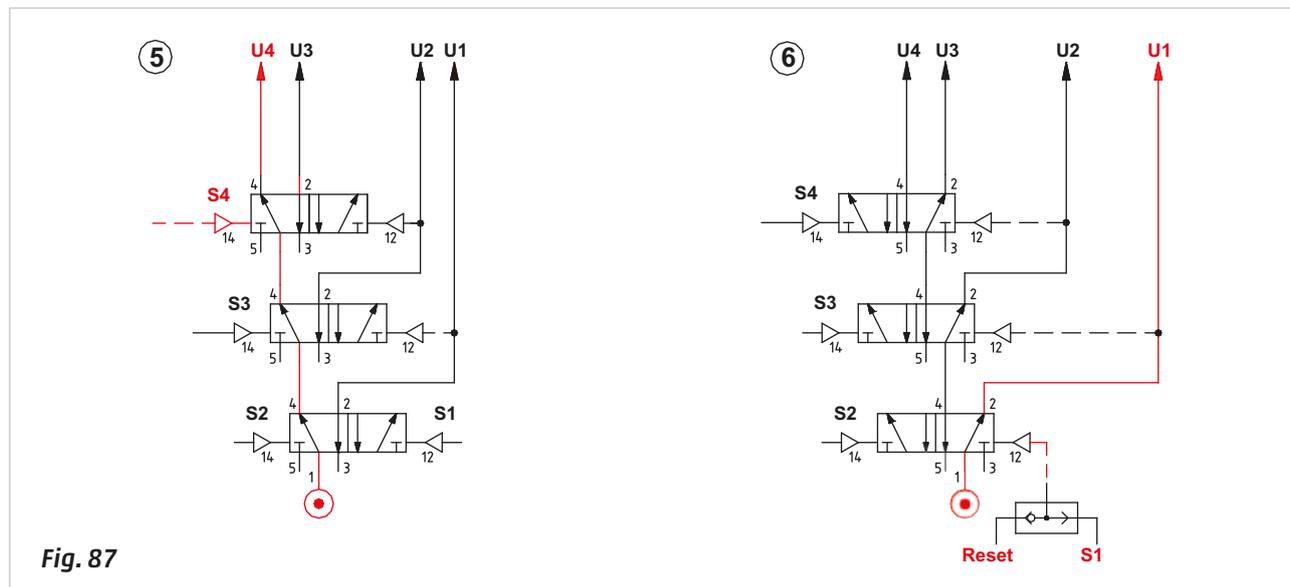


Fig. 87

### Tecnica delle memorie in cascata

Realizziamo lo schema pneumatico di una ipotetica sequenza, analizzando Fase per Fase i movimenti dei cilindri. Si richiede di realizzare una stazione di lavoro che svolga le seguenti operazioni:

Posizionamento del pezzo	cilindro <b>A</b>
Bloccaggio pezzo	cilindro <b>B</b>
Operazione di foratura	cilindro <b>C</b>
Operazione di alesatura	cilindro <b>D</b>

La sequenza da realizzare è:

A +	/	A -	/	B +	/	C +	/	C -	/	D +	/	D -	/	B -
1		2		3		4		5		6		7		8

#### Condizioni richieste:

Il comando di Start si ha tramite l'azionamento del pulsante **I.C.**, in questo esempio non è implementata la funzione di Emergenza. Con la stazione di lavoro ferma, i finecorsa anche se azionati non devono abilitare nessun movimento.

#### Scelta delle valvole di potenza:

Analizzando la sequenza si nota che i cilindri **C** e **D** invertono la direzione di marcia con l'azionamento dei rispettivi finecorsa positivi **c1** e **d1**. Per questi cilindri le valvole di potenza possono essere di tipo **monostabile**.

Per il cilindro **A** questa scelta non è possibile in quanto l'operatore agisce con un segnale di breve durata per determinare lo Start, la valvola in questo caso è **bistabile**. Il cilindro **B** restando nelle posizioni di finecorsa per più di una Fase necessita di una valvola **bistabile**.

#### Ricerca dei segnali bloccanti, suddivisione in gruppi e calcolo delle memorie:

Suddividiamo in gruppi la sequenza in modo che non appaia in ciascun gruppo la stessa lettera più di una volta e individuiamo le memorie necessarie.

A +	/	A - / B + / C +	/	C - / D +	/	D - / B -
U1	/	U2	/	U3	/	U1

**U1** alimenta i finecorsa nelle posizioni **a1**; **d0**; **b0**

**U2** alimenta i finecorsa nelle posizioni **a0**; **b1**; **c1**

**U3** alimenta i finecorsa nelle posizioni **c0**; **d1**

Le memorie da utilizzare per realizzare la cascata sono due (numero dei gruppi -1).

Rappresentiamo i cilindri e le rispettive valvole di potenza, le due memorie collegate in cascata, il finecorsa **b0** che è l'ultimo ad essere stato azionato e la valvola di **I.C.**

#### Figura 88

**Fase 1:** rispettando la suddivisione dei gruppi la **Linea U1** è attiva e alimenta il finecorsa **b0**. La partenza del ciclo si ha con la presenza del comando **I.C.** e di **b0**, i segnali in uscita da queste valvole, tramite la funzione **AND** pilotano la valvola del cilindro **A** che commutando consente al gruppo stelo/pistone di effettuare la corsa positiva **A +**. La **Linea U1**, oltre a fornire alimentazione al finecorsa **b0** predispone la memoria successiva.

$$U1 * I.C. * b0 = A +$$

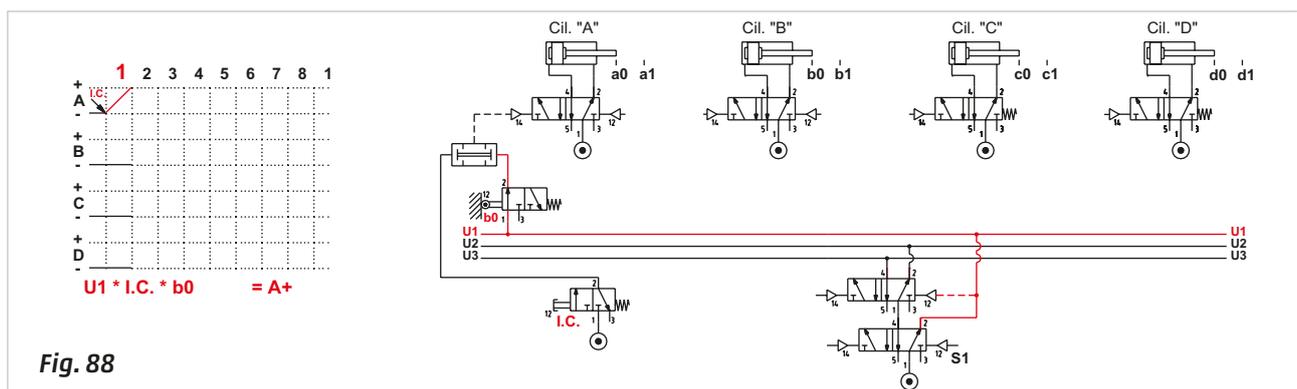


Fig. 88

Figura 89

**Fase 2:** al raggiungimento della posizione terminale da parte del gruppo stelo/pistone del cilindro **A** si aziona il finecorsa **a1** anch'esso alimentato dalla **Linea U1** in quanto appartenente allo stesso gruppo, si genera il segnale **S2** che pilota la valvola di memoria cambiandone lo stato. Commutando, la memoria rimuove la **Linea U1** e attiva la **Linea U2**. La **Linea U2** è collegata direttamente al pilotaggio 12 della valvola di potenza del cilindro **A** per la realizzazione della corsa negativa **A-**. Una eventuale azione sul pulsante **I.C.** non provoca alcun movimento perché la **Linea U1** non è più attiva.

$$U1 * a1 = S2 = U2 = A-$$

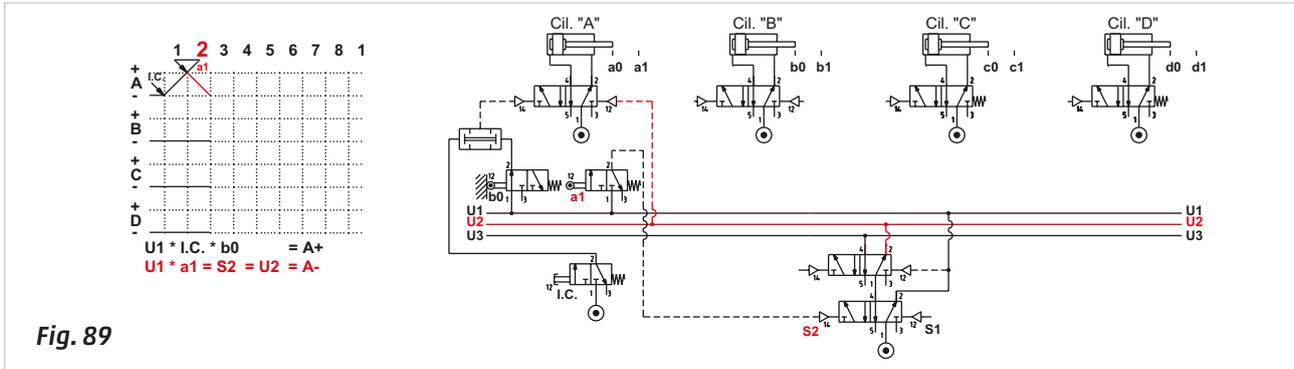


Fig. 89

Figura 90

**Fase 3:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** raggiunge e aziona il finecorsa **a0** la cui uscita pilota la valvola del cilindro **B** per effettuare la corsa **B+**.

$$U2 * a0 = B+$$

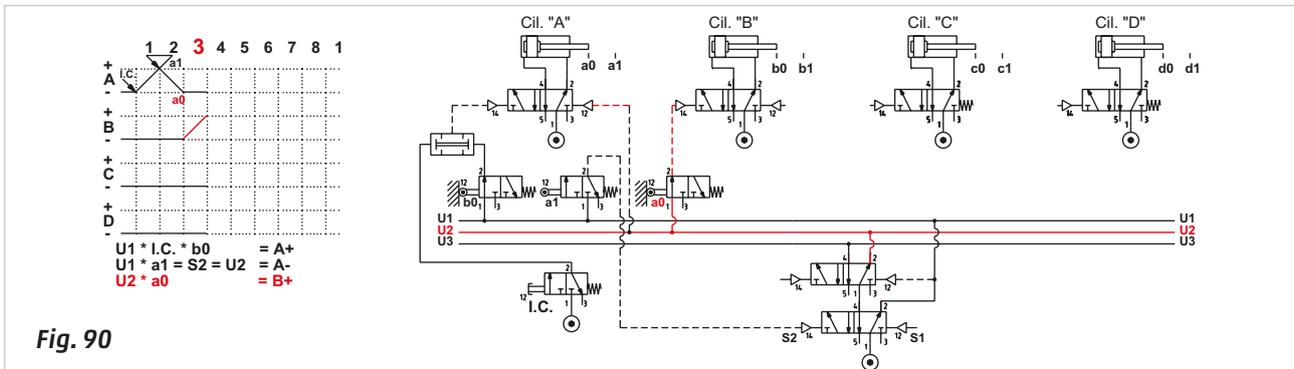


Fig. 90

Figura 91

**Fase 4:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** raggiunge e aziona il finecorsa **b1** la cui uscita pilota la valvola del cilindro **C** per effettuare la corsa **C+**.

$$U2 * b1 = C+$$

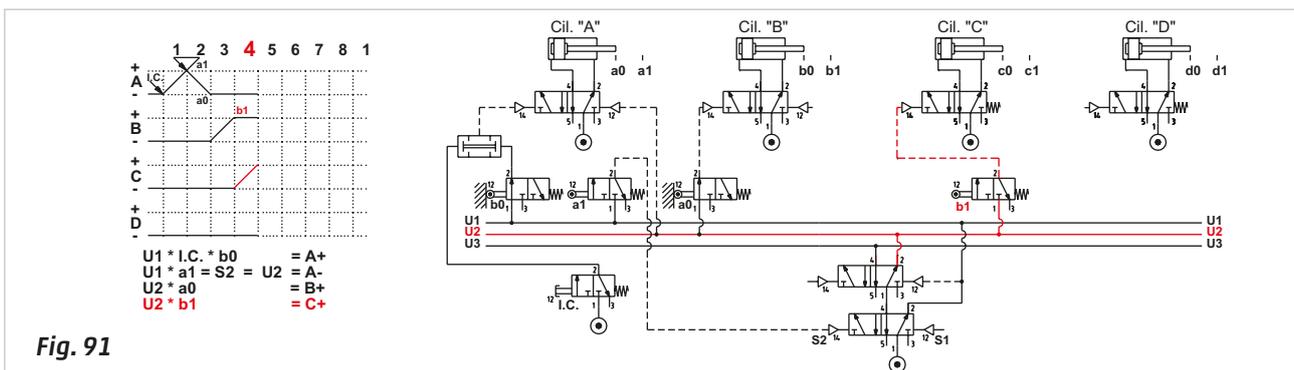


Fig. 91

Figura 92

**Fase 5:** in questa Fase al raggiungimento del finecorsa **c1**, bisogna cambiare Linea passando dalla **U2** alla **U3**. Il segnale in uscita dal finecorsa **c1** corrisponde al pilotaggio **S3** della valvola di memoria che commutando attiva la **Linea U3**.

Con la rimozione della **Linea U2** la valvola monostabile del cilindro **C** assume la posizione definita dalla molla, il gruppo stelo/pistone inverte il moto e torna nella posizione di finecorsa negativa.

$$U2 * c1 = S3 = U3 = C -$$

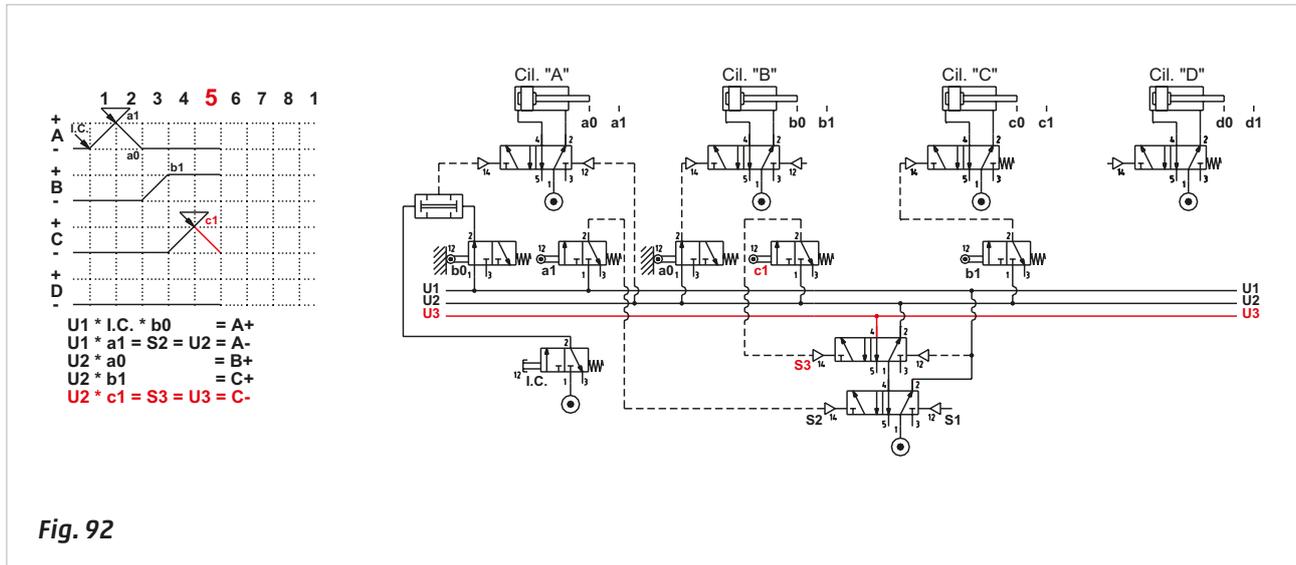


Figura 93

**Fase 6:** la **Linea U3** alimenta il finecorsa **c0**, che attivato dal rientro del cilindro **C** pilota la valvola di potenza del cilindro **D**, si ottiene la corsa **D +**.

$$U3 * c0 = D +$$

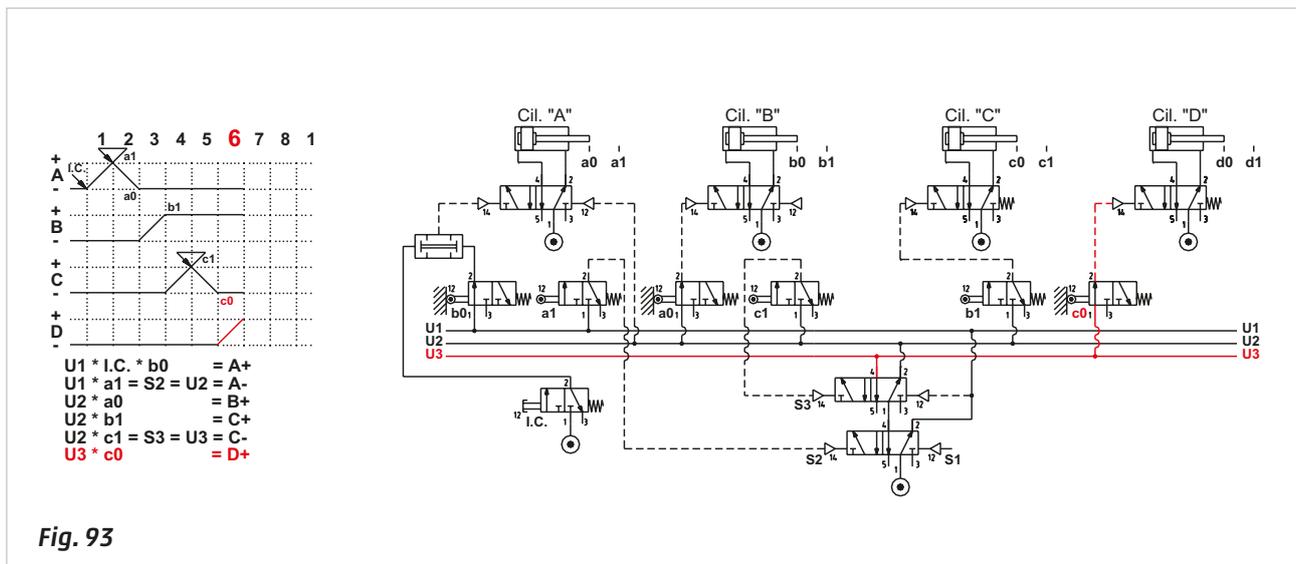


Figura 94

**Fase 7:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **D** effettua la corsa positiva, raggiunge e aziona il finecorsa **d1** la cui uscita **S1** pilota la prima valvola di memoria che resetta la cascata interrompendo la **Linea U3** riattivando la **Linea U1**. La rimozione della **Linea U3**, cancella il pilotaggio sulla valvola monostabile del cilindro **D** che riposizionandosi consente al gruppo stelo/pistone di effettuare la corsa negativa.

$$U3 * d1 = S1 = U1 = D -$$

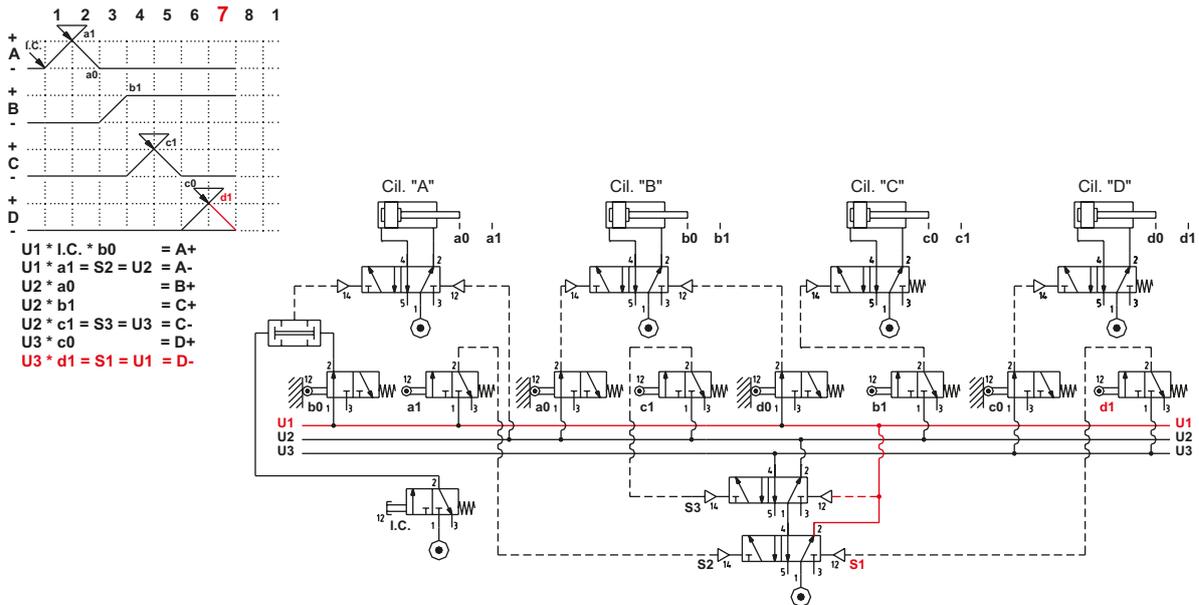


Fig. 94

Figura 95

**Fase 8:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **D** effettua la corsa negativa, raggiunge e aziona il finecorsa **d0** la cui uscita pilota la valvola del cilindro **B** che consente al gruppo stelo/pistone di effettuare la corsa negativa.

$$U1 * d0 = B-$$

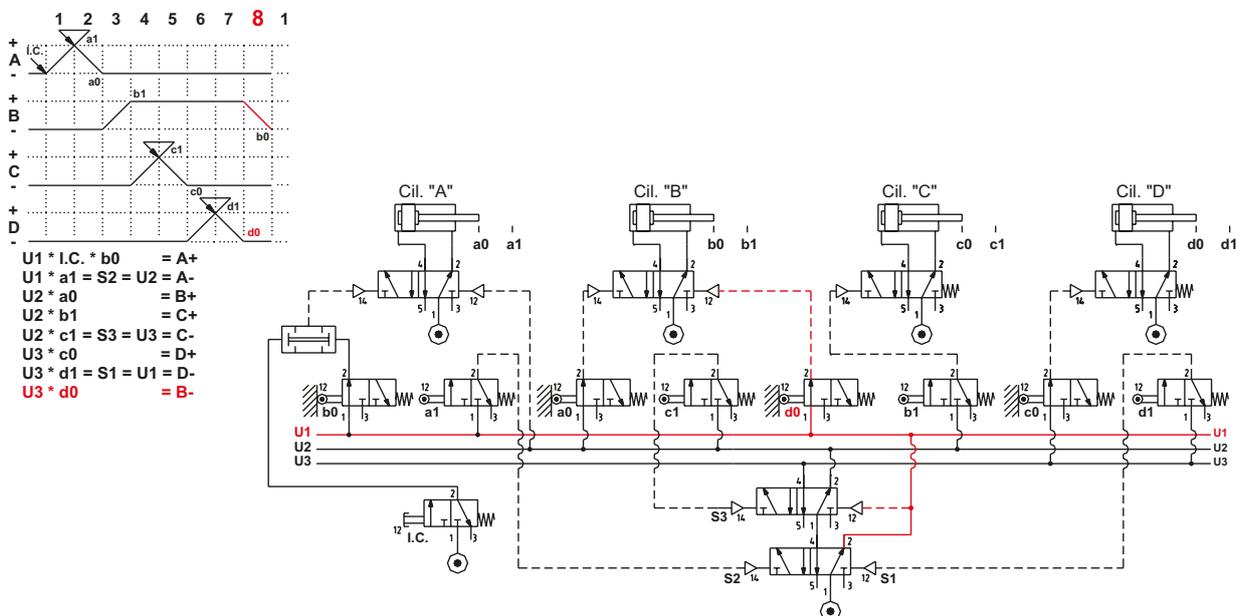


Fig. 95

Il ciclo si è concluso, siamo nuovamente nella condizione iniziale con la **Linea U1** attiva, la conferma della posizione del cilindro **B** e la sequenza pronta ad un nuovo ciclo.

Come da richiesta iniziale alcuni finecorsa se alimentati da rete oltre ad essere bloccanti avrebbero potuto creare dei movimenti non desiderati in caso di azionamento accidentale, con la tecnica delle memorie in cascata si evitano tutte queste eventualità. L'uso di valvole monostabili deve essere sempre valutato, in particolare per il comando di attuatori con funzioni di presa o bloccaggio.

### Segnali ripetitivi

Un altro caso da analizzare è quello del movimento ripetuto degli stessi cilindri in Fasi diverse. Come esempio ipotizziamo la sequenza:

---

A + / B + / B - / A - / B + / B -

---

Il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** ha un movimento ripetuto. I finecorsa **a1** e **a0** pilotano entrambi la valvola del cilindro **B** per effettuare la corsa positiva. Il finecorsa **b0** nella **Fase 3** pilota la valvola del cilindro **A** per effettuare la corsa negativa **A -**, nella **Fase 6** la pilota per effettuare la corsa positiva **A +**. Il movimento del cilindro **B +** è in funzione dell'azionamento dei finecorsa **a1** e **a0**, i movimenti **A +** e **A -** sono in funzione del finecorsa **b0**.

Dividiamo la sequenza in gruppi e determiniamo quante Linee e memorie sono necessarie.

---

A + / B +   /   B - / A -   /   B +   /   B -  
U1           /        U2           /        U3       /        U4

---

Servono 4 Linee e 3 memorie.

#### Figura 96

**Fase 1:** la **Linea U1** è attiva, il finecorsa **b0** è azionato ed è alimentato da rete.

Il segnale in uscita dal finecorsa **b0** svolge due funzioni:

- quando è in **AND** con la **Linea U1**, alimenta il pulsante **I.C.** per dare lo Start alla sequenza **A +**
- quando è in **AND** con la **Linea U2**, consente il movimento **A -**.

---

**U1 \* I.C. \* b0 = A +**

---

**Fase 2:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** effettua la corsa positiva, raggiunge e aziona il finecorsa **a1** la cui uscita attraversando la funzione **OR** pilota la valvola del cilindro **B**, il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** effettua la corsa positiva.

---

**U1 \* a1 = B +**

---

**Fase 3:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** aziona il finecorsa **b1** il cui segnale in uscita genera il pilotaggio **S2** che pilotando la valvola di memoria la commuta, si cancella la **Linea U1** e si abilita la **Linea U2**.

Attivando la **Linea U2** il finecorsa **a1** non è più alimentato e decade il pilotaggio della valvola del cilindro **B** che essendo monostabile si riposiziona, il gruppo stelo/pistone compie la corsa negativa **B -**.

---

**b1 = S2 = U2 = B -**

---

**Fase 4:** il finecorsa **b0** svolge la seconda delle funzioni illustrate, in **AND** con la **Linea U2** consente il movimento del gruppo stelo/pistone del cilindro **A** verso la posizione negativa **A -**.

---

**U2 \* b0 = A -**

---

**Fase 5:** il finecorsa **a0** è alimentato dalla **Linea U2** e con il suo azionamento si genera il segnale **S3** che pilotando la valvola di memoria cancella la **Linea U2** e abilita la **Linea U3**.

L'uscita della **Linea U3** tramite la funzione **OR**, è inviata al pilotaggio della valvola monostabile che comanda il cilindro **B** abilitando il movimento del gruppo stelo/pistone verso la posizione positiva **B +**.

---

**U2 \* a0 = S3 = U3 = B +**

---

**Fase 6:** raggiunto il finecorsa **b1** si genera un'uscita che in **AND** con la **Linea U3** diventa il segnale **S4** il quale pilota la valvola di memoria, questo segnale cancella la **Linea U3** e abilita la **Linea U4**.

Attivando la **Linea U4** il finecorsa **a1** non è più alimentato e non si ha più il pilotaggio della valvola del cilindro **B** che si riposiziona, il gruppo stelo/pistone compie la corsa negativa **B -**.

Il finecorsa **b0** in **AND** con la **Linea U4** genera il segnale **S1** che resetta la cascata.

---

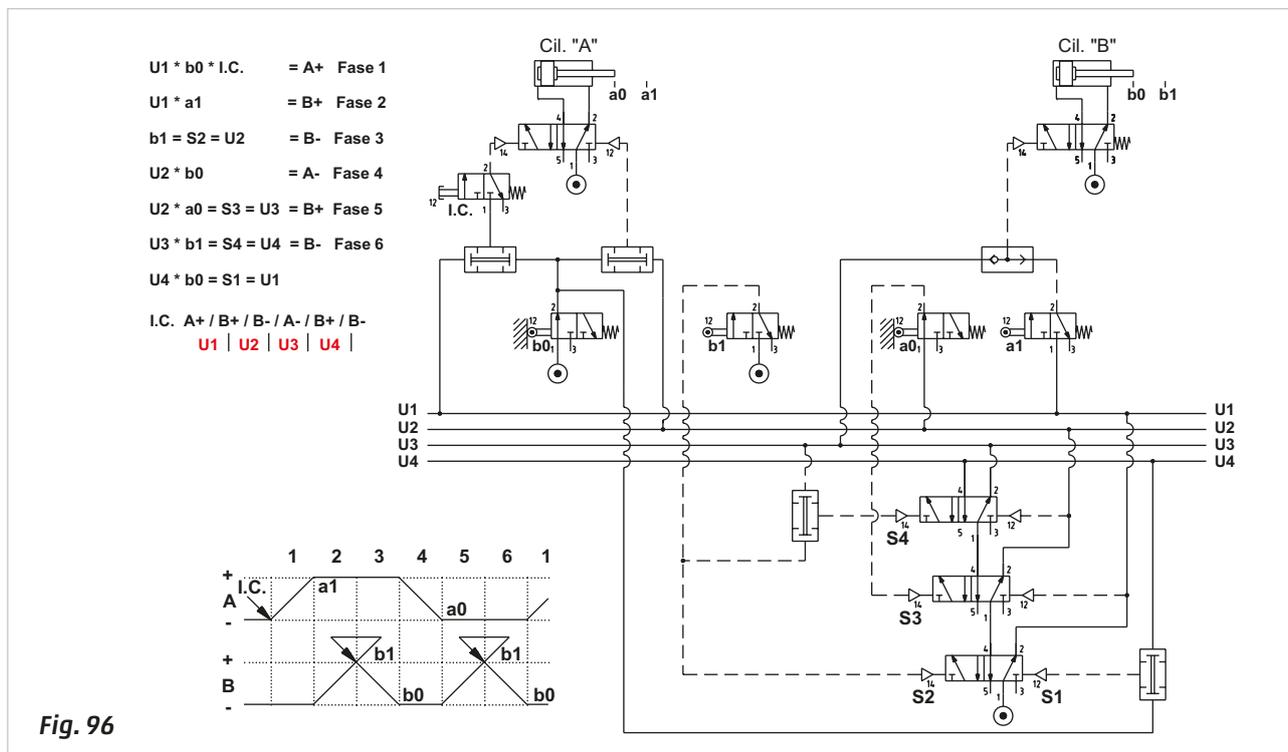
**U3 \* b1 = S4 = U4 = B -**

---

E infine riportiamo la condizione iniziale ossia al completamento della corsa **B** – si avrà:

$$U4 * b0 = S1 = U1$$

La sequenza è terminata ed è in attesa di un nuovo segnale di Start tramite il comando **I.C.**



## Il sequenziatore

L'intervento sull'alimentazione dei finecorsa che generano dei segnali bloccanti, richiede uno studio preliminare diverso a seconda del metodo che si vuole adottare per la realizzazione del circuito.

In alcuni casi, è ottenibile una semplificazione dello schema tramite l'uso ripetuto di almeno due funzioni pneumatiche, una memoria 3/2 ed una funzione logica AND. Questi elementi possono essere opportunamente collegati e integrati in un unico dispositivo che prende il nome di **sequenziatore**.

Con il sequenziatore i segnali bloccanti o la loro durata non sono più determinanti.

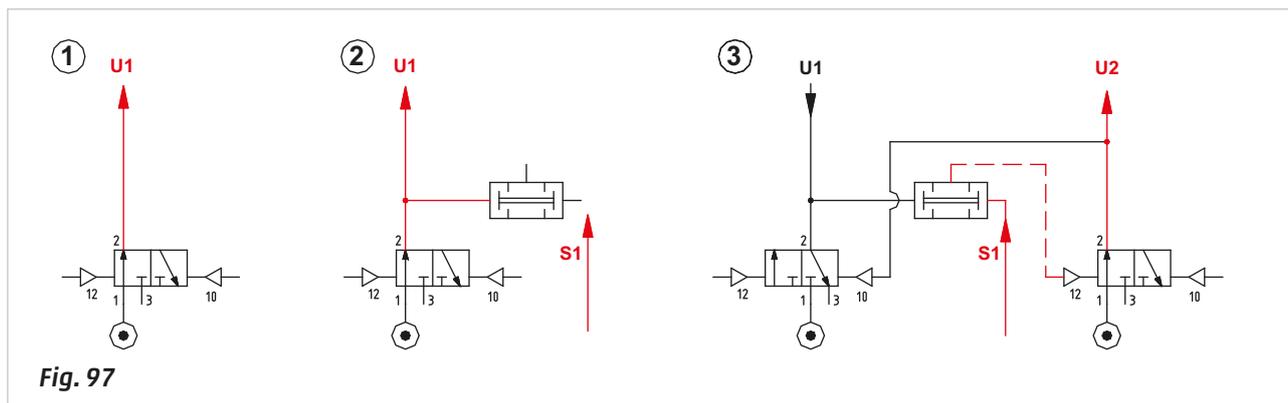
### Figura 97

**Pos. 1:** è raffigurata una memoria 3/2 in posizione **aperta** ed alimentata da rete, l'uscita è definita **U1**. Questa uscita è utilizzata per dare il consenso all'avanzamento della ciclica o ad es. per alimentare il pulsante di Start.

**Pos. 2:** l'uscita **U1**, è collegata in parallelo ad una funzione **AND**. L'uscita di questa funzione si attiva solo in presenza del segnale **S1**, proveniente dal primo finecorsa azionato dopo l'avvio del ciclo.

**Pos. 3:** il segnale **S1** è ora presente, l'uscita della funzione **AND** è attiva e pilota la memoria del modulo sequenziatore successivo che aprendosi genera l'uscita **U2**. Questa uscita oltre ad essere utilizzata come pilotaggio di valvole nel circuito ha la funzione di chiudere la memoria 3/2 che ha generato **U1**.

Chiudendosi la memoria, l'uscita **U1** si scarica come il segnale di pilotaggio **12** alla memoria che ha generato l'uscita **U2**.



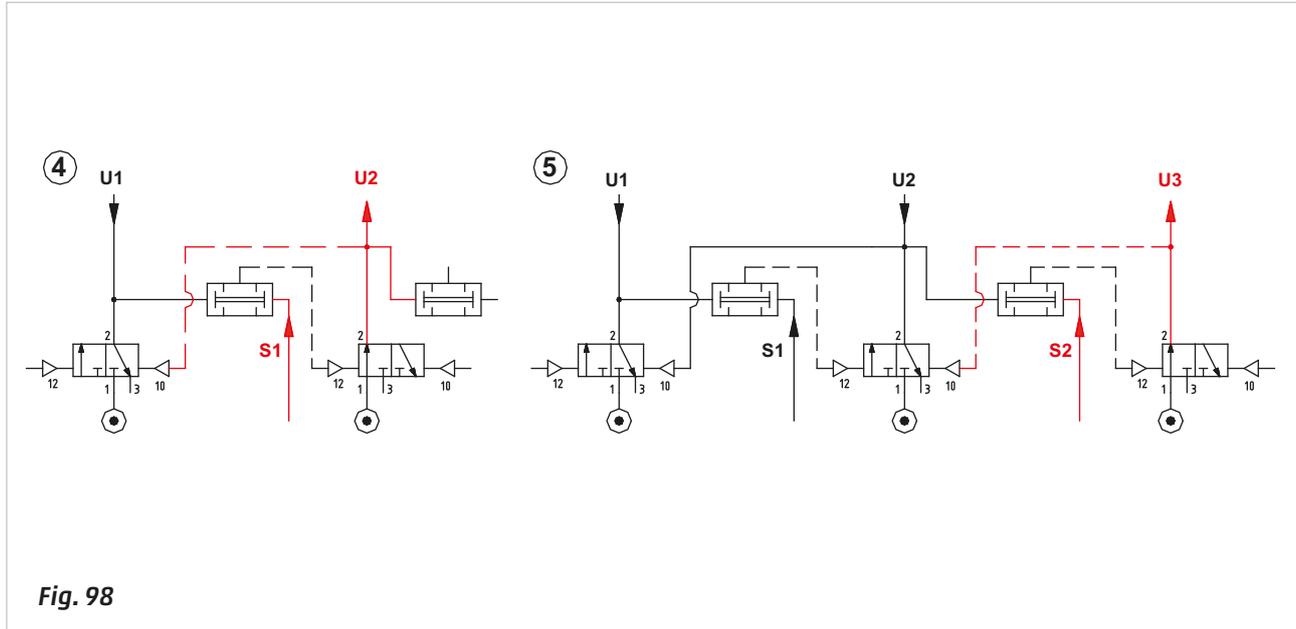
**Figura 98**

**Pos. 4:** l'uscita **U2**, oltre a svolgere le funzioni appena descritte, alimenta l'ingresso di un nuovo **AND**.

Anche con il segnale **S1** presente, dalla funzione **AND** non si ha uscita in quanto manca l'ingresso **U1**.

**Pos. 5:** la valvola di potenza pilotata dall'uscita **U2** ha determinato il movimento di qualche attuatore, l'avvenuto movimento deve essere rilevato ad esempio da un finecorsa, che genera un segnale in uscita. Questo segnale diventa **S2** che è l'ingresso della nuova funzione **AND** la quale attivandosi pilota la memoria del modulo sequenziatore successivo, si genera l'uscita **U3**.

Analogamente alla Pos. 3 l'uscita **U3**, oltre ad essere utilizzata come pilotaggio di valvole nel circuito, ha la funzione di chiudere la memoria **3/2** che ha generato **U2**. Chiudendosi la memoria, l'uscita **U2** si scarica come il segnale di pilotaggio **12** alla memoria che ha generato l'uscita **U3**.

**Fig. 98**

Dopo averne illustrato il principio di funzionamento, analizziamo come utilizzarlo per lo svolgimento di una sequenza. La sequenza da realizzare è:

A+ / B+ / B- / C+ / C- / A-

**Condizioni:** Start tramite pulsante di Inizio Ciclo **I.C.**

#### Scelta delle valvole di potenza:

Cilindro **A**: è preferibile la funzione **bistabile** in quanto il cilindro resta nella posizione di finecorsa positiva per quasi tutta la sequenza.

Cilindri **B** e **C**: in questo caso è preferibile una funzione **monostabile**.

Anche in questa sequenza ci sono dei segnali bloccanti:

**a1** è presente sia per la corsa **B +** sia per **B -**

**b0** è presente sia per la corsa **C +** sia per **C -**

**c0** è presente sia per la corsa **A -** sia per **A +**

utilizzando il sequenziatore questi segnali possono essere trascurati.

Come da prassi lo schema è rappresentato a impianto fermo prima della partenza.

Sia i finecorsa sia le valvole di potenza che azionano i cilindri, sono alimentate da rete.

**Figura 99**

**Pos. 1:** la memoria nel 1° modulo sequenziatore (**MS1**) è aperta, la sua uscita definita **U1**, alimenta il pulsante **I.C.** e l'elemento logico **AND** del 2° modulo sequenziatore (**MS2**).

Il comando di **Start** fornito tramite l'azionamento di **I.C.** pilota la valvola del cilindro **A** e consente la corsa positiva **A +** al gruppo stelo/pistone.

**Pos. 2:** terminata la corsa **A +** si aziona il finecorsa **a1**, la sua uscita e la conferma della presenza di **U1**, sono collegate agli ingressi dell'elemento logico **AND** del modulo **MS2**. L'uscita dell'**AND** pilota la memoria che aprendo il passaggio genera **U2**.

Con l'attivazione della **Linea U2** si ha:

- il pilotaggio della valvola di potenza del cilindro **B** per ottenere la corsa **B +**.
- il reset della memoria del modulo **MS1** e conseguente rimozione di **U1**.
- la predisposizione della funzione **AND** del modulo **MS3**.

La **Linea U2** resta attiva sino all'azionamento del finecorsa **b1** che rileva il raggiungimento della posizione **B +**.

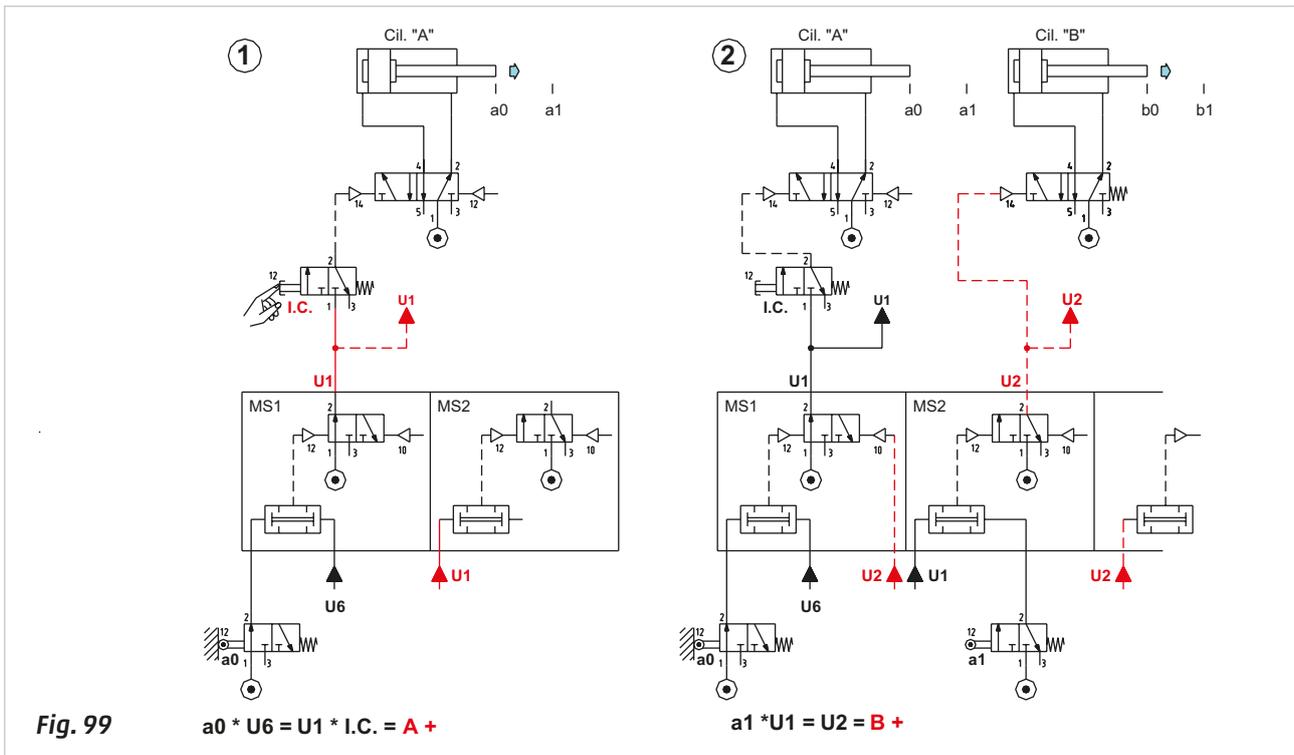


Figura 100

**Pos. 3:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** completando la sua corsa positiva e azionando il finecorsa **b1**, attiva un segnale in uscita. Questo segnale e la conferma della presenza della **Linea U2**, sono collegati agli ingressi dell'elemento logico **AND** del modulo **MS3**. L'uscita dell'**AND** ha pilotato la memoria che aprendo il passaggio ha generato la **Linea U3**.

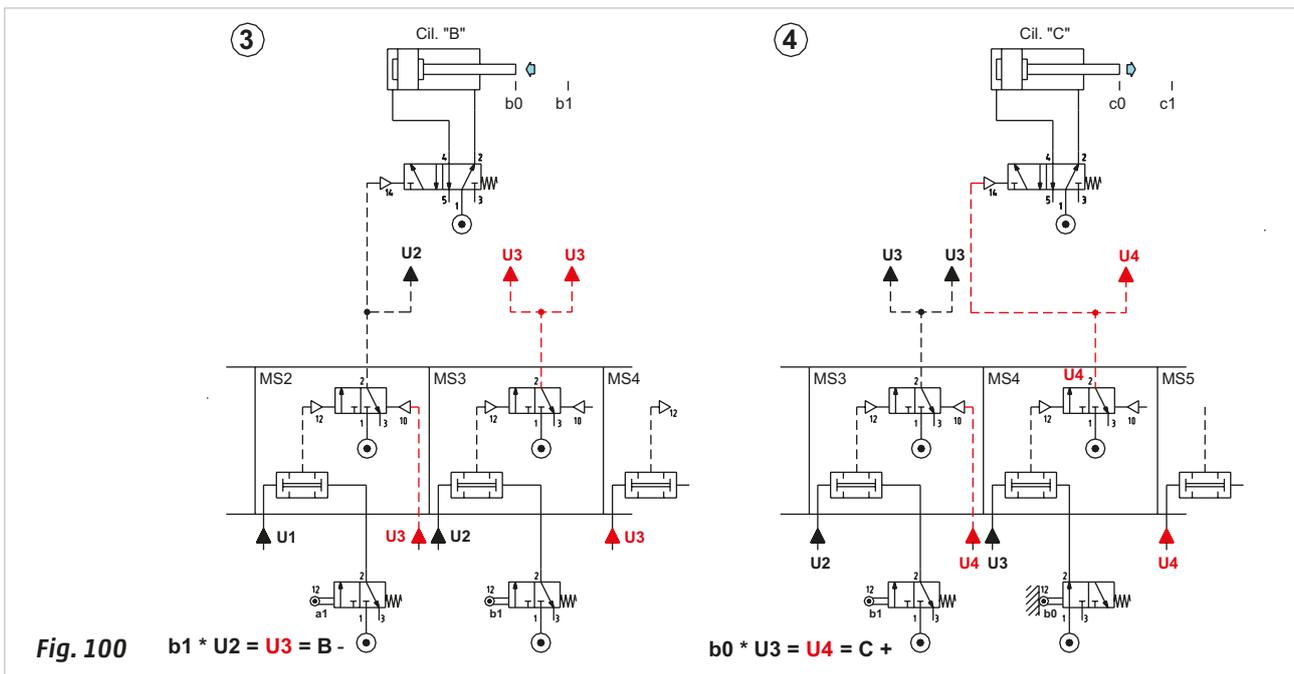
Con l'attivazione della **Linea U3** si ha:

- il reset della memoria del modulo **MS2** e di conseguenza la rimozione della **Linea U2**, la commutazione della valvola di potenza del cilindro **B** (monostabile) e il riposizionamento del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**
- la predisposizione della funzione **AND** del modulo **MS4**.

**Pos. 4:** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** completando la sua corsa negativa e azionando il finecorsa **b1**, attiva un segnale in uscita. Questo segnale e la conferma della presenza della **Linea U3**, sono collegati agli ingressi dell'elemento logico **AND** del modulo **MS4**. L'uscita dell'**AND** ha pilotato la memoria che aprendo il passaggio ha generato la **Linea U4**.

Con l'attivazione della **Linea U4** si ha:

- il pilotaggio della valvola di potenza del cilindro **C** per ottenere la corsa positiva **C +**
- il reset della memoria del modulo **MS3** e conseguente rimozione della **Linea U3**
- la predisposizione della funzione **AND** del modulo **MS5**.





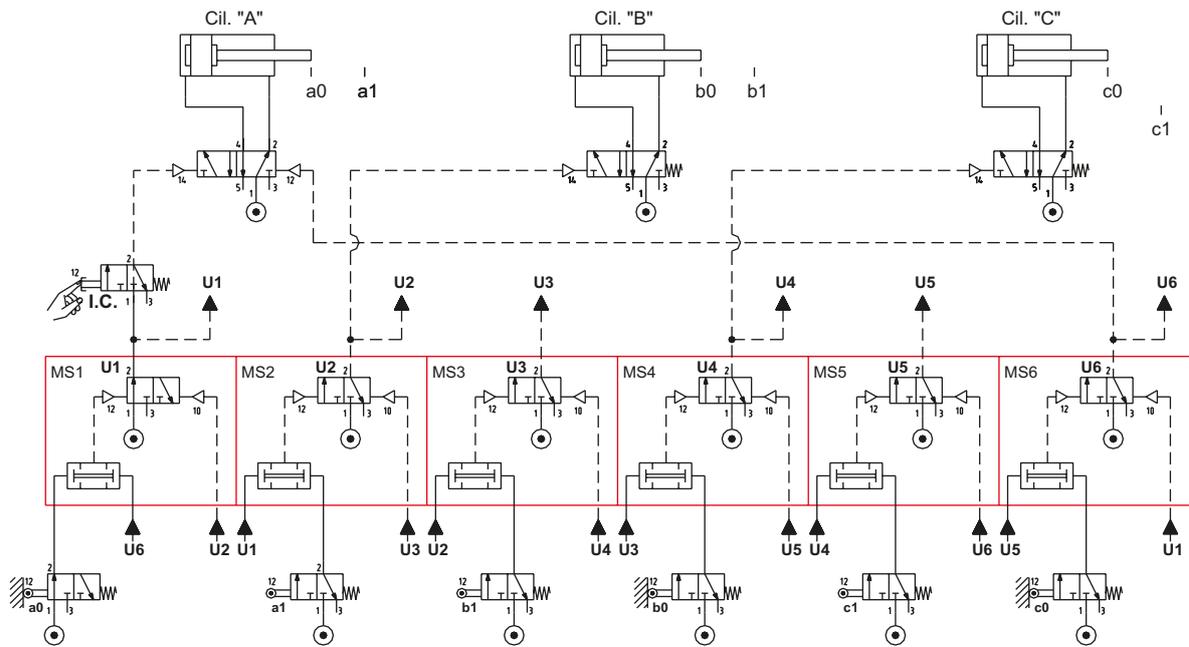


Fig. 102

Figura 103

In questo esempio si introducono dei comandi relativi all'Emergenza e alla gestione del ripristino del ciclo.

**Emergenza:** è stata utilizzata una valvola 5/2 bistabile che nella posizione raffigurata alimenta tutti i finecorsa, in caso di azionamento, interrompendo questa alimentazione non si consente al sequenziatore di proseguire nella ciclica **fermandolo nella Fase in corso**.

Ripristinando il comando di **EM** il sequenziatore **riprende dalla Fase in cui si è fermato**.

**Reset:** questo comando è attivo solo in fase di **EM**, al suo azionamento si azzerano le memorie di tutti i moduli **MS** mettendole in posizione di chiusura e si riposiziona la valvola bistabile che comanda il cilindro **A**.

Altra funzione è quella di predisporre la memoria 3/2 in alimentazione al comando **I.C.** tramite la funzione **OR** ed il comando **U6** in posizione **aperta**.

Come indicato nei capitoli precedenti la funzione di **EM** e di **Reset** devono essere opportunamente analizzati al fine di evitare danni all'attrezzatura. L'esempio descritto ha scopo puramente didattico.

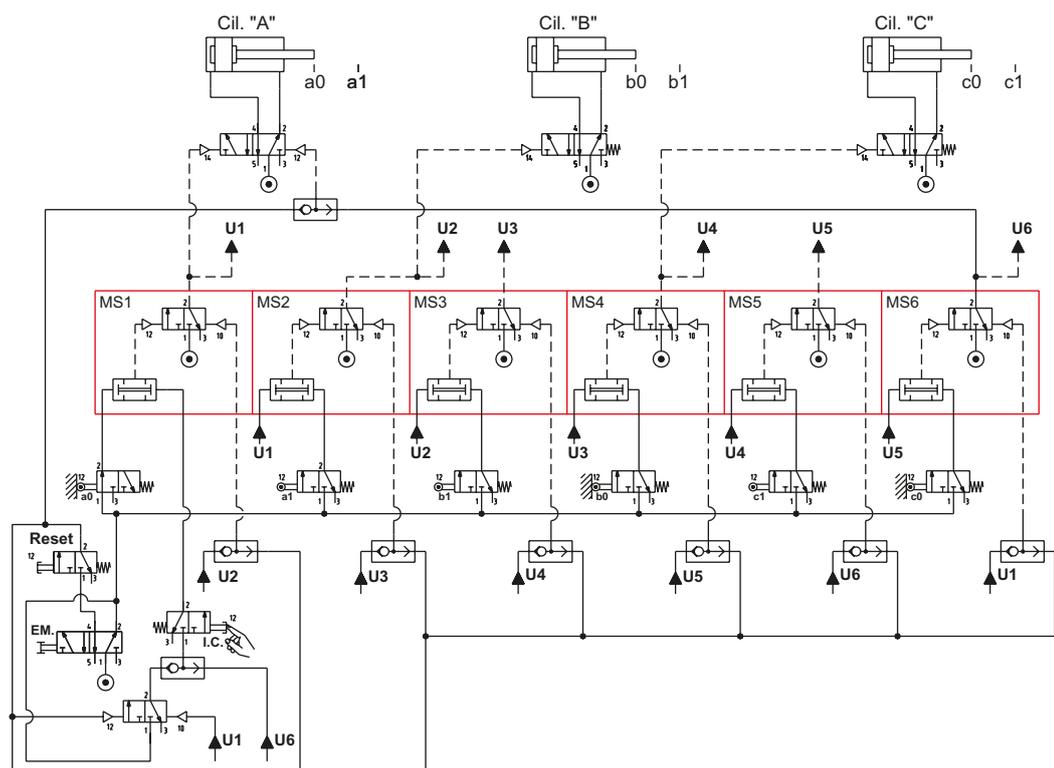


Fig. 103

## Comando bimanuale

Nelle sequenze illustrate nei precedenti paragrafi, non abbiamo previsto dei dispositivi di sicurezza che prevedessero l'uso di entrambe le mani per dare il comando di Inizio Ciclo.

Delle regole di carattere generale prescrivono gli accorgimenti da adottare per la sicurezza nell'ambiente di lavoro, nel raggio di azione delle attrezzature e altro. Il costruttore dell'impianto decide quali condizioni si devono avere con l'azionamento del pulsante di EM ad es. l'interruzione dell'energia elettrica, dell'energia pneumatica, il raggiungimento di determinate posizioni da parte degli organi in movimento o altro. Analogamente per il comando di Inizio Ciclo, è il costruttore dell'impianto che, in base alla posizione dell'operatore rispetto alla macchina o ad organi meccanici di essa, prevede che lo Start possa essere dato con un sistema tradizionale o con un dispositivo **Bimanuale**.

Il Bimanuale consente di avere un segnale in uscita solo alla presenza contemporanea di due ingressi che corrispondono alle uscite dei pulsanti sui quali agisce l'operatore. Generalmente il circuito pneumatico che lo realizza, come rappresentato nel riquadro con tratteggio di color verde, è integrato in un unico blocco al quale si collegano le uscite dei pulsanti, in questo caso le valvole manuali **P1** e **P2**.

Queste valvole devono essere distanziate fra di loro in modo da impedirne l'azionamento con una sola mano. Con il loro azionamento il segnale in uscita giunge sia alla funzione OR sia alla funzione AND. Il segnale in uscita dall'OR attraversa un regolatore di flusso unidirezionale a taratura fissa utilizzato per definire il tempo di riempimento della capacità posta in serie, in modo da ritardare il pilotaggio della valvola 3/2 bistabile.

Questo ritardo, anche se minimo, consente al segnale della funzione AND di raggiungere più velocemente la valvola 3/2 aprendola in contemporanea all'azione sui pulsanti. Se uno dei due pulsanti fosse azionato con un leggero ritardo, il segnale in uscita dall'OR raggiungerebbe la valvola 3/2 mantenendola in posizione di chiusura. Al rilascio di uno dei due pulsanti è esclusa l'uscita della funzione AND e la valvola 3/2 si chiude con il segnale proveniente dall'OR.

Ipotizziamo il movimento di due cilindri con la sequenza:

---

A + / B + / A - / B -

---

### Figura 104

Condizioni richieste per ottenere il comando di **I.C.**:

- contemporaneità dei segnali provenienti dai due pulsanti **P1** e **P2**.
- Se uno dei due pulsanti è sempre attivo, (bloccato da mezzi esterni) non è consentita la partenza della ciclica.
- Se durante la corsa **A +** uno dei due pulsanti è rilasciato, il cilindro deve invertire la corsa tornando alla posizione negativa.
- Solo al raggiungimento del finecorsa **a1**, l'operatore può rilasciare i pulsanti.
- I pulsanti possono essere azionati solo quando il cilindro **B** è in posizione di finecorsa negativa.

Scelta delle valvole di comando:

- la condizione richiesta per la **Fase 1**, presuppone che il cilindro **A** sia collegato ad una valvola 5/2 monostabile.
- Per il cilindro **B** è preferibile l'impiego di una valvola bistabile in quanto fra le corse positiva e negativa ci sono Fasi intermedie.

Il finecorsa **b0** alimenta i due pulsanti **P1** e **P2**, le loro uscite corrispondono agli ingressi del Bimanuale la cui uscita corrisponde a quello che nel diagramma di flusso è definito **IC**.

Il segnale **I.C.**, oltre a pilotare la valvola 5/2 monostabile che abilita il movimento **A +**, fornisce alimentazione al finecorsa **a1**, al momento non azionato.

Quando il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** raggiunge il finecorsa **a1** si ha un segnale in uscita che pilota: la valvola di potenza del cilindro **B** per il movimento **B +** e l'apertura della valvola di memoria 3/2 la cui uscita si sostituisce a quella del Bimanuale. I pulsanti possono essere rilasciati.

Il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** al termine della corsa positiva, aziona il finecorsa **b1** la cui uscita riposiziona la valvola 3/2 che chiudendosi rimuove il pilotaggio alla valvola del cilindro **A** e l'alimentazione del finecorsa **a1**. In assenza di questo segnale la funzione monostabile della valvola provoca la corsa **A -** e il successivo azionamento di **a0**. Il segnale in uscita dal finecorsa **a0** pilota la valvola del cilindro **B** che consente la corsa **B -**, il ciclo giunge al termine.

L'esercizio illustrato è solo dimostrativo e non rispetta nessuna norma in vigore riguardante sicurezze o altro.

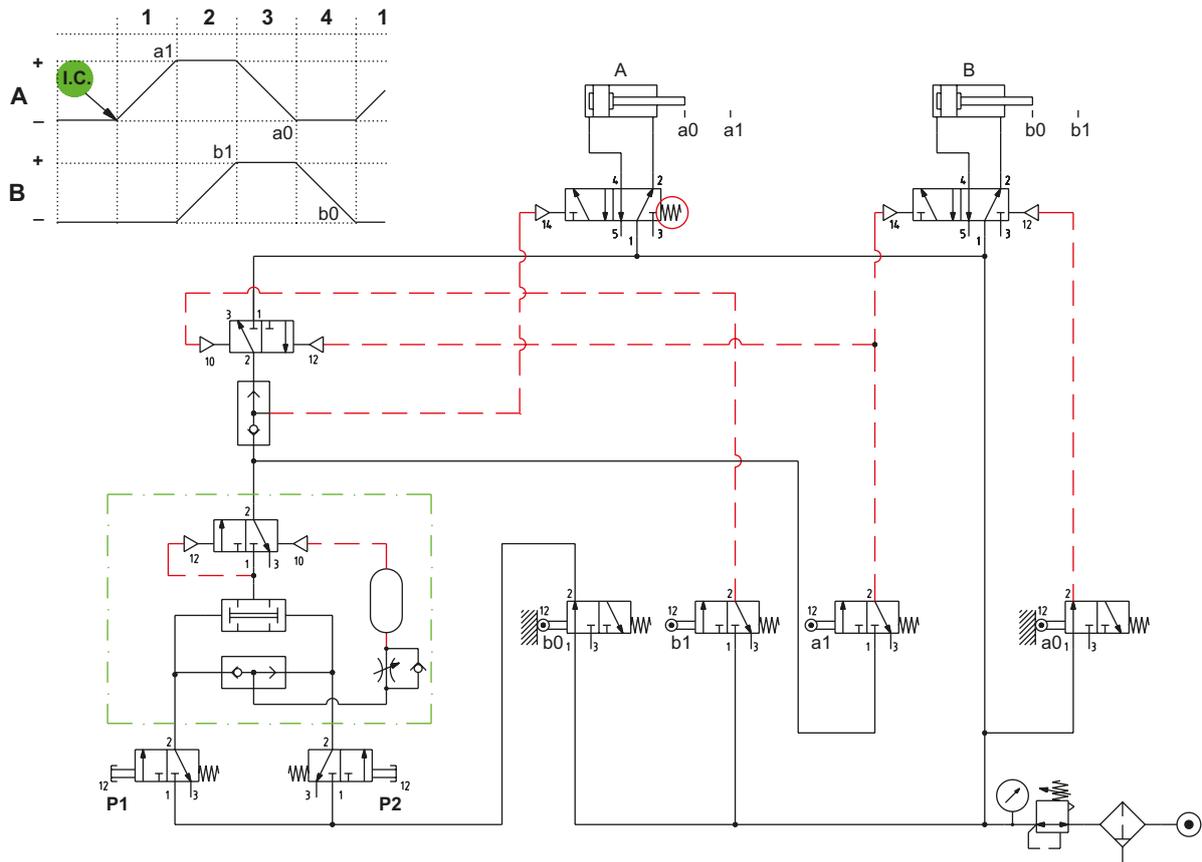


Fig. 104

6

I CIRCUITI ELETTROPNEUMATICI

## CAPITOLO 6

# I CIRCUITI ELETTROPNEUMATICI

- 196 Simbologia elettrica
- 197 Circuiti con relè
- 198 Sistemi di comando
- 201 Schema elettropneumatico
- 202 Realizzazione delle funzioni logiche
- 204 Circuiti con doppi comandi
- 207 Comando di emergenza:
  - arresto e riposizionamento dei cilindri
- 210 Ciclica con più cilindri
- 213 Sequenze con segnali bloccanti

## Simbologia elettrica

Nel lessico pneumatico ed elettrico si utilizzano delle definizioni come: Normalmente Aperta/o e Normalmente Chiusa/o.

Queste definizioni, nei due contesti, assumono significati diversi:

- **in quello Pneumatico:** come visto nei precedenti paragrafi, una valvola è Aperta quando consente al fluido di attraversarla e Chiusa quando non c'è passaggio.
- **in quello Elettrico:** non si hanno valvole ma contatti, il contatto è costituito da due parti metalliche di cui una mobile. Con la definizione contatto Normalmente Aperto la corrente non passa in quanto le due parti non sono unite, non c'è continuità meccanica.

Con la definizione contatto Normalmente Chiuso le due parti sono unite si ha continuità meccanica, la corrente lo attraversa.

I contatti possono avere diversi tipi di azionamento: manuali, meccanici o elettrici e si trovano in molti componenti elettrici come: interruttori, deviatori, pulsanti, relè, teleruttori, temporizzatori ecc.

Il collegamento elettrico di questi elementi è generalmente realizzato tramite morsetti o faston.

Schematicamente, negli schemi pneumatici la rete di distribuzione dell'A/C è indicata con un segmento continuo mentre i segnali di pilotaggio con una linea tratteggiata.

Elettricamente la linea di potenza è rappresentata da due segmenti continui di spessore marcato, le linee di logica si derivano da quelle di potenza, sono più sottili e riportano le funzioni, come le bobine dei teleruttori o dei relè, i relativi contatti, il carico ecc.

La lettura di uno schema elettrico si fa partendo dall'alto verso il basso e da sinistra verso destra. È consigliabile numerare ogni singola Linea di logica e riportare sul contatto la lettera identificatrice del relè di cui fa parte.

### Figura 1

#### Pos. 1:

A: linea di potenza

B: connessione linee di collegamento

C: incrocio di linee di collegamento senza connessione

#### Pos. 2:

A: comando a pulsante con contatto **NO**

B: comando a pulsante con contatto **NC**

#### Pos. 3:

A: comando a selettore con contatto **NO**

B: comando a selettore con contatto **NC**

#### Pos. 4:

A: comando con pulsante di sicurezza con contatto **NO**

B: comando con pulsante di sicurezza con contatto **NC**

#### Pos. 5: contatto in scambio

#### Pos. 6:

A: microinterruttore di fine corsa con contatto **NO**

B: microinterruttore di fine corsa con contatto **NC**

#### Pos. 7:

A: relè con contatto **NO**

B: relè con contatto **NC**

#### Pos. 8:

A: temporizzatore con contatto **NO**

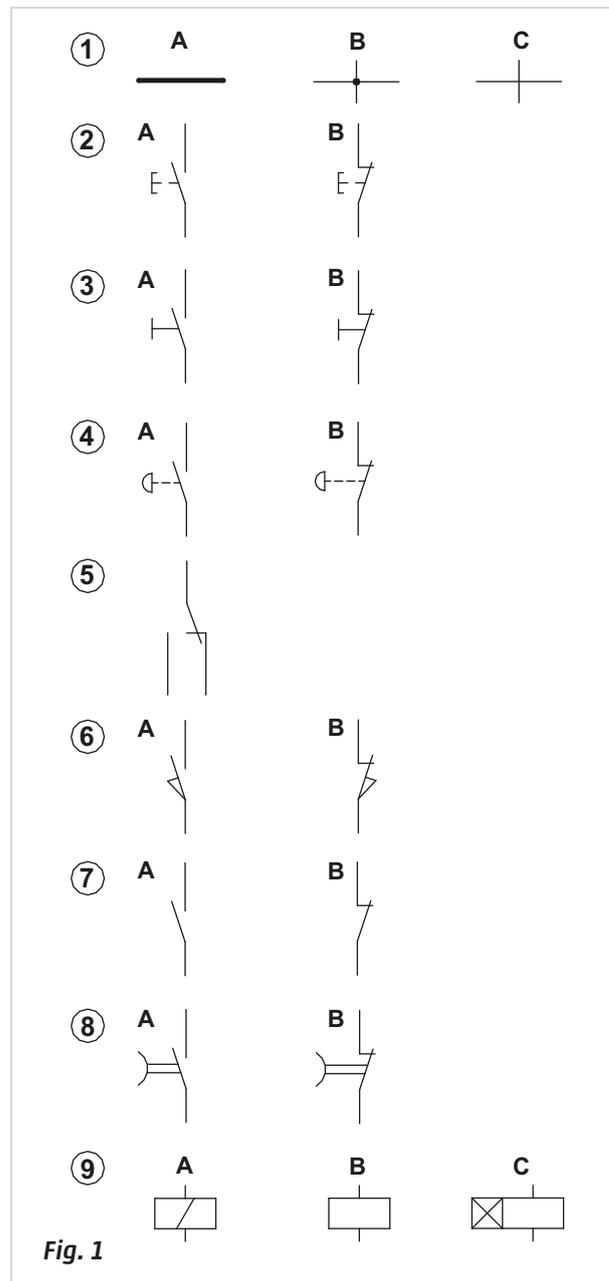
B: temporizzatore con contatto **NC**

#### Pos. 9:

A: bobina di una elettrovalvola

B: bobina di un relè

C: bobina di un temporizzatore



## Circuiti con relè

Il relè è un componente elettrico che integra dei contatti, anche con funzioni diverse i quali tramite un meccanismo azionato da una bobina, ne modifica lo stato, aprendone o chiudendone il passaggio.

### Figura 2

#### Pos. 1:

**A:** la bobina è diseccitata, il contatto è **NC** il segnale elettrico può passare;

**B:** la bobina è eccitata ed attrae il meccanismo di movimento che agendo sul contatto lo apre. Il segnale elettrico non passa.

#### Pos. 2:

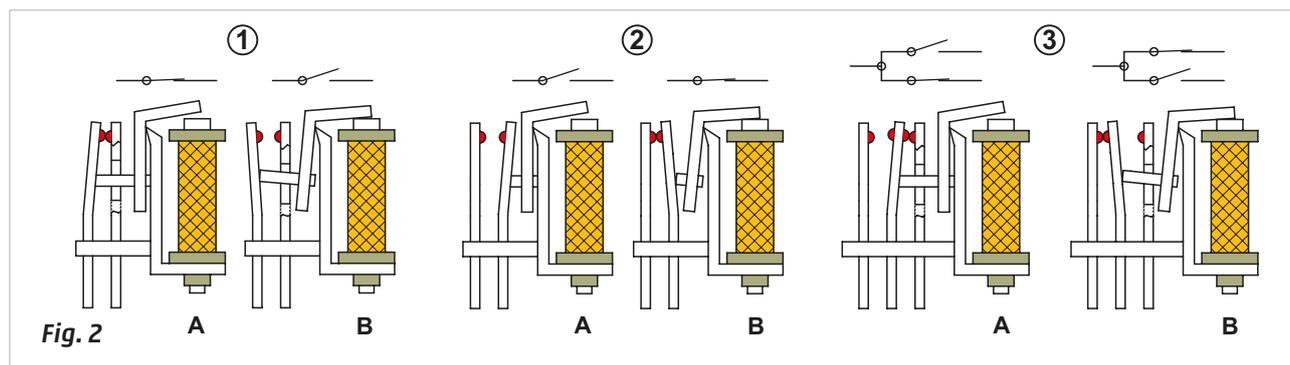
**A:** la bobina è diseccitata, il contatto è **NO** il segnale elettrico non passa;

**B:** la bobina è eccitata ed attrae il meccanismo di movimento che agendo sul contatto lo chiude. Il segnale elettrico può passare.

**Pos. 3:** in questo caso il relè ha due contatti con funzioni diverse uno **NO** ed uno **NC**

**A:** la bobina è diseccitata, il segnale elettrico può passare solo dal contatto **NC**

**B:** la bobina è eccitata ed attrae il meccanismo di movimento che inverte lo stato dei contatti. Il contatto **NO** si chiude, il segnale elettrico ora può passare, il contatto **NC** si apre, il segnale elettrico si interrompe.



### Figura 3

#### Funzione Identità

**Linea 1:** è collegato il pulsante **P1** con contatto **NO** il segnale in uscita eccita la bobina del relè **X** sul quale sono presenti due contatti **x** e **x<sub>1</sub>** anche questi **NO**.

**Linea 2:** è collegato il contatto **x** del relè **X**, il segnale in uscita eccita la bobina **B1**.

**Linea 3:** è collegato il contatto **x<sub>1</sub>** del relè **X**, su questo contatto non è applicato nessun carico.

Nel circuito rappresentato, con la chiusura del contatto del pulsante **P1** si ha che:

- il relè **X** si eccita
- si chiudono i contatti **x** e **x<sub>1</sub>** sulle **Linee 2 e 3**
- si eccita la bobina **B1**

Ad ogni azionamento di **P1** si eccita la bobina **B1**.

### Figura 4

#### Funzione Negazione

**Linea 1:** è collegato il pulsante **P1** con contatto **NO** il segnale in uscita eccita la bobina del relè **Y** sul quale sono presenti tre contatti due **NC**, **y** e **y<sub>2</sub>** ed uno **NO**, **y<sub>1</sub>**

**Linea 2:** è collegato il contatto **y** del relè **Y**, il segnale in uscita eccita la bobina **B2**. In questa fase la bobine è eccitata.

**Linea 3:** è collegato il contatto **y<sub>1</sub>** del relè **Y**, su questo contatto non è applicato nessun carico.

**Linea 4:** è collegato il contatto **y<sub>2</sub>** del relè **Y**, su questo contatto non è applicato nessun carico.

Nel circuito rappresentato, con la chiusura del contatto del pulsante **P1** si ha che:

- il relè **Y** si eccita
- si aprono i contatti **y** e **y<sub>2</sub>**
- il contatto **y<sub>1</sub>** si chiude
- si diseccita la bobina **B2**

Ad ogni azionamento di **P1** si diseccita la bobina **B2**.

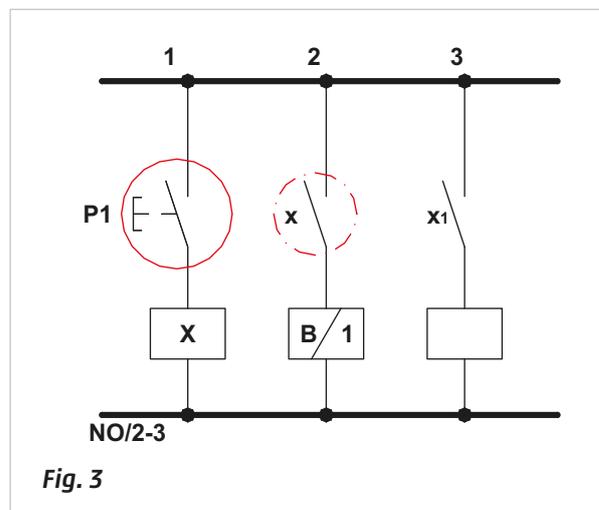


Fig. 3

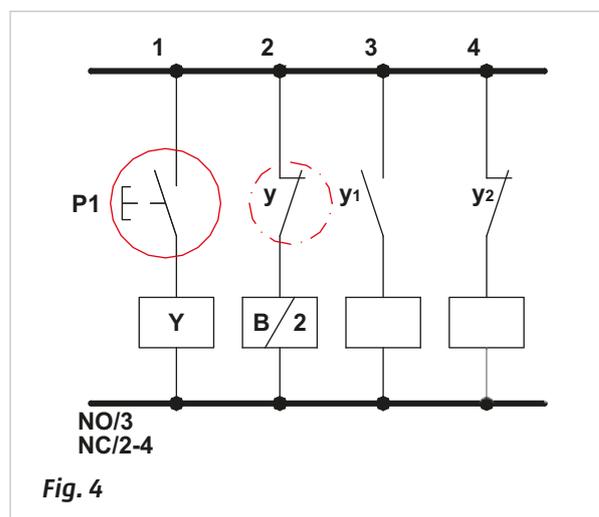
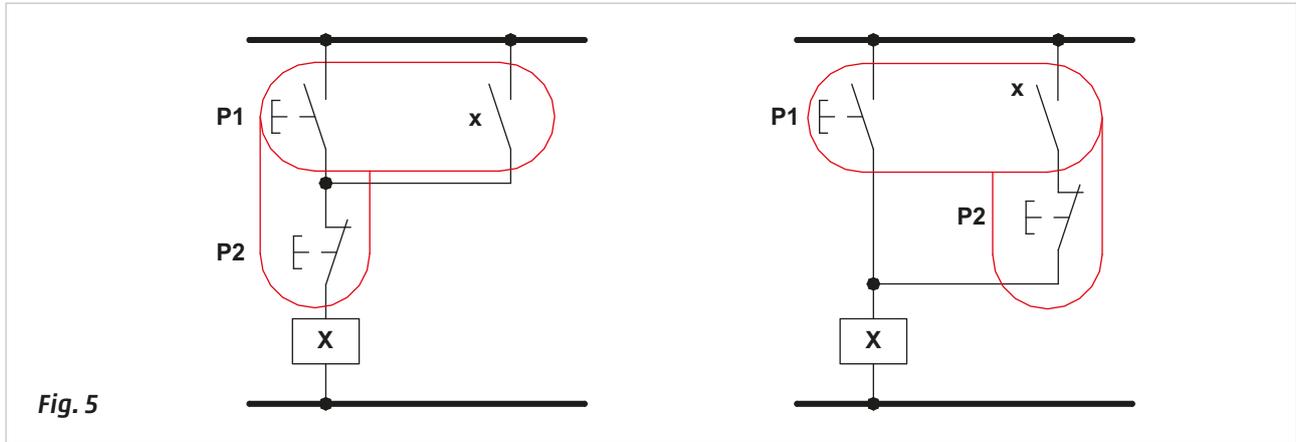


Fig. 4

**Figura 5****Funzione Memoria**

È possibile realizzare questo circuito mediante due diversi collegamenti. Con un intervento anche di breve durata sul pulsante **P1**, si eccita la bobina del relè **X** in quanto il contatto del pulsante **P2** è chiuso. Il contatto **x** si chiude e mantiene eccitato il relè anche con il rilascio del pulsante **P1**. Per escludere la memorizzazione si interviene sul pulsante **P2**, che può essere posizionato in entrambe le posizioni indicate nel disegno.

**Sistemi di comando**

Dopo aver analizzato alcuni contatti elettrici, osserviamo come inserirli in un circuito. Come esempio ipotizziamo che il carico del contatto sia il solenoide di un'Ev.

In questo primo esempio di schema elettropneumatico, azioniamo i solenoidi direttamente dai pulsanti. In seguito vedremo che i comandi non sono mai diretti sul carico ma agiscono come Input su PLC (Controllore a Logica Programmabile), o come azionamento della bobina di un relè. Sui contatti del relè è collegato il carico.

In uno schema elettropneumatico si rappresentano i circuiti di **potenza** e di **comando**.

Nel circuito di **potenza** si rappresentano i componenti pneumatici: cilindri ed elettrovalvole.

In quello di **comando** i componenti elettrici tradizionali: rele, teleruttori, contatti, ma anche le parti elettriche dei componenti pneumatici come i solenoidi.

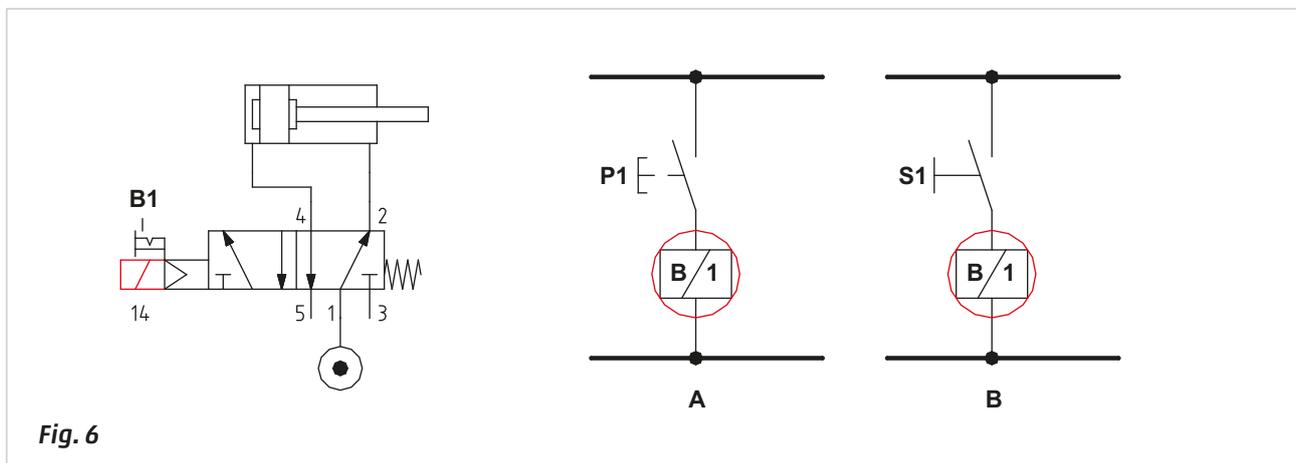
**Figura 6****Azionamento di una Ev. 5/2 monostabile.**

**A:** con l'azionamento del pulsante **P1**, il contatto **NO** si chiude, il segnale elettrico raggiunge il solenoide **B1** e lo eccita. L'Ev. commuta e consente la corsa positiva del gruppo stelo stelo/pistone del cilindro.

La durata dell'azionamento sul pulsante **P1** corrisponde alla durata del segnale elettrico che eccita il solenoide **B1**. Rilasciando il pulsante **P1**, l'Ev. torna nella posizione di riposo e il cilindro effettua la corsa negativa.

**B:** il pulsante **P1** è stato sostituito dal selettore **S1** che mantiene la posizione data dall'azionamento.

Con l'azionamento di **S1** il contatto **NO** si chiude, il segnale elettrico passa raggiunge il solenoide **B1** e lo eccita. L'Ev. commuta e consente la corsa positiva del gruppo stelo stelo/pistone del cilindro. La corsa negativa è possibile solo con il riposizionamento del selettore.



**Figura 7****Azionamento di una Ev. 5/2 bistabile.**

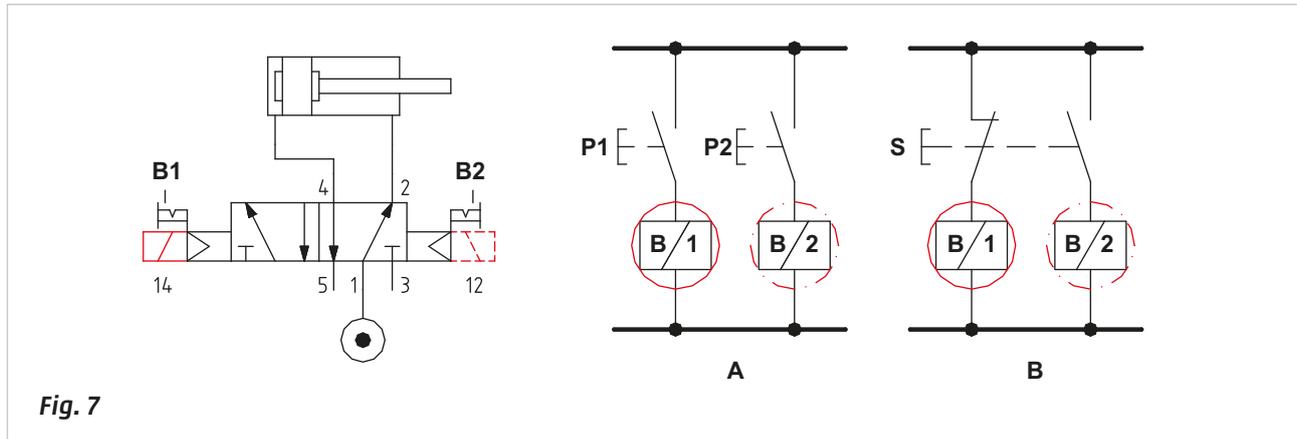
**A:** i pulsanti **P1** e **P2**, tramite i contatti **NO** sono collegati rispettivamente i solenoidi **B1** e **B2**.

In questo caso essendo l'Ev. di tipo bistabile non si ha necessità di un segnale continuo sui solenoidi.

Azionando il pulsante **P1**, il contatto **NO** si chiude, il segnale elettrico lo attraversa ed eccita il solenoide **B1**, il cilindro compie la corsa positiva. Con il rilascio del pulsante il contatto torna ad essere **NO**, il segnale elettrico si interrompe ma l'Ev. mantiene la posizione. Le stesse azioni, sul pulsante **P2**, consentono la corsa negativa.

**B:** i pulsanti **P1** e **P2** sono stati sostituiti dal selettore **S** sul quale si azionano simultaneamente un contatto **NC** ed uno **NO**. Quando il contatto **NC** si apre, il contatto **NO** si chiude e viceversa.

Questa soluzione, anche se anomala in quanto la funzione bistabile della valvola garantisce la posizione, può essere utilizzata in presenza di forti vibrazioni che potrebbero modificarne lo stato.

**Fig. 7**

Con il termine "ciclo" di un cilindro si intende l'arco temporale nel quale il gruppo stelo/pistone compie le corse positiva e negativa. Con il termine "sequenza" si intende l'insieme dei cicli di più cilindri, necessari per realizzare una determinata operazione. Identificazione delle: Linee logiche, dei Relè e dei relativi contatti.

**Figura 8****Ciclo Singolo di un cilindro con Ev. 5/2 bistabile.**

**Linea 1:** tramite l'azionamento del pulsante **I.C.** (Inizio Ciclo) si chiude il contatto **NO**, il segnale passa ed eccita il solenoide **B1**.

Il pulsante **I.C.** può essere rilasciato. L'Ev. commuta e il gruppo stelo/pistone effettua la corsa positiva.

**Linea 2:** il gruppo stelo/pistone raggiunge il finecorsa **a1** azionandolo, il contatto si chiude e si eccita il solenoide **B2**. L'Ev. commuta e il gruppo stelo/pistone effettua la corsa negativa.

**Figura 9****Ciclo Singolo di un cilindro con rilevamento della posizione iniziale, Ev. 5/2 bistabile.**

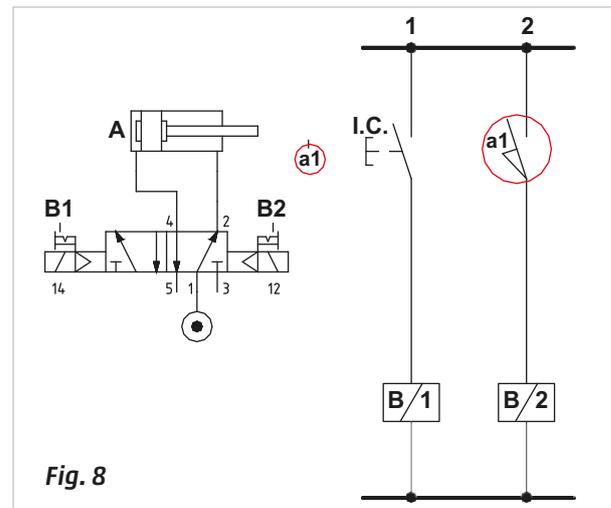
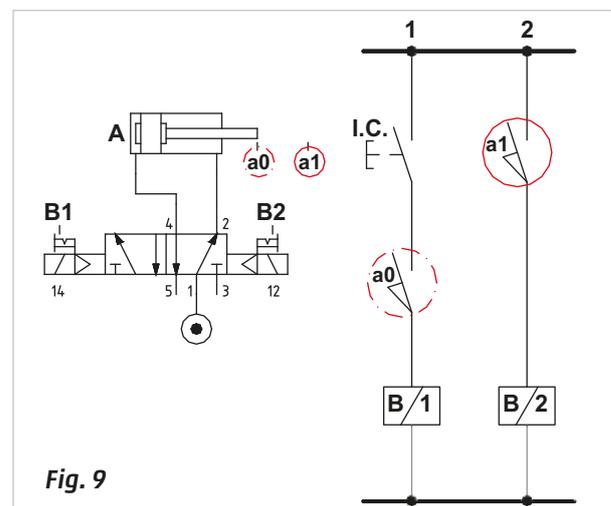
**Linea 1:** tramite l'azionamento del pulsante **I.C.** (Inizio Ciclo) si chiude il contatto **NO**, il segnale passa e giunge sul contatto del finecorsa **a0** che è azionato in quanto il cilindro è nella posizione iniziale.

Il segnale passa e arriva al solenoide **B1** eccitandolo, l'Ev. commuta e il gruppo stelo/pistone effettua la corsa positiva, il contatto del finecorsa **a0** è tornato in posizione **NO**.

Il pulsante **I.C.** può essere rilasciato.

**Linea 2:** il gruppo stelo/pistone raggiunge il finecorsa **a1** azionandolo, il contatto si chiude e si eccita il solenoide **B2**. L'Ev. commuta e il gruppo stelo/pistone effettua la corsa negativa.

Il procedimento è analogo a quello della Fig. 8, il ciclo ha inizio solo se si ha il consenso della posizione iniziale con il finecorsa **a0** azionato

**Fig. 8****Fig. 9**

**Figura 10****Ciclo Singolo di un cilindro con rilevamento della posizione iniziale, Ev. 5/2 Monostabile.**

Con questo tipo di Ev. il comando del pulsante **I.C.** deve essere memorizzato per consentire al cilindro di compiere l'intera corsa.

**Linea 1:** azionando il pulsante **I.C.** e con la presenza del finecorsa **a0**, il segnale oltre ad eccitare la bobina del relè **X**, raggiunge il solenoide dell'Ev. **B1**.

L'Ev. scambia e il gruppo stelo/pistone effettua la corsa positiva. Il contatto del finecorsa **a0** torna in posizione **NO**.

**Linea 2:** il pulsante **I.C.** può essere rilasciato in quanto il comando alla bobina **B1** è in autoritenuta attraverso il contatto **x** del relè **X**.

**Linea 3:** raggiunta la posizione di finecorsa positiva si ha l'azionamento del finecorsa **a1** e la relativa chiusura del contatto. Il segnale passa ed eccita la bobina del relè **Y** che apre il suo contatto **y** sulla **Linea 2**.

Mancando l'eccitazione del solenoide **B1** l'Ev. si ripositiona e il gruppo stelo/pistone effettua la corsa negativa.

**Figura 11****Ciclo Continuo di un cilindro, Ev. Bistabile.**

Un ciclo è continuo quando si ripete automaticamente. Normalmente negli impianti la posizione del gruppo stelo/pistone dei cilindri è rilevata da sensori magnetici posizionati sulla camicia del cilindro. Il valore di corrente che può attraversare il contatto di questi sensori è limitato e dipende dall'assorbimento del carico collegato. Per evitare problemi sui sensori, il carico in questo caso determinato dai solenoidi, è applicato sui contatti **x** e **y** dei relè **X** e **Y**.

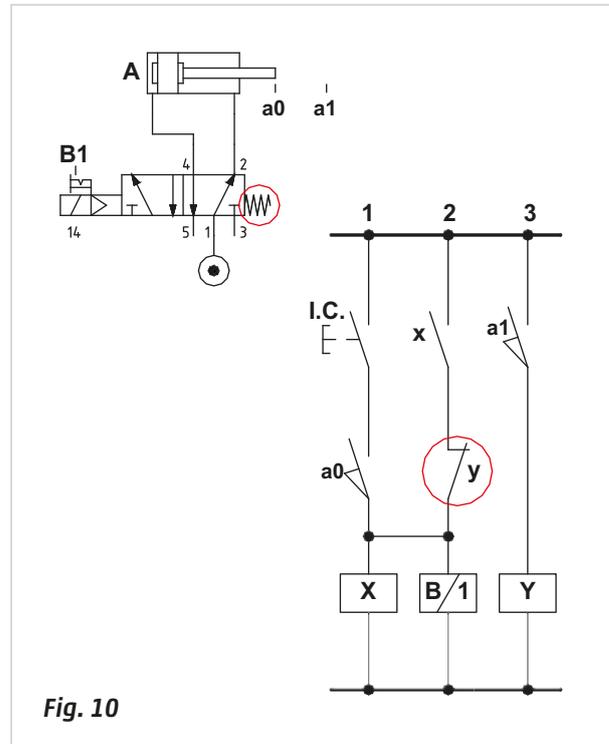
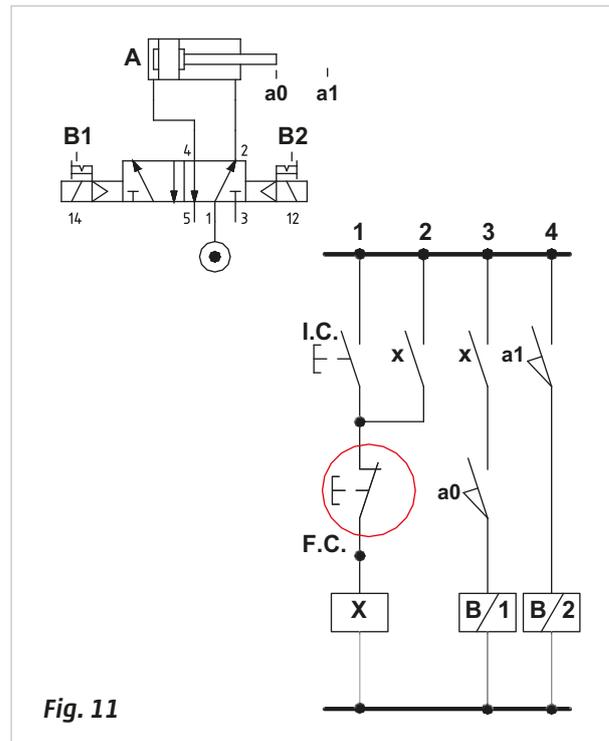
**Linea 1:** i solenoidi dell'Ev. non sono eccitati, il pulsante di Fine Ciclo **F.C.** è in posizione **NC**, azionando il pulsante **I.C.** il segnale passa ed eccita la bobina del relè **X**.

**Linea 2:** il contatto **x** del relè **X** si chiude mettendo in autoritenuta la **Linea 1**, il pulsante **I.C.** può essere rilasciato.

**Linea 3:** il contatto **x** oltre a mettere in autoritenuta la **Linea 1** fa passare il segnale verso il contatto del finecorsa **a0**. In questa fase questo finecorsa è azionato in quanto il cilindro è nella posizione di riposo.

Il segnale passa raggiunge il solenoide **B1** dell'Ev. e lo eccita. L'Ev. scambia, il gruppo stelo/pistone effettua la corsa positiva.

**Linea 4:** il finecorsa **a0** non è più azionato, il gruppo stelo/pistone raggiunge il finecorsa **a1** e lo commuta. Il segnale lo attraversa e raggiunge il solenoide **B2** eccitandolo. L'Ev. non avendo più il comando del solenoide **B1** può commutare, il gruppo stelo/pistone effettua la corsa negativa.

**Fig. 10****Fig. 11**

Raggiunta la posizione iniziale si commuta nuovamente il finecorsa **a0** la bobina del relè **X** è ancora eccitata, il segnale sulla **Linea 3** è ancora attivo e con la chiusura del contatto del finecorsa **a0** raggiunge il solenoide **B1** eccitandolo. L'Ev. commuta ed il ciclo riprende. Per interromperlo bisogna azionare il pulsante **F.C.**

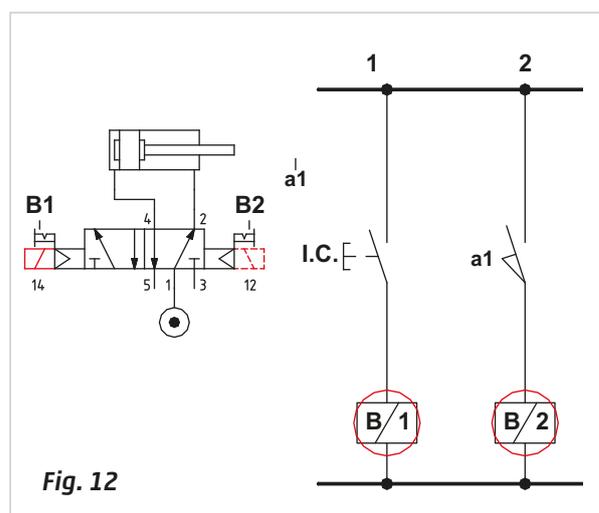
## Schema elettropneumatico

**Figura 12**

**Ciclo Singolo di un cilindro a D.E. con Ev. 5/2 bistabile.**

**Linea 1:** la posizione iniziale del cilindro è determinata dall'ultimo segnale ricevuto, in questo caso quello che ha eccitato il solenoide **B2** dell'Ev. Azionando il pulsante di start **I.C.** il segnale elettrico raggiunge il solenoide **B1** e lo eccita. L'Ev. commuta e il gruppo stelo/pistone del cilindro compie la corsa positiva.

**Linea 2:** raggiunta la posizione di finecorsa positiva si aziona il finecorsa **a1**, il contatto chiude, il segnale elettrico raggiunge il solenoide **B2** e lo eccita. Con il pulsante **I.C.** rilasciato, l'Ev. si riposiziona e il gruppo stelo/pistone del cilindro compie la corsa negativa. Mantenendo azionato il pulsante **I.C.** il comando al solenoide **B1** è bloccante su **B2**.



**Fig. 12**

**Figura 13**

**Ciclo Continuo di un cilindro a D.E. con Ev. 5/2 Monostabile.**

**Linea 1:** con una Ev. e un pulsante Monostabili, per ottenere un ciclo continuo è necessario memorizzare il comando di start, per farlo si inserisce il relè **X**. Con l'azionamento del pulsante di start **I.C.** si chiude il contatto ed il segnale elettrico raggiunge il contatto del pulsante di fine ciclo **F.C.** Essendo questo contatto chiuso, il segnale lo attraversa e raggiungendo il relè **X** ne eccita la bobina che chiude il contatto **x**. Il contatto **x** è in parallelo con il pulsante **I.C.** che può essere rilasciato. La nota **NO/1-2** sottostante la **Linea 1** indica che il contatto **x** è presente sia sulla **Linea 1** sia sulla **Linea 2** ed è aperto.

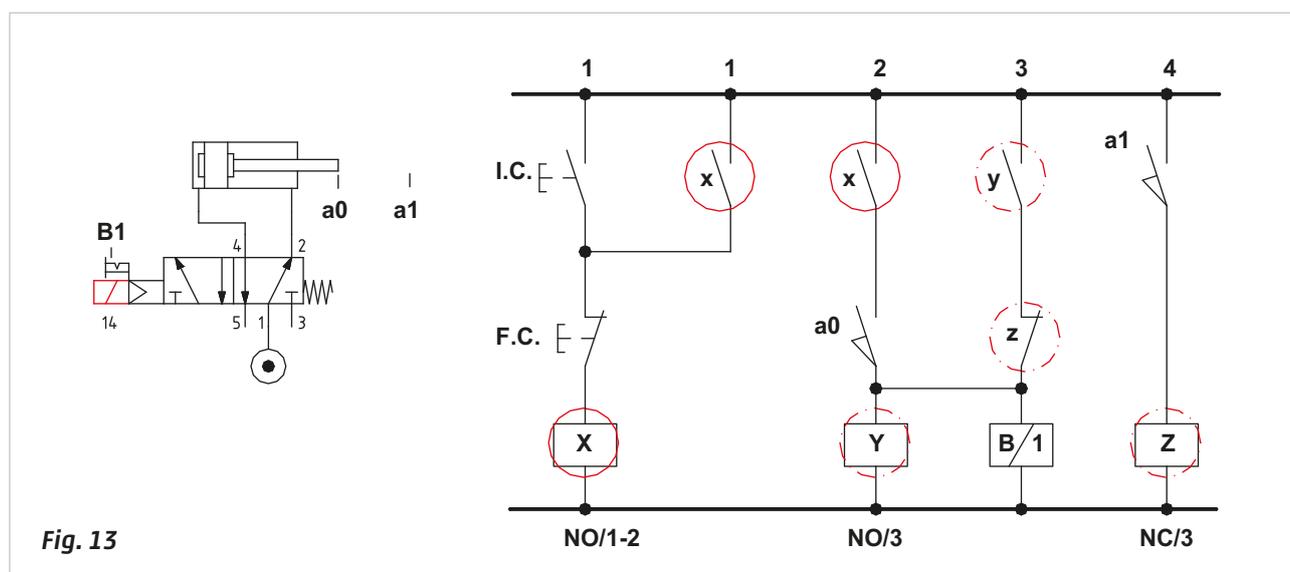
**Linea 2:** il contatto **x** è chiuso, il contatto del finecorsa **a0** anche se rappresentato aperto, è chiuso in quanto il cilindro lo sta azionando il segnale passa e raggiunge la bobina del relè **Y** eccitandola. Si chiude il contatto **y**. Tramite il collegamento fra il contatto **a0** e il relè **Y**, il segnale giunge anche sulla **Linea 3**.

La nota **NO/3** sottostante la **Linea 2** indica che il contatto **y** è presente sulla **Linea 3** ed è aperto.

**Linea 3:** il contatto **y** è stato chiuso, il contatto **z** è chiuso, il segnale passa ed eccita il solenoide **B1**.

Con l'eccitazione di **B1** il gruppo stelo/pistone effettua la corsa positiva, non si ha più la conferma della posizione da parte del finecorsa **a0**. Per evitare che con l'apertura del suo contatto si disecciti la bobina del relè **Y**, questo segnale è in autoritenuta.

**Linea 4:** con il raggiungimento del finecorsa **a1** e la chiusura del relativo contatto si ha l'eccitazione della bobina del relè **Z**. Il contatto **z** si apre e il solenoide **B1** non ricevendo più segnale si diseccita, l'Ev. si riposiziona.



**Fig. 13**

Con l'azionamento del pulsante **F.C.** si interrompe l'alimentazione alla bobina del relè **X**:

- Con il gruppo stelo/pistone in movimento verso la corsa positiva, si raggiunge la posizione finale per poi riposizionarsi. Anche aprendo il contatto **x** sulle **Linee 1** e **2**, il segnale alla bobina del relè è mantenuto da **y** sulla **Linea 3**, il contatto del finecorsa **a1** non è azionato ed il contatto **z** è chiuso. Al raggiungimento del finecorsa **a1** il relativo contatto si chiude, la bobina del relè **Z** si eccita e il contatto **z** aprendosi interrompe l'eccitazione del solenoide **B1**. Il gruppo stelo/pistone rientra.
- Con l'azionamento durante la corsa negativa del gruppo stelo/pistone, raggiunta la posizione terminale il movimento si arresta.

## Realizzazione delle funzioni logiche

Figura 14

### Funzione YES

**Senza relè:** il contatto del pulsante **P1** è **NO**, con l'azionamento il segnale lo attraversa e raggiungendo direttamente il solenoide **B1**, lo eccita.

**Con relè:** il segnale in uscita dal contatto del pulsante **P1** è collegato alla bobina del relè **X** che eccitandosi chiude il suo contatto **x**. Il segnale passa e il solenoide **B1** si eccita.

In presenza di P1 si ha B1

$$P1 = B1$$

### Funzione NOT

**Senza relè:** il contatto del pulsante **P1** è **NC** con il suo azionamento il segnale si interrompe. Il solenoide **B1** direttamente collegato al pulsante si diseccita.

**Con relè:** il contatto del pulsante **P1** è **NO** con il suo azionamento il segnale lo attraversa e raggiunge la bobina del relè **X** che eccitandosi apre il contatto **x**. Il segnale si interrompe, il solenoide **B1** si diseccita.

In assenza di P1 si ha B1

$$\overline{P1} = B1$$

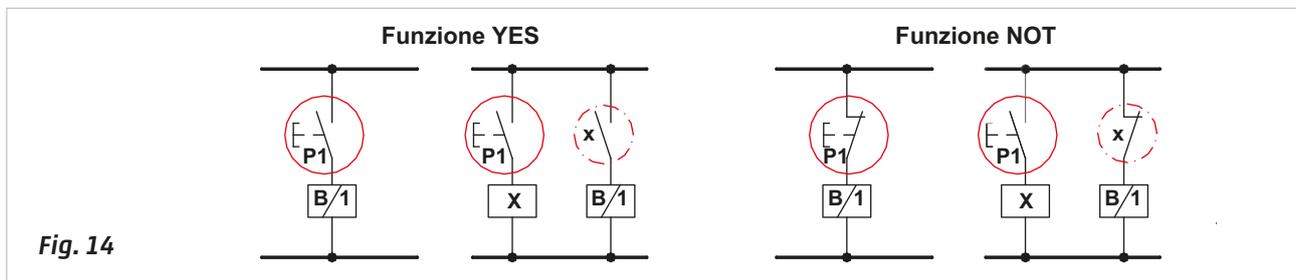


Fig. 14

Figura 15

### Funzione AND

**Senza relè:** i contatti, entrambi **NO** dei due pulsanti **P1** e **P2** sono collegati in serie, azionandoli e mantenendone il comando, il segnale passa e il solenoide **B1** si eccita.

**Con relè:** i contatti dei due pulsanti **P1** e **P2** sono riprodotti dai contatti **x** e **y** dei relè **X** e **Y**. Questi contatti sono collegati in serie. Con l'azionamento dei pulsanti e mantenendone il comando si eccitano le bobine dei due relè che chiudono i rispettivi contatti. Il segnale può raggiungere il solenoide **B1** eccitandolo.

In presenza sia di P1 sia di P2 si ha B1

$$P1 * P2 = B1$$

### Funzione OR

**Senza relè:** i contatti, entrambi **NO** dei due pulsanti **P1** e **P2** sono collegati in parallelo. L'azionamento di uno o di entrambi, consente al segnale di passare e di eccitare il solenoide **B1**.

**Con relè:** i contatti dei due pulsanti **P1** e **P2** sono riprodotti dai contatti **x** e **y**, collegati in parallelo, dei relè **X** e **Y**. L'azionamento di uno o di entrambi, consente al segnale di passare e di eccitare la bobina del relè ad esso collegata. Il contatto del relè chiude, il segnale raggiunge il solenoide **B1** eccitandolo.

In presenza di P1 o P2 o di entrambi si ha B1

$$P1 + P2 = B1$$

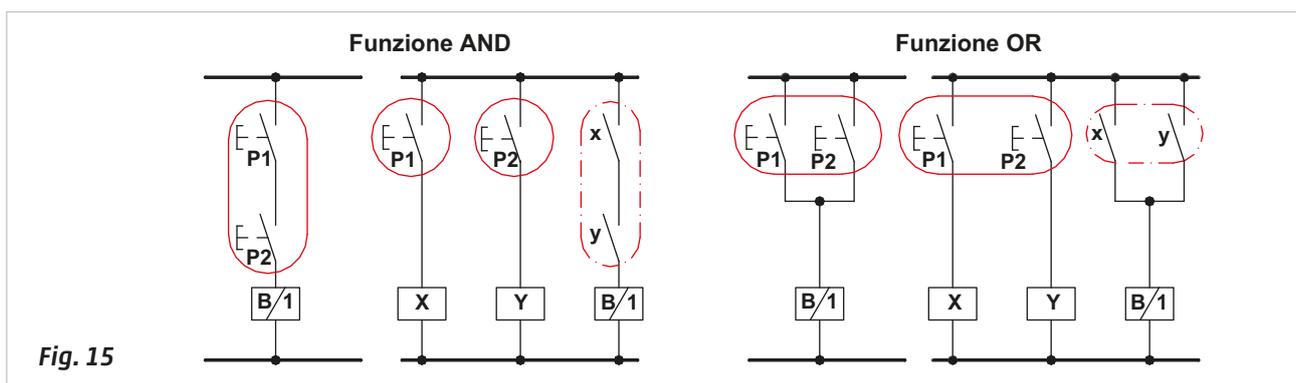


Fig. 15

**Figura 16****Funzione NAND**

La funzione NAND ossia AND negato è possibile solo con la presenza di un relè.

Con il relè **X** non eccitato il contatto **x** è **NC**, il solenoide **B1** è eccitato.

I contatti **NO** dei due pulsanti **P1** e **P2** sono in serie tra di loro, con l'azionamento di entrambi il segnale passa ed eccita la bobina del relè **X**, il contatto **x** si apre e il solenoide **B1** si diseccita.

In assenza di P1, P2 o entrambi si ha B1

$$\overline{P1} * \overline{P2} = B1$$

**Funzione NOR**

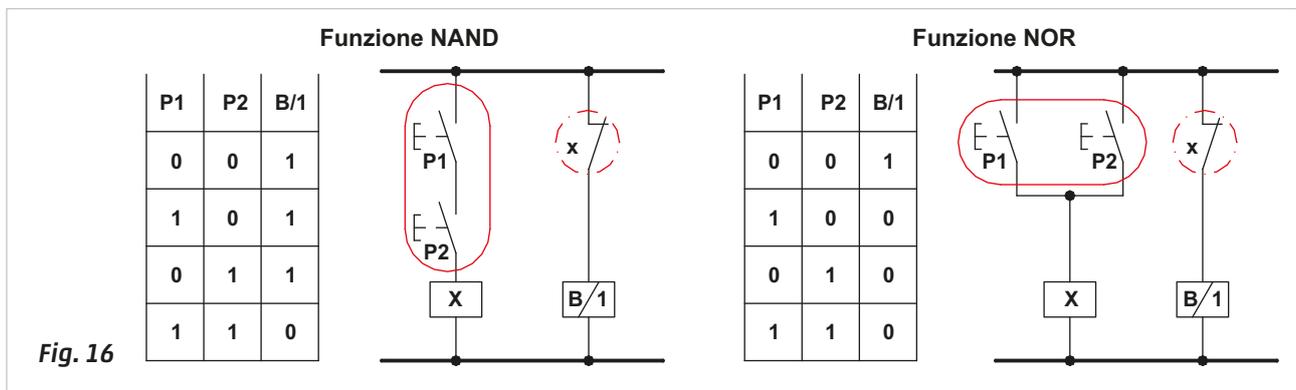
La funzione NOR ossia OR negato è possibile solo con la presenza di un relè.

Con il relè **X** non eccitato il contatto **x** è **NC**, il solenoide **B1** è eccitato.

I contatti **NO** dei due pulsanti **P1** e **P2** sono in parallelo tra di loro, con l'azionamento di uno o entrambi il segnale passa ed eccita la bobina del relè **X**, il contatto **x** si apre e il solenoide **B1** si diseccita.

In assenza di P1 e P2 si ha B1

$$\overline{P1} + \overline{P2} = B1$$

**Figura 17**

**Pos. 1:** l'eccitazione del solenoide **B1** si ha solo con:

**P1** azionato, il segnale eccita la bobina del relè **X** che chiude il contatto **x** e con **P2** non azionato il contatto **y** resta chiuso il segnale passa ed eccita il solenoide **B1**.

$$P1 * \overline{P2} = B1$$

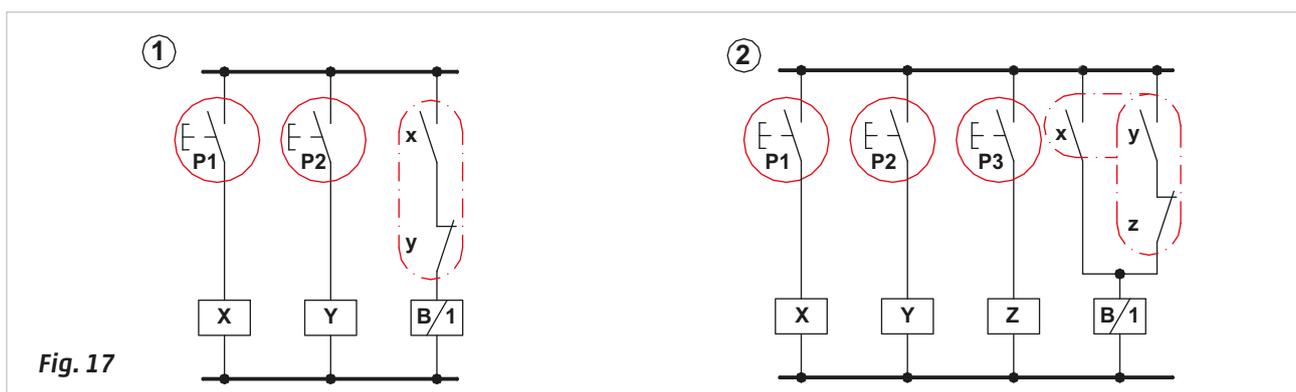
**Pos. 2:** l'eccitazione del solenoide **B1** si ha solo con:

**P1** azionato, il segnale eccita la bobina del relè **X** che chiude il suo contatto **x**. In questo caso la posizione degli altri contatti non è determinante.

Oppure

**P2** azionato e **P3** non azionato, il segnale eccita la bobina del relè **Y** che chiude il suo contatto **y**, il contatto **z** resta invariato, il segnale passa.

$$P1 + P2 + \overline{P3} = B1$$



## Circuiti con doppi comandi

In alcune situazioni può essere utile avere, oltre al comando di Inizio Ciclo, un comando che, a sequenza ferma, consenta di movimentare i singoli attuatori per operazioni di manutenzione o regolazione.

### Figura 18

#### Pos. 1: Comando di un cilindro a Doppio Effetto con Ev. Bistabile.

**Linea 1:** azionando il pulsante **C.C.** (Ciclo Continuo) il segnale in uscita raggiunge il pulsante di Fine Ciclo **F.C.**, in questa fase chiuso, e attraversandolo arriva sulla bobina del relè **X** eccitandola. Il suo contatto **x**, in parallelo al pulsante **C.C.**, si chiude e mette in autoritenuta il segnale del pulsante **C.C.** che può essere rilasciato.

**Linea 2:** anche il contatto **x** su questa Linea si chiude ed il segnale attraversandolo giunge al finecorsa **a0** che rilevando la posizione del gruppo stelo/pistone a finecorsa negativa, consente al segnale di passare e di eccitare il solenoide **B1** dell'Ev. L'Ev. commuta ed il gruppo stelo/pistone compie la corsa positiva raggiungendo la posizione **a1**. Con il rilascio del finecorsa in posizione **a0** il contatto si apre e si interrompe il passaggio del segnale verso il solenoide **B1**. Anche in assenza di questo comando l'Ev. di tipo bistabile mantiene la posizione acquisita con l'ultimo segnale ricevuto.

**Linea 3:** Raggiunta la posizione **a1**, si aziona il relativo finecorsa che chiudendo il contatto permette al segnale di eccitare il solenoide **B2** dell'Ev. L'Ev. commuta e il gruppo stelo/pistone compie la corsa negativa.

A posizione raggiunta si aziona nuovamente il finecorsa **a0**, il segnale trovando il contatto **x** ancora chiuso è libero di passare tornando ad eccitare il solenoide **B1**, la sequenza si ripete. Il segnale al solenoide **B2** cessa con il rilascio del finecorsa **a1**.

Agendo sul pulsante di Fine Ciclo **F.C.** si diseccita il relè **X** che aprendo il contatto **x** sulla **Linea 1** annulla l'autoritenuta, il cilindro può ripartire solo con un nuovo azionamento del pulsante **C.C.**

Azionando il pulsante di Ciclo Singolo **C.S.** (**Linea 2**) quando il gruppo stelo/pistone è nella posizione di finecorsa **a0** si ha l'eccitazione del solenoide **B1**.

L'Ev. commuta, il gruppo stelo/pistone compie la corsa positiva. Al raggiungimento del finecorsa **a1** e se il pulsante **C.S.** è stato rilasciato, si ha l'eccitazione del solenoide **B2** per la corsa negativa. Raggiunta questa posizione il cilindro si ferma.

In caso d'interruzione dell'energia elettrica il gruppo stelo/pistone completa la corsa in atto e si ferma.

Al ripristino dell'energia se fosse nella posizione di finecorsa positiva tornerebbe immediatamente nella posizione di partenza perché il segnale **a1** ecciterebbe il solenoide **B2**.

**Nota:** Il pulsante **C.S.** non può essere in parallelo sulla **Linea 1** con il contatto **x** e il pulsante **C.C.** in quanto il suo azionamento provocherebbe l'eccitazione della bobina del relè **X**, vanificando la funzione di Ciclo Singolo. (vedi circuito nel riquadro).

### Figura 18

#### Pos. 2: Comando di un cilindro a Doppio Effetto con Ev. Monostabile.

Con questo tipo di Ev. i comandi **C.C.** e **C.S.** devono essere memorizzati per tutta la durata della corsa positiva.

**Linea 1:** azionando e mantenendo l'azione sul pulsante **C.C.** il segnale raggiunge e attraversa il contatto del pulsante di Fine Ciclo **F.C.** ed arrivando sulla bobina del relè **X** la eccita facendo chiudere il contatto **x**.

Questo contatto, in parallelo con il pulsante **C.C.** svolge la funzione di autoritenuta.

Il pulsante **C.C.** può essere rilasciato.

**Linea 2:** anche il contatto **x** su questa Linea si chiude ed il segnale attraversandolo giunge al finecorsa **a0** che rilevando la posizione del gruppo stelo/pistone a finecorsa negativa, consente al segnale di passare e di eccitare il solenoide **B1** dell'Ev. Oltre a questo il segnale raggiunge anche la bobina del relè **Y** sulla **Linea 3**.

**Linea 3:** con l'eccitazione della bobina del relè **Y** si chiude il suo contatto **y**. Essendo il contatto **z** chiuso il segnale raggiunge nuovamente la bobina del relè **Y** realizzandone l'autoritenuta.

**Linea 4:** con l'eccitazione del solenoide **B1** sulla **Linea 2** il gruppo stelo/pistone ha iniziato il movimento verso il finecorsa **a1** che, una volta raggiunto, consente al segnale di raggiungere la bobina del relè **Z**.

Con l'apertura del contatto **z** si interrompe l'eccitazione della bobina del relè **Y** e l'apertura del contatto **y** che annullando l'autoritenuta interrompe l'eccitazione del solenoide **B1**. L'Ev., per effetto della molla interna si riposiziona e il gruppo stelo/pistone compie la corsa negativa. Con l'azionamento del finecorsa **a0** il segnale ancora attivo sulla **Linea 2** raggiunge nuovamente il solenoide dell'Ev. **B1** e la bobina del relè **Y**, inizia una nuova sequenza.

Agendo sul pulsante di Fine Ciclo **F.C.** si diseccita la bobina del relè **X** che aprendo il contatto **x** sulla **Linea 2** annulla l'eccitazione del solenoide **B1** e della bobina del relè **Y**.

Il pulsante di Ciclo Singolo **C.S.** (**Linea 2**) è in parallelo con il contatto **x** e ripete il flusso precedentemente illustrato fermando la ciclica quando il gruppo stelo/pistone raggiunge nuovamente la posizione di finecorsa negativa.

Per un nuovo Ciclo Singolo è necessario premere nuovamente **C.S.**

In caso d'interruzione dell'alimentazione elettrica il cilindro ritorna immediatamente nella posizione di partenza. La ripartenza si ha agendo nuovamente sui pulsanti **C.S.** o **C.C.**

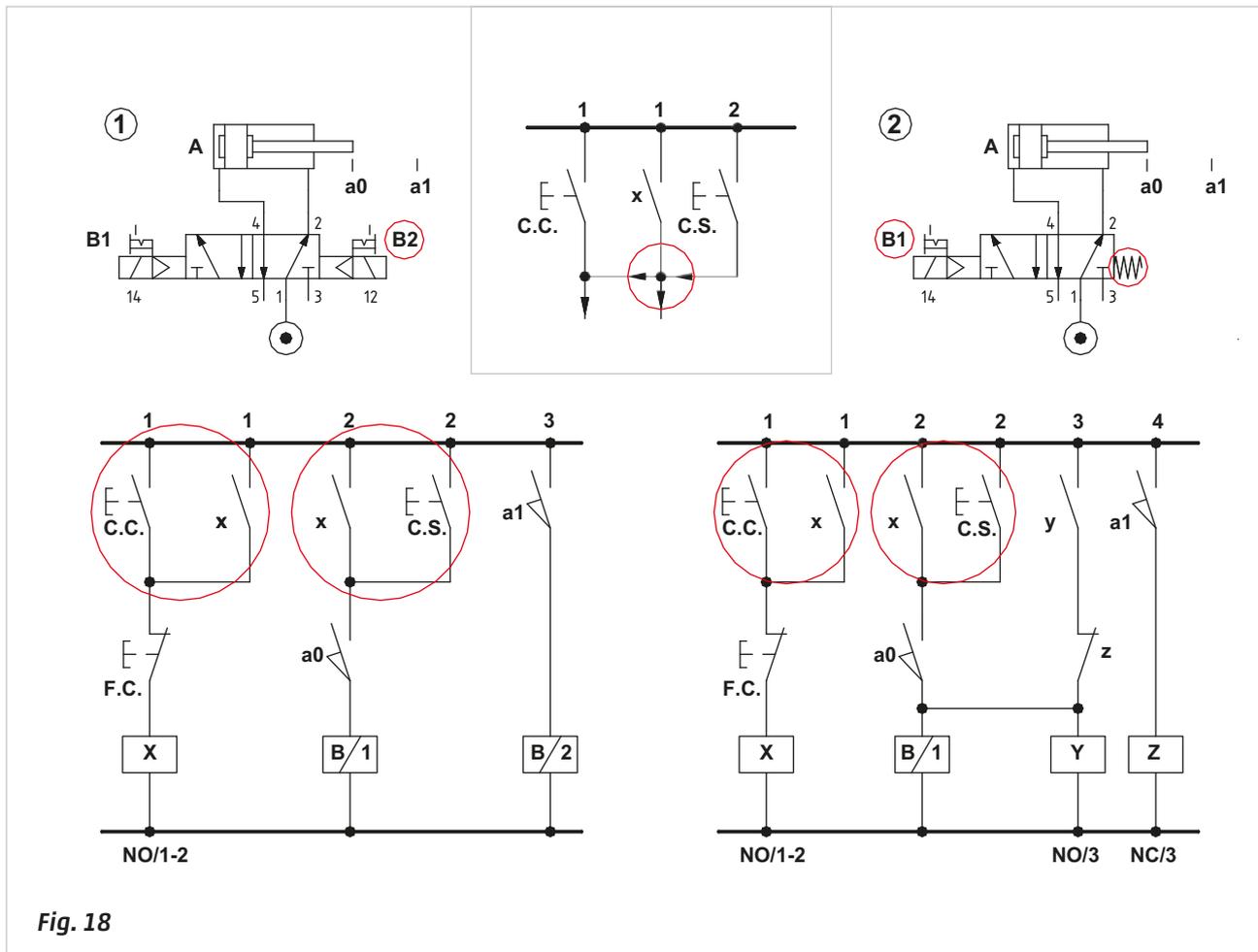


Fig. 18

In questo paragrafo analizziamo due soluzioni circuitali per la realizzazione di una sequenza con comando di Ciclo Continuo più comunemente definito Ciclo Automatico (AUT) e Ciclo Singolo più comunemente definito Ciclo Manuale (Man). Come nel precedente caso per comodità limitiamo l'esempio ad un solo cilindro.

### Figura 19

**Pos. 1:** comando manuale per entrambe le corse del cilindro. Il selettore consente la funzionalità o in modalità AUT, o Man.

#### Modalità AUT.

Non sono abilitati i pulsanti **Man A +** e **Man A -**.

Per la partenza del ciclo l'operatore deve azionare il pulsante **I.C.** che consente al segnale di raggiungere il contatto **F.C.** in questa fase chiuso. Il segnale attraversa **F.C.** e giunge alla bobina del relè **X** eccitandola, si chiudono i contatti **x** e **x1** sulle **Linee 1 e 2**.

$$X = \text{AUT} * \text{I.C.} * \text{F.C.}$$

**Linea 1:** con la chiusura del contatto **x** si crea l'effetto di autoritenuta del comando **I.C.**

**Linea 2:** con il contatto **x1** chiuso, il segnale passa e arriva al finecorsa **a0**. In questa condizione il contatto è chiuso in quanto il finecorsa è azionato dalla presenza del gruppo stelo/pistone in posizione di finecorsa negativa. Il segnale passa ed arrivando al solenoide **B1** dell'Ev. la commuta per far compiere la corsa positiva al gruppo stelo/pistone del cilindro.

$$B1 = x1 * a0$$

**Linea 3:** al raggiungimento della posizione di finecorsa positiva si aziona **a1** che chiudendosi consente al segnale di passare e raggiungere il solenoide **B2** eccitandolo. Non essendo più azionato il finecorsa **a0** il solenoide **B1** non è eccitato. Il solenoide **B2** ora eccitato può commutare l'Ev. per comandare la corsa di rientro. Quando il contatto **a0** si chiude la ciclica riparte.

$$B2 = \overline{a0} * a1$$



## Comando di emergenza

Come abbiamo già analizzato nei circuiti con logica pneumatica anche in quelli con logica elettrica il comando di Emergenza può avere effetti diversi.

Anche in questo caso è un dispositivo a comando manuale che commuta, non una valvola ma un contatto elettrico generalmente **NC**. L'apertura di questo contatto determina l'interruzione dell'alimentazione elettrica di quella parte di circuito o logica a valle del comando stesso.

Il comando di **Emergenza** può essere utilizzato in diversi modi ad esempio:

- Stop in Ciclo con ripartenza dopo la rimozione del comando. L'impianto riparte da dove si era fermato.
- Stop in Ciclo con ripartenza dopo la rimozione del comando oppure dopo Reset.  
L'impianto può ripartire da dove si era fermato oppure dalla posizione iniziale che si ottiene tramite il comando Reset che riposiziona i gruppi stelo/pistone dei vari attuatori nella posizione di Inizio Ciclo.
- Riposizionamento immediato dei gruppi stelo/pistone. In questo caso si utilizzano Ev. 5/2 con ritorno a molla. La ripartenza è dalla posizione iniziale.
- Fermata dei gruppi stelo/pistone degli attuatori nella posizione in cui si trovano nel momento in cui si aziona l'EM. In questi casi si utilizzano Ev. 5/3 C.C. L'impianto può ripartire da dove si era fermato oppure dalla posizione iniziale che si ottiene tramite il comando Reset che riposiziona i gruppi stelo/pistone dei vari attuatori nella posizione di Inizio Ciclo.
- Completamento delle corse e fermo nelle posizioni terminali. In questo caso si utilizzano Ev. 5/2 bistabili. L'impianto può ripartire dalle posizioni raggiunte oppure dalla posizione iniziale che si ottiene tramite il comando Reset che riposiziona i gruppi stelo/pistone dei vari attuatori nella posizione di Inizio Ciclo.

La fase di **Reset** deve essere svolta riposizionando i vari organi dell'impianto con una sequenza opposta a quella di avanzamento.

Le funzioni che l'Emergenza deve svolgere le definisce chi progetta la macchina/impianto perché è in grado di definire quali sono le condizioni di sicurezza più corrette.

Esempi di EM in un circuito composto da due cilindri D.E. comandati da Ev. 5/2 Bistabili.

### Figura 20

**Pos. 1:** emergenza con funzione di Stop in Ciclo.

Lo sviluppo del ciclo si svolge con le medesime modalità viste nei precedenti paragrafi.

Con l'attivazione del comando di **EM** si interrompe l'alimentazione di tutti i finecorsa dell'impianto e si annulla l'autoritenuta del relè **X**. I gruppi stelo/pistone dei vari cilindri terminano la corsa in atto e il ciclo si ferma. Rimuovendo il comando di **EM** i finecorsa sono nuovamente alimentati e la sequenza riparte per fermarsi con l'ultima fase. Non avendo più l'autoritenuta del relè **X** per ripartire è necessario azionare nuovamente il pulsante **I.C.**

$$A + = B1 = \overline{EM} * I.C. * b0$$

$$B + = B3 = \overline{EM} * a1$$

$$A - = B2 = \overline{EM} * b1$$

$$B - = B4 = \overline{EM} * a0$$

**Pos. 2:** Stop in Ciclo, ripartenza dalla posizione di Stop o dopo Reset.

Rispetto al precedente schema è stato modificato il collegamento del comando di **EM**. Con il suo azionamento il ciclo si interrompe lasciando terminare la corsa al gruppo stelo/pistone in movimento, l'operatore può scegliere come proseguire.

Rimuovendo il comando di **EM** i finecorsa sono nuovamente alimentati e la sequenza riparte per fermarsi nella ultima fase. Non avendo più l'autoritenuta del relè **X** per ripartire è necessario azionare nuovamente il pulsante **I.C.**

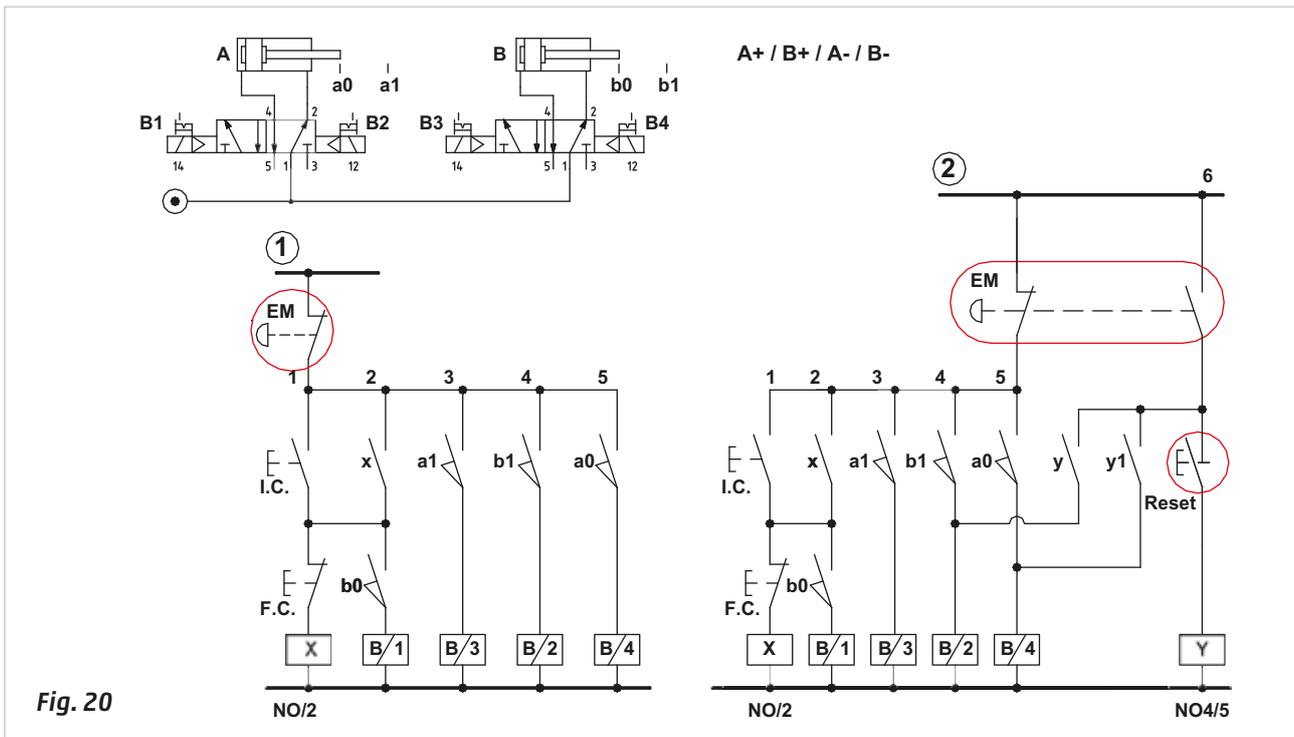
Mantenendo il comando di **EM**, si possono resettare le posizioni degli attuatori facendoli tornare nelle posizioni iniziali con il comando **Reset** che facendo passare il segnale attraverso il suo contatto consente di eccitare la bobina del relè **Y**. Chiudendosi i contatti **y** ed **y1** si eccitano i solenoidi **B2** e **B4** che commutando le rispettive Ev. riposizionano i gruppi stelo/pistone nella posizione di finecorsa negativa. Per la ripartenza, è necessario rimuovere il comando di **EM** e azionare **I.C.**

$$A + = B1 = \overline{EM} * I.C. * b0$$

$$B + = B3 = \overline{EM} * a1$$

$$A - = B2 = \overline{EM} * b1 + EM * Reset$$

$$B - = B4 = \overline{EM} * a0 + EM * Reset$$



## Arresto e riposizionamento dei cilindri

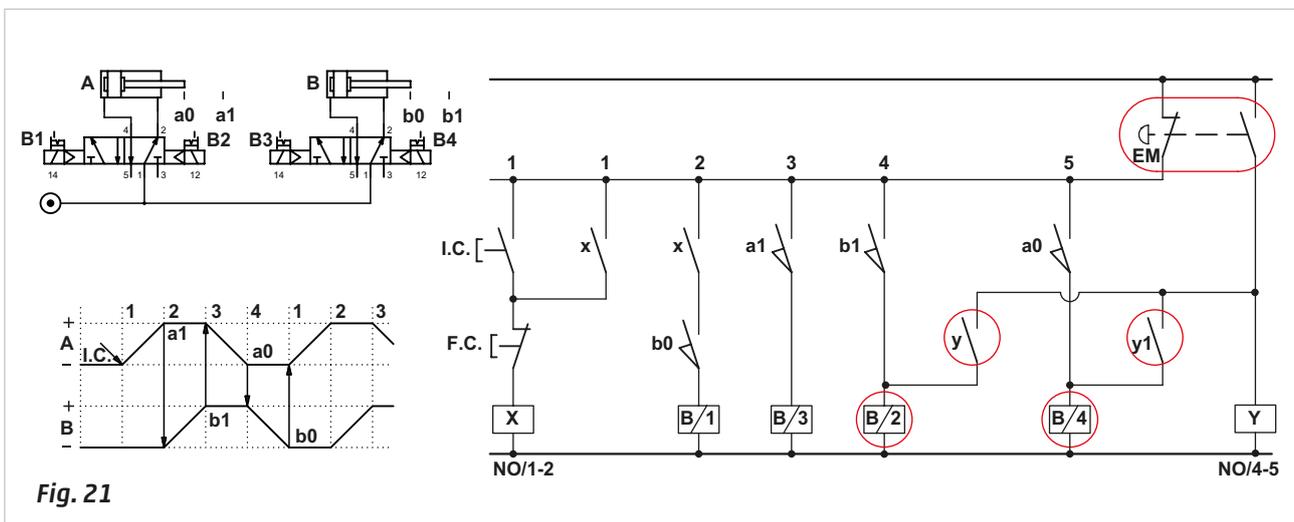
Come accennato nel precedente paragrafo la condizione di sicurezza dipende dalla tipologia di impianto. In una pressa la condizione è quella di liberare la zona di lavoro, normalmente scaricando l'A/C dal gruppo freno/frizione, su una pinza o una ventosa l'A/C deve essere mantenuta in modo da non rilasciare il pezzo. In base a come si collega il comando di EM, è possibile gestire il movimento dei cilindri, ad esempio intervenendo anche prima del raggiungimento della posizione finale della loro corsa.

### Figura 21

Lo schema sottostante riporta due cilindri azionati dalle relative Ev. 5/2 di tipo Bistabile. Per evitare che i gruppi stelo/pistone, in presenza del comando di EM, raggiungano le posizioni di finecorsa ed invertano la corsa, è necessario che questo esegua più attività nello stesso istante:

- togliere tensione alle Linee di comando dei solenoidi delle Ev.
- inviare il segnale di comando per l'eccitazione dei solenoidi delle Ev. per commutarle in modo che gli attuatori si posizionino come a fine ciclo.

Si può notare che il comando di EM, oltre a escludere l'alimentazione di tutti i finecorsa, consente il passaggio del segnale elettrico verso la bobina del relè **Y** che eccitandosi, chiude i relativi contatti **y** e **y1**. Con la loro chiusura si eccitano i solenoidi **B2** e **B4** delle Ev. Le Ev. commutando riposizionano i gruppi stelo/pistone. Questa soluzione potrebbe non essere completamente efficace, in assenza di energia elettrica non è possibile commutare le Ev. per riposizionare gli attuatori i quali completerebbero la corsa in atto per poi fermarsi. Un comportamento diverso si ha utilizzando Ev. Monostabili. Con queste cessando il segnale elettrico sui rispettivi solenoidi, sia esso determinato dal comando di EM, o dall'assenza di energia elettrica in rete, si ha il riposizionamento nella posizione iniziale per effetto della molla interna.



**Figura 22**

Sostituiamo all'esempio precedente le Ev. Bistabili con quelle Monostabili.

Il circuito si semplifica per il comando di EM, ma si complica per lo svolgimento della sequenza in condizioni normali. Dovendo mantenere il segnale elettrico per la commutazione delle Ev. Monostabili, è necessario l'inserimento di tre circuiti di autoritenuta.

Anche in questo caso la sequenza si svolge secondo il modo classico, le autoritenute sulle varie Linee svolgono le seguenti funzioni:

**Linea 1:** il contatto **x** fa l'autoritenuta del comando **I.C.**

**Linea 2 e 3:** il contatto **y** mantiene eccitato il solenoide **B1** anche quando il contatto **b0** si apre.

Eccitando il solenoide **B1** il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** effettua la corsa positiva rilasciando il finecorsa **a0**. Se non ci fosse l'autoritenuta il gruppo stelo/pistone tornerebbe nella posizione di partenza senza aver effettuato tutta la corsa.

**Linea 4 e 5:** al raggiungimento della posizione **a1** si ha l'eccitazione della bobina del relè **U** e del solenoide **B3**.

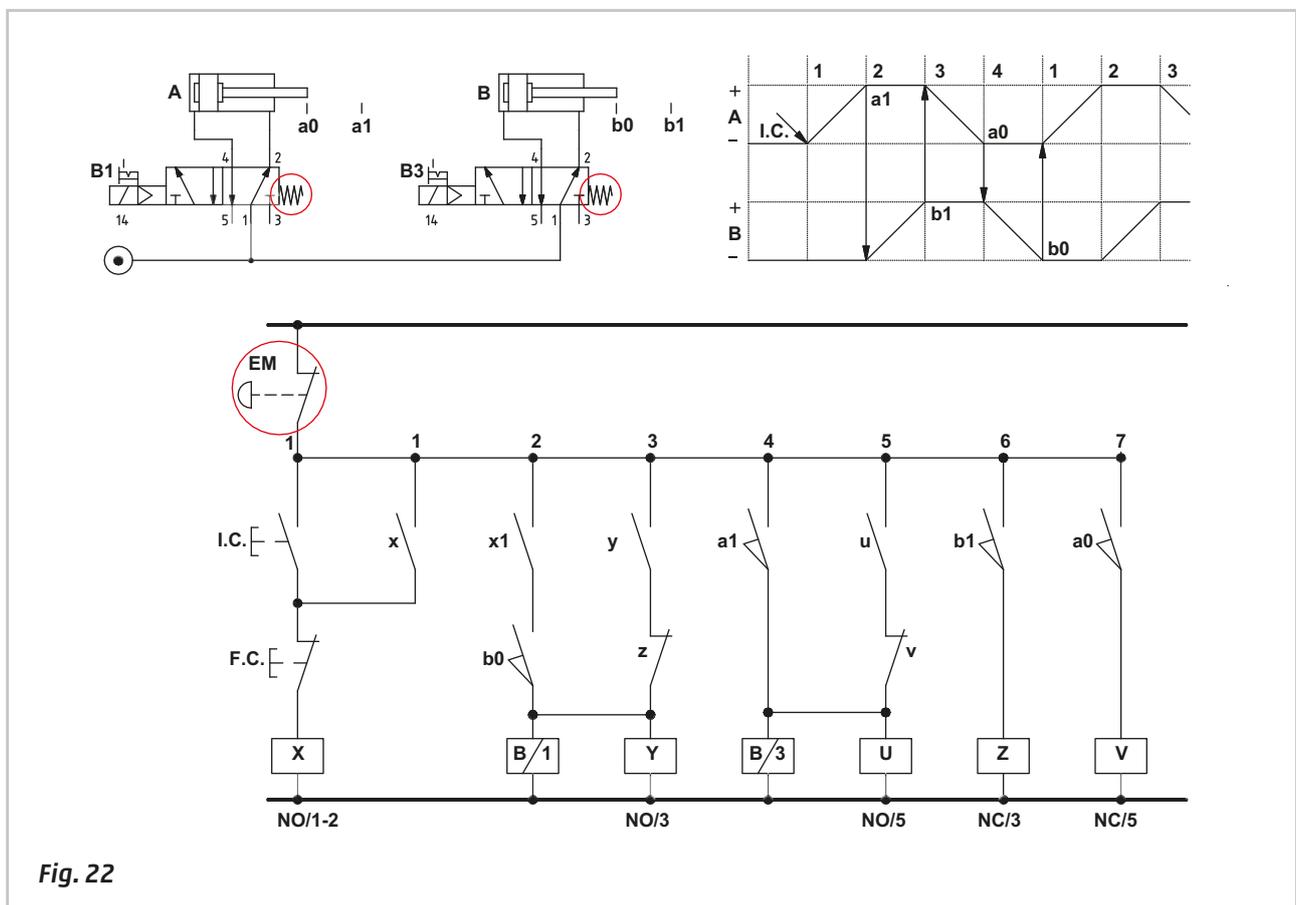
Eccitando il solenoide **B3** il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** effettua la corsa positiva rilasciando il finecorsa **b0**. Il contatto **u** mantiene eccitata la bobina **B3** anche quando il contatto **a1** si apre.

Con il finecorsa **b1** si eccita la bobina del relè **Z** che aprendo il contatto **z** diseccita il solenoide **B1**.

**Linea 6:** raggiungendo la posizione **b1** si apre il contatto **z** sulla **Linea 3**, il solenoide **B1** non è più eccitato, il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** effettua la corsa negativa rilasciando il finecorsa **a1**.

**Linea 7:** raggiungendo la posizione **a0** si apre il contatto **v** sulla **Linea 5**, il solenoide **B3** non è più eccitato, il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** effettua la corsa negativa rilasciando il finecorsa **b1**.

Azionando il comando di EM, si taglia alimentazione elettrica sia ai pulsanti sia ai finecorsa, i solenoidi delle Ev. non sono più eccitati e consentono il riposizionamento dei gruppi stelo/pistone dei cilindri **A** e **B**.

**Fig. 22**

## Ciclica con più cilindri

Nei precedenti paragrafi sono stati analizzati i dispositivi di EM e alcune possibili soluzioni circuitali. In questo, prendendo come esempio la ciclica sottostante, analizziamo alcune condizioni di sicurezza che devono essere rispettate.

La ciclica da realizzare è:

---

A +	/	B + C -	/	A -	/	B -	/	C +
1		2		3		4		5

---

Le lettere corrispondono ai cilindri ed al tipo di movimento che compiono nelle varie Fasi.

### Figura 23

#### Fase 1: corsa A +

La condizione di sicurezza per poter effettuare questa corsa è che il gruppo stelo/pistone del cilindro **C** abbia completato la corsa positiva.

**Linea 1:** per poter eccitare il solenoide **B1** dell'Ev. è necessario avere, il contatto del finecorsa **c1** chiuso, il contatto **x** chiuso e l'azionamento di almeno uno dei due pulsanti **P1** o **P2**.

Eccitandosi **B1**, l'Ev. commuta e il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** compie la corsa positiva.

Un eventuale azionamento del dispositivo manuale sul solenoide **B3** (Ev. del cilindro **B**), modificando la condizione richiesta al contatto **x**, non consente, anche con l'azionamento dei pulsanti **P1** o **P2** di dare inizio alla ciclica.

L'equazione di moto è:

---


$$(P1+P2) * c1 * \overline{b1} = A +$$


---

#### Fase 2: corsa B + C -

Con l'inizio del movimento da parte del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**, il/i pulsanti **P1** e **P2** possono essere rilasciati.

**Linea 2:** con il raggiungimento della posizione di finecorsa positiva e l'azionamento del finecorsa **a1** si eccitano i solenoidi **B3** e **B6**, le rispettive Ev. commutano e consentono le corse **B +** e **C -**. L'equazione di moto è:

---


$$a1 = B + C -$$


---

La condizione di sicurezza per poter passare alla fase successiva è che i gruppi stelo/pistone dei cilindri **B** e **C** abbiano completato la corsa.

#### Fase 3: corsa A -

**Linea 3:** con la chiusura dei contatti **x1** e **y**, entrambi **NO** e in serie fra loro, si ha la garanzia della posizione raggiunta dai gruppi stelo/pistone dei cilindri **B** e **C** nella fase precedente.

Si eccita il solenoide **B2** per il riposizionamento del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**. L'eccitazione del solenoide **B1**, opposto a **B2**, è cessata perché sia il finecorsa **c1** sia il contatto **x** hanno invertito lo stato.

L'equazione di moto è:

---


$$b1 * c0 = A -$$


---

La condizione di sicurezza per poter passare alla fase successiva è che il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** abbia completato la corsa.

#### Fase 4: corsa B -

**Linea 4:** con la chiusura del contatto **a0**, si ha la garanzia della posizione raggiunta dal cilindro **A** nella fase precedente. Il solenoide **B4** dell'Ev. si eccita e con il cambiamento di stato dell'Ev. si ha il rientro del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**. L'operazione è garantita dall'assenza di segnale sul solenoide **B3** in quanto il finecorsa **a1** è disimpegnato. L'equazione di moto è:

---


$$a0 = B -$$


---

La condizione di sicurezza per poter passare alla fase successiva è che il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** abbia completato la corsa.

**Fase 5: corsa C +**

**Linea 5:** con la chiusura del contatto **b0**, si ha la garanzia della posizione raggiunta dal cilindro **B** nella fase precedente. Il solenoide **B5** dell'Ev. si eccita e con il cambiamento di stato dell'Ev. del cilindro **C** il relativo gruppo stelo/pistone compie la corsa positiva. L'operazione è garantita dall'assenza di segnale sul solenoide **B6** in quanto il finecorsa **a1** è disimpegnato. L'equazione di moto è:

$$b0 = C +$$

Con il raggiungimento della posizione di finecorsa **c1** si torna alla **Fase 1** e la ciclica può iniziare nuovamente.

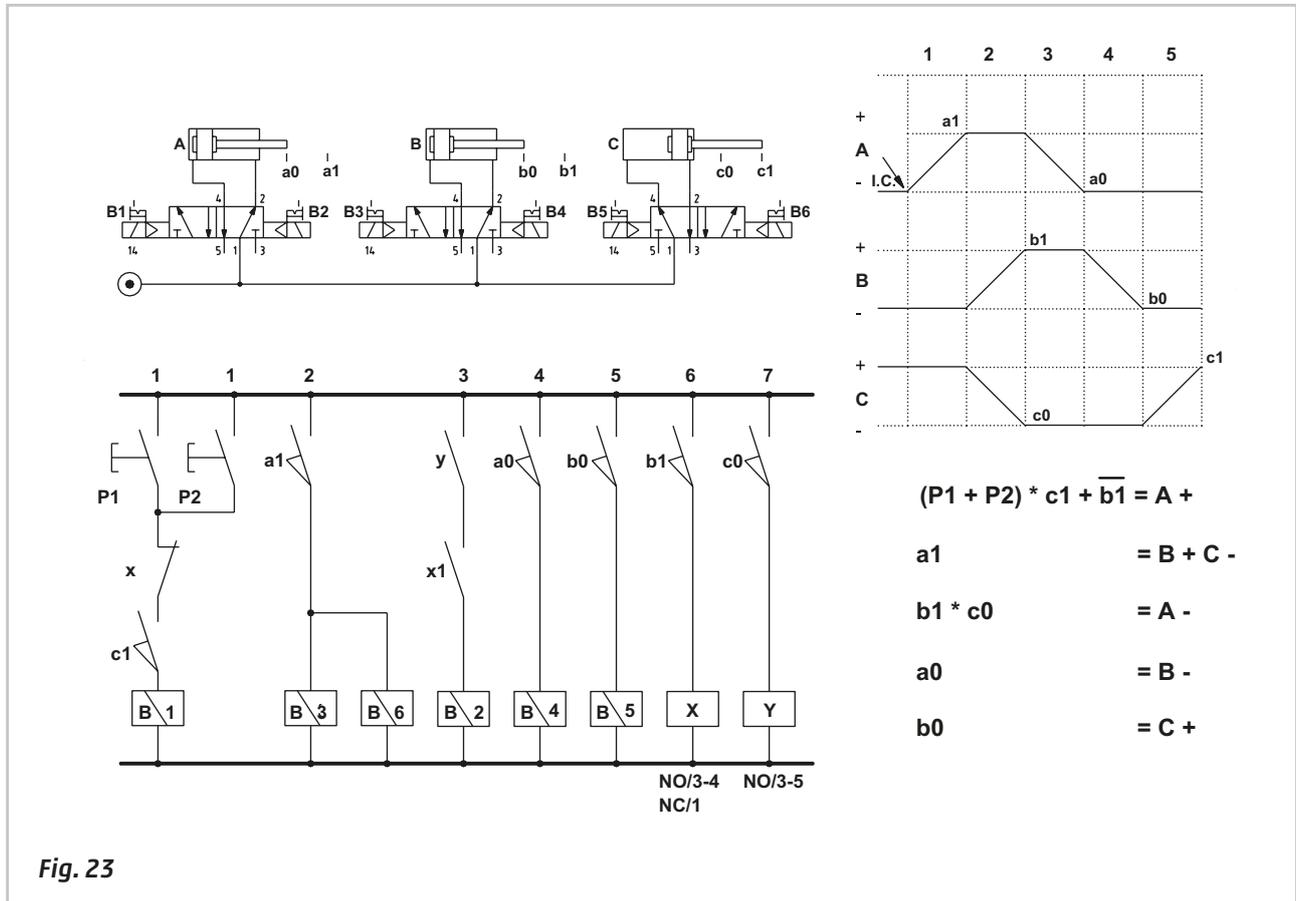


Fig. 23

Sviluppiamo la precedente sequenza utilizzando la funzione di ciclo continuo e sostituendo le Ev. dei cilindri **A** e **B** con quelle in configurazione Monostabile, mentre l'Ev. del cilindro **C** rimane nella configurazione bistabile in quanto azionata per più di una fase.

I due pulsanti **P1** e **P2** la cui funzione è stata descritta nel precedente esempio, sono sostituiti dal pulsante **I.C.**

La ciclica da realizzare è:

A+	B+C-	A-	B-	C+
1	2	3	4	5

**Figura 24****Fase 1: corsa A +**

La condizione di sicurezza per poter effettuare questa corsa è che il gruppo stelo/pistone del cilindro **C** abbia completato la corsa positiva.

**Linea 1:** con l'azionamento del pulsante **I.C.** trovando il contatto del finecorsa **c1** chiuso e il pulsante **F.C.** chiuso si eccita la bobina del relè **X** e tramite il contatto **x** si ha l'autoritenuta di **I.C.**

**Linea 2:** si eccita il solenoide **B1** dell'Ev. che commuta, il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** compie la corsa positiva. L'equazione di moto è:

$$I.C. * c1 = A +$$

**Figura 24****Fase 2: corsa B + C -**

Con l'inizio del movimento da parte del gruppo stelo/pistone del cilindro **A**, il pulsante **I.C.** può essere rilasciato.

**Linea 3:** al raggiungimento del finecorsa **a1** si eccita la bobina del relè **Z**.

**Linea 4:** il contatto **z** si chiude e tramite **k** mette in autoritenuta la bobina del relè **Z**.

**Linea 5:** il contatto **z1** si chiude e si eccitano i solenoidi **B3** e **B6** le Ev. commutano e i gruppi stelo/pistone dei cilindri **B** e **C** compiono le rispettive corse.

L'equazione di moto è:

$$a1 = B + C -$$

**Fase 3: corsa A -**

**Linea 6:** terminate le corse **B +** e **C -** e con l'azionamento dei rispettivi finecorsa **b1** e **c0** si eccita la bobina del relè **Y**.

**Linea 2:** si apre il contatto **y** si diseccita il solenoide **B1**. Il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** compie la corsa negativa.

L'equazione di moto è:

$$b1 * c0 = A -$$

**Fase 4: corsa B -**

**Linea 7:** al raggiungimento del finecorsa **a0** si eccita la bobina del relè **K**.

**Linea 4:** si interrompe l'autoritenuta del relè **Z**.

**Linea 5:** il contatto **z1** si apre diseccitando i solenoidi **B3** e **B6**. Mancando **B3** l'Ev. monostabile del cilindro **B** si riposiziona. Il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** compie la corsa negativa.

L'equazione di moto è:

$$a0 = B -$$

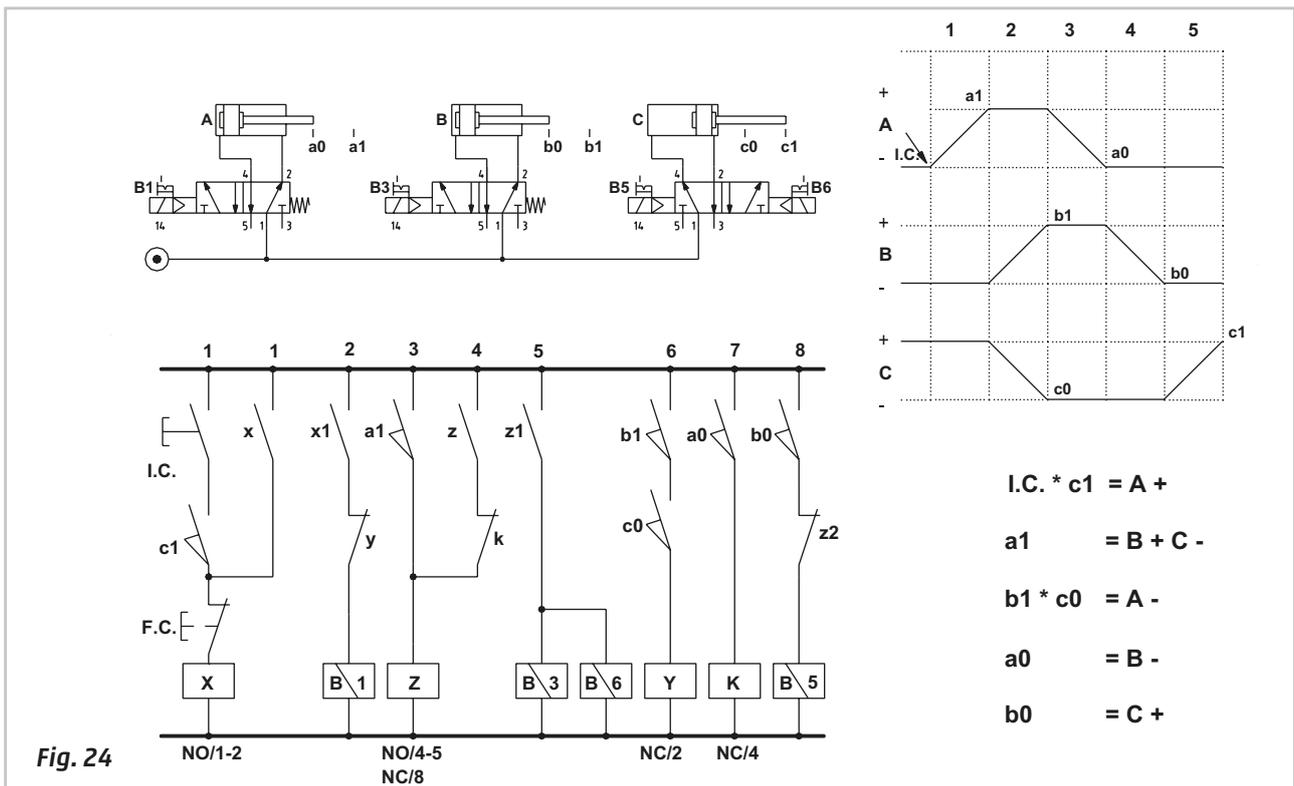
**Fase 5: corsa C +**

**Linea 8:** al raggiungimento del finecorsa **b0** si eccita il solenoide **B5**. Il gruppo stelo/pistone del cilindro **C** compie la corsa positiva.

L'equazione di moto è:

$$b0 = C +$$

Il contatto **c1** si chiude e fa ripartire la sequenza. Intervenedo su **F.C.** si interrompe la ripartenza.



## Sequenze con segnali bloccanti

In questo paragrafo analizziamo come realizzare degli schemi elettropneumatici con segnali bloccanti. Anche in questo caso ci si avvale di circuiti di memoria per gestire la durata dei segnali bloccanti.

La ciclica da realizzare è:

---

A +	/	B +	/	B -	/	A -
1		2		3		4

---

### Figura 25

Dal Diagramma di Flusso è possibile rilevare che i segnali bloccanti sono generati dai finecorsa:

- **a1**: attivato dalla corsa positiva del cilindro **A**, abilita la **Fase 2** per la corsa positiva del cilindro **B** ma ne ostacola la corsa negativa nella **Fase 3**.
- **b0**: attivato dalla posizione di riposo del cilindro **B**, abilita la **Fase 4** per la corsa negativa del cilindro **A** ma ne ostacola la corsa positiva nella **Fase 1**.

#### Fase 1: corsa A +

La condizione di sicurezza per poter effettuare questa corsa è che il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** abbia completato la corsa negativa.

**Linea 1**: con l'azionamento del pulsante **I.C.** si eccita la bobina del relè **X** e tramite il contatto **x** si ha l'autoritenuta di **I.C.**

**Linea 2**: i contatti **x1** e **a0** sono chiusi, si eccitano sia il solenoide **B1** dell'Ev. sia la bobina del relè **Y** sulla **Linea 3**. L'Ev. commuta e il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** compie la corsa positiva. Il comando al solenoide **B1** resta attivo sino a quando la bobina del relè **Y** è eccitata.

L'equazione di moto è:

---


$$I.C. * a0 = A +$$


---

#### Fase 2: corsa B +

**Linea 3**: attraverso il segnale della **Linea 2** si eccita la bobina del relè **Y** il cui contatto **y** mette in autoritenuta il segnale sul solenoide **B1**.

**Linea 4**: al raggiungimento del finecorsa **a1** attraversando il contatto **z1** si eccita il solenoide **B3** dell'Ev. che commutando consente al gruppo stelo/pistone del cilindro **B** di compiere la corsa positiva.

Il segnale in uscita dal finecorsa **a1** è bloccante rispetto al cilindro **B** in quanto presente in entrambe le sue corse.

L'equazione di moto è:

---


$$a1 = B +$$


---

#### Fase 3: corsa B -

**Linea 5**: terminata la corsa positiva il cilindro **B** aziona il contatto **b1** che eccita il solenoide **B4** dell'Ev.

**Linea 6**: contemporaneamente al solenoide **B4** si ha l'eccitazione della bobina del relè **Z** che inverte lo stato di tutti i suoi contatti **z**, **z1** e **z2**.

L'apertura del contatto **z** sulla **Linea 3** fa cessare l'autoritenuta del relè **Y** di conseguenza l'eccitazione del solenoide **B1**. L'apertura del contatto **z1** sulla **Linea 4** diseccita il solenoide **B3** dell'Ev. Il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** può compiere la corsa negativa.

L'equazione di moto è:

---


$$b1 = B -$$


---

#### Fase 4: corsa A -

**Linea 7**: terminata la corsa negativa il cilindro **B** aziona il contatto **b0** che eccita il solenoide **B2**. Il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** può compiere la corsa negativa. L'equazione di moto è:

---


$$b0 = A -$$


---

Terminata la corsa negativa e con l'azionamento del finecorsa **a0** il ciclo riprende in modo automatico.

Agendo sul pulsante **F.C.** si interrompe l'autoritenuta del relè **X**, inibendo la possibilità di eccitare il solenoide **B1** il ciclo non riparte.

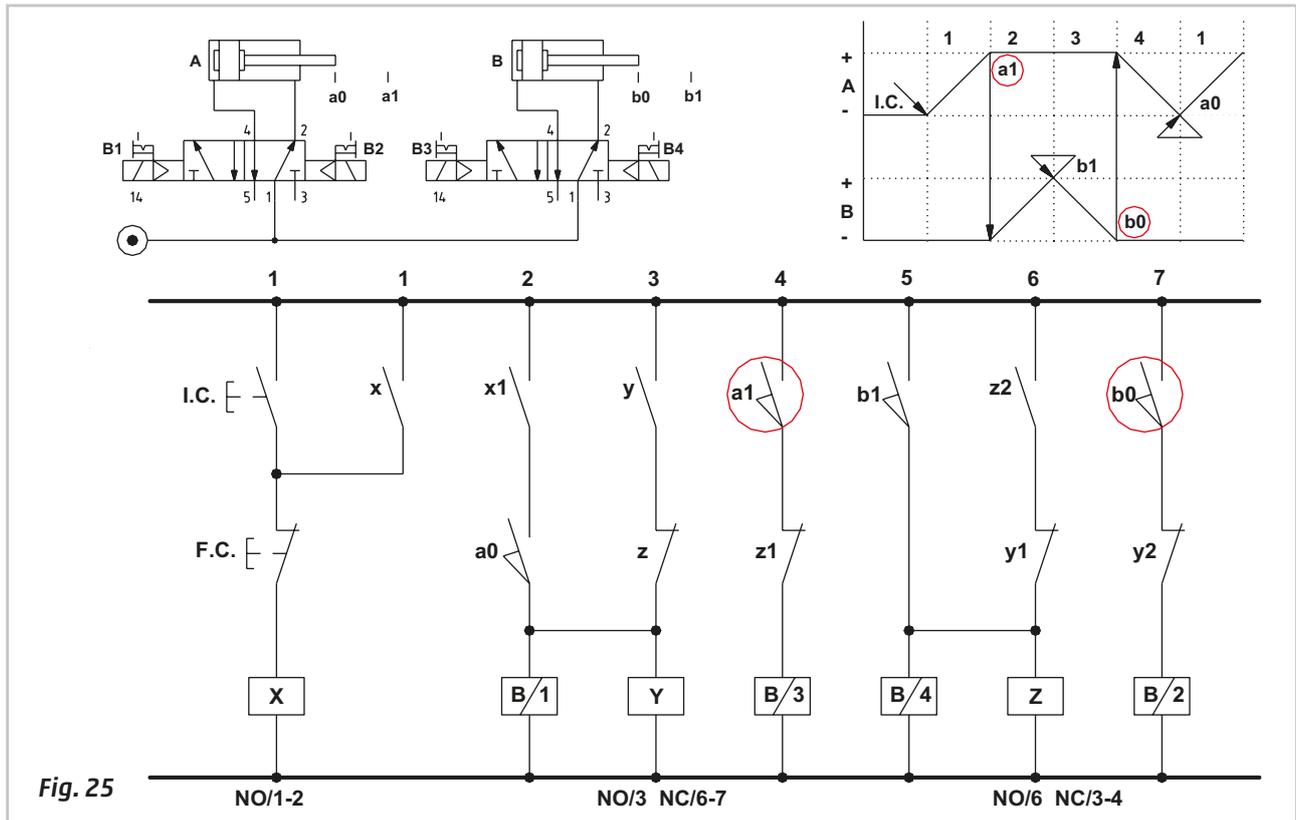


Fig. 25

In questo esempio realizziamo uno schema composto da tre cilindri la cui ciclica è:

A +	/	B +	/	B -	/	C +	/	C -	/	A -
1		2		3		4		5		6

Cilindro **A**: resta in una posizione definita (finecorsa positiva) per le **Fasi 2, 3, 4** e **5** è preferibile utilizzare una Ev. bistabile.

Cilindro **B**: è attivo solo nella **Fase 2**, è preferibile utilizzare una Ev. monostabile.

Cilindro **C**: è attivo solo nella **Fase 4**, è preferibile utilizzare una Ev. monostabile.

Dal Diagramma di Flusso è possibile rilevare che i segnali bloccanti sono generati dai finecorsa:

- **a1**: attivato dalla corsa positiva del cilindro **A**, abilita la **Fase 2** per la corsa positiva del cilindro **B** ma ne ostacola la corsa negativa nella **Fase 3**.
- **b0**: attivato dalla posizione di riposo del cilindro **B**, abilita la **Fase 4** per la corsa positiva del cilindro **C** ma ne ostacola la corsa negativa nella **Fase 5**.
- **c0**: attivato dalla posizione di riposo del cilindro **C**, abilita la **Fase 6** per la corsa negativa del cilindro **A** ma ne ostacola la corsa positiva nella **Fase 1**.

### Figura 26

#### Fase 1: corsa A +

La condizione di sicurezza per poter effettuare questa corsa è che il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** abbia completato la corsa negativa.

**Linea 1**: con l'azionamento del pulsante **I.C.** si eccita la bobina del relè **X** e tramite la chiusura del suo contatto **x** si ha l'autoritenuta di **I.C.**

**Linea 2**: i contatti **x1** e **a0** sono chiusi si eccita il solenoide **B1** dell'Ev. che commuta, il gruppo stelo/pistone del cilindro **A** compie la corsa positiva.

**Linea 3**: oltre al solenoide **B1** si eccita anche la bobina del relè **Y**, mettendosi in autoritenuta attraverso la chiusura del suo contatto **y**. Il comando al solenoide **B1** resta attivo sino a quando la bobina del relè **Y** è eccitata.

#### Fase 2: corsa B +

**Linea 4**: i contatti **a1** e **y1** sono chiusi si eccita il solenoide **B3** dell'Ev. che commuta, il gruppo stelo/pistone del cilindro **B** compie la corsa positiva.

#### Fase 3: corsa B -

**Linea 5**: al raggiungimento del finecorsa **b1** si eccita la bobina del relè **Z** che chiudendo il suo contatto **z1** si autoritene. Contemporaneamente si apre il contatto **z** sulla **Linea 3** che annulla l'autoritenuta della bobina del relè **Y**. Il contatto **y1** della **Linea 4** si apre e cessa l'eccitazione del solenoide **B3** dell'Ev., consentendo il rientro del gruppo stelo/pistone del cilindro **B**.



## Contatti

**Camozzi Automation S.p.A.**  
Società Unipersonale  
Via Eritrea, 20/I  
25126 Brescia  
Italia  
Tel. +39 030 37921  
competence@camozzi.com



A Camozzi Group Company  
[www.camozzi.com](http://www.camozzi.com)