

nens - D:SollasiSollas\_V2.0.3iSollas\_V2.0.

Devices

# Motion Control con S7-1500T

siemens.com/simatic-technology

Le informazioni riportate in questo manuale tecnico contengono descrizioni o caratteristiche che potrebbero variare con l'evolversi dei prodotti e non essere sempre appropriate, nella forma descritta, per il caso applicativo concreto. Con riserva di modifiche tecniche.

Tutte le denominazioni dei prodotti possono essere marchi oppure denominazioni di prodotti della Siemens AG o di altre ditte fornitrici, il cui utilizzo da parte di terzi per propri scopi può violare il diritto dei proprietari.

Copyright © 2019 Siemens. All rights reserved.

### Sommario

Int	trodu	zione	1
1	Pa	noran	nica funzionalità Motion CPU T2
	1.1	Diff	erenza tra funzionalità S7-1500/S7-1500T2
	1.2	Ogę	getti Tecnologici2
	1.3	Rise	orse Motion Control3
	1.4	Rise	orse Extended Motion Control (S7-1500T)4
	1.5	Fun	zioni PLC OPEN4
	1.5	5.1	MC Power5
	1.5	5.2	MC Reset
	1.5	5.3	MC Home
	1.5	5.4	MC Halt8
	1.5	5.5	MC Move Jog9
	1.5	5.6	MC Move Velocity9
	1.5	5.7	MC Move Relative
	1.5	5.8	MC Move Absolute
	1.5	5.9	MC Move Superimposed11
	1.5	5.10	MC Set Sensor
	1.5	5.11	MC Measuring Input 12
	1.5	5.12	MC Measuring Input Cyclic 14
	1.5	5.13	MC Output Cam15
	1.5	5.14	MC Cam Track
	1.5	5.15	MC Motion In Velocity16
	1.5	5.16	MC Motion In Position17
2	Sir	ncroni	smi
	2.1	Intro	oduzione ai sincronismi
	2.1	1.1	Differenza tra Gearing relativo e assoluto 19
	2.1	1.2	Accoppiamento del valore istantaneo21
	2.2	МС	Gear In
	2.3	МС	Gear In Pos (CPU Tecnologica)

	2.4	MC	Phasing Relative	25
	2.5	MC	Phasing Absolute	25
	2.6	МС	Synchronized Motion In Simulation	26
	2.7	LAx	risCtrl	27
3	Car	nme		0
	3.1	Cor	nfigurazione	31
	3.1	.1	Editor Grafico	31
	3.1	.2	Metodo di Interpolazione	33
	3.1	.3	Limiti Dinamici	34
	3.2	Imp	lementazione	36
	3.2	.1	MC_InterpolateCam	36
	3.2	.2	MC_CamIn	36
	3.3	Libr	erie	40
	3.3	.1	LCISS - MC_CamInStandStill	40
	3.3	.2	LCamHdl – CreateCam	42
4	Cin	emat	tiche4	3
4	Cin 4.1	emat Def	tiche4 inizioni e teoria alla base	3 43
4	Cin 4.1 4.2	emat Def Cin	tiche4 inizioni e teoria alla base	-3 43 43
4	Cin 4.1 4.2 4.3	emat Def Cin Sist	tiche4 inizioni e teoria alla base ematiche supportate	3 43 43 45
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3	emat Def Cin Sist	tiche	-3 43 43 45 45
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3	emat Def Cin Sist .1	tiche	43 43 43 45 45 46
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3 4.3	emat Def Cin Sist .1 .2 .3	tiche	43 43 45 45 46 46
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3	emat Def Cin Sist .1 .2 .3	tiche	-3 43 43 45 45 46 46 46
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3	emat Def Cin Sist .1 .2 .3 .4 .5	tiche	43 43 43 45 45 46 46 47
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3	emat Def Cine Sist .1 .2 .3 .4 .5 Cor	tiche	43 43 45 45 46 46 46 47 48
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.4 4.4	emat Def Cin Sist .1 .2 .3 .4 .5 Cor .1	tiche	-3 43 43 45 45 46 46 46 47 48 48
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.4 4.4	emat Def Cin Sist .1 .2 .3 .4 .5 Cor .1 .2	tiche	3 43 43 45 45 45 46 46 46 47 48 48 49
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.4 4.4 4.4	emat Def Cind Sist .1 .2 .3 .4 .5 Cor .1 .2 .3	tiche	A3 43 45 45 45 46 46 46 47 48 48 49 49
4	Cin 4.1 4.2 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.3 4.4 4.4	emat Def Cind Sist .1 .2 .3 .4 .5 Cor .1 .2 .3 Par	tiche	A3 43 45 45 45 46 46 46 46 48 48 49 49 50

	4.5.2	Sistema di coordinate della cinematica	. 50
	4.5.3	Sistema di coordinate oggetto	. 51
	4.5.4	Strumenti	. 51
	4.5.5	Zone	. 51
4	.6 Cor	ifigurazione FB di movimentazione	. 53
	4.6.1	MC_MoveLinear Absolute	. 54
	4.6.2	MC_MoveCircularAbsolute	. 56
4	.7 Libr	erie cinematiche	. 58
	4.7.1	LKinCtrl v2.1	. 58
	4.7.2	MC_MovePath	. 59
	4.7.3	MC_JogFrame	. 59
	4.7.4	LKinMCtrl v2.0	. 61
	4.7.5	LKinLang v1.0	. 63
5	Riferime	nti64	1

### Introduzione

Il documento è una guida per l'utilizzo del controllore S7-1500 con funzione tecnologiche. Con S7-1500 Siemens ha reso possibile la gestione di funzioni motion control su dispositivi PLC, grazie all'implementazione software degli oggetti tecnologici. Infatti, grazie alle funzionalità di queste nuove CPU si è reso possibile la gestione delle applicazioni di motion di fascia media, medio/alta. Focus di questo documento saranno le funzioni motion control avanzate (disponibili solo su T-CPU) gestite da oggetti tecnologici. Verranno definite le principali differenze tra la CPU S7 1500 e S7 1500-T e inoltre verrà presentata una breve descrizione su come configurare opportunamente i TO\_Axis. Si analizzerà nel dettaglio come implementare funzioni di: sincronismo, camma elettronica e gestione delle cinematiche con un massimo di 4 assi interpolati.

Il documento non sostituisce il manuale ufficiale scaricabile dal SIOS a questo indirizzo LINK, ma è una sintesi che rende la trattazione più semplice e compatta anche grazie all'utilizzo di esempi.

## 1 Panoramica funzionalità Motion CPU T

### 1.1 Differenza tra funzionalità S7-1500/S7-1500T

Di seguito viene presentato un breve elenco delle funzionalità motion implementabili sulla famiglia di controllori S7-1500.

- Movimentazione di un asse tramite setpoint di velocità
- Posizionamenti relativi/assoluti di un asse
- Sincronismi in velocità tra assi (di posizione/sincroni)
- Sincronismi in velocità tra assi slave (sincroni) ed encoder esterni<sup>1</sup>
- Sincronismi in velocità con gestione della posizione di aggancio tra assi (di posizione/sincroni) e/o encoder esterni<sup>1</sup>
- Sincronismi tramite profili di camma<sup>1</sup>
- Cinematiche (fino a quattro assi interpolati, di cui tre per la posizione ed uno per l'orientamento dell'organo terminale)<sup>1</sup>

### 1.2 Oggetti Tecnologici

Gli oggetti tecnologici rappresentano gli oggetti reali (ad es. un azionamento) nel controllore. Il richiamo delle funzioni degli oggetti tecnologici avviene nel programma utente con l'impiego delle funzioni di Motion Control. Gli oggetti tecnologici comandano e regolano il movimento degli oggetti reali oltre a fornire informazioni di stato (ad es. la posizione attuale).

La configurazione degli oggetti tecnologici rappresenta le proprietà degli oggetti reali. I dati di configurazione vengono memorizzati in un blocco dati (DB).

Sono disponibili i seguenti oggetti tecnologici per il motion control:

### • 😭 Asse di velocità

L'oggetto tecnologico Asse di velocità ("TO\_SpeedAxis") consente di definire il numero di giri dell'azionamento. Il movimento dell'asse si programma con le istruzioni Motion Control.

### • i Asse di posizionamento

L'oggetto tecnologico Asse di posizionamento ("TO\_PositioningAxis") consente di posizionare l'azionamento con regolazione della posizione. Le istruzioni Motion Control consentono di impartire ordini di posizionamento all'asse nel programma utente.

### • 🔅 Asse sincrono

L'oggetto tecnologico Asse sincrono ("TO\_SynchronousAxis") contiene tutte le funzioni dell'oggetto tecnologico Asse di posizionamento. L'asse può essere inoltre interconnesso con un

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Funzionalità disponibile solo su CPU Tecnologica

valore master in modo che l'asse, nel sincronismo, segua la variazione di posizione di un asse master.

#### - I Encoder esterno

L'oggetto tecnologico encoder esterno ("TO\_ExternalEncoder") rileva una posizione e la mette a disposizione del controllore. La posizione rilevata può essere analizzata nel programma utente.

### • 🚣 Tastatore di misura

L'oggetto tecnologico Tastatore di misura ("TO\_MeasuringInput") rileva le posizioni reali in modo rapido, preciso e in funzione di un evento.

### • 🗖 Camme

L'oggetto tecnologico Camme ("TO\_OutputCam") genera segnali di commutazione in funzione della posizione di un asse o di un encoder esterno. I segnali di commutazione possono essere analizzati nel programma utente o attivare delle uscite digitali.

### • 🔣 Traccia di camma

L'oggetto tecnologico Traccia di camma ("TO\_CamTrack") genera una serie di segnali di commutazione in funzione della posizione di un asse o di un encoder esterno. Vengono sovrapposte fino a 32 camme singole e i segnali di commutazione vengono emessi come tracce. I segnali di commutazione possono essere analizzati nel programma utente o attivare delle uscite digitali.

### • 💊 Camma elettronica (S7-1500T)

L'oggetto tecnologico camma elettronica ("TO\_Cam") definisce una funzione f(x) tra la posizione di un asse master e quella di un asse slave. Le aree funzionali mancanti vengono interpolate<sup>2</sup>.

### • 🛛 🙀 Cinematica (S7-1500T)

L'oggetto tecnologico Cinematica ("TO\_Kinematics") consente l'interconnessione degli assi di posizionamento e degli assi sincroni alla cinematica. Nella configurazione dell'oggetto tecnologico Cinematica gli assi vengono interconnessi secondo il tipo di cinematica configurato<sup>3</sup>.

Per la configurazione degli oggetti tecnologici si rimanda al manuale <u>SIMATIC S7-1500 S7-1500T</u> <u>Motion Control V4.0 nel TIA Portal V15.</u>

### 1.3 **Risorse Motion Control**

Ogni CPU offre una quantità definita di "risorse Motion Control". Il totale delle risorse Motion Control disponibili è specificato nei dati tecnici della CPU<sup>4</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Per approfondimenti si rimanda a "Capitolo Camme"

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Per approfondimenti si rimanda a "Capitolo Cinematiche"

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Per la scelta della taglia della CPU in base alle risorse motion necessarie si rimanda all'utilizzo del TIA Selection Tool

Ogni oggetto tecnologico occupa delle risorse Motion Control:

Oggetto tecnologico	Risorse Motion Control occupate
Asse di velocità	40
Asse di posizionamento	80
Asse sincrono	160
Encoder esterno	80
Tastatore di misura	40
Camma	20
Traccia di camma	160

### 1.4 Risorse Extended Motion Control (S7-1500T)

Gli oggetti tecnologici camma elettronica e cinematica occupano risorse "Extended Motion Control". Analogamente alle Risorse Motion Control, il totale delle Risorse Extended Motion Control è specificato nei dati tecnici della CPU.

Oggetto tecnologico	Risorse Extended Motion Control occupate
Camma elettronica	2
Cinematica	30

N.B. Per visualizzare le risorse Motion Control di una CPU selezionare "Tool  $\rightarrow$  Memoria utilizzata" nel TIA Portal, come mostrato nell'immagine sottostante.

P	rogetto Modifica Visualizza Inserisci Online Strumenti 🕴 隆 🕞 Salva proqetto 💻 🗶 🗐 😱 🗙 崎 ⊄ 🖓	Tool Fire	🦉 Interrompi coller	gamento online		<foglia progetto=""></foglia>	-							Totally Integrated Auto	mation PORTAL	
	Navigazione del progetto	Riferimenti incrociati F11	PU 1515TF-2 PN]											Ordini		
	Dispositivi	Testi del progetto			Struttura di richiar	no 📳 Strutti	ura di dipendenze	📘 Tabella	di occup	azione	L M	emoria i	ıtilizzata	Opzioni	-	1
		Esporta testi del progetto Importa testi del progetto	LC_1				$\frown$							V Trova/sostituisci		rdini
ione	Portale 3D     Anniunni nuovo dispositivo	🚍 Genera sorgente dai blocchi 🔸	Memoria di carica	Memoria di progra	Memoria di lavoro Mi	emoria a ritenzio	Risorse Motion Con	1/0	60	N (	DO	AI 0%	AO	Troug		m
ĝ	d Dispositivi & Reti	🔢 Struttura di richiamo		0.4	0.4		10.4		00	~ .		0.4	- 4			8
I	PLC_1 [CPU 1515TF-2 PN]	11 Tabella di occupazione	non specificato	768000 byte	3145728 byte	484000 b te	2400	Configu	rato: 54	4	592	2	0			blio
ğ	Image: Second	II Struttura di dipendenze	- weith the	3052 byte	15222 byte	0 byte	240	Occu	ato: 32	7	320	0	0	Solo parole intere		teo
â	▶ 🛃 asse_y[521 1]	II Nemoria utilizzata	< 3				$\smile$							Maiuscole/minuscole		ii.
	▶ 🙀 asse_z [\$7	Confronta	30993 byte	1982 byte										Cerca in strutture subordinate		
	🕨 😓 Dispositi ruppati	Esporta dati CAx	13686 byte	784 byte										Cerca in testi nascosti		
	Impostazio     urity	E Importa dati CAx	97126 byte	286 byte										Usa segnaposti		
	🕨 👔 Dispositivi i 📥 segnati	Anolicazioni esterne	49486 byte		3834 byte	0 byte										
	Dati comur	Gestione biblioteche	20410 byte		11388 byte	0 byte	240							Usa espressioni regolari		
	Informazion		94424 byte											Giù Giù		
	Lingue & Risorse	12 Variabili PLC	3522 byte			0 byte								0.0		
	Accessi online													0.14		
	Card Readerimemoria USB													Trova		

### 1.5 Funzioni PLC OPEN

Le istruzioni Motion Control consentono l'esecuzione dei comandi di Motion sugli oggetti tecnologici. Nel TIA Portal le istruzioni Motion Control sono disponibili nel percorso "Istruzioni $\rightarrow$ Tecnologia  $\rightarrow$  Motion Control".

Le istruzioni Motion Control e il blocco dati tecnologico (DB legata al TO) permettono la programmazione del Motion tramite oggetti tecnologici. Con le istruzioni Motion Control si assegnano gli ordini Motion Control agli oggetti tecnologici nel programma utente. Dai parametri di uscita delle istruzioni Motion Control è possibile monitorare lo stato degli ordini in corso. Dal blocco dati tecnologico si richiamano le informazioni di stato dell'oggetto tecnologico e si modificano determinati parametri di configurazione durante il runtime.

N.B. Le istruzioni Motion Control sono conformi agli standard PLCopen (Versione 2.0).

## 1.5.1 **MC Power**

L'istruzione Motion Control "MC\_Power" consente di abilitare o disabilitare un oggetto tecnologico.

L'istruzione è applicabile a:

- Asse di velocità
- Asse di posizionamento
- Asse sincrono
- Encoder esterno



Un ordine " $MC_Power$ " non può essere annullato da nessun altro ordine Motion Control. Un ordine " $MC_Power$ " con il parametro "*Enable*" = *TRUE* abilita un oggetto tecnologico e non annulla pertanto nessun'altra istruzione Motion Control. Se l'oggetto tecnologico viene disabilitato (parametro "*Enable*" = *FALSE*) tutti gli ordini di movimento dell'oggetto in questione, vengono annullati in base allo "*StopMode*" selezionato. Quest'operazione non può essere interrotta dall'utente.

### 1.5.2 MC Reset

Con l'istruzione Motion Control "*MC\_Reset*" si confermano tutti gli allarmi tecnologici confermabili del programma utente. Con la conferma vengono resettati anche i bit "Error" e "Warning" nel blocco dati tecnologico. L'istruzione Motion Control "*MC\_Reset*" con "*Restart*" = *TRUE* consente di avviare la reinizializzazione (riavvio) degli oggetti tecnologici. In seguito al riavvio di questi oggetti vengono acquisiti nuovi dati di configurazione nel blocco dati tecnologico.

L'istruzione è applicabile a:

• Tutti gli oggetti tecnologici

L'elaborazione dell'istruzione *"MC\_Reset"* non può essere annullata da altri ordini Motion Control. L'esecuzione del comando con il parametro *"Restart" = TRUE* annulla gli ordini Motion Control in corso:

Per la conferma di allarmi tecnologici procedere nel modo seguente:

- 1. Controllare le condizioni sopra indicate.
- 2. Impostare il parametro "Restart" = FALSE
- 3. Avviare la conferma dell'errore mediante un fronte di salita del parametro "Execute".
- 4. Se il parametro "Done" visualizza il valore TRUE, l'errore è stato confermato

N.B. Impostare "*Restart*" = *FALSE* se devono essere confermati soltanto gli allarmi tecnologici. *Durante il riavvio l'oggetto tecnologico non è utilizzabile*!

### 1.5.3 MC Home

L'istruzione Motion Control *"MC\_Home"* consente di creare un riferimento tra la posizione sull'oggetto tecnologico e la posizione meccanica dell'asse/encoder. Il valore istantaneo di posizione sull'oggetto



tecnologico viene assegnato ad una tacca di riferimento. Questa tacca di riferimento rappresenta una posizione meccanica conosciuta.

La ricerca del punto di riferimento avviene secondo il modo di funzionamento selezionato nel parametro "Mode" e secondo la configurazione eseguita in "Oggetto tecnologico  $\rightarrow$  Configurazione  $\rightarrow$  Parametri avanzati  $\rightarrow$  Ricerca del punto di riferimento".

Per i valori della dinamica di accelerazione, ritardo e strappo vengono utilizzati i valori preimpostati *in* "Oggetto tecnologico  $\rightarrow$  Configurazione  $\rightarrow$  Parametri avanzati  $\rightarrow$  Preimpostazione della dinamica". L'istruzione è applicabile a:

- Asse di posizionamento
- Asse sincrono
- Encoder esterno



La tabella sottostante illustra i modi di funzionamento possibili con i vari oggetti tecnologici:

Modo di funzionamento	Asse di posizionamento/ Asse sincrono con encoder incrementale	Asse di posizionamento/ Asse sincrono con encoder assoluto	Encoder incrementale esterno	Encoder assoluto esterno
Ricerca attiva del punto di riferimento ("Mode" = 3, 5)	Х	-	-	-
Ricerca passiva del punto di riferimento ("Mode" = 2, 8,10)	Х	-	х	-
Impostazione della posizione attuale ("Mode" = 0)	Х	Х	х	х
Spostamento relativo della posizione attuale ("Mode" = 1)	х	х	х	х
Regolazione dell'encoder assoluto ("Mode" = 6, 7)	-	X	-	Х

Tabella 1 – Modi di funzionamento dell'istruzione "MC\_Home" possibili con i vari oggetti tecnologici

La tabella seguente mostra come un nuovo ordine Motion Control influisce sugli ordini di ricerca del punto di riferimento e di movimento in corso:

Ordine in corso ⇒ Nuovo ordine↓	MC_Home "Mode" = 2, 8, 10	MC_Home "Mode" = 3, 5	MC_Halt MC_MoveAbsolute MC_MoveRelative MC_MoveVelocity MC_MoveJog	MC_MoveSupe rimposed	MC_MotionIn Velocity MC_MotionIn Position
MC_Home "Mode" = 3, 5	Х	х	х	Х	Х
MC_Home "Mode" = 9	х	-	-	-	-
MC_Halt MC_MoveAbsolute MC_MoveRelative MC_MoveVelocity MC_MoveJog MC_MotionInVelocity MC_MotionInPosition	-	Х	Х	Х	Х
MC_MoveSuperimposed	-	-	-	Х	-
MC_GearIn	-	Х	Х	Х	-
MC_GearInPos (in attesa)	-	-	-	-	-
MC_GearInPos	-	X	Х	Х	
MC_CamIn (in attesa)	-	-	-	-	-
MC_CamIn	-	X	Х	Х	-

Tabella 2 - Ordini di priorità di ricerca del punto di riferimento e di movimento

- *X* L'ordine in corso viene annullato con "CommandAborted" = TRUE.
- Nessun effetto. L'esecuzione dell'ordine in corso prosegue.

Modo di funzionamento:

- 0. Ricerca diretta del punto di riferimento (assoluta). La posizione attuale dell'oggetto tecnologico viene impostata sul valore del parametro *"Position"*.
- 1. Ricerca diretta relativa del punto di riferimento (relativa). La posizione attuale dell'oggetto tecnologico viene spostata del valore del parametro "*Position*".
- Ricerca passiva del punto di riferimento (senza reset). Stessa funzionalità di "Mode" 8 con la differenza che lo stato "Ricerca del punto di riferimento eseguita" non viene resettato con l'attivazione della funzione.
- Ricerca attiva del punto di riferimento. L'oggetto tecnologico "Asse di posizionamento/Asse sincrono " effettua, secondo la configurazione, uno spostamento nel punto di riferimento. Terminato questo movimento, l'asse si trova sul valore del parametro "Position".
- 4. RISERVATO
- Ricerca attiva del punto di riferimento (parametro "Position" inefficacie). L'oggetto tecnologico
  "Asse di posizionamento/Asse sincrono " effettua, secondo la configurazione, uno spostamento
  nel punto di riferimento. Al termine del movimento l'asse si trova sul punto di riferimento

configurato alla voce "Oggetto tecnologico  $\rightarrow$  Configurazione  $\rightarrow$  Parametri avanzati  $\rightarrow$  Ricerca attiva del punto di riferimento".

- Regolazione dell'encoder assoluto (relativo). La posizione attuale viene spostata del valore del parametro "Position". L'offset del valore assoluto calcolato viene salvato nelle memoria a ritenzione della CPU.
- Regolazione dell'encoder assoluto (assoluto). La posizione attuale viene impostata sul valore del parametro "Position". L'offset del valore assoluto calcolato viene salvato nella memoria a ritenzione della CPU.
- 8. Ricerca passiva del punto di riferimento. Quando viene riconosciuta la tacca di riferimento, il valore istantaneo viene impostato sul valore del parametro *"Position"*.
- 9. Annullamento della ricerca passiva del punto di riferimento. L'ordine in corso per la ricerca passiva del punto di riferimento viene annullato.
- Ricerca passiva del punto di riferimento (parametro "Position" inefficace). Al riconoscimento della tacca di riferimento il valore istantaneo viene impostato sul punto di riferimento configurato alla voce "Oggetto tecnologico → Configurazione → Parametri avanzati → Ricerca passiva del punto di riferimento".

N.B. Per verificare che l'oggetto tecnologico sia stato correttamente referenziato, fare riferimento al bit 5 della status word del blocco dati tecnologico e non al bit "Done" dell'istruzione "MC\_Home".

### 1.5.4 MC Halt

L'istruzione Motion Control *"MC\_Halt"* consente la decelerazione di un asse fino all'arresto. Con i parametri *"Jerk"* e *"Deceleration"* si definisce il comportamento dinamico in caso di frenata. L'istruzione è applicabile a:

- Asse di velocità
- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

MC\_HALT **₽**6 EN ENO Axis Done -Execute Busy ' CommandAbort Deceleration ed lerk Error AbortAccelerati Errorld on

L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_Halt" è descritto nella Tabella 2.

## 1.5.5 MC Move Jog

L'istruzione Motion Control "MC\_MoveJog" consente il movimento dell'asse in marcia manuale. Con i parametri "Velocity", "Jerk", "Acceleration" e "Deceleration" si definisce il comportamento dinamico in caso di movimento.

L'istruzione è applicabile a:

- Asse di velocità
- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

Il parametro "Velocity" per un Asse di posizionamento/Asse sincrono predefinisce una velocità (espressa nell'unità di misura configurata all'interno dell'oggetto tecnologico), per un Asse di velocità predefinisce un numero di giri.

L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MoveJog" è descritto nella Tabella 2.

Il parametro "PositionControlled" quando impostato al valore "TRUE":

- Se si sta utilizzando un asse di velocità il parametro viene ignorato.
- Se si sta utilizzando un Asse di posizionamento/Asse sincrono, sfrutta la posizione misurata dall'encoder per effettuare un controllo ad anello chiuso per il comando di velocità.

### 1.5.6 MC Move Velocity

L'istruzione Motion Control "MC\_MoveVelocity" consente il movimento dell'asse con una velocità/numero di giri costante. Con i parametri "Velocity", "Jerk", "Acceleration" e "Deceleration" si definisce il comportamento dinamico in caso di movimento.

L'istruzione è applicabile a:

- Asse di velocità
- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

Il parametro "Velocity" per un Asse di posizionamento/Asse sincrono predefinisce una velocità (espressa nell'unità di misura configurata all'interno dell'oggetto tecnologico), per un Asse di velocità predefinisce un numero di giri.

	MC_MOVE	EVELOCITY	
		2 C	
	EN	ENO	
_	Axis	InVelocity	
	Execute	Busy	
_	Velocity	CommandAbort	
	Acceleration	ea	_
_	Deceleration	Error	_
	Jerk	Errorld	
	Direction		
	Current		
	PositionControll ed		



Il parametro "PositionControlled" quando impostato al valore "TRUE":

- Se si sta utilizzando un asse di velocità il parametro viene ignorato.
- Se si sta utilizzando un Asse di posizionamento/Asse sincrono, sfrutta la posizione misurata dall'encoder per effettuare un controllo ad anello chiuso per il comando di velocità.

La differenza tra questa istruzione e il comando "MC\_MoveJog" sta nel fatto che quest'ultima è sensibile al livello logico del bit di abilitazione del comando (l'istruzione viene eseguita fin tanto che il valore del bit in ingresso al parametro "JogForward" o "JogBackward" è impostato a "1"), mentre il comando "MC\_MoveVelocity" è sensibile al fronte di salita del bit in ingresso al parametro "Execute". L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MoveVelocity" è descritto nella Tabella 2.

## 1.5.7 MC Move Relative

L'istruzione Motion Control "MC\_MoveRelative" consente la traslazione relativa di un asse sulla posizione in cui si trovava all'inizio dell'elaborazione dell'ordine. Con i parametri "Velocity", "Jerk", "Acceleration" e "Deceleration" si definisce il comportamento dinamico in caso di movimento.

L'istruzione è applicabile a:

- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MoveRelative" è descritto nella Tabella 2.

	MC_MOVE	RELATIVE	
	EN	ENO	
-	Axis	Done	
	Execute	Busy	
	Distance	CommandAbort	
	Velocity	Eu	
	Acceleration	Error	
	Deceleration	Errorld	
	Jerk		

### 1.5.8 MC Move Absolute

L'istruzione Motion Control "MC\_MoveAbsolute" consente la traslazione dell'asse sulla posizione

assoluta. Con i parametri "Velocity", "Jerk", "Acceleration" e "Deceleration" si definisce il comportamento dinamico in caso di movimento.

L'istruzione è applicabile a:

- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MoveAbsolute" è descritto nella Tabella 2.

Per poter eseguire l'istruzione l'oggetto tecnologico deve essere referenziato.

### 1.5.9 MC Move Superimposed

L'istruzione Motion Control "MC\_MoveSuperimposed" consente di avviare un movimento di posizionamento relativo che si sovrappone a un movimento di base in corso. Con i parametri "VelocityDiff", "Jerk", "Acceleration" e "Deceleration" si definisce il comportamento dinamico del movimento. I valori dinamici vengono sommati ai valori del movimento di base. La durata del movimento di base non viene prolungata dal movimento di sovrapposizione. La dinamica del movimento complessivo dell'asse risulta dalla somma dei valori dinamici del movimento di base e del movimento sovraimposto. Il comportamento del movimento complessivo varia a seconda del movimento di base:

- Il movimento di base è un movimento dell'asse singolo:
  - La dinamica del movimento sovrapposto corrisponde al massimo alla differenza tra i valori dinamici attuali del movimento di base e i limiti dinamici.
  - Il movimento complessivo è limitato ai limiti dinamici configurati.
- Il movimento di base è un movimento sincrono:
  - La dinamica del movimento sovrapposto corrisponde al massimo alla differenza tra i valori dinamici attuali del movimento di base e i limiti dinamici.
  - Il movimento sincrono dell'asse slave non è limitato ai limiti dinamici dell'asse.
  - Un ordine "MC\_MoveSuperimposed" in un asse master nel sincronismo influisce sia sull'asse master che sull'asse slave.
  - Un ordine "MC\_MoveSuperimposed" in un asse slave nel sincronismo influisce solo sull'asse slave.



L'istruzione è applicabile a:

- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MoveSuperimposed" è descritto nella

Tabella 2.



## 1.5.10 MC Set Sensor

Con l'istruzione Motion Control "MC\_SetSensor" si commuta l'encoder per la regolazione della posizione

dell'asse. Con il parametro "Mode" 2 e 3 è possibile adattare il valore

istantaneo dell'encoder indirizzato senza commutazione.

L'istruzione è applicabile a:

- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

Un ordine "MC\_SetSensor" non viene annullato da nessun altro ordine Motion Control e non interrompe nessun ordine Motion Control in corso.

## 1.5.11 MC Measuring Input

L'istruzione Motion Control "MC\_MeasuringInput" consente di avviare un ordine di misura unico. Con la misura unica è possibile rilevare uno o due fronti con un singolo ordine di misura. All'evento di misura

viene assegnata la posizione dell'oggetto tecnologico Asse o Encoder esterno. Il risultato della misura viene visualizzato nel blocco funzionale e nel blocco dati tecnologico e può essere elaborato ulteriormente nel programma utente. A questo punto l'ordine di misura è terminato. Per eseguirne uno nuovo lo si deve riavviare con "MC\_MeasuringInput.Execute" = TRUE. L'istruzione è applicabile a:

Tastatore di misura

L'ordine di misura singolo può essere annullato attraverso il comando Motion Control "MC\_AbortMeasuringInput".





L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MeasuringInput" è descritto nella seguente tabella:

Ordine in corso ⇒ Nuovo ordine ↓	MC_MeasuringInput	MC_MeasuringInputCyclic
MC_Home "Mode" = 2, 3, 5, 8, 9, 10	X	X
MC_Home "Mode" = 0, 1, 6, 7	-	-
MC_MeasuringInput MC_MeasuringInputCyclic MC_AbortMeasuring_input	x	x

Tabella 3 – Ordini di priorità del tastatore di misura

X L'ordine in corso viene annullato con "CommandAborted" = TRUE.

- Nessun effetto. L'esecuzione dell'ordine in corso prosegue.

N.B. Non è possibile eseguire le misure con PROFIdrive mentre è in corso una ricerca del punto di riferimento attiva o passiva.

## 1.5.12 MC Measuring Input Cyclic

L'istruzione Motion Control "MC\_MeasuringInputCyclic" consente di avviare una misura ciclica. Nella

misura ciclica il sistema rileva fino a due risultati di misura in ogni clock del servo e visualizza le rispettive posizioni di misura. Le misure continuano ciclicamente finché il comando non termina. L'istruzione è applicabile a:

• Tastatore di misura

L'ordine di misura ciclico può essere annullato attraverso il comando Motion Control "MC\_AbortMeasuringInput". L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MeasuringInputCyclic" è descritto nella

Tabella 3.

N.B. La misura ciclica può essere effettuata solo tramite TM Timer DIDQ.



## 1.5.13 MC Output Cam

L'istruzione Motion Control "MC\_OutputCam" consente di attivare la camma impostata. Sono disponibili i seguenti parametri a seconda del tipo di camma: MC\_OUTPUTCAM



Con i parametri "Mode" e "Direction" si definisce il modo di

funzionamento e la direzione di azione della camma.

Se "MC\_OutputCam.Enable" = TRUE i parametri di ingresso vengono sempre letti e si attivano con il clock servo successivo. In caso di allarme tecnologico la camma viene nuovamente elaborata dopo la conferma dell'errore.

L'istruzione è applicabile a:

Camme •

L'istruzione "MC\_OutputCam" viene annullata da:

- Blocco della camma con "MC\_OutputCam.Enable" = FALSE
- Nel programma utente può essere attiva una sola istanza del blocco funzionale "MC OutputCam" • su una camma. Una seconda istanza del blocco funzionale "MC OutputCam" su una camma già attiva viene respinta con un errore.

## 1.5.14 MC Cam Track

L'istruzione Motion Control "MC\_CamTrack" consente di abilitare l'elaborazione di una traccia di camma. Una traccia di camma è costituita da più elementi "Camma" (fino a 32) che attivano una stessa uscita. L'istruzione è applicabile a:

• Traccia di camma

"MC\_CamTrack" viene interrotto dal blocco della traccia di camma con "MC\_CamTrack.Enable" = FALSE.

Nel programma utente può essere attiva una sola istanza del blocco funzionale "MC\_CamTrack" su una traccia di camma.

Una seconda istanza del blocco funzionale "MC\_CamTrack" su una traccia di camma già attiva viene respinta con un errore.

Nel caso di una modifica dei parametri dell'istruzione Motion Control "MC\_CamTrack" o del blocco dati tecnologico la traccia di camma viene ricalcolata. La traccia di camma viene elaborata in base a tutti i parametri predefiniti.

N.B. Nel caso in cui un elemento della traccia di camma abbia, all'interno del campo di definizione dell'elemento stesso, la posizione iniziale maggiore o uguale di quella finale, è necessario modificare il valore del parametro *"Configurazione \rightarrow Parametri Avanzati \rightarrow Misura traccia \rightarrow Posizione di riferimento asse" in modo tale che risulti che la posizione iniziale dell'elemento sia sempre strettamente minore di quella finale (per un TO Camma singola non è necessario ridefinire la posizione di riferimento in questa situazione).* 

## 1.5.15 MC Motion In Velocity

Con l'istruzione Motion Control "MC\_MotionInVelocity" si predefiniscono, come movimento di base, setpoint di movimento applicativi ciclici per la velocità e l'accelerazione dell'asse. Non viene calcolato un

profilo della velocità, i valori sono attivi direttamente nell'oggetto tecnologico. I limiti della dinamica non sono validi. La predefinizione del movimento tramite MotionIn può essere sovrapposta con un ordine "MC\_MoveSuperimposed".

Con il parametro "Velocity" si predefinisce la velocità di riferimento e con "Acceleration" l'accelerazione di





MC MOTIONINVELOCITY **B** EN ENO 1 false  $\langle n \rangle =$ Axis Busy -CommandAbort false — Enable 🗕 false ed -0.0 - Velocity Error -false 0.0 -Acceleration Errorld - 16#0 PositionControll true -- ed

L'istruzione è applicabile a:

- Asse di velocità
- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MotionInVelocity" è descritto nella Tabella 2 .

### 1.5.16 MC Motion In Position

Con l'istruzione Motion Control "MC\_MotionInPosition" si predefiniscono setpoint del movimento applicativi ciclici per la posizione, velocità e l'accelerazione come movimento di base dell'asse. Non viene calcolato un profilo della velocità, i valori sono attivi direttamente nell'oggetto tecnologico. I limiti della dinamica non sono validi. La predefinizione del movimento tramite MotionIn può essere sovrapposta con un ordine "MC MoveSuperimposed".

Con il parametro "Position" si predefinisce la posizione di riferimento. Con il parametro "Velocity" si predefinisce la velocità di riferimento. La velocità di riferimento viene utilizzata come valore di precomando se è attivato il precomando della velocità. Se l'ordine "MotionInPosition" viene sostituito da un altro ordine Motion Control, la velocità viene impostata sulla velocità di riferimento dell'ordine "MC\_MotionInPosition". Con il parametro "Acceleration" si predefinisce l'accelerazione di riferimento. L'accelerazione di riferimento ha validità soltanto quando l'ordine "MC\_MotionInPosition" viene sostituito da un altro ordine Motion Control. Per l'accelerazione viene impostata l'accelerazione di riferimento dell'ordine "MC\_MotionInPosition". Se l'accelerazione di riferimento è uguale a zero, al momento della sostituzione, il valore viene impostato sull'accelerazione

zero.

L'istruzione è applicabile a:

- Asse di posizionamento
- Asse sincrono

L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_MotionInPosition" è descritto nella Tabella 2.

MC MOTIONINPOSITION 26 ENO EN  $\langle n \rangle$ false Axis Busy false – CommandAbort Enable ed false 0.0 Position false Error 0.0 Velocity 16#0 Errorld 0.0 Acceleration

## 2 Sincronismi

### 2.1 Introduzione ai sincronismi

Con il termine "Sincronismo" ci si riferisce al movimento sincronizzato di due assi, un asse detto "master" ed un asse detto "slave".

Nelle CPU SIMATIC della famiglia S7-1500 l'asse master e gli assi slave sono accoppiati attraverso l'oggetto tecnologico "TO\_SynchronousAxis" (asse sincrono).

Sono disponibili le seguenti modalità di sincronizzazione per l'accoppiamento:

- Gearing definisce la relazione di sincronismo attraverso numeratore e denominatore del fattore di riduzione
- Camming definisce la relazione di sincronismo attraverso una funzione chiamata "Camma elettronica"

#### La seguente

Tabella 4 da una panoramica delle funzionalità e una lista delle funzioni Motion Control che possono essere utilizzate nel programma utente.

FUNZIONALITA'	SIMATIC S7-1500(F)	SIMATIC S7-1500T(F)
Gearing senza sincronizzazione della posizione	MC_GearIn	MC_GearIn
Gearing su Encoder esterno senza sincronizzazione della posizione		MC_GearIn
Gearing con sincronizzazione della posizione		MC_GearInPos
Gearing su Encoder esterno con sincronizzazione della posizione		MC_GearInPos
Profili di camma		MC_CamIn

#### Tabella 4 - Tabella funzionalità sincronismi

N.B: se entrambi gli assi sono in sincronismo, l'asse slave segue il movimento dell'asse master senza tenere in considerazione i propri limiti dinamici. I limiti dinamici dell'asse slave sono tenuti in considerazione solo durante la fase di sincronizzazione (fase precedente alla fase di sincronismo).

I sincronismi tra assi sono solitamente suddivisi in varie fasi:

- Non sincronizzato L'asse master e gli assi slave sono completamente indipendenti tra loro e possono essere mossi separatamente. Non sussiste nessuna relazione di sincronizzazione tra i due assi.
- In attesa di sincronismo L'ordine di accoppiamento dell'asse slave con l'asse master è stato commissionato dal controllore attraverso l'istruzione Motion Control corrispondente. L'asse slave è in attesa finché la condizione di partenza del processo di sincronizzazione sia soddisfatta. Questa fase è indicata dal parametro "Busy" in uscita dal blocco funzionale della relativa istruzione Motion Control.

 Sincronizzazione – La condizione di partenza per la fase di Sincronizzazione è stata raggiunta e l'asse slave è sincronizzato al valore guida dell'asse master. Questa fase è indicata dal parametro "StartSync" in uscita dal blocco funzionale della relativa istruzione Motion Control (N.B. Per l'istruzione "MC\_GearIn" la fase di Sincronizzazione inizia appena viene impartito l'ordine attraverso il parametro "Execute"). La fase di sincronizzazione è, inoltre, identificabile attraverso il bit "Synchronizing" della status word dell'asse slave (<FollowingAxis>.StatusWord.X21).

N.B: I due assi sono accoppiati senza tenere in considerazione delle rispettive unità di misura parametrizzate all'interno dell'oggetto tecnologico dall'utente e non sono convertite. Ad esempio, se l'asse master è un asse lineare che si muove di 10mm, se l'asse slave è un asse rotatorio accoppiato in gearing con fattore di riduzione 1:1 si muoverà di 10°.

Movimento sincrono – Il processo di sincronizzazione dell'asse slave con l'asse master è completato. Entrambi gli assi si muovono in maniera sincrona. L'asse slave segue il valore guida dell'asse master definito attraverso la relazione del sincronismo. Questa fase indicata dal parametro "InGear" (per le operazioni di sincronizzazione senza posizione sincrona) o "InSync" (per le operazioni di sincronizzazione con posizione sincrona). La fase di sincronizzazione è, inoltre, identificabile attraverso il bit "Synchronous" della status word dell'asse slave (<FollowingAxis>.StatusWord.X22).

N.B. L'asse slave può seguire il master all'interno dei suoi limiti della dinamica. Se i limiti dinamici sono superati, la relazione sincrona può essere terminata, ad esempio a causa di un errore di inseguimento.

### 2.1.1 Differenza tra Gearing relativo e assoluto

La funzione di trasferimento di un'operazione di Gearing è rappresentata da una costante, specificata dal rapporto tra un numeratore ed un denominatore. Tale rapporto prende il nome di fattore di riduzione (o gear factor/ratio). Il setpoint dell'asse slave è determinato moltiplicando il valore di riferimento dell'asse master per tale rapporto.





Figura 1 - Esempio di Gearing

Nel Gearing relativo (o gearing senza posizione sincrona), l'asse slave viene sincronizzato all'asse master specificando la dinamica che l'asse slave seguirà in fase di sincronizzazione. Non appena l'asse slave è sincrono all'asse master, la loro relazione di posizione reciproca non è più soggetta a cambiamenti. Non è possibile definire una posizione sincrona per la fase di sincronizzazione.



Figura 2 - Sincronismo senza posizione sincrona

N.B. È possibile eseguire un'operazione di sincronismo con posizione sincrona posizionando gli assi nella posizione desiderata ed avviando l'operazione di sincronismo ad assi fermi.

Nel Gearing assoluto (o Gearing con posizione sincrona) l'asse slave può essere sincronizzato con il master su una posizione sincrona predefinita oppure lungo una distanza predefinita. Il processo di sincronizzazione dell'asse slave con il master è calcolato in base alle specifiche posizioni dei due assi, in modo tale che entrambi raggiungano la posizione sincrona specificata quando sono in sincronismo.



Figura 3 - Sincronismo con posizione sincrona

N.B. Per il movimento di compensazione dell'asse slave tenere presenti i limiti dinamici e le direzioni di movimentazione dell'asse slave permesse.

### 2.1.2 Accoppiamento del valore istantaneo

Per le applicazioni nelle quali non è possibile un accoppiamento del setpoint (ad es. con l'impiego di un encoder esterno) **la CPU S7-1500T consente anche l'accoppiamento del valore istantaneo per il sincronismo**. Con l'accoppiamento del valore istantaneo viene utilizzata come valore master la posizione attuale estrapolata di un oggetto tecnologico. Vengono, tuttavia, generati tempi di ritardo causati dall'elaborazione dei valori istantanei. Per compensare questi tempi di ritardo il valore istantaneo viene estrapolato sul lato del valore master. Con l'estrapolazione è possibile compensare le differenze del valore istantaneo a velocità costante o ad accelerazione/decelerazione costanti.

Il tempo di estrapolazione è composto da una percentuale dipendente dall'asse master e da una percentuale dipendente dall'asse slave predefinita dall'utente:

- La percentuale dipendente dall'asse master viene calcolata automaticamente e visualizzata nella variabile dell'oggetto tecnologico <TO>.Extrapolation.LeadingAxisDependentTime.
- La percentuale dipendente dall'asse slave viene calcolata automaticamente e visualizzata sull'asse slave nella variabile dell'oggetto tecnologico

<TO>.StatusPositioning.SetpointExecutionTime. Il valore di questa variabile deve essere indicato nella configurazione dell'asse master (<TO>.Extrapolation.FollowingAxisDependentTime) sotto la voce "Parametri avanzati → Estrapolazione valore istantaneo".



### 2.2 MC Gear In

L'istruzione Motion Control "MC\_GearIn" consente di avviare un sincronismo tra un asse master e un asse slave. Con i parametri "Jerk", "Acceleration" e "Deceleration" si definisce il comportamento dinamico dell'asse slave durante la sincronizzazione.

La durata e il percorso della sincronizzazione dipendono dai seguenti parametri:

- Momento di inizio dell'ordine "MC\_GearIn"
- Dinamica dell'asse slave al momento dell'avvio
- Dati dinamici predefiniti per la sincronizzazione
- Dinamica dell'asse master

Il fattore di riduzione viene predefinito come rapporto tra due numeri interi nei parametri "RatioNumerator" e "RatioDenominator" (numeratore/denominatore). Il numeratore del fattore di riduzione può essere positivo o negativo.

Si ha quindi il seguente comportamento:

- Fattore di riduzione positivo: L'asse master e l'asse slave si muovono nella stessa direzione.
- Fattore di riduzione negativo: L'asse slave si sposta nella direzione contraria all'asse master.

Il sincronismo si può avviare sia quando l'asse master è fermo sia quando è in movimento. L'istruzione è applicabile a:

Asse sincrono

L'asse master deve essere un asse di posizionamento, un asse sincrono o un encoder esterno (solo per CPU Tecnologiche).

Quando il parametro "InGear" visualizza il valore TRUE, l'asse slave è stato sincronizzato e si sposta in sincronismo con l'asse master. I parametri "InGear" e "Busy" visualizzano il valore "TRUE" fino a quando l'ordine "MC\_GearIn" non viene sostituito da un altro ordine Motion Control.

Il blocco dell'asse slave con "MC\_Power.Enable" = FALSE interrompe il sincronismo in qualsiasi stadio. Il blocco dell'asse master con "MC\_Power" non interrompe, invece, il sincronismo. L'asse slave segue l'asse master anche durante la rampa di frenata e dopo la nuova abilitazione dell'asse master. L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_Gearln" è descritto nella seguente

Tabella 5.



Ordine in corso ⇒ Nuovo ordine <b>⊎</b>	MC_GearIn	MC_GearInPos in attesa <sup>1)</sup>	MC_GearInPos attivo <sup>2)</sup>	MC_Phasing- Absolute MC_Phasing- Relative	MC_CamIn in attesa <sup>1)</sup>	MC_CamIn attivo <sup>2)</sup>
MC_Home "Mode" = 3, 5	х	-	-	-	-	-
MC_Halt	Х	-	Х	Х	-	Х
MC_MoveAbsolute MC_MoveRelative MC_MoveVelocity MC_MoveJog	x	-	х	x	-	х
MC_MotionInVelocity MC_MotionInPosition	x	х	x	-	х	х
MC_MoveSuperimposed	-	-	-	-	-	-
MC_GearIn	Х	Х	Х	Х	Х	Х
MC_GearInPos in attesa <sup>1)</sup>	-	Х	-	-	Х	-
MC_GearInPos <sup>2)</sup>	Х	Х	Х	Х	Х	Х
MC_PhasingAbsolute MC_PhasingRelative	-	-	-	x	-	-
MC_CamIn in attesa <sup>1)</sup>	-	Х	-	-	Х	-
MC_CamIn attivo <sup>2)</sup>	X	X	X	Х	X	X

Tabella 5 – Ordini di priorità sincronismi

- *X* L'ordine in corso viene annullato con "CommandAborted" = TRUE.
- Nessun effetto. L'esecuzione dell'ordine in corso prosegue.
- Un ordine di sincronismo in attesa ("Busy" = TRUE, "StartSync" = FALSE, "InSync" = FALSE) non interrompe alcun ordine in esecuzione. Un ordine di sincronismo in attesa può essere sostituito soltanto da un altro ordine sullo stesso asse slave. L'interruzione è possibile con "MC\_Power".
- 2) Lo stato "Busy" = TRUE, "StartSync" oppure "InSync" = TRUE corrisponde ad un sincronismo attivo.

## 2.3 MC Gear In Pos (CPU Tecnologica)

L'istruzione Motion Control "MC\_GearInPos" consente di avviare un sincronismo del riduttore tra un asse

master e un asse slave. Il sincronismo viene sincronizzato prima rispetto alle posizioni sincrone predefinite per asse master e asse slave. Sono possibili i seguenti tipi di sincronizzazione.

- Sincronizzazione mediante parametri della dinamica (SyncProfileReference = 0)
- Sincronizzazione mediante percorso del valore master (SyncProfileReference = 1)

Il fattore di riduzione viene predefinito come rapporto tra due numeri interi nei parametri "RatioNumerator" e "RatioDenominator" (numeratore/denominatore). Il numeratore del fattore di riduzione può essere positivo o negativo. Si ha quindi il seguente comportamento:

- Fattore di riduzione positivo: L'asse master e l'asse slave si muovono nella stessa direzione.
- Fattore di riduzione negativo: L'asse slave si sposta nella direzione contraria all'asse master.

Il sincronismo si può avviare sia quando l'asse master è fermo sia quando è in movimento.

L'istruzione è applicabile a:

Asse sincrono

L'istruzione è disponibile solo su CPU Tecnologiche. L'asse master deve essere un asse di posizionamento, un asse sincrono o un encoder esterno

Quando il parametro "InSync" visualizza il valore TRUE, l'asse slave è stato sincronizzato e si sposta in sincronismo con l'asse master. I parametri "InSync" e "Busy" visualizzano il valore TRUE fino a quando l'ordine "MC\_GearInPos" non viene sostituito da un altro ordine Motion Control.

Con l'impiego di "MasterStartDistance", la distanza dell'asse master da "MasterSyncPosition" all'avvio dell'ordine deve essere almeno pari al valore indicato.

Il blocco dell'asse slave con "MC\_Power.Enable" = FALSE interrompe il sincronismo in qualsiasi stadio. Il blocco dell'asse master con "MC\_Power" non interrompe, invece, il sincronismo. L'asse slave segue l'asse master anche durante la rampa di frenata e dopo la nuova abilitazione dell'asse master. L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_GearInPos" è descritto nella Tabella 5.



## 2.4 MC Phasing Relative

Con l'istruzione Motion "MC\_PhasingRelative" si sposta il valore master di un asse slave in sincronismo con "MC\_GearIn" und "MC\_GearInPos" relativamente allo spostamento esistente del valore master. La posizione dell'asse master non viene influenzata. Con i parametri "Velocity", "Jerk", "Acceleration", e

"Deceleration" si definisce il comportamento dinamico del movimento dell'asse slave. I valori dinamici vengono sommati ai valori del movimento sincrono. L'istruzione è applicabile a:

Asse sincrono

Per poter eseguire l'istruzione, l'asse slave deve essere sincronizzato con l'asse master attraverso l'istruzione Motion Control "MC\_GearIn" o "MC\_GearInPos" ("MC\_GearIn.InGear" = TRUE oppure "MC\_GearInPos.InSync" = TRUE). I blocco dell'asse master con "MC\_Power.Enable" =



FALSE non interrompe lo spostamento del valore master. L'asse slave segue l'asse master anche durante la rampa di frenata e dopo la nuova abilitazione dell'asse master. L'ordine di priorità per gli ordini " MC\_PhasingRelative" è descritto nella Tabella 5.

### 2.5 MC Phasing Absolute

Con l'istruzione Motion Control "MC\_PhasingAbsolute" si sposta in modo assoluto il valore master di un asse slave in sincronismo con "MC\_GearIn" e "MC\_GearInPos". La posizione dell'asse master non viene influenzata. Con i parametri "Velocity", "Jerk", "Acceleration" e "Deceleration" si definisce il comportamento dinamico del movimento dell'asse slave. I valori dinamici vengono sommati ai valori del movimento sincrono.

L'istruzione è applicabile a:

Asse sincrono

Per poter eseguire l'istruzione, l'asse slave deve essere sincronizzato con l'asse master attraverso l'istruzione Motion Control "MC\_GearIn" o "MC\_GearInPos" ("MC\_GearIn.InGear" = TRUE oppure "MC\_GearInPos.InSync" = TRUE).



Il blocco dell'asse master con "MC\_Power.Enable" = FALSE non interrompe lo spostamento del valore master. L'asse slave segue l'asse master anche durante la rampa di frenata e dopo la nuova abilitazione dell'asse master.

L'ordine di priorità per gli ordini " MC\_PhasingAbsolute " è descritto nella Tabella 5.

## 2.6 MC Synchronized Motion In Simulation

Con l'istruzione Motion Control "MC\_SynchronizedMotionSimulation" si imposta la simulazione per un

sincronismo (Pagina 121) attivo in un asse slave. In questo modo il sincronismo rimane attivo in caso di blocco dell'asse slave con "MC\_Power". Dopo la nuova abilitazione non è necessario risincronizzare l'asse slave. Con l'avvio di un ordine



"MC\_SynchronizedMotionSimulation" si imposta a

zero la velocità di riferimento del sincronismo. Se all'avvio della simulazione è attivo un movimento di livello superiore nell'asse slave, i setpoint di questa sovrapposizione vengono ancora visualizzati. I setpoint degli ordini di movimento che vengono avviati nel corso della simulazione del sincronismo vengono emessi sull'azionamento. Se la posizione dell'asse slave al termine della simulazione è diversa dalla posizione all'avvio della simulazione, si avrà un gradino del setpoint.

L'istruzione è applicabile a:

Asse sincrono

Per poter eseguire l'istruzione nell'oggetto tecnologico deve essere attivo un sincronismo nello stato "sincrono" (<TO>.StatusWord.X22 = TRUE).

Un ordine "MC\_SynchronizedMotionSimulation" non viene annullato da nessun altro ordine Motion Control. Il sincronismo simulato rimane attivo anche se l'asse slave è bloccato con "MC\_Power.Enable" = FALSE. Un riavvio dell'oggetto tecnologico termina la simulazione e annulla il sincronismo. Un nuovo ordine "MC\_SynchronizedMotionSimulation" non interrompe nessun ordine Motion Control. Gli ordini di sincronismo vengono annullati con "MC\_SynchronizedMotionSimulation.Enable" = TRUE. Per non terminare un sincronismo con il blocco dell'asse slave con l'istruzione Motion Control "MC\_SynchronizedMotionSimulation" procedere come segue:

- 1. Specificare l'asse slave nel parametro "Slave".
- 2. Arrestare l'asse master (ad es. con "MC\_Halt").
- Nell'asse slave specificato impostare il sincronismo sulla simulazione con "MC\_SynchronizedMotionSimulation.Enable" = TRUE.

- 4. Se il parametro "InSimulation" visualizza il valore TRUE, bloccare l'asse slave. Il sincronismo rimane attivo nella simulazione.
- 5. Per resettare nuovamente il sincronismo dalla simulazione dopo aver abilitato l'asse slave, uscire dalla simulazione del sincronismo con "MC\_SynchronizedMotionSimulation.Enable" = FALSE.

La simulazione del sincronismo viene terminata. L'asse slave segue l'asse master senza risincronizzarsi.

### 2.7 LAxisCtrl

La libreria può essere usata per tutti i tipi di applicazioni che implementino funzionalità di Motion Control. I blocchi funzionali implementati nella libreria consentono il controllo delle funzionalità basiche di un asse singolo. La programmazione risulta semplificata e sono velocizzate la messa in servizio e il test del codice. Inoltre, sono aggiunte alcune funzionalità al controllo del freno del motore ed è possibile ottenere un feedback sullo stato dei singoli assi,

I blocchi funzionali presenti all'interno della libreria, in accordo con il tipo di asse collegato, offrono le seguenti funzionalità:

- Abilitazione/disabilitazione di un asse
- Reset di un asse (conferma degli errori presenti in un oggetto tecnologico / restart dell'oggetto tecnologico)
- Jog continuo / incrementale (funzionalità aggiunta all'interno della libreria)
- Movimentazione di un asse ad un setpoint di velocità (con posizione controllata / non controllata)
- Stop / fast stop
- Homing (attivo / passivo / set di un valore di posizione / homing su riscontro fisso)
- Posizionamenti (assoluti / relativi)
- Posizionamenti relativi sovraimposti
- Gearing (assoluto / relativo)
- Accoppiamento tramite profili di camma
- Phasing (settare un offset su un'operazione sincrona esistente)
- Stop e disabilitazione di un asse slave senza desincronizzazione (SyncronizedMotionSimulation)
- Cambio a volo di velocità, posizione, rapporto di riduzione (gearing) e shift di fase
- Disponibilità delle informazioni sullo stato dell'asse (statusWord, errorWord, warningWord)
- Apertura e chiusura incondizionate del freno motore

I blocchi funzionali per i vari assi sono basati sui blocchi PLC open precedentemente introdotti. Le interfacce e i comportamenti delle istruzioni presenti nella libreria sono concordi alle specifiche PLCopen e tengono conto della natura degli input sui parametri di "Execute" e "Enable".

Nella libreria sono presenti cinque diversi blocchi funzionali che differiscono per le funzionalità Motion Control supportate e nel tipo di oggetto tecnologico che possono controllare. La tabella seguente indica quali funzionalità motion sono supportate dai diversi blocchi funzionali della libreria.



Funzionalità	SyncAxisCammin	SyncAxisRelGearin	PosAxis	SpeedAxis	ExtEncoder
	g (1500T)	g			
enableAxis	Х	Х	Х	Х	Х
resetAxis	Х	Х	Х	Х	Х
jog	Х	Х	Х	Х	
moveVelocity	Х	Х	Х	Х	
stop	Х	Х	Х	Х	
fastStop	Х	Х	Х	Х	
torqueLimiting	Х	Х	Х	Х	
homing	Х	Х	Х		Х
posRelative	Х	Х	Х		
posAbsolute	Х	Х	Х		
posSuperimposed	Х	Х	Х		
gearInRelative	Х	Х			
gearInAbsolute	Х				
camIn	Х				
phasing	Х				
synchronizedMotionSi	Х				
mulation					

Tabella 6 – Funzionalità Motion Control supportate dai blocchi funzionali della libreria LAxisCtrl

Per ulteriori approfondimenti sull'utilizzo della libreria si rimanda alla pagina dedicata sul support. Link Libreria (ID Number) : <u>109749348</u>

### 3 Camme

L'oggetto tecnologico TO\_Cam ci permette di sincronizzare un asse master ad uno slave secondo un rapporto non lineare (profilo di camma). In fase di programmazione software definiamo il profilo di camma. In fase di implementazione, prima di attivare il rapporto di sincronismo, interpoliamo la camma per chiudere gli spazi vuoti tra i punti di intersezione selezionati. A interpolazione completata possiamo attivare il sincronismo di camma.



Il materiale che segue sarà suddiviso in due macro sezioni, la prima riguardo la fase di configurazione del profilo di camma e una seconda con la parte di implementazione. A chiusura saranno presentate due librerie per la gestione della camme da fermo e per la creazione di profili durante la fase di Runtime.

### 3.1 Configurazione

### 3.1.1 Editor Grafico

All'interno del TIA Portal andiamo ad inserire un TO\_Cam (Figura 4, pt.1).

Nella sezione di configurazione, partendo dall'alto abbiamo:

- Editor grafico per la visualizzazione del profilo di camma (Figura 4, pt.2) nel quale l'asse x coincide con le coordinate master mentre l'asse y=f(x) coincide con quelle dello slave;
- Tabella coordinate in cui ritroviamo tutti i punti o segmenti tracciati nel grafico (Figura 4, pt.3);
- Proprietà camma (Assi, interpolazione, Limiti, Impostazioni Elemento);
- Rappresentazione camma (Gestione grafici e curve) (Figura 4, pt.4).



Figura 4 - Schermata TO\_Cam

All'interno dell'editor grafico (Figura 4, pt.2) abbiamo la possibilità di inserire punti (max 1000) o elementi (max 50), le tipologie di elementi disponibili sono:

- Retta
- Seno
- Polinomio (max 6^ grado)
- Seno Inverso

A	B CD E F G H					
Α	Importazione ed Esportazione del profilo di camma (formati: Lista di punti, MCD, SCOUT, binario)					
В	Strumenti per navigazione/zoom dell'editor					
С	Funzione Attiva della griglia, punti ed elementi inseriti sono allineati alla griglia					
D	Tipologie di elementi disponibili					
E	Modalità di visualizzazione curve di posizione, velocità, accelerazione e strappo					
F	Cursori per misurazioni verticali e orizzontali					
G	Visualizzazione legenda e posizione					
Н	Visualizzazione dati online del profilo di camma					

Vediamo la barra degli strumenti presente nell'editor grafico:

Nella sezione 'Rappresentazione' delle Proprietà (Figura 4, pt.4), espandendo il menu a tendina del diagramma, spuntiamo (Figura 5, pt.1) per visualizzare quelle che saranno le curve di Velocità, Accelerazione e Strappo durante il runtime. Queste derivate sono computate in base alla velocità di funzionamento standard assunta per l'asse master (impostabile nelle proprietà, sezione 'Curve effettive in runtime'). La scala per ogni derivata varia in base al valore massimo impostato per ognuna. Nella sezione 'Limiti' questo aspetto sarà approfondito.



Figura 5 - Rappresentazione grafico. Impostazione velocità, accelerazione e strappo

All'interno della tabella coordinate (Figura 4, pt.3), in ogni riga abbiamo gli elementi inseriti in modo ordinato. Le colonne contengono le coordinate di inizio e fine di ogni elemento (per i punti coincidono).

Tra ogni punto/elemento inserito abbiamo un segmento di transizione che viene generato in modo automatico in base alla modalità di interpolazione selezionata.

_				In	zio					Fi	ne		
	Tipo di ele	Valore mas	Valore slave	Posizione	Velocità	Accelerazio	Strappo	Valore mas	Valore slave	Posizione	Velocità	Accelerazio	Strappo
1	Punto	74.517019	0.498258	0.498258	0.009608	0.000000	-0.000014	74.517019	0.498258	0.498258	0.009608	0.000000	-0.000014
2	Transizi 💌	74.517019	0.498258	0.498258	0.009608	0.000000	-0.000014	120.551978	0.707317	0.707317	-0.005593	-0.000660	0.000007
3	Punto	120.551978	0.707317	0.707317	-0.005593	-0.000660	0.000007	120.551978	0.707317	0.707317	-0.005593	-0.000660	0.000007
4	Transizione	120.551978	0.707317	0.707317	-0.005593	-0.000660	0.000007	193.081877	-0.261324	-0.261324	-0.004929	0.000679	0.000003
5	Punto	193.081877	-0.261324	-0.261324	-0.004929	0.000679	0.000003	193.081877	-0.261324	-0.261324	-0.004929	0.000679	0.000003
6	Transizione	193.081877	-0.261324	-0.261324	-0.004929	0.000679	0.000003	239,448022	-0.003484	-0.003484	0.010806	0.000000	-0.000015

#### 3.1.2 Metodo di Interpolazione

Selezionando un segmento di transizione (Figura 6, pt.1), nella sezione Proprietà (Figura 4, pt.4)  $\rightarrow$ Elemento  $\rightarrow$  Caratteristica, ci viene data la possibilità di specificare quale metodo di ottimizzazione utilizzare per l'interopolazione della transizione selezionata. Abbiamo a disposizione 2 macro-modalità per la gestione dell'interpolazione: Ottimizazione basata su VDI e Interpolazione di Sistema.



Figura 6 - Metodo di Interpolazione

### 3.1.2.1 Ottimizzazione VDI

Nelle proprietà di camma (Figura 4, pt.4) impostiamo i parametri di ottimizzazione VDI. VDI 2143 è uno standard che stabilisce delle regole per la definizione dei sincronismi di camma. Andiamo a definire (Figura 7) secondo quale grandezza garantire la continuità nei punti margine e ottimizzare la transizione.



Proprietà Rappresentaz	ione
✓ Profilo	
Generale	Preimpostazioni deil ottimizzazione
Preimpostazioni dell'otti	Preimpostazioni per l'ottimizzazione VDI
Interpolazione del sistema	
Curve effettive in runtime	Continuità: Accelerazione
Verifica	
Statistica	Obletavo dell'otalitzazione. Vencha (CV)
✓ Elemento	
Caratteristica	
·	

Figura 7 - Impostazione VDI

#### 3.1.2.2 Interpolazione di Sistema

Navighiamo fino Proprietà (Figura 4, pt.4)  $\rightarrow$  Profilo  $\rightarrow$ Interpolazione del Sistema (Figura 8).

Proprietà	Rappresenta	zione			
<ul> <li>Profilo</li> </ul>		Inter	rpolazione del sistema		
Generale					
Preimposta	zioni dell'otti	In	npostazioni interpolazione del sis	tema	
Interpolazio	one del sistema				
Curve effet	tive in runtime		Tipo di interpolazione:	Interpolazione con spline cubiche	1 Questo tino di internelazione viene utilizzato
Verifica					se si seleziona il metodo di ottimizzazione
Statistica		_			"Interpolazione del sistema" per una transizione.
<ul> <li>Elemento</li> </ul>		4			
Caratteristi	ca	•	Comportamento sul bordo:	Nessuna limitazione	Comportamento dell'interpolazione di sistema nei punti di frontiera per un utilizzo ciclico della camma elettronica
<	>	<	ш		\$

Figura 8 - Interpolazione di Sistema

Abbiamo a disposizione 3 modalità di interpolazione:

- Lineare
- Spline cubiche
- Curve di Bèzier

Possiamo inoltre definire il comportamento sul bordo. Possiamo scegliere se non limitare, o limitare per garantire la continuità della derivata prima tra inizio e fine profilo (da prendere in considerazione se la camma è ciclica).

#### 3.1.3 Limiti Dinamici

Nella sezione "Proprietà  $\rightarrow$  Profilo  $\rightarrow$  Curve effettive in runtime", possiamo specificare i valori massimi delle diverse grandezze dinamiche dei due assi (master e slave). Questi parametri possono essere copiati direttamente dal TO corrispondente (Figura 9, pt.1) (ricordarsi di parametrizzare opportunamente tali valori nel TO  $\rightarrow$  limiti). Le derivate calcolate e visualizzate nell'editor grafico si basano sulla velocità di riferimento del master e sono scalate in base al valore massimo impostato.

o Curve effettive in runtime		
eimpostazioni dell'otti Impostazioni dell'asse master		
terpolazione del sistema		
vitico	Copia dall'asse	
atistica Fattore di scala:	1.000000	
Unità di misura:	Nessuna unità di misura	-
Unità di misura della prima derivata:	Nessuna unità di misura	-
Velocità:	0.000000	
Impostazioni dell'asse slave		
۲ Impostazioni dell'asse slave ۲	_	. 1
' Impostazioni dell'asse slave	Copia dall'asse	1
fattore di scala:	Copia dall'asse	1
Impostazioni dell'asse slave Fattore di scala: Unità di misura:	Copia dall'asse 1.000000 Nessuna unità di misura	1
Fattore di scala: Unità di misura della prima derivata:	Copia dall'asse 1.000000 Nessuna unità di misura Nessuna unità di misura	1
Fattore di scala: Unità di misura della prima derivata: Velocità massima:	Copia dall'asse 1.000000 Nessuna unità di misura Nessuna unità di misura 0.010000	1
Fattore di scala: Unità di misura: Unità di misura della prima derivata: Velocità massima: Accelerazione massima:	Copia dall'asse 1.000000 Nessuna unità di misura Nessuna unità di misura 0.010000 0.001000	1

Figura 9 - Configurazione limiti dinamici

Una volta definiti i limiti, andiamo a verificare che i valori calcolati rispettino i valori massimi. Le verifiche possono essere di diverso tipo: sui range e sulle derivate. Nel primo caso andiamo a verificare che la definizione della camma sia interna ai range definiti a priori. Nel secondo caso, invece, verifichiamo che le derivate (velocità, accelerazione e jerk) rispettino i limiti massimi impostati nell'asse slave. Nel caso in cui questi limiti non vengano rispettati comparirà un triangolo di allerta (posizionato di fianco al punto di interesse direttamente sull'editor grafico).

La verifica sulla continuità è un controllo aggiuntivo che abbiamo a disposizione per verificare discontinuità sulle derivate.

Proprietà	Rappresentaz	ione			
		Verifica			
Generale					
Preimpostaz	zioni dell'otti	Verifica dei superamenti dei limiti			
Interpolazio	ne del sistema				
Curve effett	tive in runtime	🗹 Verifica della conformità della definizione della curva del campo dei valori master e slave			
Verifica		🗹 Verifica della conformità dei valori massimi delle derivate della curva di runtime effettiva			
Statistica					
		Verifica dell'idoneità VDI			
	1	Verifica idoneità delle transizioni secondo VDI			
		Verifica della continuità			
		Continuità richiesta: Accelerazione			
<	>				

### 3.2 Implementazione

### 3.2.1 MC\_InterpolateCam

Una volta terminata la configurazione del profilo di camma siamo pronti ad utilizzarlo all'interno del programma. Il primo step da compiere è l'interpolazione del profilo. Con l'interpolazione andremo a riempire gli spazi vuoti tra i punti/elementi definiti in fase di progettazione camma. L'interpolazione verrà effettuata secondo i parametri preimpostati durante la fase di configurazione. Nel parametro di input 'Cam' andiamo a collegare il TO\_Cam precedentemente configurato.

	MC_INTERPOLATECAM	<b>8</b>	
_	EN	ENO	
		Done	
_	Cam	Busy	-
_	Execute	Error	
	E	rrorld	

L'interpolazione di camma è necessaria solamente una volta dopo l'avvio del PLC. Se il profilo viene modificato durante il runtime della macchina, l'interpolazione deve essere eseguita nuovamente.

## 3.2.2 MC\_CamIn

Questo è il blocco responsabile della sincronizzazione tra asse master e slave secondo il profilo progettato.

L'istruzione è applicabile a:

- Asse sincrono

Con i presupposti che:

- Gli oggetti tecnologici dell'asse master, dell'asse slave e della camma elettronica sono configurati correttamente.
- L'asse master è un asse di posizionamento, un asse sincrono o un encoder esterno.
- L'asse slave è un asse sincrono.
- L'asse master è indicato come possibile asse master nella configurazione dell'asse slave "Oggetto tecnologico > Configurazione > Interconnessioni valore master".
- L'asse slave deve essere abilitato.
- La camma elettronica è interpolata con "MC\_InterpolateCam".
- Quando si utilizza "MasterStartDistance" la distanza dell'asse master da
   "MasterSyncPosition" all'avvio dell'ordine deve essere almeno pari al valore indicato.

	MC_C/	AMIN	
	EN	ENO	_
-	Master	StartSync	-
-	Slave	InSync	-
-	Cam	Busy	
—	Execute	CommandAbor	
_	MasterOffset	ted	-
_	SlaveOffset	Error	-
	MasterScaling	Errorld	
_	SlaveScaling	EndOfProfile	
	MasterSyncPosi tion		
	SyncProfileRefe rence		
	MasterStartDist ance		
	Velocity		
_	Acceleration		
-	Deceleration		
_	Jerk ApplicationMod e		
_	SyncDirection		

Analizziamone i diversi parametri di input:

- Master: colleghiamo un oggetto tecnologico 'TO\_Axis' (asse in posizione, sincrono o encoder esterno);

- Slave: colleghiamo un oggetto tecnologico 'TO\_SynchronousAxis';

- Cam: colleghiamo un oggetto tecnologico 'TO\_Cam', ossia il profilo di camma configurato;

- MasterOffset: Spostamento dei valori master della camma elettronica (se "SyncProfileReference" = 0 o

1). L'oggetto tecnologico camma elettronica non viene modificato;

SlaveOffset: Spostamento dei valori slave della camma elettronica (se "SyncProfileReference" = 0 o 1).
 L'oggetto tecnologico camma elettronica non viene modificato;

- MasterScalling: parametro che permette di scalare i valori master della camma elettronica. L'oggetto tecnologico camma elettronica non viene modificato;

- SlaveScalling: parametro che permette di scalare i valori slave della camma elettronica. L'oggetto tecnologico camma elettronica non viene modificato;

- MasterSyncPosition: Posizione finale di sincronizzazione sul lato del valore master <u>rispetto il punto</u> <u>iniziale del profilo di camma (MasterStartPosition)</u>. Il valore deve essere compreso entro la definizione della camma elettronica;



Figura 10 - Parametri di configurazione CamIN

 SyncProfileReference: 0 - Sincronizzazione mediante parametri della dinamica (II sincronismo viene raggiunto a 'MasterSyncPosition' secondo le dinamiche specificate. Soluzione valida per la sincronizzazione in movimento). Esempio: prendendo come riferimento il profilo di camma rosso, in Figura 11 vediamo in verde la dinamica che viene effettuata;



Figura 11 - CamIN - SyncProfileReference = 0

 Sincronizzazione mediante percorso del valore master (Il sincronismo viene raggiunto a 'MasterSyncPosition' + 'MasterStartPosition' e avrà inizio a una posizione == 'MasterSyncPosition' + 'MasterStartPosition' – 'MasterStartDistance'. Le dinamiche varieranno in base alla distanza di sincronizzazione. Soluzione valida per la sincronizzazione in movimento).

Esempio: prendendo come riferimento il profilo di camma rosso, in Figura 12 vediamo in verde la dinamica che viene effettuata;



Figura 12 - CamIN - SyncProfileReference = 1

2 - Impostazione diretta del sincronismo (Sincronismo relativo, indipendente dalle coordinate master e slave di partenza. Il profilo di camma originario viene eseguito relativamente alla posizione iniziale degli assi, originando quindi un offset sulla posizione di ambo gli assi. Soluzione valida per la sincronizzazione da fermo).



Figura 13 - CamIN - SyncProfileReference = 2

- MasterStartDistance: Percorso del valore master (percorso dell'asse master durante la sincronizzazione) (se "SyncProfileReference" = 1) (vedi Figura 12);
- Velocity/Acceleration/Deceleration/Jerk: > 0.0 viene utilizzato il valore indicato;
  - = 0.0 Non consentito;
  - < 0.0 Viene impiegata la velocità configurata in Oggetto

tecnologico  $\rightarrow$  Configurazione  $\rightarrow$  Parametri avanzati  $\rightarrow$ 

Preimpostazione della dinamica;

(se "SyncProfileReference" = 0);

- ApplicationMode: 0 Unico/non ciclico, camma ripetuta una sola volta;
  - 1 Ciclico, camma ripetuta ciclicamente;

2 - Ciclico accodato, camma accodata sul

valore dello slave. Viene garantita la continuità della posizione. Valore di velocità deve essere continuo ai limiti del profilo. Modalità utilizzata per cambi di profilo di camma al volo. Da utilizzarsi nel caso di inizio e fine camma non coincidenti;



- SyncDirection: 1 – Direzione positiva;

2 - Direzione negativa;

3 - Percorso più breve;

- StartSync: L'asse slave viene sincronizzato con l'asse master;

- InSync: L'asse slave è stato sincronizzato e si sposta in modo sincrono rispetto all'asse master;
- Busy: Elaborazione dell'ordine in corso;

Nel caso ci sia l'arresto dell'asse slave tramite comando MC\_Halt o MC\_Power.Enable = FALSE, la sincronizzazione cadrà. Per arrestare lo slave mantenendo la sincronizzazione, bisogna cambiare il profilo di camma con uno nullo (slave sempre a zero). Se fermiamo l'asse master con MC\_Halt o MC\_Power.Enable = FALSE, il sincronismo rimane attivo, l'asse slave seguirà anche durante la curva di frenatura. L'ordine di priorità per gli ordini "MC\_CamIn" è descritto nella Tabella 5.

Link video: https://www.youtube.com/watch?v=tKScJeEoYZA

#### 3.3 Librerie

Di seguito si presentano delle librerie che forniscono una serie di funzionalità aggiuntive al mondo delle camme elettroniche. LCISS (con MC\_CamInStandStill) ci permette di eseguire una camma da fermo in modo assoluto, mentre LCamHdI (con MC\_CreateCam) ci permette di creare un profilo di camma durante il runtime della macchina.

### 3.3.1 LCISS - MC\_CamInStandStill

Con questo blocco abbiamo la possibilità di sincronizzare in modo assoluto i due assi da fermi. Una volta che il blocco sarà eseguito si avrà un allineamento della posizione dello slave rispetto quella del master o viceversa (in base alla configurazione scelta), raggiungendo la posizione di sincronismo a priori. Nel momento in cui il master sarà movimentato lo slave sarà già in posizione e il profilo di camma verrà eseguito fin da subito. Analizziamone i parametri chiave: - enableInterpolation: All'interno del blocco è stato incorporato il blocco MC\_InterpolateCam, abbiamo qui la possibilità di scegliere se interpolare o meno; - syncMasterToSlave: 0 - Master definisce la posizione di sincronismo. Lo slave si muove;

 Slave definisce la posizione di sincronismo. Il master si muove;



- approachLeadingValue: Definisce un intervallo di approssimazione per la posizione di sincronizzazione. Da utilizzarsi nel caso di profili di camma con valori non univoci;



Figura 14 – CamInStandStill dinamiche syncMasterToSlave = 0/1

#### Figura 14 - CaminStandStill, metodi di sync

Esempio: Facendo riferimento al profilo in Figura 10 (presente anche in Figura 14 con linea rossa tratteggiata), in Figura 14, in verde, troviamo la dinamica che viene effettuata. Data una posizione iniziale Master = 200, Slave = 50, possiamo avere i seguenti scenari:

- syncMasterToSlave = 0 → una volta che il blocco viene eseguito lo slave si muoverà in posizione 20 (posizione di sincronismo per l'asse slave quando il master è a 200). Successivamente gli assi si muoveranno seguendo il profilo.
- syncMasterToSlave = 1 → quando il blocco viene eseguito il master si muoverà in posizione 250 (posizione di sincronismo per l'asse master quando lo slave è a 50). Successivamente gli assi si muoveranno seguendo il profilo.

Maggiori informazioni disponibili a:

Link video: <u>https://www.youtube.com/watch?v=V3VZjbta8fo</u> Link Libreria (ID Number): <u>109745764</u>

## 3.3.2 LCamHdl – CreateCam

La libreria LCamHdl contiene diversi blocchi per la generazione delle camme durante il Runtime. In

questo modo abbiamo la possibilità di sfruttare acquisizioni provenienti direttamente dal campo per il design del profilo. A lato viene presentato il blocco funzionale CreateCamAdvanced della libreria LCamHdl. Abbiamo a disposizione anche la versione Basic con funzionalità limitate.

Le principali differenze tra CreateCamAdvanced e Basic sono:

- Numero di elementi supportati: 51 punti per CreateCamBasic ; 1000 punti + 50 segmenti per CreateCamAdvanced;
- Tipi di transizioni disponibili: lineare e polinomiale (5<sup>^</sup> grado) per CreateCamBasic ; lineare, polinomiale (3<sup>^</sup>, 5<sup>^</sup>, 7<sup>^</sup> grado), parabola, seno, seno inclinato ed altri per CreateCamAdvanced;

Procediamo analizzando i parametri chiave del blocco CreateCamAdvanced:

- numberOfElements: numero di elementi utilizzati dall'array fornito (default -1 per intero array);
- startSegmentIndex: index del segmento iniziale della camma (default 1);
- startPointIndex: index del punto iniziale della camma (default 1);
- configuration: configurazione per l'interpolazione;
- camProfile: array contenente la definizione della camma. In figura viene presentata la struttura di ogni singolo elemento 'LCamHdl\_typeAdvancedElement' dell'array. Partendo dall'alto abbiamo una serie di parametri dinamici per il punto/segmento generato. L'ultimo parametro 'camProfileType' definisce il tipo

•	Array_Points[1]	"LCamHdl_typeAdvancedElement"
	leadingValueStart	LReal
	leadingValueEnd	LReal
	followingValueStart	LReal
	followingValueEnd	LReal
	geoVeloStart	LReal
	geoVeloEnd	LReal
	geoAccelStart	LReal
	geoAccelEnd	LReal
	geoJerkStart	LReal
	geoJerkEnd	LReal
	inflectionPointParameter	LReal
	modVeloTrapezoidParameter	LReal
	modSineMaxAccelCaStar	LReal
	camProfileType	DInt

di profilo che viene generato con questo elemento dell'array;

- cam: oggetto tecnologico camma utilizzato come appoggio per la camma generata;

Generando un fronte di salita sul bit di 'execute' del blocco 'CreateCamAdvanced' si andrà a generare il profilo desiderato (osservabile direttamente nell'oggetto tecnologico collegato andando online). Si ricordi che i blocchi 'MC\_Interpolate' e 'MC\_CamIn' devono comunque essere utilizzati per interpolare ed avviare il sincronismo.

Maggiori informazioni disponibili sull' Industry Support (ID Number) : 105644659



### 4 Cinematiche

### 4.1 Definizioni e teoria alla base

Le cinematiche sono sistemi meccanici liberamente progettabili in cui più assi accoppiati meccanicamente azionano il movimento di un punto di lavoro (TCP). I singoli assi vengono definiti giunti della cinematica.

La movimentazione del TCP è resa possibile dalla corretta coordinazione e movimentazione dei singoli assi mediante un set di equazioni che ne definiscono le dinamiche. Queste equazioni si suddividono in:

- 1. Cinematica diretta: calcolo della posizione nello spazio cartesiano del TCP (pinza/utensile), nota la posizione dei giunti
- Cinematica inversa: calcolo della posizione dei giunti a partire dalla posizione nello spazio del TCP (pinza/utensile)

Grazie a queste equazioni siamo in grado, in ogni momento di definire la corretta posizione dei singoli assi al fine di posizionare correttamente il TCP, punto di lavoro dello strumento.

Grazie all'oggetto tecnologico, ricadendo nella casistica delle cinematiche preconfigurate, non sarà nostro compito definire queste equazioni e quindi il path sarà definito, direttamente, come insieme di punti che il TCP deve attraversare. Sarà il TO\_Kinematics ad occuparsi della gestione dei singoli assi.

### 4.2 Cinematiche supportate

Le cinematiche preconfigurate, implementabili con una T-CPU, sono 26:

1) Portale cartesiano: 2D, 2D+orientamento, 3D, 3D+orientamento



2) Roll Picker: 2D, 2D+orientamento, 3D, 3D+orientamento (sia verticale che orizzontale)



3) SCARA 3D, 3D+orientamento



4) Braccio snodato: 2D, 2D+orientamento, 3D, 3D+orientamento



5) Delta picker: 2D, 2D+orientamento, 3D, 3D+orientamento



6) Robot cilindrico 3D, 3D+orientamento



7) Treppiede 3D, 3D+orientamento



### 4.3 Sistemi di coordinate

Supponiamo di voler definire il punto di arrivo di un movimento della nostra cinematica con una quaterna di punti (30, 50,10,0); questi valori, senza un punto di zero dal quale vengono calcolati non hanno nessuna validità. È questo il motivo per cui sarà necessario definire delle origini, e con esse delle terne di assi, al quale riferire i punti che andranno a comporre il nostro Path.

Ogni cinematica può essere banalmente descritta come un insieme di assi. Questi assi, insieme alla flangia e all'utensile stesso, devono essere posizionati all'interno del nostro spazio di lavoro. Al fine di definire in maniera corretta tale posizione risulta necessario definire dei sistemi di riferimento che, se definiti in maniera corretta, ci aiuteranno a gestire la nostra cinematica in maniera agile.

I sistemi di coordinate fondamentali e necessari per la corretta configurazione di un TO\_Kinematics sono:

- 1. WCS World Coordinate System
- 2. KCS Kinematic Coordinate System
- 3. FCS Flange Coordinate System
- 4. TCS Tool Coordinate System



### 4.3.1 World Coordinate System (WCS)

IL WCS è il sistema di coordinate fisso dell'ambiente o del campo di lavoro di una cinematica, l'origine assoluta rispetto al quale andare a definire tutti gli altri frame. Il punto zero del WCS è il punto di riferimento per gli oggetti e i movimenti nell'oggetto tecnologico Cinematica. Partendo dal punto zero del WCS si definisce la posizione degli oggetti attraverso dei frame. Risulta chiaro che tale sistema di riferimento non verrà definito da noi (ovvero non imposteremo lo (0,0,0,0) del WCS), ma lo utilizzeremo come origine da cui definire gli altri CS.

### 4.3.2 Kinematic Coordinate System (KCS)

IL KCS è il sistema di coordinate posizionato in un punto specifico della cinematica e la sua origine (KZP) è definita per ogni tipo di cinematica predefinito. La posizione del KZP cambia a seconda della cinematica selezionata perché alle volte può essere conveniente definirlo alla base della cinematica altre volte, magari, nel centro di massa o in qualche altro punto più "strategico". Partendo dal KZP si configurano i parametri geometrici della cinematica. La posizione del KCS viene configurata nel WCS tramite il frame KCS. Ad una prima analisi potrebbe non apparire chiara l'utilità di questo sistema di riferimento. Consideriamo invece il caso pratico in cui la nostra cinematica, già configurata e funzionante, venga spostata all' interno di un altro ambiente di lavoro. Andando a definire di nuovo la posizione del KCS non sarà necessario modificare tutte le posizioni del nostro programma, in quanto tutto verrà calcolato rispetto la nuova posizione del frame.

### 4.3.3 Flange Coordinate System

L'FCS è il sistema di coordinate appeso al portautensili (flangia) della cinematica. La posizione dell'FCS cambia quindi con i movimenti cinematici e la sua posizione rispetto al KCP risulta dalla configurazione dei parametri geometrici della cinematica. L'oggetto tecnologico Cinematica calcola il frame di trasformazione che descrive la posizione dell'FCS nel KCS dai parametri geometrici. Una proprietà dell'FCS è che il suo asse z è sempre orientato nella direzione z negativa del KCS.



La grafica seguente mostra le posizioni dell'FCS, del KCS e del frame di trasformazione utilizzando come esempio la cinematica "Robot cilindrico".

### 4.3.4 Tool Coordinate System

Il TCS è appeso all'FCS e permette di definire il punto di lavoro dello strumento (TCP) nell'origine delle coordinate. I movimenti cinematici si riferiscono sempre al TCP (in riferimento a WCS/OCS) e la sua posizione viene determinata con il frame dello strumento attivo (vedremo che si possono definire fino a 3

tool ma solo uno può essere attivo). Come per l'FCS, anche l'asse z del TCS è sempre orientato nella direzione z negativa del KCS.



La grafica seguente mostra la posizione del TCS e del TCP nel campo di lavoro. È importante comprendere bene dove e come questo CS viene definito, in modo da poter gestire al meglio la definizione dei punti del nostro path.

### 4.3.5 Machine coordinate System

È necessario spendere due parole anche su questo sistema di riferimento che contiene i dati di posizionamento degli assi cinematici interconnessi e combina fino a quattro sistemi unidimensionali in un unico sistema. Per rendere l'idea, in una cinematica "portale cartesiano" l'MCS, a meno degli offset definiti nella parametrizzazione "Geometria", coincide con il WCS mentre per una cinematica "Delta picker", nel MCS visualizzeremo la posizione attuale del motore, in gradi, mentre nel WCS visualizzeremo la posizione del TCP, in cm.

## 4.4 Configurazione oggetto tecnologico

### 4.4.1 Parametri di base

In questa prima schermata del nostro wizard di configurazione sarà possibile:

- Dare un nome alla nostra cinematica
- Scegliere, tra le 26 cinematiche preconfigurate, quella che fa al caso nostro
- Impostare le unità di misura; queste unità di misura verranno utilizzate per i parametri che utilizzeremo in ingresso alle FB che definiranno il movimento.

Parametri di base 📀	Davamatri di basa		
Interconnessioni 🛛 😣			
Geometria 📀			
🕶 Parametri avanzati 🛛 📀	Cinematica		
Dinamica 🥑			
Sistema di coordinate 🥑	Nome cinematica:		
Sistemi di coordinate og 🥪	Kinematics_1		
Strumenti 📀	Tipo di cinematica:		TT I
Zone 📀	Portale cartesiano 2D		
	Unità di misura Posizione: mm  Velocità: mm/s Angolo: Velocità angolare: °/s	<u> </u>	

### 4.4.2 Interconnessioni

In precedenza, abbiamo detto che una cinematica può essere definita, banalmente, come un insieme di assi. In questa schermata sarà quindi necessario definire gli assi che compongono questo "insieme". Tali assi saranno interconnessi tra loro al fine di movimentare il TCP. All' interno dei rettangoli rossi sarà quindi necessario selezionare (dal menu a tendina) il TO asse che corrisponde, rispettivamente, all'asse A1, A2, A3, A4 della cinematica selezionata. Da notare che nel caso in cui la cinematica scelta abbia un numero di assi minore di 4, sarà necessario interconnettere solo quelli rilevanti (sempre evidenziati in rosso nel rettangolo corrispondente).



#### 4.4.3 Geometria

Nella finestra di configurazione "Geometria" si configurano i parametri geometrici della cinematica. In questi campi si definiscono i parametri di trasformazione nel sistema di coordinate della cinematica (KCS) in funzione del tipo di cinematismo selezionato.

A seconda della tipologia di cinematica selezionata, questa schermata presenta delle richieste diverse. Infatti, ogni cinematica avrà i suoi parametri di lunghezza, misurati seguendo uno standard (ovvero rispetto al KCS), che possono o non possono essere lasciati di default a 0. Nel caso in cui il valore di default (0) debba essere obbligatoriamente modificato, il configuratore ci presenterà un rettangolo di colore rosso (esempio: non è possibile lasciare i raggi R1 e R2 del Roll Picker a 0 quindi il configuratore ci presenterà due caselle rosse in corrispondenza di tali valori). Va sottolineato che questi parametri per alcune cinematiche (ad esempio la cinematica "portale cartesiano" nelle sue 4 varianti) non sono altro che degli Offset che vogliamo definire tra il WCS e l'MCS.

In questa schermata, infine, è possibile configurare il range di visualizzazione del Kinematic trace (strumento che ci permette di visualizzare un plot 3D della nostra cinematica che presenteremo in una sezione dedicata), settando i valori di minimo e massimo nelle 3 direzioni fondamentali (x, y, z). NB: la definizione del range di visualizzazione permetterà al TIA di preparare il CAD 3D del nostro Kinematic trace, in modo da permetterci di visualizzarlo. È buona regola, quindi, non lasciare questi valori allo 0 di default.

### 4.5 Parametri avanzati

## 4.5.1 Dinamica

L' oggetto tecnologico cinematica è in grado di controllare e limitare i parametri dinamici del TCP, ovvero coordinerà opportunamente ogni asse in modo che vengano rispettati questi limiti.

In questa schermata sarà possibile impostare i parametri di Preimpostazioni (utilizzati con un <0 in

ingresso alla FB di movimentazione) e i limiti, che però verranno rispettati solo nel caso in cui in "Adattamento della Dinamica" non sia selezionato "nessuna limitazione". È da tenere presente che nel caso in cui venga inserito un valore di limitazione che porti al superamento dei limiti del singolo asse interconnesso, la velocità dell'asse verrà saturata ad un valore consono che permettere comunque al TCP di muoversi ma più lentamente.



Progetto2 > PLC_1 [CPU 1516T-3 PN/DP]	<b>  ▶</b>	Oggetti tecnologici 🕨 Portale_2D [DB3]				_₽■×
					Vista funzioni	Vista parametri
					-	
Parametri di base	0	Cisteres all second in the dealer site and the				
Interconnessioni	0	Sistema di coordinate della cinematica 🗕				
Geometria	0					
▼ Parametri avanzati	0	Punto di zero della cinematica WCS				
Dinamica	0					
Sistema di coordinate della cinematica	0	Posizione x:				
Sistemi di coordinate oggetto	0	0.0 mm	4	AU		
Strumenti	0	Posizione y:				
Zone	0	0.0 mm	B②	1		
		Paulitiana au				
		Posizione z:			6.0	
		0.0 mm				
			/	Mag		
				INCE)		
		Rotazione A:				
		0.0 °				
		Rotazione B:				
		0.0 °				
					X	
		Rotazione C:				
	-	0.0 *	* ****			
	•					

## 4.5.2 Sistema di coordinate della cinematica

In questa schermata viene definita la posizione del KCS nel WCS mediante la terna di posizione x, y, z più le tre possibili rotazioni rispetto ad ognuno di questi singoli assi. Da sottolineare come il tool grafico ci aiuti, evidenziando di verde, la grandezza da definire.

### 4.5.3 Sistema di coordinate oggetto

Fino ad ora sono stati definiti dei sistemi di riferimento che sono necessari per la corretta definizione della cinematica da gestire. Gli OCS, invece, sono dei sistemi di riferimento ausiliari che possiamo definire in un punto qualsiasi del nostro work space, per semplificare la definizione di alcuni specifici movimenti. Gli OCS configurabili e attivi contemporaneamente sono 3, tale configurazione può essere fatta anche da software mediante l'FB "MC\_SetOCSFrame". Questi CS potranno poi essere impostati come sistema di riferimento della posizione di destinazione settando opportunamente dei parametri in ingresso alle FB di movimentazione (MC\_MoveLinear e MC\_MoveCircular).



Un esempio potrebbe essere: definisco l'OCS2 all'interno del WCS come in figura. Mi trovo nella posizione (30,40,50,0) e voglio depositare un oggetto in corrispondenza dello spigolo del pallet. Come faccio? Posso

semplicemente configurare l'MC\_MoveLinearAbsolute con posizione di destinazione (0,0,0,0) e sistema di riferimento della posizione di destinazione OCS2.

#### 4.5.4 Strumenti

Nella finestra di configurazione "Strumenti" si configurano i frame dello strumento e quindi la posizione del punto di lavoro (TCP) degli strumenti nel sistema di coordinate della flangia (FCS). La sostituzione della pinza potrebbe provocare la ridefinizione di tutti i punti del path. Mentre la definizione di questi tool permetterà al TO di compensare, durante i calcoli necessari ai movimenti, le dimensioni del tool stesso. Il TO\_Kinematics supporta la definizione contemporanea di 3 tools che possono essere interscambiati e settati mediante le funzioni MC\_SetTool e MC\_DefineTool.

### 4.5.5 **Zone**

All'interno del workspace possono essere costruite delle "zone" che a seconda del tipo secondo cui vengono definite assumono diverse caratteristiche.

Le zone si differenziano in:

- Zone del campo di lavoro: descrivono l'ambiente di una cinematica
- Zone della cinematica: fanno riferimento al punto di lavoro/alla flangia di una cinematica e si muovono con essa. La sorveglianza di tali zone verifica l'ingresso delle zone della cinematica nelle zone del campo di lavoro. È possibile configurare fino a nove zone della cinematica



### 4.5.5.1 Zone del campo di lavoro

Per le zone del campo di lavoro si possono definire questi parametri:

- Stato: una zona può essere Attiva, Inattiva e Non valida. I 2 stati, Attiva e Inattiva, definiscono se la sorveglianza di tale zona è attivata o non. Lo stato "NonValida", invece, ci dice che la zona non è stata ancora definita.
- Tipo di zona: le zone possono essere "zona di lavoro", "zona di segnalazione" e "zona di blocco".
  - La zona di lavoro definisce i campi in cui possono muoversi le zone della cinematica. È possibile predefinire diverse zone di lavoro ma averne attiva una sola alla volta. Se non è attivata nessuna zona di lavoro, l'intero spazio di traslazione della cinematica viene considerato come tale.
  - La zona di segnalazione visualizza la violazione di una zona da parte di una zona della cinematica. Tale violazione viene segnalata da un bit che passa allo stato TRUE e non provoca l'arresto del movimento cinematico.
  - La zona di blocco, invece, definisce i campi in cui una zona cinematica non può entrare, pertanto l'ingresso in una zona di questo tipo provoca l'arresto del movimento della cinematica.
- Geometria: le zone possono essere definite con geometria sferica, parallelepipeda o cubica.
- Lunghezza, Larghezza, Altezza e Raggio: con questi valori si definiscono i parametri geometrici della zona
- CS: nella definizione della zona è necessario definire il sistema di coordinate di riferimento (WCS, OCS1, OCS2, OCS3).
- x, y, z, A, B, C: con questi valori si definisce la posizione all'interno dello spazio di ogni singola zona.

Questi parametri possono essere modificati e\o settati da software mediante le istruzioni MC\_DefineWorkspaceZone, MC\_SetWorkspaceZoneInactive, MC\_SetWorkSpaceZoneActive.

### 4.5.5.2 Zone della cinematica

Per le zone del campo della cinematica si possono definire diversi parametri:

- Stato: una zona può essere Attiva, Inattiva e Non valida. I 2 stati, Attiva e Inattiva, definiscono se la sorveglianza di tale zona è attivata o non. Lo stato "NonValida", invece, ci dice che la zona non è stata ancora definita.
- Tipo di zona: in questo caso possiamo definire o una Zona della flangia o una Zona dello Strumento a seconda se la zona racchiude la Flangia (o parte di essa) o, rispettivamente, lo Strumento (o parte di esso).
- Geometria: le zone possono essere definite con geometria sferica, parallelepipeda o cubica.
- Lunghezza, Larghezza, Altezza e Raggio: con questi valori si definiscono i parametri geometrici della zona
- CS: nella definizione della zona è necessario definire il sistema di coordinate di riferimento (FCS, TCS).
- x, y, z, A, B, C: con questi valori si definisce la posizione all'interno dello spazio di ogni singola zona.

Questi parametri possono essere modificati e\o settati da software mediante le istruzioni MC\_DefineKinematicZone, MC\_SetKinematicZoneInactive, MC\_SetKinematicZoneActive.

### 4.6 Configurazione FB di movimentazione

Dopo aver configurato correttamente il nostro TO\_Kinematics saremo pronti a muovere il TCP all' interno del workspace. Per farlo sarà necessario utilizzare le FB realizzate seguendo lo standard PLC\_Open. Le funzioni disponibili sono 4:

- 1. MC\_MoveLinearAbsolute
- 2. MC\_MoveLinearRelative
- 3. MC\_MoveCircularAbsolute
- 4. MC\_MoveCircularRelative

Di seguito si presenterà un'analisi dettagliata delle due funzioni MC\_MoveLinearAbsolute e MC\_MoveCircularAbsolute, ritenendo superfluo analizzare le rispettive funzioni in relativo.

### 4.6.1 MC\_MoveLinear Absolute

L'istruzione Motion Control "MC\_MoveLinearAbsolute" consente la traslazione di una cinematica con un movimento lineare su una posizione assoluta. Viene traslato in modo assoluto anche l'orientamento cartesiano.

### 4.6.1.1 Presupposti

- L'oggetto tecnologico deve essere configurato correttamente.
- Gli assi interconnessi sono abilitati.
- È stata eseguita la ricerca del punto di riferimento degli assi interconnessi.
- Su nessuno degli assi collegati è attivo un ordine ad asse singolo (ad es."MC\_MoveVelocity").

#### 4.6.1.2 Parametri

- Axes Group: TO\_Kinematics al quale vogliamo imporre il movimento lineare
- Execute: Booleano di attivazione della funzione (funzionamento su fronte di salita)
- Position: Array di 4 LReal nel quale si definisce la posizione (x, y, z, A) di destinazione del movimento
- Velocity, Acceleration, Deceleration, Jerk: Definizione dei parametri dinamici del movimento. Lasciando un valore <0, come in tutte le altre FB motion, vengono utilizzati i parametri "Preimpostazioni della dinamica" definiti nel TO
- DirectionA: direzione del movimento dell'orientamento
- CoordSystem: Sistema di riferimento della posizione di destinazione (WCS, OCS1, OCS2, OCS3)
- BufferMode: Parametro che definisce la modalità di transizione tra più movimenti. Si può infatti scegliere se raccordare o meno due movimenti consecutivi. Con BufferMode impostato a "2" o "5" si va a definire la velocità con il quale andare ad eseguire il raccordo. Infatti, visto che



stiamo raccordando due movimenti distinti, potrebbe capitare che i due abbiamo velocità differenti e quindi settando "2 "o "5" si definisce di voler effettuare il raccordo alla velocità maggiore tra le 2 o a quella minore.

 TransitionParameter: Array di 5 LReal che definisce i parametri geometrici del raccordo. Di questi 5 LReal solo il primo (TransitionParameter[1]) è parametrizzabile, gli altri risultano "Riservati", e ci permette di definire la distanza "d" alla quale far partire il raccordo. Lasciando il valore

TransitionParameter[1]= -1 la funzione utilizza la distanza "d" massima che ci permette di avere il raccordo.

• DynamicAdaption: con questo parametro di definisce questa istruzione di movimento andrà o meno ad adattare la dinamica badando ai limiti dei singoli assi.

Di seguito vengono presentati degli stralci del manuale che permettono di capire meglio la differenza che si ottiene sul raccordo data una diversa parametrizzazione

Distanza di raccordo ("TransitionParameter[1]")	Transizione del movimento ("BufferMode")	Descrizione
Non rilevante	"BufferMode" = 1 B A A A A A C	Accodamento di un movimento Il movimento lineare in corso viene portato a termine e la cinematica si arresta. Successivamente viene eseguito il movimento lineare successivo.
d > 0.0	"BufferMode" = 2, 5	Raccordo di un movimento Al raggiungimento della distanza di raccordo dalla posizione di destinazione il movimento lineare in corso viene incorporato nel movimento lineare successivo. Con "BufferMode" = 2 questa operazione viene eseguita alla velocità minore di entrambi gli ordini di movimento e con "BufferMode" = 5 a quella maggiore.

Distanza di raccordo ("TransitionParameter[1]")	Transizione del movimento ("BufferMode")	Descrizione
d = 0.0	"BufferMode" = 2, 5 d = 0.0 B B c	Raccordo di un movimento Poiché la distanza di raccordo è 0.0, la traslazione viene eseguita come con "BufferMode" = 1. Il movimento lineare in corso viene portato a termine e la cinematica si arresta. Successivamente viene eseguito il movimento lineare successivo.
d < 0.0	"BufferMode" = 2, 5	Raccordo di un movimento Poiché la distanza di raccordo è negativa, si utilizza la distanza di raccordo massima. Al raggiungimento della distanza di raccordo dalla posizione di destinazione il movimento lineare in corso viene incorporato nel movimento lineare successivo. Con "BufferMode" = 2 questa operazione viene eseguita alla velocità minore di entrambi gli ordini di movimento e con "BufferMode" = 5 a quella maggiore.

NB: dati 2 movimenti definiti tramite istruzioni MC\_MoveXX, se vogliamo che il primo si raccordi al secondo, le parametrizzazioni di BufferMode e TransitionParameter devono essere fatte sulla seconda istruzione.

### 4.6.2 MC\_MoveCircularAbsolute

L'istruzione Motion Control "MC\_MoveCircularAbsolute" consente la traslazione di una cinematica con un movimento circolare su una posizione assoluta. Viene traslato in modo assoluto anche l'orientamento cartesiano.

### 4.6.2.1 Presupposti

- L'oggetto tecnologico deve essere configurato correttamente.
- Gli assi interconnessi sono abilitati.
- È stata eseguita la ricerca del punto di riferimento degli assi interconnessi.
- Su nessuno degli assi collegati è attivo un ordine ad asse singolo (ad es."MC\_MoveVelocity").

### 4.6.2.2 Parametri

La traiettoria circolare può essere definita secondo tre differenti modalità, che inevitabilmente andranno a modificare di volta in volta il significato degli altri input della FB. Le tre modalità sono le seguenti:

• Attraverso un punto intermedio e uno finale

Con il parametro "AuxPoint" si indica un punto sulla traiettoria circolare attraverso il quale accostare il punto finale definito nel parametro "EndPoint". Dal punto iniziale, intermedio e finale viene calcolata la traiettoria circolare. È possibile percorrere solo traiettorie circolari inferiori a 360°.

• Attraverso il centro del cerchio e l'angolo su un piano principale

Con il parametro "AuxPoint" si definisce il punto centrale del cerchio. Dall'angolo indicato nel parametro "Arc" viene calcolato il punto finale della traiettoria circolare. Con il parametro "PathChoice" si stabilisce se la traiettoria circolare debba seguire la direzione di rotazione positiva o negativa. Con il parametro "CirclePlane" si specifica il piano principale per la traslazione della traiettoria circolare.

• Attraverso il raggio del cerchio e il punto finale su un piano principale

Con il parametro "EndPoint" si indica il punto finale e con "Radius" il raggio della traiettoria circolare. A seconda del raggio, sul piano definito con il parametro "CirclePlane" possono risultare fino a quattro traiettorie circolari possibili. Con il parametro "PathChoice" si stabilisce quali di queste traiettorie circolari utilizzare.

NB: nella definizione della traiettoria è da tener presente che la posizione attuale (quando viene dato l'execute alla funzione) sarà un punto appartenente alla circonferenza.

- Axes Group: TO\_Kinematics al quale vogliamo imporre il movimento circolare
- Execute: Booleano di attivazione della funzione (funzionamento su fronte di salita)
- CircMode: Modalità di realizzazione della traiettoria circolare (definite nel dettaglio in precedenza)
- AuxPoint: Punto ausiliario della traiettoria circolare definito da un array di 3 LReal (x, y, z), a seconda del CM cambia il suo significato
  - (CM=0 punto sulla traiettorie, CM=1 centro della circonferenza, CM2=2 non rilevante)
- EndPoint: Posizione di destinazione nel sistema di riferimento indicato definito da un vettore di 4 LReal (x, y, z, A) (Se CM=0 solo EndPoint[4] è rilevante)
- PathChoice: Parametro che definisce l'orientamento della traiettoria circolare, a seconda del CM cambia il suo significato
  - (CM=0 non rilevante, CM=1 direzione di rotazione, CM=2 segmento di cerchio negativo o positivo più breve o più lungo)
- CircPlane: Piano principale della traiettoria circolare (piano xy, piano y-z, piano x-z)
  - (CM=0 non rilevante)
- Radius: Con CM=2 definisce il raggio della circonferenza
- Arc: Con CM=1 definisce l'angolo spazzato dal movimento circolare
- Velocity, Acceleration, Deceleration, Jerk: Definizione dei parametri dinamici del movimento. Lasciando un valore <0, come in tutte le altre FB motion, vengono utilizzati i parametri "Preimpostazioni della dinamica" definiti nel TO
- DirectionA: direzione del movimento dell'orientamento
- CoordSystem: Sistema di riferimento della posizione di destinazione (WCS, OCS1, OCS2, OCS3)



- BufferMode: Parametro che definisce la modalità di transizione tra più movimenti. Si può infatti scegliere se raccordare o meno due movimenti consecutivi. Con BufferMode impostato a "2" o "5" si va a definire la velocità con il quale andare ad eseguire il raccordo. Infatti, visto che stiamo raccordando due movimenti distinti, potrebbe capitare che i due abbiamo velocità differenti e quindi settando "2 "o "5" si definisce di voler effettuare il raccordo alla velocità maggiore tra le 2 o a quella minore.
- TransitionParameter: Array di 5 LReal che definisce i parametri geometrici del raccordo. Di questi 5 LReal solo il primo (TransitionParameter[1]) è parametrizzabile, gli altri risultano "Riservati", e ci permette di definire la distanza "d" alla quale far partire il raccordo. Lasciando il valore TransitionParameter[1]=-1 la funzione utilizza la distanza "d" massima che ci permette di avere il raccordo.
- DynamicAdaption: con questo parametro di definisce questa istruzione di movimento andrà o meno ad adattare la dinamica badando ai limiti dei singoli assi.

Maggiori informazioni disponibili:

Link video: <u>https://www.youtube.com/watch?v=fAHcwcldJ7U</u> Link manuale (ID Number) : <u>109749264</u>

## 4.7 Librerie cinematiche

La Siemens sull' Industry Support mette a disposizione delle librerie all'interno delle quali sono presenti delle FB che ci facilitano la programmazione di determinate operazioni. In questa sezione si vuole dare una panoramica generale su tali funzionalità lasciando alla manualistica presente in allegato ad ognuna di esse la descrizione dettagliata della parametrizzazione di ogni singola istruzione.

Le librerie di cui andremo a parlare sono:

- 1. LKinCtrl v2.1
- 2. LKinMCtrl v2.0
- 3. LKinLang v1.0

### 4.7.1 LKinCtrl v2.1

La libreria LKinCtrl fornisce funzionalità al TO\_Kinematics in modo da poter facilmente gestire e controllare un path complesso.

Questa libreria contiene diverse FB che realizzano differenti operazioni, andremo a dettagliare soltanto quelle più significative:

- 1. MC\_MovePath
- 2. MC\_JogFrame

## 4.7.2 MC\_MovePath

Invece di eseguire e configurare un numero "n" di comandi motion, questa FB ci permette di controllare un TO\_Kinematics al fine di eseguire un path complesso (concatenazione di più movimenti lineari e\o cicrolari).

I dati che definiscono il percorso da seguire sono definiti tramite una lista comandi che viene passata in ingresso all'MC\_MovePath. Il moto può essere facilmente stoppato, interrotto e continuato semplicemente con l'utilizzo di un bit. Inoltre, sono facilmente reperibili, tramite la DB di istanza, le informazioni relative agli stati di esecuzione del path, eventuali errori o informazioni utili ai fini di diagnostica.

In breve, sarà possibile usufruire di queste funzionalità:

- Single step \automatic mode per l'esecuzione del path
- Interfaccia di diagnostica
- Flag per controllo di attuatori dipendenti dallo stato del path
- Flag da utilizzare durante la sequence mode
- Possibilità di impostare un wait time durante la sequence mode
- Attivazione e\o disattivazione di ogni singolo comando del path
- Possibilità di compensare le dimensioni del tool
- Funzioni ausiliari per abilitare\homing\reset tutti gli assi interconnessi al TO\_Kinematics

## 4.7.3 MC\_JogFrame

Questa funzione permette di effettuare un movimento in Jog del TCP di un TO\_Kinematics sia lungo X, Y, Z sia per quanto riguarda l'orientamento A. Il blocco implementa i comandi "jogForward", "jogBackward" and "jogToPosition", aggiunge quindi alle standard funzionalità di Jog in avanti e Jog all'indietro quella di Jog verso una posizione di destinazione.



In breve, sarà possibile usufruire di queste funzionalità:

- Jog del TCP di un TO\_Kinematics lungo X, Y, Z and A con 2 modalità: incrementale e continua
- Jog del TCP di un TO\_Kinematics verso una posizione di destinazione
- Possibilità di selezionare il Tool (tool1...3)
- Possibilità di specificare il CS all'interno del quale muoversi in Jog (WCS, OCS1...3)
- Possibilità di specificare I parametri dinamici del movimento in Jog.



Maggiori informazioni disponibili: Link libreria (ID Number): <u>109755891</u>

## 4.7.4 LKinMCtrl v2.0

La libreria LKinMCtrl rende possibile controllare in maniera manuale un TO\_Kinematics tramite HMI fornendo dei faceplate preconfigurati. Questo permette la riduzione del tempo di ingegnerizzazione per la realizzazione dell'HMI dato che all' interno dei faceplate sono già presenti la maggior parte delle funzioni utili e necessarie per il controllo di una cinematica. I "Kinematics HMI" faceplates offrono un interfaccia user friendly che può essere facilmente integrata e allo stesso tempo concentrano tutte le informazioni utili al debug e alla diagnostica dell'applicazione cinematica. Sarà possibile attivare e disattivare funzionalità in base allo stato della macchina e al livello di autorizzazione dell'utente. Da sottolineare che questa libreria è disponibile solo per i SIMATIC Comfort Panels e Mobile Panels.

In breve, grazie alle pagine già presenti e configurate, sarà possibile usufruire delle seguenti funzionalità:

- Effettuare il Jog delle cinematiche con differenti modalità
- Jog / home dei singoli assi
- Visualizzare in maniera chiara e intuitive errori relativi al TO\_Kinematics e ai TO\_Axis
- Monitoraggio e configurazione delle zone
- Configurazione TO\_Kinematics (dinamica e frames)
- Configurazione TO\_Axis (dinamica e finecorsa)
- Apprendimento automatico di posizioni della cinematica in una tabella di punti
- Lo schema in figura cerca di mostrare come è

possibile, rapidamente, far sì che le variabili preconfigurate nei faceplate vengano fisicamente collegate a quelle reali. Per ulteriori dettagli si consiglia di consultare la manualistica presente in allegato alla libreria la descrizione dettagliata della procedura da seguire per far che tutto funzioni correttamente.



Manual Cont active	trol 🛛 🛃 All kinematics 🥥	All kinematics axes homed	Kinematics in motion	Error ad	anual Control 🛛 🔗 All kinen tive axes en	natics abled	All kinematics axes homed	Kinema	atics in	Error
Enable Jog Cartesian	Tool number ( 1 ) Coord Position X: +0.000 mm Y:	dinate system 🖌 WCS	<b>x</b> mm A: +0.000 °	Override Enable +100 % Jog	Axis enabled Brake opened manually Axis homed Axis error	A1 A2	A3 A4 • •	Position Velocity	+0.000 ° +0.000 °/s	Override
Jog to position	X-direction Y-direction	Z-direction A-directio	n	180 Home 160 1 140 Jog to 120 100 0	Axis_1 Vritual axis	Axis_2 Virtual axis	Axiis_3 Virtual axis	Axis_4 Virtual axis		180 - 160 - 140 - 120 - 100 -
		P Velo Setpoint velo	ath city +0.000 mm/s city +100.000 mm/s	80 60 40 20	>>	Remainin +0.	g distance DOO °	Target position	+0.000 ° +36.000 °/s	80
â	Kinematics Axis control control	Point table Zone configur	e Diagnostic	• >	Kinematics control	Axis control	Point table	Zone configuration	Diagnostic	>
Manual Con active	trol I All kinematics axes enabled	All kinematics axes homed	Kinematics in motion	Error S Ac	nual Control Al kinem	atics abled	All kinematics axes homed	Kinema motion	itics in 🥚	Error
KCS configuration OCS configuration Tool configuration Dynamics configuration	Position of the object coordinate system (       Actual values     Initial values       Initial values are effective after CPU start       Offset     Rotation       X:     +0.000	OCS) in the world coordinate The actual values differ from the initial values Z	system (WCS) OCS index <	CCS 1 > Pendin error Error Kinema Status kinema	Enabled Homed Error Simulation active Axis control panel active Drive ready tics Enroder values valid	A1 A2	A3 A4	Axis_1 Position Velocity Axis_2 Position Velocity	Axis in simulation +90.338 ° +0.000 °/s Vintual axi +80.048 ° +0.000 °/s	n : : :
	Y: +0.000 mm B: +0.000 ° Z: +0.000 mm C: +0.000 °	Save changes	Y OCS (X,Y,Z)	Status           Axis	Communication drive Restart required Negative SW limit switch Positive SW limit switch Negative HW limit switch Positive HW limit switch			Axis_3 Position Velocity Axis_4 Position Velocity	+44.558 ° +0.000 °/s Axis in simulatio +0.000 ° +0.000 °/s	a

Le foto mostrano alcune pagine della libreria. Maggiori informazioni disponibili: Link libreria: <u>109755892</u>

## 4.7.5 **LKinLang v1.0**

La libreria LKinLang permetti di programmare il movimento di una cinematica tramite un linguaggio testuale. Oltre alla possibilità di poter definire un proprio linguaggio testuale la libreria permette di usare anche il G-Code. Il blocco funzione della libreria trasforma il linguaggio testuale in una lista di comandi (PathData) che vengono eseguiti in automatico dalla funzione MC\_MovePath (Libreria: LKinCtrl). La parte di stesura dei comandi in maniera testuale può essere fatto manualmente usando un editor di testo o in caso di G-Code esportandolo tramite opportuno software. Il risultato dovrà essere salvato sulla SIMATIC memory card e il trasferimento potrà essere fatto o, semplicemente, trasferendo il file da PC o tramite web server.



Lo schema in figura sintetizza come, partendo dal file di testo, si giunge al movimento completo e automatico della cinematica.

In breve, sarà possibile usufruire di queste funzionalità:

- Programmazione dei movimenti in maniera comoda usando il linguaggio testuale
- · Possibilità di utilizzare il G-Code (set di istruzioni limitato)
- Possibilità di definire dei propri linguaggi
- 4D path interpolation
- · Salvataggio del programma testuale su memory card
- · Possibilità di utilizzare il web server come tool di trasferimento programma testuale
- · Funzioni matematiche disponibili per la programmazione

Maggiori informazioni disponibili:

Link libreria: 109767009

5 **Riferimenti** 

SIMATIC S7-1500 S7-1500T Motion Control V4.0 nel TIA Portal V15 SIMATIC S7-1500 / S7-1500T: Standard application axis control TIA Selection Tool LAxisCtrl

Per ulteriori informazioni visita il sito: https://new.siemens.com/it/it/prodotti/automazione.html

I dati tecnici presentati in questo documento si basano su un caso di utilizzo reale o su parametri progettuali, pertanto non è possibile fare affidamento a essi per qualsivoglia applicazione specifica e non costituiscono garanzia di prestazioni per qualsiasi progetto. I risultati effettivi dipendono da una serie di condizioni variabili. Di conseguenza, Siemens non emette alcuna rappresentanza, garanzia, assicurazione in relazione all'accuratezza, vigenza o completezza dei contenuti riportati nel presente documento. Su richiesta, verranno forniti dati tecnici specifici oppure specifiche riguardanti applicazioni particolari del cliente. L'azienda lavora continuativamente nell'ingegnerizzazione e nello sviluppo. Per tale ragione, si riserva il diritto di apportare modifiche in qualsiasi momento alla tecnologia e alle specifiche del prodotto contenute nel presente documento.