

ESERCITAZIONI DI LABORATORIO

PANTA REI (SQUADRA 3B)



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Corso di Automazione a Fluido

Studenti:

Asteggiano Paolo s267850
Cometto Fabio s267836
Dolso Vittorio s253878
Giorcelli Filippo s267846
Lavezzo Pietro s268006
Lo Curto Calogero s246830
Moreno Eleonora s265240
Pennese Francesco s245746
Peripoli Alessandro s265023
Pirini Casadei Luca s264939
Santoro Gianmarco s265999
Tagliavini Luigi s263768
Valenza Federica s254252
Vigorito Giusi s255469

Docente:

Terenziano Raparelli

CILINDRI PNEUMATICI

Esercitazione 1

L'esperienza è suddivisa in due parti:

1. la prima ha lo scopo di misurare le forze di aderenza dei quattro stantuffi forniti, due a semplice effetto e due a doppio effetto.
2. la seconda parte ha lo scopo di valutare, qualitativamente, alcuni metodi di regolazione della velocità di movimento e della spinta delle due tipologie di cilindri pneumatici.

1.1 Misura delle forze di aderenza sugli stantuffi

1.1.1 Descrizione della prova

Il materiale a disposizione è il seguente:

- Cilindri pneumatici;
- Regolatori di flusso;
- Valvole;
- Manometri metallici;
- Tubi;
- Tagliatubi;

In Figura 1 riportiamo lo schema di funzionamento del sistema pneumatico in esame.

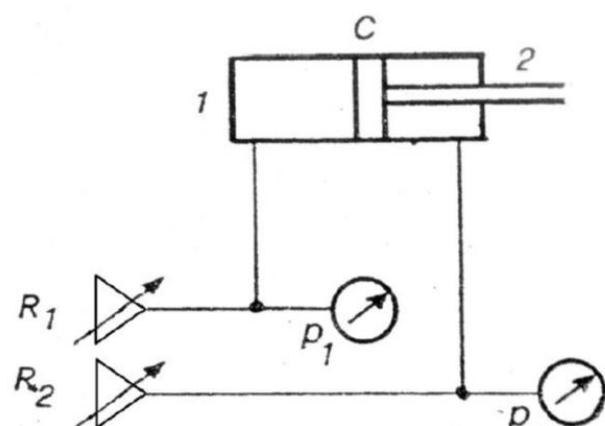


Figura 1- Schema di funzionamento del sistema pneumatico

La prova consiste nel riprodurre lo schema pneumatico con la strumentazione fornita, alimentare la camera alla pressione p_2 con tre diversi livelli di pressione. La regolazione di questi livelli di pressione è svolta grazie ad un riduttore che collega il circuito ad aria compressa al nostro sistema e ad un manometro che ne misura il valore. Per valutare le forze di aderenza abbiamo bisogno del valore di pressione p_1 che permette

allo stelo di iniziare a muoversi. Tale valore di pressione è stato misurato variando la pressione nella camera p_1 , attraverso il riduttore che collega il sistema al circuito di alimentazione, e misurandone il valore corrispondente al primo distacco grazie ad un manometro collegato alla camera corrispondente con un raccordo a T (come riportato della figura.1). Questo procedimento viene effettuato tre volte per ognuna delle tre diverse pressioni della camera a pressione p_2 così da poterne ricavare un valore medio.

Effettuata tale misura si calcola il modulo della forza di aderenza F con la relazione:

$$F = p_1 S_1 - p_2 S_2 \quad \text{equazione 1}$$

dove:

- F = forza di aderenza [N];
- p_1 = pressione nella camera posteriore [MPa];
- p_2 = pressione nella camera motrice [MPa];
- S_1 = area superficie posteriore [mm^2];
- S_2 = area superficie anteriore [mm^2];
- $p_1 S_1 = F_1$ = forza sulla superficie posteriore [N];
- $p_2 S_2 = F_2$ = forza sulla superficie anteriore [N];

Per ottenere il valore delle due superfici abbiamo letto l'alesaggio presente nell'etichetta del cilindro pneumatico e misurato il diametro dello stelo con l'ausilio di un calibro. Noti i diametri abbiamo eseguito il calcolo dell'area del un cerchio (S_1) e dell'area della corona anulare (S_2).

Importante sottolineare due aspetti notati durante lo svolgimento della prova:

1. Nel caso del cilindro a semplice effetto, la forza calcolata è la somma della forza di aderenza e della forza elastica della molla che effettua il rientro dello stelo (molla montata con opportuno precarico). Quest'ultima non si può scindere dalla prima poiché non sono noti il precarico e la rigidezza della molla.
2. Dopo lo spunto iniziale i cilindri tendono ad arrestarsi nuovamente per riprendere la corsa una volta aumentata ancora la pressione della camera. Questo fenomeno può essere attribuito alla variazione della superficie sulla quale insiste la pressione p_1 durante la prima fase di fuoriuscita dello stelo. A questo fenomeno che dipende dal design del cilindro, possiamo ipotizzare influenti anche aspetti costruttivi come: rugosità delle superfici a contatto e tolleranze geometriche.

1.1.2 Dati misurati ed elaborazione:

Nel primo banco di lavoro sono stati misurati i seguenti valori.

1.1.2.1 Cilindro doppio effetto ISO 15552 SERIES 3 METAL WORK

Alesaggio	32	mm
Area S ₁	804	mm ²

Diametro Stelo	12	mm
Area S ₂	691	mm ²

p ₂		p ₁	
0	bar	0,0250	bar
		0,0300	bar
		0,0600	bar
		0,0383	bar
2	bar	1,9000	bar
		1,9000	bar
		1,8600	bar
		1,8867	bar
4	bar	3,6000	bar
		3,5500	bar
		3,5500	bar
		3,5667	bar

EQUILIBRIO FORZE		
F ₁	3,08	N
F ₂	0,00	N
F _a	3,08	N
F ₁	151,73	N
F ₂	138,23	N
F _a	13,50	N
F ₁	286,85	N
F ₂	276,46	N
F _a	10,39	N

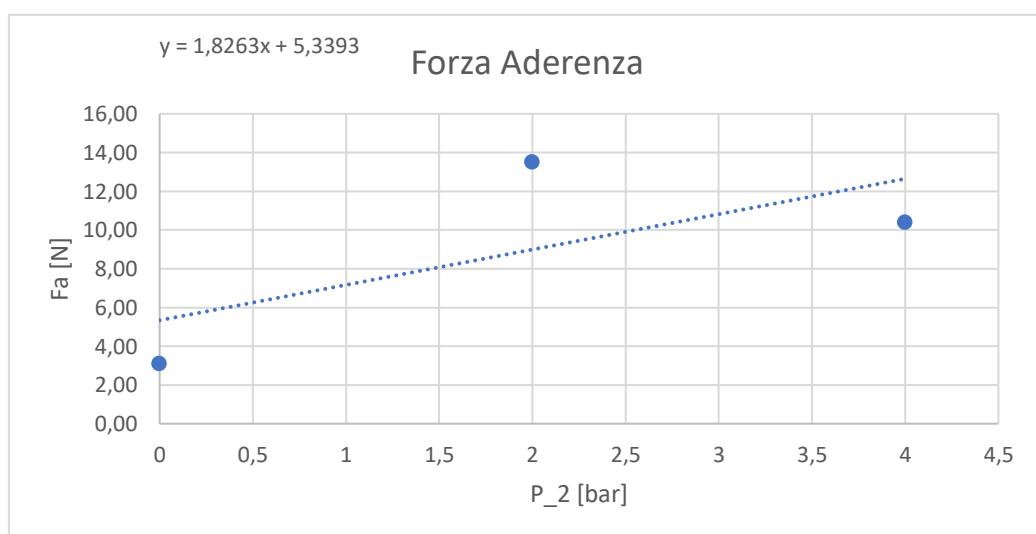


Figura 2- Forza di Aderenza

1.1.2.2 Cilindro singolo effetto ISO 6342 METAL WORK

Nel secondo banco di lavoro invece sono stati ricavati i seguenti dati.

Alesaggio	25	mm
Area S₁	491	mm²

Diametro Stelo	10	mm
Area S₂	412	mm²

p	
0,350	bar
0,400	bar
0,380	bar
0,377	bar

EQUILIBRIO FORZE		
F₁	18,49	N
F₂	0,00	N
F'	18,49	N

1.1.2.3 Cilindro doppio effetto ISO 15552 SERIES 3 METAL WORK

Alesaggio	32	mm
Area S₁	804	mm²

Diametro Stelo	12	mm
Area S₂	691	mm²

p₂		p₁	
		0,0150	bar
0	bar	0,0125	bar
		0,0125	bar
		0,0133	bar
		1,9000	bar
2	bar	1,8500	bar
		1,8500	bar
		1,8667	bar
		3,7000	bar
4	bar	3,6500	bar
		3,5500	bar
		3,6333	bar

EQUILIBRIO FORZE		
F₁	1,07	N
F₂	0,00	N
F_a	1,07	N
F₁	150,13	N
F₂	138,23	N
F_a	11,90	N
F₁	292,21	N
F₂	276,46	N
F_a	15,75	N

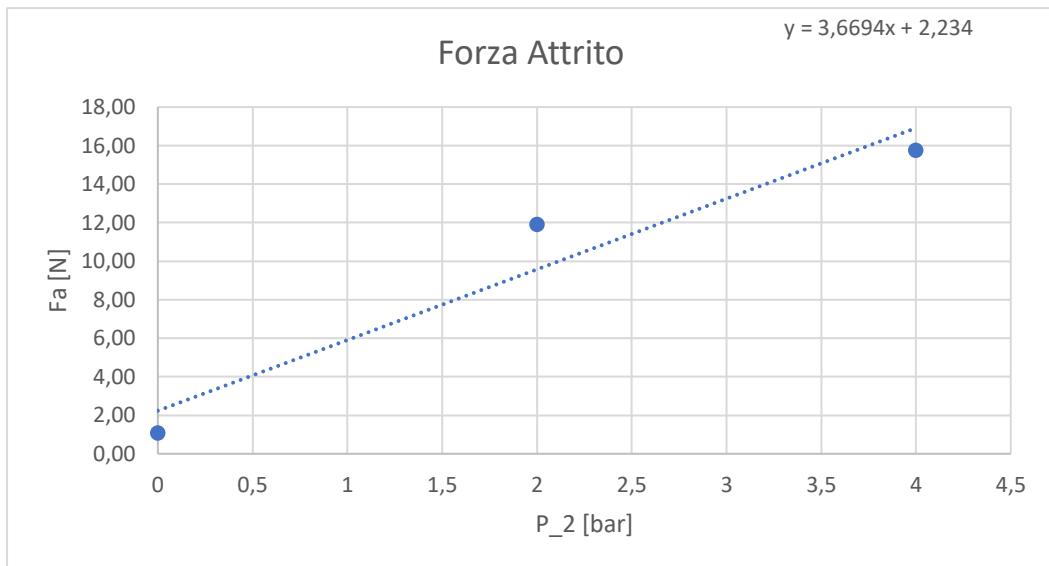


Figura 3 - Forza di aderenza

1.1.2.4 Cilindro singolo effetto ISO 6342 METAL WORK

Alesaggio	25	mm
Area S₁	491	mm²

Diametro Stelo	10	mm
Area S₂	412	mm²

p	
0,400	bar
0,380	bar
0,370	bar
0,383	bar

EQUILIBRIO FORZE		
F₁	18,82	N
F₂	0,00	N
F'	18,82	N

1.2 Regolazione della velocità nei cilindri

1.2.1 Descrizione della prova

In questa seconda parte dell'esperienza di laboratorio sono stati esaminati cinque differenti circuiti pneumatici con l'obiettivo di effettuare delle prove di regolazione di velocità del cilindro C comandato da una valvola a due posizioni.

Saranno esaminate le seguenti metodologie di regolazione:

- 1) Regolazione con resistenza nell'alimentazione;

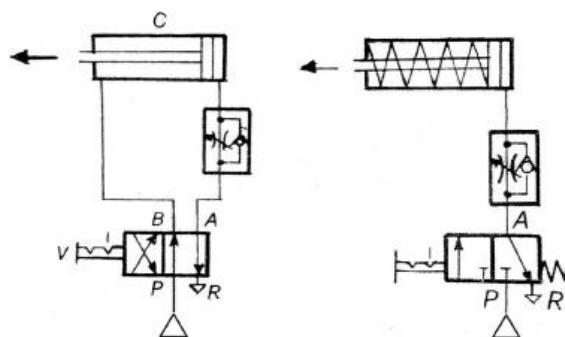


Figura 4- Regolazione con resistenza nell'alimentazione

- 2) Regolazione con resistenza sullo scarico;

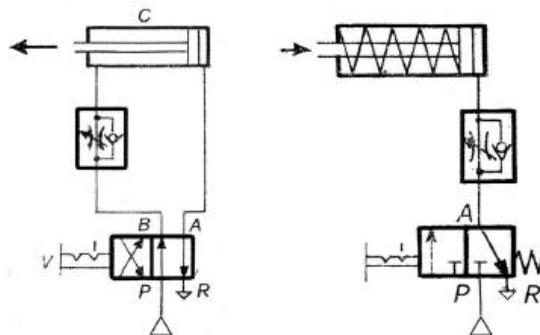


Figura 5- Regolazione con resistenza sullo scarico

- 3) Valvola di scarico rapido;

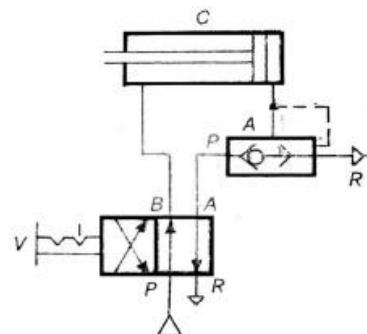


Figura 6 - Valvola di scarico rapido

1.2.2 Esecuzione delle prove

1.2.2.1 Regolazione con resistenza nell'alimentazione

- a) Prova effettuata con cilindro a doppio effetto:

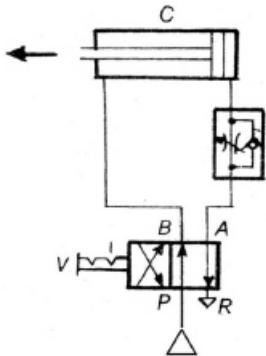


Figura 7 - Resistenza all'alimentazione su cilindro a doppio effetto

In condizione di riposo la camera anteriore del cilindro è connessa all'alimentazione, mentre quella posteriore è connessa allo scarico a pressione ambiente. Tra lo scarico e la camera posteriore è però posta una resistenza a strozzatore con valvola di non ritorno in parallelo. In questo modo, durante l'alimentazione il fluido (aria in questo caso) vede la valvola di non ritorno chiusa e quindi passa attraverso la resistenza a strozzatore. Lo scarico avviene velocemente perché il fluido può passare sul lato della valvola di non ritorno (che ha una resistenza minore). Riassumendo, la resistenza effettuerà una laminazione del flusso di alimentazione, rallentando la traslazione dello stelo verso sinistra. La velocità di traslazione di quest'ultimo sarà dipendente, oltre che dalla pressione di alimentazione, anche dal valore della resistenza interposta.

- b) Prova effettuata su cilindro a singolo effetto:

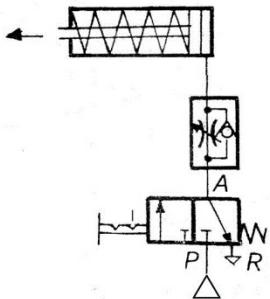


Figura 8 - Resistenza all'alimentazione su cilindro a semplice effetto

In condizione di riposo la camera posteriore del cilindro è connessa a scarico e il pistone è tenuto nella posizione di riposo dalla molla. Tra lo scarico e la camera posteriore è posta una resistenza a strozzatore con valvola di non ritorno in parallelo. In questo modo, durante l'alimentazione l'aria vede la valvola di non ritorno chiusa e quindi passa attraverso la resistenza a strozzatore. Lo scarico avviene velocemente perché il fluido presente della camera posteriore può passare sul lato della valvola di non ritorno (che ha una resistenza minore).

Riassumendo, la resistenza effettuerà una laminazione del flusso di alimentazione, rallentando la traslazione dello stelo verso sinistra. La velocità di traslazione di quest'ultimo sarà dipendente, oltre che dalla pressione di alimentazione, anche dal valore della resistenza interposta.

1.2.2.2 Regolazione con resistenza sullo scarico

- a) Prova effettuata con cilindro a doppio effetto:

In condizione di riposo la camera posteriore del cilindro è connessa all'alimentazione, mentre quella anteriore è connessa allo scarico a pressione ambiente. Tra lo scarico e la camera anteriore è però posta una resistenza a strozzatore con valvola di non ritorno in parallelo. In questo modo, durante la fuoriuscita dello stelo, il fluido presente nella camera anteriore vede la valvola di non ritorno chiusa e quindi passa attraverso la resistenza a strozzatore. La corsa di rientro dello stelo avviene velocemente perché il fluido, dall'alimentazione può riempire facilmente la camera anteriore passando sul lato della valvola di non ritorno (che ha una resistenza minore). Riassumendo, la resistenza effettuerà una laminazione del flusso durante lo scarico della camera anteriore, rallentando la fuori uscita dello stelo. La velocità di traslazione di quest'ultimo sarà dipendente, oltre che dalla pressione di alimentazione, anche dal valore della resistenza interposta allo scarico.

- b) Prova effettuata su cilindro a singolo effetto:

In condizione di riposo la camera posteriore del cilindro è connessa a scarico e il pistone è tenuto nella posizione di riposo dalla molla. Tra lo scarico e la camera posteriore è posta una resistenza a strozzatore con valvola di non ritorno in parallelo. In questo caso la valvola di non ritorno è montata in modo opposto al caso 1.2.2.1 b. Durante l'alimentazione l'aria vede la valvola di non ritorno aperta e quindi non passa attraverso la resistenza a strozzatore che impone maggior resistenza. La fase di carico avviene quindi velocemente perché il fluido presente della camera posteriore può passare sul lato della valvola di non ritorno. Viceversa nella fase di scarico quando la valvola collegata all'alimentazione permette e connette la camera posteriore allo scarico la molla impone una forza tale per cui il pistone risale. La risalita avviene in modo più o meno lento a seconda della regolazione della strozzatura perché l'aria fuoriuscendo dalla camera posteriore è costretta a passare dalla resistenza. Riassumendo, la resistenza effettuerà una laminazione del flusso allo scarico, rallentando la traslazione dello stelo verso destra.

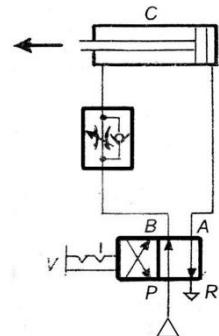


Figura 9 - Resistenza allo scarico su cilindro a doppio effetto

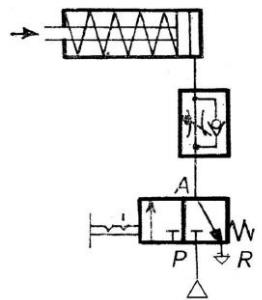


Figura 10 - Resistenza allo scarico su cilindro a semplice effetto

1.2.2.3 Valvola di scarico rapido

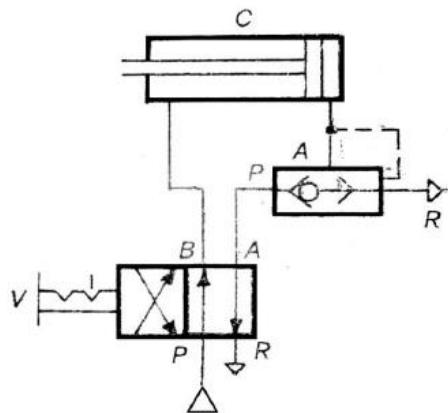


Figura 11 - Valvola di scarico rapido

In questo circuito illustrato in figura si ha:

- Cilindro pneumatico a doppio effetto;
- Valvola 4 vie collegata a scarico e alimentazione, a controllo manuale;
- Valvola ausiliare selezionatrice;

In condizioni di riposo l'alimentazione è collegata alla camera anteriore del cilindro, lo stelo del pistone fluisce quindi verso destra. La camera posteriore è collegata alla valvola ausiliare selezionatrice a sua volta collegata sia alla valvola a 4 vie sia all'ambiente esterno. Questa valvola funge da valvola di non ritorno che blocca la direzione che impone minor pressione, grazie all'otturatore mobile al suo interno. Quando si commuta la valvola di alimentazione l'otturatore si sposterà a causa della pressione bloccando lo scarico R, connettendo direttamente l'alimentazione alla camera posteriore.

Viene scelta questa soluzione nel caso in cui si vuole uno scarico rapido. In laboratorio si è osservato che il rientro dello stelo è più rapido nel caso in cui l'uscita del pistone è connessa all'ambiente esterno tramite una valvola ausiliare rispetto a una soluzione che prevede il flusso passante per la valvola a 4 vie.

VALVOLE PNEUMATICHE

Esercitazione 2

Nel corso di questa esercitazione in laboratorio sono state eseguite prove funzionali su valvole montate in diverse configurazioni d'impianto, valutandone pressioni e forze di azionamento.

Sono stati eseguiti i seguenti esperimenti:

1. Azionamento di valvola monostabile
2. Azionamento di una valvola bistabile con segnali positivi di pressione
3. Azionamento di valvola bistabile con mancanza dei segnali di comando (comando negativo)
4. Circuito per rendere bistabile una valvola monostabile
5. Limitatore di impulso
6. Forza di azionamento di una valvola di fine corsa

Materiale utilizzato e strumentazione:

- Valvola a cassetto a tre vie, monostabile
- Valvola a cassetto a quattro vie, bistabile
- Resistenze pneumatiche
- Finecorsa pneumatici
- Pulsanti a due vie
- Pulsanti a tre vie
- Lampadine pneumatiche
- Manometri
- Dinamometri
- Dispositivo a leva per misure di forza

1. Azionamento di una valvola monostabile

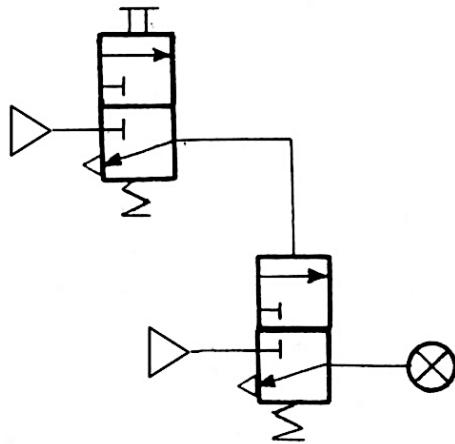


Figura 1 – Schema per azionamento di valvola monostabile

Il circuito in esame è composto come segue:

- Valvola 3/2 NC monostabile, con azionamento a pulsante
- Valvola 3/2 NC monostabile, con azionamento pneumatico
- Lampadina pneumatica
- Manometri

Una valvola è monostabile quando presenta una molla interna che, in assenza di segnale, impone una configurazione precisa della valvola. Se si agisce sul pulsante di comando della valvola la configurazione commuta. L'aria in uscita dall'alimentazione raggiunge allora la valvola a comando pneumatico che a sua volta si porta ad una nuova configurazione. La lampadina, che a questo punto sarà connessa all'alimentazione, si accende.

Si noti come la valvola, essendo a 3 vie del tipo a cassetto, in funzione della posizione reciproca dei condotti di alimentazione e scarico, possa diventare normalmente chiusa o aperta.

In seguito, si è andati a valutare la pressione minima di comando p_C in funzione della pressione di alimentazione p_A . Si è allora fissato il valore della pressione di alimentazione andando poi ad aumentare gradualmente la pressione di controllo fino ad ottenere la commutazione della valvola, visibile tramite lo spegnimento della lampadina pneumatica.

La prova è stata eseguita per 3 diversi valori di pressione di alimentazione, acquisendo per ciascuna di esse tre misurazioni della pressione di commutazione e mediandone i risultati al fine di ottenere risultati più affidabili.

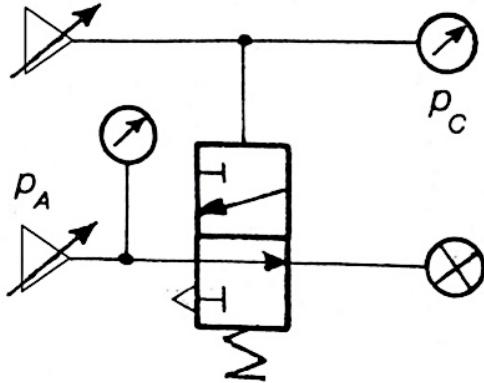


Figura 2 - Schema di valutazione della pressione di commutazione

p_A [bar]	p_{C1} [bar]	p_{C2} [bar]	p_{C3} [bar]	p_{cm} [bar]
4	1,90	1,95	2,00	1,95
5	1,95	1,95	1,95	1,95
6	2,00	2,00	1,95	1,98

Tabella 1 – Pressioni misurate in impianto

La pressione che porta alla commutazione della valvola è indipendente dalla pressione di alimentazione, infatti, anche modificando il valore di p_A la pressione p_C si mantiene mediamente uguale. Da questa osservazione si deduce come la valvola in questione sia a cassetto e non ad otturatore, perché risulta bilanciata in maniera indipendente dalla pressione di alimentazione: la forza richiesta dall'azionamento è costante e dipende solo dagli attriti delle guarnizioni. In una valvola ad otturatore invece la pressione di alimentazione produce una forza che influisce sull'equilibrio dell'organo mobile.

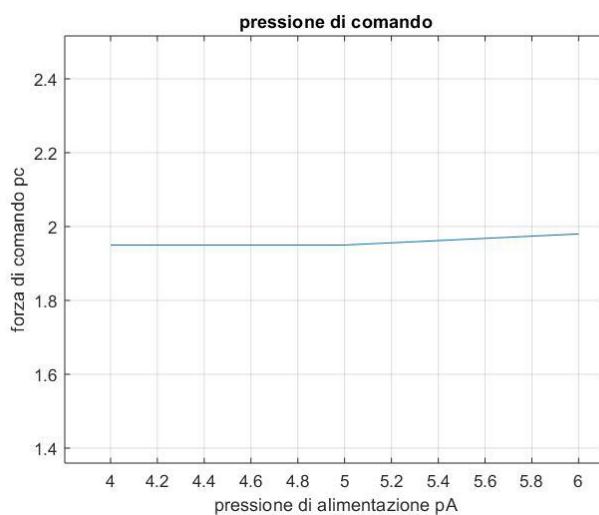


Figura 3 - Grafico pressione di comando - pressione di alimentazione

2. Azionamento di una valvola bistabile con segnali positivi di pressione

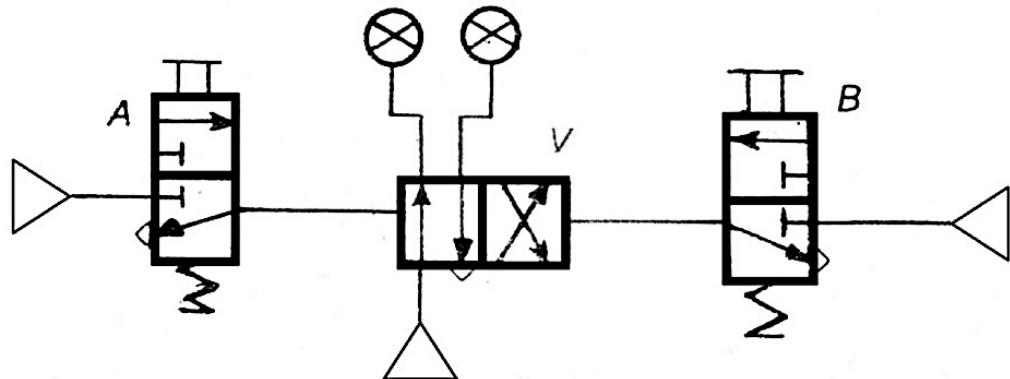


Figura 4 - Schema per azionamento valvola bistabile

Il circuito analizzato è composto come segue:

- Due valvole 3/2 NC monostabile, con azionamento a pulsante
- Valvola 4/2 bistabile, con azionamento pneumatico
- Due lampadine pneumatiche

Nelle condizioni iniziali di funzionamento la valvola bistabile V si trova nella configurazione di sinistra: l'aria proveniente dall'alimentazione giungerà alla lampadina di sinistra provocandone l'accensione per l'aumento di pressione (le lampadine sono infatti indice del raggiungimento del segnale di pressione), quella di destra è invece mandata a scarico mantenendosi spenta. Azionando la valvola B si darà pressione all'azionamento pneumatico destro della valvola V portandola a commutare, così la lampadina di sinistra andrà a scarico perdendo la pressione di accensione e la lampadina di destra si troverà collegata all'alimentazione, accendendosi. Una volta rilasciato il comando della valvola B, essendo stabile anche nella nuova configurazione, la valvola V rimarrà nell'ultima configurazione di lavoro, quella destra, per cui sarà necessario azionare la valvola A per poter commutare nuovamente e riportare lo schema nella configurazione iniziale. Risulta quindi necessario un azionamento mutevole delle valvole A e B per poter commutare alternativamente la valvola V.

3. Azionamento di valvola bistabile in assenza di segnale di comando (comando negativo)

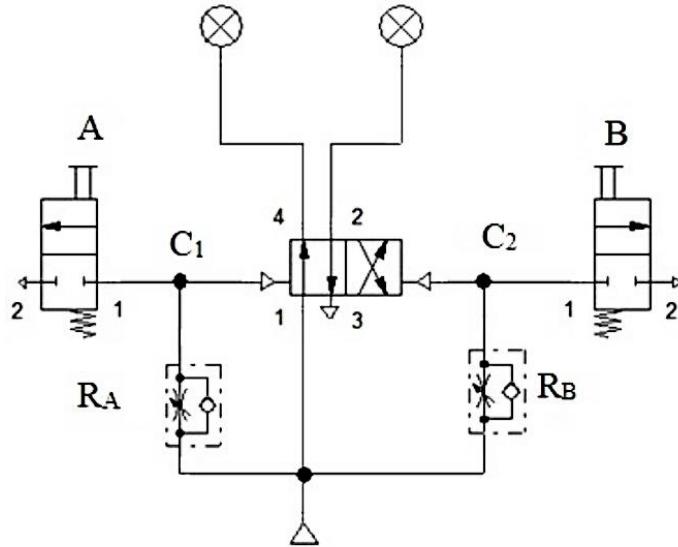


Figura 5 - Schema di un azionamento di una valvola bistabile con comando negativo

Lo schema rappresenta l'azionamento di una valvola bistabile con la mancanza di segnale di comando. È costituito da:

- Due valvole 2/2 NC monostabili, con azionamento a pulsante
- Valvola 4/2 bistabile, con azionamenti pneumatici
- Due lampadine pneumatiche
- Due regolatori di flusso unidirezionali
- Tubi e giunzioni

Come si può vedere dallo schema, i comandi C₁ e C₂ della valvola 4/2 sono collegati all'alimentazione tramite due valvole regolatrici di flusso unidirezionale R_A e R_B e mandati in scarico agendo sulle valvole A e B. Alimentando l'impianto la pressione in C₁ e C₂ inizia a salire e, dopo un transitorio, sarà uguale in entrambi i punti e pari alla pressione di alimentazione. La durata del transitorio è determinata dalla resistenza che impongono i due regolatori di flusso, ovvero dal grado di apertura. In questa fase, se i due regolatori di flusso hanno la stessa apertura, la valvola di comando non commuta e rimane nell'ultima configurazione che aveva assunto (essendo le due pressioni di comando equivalenti).

A questo punto, per commutare la valvola e quindi accendere la luce 4 o 2 si deve agire sui comandi meccanici A e B. Per esempio, azionando il comando A la valvola commuta portando in scarico il segnale C₁ che dopo un transitorio raggiungerà la pressione ambiente. Siamo nella condizione in cui C₂ è in pressione mentre C₁ è in scarico per cui la valvola commuta accendendo la luce 2 e spegnendo la 4.

Si dice a comando negativo per questo motivo: per commutare la valvola si porta in scarico uno dei due comandi; mentre per una a comando positivo si commuta la valvola dando pressione a uno dei due segnali. Discorso analogo vale se si agisce sulla valvola B.

È stato poi verificato l'effetto delle resistenze nel caso in cui siano entrambe portate a zero: agendo sulle valvole A e B la valvola non commuta. Infatti, la caduta di pressione si registra in corrispondenza delle valvole stesse, mentre i comandi C1 e C2 non vedono cambiare il loro livello di pressione.

Si noti che i due regolatori di flusso sono unidirezionali, a questo proposito durante il montaggio c'è necessità di un'accortezza maggiore per evitare un consumo di aria inutile a causa della comunicazione diretta della pressione di alimentazione con la pressione ambiente. La valvola di non ritorno, infatti, deve impedire che l'aria possa fluire dall'alimentazione verso C1 senza resistenza, altrimenti quando la valvola A è in scarico, l'alimentazione è in comunicazione diretta con lo scarico e le perdite aumentano notevolmente. Se invece montiamo la valvola di non ritorno in modo che il flusso verso C1 sia regolato (diodo con triangolo verso l'alto) l'alimentazione non risulta più in collegamento diretto con l'ambiente perché vi è una resistenza che impone una caduta di pressione, limitando le perdite.

4. Circuito per rendere bistabile una valvola monostabile

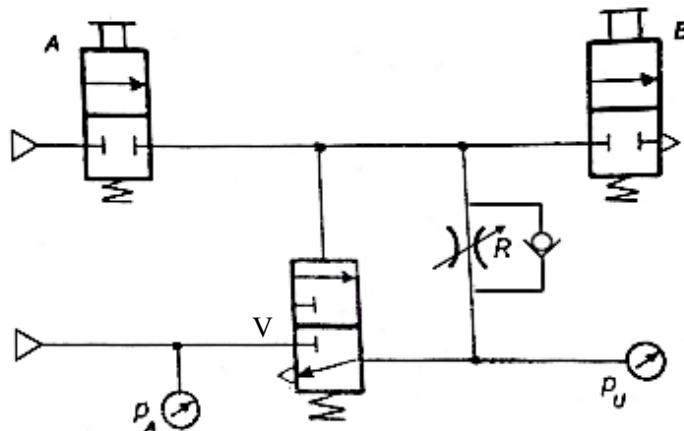


Figura 6 - Schema di un circuito per rendere bistabile una valvola monostabile

Lo schema rappresenta un circuito in grado di rendere bistabile una valvola monostabile grazie ad un comando di auto-alimentazione. Sono presenti i seguenti elementi:

- Una valvola 3/2 NC monostabile, con azionamento pneumatico
- Due valvole 2/2 NC monostabili, con azionamenti a pulsante
- Manometri
- Un regolatore di flusso unidirezionale
- Tubi e giunzioni

Dallo schema si nota che nella configurazione normale il circuito è tutto in scarico. Quando si aziona il pulsante A il circuito di comando della valvola V inizia ad aumentare la pressione e dopo un transitorio la pressione supera la forza impressa dalla molla e la valvola commuta mandando in pressione p_u . L'aria in pressione, oltre ad aumentare la pressione nel manometro fluisce attraverso il regolatore di flusso e va nel circuito di comando, creando un auto-sostentamento. In questo modo, anche quando il comando A viene rilasciato, la valvola V rimane commutata grazie alla pressione proveniente dall'alimentazione che sostiene il comando pneumatico. Con questo circuito la valvola V è diventata bistabile.

Il transitorio di questa fase non è stato apprezzabile in laboratorio perché i tubi sono corti perciò poco capacitivi, tuttavia in un impianto reale in cui la lunghezza dei tubi può raggiungere anche 10/20 m il transitorio non risulta più trascurabile.

Per evitare di avere la pressione di alimentazione di A in collegamento diretto con la pressione atmosferica (durante il transitorio di riempimento del circuito comando, quando si aziona la valvola A) si inserisce un regolatore di flusso unidirezionale che impone una resistenza al flusso quando la valvola V è in condizioni normali, quindi con la p_u in scarico. Questa caduta di pressione permette di aumentare la pressione nel circuito di comando per contropressione. Se il regolatore fosse montato inversamente, l'aria in pressione proveniente dalla valvola A non transiterebbe più attraverso la strozzatura del regolatore ma passerebbe attraverso la valvola di non ritorno, nel verso in cui è consentito il passaggio. In questo modo arriverebbe direttamente allo scarico della valvola V non riuscendo ad aumentare la pressione nel circuito di comando e quindi la valvola non commuterebbe.

Per commutare nuovamente la valvola V e tornare con la p_u in scarico si preme il comando B portando il circuito di comando alla pressione atmosferica. In questo modo la valvola torna in condizioni normali.

Questo tipo di funzionamento equivale a dire che il circuito ha un comportamento di memoria.

Nel caso particolare in cui si azionano contemporaneamente entrambi i comandi (A e B) la valvola V rimane nella condizione normale perché il circuito di comando, essendo collegato a scarico, non raggiunge la pressione necessaria a far commutare la valvola.

5. Limitatore di impulso

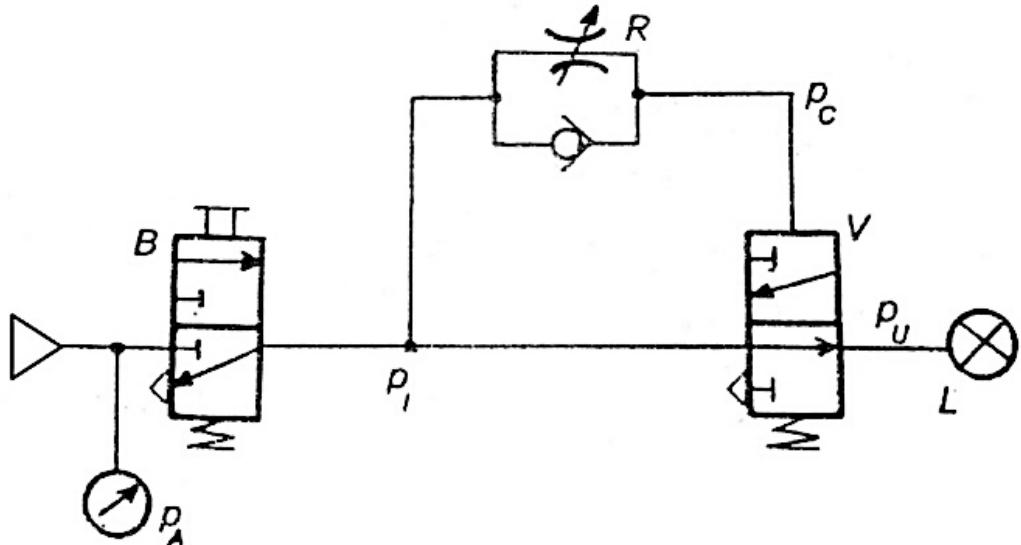


Figura 7 - Schema per realizzazione limitatore di impulso

Lo schema rappresenta un circuito per realizzare il limitatore di impulso. Sono presenti i seguenti elementi:

- Manometro
- Valvola 3/2 monostabile N.C. con azionamento manuale a pulsante (B)
- Regolatore di flusso unidirezionale (R)
- Valvola 3/2 monostabile N.A. con azionamento pneumatico (V)
- Lampadina pneumatica (L)
- Cronometro
- Tubi, giunzioni e raccordi

L'impianto si attiva con l'azionamento della valvola B che mette in comunicazione l'alimentazione alla valvola V – normalmente aperta – quindi portando in pressione la lampadina L. Dopo un certo Δt la pressione P_C fa commutare la valvola V così da chiudere l'alimentazione alla lampadina e collegarla allo scarico a pressione ambiente, spegnendosi.

La prova è volta a valutare il tempo che intercorre dall'azionamento di B alla commutazione della valvola V, che avviene quando la pressione P_C raggiunge quella di commutazione della valvola V, data dal precarico della molla e gli attriti interni alla valvola stessa.

Questo tempo è influenzato dal grado di apertura della valvola regolatrice di flusso, infatti, a parità di pressione di alimentazione, più la sezione è strozzata maggiore è il tempo affinché P_C raggiunga la pressione di commutazione della valvola.

Un altro parametro di importante influenza è la pressione di alimentazione del sistema (P_A), difatti con una pressione di monte maggiore, a parità di apertura del regolatore di flusso, il tempo di commutazione è inferiore, grazie al fatto che il maggiore gradiente di pressione che si instaura tra monte e valle velocizza il flusso del fluido nella stessa, diminuendo il tempo di raggiungimento di una determinata pressione, che nel caso in esame, è quella di commutazione della valvola.

Da notare la valvola di non ritorno messa in parallelo con il regolatore di flusso in modo da scaricare velocemente il ramo di comando della valvola V nel momento in cui la valvola B è rilasciata, così facendo tutto l'impianto vede direttamente lo scarico senza particolari resistenze concentrare da superare. Infine, si è stabilito che la pressione P_c di comando della valvola V coincide con quella misurata nella prima prova.

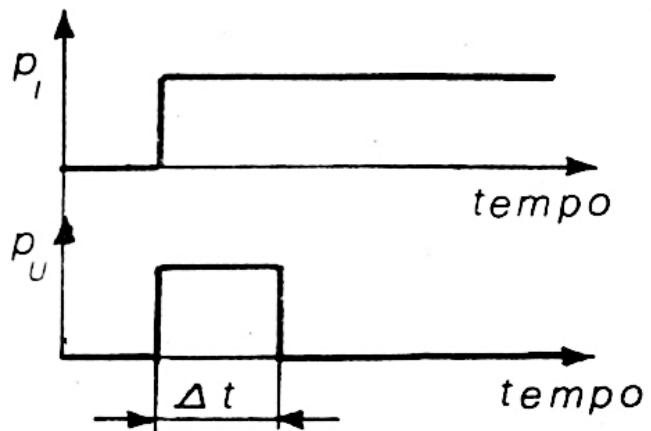


Figura 8 - Andamento pressioni alla lampadina e all'alimentazione nel tempo

6. Forza di azionamento di una valvola di fine corsa

Si vuole ora ricavare la forza di azionamento di una valvola ad azionamento meccanico.

Si sono sfruttati i seguenti elementi:

- Riduttore di pressione
- Lampadina pneumatica
- Valvola ad azionamento meccanico
- Trave incernierata ad una estremità
- Manometro
- Dinamometro
- Metro a nastro
- Tubi
- Giunzioni a T

Si è optato per una valvola ad azionamento a leva in quanto quella a rotella messa a disposizione, più adeguata a questo tipo di prova perché offre meno attrito, si aziona con il solo peso proprio della trave.

La valvola è a quattro bocche e quattro vie ed è connessa in modo tale che, in condizioni normali, l'alimentazione risulti tappata e la lampadina pneumatica a cui è connessa sia messa a scarico.

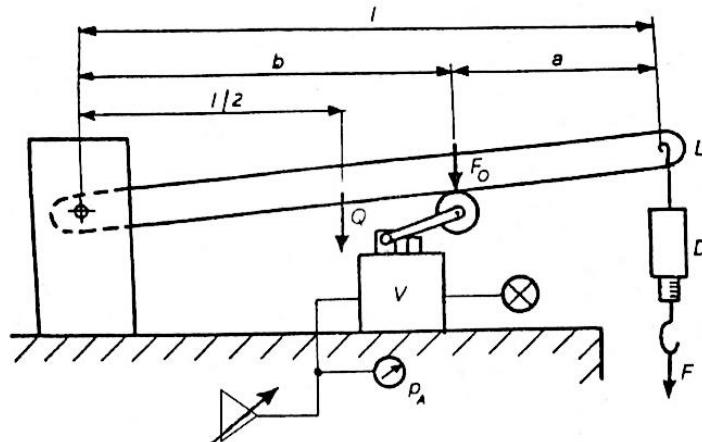


Figura 9 - Schema di valutazione prova

La valvola di prova è posizionata sotto la trave L, in modo che un abbassamento di quest'ultima commuti la configurazione della valvola.

Come prima cosa si sono misurate le dimensioni della trave in questione, i valori misurati sono:

$$l = 0,835 \text{ m}$$

$$a = 0,285 \text{ m}$$

$$b = 0,540 \text{ m}$$

Per determinare il peso si è ricavata con il dinamometro la forza F all'estremità libera della trave in grado di bilanciarne il peso della trave in posizione perfettamente orizzontale. Questa risulta pari a 3,55 N. Impostando poi l'equazione di equilibrio:

$$F \cdot l = Q \cdot \frac{l}{2}$$

$$Q = 2F = 2 \cdot 3,55 = 7,10 \text{ N}$$

$$m = \frac{Q}{g} = \frac{7,10}{9,81} = 0,724 \text{ kg}$$

Si fissa allora la pressione di alimentazione p_A e con il dinamometro si ricava la forza necessaria a commutare la valvola. La commutazione, che avviene per una certa forza applicata sulla leva, può essere visualizzata tramite una lampadina pneumatica la quale, vedendo l'alimentazione, sia accende.

Al fine di ottenere dei risultati più attendibili si sono ripetute le misurazioni più volte, andando poi a mediare i risultati.

La forza F_0 che deve essere direttamente applicata alla leva della valvola si ricava ancora una volta con l'equilibrio alla rotazione rispetto alla cerniera della trave:

$$F_0 = \frac{Q \cdot \frac{l}{2} + F \cdot l}{b}$$

Nella tabella sottostante sono riassunti i risultati delle misurazioni.

p_A [bar]	F [N]	F_0 [N]	F_{0media} [N]
4	1,28	7,47	7,61
	1,37	7,61	
	1,47	7,76	
6	1,37	7,61	7,61
	1,47	7,76	
	1,27	7,45	

Tabella 2 - Forze rilevate

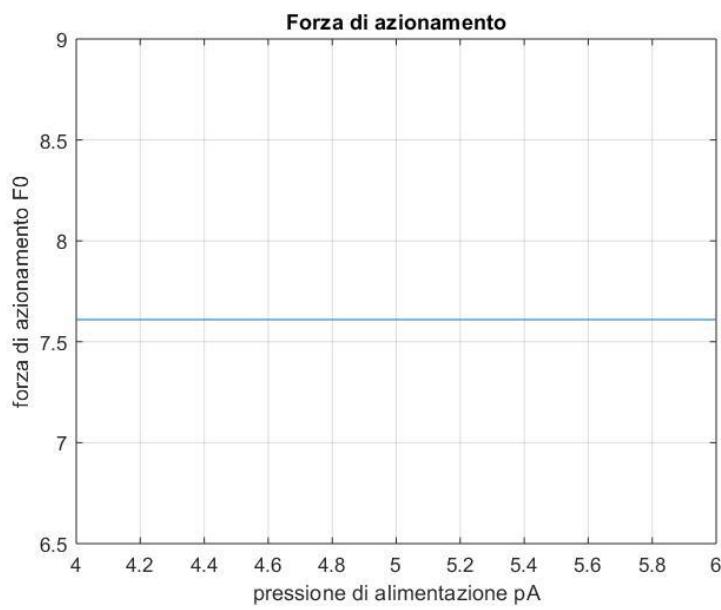


Figura 10 - Andamento forza di azionamento rispetto alla pressione

Si può allora concludere che la forza di azionamento non è influenzata dalla pressione di alimentazione, dunque la valvola è a cassetto autobilanciata.

PORTATA DI VALVOLE PNEUMATICHE E TAVOLA LUMINOSA

Esercitazione 3

Portate di valvole pneumatiche

Lo scopo dell'esperienza consiste nel rilevare sperimentalmente le curve di flusso che legano la portata alla pressione di alimentazione e alla caduta di pressione attraverso la valvola e nella determinazione dei parametri caratteristici delle valvole secondo le normative ISO e le normative N.B.S. Infine, si è effettuato un paragone tra le curve ricavate sperimentalmente e quelle approssimate dalle normative ISO e N.B.S.

Attrezzi e strumentazione

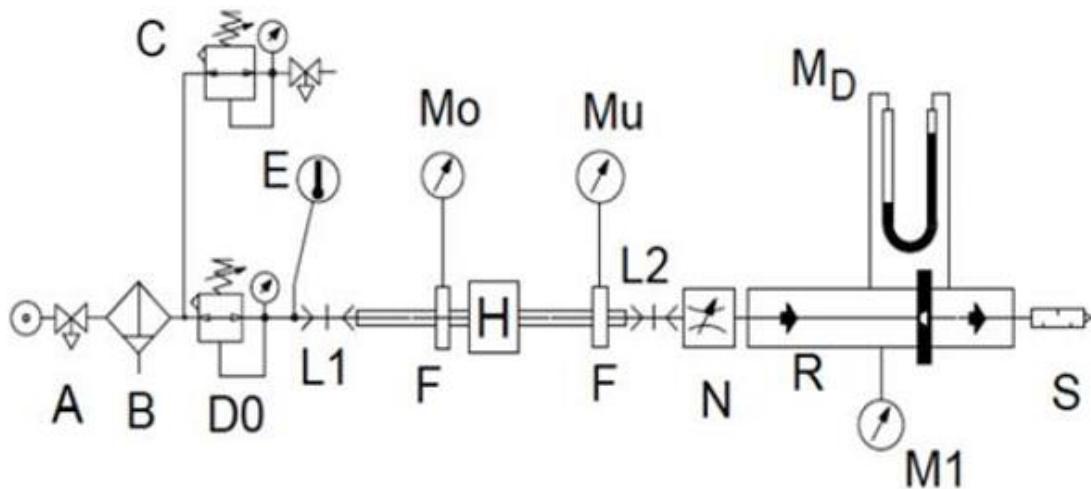


Figura 1 - Schema banco prova

Per ricavare le curve di portata in funzione delle pressioni della valvola, si utilizza il banco di prova riportato nella Figura 1.

Leggendo lo schema dell'impianto da sinistra verso destra, questo comprende:

- **A**, Valvola di intercettazione a sfera a 3 vie, che chiudendo l'immissione di aria, compressa scarica l'impianto.
- **B**, Filtro separatore di condensa.
- **C**, Gruppo ausiliario, formato da un riduttore di pressione con manometro e da una valvola a manicotto a 3 vie, per l'eventuale comando pneumatico della valvola di prova.

- **D₀**, Riduttore di pressione per regolare la pressione P₀ in ingresso alla valvola
- **E**, Termometro per rilevare la temperatura dell'aria.

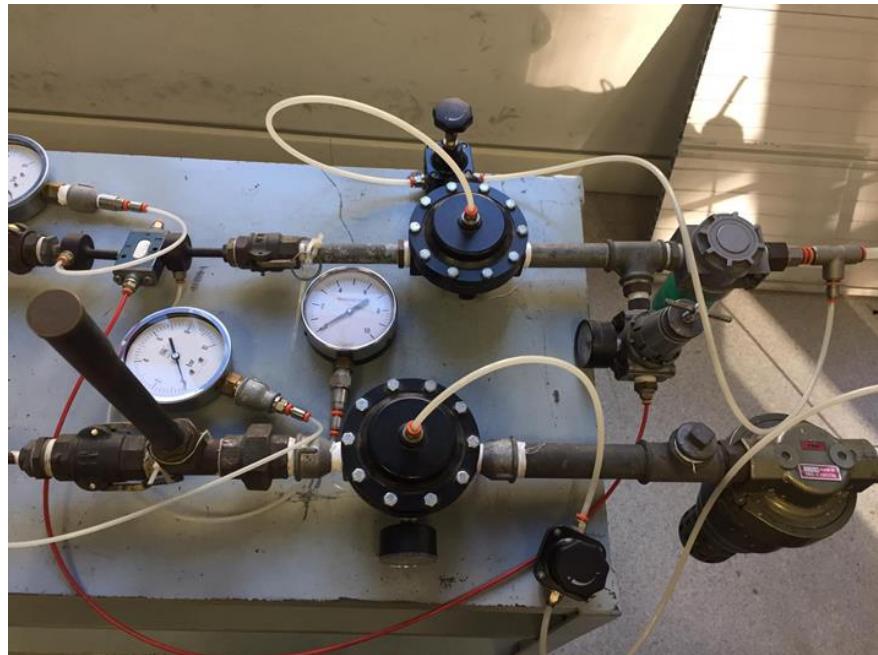


Figura 2 - Riduttore di pressione, termometro, gruppi ausiliari e filtri

- **F**, Tubi di raccordo e di misura delle pressioni in ingresso e in uscita della valvola in prova. Tali tubi, realizzati secondo le norme CETOP (RP 50 R), rendono trascurabili le perdite indotte dai raccordi stessi e regolarizzano il flusso.
- **H**, Valvola pneumatica in prova.
- **L1 e L2**, Raccordi rapidi, ad aggancio meccanico che permettono (assicurarsi che lo impianto non sia in pressione) di sconnettere dal banco il gruppo formato dalla valvola e dai tubi di misura. Risulta così agevole cambiare la valvola o variare le vie di prova della valvola stessa.
- **M₀ e M_u**, Manometri per il controllo delle pressioni in ingresso P₀ ed in uscita P_u



Figura 3 - Manometri, valvole pneumatiche in prova, tubi di raccordo e di misura delle pressioni in ingresso

- **N**, Valvola regolatrice di flusso per variare il carico (pressione Pu)
- **R**, Misuratore di portata a diaframma.
- **M1**, Manometro per rilevare la pressione p1 a monte del diaframma.
- **MD**, Manometro differenziale a acqua per rilevare la caduta di pressione Δp .
- **S**, Silenziatore



Figura 4 - Manometri differenziali

Misura della portata

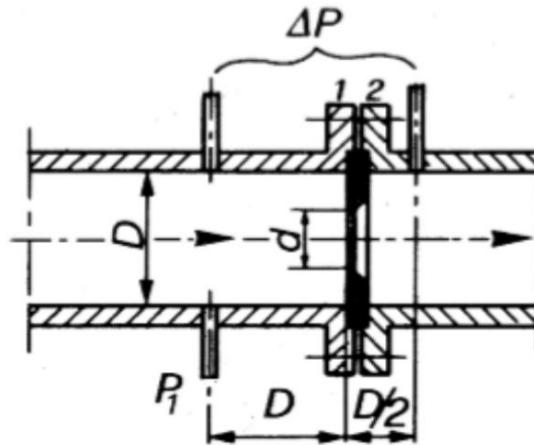


Figura 5 - Schema del misuratore di portata a diaframma

Il misuratore di portata è formato da un disco calibrato, con un foro di diametro d , bloccato tra due flange saldate rispettivamente ai tratti di tubazione a monte e a valle del disco. Le prove in laboratorio sono state effettuate usando una misura del foro pari a $d = \frac{3}{4}'' = 19,05\text{ mm}$.

Il fluido passa nel foro calibrato, si ha un aumento della velocità del flusso che determina una caduta di pressione, misurata tramite le canne manometriche. La pressione rilevata a monte e a valle è una pressione media sul tubo. Le distanze alle quali sono poste le prese di pressione sono scelte in modo che le perturbazioni della corrente, causate da elementi inseriti a monte ed a valle del sistema, non vadano ad influenzare la rilevazione della pressione.

Nel campo della pneumatica si è interessati alla portata in volume di aria, che si ottiene dividendo la portata in massa per la densità dell'aria. Facendo riferimento a condizioni di funzionamento normali:

- $P_N = 1\text{ bar}$
- $T_N = 293\text{ K}$

l'espressione utilizzata, valida per un diametro interno del diaframma pari a $d = \frac{3}{4}'' = 19,05\text{ mm}$, è la seguente:

$$Q = 38,5 \sqrt{\frac{hP_1}{T_1}}$$

dove:

- Q è la portata in volume in l/s ANR ;
- h è il ΔP in cm tra monte e valle del diaframma, cioè il dislivello letto sul manometro differenziale tra lo zero della scala e il pelo libero dell'acqua;
- $P_1 = P_A + p_1$, la pressione assoluta espressa in bar;
- T_1 è la temperatura assoluta dell'aria, pari a $t_1 + 273$, espressa in Kelvin.

Curva di flusso

La curva di flusso è un grafico caratteristico della valvola che si sta studiando (Figura 6). Questo grafico permette di definire, nota la pressione di monte p_0 , l'andamento della portata in funzione della pressione di valle della valvola p_u . In questo grafico si possono riconoscere due tratti distintivi: tratto subsonico e tratto sonico. La parte subsonica è descritta dal ramo di ellisse dove a pressione di valle minore corrisponde una portata maggiore, in accordo con le relazioni fluidodinamiche in cui la portata è in rapporto di proporzionalità con il Δp ai capi di un condotto. Il tratto subsonico termina ad un determinato valore di pressione di valle, tale che:

$$r_c = \frac{p_u}{p_0}$$

Questo è definito come rapporto critico delle pressioni tra valle e monte di un condotto, che viene posto a $r \approx 0,5$. Il tratto successivo, cioè quello sonico, presenta un andamento caratterizzato da una portata costante, dovuto al comportamento elastico del fluido, infatti la compressione del fluido in regime sonico non permette di trasferire informazioni da valle a monte, così che il serbatoio di monte non ricevendo informazioni riguardo la pressione di valle invierà una portata costante.

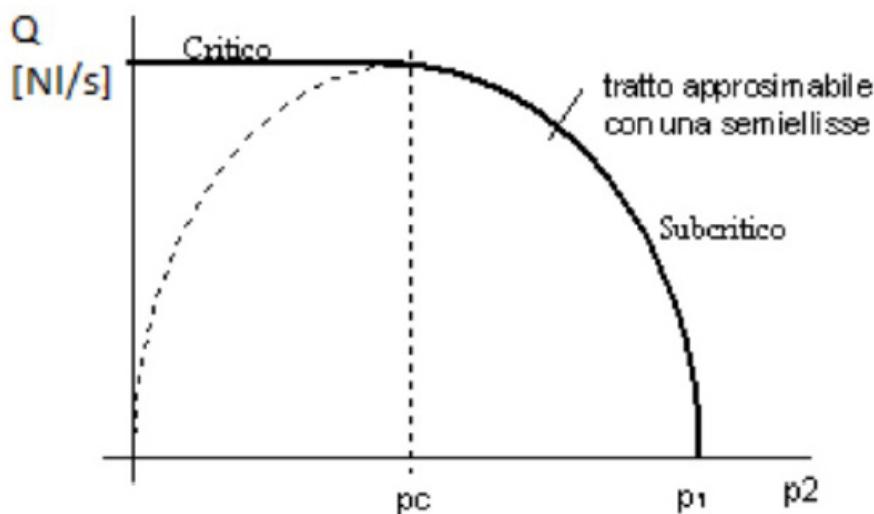


Figura 6 - Curva caratteristica di flusso

Misurazioni e calcoli

Per effettuare il calcolo dei coefficienti caratteristici della valvola, usati nella normativa ISO e NBS, l'esperienza in laboratorio prevede di ricavare i dati caratteristici del funzionamento della valvola in due configurazioni di lavoro, ovvero impostando due pressioni di monte (4 bar e 6 bar relativi). Una volta impostata la pressione di monte attraverso il riduttore **D0**, si prevede una regolazione della valvola **N** inizialmente chiusa. Effettuando una apertura graduale di quest'ultima si può impostare una pressione di valle p_u , successivamente si registrano le misure dei due manometri ad acqua. Una volta acquisiti i dati per una data pressione di monte, si varia la pressione di valle e si ripete la stessa procedura. Utilizzando la formula riportata precedentemente si è calcolata la portata del punto sperimentale e si è reiterata la procedura con una nuova regolazione della valvola **N** fino al raggiungimento della pressione minima ammissibile dal sistema.

Coefficienti di valvola ISO

La norma ISO 6358 definisce le procedure di prova per ricavare sperimentalmente due coefficienti caratteristici, C (conduttanza) e b (rapporto critico della valvola) e la modalità di rappresentazione della curva di portata di una valvola. La formula utilizzata è la seguente:

$$Q_N = CP_0K_T \sqrt{1 - \left(\frac{r-b}{1-b}\right)^2}$$

Dove:

- Q_N portata in volume che scorre nella valvola in l/s ANR;
- P_0 pressione assoluta in ingresso valvola in bar;
- $r = \frac{P_u}{P_0}$ è il rapporto tra le pressioni assolute di uscita e ingresso
- $K_T = \sqrt{293/T_0}$ fattore correttivo che tiene conto della temperatura assoluta in ingresso;
- C Conduttanza della valvola che rappresenta la capacità di una valvola di far passare portata
- b rapporto critico delle pressioni della valvola, è un indice delle perdite interne di una valvola.

La conduttanza C della valvola è stata determinata con la seguente espressione:

$$C = \frac{Q_C}{P_0 K_T}$$

Dove Q_C corrisponde alla portata massima misurata. Questa espressione deriva dalla formula per il calcolo della portata secondo la normativa ISO ponendo $r = b$.

Il rapporto critico b può essere determinato nel seguente modo:

$$b = 1 - \frac{\Delta P}{P_0 \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{Q'}{Q_C} \right)^2} \right]}$$

Dove $\Delta P = P_0 - P_u$ è la differenza di pressione che produce la portata Q' . Il valore del rapporto critico b può essere valutato o facendo una media dei b calcolati per ogni valore di Q' che corrisponde al 20%, 40%, 60% e 80% della portata massima Q_C , oppure ponendo $\Delta P = 1$ bar cioè leggendo sulla curva di portata tracciata per P_0 il valore di Q' corrispondente ad una pressione $P_u = P_0 - 1$.

Coefficiente di valvola N.B.S.

Il National Bureau of Standard (N.B.S.) fornisce tre diverse espressioni per il tratto subsonico, espressioni per cui ogni valvola viene caratterizzata da un coefficiente di valvola C_V .

La **prima** espressione modellizza al meglio valvole con perdite di carico intermedie, il suo massimo è per $r=0,451$.

$$Q = \frac{C_V}{\sqrt{2}} p_0 K \sqrt{r(1-r)(3-r)}$$

Dove:

- Q : portata in volume [l/s (ANR)];

- p_0 : pressione assoluta di ingresso della valvola [bar];
- r : rapporto tra le pressioni assolute in uscita e in ingresso (p_u/p_0);
- $K_T = \sqrt{\frac{293}{T_0}}$: coefficiente correttivo della temperatura;
- C_V : coefficiente di valvola [$\text{l}/\text{s} \cdot \text{bar}$] (ANR);

È possibile determinare il coefficiente C_V tramite la seguente relazione:

$$C_V = \frac{Q''}{\sqrt{p_0 \cdot \Delta p \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta p}{p_0} - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^2 \right]}}$$

Dove Q'' è la portata sperimentale che attraversa la valvola per un rapporto $r = p_u/p_0 = 0.5$, cioè in condizioni in cui il valore di portata è vicino a quello massimo. Introducendo questa considerazione all'interno della relazione precedente si ottiene:

$$C_V = \frac{4 \cdot \sqrt{5} \cdot Q''}{5 \cdot p_0}$$

La **seconda** espressione rappresenta un'approssimazione del flusso isoentropico per valvole con perdite ridotte. Il massimo di tale curva si realizza per $r = 0.5$;

$$Q = \frac{\sqrt{5}}{2} C_V p_0 K \sqrt{r(1-r)}$$

Una **terza** espressione approssima meglio le valvole con elevate perdite di carico. Il massimo della curva lo si ha per $r = 0$

$$Q = \sqrt{\frac{5}{12}} C_V p_0 K_T \sqrt{1-r^2}$$

Queste tre relazioni valgono per il campo subsonico quindi $r \geq 0.5$, invece quando si entra nel campo sonico l'andamento della portata viene approssimato con una retta orizzontale.

Risultati numerici e grafici ottenuti

Vengono riportati i dati sperimentali acquisiti e le successive rielaborazioni per il calcolo dei parametri di valvola e dell'andamento della portata mediante l'uso delle formule previste dalla normativa.

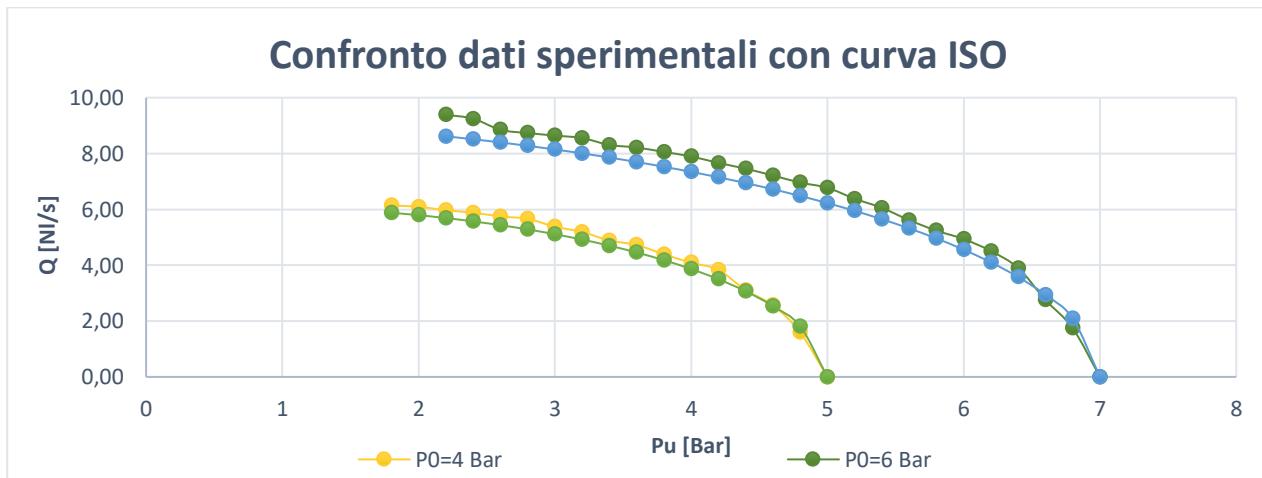
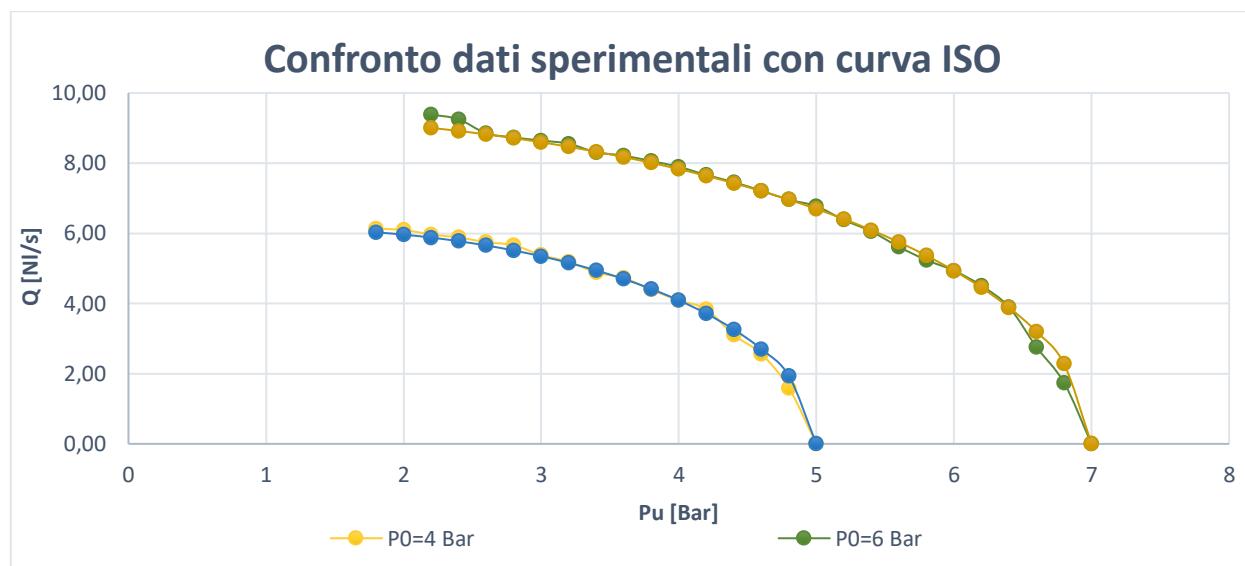
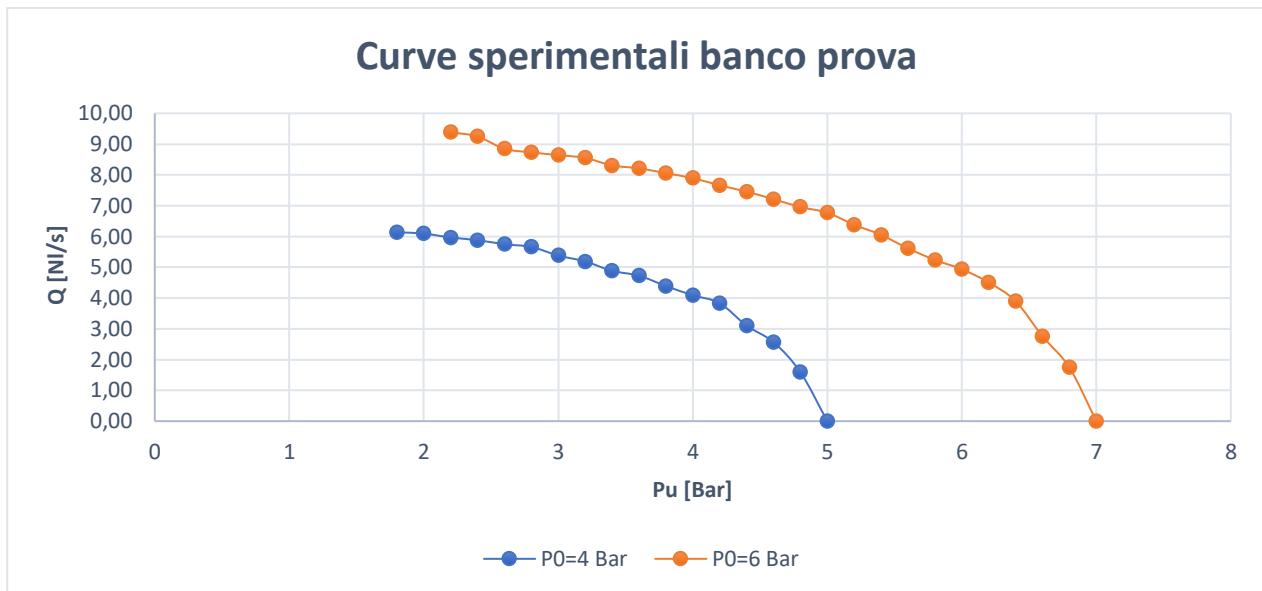
P0ass=	5	Bar															
Tass=	297	k															
K=	0,9932																
Pu [bar]	Pass [mm]	Pamb [mm]	P ass [Bar]	Man. Diff.	h [cm]	Q [NI/s]	b	C	r=Pu/P0	Qth [NI/s]	Qth [NI/s]	usando b a 3 Bar	usando b media	Cv prova 1	Q NBS I	Q NBS II	Q NBS III
5	65	65	1,0133	40	40	0	0,00		1,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00
4,8	67	64	1,0135	43	38	0,5	1,59	-0,171	0,96	1,93	1,81				2,04	2,26	1,87
4,6	72	62	1,0142	47	34	1,3	2,57	0,126	0,92	2,70	2,53				2,85	3,13	2,61
4,4	74	60	1,0146	50	31	1,9	3,10	0,125	0,88	3,26	3,07				3,45	3,75	3,16
4,2	78	55	1,0155	55	26	2,9	3,83	0,270	0,84	3,71	3,50				3,93	4,23	3,61
4	81	53	1,0160	57	24	3,3	4,09	0,215	0,80	4,09	3,86				4,33	4,61	4,00
3,8	83	51	1,0164	60	22	3,8	4,39	0,204	0,76	4,42	4,18				4,66	4,93	4,33
3,6	85	48	1,0169	62	18	4,4	4,73	0,227	0,72	4,70	4,46				4,95	5,18	4,62
3,4	86	46	1,0172	64	17	4,7	4,88	0,189	1,236	0,68	4,94	4,70			5,18	5,38	4,88
3,2	89	44	1,0177	67	14	5,3	5,19	0,228	0,64	5,16	4,92				5,38	5,54	5,12
3	91	43	1,0180	69	12	5,7	5,381	0,230	0,60	5,35	5,11				5,54	5,65	5,33
2,8	93	40	1,0184	72	9	6,3	5,66	0,283	0,56	5,51	5,28				5,66	5,73	5,52
2,6	94	39	1,0186	73	8	6,5	5,75	0,262	0,52	5,65	5,43				5,74	5,76	5,69
2,4	96	38	1,0189	75	7	6,8	5,88	0,272	0,48	5,77	5,57				5,79	5,76	5,84
2,2	97	37	1,0191	76	6	7	5,97	0,270	0,44	5,88	5,69				5,80	5,73	5,98
2	98	36	1,0193	78	5	7,3	6,09	0,321	0,40	5,96	5,79				5,76	5,65	6,10
1,8	98	35	1,0194	78	4	7,4	6,14	0,360	0,36	6,03	5,88				5,69	5,54	6,21

Tabella 1 - Valori e misure per 4 bar relativi

P0ass=	7	Bar															
Tass=	297	k															
K=	0,9932																
Pu [bar]	Pass [mm]	Pamb [mm]	P ass [Bar]	Man. Diff.	h [cm]	Q [NI/s]	b	C	r=Pu/P0	Qth [NI/s]	Qth [NI/s]	usando b a 3 Bar	usando b media	Cv prova 1	Q NBS I	Q NBS II	Q NBS III
7	67	67	1,0133	41	41	0	0,00		1,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00
6,8	71	66	1,0137	44	38	0,6	1,74	-0,644	0,97	2,28	2,09				2,42	2,69	2,21
6,6	79	61	1,0150	49	34	1,5	2,76	-0,296	0,94	3,20	2,94				3,40	3,75	3,11
6,4	77	57	1,0152	59	29	3	3,90	0,051	0,91	3,88	3,58				4,13	4,52	3,78
6,2	89	50	1,0171	60	20	4	4,51	0,069	0,89	4,45	4,10				4,73	5,14	4,33
6	87	47	1,0172	65	17	4,8	4,94	0,044	0,86	4,94	4,56				5,23	5,65	4,80
5,8	90	44	1,0178	67	13	5,4	5,24	-0,008	0,83	5,36	4,96				5,67	6,09	5,22
5,6	93	41	1,0183	72	10	6,2	5,61	-0,008	0,80	5,75	5,32				6,06	6,46	5,60
5,4	97	37	1,0191	77	5	7,2	6,05	0,029	0,77	6,09	5,65				6,40	6,78	5,93
5,2	101	33	1,0199	81	1	8	6,38	0,035	0,74	6,41	5,95				6,71	7,06	6,24
5	105	29	1,0207	86	-4	9	6,77	0,070	0,71	6,69	6,22				6,98	7,30	6,53
4,8	107	22	1,0216	88	-7	9,5	6,96	0,044	0,69	6,96	6,48				7,21	7,50	6,79
4,6	110	23	1,0218	93	-9	10,2	7,21	0,047	1,350	0,66	7,20	6,72			7,42	7,67	7,03
4,4	112	21	1,0222	95	-14	10,9	7,46	0,054	0,63	7,43	6,94				7,60	7,80	7,25
4,2	115	17	1,0229	98	-17	11,5	7,66	0,053	0,60	7,64	7,15				7,75	7,91	7,46
4	117	11	1,0236	102	-20	12,2	7,895	0,066	0,57	7,83	7,34				7,88	7,99	7,65
3,8	121	13	1,0238	104	-23	12,7	8,06	0,060	0,54	8,01	7,52				7,98	8,05	7,83
3,6	122	11	1,0241	106	-26	13,2	8,21	0,058	0,51	8,17	7,70				8,05	8,07	8,00
3,4	124	9	1,0245	108	-27	13,5	8,31	0,038	0,49	8,33	7,85				8,10	8,07	8,15
3,2	126	7	1,0249	112	-31	14,3	8,55	0,076	0,46	8,47	8,00				8,11	8,05	8,29
3	127	5	1,0252	113	-33	14,6	8,64	0,063	0,43	8,59	8,14				8,11	7,99	8,43
2,8	130	4	1,0256	115	-34	14,9	8,73	0,052	0,40	8,71	8,27				8,07	7,91	8,55
2,6	130	2	1,0258	117	-36	15,3	8,85	0,057	0,37	8,82	8,40				8,00	7,80	8,66
2,4	130	0	1,0260	130	-37	16,7	9,25	0,206	0,34	8,92	8,51				7,90	7,67	8,76
2,2	134	-2	1,0266	134	-38	17,2	9,39	0,314	0,31	9,00	8,62				7,77	7,50	8,85

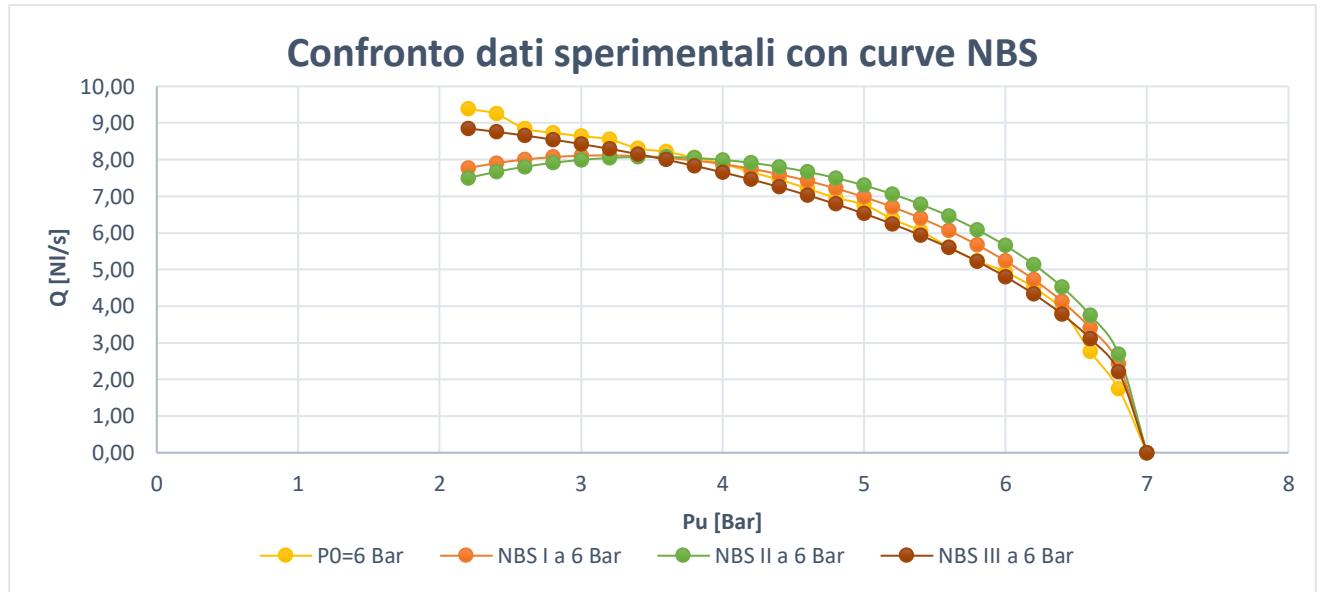
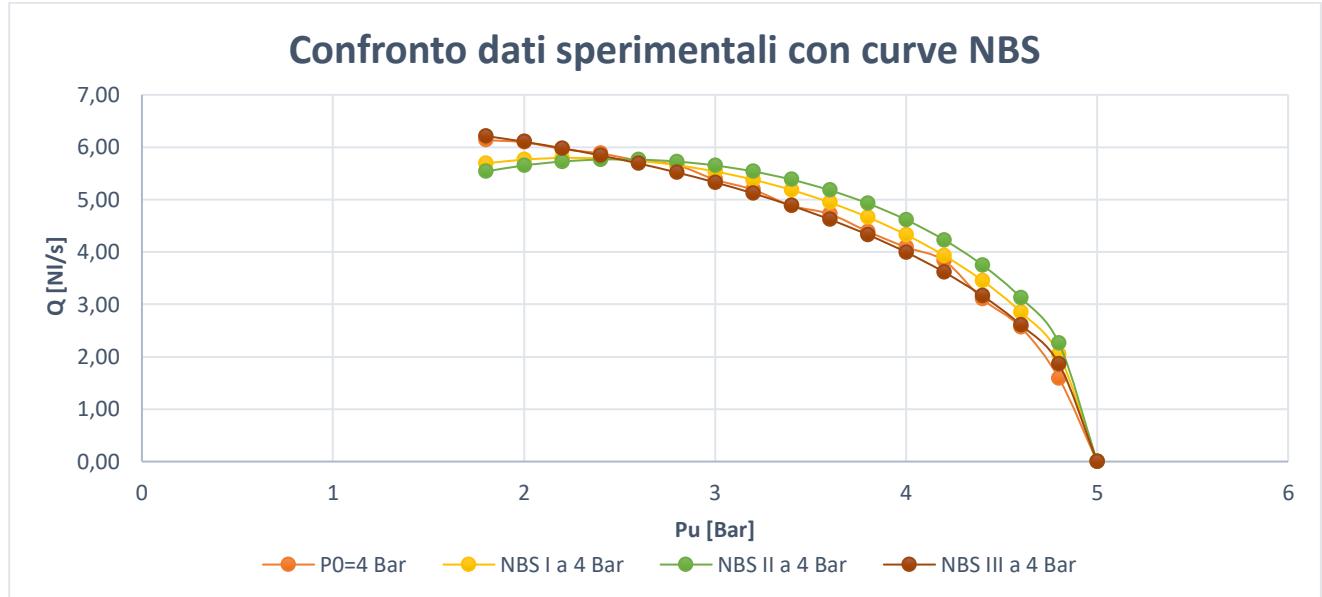
Tabella 2 - Valori e misure per 6 bar relativi

Successivamente vengono riportate e confrontate le diverse curve ottenute tramite i calcoli effettuati.

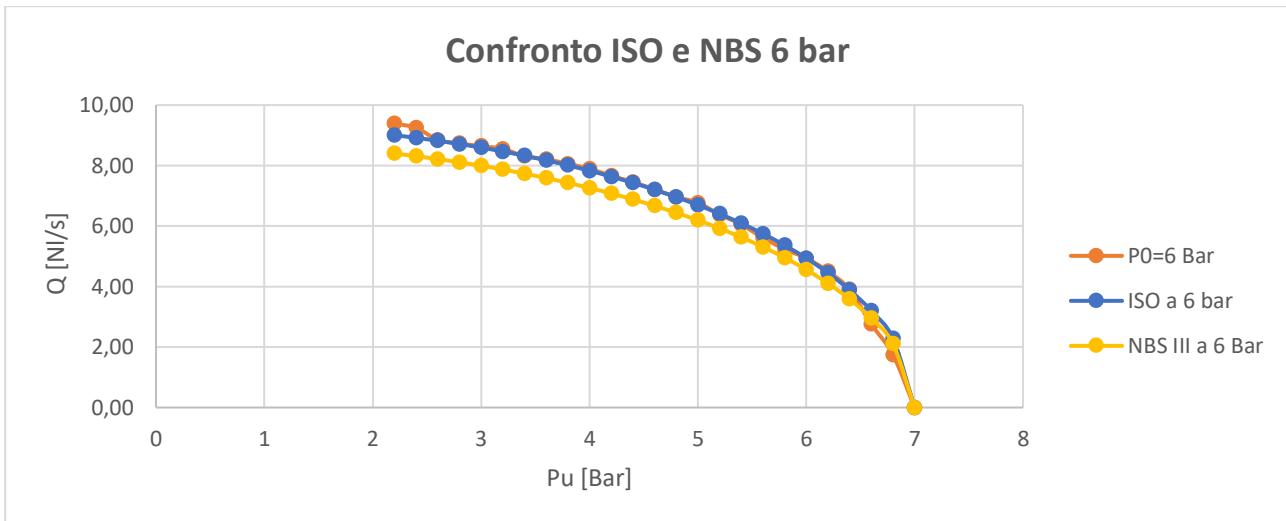
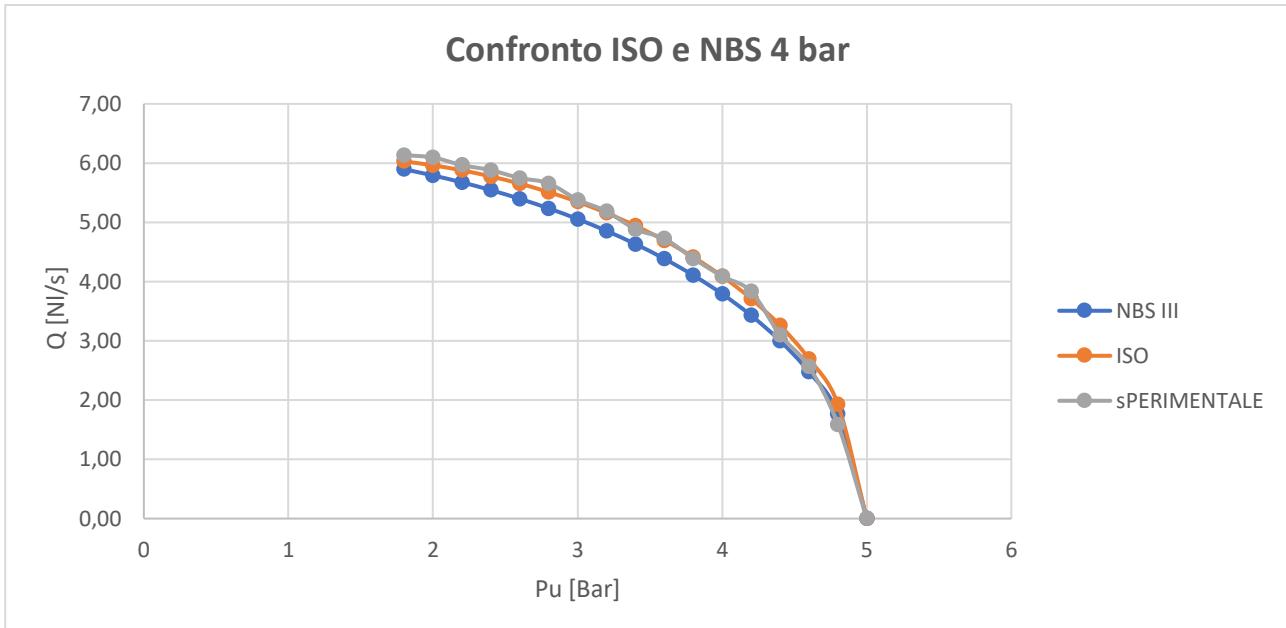


La migliore approssimazione si ottiene utilizzando la b calcolata alla pressione pari a 1 bar in meno rispetto alla pressione P_0 di alimentazione.

Vengono ora confrontate separatamente le curve sperimentali a 4 e 6 bar relativi con le curve ottenute mediante l'uso delle formule NBS.



Infine, è stato effettuato un confronto tra la curva sperimentale, la curva ottenuta tramite normativa ISO e quella ottenuta attraverso la formulazione NBS III, poiché è la curva che rappresenta al meglio valvole con elevate perdite di carico, come si poteva già ipotizzare dall'andamento sempre crescente della curva sperimentale anche per valori di P_u ridotti; e dal calcolo del parametro b che risulta negativo.



Conclusioni

I risultati mettono in evidenza che la curva ottenuta attraverso la normativa ISO risulta essere la miglior approssimazione della curva caratteristica sperimentale della valvola, quindi per ottenere una curva più precisa si consiglia di utilizzare la normativa ISO.

Non è stato possibile sperimentalmente impostare nelle due prove pressioni P_u inferiori a circa 2 bar (assoluti) poiché tale sovrappressione rispetto a quella atmosferica è necessaria per vincere le successive perdite di carico causate dal condotto stesso e dal diaframma inserito nel circuito per poter calcolare la portata

Tavola luminosa pneumatica

Lo scopo di questa esercitazione è l'esaminazione del funzionamento di valvole mediante l'utilizzo di modelli trasparenti che ne riproducono il comportamento; ciò si realizza tramite l'introduzione di bolle d'aria nell'olio per poter visualizzare la corrente all'interno dei componenti a seconda delle condizioni operative.

Le attrezzature utilizzate sono:

- Modelli trasparenti delle valvole;
- Lavagna luminosa per la proiezione dei modelli;
- Centralina oleodinamica completa di valvole di regolazione e del gruppo per immissione di bolle d'aria nell'olio;
- Tubi e raccordi.

Le prove sono state effettuate collegando le bocche dei componenti ai rispettivi attacchi della centralina mediante innesti rapidi di collegamento, in modo da analizzare tutte le configurazioni possibili. La regolazione può essere effettuata sia sulle valvole della centralina che sugli elementi di commutazione dei modelli. La centralina è composta da un serbatoio d'olio e da un gruppo di comando. Il serbatoio a sua volta è suddiviso in due camere: in quella più grande si trova la riserva d'olio in cui vi sono il motore e la pompa mentre nella seconda si trova il controllo elettrico.

La centralina (Figura 7) possiede delle manopole e leve che servono per il controllo delle condizioni operative: regolazione della valvola limitatrice di pressione (10), regolazione della valvola di by-pass (11) per controllare la portata prodotta, regolazione per il dosaggio delle bollicine (13), regolazione di una valvola 4/3 (9) per stabilire il collegamento tra l'alimentazione e le uscite A1 e A2 oppure B1 e B2, regolazione di una valvola 3/3 (8) che ha come uscita il condotto X usato per creare un comando supplementare. Entrambe le valvole 4/3 e 3/3 per mettono una regolazione di tipo proporzionale. Infine, T2 è un condotto collegato direttamente al serbatoio, mentre T1 è collegato al serbatoio tramite una valvola di regolazione (12) che produce una resistenza variabile.

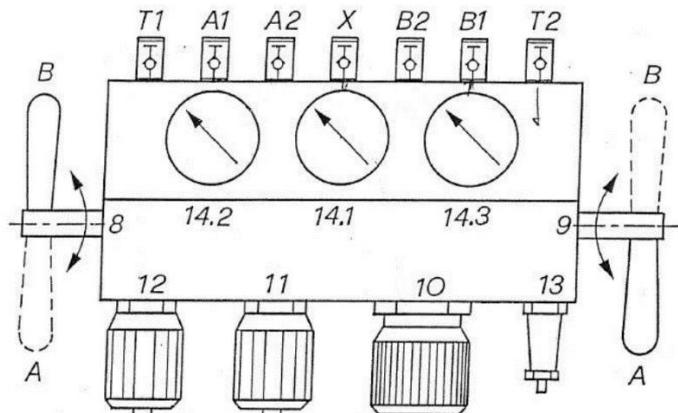


Figura 7 - Schema centralina

Regolatore di portata bidirezionale

Il regolatore è schematizzato in Figura 8 e permette di regolare la portata in modo uguale in entrambe le direzioni da A a B e da B ad A.

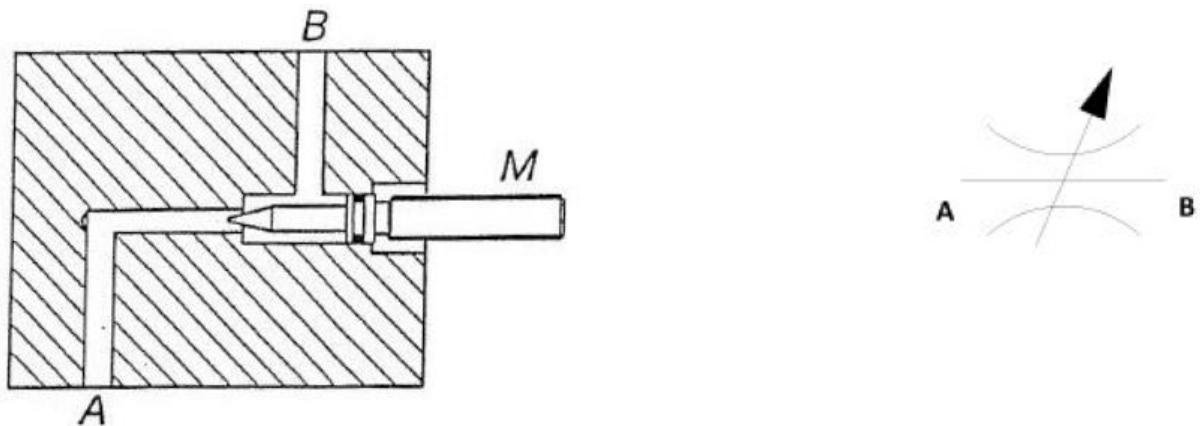


Figura 8 - Regolatore di portata bidirezionale

Strozzatore a diaframma

Lo strozzatore a diaframma (Figura 9) consente di regolare in modo continuo il flusso da A a B e viceversa: si tratta di un regolatore di flusso bidirezionale. La differenza rispetto allo strozzatore a spillo consiste nella maggiore precisione di regolazione. Ruotando la leva M è possibile variare l'area di passaggio del fluido. Il diaframma (risalto cuneiforme nella sezione), ruota passando dalla configurazione in cui l'area è al suo valore massimo, ad una configurazione in cui la via dal lato di B è completamente ostruita.

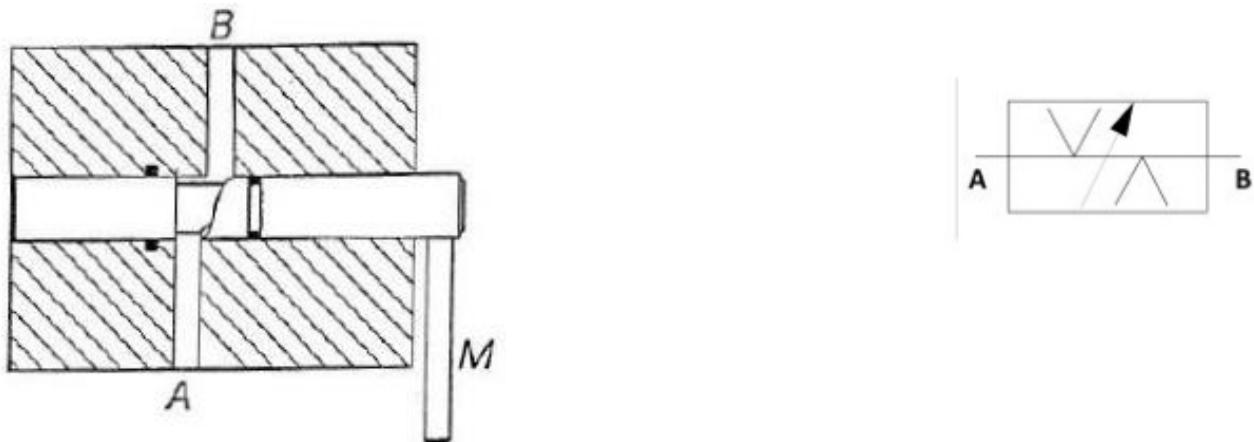


Figura 9 - Strozzatore a diaframma

Regolatore di portata unidirezionale

Il regolatore di portata unidirezionale (Figura 10) è composto da uno spillo utilizzato per la regolazione della portata da A verso B e da un otturatore, tenuto in posizione da una molla, che agisce da valvola di non ritorno. Il componente consente di regolare in modo continuo e preciso il flusso di aria compressa dalla bocca A alla bocca B, da un valore nullo ad un valore massimo. In direzione contraria, da B ad A, la regolazione non è possibile in quanto si ha l'intervento della non ritorno. Analizziamo il comportamento del flusso diretto de A a B. In questa configurazione la regolazione della portata avviene agendo sulla manopola M: avvitandola lo spillo si avvicina alla propria sede, riducendo così l'area di passaggio per il fluido. Ovviamente, con lo spillo in battuta l'area di passaggio si annulla bloccando così il passaggio del flusso. Da A verso B infatti la

via è chiusa in quanto il fluido in pressione spinge dall'alto sull'otturatore della valvola di non ritorno, premendolo contro la sua sede. Quando il flusso è diretto da B verso A invece entra in gioco la valvola di non ritorno. In questo caso il fluido in pressione vince il precarico della molla che tiene in posizione l'otturatore, che si solleva. Con lo spillo in battuta, tutto il flusso passa attraverso la non ritorno. Mano a mano che si allontana lo spillo, il flusso si divide tra lo stesso e la non ritorno, fino alla condizione estrema in cui, quando lo spillo è sufficientemente lontano, il fluido "preferisce" passare dalla parte dello spillo piuttosto che tenere aperta la non ritorno. Questo comportamento non deve però indurre a pensare che sia possibile regolare il flusso da B verso A. Il flusso è costante, si divide semplicemente in modo diverso in base alla posizione dello spillo.

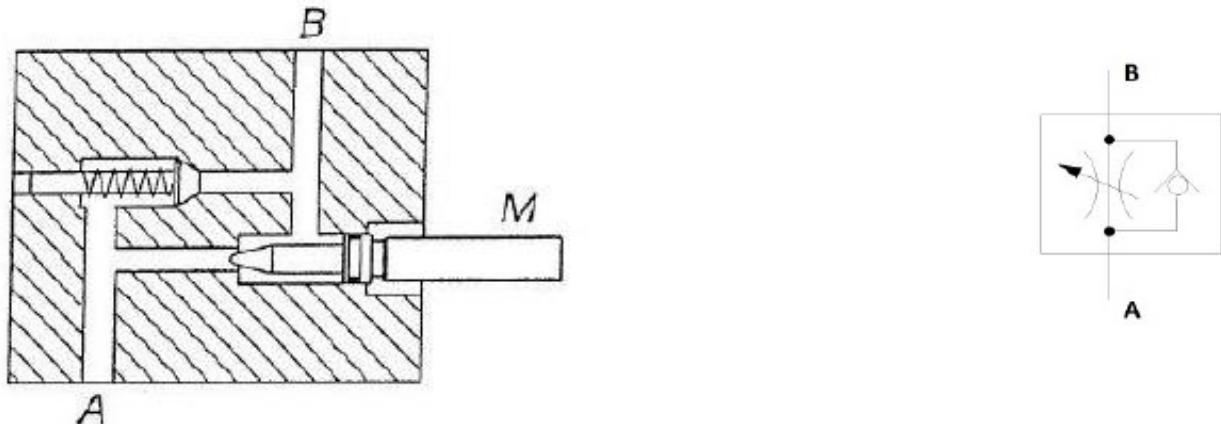


Figura 10 - Regolatore di portata unidirezionale

Valvola 2/2 ad otturatore

La valvola è una 2/2 bistabile, ad otturatore, a comando manuale (Figura 11). La valvola è reversibile: il passaggio di fluido può avvenire indipendentemente da A a P o da P ad A. L'unico modo per consentire il passaggio della portata è agendo sulla leva M, la quale sposta l'otturatore a sinistra vincendo il precarico della molla, aprendo una luce di passaggio. Come è possibile intuire, questa valvola è bilanciata per cui la forza per ruotare la leva M è indipendente dalla pressione di alimentazione

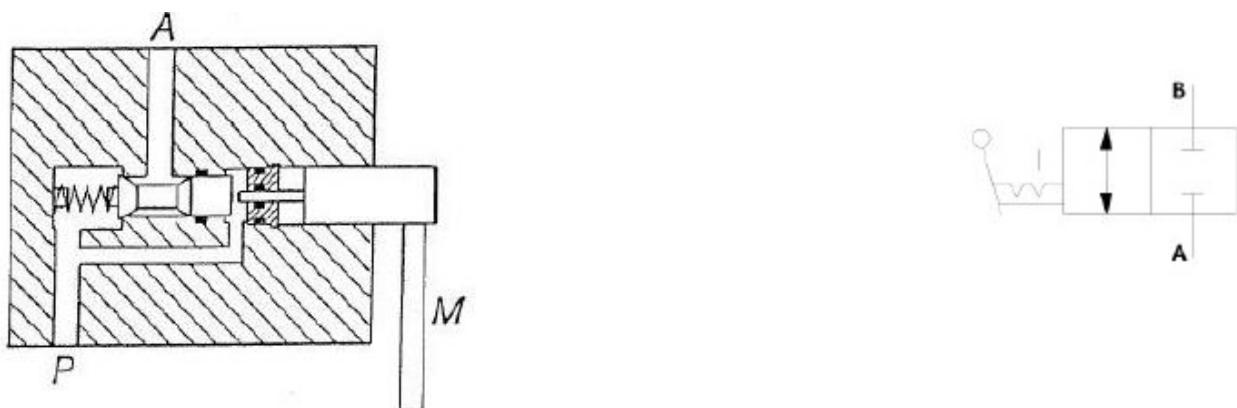


Figura 11 - valvola 2/2 ad otturatore

Valvola 3/2 a cassetto

La porta P è connessa all'alimentazione, la porta T allo scarico, mentre A è collegata all'utenza. Nella configurazione della sezione riportata in Figura 12, A è connessa allo scarico, mentre P è isolata. Commettendo la valvola, si connette P ad A e si isola lo scarico. In questo caso i risalti si spostano verso sinistra e si dispongono rispettivamente oltre il condotto P, il risalto di sinistra, e tra A e T, il risalto più a destra. La valvola, pur essendo a cassetto, non è bilanciata: la pressione agisce solo sulla superficie di sinistra del cassetto posizionato nell'estrema sinistra.

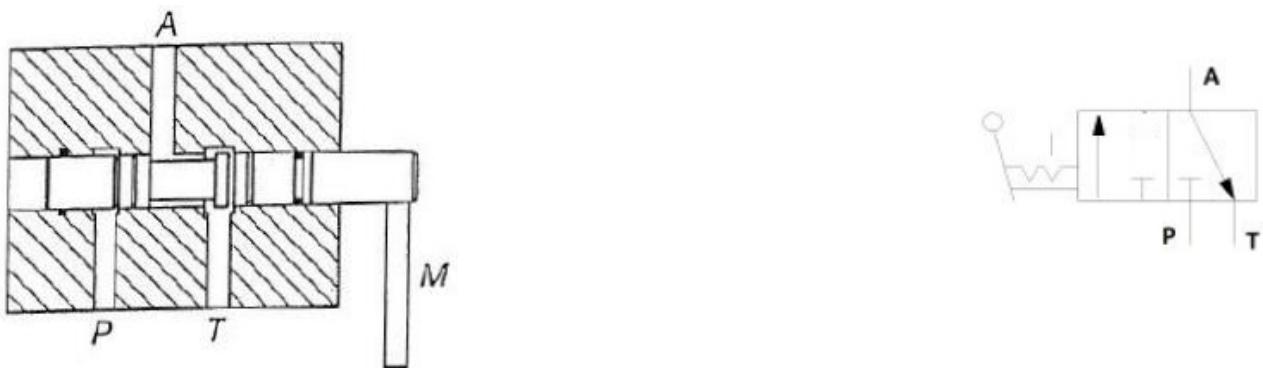


Figura 12 - Valvola 3/2 a cassetto

Valvola 4/2 a cassetto

La valvola consente di connettere l'alimentazione P alternativamente ad A o B e contemporaneamente allo scarico B o A. Nella vista in sezione (Figura 13) è riportata la configurazione a flussi incrociati: A è connessa a T e B a P. Commettendo si connette A a P e B a T. Come visibile dalla sezione, per realizzare la posizione a "flussi incrociati" è stato ricavato nel corpo della valvola un condotto secondario per collegare B a T. Tale condotto, quello orizzontale che interseca il condotto P, non compenetra però quest'ultimo, i due sono su un piano diverso. Bisogna inoltre notare che in questo caso la valvola risulta bilanciata in quanto la pressione di alimentazione agisce in modo opposto su due superfici uguali.

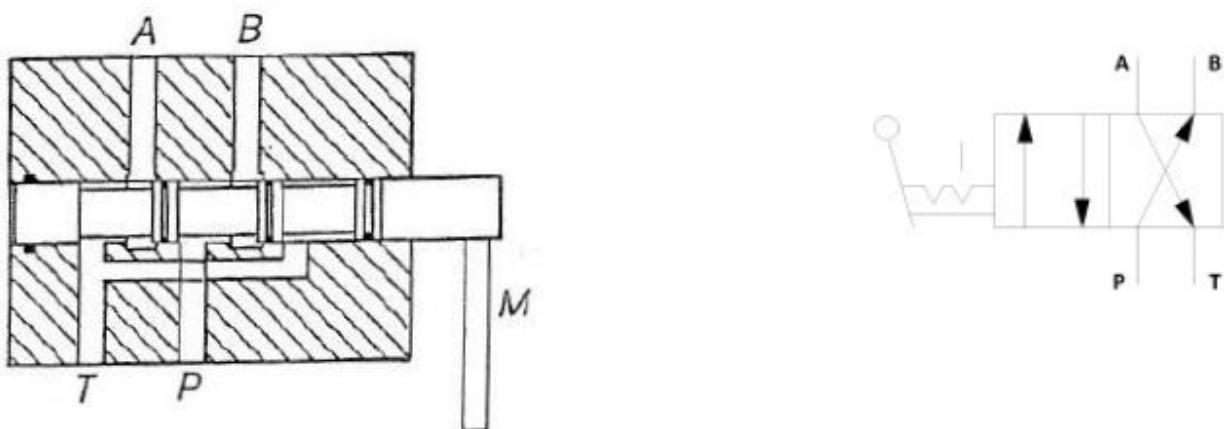


Figura 13 - Valvola 4/2 a cassetto

Valvola 4/3 a cassetto

Valvola del tipo a cassetto con 4 bocche e 3 posizioni di lavoro: a flussi paralleli, a centri chiusi e a flussi incrociati. La posizione centrale, quella rappresentata in Figura 14, è a centri chiusi, quindi non si ha passaggio di fluido in nessun condotto. La configurazione è resa possibile dalla geometria dei risalti dei cassetti: questi sono più larghi dei condotti A, B, P e T e riescono così ad ostruirli completamente. Commettendo la valvola nella configurazione di sinistra del simbolo ISO, si connette P con A e B con T. Commettendo invece nella configurazione di destra si connette P con B e A con T. Nuovamente troviamo due condotti di scarico (quelli in basso a sinistra di B e a destra di A) che si riuniscono poi all'interno del corpo valvola in modo da avere un'unica bocca di scarico T. Per marcire le tre posizioni di lavoro è stata inserita all'interno del corpo valvola la sferz visibile a sinistra, questa viene spinta da una molla nelle scanalature realizzate sull'albero al quale sono vincolati i cassetti. In questo modo, una volta che i cassetti hanno raggiunto la posizione corretta, la sferz scatta in una sede, offrendo un minimo di resistenza quando si cerchi di azionare la leva M per commutare nuovamente la valvola.

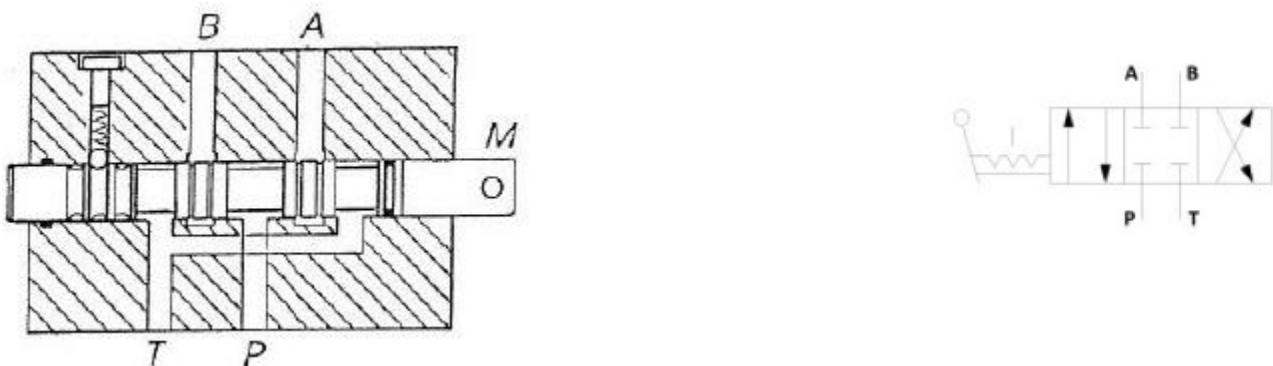


Figura 14 - Valvola 4/3 a cassetto

Cilindro a doppio effetto

In accordo con la vista in sezione (Figura 15) collegando A all'alimentazione e B allo scarico si ottiene la corsa di fuoriuscita dello stelo. Il rientro è invece ottenuto collegando B all'alimentazione ed A allo scarico. Un'importante conseguenza della presenza dello stelo è la diversa superficie di influenza tra le due facce del pistone. Durante la fuoriuscita dello stelo, la forza ottenibile è quindi maggiore di quella sviluppata in rientro.



Figura 15 - Cilindro a doppio effetto

Valvola di non ritorno

Nella valvola di non ritorno (Figura 16) il passaggio può avvenire in un'unica direzione; questa condizione si verifica quando A alimenta la valvola mentre non si genera portata quando B ha funzione di alimentazione. Quindi il flusso può andare solo da A verso B e non da B verso A.

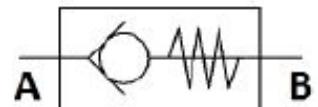
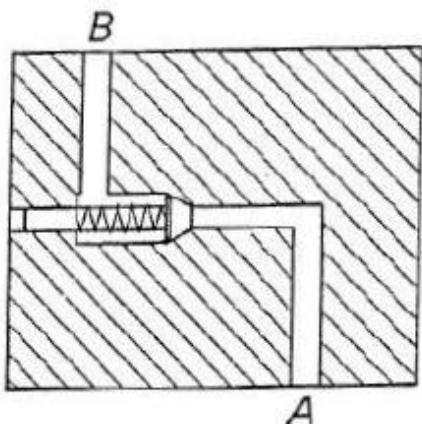


Figura 16 - Valvola di non ritorno

Valvola di non ritorno comandabile

La valvola di non ritorno comandabile (Figura 17) permette il passaggio di flusso in entrambe le direzioni sotto alcune condizioni. Se l'alimentazione è in A, si ha passaggio di portata da A verso B. Grazie al segnale di comando X, è possibile osservare il flusso da B ad A. Questo avviene perché la pressione X agisce sul pistone di pilotaggio che a sua volta sposta il cono otturatore dalla sede. Si apre così una sezione di passaggio che permette il flusso nella direzione altrimenti non consentita.

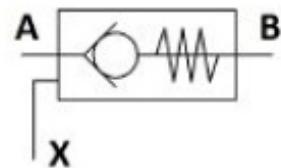
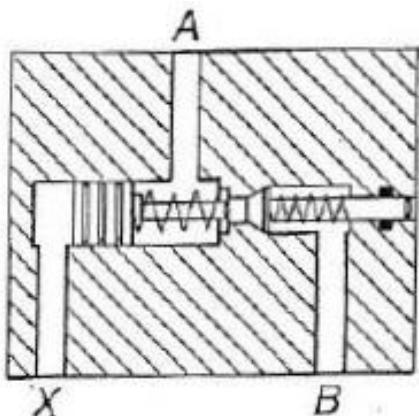


Figura 17 - Valvola di non ritorno comandabile

COMANDI DI BASE E CIRCUITI PNEUMATICI

Esercitazione 4

1. Comando attraverso valvola selettrice (OR)

Nel seguente schema si analizza il funzionamento di una valvola selettrice, che corrisponde all'elemento logico OR. Tale elemento permette di comandare lo stesso cilindro da due punti differenti del circuito pneumatico seguendo la logica Booleana qui riportata:

P_1	P_2	$Uscita = P_1 + P_2$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabella 4.1 – Logica Booleana valvola selettrice



Figura 4.1 – Valvola selettrice

Per descrivere il funzionamento della valvola selettrice è stato realizzato un circuito costituito da:

- un cilindro a semplice effetto;
- una valvola selettrice (OR);
- due valvole a tre vie, a comando manuale, monostabili, N.C. (V1 e V2).

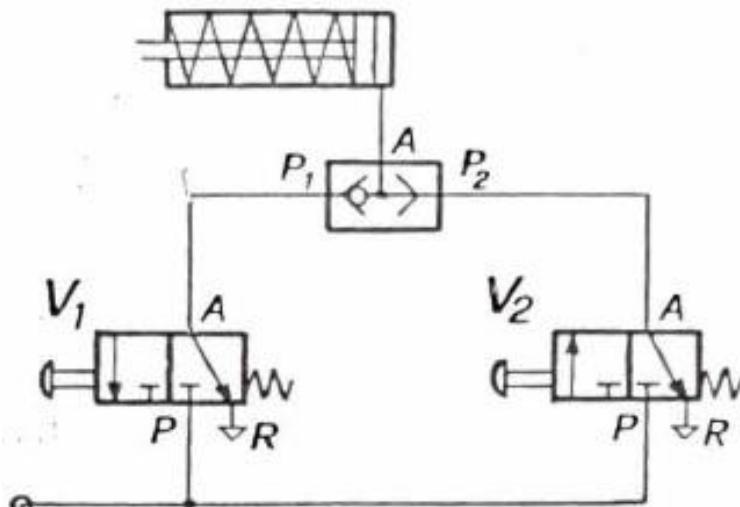


Figura 4.2 – Circuito con valvola selettrice

Di seguito viene analizzato il circuito in dettaglio:

- Valvola V1 attivata (V2 a riposo): il segnale P1, proveniente dalla valvola V1, sposta l'elemento mobile della valvola OR verso destra, permettendo il passaggio del flusso di aria, proveniente da V1, verso la camera posteriore del cilindro. In questo modo si ha la fuoriuscita dello stelo. Allo stesso tempo l'elemento mobile va a otturare il condotto che collega la valvola V2.

Si può notare che se l'elemento OR non fosse presente, il segnale di V1 si perderebbe attraverso lo scarico di V2 non azionata.

- Valvola V2 attivata (V1 a riposo): il segnale P2 sposta l'elemento mobile della valvola OR verso sinistra permettendo il passaggio dell'aria proveniente dalla valvola V2 e la fuoriuscita dello stelo, mentre blocca il condotto di collegamento a V1.
- Valvole V1 e V2 attivate: la valvola OR riceve i comandi provenienti da entrambe le valvole e si ha la fuoriuscita dello stelo del cilindro. Si può osservare che, se i segnali P1 e P2 sono caratterizzati da due pressioni differenti, il segnale che prevale, e che quindi va a comandare il cilindro, è quello a pressione maggiore.

Il segnale pertanto può arrivare sia da V1, da V2 o da entrambe, in qualunque caso l'attuatore viene attivato.



Figura 4.3 – Foto circuito OR

2. Comando attraverso valvola a due pressioni (AND)

Nel seguente schema si analizza il funzionamento della valvola a due pressioni, che corrisponde all'elemento logico AND. Tale elemento viene utilizzato quando si vuole condizionare il comando alla presenza di due segnali. In questo caso la logica Booleana è:

P_1	P_2	$Uscita = P_1 \cdot P_2$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Tabella 4.2 – Logica Booleana valvola a due pressioni

Figura 4.4 – Valvola a due pressioni

Il circuito che è stato analizzato è composto da:

- un cilindro a semplice effetto;
- una valvola a due pressioni (AND);
- due valvole a tre vie, a comando manuale, monostabili, N.C. (V1 e V2);

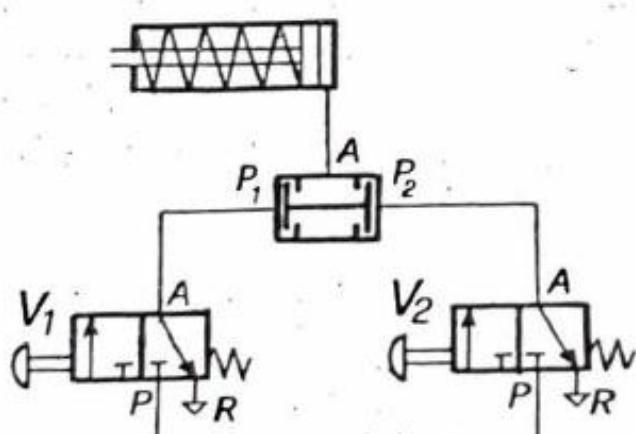


Figura 4.5 – Circuito con valvola a due pressioni

Di seguito viene analizzato il circuito in dettaglio:

- Valvola V1 attivata (V2 a riposo): la presenza del segnale P_1 sposta l'elemento mobile presente nella valvola AND verso destra aprendo il condotto che collega la valvola V2 col cilindro, in tale condotto però il segnale di pressione è nullo perché V2 non è attiva. Contemporaneamente il flusso d'aria proveniente da V1 è ostruito dall'elemento mobile che va in battuta con un risalto all'interno della valvola, quindi il segnale uscente dalla valvola AND è nullo e non si ha la fuoriuscita dello stelo del cilindro.
- Valvola V2 attivata (V1 a riposo): il funzionamento è analogo a quello visto con V1 attiva e V2 a riposo; anche in questo caso azionando il comando di una sola valvola non si ha la fuoriuscita dello stelo.
- Valvola V1 e V2 azionate: la presenza di entrambi i segnali fa sì che, qualunque sia la posizione dell'elemento mobile, il segnale di una delle due valvole passi. In particolare, passerà quello con pressione minore.

E' possibile una configurazione alternativa dell'operatore AND che prevede l'utilizzo di due valvole monostabili a tre vie, due posizioni ad azionamento manuale. La disposizione in serie delle due valvole permette infatti l'alimentazione del circuito a valle solo nel momento in cui entrambi i pulsanti sono stati attivati.

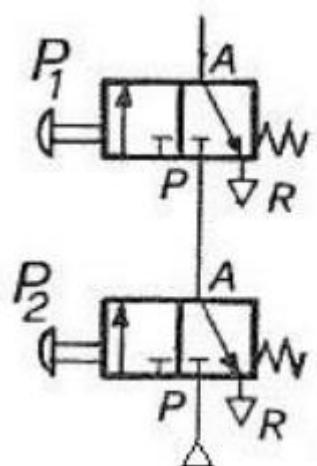


Figura 4.6 – Configurazione alternativa



Figura 4.7 – Foto circuito AND



Figura 4.8 – Foto circuito AND

3. Comando di ritorno automatico

Il circuito analizzato ha come scopo quello di permettere il rientro automatico del cilindro a doppio effetto grazie all'utilizzo di un fine-corsa attuato meccanicamente dall'asta del cilindro stesso.

Il circuito che è stato analizzato è composto da:

- un cilindro a doppio effetto;
- una valvola a tre vie, a comando manuale, monostabile, N.C (P);
- una valvola a quattro vie, due posizioni, a comando pneumatico ,bistabile (V);
- un fine-corsa servopilotato a tre vie, due posizioni (F);

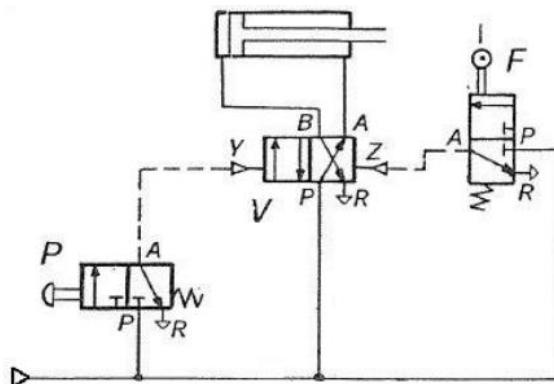


Figura 4.9 – Circuito con comando di ritorno automatico

Nella configurazione iniziale il circuito è quello rappresentato in Figura 4.9: la valvola V è nella configurazione a frecce incrociate e la camera anteriore si trova alla pressione di alimentazione mentre quella posteriore è collegata allo scarico (il cilindro è quindi completamente rientrato). I segnali Y e Z sulla valvola V sono entrambi nulli dal momento che sono entrambi collegati allo scarico. Quando viene azionato il relativo pulsante la valvola P commuta e la pressione dell'alimentazione permette di generare il segnale Y consentendo alla valvola V di passare alla configurazione a frecce parallele. A questo punto viene portata in pressione la camera posteriore e a scarico quella anteriore permettendo la fuoriuscita dello stelo del cilindro. La valvola P una volta terminato di premere il pulsante torna nella sua posizione stabile e quindi Y viene di nuovo portato a pressione ambiente. Una volta fuoriuscito lo stelo andrà ad attivare il fine-corsa commutando la valvola F e permettendo al segnale Z di portarsi alla pressione di alimentazione, la valvola V si riporterà quindi nella configurazione a frecce incrociate. Una volta cominciato il rientro dello stelo la valvola F tornerà nella sua posizione stabile portando di nuovo Z alla pressione dello scarico. Alla fine del rientro ci si ritroverà nella condizione in figura.

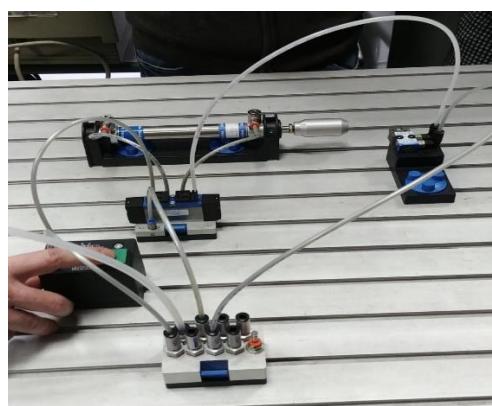


Figura 4.10 – Foto circuito con comando di ritorno automatico

4. Comando di ritorno dipendente dal tempo

Il circuito analizzato ha come scopo quello di permettere il rientro automatico del cilindro a doppio effetto. Come nello schema analizzato precedentemente il rientro è attivato dallo stesso stelo del cilindro che permette di commutare la valvola a fine-corsa. In questo caso tuttavia è possibile scegliere l'intervallo di tempo che deve intercorrere tra l'attivazione del fine-corsa e l'inizio del rientro del cilindro grazie all'utilizzo di un temporizzatore pneumatico.

Il circuito che è stato analizzato è composto da:

- un cilindro a doppio effetto;
- una valvola a tre vie, a comando manuale, monostabile, N.C (P);
- una valvola a quattro vie, due posizioni, a comando pneumatico ,bistabile (V);
- un fine-corsa servopilotato a tre vie, due posizioni (F);
- un temporizzatore pneumatico normalmente chiuso

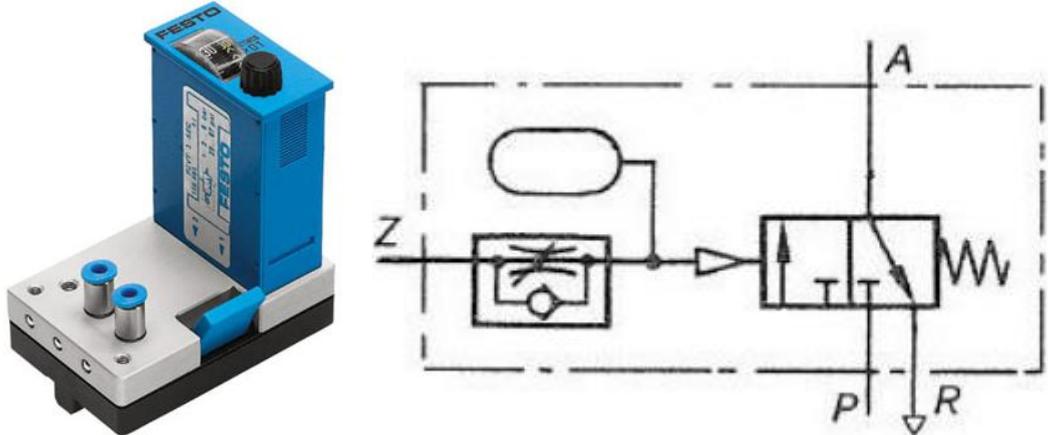


Figura 4.11 – Temporizzatore pneumatico

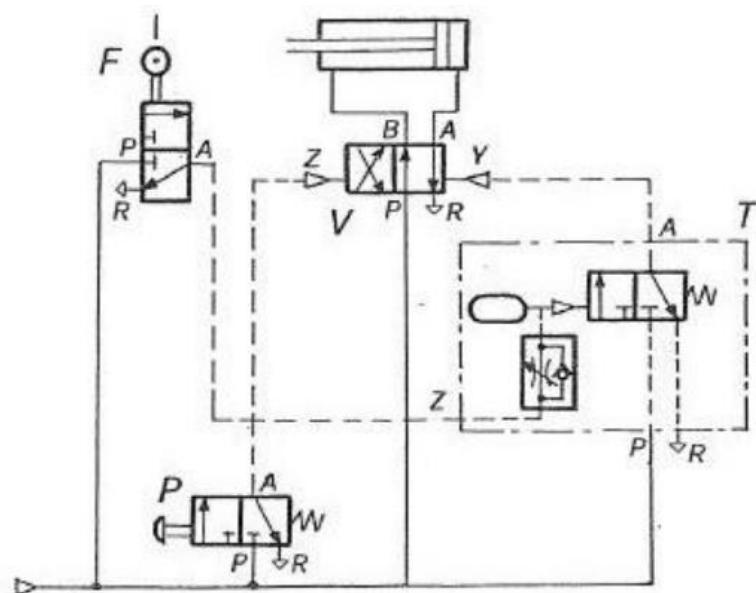


Figura 4.12 – Circuito con comando di ritorno dipendente dal tempo

Nella configurazione iniziale il circuito è quello rappresentato in Figura 4.12: la valvola V è nella configurazione a frecce parallele e la camera anteriore si trova alla pressione di alimentazione mentre quella posteriore è collegata allo scarico (il cilindro è quindi completamente rientrato). Nel momento in cui viene premuto il pulsante della valvola P il segnale Z sulla valvola V passa dal valore della pressione dello scarico a quella di alimentazione. La valvola V commuta dunque nella configurazione a frecce incrociate e la camera posteriore del cilindro viene portata alla pressione di alimentazione mentre quella anteriore alla pressione di scarico. Lo stelo inizia la sua corsa di fuoriuscita e nel frattempo Z si riporta alla pressione dello scarico poiché la valvola P è monostabile (terminata l'azione sul pulsante torna nella sua configurazione stabile). Lo stelo andrà ad attivare il fine-corsa della valvola F permettendo che la pressione di alimentazione possa raggiungere il pilotaggio della valvola monostabile del temporizzatore. Il segnale inviato tuttavia non raggiungerà istantaneamente la superficie d'influenza della valvola a causa della presenza della resistenza e della capacità che incontrerà lungo il percorso. Lo strozzatore e il piccolo serbatoio permettono infatti di ritardare il segnale, agendo sulla vite dello strozzatore è inoltre possibile regolare il tempo di ritardo. La valvola monostabile nel temporizzatore non permetterà il passaggio del fluido da P a Y fino a che nella capacità non si sarà raggiunta la pressione necessaria a far avvenire la commutazione. Una volta che il segnale di pressione ha raggiunto Y la valvola V torna nella configurazione a frecce parallele e lo stelo comincia a rientrare fino a ritornare nelle condizioni iniziali. Una volta disattivato il fine-corsa la valvola F rimette in comunicazione il pilotaggio della valvola monostabile del temporizzatore con la pressione di scarico, l'aria nella capacità potrà quindi scaricare rapidamente grazie alla presenza del diodo che permette un passaggio a minore resistenza rispetto a quello dello strozzatore.

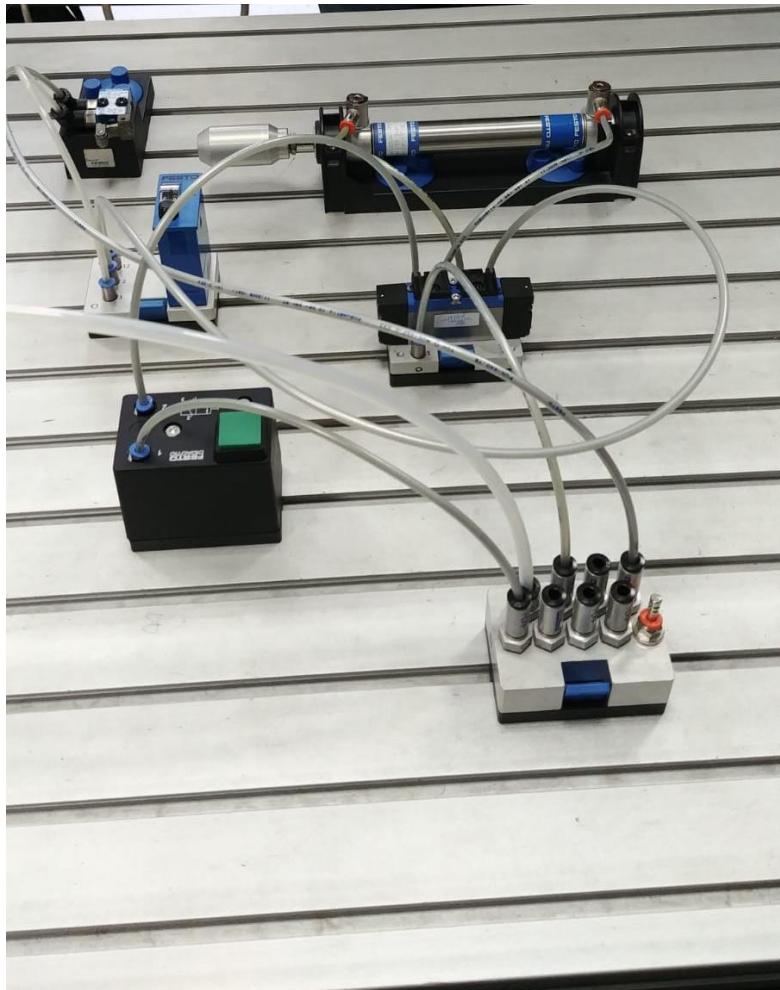


Figura 4.13 – Foto circuito con comando di ritorno dipendente dal tempo

5. Comando in sequenza

Il circuito analizzato ha come scopo quello di garantire il rientro dello stelo del cilindro a doppio effetto solo nel momento in cui si sia raggiunta una determinata pressione nella camera posteriore.

Il circuito che è stato analizzato è composto da:

- un cilindro a doppio effetto;
- una valvola a tre vie, a comando manuale, monostabile, N.C. (P);
- una valvola a quattro vie, due posizioni, a comando pneumatico ,bistabile (V);
- un fine-corsa servopilotato a 3 vie, 2 posizioni (F);
- una valvola di sequenza (VS);



Figura 4.14 – Valvola di sequenza

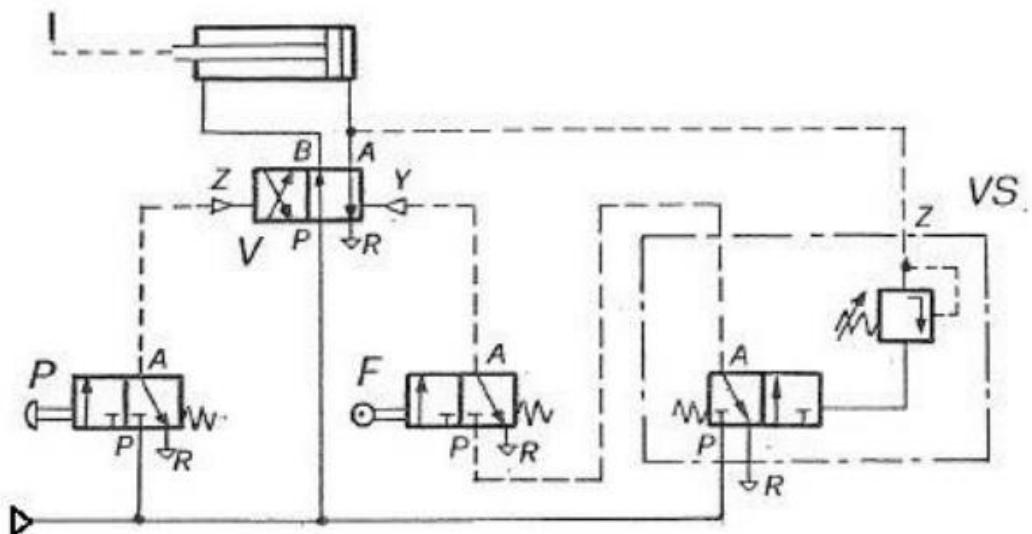


Figura 4.15 – Circuito con comando in sequenza

Nella configurazione iniziale il circuito è quello rappresentato in Figura 4.15: la valvola V è nella configurazione a frecce parallele e la camera anteriore si trova alla pressione di alimentazione mentre quella posteriore è collegata allo scarico (il cilindro è quindi completamente rientrato). Nel momento in cui viene premuto il pulsante P il pilotaggio Z viene portato alla pressione di alimentazione e la valvola V commuta nella configurazione a frecce incrociate. La camera posteriore del cilindro viene quindi portata alla pressione di alimentazione e quella anteriore viene collegata allo scarico permettendo dunque la fuoriuscita dello stelo.

Terminata la pressione sul pulsante la valvola P torna nella configurazione stabile permettendo di riportare Z alla pressione di scarico. Lo stelo durante la fuoriuscita andrà ad attivare il fine-corsa della valvola F. Tuttavia la valvola del fine-corsa non verrà alimentata a meno che non si sia raggiunta una determinata pressione di soglia che permette l'apertura della valvola di sequenza. La pressione che comanda l'apertura della valvola di sequenza è quella della camera posteriore del cilindro. La pressione di attivazione è regolabile tramite una vite, nel nostro caso l'abbiamo impostata a 4 bar come si può vedere dalla Figura 4.17 dove è riportata la foto del manometro che abbiamo inserito a monte della valvola di sequenza. Una volta raggiunta la pressione desiderata il finecorsa verrà alimentato e la valvola V commuterà nella configurazione a frecce parallela permettendo il rientro dello stelo, all'ingresso della valvola di sequenza si avrà di nuovo la pressione dello scarico e quindi si chiuderà. Il fine-corsa non più attivato si riporterà nella configurazione stabile portando di nuovo il pilotaggio Y alla pressione di scarico. Il sistema tornerà quindi nelle condizioni iniziali.

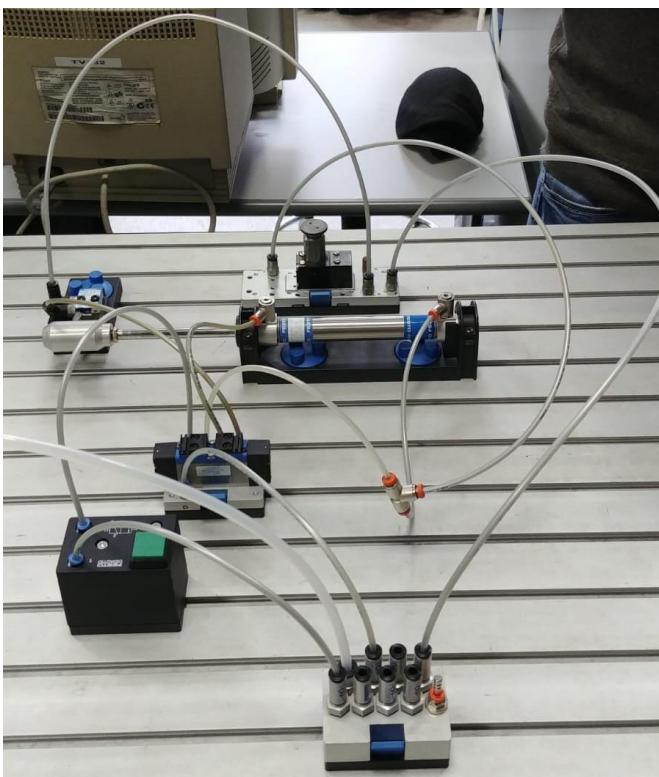


Figura 4.16 – Foto circuito con comando in sequenza



Figura 4.17 – Manometro

6. Circuiti pneumatici

6.1 Circuito pneumatico

E' stato realizzato un circuito in grado di realizzare il seguente diagramma movimento-fasi:

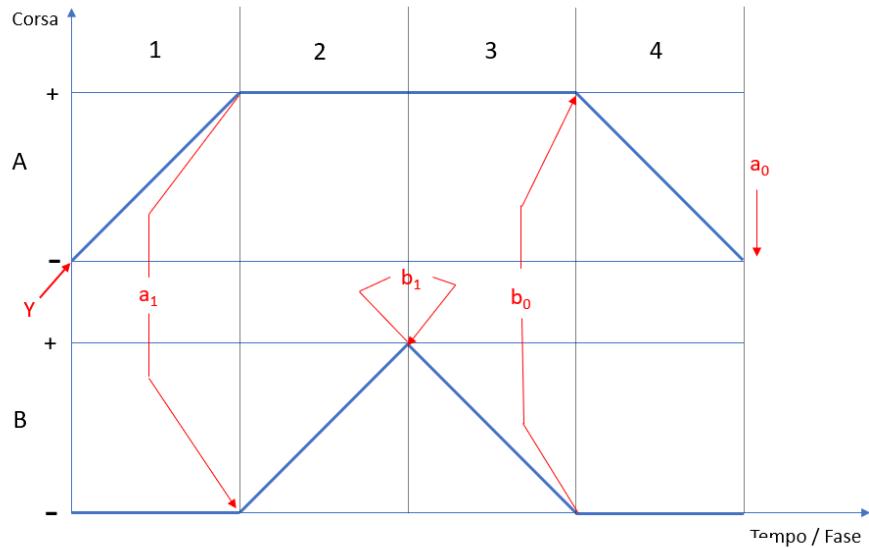


Figura 4.18 – Diagramma movimento-fasi

Partendo dai cilindri A e B rientrati, il diagramma si sviluppa in 4 fasi:

- 1- La presenza del segnale Y consente la fuoriuscita del cilindro A.
- 2- Quando l'asta del cilindro A è completamente fuoriuscita, si attiva il finecorsa a_1 che comanda la fuoriuscita del cilindro B.
- 3- Quando l'asta del cilindro B è completamente fuoriuscita, si attiva il finecorsa b_1 che comanda il rientro del cilindro B.
- 4- Rientrato B il segnale b_0 comanda il rientro di A, che, rientrando, aziona il finecorsa a_0 riportando il ciclo nelle condizioni iniziali.

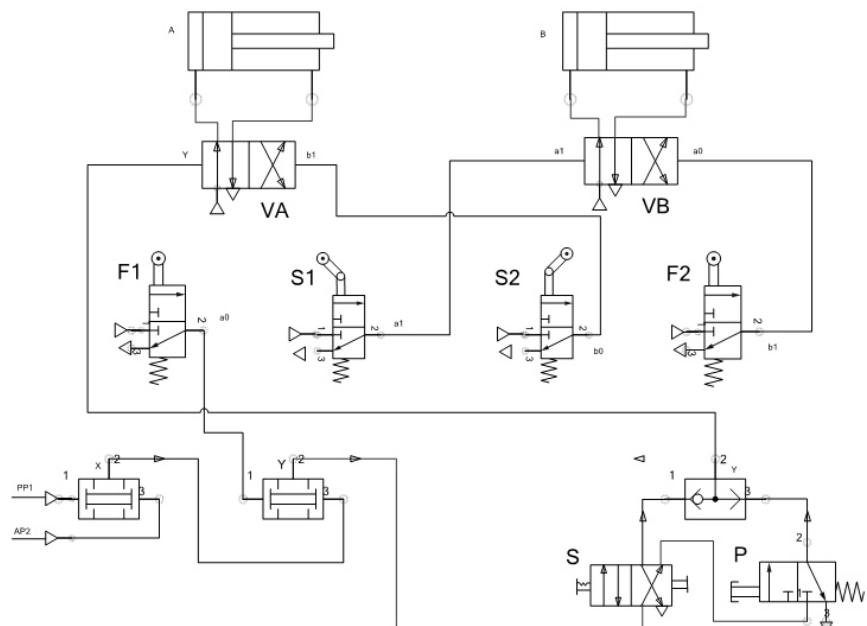


Figura 4.19 – Circuito pneumatico

Si analizza il circuito in dettaglio.

I segnali di presenza pezzo 1 e assenza pezzo 2 permettono l'uscita del segnale X dalla prima valvola AND (non inserita nel circuito in foto dal momento che non avevamo i segnali PP1 e AP2) che va alla seconda AND. In questo caso l'altro segnale che attiva sull'AND è a_0 proveniente dal finecorsa F1 del cilindro A. L'uscita Y della valvola AND alimenta la valvola S. Tale valvola, se non azionata, alimenta la valvola P a comando manuale; attivando questo comando è possibile ottenere l'azionamento manuale del ciclo singolo (ciclo/ciclo). Se invece la valvola S viene attivata il flusso d'aria che arriva in S viene direttamente mandato alla valvola OR ottenendo così il ciclo continuo.

La valvola OR va ad azionare la valvola VA consentendo la fuoriuscita del cilindro A. Terminata la corsa di fuoriuscita il cilindro A attiva il finecorsa S1 che a sua volta comanda la fuoriuscita del cilindro B (segnaletica a_1 che comanda la valvola VB). Terminata la corsa di fuoriuscita il cilindro B attiva il finecorsa F2 che, agendo tramite il segnale b_1 , comanda la valvola VB consentendo il rientro del cilindro B. Quando lo stelo del cilindro B termina la sua corsa di rientro si attiva il finecorsa S2 che genera il segnale b_0 . Questo segnale va a comandare la valvola VA consentendo il rientro del cilindro A.

In questo modo il circuito si ritrova nelle condizioni di partenza.

In questo caso la sequenza di rientro corrisponde alla sequenza di uscita, cioè il ciclo che caratterizza il circuito segue l'ordine $A^+/B^+/B^-/A^-$. Nel circuito c'è la presenza di segnali bloccanti e sono necessari perciò i fine-corsa a salterello. Il fine-corsa S1 permette di non creare un segnale bloccante nel momento in cui andiamo ad attivare F2 (dal momento che ci troveremmo ancora nella configurazione A^+). Il fine-corsa S2 permette di non bloccare il segnale proveniente dalla valvola OR.

Di seguito viene riportata una foto del circuito realizzato:

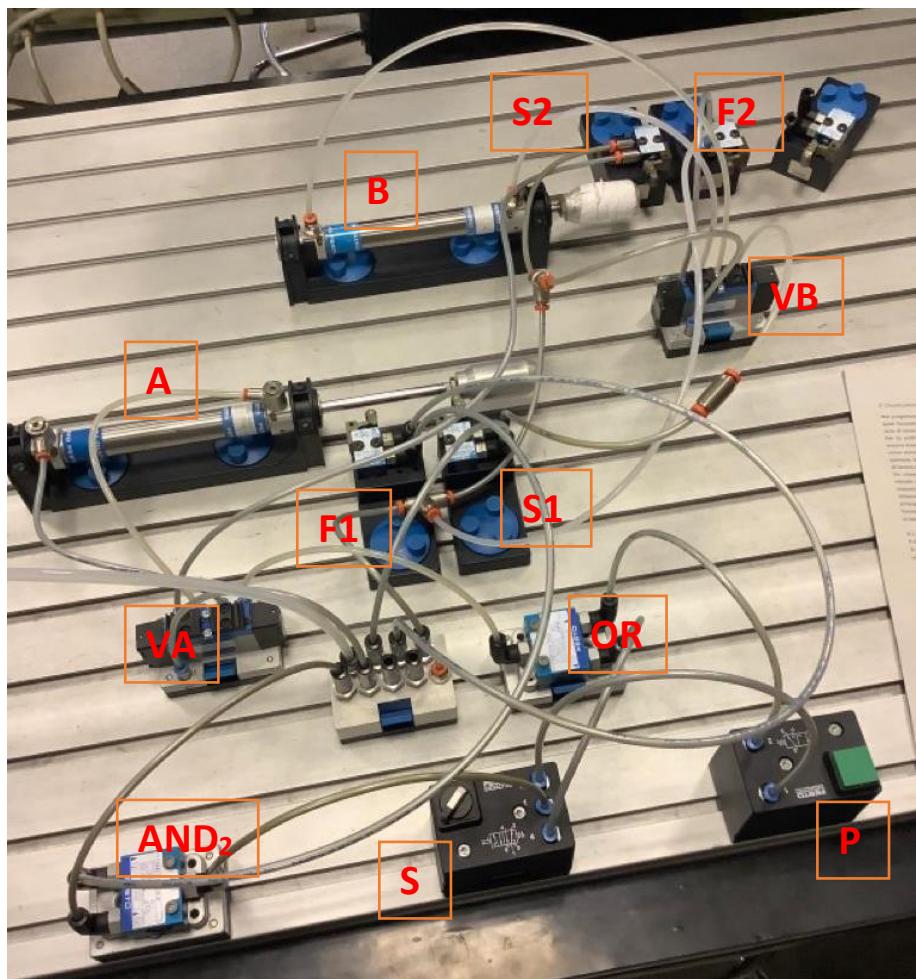


Figura 4.20 – Foto circuito pneumatico

6.2 Circuito pneumatico

Nel secondo caso è stato realizzato un circuito in grado di realizzare il seguente diagramma movimento-fasi:

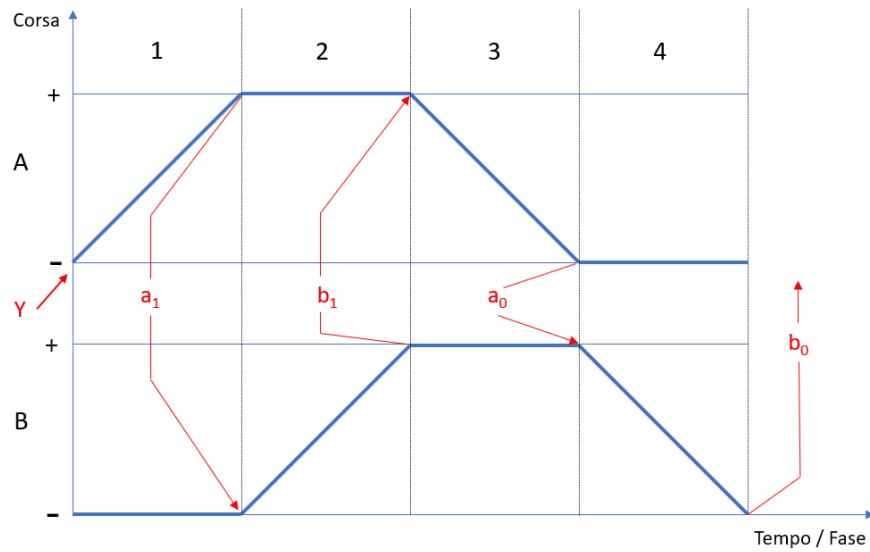


Figura 4.21 – Diagramma movimento-fasi

Partendo dai cilindri A e B rientrati, il diagramma si sviluppa in 4 fasi:

- 1- La presenza del segnale Y consente la fuoriuscita del cilindro A.
- 2- Quando l'asta del cilindro A è completamente fuoriuscita, si attiva il finecorsa a_1 che comanda la fuoriuscita del cilindro B.
- 3- Quando l'asta del cilindro B è completamente fuoriuscita, si attiva il finecorsa b_1 che comanda il rientro del cilindro A.
- 4- Rientrato A il segnale a_0 comanda il rientro di B, che, rientrando, aziona il finecorsa b_0 riportando il ciclo nelle condizioni iniziali.

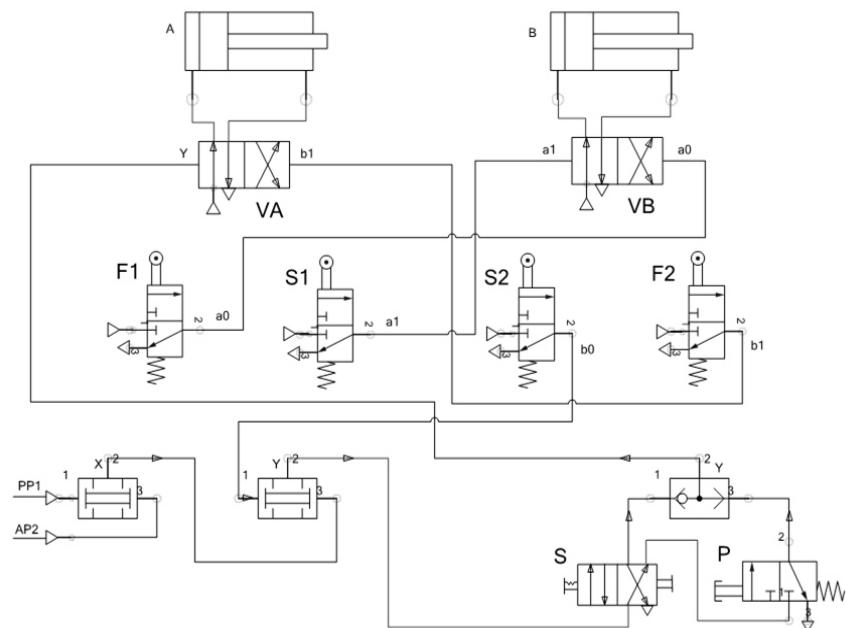


Figura 4.22 – Circuito pneumatico

Si analizza il circuito in dettaglio.

Lo schema pneumatico del circuito è analogo a quello visto nel caso precedente; i segnali di presenza pezzo 1 e assenza pezzo 2 permettono l'uscita del segnale X dalla prima valvola AND che va alla seconda AND. In questo caso l'altro segnale che attiva sull'AND non è a_0 , ma b_0 , proveniente dal finecorsa S2 del cilindro B. L'uscita Y della valvola AND alimenta la valvola S. Tale valvola, se non azionata, alimenta la valvola P a comando manuale; attivando questo comando è possibile ottenere l'azionamento manuale del ciclo singolo (ciclo/ciclo). Se invece la valvola S viene attivata il flusso d'aria che arriva in S viene direttamente mandato alla valvola OR ottenendo così il ciclo continuo.

La valvola OR va ad azionare la valvola VA consentendo la fuoriuscita del cilindro A. Terminata la corsa di fuoriuscita il cilindro A attiva il finecorsa S1 che a sua volta comanda la fuoriuscita del cilindro B (segnaletica a_1 che comanda la valvola VB). Terminata la corsa di fuoriuscita il cilindro B attiva il finecorsa F2 che, agendo tramite il segnale b_1 , comanda la valvola VA consentendo il rientro del cilindro A. Quando lo stelo del cilindro A termina la sua corsa di rientro si attiva il finecorsa F1 che genera il segnale a_0 . Questo segnale va a comandare la valvola VB consentendo il rientro del cilindro B.

In questo modo il circuito si ritrova nelle condizioni di partenza.

In questo caso la sequenza di rientro corrisponde alla sequenza di uscita, cioè il ciclo che caratterizza il circuito segue l'ordine $A^+/B^+/A^-/B^-$. Questo vuol dire che nel ciclo non sono presenti segnali bloccanti, quindi non è necessario utilizzare finecorsa a salterello.

Di seguito viene riportata una foto del circuito realizzato:

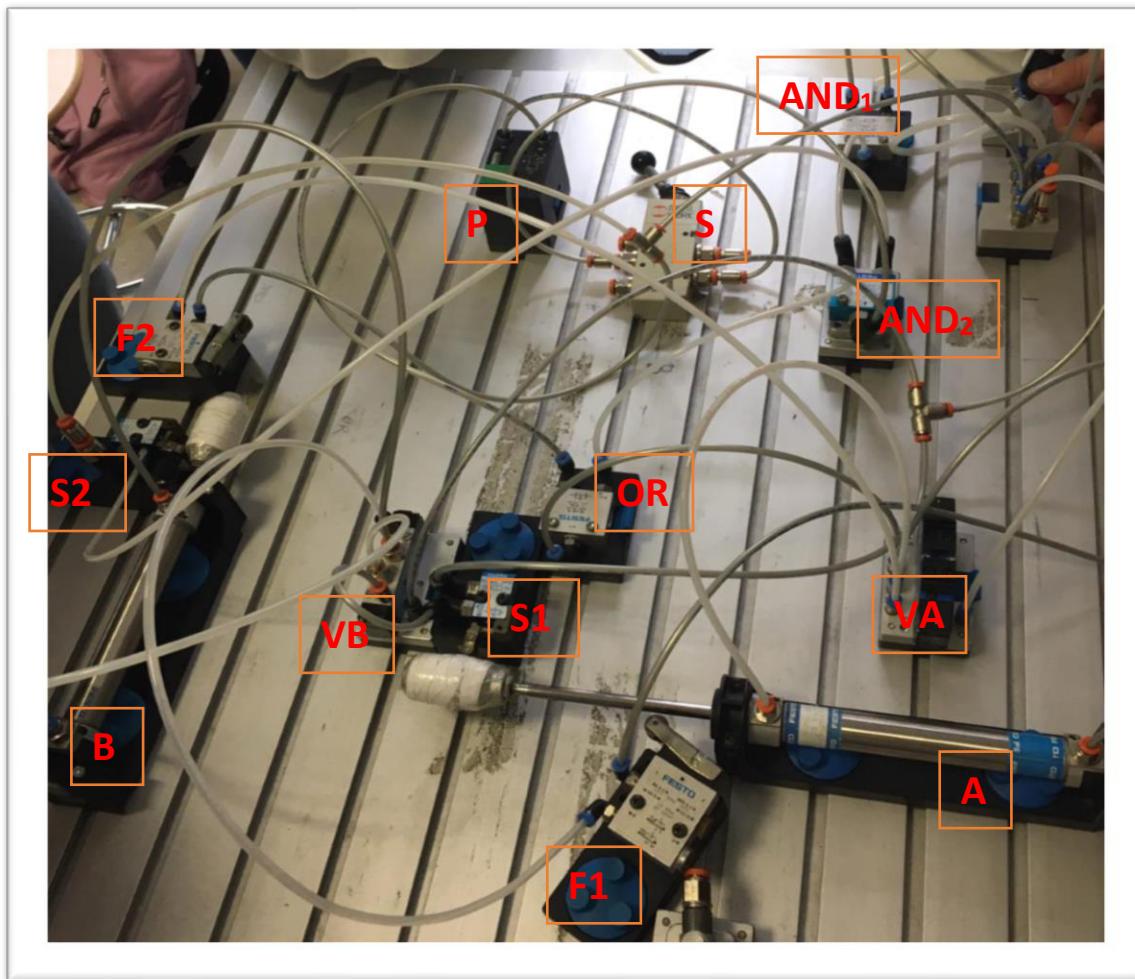


Figura 4.23 – Foto circuito pneumatico

Questo secondo circuito è stato costruito subito dopo aver realizzato il primo, per questo sono stati utilizzati ancora i finecorsa a salterello anche se non necessari. Inoltre dalla foto si può vedere che per realizzare la valvola S è stata utilizzata una valvola a 5 vie e non a 4. Queste variazioni non influiscono sul funzionamento del circuito.

CIRCUITI PNEUMATICI A SEQUENZIATORI

Esercitazione 5

5.1 Introduzione

Lo scopo di questa esercitazione è la realizzazione di cicli automatici a fase con sequenza controllata mediante sequenziatori pneumatici. Il materiale utilizzato è il seguente:

- 7 moduli sequenziatori Telemecanique;
- 2 valvole 4/2 per il comando degli attuatori;
- 3 pulsanti pneumatici 3/2 (restart, ciclo singolo, emergenza);
- 1 selettore pneumatico 3/2;
- 2 cilindri pneumatici a doppio effetto;
- 4 fine corsa pneumatici 3/2 con leva a rullo;
- 1 sensore di fine corsa virtuale (NOT inibizione a soglia);
- 3 valvole AND;
- 2 valvole OR.

Per l'esecuzione delle prove sono disponibili due pannelli grigliati contenenti rispettivamente il gruppo di comando e la parte di attuazione. Sul pannello del gruppo di comando, su appositi profilati, sono montati i distributori pneumatici ed il gruppo dei moduli sequenziatori completo di una coppia di estremità (modulo d'ingresso e modulo di uscita del gruppo). Su un supporto esterno sono montati i pulsanti ed il selettore. Il pannello della parte di attuazione, invece, comprende due cilindri A e B con finecorsa pneumatici 3/2 con leva a rullo. Infine, è da specificare che i componenti logici della gamma Telemecanique, utilizzati nella prova in laboratorio, sono ad otturatore con tempi brevi di commutazione, una soglia di pilotaggio da 1 bar a 2 bar (per evitare false commutazioni) e range di pressioni di funzionamento da 3 bar a 8 bar.

5.2 Modulo sequenziatore

Il modulo sequenziatore è un componente pneumatico costituito da due elementi logici AND, OR e da una memoria. Con riferimento alla Figura 1, si ha:

- bocca per il segnale di uscita 1;
- comando di attivazione manuale 2;
- visualizzatore di stato 3;
- comando di disattivazione manuale 4;
- bocca per il segnale di ingresso 5;
- collegamenti con altri moduli 6.

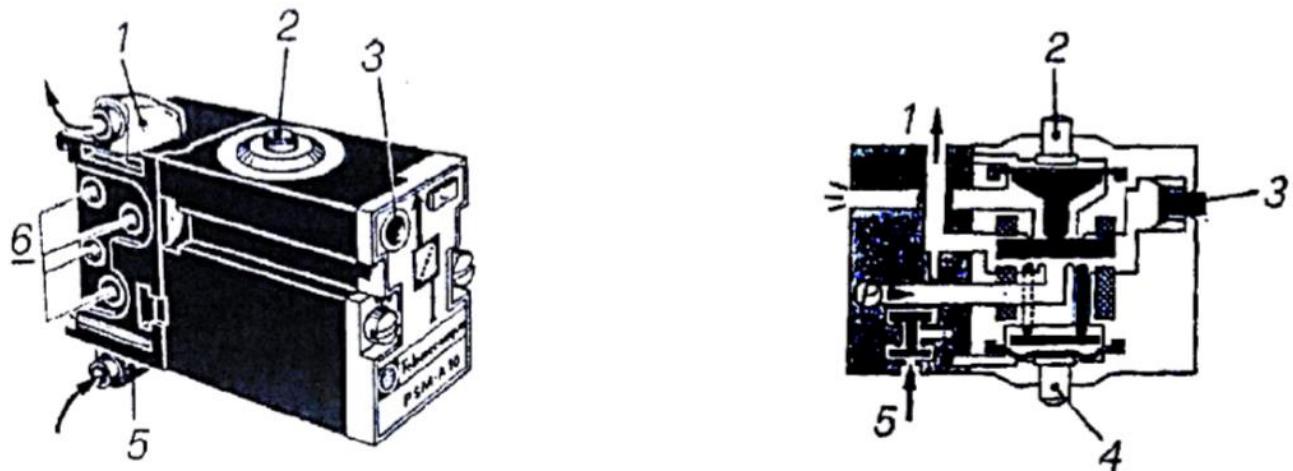


Figura 1 - Modulo sequenziatore Telemecanique

Associando più moduli sequenziatori tra loro si ottiene un gruppo (o linea) sequenziale. Alle estremità la linea è bloccata da un modulo di testa e uno di coda, che raccolgono i segnali di chiusura del gruppo e l'alimentazione. Un esempio di linea sequenziale si ha in Figura 2, dove:

- P è l'alimentazione di tutte le memorie;
- R è la rimessa a zero (reset) delle memorie;
- A è il segnale di attivazione del primo modulo (e/o del successivo);
- B è il segnale di disattivazione dell'ultimo modulo (e/o del precedente);
- S sono i segnali di comando;
- r sono i segnali di ritorno.

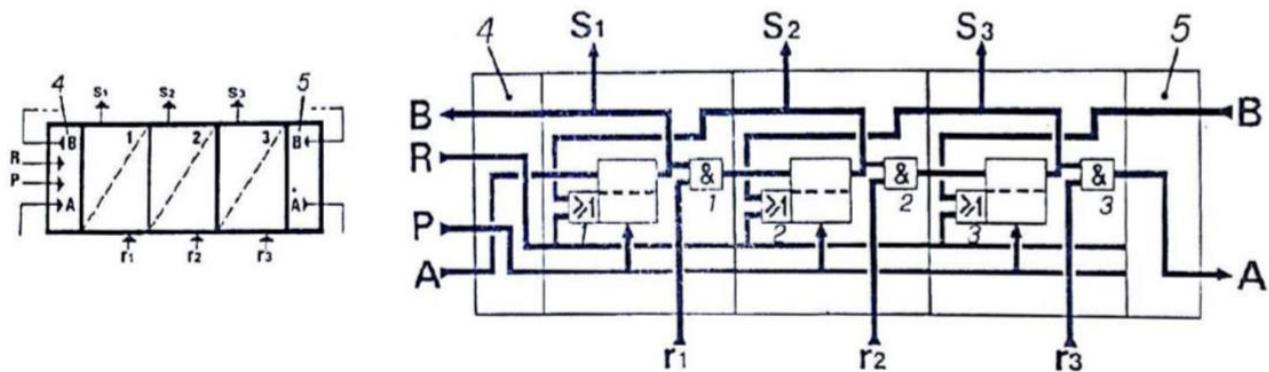


Figura 2 - Schema logico di un sequenziatore Telemecanique

Si riporta in Figura 3 uno schema pneumatico di un singolo modulo sequenziatore.

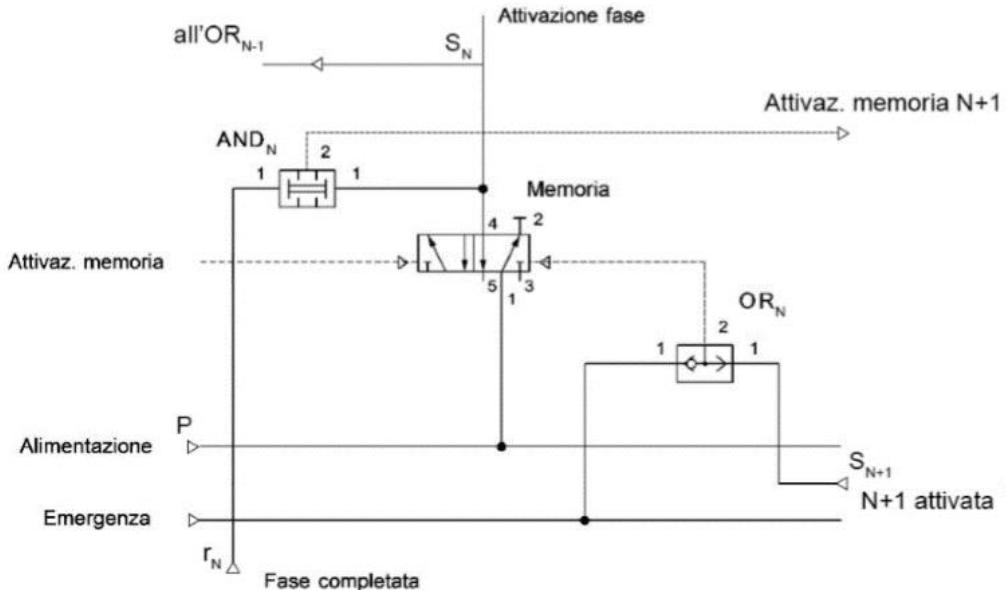


Figura 3 - Schema pneumatico di un sequenziatore Telemecanique

Consideriamo un generico modulo N, compreso fra due moduli sequenziatori N - 1 ed N + 1. In generale, ad ognuno di essi viene associata una fase di un ciclo di lavoro. Il primo segnale in input è il segnale di pilotaggio A della valvola costituente la memoria. Questo proviene dall'AND_{N-1} del modulo precedente N - 1 e provoca la commutazione della valvola, consentendo l'invio del segnale d'ordine S_N, alimentato da P (allo stesso tempo, il modulo N - 1, riceve questo segnale il cui scopo viene esposto in seguito). Quando l'operazione assegnata al segnale P è terminata, un segnale di fine operazione r_N giunge al modulo e, contemporaneamente a quello uscente dalla memoria, giunge all'AND che invia un segnale di attivazione della memoria al modulo N + 1. In questo avvengono le stesse fasi appena descritte. Quando il suo segnale d'ordine S_{N+1} è attivo, giunge al modulo N e, passando attraverso l'elemento OR_N, ricommuta la memoria interrompendo l'alimentazione dell'ordine S_N che risultava ancora attivo. Viene così "disattivato" il modulo N, ovvero riportato nelle condizioni iniziali. Il segnale di emergenza viene generato manualmente con un apposito pulsante nel caso in cui si volesse interrompere immediatamente il ciclo. Questo, passando attraverso l'OR_N, fa commutare la memoria nelle condizioni di disattivazione, interrompendo l'eventuale alimentazione di S_N di tutti i moduli. In questo modo si vanno a perdere tutte le informazioni sulle posizioni delle memorie. Se invece si interrompesse semplicemente l'alimentazione P, tutte le memorie e tutti i componenti rimarrebbero nelle posizioni in cui si verrebbero a trovare al momento dell'interruzione. Alimentando nuovamente il circuito, il ciclo di lavoro riprenderebbe da dove era stato interrotto.

5.3 Sensore di fine-corsa NOT-inibizione a soglia

Per il cilindro B sono stati utilizzati due finecorsa del tipo NOT-inibizione: uno per la camera anteriore ed uno per la camera posteriore. Il simbolo del sensore è mostrato in Figura 4, dove:

- alimentazione P;
- pilotaggio (segnaletica in arrivo dalla camera del cilindro a cui il sensore è collegato) a;
- segnale di uscita S.

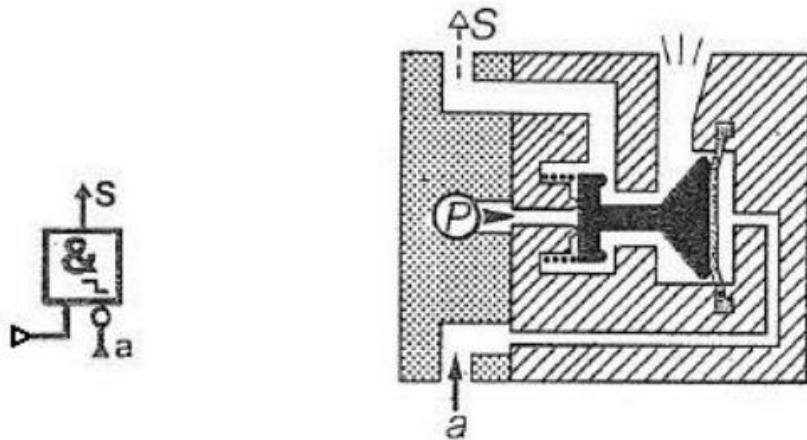


Figura 4 - Simbolo grafico e sezione di un sensore di fine-corsa NOT-inibizione a soglia

P è sempre presente, in quanto collegato direttamente con un'alimentazione (6 bar); a comparirà quando la camera a cui il finecorsa è collegato si trova in pressione, determinando così l'assenza del segnale di uscita S. Riferendosi alla camera posteriore, a sarà 1 quando lo stelo è fuoriuscito e di conseguenza il finecorsa b_0 (collegato alla camera posteriore) sarà disattivato; contemporaneamente la testata anteriore sarà mandata a scarico producendo un segnale a nullo che ha il diretto effetto di produrre un'attivazione del segnale S per il finecorsa b_1 (collegato alla camera anteriore). Il segnale in uscita dal finecorsa è dunque assente nel momento in cui è presente il segnale di pilotaggio a, mentre compare quando il pilotaggio non è presente.

5.4 Realizzazione circuito automatico attraverso sequenziatori

Nella prova seguente si è voluto realizzare il circuito automatico in grado di seguire il diagramma movimento-fase rappresentato in Figura 5. Le figure evidenziano lo stesso diagramma movimento-fase rappresentato in due modi differenti. Il diagramma funzionale è stato redatto seguendo il metodo GRAFCET. In particolare, si evince la presenza di due cilindri A e B con il susseguirsi delle fasi e movimenti seguenti:

- fase 1: fuoriuscita del pistone A con comando iniziale A^+ e attivazione del segnale di fine-corsa di uscita a_1 ;
- fase 2: fuoriuscita del pistone B con comando iniziale B^+ e attivazione del segnale di fine-corsa di uscita b_1 ;
- fase 3: rientro del pistone B con comando iniziale B^- e attivazione del segnale di fine-corsa di rientro b_0 ;
- fase 4: rientro del pistone A con comando iniziale A^- e attivazione del segnale di fine-corsa di rientro a_0 .

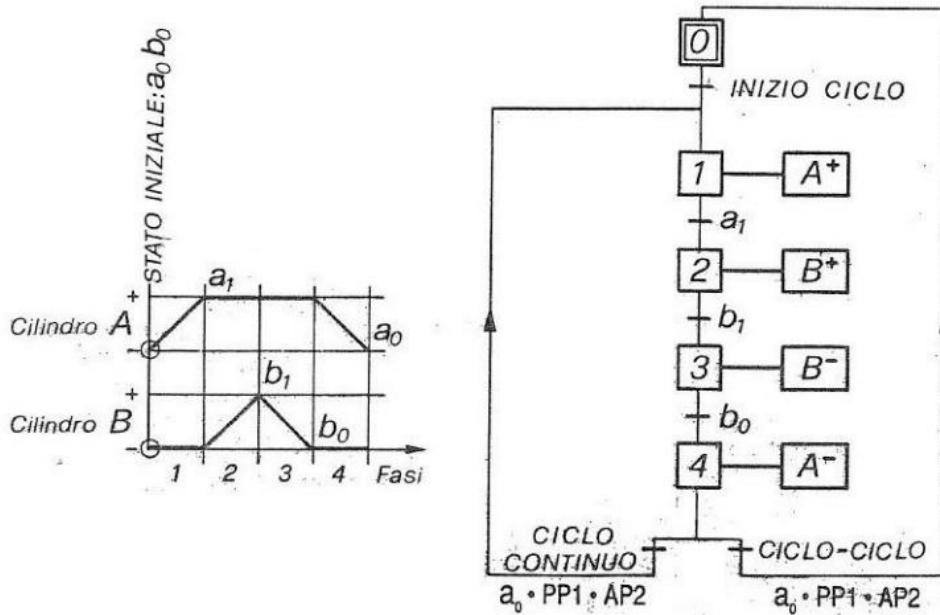


Figura 5 - Diagramma delle fasi e GRAFCET

In un circuito capace di realizzare le suddette fasi, può verificarsi la presenza di segnali bloccanti, ovvero la presenza contemporanea di due segnali sui pilotaggi delle valvole di potenza, che non ne permettono la commutazione all'arrivo di segnali successivi. Per ovviare a questo inconveniente si ricorre all'utilizzo di moduli sequenziatori. In Figura 6 è rappresentato il circuito pneumatico realizzato attraverso tali componenti. Nel modulo di testa vi è la bocca di alimentazione P, la bocca di reset delle memorie R, la bocca per l'uscita del segnale B e infine quella di ingresso per il segnale A. Nel modulo di coda, invece, sono presenti solamente la bocca per l'uscita del segnale A e quella per l'ingresso del segnale B, quest'ultimo "cortocircuitato" con l'uscita nel modulo di testa. Il segnale A proviene dall'elemento logico AND₄, che riceve a sua volta due input provenienti da due diverse parti del circuito. Un input proviene da un blocco composto da altri elementi logici AND da 1 a 3. Questo blocco ha il compito di raccogliere i segnali di consenso per inizio ciclo dai finecorsa (segnali a_0 e b_0) e dai sensori di presenza pezzo e assenza pezzo (PP1 e AP2). Il secondo segnale di input proviene da un blocco di pulsanti, azionati manualmente, per comandare l'inizio del ciclo di lavoro (continuo o ciclo per ciclo) oppure riavviare il sistema a seguito di un blocco di emergenza o primo avvio del circuito. Il funzionamento della linea sequenziale è già stato descritto nel Paragrafo 5.2. Ci limiteremo alla descrizione delle fasi specifiche di questo particolare ciclo di lavoro. Giunto il segnale A di consenso nel modulo di testa inizierà la prima fase e sarà attivato il primo sequenziatore, con conseguente invio del comando A^+ alla valvola di potenza collegata al cilindro A. Il pistone A, a questo punto, percorrerà la corsa di fuoriuscita fino all'attivazione del segnale di fine-corsa di uscita a_1 con conseguente invio del comando B^+ dal secondo sequenziatore e così via, completando il diagramma movimento fase descritto in precedenza. L'ultimo segnale ovvero quello del fine-corsa di rientro a_0 nel quarto sequenziatore, comporterà l'uscita del segnale A dal modulo di coda che raggiungerà sia la valvola selezionatrice, sia la valvola di inizio ciclo per l'eventuale inizio di un nuovo ciclo. Il segnale R di rimessa a zero di tutte le memorie, proveniente da un apposito pulsante di emergenza a comando manuale, è attivato quando si vuole interrompere immediatamente il ciclo di lavoro. Questo comporta la perdita delle informazioni in tutte le memorie. Per cui, se si vuole riavviare il ciclo, occorre azionare il pulsante V₂ di riavvio dopo emergenza che permette di inviare manualmente il segnale A, non più presente all'uscita del modulo di testa a causa della suddetta perdita di informazioni nelle memorie.

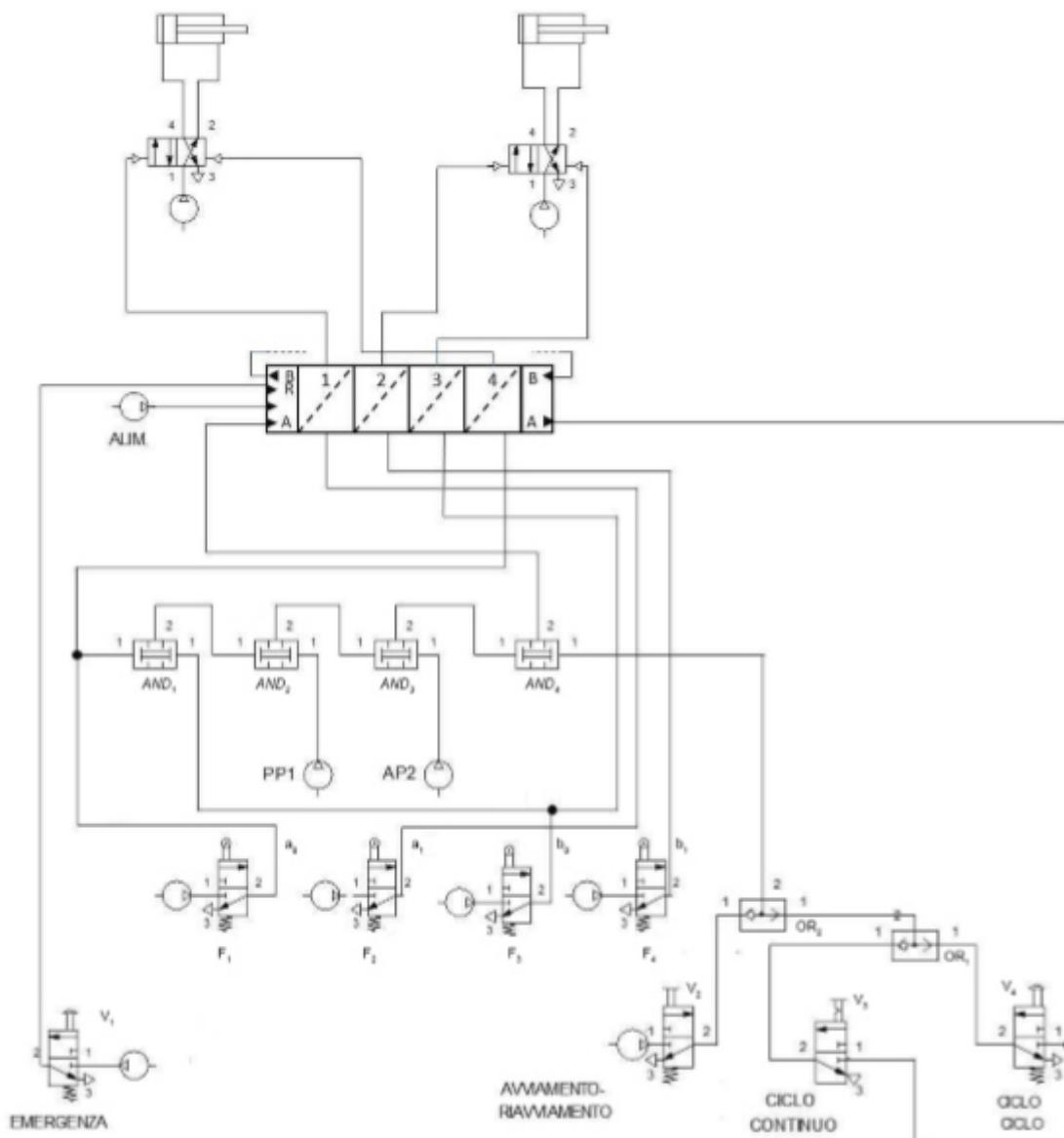


Figura 6 - Schema del circuito a 4 fasi

5.4.1 Sostituzione fine-corsa meccanico con valvola NOT-inibizione fine-corsa virtuale

Successivamente sono stati sostituiti i fine-corsa del cilindro B con due fine-corsa virtuali mediante l'utilizzo di due valvole NOT. Gli ingressi sono stati collegati ad una alimentazione, alla camera anteriore e a quella posteriore del cilindro mentre le uscite sono state collegate in modo tale che, quando il cilindro si trova in posizione b_0 , parte un segnale al sequenziatore per far iniziare la fase successiva e uno per la valvola AND adibita al riinizio del ciclo. Quando invece il cilindro si trova in posizione b_1 , dalla seconda uscita parte il segnale al sequenziatore che fa partire la terza fase del ciclo. Il relè interno alla valvola emette il segnale di consenso per il sequenziatore quando il valore di contropressione di scarico della camera anteriore raggiunge il valore di soglia cioè quando il pistone è fuoriuscito completamente o quando esso incontra qualsiasi tipo di resistenza alla sua completa uscita. Lo stesso avviene per quanto riguarda la camera posteriore.

SISTEMI ELETTROPNEUMATICI CON RELÈ

Esercitazione 6

6.1 Introduzione

L'esercitazione ha come obiettivo la realizzazione delle funzioni logiche e di circuiti elettropneumatici mediante l'utilizzo di relè elettrici. Essa è composta da due parti principali:

- verifica delle operazioni logiche AND, OR, della funzione memoria e del componente limitatore d'impulso;
- realizzazione di un sistema automatico con cilindri pneumatici comandati tramite relè.

Il relè è un dispositivo elettromeccanico in cui un gruppo meccanico mobile, tenuto in posizione da una molla, è soggetto all'azione di una bobina. Quando la bobina viene eccitata tramite una tensione, il gruppo mobile commuta i contatti normalmente chiusi aprendoli, viceversa con i contatti normalmente aperti; quando la corrente elettrica abbandona la bobina, una molla riporta i contatti nella posizione originaria. Come si può vedere nella Figura 1, internamente al relè sono presenti più contatti che vengono commutati quando è presente la tensione sui morsetti di collegamento della bobina (polo positivo: morsetto 10; polo negativo: morsetto 2). In particolare, il relè utilizzato dispone di contatti normalmente aperti (morsetti 1 – 3, 6 – 7, 11 – 9) e normalmente chiusi (morsetti 1 – 4, 6 – 5, 11 – 8).

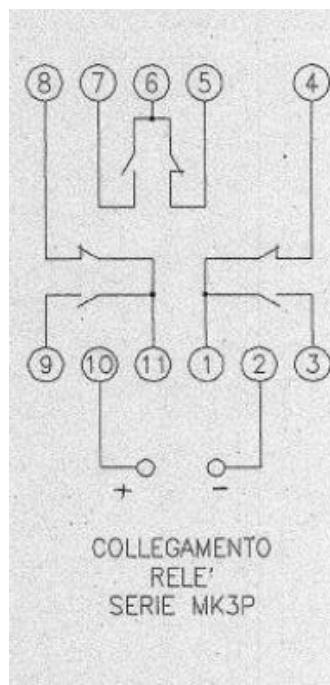


Figura 1 - Schema logico contatti relè

6.2 Funzione AND

Per realizzare la funzione logica AND in un circuito elettropneumatico (Figura 2) è necessario collegare due relè in serie (R_1 e R_2) ad un utilizzatore. Nel caso in esame, l'utenza E è rappresentata da un terzo relè, la cui commutazione avverrà solo quando saranno attivati gli altri due a monte. I due relè di comando sono collegati in configurazione NA, e a loro volta vengono alimentati tramite due interruttori NA, così che solo l'azionamento di entrambi i pulsanti possa permettere il passaggio di corrente.

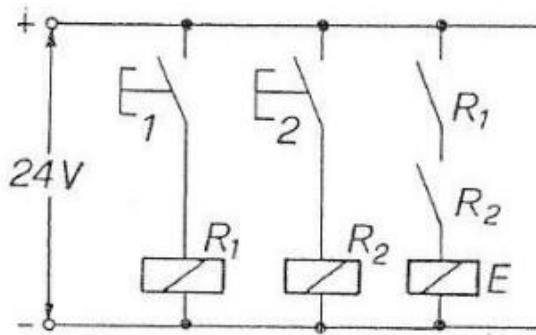


Figura 2 - Schema funzione AND tramite relè

Segue uno schema del circuito, per evidenziare i cablaggi realizzati in laboratorio (Figura 3). Le alimentazioni di R_1 e R_2 , rappresentate dall'uscita 10, sono collegate ai contatti NA rispettivamente del pulsante 1 e del pulsante 2. I pulsanti, a loro volta, ricevono la corrente dall'alimentazione a 24V mediante il secondo contatto NA presente sugli stessi. Dal momento che i relè di comando devono trovarsi nella configurazione normalmente aperta, l'alimentazione è stata collegata all'ingresso 9 di R_1 . Per riprodurre la configurazione in serie, l'uscita 11 di R_1 viene messa in comunicazione con l'ingresso 9 del secondo relè, il quale deve essere anch'esso normalmente aperto. Infine, l'alimentazione 10 dell'utenza viene messa in collegamento con l'uscita 11 di R_2 . Per chiudere il circuito, i relè di comando e l'utenza sono stati messi in collegamento con il negativo dell'alimentazione, tramite l'apposita uscita 2.

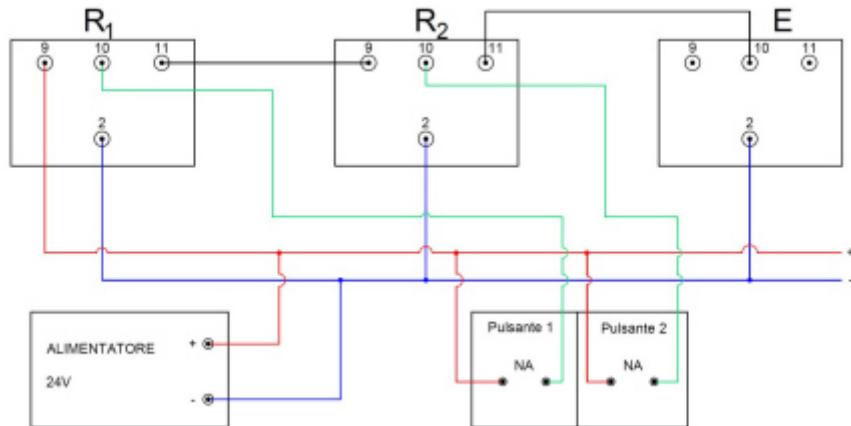


Figura 3 - Schema circuitale funzione AND tramite relè

6.3 Funzione OR

Si vuole implementare la funzione logica OR (somma logica) attraverso l'uso di relè elettrici. Il diagramma Ladder di partenza per la realizzazione del circuito è rappresentato in Figura 4. Per realizzare la funzione logica OR è necessario collegare due relè in parallelo (R_1 e R_2) ad un utilizzatore. Dallo schema è possibile vedere come l'utenza E (nel nostro caso un relè) viene attivata in presenza del segnale dato dal relè R_1 , dal segnale dato dal relè R_2 , oppure da entrambi. Questi ultimi sono stati collegati su due rami differenti, alimentati entrambi a 24 V, ed entrambi vengono azionati per mezzo di un pulsante che, chiudendo il contatto normalmente aperto, permette alla bobina del relè di essere eccitata causando la commutazione dello stato dei contatti dello stesso. La commutazione di un relè chiude il relativo contatto normalmente aperto sul terzo ramo andando ad alimentare l'utenza E. Per avere alimentazione all'utenza è quindi evidente come sia sufficiente che almeno uno dei due pulsanti che comandano i relè R_1 e R_2 sia attivato.

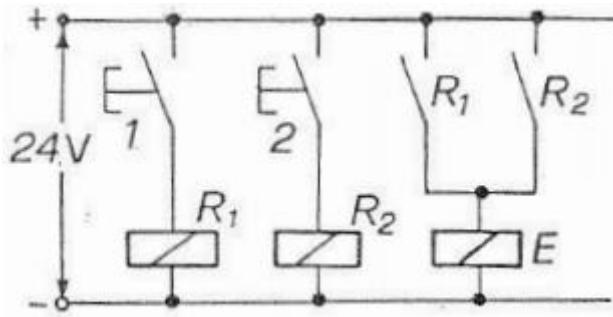


Figura 4 - Schema della realizzazione della funzione OR tramite relè

Dal punto di vista pratico, facendo riferimento alla Figura 5 si è quindi proceduto con il collegare il polo positivo dell'alimentatore con un'entrata del pulsante normalmente aperto. L'altra entrata del pulsante di comando è stata collegata al morsetto 10 del relè. Un ulteriore cavo è stato inserito per collegare il morsetto 2 del relè con il polo negativo dell'alimentatore. In questo modo è stato configurato il primo collegamento dello schema Ladder di partenza. Il secondo ramo dello schema è stato configurato allo stesso modo. Per la realizzazione dell'ultimo collegamento si è partiti mettendo in comunicazione il polo positivo dell'alimentazione con un contatto normalmente aperto dei due relè R₁ e R₂ (morsetto 9). Sono poi stati collegati i due cavi uscenti dal morsetto 11 di entrambi i relè all'entrata 10 del terzo relè (E). Infine, il morsetto 2 del terzo relè è stato messo in comunicazione con il polo negativo dell'alimentatore. Dando tensione al circuito si è potuto notare che premendo uno qualsiasi dei due pulsanti avviene la commutazione del relè usato come utenza.

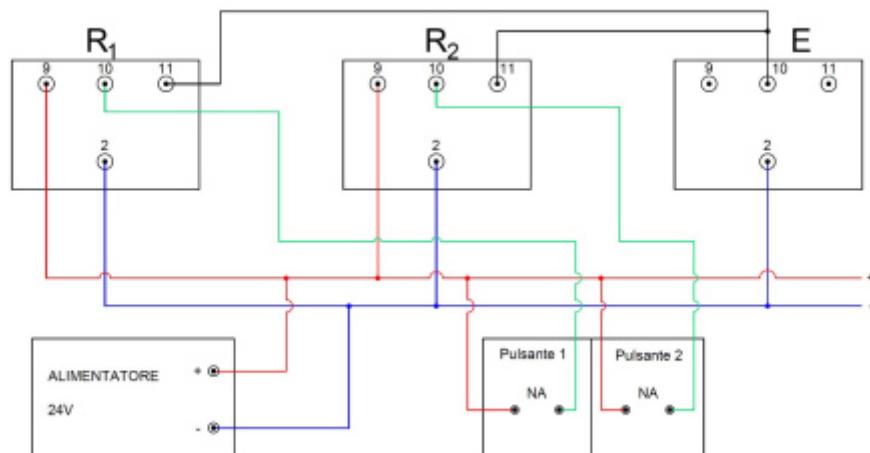


Figura 5 - Schema circuitale funzione OR tramite relè

6.4 Memoria

In questo circuito vengono usati due relè R₁ e R₂ per rendere il relè R₃ un elemento con memoria (Figura 6). Ciò significa che il relè R₃ si auto-mantiene attivo anche quando il segnale che lo aziona, ovvero R₁, viene meno. Per disattivare R₃ occorre un segnale di spegnimento, in questo caso è rappresentato dal relè 2. In condizioni di funzionamento si preme manualmente il tasto 1 che attiva il relè 1. Il contatto R₁ si chiude permettendo il passaggio della corrente a R₃, il quale si attiva. A questo punto il contatto R₁ si riapre mentre R₃ si chiude, consentendo un continuo passaggio di corrente al relè 3. Questo si mantiene attivo finché non si preme il pulsante 2. Fatto ciò si attiva il relè 2 e il contatto R₂ passa da normalmente chiuso ad aperto. La corrente non giunge al relè 3 che si disattiva. L'auto-mantenimento è generato dal parallelo fra R₁ e R₃ che si collega in serie a R₂ permettendo lo spegnimento a un dato segnale. Se R₃ non venisse collegato in parallelo a R₁, una volta che il relè 1 si disattiva il relè 3 si spegnerebbe.

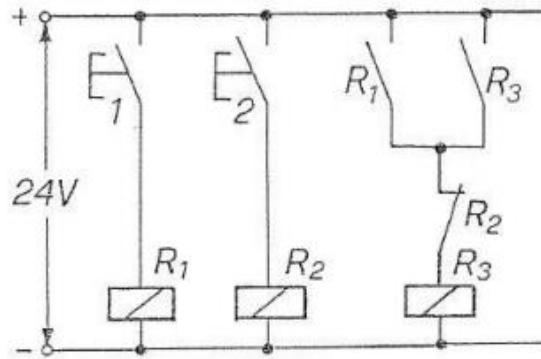


Figura 6 - Schema funzione MEMORIA tramite relè

In laboratorio il relè 1 è stato alimentato attraverso i collegamenti 10 e 2 interponendo un pulsante, lo stesso è stato fatto per il relè 2. La porta 11 del relè 1 è stata collegata a un capo della tensione, mentre la porta 9 è stata collegata alla porta 1 del secondo relè. Il collegamento 4 dello stesso elemento (la linea 1–4 interna al relè rappresenta appunto un NC) è stato collegato alla porta 10 del relè 3, mentre la porta 2 di questo relè è stata collegata all’altro capo della tensione. Per creare infine l’auto-mantenimento la porta 9 del relè 3 è stata collegata alla porta 1 del relè 2, mentre la porta 11 è collegata al polo negativo dell’alimentatore (Figura 7).

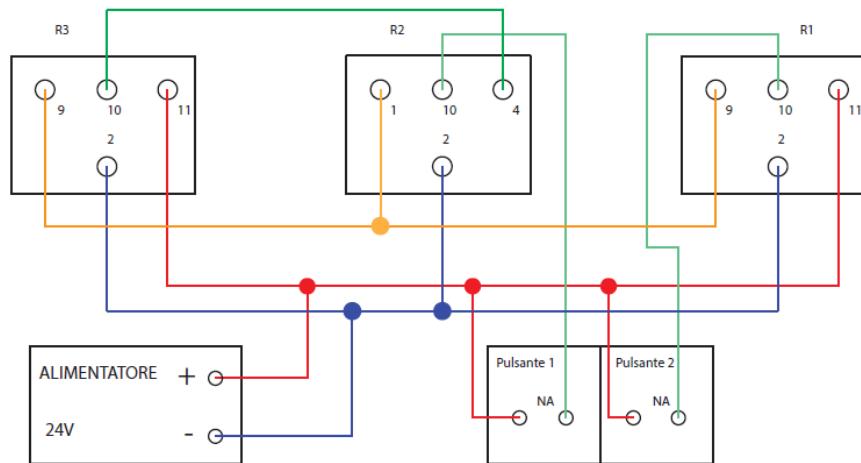


Figura 7 - Schema circuitale funzione MEMORIA tramite relè

6.5 Limitatore di impulso

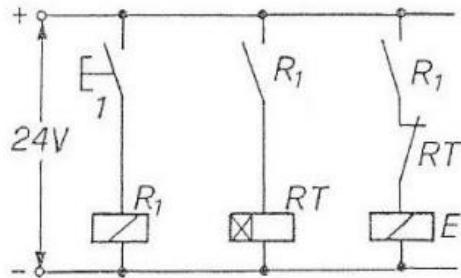


Figura 8 - Schema funzione LIMITATORE DI IMPULSO tramite relè

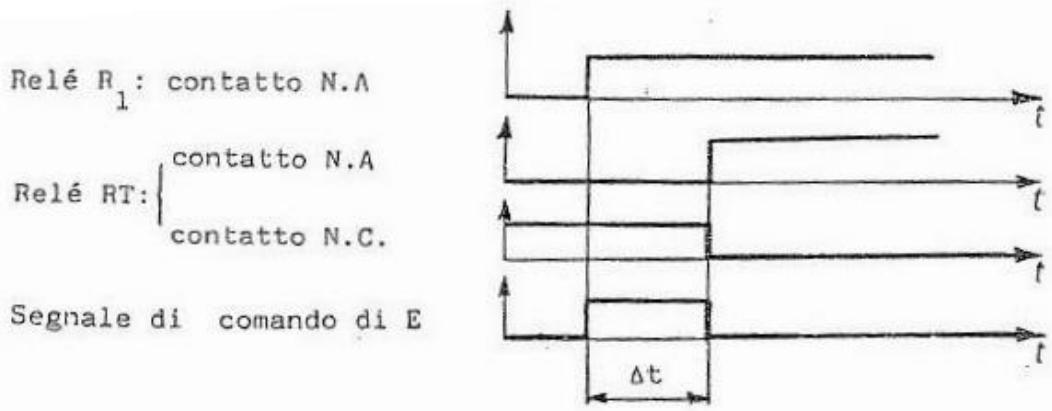


Figura 9 - Grafico andamento temporale dei segnali

Per realizzare il limitatore di impulso sono stati utilizzati un relè R_1 , un relè temporizzato R_T , un pulsante P_1 (che a riposo realizza un collegamento NA) e un utilizzatore E , costituito dalla bobina di un altro relè. Si riporta in Figura 8 lo schema del circuito realizzato. Il circuito realizzato ha la funzione di creare un segnale di impulso su un utilizzatore comandato tramite i due relè R_1 e R_T . La funzione di limitatore di impulso è svolta dal relè temporizzato R_T , il quale, quando è eccitato, ritarda la commutazione di un intervallo di tempo Δt , che può essere scelto manualmente dall'operatore tramite regolazione di un elemento mobile. Nel circuito realizzato i due contatti NA del relè R_1 sono collegati alla bobina del relè temporizzato e al contatto NC del relè temporizzato. Premendo il pulsante P_1 si eccita la bobina del relè R_1 e, in questo modo, si aziona il relè temporizzato R_T . Di conseguenza si eccita la bobina del relè E per un certo intervallo di tempo Δt , essendo tutti i contatti sul ramo di destra dello schema Ladder chiusi. Trascorso il tempo impostato sul relè R_T , il suo contatto normalmente chiuso si apre e il relè E si disattiva. Inoltre, come si può vedere dal grafico di Figura 9 dell'andamento dei segnali in funzione del tempo, il segnale R_1 non deve essere di tipo impulsivo. Il pulsante P_1 deve essere infatti mantenuto premuto per poter osservare una limitazione dell'impulso, consentendo infatti al relè monostabile R_1 di restare eccitato e il suo contatto NA chiuso.

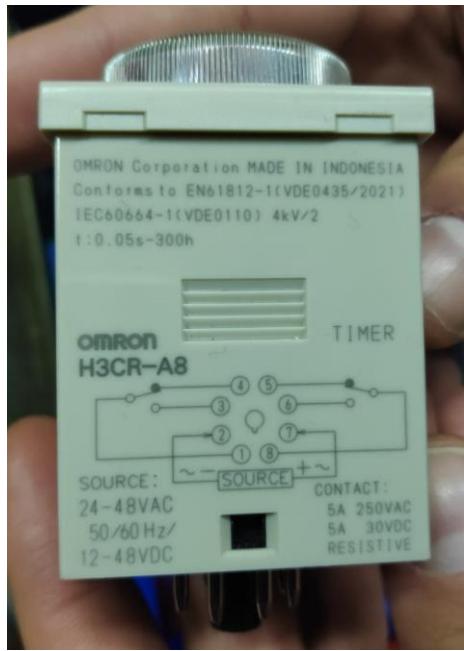


Figura 10 - Schema contatti temporizzatore

Il relè 1 è stato alimentato attraverso i collegamenti 10 e 2 interponendo un pulsante. La porta 11 del relè 1 è stata collegata alla porta 7 di alimentazione del temporizzatore (si veda la Figura 10 per lo schema dei contatti del temporizzatore). Mentre la porta 9 del relè 1 è stata collegata al polo negativo dell'alimentatore, così come la porta 2 del temporizzatore. Per realizzare il contatto NC del temporizzatore, la porta 1 è collegata alla porta 11 del relè 1, mentre la porta 4 è collegata alla porta 10 dell'utilizzatore E. In questo modo si riesce a realizzare la funzione di limitatore di impulso. Infine, la porta 2 dell'utilizzatore E è collegata anch'essa al polo negativo dell'alimentatore. (Figura 11)

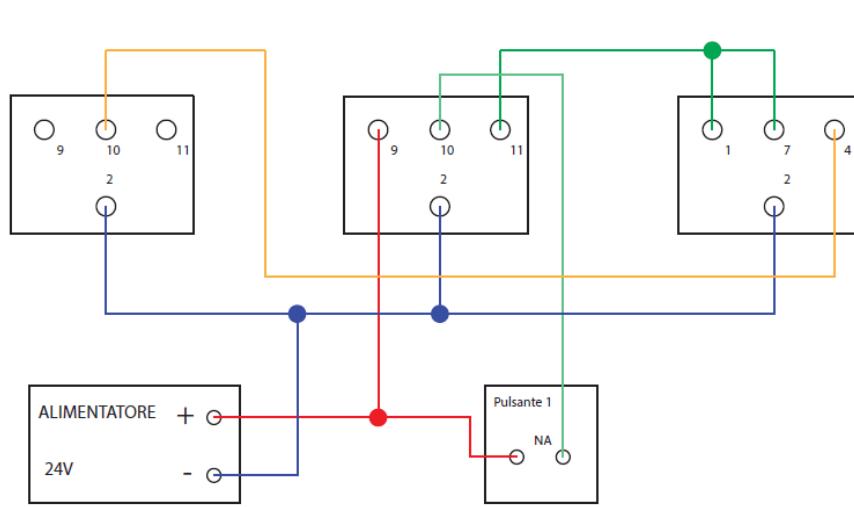


Figura 11 - Schema circuitale funzione LIMITATORE DI IMPULSO tramite relè

6.6 Circuito elettropneumatico

Si è realizzato un circuito elettropneumatico per la movimentazione di due cilindri A e B, le cui fasi sono controllate da un relè ausiliario. Occorre innanzitutto definire il diagramma movimento fasi, il GRAFCET in forma estesa e contratta, le equazioni dei relè e infine il diagramma LADDER.

Il diagramma movimento-fasi che si intende realizzare prevede 4 fasi, così ordinate:

1. fuoriuscita del cilindro A (A^+), presenza dei segnali di consenso m (pulsante inizio ciclo), finecorsa b_0 ;
2. fuoriuscita cilindro B (B^+) in seguito alla presenza del segnale di consenso del finecorsa a_1 (completa fuoriuscita di A);
3. rientro cilindro A (A^-) in seguito alla presenza del segnale di consenso b_1 (completa fuoriuscita di B);
4. rientro cilindro B (B^-) in seguito alla presenza del segnale di consenso a_0 (completo rientro di A). Al termine del rientro di B viene inviato il segnale di consenso b_0 .

In Figura 12 si riporta il diagramma movimento fasi realizzato.

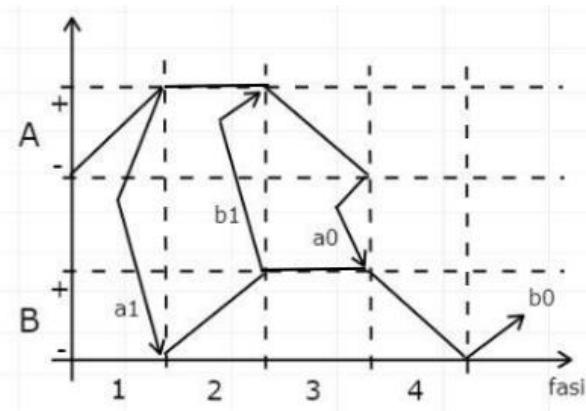


Figura 12 - Diagramma movimento fasi

Il GRAFCET contratto prevede due fasi contratte a fronte delle quattro fasi previste dal diagramma movimento fasi. Il numero minimo di relè ausiliari per la realizzazione di due fasi sarà quindi uno (si ricorda che con n relè si possono realizzare 2^n fasi). La prima fase contratta si attiverà quando il relè è attivo (stato logico 1), mentre la seconda quando il relè non è attivo (stato logico 0); il passaggio da uno stato all'altro del relè avviene in seguito alla presenza del segnale b_1 (Figura 13).

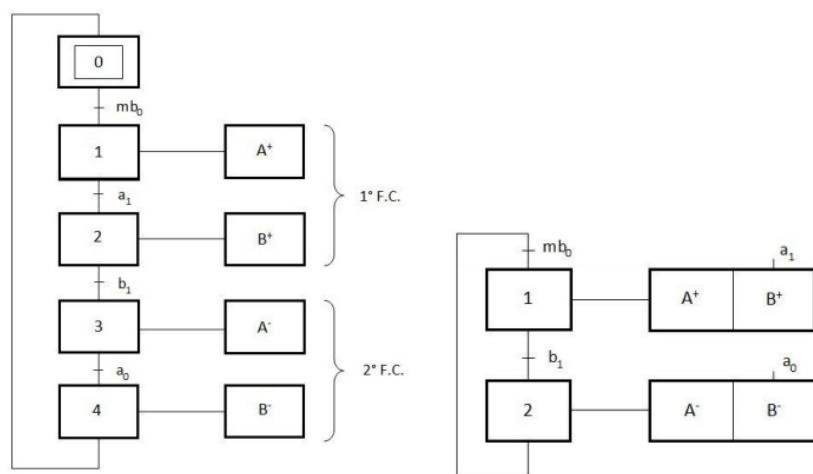


Figura 13 - GRAFCET esteso (a sinistra) e GRAFCET contratto (a destra)

L'equazione logica del relè X è determinabile a partire dalla tabella degli stati logici (Figura 14).

	N° F.C.	X
m b ₀		
	1	1
b ₁		
	2	0

Figura 14 - Tabella degli stati logici

La fase 1 prevede i segnali $m b_0$, mentre la 2 prevede il segnale di consenso b_1 . L'equazione del relè sarà quindi la seguente:

$$X = (m b_0 + x)(\bar{b}_1)$$

In particolare, la prima parentesi rappresenta la "messa a 1", ovvero la condizione in cui il relè è attivo (fase 1) e in cui si ha l'aggiunta dell'autoritenuta X per permettere la continuità del segnale ad X anche dopo il rilascio del pulsante di inizio ciclo m. La seconda parentesi realizza la "messa a 0", ovvero la disattivazione del relè (fase 2) che avviene in seguito alla presenza del segnale del finecorsa b_1 .

La sequenza di funzionamento è la seguente:

1. Azionando m e grazie alla contemporanea presenza del segnale b_0 si attiva il relè X essendo b_1 normalmente chiuso. Rilasciato m, il circuito di autoritenuta di X permette la continuità del segnale;
2. Avendo eccitato X, i contatti ad esso relativi passano da NA a NC e viceversa, quindi viene eccitata la bobina che comanda A+; raggiunto il finecorsa di A, la presenza del segnale a_1 insieme alla presenza di X, eccita la bobina che comanda B+;
3. La comparsa del segnale b_1 in seguito al raggiungimento del finecorsa di B disattiva il relè (i contatti tornano nel loro stato di riposo NA o NC) provocando il rientro di A (A-) e, in seguito alla comparsa di a_0 , anche il rientro di B (B-).

Di seguito, in Figura 15 si riporta lo schema Ladder.

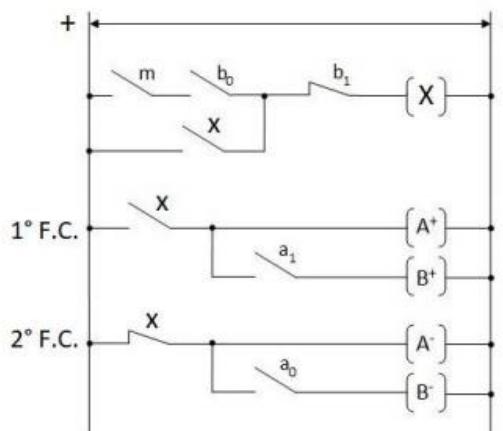


Figura 15 - Schema Ladder del circuito elettropneumatico

In Figura 16 si riportano i collegamenti realizzati fisicamente in laboratorio.

Si elencano di seguito le operazioni di collegamento che si sono eseguite in laboratorio. *Codifica relè ausiliario:*

1. collego polo " + " ad interruttore m normalmente aperto;
2. attacco uscita di m con ingresso di b_0 ;
3. attacco uscita di b_0 NA con ingresso di b_1 ;
4. attacco uscita di b_1 NC con alimentazione + relè;
5. attacco polo " - " alimentatore con alimentazione " - " relè.

Comando elettrovalvole:

1. collego ingresso morsettiera 2 delle elettrovalvole con polo " - " (i poli " - " della morsettiera sono cortocircuitati);
2. collego ingresso NA del relè con polo " + " del generatore;
3. collego uscita relè NA con polo positivo del solenoide di comando E1 (A+);
4. collego uscita relè NA con ingresso a_1 ;
5. collego uscita di a_1 NA con polo " + " di E3 (B+);
6. collego polo " + " alimentatore con ingresso relè NC;
7. collego uscita relè NC con polo " + " comando E2 (A-);
8. collego uscita relè NC con ingresso a_0 ;
9. collego uscita a_0 NA con comando E4 (B-).

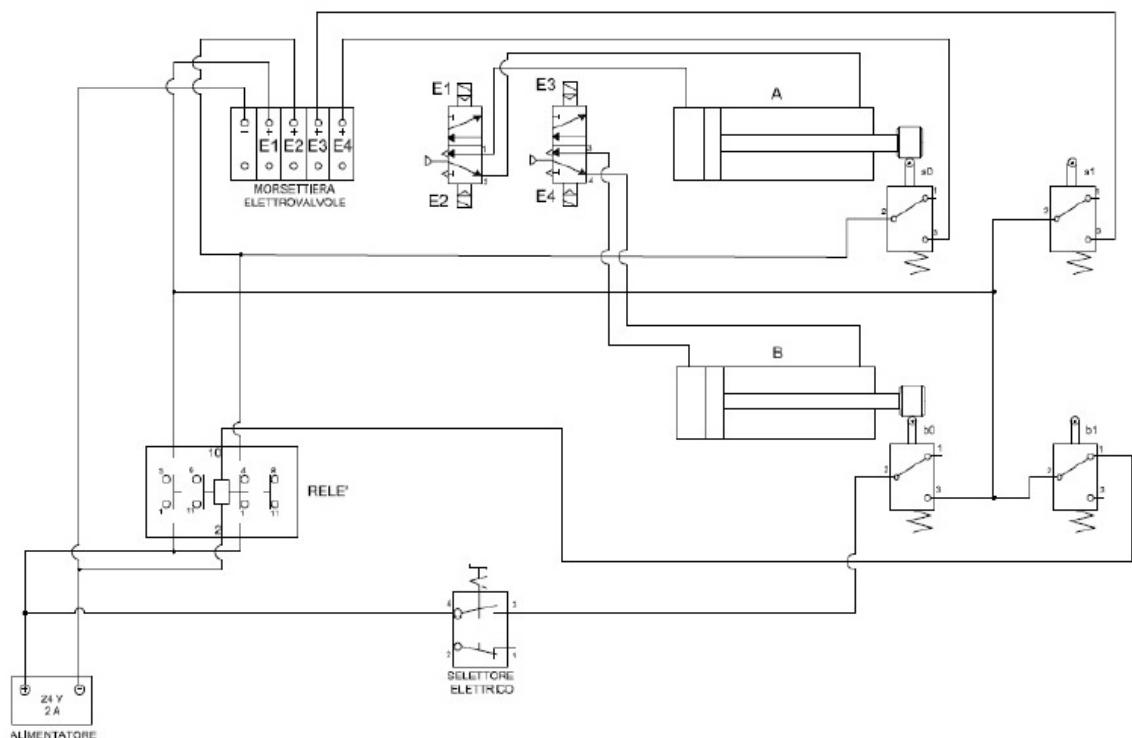


Figura 16 - Circuito elettropneumatico

PLC SIEMENS E VENTOSE

Esercitazione 7

7.1 PLC Siemens

L'obiettivo dell'esercitazione è la realizzazione di un ciclo automatico utilizzando un controllore a logica programmata (PLC), in particolare utilizzando un PLC Siemens. Si è inizialmente ideato un diagramma movimento-fasi il quale deve rispettare alcune specifiche:

- Si devono utilizzare 3 cilindri: uno azionato mediante valvola bistabile e due con valvole monostabili.
- Il corrispondente grafset contratto deve funzionare con 2 relè ausiliari;

In seguito, si è rappresentato il diagramma grafset corrispondente dal quale si è ricavato il grafset contratto. Dovendo utilizzare 2 relè ausiliari è stato possibile creare 4 fasi contratte. Infatti, con n relè si riescono a gestire 2^n combinazioni.

Una volta ricavato il grafset contratto è stata compilata la tabella dei relè ausiliari grazie alla quale si sono scritte le equazioni logiche che attivano o disattivano i relè utilizzati. Infine, si è ricavato lo schema Ladder del circuito ideato il quale è stato poi riportato su un apposito software presente sul PC che lo ha convertito in un programma caricabile sulla CPU del PLC.

Dopo aver caricato il programma e verificato il corretto funzionamento si è modificato il ciclo inserendo un temporizzatore di tipo TON (ritardo all'accensione) per ritardare l'attivazione di un determinato comando del programma.

Descrizione del banco prova

Il banco prova presente in laboratorio è costituito da:

- 6 cilindri a doppio effetto
- 1 PLC Siemens
- 3 elettrovalvole monostabili
- 3 elettrovalvole bistabili
- Riduttore di pressione
- Computer con software Siemens
- Connessioni elettriche
- Connessioni pneumatiche
- Led indicatori di stato degli attuatori

Diagramma movimento-fasi

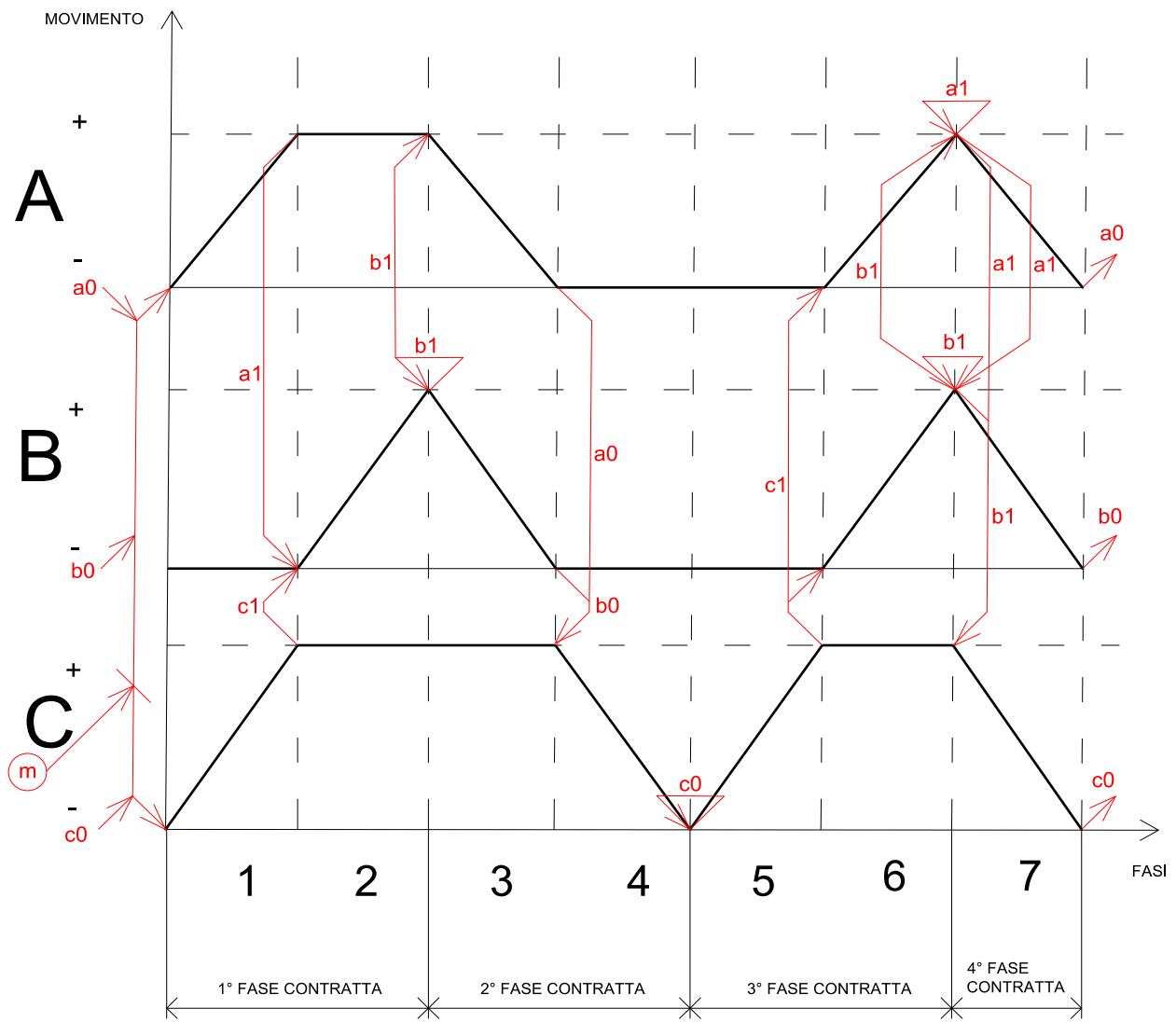


Figura 1 - Diagramma Movimento – Fasi

L'immagine sopra mostra il diagramma movimento-fasi del ciclo realizzato in laboratorio. I cilindri A e C sono comandati da valvole monostabili mentre il cilindro B è comandato da una valvola bistabile. Il ciclo viene avviato quando sono presenti i segnali dei finecorsa ' a_0 ', ' b_0 ' e ' c_0 ' e viene premuto il pulsante di avvio ' m '. La prima fase consiste nella fuoriuscita dei cilindri A e C che, una volta arrivati a finecorsa, attivano i segnali ' a_1 ' e ' c_1 '. Questi vanno a comandare la valvola di comando del pistone B, in particolare la sua fuoriuscita che corrisponde alla seconda fase del ciclo. Arrivato a finecorsa attiva il segnale ' b_1 ' che comanda il rientro contemporaneo dei cilindri A e B. Si noti che l'insieme della prima e seconda fase corrispondono alla prima fase contratta. Infatti, in una fase contratta non può essere presente sia la corsa di fuoriuscita che quella di rientro di uno stesso attuatore.

La quarta fase viene attivata dai finecorsa ' a_0 ' e ' b_0 ' e consiste nel rientro del cilindro C. La terza e la quarta fase formano la seconda fase contratta. Le fasi successive avvengono in maniera del tutto analoga: uno o più pistoni vengono movimentati e attivano un finecorsa che comandano il movimento di altri pistoni andando a pilotare la rispettiva valvola.

Grafcet funzionale

Il Grafcet funzionale è un diagramma che rappresenta graficamente ed in maniera sequenziale i movimenti ed i relativi segnali di comando di un ciclo automatico.

Nel grafcet è possibile distinguere le *fasi*, rappresentate con dei quadrati, le quali sono separate tra di loro dalle *transizioni*. Le transizioni servono come segnale di consenso per passare da una fase alla successiva, sono rappresentati da un segmento orizzontale. A destra delle fasi sono rappresentate le *azioni* che vengono eseguite in quella stessa fase (per esempio A+, ovvero fuoriuscita de cilindro A).

La prima fase è indicata con il numero “0” e indica lo stato iniziale del ciclo, nel caso del ciclo indicato sopra corrisponde ad avere tutti e tre i pistoni nella configurazione ritratta (con i finecorsa ‘ a_0 ’, ‘ b_0 ’ e ‘ c_0 ’ attivati). Tra la fase 0 e la fase 1 è presente la transizione formata dal pulsante di inizio ciclo, indicato con la lettera “m”. Solo se si è nella fase iniziale e viene premuto questo pulsante è possibile far partire il ciclo.

Si riporta in seguito lo schema Grafcet funzionale realizzato.

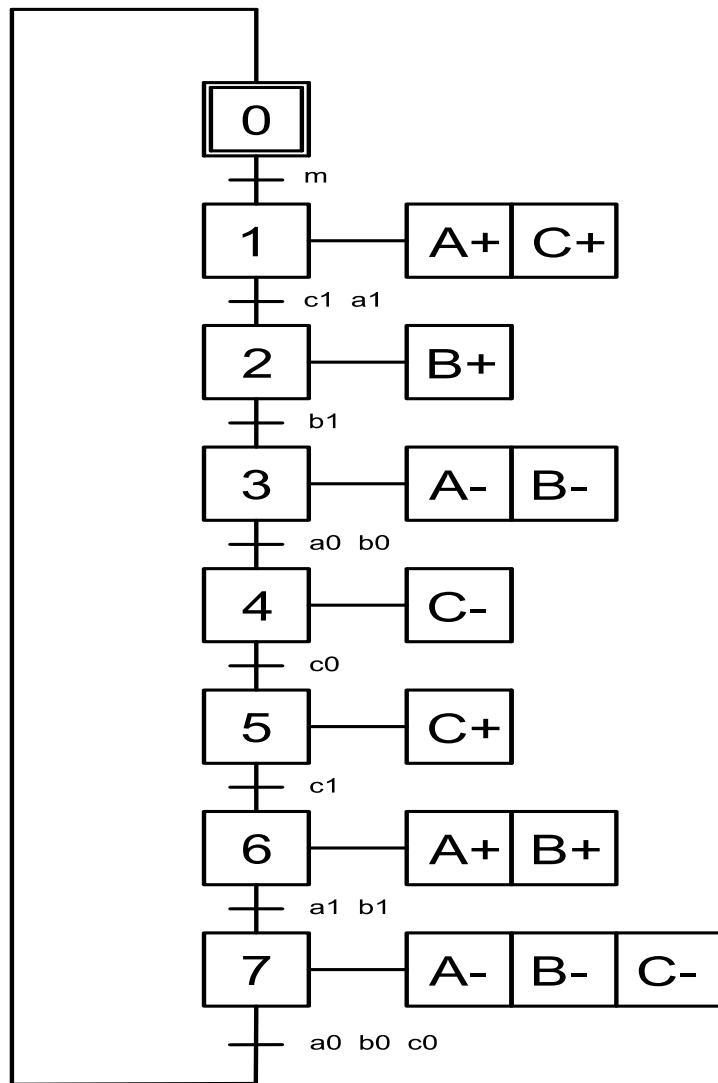


Figura 2 - Grafcet Funzionale

Grafcet contratto

Dal Grafcet funzionale si è passati al Grafcet contratto. Il Grafcet contratto serve per evitare i segnali bloccanti i quali se presenti, come evidenzia il nome, bloccano il ciclo impedendo la commutazione delle valvole di pilotaggio dei cilindri. Nel grafcet contratto sono presenti le fasi contratte che si ricavano raggruppando le fasi del grafcet funzionale imponendo il vincolo che in ogni fase contratta vi sia un solo movimento dello stesso attuatore. Non vi possono quindi essere nella medesima fase la corsa di uscita e di rientro dello stesso cilindro. In base al numero di fasi contratte è possibile determinare il numero minimo di relè utilizzabili per creare il ciclo automatico senza incorrere in segnali bloccanti. Con un relè è possibile ottenere due condizioni, relè attivo o spento, per cui con n relè è possibile gestire 2^n fasi. Come è imposto dalla consegna, nel nostro caso si sono utilizzati 2 relè e quindi è stato possibile eseguire 4 fasi contratte. I relè utilizzati sono stati indicati con le lettere X e Y. Si noti che per contraddistinguere due fasi successive si varia la condizione di un solo relè alla volta: se così non fosse, con la variazione di stato dei due relè non perfettamente contemporanea, non si avrebbe la sicurezza di ottenere la fase voluta al momento giusto.

È riportato in seguito il grafico del grafcet contratto.

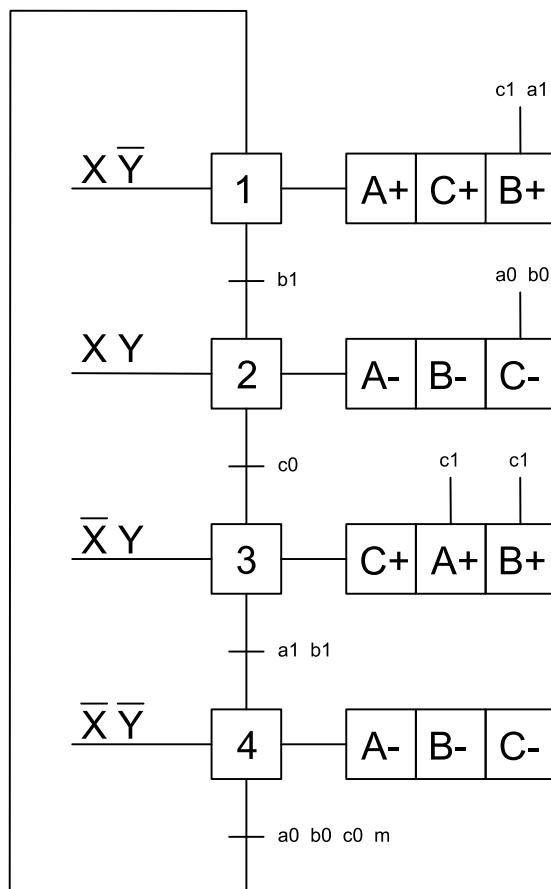


Figura 3 - Grafcet contratto

Nel Grafcet contratto si hanno due tipi di transizioni: quelle che danno il consenso al passaggio alla fase successiva, che sono uguali a quelle viste precedentemente e quelle che mandano il segnale di consenso per le azioni che avvengono all'interno della stessa fase contratta. Queste transizioni sono riportate sopra la casella corrispondente al movimento del cilindro in questione. Per esempio, nella prima fase contratta l'uscita del cilindro B (B+) viene avviata quando i segnali 'c₁' e 'a₁' sono attivati.

Come anticipato precedentemente, ogni fase contratta è contraddistinta da una combinazione degli stati logici dei due relè. Tra una fase e la successiva bisogna variare solamente lo stato di un solo relè per volta. Prima di poter passare al diagramma ladder è necessario definire le equazioni logiche di attivazione e disattivazione dei relè. Per scriverle è necessario capire quali segnali fanno variare il loro stato logico, per semplificare questa fase si è costruita una tabella:

Fase contratta	Transizioni	Relè X	Relè Y
1	$a_0 \ b_0 \ c_0 \ m$	1	0
2	b_1	1	1
3	c_0	0	1
4	$b_1 \ a_1$	0	0

L'equazione per il relè X si può ricavare notando che:

- È messo a "1" quando sono attivi 'a₀', 'b₀', 'c₀', 'm' e il relè \bar{Y}
- Deve diventare "0" quando 'c₀' e il relè Y sono attivi. Per cui nella formula si mette il valore negato di questi due segnali in modo che quando sono pari a 1 il relè X sia 0, come si vuole.
- Per mantenere il relè a 1 anche nelle fasi successive alla sua attivazione si deve creare una memoria, a tal proposito aggiunge lo stesso relè X ai segnali di messa a 1.

Ricordando che: $\overline{c_0 Y} = \bar{c}_0 + \bar{Y}$

si ottiene:

$$X = (a_0 \ b_0 \ c_0 \ m \ \bar{Y} + X)(\bar{c}_0 + \bar{Y})$$

Per il relè Y si ha:

- b_1 e X: sono la messa a 1;
- Y e la memoria;
- \bar{b}_1 , \bar{a}_1 e X: sono la messa a 0;

E quindi si ottiene:

$$Y = (b_1 \ X + Y)(\bar{b}_1 + \bar{a}_1 + X)$$

Schema Ladder

Si è creato lo schema Ladder da riportare nel PC per realizzare il programma caricabile nel PLC per poter produrre il ciclo.

I primi due rung dello schema servono per settare i due relè e corrispondono alle equazioni logiche descritte prima.

I rung successivi invece sono relativi al comando delle elettrovalvole. Per il comando delle valvole bistabili e monostabili è necessario utilizzare due bobine differenti:

- Per le valvole monostabili è necessario utilizzare una bobina di set per la fuoriuscita del pistone. Poi, per il successivo rientro, basta resettare la stessa bobina e per via dell'effetto della molla la valvola commuta facendo rientrare il cilindro.
- Per le valvole bistabili per comandare una corsa dell'attuare, per esempio la fuoriuscita del cilindro, è necessario un comando di SET per la bobina che attiva la fuoriuscita e un comando di RESET per la bobina che gestisce il rientro del pistone, in questo modo si evita di avere entrambe le bobine eccitate (corrispondente a valvola bloccata). Analogamente se si vuole comandare la corsa opposta bisogna resettare la bobina che attiva la fuoriuscita e settare quella che governa il ritorno. Nel nostro caso, avendo utilizzato le fasi contratte, non si hanno segnali bloccanti e quindi si può utilizzare una semplice bobina senza set e reset.

Si è aggiunto un pulsante di stop, denominato con 'S', il quale funge da pulsante di sicurezza. Una volta premuto il ciclo si ferma. A tal proposito, nel diagramma ladder si è inserito un contatto normalmente chiuso prima delle bobine relative ai relè X e Y, in questo modo quando viene premuto il pulsante di stop i due relè vengono resettati assumendo il valore logico 0. C'è però bisogno di un ulteriore accortezza perché se i due relè sono entrambi nulli viene attivata la bobina corrispondente alla fase in cui i due relè sono entrambi negativi. Infatti, essendoci in tale fase dei contatti normalmente chiusi, lo stato logico 0 diventa 1 e passa il segnale. Per ciò anche in questi rami si è aggiunto un contatto normalmente chiuso di S in serie ai due relè.

È possibile visionare il diagramma nella pagina seguente.

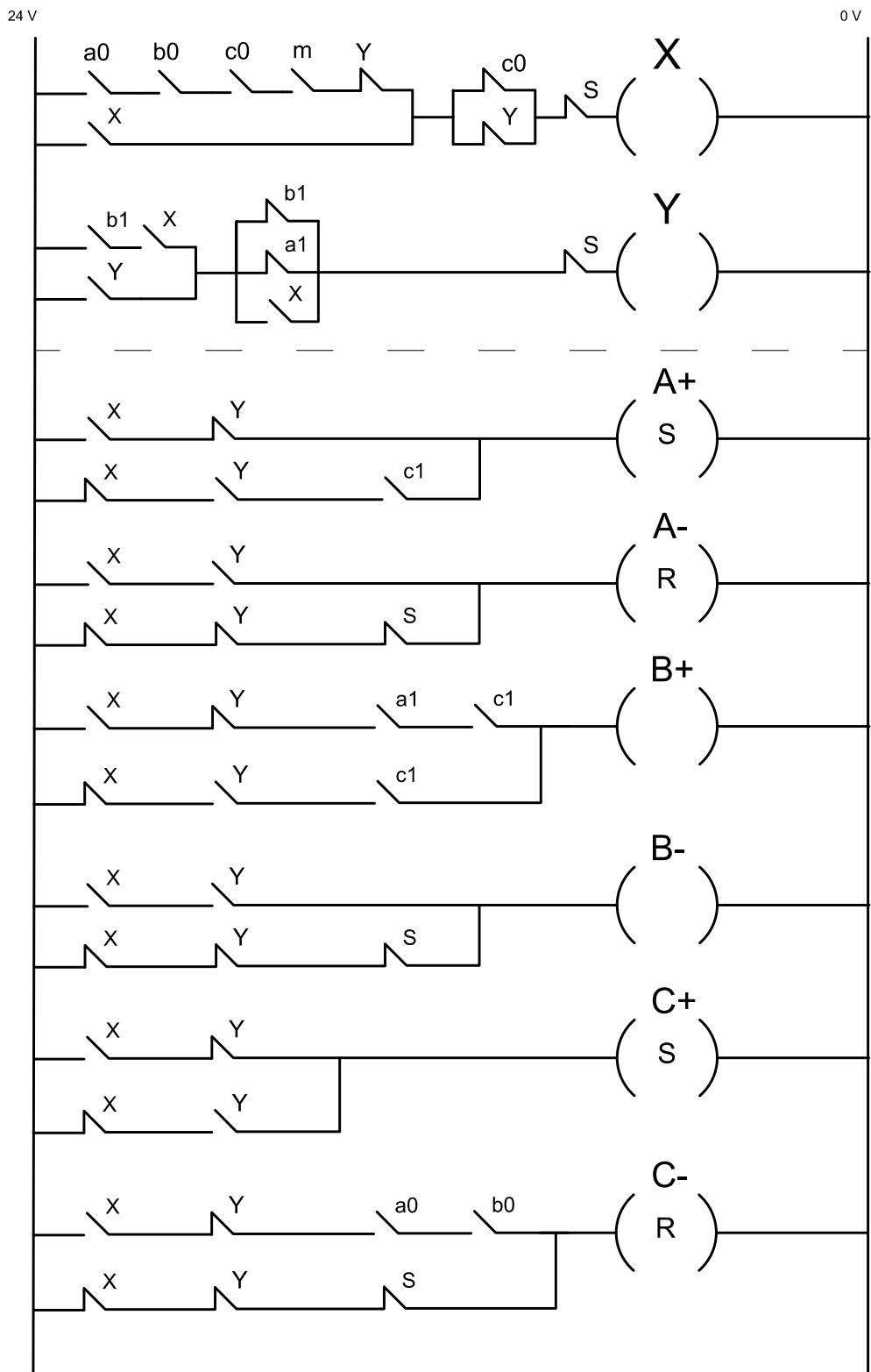


Figura 4 - Schema Ladder del ciclo

Variante del ciclo con temporizzatore TON

Si è proceduto inserendo un temporizzatore TON al ciclo progettato in precedenza. La funzione di questo componente consta nel ritardare un'azione selezionata del ciclo a seconda del Preset Time scelto.

È stato scelto di imporre un ritardo di 5 secondi.

Il temporizzatore TON è segnalato nel software come T101. Vi è indicato nella parte inferiore sinistra il valore di Preset Time impostato, alla sua destra è visibile il valore per il quale è moltiplicato il PT. In questo caso 100ms, per cui $50 \cdot 100 = 5000 \text{ ms} = 5 \text{ s}$ di ritardo.

Diagramma movimento – fasi con temporizzatore

Il diagramma movimento fasi rappresenta lo stesso ciclo prodotto precedentemente con una modifica. Alla fine della fase 6 i finecorsa a1 & b1 attivano il temporizzatore T101, il quale, dopo l'intervallo di tempo impostato fa rientrare i cilindri, continuando nel ciclo come inizialmente. Nel diagramma si ha quindi una fase aggiuntiva, la 7.

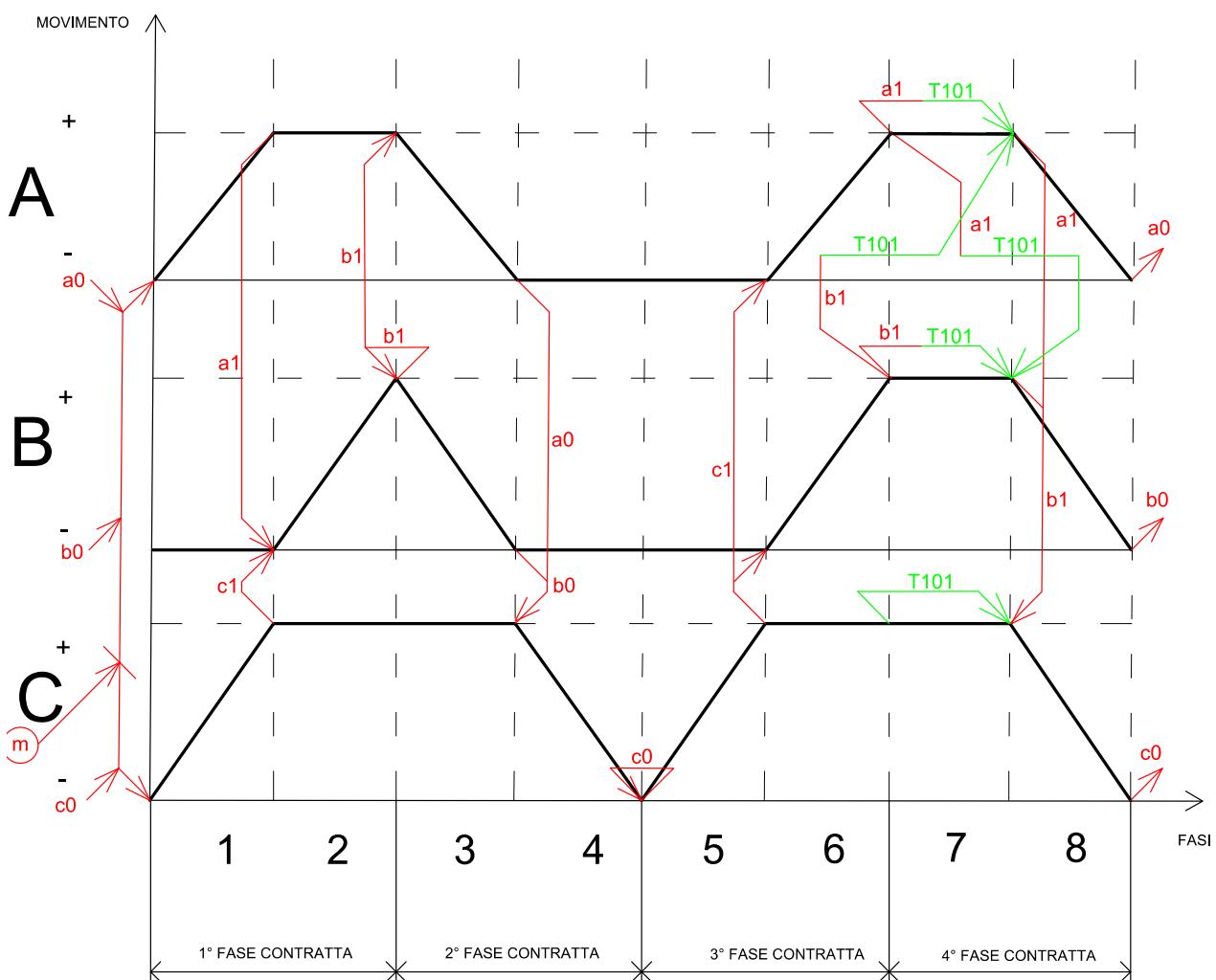


Figura 5 - Diagramma movimento - fasi con temporizzatore

Grafct Funzionale & Contratto

Si riportano gli schemi dei grafct funzionale e contratto relativi al ciclo automatico con temporizzatore in cui si hanno le stesse prerogative del precedente e piccole variazioni. Il segnale del temporizzatore non determina la transizione da una fase all'altra, per cui la tabella dei relè e le equazioni degli stessi restano invariate rispetto al caso senza temporizzatore.

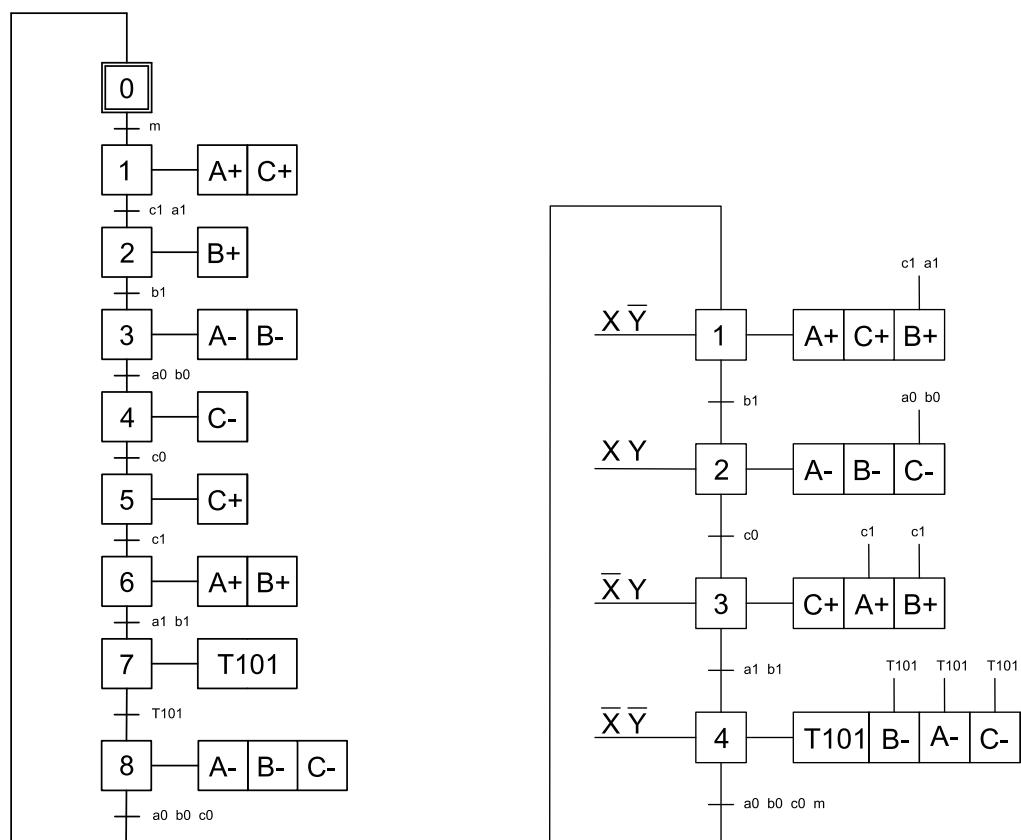


Figura 6 - Schemi Grafct Funzionale e Contratto con temporizzatore

Schema Ladder con TON

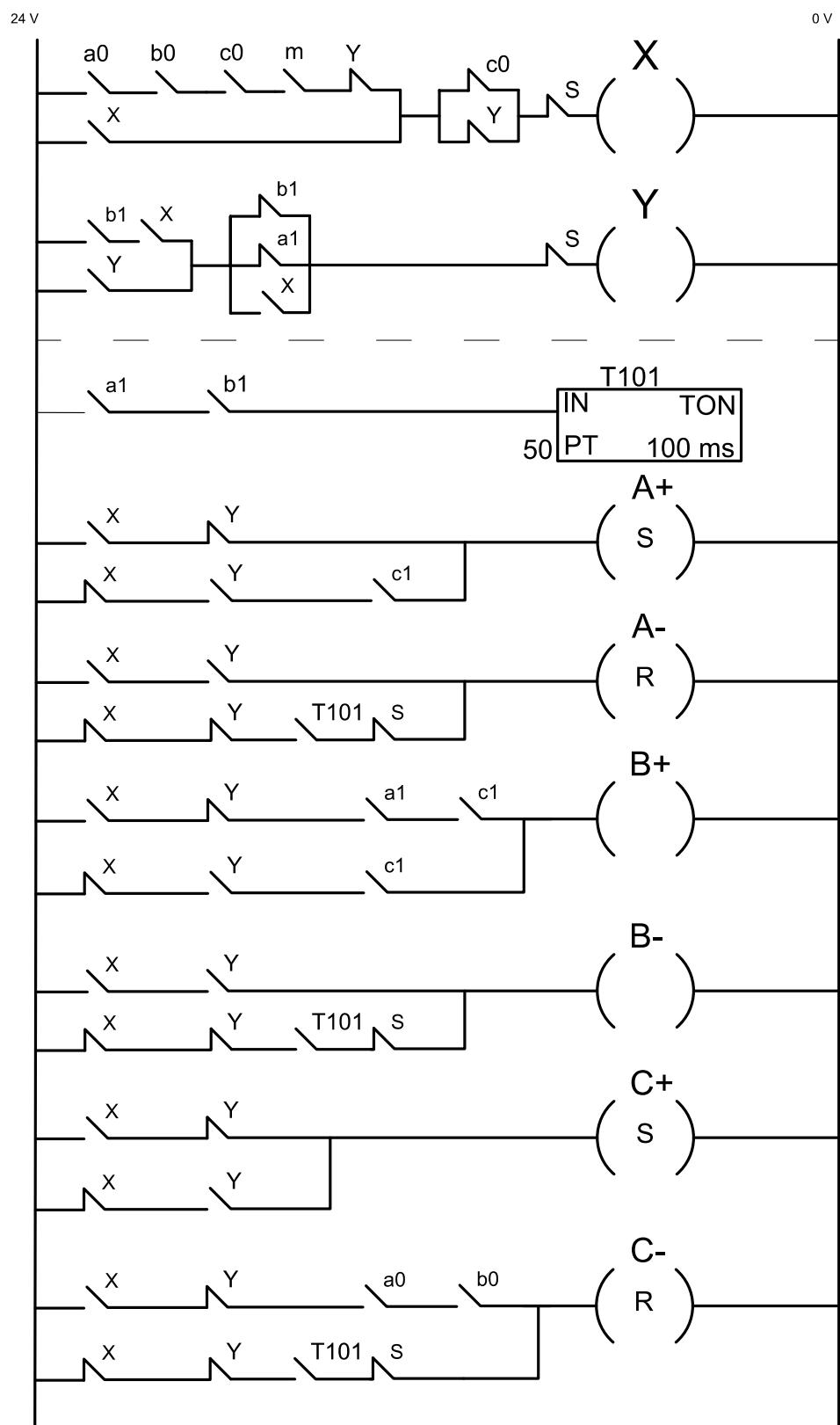


Figura 7 - Schema Ladder con temporizzatore

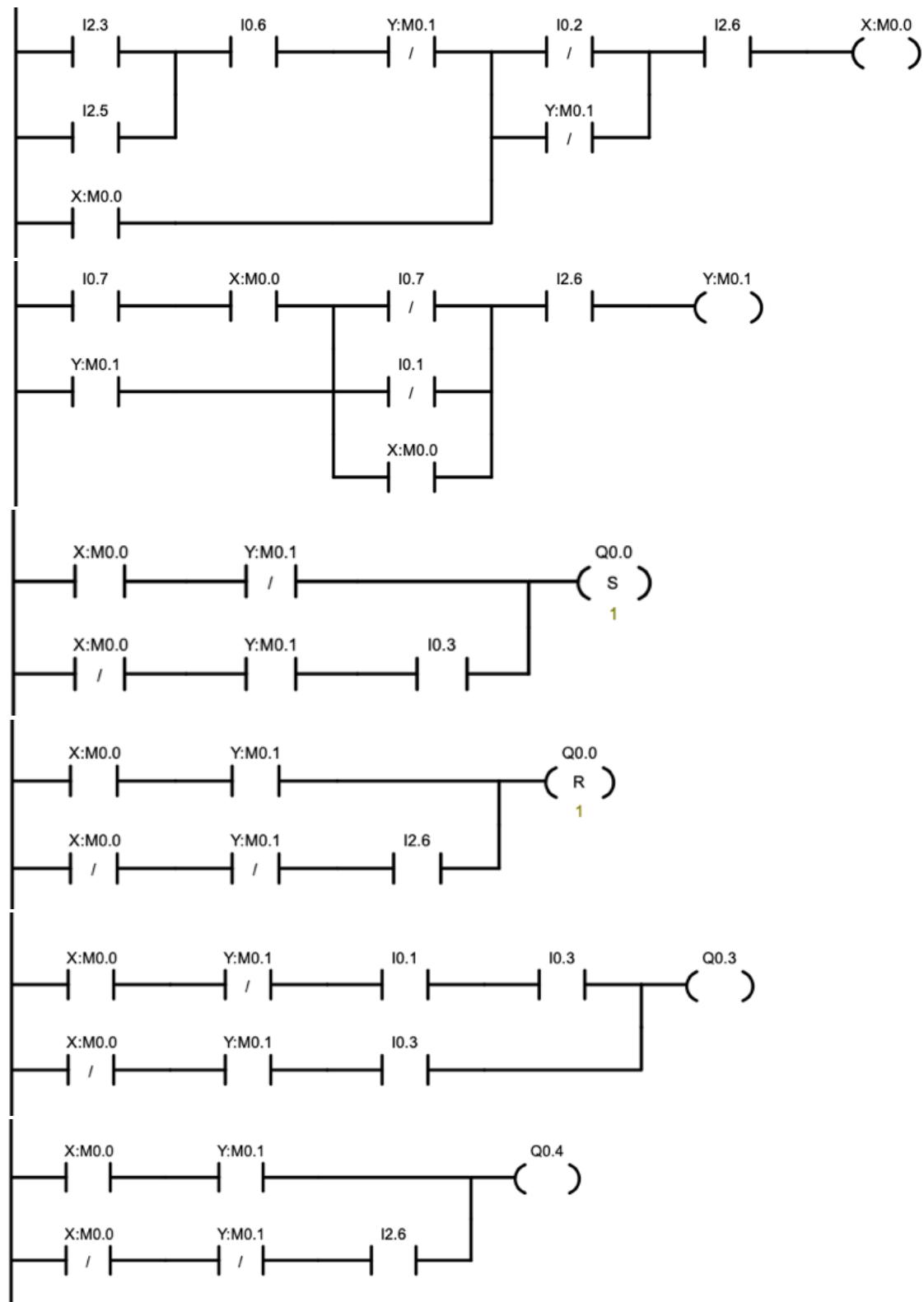
Appendice 1: corrispondenze tra tasti virtuali e componenti fisici

Relè X	M0.0
Relè Y	M0.1
EV Cilindro A avanti	Q0.0
EV Cilindro B avanti	Q0.3
EV Cilindro B indietro	Q0.4
EV Cilindro C avanti	Q0.2
Finecorsa cilindro A indietro	I0.0
Finecorsa cilindro A avanti	I0.1
Finecorsa cilindro B indietro	I0.6
Finecorsa cilindro B avanti	I0.7
Finecorsa cilindro C indietro	I0.2
Finecorsa cilindro C avanti	I0.3
Pulsante avvio ciclo m	I2.5
Pulsante scelta ciclo/ciclo o ciclo continuo	I2.3
Pulsante di sicurezza STOP s	I2.6

Tabella 1 - Correlazioni fisiche-virtuali PLC

Appendice 2: Schemi Ladder da software

Schema relativo al ciclo automatico.



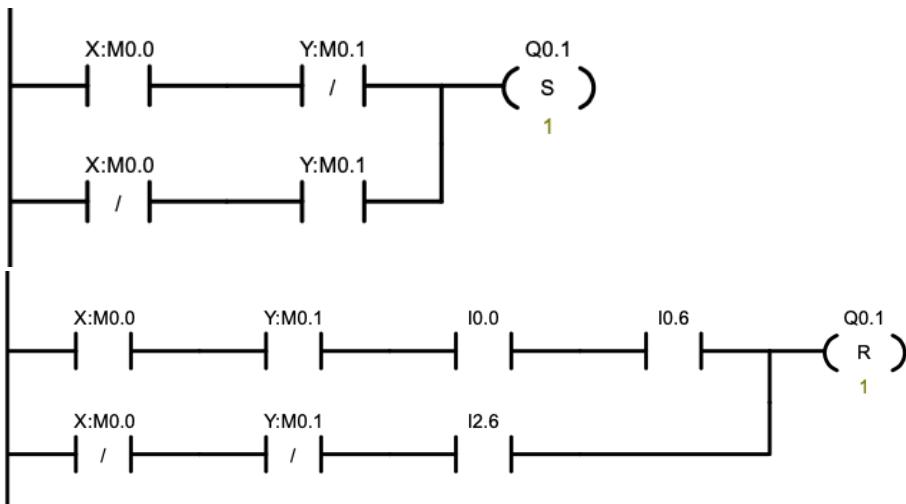
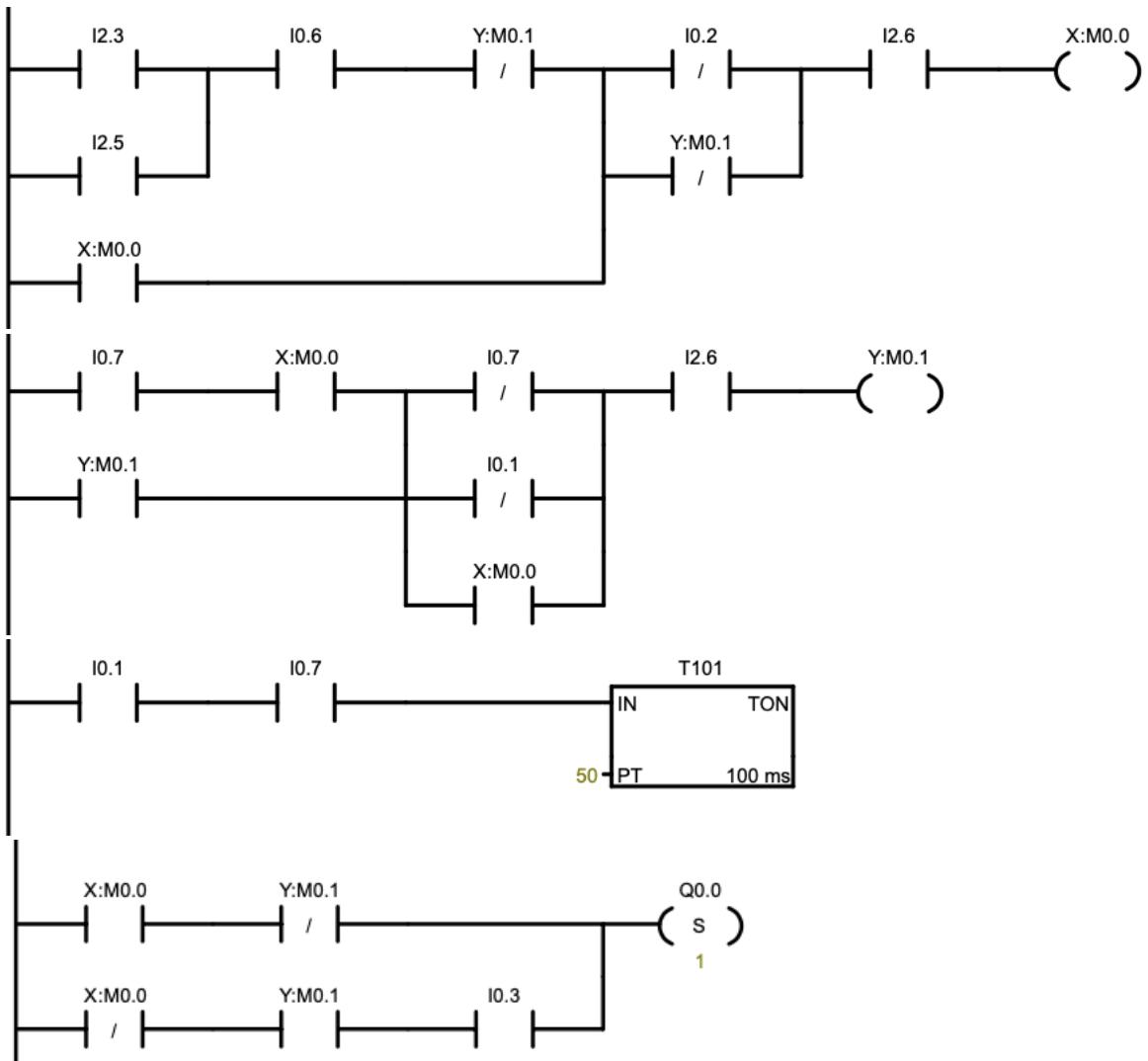


Figura 8 - Schema Ladder da software Siemens

Schema relativo al ciclo con temporizzatore.



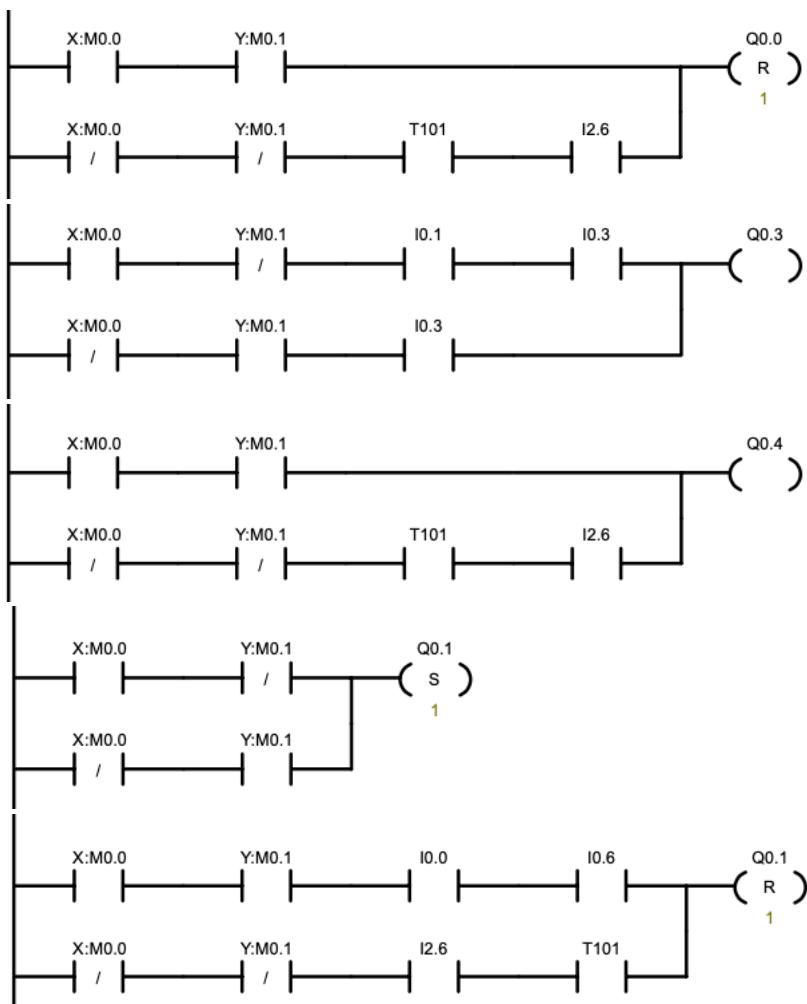


Figura 9 - Schema Ladder da software Siemens relativo al ciclo con temporizzatore

7.2 Ventose

L'obiettivo dell'esercitazione è valutare la forza di ciascuna delle due ventose in esame.

I componenti utilizzati sono:

- 2 ventose di diverso diametro
- Elettore
- Regolatore di flusso
- Cilindro con stelo anti-rotazione
- Manometri
- Dinamometro

Caratterizzazione dell'elettore

Come primo passo si è rilevata la geometria utile di ciascuna delle due ventose di prova. Quindi, tramite un dinamometro, si è valutato il peso del gruppo formato da ventosa, supporto ed elettore. Dividendo poi per la costante gravitazionale si è ricavata la massa.

	Diametro [mm]	Superficie [mm ²]	Massa del gruppo [kg]	Peso del gruppo [N]
Ventosa 1	63,7	3186,9	0,345	3,38
Ventosa 2	39	1194,6	0,23	2,26

Tabella 2 - Specifiche geometriche ventose

Al fine di determinare la caratteristica dell'elettore, si è realizzato il circuito di prova illustrato nella figura seguente.

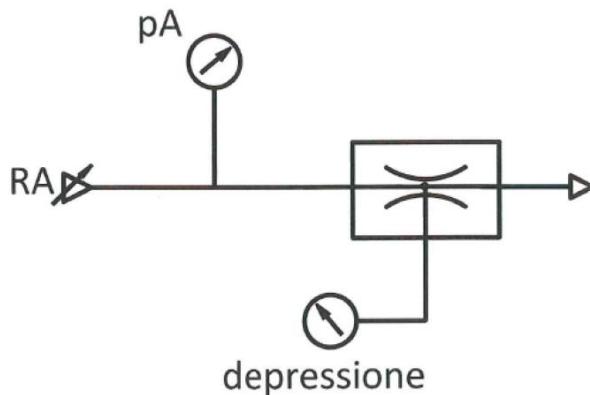


Figura 10 – Schema del circuito di prova per caratteristica elettore

Variando la pressione di alimentazione attraverso il riduttore RA, varia la depressione prodotta dall'elettore, depressione che viene visualizzata nel manometro apposito. Inserendo quindi i dati in un diagramma, si ottiene la curva caratteristica dell'elettore.

La curva caratteristica può anche essere rappresentata in un diagramma che descrive il grado di vuoto in funzione della pressione di alimentazione, dove il grado di vuoto g_v è così definito:

$$g_v = \frac{\Delta p_v}{P_{atm}} \cdot 100$$

Pressione di alimentazione [bar]	Depressione [mbar]	Grado di vuoto
0,5	-100	10 %
1	-220	22 %
1,5	-300	30 %
2	-390	39 %
2,5	-480	48 %
3	-570	57 %
3,5	-650	65 %
4	-730	73 %
4,5	-785	78,5 %
6	-870	87 %
6,5	-860	86 %
> 6,5	-860	86 %

Tabella 3 - Dati rilevati per caratteristica elettore

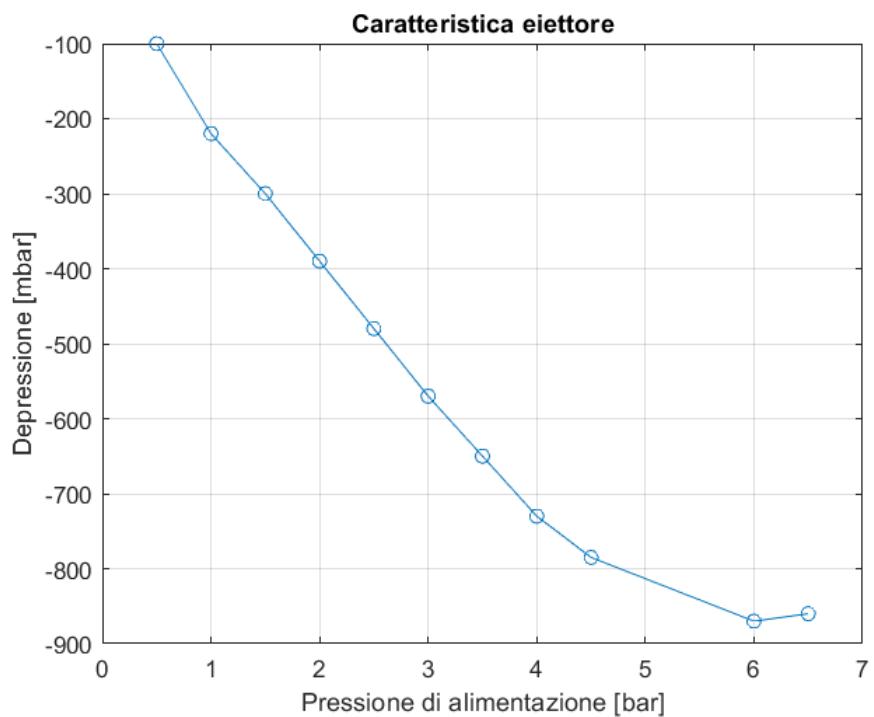


Figura 11 - Caratteristica elettore: pressione di alimentazione-depressione

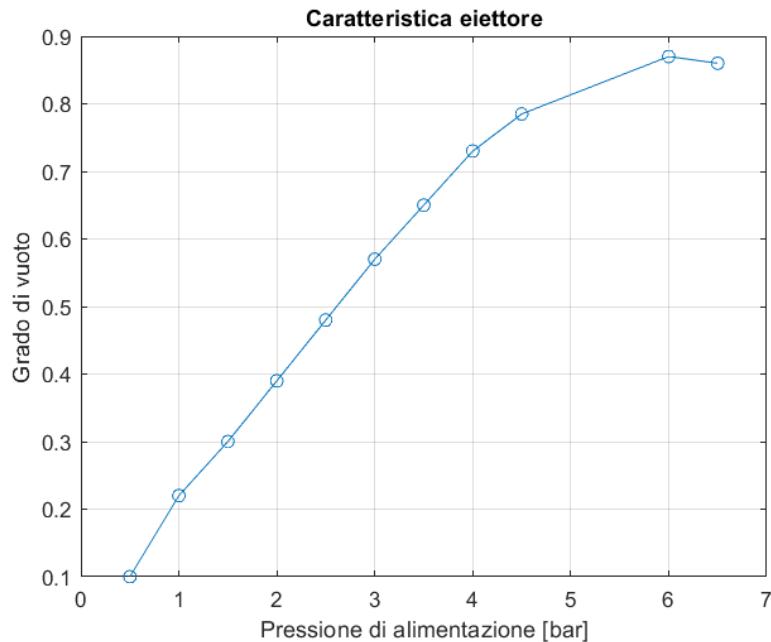


Figura 12 - Caratteristica elettore: pressione di alimentazione-grado di vuoto

Caratterizzazione del cilindro con stelo anti-rotazione

Prima di agganciare la ventosa al cilindro anti-rotazione, è necessario misurare la pressione di primo distacco di quest'ultimo. Per far ciò si è collegato la camera anteriore ad un'alimentazione e si è connessa a scarico quella posteriore come mostrato nello schema sottostante. Si è allora andati ad aumentare lentamente la pressione all'alimentazione, registrando il valore al quale si ha il distacco dello stantuffo in salita, cioè la pressione alla quale viene vinto il peso stesso dello stantuffo e la forza di aderenza. Per una stima più accurata la misurazione è stata ripetuta tre volte.

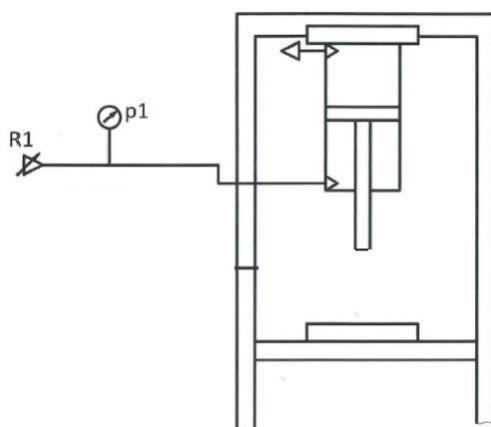


Figura 13 - Caratterizzazione del cilindro con stelo anti-rotazione

	Pressione di primo distacco [mbar]
Prova 1	180
Prova 2	190
Prova 3	180
MEDIA	183

Tabella 4 - Pressione di primo distacco del cilindro anti- rotazione

Determinazione della forza di distacco della ventosa

Per determinare la forza di distacco si è agganciato il gruppo elettore-ventosa allo stantuffo del cilindro e si è connesso l'ingresso dell'elettore ad una sorgente regolabile.

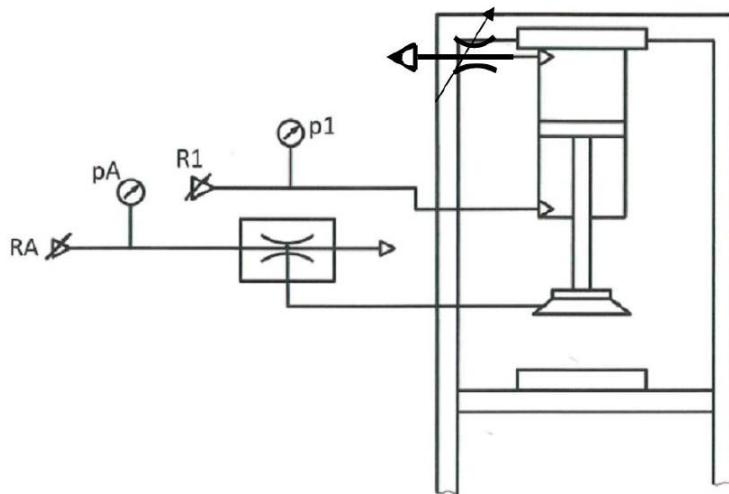


Figura 14 - Circuito per la determinazione della forza di distacco di una ventosa

Alimentando l'elettore con una pressione p_A si genera una depressione che fissa solidamente la ventosa al banco inferiore. Si deve agire sul riduttore R1 per aumentare la pressione di alimentazione della camera anteriore del cilindro, così da vincere la resistenza della ventosa ottenendone il distacco.

Per evitare che il distacco della ventosa porti ad un urto eccessivo contro la testata superiore del cilindro, si è aggiunto un regolatore di flusso allo scarico della camera posteriore, aperta all'atmosfera. In questo modo la corsa viene leggermente rallentata e l'urto contro la testata è più contenuto.

Dall'equilibrio dello stantuffo, sfruttando quanto ottenuto dalle precedenti misurazioni, è possibile calcolare la forza di distacco della ventosa. Questa si può calcolare in via teorica oppure in via sperimentale.

$$F_{\text{ventosa teorica}} = p_{\text{elettore}} \cdot S_{\text{ventosa}}$$

$$F_{\text{ventosa sperimentale}} = p_1 S_1 - [(mg)_{\text{cil}} + F_{\text{ad}} + (mg)_{\text{vent}}]$$

Dove:

- p_{elettore} è la depressione generata dall'elettore per un certo valore di pressione p_A . Il valore può essere letto dalla caratteristica dell'elettore precedentemente determinata.
- La superficie S_1 è la superficie anteriore del pistone sulla quale agisce la pressione p_1 . Questa si ottiene sottraendo dall'area del pistone, il cui diametro è leggibile dalla targa del modello in questione, la superficie occupata dallo stelo di forma esagonale (tale forma è ideale per favorire la presa o il fissaggio con altri elementi).

Superficie pistone [mm^2]	1257
Superficie stelo esagonale [mm^2]	166
S_1 pistone [mm^2]	1090

- Il termine $[(mg)_{cil} + F_{ad}]$ rappresenta la forza di primo distacco dello stantuffo. Si ottiene moltiplicando la pressione di primo distacco per la superficie S_1 .
- Il termine $[(mg)_{vent}]$ è il peso del gruppo formato da ventosa, supporto ed elettore.

La stessa procedura si replica per diversi valori di pressione p_A di alimentazione dell'elettore, ricordando di ripetere le misurazioni più volte per stime accurate.

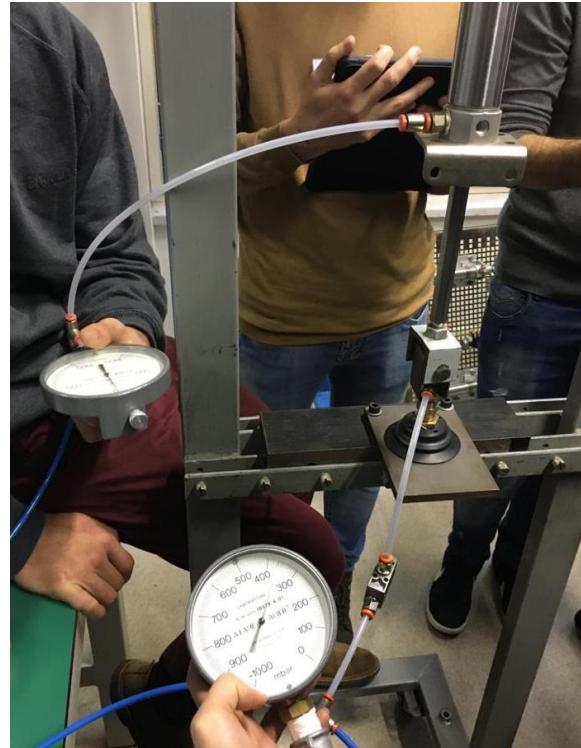


Figura 15 - Foto del sistema

Analisi dei dati

Ventosa 1

p_A [bar]	p_1 [bar]	$p_{eiettore}$ [bar]	$F_{ventosa\ teorica}$ [N]	$F_{ventosa\ sperimentale}$ [N]
2	1,5	0,39	124,3	140,2
3	2	0,57	181,7	194,7
4	2,45	0,73	232,6	243,8

Tabella 5 - Analisi dei dati ventosa 1

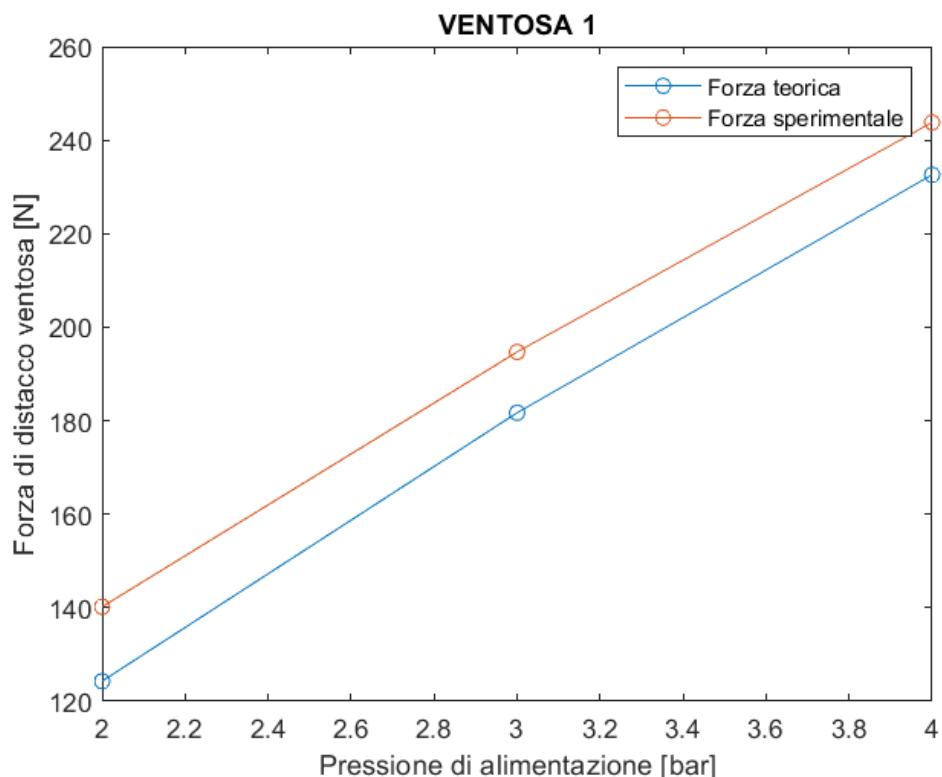


Figura 16 - Andamento forza di distacco sperimentale e teorica ventosa 1

Ventosa 2

p_A [bar]	p_1 [bar]	$p_{eiettore}$ [bar]	$F_{ventosa\ teorica}$ [N]	$F_{ventosa\ sperimentale}$ [N]
2	0,7	0,39	46,6	52,3
3	0,9	0,57	68,1	77,7
4	1,1	0,73	87,2	95,9

Tabella 6 - Analisi dei dati ventosa 2

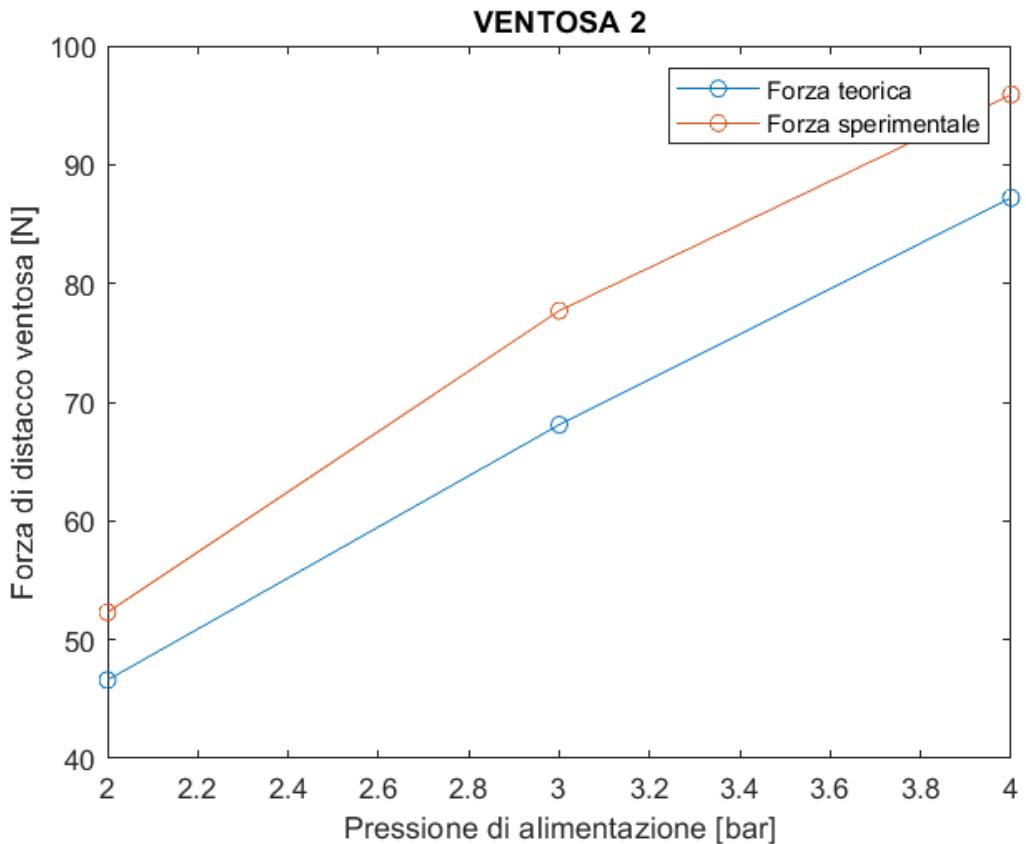


Figura 17 - Andamento forza di distacco sperimentale e teorica ventosa 2

Lo scostamento evidente tra andamento sperimentale e teorico è dovuto alla difficoltà nell'individuare la reale superficie di contatto della ventosa sulla quale agisce la pressione, a causa della deformabilità della stessa.

BANCHI PLC

Esercitazione 8

8.1 Introduzione

Lo svolgimento di questa esercitazione ha previsto l'utilizzo di banchi prova sui quali sono stati installati un esempio di applicazione di comunicazioni seriali. In particolare, i banchi prova utilizzati sono due (Figura 1, Figura2).

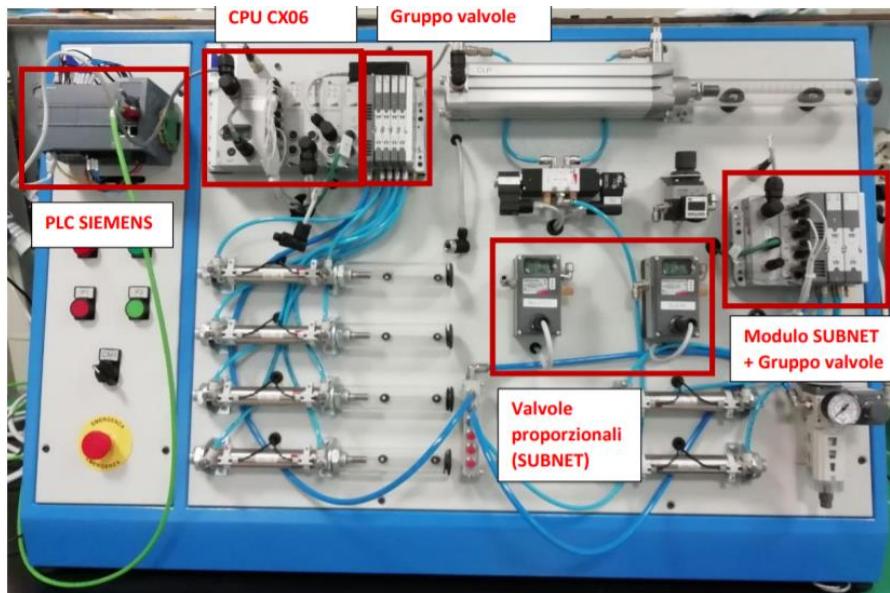


Figura 1 - Banco prova comunicazione seriale: PLC SIEMENS e nodo Camozzi

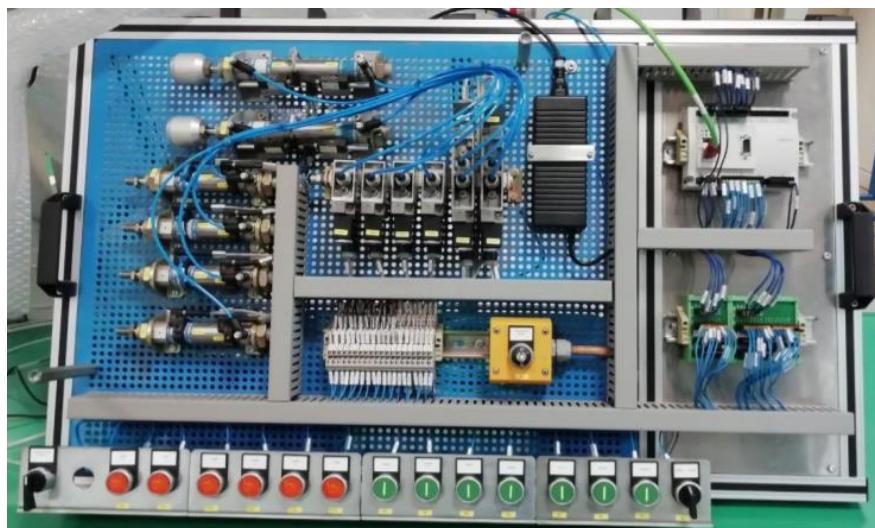


Figura 2 - Banco prova comunicazione seriale: PLC FESTO CEEC e moduli I/O BALLUFF

Il **primo** banco prova (Figura 1) si basa sul protocollo “Profinet” di Siemens sfruttando la comunicazione seriale tramite un cavo di rete ethernet. I componenti installati sono:

- PLC Siemens S7-1200;
- Nodo principale Camozzi CX06;
- Modulo di espansione SUBNET;
- Gruppi di elettrovalvole;
- Attuatori con fine corsa REED;
- Lampadine di segnale.

Il PLC è collegato ad un computer tramite un cavo di rete in modo tale da poter effettuare la programmazione iniziale, che verrà mantenuta in memoria. Il PLC possiede 14 ingressi digitali e 8 uscite digitali utilizzabili per collegamenti punto-punto posti in prossimità del PLC stesso, oltre ad uno switch che consente il collegamento al nodo principale Camozzi CX06. Questo cavo di tipo ethernet multipolare facilita il collegamento su lunghe distanze (fino a 100 m) ed evita l'utilizzo in parallelo di più cavi. Il vantaggio che ne deriva è una semplificazione nella fase di cablaggio, minori tempi di manutenzione, minor costo ed ingombri.

Il nodo principale Camozzi CX06 possiede una decodifica interna del segnale in ingresso ed è in grado di comandare l'isola di valvole montate in blocco (in questo caso 4) in base ai segnali dei fine corsa. Tali segnali sono trasmessi tramite i “Moduli I/O digitali e analogici”, che provengono in questo caso dai fine corsa REED, montati direttamente sui cilindri a doppio effetto.

Il nodo principale Camozzi consente l'espansione con uno o più moduli SUBNET utili nel caso vi sia la necessità di comandare ulteriori valvole aggiunte in seguito o poste a notevole distanza dalle principali. Tale collegamento è anch'esso di tipologia ethernet. Il modulo di espansione nel banco prova controlla in questo caso due elettrovalvole mediante una struttura di controllo analoga a quella del nodo principale.

Il **secondo** banco prova (Figura 2) si basa su collegamenti punto-punto e seriali tramite il protocollo “I/O Link” della Balluff. I componenti installati sono:

- PLC Festo CECC;
- Due hub I/O Link di espansione;
- Gruppi di elettrovalvole;
- Attuatori a singolo e doppio effetto con relativi fine corsa;
- Lampadine di segnale;
- Morsettiera di collegamento punto-punto.

Come nel banco prova descritto precedentemente, tramite cavo di rete connesso ad un PC viene effettuata la programmazione iniziale. Il PLC è collegato ai segnali dei fine corsa con metodo punto-punto. Poiché il numero di ingressi è limitato viene creata un'espansione tramite il protocollo I/O Link: tramite otto conduttori semplici vengono collegati a due hub di espansione in grado di gestire lampadine, pulsanti e comandi alle elettrovalvole. Ogni cavo ha un proprio indirizzo che viene indicato in fase di mappatura dei comandi tramite software Codesys. Una morsettiera raccoglie tutti i collegamenti punto-punto provenienti dal PLC e dal modulo I/O link necessari per comandare le elettrovalvole. Tali elettrovalvole sono sciolte e ciascuna possiede una propria alimentazione a differenza dell'altro banco.

Il modulo di espansione e la morsettiera sono posti in prossimità delle elettrovalvole ed attuatori per questioni di praticità vista la numerosità dei cavi. Il PLC è solitamente installato a distanze maggiori fino ad un massimo di 50 metri supportati dal protocollo I/O link.

È possibile installare ulteriori hub di espansione definiti “intelligenti” in grado di acquisire per esempio dati di utilizzo e temperatura finalizzati a pianificare manutenzioni o prevedere guasti all'impianto.

8.2 Linguaggio Ladder

La programmazione dei PLC viene effettuata attraverso il linguaggio Ladder. I simboli utilizzati per la programmazione sono:



Figura 3 - Contatto Normalmente Aperto

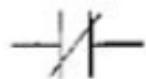


Figura 4 - Contatto Normalmente Chiuso

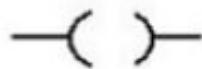


Figura 5 - Bobina/Relè

Il primo programma realizzato è stato creato seguendo il grafset fornito durante l'esercitazione (Figura 6):

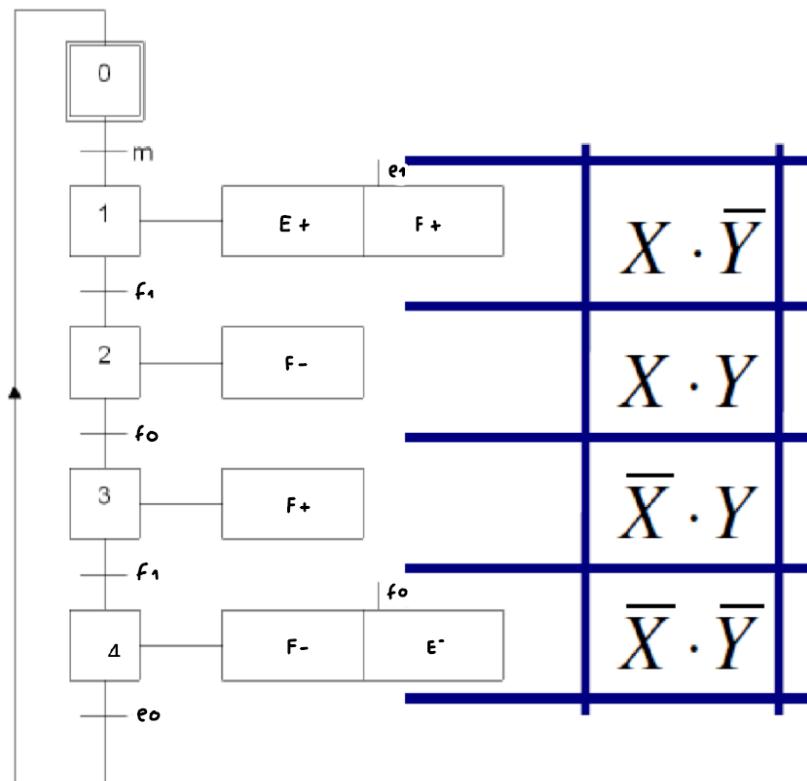


Figura 6 - Grafset contratto

Dal grafct si può osservare che il ciclo è composto da 4 fasi, quindi sono necessari due relè ausiliari (X e Y) per poter gestire le valvole bistabili collegate a due pistoni doppio effetto. Successivamente, sono state ricavate le espressioni booleane che permettono l'attivazione e la disattivazione dei relè considerando la seguente “Tabella 1”:

FASE	RELE' X	RELE' Y
1	1	0
2	1	1
3	0	1
4	0	0

Tabella 1 - Azionamenti relè

$$X = (m \cdot e_0 \cdot \bar{Y} + X) \cdot (\bar{f}_0 + \bar{Y})$$

$$Y = (f_1 \cdot X + Y) \cdot (\bar{f}_1 + X)$$

Ottenendo così il seguente schema Ladder (Figura 7):

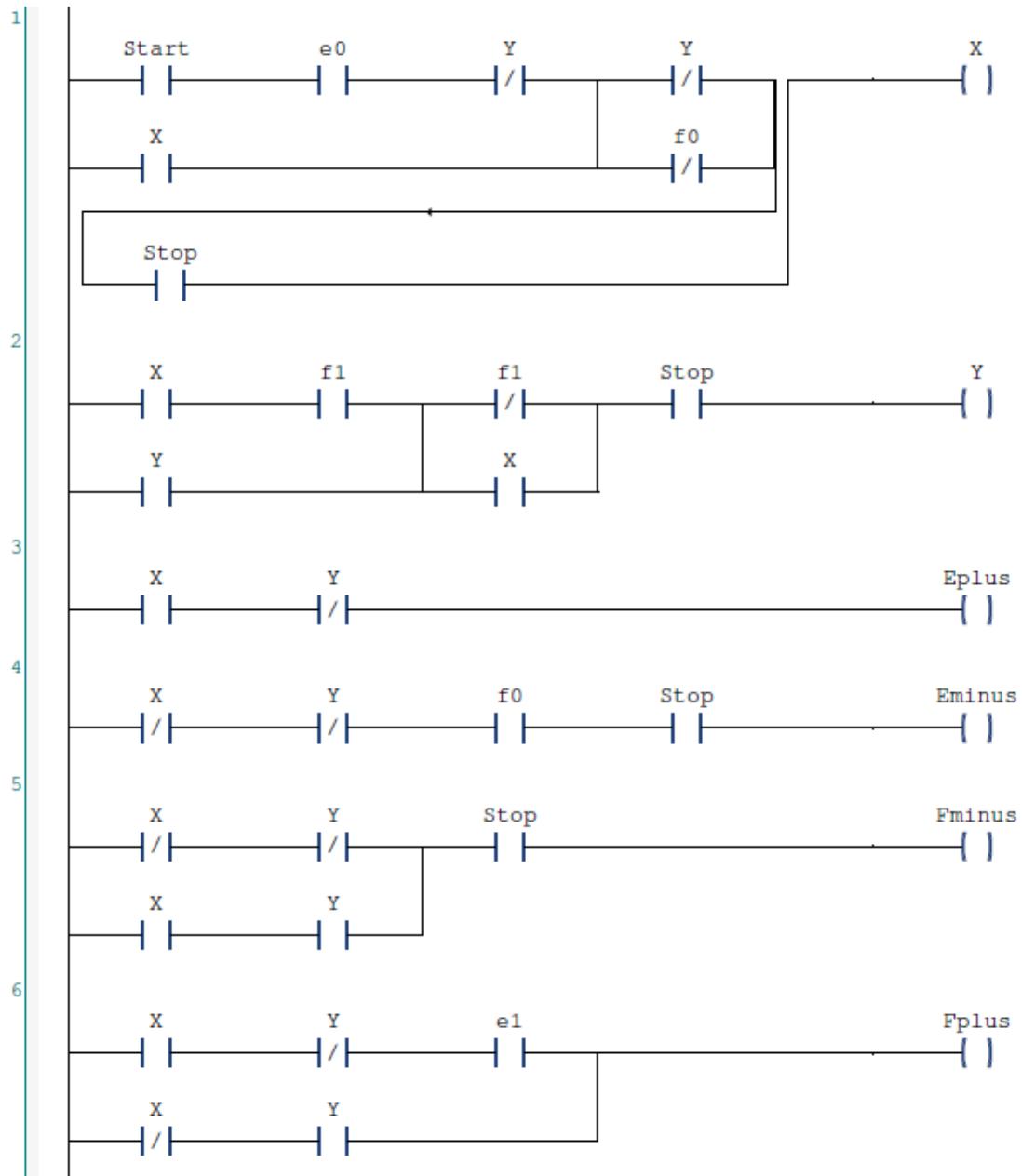


Figura 7 - Schema Ladder

Dopodichè, per poter passare dal ciclo-ciclo al ciclo continuo si è inserito un contatto S1 in parallelo con lo start, in modo da poter scegliere in che modalità eseguire il ciclo (Figura 8):

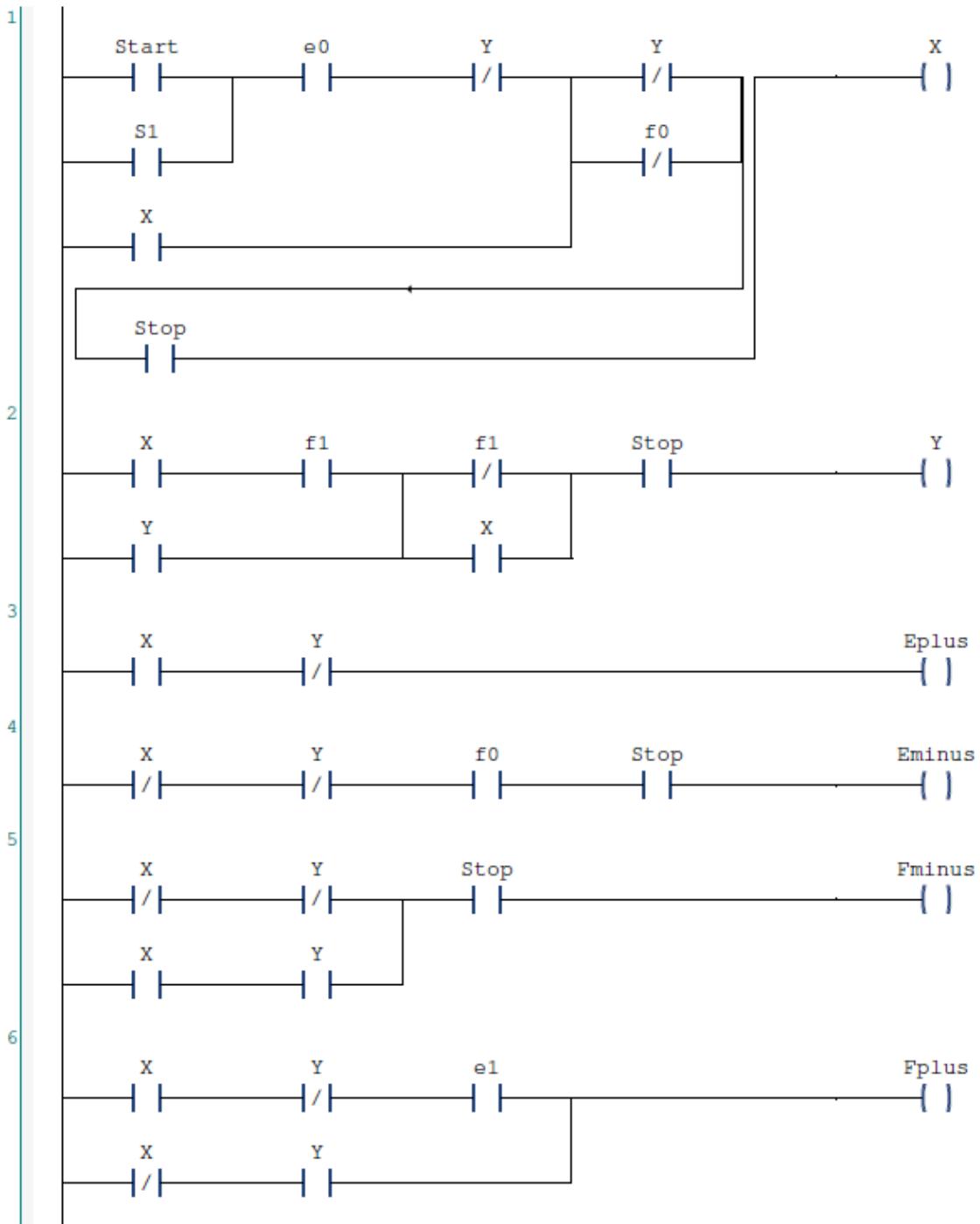


Figura 8 - Ladder Ciclo-ciclo/Ciclo continuo

Un ulteriore modifica è stata effettuata a questo schema, inserendo delle lampadine che si accendono quando i pistoni e i relativi relè sono attivi, quindi è sufficiente mettere in parallelo all'attivazione dei cilindri i contatti delle lampadine, come si può vedere nello schema ladder in “Figura 9”. Sono stati associati alle attivazioni dei pistoni le lampadine L1, L2, L3 e L4, mentre ai comandi X ed Y sono state associate le lampadine L5 e L6.

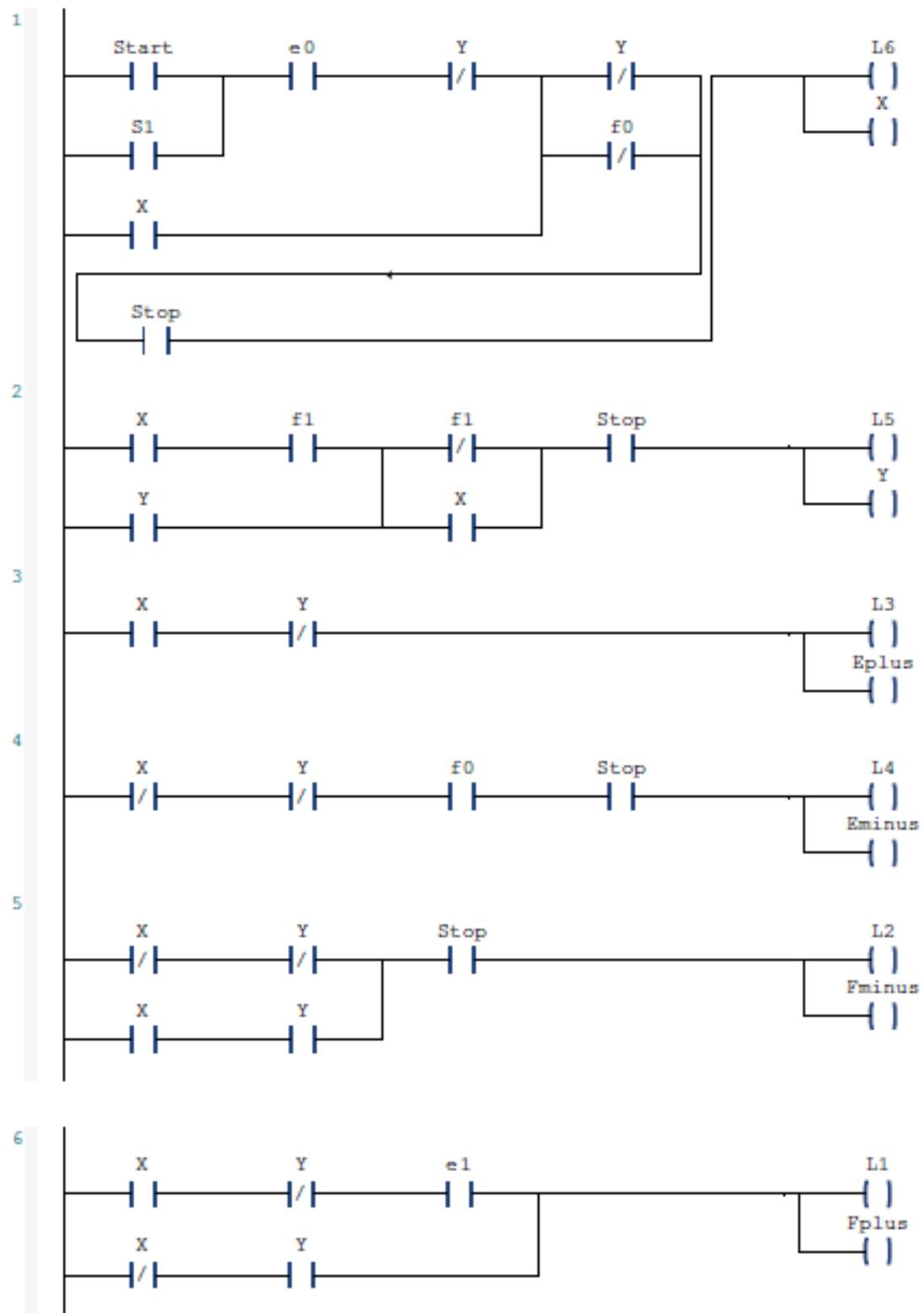


Figura 9 - Schema ladder con lampadine

Nella Figura 10 si può osservare come ad ogni attivazione di un cilindro e del relativo relè vi è associata la lampadina che si accende.

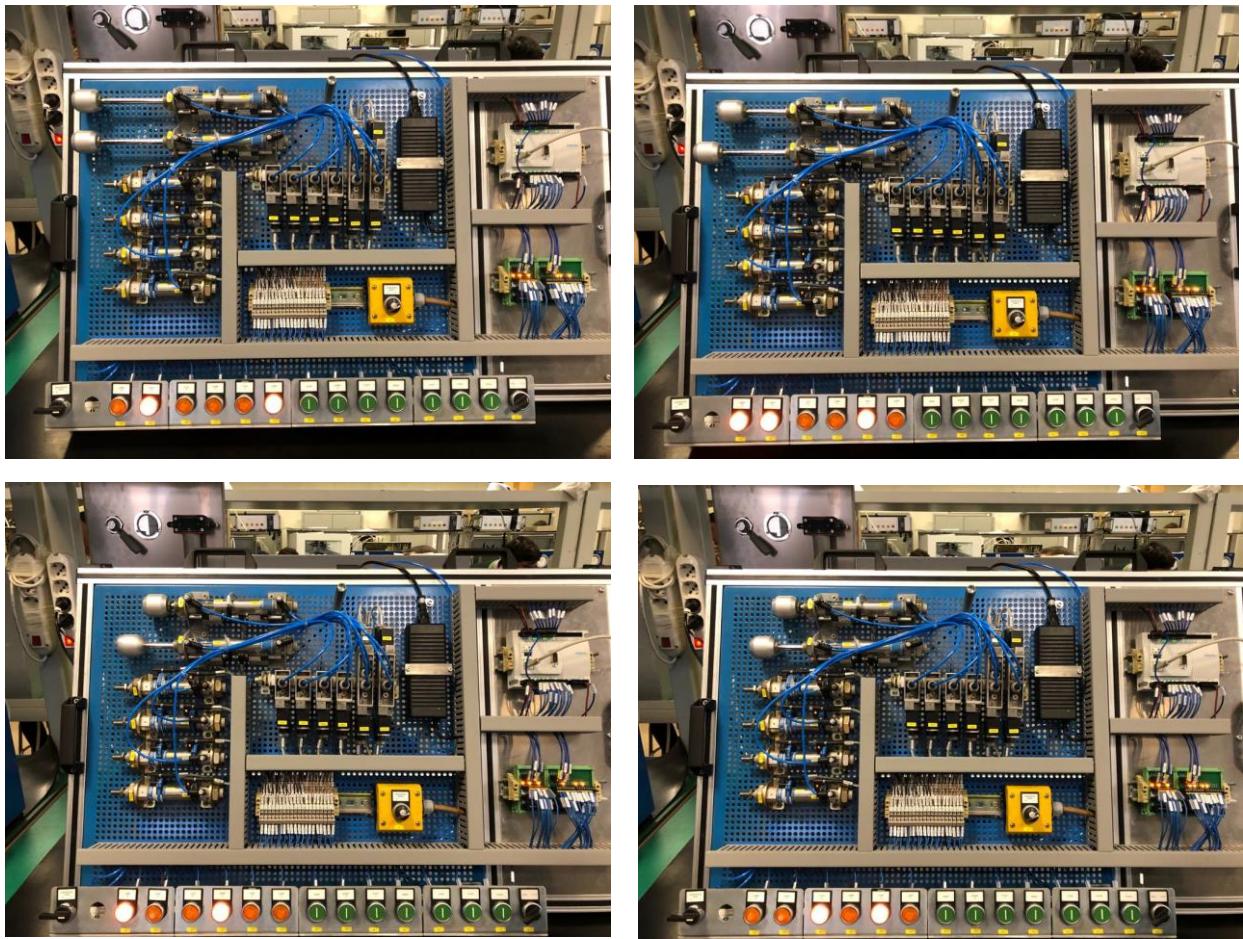


Figura 10 - Lampadine accese all'attivazione dei cilindri

8.3 Tecnica di batch

Un'altra soluzione che si può adottare per la programmazione in ladder è quella di utilizzare la tecnica di batch, la cui logica è più simile ad un sequenziatore pneumatico:

- Le fasi vengono rese indipendenti, possono iniziare solo con una determinata condizione e solo se la fase precedente è stata attivata;
- La condizione successiva permette il cambio fase, resettando prima la fase precedente e attivando poi la successiva;
- Nella parte finale del ladder vengono associate a tutte le memorie i relativi azionamenti.

La differenza principale è che generalmente per mantenere le memorie sono necessarie delle ritenute e per disattivarle è necessario inserire la negazione della memoria successiva, ma attraverso la tecnica batch questo può essere sostituito dal SET della memoria successiva e dal RESET della memoria precedente (Figura 11).

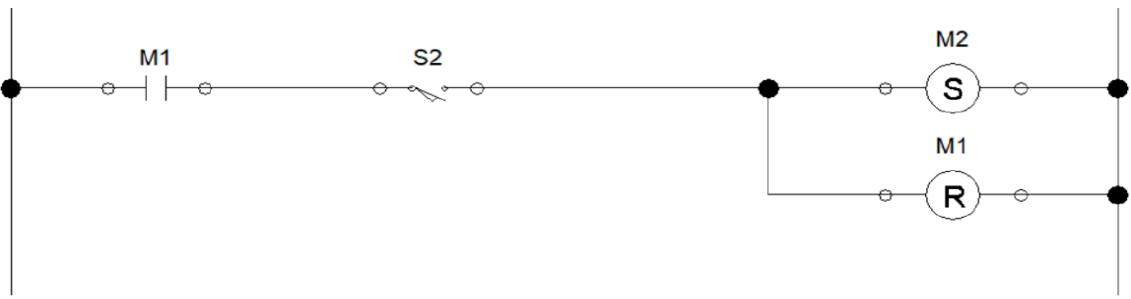


Figura 11 - Set/Reset memorie

Il secondo esercizio sul quale applicare la “tecnica di batch” esegue il ciclo riportato nel diagramma movimento fasi (Figura 12), da cui è stato possibile realizzare il gracet (Figura 13)

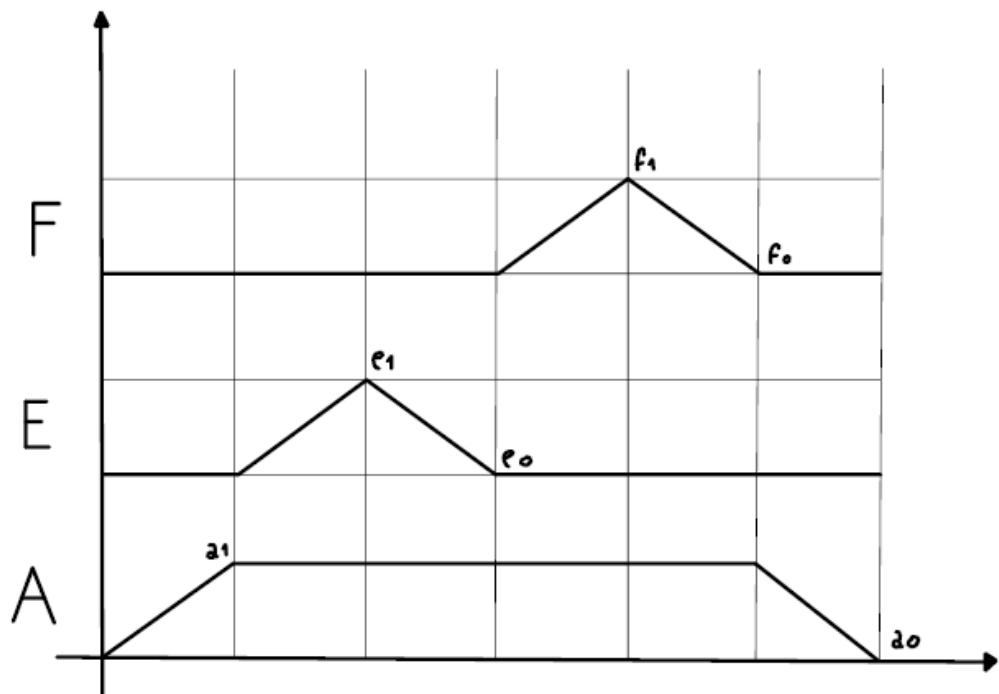


Figura 12 - Diagramma movimento fasi

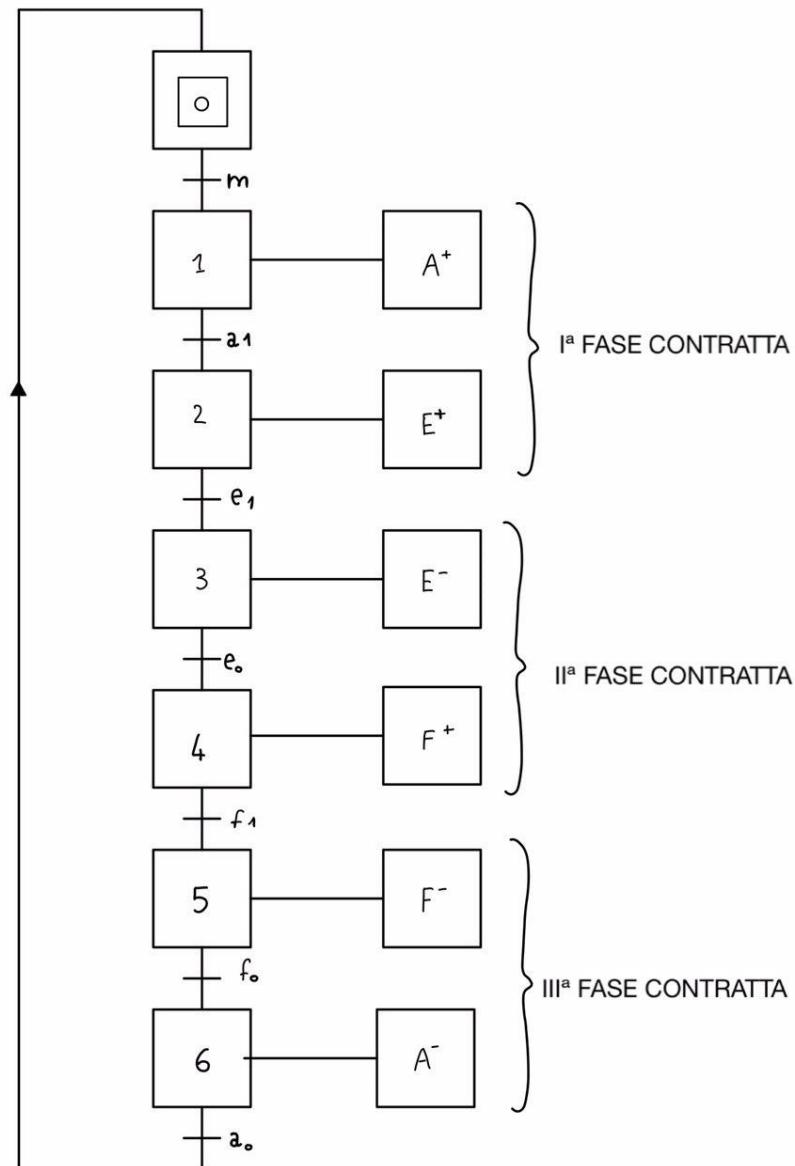


Figura 13 - Grafcet

Considerando il grafcet in “Figura 13” si è realizzato il ladder con la “tecnica di batch” (Figura 14), si noti inoltre che A è un cilindro a semplice effetto (questo comporta la necessità di usare il set e il reset nelle bobine del ladder), mentre E ed F sono cilindri a doppio effetto.

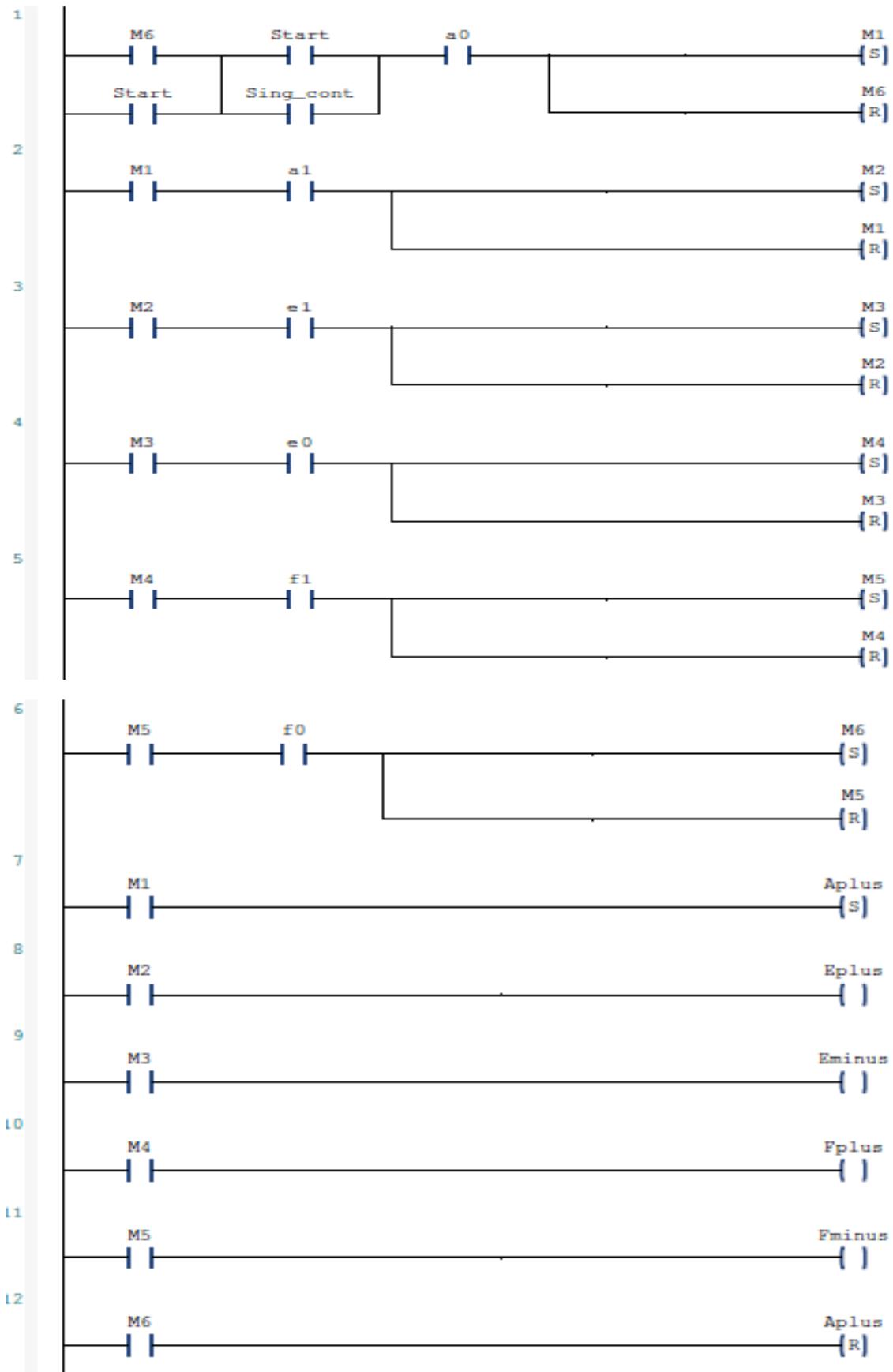


Figura 14 - Ladder "tecnica di batch"

Infine, è stato inserito un temporizzatore che ritarda il rientro del cilindro C di 3 secondi (Figura 15)

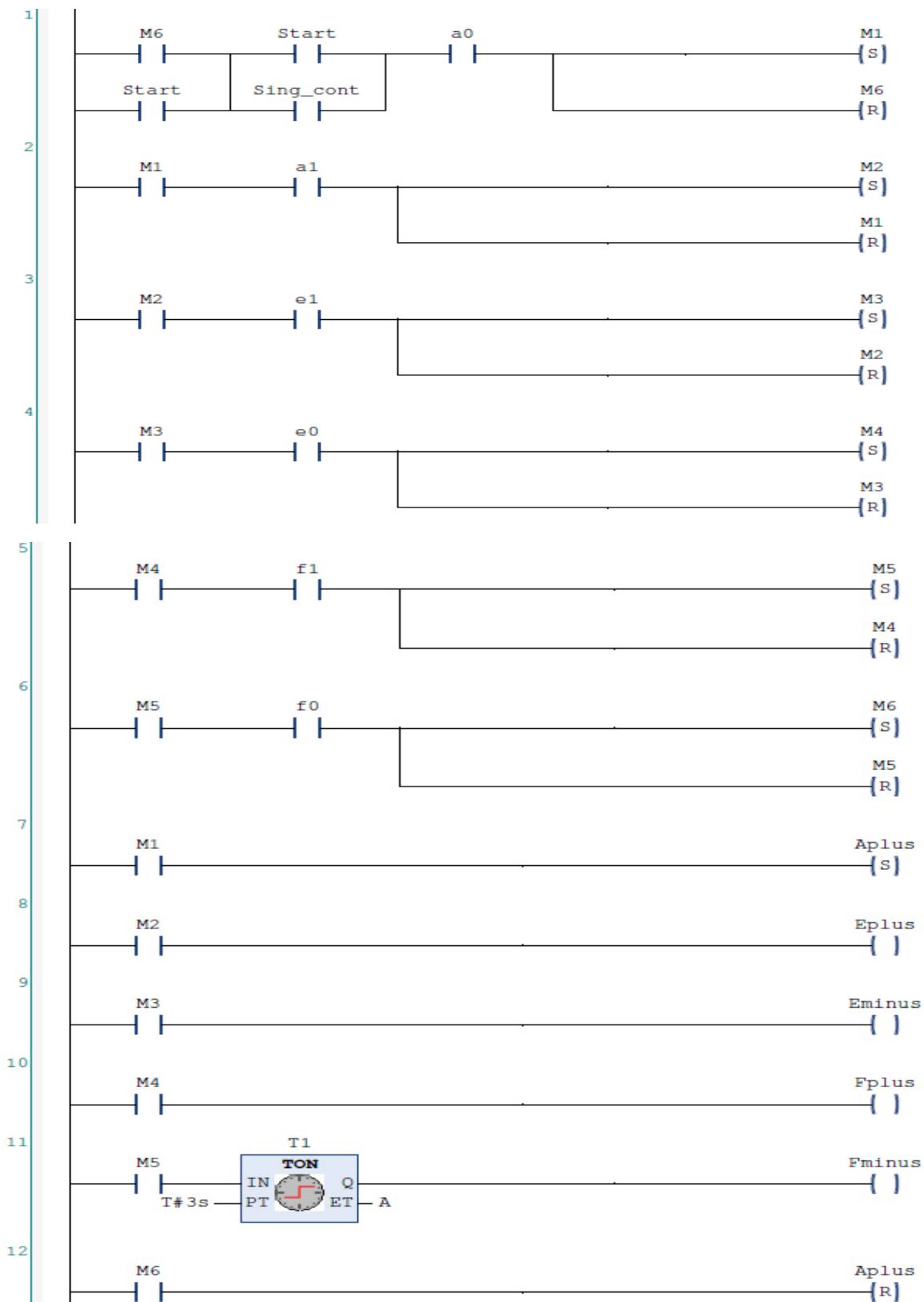


Figura 15- Ladder "tecnica di batch" con temporizzatore

TEMPI DI RISPOSTA IN VALVOLE PNEUMATICHE E INTERFACCIA ELETTRONICO-PNEUMATICA PROPORZIONALE

Esercitazione 9

L'esercitazione di laboratorio può essere divisa in due parti, una prima parte inerente l'analisi sperimentale secondo normativa dei tempi di risposta di valvole pneumatiche ed una seconda parte, la quale tratta il rilevamento delle caratteristiche operative di un'interfaccia elettronico-pneumatica proporzionale in pressione.

9.1 Tempi di risposta in valvole pneumatiche

Lo scopo di questa sezione è quello di determinare i tempi di risposta di una valvola pneumatica ad azionamento pneumatico utilizzando il banco di prova riportato in Figura 1, in quest'ultimo sono presenti:

- Valvola pneumatica 2/2 bistabile in esame;
- 2 elettrovalvole 3/2 di azionamento;
- Tubi ISO (CETOP) per le misure dinamiche dei comandi sulla valvola in prova;
- Gruppo elettrico per segnale di comando;
- 4 trasduttori di pressione;
- Registratore di segnali (oscilloscopio);

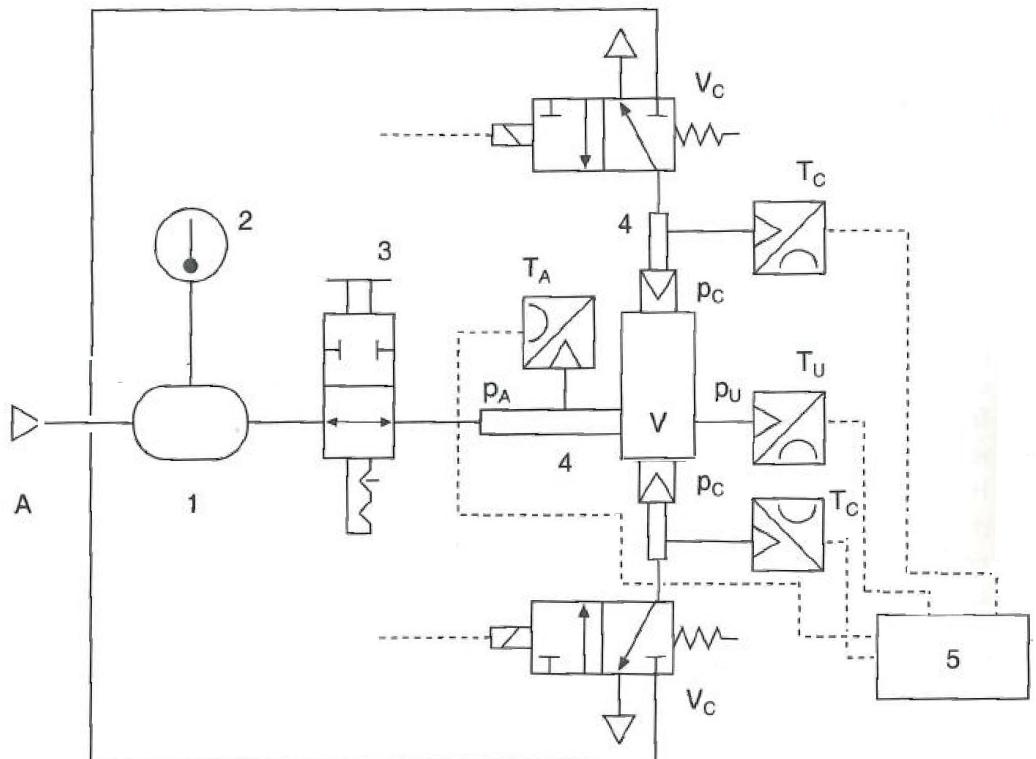


Figura 1 - Circuito di prova

Per l'esecuzione di tale prova ci si deve riferire a dei peculiari grafici da normativa, i quali definiscono le specifiche tecniche per la misurazione dei segnali sia nel caso di attivazione della valvola che in quello di disattivazione. I grafici variano in funzione della tipologia della valvola, essendo nel nostro caso una bistabile utilizzeremo i seguenti schemi:

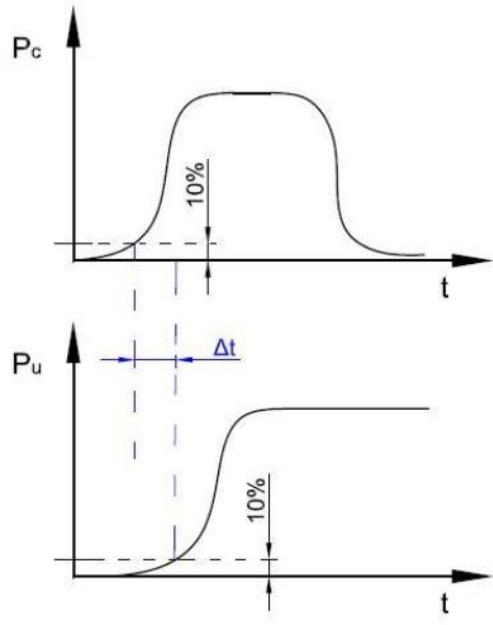


Figura 2 - Tempo di attivazione valvola bistabile

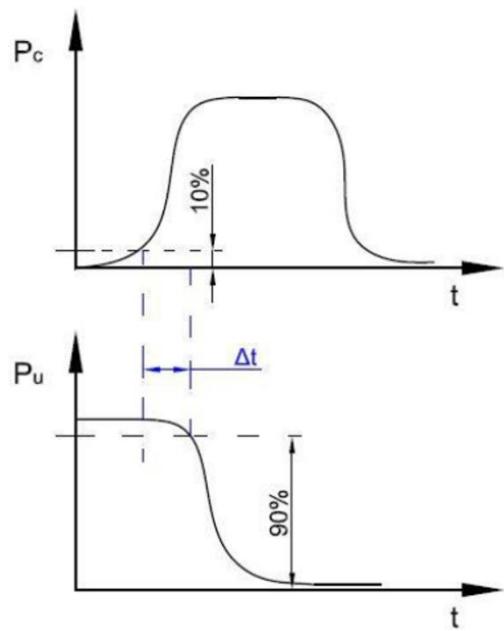


Figura 3 -Tempo di disattivazione valvola bistabile

9.2 Interfaccia elettronico-pneumatica proporzionale

L'obiettivo di questo secondo paragrafo dell'esercitazione di laboratorio è quello di ricavare le caratteristiche di funzionamento per una specifica interfaccia elettronico-pneumatica proporzionale, al variare dei parametri di offset e del guadagno peculiare del componente.

Un'interfaccia elettronico-proporzionale ha come scopo quello di regolare il segnale di uscita in pressione di un'elettrovalvola in funzione del segnale elettrico in ingresso a quest'ultima, il quale può essere in tensione o in corrente. Nel caso di laboratorio abbiamo utilizzato un'elettrovalvola con segnale di ingresso in tensione.

Il materiale e la strumentazione a nostra disposizione era il seguente:

- Interfaccia elettronico-pneumatica proporzionale SMC;
- Alimentatore in c.c.;
- Variatore di tensione di comando;
- Voltmetro digitale per la lettura della tensione di comando;
- Manometro;

Lo schema del circuito di prova utilizzato è il seguente:

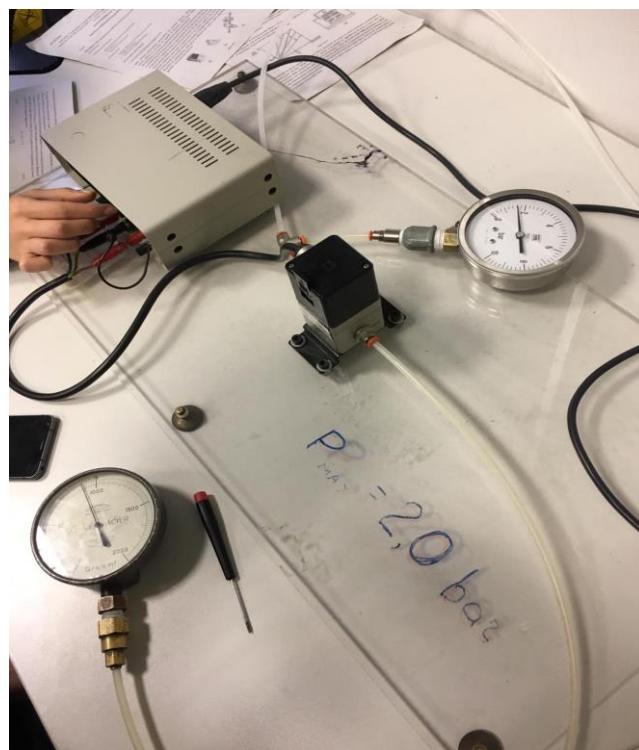


Figura 4 - Circuito di prova

Poiché nel campo di regolazione la pressione effettiva di uscita varia in modo abbastanza lineare, è possibile affermare che:

$$p_u = p_0 + GV$$

in cui:

- p_u = pressione di uscita regolata [bar];
- p_0 = pressione di uscita con segnale in ingresso nullo [bar];
- $G = \frac{\Delta p_u}{\Delta V}$ = guadagno, ossia il rapporto tra la variazione della pressione in uscita con la variazione del segnale di tensione in ingresso $\left[\frac{\text{bar}}{V} \right]$;
- V = tensione [V]

Da quest'espressione è quindi possibile ricavare un valore teorico della pressione regolata in uscita, ricavando così una caratteristica di funzionamento teorica, ma se si confrontano invece i dati ricavati sperimentalmente con quelli teorici non sempre i valori coincidono e dunque si definisce uno scostamento dalla linearità:

$$\Delta\% = \frac{p_e - p_t}{p_{Fs}} 100$$

in cui:

- p_e = pressione effettiva rilevata [bar];
- p_0 = pressione teorica calcolata [bar];
- p_{Fs} = pressione massima della caratteristica di funzionamento utilizzata [bar];

Si potrebbe anche riscontrare un fenomeno di isteresi ricavando i dati di pressione in uscita sperimentali calcolandoli negli stessi valori di tensione ma una volta aumentando quest'ultima ed in seguito ricalcolarli la seconda volta partendo dal valore massimo di tensione fino a ritornare a quello minimo.

Per valutare il comportamento di isteresi dell'interfaccia è possibile calcolare un errore riferito al fondo scala tra misura effettuata in salita e misura effettuata in discesa:

$$\Delta_{isteresi}\% = \frac{p_{t_{up}} - p_{t_{down}}}{p_{Fs}} 100$$

Dati e Risultati I Parte

Abbiamo predisposto il banco di lavoro della prima parte dell'esperienza di laboratorio con:

- $P_{alim} = 6.3$ [bar relativi] = 7.3 [bar] pressione di alimentazione;
- $V_{alim} = 5$ [V] tensione di alimentazione;

abbiamo eseguito tre misurazioni per il tempo di apertura della valvola e calcolato un tempo medio, lo stesso procedimento è stato seguito per il tempo di disattivazione.

I comandi alle elettrovalvole monostabili di comando sono stati assegnati con un interruttore a tre posizioni (comando valvola di attivazione, posizione neutra e comando valvola di disattivazione).

I segnali dai tre trasduttori di posizione schematizzati in figura.1 sono stati acquisiti con un oscilloscopio ottenendo andamenti analoghi a quelli riportati in Figura 5:

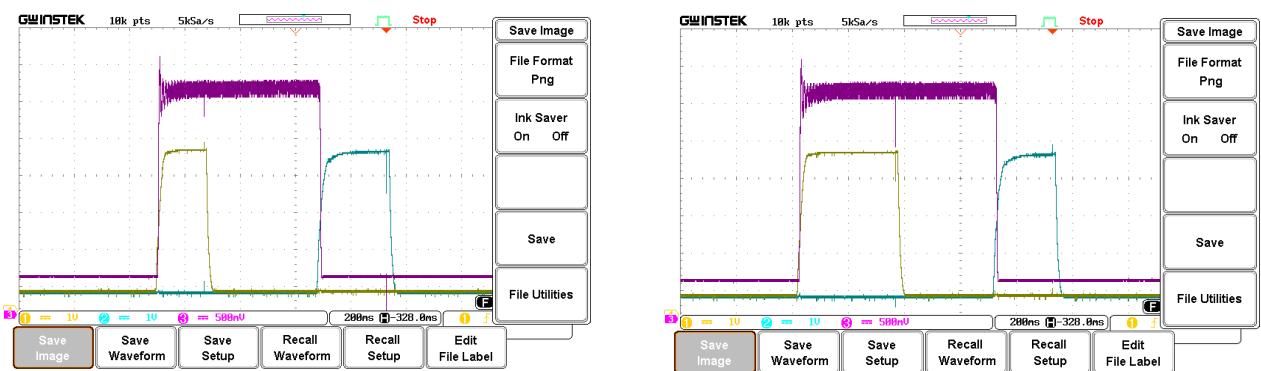


Figura 5 – Risultati oscilloscopio

Da notare che il segnale acquisito dai traduttori è un segnale in tensione. Assumendo un guadagno costante dei traduttori su tutto il campo di misura considerato, la valutazione di percentuali del valore di regime in tensione per il calcolo dei punti di interesse è equivalente a quella che potrebbe essere effettuata dai valori in pressione.

Con i cursori dell'oscilloscopio sono stati valutati i valori di pressione e tempo in modo da rilevare il tempo di risposta in esame secondo normativa.

La procedura da noi scelta per l'esecuzione della prova è stata:

1. acquisire i dati sull'oscilloscopio già opportunamente collegato agendo manualmente sullo switch di commutazione in modo da rilevare o il tempo di apertura o il tempo di chiusura della valvola in prova;
2. i segnali sull'oscilloscopio devono mantenere sempre lo stesso riferimento comune (posizionamento orizzontale di tutti i segnali in assenza di loro attivazione – primo marker orizzontale, da non muovere in base alla posizione in cui viene impostato dai Docenti);
3. il secondo marker orizzontale serve per valutare il valore massimo del segnale letto in quel momento (o P_c o P_u) e poi farne l'opportuna percentuale (10% o 90%);
4. attivazione quindi dei marker verticali e lettura del Δt nella finestra in alto a sinistra dello schermo dell'oscilloscopio;

Seguendo questo schema e considerando i trasduttori di pressione lineari su tutto l'intervallo di misura, si sono ottenuti i seguenti risultati:

Pneumatica Bistabile					
		Prova_1	Prova_2	Prova_3	Media
APERTURA	Tensione di P_u in uscita a regime [V]	2,56	2,54	2,51	2,536667
	10% Tensione di uscita a regime [V]	0,256	0,254	0,251	0,253667
	Tensione di comando per attivazione a regime [V]	3,82	3,82	3,84	3,826667
	10% Tensione di comando per attivazione [V]	0,382	0,382	0,384	0,382667
	Δ_t [ms]	12	6	2	6,666667
		Prova_1	Prova_2	Prova_3	Media
CHIUSURA	Tensione di P_u in ingresso a regime [V]	2,56	2,54	2,51	2,536667
	90% Tensione di uscita a regime [V]	2,304	2,286	2,259	2,283
	Tensione di comando per disattivazione a regime [V]	3,78	3,76	3,84	3,793333
	10% Tensione di comando per attivazione [V]	0,378	0,376	0,384	0,379333
	Δ_t [ms]	8	12	6	8,666667

Tabella 1 - Tabella e risultati

Dati e Risultati II Parte

Per la nostra interfaccia elettronico-pneumatica proporzionale i range di valori entro i quali può avvenire la regolazione dei parametri di set sono:

- $0.05 \text{ [bar]} < p_u < 1 \text{ [bar]}$ con $p_{alimMAX} = 1.8 \text{ [bar]}$;
- $0 \text{ [Vcc]} < V < 10 \text{ [Vcc]}$;

entro tali range è possibile modificare il parametro di offset p_o ed il guadagno dell'interfaccia G attraverso la rotazione di due viti accessibili una volta alzato lo sportellino scorrevole del coperchio.

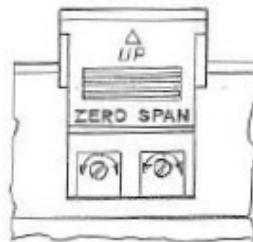


Figura 6 - Viti regolatrici guadagno e set

In questo modo si va a modificare la caratteristica di funzionamento del sistema.

Abbiamo quindi svolto tre prove:

1. Parametri trovati sulla valvola;
2. Variazione Offset;
3. Variazione Guadagno;

Per ogni prova abbiamo lasciato invariata la pressione di alimentazione, ricavando, per ogni prova, le curve teoriche e quelle sperimentali ottenute dalla misurazione di 20 punti per ciascuna di esse, partendo da un valore di tensione pari a 0 [Vcc] salendo fino ad un valore di 10 [Vcc]. Inoltre, per identificare il comportamento di isteresi di questa interfaccia, abbiamo valutato una volta il comportamento con variazione discendente da 10 [Vcc] fino a 0 [Vcc] della tensione di comando.

Si sono poi calcolati anche i valori di errore Δ per ognuno dei casi in esame confrontando andamento sperimentale e teorico.

• **Prova 1**

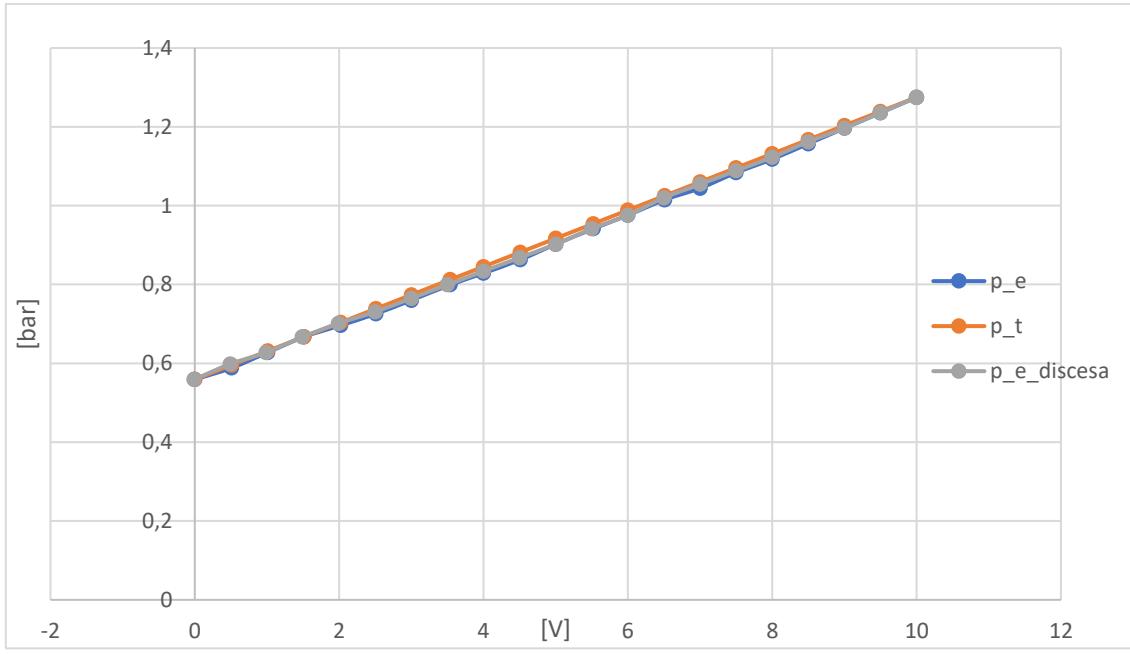


Figura 7 - Andamento p-V con parametri iniziali

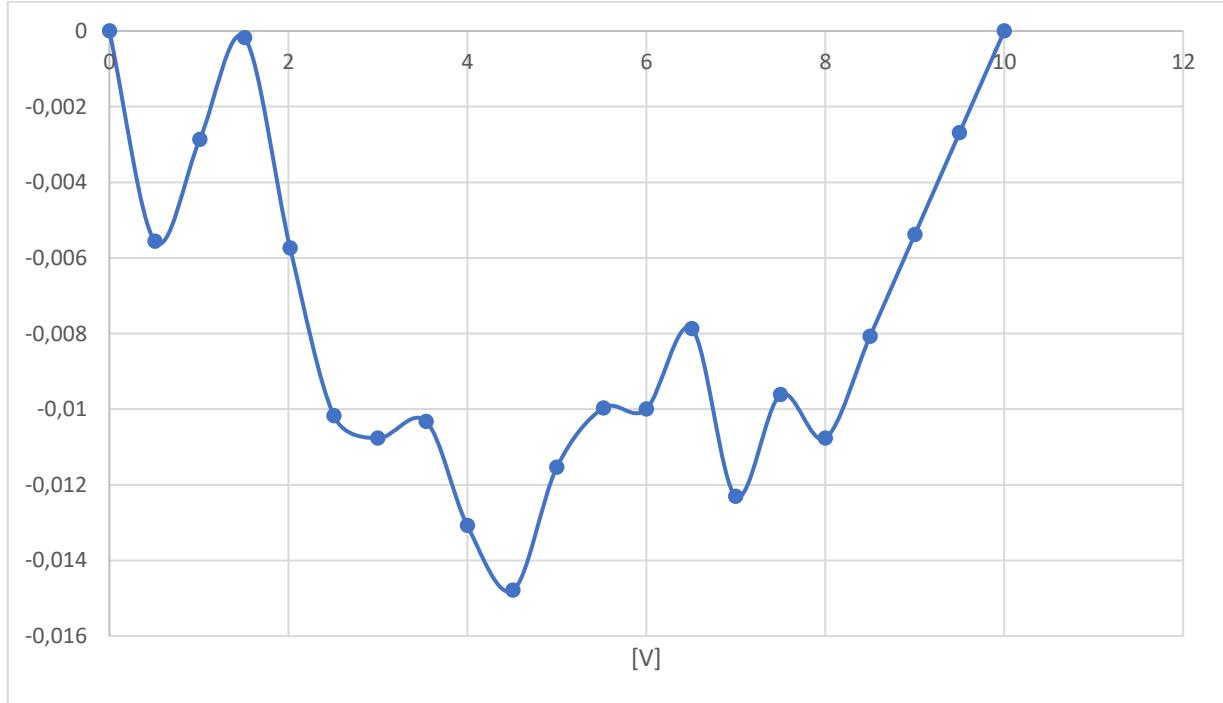


Figura 8 - Δ in salita

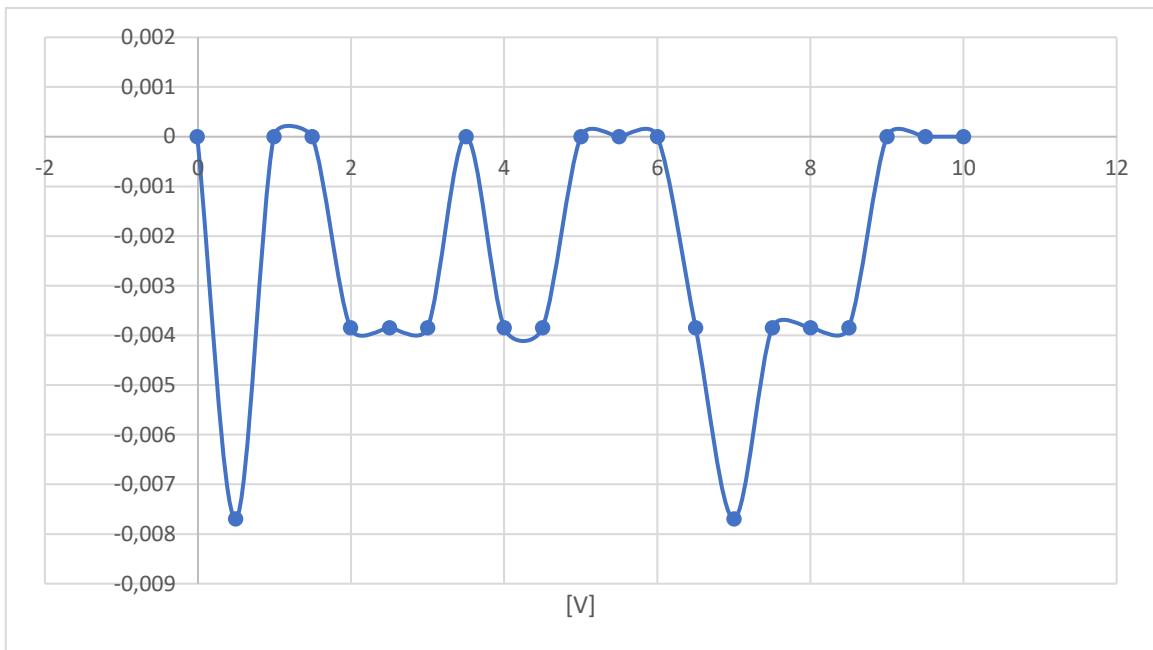


Figura 9 - $\Delta_{isteresi}$

Questa prova evidenzia un comportamento della valvola che si avvicina molto a quello lineare con un errore massimo percentuale $\Delta \leq 1.5\%$.

Il comportamento di isteresi evidenzia un errore massimo riferito al fondo scala $\Delta_{isteresi} \leq 0.8\%$. Per poter valutare tale comportamento è opportuno valutare gli andamenti con assegnazione strettamente crescente e strettamente decrescente del comando elettrico di ingresso. Tale comportamento può essere in larga parte attribuito alla membrana interna dell'interfaccia proporzionale.

- **Prova 2**

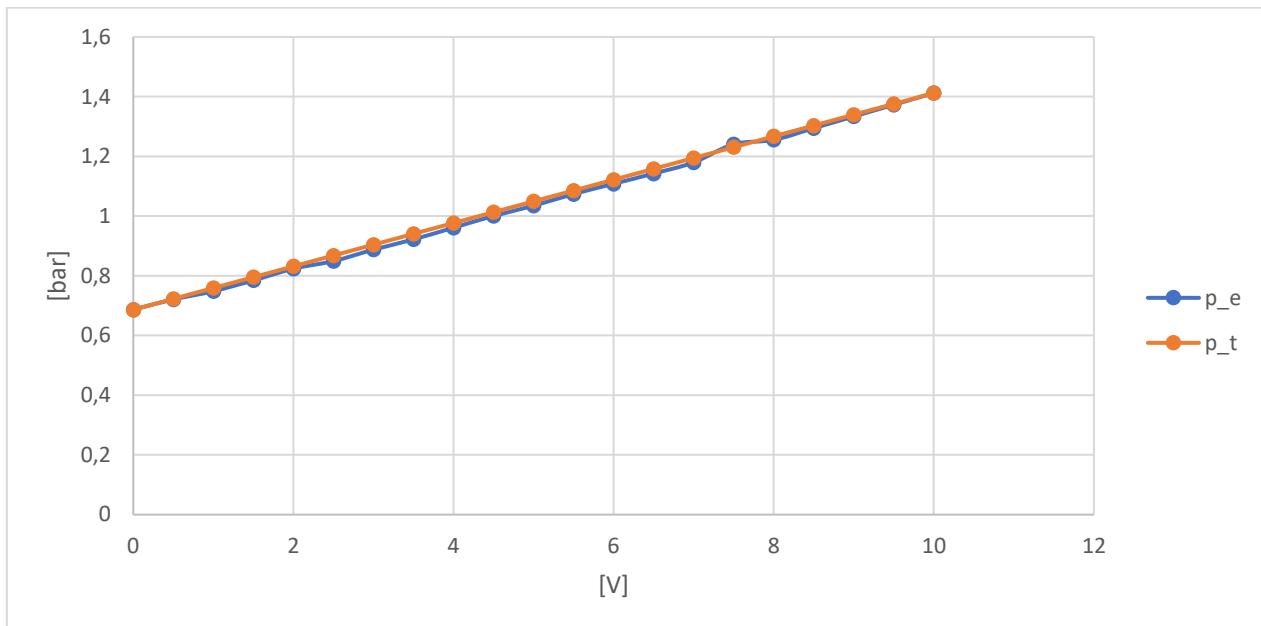


Figura 10 - andamento p-V

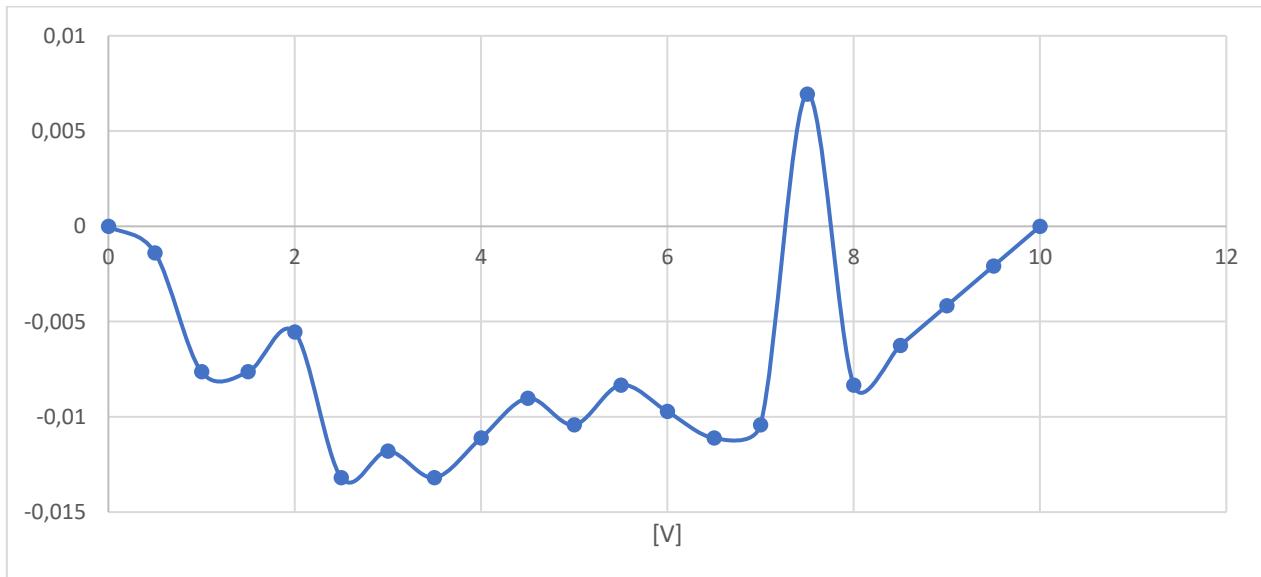


Figura 11 - Δ

Questa prova evidenzia un comportamento della valvola che si avvicina molto a quello lineare con un errore massimo percentuale $\Delta \leq 1.5\%$.

- **Prova3**

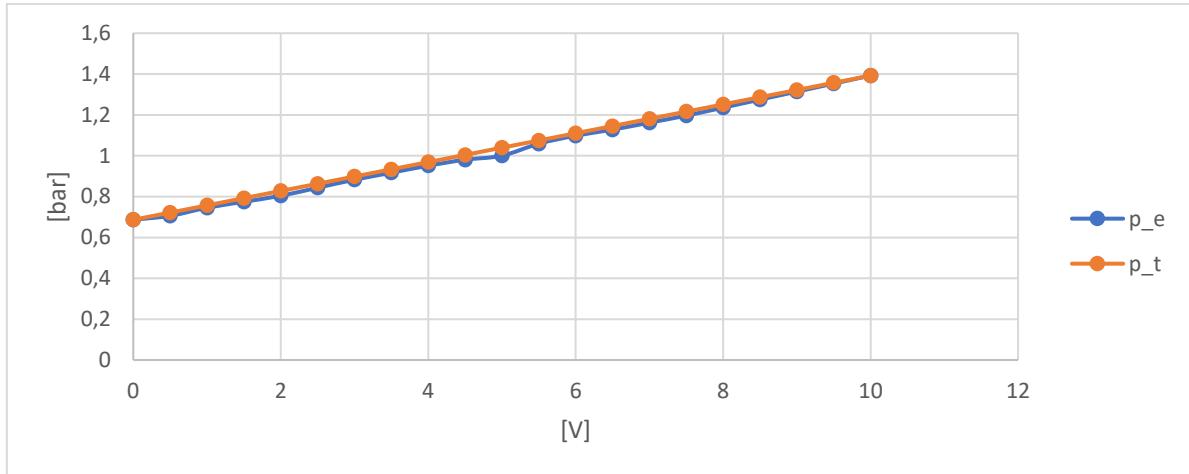


Figura 12 - Andamento p-V

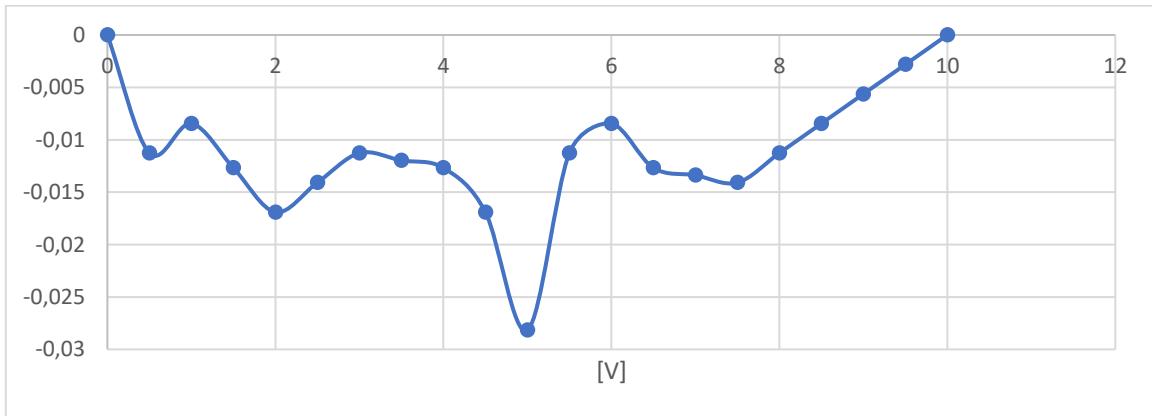


Figura 13 - Δ

Questa prova evidenzia un comportamento della valvola che si avvicina molto a quello lineare con un errore massimo percentuale $\Delta \leq 3.0\%$.

La variazione dei parametri può portare alla saturazione dell'interfaccia come abbiamo osservato in una successiva misurazione i cui risultati sono riportati in Figura 14.

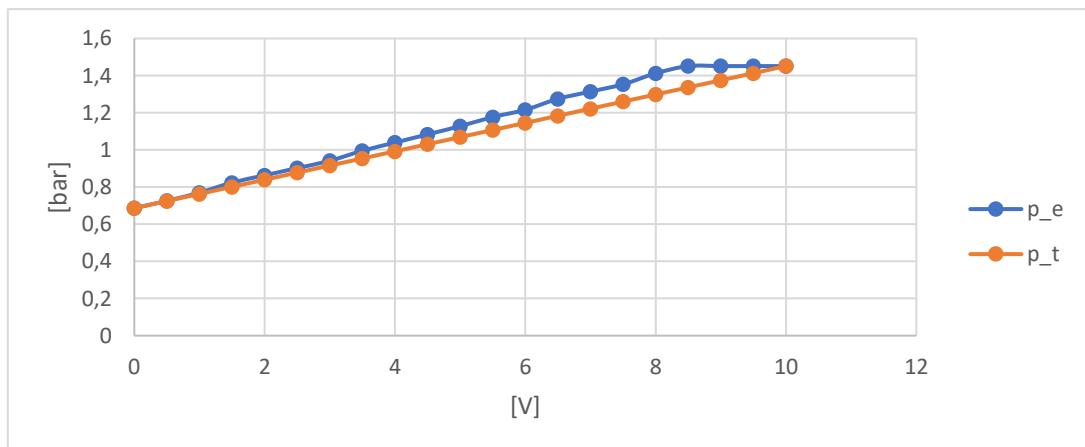


Figura 14 - Andamento p-V

ELEMENTO FLUIDICO BISTABILE, INTERFACCE

Esercitazione 10

10.1 Sistema di pressurizzazione

L'esperienza di laboratorio ha come obiettivo la realizzazione di un sistema di pressurizzazione di un serbatoio. Al fine di ottenere il risultato desiderato utilizzeremo elementi fluidici che permettono buona precisione e rapidità dei tempi di riposta.

Gli elementi necessari per la realizzazione del circuito sono:

- due trigger fluidici (“trigger di Schmitt”);
- un elemento bistabile;
- un’interfaccia bassa pressione-alta pressione (“valvola Clippard”);
- un serbatoio;
- manometri;

Nel seguito analizzeremo nel dettaglio i componenti e riporteremo lo schema del sistema realizzato.

Trigger fluidico

I “trigger di Schmitt” sono elementi fluidici formati da una serie di tre amplificatori proporzionali differenziali collegati in serie e da un elemento bistabile alla fine della catena. Il primo amplificatore ,oltre all’alimentazione, presenta due bocche di ingresso a cui sono applicate due differenti pressioni: la pressione di riferimento p_{c2} e una pressione varabile p_{c1} . L’amplificazione dei tre elementi permette di avere sulle due uscite del trigger due pressioni la cui differenza è proporzionale a quella dei segnali in ingresso. L’amplificazione permette dunque di trasformare piccole differenze di pressioni tra i due segnali in un comando netto per l’elemento bistabile indicato con 4 nella Figura 1. In Figura 1 abbiamo riportato sia un’immagine che lo schema del trigger utilizzati. Lo schema logico è riferito a un solo trigger, mentre l’elemento da noi utilizzato ne incorpora due al suo interno.

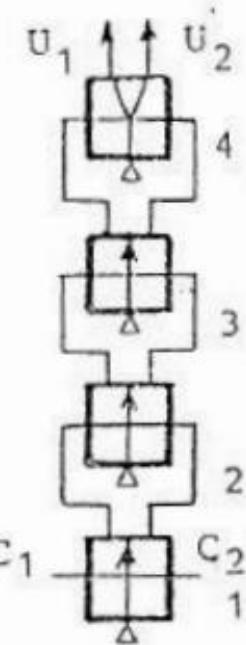
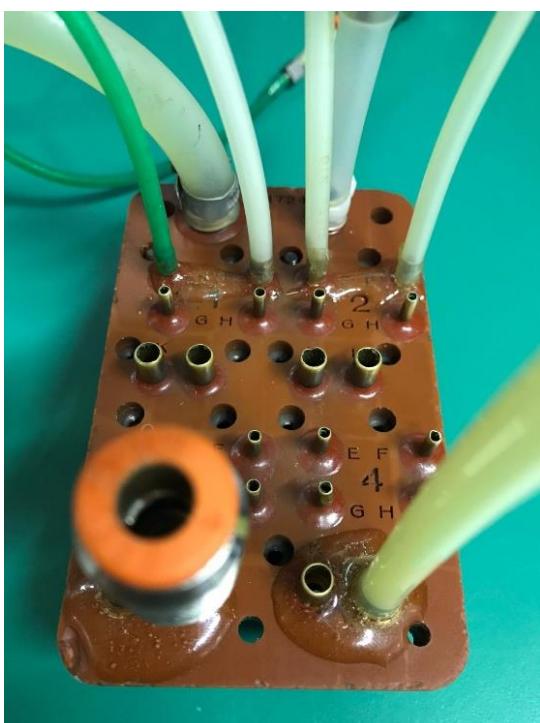


Figura 1 – Trigger fluidico

Elemento bistabile

Nel sistema di pressurizzazione è presente un altro componente fluidico, si tratta di un elemento bistabile che andrà a comandare la valvola Clippard. Riportiamo un’immagine dell’elemento e il suo schema i figura 2. Il componente è collegato alla pressione di alimentazione e presenta due ingressi C1 e C2 che fungono da comando e due uscite U1 e U2. L’elemento sfrutta l’effetto Coandă per il suo funzionamento. A fronte di un segnale di ingresso C1 si attiverà l’uscita U1, in caso di segnale sull’ingresso C2 si attiverà l’uscita U2. Trattandosi di un elemento bistabile manterrà il segnale in uscita anche nel momento in cui verrà a mancare il comando. Il componente presenta inoltre degli scarichi per renderlo insensibile ai carichi applicati.

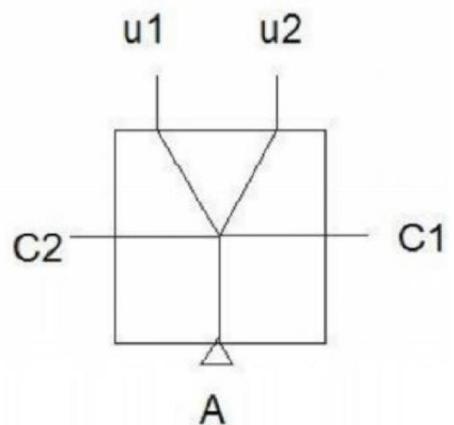


Figura 2 – Elemento bistabile

Valvola Clippard

L’interfaccia tra bassa pressione e alta pressione è costituita da una valvola Clippard il cui schema logico e l’immagine sono riportati in Figura 3. L’elemento è sostanzialmente una valvola monostabile 3/2 che riceve in comando un segnale a bassa pressione che ne permette l’attivazione. La valvola Clippard è utilizzata nel nostro circuito per garantire l’alimentazione (ad alta pressione) del serbatoio e il suo scarico. Il comando della valvola arriva dall’elemento fluidico bistabile descritto in precedenza.

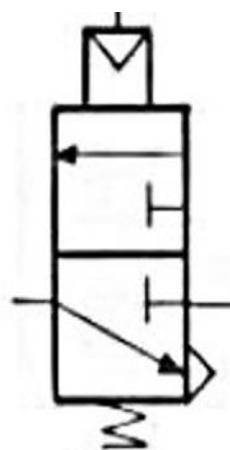


Figura 3 – Valvola Clippard

Riportiamo in Figura 4 lo schema costruttivo della valvola Clippard e ne descriviamo il funzionamento. In condizioni di riposo l'alimentazione è collegata allo scarico grazie a un foro ricavato nell'elemento mobile (otturatore) mentre il carico è collegato allo scarico grazie al condotto 3. R1 e R2 sono resistenza che permettono di disaccoppiare gli ambienti. In corrispondenza di un segnale di pressione P_c la membrana superiore si deforma andando a chiudere il condotto della resistenza R2. A questo punto la pressione alimentazione va ad agire sulla membrana collegata all'otturatore permettendone la deformazione. L'otturatore quindi trasla verso il basso permettendo alla pressione di alimentazione di raggiungere il carico.

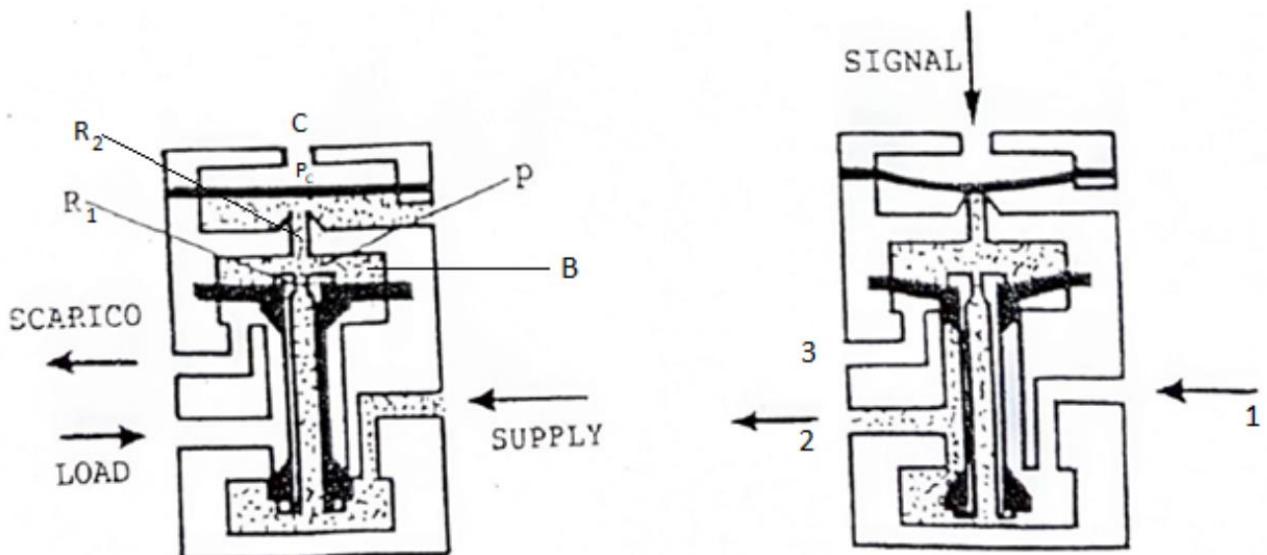


Figura 4 – Valvola Clippard schema costruttivo

Sistema di pressurizzazione

L'obiettivo del sistema era quello di mantenere la pressione all'interno del serbatoio compresa tra 1 e 1.5 bar. Riportiamo quindi in Figura 5 lo schema realizzato e lo analizziamo nel dettaglio.

Le pressioni limite del serbatoio scelte per il nostro esperimento sono pari a $p_{min} = 1$ bar e $p_{max} = 1.5$ bar. L'alimentazione della valvola Clippard è stata regolata a 5 bar mentre gli elementi fluidici sono stati alimentati a una pressione di circa 0.5 bar. I due trigger devono confrontare la pressione del serbatoio con quella minima e massima desiderata, entrambi avranno dunque un ingresso collegato con il serbatoio. Uno dei trigger riceverà come pressione in ingresso quella minima mentre l'altro quella massima. I trigger andranno poi a comandare l'elemento fluidico bistabile che a sua volta invierà o meno il segnale alla valvola Clippard per permettere il collegamento del serbatoio con la pressione di alimentazione.

Analizziamo i casi di funzionamento possibili:

1. $p_{min} < p < p_{max}$: nel trigger con riferimento la p_{min} la pressione del serbatoio p prevale e quindi il segnale di uscita andrà a scarico. Per quanto riguarda il trigger con segnale in ingresso p_{max} si avrà una situazione simile, essendo p_{max} maggiore di p il segnale di uscita sarà di nuovo inviato a scarico. L'elemento fluidico bistabile rimarrà nella configurazione precedente alimentando U1 o U2. Il serbatoio continuerà quindi a scaricarsi attraverso la valvola Clippard oppure a ricevere aria dall'alimentazione fino a che non ci si ritroverà nei casi 2 o 3 discussi di seguito.
2. $p > p_{max}$: nel trigger con riferimento p_{max} essendo la pressione del serbatoio maggiore il segnale in uscita verrà inviato all'elemento fluidico bistabile attivandone l'uscita posta a scarico. La valvola Clippard non verrà quindi alimentata e il serbatoio scaricherà aria in ambiente attraverso la valvola Clippard.

3. $p < p_{min}$: nel trigger con riferimento p_{min} essendo quest'ultima pressione maggiore di quella del serbatoio il segnale in uscita verrà inviato all'elemento fluidico bistabile attivandone l'uscita collegata al pilotaggio della valvola Clippard. La valvola Clippard quindi commuterà fornendo aria alla pressione di alimentazione al serbatoio.

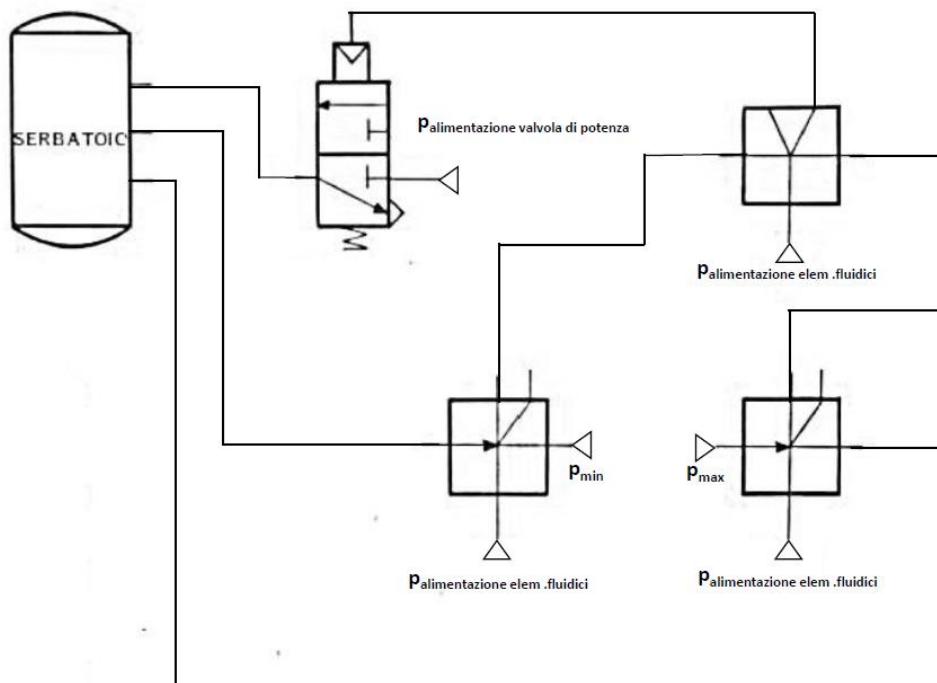


Figura 5 – Schema sistema di pressurizzazione

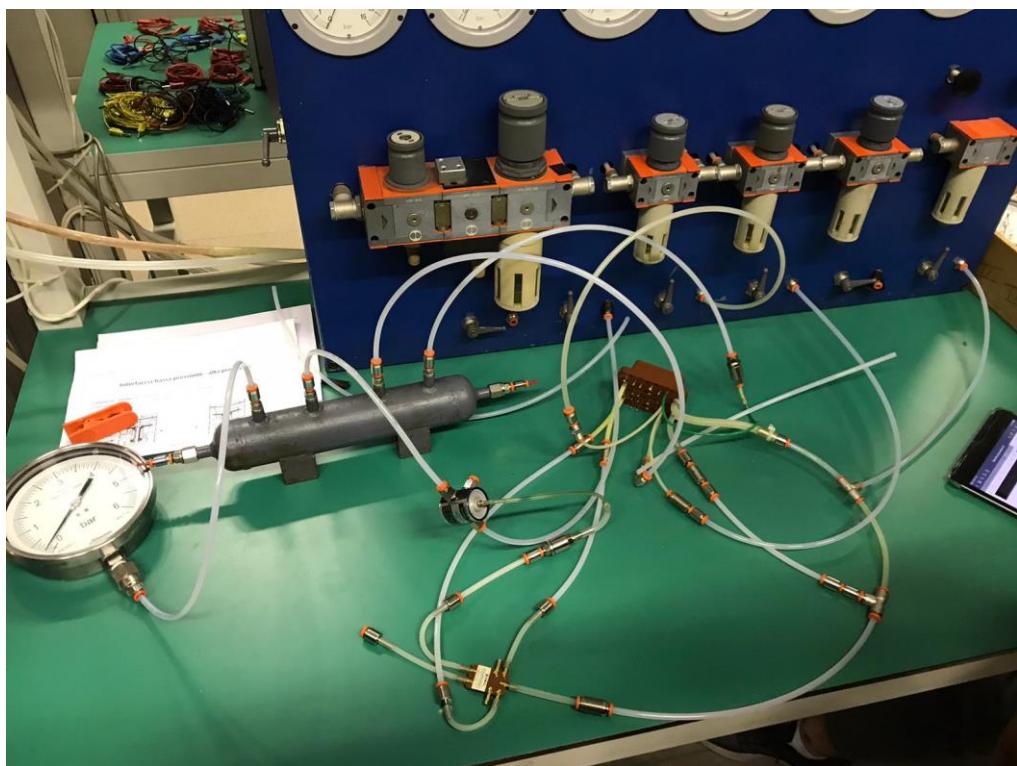


Figura 6 – Sistema di pressurizzazione

10.2 Caratteristica di alimentazione di un elemento fluidico bistabile

Questa esperienza di laboratorio ha come obiettivo la misura della caratteristica di alimentazione di un elemento fluidico bistabile. La caratteristica di alimentazione è una curva che serve a valutare il consumo degli elementi fluidici. Tale curva viene tracciata riportando la portata di alimentazione in funzione della pressione di alimentazione.

Il rilievo sperimentale della caratteristica di alimentazione si può attuare seguendo lo schema riportato in figura 7.

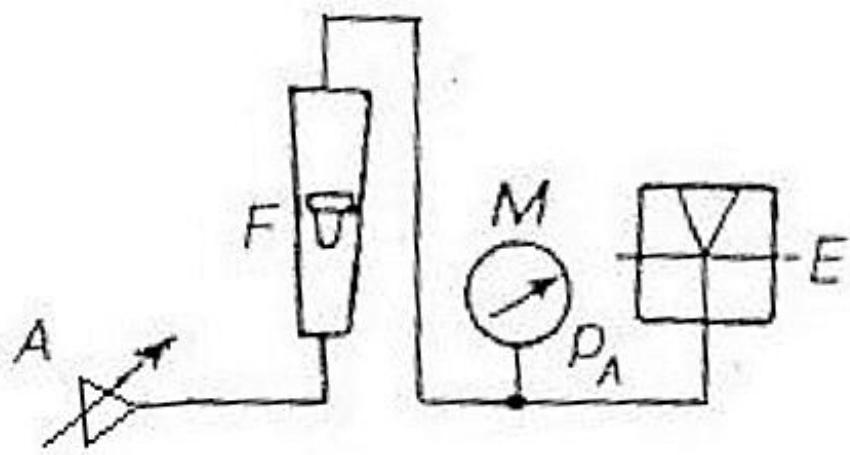


Figura 7 – Schema per la determinazione della caratteristica di alimentazione

Lo schema è formato da:

- un riduttore di pressione, A;
- un flussimetro per la misura della portata, F;
- un manometro, M;
- un elemento fluidico bistabile, E.

La sorgente di alimentazione, costituita dal riduttore A, è collegata all'elemento fluidico in prova E tramite il flussimetro F.

Il riduttore consente di variare la pressione di alimentazione dell'elemento. Il flussimetro F misura la portata di fluido entrante, mentre il manometro M misura la pressione di alimentazione. Il manometro M deve essere collegato il più vicino possibile all'elemento per evitare errori dovuti a cadute di pressione lungo i tubi di alimentazione.

Flussimetro a galleggiante

Il flussimetro a galleggiante utilizzato nella prova esprime le portate in Ncm^3/s . La scala graduata riportata sul flussimetro è in volumi normali, ma è riferita a condizioni specifiche di pressione e di temperatura utilizzate per la taratura dello strumento. Tali condizioni sono:

- temperatura $T_T = 20^\circ\text{C}$;
- pressione assoluta $P_T = 2 \text{ bar}$.

Le portate utilizzate nelle caratteristiche sono espresse in volumi normali. Se le condizioni di prova sono differenti da quelle di taratura la portata in volumi normali Q_{VN} viene calcolata con la formula:

$$Q_{VN} = Q_L \sqrt{\frac{P}{P_T} \frac{T_T}{T}}$$

Dove:

- Q_L , valore letto sul flussimetro;
- P , pressione assoluta di prova (data la piccola caduta di pressione attraverso il galleggiante del flussimetro può essere letta sia a monte che a valle del flussimetro);
- P_T , pressione assoluta di taratura;
- T , temperatura assoluta di prova;
- T_T , temperatura assoluta di taratura.

In questo caso si ipotizza una $T \approx T_T = 20^\circ C$, quindi il rapporto $\frac{T_T}{T}$ diventa trascurabile.

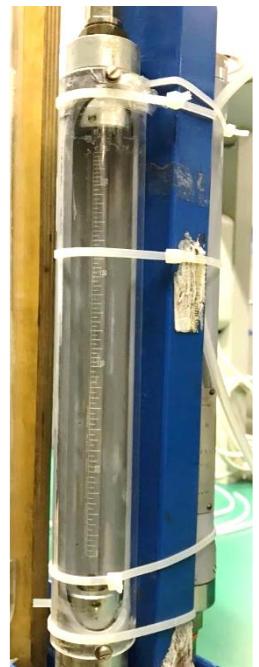


Figura 8 – Flussimetro a galleggiante

Rilievo sperimentale



Figura 9 – Realizzazione dello schema

Il rilievo sperimentale della caratteristica di alimentazione dell'elemento fluidico bistabile viene effettuato utilizzando una pressione di alimentazione variata da 0 a 1 bar relativi.

La curva caratteristica si determina per punti, regolando il riduttore su diversi valori di pressione e registrando, in corrispondenza di ciascun valore, portata e pressione di alimentazione.

Di seguito si riportano i dati rilevati al banco prova ed il grafico rappresentante la caratteristica di alimentazione. Per la determinazione della caratteristica sono state effettuate 20 prove sperimentali al variare della pressione di alimentazione; al fine di ottenere una rappresentazione fedele della caratteristica, per ogni pressione sono state fatte tre misure della portata individuata mediante il flussimetro e ne è stata fatta successivamente la media.

P relativa (bar)	P assoluta (bar)	Q_L media (cm^3/s ANR)	Q_{VN} (cm^3/s ANR)
0	1	0	0
0,05	1,05	34	17,85
0,1	1,1	45	24,75
0,15	1,15	52,5	30,188
0,2	1,2	58	34,8
0,25	1,25	63	39,375
0,3	1,3	67,5	43,875
0,35	1,35	71	47,925
0,4	1,4	74	51,8
0,45	1,45	76	55,1
0,5	1,5	78	58,5
0,55	1,55	82	63,55
0,6	1,6	83	66,4
0,65	1,65	85	70,125
0,7	1,7	86	73,1
0,75	1,75	88	77
0,8	1,8	89	80,1
0,85	1,85	91	84,175
0,9	1,9	92	87,4
0,95	1,95	92,5	90,188
1	2	93,5	93,5

Figura 10 – Tabella dei dati rilevati

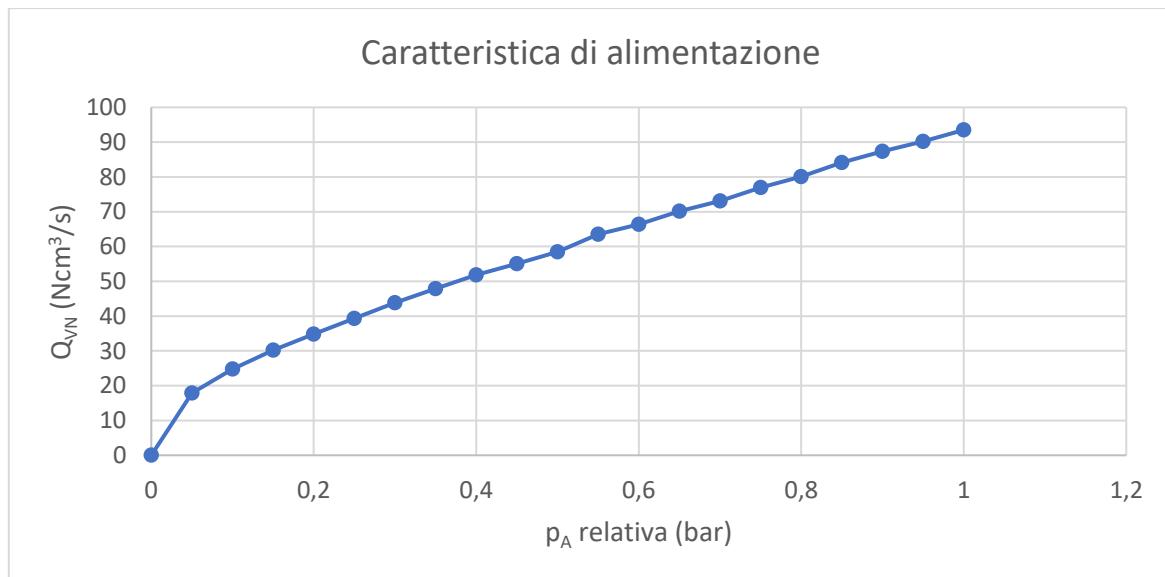


Figura 11 – Andamento della caratteristica di alimentazione