

MANUALE OPERATIVO

iPENDANT FANUC

Controller R-30iB Mate

iPendant A05B-2256-C101#EGN

Robot FANUC ER-4iA

6 assi • 4 kg payload • 550 mm reach

Prof. D.Bertolino — www.handsonstem.it

Laboratorio di Robotica Industriale

 **PERICOLO:** Prima di operare sul robot reale, leggere integralmente il Capitolo 1 (Sicurezza). La mancata osservanza delle procedure di sicurezza può causare lesioni gravi o mortali.

Indice

1. Sicurezza e normative
2. Panoramica dell'iPendant
3. Accensione, spegnimento e modalità operative
4. Navigazione dei menu
5. Jog manuale del robot
6. Sistema di coordinate e frame
7. Creazione e gestione programmi
8. Registrazione e modifica punti
9. Esecuzione dei programmi
10. Gestione I/O digitali e analogici
11. Registri e variabili di sistema
12. Configurazione del sistema
13. Allarmi, errori e diagnostica
14. Backup e ripristino
15. Manutenzione ordinaria
16. Riferimento rapido comandi

1. Sicurezza e normative

La sicurezza è la priorità assoluta nell'utilizzo di robot industriali. Il mancato rispetto delle procedure può causare lesioni gravi, danni alle apparecchiature o alla produzione.

1.1 Normativa di riferimento

- EN ISO 10218-1:2011 — Requisiti di sicurezza per robot industriali (robot)
- EN ISO 10218-2:2011 — Requisiti di sicurezza per robot industriali (integrazione)
- EN ISO 13849-1 — Parti dei sistemi di comando legate alla sicurezza
- D.Lgs. 81/2008 — Testo Unico sulla sicurezza sul lavoro

1.2 Dispositivi di sicurezza

Pulsante di emergenza (E-STOP)

Il pulsante rosso a fungo sull'iPendant arresta immediatamente tutti i movimenti del robot e disattiva la potenza ai motori. Si trova anche sul controller e sulla recinzione di sicurezza.

- Premere: arresto immediato di tutti i movimenti
- Rilasciare: ruotare in senso orario per sbloccare
- Dopo il rilascio: premere RESET sull'iPendant per ripristinare

 **PERICOLO:** Non utilizzare MAI l'E-STOP come arresto di routine. È riservato alle emergenze. Per l'arresto normale usare il tasto HOLD.

Dead Man Switch (Interruttore a uomo presente)

L'iPendant ha un interruttore a 3 posizioni sul retro, impugnato dall'operatore durante il jog manuale in modalità T1 e T2.

- Posizione 1 (rilasciato): motori disabilitati
- Posizione 2 (premuto a metà): motori abilitati, robot può muoversi
- Posizione 3 (premuto a fondo): motori disabilitati (reazione di panico)

 **ATTENZIONE:** In modalità T1 e T2, il robot si muove SOLO quando il Dead Man Switch è in posizione 2. Rilasciarlo per fermare istantaneamente il robot.

Selettore di modalità

Il selettore a chiave sul controller determina la modalità operativa:

MODALITÀ	VELOCITÀ MAX	DEAD MAN	USO
T1	250 mm/sec	Obbligatorio	Teach (programmazione), test lento
T2	Programma	Obbligatorio	Test a velocità programma, operatore presente
AUTO	Programma	Non richiesto	Produzione automatica, cancelli chiusi

1.3 Regole di sicurezza in laboratorio

- Non entrare MAI nell'area di lavoro del robot quando è in modalità AUTO.
- In modalità T1/T2, mantenere SEMPRE il Dead Man Switch impugnato.
- Verificare che l'area sia sgombra prima di avviare qualsiasi programma.
- Iniziare SEMPRE con override al 10-20% e aumentare gradualmente.
- Testare ogni nuovo programma in T1 prima di passare ad AUTO.
- Indossare sempre DPI adeguati: occhiali, scarpe antinfortunistiche.
- Non indossare gioielli, cravatte, sciarpe o indumenti larghi vicino al robot.
- Non modificare mai le impostazioni di sicurezza senza autorizzazione del docente.

2. Panoramica dell'iPendant

L'iPendant è l'interfaccia operatore principale per il controller FANUC R-30iB Mate. Combina uno schermo touchscreen con tasti fisici per la programmazione e il controllo del robot.

2.1 Specifiche iPendant A05B-2256-C101#EGN

- Display: LCD touchscreen 6.4" a colori
- Connessione: cavo diretto al controller R-30iB Mate
- Peso: circa 1.2 kg
- Dead Man Switch: 3 posizioni, sul retro
- E-STOP: pulsante rosso a fungo sul fronte

2.2 Layout tasti fisici

Zona superiore — Tasti funzione

TASTO	FUNZIONE
MENU	Apri il menu principale con tutte le funzioni disponibili
SELECT	Apri l'elenco dei programmi salvati in memoria
EDIT	Entra in modalità modifica del programma corrente
DATA	Accedi a registri, posizioni e variabili (tipo selezionabile con F1)
FCTN	Menu funzioni speciali (Abort All, Change Group, ecc.)
I/O	Visualizza e controlla gli I/O digitali e analogici
STATUS	Stato del robot: allarmi attivi, posizione, versione software
DISP	Seleziona la visualizzazione schermo (split, single, ecc.)

Zona centrale — Tasti di navigazione

TASTO	FUNZIONE
PREV	Torna alla schermata precedente
NEXT	Passa alla pagina successiva
↑ ↓ ← →	Frecce direzionali per navigazione cursore
ENTER	Conferma selezione o immissione dati
BACKSP	Cancella carattere/valore precedente
SHIFT	Modificatore: tenere premuto + altro tasto per funzioni secondarie

Zona inferiore — Tasti di esecuzione

TASTO	FUNZIONE
FWD	Esegui il programma in avanti (tenere premuto SHIFT + FWD)
BWD	Esegui il programma all'indietro (una riga alla volta)
HOLD	Pausa del programma in esecuzione (riprendere con FWD)
STEP	Alterna modalità step (una riga alla volta) / continua

RESET	Cancella allarmi e errori, riporta il cursore a riga 1
COORD	Cambia sistema di coordinate jog (JOINT/WORLD/TOOL/USER)

Tasti Jog (laterali)

Sul lato sinistro dell'iPendant si trovano i tasti jog: coppie di tasti +/- per muovere ciascun asse o direzione cartesiana. L'asse controllato dipende dal sistema di coordinate selezionato con COORD.

Softkey (F1–F5)

I 5 tasti sotto il display (F1–F5) sono softkey contestuali: la loro funzione cambia in base alla schermata visualizzata. L'etichetta corrispondente appare nella barra in basso sullo schermo.

3. Accensione, spegnimento e modalità operative

3.1 Procedura di accensione

Seguire rigorosamente questa sequenza:

1. Verificare che l'area di lavoro sia sgombra e che nessuno si trovi nel raggio d'azione del robot.
2. Verificare che i cancelli di sicurezza siano chiusi (se presenti).
3. Portare il selettore di modalità su T1 (posizione di teach).
4. Accendere l'interruttore generale del controller R-30iB Mate.
5. Attendere il completamento del boot (circa 30–60 secondi). L'iPendant mostrerà la schermata principale.
6. Verificare che non ci siano allarmi attivi (barra di stato in alto). Se presenti, premere RESET.
7. Sbloccare l'E-STOP se premuto (ruotare in senso orario).
8. Il robot è pronto per il jog manuale in T1.

3.2 Procedura di spegnimento

1. Portare il robot in posizione Home (o posizione di riposo nota).
2. Premere FCTN → selezionare ABORT ALL per terminare tutti i programmi.
3. Portare il selettore su T1.
4. Spegner l'interruttore generale del controller.

⚠ ATTENZIONE: Non spegnere MAI il controller durante l'esecuzione di un programma o durante un'operazione di salvataggio/backup.

3.3 Modalità operative

T1 — Teach (programmazione)

- Velocità massima TCP: 250 mm/sec (indipendentemente dal programma)
- Dead Man Switch obbligatorio per qualsiasi movimento
- Utilizzata per: registrazione punti, test programmi, jog manuale
- L'operatore DEVE essere all'interno dell'area recintata con il TP in mano

T2 — Test

- Il programma viene eseguito alla velocità programmata
- Dead Man Switch comunque obbligatorio
- Utilizzata per: verifica tempi ciclo reali, test a velocità di produzione
- L'operatore è ancora all'interno dell'area con il TP

AUTO — Produzione automatica

- Il programma viene eseguito alla velocità programmata senza limitazioni
- Dead Man Switch non richiesto (il robot parte con segnale esterno o iPendant)
- Cancelli di sicurezza DEVONO essere chiusi
- Nessuno deve trovarsi nell'area di lavoro

 **PERICOLO:** In modalità AUTO, il robot si muove a velocità massima senza alcun controllo dell'operatore. L'ingresso nell'area di lavoro può causare lesioni gravissime.

4. Navigazione dei menu

L'iPendant utilizza un sistema di menu gerarchico. I menu principali sono accessibili tramite i tasti fisici, le sottovoci tramite touchscreen o frecce + ENTER.

4.1 Menu principale (MENU)

Premendo il tasto MENU si accede a:

N.	VOCE	DESCRIZIONE
0	NEXT	Pagina successiva del menu
1	UTILITIES	Orologio, impostazioni lingua, schermo
2	TEST CYCLE	Ciclo di test del programma corrente
3	MANUAL FCTNS	Funzioni manuali (macro, jog to position)
4	ALARM	Storico allarmi e log degli errori
5	I/O	Visualizzazione/controllo I/O (Digital, Analog, Robot, UOP)
6	SETUP	Configurazione sistema (frame, I/O config, password, rete)
7	STATUS	Stato robot (posizione corrente, versione, assi)
8	SYSTEM	Variabili di sistema, memory, master/cal

4.2 Tasti di accesso rapido

- [SELECT] → Lista programmi in memoria
- [EDIT] → Modifica programma corrente (selezione cursore con frecce)
- [DATA] → Registri e posizioni. Premere F1 per cambiare tipo: Registers, Position Reg, ecc.
- [I/O] → Stato I/O. F1 per cambiare tipo: Digital, Analog, Robot, UOP.
- [STATUS] → Posizione corrente, allarmi, informazioni di sistema
- [FCTN] → Funzioni speciali. Voce 1: ABORT ALL (termina tutti i programmi)

4.3 Navigazione touchscreen

- Toccare un elemento per selezionarlo
- Scorrere verticalmente per liste lunghe
- Softkey F1–F5 nella barra inferiore cambiano a seconda del contesto
- PREV torna alla schermata precedente

✓ Per tornare rapidamente alla schermata programma: premere **SELECT** → selezionare il programma → **ENTER**.

5. Jog manuale del robot

Il jog manuale permette di muovere il robot a mano tramite i tasti jog laterali dell'iPendant. È il modo principale per posizionare il robot durante la programmazione.

5.1 Prerequisiti

- Modalità: T1 o T2
- Dead Man Switch: tenere in posizione 2 (metà corsa)
- SHIFT: tenere premuto contemporaneamente ai tasti jog

Il robot si muove SOLO quando si tengono premuti simultaneamente: Dead Man Switch (posizione 2) + SHIFT + tasto Jog (+/-).

5.2 Sistemi di coordinate (tasto COORD)

Premere ripetutamente COORD per ciclare tra i sistemi:

JOINT — Spazio dei giunti

Ogni coppia di tasti jog muove un singolo asse (J1–J6). La velocità dipende dall'override. È il modo più intuitivo per movimenti ampi.

TASTI	ASSE	MOVIMENTO
Jog 1 +/-	J1 Base	Rotazione base oraria/antioraria
Jog 2 +/-	J2 Spalla	Spalla avanti/indietro
Jog 3 +/-	J3 Gomito	Gomito su/giù
Jog 4 +/-	J4 Roll	Rotazione polso (roll)
Jog 5 +/-	J5 Pitch	Inclinazione polso (pitch)
Jog 6 +/-	J6 Flangia	Rotazione flangia/utensile

WORLD — Spazio cartesiano (riferimento mondo)

I tasti jog muovono il TCP lungo gli assi X, Y, Z del sistema di riferimento mondo, e ruotano attorno a W, P, R.

TASTI	DIREZIONE	MOVIMENTO TCP
Jog 1 +/-	X	Avanti/indietro (asse X mondo)
Jog 2 +/-	Y	Sinistra/destra (asse Y mondo)
Jog 3 +/-	Z	Su/giù (asse Z mondo, verticale)
Jog 4 +/-	W (Yaw)	Rotazione attorno Z mondo
Jog 5 +/-	P (Pitch)	Inclinazione avanti/indietro
Jog 6 +/-	R (Roll)	Rotazione attorno asse di avvicinamento

TOOL — Spazio utensile

Come WORLD, ma gli assi sono allineati all'utensile (tool frame) anziché al riferimento mondo. Utile per avvicinamenti/allontanamenti lungo l'asse dell'utensile.

USER — Spazio utente

Assi allineati a un sistema di riferimento definito dall'utente (User Frame). Utile quando il pezzo è inclinato o su un piano non allineato al mondo.

5.3 Controllo della velocità di jog

L'override di jog si regola con i tasti softkey o direttamente sullo schermo:

- Override basso (1–10%): movimenti di precisione per registrazione punti
- Override medio (20–50%): posizionamento rapido ma controllato
- Override alto (50–100%): spostamenti ampi per raggiungere zone distanti

⚠ ATTENZIONE: Iniziare **SEMPRE** con override basso quando si muove il robot per la prima volta o verso posizioni sconosciute.

6. Sistema di coordinate e frame

6.1 World Frame

Il sistema di riferimento mondo è fisso e ha origine alla base del robot. Asse Z verso l'alto, asse X in avanti.

6.2 Tool Frame (UTOOL)

Il tool frame definisce la posizione e l'orientamento del punto di lavoro dell'utensile (TCP) rispetto alla flangia del robot.

- Configurazione: MENU → SETUP → Frames → Tool Frame
- Metodo comune: Three Point (3 approcci allo stesso punto da angolazioni diverse)
- Se nessun utensile è montato, il TCP coincide con il centro della flangia

NOTA: Per il simulatore, il tool frame di default ha il TCP al centro della pinza.

6.3 User Frame (UFRAME)

Il user frame definisce un sistema di coordinate personalizzato, utile quando il piano di lavoro non è allineato al mondo.

- Configurazione: MENU → SETUP → Frames → User Frame
- Metodo: Three Point (origine, direzione X, direzione Y)
- Tutti i punti registrati con un user frame attivo sono relativi a quel frame

✓ *Se si sposta il piano di lavoro, basta ridefinire il user frame. Tutti i punti si adattano automaticamente.*

6.4 Jog Frame

Il jog frame è il sistema di coordinate usato per il jog manuale. Si seleziona con COORD. Non influenza i punti registrati, solo il modo in cui i tasti jog muovono il robot.

7. Creazione e gestione programmi

7.1 Creare un nuovo programma

1. Premere SELECT per aprire la lista programmi.
2. Premere F2 (CREATE).
3. Inserire il nome del programma (max 8 caratteri, es. PICK_01).
4. Premere ENTER per confermare.
5. Il programma viene creato vuoto e aperto nell'editor.

7.2 Struttura dell'editor

L'editor mostra il programma riga per riga. Il cursore (freccia →) indica la riga corrente. Si naviga con le frecce ↑↓.

- ENTER su una riga vuota: apre il menu di inserimento istruzioni
- F1 (INST): inserisce un'istruzione (movimento, I/O, logica, ecc.)
- F2 (EDCMD): comandi di editing (INSERT, DELETE, COPY, FIND, RENUMBER)
- F4 (CHOICE): mostra le opzioni per il campo selezionato
- F5: funzioni aggiuntive contestuali

7.3 Inserire un'istruzione di movimento

1. Posizionare il cursore sulla riga desiderata.
2. Premere F1 (INST) → selezionare il tipo: J (Joint), L (Linear) o C (Circular).
3. Il sistema inserisce una riga con punto non registrato: J P[*] 100% FINE
4. Muovere il robot con jog alla posizione desiderata.
5. Con il cursore sulla riga, premere SHIFT + F5 (TOUCHUP) per registrare la posizione corrente come P[n].
6. Modificare velocità e terminazione con le frecce ←→ e F4 (CHOICE).

7.4 Inserire altri comandi

Premere F1 (INST) e navigare le categorie:

- I/O: DO[n]=ON/OFF, DI[n]=ON/OFF
- WAIT: WAIT tempo(sec), WAIT DI[n]=ON/OFF
- Registers: R[n]=valore, R[n]=R[m]+val
- IF/SELECT: IF condizione, JMP LBL[n]
- JMP/LBL: JMP LBL[n], LBL[n]
- CALL: CALL nome_programma
- Commenti: ! testo del commento

7.5 Gestione programmi

Dalla schermata SELECT:

- F3 (DELETE): cancella il programma selezionato (richiede conferma)
- F4 (COPY): copia il programma con nuovo nome
- F5 → RENAME: rinomina il programma
- ATTR (attributi): imposta protezione, commento, gruppo

 **ATTENZIONE:** La cancellazione di un programma è irreversibile. Effettuare sempre un backup prima di eliminare.

8. Registrazione e modifica punti

8.1 Registrare un punto (TOUCHUP)

1. Muovere il robot con jog manuale alla posizione desiderata.
2. Nell'editor programma, posizionare il cursore sulla riga con P[*] o P[n].
3. Premere SHIFT + F5 (TOUCHUP).
4. Il sistema registra la posizione corrente di tutti e 6 gli assi come P[n].

 **NOTA:** Il punto registrato salva gli angoli di tutti i giunti (rappresentazione Joint) e le coordinate cartesiane (X, Y, Z, W, P, R) con il frame attivo.

8.2 Visualizzare i punti registrati

1. Premere DATA.
2. Premere F1 → selezionare Position Reg.
3. La lista mostra tutti i P[n] con le coordinate cartesiane.
4. Selezionare un punto e premere ENTER per vedere i dettagli (rappresentazione Joint o Cartesiana).

8.3 Modificare un punto esistente

Due metodi:

Metodo 1: Re-TOUCHUP

Muovere il robot alla nuova posizione e premere SHIFT + F5 con il cursore sulla riga del punto. Il sistema chiede conferma per sovrascrivere.

Metodo 2: Modifica numerica

1. DATA → Position Reg → selezionare P[n] → ENTER.
2. Usare le frecce per selezionare il valore da modificare (X, Y, Z, W, P, R o J1–J6).
3. Digitare il nuovo valore e premere ENTER.

 **ATTENZIONE:** Dopo una modifica numerica, testare SEMPRE il punto in T1 a bassa velocità prima dell'uso in produzione.

8.4 Position Register vs Program Points

P[n] (Program Points): salvati all'interno del programma. Ogni programma ha i propri P[1], P[2], ecc.

PR[n] (Position Registers): globali, condivisi tra tutti i programmi. Utili per posizioni comuni (Home, posizioni di servizio).

9. Esecuzione dei programmi

9.1 Esecuzione in T1 (STEP)

1. Selettore su T1. Selezionare il programma con SELECT → ENTER.
2. Premere STEP per attivare la modalità step (indicatore STEP sulla barra di stato).
3. Impugnare il Dead Man Switch (posizione 2).
4. Premere SHIFT + FWD per eseguire una riga alla volta.
5. Il robot esegue l'istruzione corrente e si ferma. Ripremere per la riga successiva.
6. Verificare ogni movimento prima di procedere.

✓ *SEMPRE eseguire un nuovo programma prima in STEP/T1 per verificare che tutti i punti siano corretti e non ci siano collisioni.*

9.2 Esecuzione continua in T1

1. Premere STEP per disattivare la modalità step (indicatore STEP scompare).
2. Tenere premuti Dead Man Switch + SHIFT + FWD.
3. Il programma viene eseguito continuamente (a velocità limitata T1).
4. Rilasciare qualsiasi tasto per fermare.

9.3 Esecuzione in AUTO

1. Selettore su AUTO. Cancelli chiusi. Area sgombra.
2. Selezionare il programma.
3. Premere RESET per cancellare eventuali allarmi.
4. Premere CYCLE START (sul controller o da segnale esterno).
5. Il programma viene eseguito a velocità programmata.

9.4 Controlli durante l'esecuzione

- [HOLD]: pausa immediata. Riprendere con SHIFT + FWD.
- [FCTN]→ ABORT ALL: termina tutti i programmi.
- Override: modificabile durante l'esecuzione per rallentare/accelerare.
- [E-STOP]: arresto di emergenza (solo in caso di pericolo).

10. Gestione I/O digitali e analogici

10.1 Visualizzazione I/O

1. Premere I/O o MENU → I/O.
2. Premere F1 per selezionare il tipo:
 - Digital: DI (ingressi), DO (uscite), RI (Robot Input), RO (Robot Output)
 - Analog: AI (analogici in), AO (analogici out)
 - UOP: User Operator Panel (segnali di interfaccia operatore)

10.2 Forzatura manuale

In modalità T1, è possibile forzare manualmente le uscite:

1. Navigare alla schermata I/O → Digital → DO.
2. Selezionare l'uscita desiderata con le frecce.
3. Premere F4 (ON) o F5 (OFF) per forzare il valore.

⚠ ATTENZIONE: La forzatura manuale è attiva solo finché si rimane sulla schermata I/O o finché un programma non modifica il valore. Usare con cautela in produzione.

10.3 Configurazione I/O

Per configurare la mappatura I/O (associazione segnali logici a terminali fisici):

- MENU → I/O → F1 → Digital → F2 (CONFIG)
- Assegnare rack, slot e punto di partenza per ciascun gruppo di segnali

i NOTA: Sul controller R-30iB Mate, gli I/O digitali di base (8 DI + 8 DO) sono integrati e non richiedono configurazione aggiuntiva.

11. Registri e variabili di sistema

11.1 Registri numerici R[1–200]

I registri numerici sono variabili intere/decimali utilizzabili nei programmi TP per contatori, flag, calcoli.

- Visualizzazione: DATA → F1 → Registers
- Modifica manuale: selezionare il registro, digitare il nuovo valore, ENTER
- Persistenti: mantengono il valore anche dopo lo spegnimento

11.2 Registri di posizione PR[1–100]

I registri di posizione sono variabili globali che contengono coordinate (X, Y, Z, W, P, R). Condivisi tra tutti i programmi.

- Visualizzazione: DATA → F1 → Position Reg
- Utili per: posizione Home condivisa, offset calcolati, posizioni di servizio

11.3 Variabili di sistema

Le variabili di sistema (\$VARIABLES) controllano il comportamento del controller. Accessibili da MENU → SYSTEM → Variables.

⚠ ATTENZIONE: Non modificare le variabili di sistema senza una comprensione completa degli effetti. Modifiche errate possono rendere il robot inutilizzabile.

- \$SPEED: velocità Override corrente
- \$MCR/\$MOR: macro e registro motion
- \$MOTYPE: tipo di movimento corrente
- \$SCR: variabili schermo e display

12. Configurazione del sistema

12.1 Impostazione data e ora

- MENU → SETUP → Clock
- Impostare data e ora correnti (importante per log e timestamp file)

12.2 Configurazione rete

- MENU → SETUP → Host Comm
- Configurare IP, subnet mask, gateway per connessione Ethernet
- Porta FTP per trasferimento programmi da/verso PC

12.3 Configurazione payload

Il payload definisce il peso e il baricentro del carico trasportato. Essenziale per la precisione dei movimenti.

- MENU → SETUP → Motion → Payload
- Inserire peso (kg), posizione baricentro (X, Y, Z rispetto alla flangia), inerzia
- FANUC ER-4iA: payload massimo 4 kg

 **ATTENZIONE:** Un payload configurato in modo errato causa imprecisioni di movimento, vibrazioni, e può attivare allarmi di coppia.

12.4 Masterizzazione (Mastering)

La masterizzazione calibra la posizione zero di ciascun asse. Si esegue:

- Alla prima installazione del robot
- Dopo la sostituzione di motori o encoder
- Se il robot perde la posizione dopo un urto violento
- Procedura: MENU → SYSTEM → Master/Cal → seguire la procedura guidata

 **PERICOLO:** La masterizzazione errata causa errori di posizionamento su TUTTI i programmi. Eseguire solo sotto supervisione del tecnico FANUC.

13. Allarmi, errori e diagnostica

13.1 Tipi di allarmi

Gli allarmi FANUC sono classificati per gravità:

TIPO	GRAVITÀ	AZIONE
WARN	Bassa	Avviso. Il programma può continuare. RESET per cancellare.
PAUSE	Media	Il programma va in pausa. RESET + riprendere esecuzione.
ABORT	Alta	Il programma viene terminato. Risolvere la causa, RESET.
SERVO	Critica	Errore servo/motore. Potenza rimossa. Risolvere e RESET.
SYSTEM	Critica	Errore di sistema. Può richiedere riavvio del controller.

13.2 Allarmi comuni e soluzioni

MOTN-023 — Singolarità cinematica

Causa: il TCP attraversa una configurazione singolare ($J5 \approx 0^\circ$) durante un movimento L.

Soluzione: modificare la traiettoria per evitare $J5 = 0^\circ$, oppure usare un movimento J per attraversare la zona.

MOTN-019 — Posizione fuori portata

Causa: il punto target è oltre lo spazio di lavoro del robot (550 mm reach).

Soluzione: avvicinare il pezzo alla base, verificare le coordinate del punto.

SRVO-001 — Errore servo (Pulse Mismatch)

Causa: il robot ha perso la posizione (urto, sovraccarico, mancanza corrente).

Soluzione: eseguire la procedura di masterizzazione. In caso di urto, verificare danni meccanici.

SRVO-023 — E-STOP attivo

Causa: pulsante E-STOP premuto o circuito di sicurezza aperto.

Soluzione: rilasciare l'E-STOP (ruotare), verificare cancelli di sicurezza, premere RESET.

INTP-311 — Punto non registrato

Causa: il programma utilizza P[n] che non è stato registrato con TOUCHUP.

Soluzione: posizionare il robot e registrare il punto mancante.

SYST-011 — Memoria piena

Causa: la memoria del controller è esaurita.

Soluzione: eliminare programmi non utilizzati, fare backup su USB.

13.3 Log allarmi

- MENU → ALARM → mostra storico degli ultimi allarmi con timestamp
- F3 (DETAIL): dettaglio dell'allarme selezionato
- F4 (CLEAR): cancella il log (non gli allarmi attivi)

14. Backup e ripristino

14.1 Backup su USB

Il backup salva tutti i programmi, posizioni, configurazioni e variabili di sistema su chiavetta USB.

1. Inserire una chiavetta USB nella porta del controller.
2. MENU → FILE.
3. F5 (UTIL) → Set Device → USB (UT1:).
4. F2 (BACKUP) → selezionare cosa salvare:
 - All of above: backup completo (consigliato)
 - TP Programs: solo i programmi
 - System Files: solo configurazione
5. Confermare con F4 (YES). Attendere il completamento.

14.2 Ripristino da USB

1. MENU → FILE → F5 (UTIL) → Set Device → USB.
2. Navigare nella lista file con le frecce.
3. Selezionare il file/programma → F3 (LOAD).
4. Confermare la sovrascrittura se richiesto.

⚠ ATTENZIONE: Il ripristino di System Files sovrascrive TUTTA la configurazione. Usare solo se si è certi della compatibilità.

14.3 Trasferimento file .LS

I file .LS (listing) sono la versione testuale dei programmi TP. Possono essere editati su PC e trasferiti via USB o FTP.

- Da USB: copiare il file .LS sulla chiavetta → MENU → FILE → selezionare → LOAD
- Da FTP: connettere PC alla stessa rete del controller → FTP al suo IP → copiare nella cartella MD:
- Il controller compila automaticamente il .LS in .TP (formato binario eseguibile)

✓ Il simulatore web può esportare file .LS compatibili. Scrivi e testa il programma nel simulatore, esporta il .LS e caricalo sul robot reale.

15. Manutenzione ordinaria

15.1 FANUC ER-4iA — Intervalli

INTERVENTO	INTERVALLO	NOTE
Ispezione visiva cavi	Mensile	Verificare usura, pieghe, abrasioni
Lubrificazione riduttori	3 anni / 11.520 h	Grasso FANUC specifico
Sostituzione batterie encoder	4 anni	Perdita = perdita masterizzazione
Verifica serraggio bulloni	Annuale	Coppia secondo specifiche FANUC
Pulizia filtri controller	Trimestrale	Aria compressa o aspiratore
Controllo freni	Annuale	Verifica tenuta assi con robot spento

15.2 Sostituzione batterie encoder

 **PERICOLO:** Se le batterie si scaricano completamente, il robot perde la masterizzazione. Tutti i programmi con punti registrati diventeranno inutilizzabili finché non si rimasterizza.

1. Lasciare il controller ACCESO durante la sostituzione (le batterie mantengono la posizione solo a controller spento).
2. Aprire lo sportello batterie sul controller.
3. Sostituire le 4 batterie AA (o il pacco specifico FANUC).
4. Verificare che non compaiano allarmi SRVO dopo la sostituzione.

15.3 Pulizia iPendant

- Pulire lo schermo con panno morbido leggermente umido
- Non usare solventi, alcol o detergenti abrasivi
- Verificare periodicamente il cavo di collegamento e il connettore

16. Riferimento rapido comandi

16.1 Combinazioni tasti essenziali

COMBINAZIONE	AZIONE
SHIFT + FWD	Esegue il programma (o la prossima riga in STEP)
SHIFT + BWD	Esegue una riga all'indietro
SHIFT + F5 (TOUCHUP)	Registra la posizione corrente come P[n]
SHIFT + Jog +/-	Muove il robot in jog manuale
SHIFT + RESET	Reset completo (fault reset)
SHIFT + COORD	Cambia gruppo di movimento (multi-group)
FCTN → 1	Abort All (termina tutti i programmi)
HOLD	Pausa immediata del programma
STEP (toggle)	Alterna esecuzione step/continua

16.2 Percorsi menu rapidi

PER ACCEDERE A...	PERCORSO
Lista programmi	SELECT
Editor programma	SELECT → scegli programma → ENTER
Registri R[]	DATA → F1 → Registers
Posizioni P[] del programma	DATA → F1 → Position
Position Register PR[]	DATA → F1 → Position Reg
I/O Digitali	I/O → F1 → Digital
Tool Frame	MENU → SETUP → Frames → Tool Frame
User Frame	MENU → SETUP → Frames → User Frame
Payload	MENU → SETUP → Motion → Payload
Log allarmi	MENU → ALARM
Backup	MENU → FILE → F5 (UTIL) → Set Device → USB
Variabili di sistema	MENU → SYSTEM → Variables
Masterizzazione	MENU → SYSTEM → Master/Cal
Rete	MENU → SETUP → Host Comm