

Modulo 2 | Fieldbus e sistemi di riferimento

CONTENUTI

- Fieldbus e sistema di controllo distribuito
- Terne di riferimento
- Variabili di posizione
- Calcolo automatico di Tool e Uframe

OBIETTIVI

- Descrivere le possibili integrazioni del sistema robotizzato all'interno di una rete fieldbus
- Riconoscere i tipi di Input e Output e le differenze tra loro
- Identificare le terne di riferimento, le loro influenze e dipendenze
- Distinguere le caratteristiche di un sistema Tool/ Uframe locale da quelle di un sistema Tool/ Uframe remoto
- Riconoscere le diverse tipologie di variabili di posizione e il loro utilizzo
- Descrivere la procedura di verifica della posizione di calibrazione
- Descrivere le differenti procedure per il metodo di calcolo del Tool
- Scegliere il metodo di calcolo del Tool più adatto tra il metodo Standard e il metodo 4 punti
- Comprendere l'importanza della corretta dichiarazione del Payload
- Identificare le posizioni necessarie per calcolare l'UFRAME e il loro scopo specifico

Come lavora il sistema robotizzato

Nel Modulo 1 abbiamo osservato come è fatto un sistema robotizzato. Adesso cerchiamo di capire in che modo lavora e interagisce con il mondo esterno.

Il sistema robotizzato, per poter compiere operazioni di qualsiasi tipo, deve **equipaggiare il proprio ARM con utensili** specifici, a seconda del lavoro che deve svolgere.

Il sistema ha bisogno di **conoscere le caratteristiche dell'utensile** ed è opportuno definire le **sue aree di lavoro** e le **posizioni che deve raggiungere** per effettuare le operazioni con la massima precisione.

La flangia

Concentriamoci per prima cosa sugli utensili di cui necessita l'ARM per svolgere le sue attività e su come essi comunicano con l'Unità di Controllo.

Gli utensili vengono montati su un componente dell'ARM denominato **flangia**. La flangia è la **parte terminale dell'ARM** e coincide di solito con l'asse 6.

Le caratteristiche meccaniche della flangia seguono la **norma ISO 9409-1**.



La norma ISO 9409-1

La norma ISO 9409-1 definisce la **dimensione principale**, la **designazione** e la **marcatura** per una piastra circolare che agisce come un'**interfaccia meccanica** (flangia).

Questa interfaccia garantisce la **scambiabilità** e l'**orientamento** dell'utensile.

La norma **non contiene alcuna correlazione** sul *range* di carico del peso, in quanto si prevede che l'interfaccia appropriata venga selezionata **a seconda dell'applicazione e della capacità di carico** dell'ARM.

Maggiori approfondimenti su questo tema sono oggetto del **corso "Manutenzione Meccanica"**.

I fieldbus

Vediamo adesso come il sistema robotizzato, in particolare l'Unità di Controllo, si interfaccia con il mondo esterno tramite i fieldbus.

L'Unità di Controllo può essere **interfacciata** a **dispositivi esterni** attraverso i **più comuni fieldbus**.

Questo può avvenire tramite un fieldbus **Master**, uno **Slave** oppure **entrambi**.

Dispositivi esterni

I dispositivi esterni possono essere per esempio attuatori, sensori, valvole, etc.

Possono essere **montati sull'utensile** che a sua volta è fissato alla flangia dell'ARM.

In altri casi possono essere **montati esternamente all'ARM**, sulle attrezzature presenti nello spazio circostante.

Possono anche essere montati sia sull'utensile, sia sulle attrezzature.

Fieldbus

Secondo la IEC (International Electrotechnical Commission) il fieldbus (o bus di campo) è lo **standard di comunicazione** tra i diversi dispositivi (nodi) di un **processo automatizzato**:

- **dispositivi di campo** (sensori, attuatori, etc.)
- **dispositivi di controllo** (PLC, DCS, etc.).

Attraverso i fieldbus sono **trasmesse tutte le informazioni** utili per **gestire e controllare un sistema industriale automatizzato**.

I dispositivi esterni, infatti, attraverso uno o più fieldbus Slave, **ricevono istruzioni e comunicano con l'Unità di Controllo** che dispone di un fieldbus Master.

Il sistema di controllo distribuito

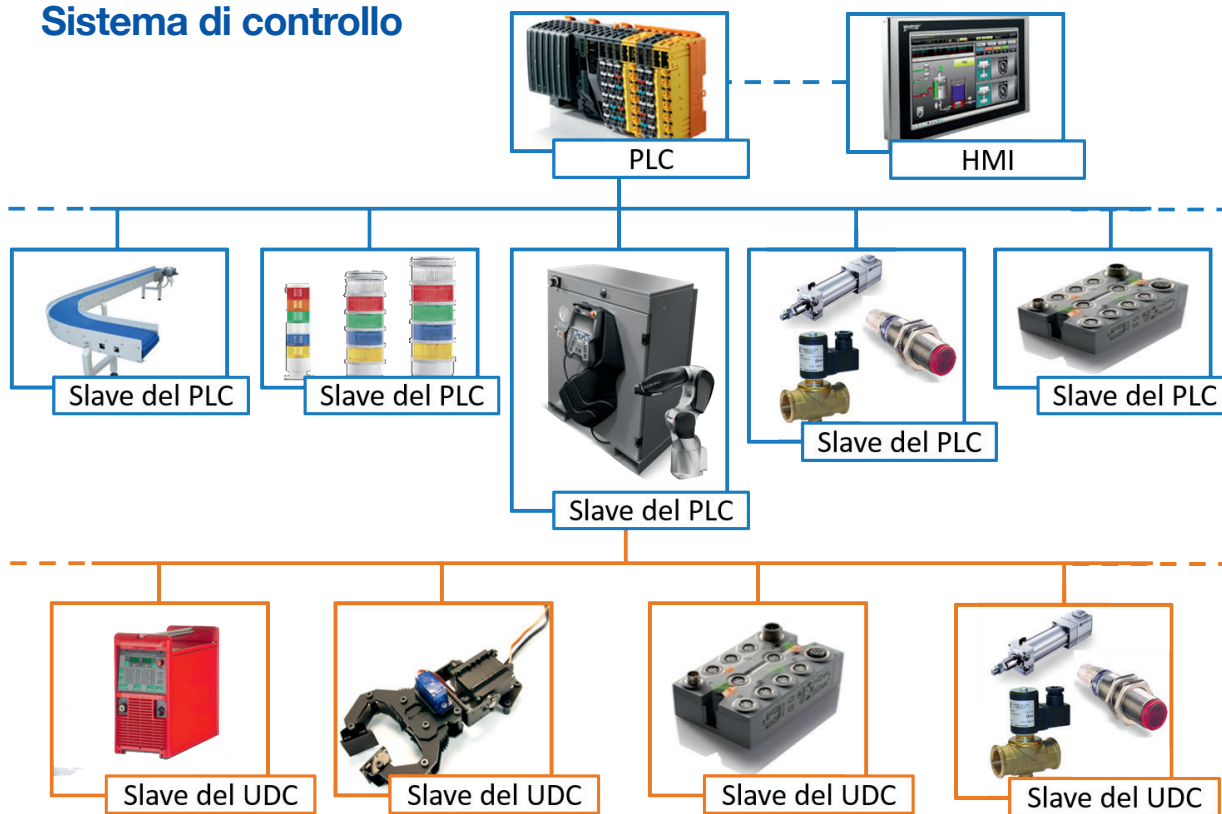
Che cosa significa interfacciare l'Unità di Controllo con i fieldbus?

Che cosa sono i dispositivi Master e Slave?



Visualizza il video “Il sistema di controllo distribuito”

Sistema di controllo



I fieldbus principali

I principali fieldbus gestiti dall'Unità di Controllo sono:

EtherCAT

ETHERNET
POWERLINK

CANopen

DeviceNet

EtherNet/IP

**PROFI
NET**

**PROFI
BUS**

Al fine di utilizzare una **rete fieldbus** è necessario installare un modulo BUS COUPLER nell'Unità di Controllo.

Maggiori approfondimenti su questo tema sono oggetto del **corso "Fieldbus"**.

INPUT e OUTPUT

I segnali di Input e Output sono sempre associati a **porte di comunicazione** e possono essere di tre tipologie:

- **digitali** - associati alle porte **\$DIN e \$DOUT**
- **analogici** - associati alle porte **\$AIN e \$AOUT**
- **flessibili** - associati alle porte **\$FMI e \$FMO**

Si può operare in tempo reale sui segnali Input e Output tramite la pagina DISPLAY.

Porte di comunicazione

Le porte di comunicazione sono i **canali di accesso** del software verso gli input/output (I/O), collegati elettricamente ai dispositivi esterni.

È necessario effettuare la **mappatura** di queste porte per creare il canale d'accesso.

Le porte mappate, come quelle elencate, possono essere gestite in lettura o in scrittura dai **programmi PDL2**, a seconda che si tratti di un segnale di Input o di Output.

Ogni porta mappata è resa univoca dal relativo indice espresso tra parentesi quadre, come ad esempio \$DIN[1], \$AOUT[88], \$FMI[128], etc.

Maggiori approfondimenti su questo tema sono oggetto del **corso "Fieldbus"**.

\$DIN e \$DOUT

- Utili per scambiare **segnali booleani**, ossia a **singolo bit**.
- Possono assumere il valore di **ON e OFF** o analogamente di **TRUE e FALSE**.
- I **\$DIN** possono essere usati ad esempio per ricevere il segnale relativo allo stato dei sensori.
- I **\$DOUT** possono essere usati per comandare elettrovalvole, accendere lampade o led, etc.

\$AIN e \$AOUT

- Sono **gruppi di bit** interpretati come numeri interi.
- Hanno una lunghezza fissa di **16 bit**.
- Sono utili per **interpretare i sensori analogici**.
- Questi possono controllare l'andamento della **corrente** (mA) o della **tensione** (V).

Ad esempio, in alcuni sensori analogici questo andamento può rappresentare la distanza tra il sensore e un oggetto.

\$FMI e \$FMO

- Sono **gruppi di bit** interpretati come numeri interi.
- Hanno una lunghezza variabile **da 1 a 32 bit**.
- Vengono tipicamente utilizzati per **scambiare valori interi tra dispositivi**, come per esempio un codice programma che un PLC comunica all'ARM affinché lo esegua.

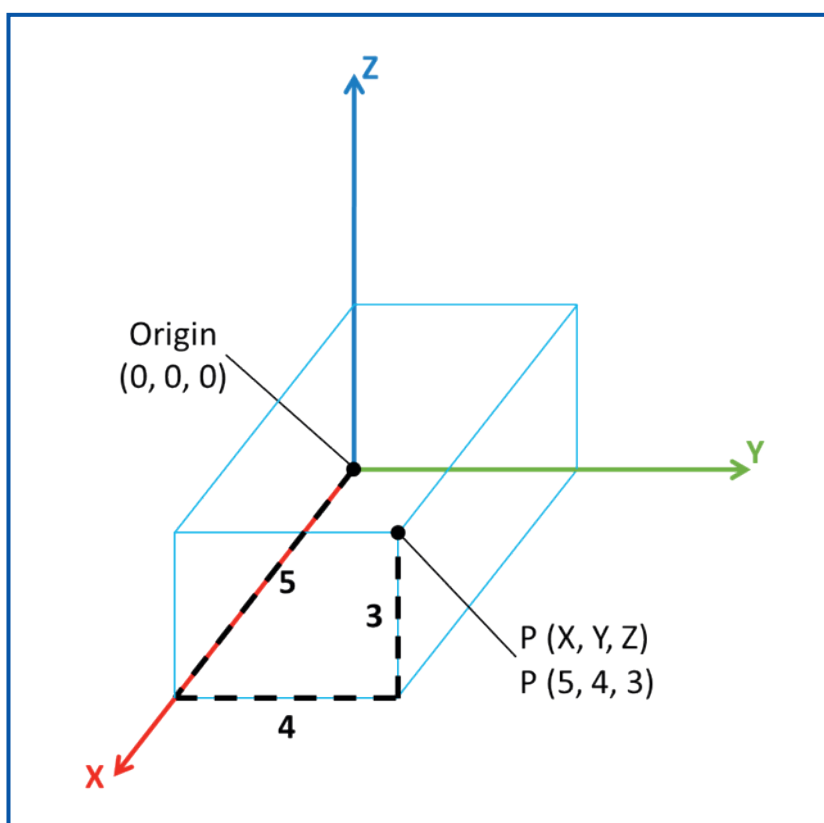
I sistemi di riferimento tridimensionali

Dopo aver compreso il ruolo fondamentale che hanno i fieldbus nel far sì che il sistema robotizzato comunichi e interagisca con gli altri componenti, vediamo in quale modo il sistema si orienta nell'ambiente.

Per poter **effettuare correttamente qualsiasi operazione**, il sistema robotizzato ha bisogno di **conoscere l'utensile** utilizzato e **la propria posizione** nell'ambiente circostante.

Queste informazioni gli vengono fornite dai **sistemi di riferimento tridimensionali**.

È importante inoltre definire le aree di lavoro in cui l'ARM dovrà lavorare.



Le terne di posizione

Un **sistema di riferimento tridimensionale** è costituito da **tre rette ortogonali** (posizionate a 90° l'una rispetto all'altra) e passanti per un punto comune detto **origine del sistema di riferimento**.

Ciascuna delle tre rette (denominate **X**, **Y** e **Z**) è un **asse cartesiano**.

L'insieme dei tre assi cartesiani definisce una **terna cartesiana**.

Le terne cartesiane, dette anche **terne di posizione**, costituiscono il **sistema di riferimento che definisce la posizione e l'orientamento dell'ARM**.

Le terne di posizione che costituiscono i sistemi di riferimento usati dal sistema robotizzato sono cinque. Ad esse va aggiunto un ulteriore sistema di riferimento che è la posizione dell'operatore.

Puoi identificare l'orientamento delle terne utilizzando «**la regola della mano destra**»

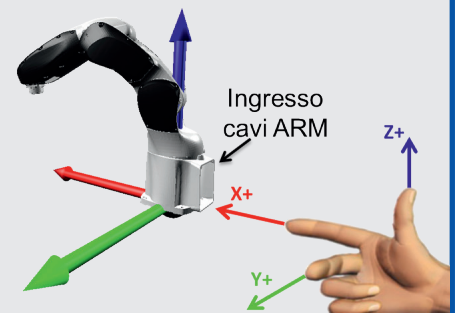
La regola della mano destra

La regola della mano destra è una convenzione per determinare l'orientamento e le direzioni positive degli assi cartesiani di una terna.

Tale regola prevede di utilizzare tre dita della mano destra e disporle come segue:

- il pollice deve seguire il verso dell'asse Z
- l'indice va in corrispondenza dell'asse X
- il medio andrà disposto perpendicolarmente al palmo della mano per determinare l'asse Y

In questa immagine mostriamo l'associazione tra la regola della mano destra e uno dei sistemi di riferimento del sistema robotizzato, in questo caso la terna Base. Questa e altre terne di posizione verranno approfondite nelle slide successive.



Visualizza il video “Terne di posizione”

La terna WORLD

La **terna WORLD** è una terna arbitraria che rappresenta l'origine dell'**ambiente circostante**. Questa terna è necessaria per posizionare gli oggetti nell'ambiente.

Posizionata idealmente la terna di riferimento WORLD, è necessario **definire la distanza e l'orientamento degli oggetti da questa terna** (ad esempio l'ARM).

La terna WORLD coincide solitamente con la terna BASE, dichiarando nulle le componenti di quest'ultima.

La terna BASE

È la terna utilizzata per **definire la posizione della base dell'ARM nello spazio**, mediante la distanza e l'orientamento **rispetto alla terna WORLD**.

La **distanza** viene espressa con tre valori che rappresentano le **coordinate X, Y e Z**, e l'**orientamento** con tre valori che rappresentano gli **angoli di Eulero A, E, R**.



Visualizza il PDF “Inserimento dati nella pagina DATA > BASE”

La terna TOOL

La **terna di riferimento TOOL** rappresenta la **posizione e l'orientamento dell'utensile**, riferito alla posizione della **flangia**.

Si consiglia di **orientare l'asse Z positiva (Z+)**, convenzionalmente, come se fosse un **prolungamento dell'utensile** stesso.

I valori della terna TOOL vengono salvati nella relativa **tabella**, visibile nella **pagina DATA**, con la possibilità di memorizzare fino a 64 **TOOL** differenti.

Definendo con precisione la terna del TOOL, il sistema robotizzato è in grado di **eseguire correttamente traiettorie cartesiane** con il TCP durante il movimento (questo argomento sarà approfondito nel Modulo 3).



Visualizza il PDF “Inserimento dati nella pagina DATA > TOOL”

La terna UFRAME

Le informazioni su **posizione e orientamento del piano di lavoro** nello spazio sono rappresentate tramite la **terna UFRAME** che viene descritta in **riferimento alla terna WORLD**.

Se si dichiarano nulle le sue componenti la **terna UFRAME** coincide con la **terna WORLD**.

L'**asse Z+** viene convenzionalmente posizionata **perpendicolare al piano di lavoro con verso uscente**.

Come per i TOOL, è possibile memorizzare fino a **valori** di 64 UFRAME nella relativa **tabella** visibile in **DATA Page**.

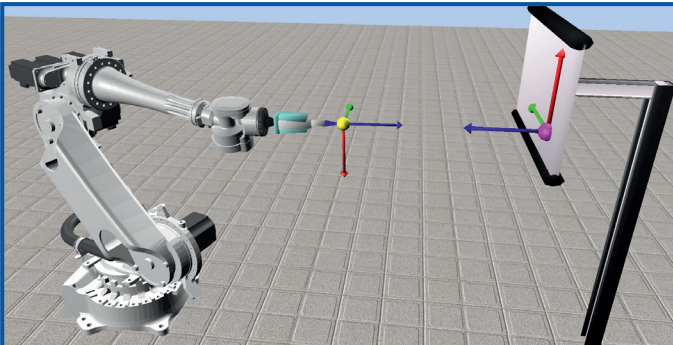
Come vedremo in seguito le **posizioni cartesiane** sono descritte a loro volta in riferimento alla terna UFRAME.



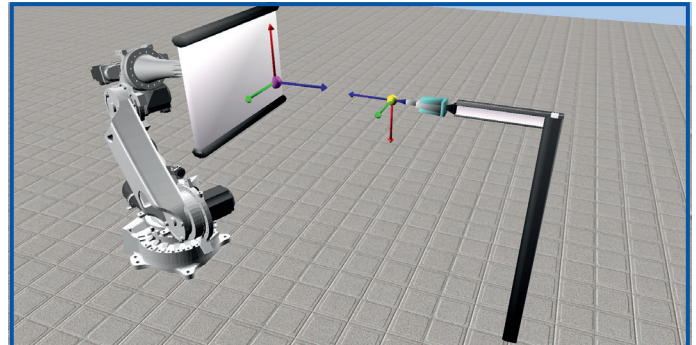
Visualizza il PDF “Inserimento dati nella pagina DATA > UFRAME”

Sistema TOOL / UFRAME locale e remoto

Le terne TOOL e UFRAME possono essere **locali** o **remote**.



- **Locali:** l'utensile è montato sulla flangia e il pezzo da lavorare è esterno all'ARM.



- **Remote:** l'utensile è esterno all'ARM e il pezzo da lavorare è montato sulla flangia.

In questo corso sono spiegate le procedure per il **calcolo delle terne locali**, le più utilizzate.

Le procedure per le terne remote sono del tutto assimilabili. Se sei interessato alle procedure di calcolo automatico di Tool e Uframe remoti scarica i video relativi disponibili in piattaforma.

Variabili di posizione

Oltre alle informazioni relative alle diverse terne, il sistema robotizzato ha bisogno di dettagliare meglio la sua posizione nello spazio.

Per **spostare il TCP** in una determinata posizione nello spazio, il sistema ne richiede le **relative coordinate**.

Esistono **tre tipologie** di variabili di posizione:

- JOINT POSITION
- POSITION
- EXTENDED POSITION.

JOINT POSITION

Le JOINT POSITION sono descritte dai **valori in gradi (o millimetri) degli assi dell'ARM**.

Questa tipologia di variabile di posizione è definita **assoluta** poiché **nessuna delle terne** di sistema ne **influenza il valore** e di conseguenza il **posizionamento finale dell'ARM**.

Le JOINT POSITION sono utilizzate per definire il **punto di fuori ingombro** all'interno della **cella**, detto **Home**, ed eventuali **posizioni di servizio e manutenzione** (es. posizioni che agevolano la manutenzione meccanica).

Punto di fuori ingombro

Con questa definizione ci si riferisce a una posizione che **non ingombra l'area di lavoro** dove operano altri macchinari o ARM.

Cella

Una cella è un'**area di lavoro**, definita e delimitata, all'interno della quale è installato meccanicamente l'**ARM**.

POSITION

Le POSITION servono per definire la **posizione del TCP rispetto all'origine dello UFRAME**.

Le POSITION sono **influenzate dalle terne BASE, TOOL e UFRAME**: POSITION e terne insieme determinano quale sarà il **posizionamento finale dell'ARM**. Per questo motivo quando si parla di POSITION si dice che si tratta di una "**posizione relativa**".

Quando si usa un programma di movimento per eseguire un ciclo di lavorazione, bisogna utilizzare le POSITION o EXTENDED POSITION.

EXTENDED POSITION

Le EXTENDED POSITION si usano quando si sta lavorando con **ARM dotati di assi ausiliari aggiuntivi**.

Le EXTENDED POSITION forniscono al sistema **informazioni cartesiane** relative alla posizione dell'ARM (come fanno le POSITION) e informazioni relative ai **valori dei singoli assi ausiliari** (come fanno le JOINT POSITION).

Le EXTENDED POSITION sono **influenzate dalle terne BASE, TOOL e UFRAME**, come succede per le POSITION.

Verifica \$CAL_SYS

Prima di eseguire qualsiasi operazione, come il calcolo automatico del Tool o dello Uframe o prima di iniziare la programmazione del movimento dell'ARM è necessario verificare la correttezza dei **dati di calibrazione**.

La procedura si esegue dalla **pagina EXECUTE**.

Le costanti di calibrazione di ogni asse permettono di **identificare** la **posizione di calibrazione \$CAL_SYS** dell'ARM.

Questa verifica consente di escludere errori sul movimento influenzati da eventuali dati di calibrazione non corretti.

Posizione di calibrazione \$CAL_SYS

La costante di ogni asse è definita dalla **differenza** tra la **posizione di zero del trasduttore** e quella di **zero meccanico dell'asse**, ossia la **posizione di calibrazione stessa**.



Visualizza il video “Verifica \$CAL_SYS”

Calcolo automatico del Tool

Le terne di posizione TOOL e UFRAME possono essere calcolate in automatico.

Qui di seguito ci occuperemo in particolare delle procedure per il calcolo delle terne locali, in quanto sono le più utilizzate.

Le procedure per il calcolo delle terne di riferimento remote sono del tutto assimilabili a quelle locali.

Il Terminale di Programmazione mette a disposizione un programma per il calcolo automatico della **terna TOOL**.

Esso consente di scegliere tra **due metodi di calcolo**:

- Metodo Standard
- Metodo 4 Punti.

Entrambi i metodi richiedono un **punto di riferimento**.

Punto di riferimento

Si tratta di un **qualsiasi punto fisico**, scelto nell'ambiente circostante all'ARM.

Quest'ultimo deve essere **fisso, stabile e visibile** all'utente. Possibilmente di **facile accesso** al TCP dell'ARM.

Metodo Standard

Questo metodo prevede l'**utilizzo di uno strumento calibrato**, con **misure note**, definito **Tool Master**. Il Tool Master è utilizzabile su **tutti i modelli** di ARM.

Tool Master

Il **Tool Master** è lo **strumento indispensabile** per effettuare il calcolo automatico del TOOL tramite il **metodo Standard**. Viene fornito esclusivamente dai **produttori** dell'ARM.

Le **misure** del Tool Master sono presenti **sul manuale di specifiche** tecniche dell'ARM. I **valori variano** in quanto, da modello a modello, la flangia dell'ARM varia.

Se i valori del Tool Master non sono già registrati, è possibile **inserirli manualmente** all'inizio della procedura.

Che significato hanno questi valori? Puoi scoprirlo consultando il documento "Valori del Tool Master" disponibile in piattaforma.



Visualizza il video "Metodo Standard"

Metodo 4 Punti

Se non si dispone del **Tool Master**, si utilizza questa procedura che prevede il **calcolo della posizione del TCP** tramite l'**acquisizione di posizioni** aventi lo stesso centro nel punto di riferimento prescelto **con orientamento diverso**.

Acquisizione di posizioni

Di solito, il risultato del calcolo è ottenuto a seguito della registrazione di **4 posizioni**. Nonostante questo, la procedura può richiedere fino a un **massimo di 8 posizioni** per determinare il TCP.

Bisogna tener conto però che **maggiore è il numero delle posizioni richieste minore sarà la precisione** del risultato ottenuto.

Se la procedura a seguito dell'inserimento dell'ottava posizione non ottiene un risultato sufficientemente preciso viene segnalato che la misura del Tool non è determinabile e che occorre **ripetere la procedura dall'inizio**.

Invece, se durante la registrazione delle posizioni l'orientamento dell'utensile viene ampiamente variato, pur mantenendo il TCP sul punto di riferimento, è possibile ottenere un risultato corretto anche con sole **3 posizioni**.

Successivamente, si passa al **calcolo dell'orientamento**, posizionando **prima la z+ poi la x+** in una delle direzioni della base, come visto con il Metodo Standard.



Visualizza il video "Metodo 4 punti"

Per assicurarsi che il calcolo sia andato a buon fine e per fare le prossime procedure correttamente («automatic Payload identification» e «calcolo automatico dello UFRAME») si consiglia, di procedere con la procedura di verifica del tool. Questa procedura verrà mostrata nella slide 36 di questo modulo.

Payload

È importante ricordare che il Tool, oltre alle caratteristiche della terna, possiede una massa, un baricentro e un'inerzia. Queste componenti fisiche, riassunte con il termine Payload, influiscono sui movimenti dell'ARM e, se non propriamente definite, ne peggiorano le prestazioni.

Con il termine **Payload** si indicano le **caratteristiche fisiche** (massa, baricentro e inerzia) del **carico** montato sull'ARM.

Per **definire correttamente** il Payload bisogna inserire i **valori** delle sue componenti all'interno delle tabelle nella **pagina DATA**.

Un **mancato o errato** Payload può portare il **TCP fuori traiettoria**, **influenzare negativamente la precisione dell'ARM** e condurre a una **maggior usura** della meccanica.

I **valori di Payload** vanno **inseriti** nel sistema **prima** del calcolo del Tool, in caso contrario il risultato non è preciso.

Automatic Payload Identification

Per la corretta definizione del payload si può usare il software Automatic Payload Identification.

L'**Automatic Payload Identification** è un software opzionale in grado di misurare le **caratteristiche dinamiche dell'utensile**, facendo eseguire alcuni movimenti all'ARM.

Gli assi coinvolti nei movimenti sono gli **assi 3, 5 e 6**.

Al termine della **procedura** l'algoritmo integrato è in grado di calcolare con esattezza **massa, baricentro e inerzia** dell'utensile.

Questi valori vengono salvati nella **tabella TOOL** della **pagina DATA**.

Eventuali carichi e attrezzature montati sul supporto in prossimità dell'asse 3 influiscono sul risultato del calcolo.



Visualizza il PDF "Automatic Payload Identification"

Procedura

Nel caso in cui non ci sia abbastanza spazio per permettere l'esecuzione della procedura è possibile **modificare il punto di partenza** o **limitare il movimento** di uno o più assi, per evitare gli ingombri presenti **pur mantenendo una ragionevole ampiezza**.

Calcolo automatico dello Uframe

Una volta calcolato il TCP è possibile infine effettuare il **calcolo dello Uframe**.

Per effettuare il calcolo dello Uframe, sono **necessari 3 punti**, che vengono acquisiti dal sistema portando il TCP sul piano di lavoro desiderato.

- Il **primo punto** stabilisce l'**origine del piano**
- il **secondo punto** stabilisce l'**asse X**
- il **terzo punto** stabilisce l'**orientamento del piano**.

Si hanno così tutti i valori della terna UFRAME, che risulta **allineata al piano di lavoro**.

Per effettuare la procedura del calcolo automatico dello Uframe, è necessario avere un tool correttamente calcolato. Si consiglia quindi, prima di procedere con il calcolo dell'uframe, di effettuare la procedura di verifica del tool. Questa procedura verrà mostrata nella slide 36 di questo modulo.



Visualizza il video “Calcolo automatico Uframe”

Verifica Tool e Uframe

Si consiglia di **verificare la correttezza dei calcoli a fine di ogni singola procedura**, sia per il calcolo del Tool, sia per il calcolo dello Uframe.

Un modo immediato per farlo è di muovere l'ARM come mostrato in video.



Visualizza il video “Verifica Tool e Uframe”