

## Progetto DIM-BOT – parte 6

### PROGETTO QUADRO ELETTRICO

Una volta che abbiamo identificato tutti i componenti da utilizzare, e dopo aver scaricato le loro caratteristiche, si procede al progetto del quadro elettrico.

Il quadro elettrico rappresenta il collegamento tramite cablaggio di tutti i dispositivi, ed in genere viene realizzato dentro un armadio metallico contenente tutti le schede ed i componenti necessari per il funzionamento della macchina.

Il progetto viene realizzato disegnando tutti i componenti ed i loro collegamenti, e l'installatore provvederà poi ad eseguire il montaggio seguendo le giuste regole previste nelle normative.

Cominciamo ora a considerare tutti gli aspetti da valutare per realizzare un quadro elettrico, il primo è quello relativo alla sicurezza.

La direttiva 2006/42/CE recepita con Dlgs 27 gennaio 2010, impone di effettuare per ogni macchinario, una valutazione dei rischi al fine di adottare soluzioni tecniche per la loro riduzione.

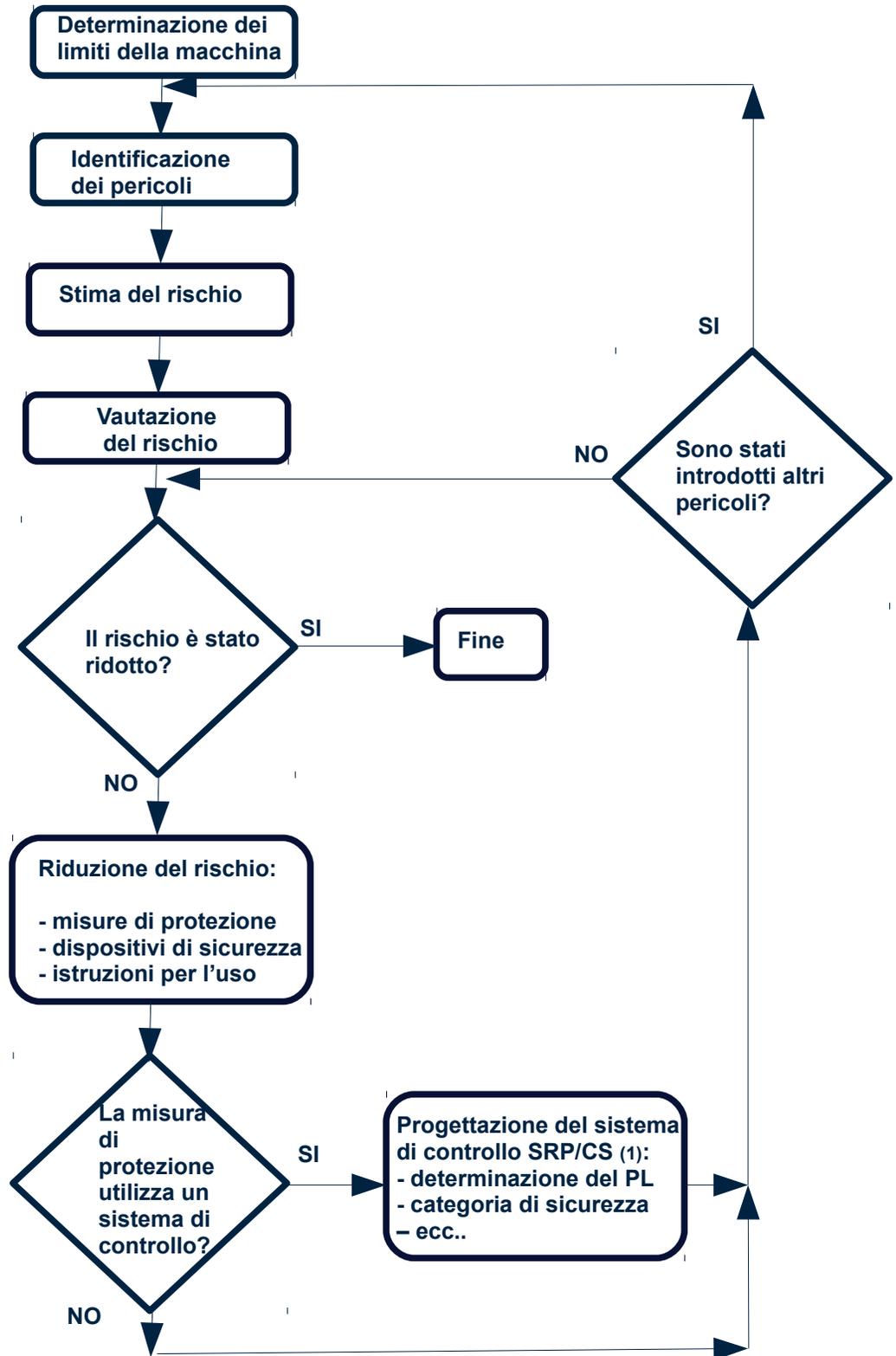
In questo modo dopo aver adottato tutte le soluzioni tecniche, la macchina sarà dotata di apposita marcatura CE e potrà essere immessa nel mercato.

Ovviamente il nostro manipolatore non sarà immesso nel mercato, ma dovrà comunque essere utilizzato didatticamente e pertanto in un ambito lavorativo, dovrà per questo rispondere alle norme tecniche previste dalla direttiva.

Questo aspetto va affrontato prima di progettare il quadro elettrico, perché occorre definire la tipologia di dispositivo di sicurezza da utilizzare.

Il primo passo da fare è l'analisi delle situazioni di rischio, successivamente andrà definita la tipologia di circuito di sicurezza e poi si potrà effettuare il disegno ed il progetto del quadro elettrico.

La procedura di analisi dei rischi deve essere condotta secondo la norma **EN/ISO 12100** rispettando il seguente schema:



(1)  
**SRP/CS**  
*(Safety Related Parts of Control System)*

*Parte del sistema di controllo che risponde a segnali di ingresso e genera segnali in uscita legati anch'essi alla sicurezza,*

Il rischio viene definito combinato il danno con la probabilità che tale danno possa verificarsi in caso di esposizione ad un pericolo.

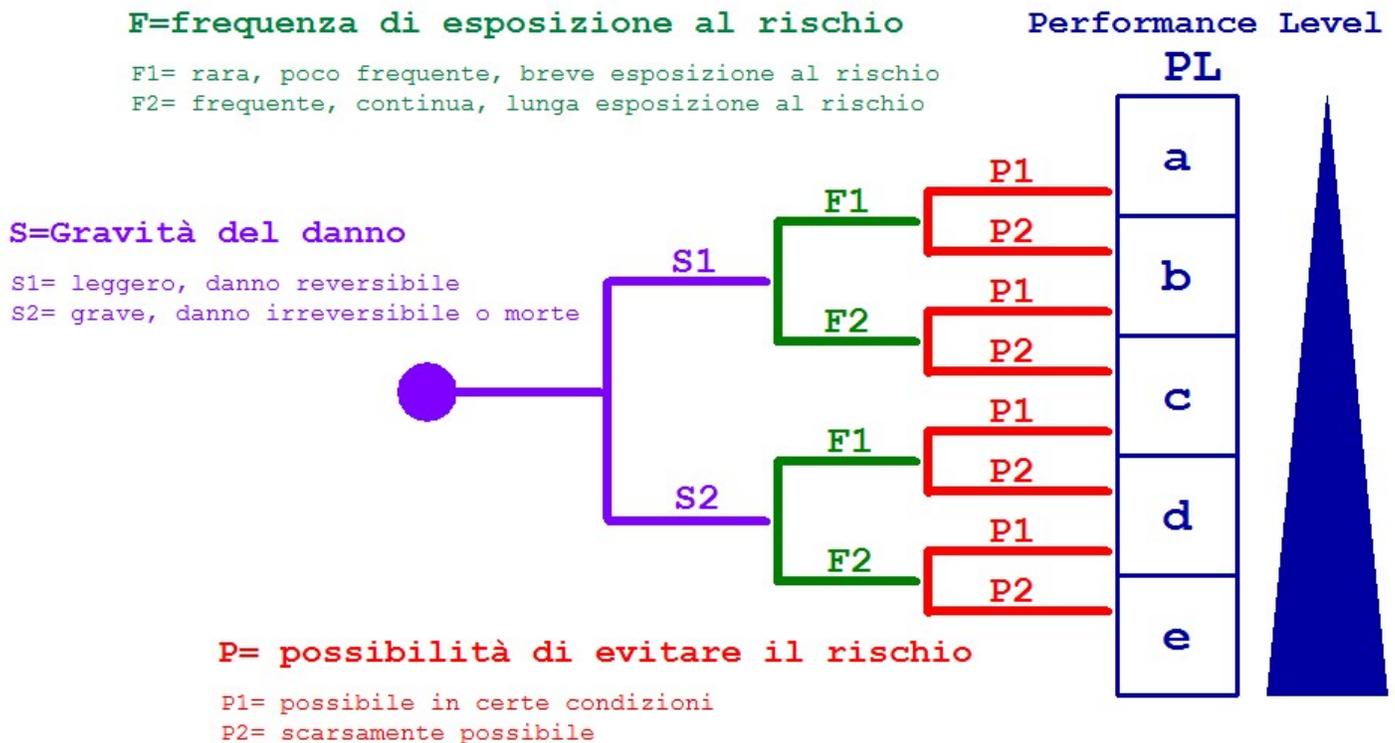
Lo scopo di questa analisi è ridurre il rischio ad una condizione “accettabile” e per fare questo bisogna effettuare due operazioni e cioè:

- analisi del rischio
- calcolo del rischio

Solo dopo aver calcolato il rischio si può decidere se esso ha un livello accettabile o se vanno adottate ulteriori soluzioni per la sua riduzione.

Vanno inoltre utilizzati **dispositivi e funzioni di sicurezza adeguati al livello di rischio** della macchina, nel senso che una macchina che presenta un livello di rischio elevato, non può essere dotata di un semplice di circuito di sicurezza composto dal solo pulsante di emergenza, in quanto bisogna prevedere anche la possibilità che esso possa presentare qualche malfunzionamento.

Perciò uno dei passi da fare è calcolare il Performance Level che deve avere la nostra funzione di sicurezza secondo la norma EN ISO 13849-1.



Un alto PL ridurrà maggiormente il rischio, ed ovviamente avremo un alto PL in corrispondenza di un elevato rischio. La funzione di sicurezza che si realizzerà nella macchina dovrà soddisfare il livello di PL ottenuto dal precedente calcolo.

Per sapere se il PL richiesto è soddisfatto dalla funzione di sicurezza, occorre verificarlo utilizzando i seguenti parametri come previsto nella norma EN ISO 13849-1:

- MTTF (“Mean Time To Dangerous Failure”, Tempo medio al guasto pericoloso)
- DC (“Diagnostic Coverage”, copertura diagnostica).

Per chi fosse interessato può approfondire questo aspetto leggendo la succitata norma.

Un'altra norma che si può utilizzare per progettare la funzione di sicurezza adeguata al livello di rischio è la EN/IEC 62061.

In questo caso non verrà calcolato il Performance Level (PL) ma il Safety Integrity Level (SIL).

Probabilità che si verifichi un danno					
Fr Frequenza, durata		Pr Probabilità evento pericoloso		Av Possibilità di evitare il danno	
<= ora	5	Molto elevata	5		
> 1h <= giorno	5	Probabile	4		
> giorno <= 2 settimane	4	Possibile	3	Impossibile	5
> 2 settimane <= 1 anno	3	Raramente	2	Possibile	3
> 1 anno	2	Trascurabile	1	Probabile	2
<b>Classe=Fr+Pr+Av es. Classe=5+5+3=13</b>					

Gravità del danno		SIL				
Conseguenza, gravità		Classe				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Morte, perdita di un occhio o di un braccio	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Permanente, perdita dita	3			SIL1	SIL2	SIL3
Reversibile, con cure mediche	2				SIL1	SIL2
Reversibile, solo primo soccorso	1					SIL1
<i>Esempio: con una classe=13 in caso di gravità pari a 3 serve una funzione di sicurezza SIL2</i>						

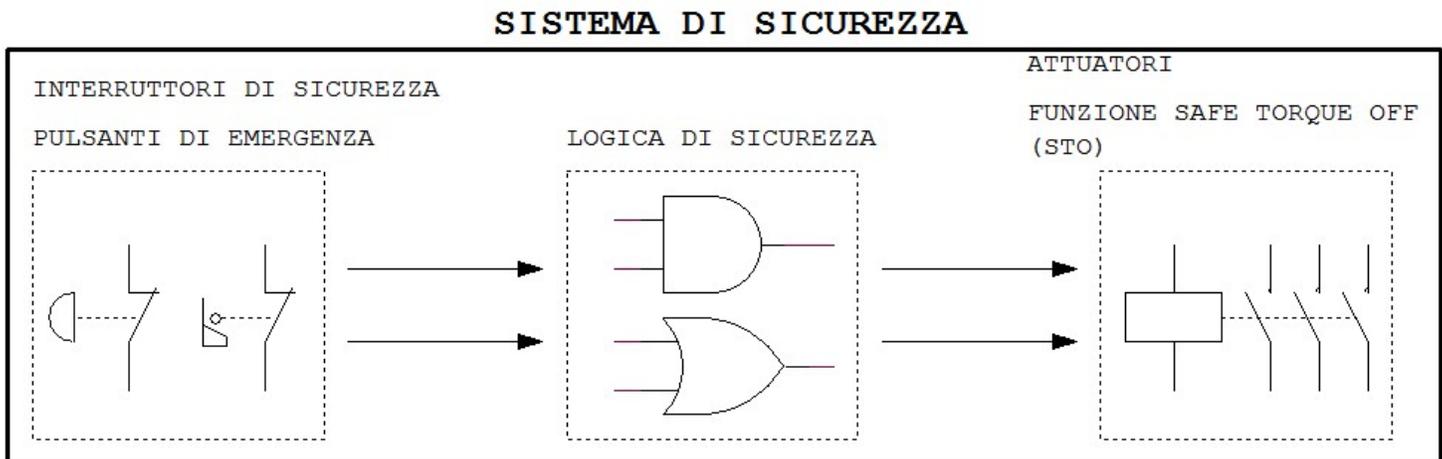
La corrispondenza tra il PL ed il SIL, calcolati secondo le corrispondenti normative è la seguente:

Performance Level (PL)	Safety Integrity Level (SIL).
a	
b	1
c	1
d	2
e	3

La vecchia norma EN 954-1 suddivideva i sistemi di sicurezza in 5 categorie:

- CATEGORIA B: un guasto può portare alla perdita della funzione di sicurezza;
- CATEGORIA 1: un guasto può portare alla perdita della funzione di sicurezza ma con probabilità inferiore a B;
- CATEGORIA 2: un guasto può portare alla perdita della funzione di sicurezza tra un controllo e l'altro;
- CATEGORIA 3: un guasto non porta alla perdita della funzione di sicurezza; alcuni, ma non tutti i guasti sono rilevati. Un accumulo di guasti non rilevati può portare alla perdita della funzione di sicurezza;
- CATEGORIA 4: un guasto non porta alla perdita della funzione di sicurezza; i guasti sono rilevati in tempo per evitare la perdita della funzione di sicurezza.

A seguito della valutazione del rischio, dovremo perciò utilizzare un sistema di sicurezza che corrisponda ai requisiti indicati dalla categoria, dal PL o dal SIL.



Possiamo riassumere quanto detto con degli schemi di esempio relativi alle 5 categorie con i corrispondenti PL e SIL.

Nella pagina seguente dei circuiti di esempio con le loro caratteristiche e la corrispondenza alla categoria secondo norma EN 954-1, o al PL ed al SIL.

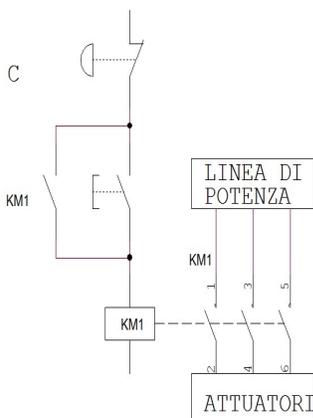
Nel nostro caso possiamo tranquillamente considerare un rischio basso del nostro manipolatore, in quanto le velocità in gioco sono molto basse e non ci sono dispositivi pericolosi che possano arrecare un danno oltre al lieve all'operatore. Ma soprattutto dobbiamo considerare il fatto che il manipolatore andrà completamente chiuso e protetto da un adeguato riparo di materiale trasparente, tale da non rendere accessibile le parti in moto.

Per questo sarà sufficiente considerare una **categoria di sicurezza 1** con cui potremo conseguire al massimo un **PL c** ed un **SIL 1**.

Di seguito i vari esempi di circuiti di sicurezza relativi alla categoria di sicurezza con il massimo PL e SIL conseguibile.

CATEGORIA B  
 CATEGORIA 1  
 PL massimo conseguibile = C  
 (SIL 1)

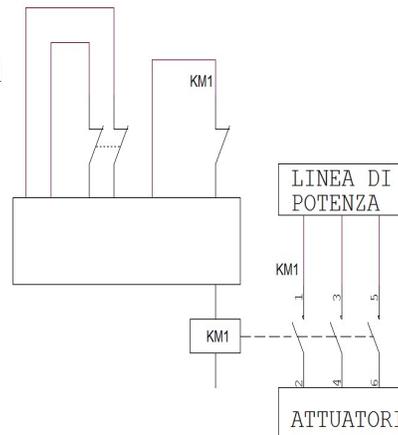
la categoria 1, possiede la stessa architettura della categoria B. I componenti devono essere provati in maniera consolidata per un'applicazione legata alla sicurezza. I componenti devono essere stati utilizzati in passato in applicazioni simili dimostrando la loro affidabilità.



CATEGORIA 2  
 PL massimo conseguibile = d  
 (SIL 2)

La perdita della funzione di sicurezza è rilevata dal controllo.

Il verificarsi di un guasto può comportare la perdita della funzione di sicurezza tra gli intervalli di controllo.

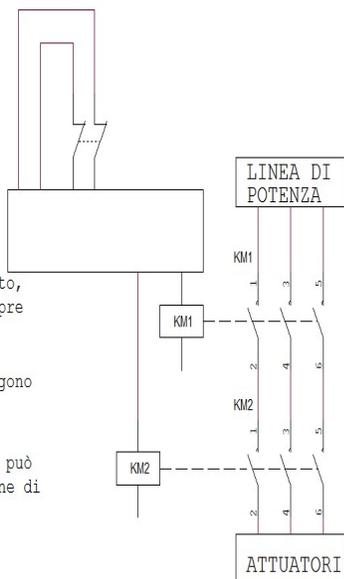


CATEGORIA 3  
 PL massimo conseguibile = d  
 (SIL 2)

Quando si verifica un singolo guasto, la funzione di sicurezza viene sempre garantita.

Alcuni ma non tutti gli errori vengono rilevati.

Un accumulo di errori non rilevati può comportare la perdita della funzione di sicurezza.

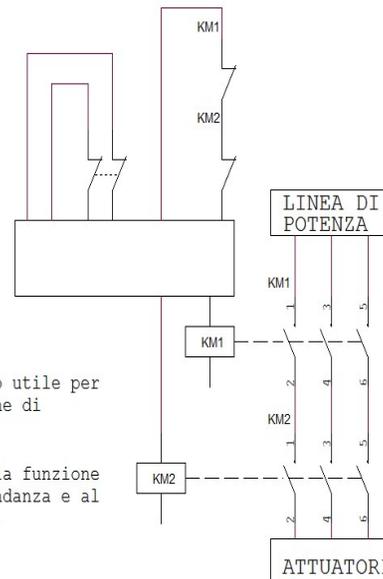


CATEGORIA 4  
 PL massimo conseguibile = e  
 (SIL 3)

La funzione di sicurezza viene sempre garantita anche in caso di uno o più guasti

I guasti vengono rilevati in tempo utile per prevenire la perdita della funzione di sicurezza.

Per monitorare le prestazioni della funzione di sicurezza si ricorre alla ridondanza e al controllo incrociato delle uscite.



Questo ragionamento (che è stato comunque fatto in maniera molto semplificata) ci porta a considerare di realizzare un quadro elettrico, dove la funzione di sicurezza sarà in categoria 1, composta da un pulsante di emergenza e da un teleruttore.

Potremmo eventualmente considerare anche la presenza di un interruttore di interblocco, ma in previsione di proteggere il manipolatore in maniera fissa, possiamo anche non utilizzare alcun interruttore di sicurezza.

Il quadro elettrico andrà realizzato in un armadio con apertura tramite utensile, in caso contrario dovremmo utilizzare un sezionatore interbloccato, per proteggere l'operatore dal rischio elettrico.

I componenti che vengono utilizzati normalmente in un quadro elettrico sono i seguenti:

- Sezionatore, cioè l'interruttore generale che dà alimentazione al manipolatore.



- Fusibili di protezione e portafusibili, sono dei componenti per guida DIN che contengono dei fusibili dimensionati per la protezione dei circuiti a valle.



- Alimentatore switching 24 Vdc, in genere le alimentazioni di tutti i dispositivi di controllo (PLC, centraline di sicurezza, ecc...) sono 24V in continua.



- Teleruttore e relè, necessari per il circuito di sicurezza o per azionare dispositivi alimentati a tensioni differenti.



- Morsetti, per collegare i vari dispositivi esterni al quadro.



- Pulsante di emergenza, necessario per il circuito di sicurezza.



- Guida DIN e canaline, sulla guida DIN verranno agganciati i vari componenti, mentre le canaline vengono utilizzate per il passaggio dei fili di collegamento.



Nel quadro elettrico possiamo distinguere i seguenti componenti:

- sezionatore QS01
- alimentatore switching GS01 con i suoi due fusibili di protezione FU1,
- il fusibile FU2 per proteggere il circuito di sicurezza,
- il pulsante di emergenza SB1, con il suo contatto normalmente chiuso,
- il fusibile FU3 per proteggere l'alimentazione di tutti gli ingressi e del PLC,
- il fusibile FU4 per proteggere le uscite,
- il teleruttore KM1 per il circuito di sicurezza, in caso di pressione del pulsante di emergenza il teleruttore toglie alimentazione sia agli azionamenti dei motori che alle uscite,
- I relè KA1 e KA2 per attivare le due elettrovalvole del pistoncino e del magnete di presa,
- i due fusibili doppio FU5 e FU6 che proteggono l'alimentazione degli azionamenti dei motori,
- la scheda AS03, e cioè il nostro circuito di controllo precedentemente realizzato e descritto,
- gli azionamenti dei motori passo-passo AS01-AS02,
- i due pulsanti SB2 ed SB3 per la gestione del ciclo di funzionamento del manipolatore,
  
- i sensori SQ1, SQ2, ed SQ3, cioè i sensori induttivi che vengono utilizzati per l'azzeramento del manipolatore ed il controllo della sua posizione.



Il funzionamento del circuito è semplice, il sezionatore consente l'accensione del manipolatore, che funziona a 220Vac. Questa tensione arriva agli azionamenti dei motori, tramite il teleruttore KM1, quando l'emergenza non è premuta.

La scheda di controllo gestisce in uscita i due azionamenti tramite i segnali CLK, DIR ed ENABLE, e riceve informazioni sull'eventuale stato di allarme dell'azionamento tramite il segnale ALL.

Inoltre la scheda riceve in ingresso i segnali dei sensori, e fornisce in uscita la tensione di 24V per attivare i due relè che controllano lo stato delle due elettrovalvole del magnete e del pistone, EV1 ed EV2.

La scheda di controllo AS03, è il cuore del sistema, sul quadro risulterà visibile il suo display e saranno accessibili i 4 pulsanti presenti sulla scheda, per gestire le funzioni basilari.

I cavi di potenza dei motori sono cavi schermati, come anche quelli che collegano la scheda AS03 con i due azionamenti per la loro gestione, tutti i restanti collegamenti andranno realizzati con cavi unipolari di dimensione adeguata alle correnti in gioco, valori che possiamo vedere dai data sheet dei componenti.

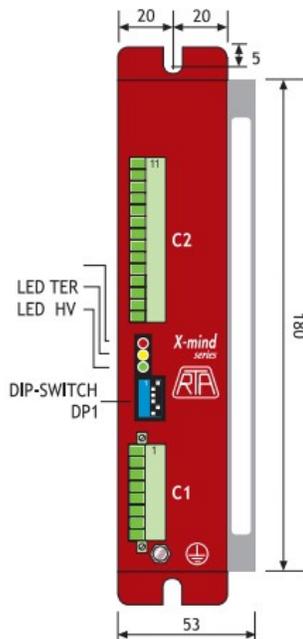
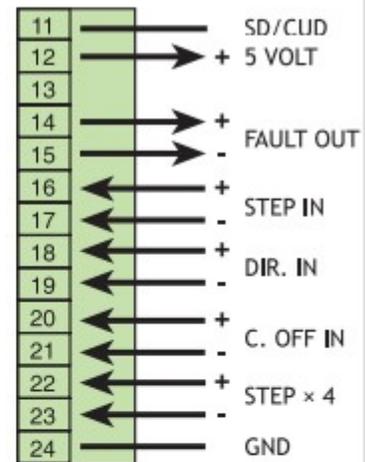
La maggiore corrente in gioco è quella assorbita dagli azionamenti dei motori, ed in base alla corrente massima assorbita dal sistema sono stati dimensionati sia il sezionatore che il teleruttore.

Di seguito le caratteristiche degli azionamenti X-MIND B6, estratti dal datasheet disponibile sul sito della RTA, [www.rta.it](http://www.rta.it).

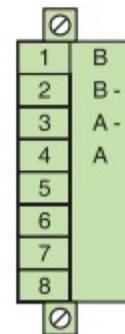
Serie	Modello	V <sub>AC</sub> range (Volt)	I <sub>NF</sub> min. (Val. di picco) (Amp)	I <sub>NF</sub> max. (Val. di picco) (Amp)	Dimensioni (mm)
X-MIND	B4	da 110 a 230 +/- 15%	2,3	4,0	180x173x53
X-MIND	B6	da 110 a 230 +/- 15%	3,4	6,0	180x173x53



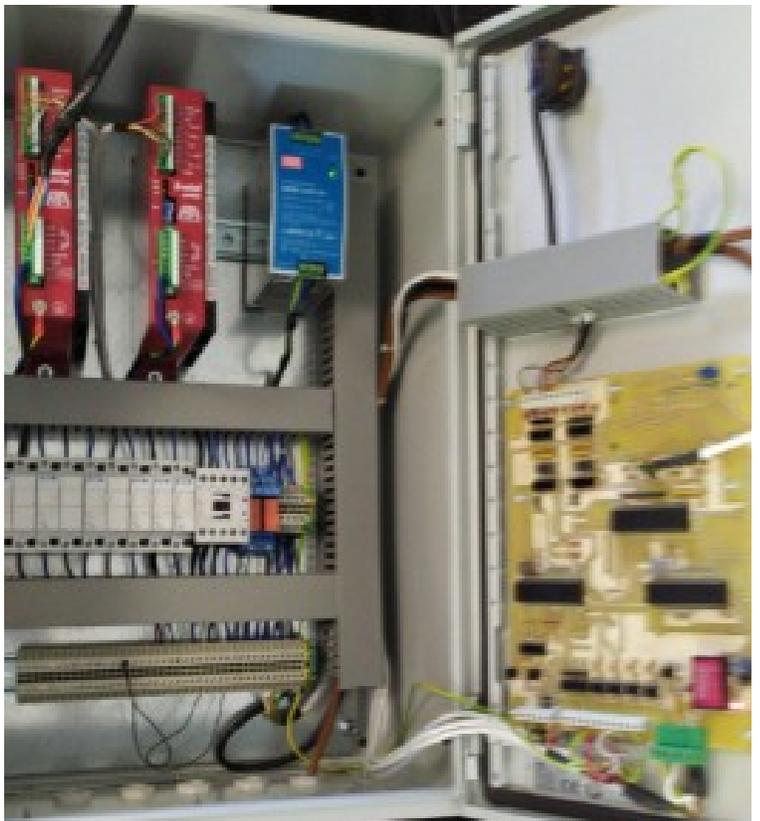
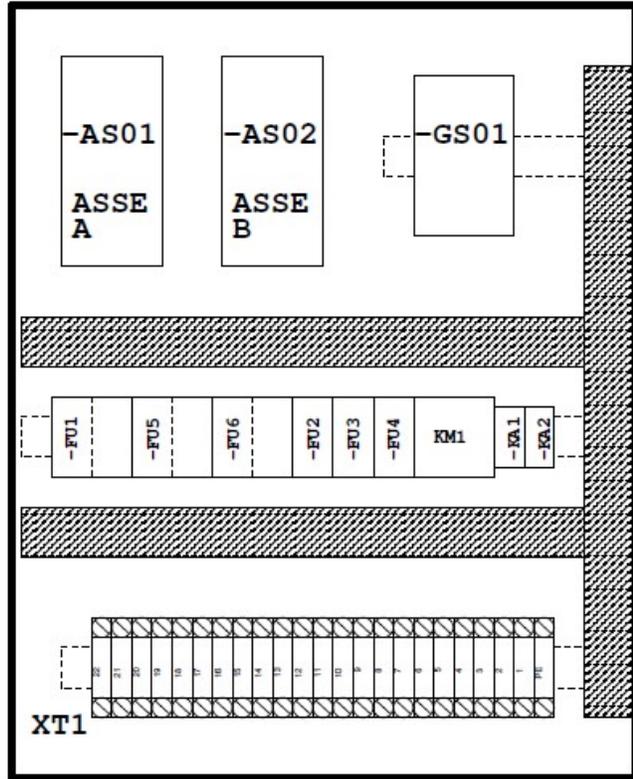
MOTORI CON  
RATING PER ALTE  
TENSIONI



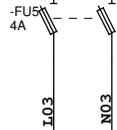
ALIMENT.  
DIR. RETE  
110-230 V<sub>AC</sub>



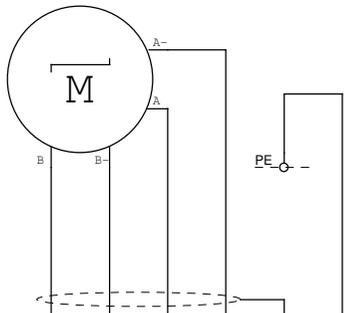
Di seguito le foto e lo schema del quadro elettrico completo realizzato.



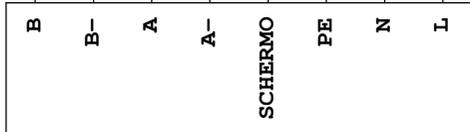




MOTORE P.P. A  
103-H89223-6311



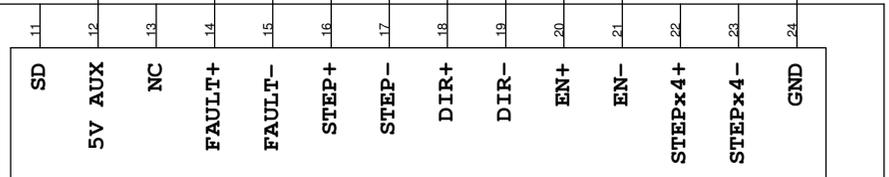
C1



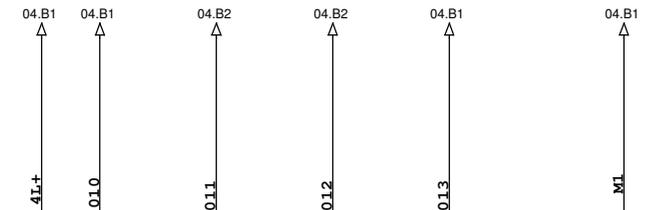
-AS01

AZIONAMENTO MOTORE ASSE A  
X-MINDB6

C2



SCHEMA DI CONTROLLO



MOD3	DATA3	NOME3	Data	DATA:18/05/2019
MOD2	DATA2	NOME2	Diseg.	POSTACCHINI
MOD1	DATA1	NOME1	Plot.	PLOT
Modifiche	Data	Nome	Norm.	NORM.

DIM-BOT  
ROBOT SCARA PER TAVOLA PERIODICA

Nr. Disegno NR DISEGNO

I.T.T. Montani

via Montani 7 Fermo (FM)  
tel. 0734622632 aptf010002@istruzione.it



AZIONAMENTO ASSE A

01



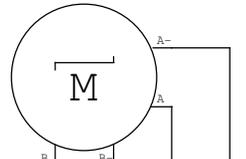
03

=MAC	
+OEG	
Pagina	02
Totale Pagine	06

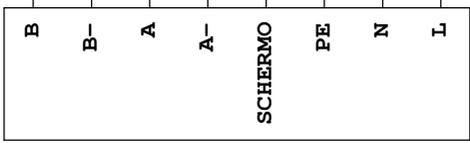
02.D3 ← N02  
 02.D3 ← L02

L02 N02  
 L04 N04  
 -FU6  
 4A

MOTORE P.P. B  
 103-H89223-6311



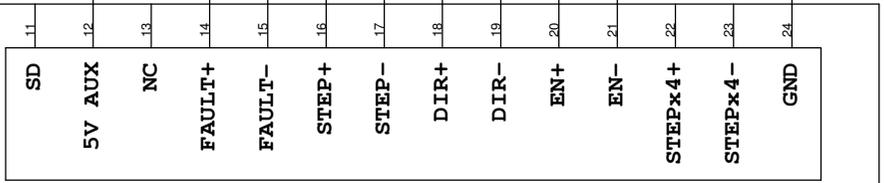
C1



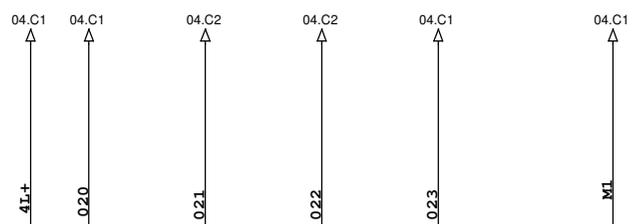
-AS02

AZIONAMENTO MOTORE ASSE B  
 X-MINDB6

C2



SCHEMA DI CONTROLLO



MOD3	DATA3	NOME3	Data	DATA:18/05/2019
MOD2	DATA2	NOME2	Diseg.	POSTACCHINI
MOD1	DATA1	NOME1	Plot.	PLOT
Modifiche	Data	Nome	Norm.	NORM.

DIM-BOT ROBOT SCARA PER TAVOLA PERIODICA	
Nr. Disegno	NR DISEGNO

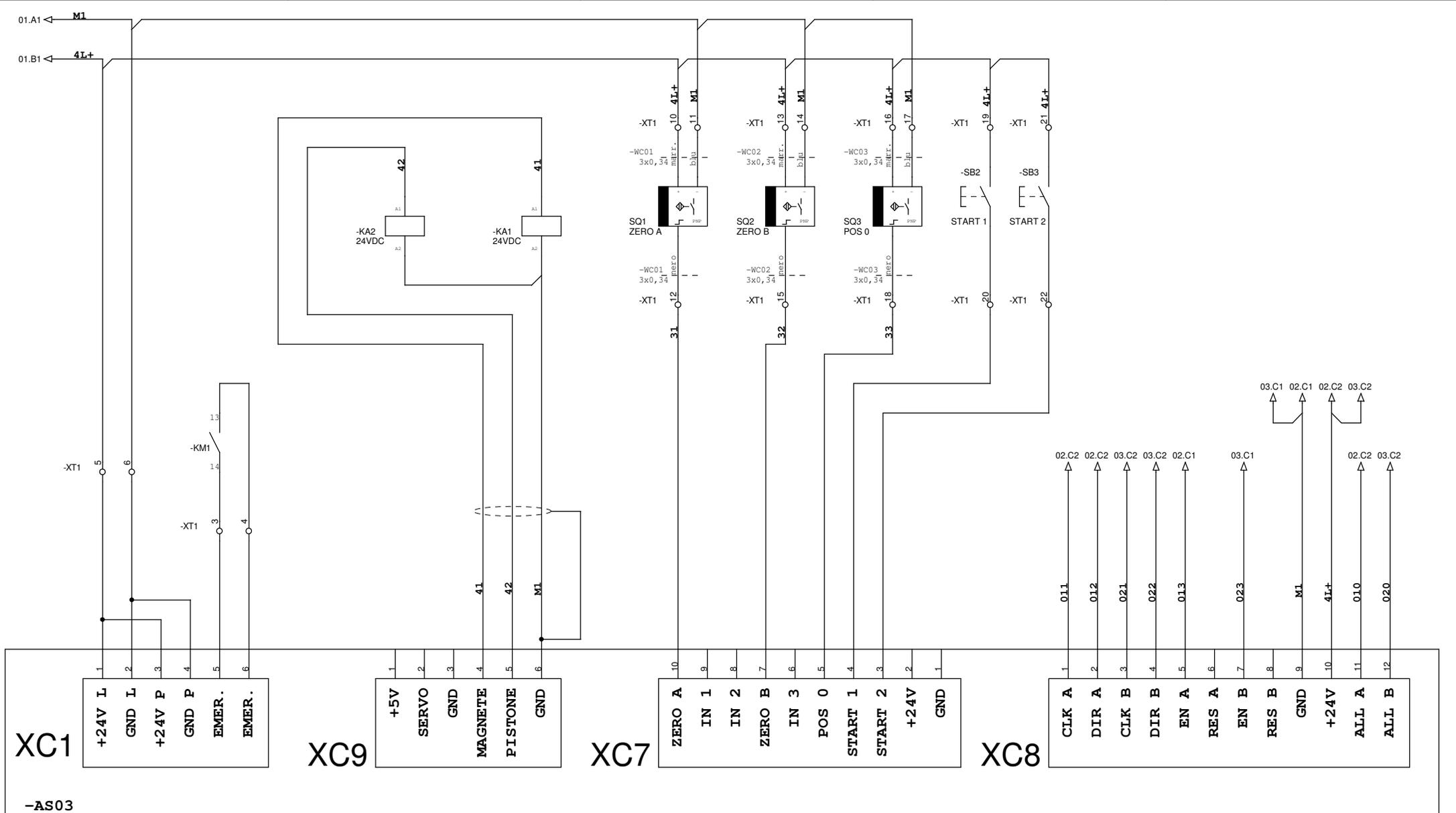
**I.T.T. Montani**  
 via Montani 7 Fermo (FM)  
 tel. 0734622632 aptf010002@istruzione.it



AZIONAMENTO ASSE B

02 ◀ ▶ 04

=MAC	
+OEG	
Pagina	03
Totale Pagine	06



SCHEMA DI CONTROLLO

MOD3	DATA3	NOME3	Data	DATA:18/05/2019
MOD2	DATA2	NOME2	Diseg.	POSTACCHINI
MOD1	DATA1	NOME1	Plot.	PLOT
Modifiche	Data	Nome	Norm.	NORM.

DIM-BOT ROBOT SCARA PER TAVOLA PERIODICA	
Nr. Disegno	NR DISEGNO

**I.T.T. Montani**  
 via Montani 7 Fermo (FM)  
 tel. 0734622632 aptf010002@istruzione.it

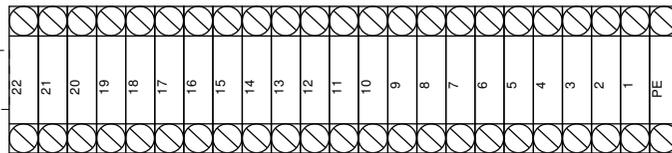


PLC E CONTROLLO

**03** ◀ ▶ **05**

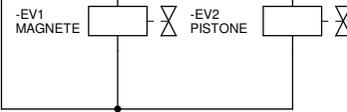
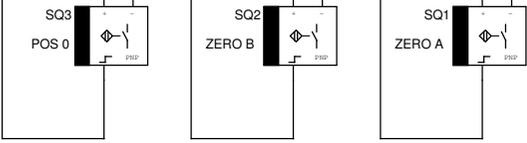
=MAC	
+OEG	
Pagina	04
Totale Pagine	06

**-XT1**



-SB1 EMERGENZA

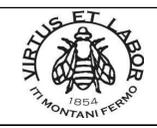
SCHEDA DI CONTROLLO  
-AS03



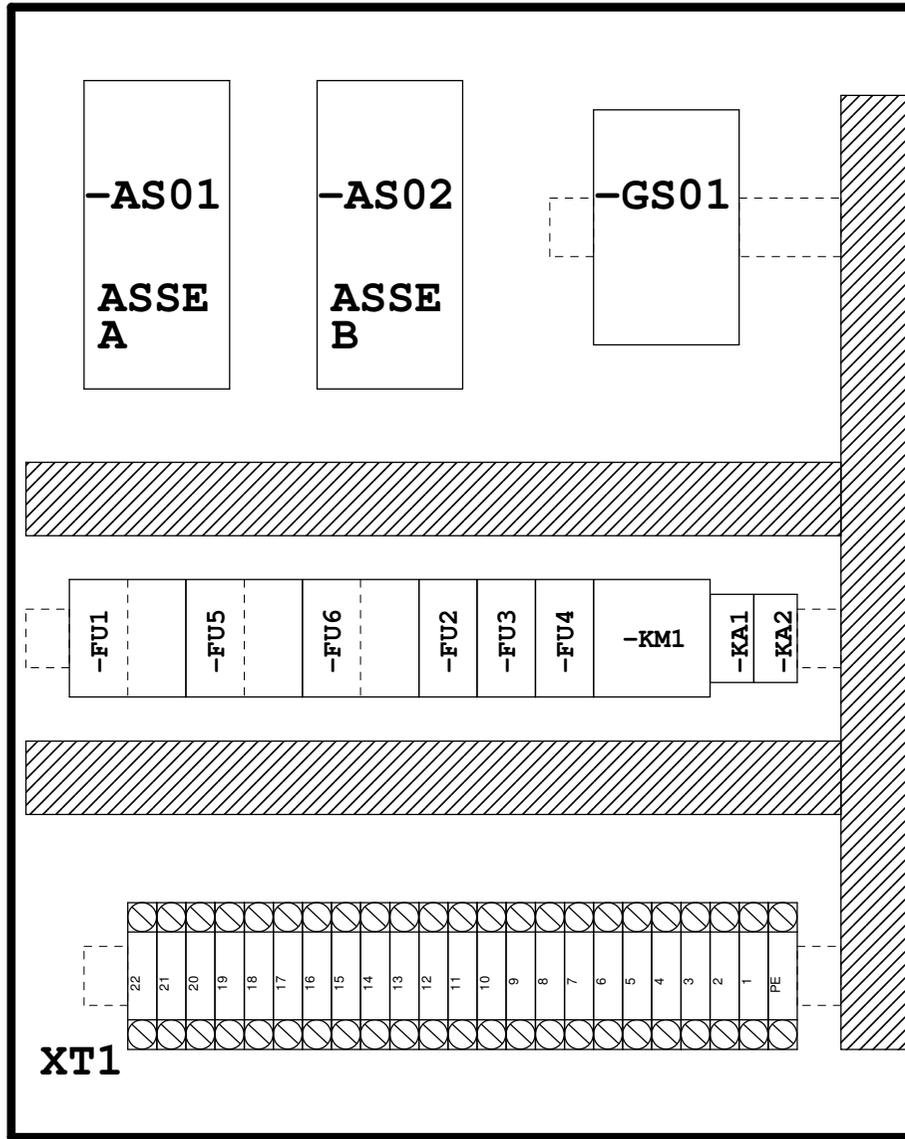
MOD3	DATA3	NOME3	Data	DATA:18/05/2019
MOD2	DATA2	NOME2	Diseg.	POSTACCHINI
MOD1	DATA1	NOME1	Plot.	PLOT
Modifiche	Data	Nome	Norm.	NORM.

DIM-BOT ROBOT SCARA PER TAVOLA PERIODICA	
Nr. Disegno	NR DISEGNO

**I.T.T. Montani**  
via Montani 7 Fermo (FM)  
tel. 0734622632 aptf010002@istruzione.it



MORSETTIERA		=MAC
<p style="text-align: center;">04   ◀ ▶   06</p>		+OEG
		Pagina 05
		Totale Pagine 06



MOD3	DATA3	NOME3	Data	DATA:18/05/2019
MOD2	DATA2	NOME2	Diseg.	POSTACCHINI
MOD1	DATA1	NOME1	Plot.	PLOT
Modifiche	Data	Nome	Norm.	NORM.

DIM-BOT ROBOT SCARA PER TAVOLA PERIODICA	
Nr. Disegno	NR DISEGNO

**I.T.T. Montani**  
 via Montani 7 Fermo (FM)  
 tel. 0734622632 aptf010002@istruzione.it



TOPOLOGIA	05	◀ ▶ --

=MAC	
+QEG	
Pagina	06
Totale Pagine	06