

Sommario

1 PNEUMATICA.....	3
1.1 Introduzione.....	3
1.2 L'aria compressa.....	4
1.3 Attuatori pneumatici.....	8
1.4 Elementi di comando e di pilotaggio pneumatici.....	10
1.5 Circuiti pneumatici fondamentali.....	13
1.6 Sequenze.....	18
1.7 Realizzazione di una sequenza con tecnica diretta.....	19
1.8 Segnali di comando.....	21
1.9 Sequenza con segnali non bloccanti: A+/B+/(A-B-).....	22
1.10 Sequenza con segnali bloccanti: A+/B+/B-/A-.....	24
1.11 Realizzazione di una sequenza con la tecnica dei collegamenti.....	25
1.12 Realizzazione di una sequenza con la tecnica della cascata.....	27
1.13 Domande.....	29
1.14 Esercizi.....	31
2 ELETTROPNEUMATICA.....	32
2.1 Introduzione.....	32
2.2 Componentistica elettropneumatica.....	32
2.3 Circuiti elettropneumatici fondamentali	36
2.4 Realizzazione di sequenze.....	37
2.5 Domande.....	40
2.6 Esercizi.....	41

1 PNEUMATICA

Prerequisiti

Obiettivi specifici: conoscenze

Conoscere le caratteristiche e la composizione dell'aria. Conoscere le leggi generali per lo studio dei gas ideali.
Conoscere le tecniche di produzione dell'aria compressa. Conoscere i diversi tipi di valvole direzionali.

Obiettivi specifici: competenze

Analizzare e realizzare semplici schemi pneumatici.

1.1 Introduzione

Le tecniche di gestione dei fluidi, la **pneumatica** e l'**oleodinamica**, sono aspetti fondamentali dell'automazione industriale ormai da molto tempo. In particolare, la pneumatica, grazie all'uso dell'energia fluidica posseduta dall'aria compressa, ha raggiunto elevati livelli di sicurezza e di semplicità di impiego e, grazie all'integrazione con l'elettromeccanica e l'elettronica, ha raggiunto elevati livelli di diffusione.

Nell'ambito dell'automazione l'uso di dispositivi in grado di effettuare un **lavoro meccanico** ha un ruolo fondamentale. I dispositivi che vengono utilizzati per compiere lavoro sono indicati tipicamente con il nome di **attuatori**, in quanto eseguono un lavoro a seguito di un comando.

Gli attuatori possono essere realizzati con tecnologie diverse dipendenti dal tipo di energia utilizzata. Una delle tecnologie più utilizzate è quella pneumatica, che compie lavoro meccanico attraverso l'energia di pressione presente nell'aria compressa (cioè a pressione maggiore di quella atmosferica).

I vantaggi dell'utilizzazione dell'aria compressa sono diversi:

- l'aria è disponibile ovunque, in grande quantità e gratuitamente;
- l'aria compressa può essere trasportata facilmente tramite tubazioni ed immagazzinata in appositi serbatoi;
- non è esplosiva e non è in grado di innescare esplosioni, è molto utilizzata quindi in ambienti deflagranti;
- permette di ottenere elevate velocità di lavoro degli attuatori;
- gli attuatori pneumatici hanno un basso costo, grande affidabilità e semplicità di impiego.

Non sempre però questa tecnologia è utilizzabile. essa presenta, infatti, alcuni svantaggi:

- è relativamente rumorosa;
- si può ottenere un livello massimo di forza di 20÷30 kN, che per diverse applicazioni è un valore piuttosto modesto;
- non permette di ottenere velocità costanti degli utilizzatori in presenza di carichi variabili.

Il sistema di controllo degli attuatori pneumatici può essere realizzato anch'esso con tecnologia pneumatica. Allora in questo caso siamo in presenza di un **impianto pneumatico**. In realtà, solitamente il sistema di controllo è realizzato mediante l'utilizzazione della tecnologia elettronica mentre la tecnologia pneumatica rimane viene applicata per la realizzazione degli attuatori e dei loro organi di comando. In questo caso siamo in presenza di un sistema automatico misto denominato **impianto elettropneumatico**.

Nel caso dell'elettropneumatica il sistema di controllo viene realizzato mediante appositi controllori a microprocessore denominati **PLC**. I vantaggi derivanti da una logica di controllo elettronica sono molteplici: diminuzione di costo, diminuzione di ingombro, massima flessibilità, possibilità di posizionare il sistema di controllo lontano dal processo industriale da controllare.

1.2 L'aria compressa

E' necessario conoscere le caratteristiche e la composizione dell'aria per meglio comprendere quali procedimenti siano necessari per una sua corretta utilizzazione.

L'aria atmosferica è la miscela di gas che avvolge il nostro pianeta; un metro cubo (m^3) di aria secca, ovvero priva di vapor acqueo, contiene circa $0,21 m^3$ di ossigeno (pari al 21%), $0,78 m^3$ di azoto (pari al 78%) ed un restante 1% composto da anidride carbonica, idrogeno ed alcuni gas rari (argon, neon, elio, cripto e xeno).

In realtà l'aria atmosferica secca non è mai disponibile poiché il vapor d'acqua è sempre presente, in misura dipendente dalle condizioni ambientali. E' molto importante conoscere la quantità di vapore acqueo contenuto nell'aria atmosferica al momento della sua utilizzazione in un impianto pneumatico poiché in presenza di una percentuale troppo elevata si può assistere alla formazione della *condensa*¹ la cui presenza, in sospensione nell'aria compressa, è fortemente nociva per le apparecchiature pneumatiche. Nell'aria atmosferica, oltre al vapor d'acqua possono trovarsi, in percentuali variabili legate alle condizioni ambientali, impurità allo stato solido e gas di varia natura provenienti da processi industriali locali. Anche queste sostanze possono provocare danni ai componenti, come ad esempio corrosione.

Quindi l'aria per essere utilizzata a livello industriale deve essere opportunamente trattata.

1.2.1 Proprietà fisiche

L'aria è un gas e quindi tra le molecole che la costituiscono non agiscono forze di attrazione, che le terrebbero legate l'una all'altra, ma forze di repulsione che tendono ad allontanarle. Per tale motivo l'aria gode della proprietà dell'**espandibilità**.

L'aria non ha né forma né volume propri ma si adatta alla forma ed al volume del recipiente che la contiene, ovvero l'aria tende ad espandersi occupando tutto lo spazio che le viene lasciato a disposizione.

La capacità di subire notevoli riduzioni di volume, anche con forze modeste, prende invece il nome di **comprimibilità**.

L'aria possiede altre due importanti proprietà per il fatto di essere un gas. La prima è la **fluidità**, ovvero la capacità di assumere qualsiasi forma ed è dovuta alla scorrevolezza presente tra le particelle gassose. L'**elasticità** è invece la capacità di riassumere la forma primitiva al cessare dell'azione esterna.

Le definizioni appena esposte ci permettono di individuare la principale differenza tra un gas ed un liquido, come ad esempio l'olio: sono entrambi fluidi ed elastici ma mentre il gas è comprimibile il liquido non lo è affatto. In questo aspetto risiede la diversità tra le tecnologie *pneumatica* ed *oleodinamica*.

La pressione

Le forze di repulsione tra le molecole si propagano in seno alla massa gassosa fino a raggiungere le pareti del contenitore, esercitando in questo modo su di esse una spinta meccanica che, riferita all'unità di superficie del recipiente, costituisce la pressione.

Si definisce **pressione** p il rapporto tra la forza F esercitata perpendicolarmente su una superficie e l'estensione S della superficie stessa:

$$p = \frac{F}{S}$$

Nel sistema internazionale la pressione si misura in *pascal* (Pa) ovvero in N/m^2 ; tuttavia, essendo questa unità di misura troppo piccola rispetto ai valori correnti², si preferisce utilizzare un suo multiplo, il *bar* per il quale vale la seguente equivalenza:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

Se tramite un'azione esterna proviamo a ridurre la distanza tra le molecole dell'aria otteniamo un aumento delle forze di repulsione, ovvero un aumento della pressione sulle pareti del recipiente contenente l'aria: questa operazione prende il nome di **compressione**. L'operazione inversa è denominata **espansione**.

Per comprimere l'aria si può procedere in due modi; il primo consiste nell'introdurre una sempre maggiore quantità d'aria nel recipiente mantenuto a volume costante; il secondo metodo prevede invece la riduzione di volume del recipiente contenente una quantità d'aria costante.

La misurazione della pressione si effettua con uno strumento denominato **manometro**. Il manometro misura la pressione dell'aria contenuta, che può essere utilizzata all'esterno del recipiente stesso; tale valore si definisce **pressione relativa** p_r .

¹ Nome dato al vapor acqueo liquefatto.

² La pressione atmosferica al livello del mare vale mediamente 101.300 Pa pari a $1,013 \text{ bar}$.

per distinguerla da quella esistente all'interno del recipiente, che prende il nome di **pressione assoluta** p e che tiene conto della **pressione atmosferica** p_{atm} .

$$p = p_{atm} + p_r$$

La legge di stato dei gas perfetti

Essendo l'aria un gas, le sue condizioni fisiche sono individuate solo se si conoscono i valori di pressione p , volume V e temperatura T . All'aria è applicabile, in prima approssimazione la legge di stato dei gas perfetti che può essere espressa nella forma seguente:

$$\frac{p \cdot V}{T} = K$$

dove K è una costante pari a $n \cdot R$. Con R è indicata la costante universale dei gas³ e con n si intende il numero di moli contenute nel gas.

La mole è l'unità di misura della quantità di sostanza ed è una delle sei grandezze fisiche fondamentali del SI.

La legge di stato dei gas perfetti è molto utile perché riassume in un'unica espressione matematica cosa succede ad un gas perfetto, come l'aria entro certi limiti, quando subisce delle trasformazioni come la compressione e l'espansione.

L'umidità

La quantità di vapore presente nell'aria, o umidità dell'aria, è un parametro a cui bisogna prestare attenzione perché può determinare fenomeni di condensazione nell'impianto che possono condurre a malfunzionamenti e guasti.

Si dice **umidità assoluta** U_{ass} di un gas umido, contenente una certa quantità di vapore acqueo, la massa in grammi di vapore acqueo contenuta in 1 m³ del gas secco.

Esiste un limite massimo alla quantità di vapore che può essere contenuto nell'aria; tale valore massimo è detto **umidità assoluta in condizioni di saturazione** U_{sat} . Esso dipende in modo notevole dal valore della temperatura e in modo non apprezzabile anche dalla pressione. In pratica un metro cubo di aria compressa ed un metro cubo di aria alla pressione atmosferica alla stessa temperatura hanno praticamente lo stesso valore di U_{sat} .

Nella seguente tabella sono riportati i valori della umidità assoluta in condizioni di saturazione, U_{sat} , per alcuni valori di temperatura.

T [°C]	0	5	10	15	20	30	50	70	90
U_{sat} [g/m ³]	4,9	7	9,5	13	17	30	83	198	424

Può succedere che, a causa di un abbassamento di temperatura, nell'aria sia contenuta una quantità di vapore U_{ass} maggiore del valore massimo consentito U_{sat} per quella temperatura. In tale caso la parte eccedente di vapore acqueo si condensa.

La temperatura per la quale una data massa di aria, con una specifica umidità assoluta, raggiunge una umidità pari a l'umidità assoluta in condizioni di saturazione è detta **temperatura di rugiada**.

1.2.2 Produzione dell'aria compressa

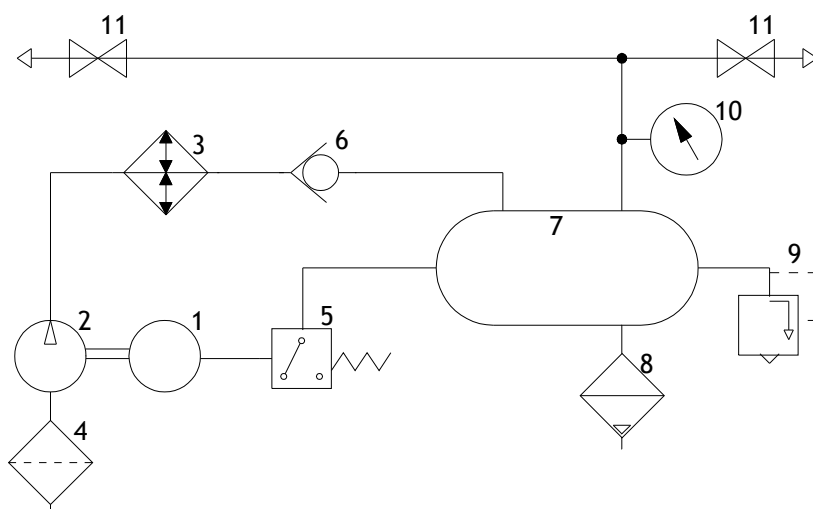
L'aria compressa viene prodotta con macchine operatrici, denominate **compressori**, che aumentano la pressione dell'aria, utilizzando la rotazione di un asse collegato ad un motore elettrico (elettrocompressore) oppure ad un motore a combustione interna (motocompressore).

Per funzionare correttamente, il compressore necessita di diverse apparecchiature che assieme ad esso formano la centrale di compressione. Tali dispositivi sono:

- il motore di azionamento del compressore (1);
- il serbatoio (7);
- il refrigeratore (3);
- il filtro di aspirazione dell'aria atmosferica (4);
- la valvola di non ritorno (6);
- la valvola di massima pressione (9);
- lo scaricatore automatico di condensa (8);
- le valvole di intercettazione (11);
- i manometri (10);
- il pressostato (5).

La numerazione è riferita allo schema seguente, il quale è la rappresentazione simbolica unificata della centrale di compressione:

³ $R = 8,31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mole} \cdot \text{K}$



• Figura 1 - Schema simbolico di una centrale di compressione.

Lo schema simbolico precedente è stato realizzato utilizzando i simboli grafici conformi alla norma ISO 1219 per gli apparecchi di produzione e distribuzione dell'aria compressa.

1.2.3 Trattamento dell'aria compressa

L'aria compressa deve essere depurata ed essiccata già a livello di centrale di compressione. I trattamenti che si rendono necessari per tale scopo sono la *filtrazione* dell'aria aspirata dall'esterno prima della sua compressione e l'*essiccazione* dopo la compressione.

La filtrazione serve per evitare l'invio al compressore delle particelle di varie natura e dimensioni, che si trovano sospese nell'aria atmosferica, e che potrebbero danneggiare il compressore e gli apparecchi utilizzatori ai quali viene inviata.

L'essiccazione consente l'eliminazione del vapor d'acqua contenuto nell'aria e si può ottenere mediante assorbimento, adsorbimento, raffreddamento.

Comunque una seconda filtrazione dell'aria compressa deve essere effettuato immediatamente prima dell'utilizzazione, in modo da eliminare le impurità provenienti dal compressore e dalle tubazioni della retedi distribuzione come ad esempio grumi di olio lubrificante, particelle di ruggine ed altro.

I gruppi di condizionamento FRL



• Figura 2 - Gruppo di condizionamento FRL.

Immediatamente a monte degli apparecchi utilizzatori si installano dei gruppi di condizionamento dell'aria compressa, denominati comunemente FRL, per effettuare:

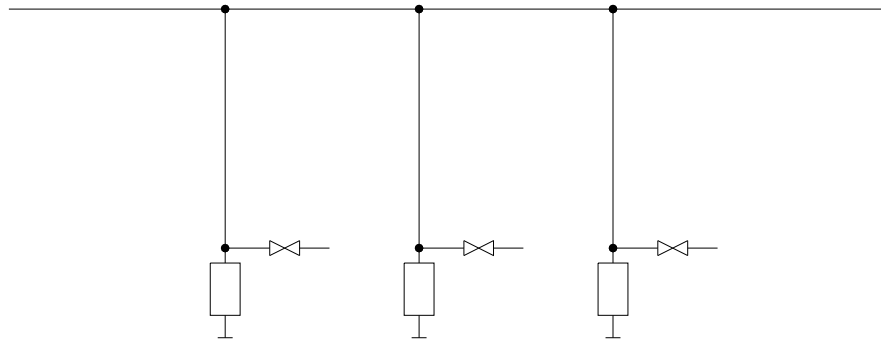
- l'eliminazione delle particelle solide e liquide contenute nell'aria (*filtrazione*);
- la *regolazione* della pressione d'alimentazione;
- la *lubrificazione* dell'aria, necessaria per ridurre l'attrito tra le parti in moto relativo dei componenti pneumatici.

Hanno una struttura modulare ad elementi intercambiabili e sono costituiti da filtro, regolatore di pressione, lubrificatore, manometro; dalle iniziali dei primi tre componenti discende la sigla con cui vengono normalmente denominati (FRL).

1.2.4 Distribuzione dell'aria compressa

L'aria compressa, prodotta ed essicata nella centrale di compressione, perché possa essere impiegata negli apparecchi utilizzatori, deve essere trasportata e distribuita tra le varie utenze (reparti e macchine che ne fanno uso). A tale scopo si predispone una *rete di distribuzione* che può essere realizzata in vari modi.

Una rete di distribuzione prevede sempre una *tubazione principale* che parte dall'accumulatore e percorre, ad una certa altezza da terra, il perimetro dei locali dove sono ospitati i reparti produttivi. Gli attuatori sono alimentati attraverso discese, collegate alla tubazione principale. All'estremità inferiore di ogni discesa sono sempre installati dei separatori di condensa e a monte di essi vengono installate delle valvole di intercettazione.



- Figura 3 - Collegamento delle discese con separatore di condensa e valvola di intercettazione.

La tubazione principale può essere montata in linea, ad anello chiuso, in parallelo. Per favorire il drenaggio della condensa la tubazione principale deve essere installata in leggera pendenza nel verso del flusso dell'aria (valore ottimale 0,5%).

1.3 Attuatori pneumatici

Gli attuatori pneumatici costituiscono la parte terminale di un comando automatico con tecnologia pneumatica. Essi utilizzano l'energia potenziale immagazzinata nella pressione dell'aria compressa per compiere un lavoro meccanico.

Se il movimento è una traslazione l'elemento di lavoro prende il nome di **attuatore lineare**; se invece il movimento consiste in una rotazione l'elemento di lavoro viene denominato **attuatore rotante**, quando il movimento è limitato ad angoli fissi, oppure **motore pneumatico**, quando l'albero è in grado di ruotare con continuità.

Mentre gli attuatori lineari e rotanti sono utilizzati specificatamente nel campo nel settore dell'automazione, i motori pneumatici sono utilizzati anche nell'utensileria per realizzare trapani, avvitatrici, smerigliatrici, ecc., ed in altri settori per realizzare dispositivi come pompe, verricelli, ecc..

1.3.1 Attuatori pneumatici lineari

Gli attuatori pneumatici lineari, più comunemente conosciuti con il nome di cilindri pneumatici, si possono classificare in attuatori a semplice effetto ed attuatori a doppio effetto.

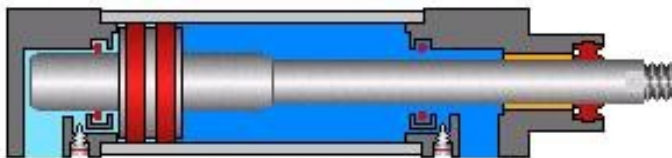


- Figura 4 - Attuatori pneumatici lineari.

Essi sono costituiti da un corpo (o **camicia**) costituito da un tubo d'acciaio od ottone trattato internamente (lappatura) per ridurre al minimo l'attrito e l'usura delle guarnizioni e garantire la migliore tenuta.

All'interno della camicia è presente un **pistone** a tenuta ermetica, assicurata da una guarnizione singola nel caso degli attuatori a singolo effetto, doppia nel caso degli attuatori a doppio effetto.

Al pistone è connesso lo **stelo**, realizzato normalmente in acciaio cromato, od inossidabile. Lo stelo esce dal corpo e permette di collegare il pistone all'attuatore.



- Figura 5 - Schema di principio di un attuatore lineare a doppio effetto.

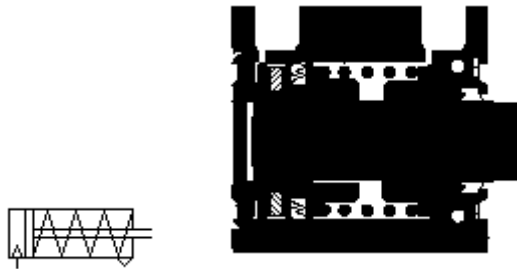
Le **testate** anteriore e posteriore, oltre a fungere da elemento necessario nell'assemblaggio dei cilindri, sono dotate di fori per il collegamento delle tubazioni di alimentazione dell'aria compressa.

1.3.1.1 Attuatori pneumatici lineari a singolo effetto

I cilindri a singolo effetto sono alimentati da un solo lato e pertanto forniscono lavoro meccanico in un solo senso.

Il movimento di ritorno, che solitamente è la corsa negativa, viene assicurato da una molla o da una forza esterna (per esempio il carico o la forza di gravità), mentre l'aria compressa serve in un solo verso di traslazione, normalmente corrispondente alla corsa positiva.

Esistono anche cilindri in cui la molla si trova nella camera positiva; si parla allora di cilindri traenti.



- Figura 6 - Cilindro pneumatico a singolo effetto e scarico diretto (simbolo grafico e schema costruttivo)

Per i cilindri a singolo effetto con molla di ritorno la corsa è funzione della lunghezza della molla; per questo motivo si costruiscono cilindri con corse inferiori a 100 mm. Questi cilindri hanno il vantaggio di necessitare di valvole semplici (per esempio 3/2) e di consumare aria compressa solo nella corsa di lavoro, ma presentano il limite di una corsa ridotta e della perdita di una parte della forza sviluppata (circa 5-10%) per la compressione della molla.

Questi cilindri si usano quando si vuole che il cilindro assuma, per ragioni di sicurezza, una determinata posizione in assenza di aria compressa.

1.4 Elementi di comando e di pilotaggio pneumatici

Gli elementi di comando e di pilotaggio pneumatici sono indicati normalmente con il termine **valvole**. In base alla funzione svolta le valvole si classificano in:

- valvole di controllo direzionale
- valvole di controllo della portata
- valvole di controllo della pressione
- valvole speciali

1.4.1 Valvole di controllo direzionale

Le valvole di controllo direzionale, dette anche semplicemente **distributori**, servono per aprire, indirizzare e chiudere il flusso dell'aria compressa nei circuiti pneumatici.

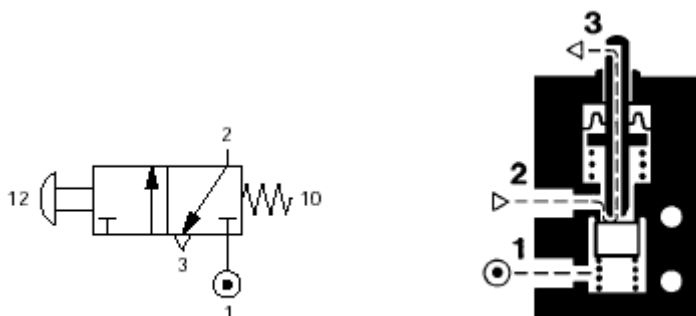
Ad esse è affidato il compito di far pervenire l'aria dove e quando serve. Esse sono costituite da un corpo disegnato in modo tale da realizzare diversi collegamenti tra una tubazione, derivata dalla rete di alimentazione, ed una o più tubazioni d'uscita connesse con altri componenti del circuito pneumatico.

Il tipo di collegamento dipende dal numero delle **vie** che possono essere attraversate dall'aria compressa e dal numero di **posizioni** che possono essere assunte dall'elemento mobile situato all'interno del corpo valvola.

La designazione unificata delle valvole direzionali si effettua proprio in funzione delle vie e delle posizioni; ad esempio la valvola 3/2 è un dispositivo a 3 vie e 2 posizioni.

La rappresentazione grafica delle valvole si basa su alcune convenzioni indicate dalle norme:

- una valvola distributrice si rappresenta con un numero di caselle quadrate pari a quello delle posizioni;
- in ogni casella si disegna il collegato stabilito quando la valvola è commutata nella corrispondente posizione;
- i collegamenti si indicano con un segmento;
- il verso del flusso dell'aria è indicato mediante una freccia;
- un trattino trasversale indica una linea di flusso interrotta;
- gli scarichi diretti sono indicati con un triangolo collegato alla casella;
- gli scarichi convogliati in una tubazione sono indicati con un triangolo collegato alla casella con un tratto di linea;
- le vie si indicano con le lettere maiuscole secondo la seguente convenzione;
 - o utilizzatori A, B C, ...
 - o alimentazione P
 - o scarichi R, S, T
 - o segnali di pilotaggio X, Y, Z



• Figura 7 - Valvola 3/2 monostabile normalmente chiusa con azionamento a pulsante e scarico diretto (Simbolo grafico e schema costruttivo).



• Figura 8 - Valvola 5/2 con azionamento pneumatico (Simbolo grafico e schema costruttivo).

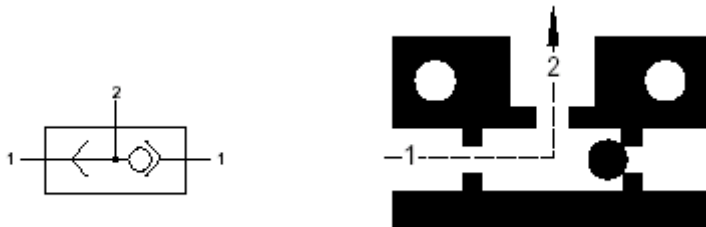
1.4.2 Valvole di controllo della portata

Le valvole di controllo della portata, o valvole di flusso, sono usate per intervenire sul flusso che attraversa le tubazioni. In base al tipo di azione che effettuano sull'aria si distinguono in:

- valvole unidirezionali
- valvole seletttrici
- regolatori di portata bidirezionali
- regolatori di portata unidirezionali
- valvole di scarico rapido
- valvole a due pressioni
- valvole di intercettazione

1.4.2.1 Valvole seletttrici

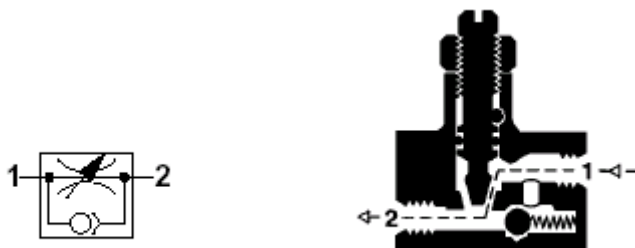
Sono valvole a tre vie con una uscita e due ingressi. Le valvole seletttrici sono utilizzate per comandare cilindri e valvole da due punti diversi e per realizzare la funzione logica OR; per questo motivo sono denominate anche *valvole OR*.



- Figura 9 - Valvola seletttrice (Simbolo grafico e schema costruttivo).

1.4.2.2 Regolatori di portata unidirezionali

I regolatori di portata unidirezionali sono costituiti dalla combinazione di un regolatore di portata bidirezionale e da una valvola di non ritorno. L'aria può passare liberamente in un verso mentre in quello opposto la sua portata può essere regolata. Sono impiegate ad esempio nella regolazione della velocità della corsa dei cilindri a d.e..



- Figura 10 - Regolatore di portata unidirezionale (Simbolo grafico e schema costruttivo).

1.5 Circuiti pneumatici fondamentali

Un impianto pneumatico, per quanto complesso sia, presenta nella sua struttura una certa *modularità*. Esso è quasi sempre riconducibile ad un insieme di circuiti fondamentali che interagiscono tra loro al fine di raggiungere lo scopo per cui è costruito l'intero impianto. A ciascun circuito fondamentale è riservata la soluzione di un problema specifico.

Per poter rappresentare graficamente un circuito pneumatico è necessario utilizzare dei simboli grafici unificati a livello internazionale secondo le norme ISO 1219/1 del 1994 (Oleoidraulica e pneumatica - Simboli grafici e schemi di circuito - Simboli grafici) che consentono la stesura di schemi interpretabili in modo uniforme in tutti i paesi del mondo.

I circuiti di comando, in particolare, consentono l'effettuazione delle corse di un attuatore a semplice o doppio effetto. Si distingue tra comandi diretti e comandi indiretti.

Un comando è **diretto** quando il distributore di potenza viene commutato direttamente a mano, oppure meccanicamente.

Un comando è **indiretto** quando il distributore è azionato a distanza tramite segnali di pilotaggio pneumatici od elettrici.

1.5.1 Circuiti di comando degli attuatori a singolo effetto

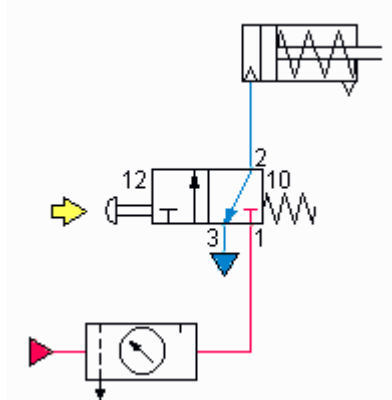
Il comando di un attuatore a singolo effetto si ottiene mettendo in pressione o in scarico la sua camera posteriore. Per realizzare il comando si utilizzano distributori 3/2.

1.5.1.1 Comando diretto a pulsante di un cilindro a singolo effetto

Il comando diretto è caratterizzato dalla presenza di una singola valvola che svolge contemporaneamente la funzione di pilotaggio e quella di comando.

Nella seguente figura è riportato anche il simbolo grafico del gruppo di condizionamento dell'aria compressa. Premendo e tenendo premuto il pulsante lo stelo effettua la corsa di andata. Quando il pulsante viene rilasciato lo stelo effettua la corsa di ritorno.

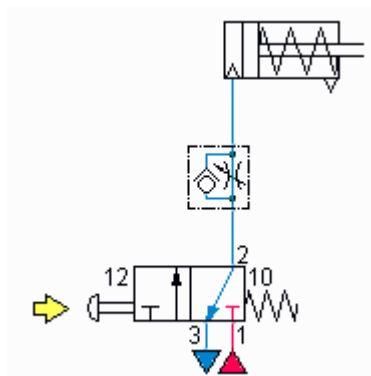
Questo è un tipico esempio di comando *instabile*, perché al cessare dell'azione esterna sull'elemento mobile della valvola distributrice termina anche l'effetto sull'attuatore. Se vogliamo rendere *stabile* il comando, ovvero se vogliamo che l'effetto permanga anche dopo la rimozione del segnale di azionamento, possiamo utilizzare un *azionamento a selettore* che consente, mediante agganci meccanici e molle di richiamo, di aver due posizioni stabili.



- Figura 11 - circuito di comando diretto a pulsante di un cilindro s.e..

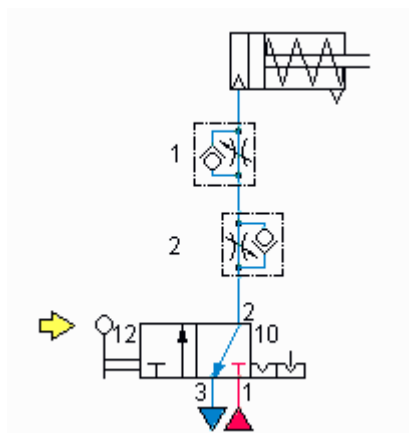
1.5.1.2 Comando diretto a pulsante di un cilindro a singolo effetto con velocità regolabile in un senso.

Questo caso si distingue dal precedente per l'utilizzazione di una valvola strozzatrice regolabile unidirezionale.



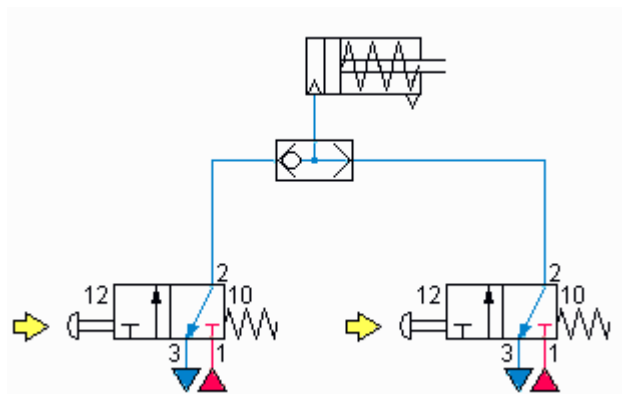
- Figura 12 - circuito di comando diretto a pulsante di un cilindro s.e. con regolazione della velocità.

1.5.1.3 Comando diretto a selettore di un cilindro a singolo effetto con velocità regolabile nei due sensi.



- Figura 13 - circuito di comando diretto a selettore di un cilindro s.e. con regolazione della velocità nei due sensi

1.5.1.4 Comando diretto con OR logico di un cilindro a singolo effetto.

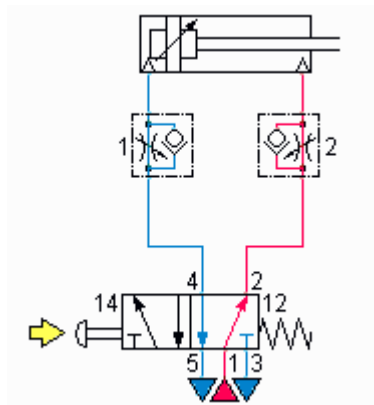


1.5.2 Circuiti di comando degli attuatori a doppio effetto

Il comando di un attuatore a d.e. si ottiene mettendo in pressione alternativamente la camera posteriore e quella anteriore; i componenti pneumatici che consentono il necessario scambio di collegamenti sono le valvole direzionali 4/2 e 5/2.

1.5.2.1 Comando diretto a pulsante di un cilindro a doppio effetto con doppia velocità

Questo comando richiede l'uso di una valvola 5/2 e di due regolatori di flusso unidirezionali.



1.6 Sequenze

Una **sequenza** è la successione dei movimenti degli steli di più attuatori che evolve secondo un ordine prestabilito. Ogni movimento singolo o multiplo e contemporaneo degli steli rappresenta una **fase** della sequenza.

Le sequenze vengono spesso denominate anche **cicli di lavoro**.

Per descrivere il funzionamento delle sequenze si possono usare diversi modelli descrittivi:

- descrizione letterale;
- descrizione tabellare;
- descrizione grafica;
- equazioni booleane.

Descrizione letterale

Per fornire la descrizione letterale della sequenza si utilizzano le convenzioni di designazione letterale degli attuatori (A, B, C, ...) e delle corse (A+ corsa di andata o positiva, A- corsa di ritorno o negativa). Le eventuali parentesi indicano che le corse racchiuse tra di esse avvengono simultaneamente.

Esempi:

La sequenza A+ B+ A- B- consiste delle seguenti quattro fasi

- corsa di andata dello stelo dell'attuatore A
- corsa di andata dello stelo dell'attuatore B
- corsa di ritorno dello stelo dell'attuatore A
- corsa di ritorno dello stelo dell'attuatore B

La sequenza A+ B+ (A- B-) consiste delle seguenti tre fasi

- corsa di andata dello stelo dell'attuatore A
- corsa di andata dello stelo dell'attuatore B
- corsa di ritorno simultanea dello stelo dell'attuatore A e dello stelo dell'attuatore B

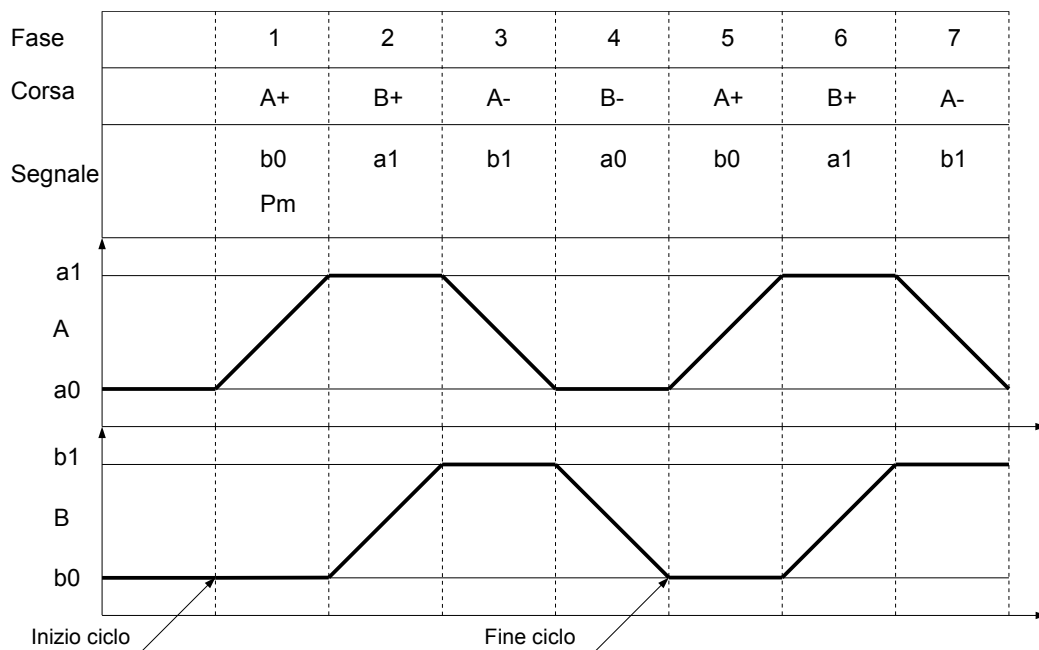
1.7 Realizzazione di una sequenza con tecnica diretta

Una sequenza può essere realizzata con diverse tecniche pneumatiche. La scelta della tecnica più appropriata per la realizzazione di una sequenza dipende dal tipo di segnali presenti nella sequenza e dalla complessità del sistema da costruire. Le tecniche utilizzate sono riportate nel seguente elenco:

- tecnica diretta;
- tecnica dei collegamenti;
- tecnica della cascata;
- tecnica del contatore;
- tecnica del sequenziatore.

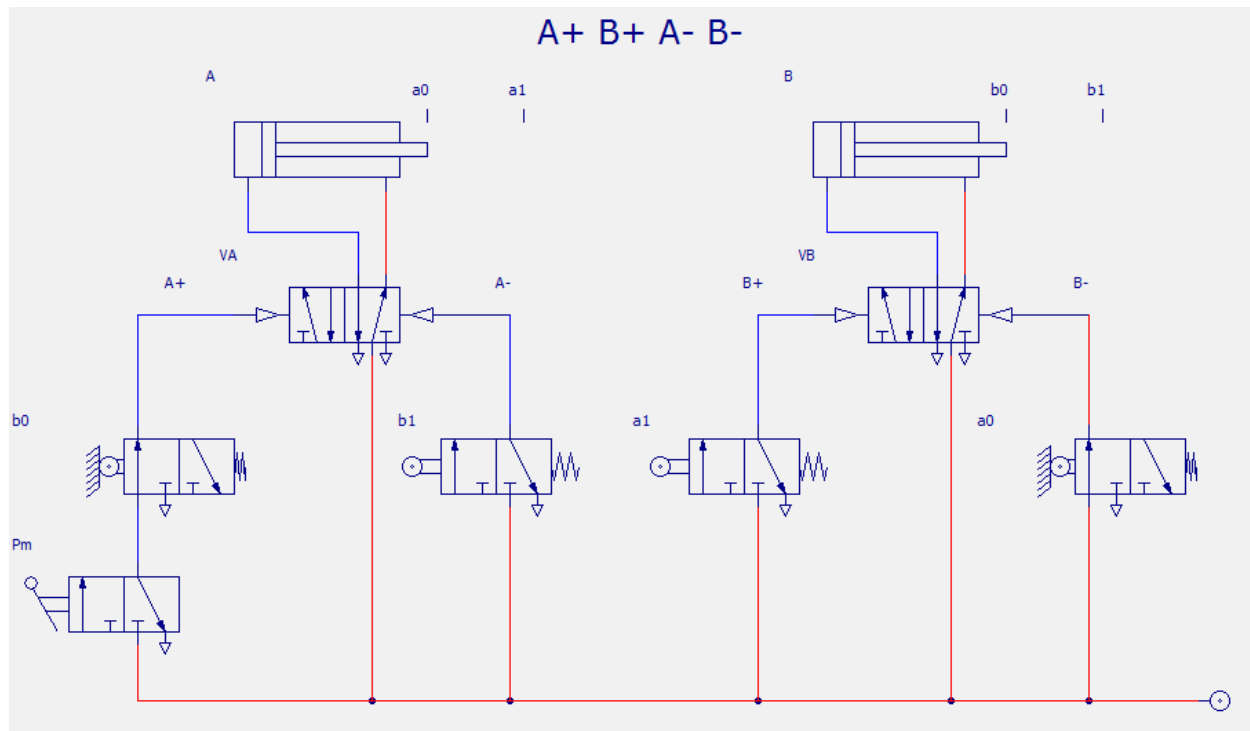
La tecnica diretta rappresenta il metodo più semplice per realizzare una sequenza. Essa consiste nel disegnare il circuito pneumatico che realizza la sequenza seguendo la rappresentazione tabellare in modo naturale, leggendola da sinistra verso destra e dall'alto verso il basso.

Supponiamo di dover realizzare la sequenza A+/B+/A-/B- utilizzando due attuatori a doppio effetto con le relative valvole di distribuzione bistabili 5/2 e i finecorsa 3/2.



Leggendo la tabella da sinistra verso destra troviamo nella riga delle corse la corsa A+ e quindi disegniamo il cilindro A con lo stelo rientrato in posizione di riposo ed il relativo attuatore. Leggendo verso il basso la tabella si nota che la corsa A+ è comandata dalla serie del segnale b0 e del selettore Pm. Quindi disegniamo subito le due valvole corrispondenti a questi comandi in serie e sotto alla sinistra del distributore del cilindro A. Proseguendo in questo modo possiamo disegnare l'intero circuito pneumatico.

Nel disegnare gli elementi che compongono il circuito pneumatico si deve rispettare la convenzione di rappresentarli nella loro **posizione di riferimento**, ovvero nella posizione assunta ad inizio ciclo con aria presente nell'impianto.



La tecnica diretta è un metodo di progettazione che però alle doti di semplicità abbina anche dei limiti di funzionalità che riassumiamo qui di seguito, ma che verranno chiariti più avanti.

- in caso di bloccaggio di un distributore di potenza o di un finecorsa si possono avere comportamenti anomali che possono causare inconvenienti di maggiore o minore gravità;
- se la sequenza presenta segnali di tipo bloccante il ciclo si interrompe in una fase intermedia;
- non è possibile realizzare cicli nei quali siano presenti corse ripetute, ovvero nei quali uno o più fine corsa siano azionati più volte durante la sequenza.

Per ovviare a questi inconvenienti la tecnologia pneumatica mette a disposizione le altre tecniche: collegamenti, cascata, contatore, sequenziatore.

1.8 Segnali di comando

I segnali di comando presenti in una sequenza possono essere di tre tipi:

- istantanei
- continui non bloccanti
- continui bloccanti

Un segnale si dice **istantaneo** quando si disattiva nella fase immediatamente successiva a quella che lo ha generato, ovvero quando è attivo solo nell'istante tra due fasi consecutive.

Un segnale si dice **continuo** quando rimane attivo in una o più fasi successive a quella che lo ha generato.

Un segnale continuo si dice **bloccante** quando il suo stato attivo non consente la prosecuzione del ciclo, impedendo la commutazione del distributore da esso comandato.

Un metodo rapido ed efficace per verificare se una sequenza non presenta dei segnali bloccanti consiste nel verificare se gli attuatori si muovono sia nella corsa di andata che in quella di ritorno con la stessa successione, a meno del segno.

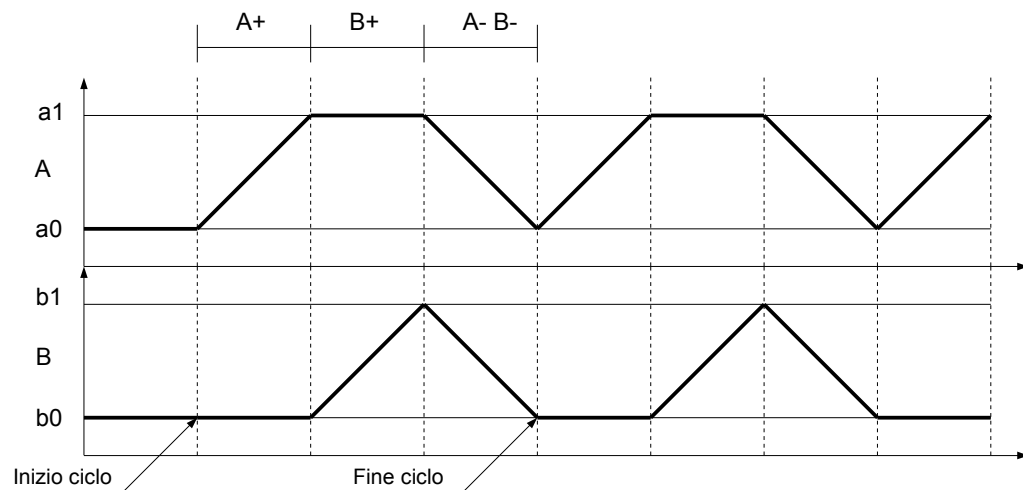
Ad esempio il ciclo A+ B- C+ A- B+ C- non presenta segnali bloccanti, mentre il ciclo A+ B- C+ B+ A- C- presenta dei segnali bloccanti.

Analizzeremo i diversi tipi di segnali partendo da esempi concreti di sequenze.

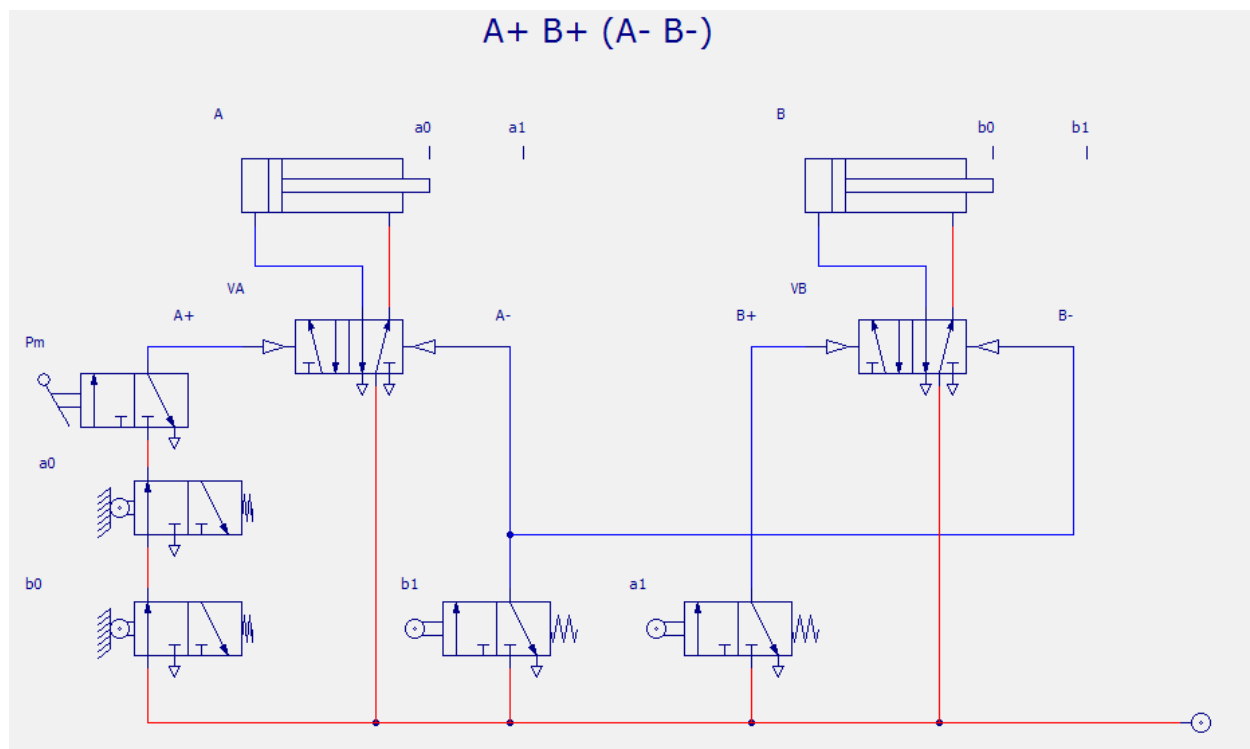
1.9 Sequenza con segnali non bloccanti: A+/B+/(A-B-)

Dall'osservazione del diagramma corsa-fase i **segnali impulsivi** sono subito individuati perché sono corrispondenti ai vertici degli angoli formati da due corse consecutive di uno stesso attuatore. Anche i **segnali continui** sono facilmente individuabili poiché sono quelli corrispondenti ai tratti di sosta degli attuatori.

Se analizziamo la sequenza A+/B+/(A-B-) mostrata nel diagramma corsa-fase di figura si nota che i segnali a1 e b0 sono continui mentre i segnali b1 e a0 sono impulsivi.



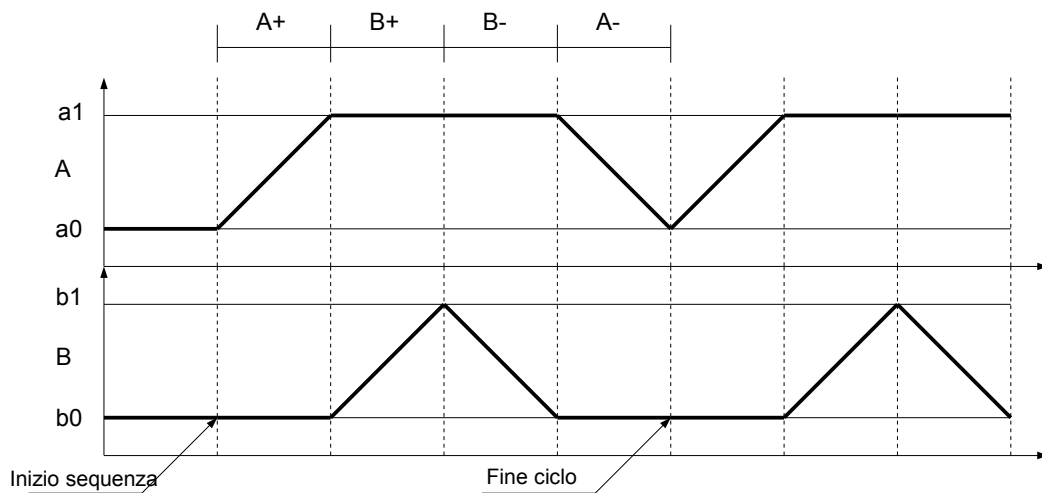
Nella seguente figura è riportato il circuito pneumatico che la realizza. Esso è realizzato utilizzando la tecnica diretta.



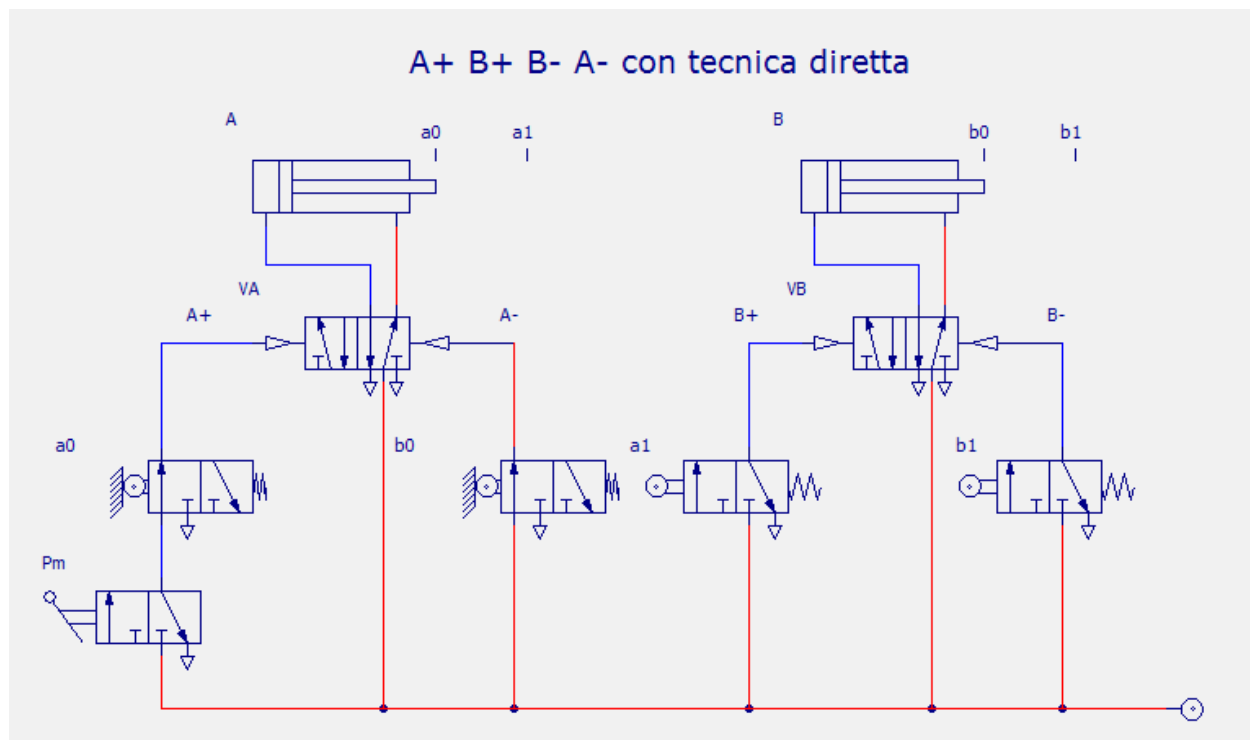
1.10 Sequenza con segnali bloccanti: A+/B+/B-/A-

I **segnali bloccanti** sono segnali continui che sono presenti sia durante la corsa positiva che durante la corsa negativa dell'attuatore che comandano.

Consideriamo ora il diagramma corsa-fase del ciclo A+/B+/B-/A-. In esso sono presenti i segnali bloccanti a1 e b0 mentre gli altri due segnali a0 e b1 sono impulsivi.



Una eventuale realizzazione mediante la tecnica diretta è riportata nella seguente figura.



Evidentemente questo circuito pneumatico non è in grado di funzionare. Infatti, dopo l'azionamento del selettore Pm il distributore del cilindro non è in grado di muoversi perché è bloccato dal segnale b0.

1.11 Realizzazione di una sequenza con la tecnica dei collegamenti

Abbiamo visto nel caso precedente che se la sequenza presenta segnali di tipo bloccante il ciclo si interrompe in una fase intermedia. La tecnica dei collegamenti, quando è applicabile, consente:

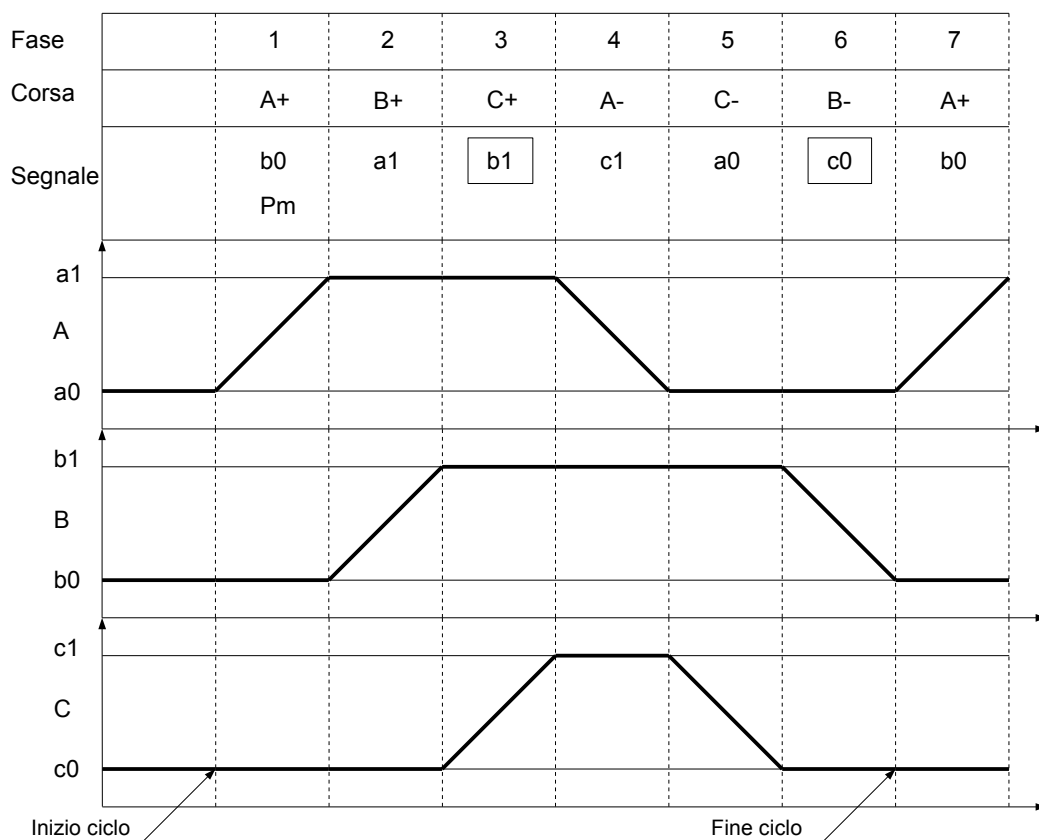
- l'annullamento dei segnali bloccanti;
- una maggiore sicurezza

La tecnica dei collegamenti è in pratica una variante della tecnica diretta in cui i finecorsa vengono alimentati da altri finecorsa. In particolare se si vuole eliminare i segnali bloccanti occorre collegare il finecorsa che dà luogo al segnale bloccante con un altro finecorsa associato ad un segnale, denominato **sbloccante**, che gode delle seguenti proprietà:

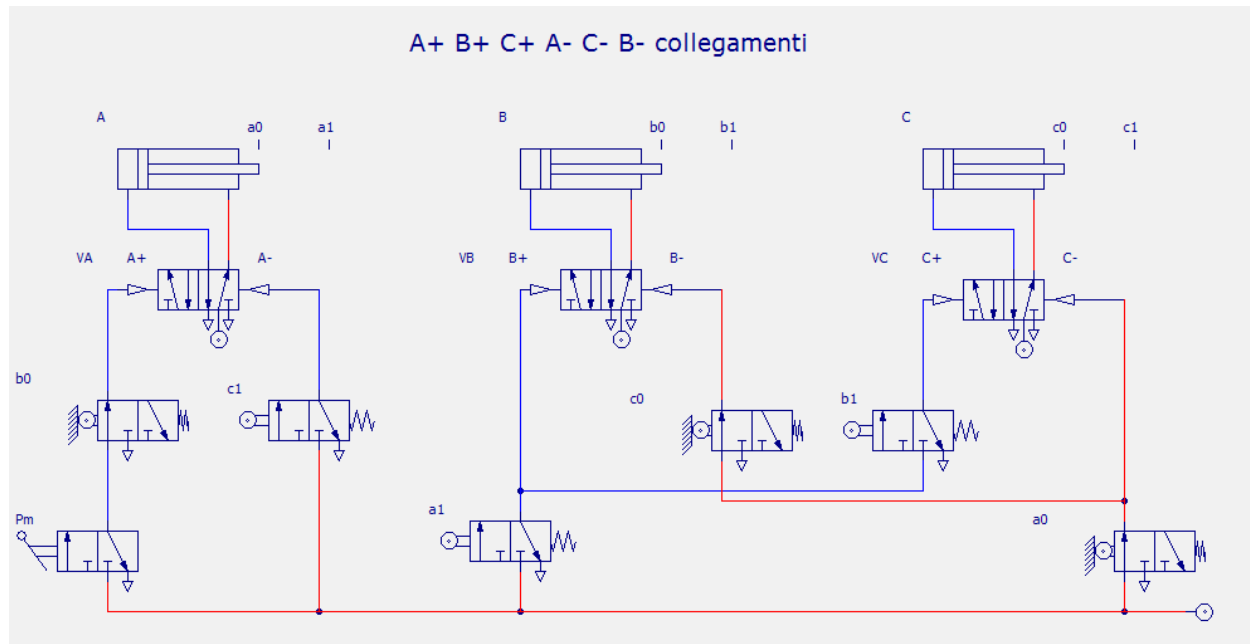
- non deve essere bloccante;
- deve essere attivo quando inizia il segnale bloccante;
- deve essere inattivo quando inizia la corsa bloccata, ovvero la corsa del cilindro precedentemente comandato dal segnale bloccante;
- non si deve riattivare finché è attivo il segnale bloccante.

Con riferimento alla sequenza A+/B+/B-/A- notiamo che sia il segnale bloccante a1 che il segnale bloccante b0 non presentano segnali sbloccanti. Perciò in questo caso la tecnica dei collegamenti non è applicabile.

Prendiamo in considerazione, come esempio, la sequenza A+/B+/C+/A-/C-/B-. Essa presenta i segnali bloccanti b1 e c0. Il circuito pertanto non può essere progettato con tecnica diretta, ma in questo caso è possibile applicare la tecnica dei collegamenti perché a1 sblocca b1 e a0 sblocca c0.



I cablaggi da effettuare sono due: il finecorsa b1 deve essere alimentato dal finecorsa a1 ed il finecorsa c0 deve essere alimentato dal finecorsa a0. Il circuito che realizza il ciclo in esame è riportato nella seguente figura.



Anche se esistono altri metodi pneumatici “puri” per eliminare i segnali bloccanti, occorre analizzare sempre se esiste o meno la possibilità di annullarli con il metodo dei collegamenti perché esso produce sicuramente un circuito meno complesso degli altri metodi, e quindi meno costoso, dato che non fa uso di valvole supplementari.

Esercizio proposto 1.

Disegnare il diagramma corse-fasi e il circuito pneumatico della sequenza A+/B+/C+/B-/A-/C- applicando la tecnica dei collegamenti.

1.12 Realizzazione di una sequenza con la tecnica della cascata

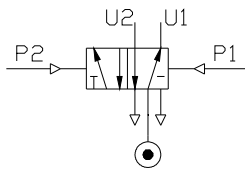
Abbiamo visto l'applicazione della tecnica dei collegamenti per realizzare la sequenza A+/B+/C+/A-/C-/B- ma sappiamo anche che la sequenza A+/B+/B-/A- non può essere realizzata con questo metodo. Si ricorre alla tecnica della cascata proprio quando nel ciclo sono presenti segnali bloccanti che non possono essere eliminati con il metodo dei collegamenti.

La **tecnica della cascata** consiste nell'inserire nel circuito di comando uno o più **distributori ausiliari** ciascuno dei quali alimenta una parte dei finecorsa determinata dividendo la sequenza in parti denominate sottosequenze o sottocicli.

Questi distributori ausiliari costituiscono la cosiddetta **cascata** per la conformazione particolare del cablaggio. Prima di illustrare l'applicazione del metodo vediamo come si realizza il cablaggio in cascata

Cascata con un distributore

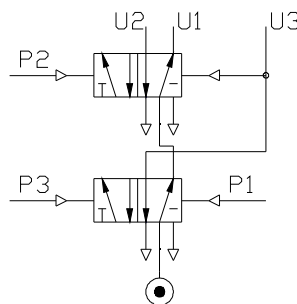
Più che di un particolare cablaggio essa consiste nella convenzione utilizzata per designare le uscite e i comandi del distributore. Con P_1 e P_2 si indicano i segnali di pilotaggio mentre con U_1 e U_2 si indicano le uscite.



Il comando P_1 pilota l'uscita U_1 ed il comando P_2 pilota l'uscita U_2 .

Cascata con due distributori

I due distributori sono connessi tra di essi in modo da rendere disponibile tre uscite corrispondenti ai tre segnali di pilotaggio



All'aumentare dei distributori si procede in modo analogo. Per induzione si intuisce che una cascata con n uscite si ottiene per mezzo di $n-1$ distributori.

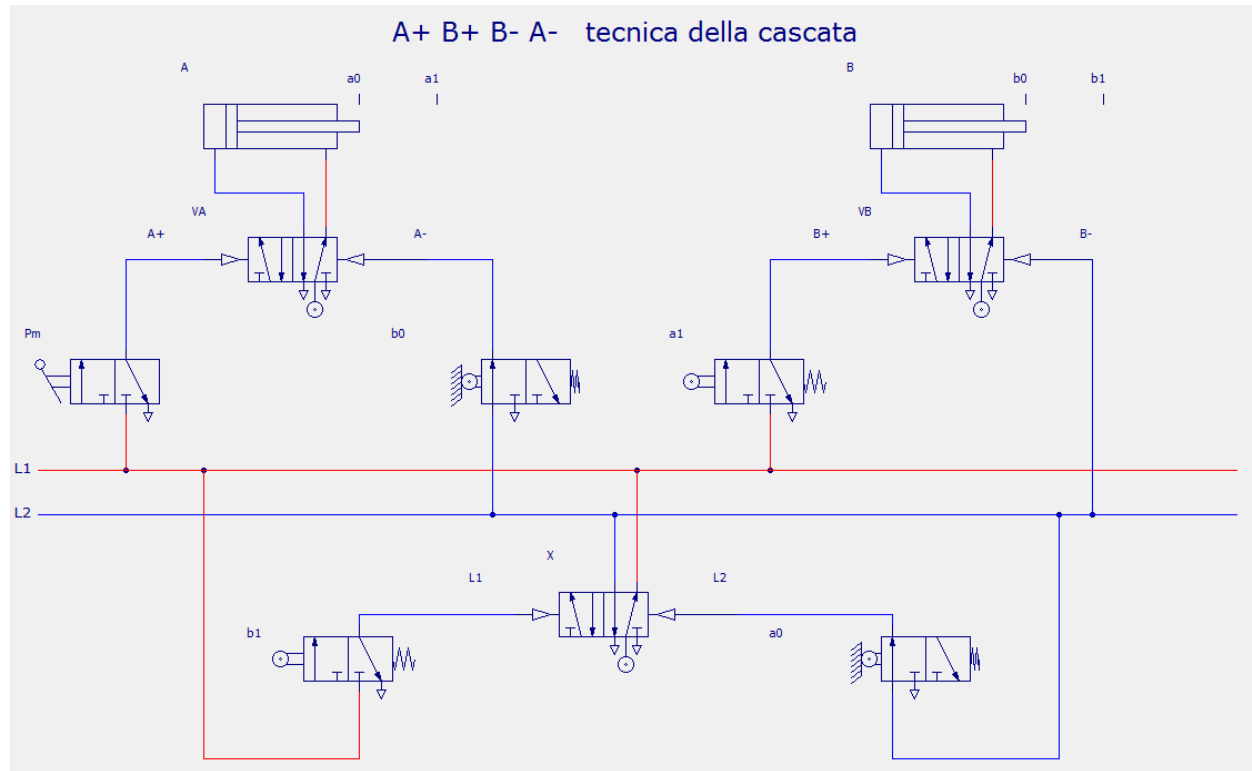
Per applicare la tecnica della cascata occorre suddividere la sequenza in tante sotto-sequenze quante sono necessarie per far sì che in ognuna di esse ci sia una sola corsa per cilindro. I comandi relativi ad ogni sotto-sequenza saranno alimentati da una delle uscite della cascata.

Nel caso specifico della sequenza A+/B+/B-/A- essa può essere suddivisa nelle due sottosequenze A+/B+ e B-/A- per cui basta fare uso di un solo distributore ausiliario.

A questo punto si inizia il disegno dello schema tracciando i simboli degli attuatori e dei relativi distributori di potenza in alto e la cascata con le uscite in basso. I collegamenti tra la parte di potenza e la parte di comando si effettua in base al seguente criterio: il finecorsa che innesca la prima corsa di una sottosequenza devono pilotare i distributori della cascata e corrispondentemente le uscite della cascata alimenteranno i finecorsa implicati nelle varie sottosequenze.

Nel nostro caso la sottosequenza A+/B+ è attivata dal finecorsa a0 e l'uscita U1 del distributore ausiliario alimenta i finecorsa a1 e b1, mentre la sottosequenza B-/A- è attivata dal finecorsa b1 e l'uscita U2 del distributore ausiliario alimenta i finecorsa b0 e a0.

Il cablaggio appena descritto da luogo al seguente schema.



Dall'esempio precedente si nota che i segnali bloccanti vengono annullati con questo metodo perché ad ogni commutazione dei distributori della cascata vengono alimentati solo i finecorsa relativi alla sottosequenza escludendo automaticamente i relativi segnali bloccanti presenti nell'altra sottosequenza.

Esercizio proposto 2.

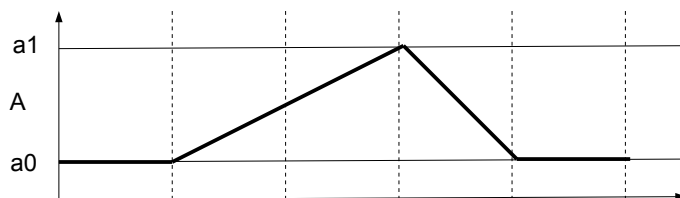
Disegnare il diagramma corse-fasi e il circuito pneumatico della sequenza A+/B+/C+/C-/B-/A- applicando la tecnica della cascata.

1.13 Domande

1. In una centrale di compressione i componenti adatti a garantire condizioni di sicurezza sono:
[a] il separatore di condensa
[b] il filtro di aspirazione e il manometro
[c] la valvola di non ritorno ed il separatore di condensa
[d] la valvola di massima pressione ed il pressostato
2. La lubrificazione dell'aria compressa prima dell'utilizzazione serve per:
[a] ridurre la sua temperatura
[b] ridurre la formazione di condensa
[c] evitare il grippaggio del compressore alternativo
[d] evitare il grippaggio di valvole ed attuatori
3. Per comandare un cilindro a semplice effetto è necessario un distributore
[a] 4/2
[b] 3/2
[c] 5/2
[d] 4/3
4. Per comandare un attuatore lineare a doppio effetto è necessario un distributore:
[a] 2/2
[b] 3/2
[c] 4/3
[d] 5/2
5. Un distributore di potenza monostabile
[a] ha due pilotaggi
[b] non ha alcun pilotaggio
[c] ha un solo pilotaggio con ritorno a molla
[d] ha due pilotaggi con ritorno a molla
6. Quando la posizione di riposo di un distributore di potenza è tale per cui l'alimentazione è in comunicazione con l'utilizzatore esso si dice:
[a] bistabile;
[b] monostabile NC
[c] monostabile NA
[d] astabile NC
7. Un distributore di potenza bistabile è
[a] una valvola a due segnali di pilotaggio
[b] una valvola ad un segnale di pilotaggio
[c] una valvola a molla
[d] una valvola a un segnale di pilotaggio e ritorno a molla
8. Un ciclo semiautomatico è:
[a] un ciclo che si ripete un numero fissato di volte
[b] un ciclo che viene eseguito solo una volta
[c] un ciclo che si ripete con continuità
[d] un ciclo che esegue solo le corse di andata degli steli dei cilindri
9. Il volume racchiuso tra la testata posteriore, il pistone e la camicia in un cilindro è denominato:
[a] corpo
[b] camera negativa

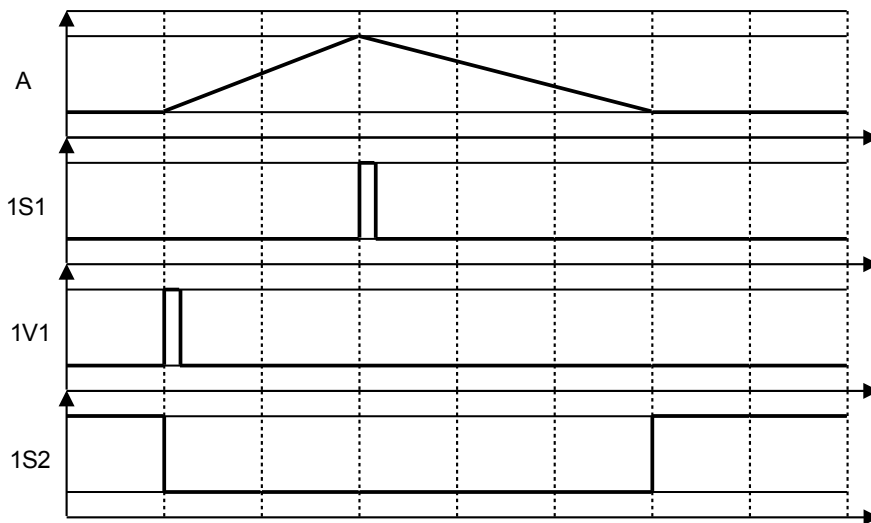
- [c] camera positiva
- [d] camera anteriore.

10. Esprimi una definizione di umidità assoluta in condizioni di saturazione.
11. Esprimi una definizione di temperatura di rugiada
12. Cosa si intende per gruppo FRL.
13. Disegna una valvola pneumatica bistabile ed una valvola pneumatica monostabile e descrivi le differenze di funzionamento.
14. Spiegare la differenza tra tecnica di comando diretto e tecnica di comando indiretto.
15. Spiegare cosa rappresentano le pendenze della sequenza qui sotto riportata.



1.14 Esercizi

1. Disegna il simbolo grafico unificato di un gruppo FRL, un cilindro a doppio effetto, una valvola 5/2 bistabile con azionamenti pneumatici, una valvola selettoria.
2. Disegna lo schema pneumatico del comando diretto a selettore di un cilindro a singolo effetto con velocità regolabile nei due sensi
3. Disegna lo schema pneumatico del comando diretto con OR logico di un cilindro a singolo effetto.
4. Disegnare lo schema pneumatico che realizza il diagramma corse-tempi riportato in figura, completandolo con gli opportuni riferimenti e legende.



5. Disegna lo schema pneumatico e il diagramma corsa-tempi della sequenza A+/A- di un cilindro a d.e. con comando indiretto-stabile e valvola di potenza bistabile.
6. Disegna lo schema pneumatico e il diagramma corsa-tempi della sequenza A+/A- di un cilindro a d.e. con comando indiretto-stabile e valvola di potenza instabile.
7. Disegnare il diagramma corse-fasi e lo schema pneumatico della sequenza pneumatica A+/B-/C+/A-/C-/B+. L'impianto deve prevedere un pulsante di avvio e un pulsante di arresto del ciclo continuo.

2 ELETTROPNEUMATICA

Prerequisiti

Conoscere la pneumatica. Conoscere i circuiti. Conoscere i relé. Sapere interpretare e realizzare uno schema elettrico funzionale.

Obiettivi specifici: conoscenze

Conoscere la componentistica elettropneumatica.

Obiettivi specifici: abilità

2.1 Introduzione

Con **elettropneumatica** si intendono le tecniche di automazione con blocco di attuazione pneumatico e blocco di comando elettrico. Oggigiorno i blocchi di comando elettrici sono sostituiti dai PLC. Comunque lo studio delle automazioni elettropneumatiche a logica cablata assume ancora un valore didattico rilevante proprio come introduzione alla logica programmabile dei PLC.

2.2 Componentistica elettropneumatica

I componenti che svolgono la funzione di interfaccia tra la parte pneumatica e la parte elettrica sono le **elettrovalvole**. Esse sono dei distributori pneumatici a comando elettrico. Inoltre, è necessario che l'unità di comando elettrica riceva informazioni dal blocco di attuazione pneumatico in forma elettrica. Per questo motivo vengono utilizzati come finecorsa dispositivi elettrici a contatti come microinterruttori, contattori, sensori magnetici, ecc..

2.2.1 Elettrovalvole

Le elettrovalvole vengono anche denominate valvole a solenoide o valvole ad elettromagnete perché funzionano grazie ad una bobina, o solenoide, che agisce sul dispositivo ad otturatore o sul cassetto provocando la commutazione.

Esistono due tipologie di elettrovalvole a seconda del tipo di azionamento:

- **ad azionamento diretto**, quando il solenoide comanda direttamente lo stelo della valvola;
- **ad azionamento indiretto**, quando il solenoide apre una piccola valvola che, a sua volta, permette all'aria compressa di spostare lo stelo della valvola.

2.2.1.1 Elettrovalvole ad azionamento diretto

Le elettrovalvole ad azionamento diretto sono caratterizzate da una grande rapidità di intervento ma richiedono una potenza piuttosto elevata anche fino a 20 VA, dipendente tra l'altro anche dalla portata della valvola. La bobina è generalmente alimentata in corrente alternata a tensione di rete o a tensione ridotta, ma esistono anche valvole con bobine alimentate in c.c..

I modelli generalmente disponibili sono 2/2 NC, 2/2 NA, 3/2 NC e 3/2 N/A. Nella seguente figura è riportato il segno grafico secondo la norma ISO 1219-1 di una valvola 2/2 NC.

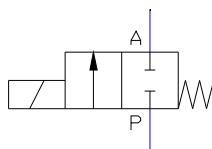


Figura 14 -Segno grafico ISO 1219-1 di una elettrovalvola ad azionamento diretto 2/2 NC.

La necessità di contenere le dimensioni ed il consumo della bobina ha suggerito la realizzazione dell'azionamento indiretto per cui nell'ambito pneumatico esse sono non sono molto utilizzate. Esse, però, sono largamente utilizzate per altri fluidi come acqua, olio o vapore.

Nella seguente figura è riportata una valvola 2/2 NC della Danfoss. Quando la bobina è priva di tensione, la molla di chiusura (1) e la pressione del mezzo spingono verso il basso l'armatura (2) e il disco della valvola (3) contro l'ugello della valvola (4). Quando viene fornita tensione alla bobina l'armatura ed il disco della valvola vengono sollevati dall'ugello della valvola che così viene aperta e il flusso è libero.

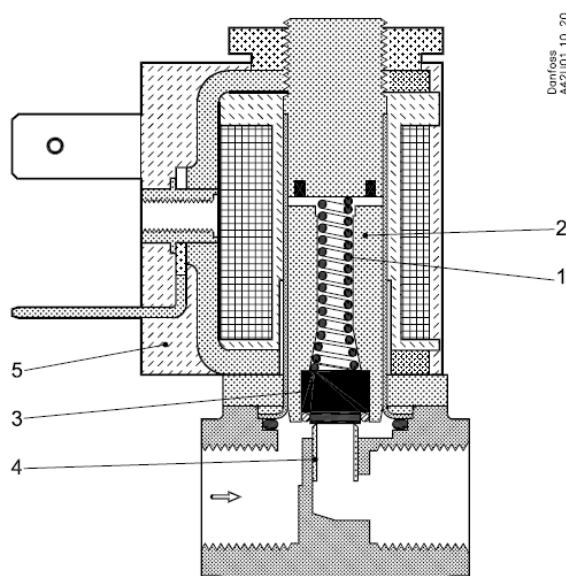


Figura 15 - Elettrovalvola 2/2 NC ad azionamento diretto. 1) Molla di chiusura 2) Armatura 3) Disco valvola 4) Ugello valvola 5) Bobina.

2.2.1.2 Elettrovalvole ad azionamento indiretto

Prendiamo in considerazione una elettrovalvola ad azionamento indiretto 3/2 NC. Il segno grafico è riportato nella figura seguente.

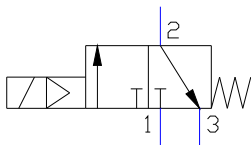


Figura 16 - Segno grafico ISO 1219-1 di una elettrovalvola ad azionamento indiretto 3/2 NC.

Nella seguente figura è riportata una sezione della valvola nelle condizioni di riposo, con bobina non alimentata, e di funzionamento con bobina alimentata. Sulla bocca 1 di alimentazione è ricavato un piccolo condotto che porta l'aria compressa al nucleo mobile del solenoide. All'eccitazione, il nucleo mobile viene attratto liberando il passaggio dell'aria di pilotaggio. Nell'elettrovalvola devono perciò essere presenti due scarichi: il primo, come nelle valvole a comando pneumatico o elettrico diretto, per evitare la contropressione nella fase di avanzamento del cilindro, il secondo per l'eliminazione dell'aria di pilotaggio al ritorno, che in gran parte degli elementi avviene attraverso il foro centrale ricavato sul nucleo. Immettendo aria compressa proprio attraverso questo foro, si può pilotare la valvola in situazioni di mancanza di tensione di alimentazione.

Le valvole ad azionamento indiretto hanno bisogno di regola di una minima differenza di pressione per effettuare con sicurezza la commutazione della valvola, in quanto è proprio la pressione del fluido che aiuta la sua apertura e chiusura.

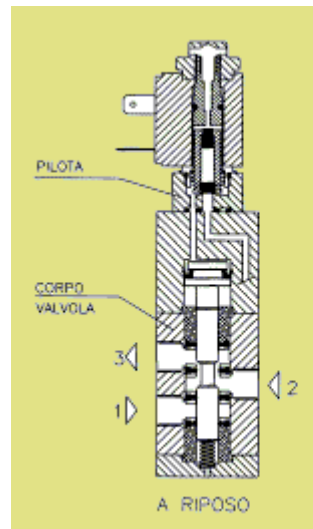


Figura 17 - Elettrovalvola 3/2 NC ad azionamento indiretto a cassetto.

Poiché le elettrovalvole ad azionamento indiretto a più vie sono le più utilizzate le soluzioni costruttive sono numerose, per esempio ad otturatore, a cassetto, ecc., e variano anche concettualmente da un costruttore all'altro. Essenzialmente, però, esse si possono distinguere in due categorie a seconda se hanno uno o due gruppi di pilotaggio. Il tipo che dispone di un solo gruppo di pilotaggio elettrico effettua il riposizionamento mediante l'azione di una molla, o di un cuscinio d'aria, al cessare dell'eccitazione del solenoide.

Il tipo con due gruppi di pilotaggio realizza la commutazione della valvola in relazione all'eccitazione dell'uno o dell'altro elettromagnete.

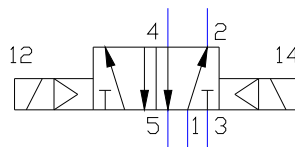


Figura 18 - Segno grafico ISO 1219-1 di una elettrovalvola ad azionamento indiretto 5/2 bistabile.

Alcune valvole con due gruppi di pilotaggio elettrico dispongono di due molle di centraggio che, nella condizione in cui tutte e due gli elettromagneti siano diseccitati, dispongono l'elettrovalvola in una posizione intermedia. La valvola diventa in questo caso a tre posizioni.

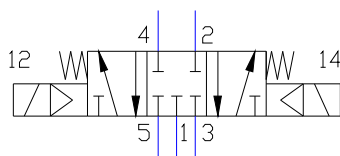


Figura 19 - Segno grafico ISO 1219-1 di una elettrovalvola ad azionamento indiretto 5/3 monostabile con posizione centrale chiusa.

Il costante aumento di domanda di apparecchiature pneumatiche interfacciabili con l'elettronica ha incrementato lo sviluppo dei sistemi di automazione con caratteristiche di piccolo ingombro, commutazione veloce, lunga durata, bassi consumi elettrici per l'uso con PC o PLC. Si è reso perciò necessario realizzare microvalvole e distributori miniaturizzati con alte prestazioni.

Attualmente vengono infatti valvole ed elettrovalvole miniaturizzate, secondo la norma UNI 10528, che hanno delle **sottobasi** di grandezza minore della taglia 1 che è la più piccola contemplata dalla norma ISO 5599/1.

Le valvole modulari o "isole di valvole", nate dal concetto di valvola con sottobase, ma con versatilità maggiore e ingombro ridotto, sono raggruppate in complessi componibili, di rapido cablaggio e continuamente ampliabili; i singoli elementi (valvola, solenoide, ecc.) sono facilmente sostituibili ed inoltre offrono svariate possibilità di azionamento.

Alla sottobase sono collegati i tubi di ingresso e di uscita, i silenziatori di scarico e, nel caso delle elettrovalvole, i connettori elettrici delle bobine.

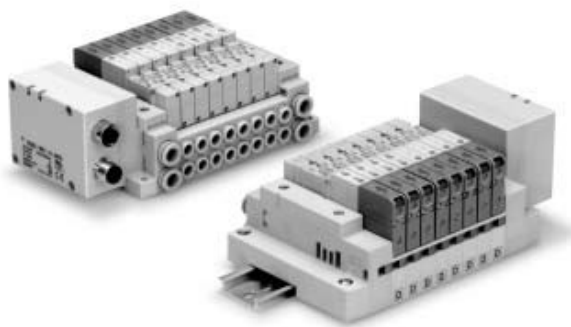


Figura 20 - Isola di valvole della SMC nelle versioni Tie-Rold e Cassette.

I **valori tipici di alimentazione** dei solenoidi delle elettrovalvole ad azionamento indiretto sono 24 V c.c. , 24 – 48 – 115 – 230 V c.a.. Il tempo di risposta nelle elettrovalvole funzionanti in c.a. è intorno ai 10 - 30 ms. I modelli funzionanti in c.c. Sono più lenti e presentano tempi tra i 30 – 40 ms.

Per contro i solenoidi funzionanti in c.a. richiedono una corrente di spunto più elevata rispetto quella a regime per cui se la frequenza di commutazione è troppo elevata si può avere un eccessivo riscaldamento del solenoide con conseguente danneggiamento. Il problema dell'eccessivo riscaldamento si ha anche se il nucleo si blocca perché in tal caso la corrente di regime è pari alla corrente di spunto.

Nei solenoidi funzionanti in c.a. La corrente di spunto è pari a quella di regime per cui si possono applicare elevate frequenze di commutazione.

In ogni caso le elettrovalvole devono funzionare in condizioni di **sicurezza positiva**, ovvero in mancanza di alimentazione l'elettrovalvola non deve provocare movimenti o situazioni di pericolo per le persone o per l'impianto.

2.2.2 Sensori

2.3 Circuiti elettropneumatici fondamentali

Gli impianti elettropneumatici presentano un certo grado di modularità. A prescindere dalla complessità essi sono riconducibili ad un insieme di circuiti fondamentali, ciascuno dei quali svolge una particolare funzione.

Comunque la descrizione grafica di un impianto elettropneumatico è sempre costituita da due tipi di schemi :

- schema del circuito di potenza pneumatico;
- schema del circuito di comando elettrico.

Il circuito di potenza pneumatico si disegna utilizzando i simboli ISO 1219-1. Come si può intuire esso è abbastanza ripetitivo e, come si vedrà, non presenta novità di rilievo.

Il circuito di comando elettrico viene descritto mediante uno schema funzionale seguendo le regole e le consuetudini che si applicano per gli schemi funzionali di comando degli impianti elettrici industriali.

Passiamo ad esaminare i principali circuiti di comando elettrico degli attuatori a semplice e a doppio effetto.

2.3.1 Comando degli attuatori a semplice effetto

Il comando manuale di un cilindro a semplice effetto può essere realizzato con un pulsante elettrico instabile ed una valvola di distribuzione che può essere sia ad azionamento diretto o indiretto. Nel nostro caso prendiamo in considerazione comandi di tipo indiretto essendo i più diffusi.

2.3.1.1 Comando indiretto instabile di un attuatore a semplice effetto

2.3.1.2 Comando indiretto stabile di un attuatore a semplice effetto

2.3.2 Comando degli attuatori a doppio effetto

2.3.2.1 Comando indiretto instabile di un attuatore a semplice effetto

2.3.2.2 Comando indiretto stabile di un attuatore a semplice effetto

2.4 Realizzazione di sequenze

2.4.1 Sequenza A+ A-

2.4.1.1 Comando con distributore unistabile

2.4.1.2 Comando con distributore bistabile

2.4.2 Sequenze con due o più attuatori senza segnali bloccanti

I metodi utilizzati studiati per il progetto dei circuiti pneumatici, essendo basati sui principi dell'algebra booleana valgono anche nel caso dei comandi elettropneumatici, e in particolare questo vale anche per la *tecnica diretta* che essendo la più semplice ed intuitiva va sempre applicata quando ciò è possibile.

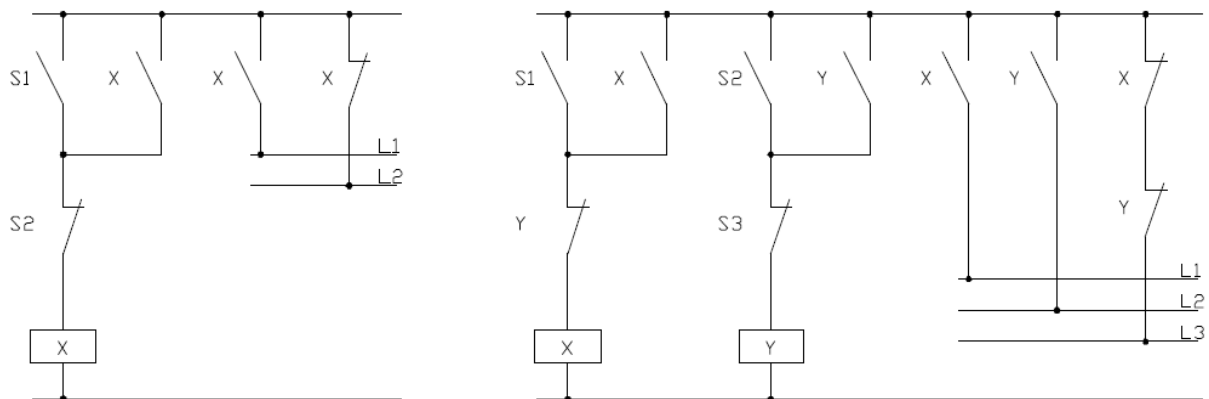
2.4.3 Sequenze con due o più attuatori con segnali bloccanti

Per la progettazione del comando elettrico di segnali bloccanti si può ricorrere al *metodo della tabella di comando* o al *metodo della cascata*. Tralasciamo il metodo della tabella di comando perché risulta di laboriosa applicazione già con tre attuatori e passiamo subito al metodo della cascata.

Il metodo della cascata è già stato introdotto nella realizzazione di sequenze pneumatiche in cui sono presenti segnali bloccanti che non possono essere sbloccati con la tecnica dei collegamenti. Il principio su cui si basa la tecnica della cascata consiste nel suddividere la sequenza in sottosequenze in modo da alimentare i segnali bloccanti solo quando essi devono svolgere la loro funzione.

Le sottosequenze vengono realizzate utilizzando un numero uguale di linee di alimentazione ausiliarie pari al numero di sottosequenze. Le linee di alimentazione sono alimentate solo per il tempo necessario ad eseguire la sottosequenza.

Nella seguente figura sono descritti i collegamenti necessari per realizzare rispettivamente cascate a due e tre uscite.



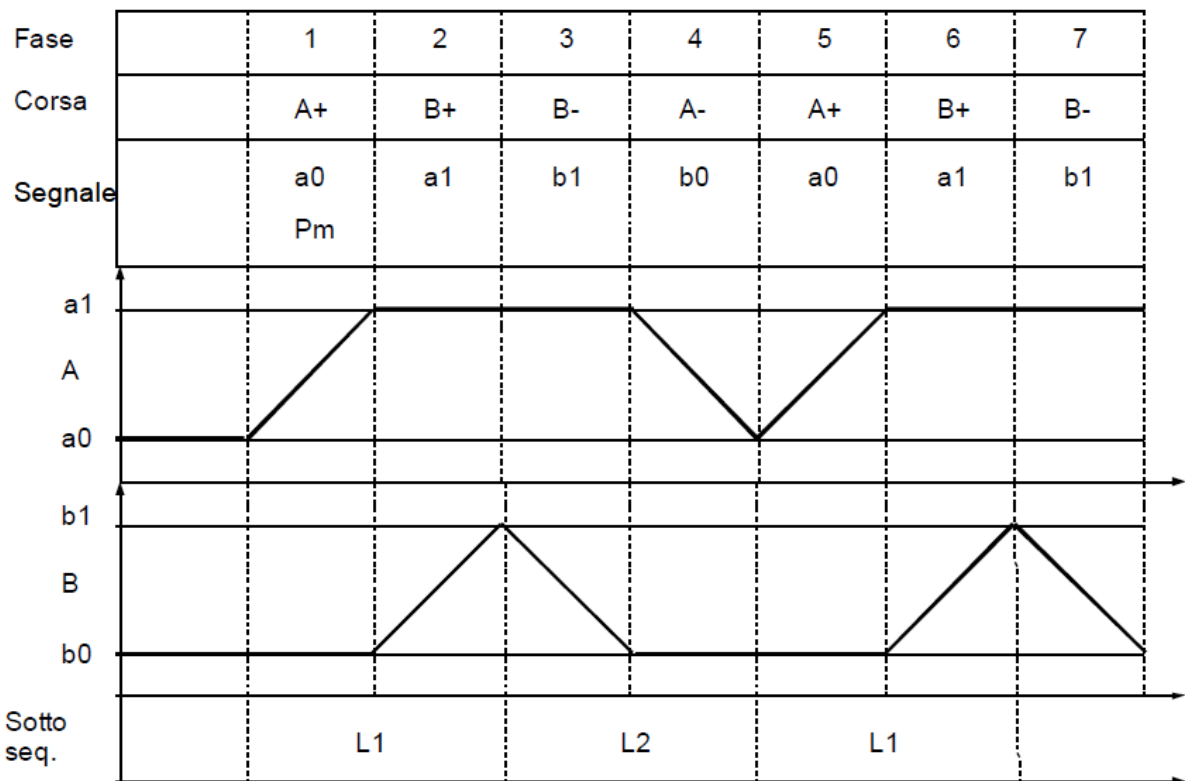
Anche in questo caso, come in quello pneumatico, per avere n linee occorre un numero di memorie pari a $n-1$.

Esercizio proposto 3.

Disegnare lo schema elettrico di una cascata a quattro uscite.

2.4.3.1 Sequenza A+ B+ B- A- con valvole bistabili

Riconsideriamo la rappresentazione tabellare della sequenza A+ B+ B- A-. Siamo in presenza dei due segnali bloccanti a1 e b0. Nella rappresentazione tabellare è riportata anche la suddivisione dei due sottocicli alimentati da L1 ed L2.



Osservando la rappresentazione tabellare precedente si nota che le equazioni di attivazione delle alimentazioni L1 e L2 sono:

$$S1 = PM \cdot a0$$

$$S2 = b1$$

Mentre le equazioni di attivazione delle corse diventano:

$$A+ = L1$$

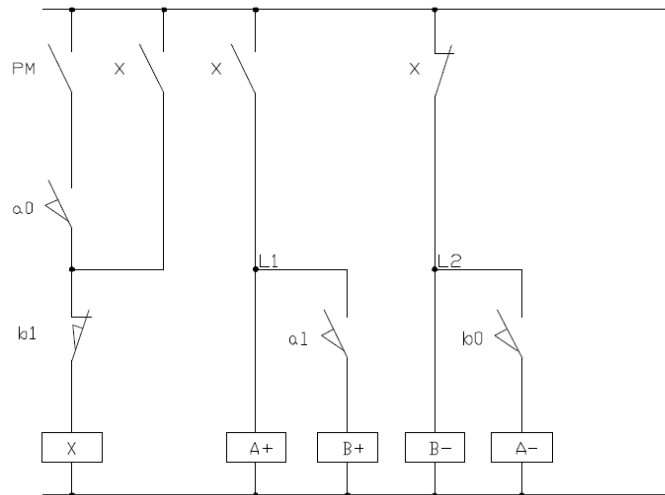
$$B+ = L1 \cdot a1$$

$$B- = L2$$

$$A- = L2 \cdot b0$$

Il disegno del circuito discende direttamente dalla applicazione delle precedenti equazioni.

Il circuito implementa un ciclo semiautomatico. Si può trasformarlo in un ciclo continuo sostituendo il contatto PM con il contatto ausiliario di un relé di autoritenuta settato dal pulsante di marcia e resettato dal pulsante di arresto.



Esercizio proposto 4.

Disegnare il circuito elettropneumatico che realizza la sequenza A+ B+ B- A- a ciclo continuo. Prevedere un pulsante di marcia e un pulsante di arresto.

Esercizio proposto 5.

Disegnare il circuito elettropneumatico che realizza la sequenza A+ B+ B- C+ C- A- a ciclo singolo.

2.5 Domande

1. Nelle elettrovalvole 5/3 la condizione di riposo corrisponde:
 - a) alla posizione centrale;
 - b) alla posizione destra;
 - c) occorre saper dove si trova la molla;
 - d) alla posizione sinistra.

2.6 Esercizi

1. Disegna lo schema elettropneumatico e lo schema di potenza della sequenza A+ / A- a ciclo continuo realizzata mediante un cilindro a doppio effetto ed una valvola di potenza monostabile. Prevedere un pulsante di marcia ed un pulsante di arresto.
2. Disegna lo schema di potenza e lo schema funzionale di comando dell'impianto elettropneumatico che implementa la sequenza A+ B- (A- B+). Prevedere un pulsante di marcia ed un pulsante di arresto.