



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ELETTRONICA
INFORMAZIONE E BIOINGEGNERIA

Fondamenti di robotica

Caratterizzazione e selezione del robot

21.02.2026 | Paolo Rocco

Contenuti

1. **Caratterizzazione del robot**
2. **Selezione del robot**

Caratterizzazione del robot

01

Primo approccio con il robot industriale

Il primo approccio con il robot industriale passa attraverso la lettura delle **specifiche tecniche** e del **manuale di installazione e uso**.

Comprendere le specifiche è importante per valutare se il robot è adeguato alla propria applicazione.

FANUC Robot series

R-30iB/R-30iB Mate/R-30iB Plus/R-30iB Mate Plus/
R-30iB Compact Plus/R-30iB Mini Plus CONTROLLER

OPERATOR'S MANUAL (Basic Function)

B-83284EN/09

© FANUC CORPORATION, 2012

FANUC Robot CRX-10iA, CRX-10iA/L

MECHANICAL UNIT

OPERATOR'S MANUAL

B-84194EN/01

© FANUC CORPORATION, 2020

Le specifiche tecniche



Table 3.1 (a) Specifications (Note 1)

Item		Specification	
Model		CRX-10iA	CRX-10iA/L
Type		Articulated type	
Controlled axes		6-axis(J1, J2, J3, J4, J5, J6)	
Reach		1249 mm	1418 mm
Installation		Floor, Upside-down, Wall & Angle mount (Note 2)	
Motion range	J1-axis	380° (6.63 rad)	360° (6.28 rad)
	J2-axis		360° (6.28 rad)
	J3-axis	570° (9.95 rad)	540° (9.95 rad)
	J4-axis		380° (6.63 rad)
	J5-axis		360° (6.28 rad)
	J6-axis		380° (6.63 rad)
Maximum speed (NOTE 3)		1000mm/s (NOTE 4) (maximum speed 2000mm/s (NOTE 5))	
Maximum load at wrist		10kg	
Allowable load moment at wrist	J4-axis	34.8Nm	
	J5-axis	26.0Nm	
	J6-axis	11.0Nm	
Allowable load inertia at wrist	J4-axis	1.28kg.m ²	
	J5-axis	0.90kg.m ²	
	J6-axis	0.30kg.m ²	
Repeatability (NOTE 6)		±0.05mm	
Robot mass		40kg	40kg
Dust proof and drip proof mechanism (NOTE 7)		Conform to IP67	
Acoustic noise level		Less than 70dB (NOTE 8)	
Installation environment		Ambient temperature:	Operating 0 to 45°C (NOTE 9) Storage, Transport -10 to 60°C
		Ambient humidity:	Normally 75%RH or less (No dew or frost allowed) Short time 95%RH or less (Within 1 month)
		Permissible altitude:	Above the sea 1000m or less
		Free of corrosive gases (NOTE 10)	
		Vibration acceleration :	4.9m/s ² (0.5G) or less (NOTE 11)
		Environment without fire	

Meccanica del robot (vista dal manuale d'uso)

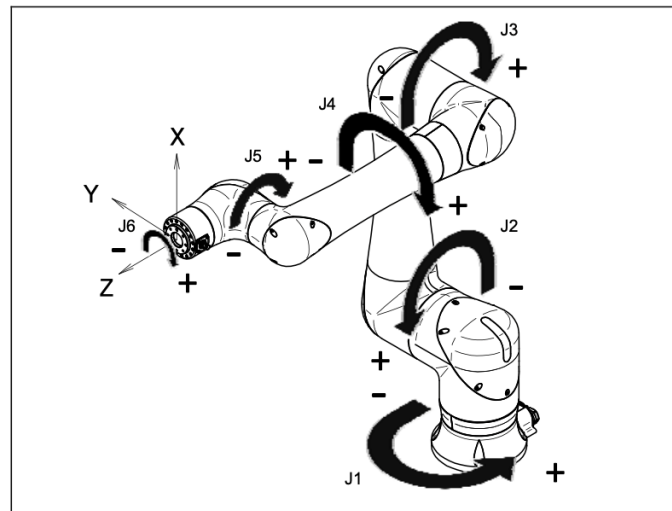


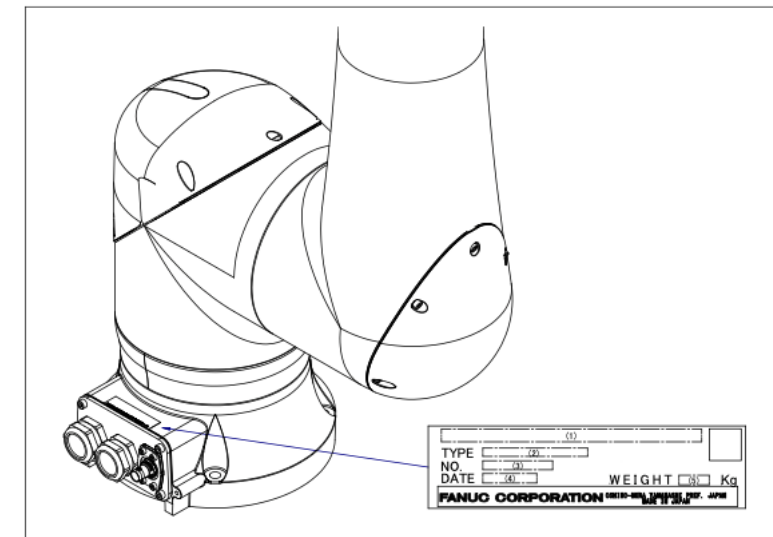
Fig. 3.1 (b) Each axes coordinates and mechanical interface coordinates

PREFACE

This manual explains operation procedures for the following mechanical units:

Model name	Mechanical unit specification No.	Maximum load
FANUC Robot CRX-10iA	A05B-1702-B201	10kg
FANUC Robot CRX-10iA/L	A05B-1702-B202	10kg

The label stating the mechanical unit and force sensor specification number is affixed in the following position. Before reading this manual, verify the specification number of the mechanical unit.



Position of label indicating mechanical unit and force sensor specification number

TABLE 1 (a) Mechanical unit

CONTENTS	(1) Model name	(2) TYPE	(3) No.	(4) DATE	(5) WEIGHT kg (Without controller)
LETTERS	FANUC Robot CRX-10iA	A05B-1702-B201	SERIAL NO. IS PRINTED	PRODUCTION YEAR AND MONTH ARE PRINTED	40
	FANUC Robot CRX-10iA/L	A05B-1702-B202			40

Collegamenti elettrici (ed eventualmente pneumatici)

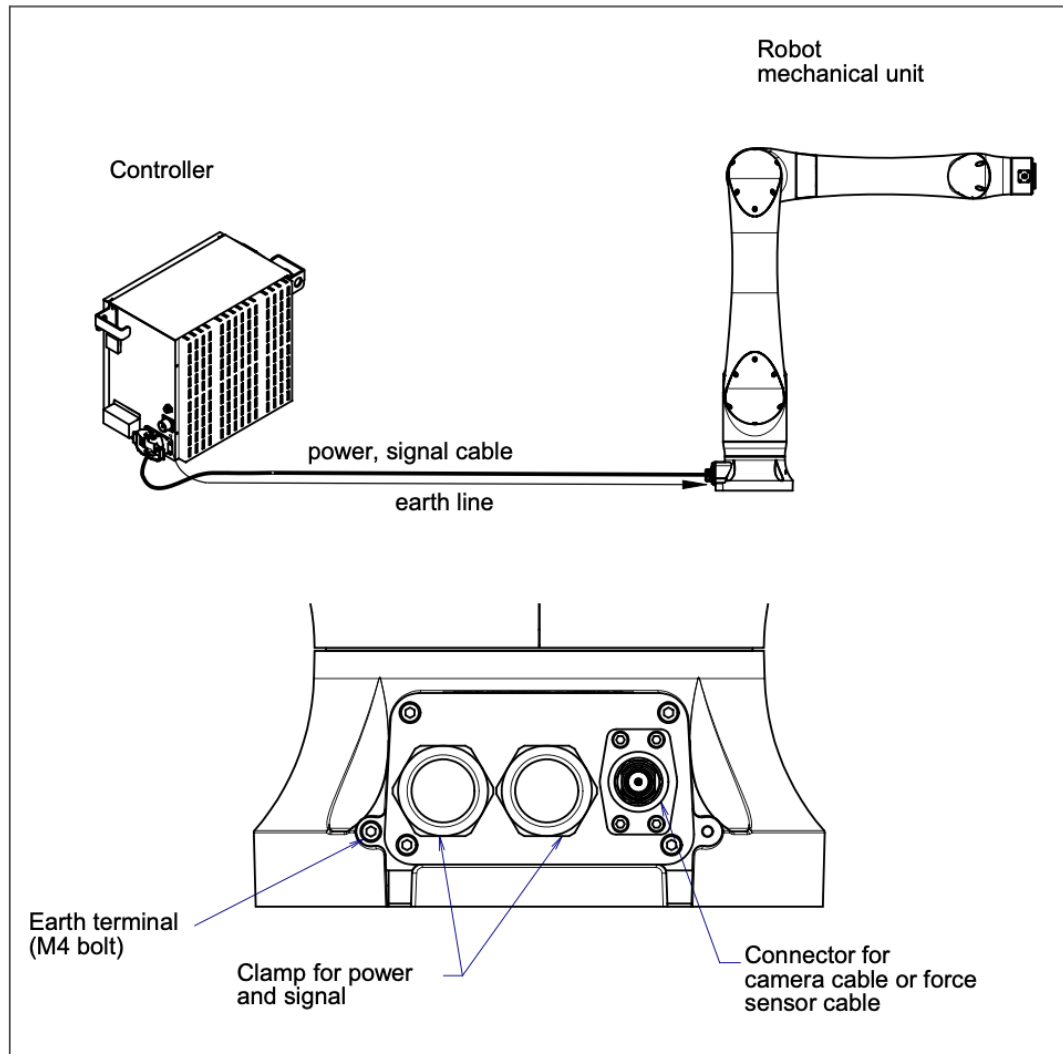


Fig. 2.1 (a) Cable connection (back side connector)



Area operativa

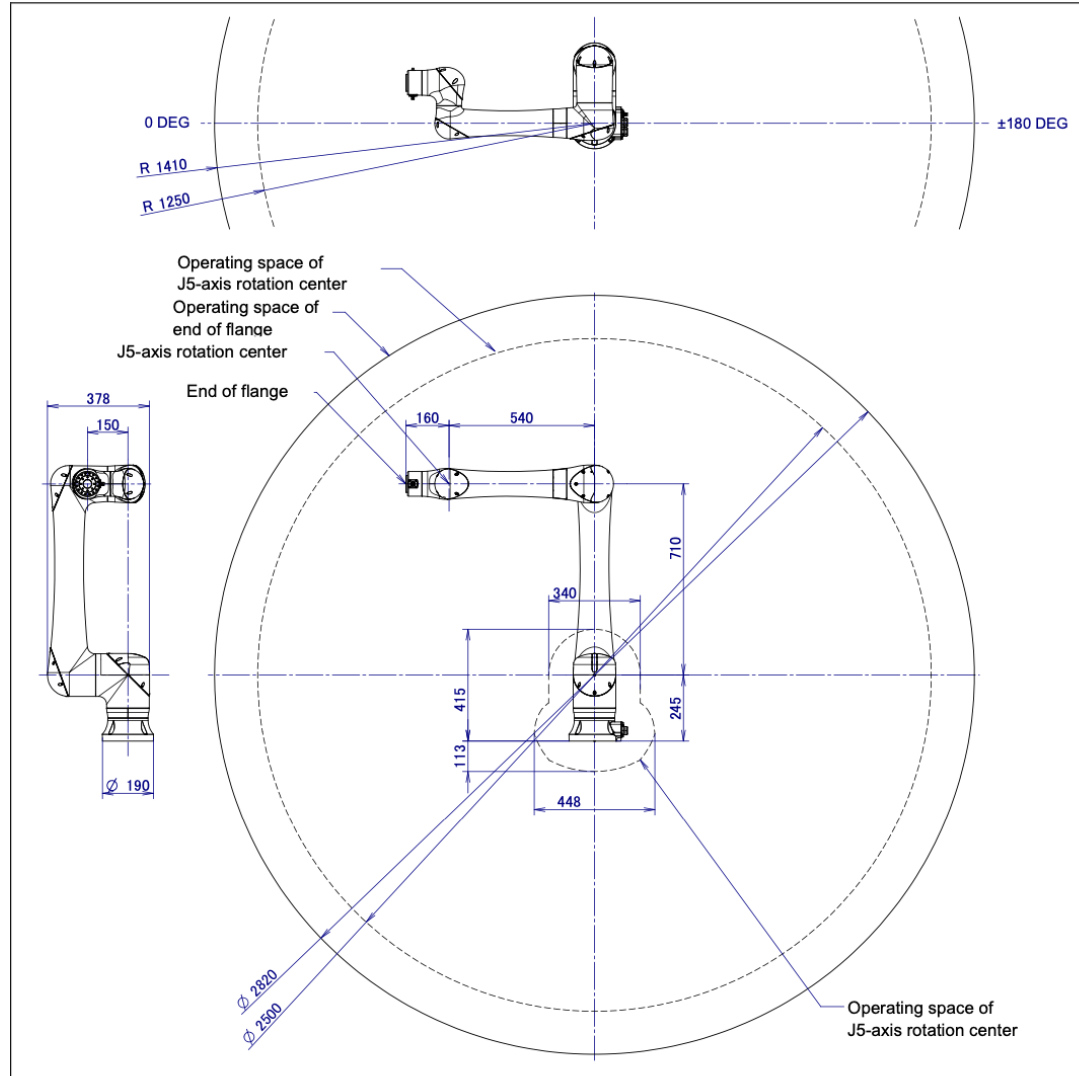


Fig. 3.2 (b) Operating space (CRX-10iA/L)



Carico massimo alla flangia

Il **carico massimo applicabile alla flangia** viene definito utilizzando i grafici di carico al polso dove le curve di carico massimo sono tracciate in funzione delle coordinate LZ ed LXY del baricentro del carico.

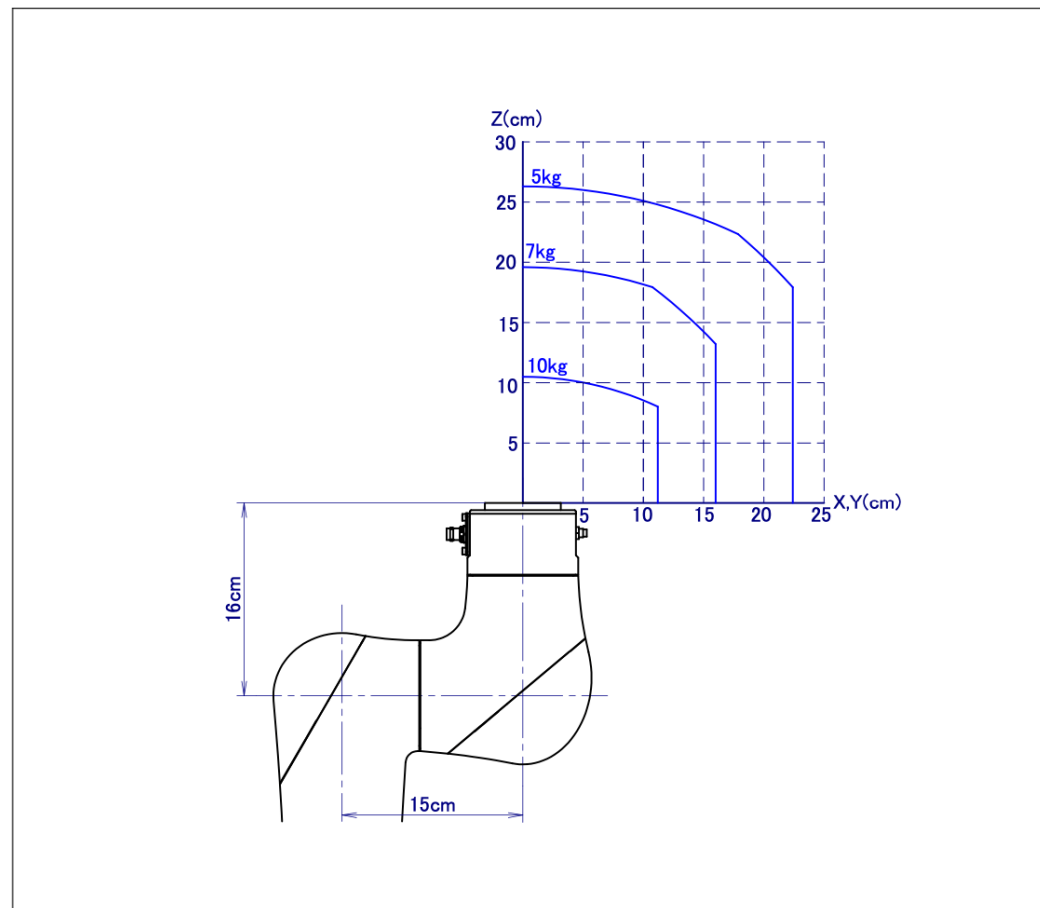


Fig. 3.4 (a) Wrist load diagram (CRX-10iA, CRX-10iA/L)

L'area sottesa dalle curve di carico definisce le distanze baricentriche ammesse per l'applicazione del carico specificato sulla stessa.

Sollecitazioni a terra

Il robot sviluppa accelerazioni elevate che comportano sollecitazioni a terra di cui occorre tenere conto in fase di installazione

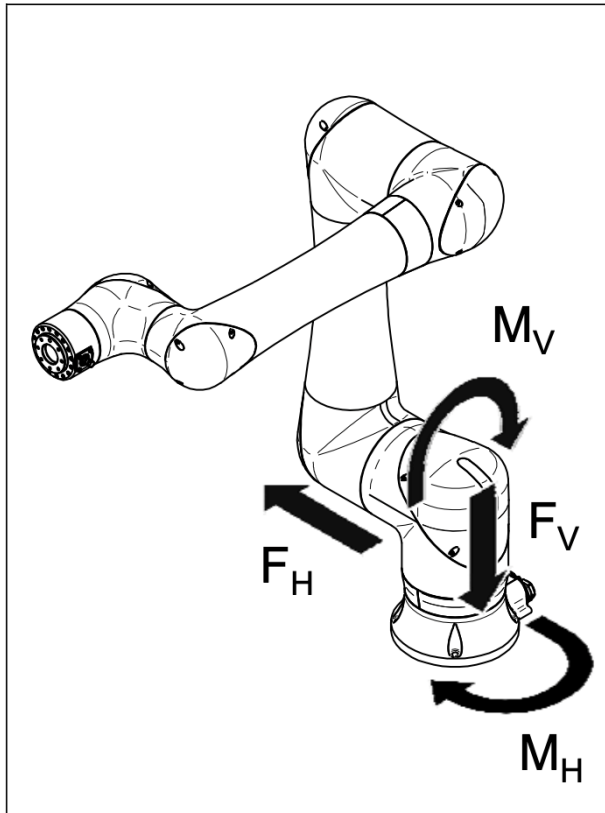


Fig. 1.2 (d) Force and moment that acts on the robot base

Table 1.2 (a) Force and moment that acts on the robot base

	Vertical moment M_V [Nm]	Force in vertical direction F_V N	Horizontal moment M_H Nm	Force in horizontal direction F_H N (kgf)
During stillness	310	490	0	0
During acceleration or deceleration	380	550	120	180
During Smooth stop	610	800	250	220

Installazione su piano inclinato

Il robot può essere installato anche **su piano inclinato**. In tal caso sussistono limitazioni all'escursione dell'asse 1, in funzione dell'angolo di inclinazione

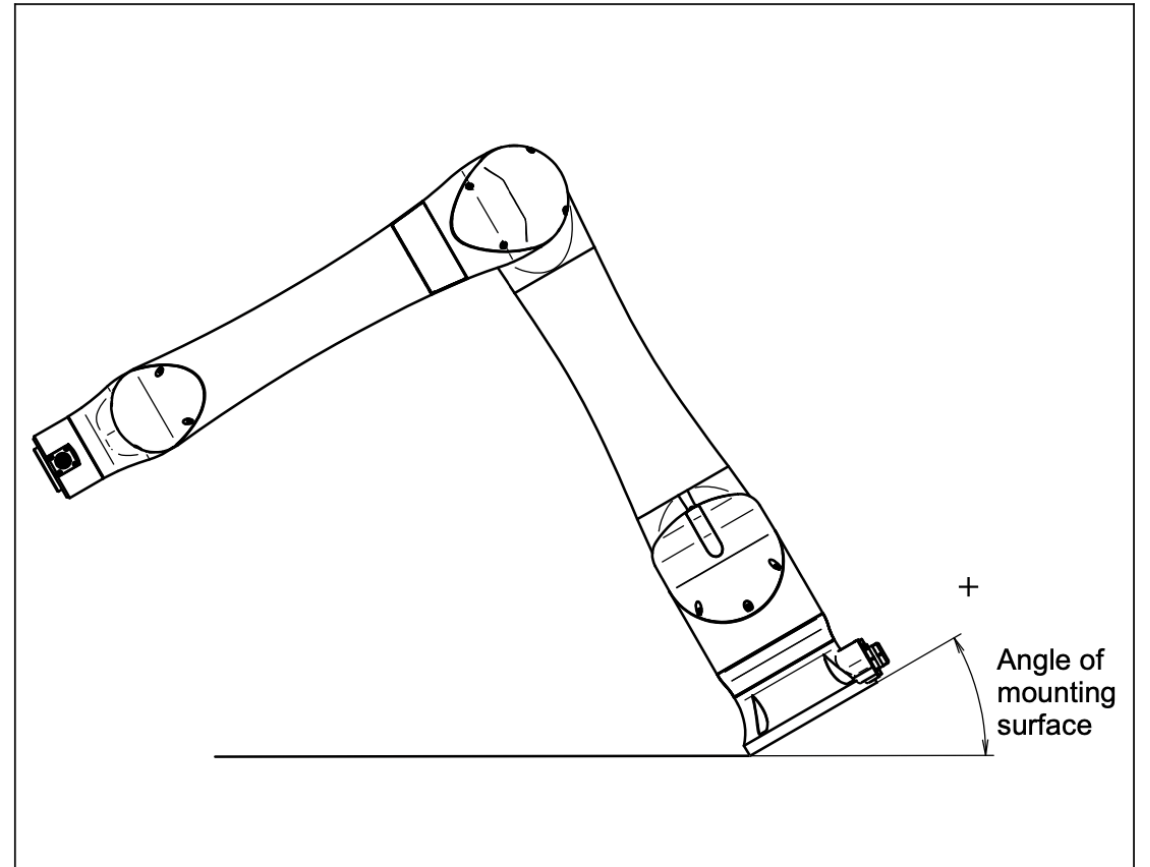


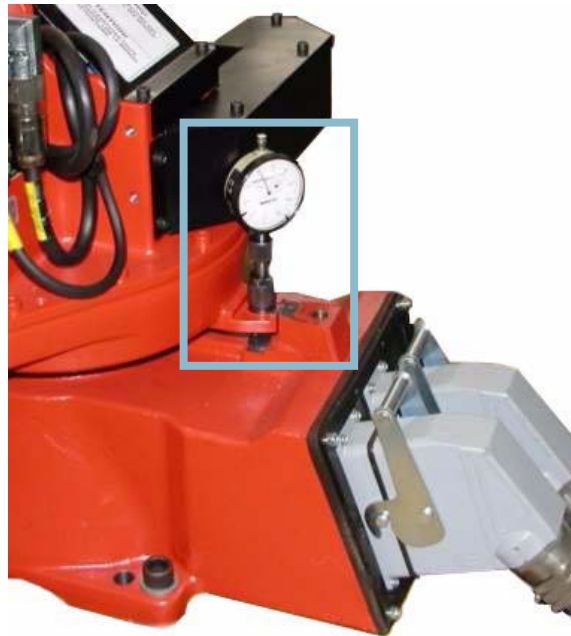
Fig. 1.2.1 (a) Mounting angle

Calibrazione

La **calibrazione** è l'operazione che permette di portare gli assi robot in una posizione nota per garantire la corretta ripetizione dei cicli programmati e l'intercambiabilità tra macchine della stessa versione.

Sono previste due modalità di calibrazione:

Calibrazione precisa con comparatore



Calibrazione visiva su tacche di riferimento



Controllore del robot e pannello operatore

Il controllore del robot ospita tutta l'elettronica di potenza e di controllo del robot e l'interfaccia operatore

L'utente interagisce con il controllore tramite il **pannello operatore**



Modi di funzionamento

Auto - L'operatore può verificare il funzionamento del programma alla velocità di lavoro, attivando i comandi di avvio localmente sul terminale di programmazione. L'operatore non può operare all'interno della cella

Teaching - L'operatore addetto alla programmazione può eseguire l'editing, l'apprendimento dei punti (teaching) e verificare il funzionamento dei programmi. Il robot si muove a bassa velocità, non superiore a 250 mm/s al centro flangia. L'operatore può operare all'interno della cella.

Remote (opzionale) - L'esecuzione del programma è comandato da apparecchiature esterne (ad esempio PLC di linea o quadri di controllo locali). L'operatore non può operare all'interno della cella.



Di norma i robot industriali hanno almeno **2 modi di funzionamento**, selezionabili con una chiave detta selettore modale

Pulsante di emergenza

Il pulsante consente l'arresto immediato della macchina: se premuto toglie potenza ai motori del robot e attiva i freni.

Di norma è del tipo con contatti ad apertura forzata e ad aggancio meccanico. Deve essere tirato (riarmato) per essere ripristinato.

L'arresto può avvenire:

- **in modo controllato** (categoria 1 secondo norma EN 60204-1)
- **in modo immediato** (categoria 0 secondo norma EN 60204-1)



Tutti i robot industriali sono dotati di **pulsante di emergenza** rosso su sfondo giallo

Terminale di programmazione

L'operatore ha a disposizione un **terminale di programmazione** (teach pendant) per interagire con il robot.

Oltre al selettore di modalità e al pulsante di emergenza, l'utente ha a disposizione una serie di pulsanti

- | | |
|-----------------|---|
| Reset | Permette il reset dello stato di allarme. |
| Drive ON | Se tutte le sicurezze sono ok alla sua pressione i motori vanno in potenza. |
| Hold | Premendo questo pulsante l'esecuzione del programma si ferma. Viene fermato anche il robot ma i motori non si spengono. |
| Start | Premendo questo pulsante l'esecuzione del programma inizia |

Il robot può essere mosso giunto per giunto o secondo direzioni Cartesiane. Possono essere registrate posizioni intermedie raggiunte.



Selezione del robot

02

Come selezionare il robot a seconda dell'applicazione

Una volta che abbiamo familiarizzato con il robot, ci poniamo il problema di selezionare il robot in dipendenza dell'applicazione da affrontare.

Ad esempio, se si cerca un robot pick-and-place compatto, la scelta potrebbe cadere su un **robot Scara**. Se si vogliono posizionare piccoli oggetti a una velocità elevata, un **robot Delta** può essere preferibile. Se l'applicazione deve essere eseguita insieme ai lavoratori umani, un robot collaborativo potrebbe essere la scelta.

Le **caratteristiche importanti** di cui tenere conto sono:

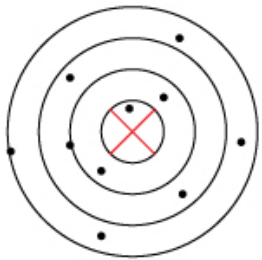
- Numero di assi, portata, velocità
- Ripetibilità
- Tempo ciclo
- Capacità di carico o payload
- Consumi energetici



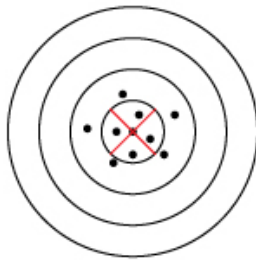
Ripetibilità (ISO 9283)

- **Accuratezza**: precisione statistica con cui l'end effector del robot raggiunge la posizione di destinazione desiderata
- **Ripetibilità**: precisione statistica con cui l'end effector del robot torna nella stessa posizione comandata, ripetendo più volte lo stesso posizionamento nelle stesse condizioni

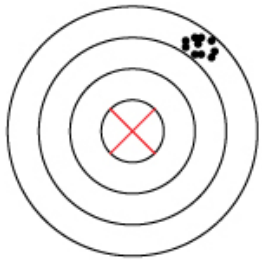
Repeatability and Accuracy over 10 measurements



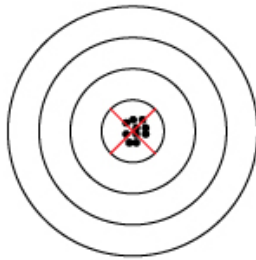
Bad repeatability and bad accuracy



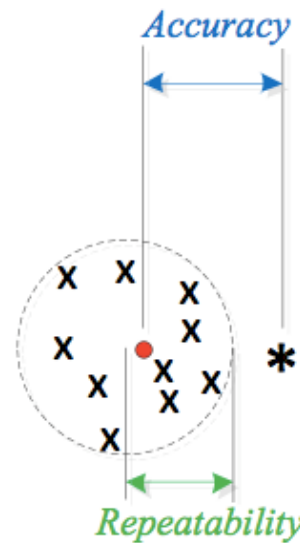
Bad repeatability and good accuracy



Good repeatability and bad accuracy



Good repeatability and good accuracy

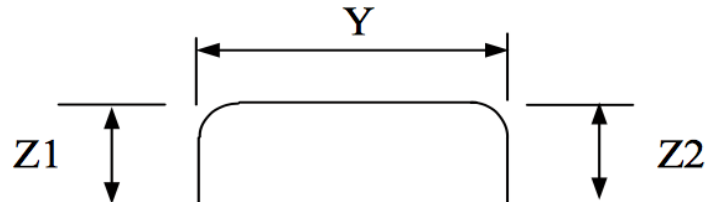


- * : Desired position
- x : Obtained positions
- : Barycenter of the obtained positions

Nei robot industriali la ripetibilità corrisponde a **valori inferiori a 0.1 mm**

Tempo ciclo

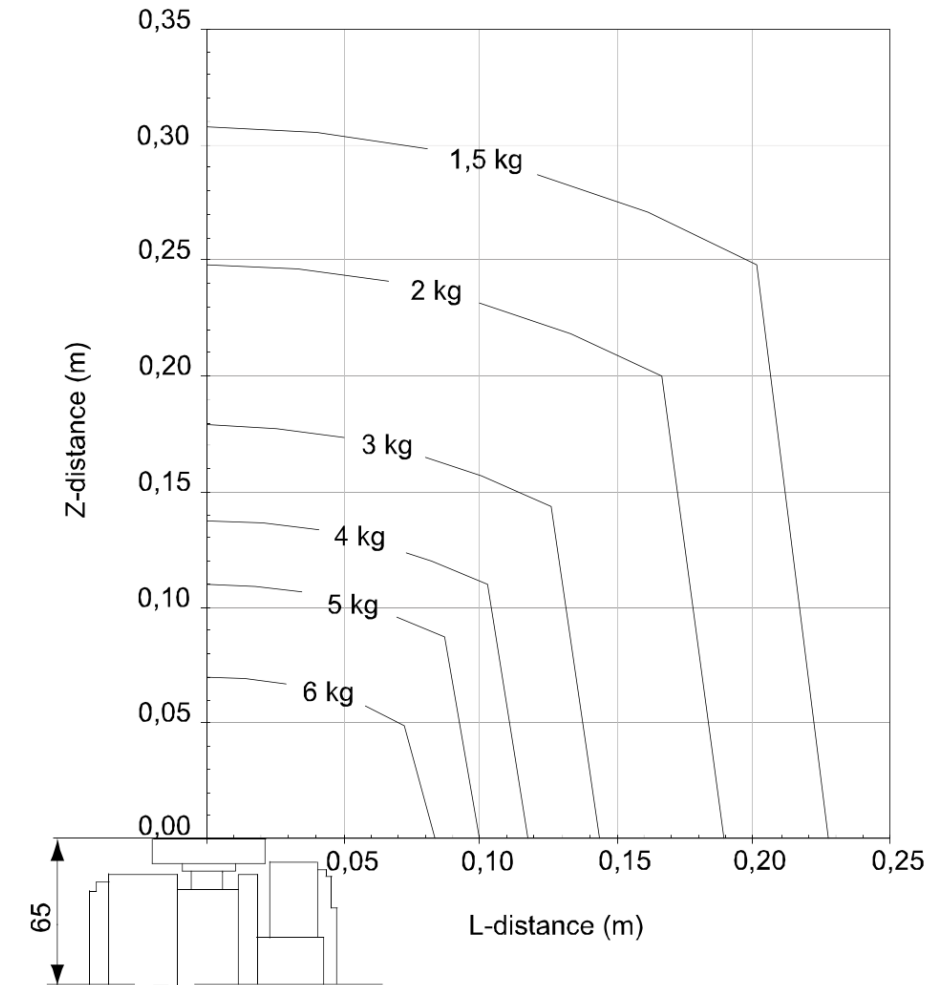
Il **tempo ciclo** è un buon indicatore di prestazioni per un'attività di pick and place. È il tempo (minimo) richiesto dal robot per trasportare un carico utile specificato lungo un percorso «a ponte».



Cicli tempo:	Payload				
	0.1 kg	1 kg	3 kg	6 kg	8 kg
Z1/Y/Z2 ← 25/305/25 (mm)					
IRB 360-1/1130	0.30	0.36			
IRB 360-3/1130	0.40	0.40	0.52		
IRB 360-8/1130		0.38	0.42		0.60
IRB 360-1/1600	0.35	0.40			
IRB 360-6/1600		0.43	0.48	0.60	

Capacità di carico

Come già visto, i manuali del robot specificano il carico massimo alla flangia attraverso i **diagrammi di carico**

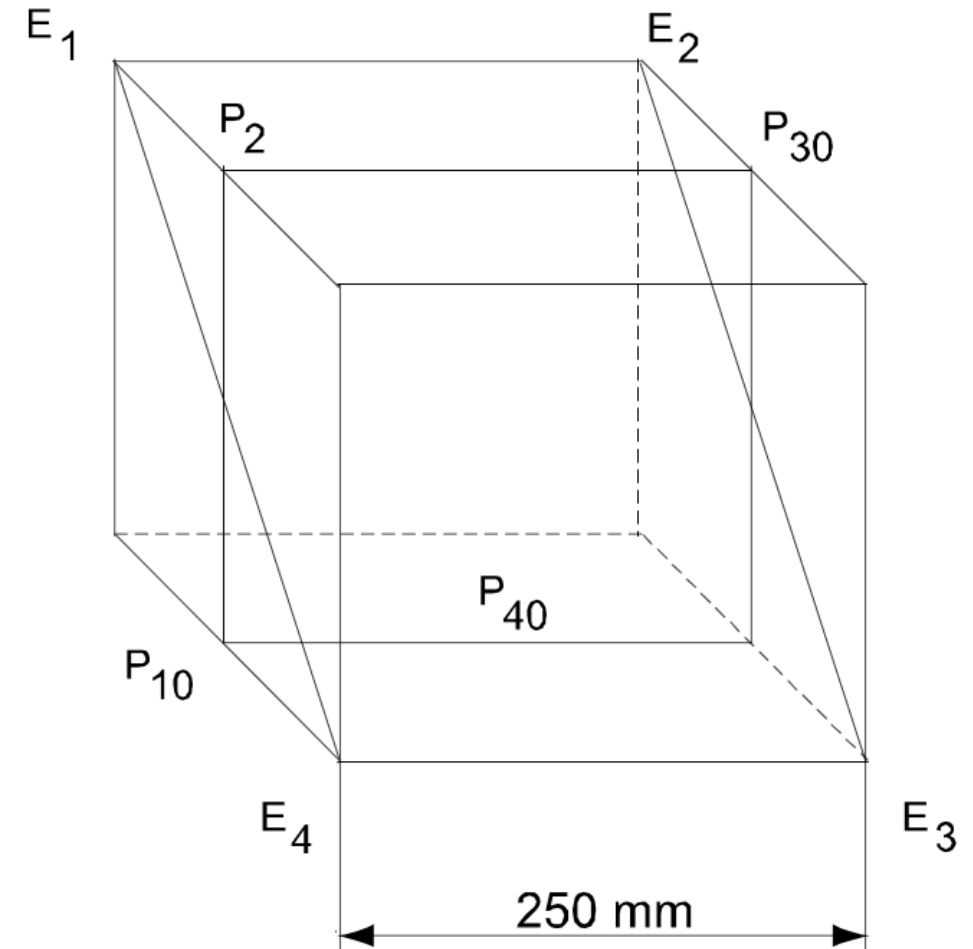


Consumo energetico (il cubo ISO)

Cosa significa che un robot assorbe 1 kW?

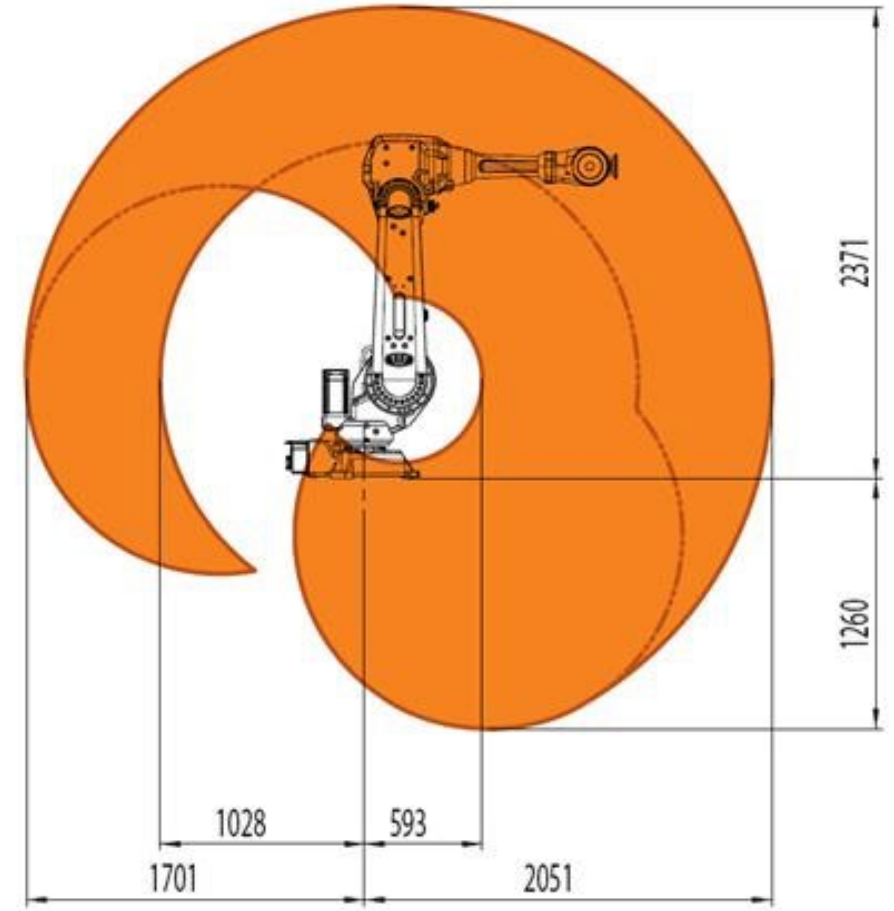
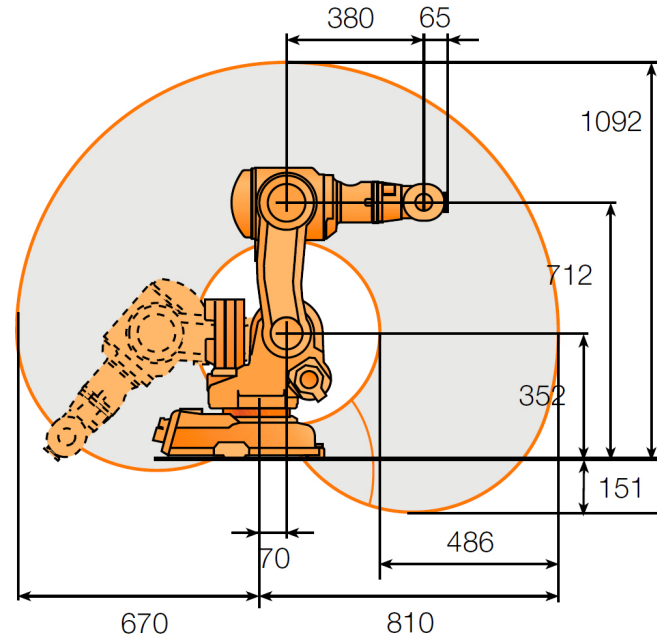
La potenza assorbita viene misurata lungo un percorso specifico (**cubo ISO**): E1-E2-E3-E4 a una velocità nominale, trasportando il carico nominale massimo.

I valori tipici sono: 0,2-5 kW



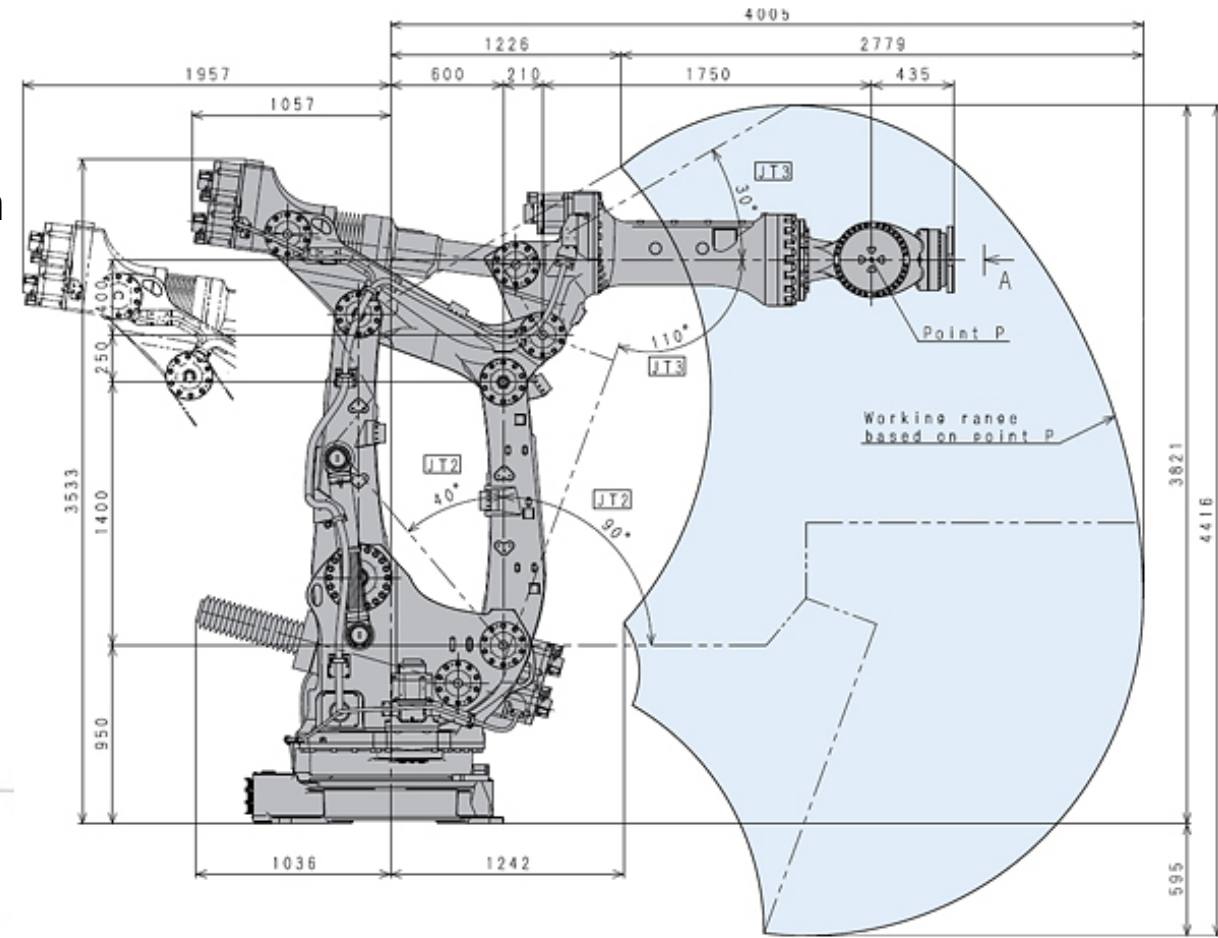
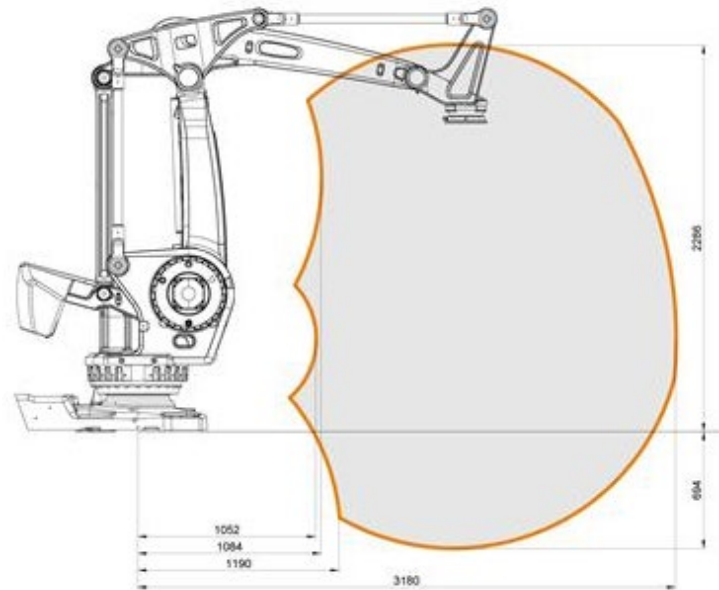
Applicazione di manipolazione (generica)

- Numero di assi: 6 (o 7 se montati su una rotaia)
- Carico utile: 3-1000 kg
- Sbraccio: 0,5-5 m
- Velocità tipiche: fino a 9 m/s
- Ripetibilità: 0,01-0,1 mm



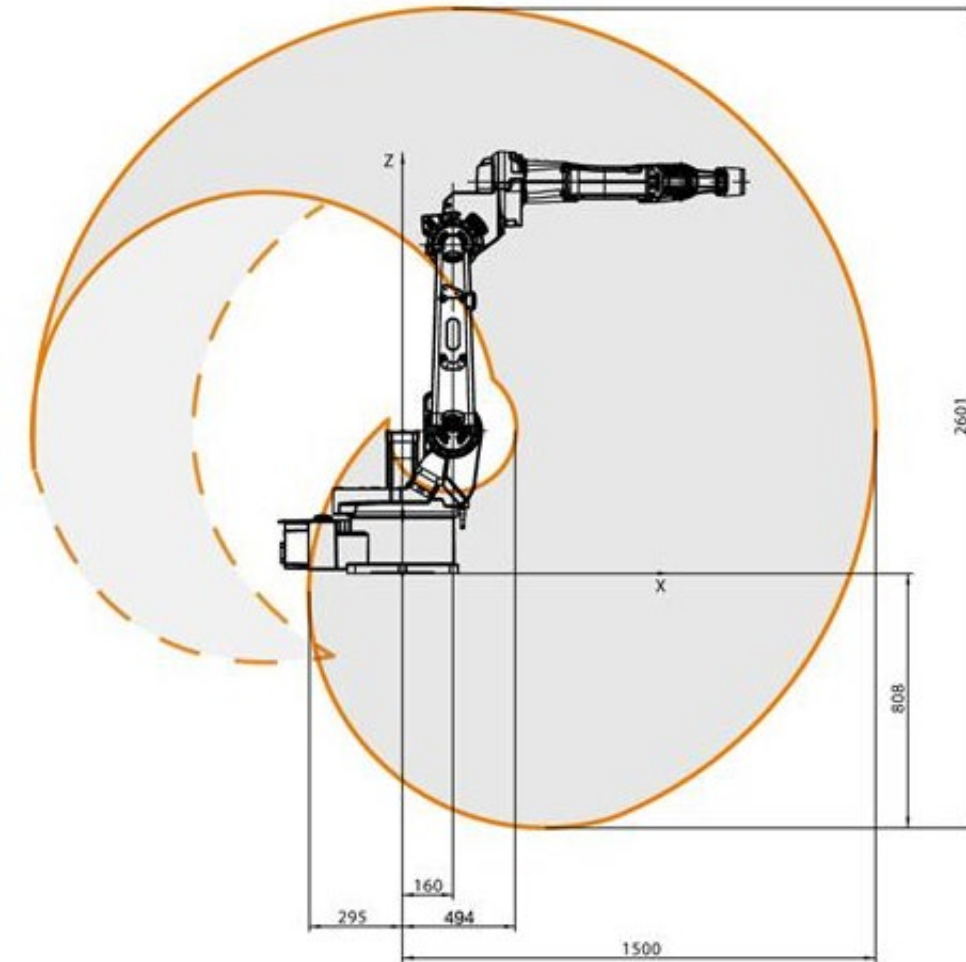
Applicazione di manipolazione (carichi pesanti)

- Numero di assi: 6 (o 7 se montati su una rotaia)
- Carico utile: 200-1500 kg
- Cinematica: di solito con struttura a parallelogramma
- Sbraccio: 3-5 m
- Ripetibilità: 0,05-0,5 mm



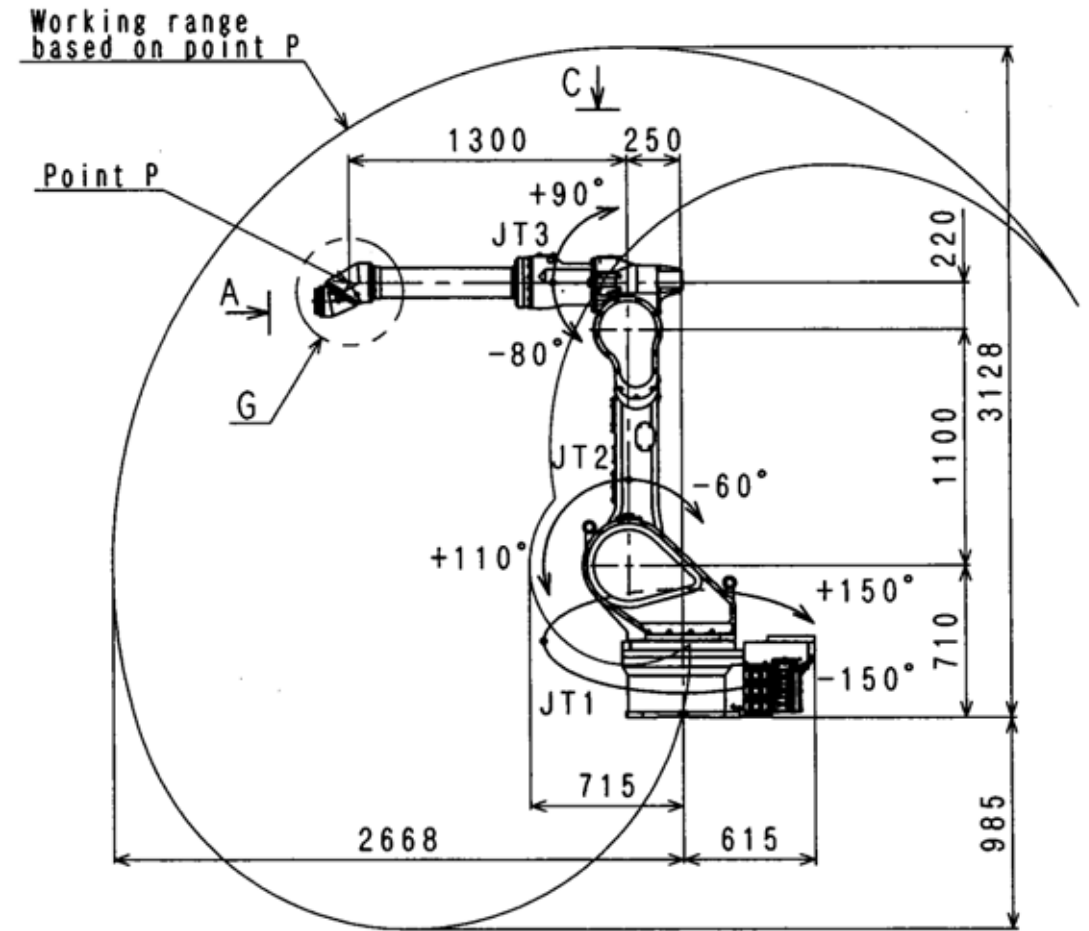
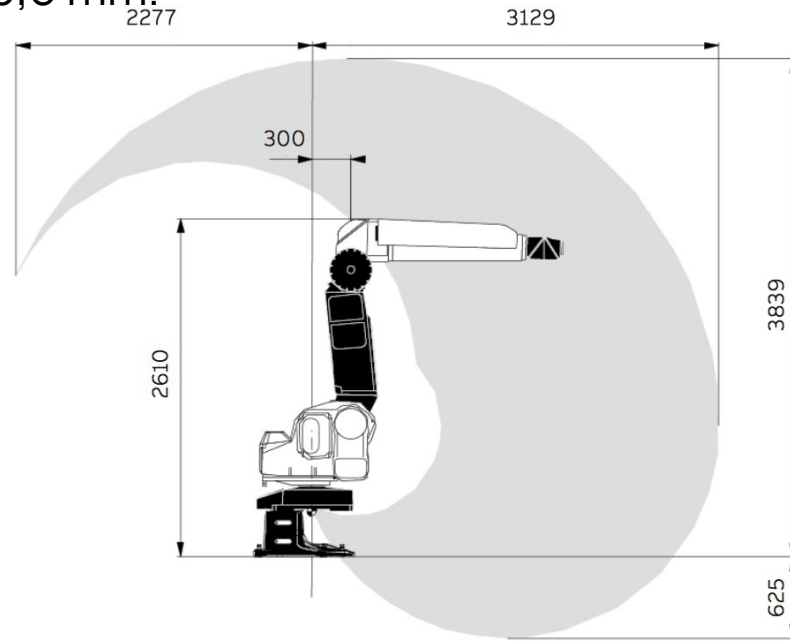
Saldatura ad arco

- Numero di assi: 6 (o 7 se montati su una rotaia)
- Carico utile: 3-20 kg
- Sbraccio: fino a 2 m
- Cinematica: polso non sferico (cavo)
- Velocità tipiche: 1,5 m/s
- Ripetibilità: 0,03-0,08 mm



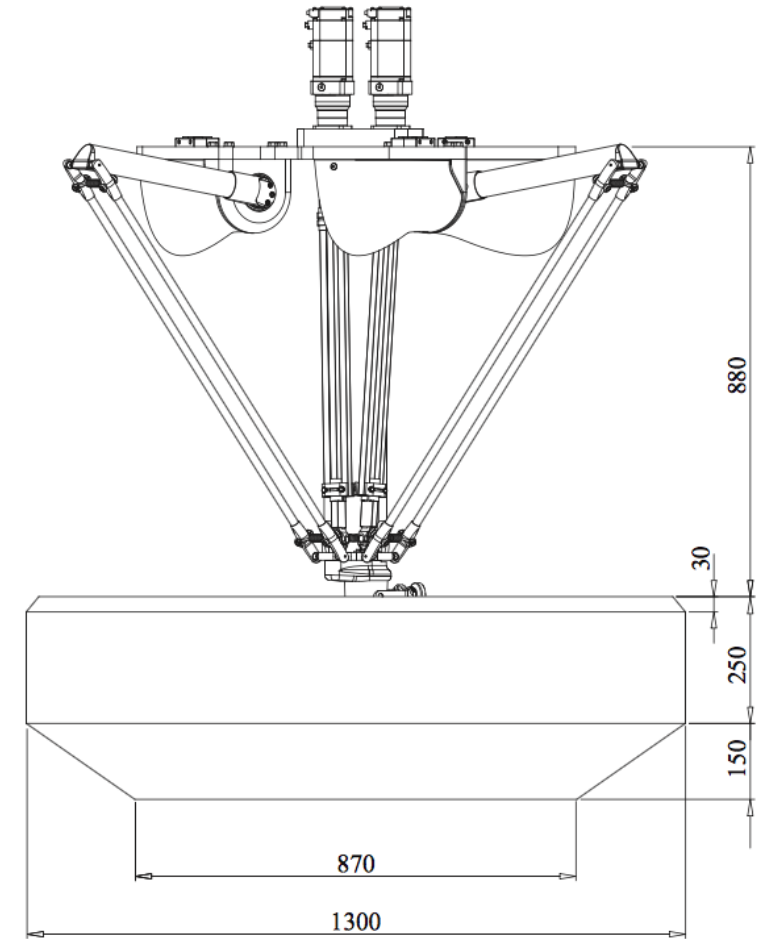
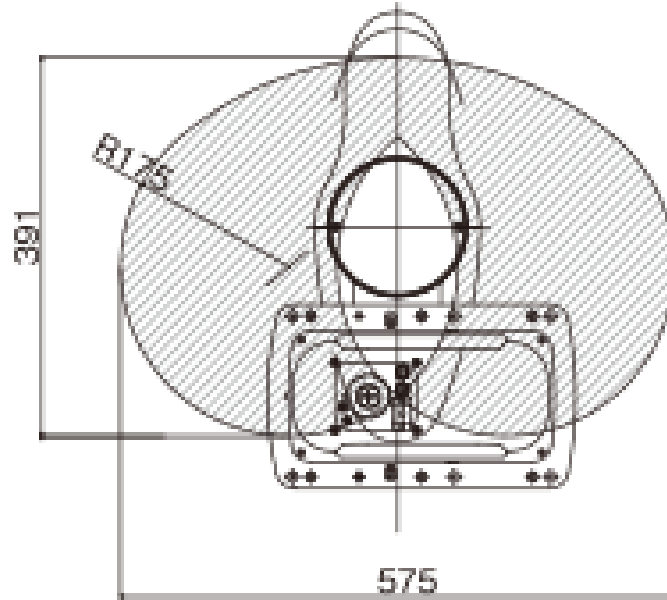
Verniciatura a spruzzo

- Numero di assi: 6 (o 7 se montati su una rotaia)
- Spazio di lavoro e raggiungibilità: specifico per le applicazioni di verniciatura
- Velocità tipiche: 1,5 m/s
- Ripetibilità: 0,15-0,5 mm.



Pick and place

- Numero di assi: 3 o 4
- Velocità tipiche: fino a 8 m/s (Scara)
- Tempo ciclo: 0,3-1,0 s
- Ripetibilità: 0,01 mm (Scara), 0,1 mm (parallelo)



Accessori: pinze

Pneumatiche

Facili da installare

Forze alte

Nessun controllo della forza

Nessun controllo sulla corsa

Nessun controllo sulla velocità



Elettriche

Più difficili da installare

Forze basse

Controllo della forza

Controllo sulla corsa

Controllo della velocità

Adatte per applicazioni collaborative



Accessori: telecamere

- Tecnologia: sensore a matrice CMOS (di solito in scala di grigi)
- Risoluzione (numero di pixel): in genere 640x480
- Frequenza frame: 40-80 fps
- Messa a fuoco (lunghezza focale): automatica o fissa
- Alimentazione: esterna o Power over Ethernet





POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ELETTRONICA
INFORMAZIONE E BIOINGEGNERIA

Contatti

Paolo Rocco
paolo.rocco@polimi.it