



S V E U Č I L I Š T E U Z A G R E B U
FAKULTET **S**TROJARSTVA I **B**RODOGRADNJE
ZAVOD ZA ROBOTIKU I AUTOMATIZACIJU PROIZVODNIH SUSTAVA
KATEDRA ZA PROJEKTIRANJE IZRADBENIH I MONTAŽNIH SUSTAVA
HR-10000 Zagreb, Ivana Lučića 5



Vizijski sustavi FANUC

Prof.dr.sc. Bojan Jerbić
Bojan Šekoranja, mag. ing. mech
Marko Švaco, mag. ing. mech.

Zagreb, 2011.

Oprema

Oprema: FANUC višeosni upravljački sklopov - FANUC LR Mate 200 iC5L i FANUC M10iA, kamera SONY XC56.

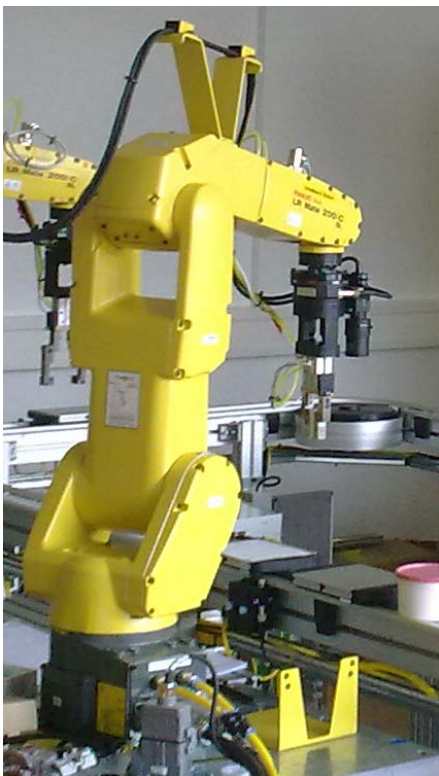
Cilj vježbe

Upoznati se sa osnovama rada i sigurnosti robota. Izrada jednostavnog *pick & place* programa – izuzimanje dijela sa poznate lokacije te prijenos dijela na drugu lokaciju.

Uvodni dio vezan uz sigurnost rada sa robotima.

- Rad pri malim (kontroliranim) brzinama
- Održavati siguran razmak od robota
- Nikada vizualno blokirati prostor između robota i osobe koja upravlja robotom (operator)
- Testiranje programa u koračnom (STEP) načinu rada pri kontroliranim brzinama – izvršavanje liniju po liniju koda

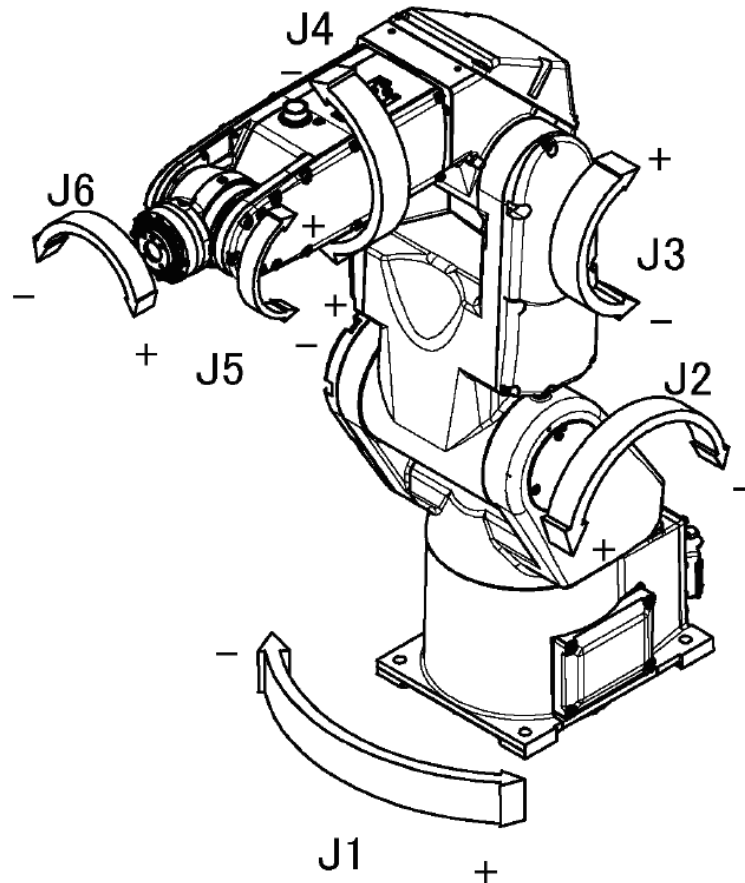
Karakteristike opreme



FANUC LR Mate 200iC



FANUC M-10iA



Slika 1. Shematski prikaz šest-osnog upravljačkog sklopa (robota) – LR Mate 200iC5L

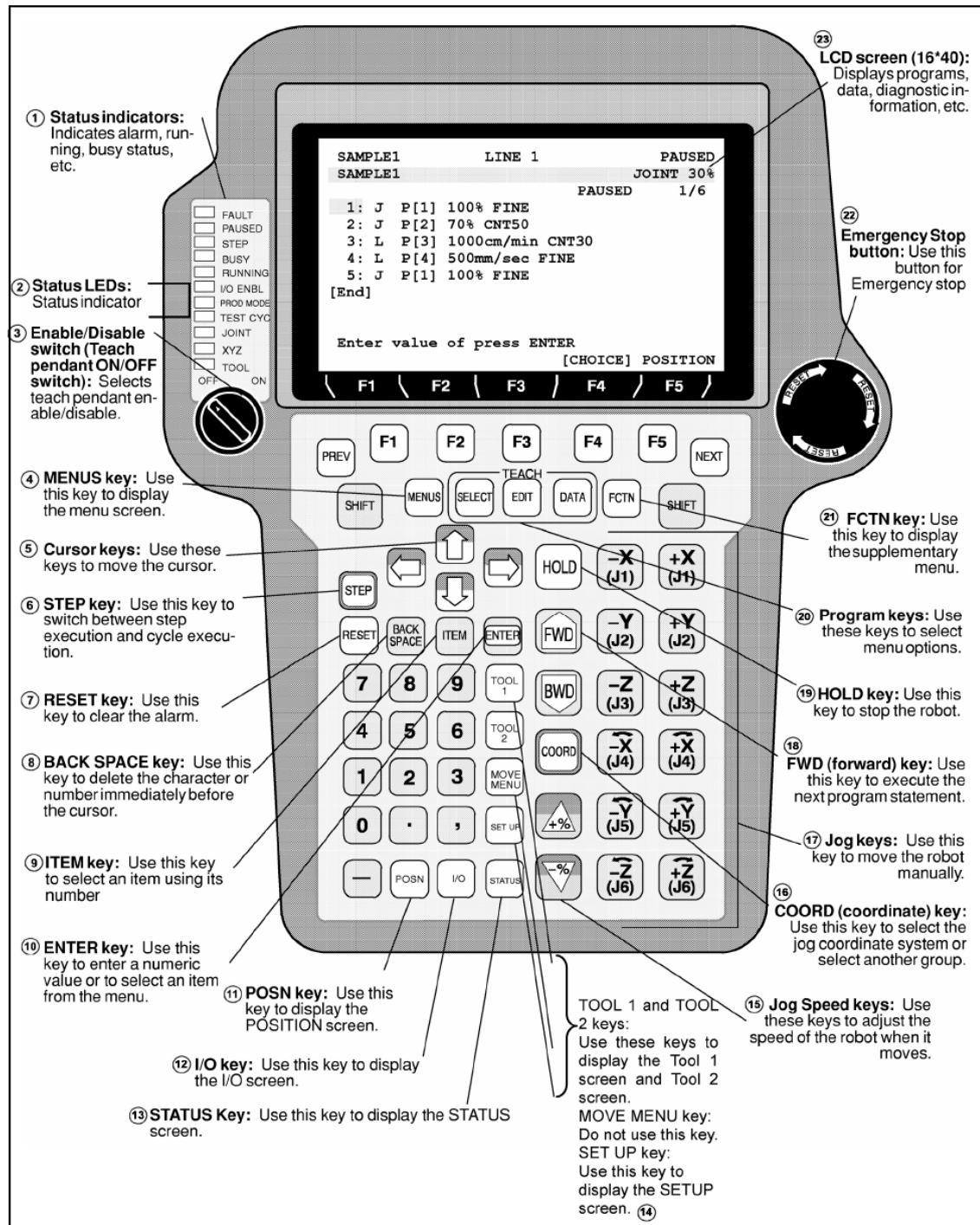
**Osnovne tehničke karakteristike robota
FANUC LR Mate 200iC 5L**

Broj osi	6	
Težina	29 kg	
Doseg	892 mm	
Točnost ponavljanja	± 0.03 mm	
Maksimalna nosivost na zglobu	5 kg	
Opseg gibanja	J1	340° (5,93 rad)
	J2	230° (4,01 rad)
	J3	373° (6,51 rad)
	J4	380° (6,63 rad)
	J5	240° (4,19 rad)
	J6	720° (12,57 rad)
Maksimalna brzina	J1	270°/s (4,71 rad/s)
	J2	270°/s (4,71 rad/s)
	J3	270°/s (4,71 rad/s)
	J4	450°/s (7,85 rad/s)
	J5	450°/s (7,85 rad/s)
	J6	720°/s (12,57 rad/s)

**Osnovne tehničke karakteristike FANUC
robota M-10iA**

Broj osi	6	
Težina	130 kg	
Doseg	1420 mm	
Točnost ponavljanja	± 0.08 mm	
Maksimalna nosivost na zglobu	10 kg	
Opseg gibanja	J1	340° (5,93 rad)
	J2	250° (4,36 rad)
	J3	445° (7,76 rad)
	J4	380° (6,63 rad)
	J5	380° (6,63 rad)
	J6	720° (12,57 rad)
Maksimalna brzina	J1	210°/s (3,67 rad/s)
	J2	190°/s (3,32 rad/s)
	J3	210°/s (3,67 rad/s)
	J4	400°/s (6,98 rad/s)
	J5	400°/s (6,98 rad/s)
	J6	600°/s (10,47 rad/s)

Upravljačka konzola



Prikaz upravljačke konzole sa pojašnjenjem namjene pojedinih tipki

Opis upravljačkih tipki :

1. Indikator stanja (eng. *status indicator*) – označava alarm, u radu, zauzet itd...
2. LED diode stanja – na upravljačkoj konzoli upravljačke jedinice R 30iA Mate ove oznake stanja nalaze se na zaslonu upravljačke konzole
3. Omogućena / onemogućena (eng. *enable - disable*) upravljačka konzola – ON/OFF sklopka
4. Tipka izbornik (eng. *menu*) – služi za prikazivanje glavnog izbornika

5. Tipke pokazivača (eng. *cursor*) – služe za pomicanje pokazivača
6. Tipka *korak* (eng. *step*) – služi za promjenu načina rada između koračnog i kontinuiranog načina izvršavanja naredbi
7. Tipka za vraćanje na izvorne postavke (eng. *reset*)
8. Tipka pomak unatrag (eng. *backspace*) – koristi se za brisanje broja ili znaka koji se nalazi prije pokazivača
9. Tipka predmet (eng. *item*) – koristi se za označavanje predmeta koristeći njegov broj
10. Tipka unos (eng. *enter*) – koristi se za upis numeričke vrijednosti ili znaka, označavanje programa, potvrde predmeta sa izbornika, itd...
11. Tipka pozicije (POSN, eng. *position*) – koristi se za prikaz zaslona pozicija robota
12. Tipka ulaz/izlaz (I/O, eng. *input/output*) – koristi se za prikaz zaslona sa ulazno izlaznim signalima robota
13. Tipka stanja (eng. *status*) – Koristi se za prikaz zaslona sa stanjem robota
14. Tipke alata (eng. *tool*) – prikaz zaslona alata
15. Tipka brzine kretanja robota (eng. *jog speed*) – koriste se za određivanje brzine robota prilikom izvođenja naredbi gibanja
16. Tipka koordinatnih sustava (COORD, eng. *coordinate*) – koristi se za izbor koordinatnog sustava robota
17. Tipka za ručno pomicanje robota (eng. *Jog*) – ručno pomicanje robota
18. Tipka naprijed (FWD, eng. *forward*) – koristi se za izvođenje slijedeće naredbe u programu
19. Tipka čekanja (eng. *hold*) – koristi se za zaustavljanje robota
20. Tipke programa (eng. *program keys*) – koriste se za izbor opcija izbornika
21. Tipka funkcije (FCTN) – prikaz dodatnog izbornika
22. Tipka hitnog zaustavljanja (eng. *emergency stop button*) – koristi se za trenutno zaustavljanje rada robota
23. LCD ekran upravljačke konzole

Konvencija označavanja

- PODVUČENO VELIKA SLOVA – oznake tipki upravljačke konzole
- *Kurziv* – engleski termini
- DRUGI_font – naredbe programa upravljačke konzole

Upoznavanje sa opremom

- Roboti - FANUC LR Mate 200iC5L / FANUC M10iA
- Upravljačka jedinica R30iA / R30iA Mate– non-Windows operacijski sustav
- Upravljačka konzola – *iPendant* – osnovne funkcije:
 - Ručno pokretanje robota, učenje pozicija, upravljanje signalima
 - Pisanje programa
 - Pokretanje programa
 - ...
- Vizijski sustav – kamera SONY XC56 (objektiv TAMRON), LED svjetlo (*ringlight*)
- Senzor sile i momenta - FANUC
- Hvataljka (SMC) + prsti, pneumatski sustav
- Sustav signala – DeviceNet (digitalni – DI i DO), robotski signali (RI i RO)
- Komunikacija – TCP/IP - Ethernet
 - PC ↔ Upravljačka jedinica robota
 - Upravljačka jedinica robota ↔ upravljačka jedinica robota

Osnove rada sa robotom

- **Upravljačka jedinica** →ON/OFF,
 - E_STOP(*emergency stop*) - gljiva
 - način rada:
 - T1 - maksimalna brzina do 250 mm/s
 - T2 - maksimalna brzina
 - AUTO - maksimalna brzina, automatski način rada
- **Upravljačka konzola** →ON/OFF, E_STOP, reguliranje brzine u postotku – *speed override %*
- *Deadman switch (DS)* – tri položaja – samo srednji položaj omogućava ručni rad
- Koordinatni sustavi robota – World (preddefinirani i nepromijenjivi), User (korisnički – 9 mogućih) **Ad I**)
- Koordinatni sustav alata – preddefinirani i korisnički (max 10 mogućih)
 - Koristi za definiranje točke središta alata (TCP – *tool centre point*) **Ad II**)
- Registri – služe za spremanje različitih vrsta podataka (broj registara je proširiv)
 - **R[n]** – registar (n = 1 - 200) – svaki registar može sadržavati jedan cjelobrojan ili realan broj
 - **PR [n]** – pozicijski registar (n = 1 - 100) – svaki pozicijski registar sadrži šest koordinata – translacije po x, y, z osi te redom rotacije oko tih triju osi w, p, r
 - **VR [n]** – vizijski registar (n = 1 - 10) – svaki vizijski registar sadrži šest koordinata – translacije po x, y, z osi te redom rotacije oko tih triju osi w, p, r

- Upravljanje prikazom na ekranu – SHIFT + DISP
 - Prikaz 1,2 ili 3 prozora – samo se lijevi prozor može koristiti za pokretanje programa

611254 bytes free 3/211				
No.	Program name	Comment		
1	-BCKEDT-	[]	
2	A	[]	
3	AAA	[]	
4	AAA_AAA	MR	[]
5	AAA_BBC	[]	
6	AAA_FRM	PC	[]
7	AAA_FRM8	PC	[]
8	AAA_FRM9	PC	[]
9	AAA_LINK	[]	
10	AAA_PAL	[]	

1 prozor

61122 bytes free 3/211				POSITION			
No.	Program name	Comment		Joint			Tool: 1
1	-BCKEDT-	[]				
2	A	[]				
3	AAA	[]				
4	AAA_AAA	MR	[]	J1: -141.564	J2: 34.779	J3: -3.280
5	AAA_BBC	[]				
6	AAA_FRM	PC	[]	J4: -.180	J5: -87.260	J6: 76.293
7	AAA_FRM8	PC	[]			
8	AAA_FRM9	PC	[]			
9	AAA_LINK	[]				
10	AAA_PAL	[]				
11	AAA_RAD	[]				
12	AAA_ROB	[]				
13	AAA_ROT	[]				
14	AAA_RSP	[]				
15	AAA_SSE	[]				
16	AAA_SSS	[]				
17	AABOT	[]				
18	AA_TEST	[]				
19	AA_22	[]				
20	ABC	[]				

2 prozora

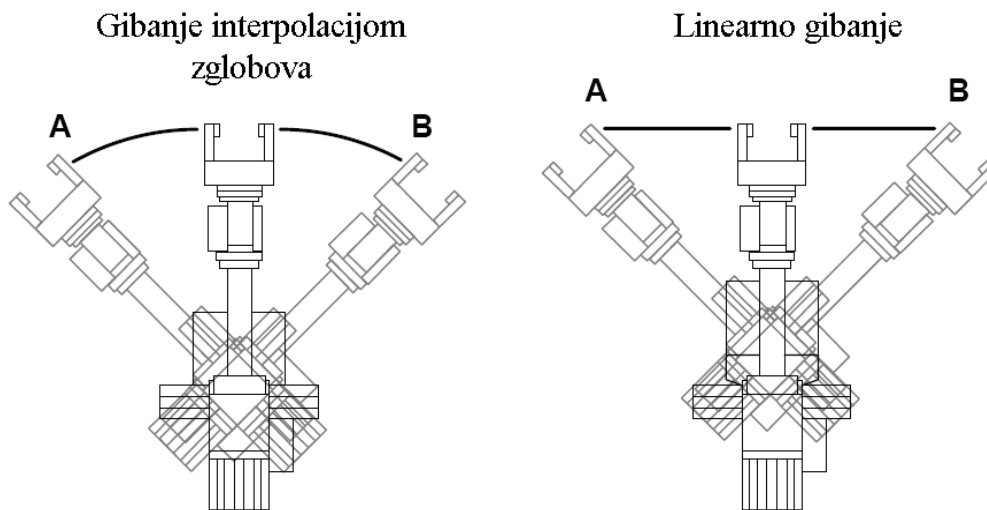
Ručno pokretanje robota (*jog*):

- Izbor koordinatnog sustava za ručno pokretanje robota – COORD – TOOL, JOINT, USER, WORLD
- *Deadman switch* (DS) + SHIFT + RESET (DS i SHIFT potrebno držati) + JOG KEYS



Osnove gibanja

Gibanje robota tj. gibanje središta alata može biti linearno, kružno ili nepravilnog oblika.



Vrste gibanja središta alata robota

Interpolacija gibanja zglobovima

Prilikom interpolacije gibanja zglobovima sve osi robota pokreću se u isto vrijeme te sve zajedno počinju usporavati svoje gibanje. Dobivena trajektorija nije jednostavnog geometrijskog oblika. Gibanje se definira izračunavanjem najdužeg vremena koje je potrebno jednoj od šest osi da napravi zadano gibanje definiranom brzinom. Ova os se naziva i ograničavajuća os (eng. *limiting axis*). Tada se brzina ostalih osi podešava prema najsporijoj te se gibanje izvršava.

Sintaksa: J P[1] 50% FINE

Vrh središta alata giba se do točke P[1] 50% od maksimalne brzine robota. Ključna riječ FINE predstavlja način izvršavanja gibanja.

Linearna interpolacija gibanja

Slijedeća pravila vrijede prilikom gibanja središta alata linearnom interpolacijom:

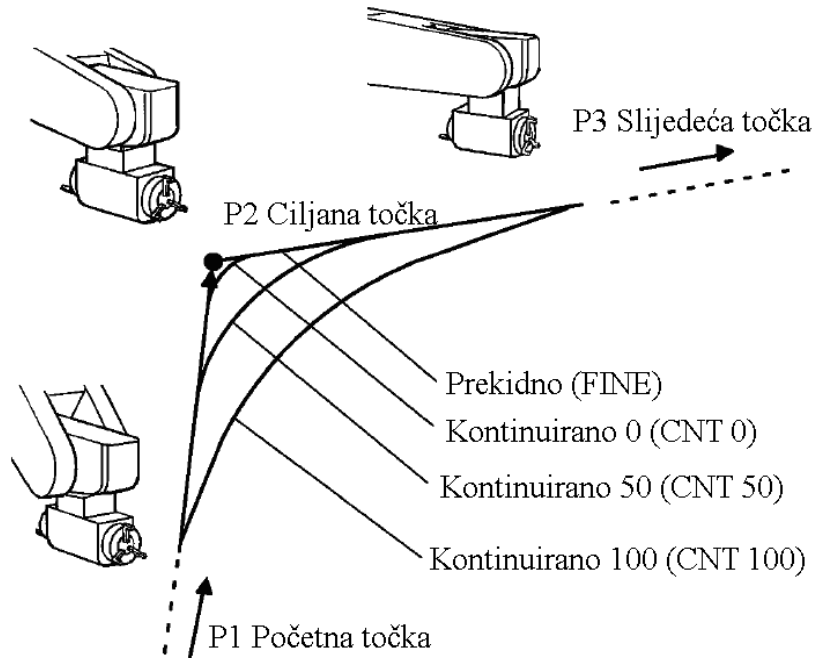
- Središte alata giba se po ravnoj liniji od početne do završne točke definiranom brzinom
- Orijehtacija alata vrlo blago se mijenja od početne do završne točke

Sintaksa: L P[2] 200mm/sec CNT 100

Vrh središta alata giba se do točke P[2] brzinom od 200 mm/s. Ključna riječ CNT predstavlja način izvršavanja gibanja.

Način izvršavanja zadanog gibanja

Vrh središta alata prilikom prolaska kroz definiranu točku može proći točno kroz točku ili ju obići u određenom luku. Ova dva načina gibanja prikazana su na slici.



Način izvršavanja zadanog gibanja središta alata

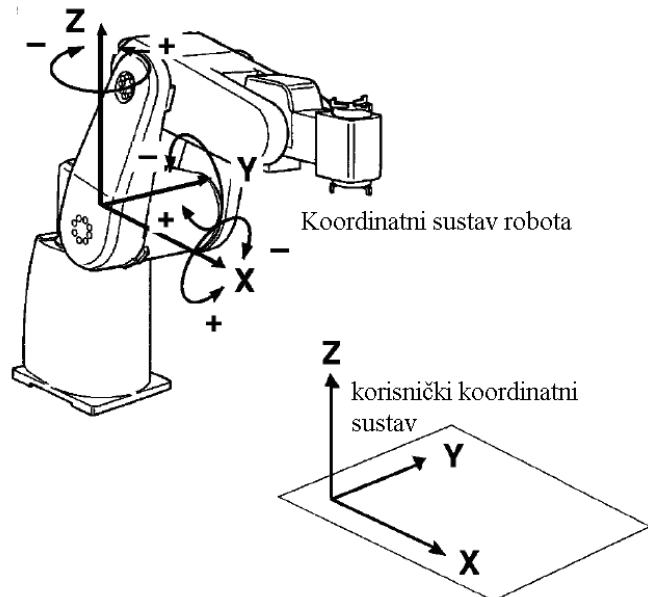
Izvršavanje prekidnog (eng. *Fine*) gibanja dovodi središte alata u svaku definiranu točku te u njoj dolazi do zaustavljanja te kretanja u slijedeću točku. Druga vrsta gibanja je kontinuirano (eng. *Continuous - CNT*). Uz ovaj način izvršavanja potrebno je upisati cjelobrojni broj od 0 do 100 gdje veći broj predstavlja veću udaljenost središta alata prilikom njegovog prolaska pored zadane točke. Postavka CNT 100 znači da ne dolazi do deakceleracije vrha alata prilikom prolaska pored zadane točke dok je CNT 0 jednak prekidnom (FINE) gibanju.

I) Koordinatni sustav robota

Po standardnim postavkama koordinatni sustav robota preddefiniran je u određenoj točki tijela robota. Ovaj koordinatni sustav je kartezijski, pravokutni, desnokretni koordinatni sustav. Svaki korisnički koordinatni sustav definira se u odnosu na ovaj osnovni koordinatni sustav i to prostornom translacijom po tri osi - x, y i z; te redom rotacijama oko tih triju osi – w, p i r. Moguće je definirati do devet korisničkih koordinatnih sustava. Prikaz koordinatnih sustava prikazan je slikom.

Koordinate korisničkog koordinatnog sustava

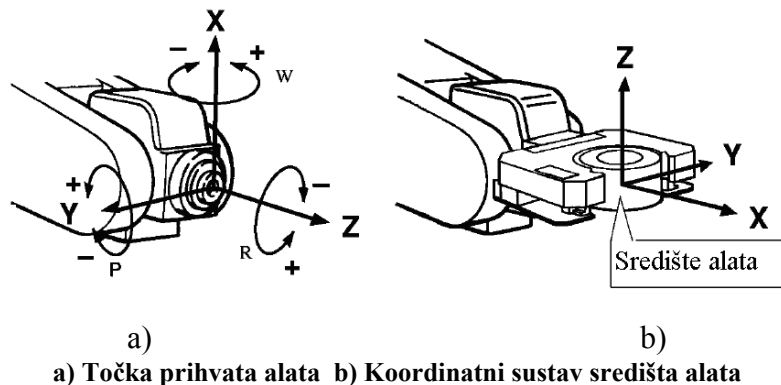
x : 500 mm
 y : 0 mm
 z : -200 mm
 w : 0°
 p : 0°
 r : 0°



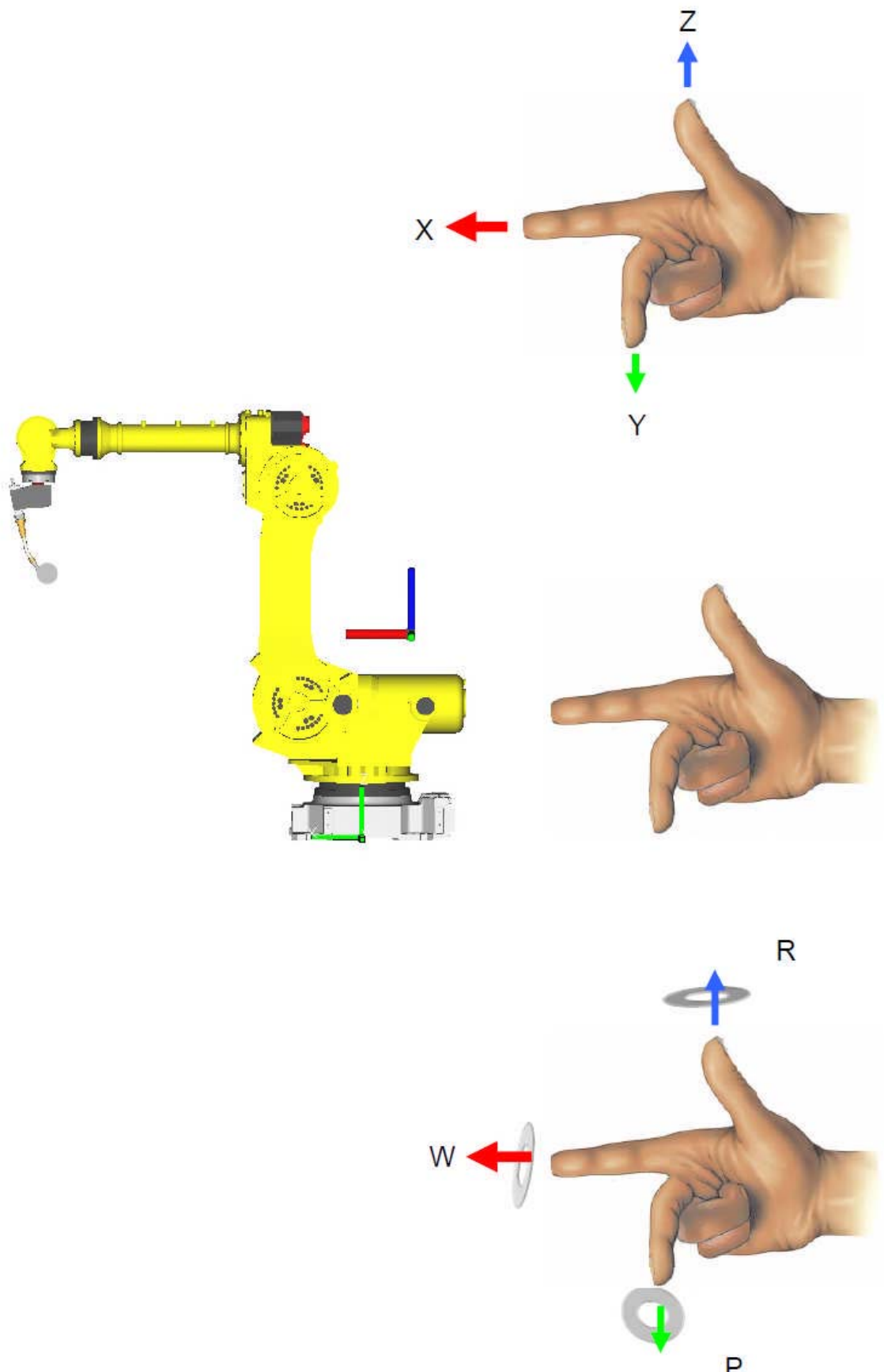
Koordinatni sustav robota, korisnički koordinatni sustav

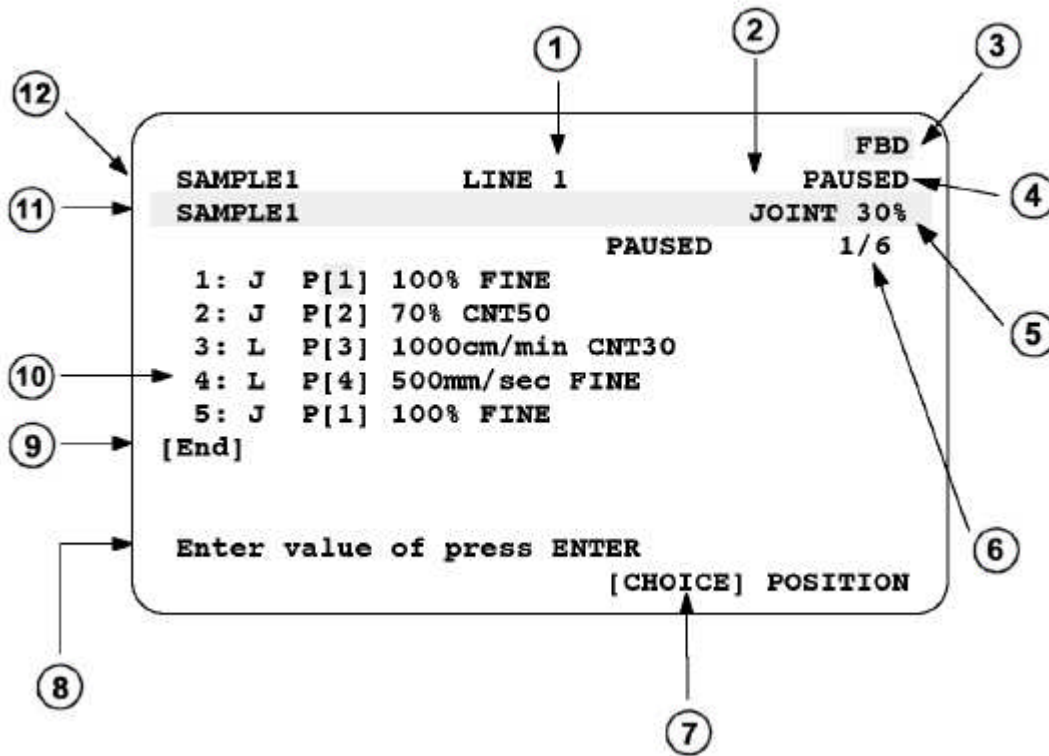
II) Koordinatni sustav alata

Ovisno o alatu kojeg robot koristi (npr. različite hvataljke) mora se definirati koordinatni sustav alata kako bi vrh alata uvijek izvršavao željeno gibanje. Analogno preddefiniranom koordinatnom sustavu svijeta robota postoji preddefiniran koordinatni sustav prihvata alata. On se nalazi kako je prikazano na slici u osi šestog zgloba. Prema ovoj točki dalje se definira svaki koordinatni sustav alata. Upravljačka jedinica ima mogućnost definiranja do deset koordinatnih sustava alata. Koordinatni sustav alata definira se pomakom po tri osi i rotacijama od točke prihvata alata.



Pravokutni koordinatni sustav možemo u prostoru jednostavno predočiti pravilom desne ruke.





- 1 Aktivan programski red;
- 2 Aktivan koordinatni sustav u ručnom režimu rada;
- 3 Oznaka za onemogućeno izvođenje TP programa nazad (BWD);
- 4 ABORTED, PAUSED, RUNNING Status;
- 5 Brzina rada (OVERRIDE SPEED);
- 6 Trenutni programski red / broj redova;
- 7 Funkcijski meni;
- 8 Poruke za operatera;
- 9 Simbol mjesta programa;
- 10 Broj programskog reda;
- 11 Program, koji se uređuje;
- 12 Program, koji se izvršava.

