

## Capitolo 1

### 1. Descrizione generale del prototipo elettromeccanico

#### *1.1 Introduzione*

Il progetto del controllo di un qualsivoglia processo soprattutto in ambito industriale, non può prescindere dalla conoscenza approfondita del processo stesso, conoscenza intesa non solo dal punto di vista del funzionamento, ma anche dal punto di vista meccanico ed elettrico delle componenti che costituiscono il sistema complessivo.

Lo scopo di questo capitolo è pertanto di presentare il sistema da controllare, soffermandosi sulle caratteristiche elettriche, meccaniche e funzionali di tutte le sue componenti.

#### *1.2 Magazzino automatico*

Il processo da controllare (mostrato nella Figura 1.1), è un prototipo di magazzino automatico ed è realizzato con componentistica industriale.

Il sistema in esame, comprende un insieme di elementi che consentono la movimentazione su pallet di unità di materiale generico, sia nella direzione orizzontale mediante rulli motorizzati, sia nella direzione verticale mediante degli elevatori, attraverso le varie zone dei quattro livelli che costituiscono la struttura.



**Figura1. 1 magazzino automatico**

Le strutture elementari che compongono il sistema complessivo sono le rulliere e gli elevatori.

### ***1.2.1. Rulliere***

Le rulliere rappresentano gli elementi per alloggiare e/o trasportare orizzontalmente un pallet e sono di due tipi che si distinguono tra loro solo per la dimensione della baia e per il numero di rulli motorizzati, 4 ed 8 rispettivamente per quelle ‘corte ‘ e per quelle ‘lunghe’, ma da un punto di vista funzionale i due tipi sono identici.

I rulli sono in acciaio zincati montati su cuscinetti radiali ad una corona di sfere; la motorizzazione è consentita per mezzo di catena che ingrana con la corona saldata sul rullo. E' utilizzata una versione costituita da anelli di catena che legano a due a due i rulli adiacenti. Il motore di ogni rulliera è collegato sempre tramite catena ad un rullo, ed in particolare ad uno di quelli posizionati all'estremità della stessa.

Il seguente schema riporta un dettaglio grafico (Figura1. 2) dei rulli che compongono le baie.

marca	dimensioni
LANCIOTTI RULLI	Lunghezza rullo 430 mm
	Diametro rullo 32 mm
	Corona Z=17

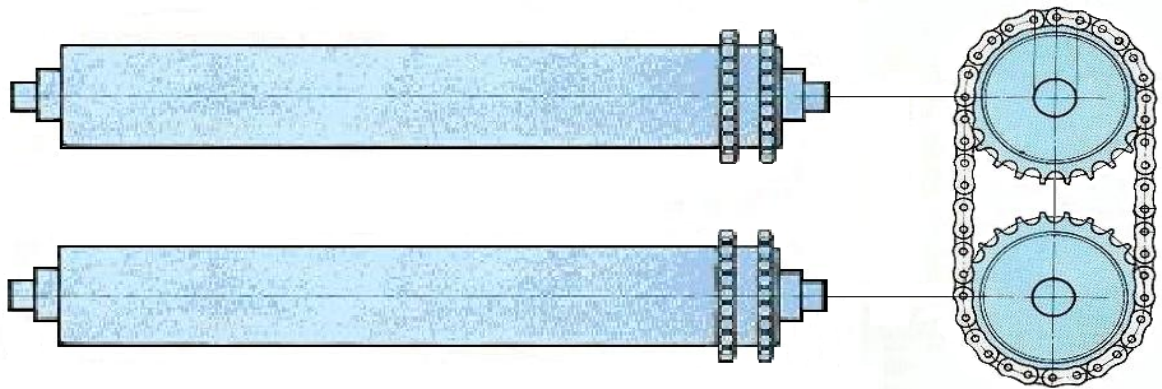
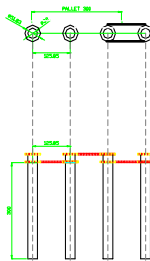


Figura1. 2 rulli

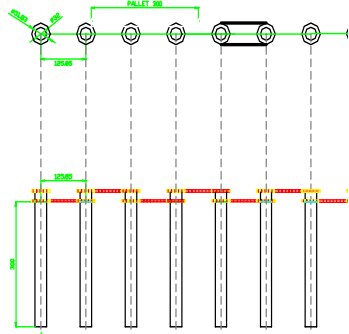
Tutte le rulliere sono dotate di due fotocellule a riflessione, una per ogni estremità allo scopo di rilevare la presenza del pallet in ingresso o in uscita ad esse.

Una eccezione è costituita dalle rulliere delle baie di ingresso-uscita del sistema che presentano in più tre sensori induttivi ciascuna per il riconoscimento dei pallets.



Descrizione di dettaglio rulliere corte :

- n. 4 rulli industriali zincati a doppia corona,
- trasmissione del moto mediante catena passo 3/8,
- n.2 fotocellule a riflessione,
- n.1 motore,

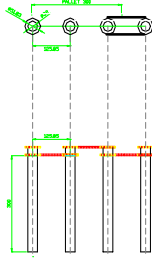


*Descrizione di dettaglio rulliere lunghe:*

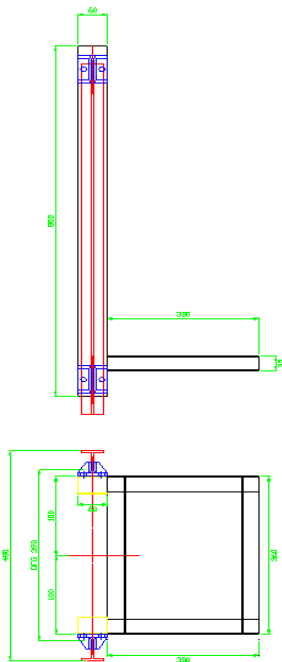
- n. 8 rulli industriali zincati a doppia corona,
- trasmissione del moto mediante catena passo 3/8,
- n.2 fotocellule a riflessione,
- n.1 motore,

### **1.2.2. Elevatori**

Gli elevatori, denominati indifferentemente anche lifter o ascensori, hanno sostanzialmente le stesse caratteristiche delle rulliere alle quali aggiungono la peculiarità di poter trasportare un pallet nella direzione verticale attraverso i vari livelli che compongono il sistema . Oltre alle due fotocellule per rilevare la presenza del pallets e ai rulli motorizzati per la movimentazione orizzontale dei pallets, ogni lifter è dotato di un motoriduttore di trazione per la salita e la discesa, e di sensori reed per il posizionamento corretto al piano sia in salita che in discesa, nonché di due sensori per segnalazione finecorsa superiore ed inferiore .



Disegno di dettaglio  
Lifter

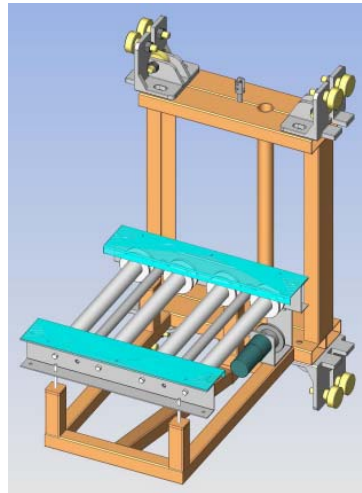


*Descrizione di dettaglio baia:*

- n. 4 rulli industriali zincati a doppia corona,
- trasmissione del moto mediante catena passo 3/8,
- n.2 fotocellule a riflessione,
- n.1 motore,

*Descrizione di dettaglio Lifter:*

- n.2 sensori reed, ,
- n.2 finecorsa per segnalazione extracorsa,
- trasmissione moto verticale mediante catena passo 3/8,
- n.1 motore



**Figura1.3 lifter**

Il sistema per la rilevazione del piano è costituito da due sensori reed, uno per la salita ed uno per la discesa integrati sull'elevatore, mentre nella parte posteriore della struttura, su una guida metallica verticale che attraversa tutti i livelli della stessa, sono posizionate opportunamente delle strisce magnetiche.

Il movimento verticale dell'ascensore fa sì che in prossimità del piano (in salita o in discesa), il sensore relativo si posizioni nelle vicinanze di una opportuna striscia magnetica e si chiuda un circuito magnetico, e ciò permette di poter posizionare correttamente il lifter al piano.

E' mostrata nella figura1. 4 disposizione sensori reedla disposizione degli strip magnetici rispetto alla quota di ogni piano del sistema:

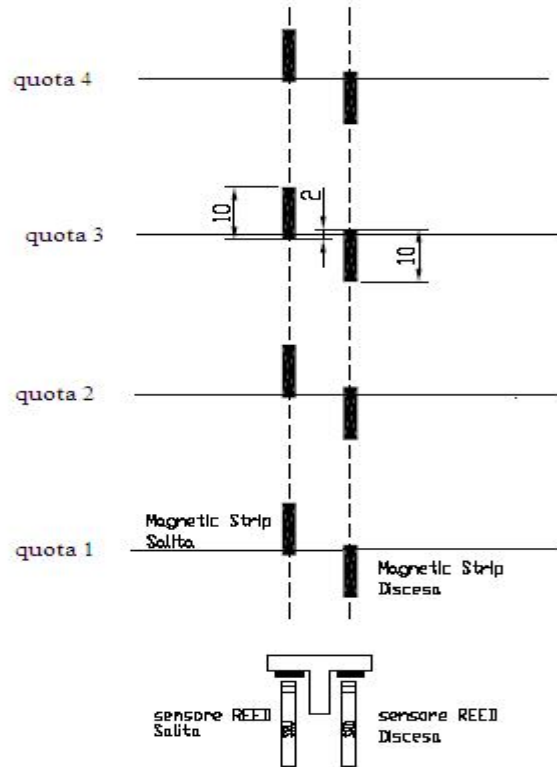


figura1. 4 disposizione sensori reed

### 1.2.3. Sensori ed attuatori

Nel modellare un qualsivoglia processo fisico al fine di seguire le direttive dettate dalla teoria del controllo, si includono in esso anche i sensori e gli attuatori che non sono intrinsecamente vere e proprie parti del processo stesso.

Per quanto riguarda i sensori essi hanno lo scopo di effettuare la misura di una variabile del sistema, inoltre si considera insieme al sensore un elemento ( il trasduttore ) che provvede ad una conversione del valore della variabile fisica in una grandezza elettrica da poter trasmettere agli organi di controllo.

La seguente tabella mostra i sensori utilizzati nella struttura, riportando un breve commento per l'utilizzo, la marca e il modello corredata da una dettaglio grafico:




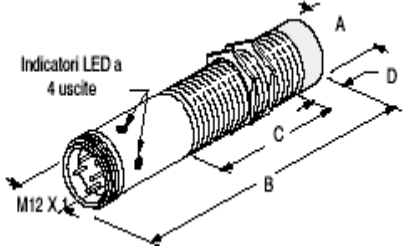

Sensore	Marca	Modello	Dettaglio
Sensore per il rilevamento dei finecorsa superiore ed inferiore del Lifter	ALLEN BRADLEY	<b>440P-CALB12E</b>  2 N.C. + 1 N.O.	 Adjustable Level 
Sensore fotoelettrico a riflessione per baia rulliere	ALLEN BRADLEY	<b>42EF-P2MPB-F4</b>  1 N.C. + 1 N.O.	
sensore Induttivo riconoscimento pallet diam 12 mm	ALLEN BRADLEY	<b>872C-D4NP12-D4</b>  1 N.O.	
Sensore magnetico controllo posizionamento al piano	STEM srl	<b>C121L</b>  1 N.O.	

Tabella1. 1 sensori

Discorso analogo è valido per gli attuatori i quali rilevano un informazione dall'esterno (dal sistema di controllo) e provvedono a modificare opportunamente una variabile del processo; anche essi necessitano della presenza di elementi aggiuntivi (i pre-attuatori ), i quali ricevuto il segnale effettuano una sua conversione ed una amplificazione dello stesso.

La seguente tabella mostra gli attuatori utilizzati nella struttura, riportando un breve commento per l'utilizzo, la marca e il modello corredata da una immagine grafica:

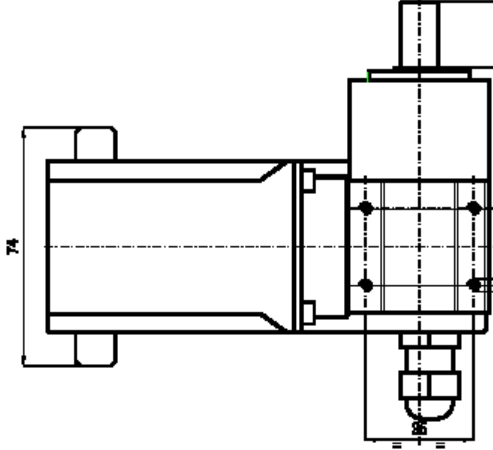

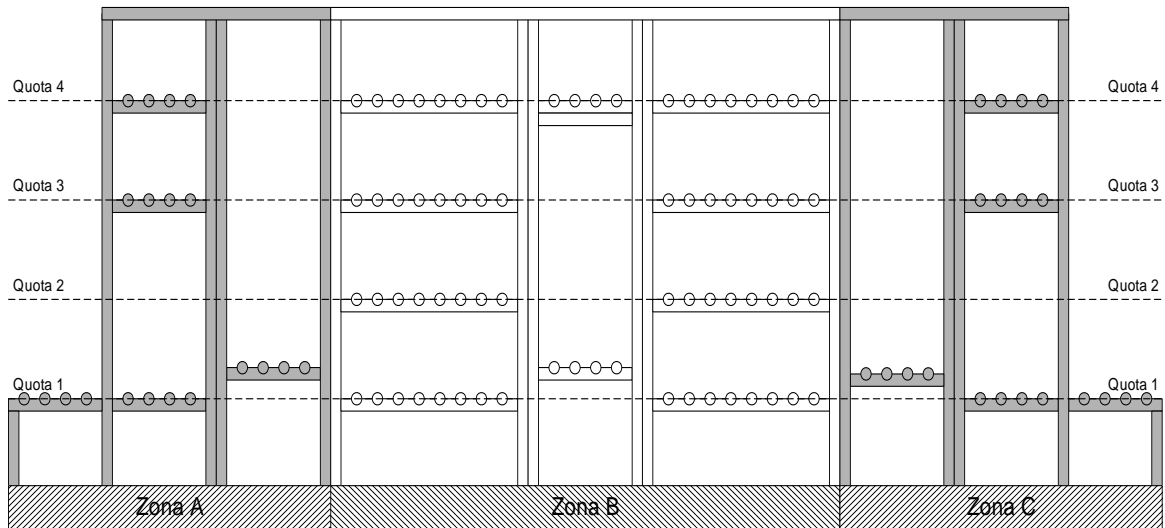
Attuatore	Marca	Modello	Dettaglio
Motoriduttore di trazione salita e discesa elevatori	MINI MOTOR	<b>BCE200024M P</b> Rapp. Rid. 400 Giri 8,1 rpm Coppia motore 15.0 Nm	
Motoriduttore per movimentazione dei rulli	BRAIN WAVE	<b>R40S.3-300-24V</b> Rapp. Rid. 300 Giri 20 rpm Coppia motore 1.0 Nm	

Tabella1. 2 attuatori



### 1.3 Schema dell'impianto: struttura modulare



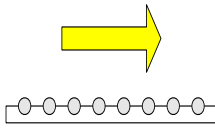
**Figura1. 5 layout magazzino**

La figura Figura1. 5 layout magazzino mostra il prospetto frontale del prototipo. La struttura è di tipo modulare e si individuano in essa tre zone fisiche distinte ognuna delle quali ha un proprio quadro di controllo (quadro di zona). Le suddette zone sono denominate:

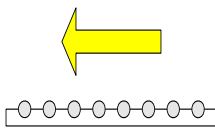
- Zona A ( parte destra del prospetto)
- Zona B (parte centrale del prospetto)
- Zona C (parte sinistra del prospetto)

Il sistema complessivo è racchiuso in una struttura di plexiglass che ha il duplice scopo di protezione dalla polvere ed altri agenti esterni e da accidentali intrusioni di mani braccia mentre il sistema è in funzione. Nella parte anteriore ci sono cinque sportelli caratterizzati dall'essere collegati ad interruttori di sicurezza che tagliano il circuito dell'alimentazione agli attuatori della relativa zona e di quelle adiacenti, tutto ciò per favorire l'intervento umano (ispezione, manutenzione ecc.) in condizioni di sicurezza.

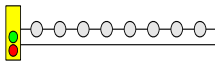
Per una corretta interpretazione delle movimentazioni dell'impianto si stabiliscono le seguenti convenzioni:



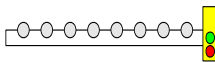
le movimentazioni bidirezionali saranno riferite al precedente prospetto e quindi una movimentazione da sinistra verso destra implica una convenzione del tipo riportata in figura e corrisponderà nel seguito ad un segnale per l'avanzamento del motore *motore avanti* ;



una movimentazione da destra verso sinistra implica una convenzione del tipo riportata in figura e corrisponderà nel seguito ad un segnale per l'avanzamento del motore *motore indietro*



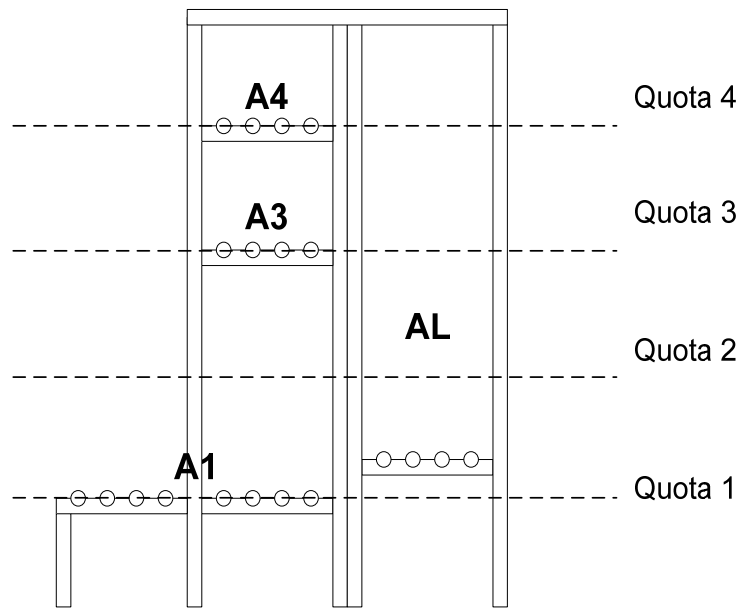
il posizionamento delle fotocellule saranno riferite al precedente prospetto e quindi fotocellula sinistra implica una convenzione del tipo riportata in figura



mentre fotocellula destra implica una convenzione del tipo riportata in figura

I lifter si ritengono movimentati in salita quando si spostano dal basso verso l'alto e corrisponderà nel seguito ad un segnale per l'avanzamento del motore *motore UP*, viceversa corrisponderà nel seguito ad un segnale per l'avanzamento del motore *motore DOWN*. I piani di fermo dei lifter sono denominati quota1, quota 2, quota 3, quota 4, conteggiati a partire dalla quota più piccola.

### ***1.4 Descrizione delle zone della struttura***



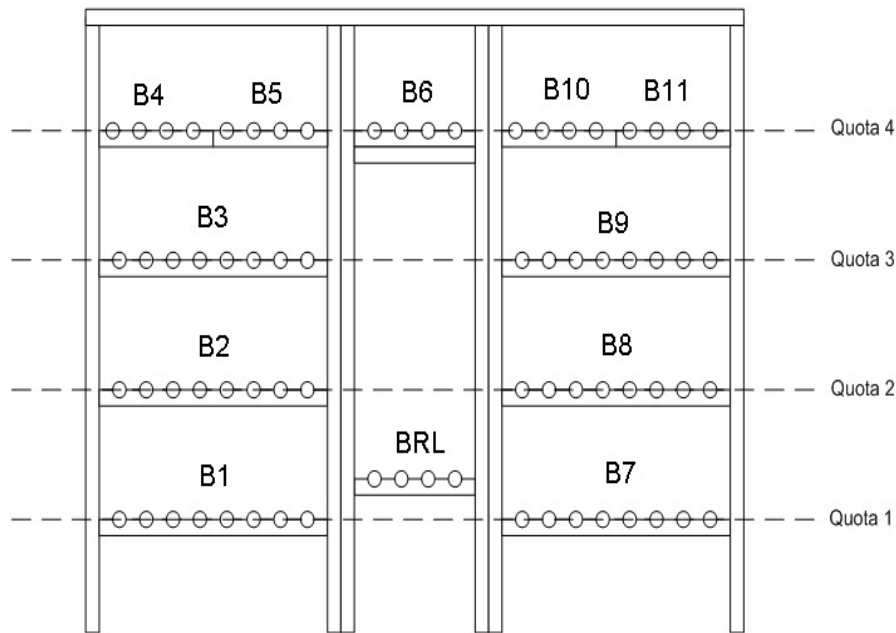
**figura1. 6 prospetto zona A**

La zona A ( figura1. 6 ) è costituita da una baia di ingresso/uscita posta a quota 1 (A1) che rappresenta l'entry point sinistro del sistema e consente il transito del pallet in ingresso o in uscita al sistema; la stessa baia dispone di un dispositivo di riconoscimento dei pallet in modo da raccogliere informazioni per poter ricostruire una mappa dei materiali in transito all'interno della struttura.

E' presente inoltre un modulo Lifter (AL) che funge da ascensore e consente pertanto la movimentazione dei pallet su tutti e quattro i livelli della struttura complessiva.

A completare la zona sono presenti due baie di recovery una al terzo livello (A3) ed una al quarto livello (A4), a cui è possibile accedere solo tramite il lifter e che sono utilizzabili per consentire un eventuale recovery dei pallet in transito.

La zona rende possibile la movimentazione di un pallet dall'ingresso verso una delle baie di recovery o verso una delle baie di interfaccia della zona B (adiacente ad essa ) o ancora la movimentazione attraverso gli stessi percorsi nel verso opposto.



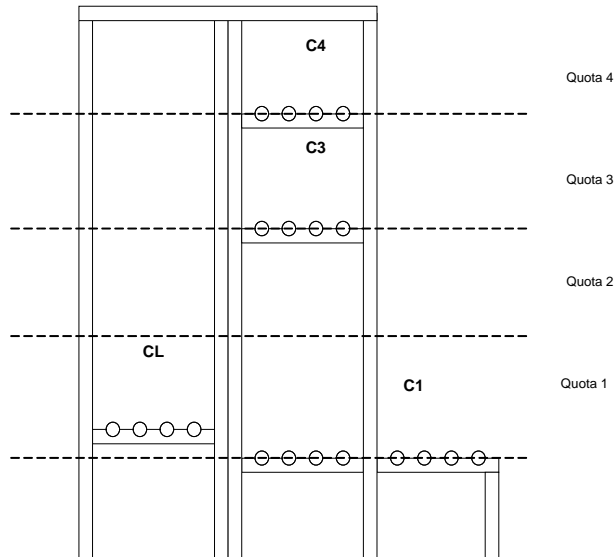
**figura1.7 prospetto zona B**

La zona B (figura1.7 prospetto zona B) è costituita da un buffer, gestibile con una logica di tipo FIFO, posto a quota 4 (B4,B5,B6,B10,B11) in grado di allocare cinque pallet. Tutte le rulliere consentono una movimentazione bidirezionale allo scopo sia di poter controllare la direzione di bufferizzazione in funzione delle politiche di allocazione e movimentazione, sia per creare dei gradi di ridondanza in caso di malfunzionamento di una delle rulliere per poter consentire comunque la movimentazione degli altri pallets della coda.

Prevede tre baie poste alle quote 1,2,3 (B1,B2,B3) a sinistra del lifter le cui rulliere consentono una movimentazione bidirezionale e fungono da baie di interfaccia con la zona A. Analogamente sono presenti tre baie poste alle quote 1,2,3 (B7,B8,B9) a destra del lifter le cui rulliere consentono una movimentazione bidirezionale e fungono da baie di interfaccia con la zona C. Questa baie di interfaccia possono essere usate sia come ulteriori buffer ,sia come semplici vie di transito. E' presente in questo caso una ridondanza di vie di comunicazione per sperimentare algoritmi di ottimizzazione e algoritmi di riconfigurazione dei percorsi in caso di malfunzionamenti in una o più vie.

E' inoltre previsto un lifter (BL) che consente la movimentazione dei pallet su tre dei quattro livelli della struttura.

La zona B costituisce una zona di transito tra le zone A e C ed è in grado di poter bufferizzare i pallets.



**figura1. 8 zonaC**

Essendo la struttura complessiva simmetrica, la zona C (figura1. 8 zonaC) che rappresenta la parte destra dell'impianto risulta essere speculare rispetto alla zona A. Avendo tale zona le stesse caratteristiche funzionali della zona simmetrica A già descritta, si riportano solo gli elementi che la costituiscono.

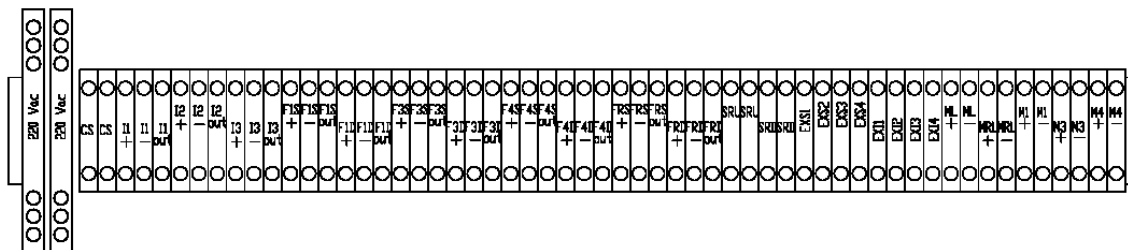
Baia di ingresso/uscita posta a quota 1 (C1) che rappresenta l'entry point destro del sistema, baie di recovery poste a quota 3 (C3) e a quota 4 (C4), baia lifter (CL).

### ***1.5 Descrizione dei quadri di comando***

I quadri di controllo posti sopra le rispettive zone provvedono a:

- alimentare la morsettiera remota che interfaccia tutti i segnali di ingresso e di uscita della zona;
- collegare tutti i segnali di ingresso e di uscita della zona alla morsettiera remota;
- alimentare tutti i sensori della zona;
- alimentare gli attuatori della zona;
- interbloccare mediante relè l'alimentazione degli attuatori

E' presente nella parte inferiore del quadro una morsettiera che raccoglie tutti gli ingressi provenienti dai sensori e tutte le uscite per gli attuatori della rispettiva zona, inoltre sono presenti dei morsetti per l'alimentazione generale delle componenti del quadro, dei sensori e degli attuatori, e dei morsetti per il circuito di sicurezza delle porte di ispezione (CS). Il layout della morsettiera è il seguente:



**Figura1. 9 morsettiera zone A/C**

Al di sopra della morsettiera (Figura1. 9 morsettiera zone A/C) si trova un modulo di controllo remoto di ingresso-uscita costituito da:

- 1 Modulo Alimentatore Siemens PS 307 5A
- 1 Modulo Interfaccia Profibus ET 200 M IM 153-1 6ES7 153-1AA03-0XB0
- 1 Modulo unità di ingresso digitali DI 16\*DC24V , SM321 6ES7321-1BH02-0AA0
- 1 Modulo unità di uscita a relè DO16\*REL.AC120/230V, 6ES7 322-1HH01-0AA0

Gli ingressi della morsettiera remota provenienti dai sensori sono i seguenti:

Ingressi PLC zone A/C

<b>SENSORE</b>	<b>Descrizione</b>	<b>QUOTA</b>
<b>I1</b>	Primo sensore induttivo riconoscimento pallet entry point	1
<b>I2</b>	Secondo sensore induttivo riconoscimento pallet entry point	1
<b>I3</b>	Terzo sensore induttivo riconoscimento pallet entry point	1

<b>SENSORE</b>	<b>Descrizione</b>	<b>QUOTA</b>
<b>F1S</b>	Fotocellula sinistra entry point sinistro	1
<b>F1D</b>	Fotocellula destra entry point sinistro	1
<b>F3S</b>	Fotocellula baia di recovery quota 3 sinistra	3
<b>F3D</b>	Fotocellula baia di recovery quota 3 destra	3
<b>F4S</b>	Fotocellula sinistra baia di recovery quota 4	4
<b>F4D</b>	Fotocellula destra baia di recovery quota 4	4
<b>SRU</b>	Sensore reed SALITA lifter	LIFTER
<b>SRD</b>	Sensore reed DISCESA lifter	LIFTER
<b>EXI</b>	Extracorsa INFERIORE lifter	LIFTER
<b>EXS</b>	Extracorsa SUPERIORE lifter	LIFTER
<b>FRS</b>	Fotocellula sinistra baia lifter	LIFTER
<b>FRD</b>	Fotocellula destra baia lifter	LIFTER

Il modulo di uscita comanda i relè che si trovano nella parte superiore del quadro e che hanno un trasformatore dedicato ed un interruttore collegato al circuito di sicurezza. I relè a loro volta sono collegati alla morsettiera remota e pilotano gli attuatori di zona che sono riportati nella tabella seguente, con il relativo simbolo ed una descrizione sommaria:

Uscite PLC zone A/C

<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Quota</b>
<b>R1S</b>	Comando motore rulliera entry point sinistro avanti	1
<b>R1D</b>	Comando motore rulliera entry point sinistro indietro	1
<b>R3S</b>	Comando motore rulliera baia di recovery quota 3 avanti	3
<b>R3D</b>	Comando motore rulliera baia di recovery quota 3 indietro	3
<b>R4S</b>	Comando motore rulliera baia di recovery quota 4 avanti	4
<b>R4D</b>	Comando motore rulliera baia di recovery quota 4 indietro	4
<b>RLS</b>	Comando motore rulliera entry point sinistro indietro	LIFTER
<b>RLD</b>	Comando motore rulliera baia di recovery quota 3 sinistra avanti	LIFTER
<b>MLUP</b>	Comando motore LIFTER salita ↑	LIFTER
<b>MLDW</b>	Comando motore LIFTER discesa ↓	LIFTER

Il quadro di comando della zona B differisce dai precedenti per un maggiore numero di ingressi e uscita da controllare, il che si traduce in un maggior numero di componenti e una maggiore dimensione fisica dell'apparato.

E' presente nella parte inferiore del quadro una morsettiera questa volta in due pezzi che raccoglie tutti gli ingressi provenienti dai sensori e tutte le uscite per gli attuatori della rispettiva zona, inoltre sono presenti dei morsetti per l'alimentazione generale delle componenti del quadro dei sensori e degli attuatori, e dei morsetti per il circuito di sicurezza delle porte di ispezione (CS). Il layout della morsettiera è il seguente:

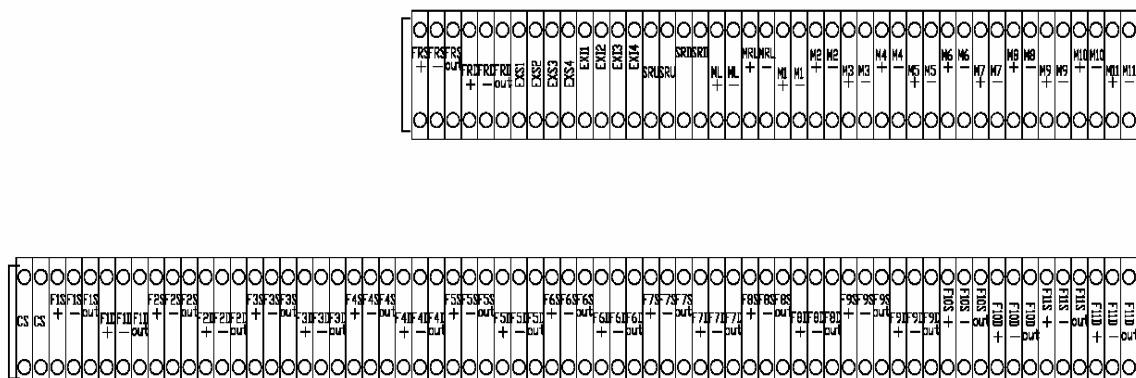


figura1. 10 morsettiera zona B

Al di sopra della morsettiera (figura1. 10 morsettiera zona B) si trova un modulo di controllo remoto di ingresso-uscita costituito da :

- 1 Modulo Alimentatore Siemens PS 307 5A
- 1 Modulo Interfaccia Profibus ET 200 M IM 153-1 6ES7 153-1AA03-0XB0
- 2 Moduli unità di ingresso digitali DI 16\*DC24V , SM321 6ES7321-1BH02-0AA0
- 2 Moduli unità di uscita a relè DO16\*REL.AC120/230V, 6ES7 322-1HH01-0AA0

Gli ingressi della morsettiera remota provenienti dai sensori sono i seguenti:

Ingressi PLC zona B

Sensore	Descrizione	Quota
F1S	Fotocellula sinistra rulliera B1	1
F1D	Fotocellula destra rulliera B1	1



<b>Sensore</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Quota</b>
<b>F2S</b>	Fotocellula sinistra rulliera B2	2
<b>F3D</b>	Fotocellula destra rulliera B2	2
<b>F3S</b>	Fotocellula sinistra rulliera B3	3
<b>F3D</b>	Fotocellula destra rulliera B3	3
<b>F4S</b>	Fotocellula sinistra buffer B4	4
<b>F4D</b>	Fotocellula destra buffer B4	4
<b>F5S</b>	Fotocellula sinistra buffer B5	4
<b>F5D</b>	Fotocellula destra buffer B5	4
<b>F6S</b>	Fotocellula sinistra buffer B6	4
<b>F6D</b>	Fotocellula destra buffer B6	4
<b>F10S</b>	Fotocellula sinistra buffer B10	4
<b>F10D</b>	Fotocellula destra buffer B10	4
<b>F11S</b>	Fotocellula sinistra buffer B11	4
<b>F11D</b>	Fotocellula destra buffer B11	4
<b>F7S</b>	Fotocellula sinistra rulliera B7	1
<b>F7D</b>	Fotocellula destra rulliera B7	1
<b>F8S</b>	Fotocellula sinistra rulliera B8	2
<b>F8D</b>	Fotocellula destra rulliera B8	2
<b>F9S</b>	Fotocellula sinistra rulliera B9	3
<b>F9D</b>	Fotocellula destra rulliera B9	3
<b>FRS</b>	Fotocellula sinistra rulliera LIFTER	LIFTER
<b>FRD</b>	Fotocellula destra rulliera LIFTER	LIFTER
<b>SRU</b>	Sensore reed SALITA lifter	LIFTER
<b>SRD</b>	Sensore reed DISCESA lifter	LIFTER
<b>EXI</b>	Extracorsa INFERIORE lifter	LIFTER
<b>EXS</b>	Extracorsa SUPERIORE lifter	LIFTER

I moduli remoti di uscita comandano i relè che si trovano nella parte superiore del quadro e che hanno un trasformatore dedicato ed un interruttore collegato al circuito di sicurezza. I relè a loro volta sono collegati alla morsettiera remota e pilotano gli attuatori di zona che sono riportati nella tabella seguente con il relativo simbolo ed una descrizione sommaria:

Uscite PLC zona B:

<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Quota</b>
<b>R1S</b>	Comando motore rulliera B1 sinistra	1
<b>R1D</b>	Comando motore rulliera B1 destra	1
<b>R2S</b>	Comando motore rulliera B2 sinistra	2
<b>R3D</b>	Comando motore rulliera B2 destra	2
<b>R3S</b>	Comando motore rulliera B3 sinistra	3
<b>R3D</b>	Comando motore rulliera B3 destra	3
<b>R4S</b>	Comando motore rulliera buffer B4 sinistra	4
<b>R4D</b>	Comando motore rulliera buffer B4 destra	4
<b>R5S</b>	Comando motore rulliera buffer B5 sinistra	4
<b>R5D</b>	Comando motore rulliera buffer B5 destra	4
<b>R6S</b>	Comando motore rulliera buffer B6 sinistra	4
<b>R6D</b>	Comando motore rulliera buffer B6 destra	4
<b>R10S</b>	Comando motore rulliera buffer B10 sinistra	4
<b>R10D</b>	Comando motore rulliera buffer B10 destra	4
<b>R11S</b>	Comando motore rulliera buffer B11 sinistra	4
<b>R11D</b>	Comando motore rulliera buffer B11 destra	4
<b>R7S</b>	Comando motore rulliera B7 sinistra	1
<b>R7D</b>	Comando motore rulliera B7 destra	1
<b>R8S</b>	Comando motore rulliera B8 sinistra	2
<b>R8D</b>	Comando motore rulliera B8 destra	2
<b>R9S</b>	Comando motore rulliera B9 sinistra	3
<b>R9D</b>	Comando motore rulliera B9 destra	3
<b>RLS</b>	Comando motore rulliera LIFTER sinistra	LIFTER
<b>RLD</b>	Comando motore rulliera LIFTER destra	LIFTER
<b>MLUP</b>	Comando motore LIFTER salita ↑	LIFTER
<b>MLDW</b>	Comando motore LIFTER discesa ↓	LIFTER