ESERCITAZIONI

DI

Elettropneumatica

1) *ELETTROPNEUMATICA*

1.1) DEFINIZIONE DI ELETTROPNEUMATICA

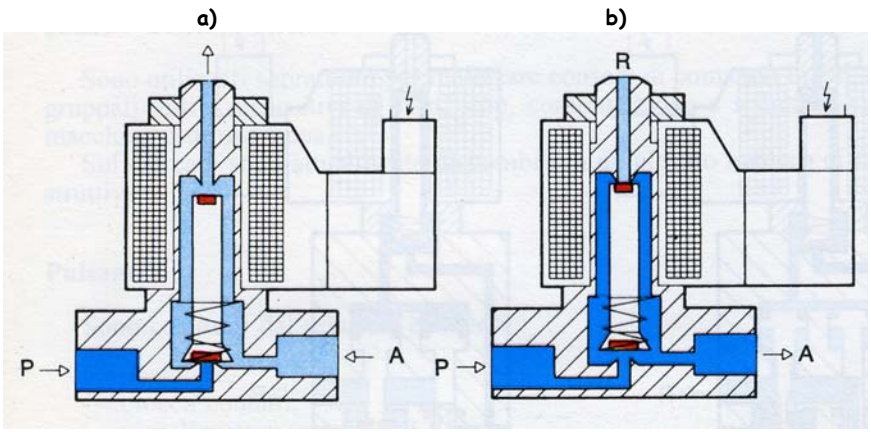
In automazione, la pneumatica offre soluzioni vantaggiose riguardo agli apparati "di potenza" (distributori ed attuatori), mentre le soluzioni che offre per realizzare sistemi di comando completamente pneumatici sono meno valide. Accade così che si conservino distributori e attuatori (vale a dire valvole distributrici [che diventano elettrovalvole] e cilindri di potenza pneumatici), ma spesso si opti per un sistema di comando elettrico. Anche quando è realizzato in logica cablata, un comando elettrico, rispetto ad uno pneumatico, risulta più veloce nella risposta ed è praticamente insensibile alla distanza; inoltre rende più semplice il trattamento dei segnali.

La tecnica di soluzione dei problemi di **elettropneumatica** prevede anch'esso il passaggio attraverso analoghe equazioni di moto (o di funzionamento); presenta pertanto molte analogie con le soluzioni completamente pneumatiche.

1.1.1) ELETTROVALVOLE

I distributori tipici dell'elettropneumatica solo le elettrovalvole. La differenza tra le valvole completamente pneumatiche e le elettrovalvole sta solo i pilotaggi; nel secondo caso sono elettrici (elettro-magnetici), tecnicamente denominati bobine). Nella bobina in oggetto viene sfruttato la forza elettromagnetica per muovere l'otturatore.

Elettrovalvola monostabile 3/2, configurazione N.C.



a) in assenza di segnanle a molla tiene l'otturatore in posizione "giù"; la pressione (P) è bloccata; l'uscita (A) è in comunicazione con lo scarico (R).

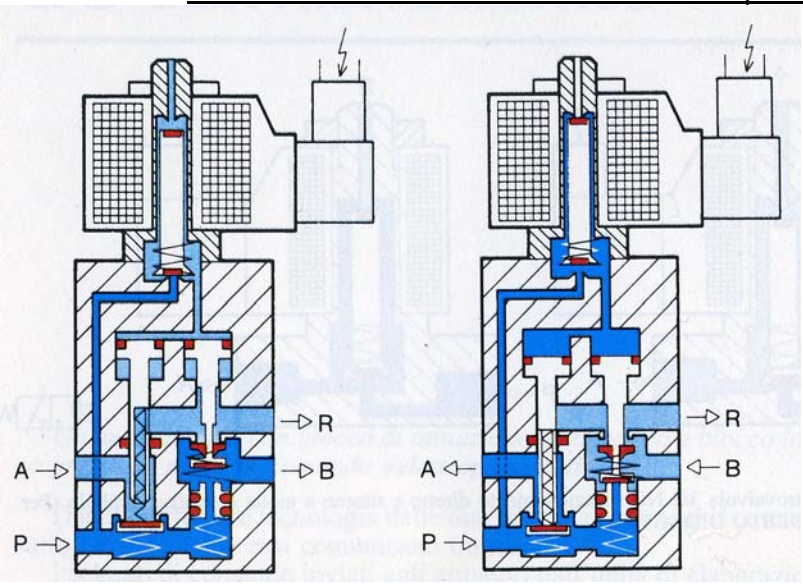
b) in presenza di segnale, l'otturatore è attirato verso il centro dalla bobina magnetizzata (ovvero verso l'alto); viene otturato lo scarico (R), la alimentazione è messa in messa in comunicazione con l'uscita (A).

VALVOLE 3/2 Se poniamo un nucleo di ferro dolce dentro una bobina di filo elettrico, è possibile determinare che il nucleo metallico permette una migliore circolazione delle linee di forza magnetiche; il campo magnetico tenderà a "ottimizzarsi", spostando il nucleo esattamente al centro della bobina. La forza magnetica si trasforma in una forza

meccanica che sposta il nucleo. In questo caso tale forza viene utilizzata per aprire la valvola, spostando l'otturatore; la molla riporta poi l'otturatore in posizione di riposo.

ELETTROVALVOLE 4/2 SERVOPILOTATE Occorre tuttavia precisare che la forza meccanica generata da una bobina non è particolarmente forte; anzi, è meglio dire che non è consigliabile utilizzare bobine molto potenti; per ragioni di sicurezza, si è scelto di utilizzare basse tensioni (di solito 24V); sarebbe perciò necessario utilizzare segnali elettrici di notevole amperaggio per muovere valvole di dimensioni generose, cosa non consigliabile perché esporrebbe di nuovo a "eventi elettrici" spiacevoli. Ecco la ragione per cui sono nate e largamente impiegate le elettrovalvole servopilotate.

Elettrovalvola monostabile 4/2 con servopilota elettro-pneumatico



Nella parte alta dell'immagine si nota una elettrovalvola 3/2 identica a quella dell'immagine precedente.

La bobina provoca la commutazione della 3/2; l'uscita della 3/2 fornisce l'energia per la commutazione della 4/2. In questo modo un segnale elettrico di piccola potenza provoca la commutazione di una valvola il cui pilotaggio richiede notevole energia.

1.2) LA RAPPRESENTAZIONE DEL COMANDO ELETTRICO

In pneumatica, un impianto è composto da attuatori e valvole di potenza e da distributori (valvole) di comando. Le due parti dell'impianto sono separate per livelli di funzioni (schema funzionale gerarchico), ma formano un unico impianto.

In un impianto elettro-pneumatico, la distinzione tra il circuito di potenza e quello di comando è totale**:**

- in alto viene rappresentato il circuito di potenza nel modo già noto; le valvole devono essere disegnati con i pilotaggi (azionatori) elettrici (bobine, con eventuale servo pneumatico);
- il circuito elettrico di comando (completamento distinto) si disegna al di sotto di quello pneumatico di potenza;
- il collegamento tra il circuito elettrico e quello pneumatico è rappresentato dal fatto che il simbolo delle bobine è presente sia sul distributore di potenza (disegnato secondo la normativa **ISO**), sia nel sottostante impianto elettrico di comando (secondo la normativa **CEI**). Ecco, qui a lato, un esempio di schema funzionale elettropneumatico.

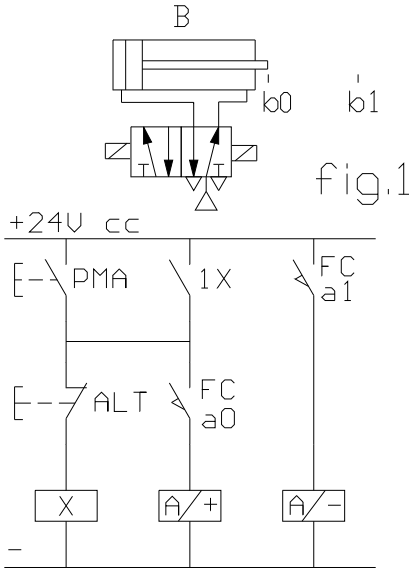


fig.1

Il tipo di schema elettrico che più si presta allo studio dei comandi automatici è definito **schema elettrico funzionale** (vedi figura sopra); possiamo spiegarlo come segue**:**

- due linee orizzontali, che rappresentano il circuito di alimentazione;
- da un certo numero di segmenti verticali (o rami dell'impianto), che sono i rami d'impianto necessari a realizzare il comando richiesto; i vari rami rappresentano circuiti diversi, posti in parallelo tra loro, con alimentazione comune;
- ogni ramo verticale rappresenta un circuito completo, eventualmente interconnesso ad altri con linee orizzontali; i diversi rami del circuito vengono rappresentati nello schema andando da sinistra a destra, **in ordine di entrata in funzione**; per facilitare il riconoscimento, i rami vengono numerati in ordine crescente, sempre da sinistra a destra;

la progressione numerica è scelta in modo da poter inserire (interpolare) a posteriori qualche ramo (la numerazione può andare, per esempio, di 5 in 5 o di 10 in 10);

- ogni ramo rappresenta una delle equazione di funzionamento (o di moto) che risolvono il problema; in alto sui rami sono posti gli elementi che rappresentano la prima metà di un'equazione di moto (ovvero gli ingressi nel sistema), disposti in modo da formare la condizione necessaria per l'attivazione di quella uscita che rappresenta l'ultimo elemento di un dato segmento (o equazione); tale uscita rappresenta l'altra parte dell'equazione di moto; le tre equazioni rappresentate nello schema sono, ad esempio**:**

  primo ramo $(PMA+1x)\times \overline{ALT} = X$

  secondo ramo $2x \times a0 = A+$

  terza equazione $a1 = A-$; la prima e la seconda equazione sono raggruppate in un unico ramo "complesso";

- la caratteristica più importante degli schemi funzionali é che gli elementi (o organi) di uno stesso dispositivo (ad esempio la bobina ed i contatti di uno stesso relé) sono rappresentati sul grafico nel punto in cui compiono la loro funzione. **Non** siamo in presenza di uno schema costruttivo. Si noti, per esempio, come i contatti di un dato relé non sono raggruppati nella cassa del relé, come accade in realtà, ma dispersi sui diversi rami, nel punto ove svolgono la loro funzione; per riconoscerli, li si sigla con la stessa lettera che individua il relé.

1.3) Esempio di circuito funzionale:

Chiudendo il contatto "**PA**" (**NA**) o (funzione logica **OR**) se è chiuso il contatto "**1x**" (**NA**), il segnale attraversa il contatto "**PB**" (**NC**), si eccita il relè **U**.

Equazioni di moto:

$$(PA+1x)\times PB = X$$

Si crea un'uguaglianza tra il segnale impulsivod'ingresso e quello continuo d'uscita

$$PA = X$$

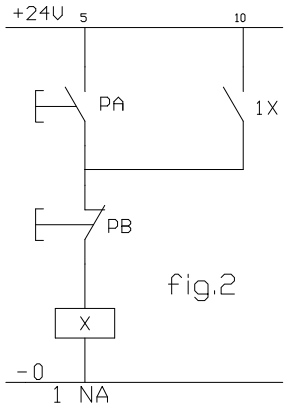
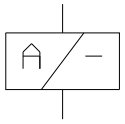
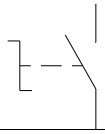
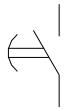
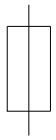
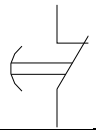


fig.2

1.4) SIMBOLOGIA

La **simbologia** utilizzata rispetta le normative **CEI** (Comitato Elettrotecnico Italiano) per la rappresentazione della componentistica elettrica; a lato è riportata una selezione di simboli più utilizzati per gli impianti di comando elettropneumatici.

Simbolo	Descrizione	Simbolo	Descrizione	Simbolo	Descrizione
	1) Conduttore		9) Contatto **NA** temp. Ritardato alla diseccitazione		17) Bobina di relé
	2) Comando a pulsante		10) Contatto **NC** temp. Ritardato alla diseccitazione	KT	18) Bobina di temporiz. con ritardo alla eccitazione
	3) Comando di sicurezza o di emergenza		11) Contatto **NA** con comando manuale; segno generico	KT	19) Bobina di temporiz.. con ritardo alla diseccitazione
	4) Contato **NA**		12) Contatto **NA** con comando a pulsante	KT	20) Bobina di temporiz. con ritardo alla eccit. e diseccitazione

	5) Contatto **NC**		13) Contatto **NA** con comando a tirante		21) Bobina di elettrovalvola
	6) Contatto di scambio con interruzione istantanea		14) Contatto **NA** con comando rotativo (selettore)		22) Sezionatore
	7) Contatto **NA** temp. Ritardato alla eccitazione		15) Contatto **NA** di posizione (finecorsa)		23) Fusibile
	8) Contatto **NC** temp. Ritardato alla eccitazione		16) Contatto **NC** di posizione (finecorsa)		

1.5) NA ED NC NELLA RAPPRESENTAZIONE ELETTRICA

Per una corretta interpretazione degli schemi elettro-pneumatici, è necessario ricordare che **i distributori** (valvole) pneumatici **sono detti NC** (normalmente chiusi) **quando**, a riposo, **non fanno passare la pressione** e **NA** (normalmente aperti) **quando**, a riposo, **l'aria passa**.

Il **contatti elettrici sono detti NC** (normalmente chiusi) **quando**, a riposo, **permettono il passaggio della corrente** e **NA** (normalmente aperti) **quando**, a riposo, **non permettono il passaggio della corrente**.

Ovviamente ricordare quanto sopra è quanto mai importante! Infatti dimenticarlo impedirebbe di interpretare correttamente gli schemi funzionali.

IMPORTANTE

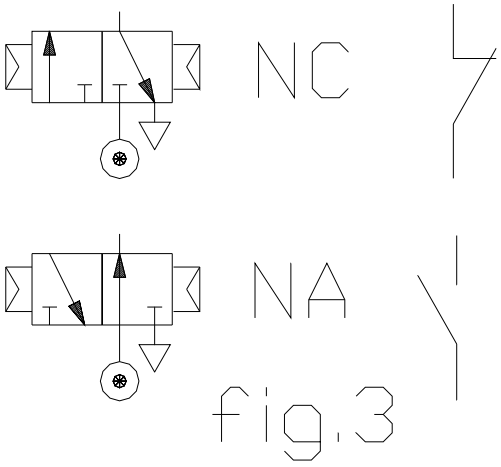


fig.3

2) *COMPONENTI E CIRCUITERIA PARTICOLARE*

2.1) IL RELÉ ELETTROMECCANICO

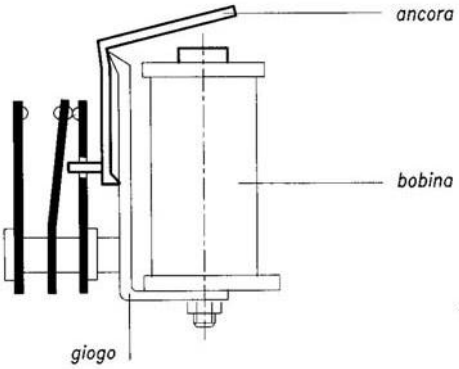
Il relé è un particolare apparecchio che contribuisce il larga misura a risolvere i problemi circuitali elettrici. È costituito da un **elettromagnete** (nucleo + bobina) e da una armatura mobile (ancoretta) posta ad una estremità del nucleo e mantenuta distante dall'azione di una molla. Fanno parte integrante del relé un certo numero di **contatti NA** ed **NC**;spesso i contatti sono **di scambio**, ovvero che chiudono un circuito e ne aprono un altro; i contati sono comandati dal movimento dell'ancoretta; questo significa che i contatti cambiano di stato quando il relé si eccita e si diseccita.

Chiudendo il circuito **della bobina**, detto **secondario** o di comando, il nucleo di acciaio dolce della bobina si magnetizza ed attrae verso di sé l'ancora; il movimento a bilanciere dell'ancora provoca lo spostamento meccanico dei contatti, aprendo quelli **NC** e chiudendo quelli **NA**.

Il circuito collegato ai contatti è detto **primario** (o di utilizzazione). I due circuiti (di alimentazione della bobina e di alimentazione dei contatti) possono essere in corrente continua o alternata a seconda delle esigenze; i due circuiti possono altresì lavorare a tensioni o correnti diverse (**CC** e/o **CA**).

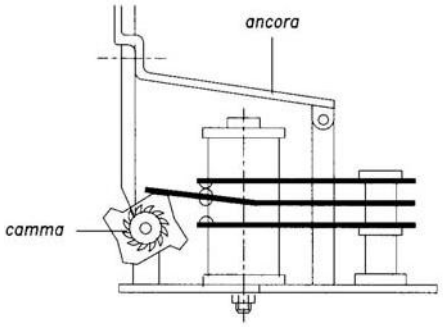
NOTA: L'amperaggio sostenibile dai due circuiti **può essere notevolmente diverso**. Di solito i due circuiti sono alimentati dallo stesso generatore, ma non è sempre detto. Quando le potenze in gioco sono elevate, non si parla più di relé ma di **teleruttori**; questi, oltre ai contatti principali di potenza, destinati al carico principale, dispongono anche di alcune coppie di contatti ausiliari per operazioni secondarie.

IL RELE' MONOSTABILE Il relé elettromeccanico monostabile è costituito da un elettromagnete (D) e da una leva (E) o ancoretta che è tenuta in posizione neutra da un sistema di molle; nel disegno il contatto A è una lamina d'acciaio per molle realizzata che tenga in posizione di riposo l'ancoretta. Il contatto B è NC, mentre il contatto C è NA. Questa è la situazione con bobina in riposo. Collegando opportunamente i fili agli ingressi ed alle uscite numerate, ogni ingresso può venire collegato in modalità NA o NC.



Quando la bobina dell'elettromagnete è percorsa da corrente, si crea un campo magnetico; il nucleo della bobina si magnetizza ed attrae l'ancoretta verso di sé, provocando **la commutazione dei contatti**. **A**, spinto dalla leva **E**, non è più in contatto con **B** e va invece in contatto con **C**. Quando cessa l'azione della corrente, la bobina si diseccita ed il nucleo si smagnetizza; L'ancoretta ed i contatti, sotto all'azione della molla, tornano in posizione di riposo.

IL RELÉ' A IMPULSI Accanto al tipo di **relé monostabile** considerato qui sopra, esiste anche il **relé bistabile**, detto **relé a impulsi** o "passo passo". Anch'esso utilizza l'azione dell'elettromagnete sull'ancora; in questo caso la forza meccanica esercitata dall'ancora aziona una camma, che ruota tipicamente di 90° ad ogni impulso**:** al primo impulso i contatti vengono chiusi, al secondo riaperti e così via. Esiste una posizione di riposo mantenuta da molle. Nei relé monostabili può esistere più di una camme; in questo modo è possibile comandare il desiderato numero di contatti.



Il relé bistabile è molto meno usato di quello monostabile perché, in caso di mancanza di corrente, l'apparato si blocca nella posizione in cui si trova ed è alquanto difficile definire in che posizione si trovi e poi, eventualmente, riportarlo in posizione di inizio ciclo prima di riavviare l'impianto in cui il relé è inserito. Il relé monostabile, invece, in caso di mancanza di corrente, si azzera senza bisogno di controllo o intervento esterno ed è perciò considerato più adatto ad essere inserito in un impianto automatizzato.

2.2) **IL CIRCUITO DI AUTORITENUTA** Fondamentale è il circuito di **autoritenuta**, che è la classica **memoria elettrica**, per la cui realizzazione si utilizza un **relé monostabile**. Una memoria ha il compito di "ricordare" l'impulso di "settaggio" che riceve (passaggio del valore logico da **0** a **1**) fino a quando riceve il segnale, anch'esso impulsivo, di resettaggio (passaggio del valore logico da **1** a **0**). **Nel circuito di autoritenuta, il segnale impulsivo in ingresso si trasforma in un segnale continuo in uscita.** Questa è la sua funzione.

2.2.1) MOLTO IMPORTANTE: La mancanza di corrente è un evento non infrequente nella vita di un impianto elettrico. Nel caso di un impianto elettropneumatico si ha un inevitabile arresto del ciclo di funzionamento per mancanza di energia nella parte di comando (la mancanza di aria compressa nella parte di potenza è infatti un evento molto più raro). Al ritorno dell'alimentazione elettrica, la macchina equipaggiata con valvole e/o relé bistabili riprende a funzionare, ripartendo esattamente dal momento in cui si è interrotta, poiché le valvole e i relé hanno mantenuto la posizione raggiunta. In questo caso il riavvio della macchina avviene senza il consenso ed il controllo dell'operatore; ciò porta quasi sempre a danni al prodotto trattato ed alla macchina. Più grave degli eventuali danni, tuttavia, è il fatto che il riavvio improvviso dell'apparato potrebbe molto pericoloso per l'operatore o per i manutentori impegnati nella verifica del guasto.

La ripartenza autonoma della macchina causata dal ritorno della corrente è dunque un evento da evitarsi ad ogni costo.

2.2.2) Se le valvole ed i relé sono monostabili, in mancanza di corrente l'impianto si mette automaticamente in sicurezza: nel circuito di comando si azzerano tutte le memorie e l'impianto torna in posizione iniziale (o entra in emergenza, a seconda della bontà del progetto); **resta comunque in attesa del segnale di partenza da parte di un operatore umano**. [Se l'impianto entra in emergenza, la parte di potenza si dispone con tutti i cilindri rientrati, posizione che, di norma, evita ogni pericolo].

2.2.3) Le considerazioni qui sopra riportate ci spiegano esaurientemente perché negli impianti elettropneumatici si abbia un largo utilizzo di valvole e relé monostabili, mentre l'uso dei relé bistabili è diventato, con il

passare del tempo, sempre meno diffuso, fin quasi a sparire, man mano che le normative antinfortunistiche si affermavano.

2.3) **IMPIEGO DELL'AUTORITENUTA** In un circuito, i segnali sono il più delle volte impulsivi; molte volte, tuttavia, vi è la necessità di alimentazioni continue, ad esempio per le bobine delle elettrovalvole ed per i relé monostabili. Si ricorre allora al circuito di autritenuta, che esercita la funzione di memoria elettrica.

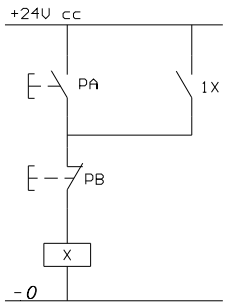
Facciamo riferimento alle figure qui sotto. Quando viene premuto in pulsante di **set** (**PA**, **NA)**, l'impulso attraversa il pulsante di **reset** (**PB**, **NC)**, e provoca l'eccitazione della bobina del relé **X**. L'eccitazione del relé provoca la chiusura del contatto **1x** (**NA)**; questo contatto rimane chiuso finché il relé **X** resta eccitato, operando l'**autoritenuta** (ovvero mantenendo eccitato il relé anche dopo il rilascio del pulsante di SET). In questo modo il circuito di autoritenuta "ricorda" il segnale di settaggio. Il circuito mantiene eccitato il relé fino all'arrivo del segnale di resettaggio. Quando viene premuto il pulsante **PB** (**NC**) [reset], il contatto di **PB** si apre e taglia la corrente diretta al relé **X,** che si diseccita; il suo contatto **1x** si riapre. L'**autoritenuta cade** (ovvero va a valore logico 0) L'apparato ritorna in posizione di riposo, alle condizioni iniziali.

Un altro contatto (o più contatti **NA** ed **NC**) di **X** può (o possono) trasferire all'esterno del circuito di autoritenuta il segnale continuo generato dal relé, che diviene così disponibile per comandare un qualche dispositivo esterno.

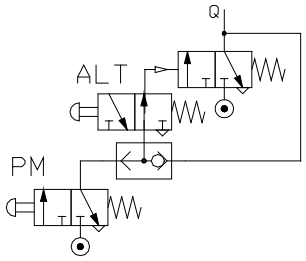
MEMORIE MONOSTABILI - EQUIVALENZA

Reset prevalente

Memoria elettrica

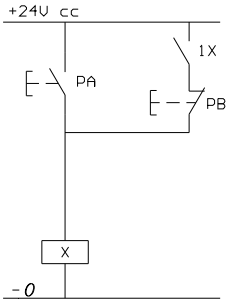


Memoria pneumatica

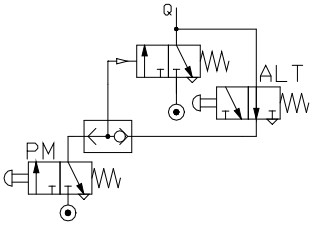


Set prevalente

Memoria elettrica



Memoria pneumatica



Si noti come, a seconda della posizione in cui viene montato il pulsante di **reset**, il segnale di **set** possa risultare prevalente su quello di **reset**, o, viceversa (ovvero sia quello di **reset** a prevalere su quello di **set)**. Per il corretto funzionamento di un impianto è normalmente (ma non sempre**!**) richiesto che sia **prevalente il segnale di reset**.

Si conviene che sia meno pericoloso fermare l'impianto per errore, che tenerlo in moto per errore. Queste considerazioni sono alla base della diffusione quasi generalizzata dell'apparato con reset prevalente.

2.4) COMANDO MANUALE In elettropneumatica, esistendo comunque un impianto di comando, non può esistere un comando diretto sulla valvola di potenza; degli impianti a comando diretto abbiamo parlato all'inizio della nostra trattazione. **In elettropneumatica abbiamo solo il comando indiretto**.

2.5) DISTRIBUTORI DIVERSI Gli impianti che andremo a studiare sono caratterizzati da valvole di potenza bistabili o monostabili. **Ognuno dei problemi proposti avrà una soluzione diversa a seconda se la valvola (o le valvole) impiegata(e) è(sono) mono o bistabili.**

2.5.1) VALVOLE BISTABILI Il pilotaggio delle valvole bistabili è nettamente più semplice poiché richiede segnali impulsivi; il pilotaggio riceve un segnale istantaneo, la valvola commuta e resta commutata in attesa di un segnale contrario, che ne ordini la ricommutazione nella posizione iniziale. Molto usata in pneumatica, la valvola bistabile è meno impiegata in elettropneumatica per i rischi connessi alle improvvise mancanze di corrente (in particolare per corto circuito, fenomeno che non ha un equivalente pneumatico).

2.5.2) VALVOLE MONOSTABILI Le valvole monostabili sono caratterizzate da un pilotaggio costituito da una molla (che negli schemi funzionali è sempre disegnata sul lato destro della valvola). Per un corretto pilotaggio, queste valvole richiedono un segnale continuo; se il segnale di cui disponiamo è impulsivo possiamo trasformarlo in continuo utilizzando un circuito di autoritenuta (citato più sopra).

Il corretto pilotaggio dell'autoritenuta richiede un segnale impulsivo di settaggio ed uno di resettaggio.

L'impianto di comando sarà invece identico se viene impiegato un cilindro S.E. (che richiede una valvola di potenza 3/2) o un cilindro D.E (che richiede una valvola 5/2) perché, ripetiamo, il tipo di segnale di pilotaggio richiesto dipende solo dalla presenza o assenza della molla**.**

3) *PROBLEMA 1:* ***Comando manuale di un cilindro D.E., ciclo A+/A-.***

3.1) Soluzione per impianto con elettrovalvola bistabile.

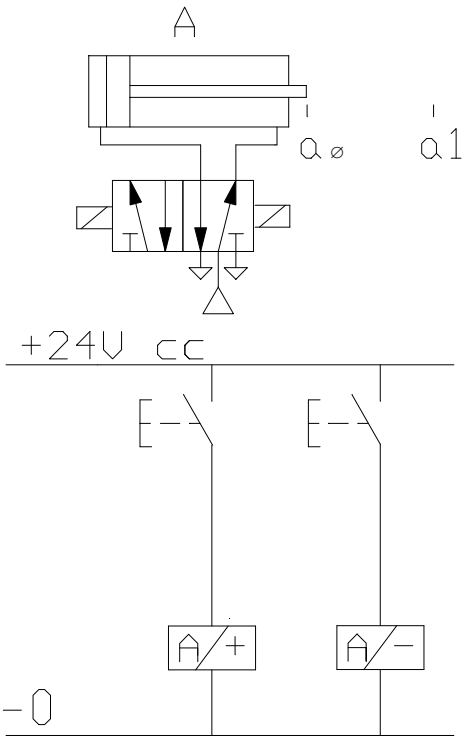
La fase preliminare della soluzione del problema è identica a quanto visto in pneumatica**:**

- realizzazione del diagramma di moto (che risulterà identico a quello dello stesso esercizio risolto in logica cablata completamente pneumatica);
- completamento del diagramma di moto (punti di azionamento dei finecorsa e frecce indicanti l'uso che si fa di tali segnali, sempre esattamente come in pneumatica);
- scrittura delle equazioni di moto (o di funzionamento);
- trascrizione grafica delle equazioni in impianto elettropneumatico (rispettando le regole di rappresentazione **CEI**).

Definito lo spazio da utilizzare per il grafico funzionale, al centro si posiziona il previsto cilindro D.E. La scrittura del ciclo ci dice che per compiere il primo movimento (**A+**), lo stelo, a impianto fermo, deve essere rientrato. Così lo si disegna. Si indicano poi le posizioni dei due finecorsa (che si presume siano elettromeccanici).

Al di sotto del cilindro si posiziona la valvola bistabile, completa di alimentazione, scarichi e pilotaggi elettrici (bobine) e la si collega al cilindro.

Al di sotto della parte di potenza (pneumatica) si disegna la parte di comando (elettrica), che deve realizzare le equazioni di moto ottenute dal diagramma di moto completo.



EQUAZIONI DI MOTO

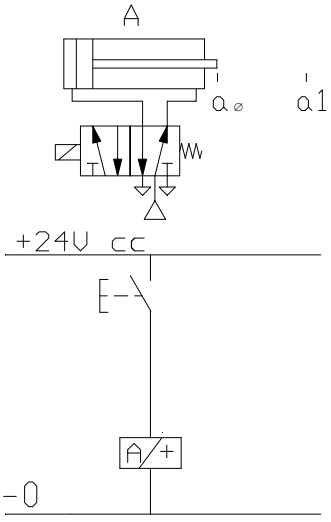
$$1PM = A+$$
$$2PM = A-$$

Il pulsante **1PM** invia il segnale di uscita, quello indicato **2PM** il segnale di rientro. Entrambi i segnali sono impulsivi.

NOTA: Se l'operatore può disturbare il ciclo. Non ha modo di influenzare la corsa di uscita, ma premendo intempestivamente **1PM** (durante la corsa di ritorno) può far uscire di nuovo lo stelo prima che giunga al completo rientro.

3.2) **Soluzione con elettrovalvola monostabile.**

La soluzione qui proposta è poco funzionale, pur tuttavia "funziona". Prevede l'uso di un solo pulsante. Il pulsante invia il segnale di uscita, ma l'operatore comanda **direttamente** l'uscita dello stelo premendo il pulsante. Questo significa che finché il pulsante è premuto, lo stelo esce; quando l'operatore rilascia il pulsante, lo stelo rientra immediatamente. Il ciclo dipende totalmente dall'operatore. Questa soluzione non è utile per l'automazione degli impianti; se l'operatore interviene direttamente sull'azionamento di ogni cilindro, non siamo in presenza di un impianto automatico o automatizzabile.



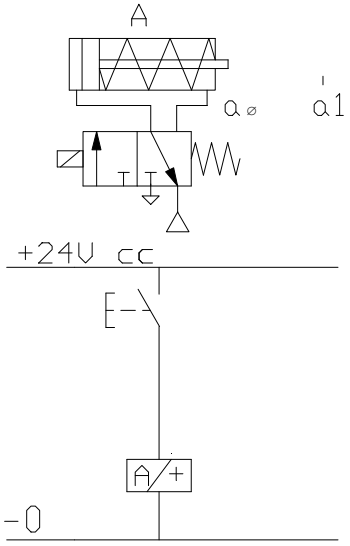
EQUAZIONI DI MOTO:

$$PM = A+$$
$$(\overline{A+} = A-)$$

L'equazione tra parentesi è implicita e dice che, in assenza del segnale di **PM**, la molla fa ricommutare la valvola e rientrare lo stelo.

Cosa cambia nel caso in cui sia utilizzato un cilindro a semplice effetto?

La parte di comando rimane identica, salvo il fatto che si utilizzerà una valvola 3/2 invece di una 5/2 (Occhio! Errore nei collegamenti valvola/cilindro!



3.2.1) Si riporta lo stesso schema dello stesso esercizio precedente, ma risolto per un cilindro **S.E**. e valvola **3/2**.

Lo schema funzionale a lato dimostra la correttezza dell'enunciato; l'impianto di comando risulta identico sia impiegando un **cilindro S.E. con valvola di potenza 3/2** che impiegando un **cilindro D.E con valvola 5/2** (ovvero che è richiesto lo stesso tipo di segnale di pilotaggio [segnale continuo]).

Questo impianto presenta un inconveniente che si può immediatamente individuare**:** il relé rimane eccitato solo fintanto che rimane premuto il pulsante. Togliendo il dito dal pulsante la molla fa immediatamente ricommutare la valvola, qualunque sia la posizione dello stelo.

L'impianto a lato non garantisce il compiersi del ciclo **A+/A-** del cilindro. Il funzionamento è completamente affidato all'operatore**!**

3.3) Soluzione con elettrovalvola monostabile ed autoritenuta.

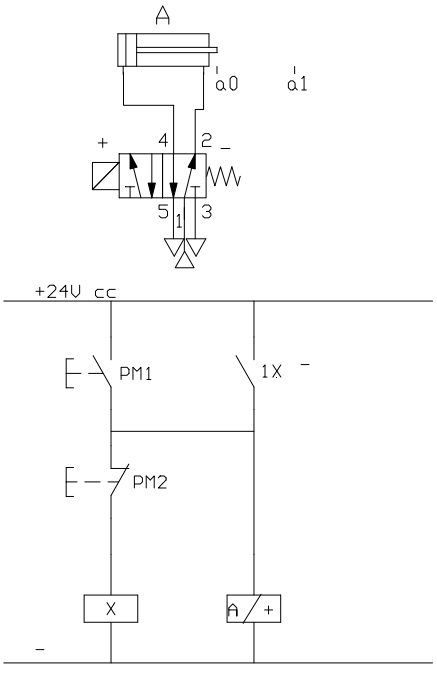
3.3.1) Per il **corretto pilotaggio** di una **valvola monostabile** (vedi schema precedente) è necessario utilizzare un **segnale continuo**; per rendere continuo il segnale è necessaria una **memoria**; in campo elettrico una memoria significa un **circuito di autorinuta**.

3.3.2) Utilizzando un circuito di autoritenuta, il pilotaggio dell'impianto sarà del tutto simile a quello della valvola bistabile**:** un pulsante **PM1** (set) comanda l'uscita dello stelo (ovvero porta la memoria allo stato logico **1**), un secondo **PM2** (reset) comanda il rientro dello stelo (ovvero riporta la memoria allo stato logico **0**). **I due segnali istantanei segnano l'inizio e la fine del segnale continuo uscente dall'autoritenuta**.

3.3.3) Si noti che, in caso di mancanza di corrente, il relé si diseccita e l'autoritenuta cade; in mancanza del segnale continuo sul pilotaggio elettrico (bobina), la molla della valvola di potenza ne provoca la riccomutazione, riportando l'impianto in posizione iniziale (stelo dentro).

3.3.4) NB: Una definizione da tenere ben presente è che, **a impianto fermo, tutte le memorie del sistema e tutte le bobine delle elettrovalvole devono essere diseccitate**.

Il pulsante **PM1** (**NA**) invia il segnale di uscita dello stelo; **PM2** (**NC**) lascia che il segnale lo attraversi ed ecciti il relé **X**; quando si eccita **X** si eccita anche la bobina di comando **A+** della valvola di potenza; contemporaneamente si chiude il contatto **1x** che autoritiene il relé. Lo stelo esce e resta fuori. Premendo **PM2**, il suo contatto si apre, **X** ed **A+** si diseccitano e **1x** si riapre. Il circuito è tornato in posizione iniziale. La valvola ricommuta sotto l'azione della molla e lo stelo rientra.



EQUAZIONI DI MOTO:

$$PM1 \times \overline{PM2} = A+$$

$$A- = \overline{A+}$$

La seconda equazione significa che quando cessa il segnale di **A+**, la molla "genera" il segnale **A-** , facendo ricommutare la valvola, che a sua volta rispedisce indietro lo stelo.

NOTA: La pressione contemporanea su **PM1** e **PM2** non provoca l'eccitazione del relé **X**; si eccita invece la bobina **A+** attraverso il ramo traverso. Si può dire che comunque il segnale di **PM1** (**set**) prevale su quello di **PM2** (**reset**) [vedere le

considerazionia riguardo nel paragrafo **2.3**].

---

4) COMANDO SEMIAUTOMATICO

4.1) Un impianto si dice a comando semiautomatico quando un singolo segnale istantaneo provoca il compimento di un intero ciclo dell'impianto (indipendentemente dalla sua complessità)**.**

4.2)PROBLEMA 1: Comando semiautomatico di un cilindro **D.E.**; Ciclo **A+/A-.**

4.2.1) Soluzione per elettrovalvola bistabile

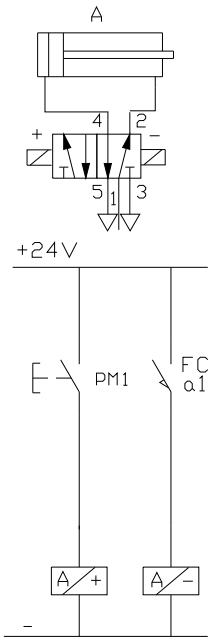
- Un cilindro **D.E.** (due ingressi di pressione) richiede una valvola **5/2** (due uscite).
- La sequenza è sempre la stessa (**A+/A-**); è possibile la traduzione immediata dello schema di comando pneumatico in schema funzionale elettrico.

Mandando un segnale impulsivo con il pulsante **PM1**, si eccita la bobina **A+**, la valvola commuta, la camera positiva va in pressione (quella negativa va in scarico), lo stelo esce. Il segnale è impulsivo, ma sufficiente a far commutare la valvola bistabile, che poi si ferma (mantiene la posizione raggiunta) in attesa di ulteriori segnali.

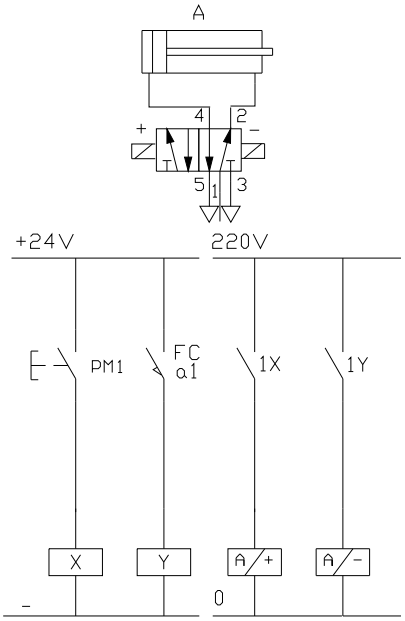
Giunto alla fine della corsa di uscita (positiva) lo stelo aziona il finecorsa **a1**; il finecorsa emette un segnale che eccita la bobina **A-**, che fa ricommutare la valvola; va in pressione la camera negativa (quella positiva va in scarico), lo stelo rientra in posizione iniziale.

Il ciclo è concluso; l'impianto è di nuovo in posizione di inizio ciclo, pronto a ripartire (come sottinteso dal testo).

Ciclo semiautomatico A+/A-



Soluzione con due correnti



Nella pratica, accade spesso che un circuito elettrico abbia rami che lavorano con diverse tensioni (ad esempio una parte di comando/elaborazione a 24V e una parte di potenza operante a 220V o 380V. In questo caso occorrono due distinti circuiti elettrici, uno di comando ed uno di potenza. Il relé **K** deve essere munito di due contatti, uno che va collegato al circuito di comando ed uno che va collegato al circuito di potenza per eccitare la bobina dell'elettrovalvola (se quest'ultima lavora in 220V [oggi evento rarissimo per evidenti ragioni di normativa antinfortunistica).

Nel caso l'impianto lavori con due tensioni diverse **(figura a destra),** avremo un impianto come quello a lato rappresentato; due relé a 24V vengono eccitati dai segnali (sempre a 24V) provenienti da **PM** ed **a1**; un contatto di ciascun relé "trasferisce" i segnali alle due bobine operanti a 220V.

Soluzione con ciclo non disturbabile (due finecorsa)

Negli impianti riportati fin qui, se l'operatore preme una seconda volta il pulsante di marcia durante la corsa di uscita, non accade nulla (lo stelo è gia in uscita!); se invece l'operatore preme il pulsante durante la corsa di rientro dello stelo del cilindro, provoca l'immediata commutazione della valvola; ciò significa che lo stelo non completa il moto di rientro ed immediatamente esce di nuovo.

L'operatore, per disattenzione o per errore, può impedire al ciclo di completarsi regolarmente.

Si tratta evidentemente di un difetto, difetto che, in alcune situazioni, può diventare pericoloso; **va pertanto eliminato in sede di progetto**.

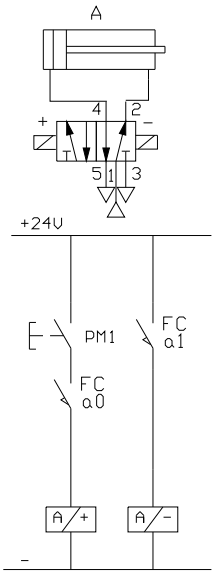
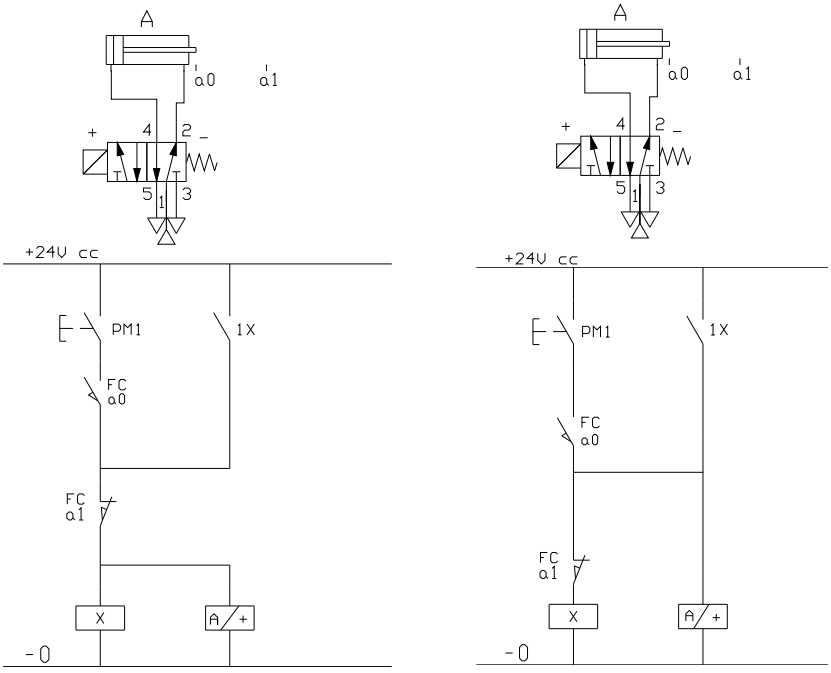


Figura a lato: impianto con ciclo non disturbabile ➔

Nell'impianto rappresentato a lato è stata inserita una ulteriore condizione di inizio ciclo**:** un contatto **NA** del finecorsa **a0**, posto tra il pulsante **PM** e la bobina **A+**. Poiché il finecorsa **a0** è azionato solo a fine/inizio ciclo, il segnale impulsivo proveniente da **PM** attraversa **a0** ed eccita **A+**. Si ricordi che **a0** si apre immediatamente dopo che lo stelo inizia l'uscita e si richiude solo quando lo stelo è di nuovo completamente rientrato; come conseguenza **PM** è inabilitato per l'intera durata del ciclo. Il segnale che parte da **PM**, se **a0** è aperto, viene bloccato (non arriva ad **A+**) e pertanto non ha effetto alcuno.

➢ La modifica progettuale ottiene l'effetto voluto**:** se, per qualunque ragione, **PM** viene premuto fuori tempo, non provoca malfunzionamenti.

Soluzione per elettrovalvola monostabile.



Le due soluzioni circuitali presentate qui a sinistra **sono valide, ma non sono equivalenti**.

Nella soluzione più a sinistra il finecorsa **a1** assicura la prevalenza del segnale di resettaggio della memoria e l'effettiva diseccitazione di **A+ in ogni situazione**. **È l'unica valida!**

Nella soluzione a sinistra il finecorsa **a1**, in situazioni normali, assicura il resettaggio della memoria; tuttavia ***non assicura l'effettiva diseccitazione*** di **A+** ***in ogni situazione*** perché il segnale proveniente da **PM1** può arrivare ad **A+** anche se **a1** (**NC**) è azionato (e quindi aperto).

Si noti, tuttavia, come la presenza del finecorsa **a0**, in condizioni normali, impedisca all'operatore di interferire con il funzionamento del ciclo. La situazione diviene pericolosa solo se c'è un'azionamento erroneo (casuale o voluto, mapur sempre possibile) di **a0**. Per tale motivo è "obbligatorio" l'impiego dell'impianto di destra, che non ammette interferenze.

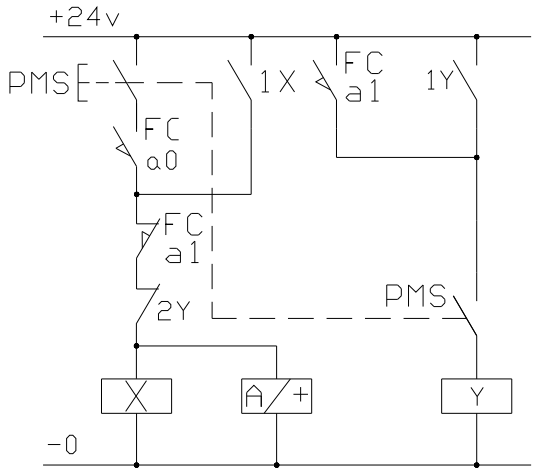
COMANDO SEMIAUTOMATICO CON ANTIRIPETITIVITÀ

Esistono alcuni casi in cui è assolutamente necessario assicurasi che il l'impianto compia un solo ciclo e poi si arresti (funzionamento semiautomatico, in particolare nella messa a punto dell'impianto); in questo caso il ciclo non deve ripetersi anche nel caso in cui l'operatore continui a tenere azionato il pulsante di marcia. Questo indipendentemente dal fatto che la valvola sia bistabile mono che monostabile.

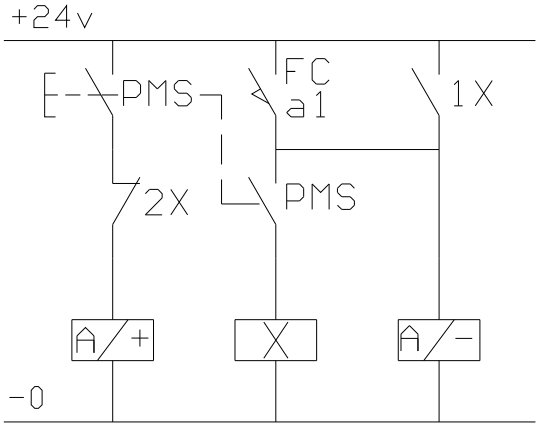
È necessario trovare il modo di generare un segnale collegato a **PMS** che nasca dopo l'inizio del ciclo, impedendo l'avvio di un altro ciclo se **PMS** non viene rilasciato.

Un modo per ottenere questo risultato consiste nell'utilizzare un secondo contatto **NA** di **PMS** (meccanicamente collegato con il precedente [linea tratteggiata]) posto in serie con **a1**. Se il pulsante di marcia (**PMS**) è ancora premuto quando lo stelo aziona il finecorsa **a1**, allora si eccita il relé **Y**. Un contatto **NC** del relé **Y** interrompe il ramo su cui è montato il contatto di **PMS**. Quando questo contatto è aperto, risulta inabilitato il relé **X** (e quindi anche **A+**). Il relé **Y** si diseccita solo rilasciando **PMS**. È possibile far ripartire il ciclo solo rilasciando e ripremendo **PMS** (quindi con un atto deliberato dell'operatore e non per errore, per stanchezza o comunque "per caso").

Soluzione con elettrovalvola monostabile.



Soluzione con elettrovalvola bistabile.



In entrambi gli impianti il relé **Y** si eccita**:**

a) se il pulsante PM è rimasto premuto, **b)** quando viene azionato il finecorsa **a1** il relé **Y** si eccita; **c)** il relé **Y** resta eccitato finché resta premuto **PM**. Al relé arriva corrente dal ramo di autoritenuta, **1Y** nel riquadro di sinistra e **1X** nel riquadro di destra; solo la diseccitazione del relé rende possibile la ripartenza del ciclo.

COMANDO AUTOMATICO

DEFINIZIONE: si definisce comando automatico quello di un apparato in cui un segnale istantaneo provoca il susseguirsi di un indefinito numero di ciclo; l'impianto si ferma solo quando interviene un altro segnale istantaneo che "spegne" l'automatico.

PROBLEMA 2: Comando solo automatico di un cilindro. Ciclo **A+/A-**.

La ripetizione indefinita del ciclo si ottiene con il rendere continuo il segnale impulsivo del pulsante di marcia (in questo caso **PMA**, pulsante di marcia automatica). È possibile ottenere tale risultato utilizzando una autoritenuta.

ATTENZIONE! In questo caso **la presenza del finecorsa a0 non è opzionale!** Se **a0** non è presente, il segnale continuo di **PMA** continuerebbe a mantenere eccitata la bobina **A+** e non permetterebbe la corsa di ritorno dello stelo; l'eccitazione della bobina **A-** porterebbe ad un segnale bloccante (ci sarebbe un segnale su ognuno dei due pilotaggi della valvola,

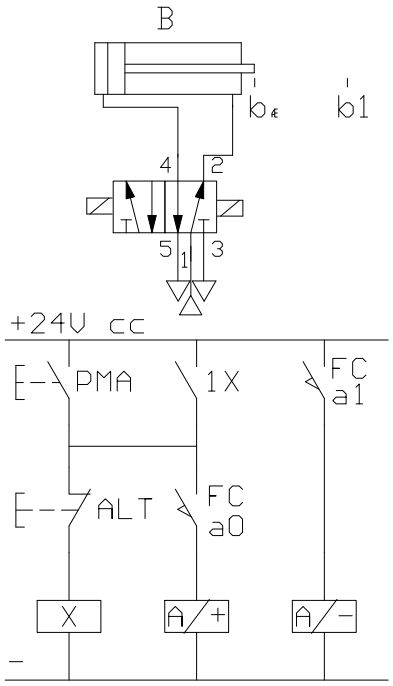
Soluzione per elettrovalvola bistabile.

provocando il blocco dell'apparato).

EQUAZIONI DI MOTO

$$PMA \times \overline{ALT} = X$$
$$X \times a0 = A+$$
$$a1 = A-$$

Si noti che**:** **a)** premendo **ALT**, il ciclo eventualmente già iniziato si completa in ogni caso; **b)** anche se vi fossero "intempestivi" azionamenti di **PMA**, non accadrebbe nulla; la presenza di **a0** comporta che un nuovo ciclo possa iniziare solo se il precedente è finito.



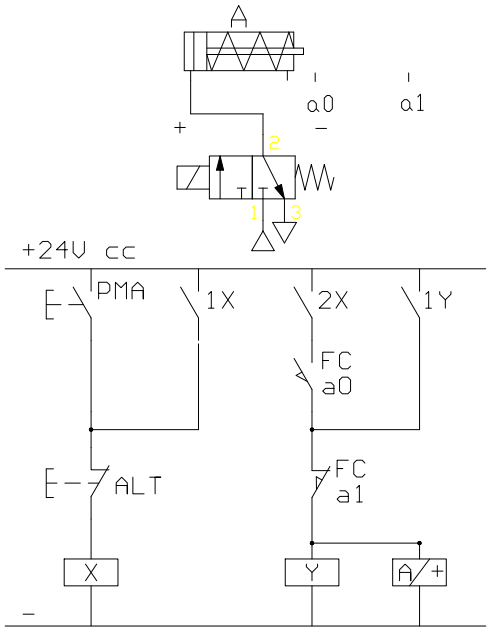
Soluzione per elettrovalvola monostabile.

La soluzione del problema richiede che sia reso continuo il comando di marcia attraverso un apposito circuito di **autoritenuta del segnale di automatico**.

Di nuovo la presenza di **a0** non è opzionale**:** se il finecorsa non è presente, il segnale di **PMA** (ovvero il contatto **2X**) mantiene eccitato **A+**; in questo caso non vi sarà corsa di ritorno quando viene eccitato **A-** perché si genera un segnale bloccante.

Si noti che anche qui un ciclo iniziato si completa in ogni caso e che, per la presenza di **a0**, un ciclo può iniziare solo se il precedente è finito .

Nel caso di valvola monostabile, anche il segnale di pilotaggio della valvola di potenza deve essere reso continuo per tutta la fase di uscita dello stelo; è perciò necessario un secondo circuito di autoritenuta per rendere continuo il segnale di **A+**. Il rientro dello stello è dovuto all'azione della molla, che fa ricommutare la valvola quando manca il segnale.



EQUAZIONI DI MOTO:

$$PMA \times \overline{ALT} = X$$
$$2X \times a0 \times \overline{a1} = Y$$
$$Y = A+$$

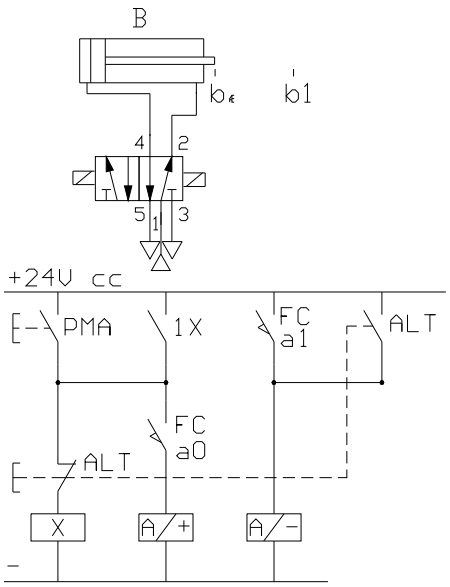
Vi è un'equazione implicita, che è**:** $A- = \overline{A+}$; essa ci dice che, in un impianto con valvola monostabile, in assenza del segnale di uscita dello stelo (**A+**), la molla ne provoca il rientro (equivalente al segnale **A-**).

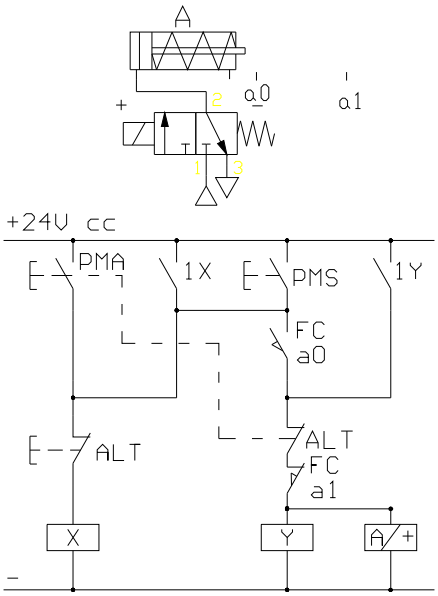
Variante con <u>RITORNO IMMEDIATO</u> del pistone alla pressione del pulsante di <u>ALT</u>

In questo caso si ricorre ad un 2° contatto del pulsante di ALT. Si badi bene che **questa non è** la soluzione normale. Quasi sempre il secondo contatto appartiene ad una funzione di **emergenza**, di cui si discuterà più avanti.

Quando la valvola è bistabile un secondo contatto **NA**, meccanicamente collegato al pulsante di **ALT**, alimenta la bobina **A-** in parallelo ad **a1**, ordinando il rientro immediato dello stelo.

Quando la valvola è monostabile un secondo contatto **NC**, meccanicamente collegato al pulsante di **ALT**, diseccita il relé di autoritenuta che rende continuo il segnale di **A+**; lo stelo rientra immediatamente.





Lo schema di destra presenta un errore! È piuttosto difficile comprendere sempre le conseguenze di ciò che si progetta; ciò significa che è sempre necessario tenere gli occhi bene aperti. In questo caso, prememdo **PMS**, la corrente va anche sul ramo di autoritenuta (sotto **1x**); poiché il contatto del pulsante **ALT** è **NC**, la corrente raggiunge ed eccita il relé **X**; l'azionamento del pulsante di semiatomatico provoca l'eccitazione del relé di automatico! Il ciclo, quindi, funziona secondo modalità diverse da quelle previste**!** Questo evento è il peggiore possibile per un progettista, che si dimostrerebbe incapace di tenere sotto controllo il funzionamento dell'impianto.

COMANDO DI EMERGENZA

Il pulsante di emergenza, di norma, deve**:**

a) staccare la tensione dall'impianto (rendendo impossibile la continuazione del ciclo),

b) deve azzerare (resettare) le memorie elettriche (messa in sicurezza),

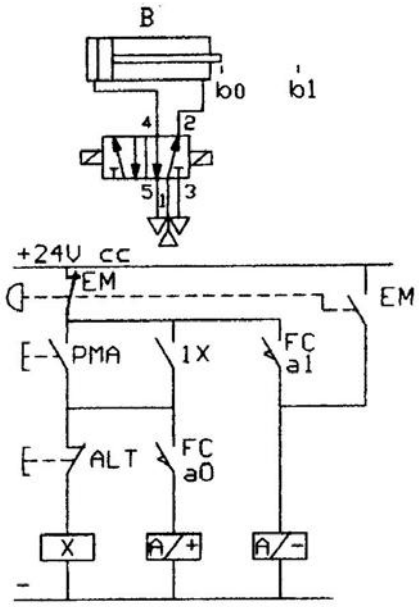
c) deve provocare il rientro dei pistoni (messa in sicurezza meccanica),

d) deve impedire la ripartenza del ciclo; la ripartenza deve avvenire solo dopo la specifica riattivazione dell'impianto da parte dell'operatore autorizzato (**sblocco EM**, eventualmente con chiave). Per questo il pulsante di **EM** deve essere del tipo meccanicamente bloccato (deve essere sbloccato volontariamente, appunto meglio se con chiave).

► Si noti come il contatto **NC** di **EM** condizioni il pervenire della corrente all'impianto (premendo **EM** manca corrente nell'impianto);

► contemporaneamente il contato **NA** di **EM** comanda il rientro immediato del cilindro **A** (attenzione che tale comando non provochi pericolosi "effetti secondari")

In questo caso specifico, non è necessario prendere misure dirette per annullare le memorie elettriche**:** il relé **X** (unica memoria presente), mancando la corrente, si azzera immediatamente. Se ne deduce che, in complesso, in questo impianto, la gestione dell'emergenza è corretta.



TEMPORIZZATORI

I **temporizzatori elettrici** permettono di regolare i cicli elettropneumatici semiautomatici ed automatici [ma anche di qualunque altro tipo] **in funzione del tempo**. Si badi bene che mentre il temporizzatore pneumatico viene fortemente influenzato dalla pressione d'impianto (variando la pressione varia il tempo preimpostato), il temporizzatore elettrico è molto preciso.

Nel caso specifico della elettropneumatica, utilizzando un temporizzatore, il ciclo viene regolato in base al tempo invece che (o solo) rispetto alla posizione degli steli (la cui posizione è determinata a mezzo dei finecorsa); in un

ciclo elettropneumatico è quindi possibile ritardare (o determinare) l'inizio di uno o più movimenti tramite il temporizzatore, come pure tenere fermi gli steli a fine corsa anche in presenza del segnale che comanda il movimento dello stelo stesso.

Il temporizzatore è un relé e come tale muove una serie di **contatti NA ed NC soggetti a ritardo**. I contatti ritardati si dividono in due categorie**:**

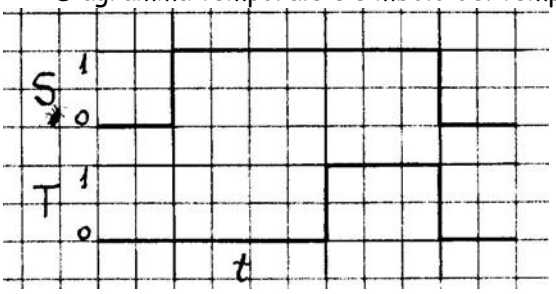
1) si dicono temporizzatori a **contatti ritardati alla eccitazione** quelli che quando si da corrente alla bobina, i contatti commutano solo dopo che è trascorso il tempo preimpostato sul temporizzatore;
2) si dicono **contatti ritardati alla diseccitazione** quando, chiudendo i contatti della bobina, i contatti commutano immediatamente; quando la bobina si diseccita, i contatti ritardati ricommutano dopo che è trascorso il tempo impostato (sotto).

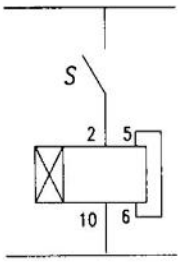
Si badi bene che dal punto di vista costruttivo esistono solo temporizzatori con contatti ritardati all'eccitazione**!** Il secondo tipo deriva da un particolare cablaggio. Dal punto di vista logico, invece, l'uso dei due tipi è piuttosto dibverso. In particolare risulta "difficile" l'impiego dei temporizzatori ritardati alla diseccitazione (il loro impiego è molto meno facile da "visualizzare").

➢ **Diagrammi Temporali** I "diagrammi temporali" dei due tipi di temporizzatore (ben diversi per conformazione ed uso) rivestono grande importanza e vanno studiati con cura se si vuole definirne bene l'impiego .

a) Diagramma temporale relativo ad un relé temporizzato con contati **ritardati alla eccitazione**. A inizio ciclo, il segnale che alimenta il temporizzatore va a valore logico **1**; dopo il tempo reimpostato (**t**), anche l'uscita del temporizzatore (**T**) va a valore logico **1**. Quando il segnale d'ingresso (**S**) cessa (ovvero va a valore logico **0**), anche l'uscita del temporizzatore va a valore logico **0**.

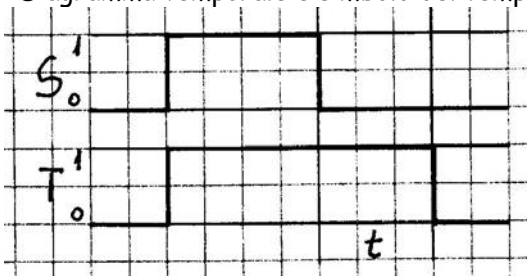
Diagramma temporale e simbolo del temporizzatore ritardato all'eccitazione

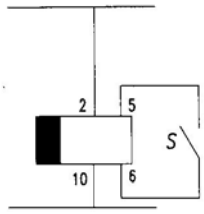




b) Diagramma temporale relativo ad un relé temporizzato con contati **ritardati alla diseccitazione**. Quando il segnale **S** inizia (va a valore logico **1**); immediatamente va a valore logico **1** anche l'uscita del temporizzatore. Quando il segnale **S** cessa (va a valore logico **0**), l'uscita del temporizzatore permane a valore logico **1** per il tempo preimpostato (**t**), poi si spegne (va a valore logico **0**).

Diagramma temporale e simbolo del temporizzatore ritardato alla diseccitazione





➢**NOTA:** Abbiamo già detto che dal punto di vista costruttivo esistono solo temporizzatori con contatti ritardati all'eccitazione; quelli ritardati alla diseccitazione sono "derivati" dai precedenti utilizzando un particolare cablaggio.

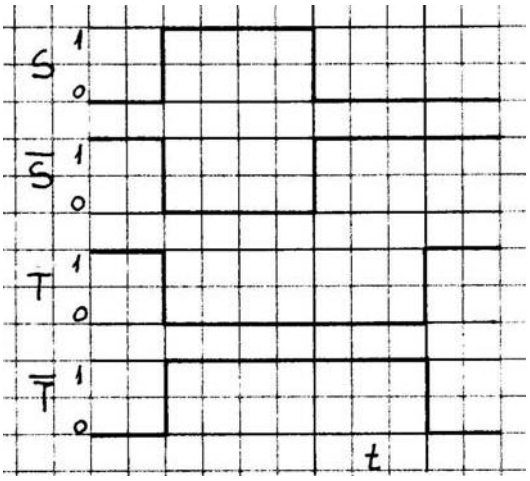
Il diagramma a lato ci mostra**:**

1) la "solita" la configurazione (**S**) del segnale di alimentazione del temporizzatore.

2) Alimentando il temporizzatore normale (con contati ritardati all'eccitazione) con un segnale negato di **S** [$\overline{S}$],

2) in uscita si ottiene il segnale a lato indicato con **T**.

3) Negando tale segnale di uscita si ottiene il segnale $\overline{T}$, ovvero si ottiene una particolare configurazione del segnale che è quella prevista per temporizzatori con contatti ritardati alla diseccitazione [vedi sopra]).



Il diagramma a lato spiega (spero esaurientemente) come si possa ottenere un temporizzatore del tipo con contati ritardati alla diseccitazione, avendo a disposizione un temporizzatore con contatti ritardati all'eccitazione.

ESEMPI DI IMPIANTI TEMPORIZZATI

Come già detto, il temporizzatore permette di comandare un ciclo in modo diverso, condizionandolo al tempo, invece che alle fasi (movimenti). Il temporizzatore normalmente impiegato è quello ritardato all'eccitazione.

Problema 1

Disegnare lo schema funzionale di un impianto a funzionamento semiautomatico, ciclo A+/A-, valvola bistabile, corse regolate dal temporizzatore <u>ritardato alla eccitazione</u>.

È possibile e relativamente facile condizionare un ciclo solo al tempo. Poniamo il caso che si intenda regolare totalmente il ciclo sulla base del tempo; in questo caso sim eliminano del tutto i finecorsa. Scegliamo di utililizzare un'autoritenuta per rendere continuo il segnale del pulsante di marcia; il temporizzatore è posto in parallelo al relé dell'autoritenuta. Quando si eccità il rele **X**, anche il temporizzatore riceve il segnale. Dopo il tempo preimpostato, l'uscita del temporizzatore, va a valore logico**1**; un contatto **NC** del temporizzatore diseccita l'autoritenuta (spegne **X** ed **A+**), mentre un secondo contatto (questa volta **NA**) comanda il rientro dello stelo (comanda **A-**).

Quando si spegne il relé **X**, si spegne anche il temporizzatore; l'apparato è di nuovo in posizione di partenza.

NOTA IMPORTANTE: Questo impianto tiene conto solo del tempo a partire dall'inizio del ciclo, non ha quindi alcun "rispetto" delle fasi; una possibile conseguenza è che se il tempo impostato sul temporizzatore è troppo breve, il ciclo non si completa (lo stelo non fa a tempo a giungere alla fine della sua corsa).

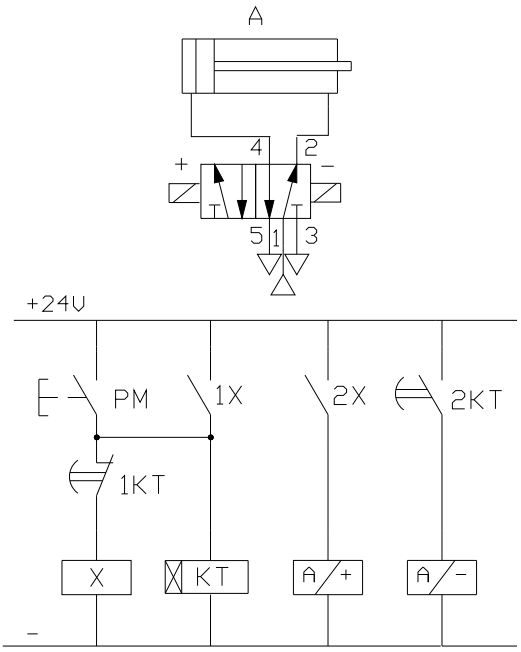
Equazioni di moto:

1) $(PM + 1x) \times \overline{1kT} = X$ $\qquad X = kT$

2) $2x = A+$ $\qquad 2kT = A-$

Premendo il pulsante **PM**, il segnale attraversa il contatto **KT** (**NC**) ed eccita il relé **X**; si chiudono i contati **1x** e **2x**; si eccita la bobina **A+**, lo stelo esce. L'apparato, non esistendo un finecorsa **a1**, non "sente" il completamento della corsa. Il rientro è condizionato al segnale del temporizzatore (avverrà dopo un certo tempo dall'azionamento di **PM)**. Trascorso il tempo prefissato, il temporizzatore **KT** apre il contatto **1KT** (**NC**).

➢ Si chiude il contatto **2KT** (**NA**) e si eccita **A-**.
➢ La commutazione del contatto **1X** (**NC**) provoca la diseccitazione sia di **X** che di **A+**; si diseccita anche il temporizzatore **KT**.
➢ L'impianto è pronto ad un nuovo ciclo di funzionamento.



NOTA 1: Manca anche il finecorsa **a0**, pertanto il funzionamento dell'impianto può essere disturbato dell'operatore, azionando intempestivamente **PM**.

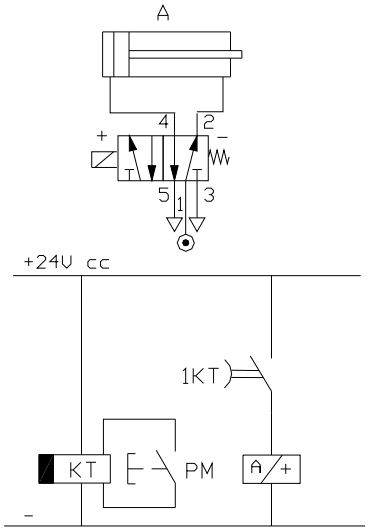
La presenza del relé **X** e della sua particolare autoritenuta è resa necessaria dal temporizzatore **KT;** questo perché, per poter funzionare, **KT** richiede un segnale continuo (si ricordi che **PM** è un segnale istantaneo).

NOTA 2: Questo impianto funzionerebbe altrettanto bene anche se la valvola fosse monostabile. Andrebbe solo eliminato il ramo con la bobina **A-**, che non esisterebbe più (l'azione sarebbe comandata dalla molla). Poiché il segnale trasmesso dal contatto **2X** alla bobina **A+** è continuo, lo stelo uscirebbe regolarmente. Al cessare del segnale continuo di **A+**, la molla della valvola monostabile farebbe commutare la valvola e rispedirebbe dentro lo stelo.

In questo modo il ciclo si completerebbe regolarmente.

PROBLEMA 2

Disegnare lo schema funzionale di un impianto a funzionamento semiautomatico, ciclo A+/A-, valvola monostabile, corse regolate da un temporizzatore <u>ritardato alla diseccitazione</u>.



Si noti "l'apparente anomalia" rappresentata dal pulsante **PM** posto in parallelo al relé temporizzato.

Per poter funzionare, il relé **KT (che, si ricordi, è ritardato alla diseccitazione)** deve essere sempre sotto tensione e in modo indipendente.

Premendo **PM**, **KT** chiude immediatamente il suo contatto **NA** (**1KT**) e provoca l'eccitazione di **A+**; lo stelo esce.

Il segnale di **PM** che arriva a **KT** è istantaneo; cessato **PM**, inizia il computo del tempo di ritardo alla diseccitazione.

Trascorso il tempo preimpostato sul temporizzatore **KT**, questo riapre il suo contatto, provocando la diseccitazione di **A+** ed il rientro dello stelo.

NOTA: Il funzionamento di un temporizzatore ritardato alla diseccitazione risulta "meno usuale" dell'altro ed è quindi meno semplice da "pensare"; pertanto è fortemente consigliato redigere (e con la massima cura) i diagrammi temporali e quelli di funzionamento degli impianti dotati di temporizzatori di questo tipo, analizzandoli poi con cura.

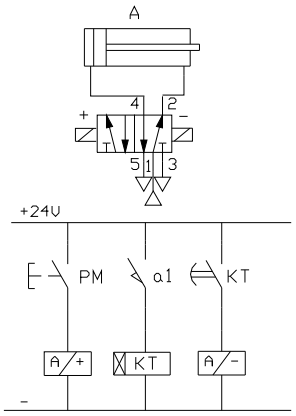
TEMPORIZZAZIONE DI UN SEGNALE DI FASE

Esiste un altro modo di affrontare il problema della temporizzazione di un cilindro, con maggiore rispetto dei tempi di movimento dei cilindri (fasi); è infatti possibile "temporizzare" un finecorsa; in questo modo (ad esempio) si può controllare per quanto tempo uno stelo esercita la sua pressione al termine del suo movimento. L'uso tipico di un impianto di questo tipo si ha nelle applicazioni di incollaggio.

PROBLEMA 3

Disegnare lo schema funzionale di un impianto a funzionamento semiautomatico, ciclo A+/A-, valvola bistabile, <u>corsa di ritorno</u> regolata dal temporizzatore <u>ritardato alla eccitazione</u>.

- Premendo **PM** (segnale istantaneo) si eccita brevemente **A+**; lo stelo esce. Essendo la valvola bistabile, il segnale istantaneo di **PM** è sufficiente a far svolgere regolarmente la prima fase (**A+**).
- Quando lo stelo aziona il finecorsa **a1**, inizia la temporizzazione; lo stelo resta fermo in posizione "fuori"; si noti come il segnale di **a1** NON vada direttamente a un pilotaggio della valvola**!**
- Quando è trascorso il tempo prefissato, il temporizzatore **KT** chiude il suo contatto **NA**, che provoca l'eccitazione della bobina **A-**; lo stelo rientra.
- Non appena inizia il rientro dello stelo, cessa l'azionamento di **a1**, **KT** si resetta.



NOTA: In questo caso (a differenza che nel problema precedente), la temporizzazione non interferisce direttamente con le corse dello stelo, ma serve solo a fissare il tempo in cui lo stelo resta fermo, continuando ad azionare **a1**.

Lo stesso problema (sempre utilizzando un temporizzatore ritardato all'eccitazione), può essere risolto anche per valvole monostabili. In questo caso però il pilotaggio è più complesso e richiede l'uso di un'autoritenuta per il pilotaggio della valvola (il segnale di **PM** deve essere reso continuo per pilotare correttamente **A+**); **KT** (sempre pilotato da **a1**) deve provvedere a spegnere l'autoritenuta. **KT** viene resettato dal rientro di **a1**. Ovviamente il ramo di **A-** non esiste più (il movimento viene comandato dalla molla).

[vedi problema 4⬇]

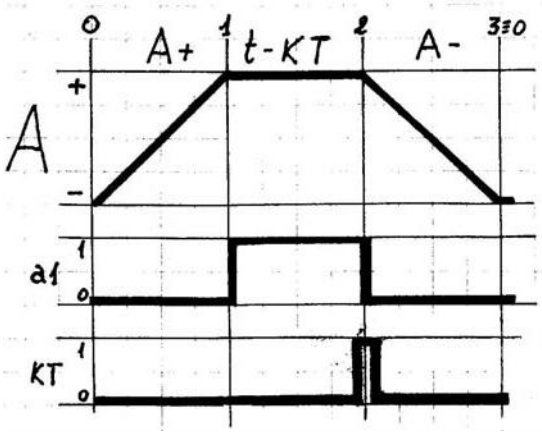
PROBLEMA 4

Disegnale lo schema funzionale del ciclo A+/A-, funzionamento semiautomatico, valvola monostabile, <u>corsa di ritorno</u> regolata dal temporizzatore <u>ritardato alla eccitazione</u>.

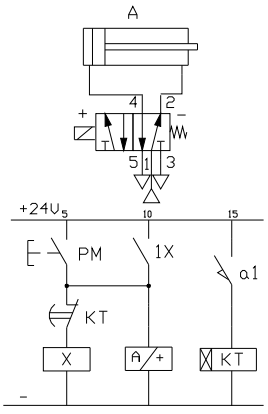
- Premendo il pulsante **PM**, poiché il contatto di **KT** è (**NC**), il segnale eccita il relé **X**;
- si chiude il contatto **1x** e si eccita **A+**; a questo punto il segnale di **a1** è continuo (non comanda il rientro dello stelo);
- Il temporizzatore **KT**, ritardato alla eccitazione, è alimentato attraverso il finecorsa **a1**. Quando lo stelo aziona **a1**, **KT** inizia il conteggio.
- Quando l'uscita del temporizzatore va a **1**, si apre il contatto **KT** (**NC)**. Si diseccitano **X** ed **A+** e quindi si apre anche **1x**; la valvola ricommuta sotto la spinta della molla e lo stelo rientra.

Qui sotto è riportato il diagramma dei segnali valido per il caso. Si noti come l'uscita dell temporizzatore si ecciti dopo un certo tempo che il segnale **a1** è presente (tempo di ritardo **t-KT**); quando lo stelo inizia il rientro, rilascia **a1**; quando manca il segnale di **a1**, il temporizzatore **KT** si diseccita e la sua uscita torna a **0**.

Diagramma dei segnali



Schema funzionale



Stesso problema –

SOLUZIONE PER TEMPORIZZATORE RITARDATOALLA DISECCITAZIONE

Come si risolve lo stesso problema impiegando un temporizzatore ritardato alla diseccitazione?

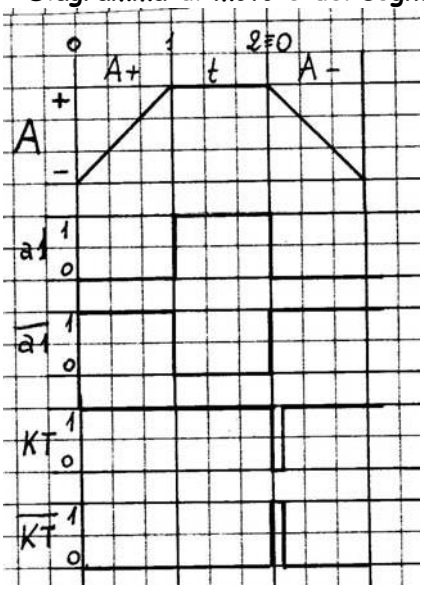
➢ **a)** È evidentemente più difficile immaginarsi il funzionamento del temporizzatore ritardato alla diseccitazione, ragione per cui diventa indispensabile utilizzare il diagramma dei segnali per controllare quanto andiamo facendo.

➢ **b)** Utilizzando un relé temporizzato che si eccita alla comparsa del segnale e si diseccita con il ritardo prestabilito rispetto alla scomparsa del segnale, si constata come un contatto **NA** di **a1** non è utile per pilotare il temporizzatore ritardato alla diseccitazione**!** È necessario ricorrere ad un contatto **NC** di **a1**, come si potrà vedere ne diagramma dei segnali.

Problema 5

Disegnare lo schema funzionale di un impianto a funzionamento semiautomatico, ciclo A+/A-, <u>corsa di ritorno</u> regolata dal temporizzatore <u>ritardato alla diseccitazione</u>.

Diagramma di moto e dei segnali



FARE ATTENZIONE!

Non è semplice seguire i ragionamenti!

Il diagramma delle fasi mostra (correttamente), dopo la prima fase (**A+**, uscita dello stelo) una seconda fase di attesa (indicata come **t**, ovvero tempo di ritardo).

➢ Nella soluzione precedente (Problema 4) abbiamo visto che **KT** è il segnale utile per provocare il rientro del cilindro.

➢ Il temporizzatore **KT** viene alimentato da un contatto **NC** di **a1** ($\overline{a1}$). All'accensione dell'impianto, $\overline{a1}$ è a valore logico **1**, quindi anche il temporizzatore commuta immediatamente (va a valore logico **1)**;

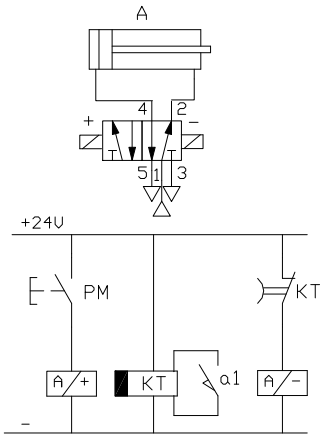
➢ immediatamente il contatto **KT** (**NC**) si apre (in caso contrario il segnale **A-** risulterebbe bloccante**!**).

➢ All'inizio della 2° fase arriva il segnale di **a1** (cessa $\overline{a1}$ negato); quando il segnale di **a1** cessa, il temporizzatore (la cui uscita resta a **1** per tutta la seconda fase) inizia a contare il tempo preimpostato (**t**).

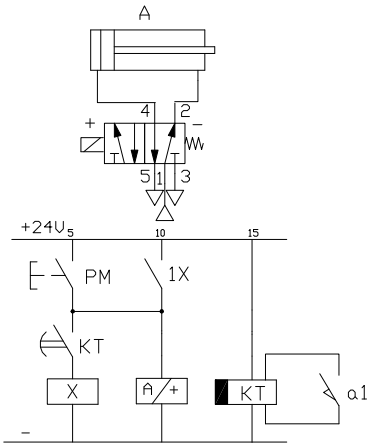
➢ Quando l'uscita del temporizzatore va a **0**, il contatto negato di **KT** ($\overline{KT}$) si richiude; c'é il segnale di **A-**. Lo stelo rientra. Immediatamente dopo lo stelo abbandona il finecorsa **a1**. Ricompare il segnale $\overline{a1}$; l'uscita del temporizzatore torna a **1** e quindi il contato **NC** di **KT** si riapre, facendo cessare il segnale di **A-**.

NOTA: ➢ Il segnale di **KT** è a valore logico 1 per tutto il ciclo, salvo che per il brevissimo tempo tra la fine del segnale di **KT** e l'inizio della retrazione di **a1**; è quindi possibile pilotare correttamente **A-** con $\overline{KT}$ perché la valvola è bistabile ed un segnale istantaneo è sufficiente al suo azionamento. ➢ Si noti anche come negare il segnale e l'uscita del temporizzatore significa riportare la soluzione al temporizzatore a contatti ritardati all'apertura**!**

Soluzione per valvola bistabile



Soluzione per valvola monostabile



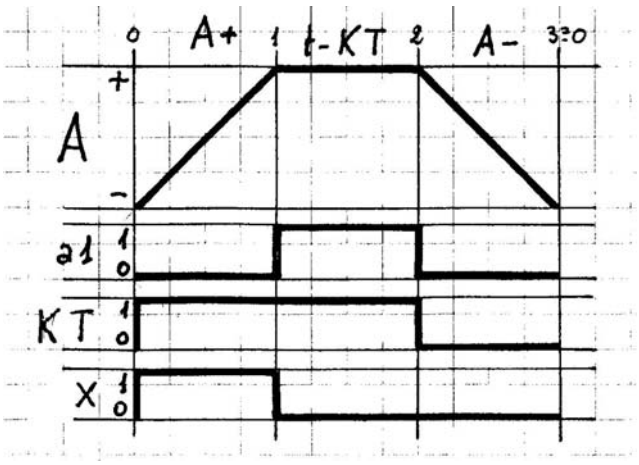
Sostituire il contatto di a1! *O sostituire il contatto di KT con uno NA (RIVEDERE TUTTO!)*

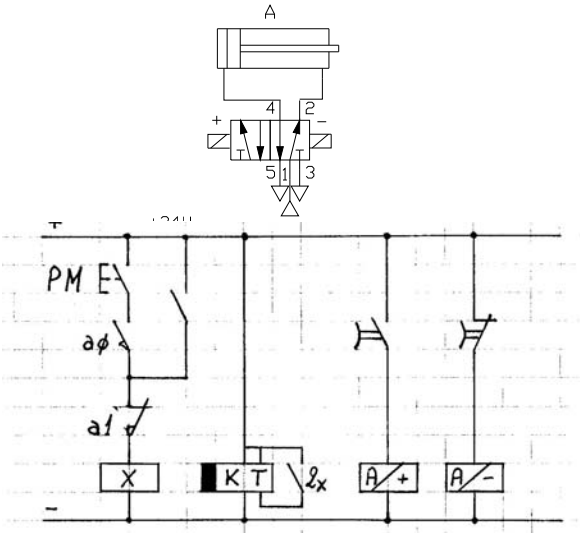
Lo stesso problema, tuttavia, è risolvibile anche in un altro modo, certamente più complesso.

Se realizziamo una autoritenuta (relè **X**) che si ecciti a inizio ciclo $(PM \times a0)$, tramite un contatto del relé (**2x**) possiamo comandare **KT**. L'autoritenuta (e quindi anche il relé **X**) si diseccita alla pressione su **a1**; il segnale di uscita di **KT** va a valore logico **1** dopo il tempo reimpostato; a questo punto inizia il rientro del cilindro, come desiderato. L'uscita dello stelo può essere indifferentemente comandata dall'autoritenuta o da un contatto **NA** di **KT**; il rientro può essere comandato dalla molla (valvola monostabile) o da un altro ramo, su cui un contatto **NC** di **KT** comanda la bobina di rientro (**A-**, valvola bistabile).

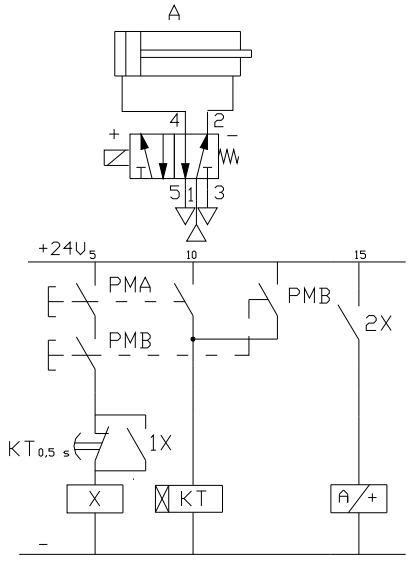
Dal diagramma dei segnali possiamo notare che in questo caso **KT** rimane eccitato solo per il "tempo giusto" ed è spento a macchina ferma. A inizio ciclo è presente il segnale di **A-**, che però cessa alla eccitazione di **X** (ovvero alla comparsa del segnale di **KT**).

La "stranezza" (ma forse anche la validità) dell'impianto in figura sta nel fatto che è applicabile sia per valvole bistabili (così com'è) che per valvole monostabili, semplicemente abolendo l'ultimo ramo. (vedi sotto⬇)





BICOMANDO DI SICUREZZA



Il bicomando di sicurezza è un classico impianto antinfortunistico, largamente diffuso. Ha lo scopo di obbligare l'operatore ad avere entrambe le mani sulla pulsantiera all'avvio dell'apparato (qualunque esso sia), con l'evidente scopo di evitare incidenti.

Solo l'azionamento di entrambi i pulsanti è contemporaneo (o a distanza massina di 0,5 secondi [mezzo secondo] l'uno dall'altro) si ha l'eccitazione del relé **K** e quindi l'inizio del ciclo.

Dopo 0,5 secondi dall'azionamento del primo pulsante il contato $\mathbf{KT_{0,5}}$ impedisce l'eccitazione di **X**. Se ciò accede, è necessario che l'operatore abbandoni i pulsanti e ripeta (in modo corretto) l'operazione di avvio dell'impianto.

A lato una delle possibili soluzioni al problema.

Qui possiamo vedere che se viene azionato uno dei pulsanti, il temporizzatore **KT** inizia il suo conteggio; azionando uno solo dei pulsanti il rele **X** non si eccita (manca la condizione $PMA \times PMB$). Passato l'intervallo di tempo preimpostato (**0,5s**), l'uscita del temporizzatore **KT** va ad **1** ed il contatto $\mathbf{KT_{0,5}}$ si apre.

Se il contatto $\mathbf{KT_{0,5}}$ (**NC**) si apre prima dell'eccitazione di **X**, il ciclo non parte (è inibita l'eccitazione del relé **X** quello che provoca l'eccitazione della bobina **A+**). Si avrà l'eccitazione di **X** (e quindi quella di **A+**) solo se entrambi i pulsanti vengono azionati **prima** dell'eccitazione di **KT**, ovvero entro l'intervallo di tempo (½ secondo) previsto (in questo caso il contatto **1x** baipassa il contatto $\mathbf{KT_{0,5}}$ rendendolo inutile).

NOTA: Non è possibile "inabilitare" il comando bimanuale bloccando uno dei due pulsanti (pratica pericolosa, ma, pare, diffusa) perché l'apparato non l'accetta e blocca tutto!

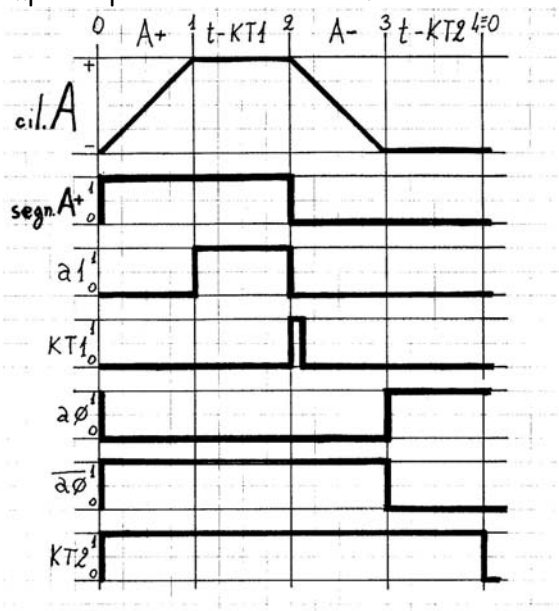
Problema con temporizzazioni:

CICLO DI SGRASSAGGIO

TESTO: Al gancio, situato all'estremità dello stelo di un cilindro **D.E.**, comandato da una valvola monostabile, è appesa una gabbia contenente i pezzi che devono essere sgrassati in preparazione per un successivo ciclo di verniciatura.

Descrizione del previsto ciclo di grassaggio:

a) lo stelo esce, immergendo la gabbia in una vasca colma di apposito liquido sgrassante (**A+**); **b)** la gabbia sosta a finecorsa per il tempo necessario all'esecuzione del lavaggio; **c)** la vasca viene sollevata (**A-**); **d)** la gabbia sosta sopra la vasca per un tempo conveniente alla sgocciolatura del prodotto sgrassante; **e)** infine si ha lo spegnimento della lampada-spia di "ciclo in corso".



Per la comprensione del funzionamento del ciclo è necessario fare l'analisi dei segnali (figura a lato).

Il segnale di **A+** è definito a priori, ovvero è quello necessario affinché il ciclo si svolga come richiesto (si ricordi che la valvola è monostabile**!**). L'andamento dei segnali dei finecorsa **a0** ed **a1** è quello che risulta dall'analisi del diagramma di moto.

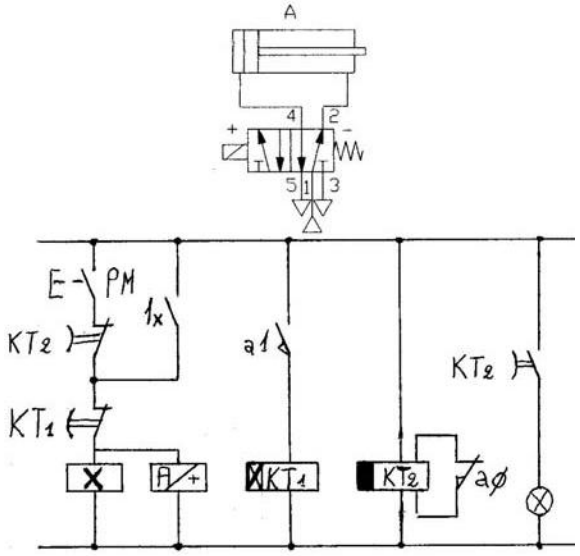
Il segnale del temporizzatore $\mathbf{KT_1}$ (ritardato alla eccitazione) comanda il rientro del pistone; il segnale da ritardare è quello del finecorsa **a1** (fine uscita stelo); $\mathbf{KT_1}$ ritarda il rientro dello stelo per il tempo necessario allo sgrassaggio.

Il temporizzatore $\mathbf{KT_1}$ ha un solo contatto **NC**, che provoca la diseccitazione dell'autoritenuta e quindi la fine della eccitazione della bobina **A+** (cilindro in uscita [1°fase] e mantenuto fuori [2° fase].

Dopo la fine dei movimenti dello stelo, è necessario che la gabbia sosti per lasciar sgocciolare i pezzi sgrassati. Si sceglie di usare un temporizzatore ritardato alla diseccitazione ($\mathbf{KT_2}$), con due contatti (uno NC ed uno **NA)**. Il primo serve da con-

trollo di fine ciclo precedente, l'altro determina il ciclo di accensione e spegnimento della spia di ciclo in corso [**N.B.:** utilizzando sull'ultimo ramo un contatto **NC** per pilotare la lampada, si otterrebbe invece una lampada che segnala la fine del ciclo e rimane accesa fino all'inizio del ciclo successivo].

Si noti come il temporizzatore $\mathbf{KT_2}$ sia comandato dal segnale $\overline{a0}$ (vedi diagramma), segnale che dura esattamente dall'inizio alla fine del ciclo.



DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO

A inizio ciclo ao è azionato, quindi il temporizzatore $\mathbf{KT_2}$ è spento ed il suo contato **NC** è chiuso e quello **NA** aperto. La lampada-spia di ciclo in corso è spenta.

Premendo **PM**, il segnale attraversa i contatti $\mathbf{KT_2}$ (**NC**) e $\mathbf{KT_1}$ (**NC**) ed eccita il relé **X**, che si autoritiene con il contatto **1x**. L'eccitazione di **X** provoca la eccitazione della bobina **A+**; lo stelo esce.

Quando lo stelo abbandona il finecorsa **a0**, il suo contatto **NC** si chiude; l'uscita del temporizzatore $\mathbf{KT_2}$ (ritardato alla diseccitazione) va ad **1** ed i suoi contatti cambiano di stato. Quello sul primo ramo rende "inerte" **PM**, quello sull'ultimo ramo provoca l'accensione della spia di "ciclo in corso".

Quando il fincorsa **a1** (**NA**) viene azionato, il temporizzatore $\mathbf{KT_1}$ (ritardato all'eccitazione) inizia il conteggio. Passato il tempo preimpostato per la fase di sgrassaggio, l'uscita di $\mathbf{KT_1}$ va ad **1**; si apre il contatto $\mathbf{KT_1}$ (**NC**), provocando la diseccitazione di **X** e di **A+**. Mancando il segnale, la molla fa ricommutare la valvola. Lo stelo rientra.

Completato il rientro, lo stelo aziona il finecorsa **a0** (il suo contatto **NC** si riapre). Il temporizzatore **KT_2** inizia il conteggio. Al termine del tempo reimpostato per lo sgocciolamento, l'uscita di **KT_2** va a **0** ed i suoi contatti cambiano di stato. **KT_2** (**NC**) sul primo ramo abilita l'inizio di un nuovo ciclo, **KT_2** (**NA**) sull'ultimo ramo spegne la spia di "ciclo in corso". A questo punto la macchina è pronta per un nuovo ciclo. **NOTA:** L'impianto è progettato in modo che non sia possibile produrre l'avvio di un cilco mentre un altro è già in corso!

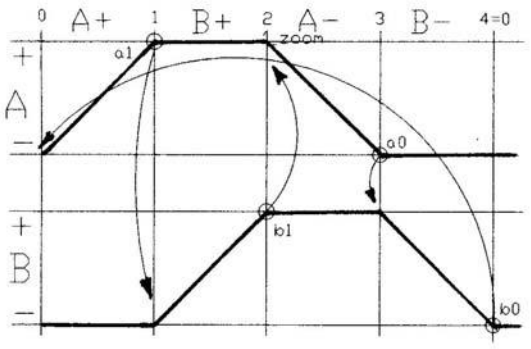
SEQUENZE DI PIÙ CILINDRI

Come in pneumatica, anche in elettropneumatica è possibile controllare cicli complessi di più cilindri, anzi è più semplice controllare cicli complessi se la parte di comando è elettrica. A parte la complessità del cablaggio, ne risulterà qualcosa di meno ingombrante e più semplice da contenere in uno dei classici armadi nati a questo scopo.

ESEMPIO 1:

Ciclo quadro: Sequenza A+/B+/A-/B-.

Diagramma di moto



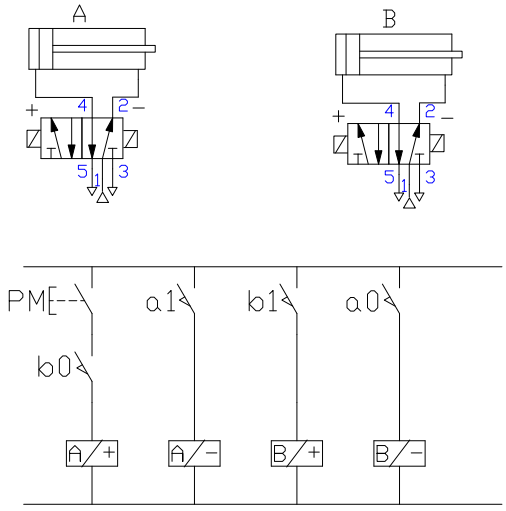
Equazioni di moto

Pm * b0 = A+
a1 = B+
b1 = A-
a0 = B-

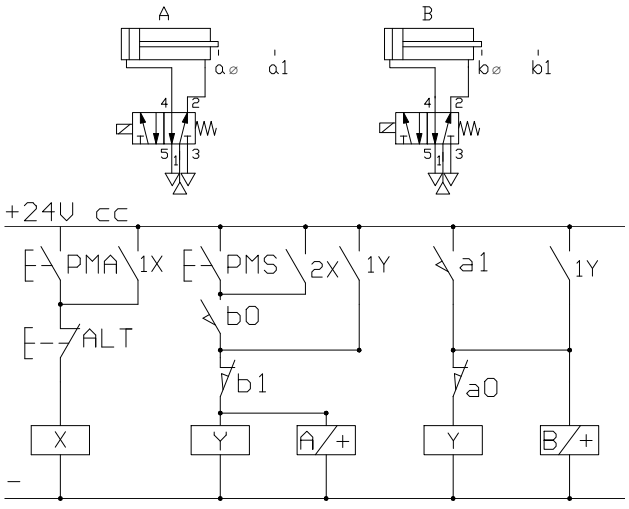
L'impianto é esente da segnali bloccanti [per principio si controllino la dichiarazioni di questo tipo]. Qui di seguito sono riportate le soluzioni per valvole bistabili (comando solo semiautomatico) e per valvole monostabili (comando semiautomatico e automatico).

Le equazioni di moto sono il punto di partenza in entrambi i casi. Rappresentano la soluzione in caso di valvole bistabili, ma solo il punto di partenza in caso di valvole monostabili.

Valvole bistabili



Valvole monostabili



Errore! ci sono due relé Y

➢ **VALVOLE BISTABILI** Nella figura qui sopra si nota che lo schema funzionale corrisponde esattamente alle equazioni di moto. Le equazioni sono dunque la soluzione del problema proposto.

➢ **VALVOLE MONOSTABILI** Se utilizziamo valvole monostabili, per costruire il diagramma funzionale è necessario ricavare nuove equazioni. Essendo le valvole monostabili, le bobine **A-** e **B-** non ci sono più (le relative azioni [rientro degli steli] sono provocate dalle molle delle valvole monostabili [equazioni implicite $A- = \overline{A+}$ e $B- = \overline{B+}$]). L'equazione generica dell'autoritenuta è: $(A+1r) \times \overline{S} = R$ [dove **A** indica la condizione di accensione ed **S** la condizione di spegnimento dell'autoritenuta; **R** il relé ed **1r** il contatto di autoritenuta di tale relè].

Per poter scrivere le **equazioni si moto** delle valvole monostabili (meglio, equazioni delle autoritenute per le valvole monostabili) si devono individuare i relé da impiegare e le condizioni **A** (accensione) ed **S** (spegnimento).

Scegliamo di utilizzare il relé **X** per l'autoritenuta di automatico, il relé **Y** per il pilotaggio della bobina **A+** ed il relé **Z** per il pilotaggio della bobina **B+**.

Prendiamo in considerazione le equazioni per valvole bistabili; l'equazione **1)** [$PM \times b0 = A+$] corrisponde alla condizione **A** (accensione) per **Y** (autoritenuta di **A+)**, mentre la **3)** [$b1 = A-$] corrisponde alla condizione **S** (spegnimento) per la stessa autoritenuta; ne risulta l'equazione**:** [$(PM \times b0) + 1y] \times \overline{b1} = Y$ che governa l'autoritenuta. L'equazione $Y = A+$ ci dice che relé e bobina hanno sempre lo stesso stato logico (quando il relé è eccitato, provoca l'eccitazione della bobina, quando si diseccita, diseccita la bobina).

Ripetendo l'esercizio per l'autoritenuta di **Z** (bobina **B+)** si ottengono le equazioni**:** $(a1 + 1z) \times \overline{a0} = Z$ e $Z = B+$.

N.B.: La figura sopra a destra **non corrisponde** esattamente alle equazioni che abbiamo ottenuto perché è stato aggiunto un ramo, quello di automatico. L'automatico richiede un segnale continuo, quindi un'autoritenuta, la cui equazione di funzionamento è**:** $(PMA + 1x) \times \overline{ALT} = x$. Il relé **X** genera il segnale continuo di automatico che viene riportato (a mezzo del contatto **2X**) nell'equazione di inizio ciclo; l'equazione modificata diviene**:** $\{[(PMS + 2x) \times b0] + 1y\} \times \overline{b1} = Y$.

Questa equazione (che ora corrisponde perfettamente al diagramma funzionale) dice che il ciclo può partire sia premendo il pulsante **PMS** (funzionamento semiautomatico) che (o, **funzione logica OR**, **somma logica**, **contati in parallelo**) premendo **PMA** (pulsante di settaggio dell'autoritenuta di automatico).

Nel primo caso (**PMS**) l'impianto compirà un solo ciclo. Nel secondo caso (**PMA**) si avrà un numero indefinito di cicli consecutivi, fino alla pressione del pulsante di **ALT**, che provoca il resettaggio dell'autoritenuta di automatico.

Le equazioni relative al relé sull'ultimo ramo (**Z**, per **B+**) restano identiche.

SEQUENZE CON SEGNALI BLOCCANTI

Prendiamo in considerazione la sequenza **A+/B+/B-/A-** (ciclo industriale detto "**ciclo a elle**").

Disegnamo il **diagramma di moto**. Ricordiamo che sia il diagramma di moto che quello dei segnali sono identici, sia che trattiamo il problema come pneumatico che come elettropneumatico, sia che le valvole di potenza siano mono o bistabili.

Disegnamo il diagramma di moto e quello dei segnali. Dal diagramma di moto si possono ricavare le equazioni "normali", che normalmente sono la soluzione per valvole bistabili.

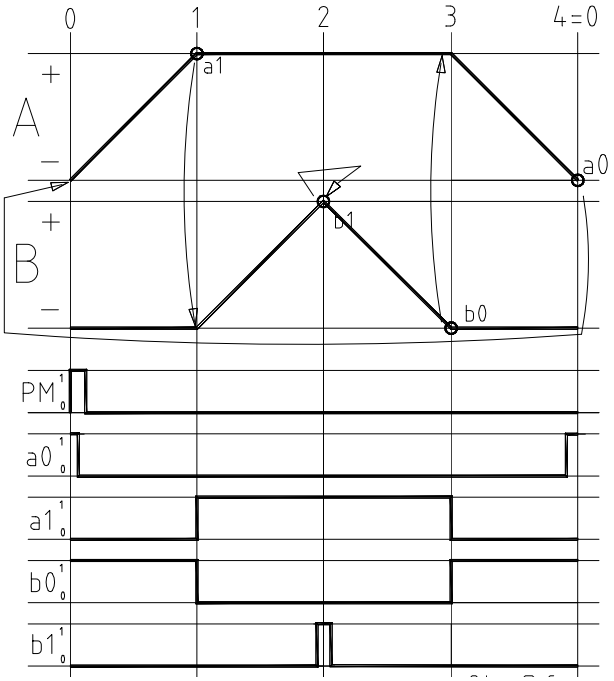
EQUAZIONI DI MOTO

Start * a0 = A+

a1 = B+

b1 = B-

b0 = A-



Purtroppo, dall'esame del diagramma dei segnali, i segnali **a1** e **b0 risultano bloccanti** perché entrambi rispondono alla regola per il riconoscimento dei segnali di questo tipo**:**

a) sono continui,

b) durano due fasi

c) "contengono" la doppia corsa del cilindro che comandano (**B** per **a1** e **A** per **b0**).

I segnali **a0** e **b1** sono invece istantanei.

Presa la decisione di adottare il tipo di soluzione detto "in cascata"; si utilizzano perciò le equazioni di moto per disegnare il **<u>diagramma circolare</u>**, che è la **rappresentazione grafica delle equazioni di moto**.

- **CONSIDERAZIONI:**

a) la soluzione in cascata permette di risolvere il problema **SENZA** ricercare i segnali bloccanti;

b) la regola è: "dividere la **sequenza** in **gruppi**, in modo che nessun gruppo contenga doppie corse";

c) ogni gruppo viene alimentato da una sua linea di alimentazione;

d) in ogni singolo momento uno solo dei gruppi è alimentato (una sola linea ausiliaria alla volta è in tensione);

e) il cambio di linea (ovvero di gruppo) è ottenuto utilizzando un segnale **NON** bloccante;

f) le linee alimentano (e/o tagliano l'alimentazione a) i segnali bloccanti; lo scopo è quello di "eliminarli", diminuendone la lunghezza fino a renderli non bloccanti, tagliando loro l'alimentazione (tramite il "cambio linea").

Il sistema a cascata elimina i segnali bloccanti senza fare "calcoli" particolari, semplicemente seguendo la procedura prevista, Non è neppure necessario conoscere quali segnali siano bloccanti e quali no. La procedura porta ad alimentare i componenti che generano i segnali bloccanti con le linee di cascata, mentre i segnali non bloccanti sono (e restano) alimentati dalla linea principale.

Dall'esame del diagramma si arguisce la necessità di dividere questa particolare sequenza in due "gruppi privi di doppie corse", cui corrispondono due linee di alimentazione, denominate **I** e **II** (talvolta indicate come **U1** e **U2**); le due linee ricevono **alternativamente** corrente.

Si pone una stellina a indicare il punto di fine/inizio ciclo [il ciclo si conclude al completamento dell'ultima fase, ovvero subito dopo l'ultima fase]; la freccia indica il senso di percorrenza del ciclo; noi scegliamo di percorrerlo in senso orario.

Si passa poi all'analisi del diagramma di moto per ricavare da esso le equazioni definitive, quelle capaci di "eliminare" i segnali bloccanti.

Per produrre lo scambio tra le due linee, si utilizza un solo relé (n° relé = **n**° linee **-1**); il relé alimenta la linea **I** attraverso un contato **NA** (ovvero quando è eccitato) e la linea **II** attraverso un contatto **NC** (ovvero quando il relé è diseccitato).

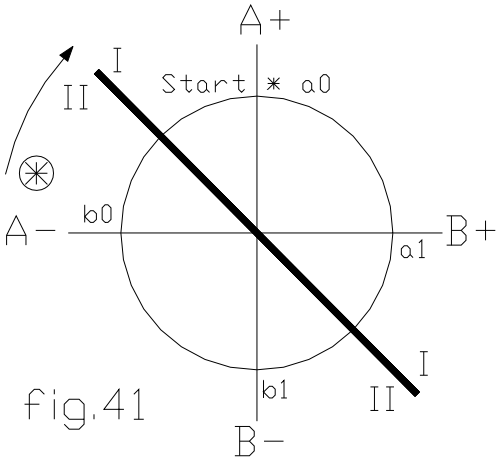


fig.41

N.B.: a) È in tensione una sola linea alla volta. **b)** All'inizio del ciclo, il relé (o i relé) di cascata è diseccitato; la zona comprendente la stellina (punto di fine/inizio ciclo) è quello con la linea con il numero più alto.

➢ **Attenzione! Se quest'ultima condizione non è rispettata, gli schemi per costruire la cascata** [riportati più sotto] **non valgono! (Dovreste costruirne di adatti da voi!** [ed è difficile!]**).**

Il passo successivo è ricavare dal diagramma circolare le equazioni definitive, quelle che ci permetteranno di disegnare uno schema funzionale valido anche in presenza di segnali bloccanti. Come si procede?

COME RICAVARE DAL DIAGRAMMA CIRCOLARE LE EQUAZIONI DEFINITIVE

Ad ogni passo (fase) si utilizza la seguente domanda:

C'è cambio di linea?	
Se la risposta è Sì	**Se la risposta è No**
Quale è il segnale successivo disponibile? [Scrivere!] Questo segnale provoca il cambio di linea. [Scrivere!] (es. $C1 = I$) Il cambio di linea attiva la fase successiva [Scrivere!]. (es $I = B-$)	Quale è la linea in uso? [Scrivere!] Quale è il segnale successivo disponibile ? [Scrivere!] Linea in uso per segnale disponibile [Scrivere!] provocano la fase successiva [Scrivere!]. (es. $I \times a0 = C+$)

EQUAZIONI DEFINITIVE

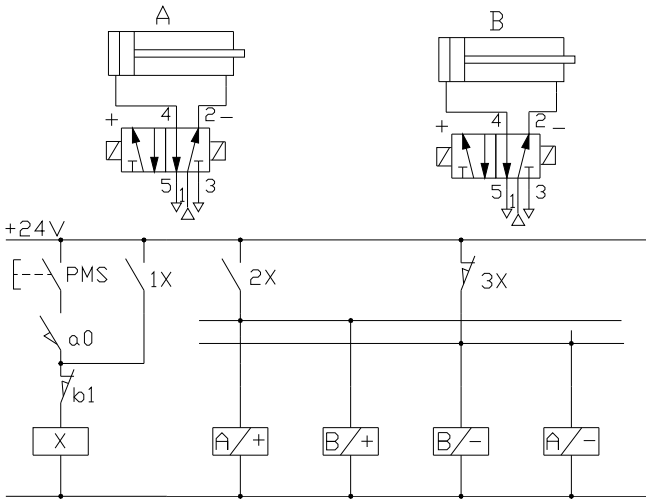
Start * a0 = I (P1)
I = A+
I * a1 = B+
b1 = II (P2)
II = B-
II * b0 = A-

Nel nostro caso le equazioni iniziali sono quelle riportate accanto al di agramma di moto. Con essi si è costruito il diagramma circolare. Da esso si sono ricavale le equazioni definitive qui a lato. Si consiglia vivamente di provare a ricostruirle utilizzando il diagramma circolare e lo schema riportato qui sopra.

Ricordate che lo schema funzionale altro non è che la rappresentazione grafica delle equazioni di moto definitive. Per prima coda andate alla pagina ove sono riportati gli schemi delle cascate e copiate quello della cascata a due linee (un solo relé) [Ricordate che le condizioni di cambio gruppo (linea) sono quelle indicate con **P1** e **P2**, quindi copiate tali condizioni dove indicato nello schema] .

In questo caso **P1** corrispondono a **Start x a0** e **P2** a **b1**. Come è possibile controllare, tali segnali **NON** sono bloccanti (non devono assolutamente esserlo perché la cascata funzioni). Solo a questo punto realizzate il resto dell'impianto; i finecorsa sono alimentati dalle linee ausiliarie, **non da quella principale** (è in questo modo che si "accorciano" i segnali bloccanti fino a ridurli alla dimensione utile affinché perdano la caratteristica di "bloccante"). Qui sotto è riportato lo schema risultante.

Schema funzionale di progetto



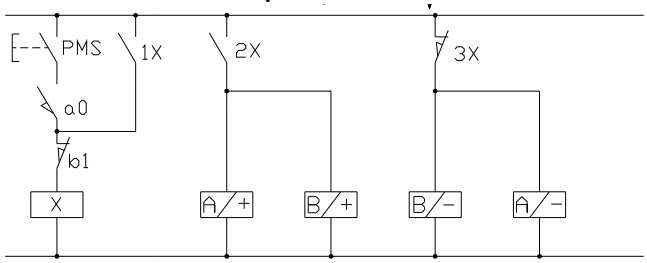
DESCRIZIONE FUNZIONAMENTO

A ciclo fermo, il relé **X** è diseccitato; è in tensione la linea **II**, tramite il contatto **3X** (**NC**).

La prima equazione descrive la partenza del ciclo; azionando **PMS**, poiché il finecorsa **a0** (**NA**) è azionato, si ha l'**eccitazione del relé X**, che provoca la commutazione dei suoi contatti. A questo punto è alimentata la linea **I**, cui è collegato direttamente la bobina **A+**. Se la linea **I** è in tensione, quando viene chiuso il contatto **NA** di **a1** si eccita la bobina **B+**. Quando viene azionato ilo finecorsa **b1** (**NC**), si diseccita il relé **K**; va di nuovo in corrente la linea **II**, cui è direttamente collegato **B-**; con la linea **II** in corrente, quando viene azionato **a0**, si eccita la bobina **A-**. Il ciclo è finito; l'impianto è in condizione di partenza, pronto per un nuovo ciclo.

ATTENZIONE: Realizzare l'impianto esat - tamente come nella figura in alto porterebbe a pesanti rischi di corto circuito (si notino le estremita "pendenti" delle linee di cascata). Un elettricista-montatore giudicherebbe lo **schema non utilizzabile per il montaggio dell'impianto**. Bisogna pertanto realizzarne uno adatto, in cui le linee di cascata siano nettamente separate l'una dall'altra e che non presenti discutibili "soluzioni preogettuali" capaci di produrre rischi elettrici.

Schema funzionale per l'elettricista/montatore



Lo schema riportato a lato, funzionalmente identico a quello riportato più sopra, presenta una importante differenza; lo schema sopra è la trascrizione diretta delle equazioni di moto definitive (e possiamo certamente dire che è la forma più utile per il progettista, mentre un elettricista montatore noterebbe [con orrore] i terminali dei cavi delle linee ausiliarie "pendenti"). Lo schema sotto si presenta più "pulito" e senza "fili pendenti", quindi non presenta rischi elettrici evidenti.

Il progettista dell'automatismo, al termine del suo lavoro, dovrà ogni volta ricavare dallo schema di progetto (quello sopra) lo schema di montaggio (quello sotto). Quest'ultimo non è utile per la progettazione, tuttavia fornisce le indicazioni indispensabili per la realizzazione pratica dell'impianto. Il suo scopo, infatti, è proprio quello di rispondere alle precise esigenze degli elettricisti montatori.

SCHEMI COMPLESSI

NOTA: Con la tecnica della cascata si possono risolvere anche problemi parecchio complessi, spesso caratterizzati dalla presenza di 3 o più linee di cascata. In elettropneumatica il cambio di linea viene realizzato realizzato utilizzando dei relé (e le relative autoritenute). **Il numero dei relé necessari al di cambio linea è uguale al numero delle linee meno 1** (formula **n-1**).

Il funzionamento dei relé di comando della cascata è relativamente semplice**:**

- ➔ il segnale **P1** da tensione alla linea **I**; esso **provoca l'eccitazione di tutti i relé**;
- ➔ il segnale **P2 provoca la diseccitazione del 1° relé**,
- ➔ il segnale **P3 provoca la diseccitazione del 2°** e così via, in sequenza.
  - ➢ Ciascuna linea è alimentata attraverso tanti contatti quanti sono i relé**:**
- ➔ sulla linea **I** i contatti sono tutti aperti;
- ➔ sulla linea **II** il primo contatto è chiuso ed i successivi aperti;

➔ sulla linea **III** i primi due contatti sono chiusi ed i successivi aperti e così avanti.
➔ In ogni caso, sull'ultima linea tutti i contatti sono chiusi.

Schemi per la realizzazione di impianti a 2, 3, 4 linee di cascata

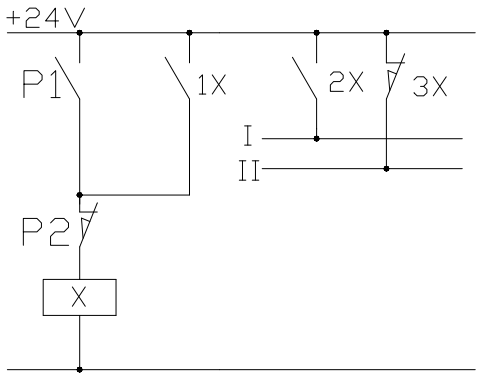


Fig.26a. CASCATA A DUE LINEE

Le linee di cascata sono due (**n=2**). I relé necessari a pilotardue linee si riducono a uno solo (**n-1=1**).

Dallo schema si vede come il segnale **P1** setta l'autoritenuta ed il segnale **P2** la resetta. La **linea I** (alimentata attraverso un contatto **NA**) é in tensione quando il relé è eccitato. La **linea II** (alimentata attraverso un conatto **NC**) è in tensione quando il relé è diseccitato.

Alle linee di cascata vanno collegate le bobine degli attuatori seguendo quanto indicato dalle equazioni definitive.

Equazioni della cascata a due linee

Pilotaggio relé:

$$\left[(P_1)+1x\right]\times \overline{P_2} = X$$

Pilotaggio linee:

$$X = I \qquad \overline{X} = II$$

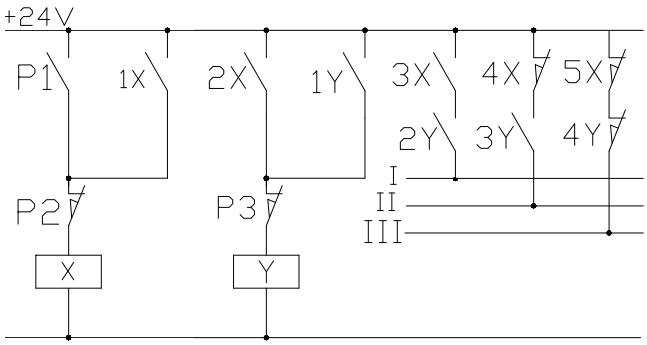


Fig.26b. CASCATA A TRE LINEE

Se le lineee di cascata sono **3** (**n=3**), per pilotarle sono necessari **2** relé (**n-1**; **3-1=2**).

- Il segnale **P1** deve settare tutti i relé della cascata.
- Il segnale **P2** deve resettare il 1° relé.
- Il segnale **P3** deve resettare il 2° relé.
- Ogni linea è alimentata da 2 contatti, uno per relé.

La **linea I** ha tutti i contatti aperti; la **linea II** ha un contatto aperto ed uno chiuso, **la linea III** ha solo contatti chiusi.

Equazioni della cascata a tre linee

Pilotaggio relé:

$$\left[(P_1)+1x\right]\times \overline{P_2} = X \qquad \left[(P_1)+1y\right]\times \overline{P_3} = Y$$

Pilotaggio linee:

$$X \times Y = I \qquad \overline{X} \times Y = II \qquad \overline{X} \times \overline{Y} = III$$

Alle linee di cascata vanno collegate le bobine degli attuatori seguendo quanto indicato dalle equazioni definitive.

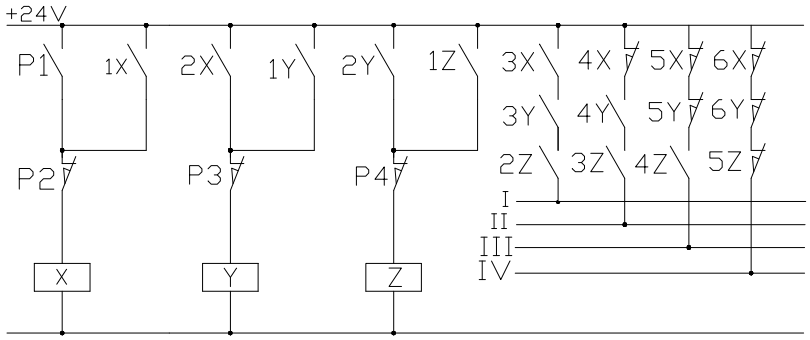


Fig.26c
CASCATA A QUATTRO LINEE

Anche in questo caso valgono TUTTE le regole applicate in precedenza. I relé si settano tutti assieme e si resettano in sequenza, uno alla volta. L'arrivo di **P1** setta tutti relé (linea **I**); **P2** resetta il 1° relé(linea **II**, 1 relé spento e due accesi), **P3** resetta il 2° relé (linea **III**, due spenti uno acceso); **P4** resetta il 3° relé (linea **IV**, relé tutti spenti).

Equazioni della cascata a quattro linee

Pilotaggio relè:

$$\left[(P_1)+1x\right]\times \overline{P_2} = X \qquad \left[(P_1)+1y\right]\times \overline{P_3} = Y \qquad \left[(P_1)+1z\right]\times \overline{P_4} = Z$$

Pilotaggio linee:

$$X \times Y \times Z = I \qquad \overline{X} \times Y \times Z = II \qquad \overline{X} \times \overline{Y} \times Z = III \qquad \overline{X} \times \overline{Y} \times \overline{Z} = IV$$

Esempio applicativo

APPARATO TAGLIA BANDELLE

4 cilindri, 2 linee di cascata - L'impianto prevede l'uso di quattro cilindri, collegati a valvole bistabili**:** il cilindro **A** sposta la bandella della lunghezza di taglio prevista; il cilindro **B** trattiene la bandella mentre viene spostata; il cilindro **C** la blocca durante il taglio; il cilindro **D** muove la lama della trancia.

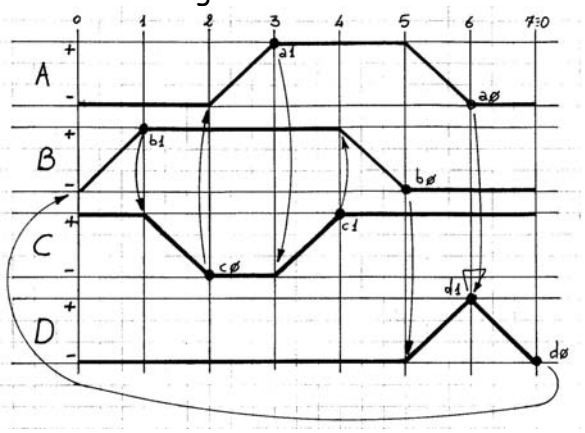
Sequenza di lavoro**: 1)** il cilindro **B** blocca la bandella (**B+**); **2)** il cilindro **C** libera la bandella (**C-**); **3)** il cilindro **A** la sposta in avanti della lunghezza desiderata (**A+**), fino in posizione di taglio; **4)** il cilindro **C** blocca la bandella in posizione di taglio (**C+**); **5)** il cilindro **B** si apre e libera la bandella (**B-**); **6)** mentre la morsetta **B** ritorna in posizione iniziale (**A-**), il cilindro **D** fa avanzare la trancia e taglia la bandella (**D+**); 7) la trancia ritorna in posizione di riposo (D-).

Sequenza di lavoro**: B+/C-/A+/C+/B-/A-;D+/D-**; la sequenza presenta evidentemente dei segnali bloccanti.

Volendo utilizzare il sistema "a cascata", la sequenza verrà suddivisa in 2 gruppi**: B+/C-/A+ // C+/B-/A-;D+ // D-** (vedi la rappresentazione grafica dei gruppi nel diagramma circolare) **II I II**

All'accensione è in tensione la linea di cascata **II**. L'utilità del diagramma circolare consiste (tra l'altro) nel mostrare chiaramente come l'ultima fase (**D-**) sia collegata al (faccia parte del) gruppo **B+/C-/A+** (gruppo **II**).

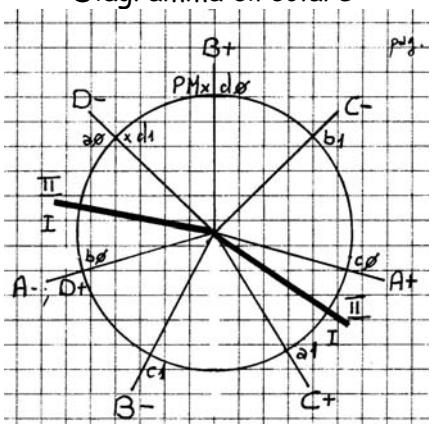
Diagramma di moto



Equazioni di moto prime

$$PM \times d0 = B+$$
$$b1 = C-$$
$$c0 = A+$$
$$a1 = C+$$
$$c1 = B-$$
$$b0 = A-; D+$$
$$a0 \times d1 = D-$$

Diagramma circolare



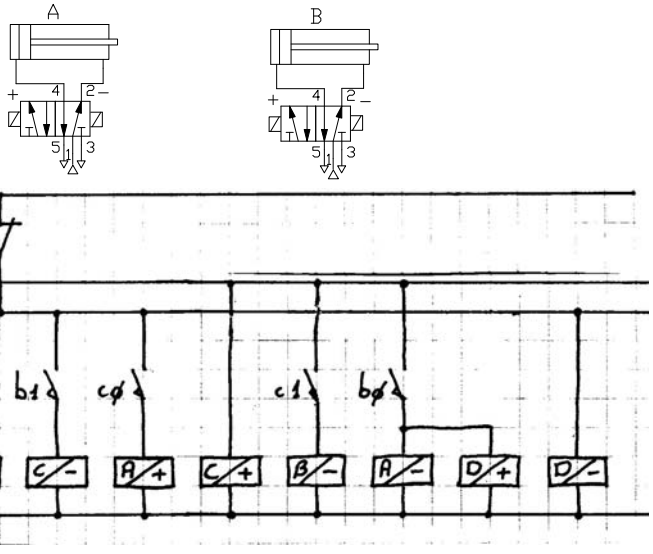
Equazioni definitive

$$II \times PM \times d0 = B+$$
$$II \times b1 = C-$$
$$II \times c0 = A+$$
$$a1 = I(P_1)$$
$$I = C+$$
$$I \times c1 = B-$$
$$I \times b0 = A-; D+$$
$$a0 \times d1 = II(P_2)$$
$$II = D-$$

L'equazione generica per l'unica autoritenuta necessaria per pilotare le due linee di cascata è: $[(P_1)+1x] \times \overline{P_2} = X$. Per pilotare le due linee linee di cascata si impiegano un contatto **NA** (equazione $X = I$) e uno NC (equazione $\overline{X} = II$). Le ultime due equazioni ci dicono che quando il relé **X** è eccitato, è in tensione la linea **I**, quando il relé **X** è diseccitato, è in tensione la linea **II**.

Se le valvole sono bistabili, il diagramma funzionale corrisponderà perfettamente alle equazioni di moto definitive, ricavate dal diagramma circolare (a lato).

Diagramma funzionale per valvole bistabili



Equazione della cascata

$$(a1+1x) \times (\overline{a0 \times d1}) = X$$

Poiché l'espressione $\overline{a0 \times d1}$ non ha corrispettivo circuitale si ricorre al teorema di De Morgan che ci da: $\overline{a0 \times d1}$ uguale a: $\overline{a0} + \overline{d1}$. L'equazione diviene:

$$(a1+1x) \times (\overline{a0} + \overline{d1}) = X$$

STESSO PROBLEMA - SOLUZIONE PER VALVOLE MONOSTABILI

La gestione con il sitema della cascata di impianti dotati di valvole monostabili non è propriamente semplice. Vediamo cosa accade in questo specifico caso. Per prima cosa va definito quali sono le bobine esistenti. La regola generale dice che le bobine devono essere diseccitate a impianto fermo. La regola per applicare praticamente tale dichiarazione dice che l'unica bobina esistente in una data valvola monostabile è quella che consente il primo movimento indicato nella sequenza. In questo caso, dunque, le bobine esistenti sono**: A+; B+; C-; D+**. I movimenti **A-, B-, C+** e **D-** sono comandati dalle molle (quando cessano i segnali di pilotaggio); sono le molle che tengono gli steli dei cilindri in posizione di inizio ciclo.

NOTA: Il segnale necessario a pilotare una valvola monostabile è continuo. Per ottenere segnali continui si rende necessario l'uso di autoritenute. ➢ Tutte le bobine richiedono autoritenute per il loro pilotaggio? No.

➢ Talvolta il normale impianto "a cascata" ci da un segnali continui della lunghezza necessaria al pilotaggio. Occorre pertanto analizzare caso per caso quale durata debbano avere i segnali di pilotaggio necessari e se l'impianto a cascata soddisfi di per sé tali necessità.

➢ Nel diagramma funzionale in esame, si nota che la bobina di **A+** ha necessità di restare eccitata per **3 fasi** (3à, 4° e 5°), poste a cavallo del cambio di linea. Si noti ancora cone l'impianto qui sopra ci dica che l'eccitazione di **A+** è resa istantanea dal pulsante **PM** (segnale impulsivo); necessita pertanto di autoritenuta

➢ La bobina **B+** è eccitata per 2 fasi, a cavallo del cambio di linea; necessita anch'essa di una autoritenuta.

➢ La bobina **C-** richiede un'eccitazione di due fasi, che tuttavia cadono entro la stessa linea di cascata; questo fa sì che non sia necessaria autoritenuta**:** la cascata stessa fornisce il necessario tempo di eccitazione (segnale continuo).

➢ La bobina **D+** richiede un'eccitazione di una sola fase; anch'essa non necessita di autoritenuta.

L'equazione per un'autoritenuta generica è**:** $(A+1r)\times\overline{S}=R$ (cui si aggiunge l'equazione $R=B$ per il pilotaggio della bobina). Nelle equazioni, **A** indica la condizione di "accensione", **S** quella di "spegnimento", **R** indica il relé, **B** la bobina; **1r** indica il contatto di autoritenuta del relé.

Si possono scrivere le equazioni di autoritenura per le bobine **A+** e **B+** partendo dalle equazioni defintive**:**

► **A+:** torniamo alle equazioni di moto definitive $II\times c0=A+$ (cond. **A**) $I\times b0=A-$ (cond. **S**)

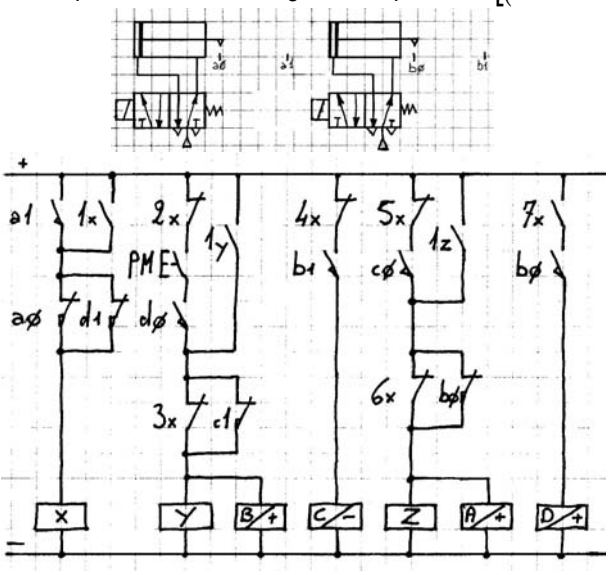
Da cui (usando l'equazione generica dell'autoritenuta)**:** $\left[(II\times c0)+1z\right]\times\left(\overline{I\times b0}\right)=Z$ e $Z=A+$.

➢ Si noti che la dicitura **linea I** corrispinde a un contatto **NA** di **X**, mentre **linea II** corrispinde a un contatto **NC** ($\overline{X}$);

➢ si ricordi che l'espressione $\overline{I\times b0}$ non ha corrispettivo circuitale; cui va' "semplificata" ricorrendo al teorema di De Morgan (algebra booleana), che ci da l'uguaglianza $\overline{I\times b0}=\overline{I}+\overline{b0}$; le equazioni pertanto possono diventare**:** $\left[\left(\overline{5x}\times c0\right)+1z\right]\times\left(\overline{6x}+b0\right)=Z$ e $Z=A+$

► **B+:** torniamo alle equazioni di moto $II\times PM\times d0=B+$ (cond. **A**) $I\times c1=B-$ (cond. **S**)

Da cui $\left[(II\times PM\times d0)+1Y\right]\times\left(\overline{I\times c1}\right)=Y$ $Y=B+$; utilizzando gli stessi criteri usati per la bobina precedente, si ottengono le equazioni**:** $\left[\left(\overline{2x}\times PM\times d0\right)+1Y\right]\times\left(\overline{3x}+\overline{c1}\right)=Y$ e $Y=B+$



► **C-:** torniamo alle equazioni di moto**:** $II\times b1=C-$; questa viene "trasformata in: $\overline{4x}\times b1=C-$

► **D+:** torniamo ancora alle equazioni di moto**:** $I\times b0=D+$ viene "trasformata in: $7x\times b0=D+$

NOTE: 1) Nel diagramma funzionale qui a lato si nota che l'autoritenuta di comando delle linee è rimasta la stessa del caso a valvole bistabili. **2)** Se si intende far funzionare l'impianto in automatico si deve aggiungere una autoritenuta dedicata; un contatto del relé di automatico verrà posto **in parallelo a PM** (solo a **PM** si badi**!**). **3)** Si noti come una pressione prolungata su **PM** non provoca effetti particolari in nessuno dei due impianti; al massimo si avrebbe una eccitazione prolungata di **B+** (valvole bistabili), ma nessun problema alla sequenza.

ALTRO PROBLEMA CON 2 LINEE DI CASCATA

Sequenza del ciclo: A+/B-;C-/C+/B+;A-/D+/D- Prescrizioni: soluzione in cascata

La sequenza presenta evidentemente dei segnali bloccanti; si prova quindi la soluzione in cascata, come richiesto dal testo. Si inizia suddividendo la sequenza in gruppi; ne risulta: A+/B-;C-//C+/B+;A-/D+//D-

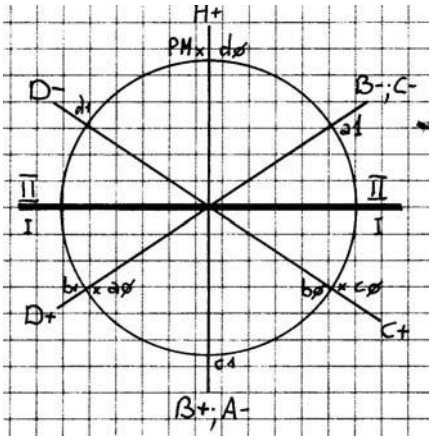
II I II

La sequenza è solo apparentemente dicisa in 3; il diagramma circolare ci mostra che essa è divisa in 2 gruppi (**I** e **II**); pertanto è richiesto un solo relé di cascata (**n-1**). Evitando di disegnare il diagramma di moto, ricaviamo direttamente dalla sequenza le equazioni di moto e con queste disegniamo il diagramma circolare; infine da questo "estraiamo" le equazioni definitive.

- Si ricordi che a maccina ferma **deve** essere in tensione l'ultima linea (in questo caso la linea **II**); il **punto di fine/inizio** ciclo è posto **immediatamente dopo l'ultima fase**. **Se questa condizione non viene rispettata, gli schemi che ci mostrano come costruire la cascata a 2, 3 o più line NON SONO PIÙ VALIDI!**

Equazioni di moto

$$PM \times d0 = A+$$
$$a1 = B-;C-$$
$$b0 \times c0 = C+$$
$$c1 = B+;A-$$
$$a0 \times b1 = D+$$
$$d1 = D-$$



Equazioni di moto definitive

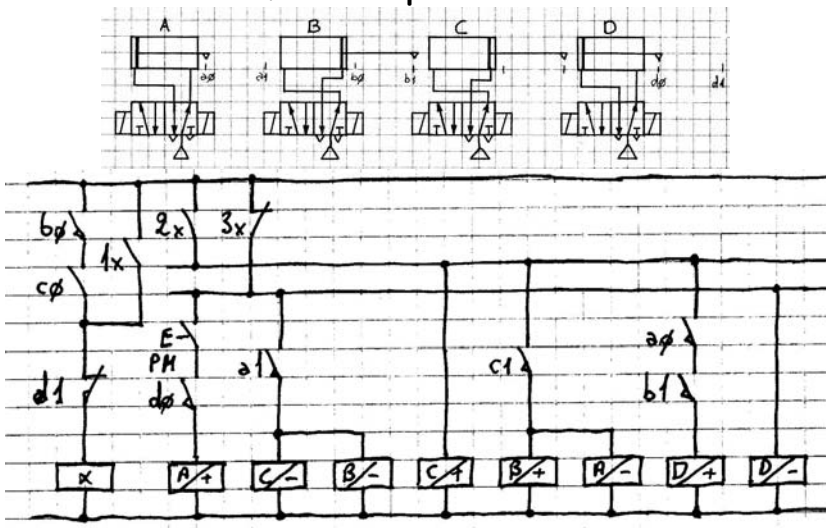
$$II \times PM \times d0 = A+$$
$$II \times a1 = B-;C-$$
$$b0 \times c0 = I(P_1)$$
$$I = C+$$
$$I \times c1 = B+;A-$$
$$I \times a0 \times b1 = D+$$
$$d1 = I(P_2)$$
$$I = D-$$

L'equazione generica per l'unica autoritenuta destinata a pilotare le due linee di cascata è:

$$[(P_1)+1x] \times \overline{P_2} = X \qquad X = I \qquad \overline{X} = II$$

NOTA: La parte di problema svolta fin qui vale sia per valvole bistabili che monostabili!

Schema funzionaleper valvole bistabili



Le ultime due equazioni ($X = I$ e $\overline{X} = II$) ci dicono che quando il relé **X** è eccitato, è in tensione la linea **I**, quando il relé **X** è diseccitato, è in tensione la linea **II**.

Nel caso specifico l'equazione corretta per il pilotaggio delle linee è: $[(bo \times c0)+1x] \times \overline{d1} = X$. Ne risulta lo schema funzionale a lato.

NOTA: l'eccitazione della bobina **A+** è istantanea; la causa sta nel pulsante **PM**, che da un segnale istantaneo; tutte le altre bobine hanno eccitazioni della durata di una o più fasi (**C-** e **B-,** 1 fase,. **C+,** 3 fasi, **B+** e **A-,** 2 fasi, **D+,** 1 fase, **D-,** 3 fasi). Trattandosi di valvole bistabili, basterebbero segnali istantanei. La cascata ci da invece segnali più lunghi, "sovrabondanti" quindi, ma perfettamente utili allo scopo.

NOTA BENE: Il fatto che **PM** non compaia sul ramo di governo della cascata (autoritenuta), ma su quello di pilotaggio di **A+** non è "strano"**:** risponde esattamente a quanto scritto nelle equazioni**!** Sono queste a "comandare".

Soluzione per valvole monostabili

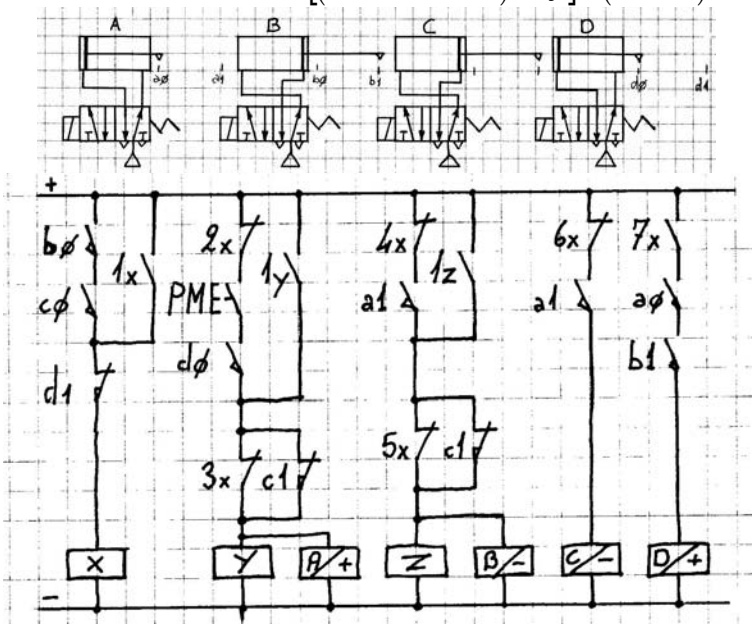
Se ogni valvola ha una sola bobina e nessuna di esse deve essere eccitata a macchina ferma; le bobine esistenti sono perciò quelle che producono il primo movimento di ciascun cilindro**: A+, B-, C-, D+**. Si può dire anche che sono le molle a tenere gli steli dei cilindri in posizione di inizio ciclo (quella necessaria, non importa se dentro o fuori).

- Dalla sequenza si ricava che le bobine **C-** e **D+** hanno un'eccitazione della durata di una sola fase, pertanto non necessitano di autoritenuta.
- Poiché **A+** ha un'eccitazione istantanea (causa **PM**), necessita di autoritenuta perché la cascata non fornisce la necessaria eccitazione di tre fasi.
- La bobina **B-** è eccitata per 2 fasi, ma a cavallo delle due linee; anch'essa necessita di autoritenuta.

► **A+**: torniamo alle equazioni di moto $PM \times d0 = A+$ (cond. ***A***) $I \times c1 = A-$ (cond. **S**)

Da cui l'equazione $\left[(II \times PM \times d0)+1y\right]\times\left(\overline{I \times c1}\right)=Y$ e $Y = A+$; semplificando, la linea **II** corrispinde a un contatto **NC** di **X** ($\overline{X}$); poiché l'espressione $\overline{I \times c1}$ non ha corrispettivo circuitale, va "semplicicata" utilizzando il teorema De Morgan; diventa cos^ $\overline{I} + \overline{c1}$; l'equazione diventa**:**

$$\left[\left(\overline{2x} \times PM \times d0\right)+1y\right]\times\left(\overline{3x}+\overline{c1}\right)=Y \quad \text{e} \quad Y = A+$$



► **B+**: torniamo alle equazioni di moto $II \times a1 = B+$ (cond. ***A***) $I \times c1 = B-$ (cond. **S**)

Da cui $\left[(II \times a1)+1z\right]\times\left(\overline{I \times c1}\right)=Z$ e $Z = B+$; utilizzando gli stessi criteri previsti per il pilotaggio della bobina precedente, si ottiene**:** $\left[\left(\overline{4x} \times a1\right)+1z\right]\times\left(\overline{5x}+\overline{c1}\right)=Z$ e $Z = B+$

► **C-**: torniamo alle equazioni di moto $II \times a1 = C-$; anche questa viene "trasformata in**:** $\overline{6x} \times a1 = C-$ (si ricordi che per **C-** non serve autoritenuta).

► **D+**: torniamo ancora alle equazioni di moto $I \times a0 \times b1 = D+$; anche questa viene "trasformata in**:** $7x \times a0 \times b1 = D+$. (Anche che per **D+** non serve autoritenuta).

- Poiché l'equazione di governo della cascata è ancora quella del caso precedente, abbiamo tutte le equazioni necessariea realizzare lo schema funzionale. Ne risulta lo schema funzionale a lato**:**

ESEMPIO DI CASCATA CON 3 LINEE

PROBLEMA: Si realizzi l'impianto elettropneumatico per realizzare la sequenza:
A-/B+/B-/C-/C+/A+ (cilindri DE e valvole bistabili)

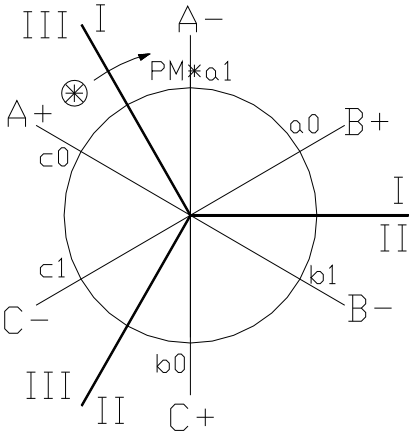
Saltiamo il diagramma di moto, scrivendo direttamente le equazioni di moto prime (diamo per acquisito il procedimento relativo alla determinazione delle equazioni). Alcune considerazioni**:**

- si ricordi che, in presenza di segnali bloccanti, le equazioni prime servono solo per realizzare il diagramma circolare.
- Dai problemi già risolti si può notare che si può risolvere un problema utilizzando il sistema della cascata **senza** sapere quali siano i segnali bloccanti**!** Si conduce l'analisi dei segnali solo se necessario.
- L'eventuale analisi dei segnali ci confermerà che **i componenti che danno i segnali bloccanti sono alimentati dalle linee di cascata**, mentre l'alimentazione principale alimenta invece i componenti che emettono segnali non bloccanti, che vengono utilizzati per cambiare le linee.
- Infine, lo schema funzionale elettropneumatico è sempre la rappresentazione grafica diretta delle equazioni di moto, in questo caso di quelle definitive, ricavate dal diagramma circolare.

Equazioni di moto PRIME

(ricavate dal diagramma di moto):
PM*a1=A-
A=B+
b1=B-
b0=C-
c0=C+
c1=A+

Diagramma circolare



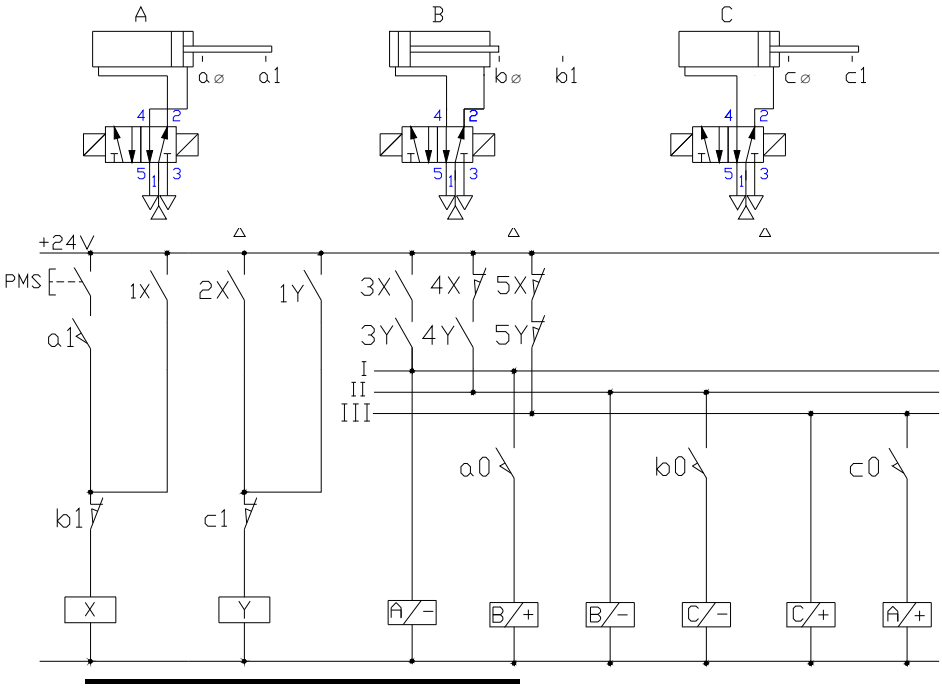
Equazioni di moto DEFINITIVE (ricavate dal diagramma circolare):

PM*a1 = I
I = A-
I*a0 = B+
b1 = II
II = B-
II*b0 = C-
C0 = III
III = C+
III*c1 = A+

Schema funzionale elettropneumatico

Esempio di cascata con 3 linee

Si prega di osservare come vi sia <u>perfetta corrispondenza</u> tra le equazioni definitive e lo schema funzionale dell'impianto!



Stesso problema - Soluzione per valvole monostabili

La gestione con il sistema della cascata di impianti dotati di valvole monostabili non è propriamente semplice. Vediamo cosa accade in questo specifico caso [sequenza **A-/B+/B-/C-/C+/A+**].

► **Le bobine delle valvole debbono essere diseccitate a impianto fermo.**

➢ Poniamo che tutte le valvole dell'impianto siano monostabili. L'impianto ha tre cilindri, che necessitano di tre valvole di potenza; se queste sono monostabili, vi sono solo tre bobine di comando (ogni valvola ha una sola bobina). Se i cilindri sono tenuti in posizione iniziale dalla molla (come da norma), le bobine esistenti sono**: A-**, **B+**, **C+** (quelle che producono il primo movimento di ciascun cilindro). Solo queste dovranno dunque figurare nell'impianto.

➢ È ovvio che l'attuazione dei movimenti (azioni) **A+**, **B-** e **C-** è affidata all'azione delle molle, che intervengono ogni volta che sull'altro lato della valvola manca il segnale di pilotaggio.

► Individuate le bobine esistenti, occorre definire il tempo di eccitazione.

- L'eccitazione della bobina **A-** inizia a inizio ciclo e dura per le prime **cinque fasi**.
- L'eccitazione della bobina **B+** inizia alla seconda fase e dura **una sola fase**.
- L'eccitazione della bobina **C-** inizia alla quarta fase e dura **una sola fase**.

➢ Quando **NON** è necessario ricorrere ad un'autoritenuta? quando: **a)** l'eccitazione della bobina dura una sola fase; **b)** quando l'eccitazione della bobina è contenuta all'interno della stessa linea (o gruppo). Nel nostro caso, il pilotaggio delle bobine **B+** e **C-**, la cui eccitazione dura una sola fase, **non richiede**

un'autoritenuta. Il corretto pilotaggio della bobina **A-** (che resta eccitata per 5 fasi [2 mentre è in tensione la linea **I** e 3 mentre è in tensione la linea **II**]), richiede, invece, un'autoritenuta.

► **Equazione generica dell'autoritenuta:** $(A+1r)\times\overline{S}=R$, ove ***A*** è la condizione di accensione (eccitazione) e ***S*** è la condizione di spegnimento (dissecitazione), ***R*** è il relé ed ***1r*** è il contatto di autoritenuta del relé.

- La condizione di eccitazione (**A**) è data dall'equazione che ha come risultato **A-** $(I=A-)$.
- La condizione di diseccitazione (***S***) è data dall'equazione che ha come risultato ***A+*** $(III\times c1=A+)$.

Poiché**:** $A+=\overline{A-}$, quando il segnale continuo di **A-** cessa, la molla provoca la fuoriuscita dello stelo (**A+**). Le equazioni per pilotare l'autoritenuta per la bobina **A-** (retta dal relé **Z**) è dunque**:**

$$(I+1z)\times\overline{III\times c1}=Z \qquad \text{e} \qquad Z=A-.$$

ATTENZIONE! *RISCHIO ELETTRICO:* l'autoritenuta della bobina ***A-*** deve essere costruita in modo da essere del tutto indipendente dalle linee di cascata!

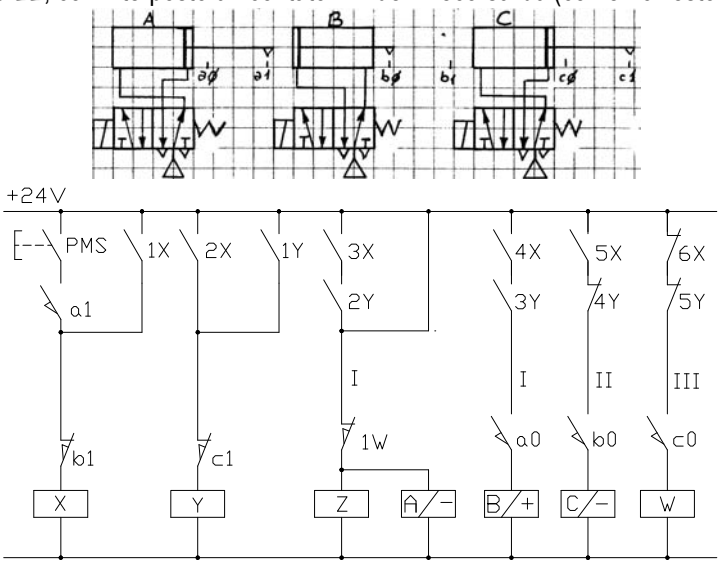
Se **l'eccitazione dell'autoritenuta** fosse legata alla linea **I**, si provocherebbe il **settaggio** dell'autoritenuta ogni volta che la linea **I** va in tensione (e questo è comunque il problema minore**!**).

L'autoritenuta di **A-** deve restare settata al cambio di linea; perché ciò accada, è ovviamento necessario che **il contatto di autoritenuta** (comandato dal relé) **sia collegato alla linea di alimentazione principale e non alle linee di cascata**. ➢ Se il ramo è collegato alla linea **I**, il contatto di autoritenuta del relé porta corrente anche alla linea **I**, quando, invece, questa linea non dovrebbe essere in tensione; **questo (ovviamente) vanificherebbe il funzionamento della cascata**, causando inoltre rischi e/o danni elettrici (corto circuito? Verificare!).

La condizione di diseccitazione appare "complessa", essendo data da $\overline{III\times c1}$. Una soluzione (semplice e semplificatoria) consiste nello "appendere" alla linea **III** un altro relé (chiamato, ad esempio, **W**); un contatto **NC** del relé **W**, che, "riportando" su un altro ramo la condizione $\overline{III\times c1}$, può fungere da condizione di diseccitazione per l'autoritenuta indipendente della bobina **A-**, che potrà così funzionare correttamente (vedi figura).

Analizziamo la situazione delle valvole dei cilindri **B** (**VB**) e **C** (**VC**). Ognuna delle linee della cascata fornisce tensione continua nell'arco di due fasi (la linea **I** per la 1° e 2° fase, la **II** per la 3° e la 4° fase, la **III** per la 5° e 6° fase). Quando cessa la 2° fase (**B+**) c'è cambio di linea, come pure quando cessa la fase (**C-**).

"Appendendo" la bobina **B+** alla linea **I**, con interposto un contatto **NA** del finecorsa **a0**, e la bobina **C-** alla linea **II**, con interposto un contato **NA** del finecorsa **b0** (come richiesto dalle equazioni), si avrà un corretto pilotaggio



delle due bobine, ognuna delle quali riceverà un segnale continuo della durata di una sola fase (come richiesto dalle equazioni). Si conferma così che, benché le valvole **VB** e **VC** siano monostabili, non è necessario utilizzare autoritenute per pilotarle.

È evidente l'eleganza della soluzione complessiva, ma anche la sua (relativa) complessità progettuale.

Si noti che la relativa semplicità di questo impianto lo rende apparentemente più semplice di quello per valvole bistabili.

Attenzione! Manca il contatto di autoritenuta nel ramo del relé **Z** (**1z**).

NOTA: Si veda come il ramo dell'autoritenuta del relé **Z** (**A-**) debba necessariamente essere distinto da quello di **B+** (l'autoritenuta prende corrente dalla linea **I** in modo del tutto indipendente); in caso contrario l'autoritenuta che pilota **A-** terrebbe eccitata la bobina **B+** perb 5 fasi, fino allo spegnimento dell'autoritenuta stessa, invece che per una fase sola, come richiesto dalla sequenza del ciclo.

ESEMPIO DI CASCATA CON 2 LINEE

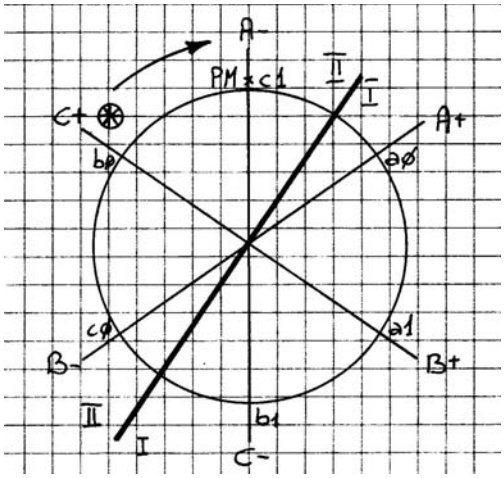
Anche in questo caso andiamo direttamente alle equazioni di moto prime. Con esse disegnamo il diagramma circolare, da cui ricaviamo le equazioni definitive.

Sequenza

A-/A+/B+/C-/B-/C+

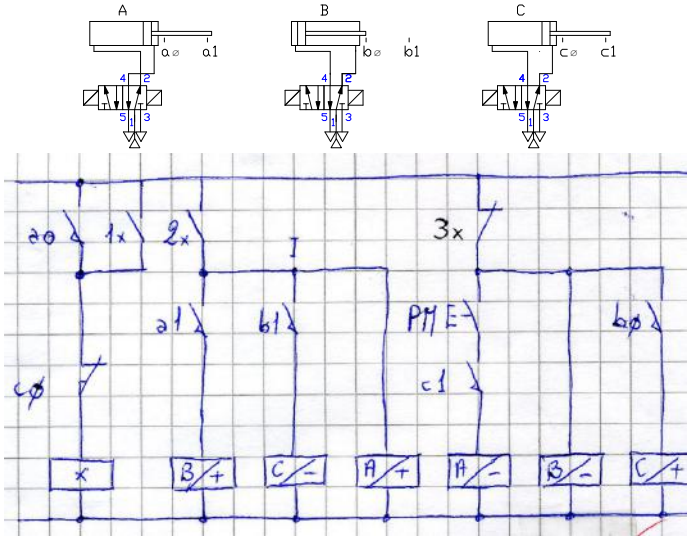
Equazioni prime

PM*c1=A-
a0=A+
a1=B+
b1=C-
c0=B-
b0=C+



Equazioni definitive

II*PM*c1=A-
a0=I (P1)
I=A+
I*a1=B+
I*b1=C-
c0=II (P2)
II=B-
II*b0=C+



Lo schema funzionale qui a lato mostra già l'impianto come verrà presentato all'elettricista. Si noti che l'eccitazione di **A-** (linea II)è istantanea**:** dura quanto lo azionamento del pulsante **PM**.

Dovremo tenere presente questa considerazione (azionamento impulsivo) quando dovremmo utilizzare valvole monostabili.

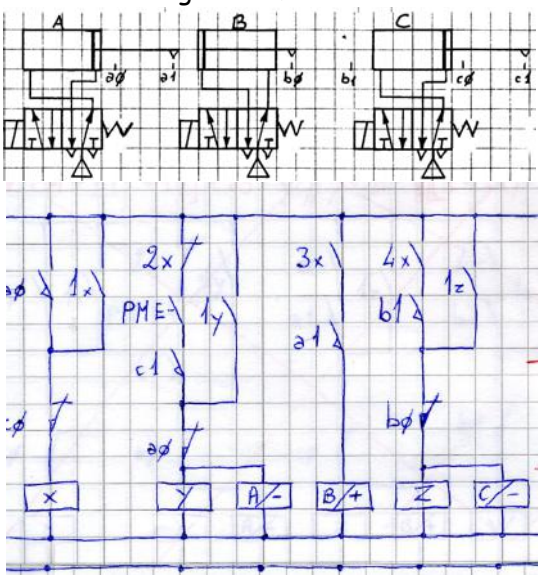
⇨ Stesso problema

Valvole monostabili

Considerazioni: le valvole sono tutte monostabili; le bobine, come di norma, sono diseccitate a macchina ferma; pertanto le bobine esistenti sono**: A-, B+, C-**

- **A-** (bobina eccitata per 1 fase); la sua eccitazione è istantanea (dura quanto dura l'azionamento di **PM**); è necessario impiegare un'autoritenuta.
- **B+** (bobina eccitata per 2 fasi); resta eccitata solo entro la line I e si diseccita al cambio di linea; niente autoritenuta.
- **C-**(bobina eccitata per 2 fasi); resta eccitata una fase entro la line I ed una fase nella linea II; impiegare autoritenuta.
- **NOTA IMPORTANTE**: Il pilotaggio delle linee è indipendente dal tipo di valvole in uso.
- L'equazione dell'autoritenuta di **A-** è: (accensione $II \times PM \times c1 = A-$, spegnimento $a0$, [oppure I]) $\left[(II \times PM \times c1)+1y\right]\times \overline{a0} = Y \qquad Y = A-.$
- L'equazione di **B+** è ancora la stessa: $I \times a1 = B+.$
- L'equazione di **C-** è: (accensione $I \times b1$, spegnimento $b0$): $\left[(I \times b1)+1z\right]\times \overline{b0} = Z \qquad Z = C-$

Diagrammi funzionali



Si osservi come anche in questo caso vi è piena corrispondenza tra diagramma funzionale ed equazioni definitive, sia nel caso di valvole mono che bistanili.

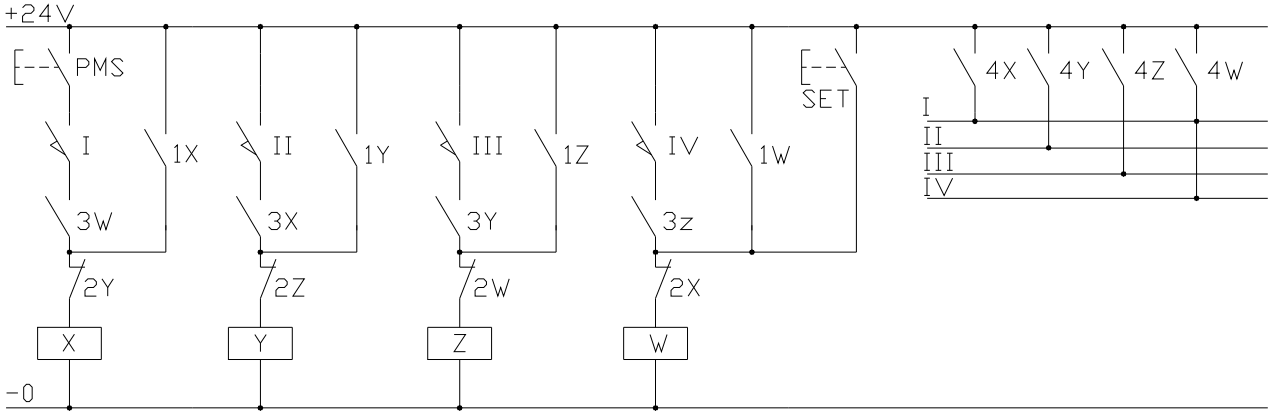
TECNICA DEL SEQUENZIATORE

Per l'eliminazione dei segnali, bloccanti si può certamente ricorrere alla tecnica della cascata, che permette, come abbiamo visto, di risolvere problemi anche piuttosto complessi, tuttavia la progettazione degli impianti in cascata presenta una notevole complessità e delicatezza. Anche in elettropneumatica è possibile applicare la tecnica del **sequenziatore** (in questo caso **elettromeccanico**); anche con questa tecnica non è necessario individuare i segnali bloccanti; consente inoltre, rispetto alla cascata, una molto maggiore semplicità di progetto perché l'apparato è costituito da "moduli", basati su relé ed autoritenute, tutti pressoché uguali**.** Si riporta di seguito un sequenziatore per il pilotaggio di quattro fasi. Nello schema sotto riportato si nota che**:**

- **a)** è necessario impiegare un relé per ciascuna fase, ognuno associato ad almeno 4 contatti (3 **NA** ed 1 **NC**);
- **b)** ogni relé fa parte di un'autoritenuta [memoria (o modulo) di fase, che resta eccitata per l'intera fase cui è correlata];
- **c)** ogni modulo disattiva il precedente,
- **d)** ogni modulo prepara l'attivazione del (presetta il) seguente
- **e)** ogni modulo comanda una linea di alimentazione degli attuatori correlati a quella fase;
- **f)** l'ultimo relé [che presetta il modulo di prima fase (la catena dei moduli di fase è chiusa)] deve venire attivato manualmente all'accensione.

IMPORTANTE: All'accensione dell'impianto tutti i relé sono diseccitati. Poiché ogni relé prepara l'attivazione del precedente, l'impianto non è pronto a entrare in funzione**!** Utilizzando il sequenziatore, ci deve essere continuità tra l'ultimo ed il primo modulo del ciclo, o il sequenziatore non potrà essere funzionare (la catena dei relé del sequenziatore deve essere chiusa**!**). Quando si da corrente all'impianto, l'ultimo relé deve essere eccitato perché il primo sia abilitato; infatti è un contatto dell'ultimo relè (**2y** nell'impianto sotto riportato) che presetta il primo modulo e permette all'impianto di partire. Quando si da corrente all'impianto l'ultimo modulo è spento (relè **W**) e si deve provvedere **manualmente** alla sua attivazione attraverso un pulsante di settaggio del sequenziatore (**SET**).

Esempio di sequenziatore a 4 moduli di fase, con le linee di alimentazione degli attuatori



ATTENZIONE! Può accadere di confondere questo schema con una cascata! La differenza è invece essenziale! La logica progettuale e di funzionamento è del tutto diversa! Non ci sono linee, ma moduli molto simili.

SEQUENZIATORE ELLETTRICO - ESEMPIO APPLICATIVO N°1

Prendiamo come esempio la sequenza dell'ultimo problema in cascata proposto**:**

Sequenza del ciclo: A-/B+/B-/C-/C+/A+

Essendoci sei fasi, il sequenziatore elettropneumatico avrà sei moduli; ognuno di essi sarà presettato dal precedente e settato dalla condizione indicata nell'equazione. Ognuno di essi sarà e resettato dall'attivazione del modulo successivo. Per poter mettere in funzione il sequenziatore, l'ultimo modulo deve essere settato manualmente usando un apposito pulsante (**SET**).

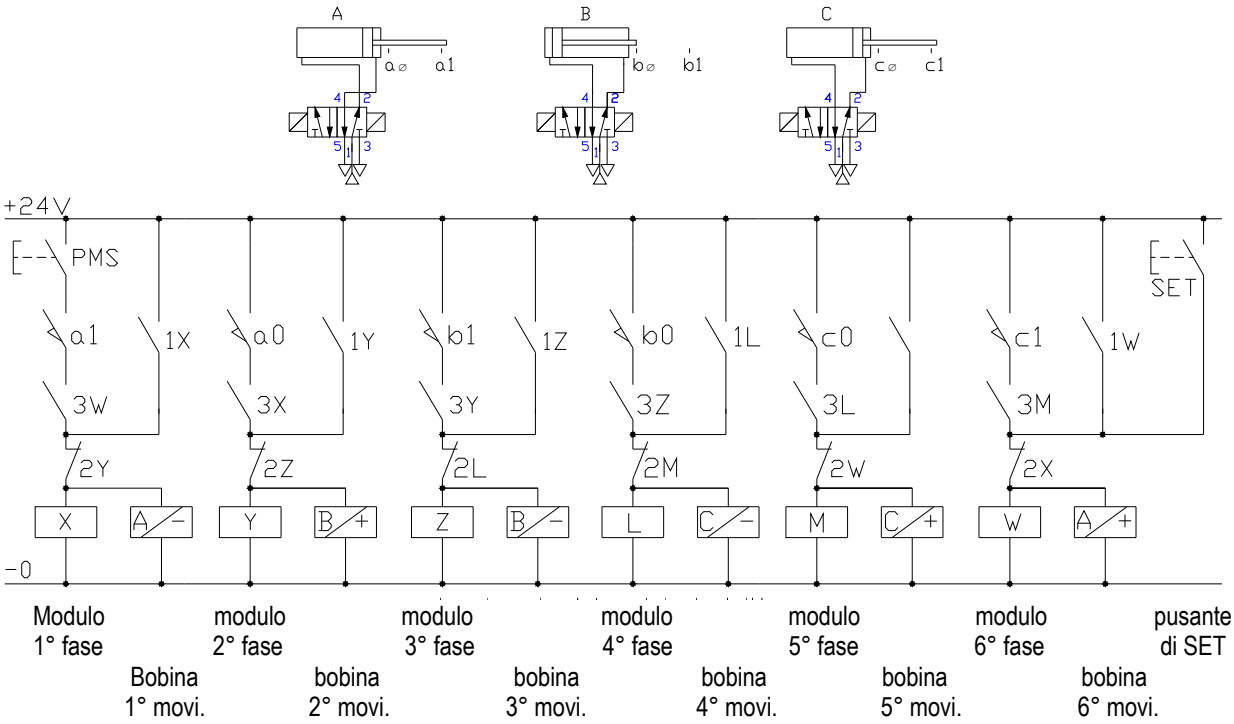
Equazioni di moto:

PM*a1=A-
A=B+
b1=B-
b0=C-
c0=C+
c1=A+

► SOLUZIONE PER VALVOLE BISTABILI: Se le valvole sono tutte bistabili, la soluzione è quanto mai "semplice"**:** ogni modulo è costituito da un'autoritenuta che "comanda" una fase. Nel nostro caso, ogni modulo di fase genera un solo movimento; quindi ogni modulo può comandare direttamente la bobina corrispondente alla fase prevista.

NOTA: Si ricordi che le bobine delle valvole bistabili necessitano di un segnale istantaneo; i moduli forniscono un segnale continuo della durata di una fase, quindi "sovrabbondante" rispetto alle necessità, ma comunque capace di pilotare correttamente una valvola bistabile (si ricordi che un segnale della durata di una fase non è mai bloccante).

Ciclo A-/B+/B-/C-/C+/A+ - Valvole tutte bistabili - Soluzione a sequenziatore



► Si noti come nello schema i diversi moduli risultino complessivamente semplici, trattandosi di autoritenute; le relative condizioni di eccitazione e diseccitazione risultano ricavabili dalle equazioni di funzionamento.

► Si noti anche come i moduli siano generalmente simili tra loro, semplificando fortemente la progettazione.

► La disposizione delle bobine in parallelo ai relé dei moduli di fase è esattamente corrispondente (dal punto di vista funzionale) all'utilizzo di linee di alimentazione di fase (come previsto all'inizio), ma presenta il vantaggio di consentire il "risparmio" di un contatto per ciascun relé, cosa talvolta auspicabile per facilitare il cablaggio dell'impianto.

► VALVOLE MONOSTABILI: Se le valvole sono tutte monostabili, la soluzione del problema si complica.

Teoricamente occorrebbe far pilotare le bobine delle tre valvole monostabili da altrettante autoritenute. In realtà ciò non è sempre necessario, come si vedrà per lo specifico problema proposto qui sopra.

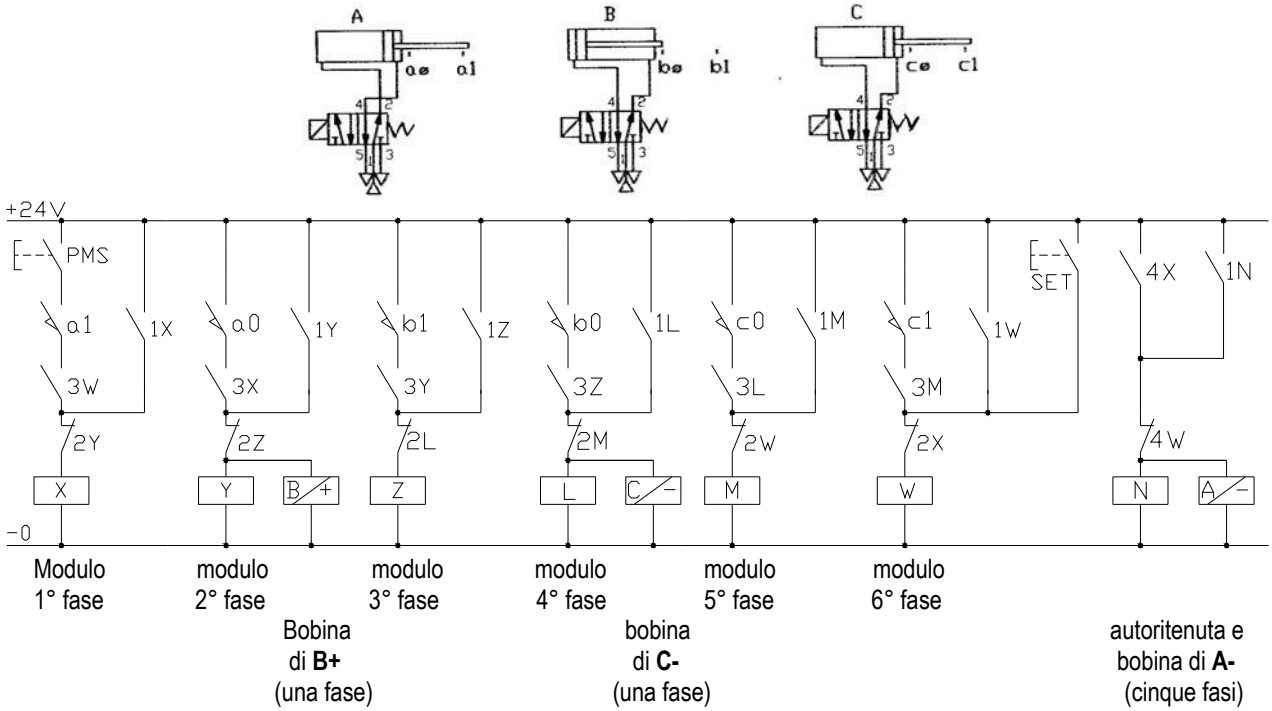
► Problema precedente, schema di saluzione per valvole monostabili:

Regola base: **Le bobine devono essere tutte diseccitate a macchina ferma** (ciò significa che deve essere l'azione delle molle a tenere gli steli in posizione iniziale [stelo di **A** e di **C** fuori, stelo di **B** dentro]**)**.

- Dalla affermazione qui sopra deriva, come diretta conseguenza, che le bobine effettivamente presenti sono quelle corrispondenti al **primo movimento** di ciascun cilindro, ovvero **A-**, **B+** e **C-**.
- Per determinare quante sono le autoritenute effettivamente necessarie, **occorre determinare se le bobine ricevono già dal sequenziatore segnali di una lunghezza valida ai nostri scopi**; ciò significa che per prima cosa occorre determinare per quanto tempo (fasi) queste bobine restano eccitate;
- **A-** resta eccitata per le prime **5 fasi** (dalla **1°** alla **5°**)
- **B+** resta eccitata per l**a sola 2ª fase**,
- **C-** resta eccitata **una sola fase**, la **4ª**.
- Poiché, per definizione, ogni modulo del sequenziatore fornisce un segnale continuo della durata di una fase, le bobine **B+** e **C-** (eccitate per 1 sola fase) non necessitano di autoritenuta. Il segnale continuo fornita dal sequenziatore è sufficiente al corretto pilotaggio delle valvole monostabili dei cilindri **B** e **C**.
- Solo la bobina **A-** (che resta eccitata per 5 fasi) necessita di un'autoritenuta. Questa bobina si eccita all'inizio della prima fase e si diseccita all'inizio della sesta fase (durata del segnale 5 fasi). La soluzione più logica è che l'eccitazione del relé di autoritenuta sia comandata da un contatto **NA** del relé di **1ª** fase, mentre la

diseccitazione sia comandata da un contatto **NC** del relé di **6ª** fase (durata effettiva del segnale 5 fasi, come richiesto).

Ciclo A-/B+/B-/C-/C+/A+ - Valvole tutte monostabili - Soluzione a sequenziatore



NOTA BENE: I movimenti **A+**, **B-** e **C+** sono "comandati" dalle molle delle valvole monostabili. L'azione delle molle è sempre presente; nel momento in cui vengono a mancare i segnali **A-**, **B+** e **C-**, diretti ai pilotaggi (bobine) delle valvole (i segnali elettrici **A-**, **B+** e **C-** comandano i movimenti iniziali degli steli dei cilindri), l'azione delle molle fa immediatamente ricommutare le valvole nella posizione iniziale (quella che hanno a inizio ciclo).

► Dal complesso delle considerazioni esposte qui sopra si ricava che**:**

- i moduli del sequenziatore segnano il "tempo" assegnato a ciascuna fase; i moduli restano sempre gli stessi, essendo indipendi dal tipo di valvola usata (mono o bistabile);
- se i moduli segnano il tempo di ciascuna fase; eliminare un modulo significa eliminare una fase;
- **IMPORTANTE:** ciò implica che un dato modulo deve essere presente anche se non comanda alcuna bobina**!** (vedi **3°**, **5°** e **6°** modulo dello schema sopra riportato).

ELIMINAZIONE DEI DIFETTI DEL SEQUENZIATORE

[ELIMINAZIONE DEL PULSANTE DI SET]

► L'obbligatoria presenza del pulsante di **SET** sull'ultimo modulo del sequenziatore crea un certo mumero di controindicazioni; in primo luogo la sua presenza complica la console di comando (e quindi anche il tempo ed il costo di cablaggio), in secondo luogo è necessario che l'operatore sappia esattamente quando azionarlo.

► L'ultimo modulo del sequenziatore resta acceso nei tempi di fermo della macchina; se il fermo si prolunga, il relé si scalda, talvolta fortemente; ciò ne riduce la vita e porta ad una manutenzione più frequente ed onerosa. Per tutte queste ragioni la sparizione del pulsante di **SET** sarebbe auspicabile**!**

► È possibile eliminarlo? ► Sì, modificando in maniera particolare il progetto dell'impianto (nella forma detta "a cancellazione prevalente").

L'eliminazione del pulsante di **SET** rende necessario prevedere**:**

- la modifica del 1° modulo (accensione con ultimo modulo spento);
- la modifica dell'ultimo modulo (spegnimento del modulo a fine ciclo);
- l'aggiunta di una "autoritenuta di inibizione del 1° modulo" (per impedire che l'operatore faccia partire un altro ciclo se quello precedente non è finito);
- I restanti moduli restano immutati, come immutato resta il comando delle bobine.

Per capire bene le implicazioni di quanto andiamo facendo, facciamo riferimento all'impianto qui sopra. Se eliminiamo semplicemente il pulsante di **SET**, l'impianto non parte; non essendo possibile eccitare manualmente

l'autoritenuta di ultima fase (relé **W**), non si chiude il contatto **3W** (posto sul 1° modulo di fase); ciò rende impossibile avviare l'impianto.

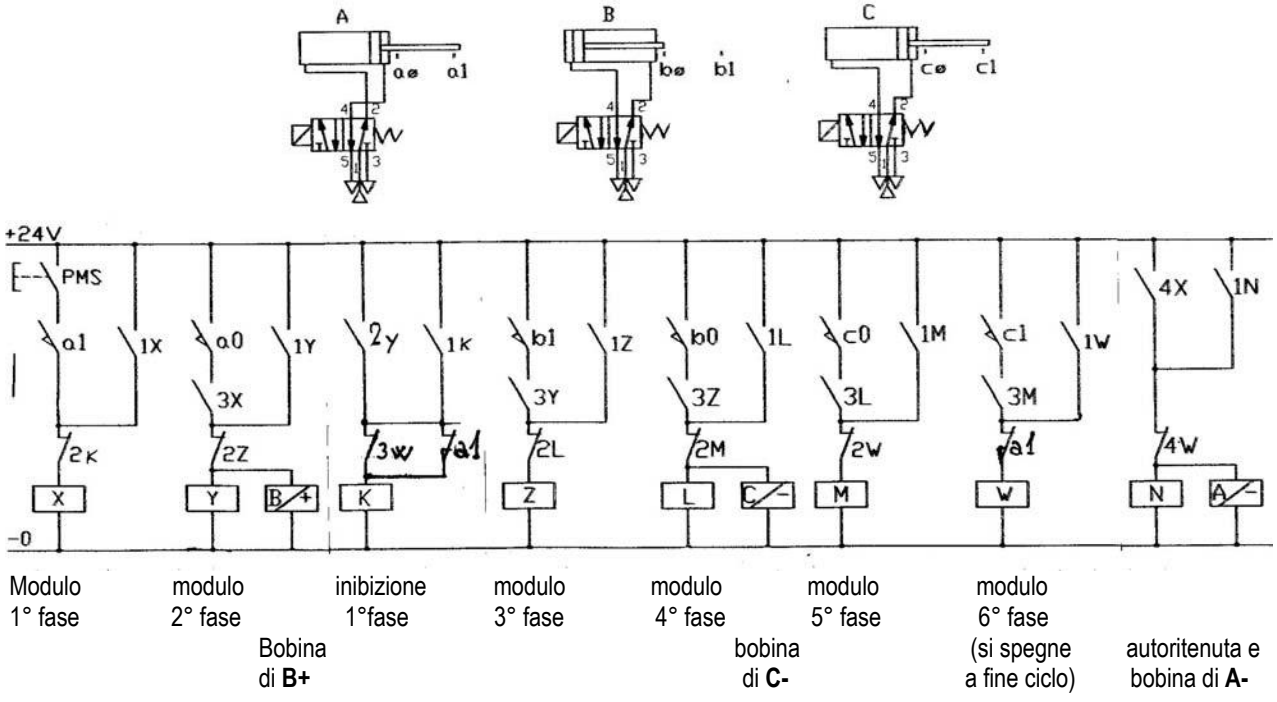
Eliminando il contatto **3W** del primo modulo, l'impianto si avvia regolarmente, ma si creano altri "piccoli problemi". A causa dell'eliminazione di **3W**, accade che**: 1)** l'operatore può far partire un altro ciclo prima che il ciclo in corso sia terminato (si presume per errore, ma potrebbe essere anche per gioco o per disattenzione); **2)** alla fine del ciclo, l'ultimo modulo rimane comunque acceso; è possibile spegnerlo solo avviando un nuovo ciclo [ma i relè e le bobine che restano eccitate a lungo si surriscaldano, talvolta fino a "bruciarsi", compromettendone comunque la "vita utile"].

► ***AUTORITENUTA AGGIUNTIVA*** Per eliminare il problema di "inopportune" ripartenze del ciclo, è necessario realizzare una "autoritenuta di inibizione del 1° modulo", una autoritenuta aggiuntiva che si ecciti all'inizio della 2° fase (nel nostro caso relé **Y**) e si disecciti a fine ciclo (ultimo modulo relé **W**, ultimo finecorsa **a1**). **[N.B.:** se questa autoritenuta si eccitasse durante la prima fase disturberebbe il ciclo, poiché provocherebbe lo spegnimento "intempestivo" del 1° modulo**]** Per realizzare questa autoritenuta è necessario aggiungere un relè (che chiameremo **K**). L'autoritenuta di inibizione della prima fase è governata dall'equazione**:** $(2y+1k)\times\overline{3w\times a1}=K$. Un contatto del relé **Y** (**2y**) ci da l'accensione all'inizio della seconda fase; un contato del relè **W** (**3w**) ci da lo spegnimento **all'inizio** dell'ultima fase (non corretto**!**); è il finecorsa **a1** che ci garantisce lo spegnimento alla **fine** dell'ultima fase **[**la scelta va letta in questo modo**:** da solo, il contatto **NC** del finecorsa **a1** è insufficiente**:** il finecorsa potrebbe venire azionato anche in qualche altro momento del ciclo (ad es. corse ripetute), oppure per errore o per malfunzionamento); mettendo il finecorsa **a1** in parallelo al contatto **NC** del relé **W** ci garantiamo che lo spegnimento dell'inibizione avvenga solo nell'ultima fase, ed al termine dell'ultima fase**]**.

► **NOTA:** Poiché non è esiste una trascrizione circuitale dell'espressione $\overline{3w\times a1}$ (non esiste un circuito che corrisponda a questa espressione matematica), è necessario ricorrere al **teorema di De Morgan** che ci da l'equivalenza**:** $\overline{3w\times a1}=\overline{3w}+\overline{a1}$, espressione che invece ha una sua trascrizione circuitale(due contatti normalmente chiusi posti in parallelo). L'equazione dell'autoritenuta dell'inibizione diviene**:** $(4y+1k)\times(\overline{3w}+\overline{a1})=K$.

► ***MODIFICA DEL 1° MODULO*** Tuttavia, questa autoritenuta produce effetti solp se è in qialche modo collegata al resto dell'impianto. Abbiamo detto che l'autoritenuta di inibizione deve spegnere e mantenere spento il modulo di 1° fase dall'inizio della 2° fase alla fine del ciclo. E' pertanto necessario sostituire il contatto di spegnimento del 1° modulo (**2y NC**) con un contatto dell'autoritenuta (**2k NC**). L'equazione del modulo di 1° fase diviene pertanto**:** $\left[(Pms\times a1)+1x\right]\times\overline{2k}=X$.

Ciclo A-/B+/B-/C-/C+/A+ Valvole tutte monostabili Soluzione a sequenziatore



Modulo 1° fase — modulo 2° fase — inibizione 1°fase — modulo 3° fase — modulo 4° fase — modulo 5° fase — modulo 6° fase (si spegne a fine ciclo)

Bobina di **B+** — bobina di **C-** — autoritenuta e bobina di **A-**

(eccitazione una fase)

(eccitazione una fase)

(eccitazione cinque fasi)

► **MODIFICA DELL'ULTIMO MODULO** Nella nuova configurazione, l'ultimo modulo non è più collegato al primo; pertanto può (o meglio deve) spegnersi a fine ciclo; il comando di spegnimento sarà dato dal finecorsa **a1** che segnala il completamento dell'ultimo movimento del ciclo (**A+**). L'equazione del 6° modulo pertanto diviene: $\left[(3m \times c1) + 1w\right] \times \overline{a1} = W$ Ne consegue l'impianto che compare qui sotto.

Una analisi accurata dello schema ci mostra che il funzionamento del sequenziatore modificato è parecchio cambiato (e migliorato!), rispetto alla "edizione" originale:

1. non è necessaria alcuna azione preliminare (azionamento di **SET**) per avviare l'impianto;
2. l'impianto si spegne completamente a fine ciclo (nessun relé e nessuna bobina resta eccitato/a per tempi non necessari [ovvero a impianto fermo]).

In questo modo si evitano problemi di cablaggio, di addestramento aggiuntivo dell'operatore e si diminuisce l'esposizione a malfunzionamenti e guasti dell'impianto.

ESEMPIO APPLICATIVO n°2:

TESTO: Ciclo: A-/B+;C-/D+/D-;A+/B-/C+ Valvole di A e di C monostabili, di B e di D bistabili, Cilindri D.E. Richiesta soluzione a sequenziatore elettrico. ----------

Funzionamento del sequenziatore:

1) Impiego di n°1 modulo per fase;
2) Il modulo precedente presetta il successivo (ovvero un modulo viene abilitato solo se il precedente è attivato prima di lui);
3) Ogni modulo si attiva solo se è presettato e se (ovvero quando) è abilitato dalla condizione indicata nella equazione relativa alla specifica fase (rispetto delle condizioni di fase);
4) L'attivazione del modulo successivo spegne il precedente (un solo modulo è acceso in un ogni momento del ciclo);
5) Il relé di fase eccita le bobine relativa a quella fase.

► **Dati preparatori:** Fasi n° 6, movimenti n°8. Assegnazione relé di fase**:** 1° **X**, 2° **Y**, 3° **Z**, 4° **L**, 5° **M**, 6° **N**. ; Bobine esistenti (valvole mono e bistabili)**:** A- (3 fasi), C- (4 fasi); B+, B-, D+, D-

NOTA 1: Le bobine monostabili devono essere diseccitate a macchina ferma.

NOTA 2: I moduli di fase restano eccitati 1 fase; quindi le valvole monostabili necessitano di autoritenuta solo se le loro bobine restano eccitate per più fasi.

Equazioni di moto(valide per valvole bistabili)**:**	Equazione generica per un'autoritenuta
PM x c1 = A- a0 = B+;C- b1 x c0 = D+ b1 x c0 = D+ d1 x a1 = B- b0 = C+	$(A + 1r) \times \overline{S} = R$ Dove: A = condizione/i di accensione, S = spegnimento, R = relé, 1r = contatto del relé R (autoritenuta)

Equazioni delle autoritenute di fase del sequenziatore:		**Comando bobine bistabili**	
1° fase	$\left[(2n \times PM \times c1) + 1x\right] \times \overline{3Y} = X$	**1° fase**	**--**
2° fase	$\left[(2x \times a0) + 1y\right] \times \overline{3z} = Y$	**2° fase**	$Y = B+$
3° fase	$\left[(2y \times b1 \times c0) + 1z\right] \times \overline{3l} = Z$	**3° fase**	$Z = D+$
4° fase	$\left[(2z \times d1) + 1l\right] \times \overline{3m} = L$	**4° fase**	$L = D-$
5° fase	$\left[(2l \times d0 \times a1) + 1m\right] \times \overline{3n} = M$	**5° fase**	$M = B-$
6° fase	$\left[(2m \times b0) + 1n + Set\right] \times \overline{3x} = N$	**6° fase**	**--**

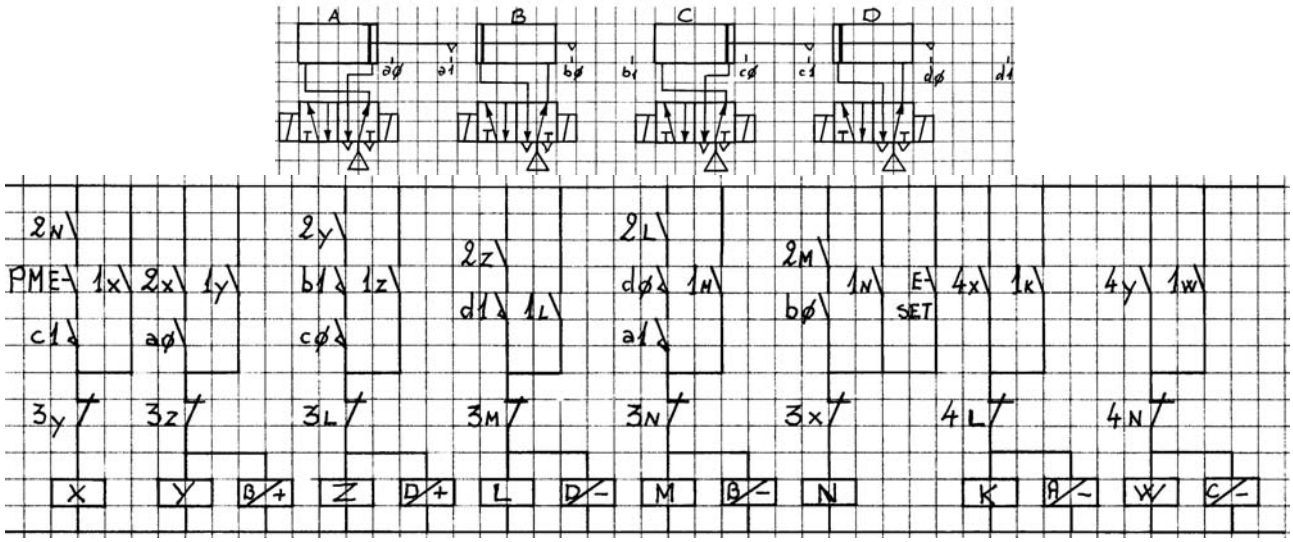
► **Tempi di eccitazione delle bobine delle valvole monostabili:**

Bobina A-: durata 3 fasi [accensione in 1°(X) e spegnimento in 4° (L)]; relè dedicato **K**;

Bobina C-: durata 4 fasi; accensione in 2° (Y) e spegnimento in 6° (N); relé dedicato **W**.

► **Equazioni di autoritenuta e di pilotaggio delle bobine e delle valvole monostabili [A- e C-]:**

$(4x + 1k) \times \overline{4l} = K$	K=A-	$(4y + 1w) \times \overline{4n} = W$	W=C-



CORSE RIPETUTE DELLO STESSO CILINDRO

Abbiamo analizzato cicli con problematiche molto varie, ma mai abbiamo toccato il problema delle corse ripetute di uno stesso cilindro. Pilotare cicli che prevedano corse ripetute da parte di uno o più cilindri presenta non indifferenti difficoltà **[a)** segnali bloccanti, **b)** segnali identici che comandano fasi diverse**]**, che tuttavia possono essere superate con un adeguato studio del particolare ciclo in esame. Pilotare questi cicli con la tecnica della cascata è certamente possibile, ma presenta una discreta difficoltà, mentre è decisamente più semplice utilizzando la tecnica del sequenziatore elettrico. L'esempio successivo mostra le soluzioni per entrambi questi metodi.

⇨ ESEMPIO DI CICLO CON CORSE RIPETUTE

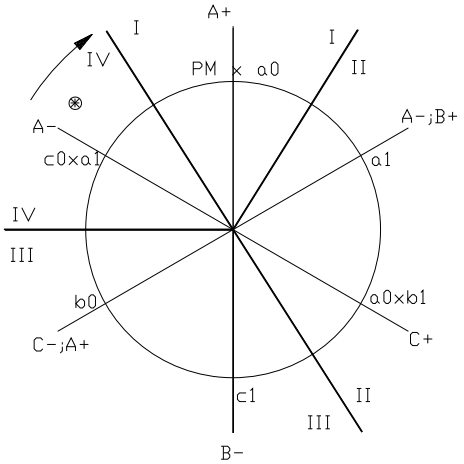
Sequenza**: A+/A-;B+/C+/B-/C-;A+/A-;** Cilindri D. E.; Valvole tutte **bistabili. Soluzione a cascata**

In un ciclo con corse ripetute è da dare per scontata la presenza di segnali bloccanti. ► Il processo di soluzione inizia, come sempre, ricavando le equazioni di moto prime; ► con queste si costruisce il diagramma circolare, da cui si ricava la nuova serie di equazioni di moto.

Suddivisione della sequenza in gruppi (vedi diagramma circolare)**: A+//A-;B+/C+//B-/C-;A+//A-//**

Equazioni di moto

1) PMxa0=*A*+
2) a1= *A*-;B+
3) a0xb1=*C*+
4) c1=B-
5) b0=*C*-;*A*+
6) c0xa1=*A*-



Equazioni seconde

1) PMxa0=I
2) I=*A*+
3) a1= II
4) II=*A*-;B+
6) IIxa0xb1=*C*+
4) c1=III
5) III=B-
6) IIIxb0=*C*-;*A*+
7) c0xa1=IV
8) IV=*A*-

➢ Occore passare attraverso una serie di considerazioni molto stringenti, dalle quali si possono ricavare i dati necessari a modificare tale seconda serie di equazioni per renderle idonee a risolvere il problema proposto (corse ripetute dello stesso cilindro).

➢ Sarà infine necessario ottenere da queste equazioni quelle che ci consentiranno di disegnare lo schema. Come si vede il processo risolutivo è più complesso che nei casi precedenti.

➢ **Nota Bene:** a causa dei movimenti ripetuti, non è possibile trascrivere direttamente le equazioni seconde in impianto. Esiste **una sola** bobina ***A*+** (e una ***A*-**), ma essa compare come risultato di due diverse equazioni. **La stessa bobina non può comparire in due diversi punti dello schema!**

Poiché non è assolutamente possibile far convergere sulla bobina due rami funzionalmente completamente distinti (la cosa provocherebbe certamente malfunzionamenti, se non corto circuiti). Pertanto le bobine **A+** ed **A-** devono essere "gestite" attraverso relé ausiliari (vedi più sotto).

La bobina **A+** è "gestita" attraverso i relé ausiliari **S** (1° fase) e **W** (5° fase), mentre la bobina **A-** è "gestita" attraverso i relé ausiliari **M** (2° fase) e **N** (6° fase). Le bobine **A+** ed **A-** vengono effettivamente eccitate da contatti **NA** dei citati relé. Pertanto le equazioni seconde non corrispondono più all'impianto e vanno riscritte come indicato nel riquadro a sinistra (in esse le bobine **A+** ed **A-** compaiono una sola volta).

EQUAZIONI DEFINITIVE

1) PMxa0=I (P1)
2) I=S
3) 1s=*A+*
4) a1= II (P2)
5) II=M;B+
6) 1m=*A-*
7) IIxa0xb1=*C+*
8) c1=III (P3)
9) III=B-
10) IIIxb0=*C-*;W
11) 1w=*A+*
12) c0xa1=IV (P4)
13) IV=N
14) 1n=*A-*

Equazioni di pilotaggio delle autoritenute dei tre (3!) relé di cascata

Vi sono gruppi (ovvero 4 lineee di cascata), che vanno gestite a mezzo di tre relè ausiliari. Le equazioni generiche per il comando dei tre relé sono**:**

1) $(P1+1x)\times\overline{P2}=X$ **2)** $(P1+1y)\times\overline{P3}=Y$ **3)** $(P1+1z)\times\overline{P4}=Z$

E' possibile desumere il valore dei segnali **P1**, **P2**, **P3** e **P4** dalle equazioni **1)**, **4)**, **8)** e **12)** della colonna qui a sinistra. Sostituendo si ottiene**:**

1) $[(PM\times a0)+1x]\times\overline{a1}=X$	**2)** $(2x+1y)\times\overline{c1}=Y$	**3)** $(2y+1z)\times\overline{c0\times a1}=Z$

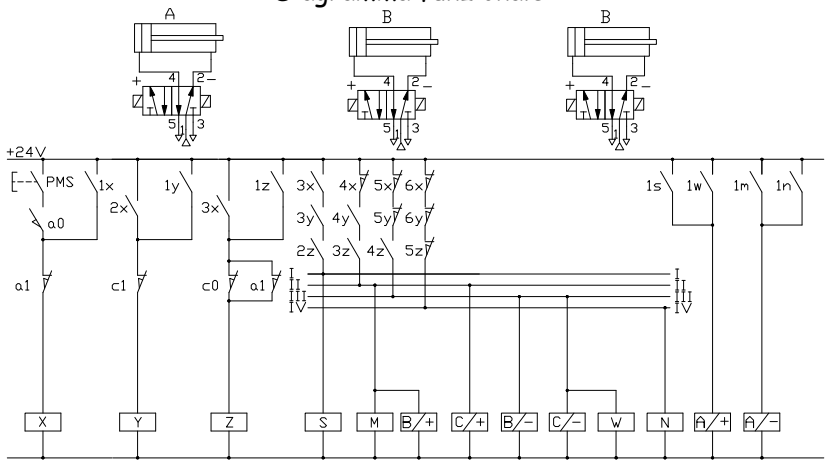
Poiché non esiste trascrizione circuitale della relazione $\overline{c0\times a1}$ (equazione **3**), si ricorre al **teorema di De Morgan**, che ci da l'uguaglianza**:** $\overline{c0\times a1}$ = $\overline{co}+\overline{a1}$, relazione che invece ha una sua trascrizione circuitale (due contatti **NC** in parallelo). Sostituendo, si ottiene l'equazione definitiva**:** **3)** $(2y+1z)\times(\overline{c0}+\overline{a1})=Z$. Ora le equazioni di pilotaggio delle 4 linee sono corrette, come quelle che pilotano i rami (al di sotto delle linee).

Il diagramma funzionale, pertanto, come sempre, risulta dalla "trascrizione grafica" diretta delle equazioni definitive (ricordando che le equazioni **1), 4), 8)** e **12)** sono già state impiegate per pilotare le linee**!**).

Equazioni di pilotaggio delle quattro (4!) linee di cascata

$I=3x+3y+2z$ $II=\overline{4x}+4y+3z$ $III=\overline{5x}+\overline{5y}+4z$ $IV=\overline{6x}+\overline{6y}+\overline{5z}$

Diagramma funzionale



Equazioni dei rami (sotto le linee)

$I=S$
$II=M;B+$
$II\times a0\times b1=C+$
$III=B-$
$III\times b0=C-;W$
$IV=N$

Pilitaggio di A+ ed A-

$1s+1w=A+$
$1m+1n=A-$

Fig. n°? Corse ripetute: soluzione con tecnica a cascata (4 linee di cascata)

⇨ *STESSO ESEMPIO*

Sequenza**: A+/A-;B+/C+/B-/C-;A+/A-:** Cilindri D. E.; valvole tutte **monostabili; soluzione a cascata**.

Volendo risolvere lo stesso problema precedente, ma per un impianto dotato di valvole monostabili, si può immediatamente dire che le equazioni definitive per valvole bistabili restano valide, ma devono essere ulteriormente elaborate come segue**:**

CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

- Bobine effettivamente presenti**: A+**, **B+**, **C+**.
- Azioni affidate alle molle **: A-**, **B-**, **C-**; vanno eliminate le relative bobine ed i relativi rami dell'impianto.
- Il segnale **B+** dura **due fasi**; la linea **II** alimenta la bobina **B+** solo nelle due fasi richieste; niente autoritenuta.
- Il segnale **A+** si presenta due volte, ma dura sempre **una fase**; niente autoritenuta.
- Il segnale **C+** dura **due fasi**; le fasi, tuttavia, sono a cavallo tra la linea **II** e la linea **III**; serve l'autoritenuta.

- L'ultima fase, **A-**, fa' sembrare inutile la linea **IV**, che non comanda né relé né bobine; la linea **IV** serve invece a resettare la linea **III**, che alimenta la 5° fase, **A+**; se non esistesse la linea **IV** (ovvero la 3° autoritenuta) non si potrebbe avere l'ultima fase **A-**. Non è possibile farne a meno se si vuole vedere il ciclo completarsi.

NOTA BENE: Per un impianto dotato di valvole monostabili, parte dalle equazioni definitive per valvole bistabili, che restano valide come punto di partenza, ma che devono essere ulteriormente elaborate come segue**:**

EQUAZIONI PER VALVOLE BISTABILI

1) $\left[(PM \times a0)+1x\right]\times \overline{a1} = X$

2) $(2x+1y)\times \overline{c1} = Y$

3) $(3x+1z)\times(\overline{c0}+\overline{a1}) = Z$

4) $I = 3x+3y+2z$

5) $II = \overline{4x}+4y+3z$

6) $III = \overline{5x}+\overline{5y}+4z$

7) $IV = \overline{6x}+\overline{6y}+\overline{5z}$

8) $I = S$

9) $II = M; B+$

10) $II \times a0 \times b1 = C+$

11) $III = B-$

12) $III \times b0 = C-; W$

13) $IV = N$

14) $1s+1w = A+$

15) $1m+1n = A-$

CONSIDERAZIONI ACCESSORIE

Le equazioni delle **3** autoritenute per le linee restano valide ed invariate, come pure quelle di pilotaggio delle 4 linee di cascata.

Vanno cancellate le equazioni che portano come risultato le bobine **A- B-** e **C-** (non più esistenti) ed i relé legati a tali fasi. **NB:** i movimenti **A-**, **B-** e **C-** saranno comandate dalle molle (equazioni implicite tipo $A- = \overline{A+}$).

Va' inoltre scritta ex-novo l'equazione per l'autoritenuta della bobina **C+** (eccitata per 2 fasi a cavallo del cambio di linea) Per tale autoritenuta va' individuato un altro relé (**R**); dalle equazioni **7)** viene estratta la condizione di settaggio dell'autoritenuta e dalla **10)** quella di resettaggio. Il relé **R** pilota la bobina **C+** ($R = C+$).

EQUAZIONI PER VALVOLE MONOSTABILI

1) $\left[(PM \times a0)+1x\right]\times \overline{a1} = X$

2) $(2x+1y)\times \overline{c1} = Y$

3) $(3x+1z)\times(\overline{c0}+\overline{a1}) = Z$

4) $I = 3x+3y+2z$

5) $II = \overline{4x}+4y+3z$

6) $III = \overline{5x}+\overline{5y}+4z$

7) $I = S$

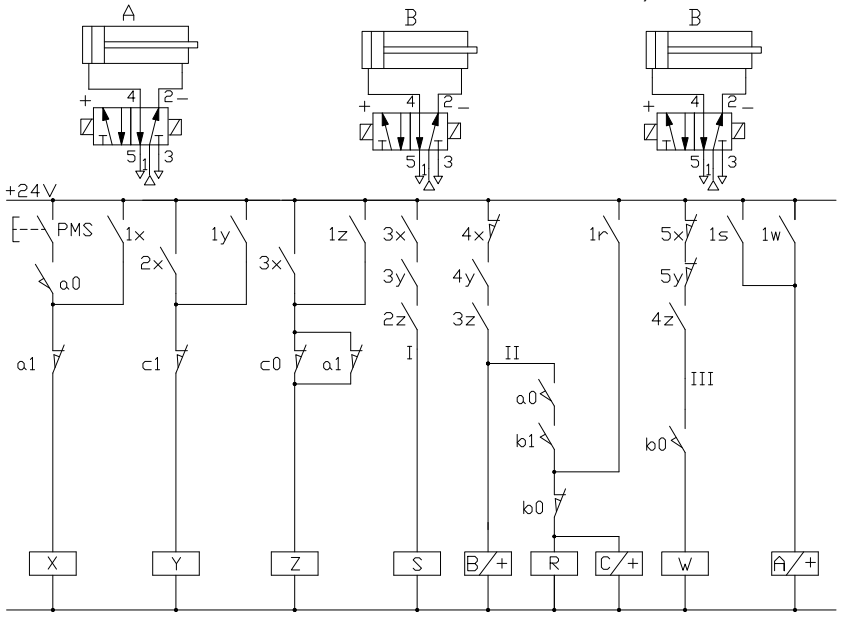
8) $II = M; B+$

9) $III \times b0 = W$

10) $1s+1w = A+$

11) $\left[(II \times a0 \times b1)+1r\right]\times \overline{b0} = R$

12) $R = C+$



NOTA: Poiché il relé **R** (che pilota **C+**) deve restare eccitato nel passaggio dalla linea **II** alla **III**, è necessario "appendere" il contatto di autoritenuta **1r** all'alimentazione principale e non ad una linea.

Il diagramma funzionale risulta, come sempre, dalla "trascrizione grafica" diretta delle equazioni definitive.

Controllare lo schema!

Ci sono grossi problemi!

Il contatto **1r** porta corrente ad un nodo. Da lì la corrente non solo scende verso **b0** (**NC**), ma anche sale verso **a0** (**NA**) e **b1** (**NA**). Quando questi contatti sono chiusi, la corrente può scendere verso **B+**, rendendo vano il funzionamento della linea `II` (in questo caso, infatti, la corrente arriva a **B+** anche dopo che la linee `II` è stata messa a zero; poiché in questo caso le linee [la cui funzione è quella tagliare l'alimentazione ai componenti che generano segnali bloccanti] non agiscono più in modo corretto, ci sarebbero ancora segnali bloccanti**!**).

⇨ STESSO ESEMPIO

Ciclo: A+/A-;B+/C+/B-/C-;A+/A- (corse ripetute [del cilindro A]); cilindri D.E. **valvole tutte bistabili;** è richiesta la soluzione a **sequenziatore elettrico**.

_____

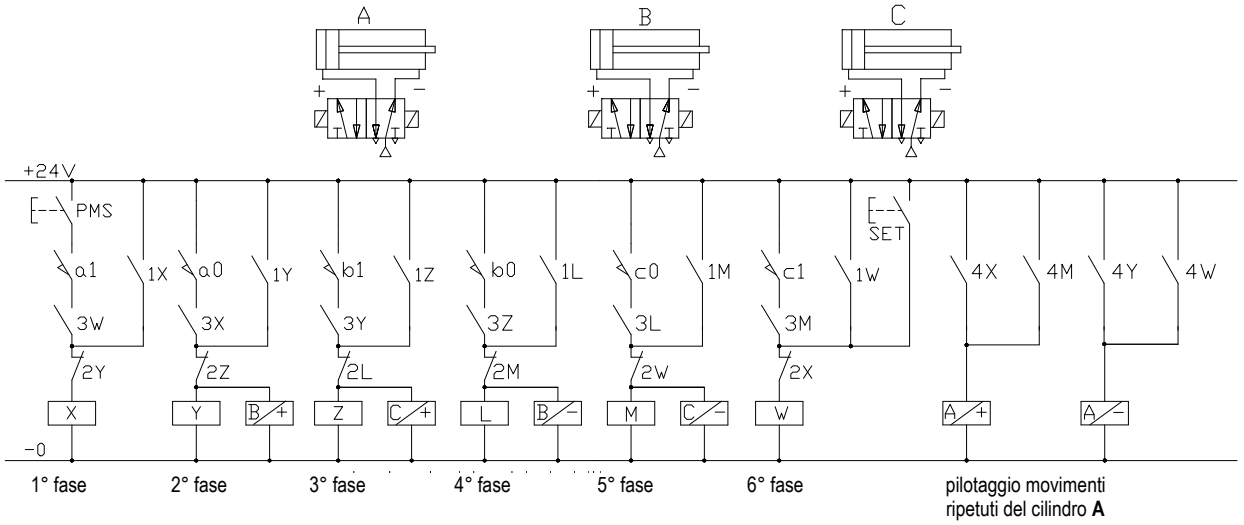
DATI PREPARATORI:

Fasi n° 6, movimenti n°8.

Assegnazione dei relé di fase 1° **X**, 2° **Y**, 3° **Z**, 4° **K**, 5° **W**, 6° **M**.

Equazioni di moto(valvole bistabili):	**Equazione generica per un'autoritenuta**
PM x a0 = A+ A1 = A-;B+ a0 x b1 = C+ c1 = B- b0 = C-;A+ a1 x c0 = A-	$(A+1r)\times\overline{S}=R$ Dove: A = condizione/i di accensione, S = spegnimento, R = relé, r = contatto del relé (autoritenuta)
Sequenziatore: 6 equazioni per 6 fasi	**Eccitazione delle bobine relative alle 6 fasi**
1° fase $[(2m\times PM\times a0)+1x]\times\overline{3Y}=X$	X=A+
2° fase $[(2x\times a1)+1y]\times\overline{3z}=Y$	Y=A-;B+
3° fase $[(2y\times a0\times b1)+1z]\times\overline{3l}=Z$	Z=C+
4° fase $[(2z\times c1)+1k]\times\overline{3w}=K$	K=B-
5° fase $[(2k\times b0)+1w]\times\overline{3m}=W$	W=C-;A+
6° fase $[(2w\times c0\times a1)+1m+Set]\times\overline{3x}=M$	M=A-

Poiché le bobine **A+** ed **A-** possono (devono**!**) comparire una volta sola, occorre che ognuna sia portata "fuori" dal sequenziatore ed eccitata attraverso due contatti **NA** dei relé corrispondenti alle fasi di eccitazione.



Si nota immediatamente come la gestione di una sequenza complessa, con valvole bistabili, è molto più semplice utilizzando il sequenziatore invece che una cascata. Le bobine **A+** ed **A-** (quelle delle corse ripetute) sono pilotate dai contatti corrispondenti alle fasi in cui devono essere eccitate. Le altre bobine sono pilotate direttamente dai relé di fase. Ed è tutto. Non vi sono ragionamenti particolari da fare; ogni modulo si setta solo dopo il precedente; in ogni istante vi è un solo modulo "acceso"; il successivo spegne il precedente. I segnali che arrivano ai moduli "spenti" (non attivi) non producono effetto alcuno (quindi non possono essere bloccanti).

La progettazione di diagrammi funzionali di questo tipo è concettualmente molto più semplice di quella della corrispondente soluzione a cascata ed è priva (o quasi) di rischi di errore.

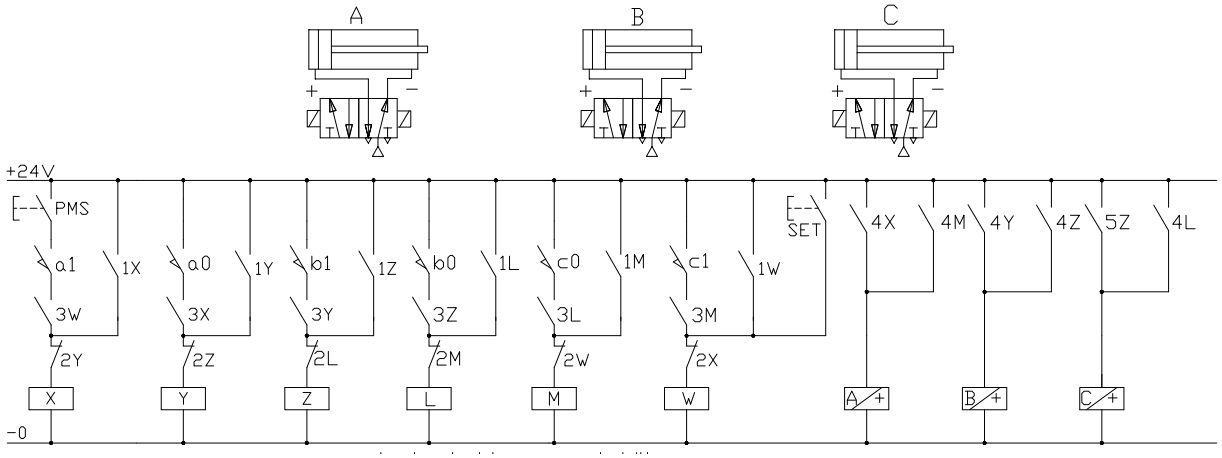
⇨ STESSO ESEMPIO — Soluzione per valvole tutte monostabili

NOTA IMPORTANTE: Il sequenziatore pilota **indifferentemente** un impianto con valvole mono o bistabili! È diverso il pilotaggio delle valvole, non il sequenziatore (le fasi sono sempre le stesse).
ATTENZIONE: può venire la tentazione di eliminare i moduli di quelle fasi che non comandano bobine (perché ritenuti inutili). **ATTENZIONE:** In realtà ***si elimina l'intera fase legata a quel modulo!*** In questo caso **NON abbiamo più lo stesso ciclo!** **NON** abbiamo, quindi, una **soluzione valida!**

NOTA: ricordare che le bobine monostabili dvono essere diseccitate a macchina ferma. **BOBINE ESISTENTI:**

- **A+** (eccitata per 1 fase, ma per 2 volte; pilotata da due contatti di fase);
- **B+** (eccitata per 2 fasi; pilotata da due contatti di fase);
- **C+** (eccitata per 2 fasi; pilotata da due contatti di fase).

► **Pilotaggio delle bobine con contatti multipli** Nel primo schema riportato qui sotto, le bobine sono pilotate dai contatti delle fasi in cui dette bobine eccitate (**NOTA:** dal punto di vista della funzionalità dell'impianto, è del tutto ininfluente che tali fasi siano contigue o no tra loro).

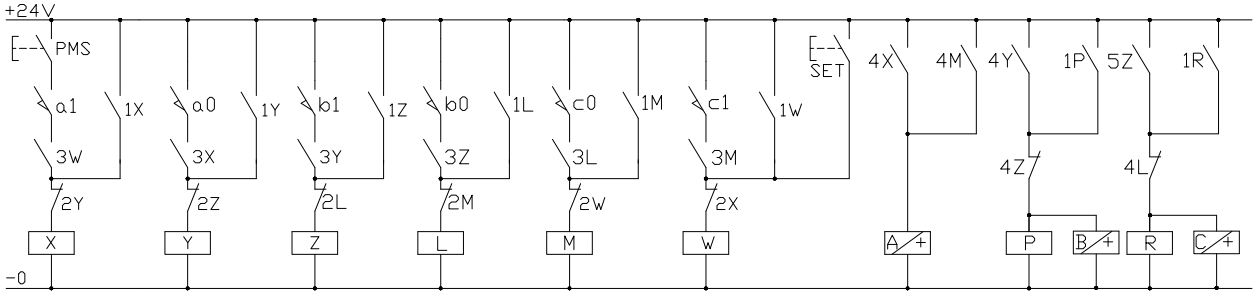


► **Pilotaggio delle bobine a mezzo di autoritenute** Tuttavia la norma vuole (o vorrebbe) che le valvole monostabili siano pilotate da segnali continui generati da apposite autoritenute; tale diversa soluzione è riportata nello schema sottostante. Questa soluzione, dal punto di vista funzionale, è perfettamente equivalente alla precedente. Tuttavia, per realizzare questa seconda soluzione è necessario l'impiego di due ulteriori relé di autoritenuta.

Questa soluzione appare poco giustificata nel caso in esame (i relé costano), ma avrebbe molto maggiore senso se le bobine restassero eccitate per diverse fasi, richiedendo di conseguenza che i relé di fase abbiano un numero di contatti molto alto (cosa spesso non possibile o altrettanto costosa).

NUOVI RELÉ: Le bobine **B+** (eccitata nella 2° e nella 3° fase) e **C+** (eccitata nella 3° e nella 4° fase) richiedono di essere pilotate da autoritenute; relé **L** per **B+**, relé **Q** per **C+**. (**Si badi bene che non può esservi una autoritenuta per la bobina A+! [è eccitata in due fasi non consecutive, lontane tra loro!]**)

Equazione generica di un'autoritenuta	**Equazioni delle autoritenute delle bobine**	
$(A+1r)\times\overline{S}=R$		
Dove: **A** = condizione/i di accensione, **S** = spegnimento, **R** = relé, **1r** = contatto del relé (autoritenuta)	$(4y+1l)\times\overline{4k}=L$	**L = B+**
	$(4z+1q)\times\overline{5w}=Q$	**Q = C+**



Moduli di sequenziatore a 6 fasi, seguiti dai pilotaggi delle bobine monostabili.

La bobina **A+** è pilotata dai contatti di due diversi relé, senza che la cosa crei problemi particolari; risulta del tutto ininfluente che i due relé si riferiscano a fasi non consecutive e lontane tra loro; la ripetizione del movimento del cilindro, quindi, non presenta problemi**!** Le altre due autoritenute pilotano bobine eccitate per più fasi e sono anch'esse altrettanto semplici; sono accese dal relé che comanda la fase indicata dalla bobina e spente dal rele della fase che richiede ilmovimento inverso (come sempre, l'eccitazione dura per la fase di movimento dello stelo [di uscita o di rientro] e per le fasi in cui rimane bloccato nella posizione raggiunta; a fine eccitazione, lo stelo torna in posizione di riposo).

L'unico, vero problema per il progettista è quello di determinare <u>correttamente</u> per quante ed in quali fasi una data bobina è eccitata.

PROTEZIONE DELLE BOBINE DEI RELÉ'

In tutti i casi nei quali una bobina di relé risulta montata in parallelo ad una bobina di potenza, occorre **proteggere la bobina del relé** dalla corrente induttiva che si determina all'apertura del contatto di comando S (vedi figura). Se la corrente è **continua**, la soluzione consiste nel collocare un **diodo** in parallelo alla bobina di potenza**:** l'energia accumulata nella bobina di potenza si scarica così attraverso il diodo. Se la corrente è alternata, si deve predisporre un adeguato circuito RC (resistenza-condensatore).	

I FINECORSA A INFLUENZA

"SENSORI" MECCANICI Per ottenere un segnale valido sulla posizione dello stelo di un cilindro posso usare un distributore 3/2 rullo-molla pneumatico o un interruttore elettromeccanico rullo-molla. Perché il segnale parta nell'esatto momento in cui lo stelo raggiunge il punto desiderato è necessario**:**

1) costruire una opportuna camma da montare sullo stelo del cilindro che azioni il rullo;
2) costruire una squadretta su cui fissare il finecorsa;
3) fissare la squadretta alla macchina ed aggiustarne con cura la posizione.

SENSORI MAGNETICI I sensori elettrici a principio magnetico (detti anche **sensori REED**) evitano buona parte di queste operazioni. Il pistone stesso, che porta un magnete permanente di forma anulare, è l'elemento determina la commutazione del finecorsa. Essendo possibile fissare i sensori direttamente sulla camicia del cilindro con una fascetta o con una vite nel punto desiderato, tutte le operazioni vengono di molto semplificate. Il sensore, mostrato a lato, è costituito da un **contatto a lamelle** inserito in un ampolla di vetro contenente gas inerte, annegata in resina epossidica (isolamento termico). Le lamelle sono costruite in materiale ferromagnetico di debole riluttanza e distanziate di 0,2 mm nella zona di contatto.	Fig14.40

Quando l'anello magnetico del cilindro si avvicina alle lamelle del sensore, queste si chiudono e nel relativo circuito circola corrente elettrica. Quando il pistone magnetico si allontana, al cessare del campo magnetico, il contatto si interrompe perché le lamelle si allontanano.

NOTA BENE: Il **cilindro** deve essere costruito con materiale **amagnetico**; di norma il mantello è in ottone o in acciaio inox, lo stelo in acciaio inox e le teste in alluminio. Il sensore **deve** essere tenuto aderente al mantello.

L'alimentazione può essere in alternata o in continua, con un campo di tensione piuttosto ampio (0-150 V). Se il circuito fosse surdimensionato, lo scintillio dovuto all'interruzione di contatto distruggerebbe rapidamente le lamelle.

Spesso al sensore è associato un **LED** che si accende quando i contatti si chiudono. Se la tensione è continua, ocorrerà controllare che il LED sia polarizzato direttamente, altrimenti non si accenderà.

Poiché non è necessario che il materiale da rilevare tocchi la faccia sensibile, la **rilevazione è senza contatto**; ciò evita attriti o pressioni sul pezzo ed usura del sensore; tuttavia, essendovi effetti magnetici, vi é accumulazione di detriti di ferro che possono dare problemi di usura interna alla camicia del cilindro.

PNEUMAX Un grosso limite dei sensori tradizionali è la loro incapacità di sopportare carichi elevati, anche se protetti da **varistori**, mentre carichi elevati e spunti di tensione sono normali nell'automazione pneumatica. Si verifica in questo caso il danneggiamento del contatto REED, con conseguente malfunzionamento o distruzione del sensore. IL sensore Pneumax risolve tale problema utilizzando il REED non come interruttore principale, ma come pilota di un circuito a semiconduttori capace di commutare potenze ben più elevate del semplice REED.	Fig.14.41

SENSORI INDUTTIVI I sensori a principio induttivo contengono, alloggiato nella testa, un circuito oscillatore a transistor il cui consumo di corrente varia se entra nel suo campo di sensibilità un metallo od un altro elemento conduttore. Questo effetto può avvenire anche quando il materiale non è conduttivo. **Mentre il sensore magnetico viene azionato solo da materiali metallici, il sensore induttivo può essere azionato anche da materiali di altro tipo e/o discriminare tra i diversi tipi di materiali.**

A seconda del tipo di sensore, oltre all'oscillatore a transistor c'è un amplificatore a soglia e un'uscita a tiristore (che è il corrispondente elettronico di una uscita a relé). Queste uscite sono in grado di pilotare circuiti elettronici, relé ed in alcuni casi direttamente solenoidi.

Per ottenere la commutazione dell'uscita è sufficiente avvicinare il materiale da rilevare alla **faccia sensibile** fino alla distanza di intervento. Non è necessario che il materiale da rilevare tocchi la faccia sensibile ; la **rilevazione senza contatto** evita attriti o pressioni sul pezzo ed usura del sensore, inoltre, non essendovi effetti magnetici, non c'è accumulazione di detriti di ferro. La durata è indipendente dalla frequenza delle commutazioni. La distanza nominale di commutazione $\mathbf{S_n}$ viene determinata, secondo le norme DIN EN 50010, avvicinando una lamina di acciaio St 37 spessa 1 mm e con un lato pari al diametro della faccia attiva.	Fig.14.43

SENSORI CAPACITIVI I sensori capacitivi sono funzionalmente del tutto analoghi a quelli a principio induttivo. Essi contengono, alloggiato nella testa, un oscillatore a transistor che entra in funzione quando la vicinanza di un metallo, di un liquido o un altro materiale provoca una **variazione della capacità**.

Se la variazione dell'ampiezza di oscillazione supera un certo limite, un amplificatore a soglia (**trigger**) commuta la propria uscita, pilotando lo stadio di uscita del sensore. Si è così in grado di pilotare circuiti elettronici, relé, teleruttori, elettrovalvole, eccetera. Apposite tabelle fornite dai costruttori indicano la distanza nominale di commutazione ed i fattori correttivi per materiali diversi dall'acciaio St 37.