



Codice meccanografico scuola	PTTF01000R
Nome e indirizzo scuola	ITTS "FEDI – FERMI" via Panconi, 14 - 51100 - Pistoia
Nome docente	Biagini Bruno
Classe	4a sez. AA Automazione

Titolo del Progetto:

Portale Pick&Place Ethercat

Smart Project OMRON 2024

PORTALE PICK&PLACE ETHERCAT

DOCUMENTO DESCRITTIVO E FUNZIONALE

PREMESSA	4
DESCRIZIONE DEL SISTEMA	5
CONTROLLO ASSI	8
Configurazione del PLC	9
Configurazione degli assi	14
INVERTER	15
HMI NB5	23
PANNELLO TELEINVERSIONE	32
CABLAGGIO MACCHINA	33
SISTEMA ASSEMBLATO	35
SETTAGGI E CALCOLI	36
Impostazione dello zero macchina	36
Caratteristiche degli assi e calcolo coordinate pick e place	37
Caratteristiche dei nastri trasportatori	38
PROGRAMMA PLC	39
Sezione “Main”	40
Sezione “Macchina_Stati_Robot”	42
Sezione “Controllo_robot”	45
Sezione “Controllo_nastro_1”	47
Sezione “Controllo_nastro_2”	49
Sezione “Sez_Simulazione”	50
SUPERVISIONE CON NA	55
INTERFACCIA NB	56
PROGETTO PARTE MECCANICA	58

PREMESSA

Obiettivo

Il seguente progetto si pone come obiettivo la realizzazione pratica di un sistema per il confezionamento di piccole parti basato sull'utilizzo di due nastri trasportatori e un robot a portale a 2 assi con funzione di pick and place.

L'idea del progetto nasce principalmente dall'esigenza di sfruttare per fini didattici varie attrezzature già presenti nel nostro laboratorio di Tecnologia e Sistemi dell'indirizzo di Automazione. In particolare, per la realizzazione del nostro sistema, abbiamo utilizzato:

- n. 2 nastri trasportatori, di larghezza 20 cm e lunghezza 140 cm, dotati di motore asincrono trifase da 0,18 KW;
- n. 2 servoazionamenti Omron tipo R88D-1SN02H-ECT con i relativi servomotori tipo R88M-1M20030T-S2, da 200 W;
- n. 1 inverter Omron tipo 3G3MX2-AB007-E, da 0,75 KW con alimentazione monofase, dotato di modulo per interfaccia Ethercat tipo 3G3AX-MX2-ECT.
- n. 1 HMI Omron modello NB5Q-TW01B.

Per la realizzazione del robot a portale, oltre ai due servomotori sopra detti, sono stati utilizzati alcuni elementi strutturali ricavati da un terzo nastro trasportatore (guasto) ed alcuni componenti meccanici acquistati specificamente per il progetto.

Per controllare il sistema abbiamo utilizzato un PLC Omron NX1P2-9024DT1, sfruttando le periferiche Ethercat.

Valore didattico del progetto

Particolare valore dal punto di vista didattico è rivestito dai seguenti aspetti caratteristici del progetto:

- Configurazione e uso delle periferiche Ethercat
- Configurazione degli assi e uso delle funzioni motion;
- Programmazione dell'HMI NB e interfacciamento con il PLC NX;
- Installazione e uso della libreria per il controllo dell'inverter;
- Debug della programmazione con un sistema reale di media complessità.

Studenti che hanno collaborato al progetto:

Alcuni degli alunni della classe quarta dell'indirizzo automazione hanno collaborato alla stesura del progetto. Si riportano di seguito i nominativi.

Gruppo controllo assi: Voicu Stefano, Capecchi Elisa, Settimi Rachele, Lollo Giada, Pompeo Prisco, Gioffredi Alessandro, Tagliaferri Gabriele;

Gruppo inverter: Poli Gabriele, Melani Lorenzo, Ait Laamel Reda;

Gruppo HMI NB: Nesi Lorenzo, Labriki Rida;

Gruppo teleinversione e cablaggio: Maestripieri Filippo, Vienni Francesco, Scelso Alessandro.

Un sentito ringraziamento all'assistente tecnico Lotti Enrico per il supporto nella realizzazione dei pezzi meccanici a disegno e a stampa 3D.

DESCRIZIONE DEL SISTEMA

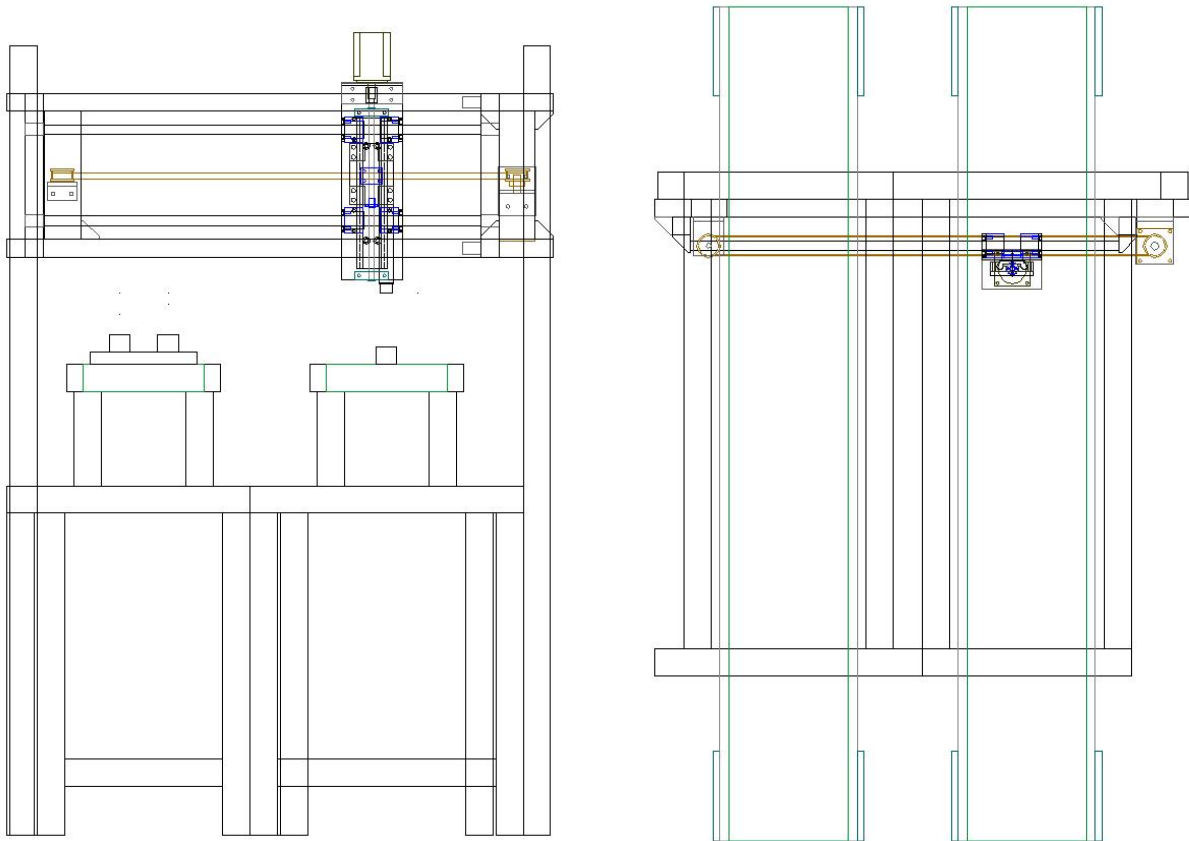
Come già detto il sistema consiste in una macchina costituita da due nastri trasportatori affiancati e sormontati da un robot cartesiano a 2 assi.

Uno dei nastri trasportatori (nastro 1) è alimentato tramite il classico schema di teleinversione di un motore asincrono trifase e serve a convogliare i pezzi da riordinare nel punto di prelievo del robot.

L'altro (nastro 2), alimentato tramite un inverter, serve a trasportare un vassoio su cui vengono sistemati 4 pezzi in modo ordinato, secondo una matrice 2x2.



Riportiamo di seguito i disegni base utilizzati per il progetto delle parti meccaniche della macchina, vista laterale e vista dall’alto.



Per avviare il ciclo di lavoro della macchina si deve posizionare un vassoio all’inizio del nastro trasportatore 2 e premere il pulsante START. Il vassoio, quindi, avanza a velocità ridotta fino alla prima posizione di carico (sensore FC3). Il nastro 2 si arresta e parte automaticamente il nastro 1.

I pezzi da riordinare vengono caricati manualmente all’inizio del nastro trasportatore 1 e, grazie ad una barriera di convogliamento, raggiungono la posizione di “pick” (sensore FC2).

Non è necessario che il nastro 1 si arresti in questo momento, il coefficiente di attrito della superficie è tale da consentirne lo scorrimento anche se il pezzo è bloccato nel convogliatore. Sarà invece necessario fermarlo nel momento in cui fossero presenti un pezzo in posizione di “pick” e, almeno, un altro pezzo in transito. Per rilevare la presenza di più pezzi in contemporanea sul nastro si utilizza il sensore FC1.

Il ciclo di funzionamento “pick and place” del robot cartesiano si avvia automaticamente quando è presente un pezzo in posizione di “pick” (sensore FC2). Se dovesse arrivare un pezzo mentre il robot è in funzione, questo dovrà attendere il termine del “pick and place” in corso.

Il “picking” dei pezzi avviene grazie ad un elettromagnete. A riposo il robot si trova nella posizione di “home”, allineato sull’asse X con la posizione di “pick”. Il ciclo base di funzionamento si divide in 8 fasi:

- 1) discesa lungo l’asse Y alla posizione di pick;
- 2) attivazione dell’elettromagnete;
- 3) ritorno alla posizione di home;
- 4) spostamento orizzontale alla prima coordinata X di place;
- 5) discesa alla prima posizione di place;
- 6) disattivazione dell’elettromagnete;
- 7) risalita alla coordinata Y di home;
- 8) ritorno alla posizione home.

Il ciclo base viene poi ripetuto per la seconda posizione di “place”, quindi il robot si arresta in attesa che il vassoio avanzi (sempre a velocità ridotta) alla seconda posizione di carico. Se adesso è presente un pezzo nella posizione di “pick” si avvia un nuovo ciclo di funzionamento del robot.

Quando il vassoio è completo il robot e il nastro 1 si arrestano e il vassoio avanza a velocità aumentata fino al sensore FC4, dove termina il ciclo di lavoro della macchina.

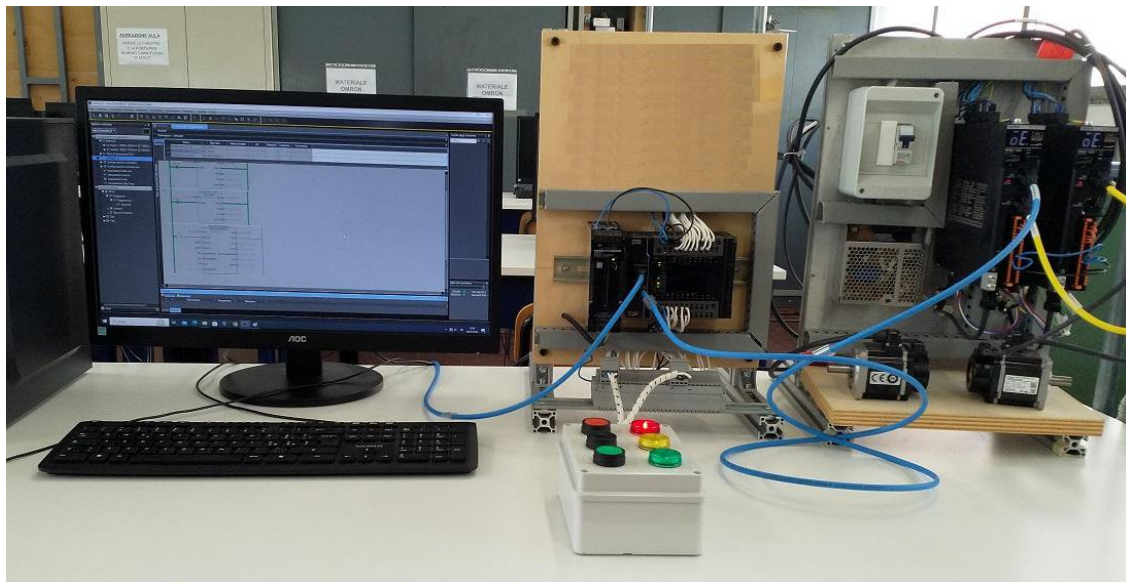
Data la complessità dell’hardware, abbiamo deciso di suddividere il lavoro nelle seguenti parti, attribuite ad altrettanti gruppi di studenti:

- 1) Controllo assi;
- 2) Inverter;
- 3) HMI;
- 4) Pannello teleinversione e cablaggio macchina.

La prima difficoltà da superare è imparare ad usare le tecnologie. Di seguito vengono descritti i lavori svolti dai singoli gruppi per mettere in funzione la macchina.

CONTROLLO ASSI

Per prendere pratica con la programmazione degli assi con i servomotori Omron è stato assemblato un apposito quadro elettrico ed è stata allestita una postazione di lavoro dedicata.



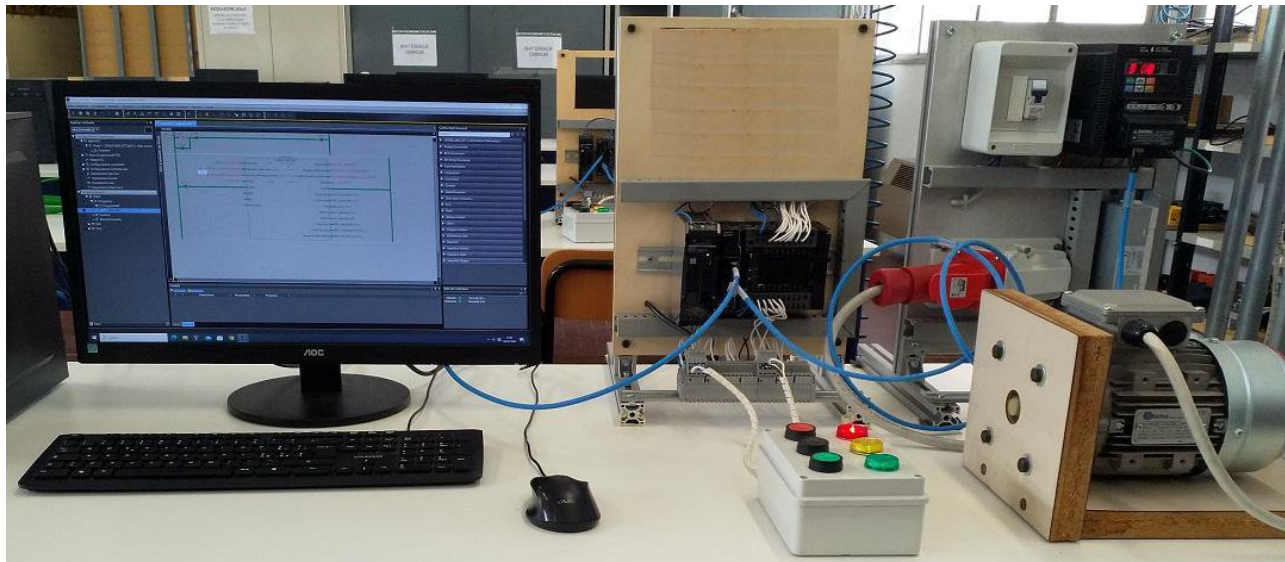
Postazione di lavoro gruppo “Controllo assi”



Quadro elettrico “Controllo assi”

INVERTER

Anche per imparare ad usare l’inverter Omron è stato assemblato un apposito quadro elettrico ed è stata allestita una postazione di lavoro dedicata.

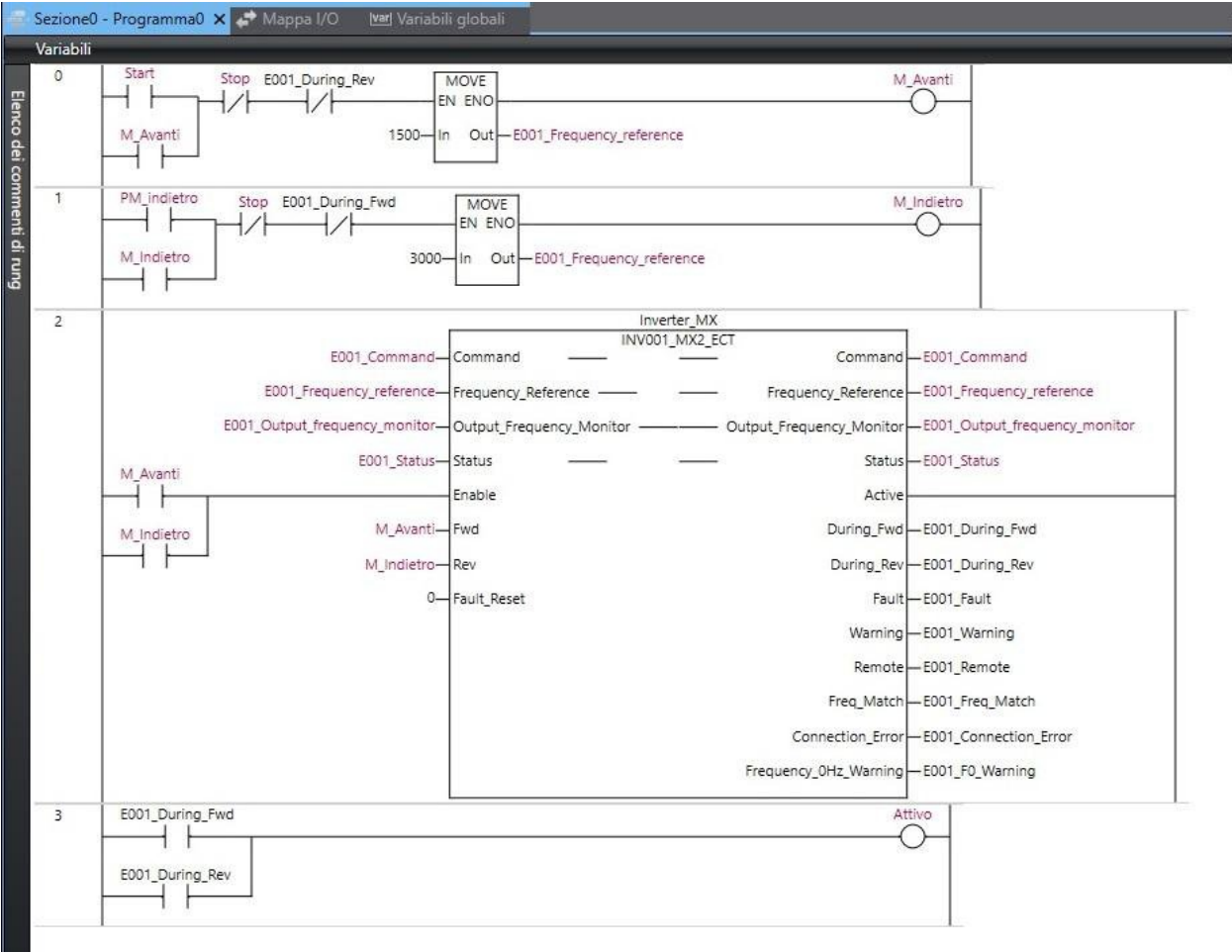


Postazione di lavoro gruppo “Inverter”



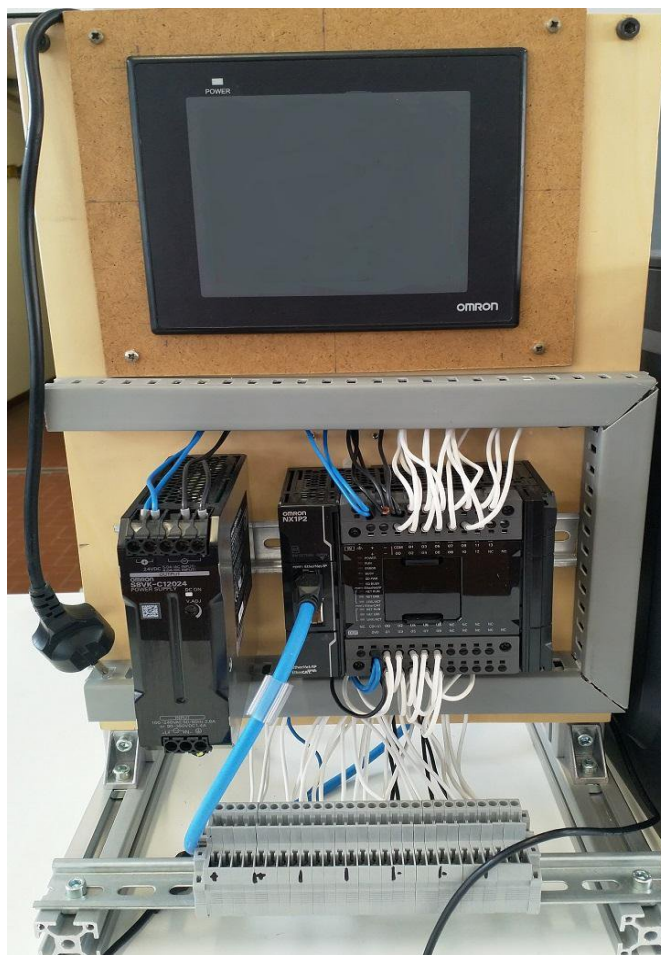
Quadro elettrico “Inverter”

Per provare il funzionamento del blocco in modo più completo, è stato fatto il seguente programma che consente la marcia nei due sensi. L’inversione di marcia è impedita nella fase di decelerazione, in cui l’inverter è ancora occupato.



HMI NB5

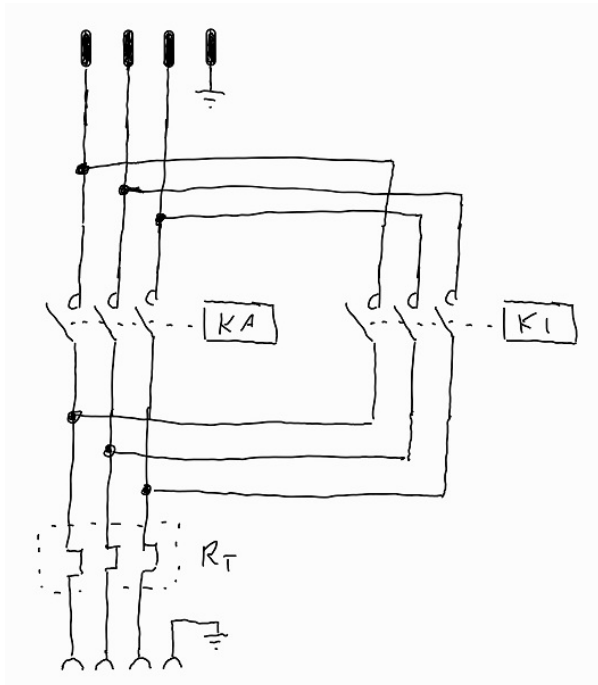
Nel nostro laboratorio era disponibile soltanto una HMI Omron modello NB5Q-TW01B. L’HMI è stato installato su uno dei nostri pannelli con i PLC NX1P2 disponibili in laboratorio ed è stata quindi allestita un’altra postazione dedicata. Per la programmazione da PC e, successivamente, per il collegamento al PLC abbiamo installato uno switch ethernet alimentato a 24V (non visibile nella foto perché sul retro del pannello).



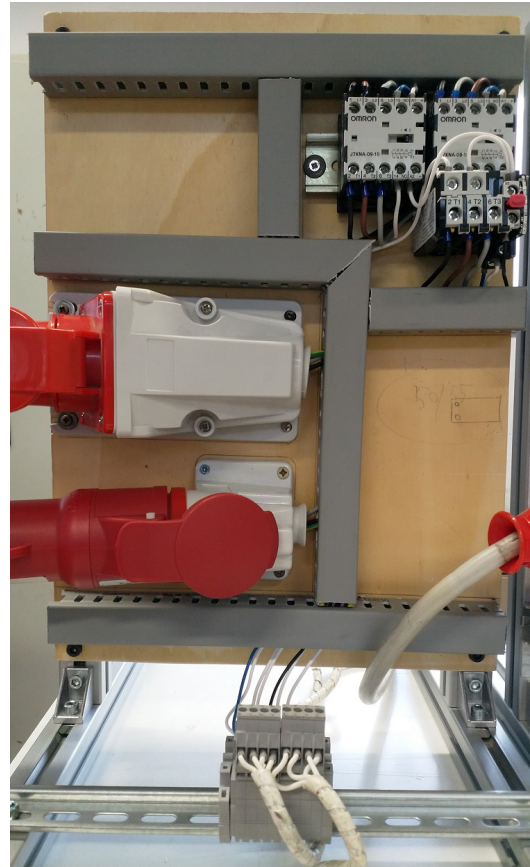
PLC con HMI NB da 5 pollici

PANNELLO TELEINVERSIONE

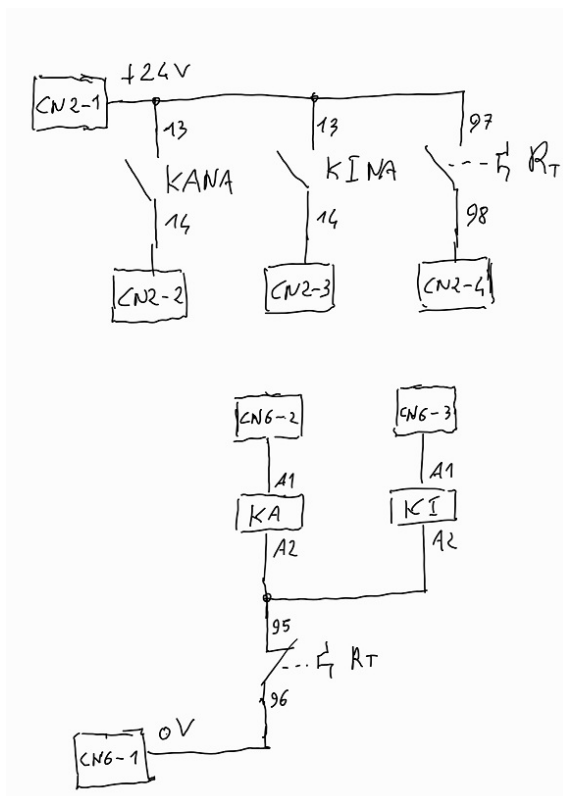
Per il controllo del nastro trasportatore 1 è stato allestito un semplice quadro elettrico dotato di prese CEE trifase.



Schema di potenza



Quadro teleinversione



Schema di comando

Lo schema elettrico utilizzato è quello classico della teleinversione di un motore asincrono trifase. Sono stati utilizzati 2 contattori mod. Omron J7KNA-09-1024VS con bobina 24 Vcc, che consentono il comando diretto da uscita PLC, e uno sganciatore termico mod. Omron J7TKN-A-2E7.

CABLAGGIO MACCHINA

Il pannello PLC utilizzato per il progetto ha una morsettieria modificata rispetto allo standard del nostro laboratorio, in particolare dal morsetto 1 del connettore CN3 è stato scollegato l’ingresso 6 ed è stata collegata l’alimentazione +24Vcc, mentre dal morsetto 1 del connettore CN7 è stata scollegata l’uscita 6 ed è stata collegata la linea di alimentazione 0V.

Questo al fine di portare l’alimentazione 24V dal PLC alla macchina.

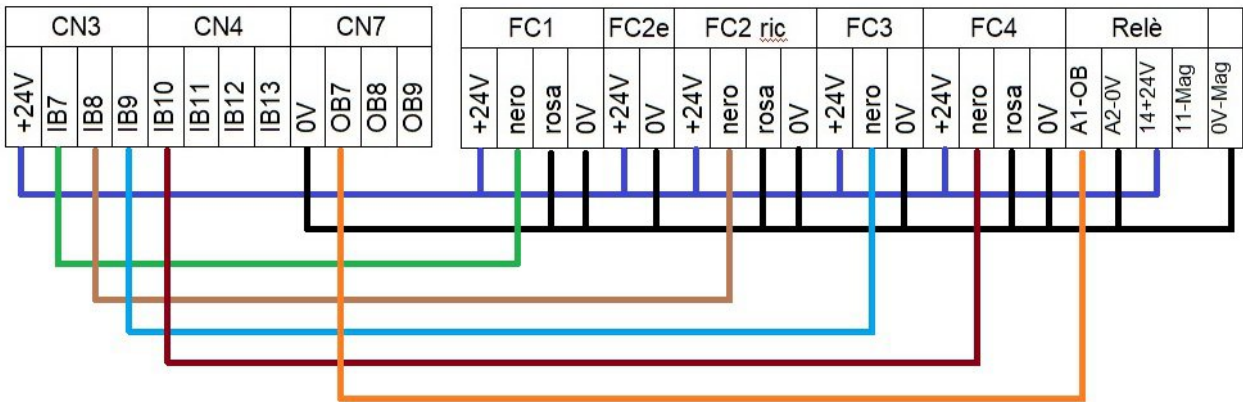
Schema morsettieria standard

CN1				CN2				CN3				CN4				CN5				CN6				CN7			
+24V	IB0	IB1	IB2	+24V	IB3	IB4	IB5	IB6	IB7	IB8	IB9	IB10	IB11	IB12	IB13	0V	OB0	OB1	OB2	0V	OB3	OB4	OB5	OB6	OB7	OB8	OB9

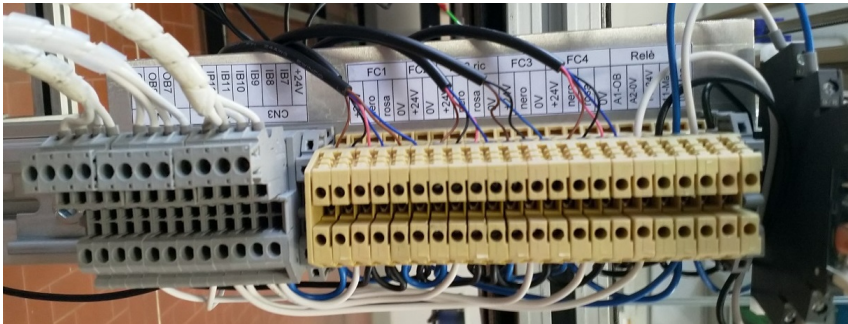
Schema morsettieria modificata

CN1				CN2				CN3				CN4				CN5				CN6				CN7			
+24V	IB0	IB1	IB2	+24V	IB3	IB4	IB5	+24V	IB7	IB8	IB9	IB10	IB11	IB12	IB13	0V	OB0	OB1	OB2	0V	OB3	OB4	OB5	0V	OB7	OB8	OB9

Sulla macchina sono state installate due fotocellule a riflessione (FC1 e FC4, mod. Omron E3F-RP11), una fotocellula a barriera (FC2, mod. Omron E3F-TP11) e un sensore di prossimità (FC3, mod. Omron E2B-M12KS04-WP-B1). Il sensore di prossimità rileva degli inserti metallici presenti sul vassoio in corrispondenza alle posizioni di carico.

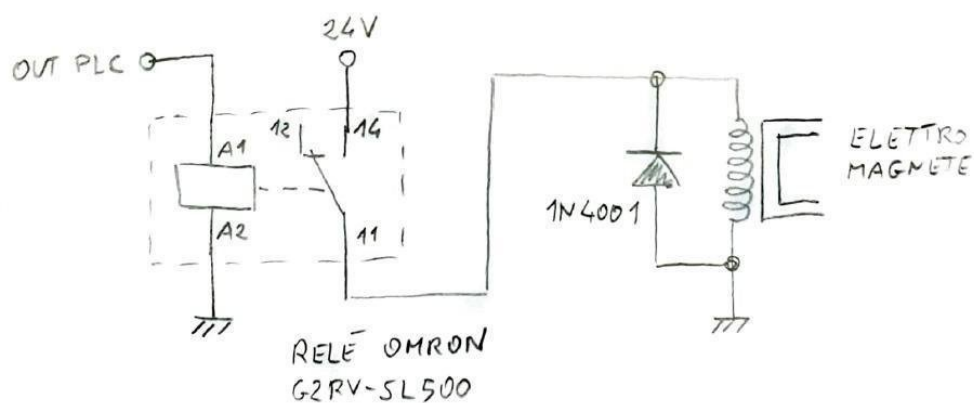


Schema morsettieria bordo macchina



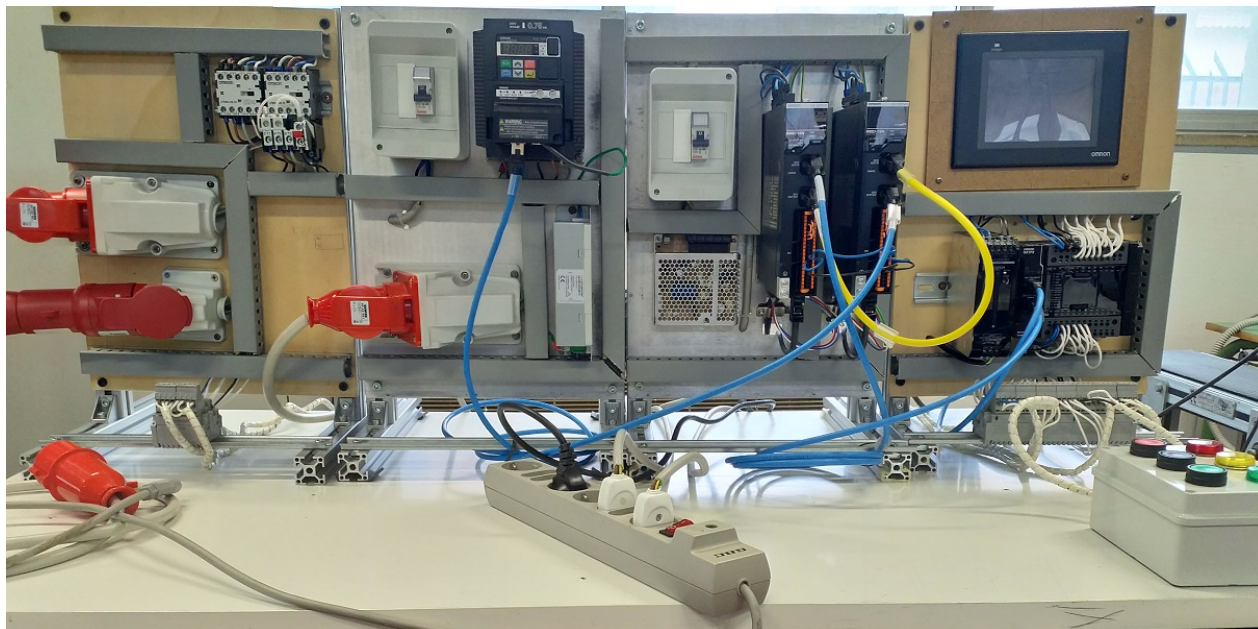
morsettieria bordo macchina

Per il pilotaggio dell'elettromagnete abbiamo utilizzato il seguente schema elettrico.

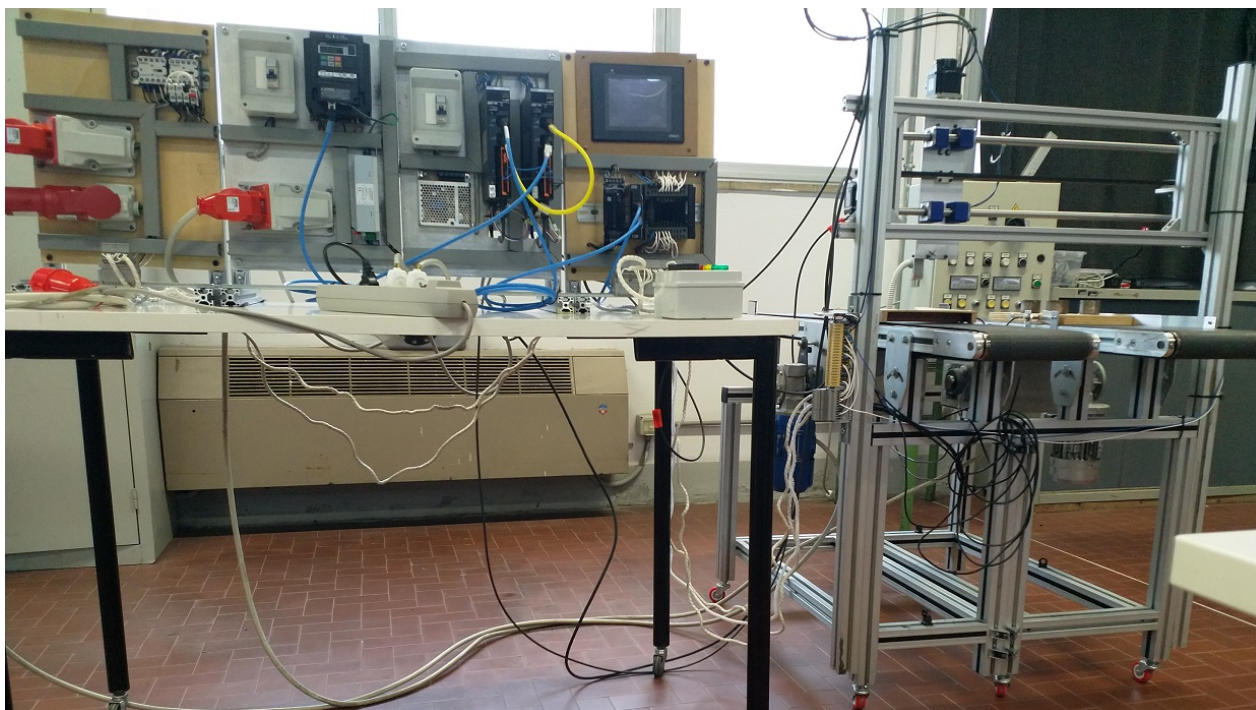


SISTEMA ASSEMBLATO

Dopo le varie prove i pannelli sono stati affiancati su un tavolo dedicato e i gruppi di studenti hanno riunito in un unico programma i propri lavori.



Inoltre sono stati effettuati i vari collegamenti elettrici tra i quadri e la macchina.



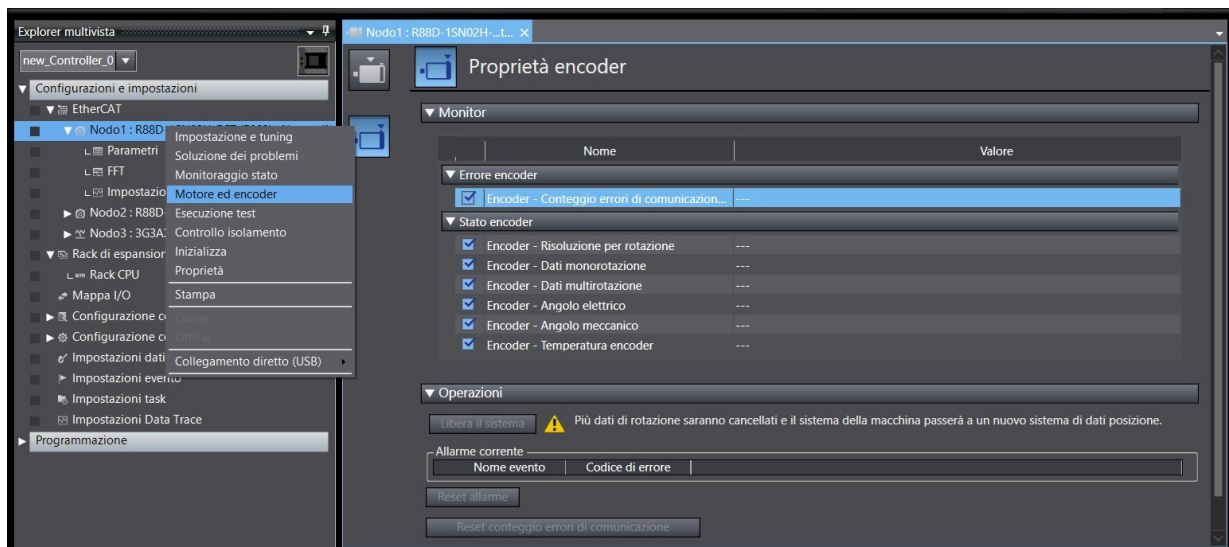
Sia la macchina che il tavolo porta pannelli sono dotati di rotelle per facilitarne lo spostamento nel laboratorio. Per alimentare il sistema occorrono una presa monofase ed una presa trifase.

SETTAGGI E CALCOLI

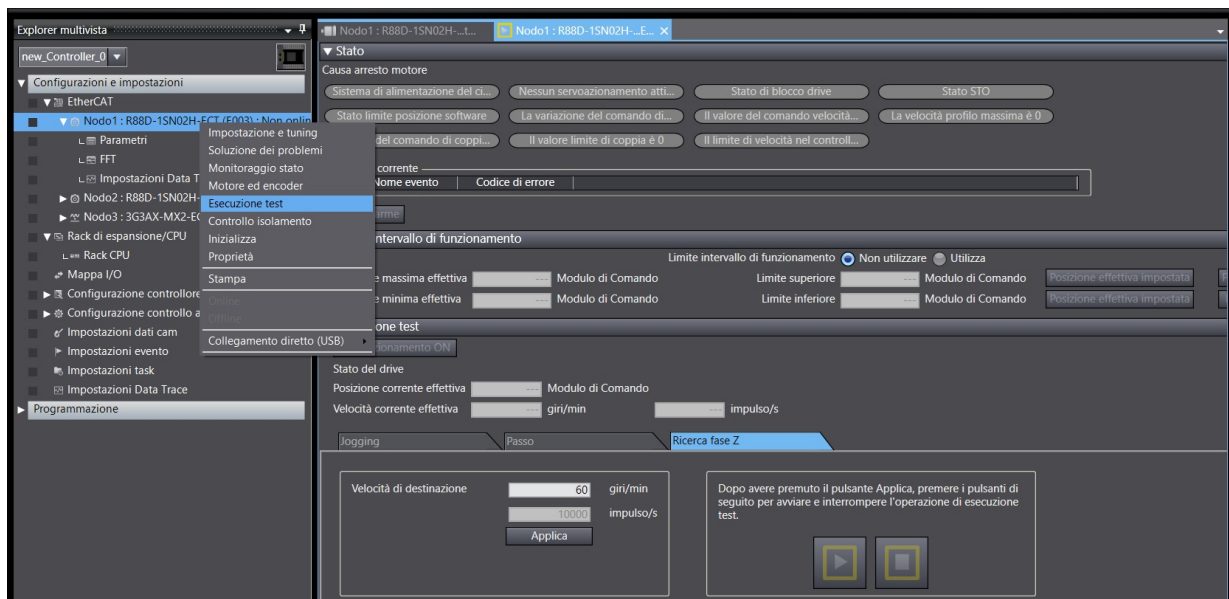
Impostazione dello zero macchina

Per il posizionamento degli assi del robot occorre individuare un punto di zero (origine degli assi). Avendo a disposizione dei servomotori con encoder assoluti abbiamo preferito far coincidere l'origine degli assi con la posizione zero degli encoder.

Per effettuare tale settaggio abbiamo prima spostato gli assi (manualmente, con i comandi della scheda “Esecuzione test”) in posizione molto prossima a quella da noi stabilita come origine. Successivamente abbiamo azzerato i dati multiruotazione con il tasto “Libera il sistema” dalla finestra “Proprietà encoder”.



Poi abbiamo scollegato meccanicamente gli assi dai motori e abbiamo eseguito la ricerca della fase zero degli encoder con gli appositi comandi della scheda “Esecuzione test”.

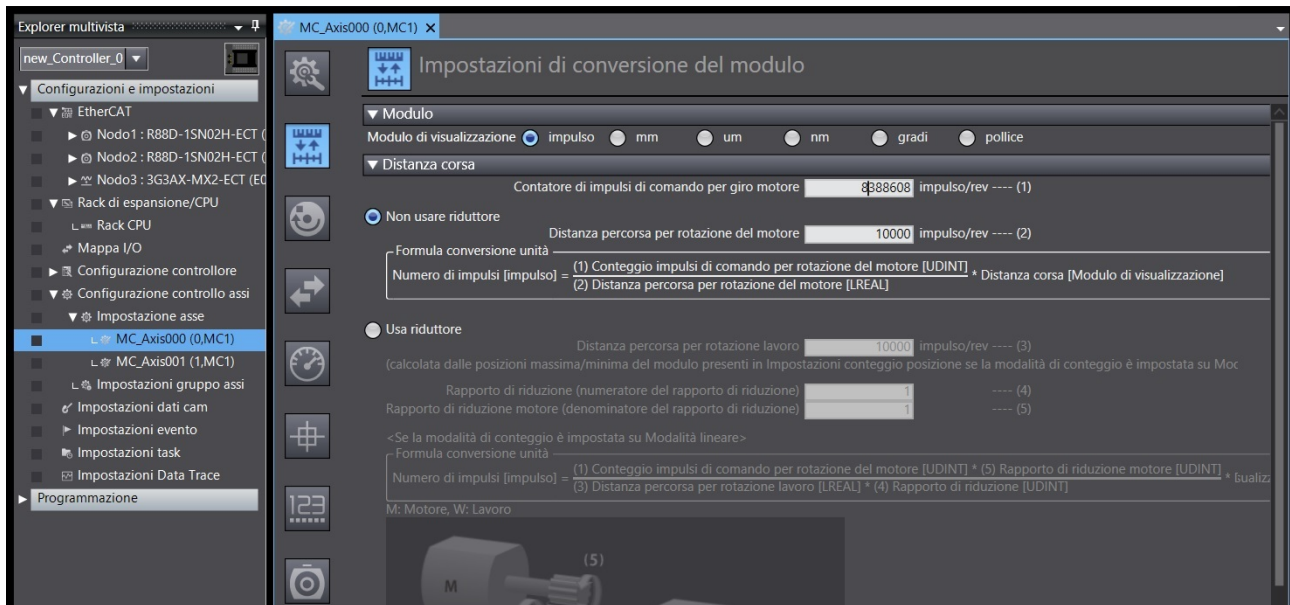


Infine abbiamo ricollegato gli assi ai motori.

Caratteristiche degli assi e calcolo coordinate pick e place

L'asse orizzontale (asse X) è azionato da una cinghia dentata passo 5,08 e sul motore è montata una puleggia con 20 denti. L'asse verticale (asse Y) è azionato da una vite trapezia passo 2 mm.

Per calcolare le coordinate da inserire nelle istruzioni MC_MOVE occorre considerare il parametro “Distanza percorsa per rotazione del motore” della scheda “Impostazioni di conversione del modulo” del menù “Configurazione controllo assi”.

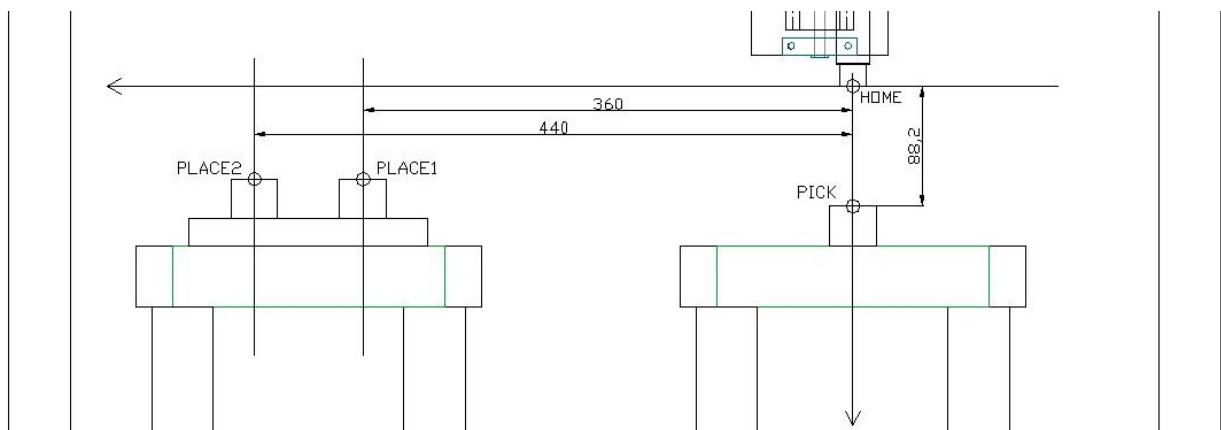


Per entrambi gli assi abbiamo lasciato il valore di default di 10000 impulsi / giro. Con questi dati ora possiamo calcolare le risoluzioni degli assi in mm / impulso.

$$RisoluzioneX = \frac{\text{Numero denti puleggia} \times \text{passo cinghia}}{\text{Impulsi per giro}} = \frac{20 \times 5,08}{10000} = 0,01016 \text{ mm / impulso}$$

$$RisoluzioneY = \frac{\text{passo vite}}{\text{Impulsi per giro}} = \frac{2}{10000} = 0,0002 \text{ mm / impulso}$$

Riferendosi allo schema seguente si calcolano le coordinate cercate.



$$Y_{pick} = 88,2 / 0,0002 = 441000 \text{ impulsi}$$

$$Y_{place1} = Y_{place2} = (88,2 - 20) / 0,0002 = 341000 \text{ impulsi}$$

Lo spessore del vassoio è 20 mm.

$$X_{place1} = 360 / 0,01016 = 35433 \text{ impulsi}$$

$$X_{place2} = 440 / 0,01016 = 43307 \text{ impulsi}$$

I valori inseriti nel programma sono stati leggermente modificati da quelli sopra calcolati in seguito alla effettuazione di test di funzionamento. Le velocità inserite nel programma corrispondono a:

$$\text{Velocità X} = 7500 \text{ impulsi / s} \times 0,01016 \text{ mm / impulso} = 76,2 \text{ mm / s}$$

$$\text{Velocità Y} = 75000 \text{ impulsi / s} \times 0,0002 \text{ mm / impulso} = 15 \text{ mm / s}$$

Caratteristiche dei nastri trasportatori

I nastri trasportatori sono lunghi 140 cm e larghi 20 cm. Sono azionati da un motore asincrono trifase a 4 poli da 0,18 KW, velocità nominale 1380 giri / minuto. Il motore è accoppiato a un rullo, di 7,4 cm di diametro, tramite un riduttore 1:7 .

La velocità lineare del nastro è:

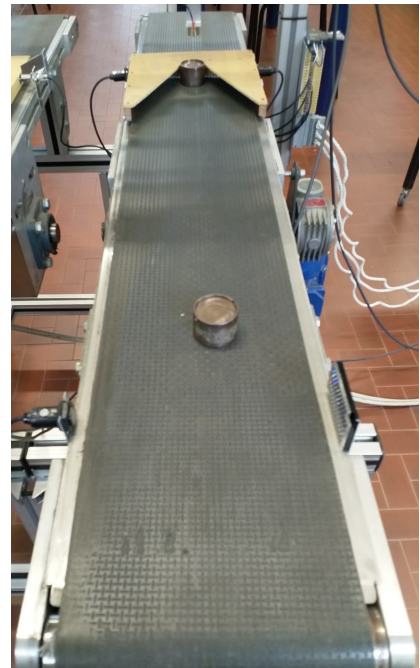
$$V_{nastro} = \omega r = \frac{1380 \times 2\pi}{60} \times \frac{1}{7} \times \frac{7,4}{2} = 76,4 \text{ cm / s}$$

Il nastro senza inverter (nastro 1) è molto veloce, infatti crea problemi di rimbalzo dei pezzi nel convogliatore e di instabilità dei segnali delle fotocellule.

Il nastro 2 funziona a velocità ridotta (18 Hz) nella fase iniziale e a velocità aumentata (25 Hz) nella fase di trasporto del vassoio a fine nastro. Effettuando una proporzione troviamo:

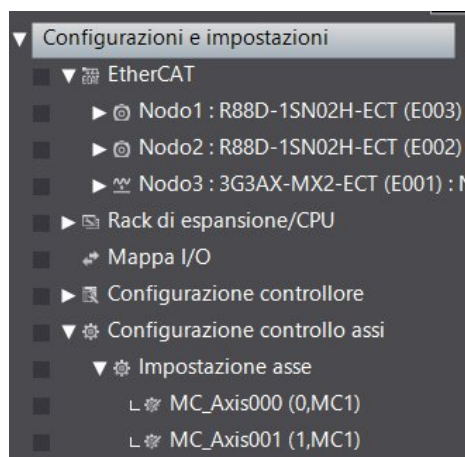
$$\text{Velocità ridotta} = 76,4 \times 18 / 50 = 27,5 \text{ cm / s}$$

$$\text{Velocità aumentata} = 76,4 \times 25 / 50 = 38,2 \text{ cm / s}$$



PROGRAMMA PLC

La configurazione della rete Ethercat e degli assi del sistema assemblato è delineata nella seguenti figure. Al nodo 1 è collegato il servozionamento che controlla l’asse X del robot, al nodo 2 l’asse Y e al nodo 3 è collegato l’inverter che aziona il nastro trasportatore 2.



Prima di descrivere l’implementazione del programma, per praticità, riportiamo la descrizione del funzionamento della macchina dal capitolo “Descrizione del sistema”

“Per avviare il ciclo di lavoro della macchina si deve posizionare un vassoio all’inizio del nastro trasportatore 2 e premere il pulsante START. Il vassoio, quindi, avanza a velocità ridotta fino alla prima posizione di carico (sensore FC3). Il nastro 2 si arresta e parte automaticamente il nastro 1. I pezzi da riordinare vengono caricati manualmente all’inizio del nastro trasportatore 1 e, grazie ad una barriera di convogliamento, raggiungono la posizione di “pick” (sensore FC2).

Non è necessario che il nastro 1 si arresti in questo momento, il coefficiente di attrito della superficie è tale da consentirne lo scorrimento anche se il pezzo è bloccato nel convogliatore. Sarà invece necessario fermarlo nel momento in cui fossero presenti un pezzo in posizione di “pick” e, almeno, un altro pezzo in transito. Per rilevare la presenza di più pezzi in contemporanea sul nastro si utilizza il sensore FC1.

Il ciclo di funzionamento “pick and place” del robot cartesiano si avvia automaticamente quando è presente un pezzo in posizione di “pick” (sensore FC2). Se dovesse arrivare un pezzo mentre il robot è in funzione, questo dovrà attendere il termine del “pick and place” in corso.

Il “picking” dei pezzi avviene grazie ad un elettromagnete. A riposo il robot si trova nella posizione di “home”, allineato sull’asse X con la posizione di “pick”. Il ciclo base si divide in 8 fasi:

- 1) discesa lungo l’asse Y alla posizione di pick;
- 2) attivazione dell’elettromagnete;
- 3) ritorno alla posizione di home;
- 4) spostamento orizzontale alla prima coordinata X di place;
- 5) discesa alla prima posizione di place;
- 6) disattivazione dell’elettromagnete;
- 7) risalita alla coordinata Y di home;
- 8) ritorno alla posizione home.

Il ciclo base viene poi ripetuto per la seconda posizione di “place”, quindi il robot si arresta in attesa che il vassoio avanzi (sempre a velocità ridotta) alla seconda posizione di carico. Se adesso è presente un pezzo nella posizione di “pick” si avvia un nuovo ciclo di funzionamento del robot.

Quando il vassoio è completo il robot e il nastro 1 si arrestano e il vassoio avanza a velocità aumentata fino al sensore FC4, dove termina il ciclo di lavoro della macchina.”

Il programma PLC è stato suddiviso nelle seguenti sezioni:



Tabella dei simboli I/O fisici

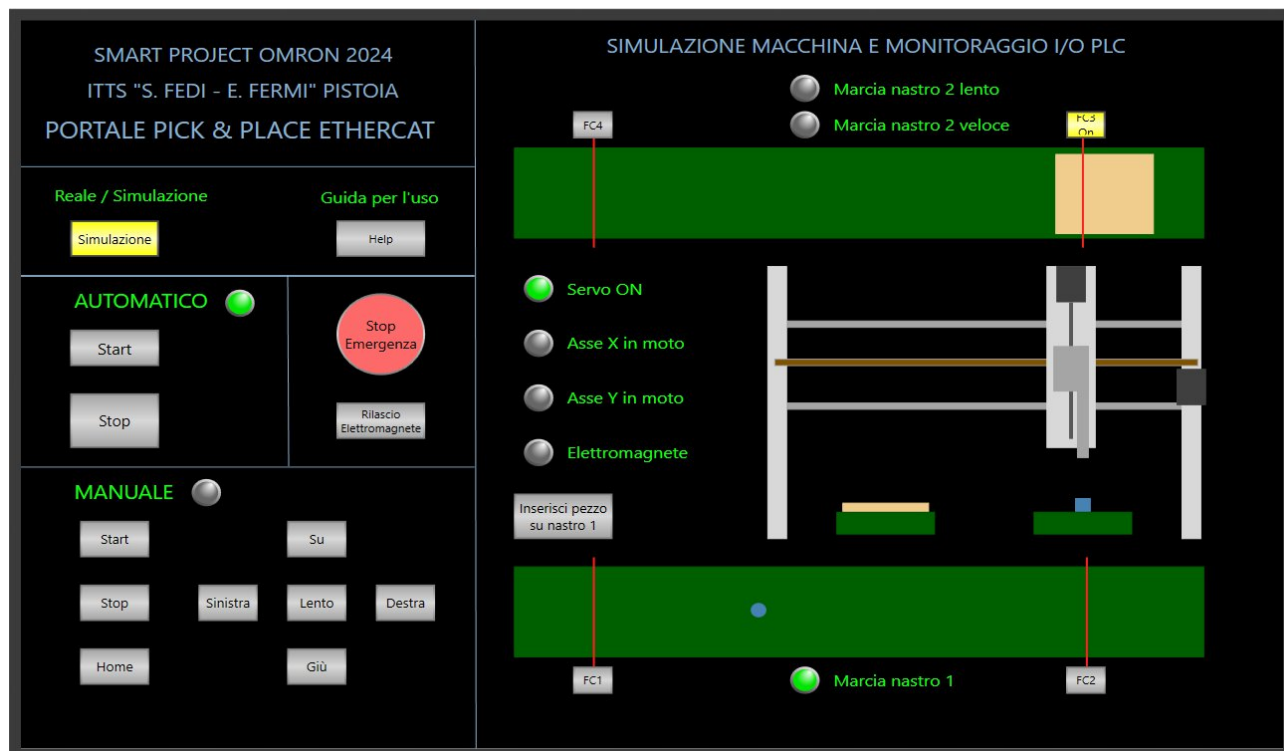
Nome simbolico	Connettore	Indirizzo	Descrizione
P1	CN1	Input Bit 00	Pulsante 1
P2	CN1	Input Bit 01	
P3	CN1	Input Bit 02	
KANA	CN2	Input Bit 03	Contatto NA di KA
KINA	CN2	Input Bit 04	Contatto NA di KI
RT	CN2	Input Bit 05	NA relè termico
FC1	CN3	Input Bit 07	
FC2	CN3	Input Bit 08	
FC3	CN3	Input Bit 09	
FC4	CN4	Input Bit 10	
Pemer	CN4	Input Bit 11	Pulsante emergenza
HLR	CN5	Output Bit 00	Spia rossa
HLY	CN5	Output Bit 01	Spia gialla
HLG	CN5	Output Bit 02	Spia verde
KA	CN6	Output Bit 03	Contattore marcia avanti
KI	CN6	Output Bit 04	Contattore marcia indietro
KEM	CN7	Output Bit 07	Elettromagnete (relé)

Tabella variabili HMI NB

Nome simbolico	Tipo dato	Indirizzo	Descrizione
START_HMI	BOOL	%W0.00	Avvio ciclo automatico
STOP_HMI	BOOL	%W0.01	Arresto macchina
HOME_HMI	BOOL	%W0.02	Homing manuale
CICLO_HMI	BOOL	%W0.03	Ciclo automatico in corso
DX_HMI	BOOL	%W0.04	Spostamento manuale asse X +
SX_HMI	BOOL	%W0.05	Spostamento manuale asse X -
UP_HMI	BOOL	%W0.06	Spostamento manuale asse Y -
DW_HMI	BOOL	%W0.07	Spostamento manuale asse Y +
LV_HMI	BOOL	%W0.08	Spostamento lento / veloce
MEMPICK_HMI	BOOL	%W0.09	Memorizza posizione di Pick
MEMPLACE1_HMI	BOOL	%W0.10	Memorizza prima posizione di Place
MEMPLACE2_HMI	BOOL	%W0.11	Memorizza seconda posizione di Place
START_MAN_HMI	BOOL	%W0.12	Avvio funzionamento manuale
KEM_RST_HMI	BOOL	%W0.13	Rilascio elettromagnete

SUPERVISIONE CON NA

La supervisione è composta da una pagina principale, in cui si effettuano il controllo, la simulazione e monitoraggio degli I/O PLC. Sul lato destro ci sono i pulsanti per gestire la macchina mentre sul lato sinistro troviamo un sinottico della stessa, dove i nastri trasportatori sono visti dall’alto e il robot è visto di profilo.

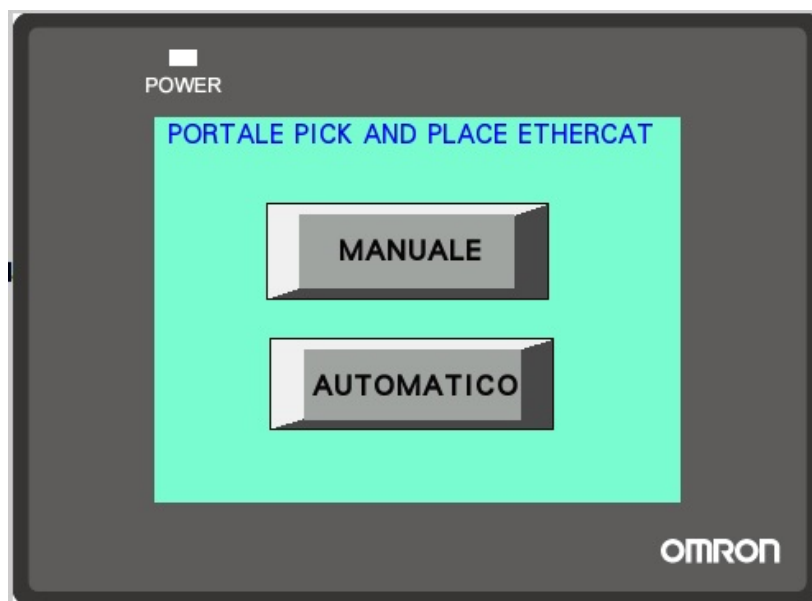


Premendo il tasto “Help” si apre un popup in cui sono descritte le modalità per utilizzare l’interfaccia.



INTERFACCIA NB

L’interfaccia apre con una pagina da cui si può selezionare la modalità manuale o quella automatica.



In modalità automatica si può solo avviare o arrestare il sistema. Una spia “ON” indica che è in funzione il ciclo automatico. Il pulsante “Esci” riporta alla pagina principale.



In modalità Manuale il pulsante “Start” serve ad accendere i servoazionamenti, “Stop” li spegne. Il pulsante Home riporta il robot alla posizione zero. Le frecce servono per effettuare movimenti del robot lungo i due assi, con una velocità selezionabile tra lento e veloce con il tasto “L/V”. Il pulsante “Salva” porta alla pagina di memorizzazione della posizione corrente.



La memorizzazione non è ancora implementata nel programma ma è stata prevista per uno sviluppo futuro. In particolare è previsto di memorizzare la posizione corrente del robot nella tabella dei target per le posizioni di pick e di place.

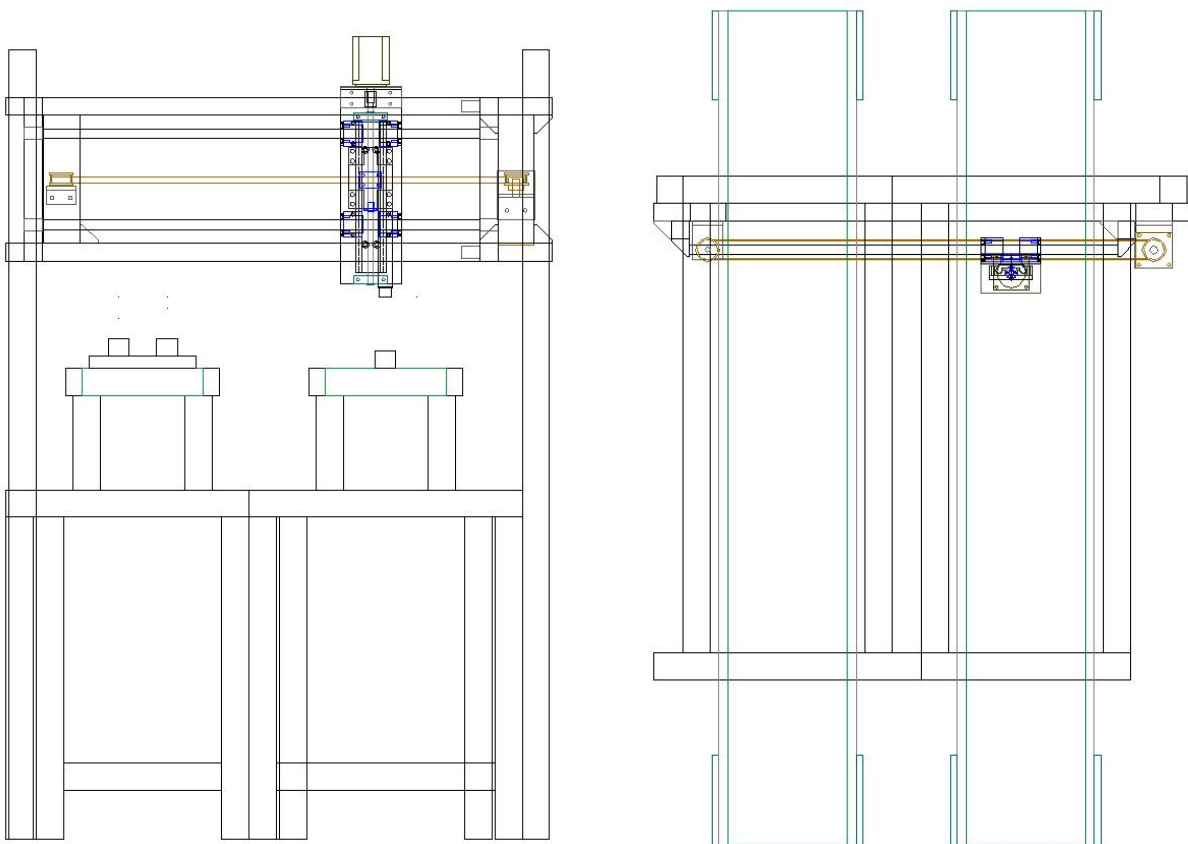


PROGETTO PARTE MECCANICA

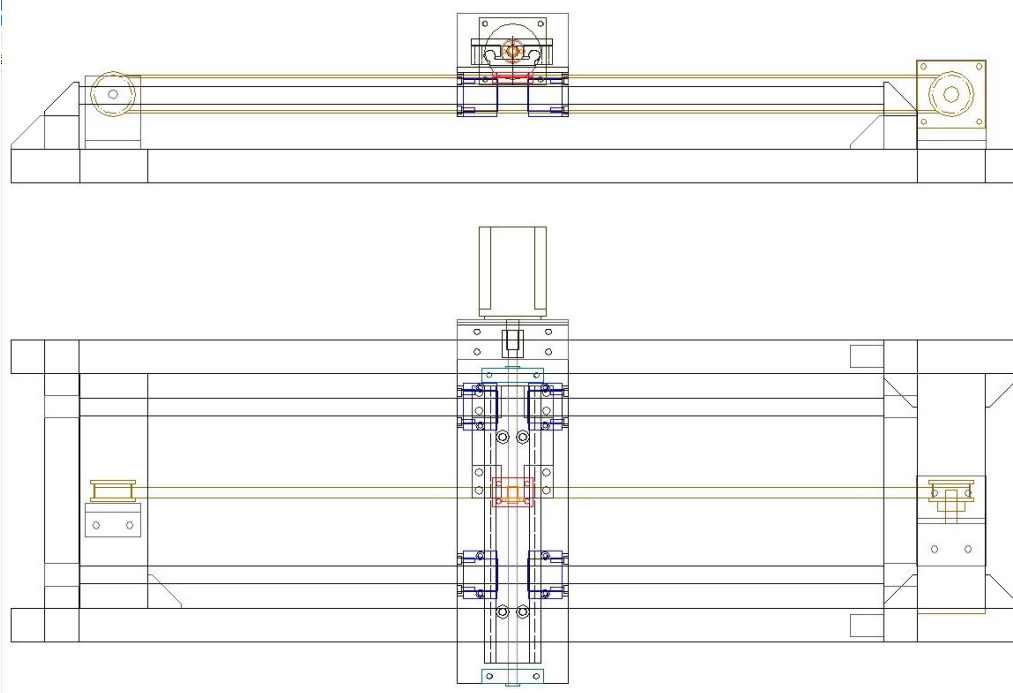
Per realizzare la parte meccanica della macchina siamo partiti da dei nastri trasportatori dismessi da un'azienda locale. Di 3 nastri siamo riusciti a recuperarne 2 mentre il terzo è stato disassemblato per utilizzare i profili di alluminio. I motori erano bloccati dall'ossido nei rotori ma siamo riusciti a recuperarne uno mentre un'altro è stato sostituito.

Per realizzare il robot abbiamo utilizzato dei campioni di guide lineari e del materiale acquistato online ad un prezzo relativamente basso. Si trova molta componentistica meccanica, tipicamente usata per le stampanti 3D, a basso prezzo. Alcuni componenti li abbiamo dovuti lavorare a disegno e altri sono stati ottenuti da stampa 3D.

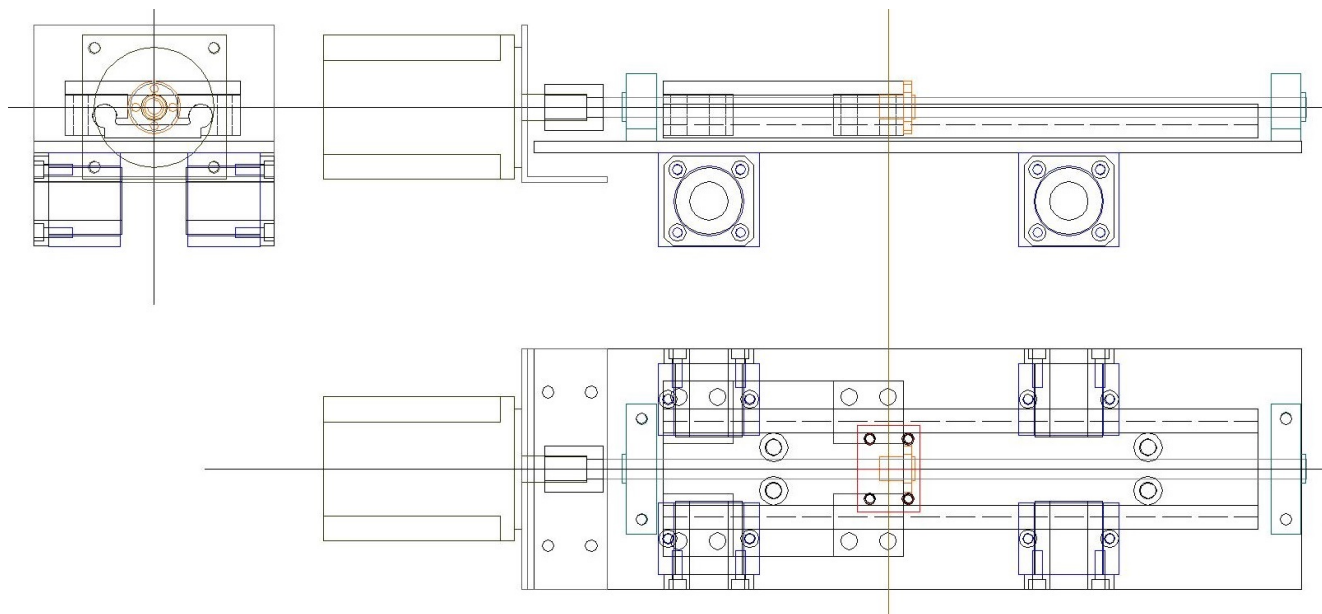
Disegno di assieme della macchina.



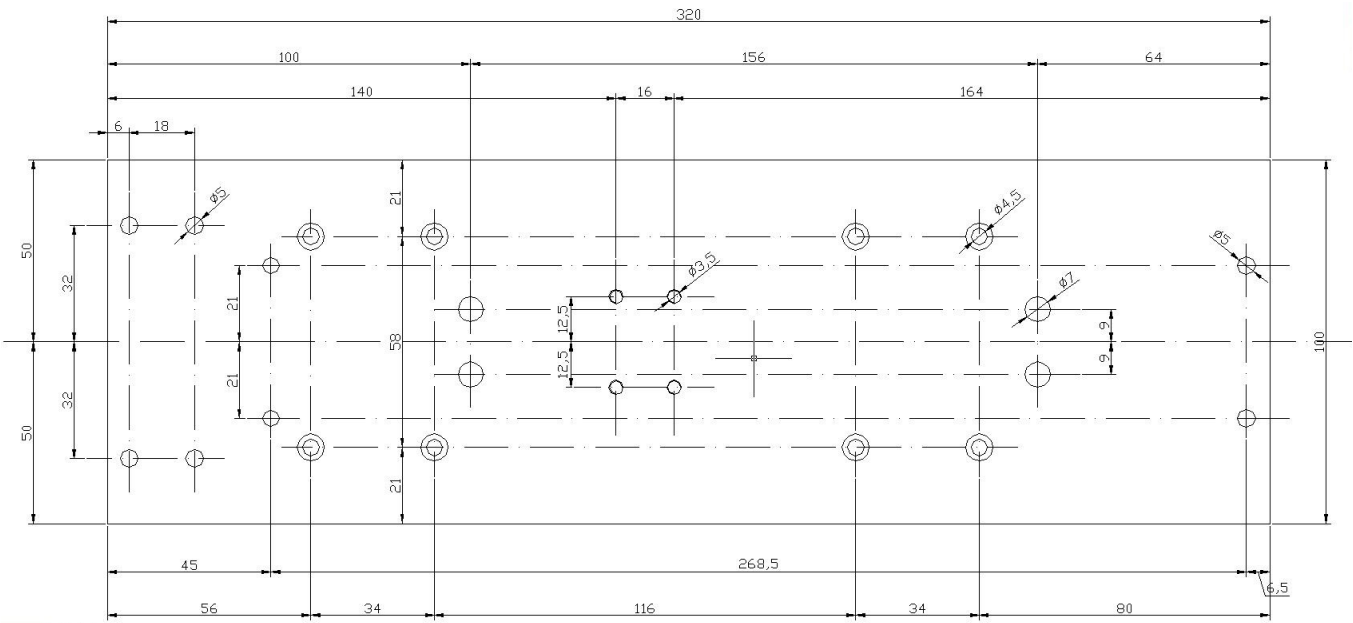
Sviluppo dell'asse Y del robot.



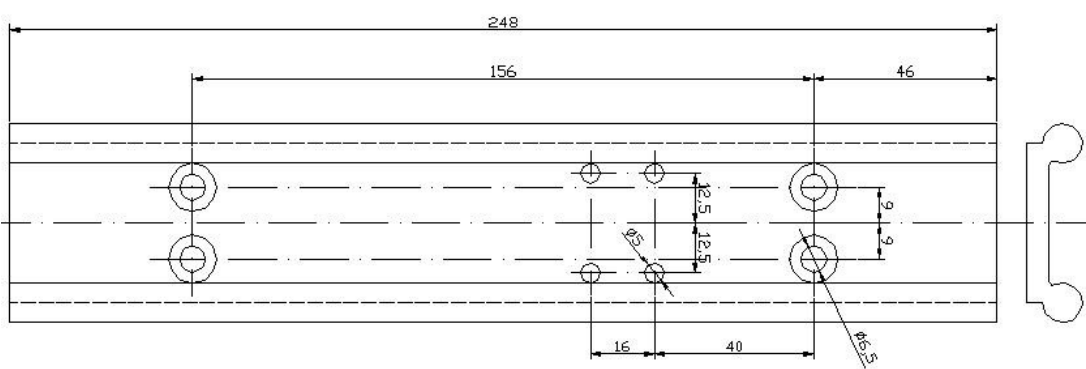
Sviluppo dell'asse Y.



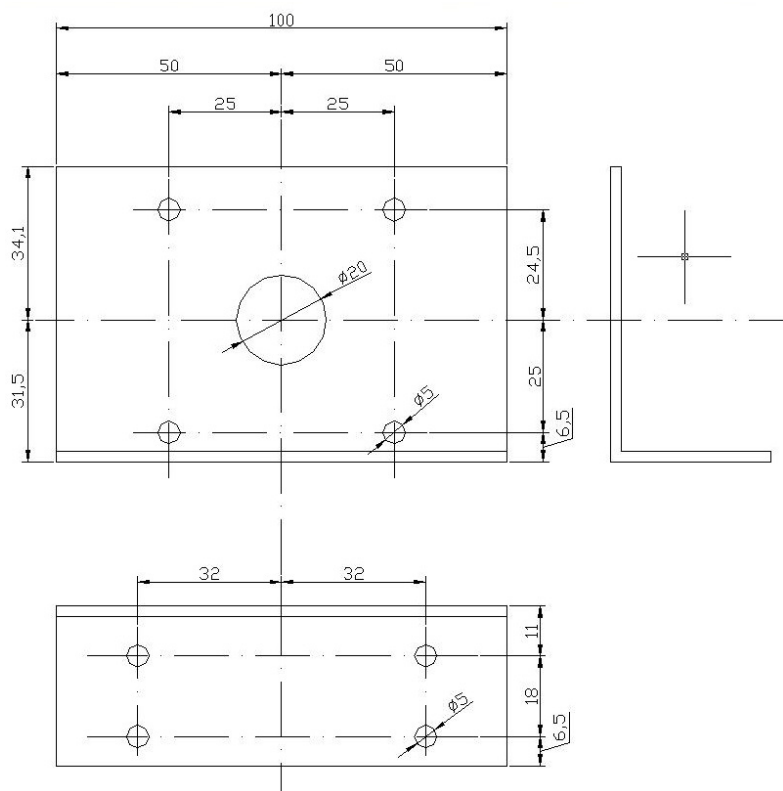
Disegno foratura piastra base asse Y



Disegno foratura guida asse Y.



Disegno taglio e foratura staffa supporto motore asse Y



Sviluppo 3D supporto alberi asse X

