

MANUALE TECNICO

FANUC ER-4iA

Robot Industriale a 6 Assi

Controller R-30iB Mate

iPendant A05B-2256-C101#EGN

SPECIFICHE PRINCIPALI
Assi: 6 • Payload: 4 kg • Reach: 550 mm
Ripetibilità: ± 0.01 mm • Peso: 20 kg
Protezione: IP67 (opz.) • Montaggio: pavimento/soffitto/parete

Prof. D.Bertolino — www.handsonstem.it

Laboratorio di Robotica Industriale

Indice

1. Introduzione e classificazione
2. Specifiche tecniche complete
3. Architettura meccanica e assi
4. Cinematica: parametri DH
5. Spazio di lavoro (workspace)
6. Controller R-30iB Mate
7. Conessioni e cablaggio
8. Installazione e fissaggio
9. Sistemi di sicurezza
10. End-effector e montaggio utensili
11. Sistemi di coordinate
12. Modalità operative
13. Applicazioni industriali tipiche
14. Manutenzione e lubrificazione
15. Troubleshooting
16. Appendice: scheda tecnica riassuntiva

1. Introduzione e classificazione

Il FANUC ER-4iA è un robot industriale antropomorfo a 6 gradi di libertà (6-DOF) progettato per applicazioni di manipolazione ad alta velocità e precisione in spazi compatti. Appartiene alla famiglia LR Mate di FANUC, i robot compatti più venduti al mondo.

1.1 Classificazione

- Tipo: Robot articolato (antropomorfo) a 6 assi revoluti
- Famiglia: FANUC LR Mate Series
- Classe: Manipolazione leggera, assemblaggio, ispezione
- Generazione: R-30iB (iB = intelligent B-series)

1.2 Identificazione del modello

ER: Educational Robot (versione didattica del LR Mate 200iD)

4: payload massimo in kg

iA: generazione (intelligent A-variant)

 **NOTA:** L'ER-4iA è meccanicamente identico al LR Mate 200iD/4S ma viene fornito con pacchetto educational che include documentazione didattica e software di simulazione.

1.3 Applicazioni tipiche

- Manipolazione e pick & place
- Assemblaggio di componenti elettronici
- Carico/scarico macchine utensili (machine tending)
- Controllo qualità e ispezione visiva
- Incollaggio e dispensazione
- Test e misura
- Packaging e palletizzazione di piccoli oggetti

2. Specifiche tecniche complete

2.1 Caratteristiche meccaniche

PARAMETRO	VALORE	UNITÀ
Assi controllati	6	revoluti
Payload massimo	4	kg
Payload nominale	4	kg
Reach massimo	550	mm
Ripetibilità	±0.01	mm
Peso robot	20	kg
Protezione (standard)	IP40	
Protezione (opzionale)	IP67	cleanroom/washdown
Montaggio	Pavimento, soffitto, parete, inclinato	
Temperatura operativa	0 – 45	°C
Umidità operativa	75% max	senza condensa

2.2 Prestazioni per asse

ASSE	TIPO	RANGE	VEL. MAX	COPPIA NOM.	RIDUTTORE
J1	Rotazione	±170°	460°/sec	3.6 Nm	Harmonic
J2	Spalla	-115° / +120°	460°/sec	8.8 Nm	Harmonic
J3	Gomito	-201° / +201°	520°/sec	4.5 Nm	Harmonic
J4	Roll polso	±190°	560°/sec	1.2 Nm	Harmonic
J5	Pitch polso	±120°	560°/sec	1.2 Nm	Harmonic
J6	Roll flangia	±360°	900°/sec	0.5 Nm	Harmonic

2.3 Momenti e inerzie al polso

PARAMETRO	VALORE
Momento ammissibile J4 (roll)	1.96 Nm
Momento ammissibile J5 (pitch)	1.96 Nm
Momento ammissibile J6 (flangia)	0.61 Nm
Inerzia ammissibile J4	0.019 kg·m ²
Inerzia ammissibile J5	0.019 kg·m ²
Inerzia ammissibile J6	0.005 kg·m ²

2.4 Prestazioni di ciclo

- Tempo ciclo standard (25/305/25 mm, 1 kg): 0.36 sec
- Velocità massima TCP: >2000 mm/sec (traiettoria lineare)
- Accelerazione massima TCP: elevata grazie al basso peso del braccio

i NOTA: Le prestazioni di ciclo dipendono dal payload, dalla traiettoria e dalle impostazioni di accelerazione/decelerazione.

3. Architettura meccanica e assi

3.1 Struttura cinematica

L'ER-4iA ha un'architettura antropomorfa classica con 3 assi principali (J1-J3) per il posizionamento del polso nello spazio e 3 assi di polso (J4-J6) per l'orientamento dell'utensile.

J1 — Base (rotazione)

Rotazione dell'intera struttura attorno all'asse verticale. Permette al robot di raggiungere posizioni a 360° attorno alla base (limitato meccanicamente a $\pm 170^\circ$). Il motore è alloggiato nella base con riduttore Harmonic Drive.

J2 — Spalla (elevazione)

Movimento avanti/indietro del braccio superiore. È l'asse che genera le forze maggiori, sostenendo il peso dell'intero braccio e del carico. Azionato da servomotore AC con riduttore Harmonic.

J3 — Gomito (estensione)

Movimento del braccio inferiore (avambraccio). Insieme a J2, determina l'estensione radiale e l'altezza del polso. Range molto ampio ($\pm 201^\circ$) per massima flessibilità.

J4 — Roll del polso

Rotazione dell'avambraccio distale attorno al proprio asse. Permette all'utensile di ruotare senza modificare la posizione del TCP.

J5 — Pitch del polso (flessione)

Inclinazione del polso. Insieme a J4 e J6, fornisce i 3 gradi di libertà per orientare l'utensile in qualsiasi direzione.

J6 — Roll della flangia

Rotazione finale della flangia di montaggio utensile. Range $\pm 360^\circ$, velocità massima 900°/sec. Sulla flangia si monta il gripper o qualsiasi end-effector.

3.2 Materiali e costruzione

- Struttura principale: lega di alluminio pressofusa (leggerezza + rigidità)
- Riduttori: Harmonic Drive su tutti gli assi (alta precisione, zero backlash)
- Motori: servomotori AC brushless FANUC
- Encoder: encoder assoluti ad alta risoluzione (necessitano batterie di backup)

- Cablaggio interno: passante attraverso il braccio per protezione e pulizia
- Finitura: verniciatura epossidica FANUC giallo (RAL 1023)

4. Cinematica: parametri Denavit-Hartenberg

La cinematica del robot è descritta dalla convenzione Denavit-Hartenberg (DH) modificata. I parametri definiscono la relazione geometrica tra i sistemi di riferimento di ciascun giunto.

4.1 Tabella parametri DH

Link	a_i (mm)	d_i (mm)	α_i (°)	θ_i	Descrizione
0→1	50	330	-90	θ_1	Base → spalla
1→2	260	0	0	θ_2	Braccio superiore
2→3	20	0	-90	θ_3	Gomito
3→4	0	290	90	θ_4	Avambraccio
4→5	0	0	-90	θ_5	Polso pitch
5→6	0	75	0	θ_6	Flangia

4.2 Quote principali

- $d_1 = 330$ mm — altezza della spalla dalla base
- $a_1 = 50$ mm — offset laterale base-spalla
- $a_2 = 260$ mm — lunghezza braccio superiore (spalla-gomito)
- $a_3 = 20$ mm — offset gomito
- $d_4 = 290$ mm — lunghezzaavambraccio (gomito-polso)
- $d_6 = 75$ mm — distanza polso-flangia

4.3 Cinematica diretta (FK)

La cinematica diretta calcola la posizione e l'orientamento del TCP (Tool Center Point) dati gli angoli dei 6 giunti. Si ottiene moltiplicando le 6 matrici di trasformazione omogenea:

$$T_0^6 = A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_6$$

dove ogni A_i è la matrice DH del link i -esimo.

4.4 Cinematica inversa (IK)

La cinematica inversa calcola gli angoli dei 6 giunti data una posizione e orientamento desiderati del TCP. Per un robot 6R con polso sferico (come l'ER-4iA), si utilizza il disaccoppiamento cinematico:

Passo 1: Calcolo del centro del polso (WC) sottraendo $d_6 \times$ vettore di avvicinamento dalla posizione TCP.

Passo 2: $J_1 = \text{atan2}(WC_y, WC_x)$ — risolve la rotazione base.

Passo 3: J_2, J_3 per trigonometria del triangolo spalla-gomito-polso.

Passo 4: J_4, J_5, J_6 dall'orientamento relativo $R_3^6 = R_{03}^T \times R_{\text{target}}$.

 **NOTA:** Il simulatore web implementa la IK analitica completa a 6-DOF con gestione delle singolarità e verifica dei limiti articolari.

 *Nel simulatore, attivare la visualizzazione DH (pulsante DH nella sezione Vista) per vedere i frame di riferimento su ciascun giunto in tempo reale.*

5. Spazio di lavoro (workspace)

5.1 Envelope di lavoro

Lo spazio di lavoro del FANUC ER-4iA è un volume approssimativamente sferico con raggio massimo di 550 mm dal centro della spalla (J2), con esclusione delle zone non raggiungibili vicino alla base.

- Raggio massimo: 550 mm (J2+J3 completamente estesi)
- Raggio minimo: circa 155 mm (braccio completamente retratto)
- Altezza massima: ~880 mm dalla base (J2=90° max estensione verticale)
- Profondità sotto base: raggiungibile con montaggio a soffitto

5.2 Zone morte e limitazioni

- Zona cilindrica attorno all'asse J1 ($r < \sim 100$ mm): non raggiungibile
- Zona sotto il piano di appoggio: non raggiungibile con montaggio a pavimento
- Zone vicine ai limiti meccanici: riduzione velocità e singolarità

5.3 Singolarità cinematiche

Il robot presenta 3 tipi di singolarità:

Singolarità di polso: $J5 \approx 0^\circ$. Gli assi J4 e J6 diventano allineati. Il controller non riesce a calcolare J4 e J6 individualmente.

Singolarità di spalla: il TCP passa sopra l'asse J1. J1 e J6 diventano allineati.

Singolarità di gomito: J3 esteso al massimo, il braccio diventa rettilineo. Perdita di un DOF.

⚠ ATTENZIONE: Nelle singolarità, il movimento lineare (L) causa errori MOTN-023. Usare movimenti Joint (J) per attraversare queste zone.

6. Controller R-30iB Mate

6.1 Specifiche

PARAMETRO	VALORE
Modello	R-30iB Mate (Open Air Cabinet)
CPU	FANUC PMC (alta velocità)
Memoria programma	64 MB Flash ROM
DRAM	128 MB
Assi controllabili	6 + assi esterni (opzionale)
Comunicazione	Ethernet 100 Mbps, USB 2.0, RS-232C
I/O digitali integrati	8 DI + 8 DO (24V)
Bus di campo (opzionali)	PROFINET, EtherNet/IP, DeviceNet, CC-Link
Alimentazione	200–230V AC monofase, 50/60 Hz
Consumo	~1.0 kVA max
Dimensioni	340 × 340 × 260 mm (Open Air)
Peso	~15 kg
Temperatura operativa	0 – 45°C

6.2 Architettura interna

- CPU principale: gestisce la cinematica, l'interpolazione e il controllo servo
- PMC (Programmable Machine Controller): gestisce la logica I/O e le macro
- Servoamplificatori: uno per asse, controllano i motori in corrente/velocità/posizione
- Power Supply: converte la rete AC in tensioni DC per logica e potenza
- Safety Board: gestisce E-STOP, DMS, cancelli di sicurezza, DCS

6.3 Software integrato

- FANUC KAREL: linguaggio di programmazione avanzato (opzionale)
- iRVision: sistema di visione integrato (opzionale)
- Force Sensor: controllo di forza per assemblaggio delicato (opzionale)
- Collision Guard: rilevamento collisioni software con arresto automatico
- Constant Path: mantiene la traiettoria cartesiana indipendentemente dal payload

7. Connessioni e cablaggio

7.1 Cavo robot-controller

Un singolo cavo multi-conduttore collega il robot al controller. Contiene:

- Alimentazione motori (3 coppie per 6 motori)
- Segnali encoder (6 canali)
- Segnali freno (6 canali)
- Segnali utente passanti (opzionali: aria, elettrovalvole)

⚠ ATTENZIONE: Non piegare il cavo robot con raggi inferiori a 100 mm. Non calpestare o posare oggetti pesanti sul cavo.

7.2 Connettore flangia

La flangia J6 presenta un pattern di fori ISO 9409-1-31.5-4-M5 per il montaggio utensili. Segnali utente disponibili attraverso il connettore passante nel braccio:

- Aria compressa: 1 tubo passante (opzionale, per pinze pneumatiche)
- Segnali elettrici utente: connettore multi-pin al polso (fino a 12 pin)
- Segnali I/O dedicati: disponibili per elettrovalvole e sensori sull'end-effector

7.3 Pannello connessioni controller

- Ethernet (RJ-45): connessione rete per FTP, SNPX, monitoraggio
- USB (tipo A): per chiavetta USB, backup/restore, caricamento programmi
- RS-232C (D-Sub 9): comunicazione seriale con dispositivi esterni
- Morsettiera I/O: terminali a vite per DI/DO (24V, max 100 mA per canale)
- Connettore iPendant: porta dedicata per il teach pendant
- Ingresso E-STOP esterno: morsetti per pulsanti di emergenza aggiuntivi

8. Installazione e fissaggio

8.1 Fondazione

Il robot deve essere fissato su una superficie rigida e piana in grado di sopportare le forze dinamiche generate durante il funzionamento.

- Superficie: piana entro 0.5 mm su tutto il perimetro della base
- Materiale: acciaio o alluminio con spessore minimo 12 mm, o calcestruzzo armato
- Bulloni: 4 x M8 (classe 8.8 minimo), coppia di serraggio 20 Nm

8.2 Pattern di fissaggio

La base del robot presenta 4 fori M8 su un cerchio di diametro 194 mm, con orientamento definito dalla scanalatura di riferimento.

- Diametro cerchio fori: 194 mm
- Fori: 4 x M8 passanti, distanziati di 90°
- Riferimento: scanalatura di allineamento sulla base (lato J1=0°)

8.3 Opzioni di montaggio

Pavimento: configurazione standard. Z verso l'alto, massimo reach orizzontale.

Soffitto (invertito): il robot è montato capovolto. Aumenta lo spazio di lavoro verso il basso. Richiede impostazione \$MOUNT_ANGLE nel controller.

Parete (laterale): montaggio a 90°. Utile per celle compatte. Richiede staffa dedicata e configurazione angolo di montaggio.

Inclinato: qualsiasi angolo. Richiede staffa personalizzata e configurazione precisa dell'angolo nel controller.

⚠ ATTENZIONE: Dopo qualsiasi cambio di orientamento di montaggio, riconfigurare \$MOUNT_ANGLE nel controller e verificare che i limiti di coppia e le traiettorie siano corretti.

9. Sistemi di sicurezza

9.1 Sicurezza integrata nel controller

- Dual Check Safety (DCS): monitoraggio ridondante posizione e velocità
- Safe I/O: ingressi/uscite di sicurezza certificati SIL2/PLd
- Space Check: zone di sicurezza software (opzionale)
- Speed Check: limiti di velocità per zona

9.2 Circuito di emergenza

Il circuito di emergenza è a doppio canale (ridondante) e include:

- E-STOP iPendant: pulsante a fungo rosso sul teach pendant
- E-STOP controller: pulsante sul pannello frontale del controller
- E-STOP esterno: collegabile alla morsettiera dedicata
- Cancelli di sicurezza: ingressi dedicati per interruttori porta (safety fence)
- Dead Man Switch: interruttore a 3 posizioni sull'iPendant

Tutti i dispositivi di sicurezza sono collegati in serie: l'attivazione di uno qualsiasi rimuove la potenza ai motori.

9.3 Collision Guard (opzionale)

Il Collision Guard è una funzione software che rileva collisioni inaspettate monitorando la coppia di ciascun asse. Se la coppia supera la soglia, il robot si arresta immediatamente e arretra leggermente.

- Sensibilità regolabile: da 1 (molto sensibile) a 100 (poco sensibile)
- Attivazione: MENU → SYSTEM → Variables → \$CLAMP_SV

✓ In ambiente didattico, impostare il Collision Guard su sensibilità alta (valore basso) per massima protezione.

10. End-effector e montaggio utensili

10.1 Flangia ISO

La flangia del J6 è conforme allo standard ISO 9409-1-31.5-4-M5:

- Diametro centraggio: 31.5 mm
- Pattern fori: 4 x M5 su cerchio Ø 40 mm
- Perno di orientamento: foro di posizionamento (pin) per allineamento preciso
- Portata: 4 kg con baricentro alla flangia, minore se offset

10.2 Tipi di gripper

Pinza pneumatica (2 o 3 dita)

- Attuazione: aria compressa (4–6 bar) tramite elettrovalvola
- Controllo: DO[n]=ON/OFF per apertura/chiusura
- Vantaggi: semplice, veloce, affidabile
- Svantaggi: solo aperto/chiuso (no posizioni intermedie senza proporzionale)

Pinza elettrica

- Attuazione: servomotore integrato
- Controllo: segnali analogici o bus di campo
- Vantaggi: forza regolabile, posizioni intermedie, feedback di forza

Ventosa (vacuum gripper)

- Attuazione: generatore di vuoto (Venturi o pompa)
- Controllo: DO[n] per attivazione vuoto + DI[n] per sensore vuoto raggiunto
- Vantaggi: ottimo per superfici piane (lamiere, vetro, scatole)

Utensili speciali

- Avvitatori, dispensatori di colla, sonde di misura, telecamere, laser pointer

10.3 Configurazione del Tool Center Point (TCP)

Dopo il montaggio dell'utensile, è necessario definire il TCP (Tool Center Point) nel controller. Il TCP è il punto di riferimento per tutti i movimenti cartesiani.

Procedura Three Point: avvicinare un punto fisso di riferimento da 3 angolazioni diverse. Il controller calcola automaticamente l'offset TCP.

Procedura Six Point: come Three Point ma con 3 avvicinamenti aggiuntivi per determinare anche l'orientamento dell'utensile.

Input diretto: se le dimensioni dell'utensile sono note da disegno, inserire manualmente X, Y, Z, W, P, R.

11. Sistemi di coordinate

11.1 Gerarchia dei frame

FANUC utilizza una gerarchia di sistemi di riferimento:

World Frame: sistema globale fisso. Origine alla base del robot. Z verso l'alto, X in avanti. Definito dalla posizione fisica di installazione.

User Frame (UFRAME): sistema definito dall'utente, riferito al pezzo o al piano di lavoro. Tutti i punti P[n] sono registrati rispetto all'UFRAME attivo. Se il pezzo si sposta, basta ridefinire l'UFRAME.

Tool Frame (UTOOL): sistema solidale all'utensile. L'origine è il TCP (punta dell'utensile). Definisce come l'utensile è orientato rispetto alla flangia.

Jog Frame: sistema usato per il jog manuale. Può essere JOINT, WORLD, TOOL o USER. Non influenza i punti registrati.

11.2 Configurazione (CONFIG)

Per ogni punto registrato, il controller salva anche la configurazione del robot:

- N/F (No-flip / Flip): configurazione del polso
- U/D (Up / Down): gomito sopra/sotto
- T/B (Front / Back): braccio davanti/dietro la base
- Turn counts: numero di giri completi per J4 e J6

La configurazione è importante per la cinematica inversa: lo stesso punto cartesiano può essere raggiunto con configurazioni diverse.

12. Modalità operative

12.1 T1 — Teach

- Velocità limitata a 250 mm/sec
- Dead Man Switch obbligatorio
- Operatore all'interno della recinzione con iPendant
- Utilizzata per: registrazione punti, test passo-passo, debug

12.2 T2 — Test

- Velocità programmata (non limitata a 250 mm/sec)
- Dead Man Switch obbligatorio
- Operatore presente con iPendant
- Utilizzata per: verifica tempi ciclo, test a velocità reale

⚠ ATTENZIONE: In T2 il robot si muove alla velocità di produzione. Massima attenzione durante il test.

12.3 AUTO — Produzione

- Velocità programmata, nessuna limitazione
- Dead Man Switch non richiesto
- Cancelli di sicurezza chiusi e verificati
- Avvio da: Cycle Start, segnale PLC (UOP), o iPendant
- Utilizzata per: produzione continua, cicli automatici

12.4 Remote — Controllo remoto

- Come AUTO, ma il controllo è interamente da PLC o dispositivo esterno
- iPendant in sola lettura (monitoraggio)
- I segnali UOP (User Operator Panel) governano start, stop, reset

13. Applicazioni industriali tipiche

13.1 Pick & Place

L'applicazione più diffusa: il robot preleva pezzi da una posizione e li deposita in un'altra. Cicli rapidi (0.3–1.0 sec), precisione elevata.

- Componenti: pinza pneumatica o ventosa + sensore pezzo presente
- I/O: DO per pinza, DI per sensori, segnali handshake con PLC

13.2 Machine Tending

Carico e scarico di macchine utensili (CNC, presse, stampaggio). Il robot sostituisce l'operatore nel posizionamento dei pezzi.

- Interfaccia: segnali porta macchina aperta/chiusa, ciclo macchina completato
- Sicurezza: zona di interscambio robot-macchina protetta

13.3 Assemblaggio

Montaggio di componenti con precisione. Richiede spesso controllo di forza (force sensor) per inserimenti e incastri.

13.4 Ispezione e qualità

Il robot posiziona il pezzo davanti a telecamere o sensori per il controllo qualità. Può combinare iRVision per localizzazione e orientamento automatico.

13.5 Dispensazione

Applicazione di colla, sigillante o altro materiale lungo un percorso definito. Richiede movimenti lineari e circolari precisi con velocità costante.

14. Manutenzione e lubrificazione

14.1 Piano di manutenzione

ATTIVITÀ	FREQUENZA	DETTAGLI
Ispezione visiva	Mensile	Cavi, connettori, tubi aria, bulloni base
Pulizia esterna	Mensile	Panno umido, no solventi
Verifica bulloni base	Ogni 6 mesi	Coppia 20 Nm (M8 classe 8.8)
Pulizia filtri controller	Ogni 3 mesi	Aria compressa, aspiratore
Lubrificazione riduttori	3 anni / 11.520 h	Grasso FANUC A97L-0201-0382/B
Sostituzione batterie	4 anni	4x AA o pacco FANUC dedicato
Sostituzione cinghie (se presenti)	5 anni / 20.000 h	Cinghie di trasmissione J2/J3
Revisione completa	8 anni / 30.000 h	Da tecnico FANUC autorizzato

14.2 Lubrificazione

I riduttori Harmonic Drive richiedono lubrificazione con grasso specifico FANUC. La procedura prevede:

1. Rimuovere il tappo di scarico del riduttore (lato basso).
2. Inserire il grasso nuovo dal tappo di riempimento (lato alto) con pompa a mano.
3. Pompate finché il grasso nuovo esce dal foro di scarico.
4. Richiudere entrambi i tappi.
5. Muovere l'asse per 10 minuti a bassa velocità per distribuire il grasso.

⚠ ATTENZIONE: Usare **ESCLUSIVAMENTE** il grasso specificato da FANUC. Altri lubrificanti possono danneggiare i riduttori Harmonic Drive.

14.3 Sostituzione batterie

☠ PERICOLO: Se le batterie si scaricano completamente a controller spento, il robot perde la masterizzazione. Tutti i punti registrati diventeranno inutilizzabili.

- Sostituire **SEMPRE** a controller acceso (le batterie servono solo a controller spento)
- Tipo: 4 batterie AA alcaline o pacco FANUC A98L-0031-0027
- Posizione: sportello sul controller R-30iB Mate

15. Troubleshooting

SINTOMO	CAUSA PROBABILE	SOLUZIONE
Robot non si muove	E-STOP attivo o DMS rilasciato	Sbloccare E-STOP, impugnare DMS
Robot non si muove	Modalità non corretta	Verificare selettore T1/T2/AUTO
Robot trema/vibra	Payload errato	Verificare config payload
Imprecisione posizioni	Masterizzazione persa	Eseguire masterizzazione
Allarme MOTN-023	Singularità $J5 \approx 0^\circ$	Usare mov. J per attraversare la zona
Allarme MOTN-019	Punto fuori reach	Verificare coordinate, riposiz. pezzo
Allarme SRVO-001	Pulse mismatch	Masterizzare. Verificare danni meccanici
Allarme SRVO-023	E-STOP o sicurezza	Rilasciare E-STOP, chiudere cancelli
Allarme SRVO-050	Collisione rilevata	Verificare traiettoria, ridurre velocità
Allarme INTP-311	Punto non registrato	Registrare P[n] mancante
Allarme SYST-011	Memoria piena	Backup e cancellare prog. non usati
Comunicazione persa	Cavo iPendant	Verificare connettore e cavo
Batteria scarica	Batterie encoder vecchie	Sostituire a controller ACCESO
Programma non parte	Errore sintassi / abort	FCTN→Abort All, RESET, verificare

16. Appendice: scheda tecnica riassuntiva

FANUC ER-4iA — SCHEDA TECNICA

MECCANICA	
Tipo robot	Antropomorfo 6 assi
Payload	4 kg
Reach	550 mm
Ripetibilità	±0.01 mm
Peso robot	20 kg
Montaggio	Pavimento, soffitto, parete, inclinato
Protezione	IP40 (standard), IP67 (opz.)
Flangia	ISO 9409-1-31.5-4-M5

ASSI	RANGE	VEL. MAX	COPPIA	TIPO
J1	±170°	460°/s	3.6 Nm	Rotazione base
J2	-115/+120°	460°/s	8.8 Nm	Spalla
J3	±201°	520°/s	4.5 Nm	Gomito
J4	±190°	560°/s	1.2 Nm	Roll polso
J5	±120°	560°/s	1.2 Nm	Pitch polso
J6	±360°	900°/s	0.5 Nm	Roll flangia

CONTROLLER R-30iB MATE	
CPU	FANUC PMC
Memoria	64 MB Flash + 128 MB DRAM
I/O integrati	8 DI + 8 DO (24V)
Comunicazione	Ethernet, USB 2.0, RS-232C
Alimentazione	200–230V AC, ~1.0 kVA
iPendant	A05B-2256-C101#EGN, LCD 6.4"

CINEMATICA DH	a (mm)	d (mm)	α (°)	Note
Link 1	50	330	-90	Base→Spalla
Link 2	260	0	0	Braccio superiore
Link 3	20	0	-90	Gomito
Link 4	0	290	90	Avambraccio
Link 5	0	0	-90	Polso pitch
Link 6	0	75	0	Flangia