

Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Industrijsko inženjerstvo
Predmet: Reverzibilni inženjerski dizajn i 3D štampa

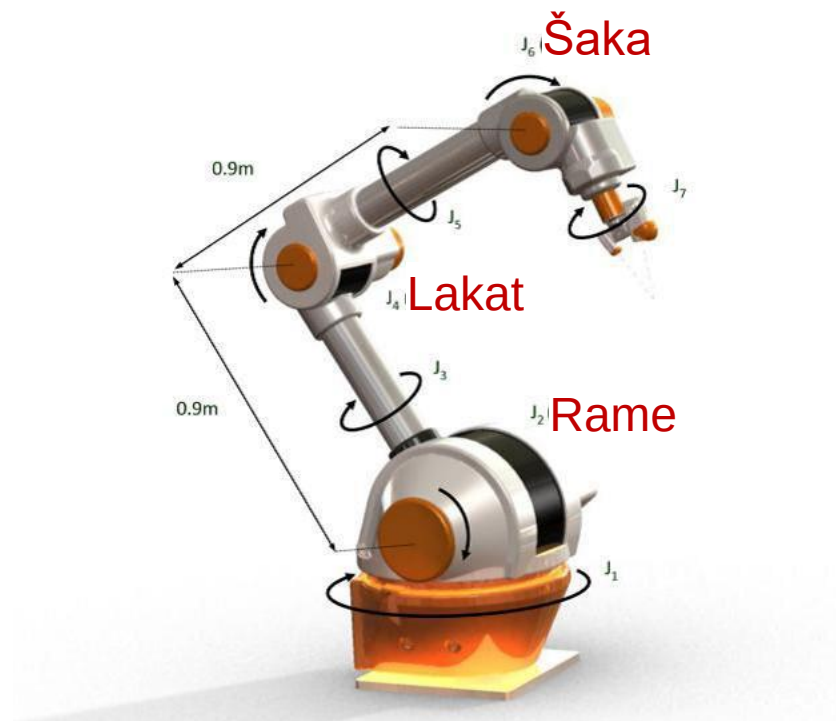
ZGLOBNE MERNE RUKE

Predavanje 4

Prof. dr Igor Budak

Zašto "zglobne merne ruke"?

Zato što njihova arhitektura korespondira sa anatomijom ljudske ruke.



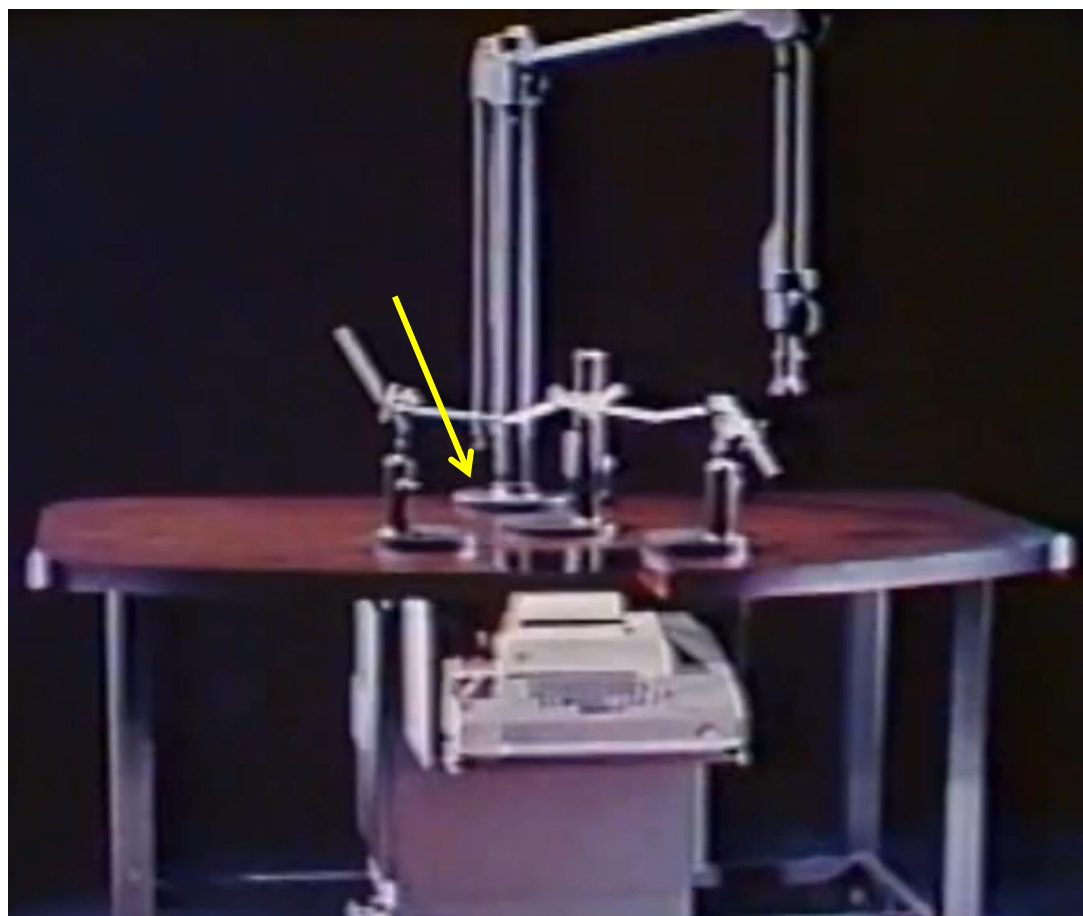
Istorijski razvoj

- Prvu mernu ruku (Vector 1) je ranih 1970-ih razvio Homer Eaton ispred "Eaton Leonard" korporacije, inače ko-osnivač korporacije ROMER.
- Vector 1 nosi sve zasluge za razvoj modernih sistema za 3D-digitalizaciju ove vrste.
- Vector 1 je razvijen za potrebe merenja izduvnih grana motora SUS (auspuha).
- Originalni patent je prijavljen 18.04.1974. a dodeljen mu je patentni broj 3,944,798. Time je Homer Eaton i zvanično postao "ocem" zglobnih mernih ruku.



Istorijski razvoj

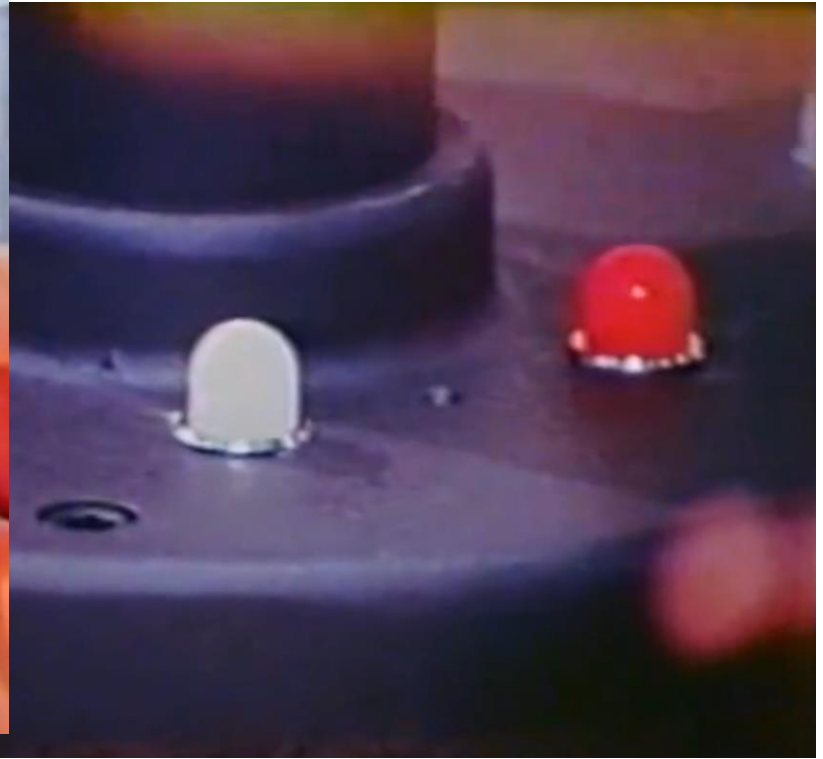
- Originalna Vector 1 merna roka je bila predvidena za montiranje na merni sto a bila je podržana primitivnim softverom pokretanog od strane računara veličine frižidera.



Istorijski razvoj

- Uređaj je "skidao" podatke o zakrivljenosti cevi (npr. kod auspuha) na bazi seta električnih kontakata smeštenih u "V" mernoj glavi.





Savremene zglobne merne ruke

3D-merne ruke su sa razvojem kvalitetnijih zglobnih veza (cilindričnih i sfernih) između segmenata, kao i računarske podrške za očitavanje pozicije senzora, prerasli u moderne uređaje za 3D-digitalizaciju.



Savremene zglobne merne ruke

Razvoj ove vrste uređaja je, zahvaljujući njihovoj **fleksibilnosti** i **mobilnosti**, procese merenja, tradicionalno vezane za laboratorijske uslove, izmestio van ovih okvira.





... različita i široka primena.

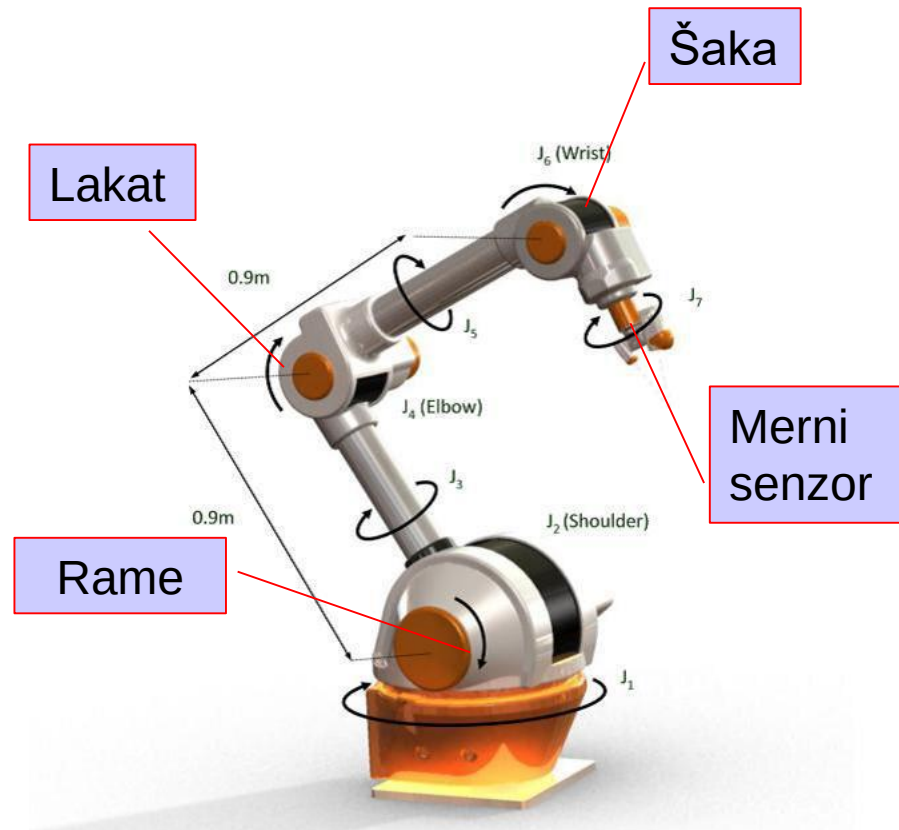
Karakteriše ih veliki broj različitih izvedbi i ...



Arhitektura – hardverske komponente

Konstrukciju ovih uređaja čine:

- **postolje,**
- **segmenti (najčešće 3 ili 4),**
- **cilindrične i/ili sferne zglobne veze i**
- **Merni senzor.**



Arhitektura - merne ose

Broj segmenata, vrsta zglobnih veza i karakteristike mernog senzora diktiraju **broj mernih osa** zglobnih mernih ruku.

Broj mernih osa savremenih sistema ove vrste se uglavnom kreće od 5 do 7.



7-Axis

6-Axis

Compact

Absolute Arm

Arhitektura – merne ose

Više-osna konstrukcija daje mernoj zglobojnoj ruci **veću fleksibilnost** i omogućuje da kontaktni senzor (koji ujedno predstavlja i krajnji segment) zauzme gotovo bilo koji položaj u prostoru i priđe i teško pristupačnim delovima objekata.



Arhitektura – merna zapremina (prostor 3D digitalizacije)

Zglobne merne ruke se mogu značajno razlikovati u pogledu merne zapremine u okviru koju mogu da realizuju 3D digitalizaciju.

Veličina merne zapremine je u direktnoj zavisnosti od broja i dužine segmenata.

Na tržištu su danas dostupne zglobne merne ruke koje karakterišu merne zapremine prečnika od 1 m do 5 m.

Merni zapremina



Arhitektura – merna zapremina (prostor 3D digitalizacije)

Veličina merne zapremine zglobne merne ruke je 3D prostor oblika sfere u kojem je datim mernim senzorom moguće realizovati 3D digitalizaciju.

Merna zapremina se kod ovih sistema često naziva i **iskoristivom mernom zapreminom** da bi se napravila razlika u odnosu na veličinu koja se naziva **maximalni doseg** zglobne merne ruke, a koja je oko 10 do 15 % veća od prečnika iskoristive merne zapremine.



Arhitektura – merna zapremina (prostor 3D digitalizacije)

Tačnost je obično obrnuto proporcionalna veličini merne zapremine zglobne merne ruke – manja merna zapremina implicira veću mernu tačnost.

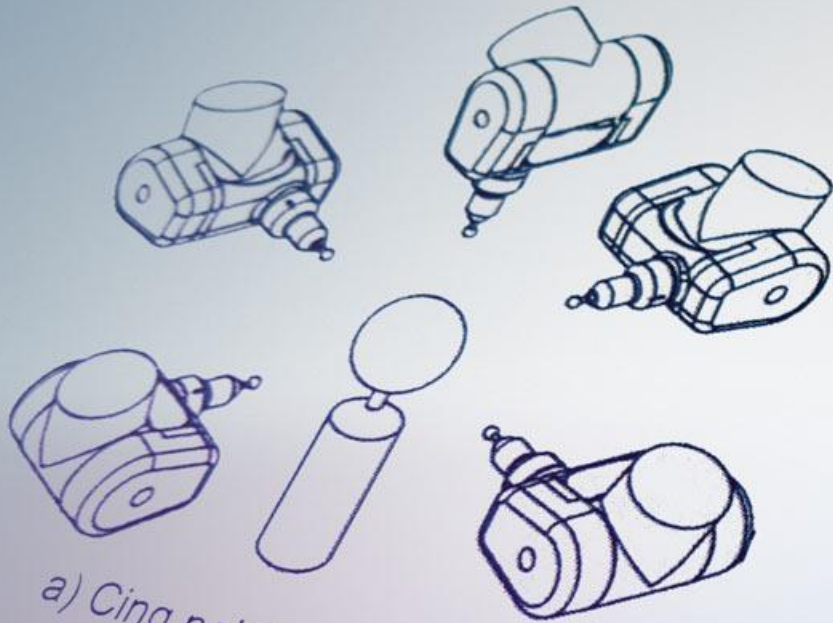
Razlog za ovo su bolje kinematske karakteristike kraćih segmenata.



Standardizacija mernih zglobnih ruku

ISO 10360-12 standard za zglobne merne ruke je uveo obavezne testove za proizvođače sa ciljem povećanja usaglašenosti i transparentnosti za kupce.

Ovaj standard se primenjuje na merne ruke sa kontaktnim senzorima, dok se na merne ruke sa optičkim senzorima primenjuje standard ISO 10360-8.



a) Cinq points de pôle



Arhitektura – merni senzori

Kontaktни merni senzor kod ove vrste uređaja je tipično krutog tipa, često sa konusnim vrhom, umesto sfere, u cilju eliminisanja efekta “sferne greške” koja predstavlja najveću slabost 3D-mernih ruka u pogledu tačnosti.

Upravljanje 3D mernim rukama, odnosno dovodenje senzora u mernu poziciju je **manuelno**, što je i osnovna razlika u odnosu na primenu kontaktnih mernih senzora na robotskim rukama kod kojih je po pravilu upravljanje CNC.



Taktilni senzori

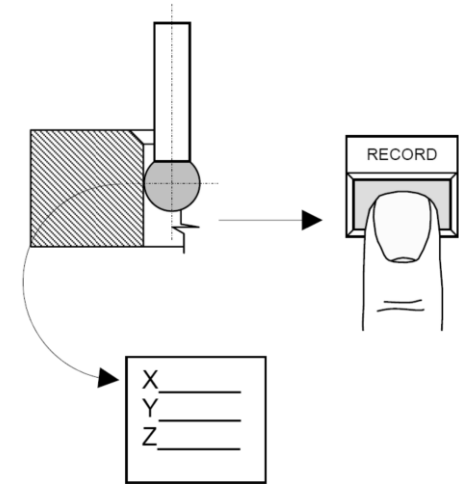
Ova grupa senzora omogućava merenje na bazi kontakta sa merenim delom.

Taktilni senzori se dele na:

- **Krute senzore**
- „Tačka-po-tačka“ senzore
- Kontinualne senzore.



Kruti senzori



- Sferni kruti senzori koriste se tako što korisnik ručno dovodi sferu u fizički kontakt sa površinom koju digitalizuje, a zatim dugmetom (ili pedalom) omogućava snimanje koordinata centra sfere senzora putem mernog sistema koji objedinjuje segmente i ose.
- Koordinate tačke kontakta se dobijaju sabiranjem vektora položaja centra sfere i pravca u kome je predmet dodirnut.
- Kruti senzori su proizvode u raznim oblicima i dimenzijama, u zavisnosti od oblika koji se meri.
- Primena krutih senzora je najizraženija kod zglobnih mernih ruku.

Akvizicija podataka



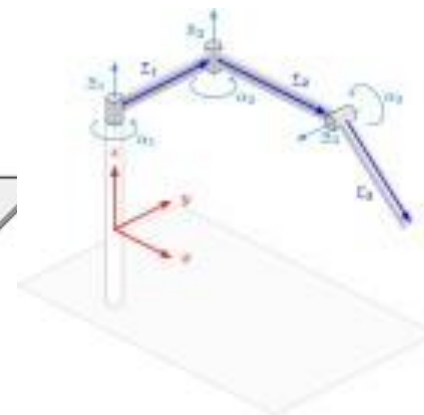
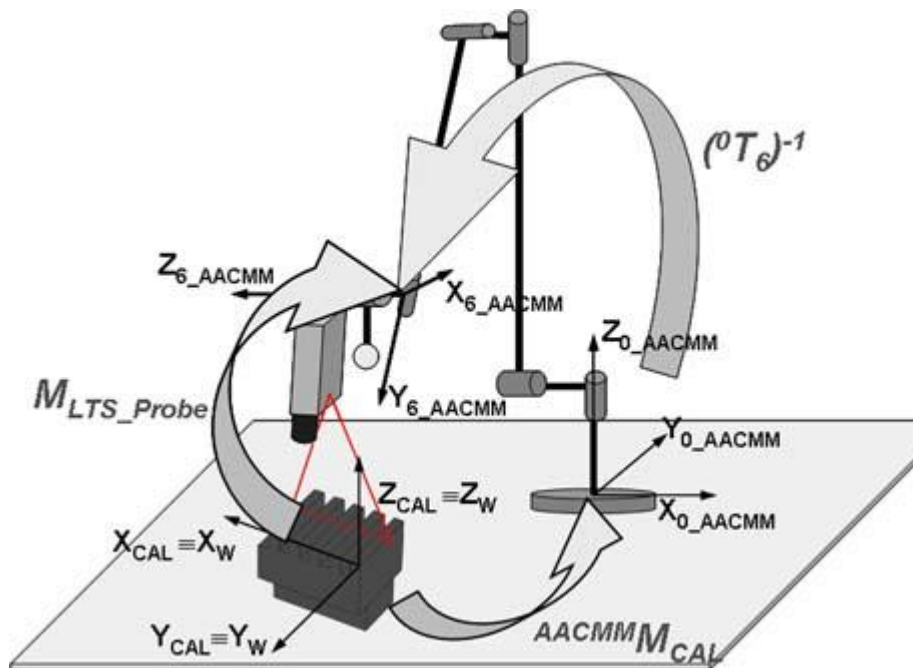
Akvizicija podataka može biti:

- 1) **manuelna** - operater pritiskom na taster (ili papučicu) daje signal softverskoj podršci da memoriše koordinate trenutne pozicije senzora;
- 2) **poluautomatska** - na osnovu manuelno zadatog signala, softverska podrška automatski prikuplja podatke u paralelnim ravanskim presecima, u skladu sa pre-definisanim koordinatnim sistemom i rezolucijom.



Akvizicija podataka

Princip merenja je zasnovan na trigonometrijskom izračunavanju pozicije mernog senzora preko (opto-elektronskih) senzora položaja u zglobovima, koji daju informaciju o uglovima zakretanja segmenata, koja se zatim transformiše u x, y i z koordinate.



- Just one reference frame
- Singularity-free model
- Geometrically meaningful parameters
- Unlimited number of degrees of freedom

Senzori

U **prednosti** ove vrste uređaja za 3D-digitalizaciju mogu se ubrojati:

- + mobilnost,
- + primenljivost u različitim okruženjima (od pogona do otvorenih prostora), kao i
- + mogućnost jednostavne 3D-digitalizacije većih objekata (iz nekoliko mernih pozicija).

Nedostaci su:

- manja tačnost (usled prisustva pomenute „sferne greške“, odnosno nedostatka informacije o vektoru normale u tački kontakta senzora i objekta) i
- sporija akvizicija podataka.

3D-digitajzer IMMERSION® MicroScribe G2X





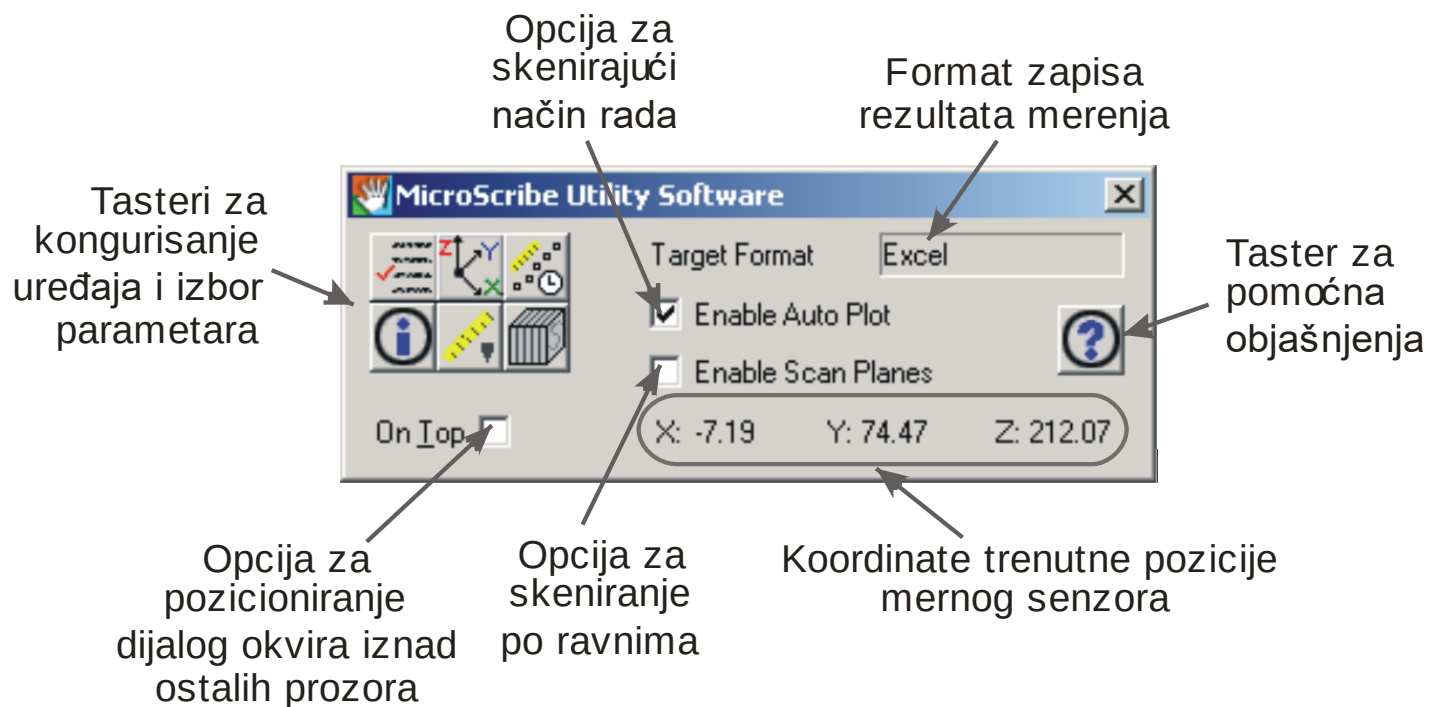
Priključni interfejs 3D-pantografa



*Orijentacija osa i položaj
koordinatnog sistema*



Preporučeni radni prostor



MicroScribe Utility Software Configuration

Auto Plot | MicroScribe Information | Configuration

Format Strings | Reference Frame | Scan Planes

Select Format

- AutoStudio
- BobCAD (2D)
- BobCAD (3D)
- CADKEY
- Excel**
- Notepad
- Mastercam (3D)
- Mastercam (2D)
- SURFCAM

Window Name:

Format String:

Example:

MicroScribe Utility Software Configuration

Auto Plot | MicroScribe Information | Configuration

Format Strings | Reference Frame | Scan Planes

☒ World Frame ☐ Custom

Custom Reference Frame

Press the right pedal or hand switch to select points that define the reference frame.

Origin X: Y: Z:

X Direction X: Y: Z:

Y Direction X: Y: Z:

MicroScribe Utility Software Configuration

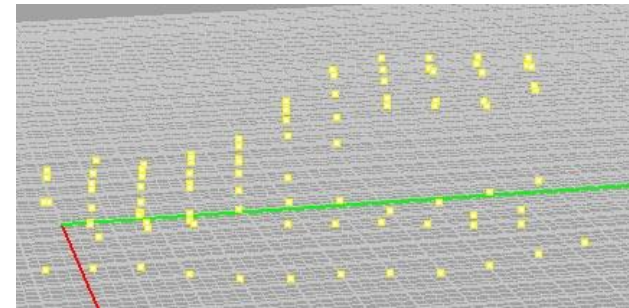
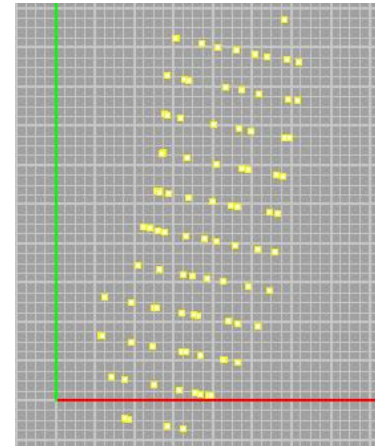
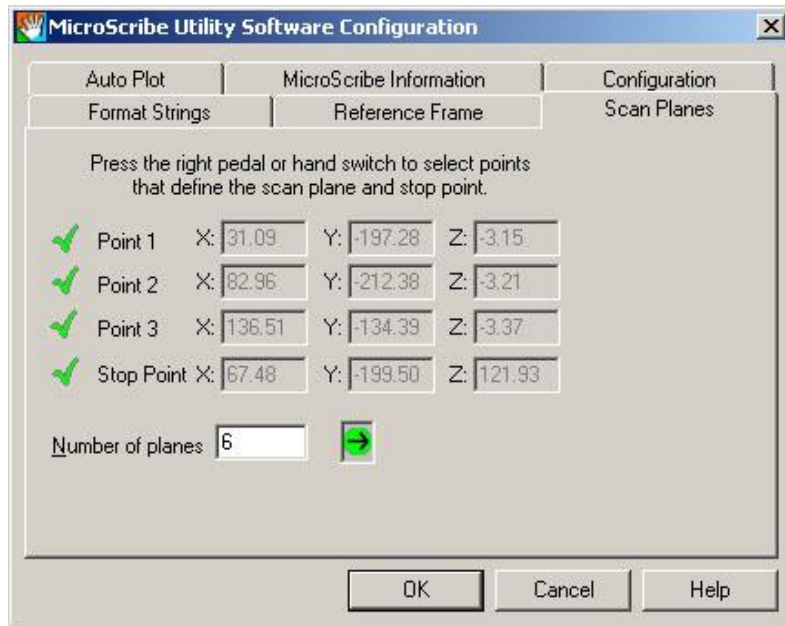
Format Strings | Reference Frame | Scan Planes

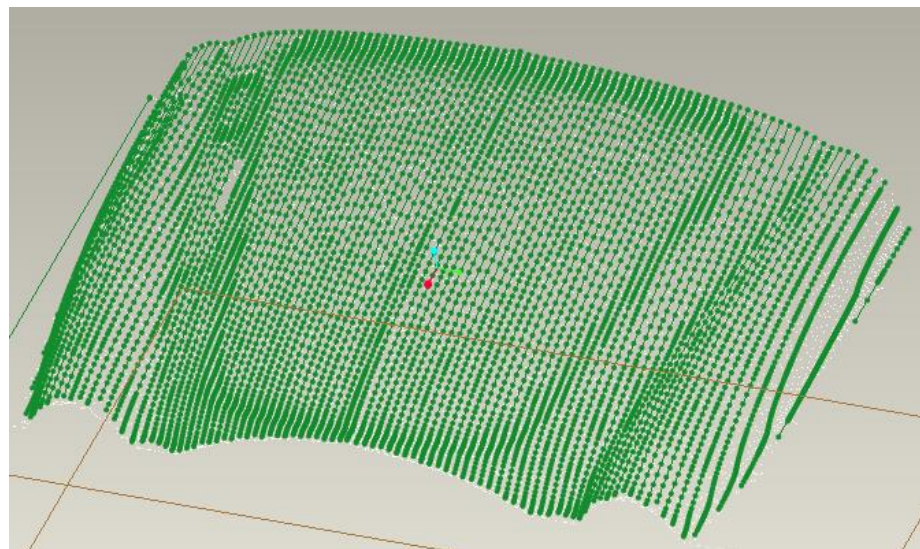
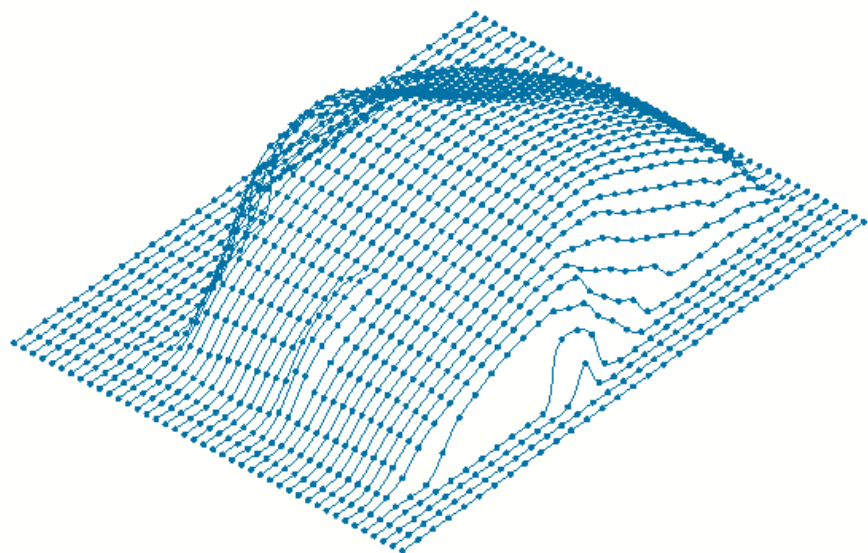
Auto Plot | MicroScribe Information | Configuration

Select Auto Plotting by Distance or Time

☒ Distance mm

☐ Time ms





Dodatna oprema

