

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## Proizvodnja podržana računalom CAM

6. sem: IIM, PI, RI

### 3. predavanje 2018/2019

Zagreb, 20. ožujka 2019.

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



#### PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

##### Proizvodnja

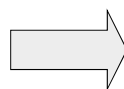
##### Proizvodnja i podjele proizvodnje ?

- diskretna i kontinuirana proizvodnja.
- proizvodnja s velikim "P", i proizvodnja s malim "p".

Proizvodne tehnologije: „+“, „-“, „0“, aditivne, hibridne

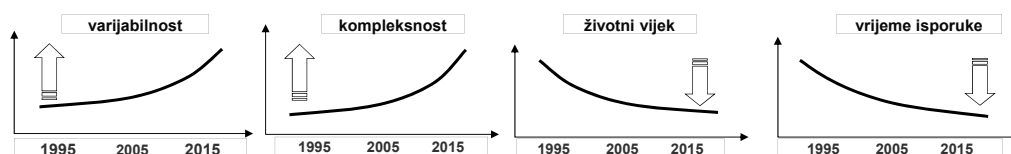
##### Promjena koja se dogodila u diskretnoj proizvodnji:

- Velike serije
- Jedan proizvod
- Duga vremena razvoja



- Male serije
- Više različitih proizvoda
- Kratka vremena razvoja
- Česte promjene

##### Suvremena proizvodnja – obilježja proizvoda



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Suvremena proizvodnja

Kako do veće konkurentnosti ?

**Kroz proizvodnju utemeljenu na znanju - Knowledge-based Manufacturing**

Nacionalni centar za proizvodne znanosti USA (NCMS - National Center for Manufacturing Science):

**“U kompaniji budućnosti znanje će postati najvažnija imovina i to će biti najveća promjena u gospodarstvu koju mi poznamo.”**

**Promjena proizvodne paradigme ?**

**Paradigma osobne (personalizirane) proizvodnje**

Baš proizvod koji je potreban ...  
... u trenutku kada je potreban

Yoram Koren i Jun Ni (University of Michigan, Ann Arbor)

**Megatrendovi**

**"Big Four" profesionalne uslužne tvrtke: Deloitte, PwC, EY, i KPMG.**

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Što je proizvodnja podržana računalom - CAM

**CAM** - učinkovita primjena računala u proizvodnji.

**a) Izravna (direktna) primjena** — nadzor i upravljanje

**b) Posredna (indirektna) primjena** — planiranje, MRP, upravljanje, ...

**Povijest CAM-a**

1950-te	NC - "ožičeno" relejno upravljanje; APT jezik za programiranje NC
1960-te	Industrijski robot; Interaktivna računalska grafika
1970-te	CNC; DNC/FMS; CAD/CAM; PLC; Računalski vid; 3-D CAD
1980-te	Solid modeling; Tvorničke mreže; MAP/TOP; CIM; Istodobno inženjerstvo
1990-te	Inteligentni proizvodni sustav
...	...
	Autonomna proizvodnja
...	Održiva proizvodnja, Lean, Green, Smart, ...
	INDUSTRIJA 4.0

FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

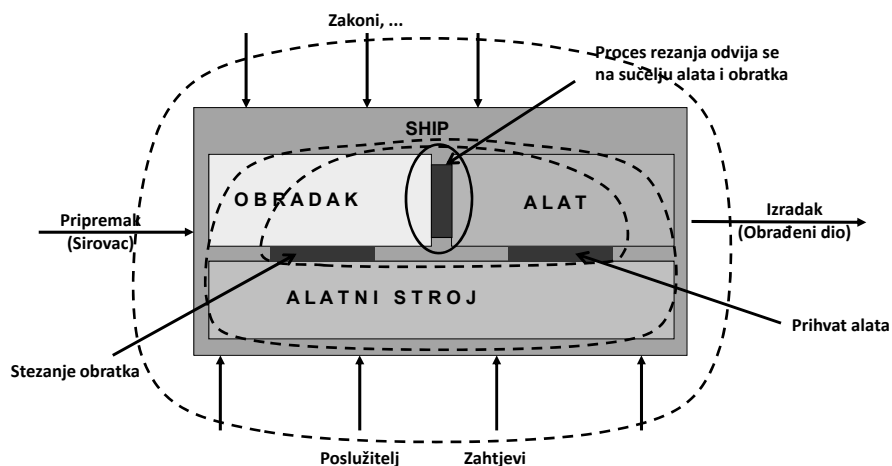
**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Obrada odvajanjem kao sustav



FSB Zagreb, PI, IIM, RI

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Stanje i trendovi razvoja komponenti obradnog sustava

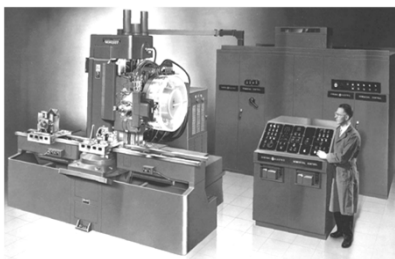
- Postupci obrade
- Rezni alati
- Materijali obradaka
- Prihvati alata i obradaka
- Alatni stroj, upravljanje strojevima i procesima
- "Okruženje" (uže i šire)

#### Razvoj NC strojeva

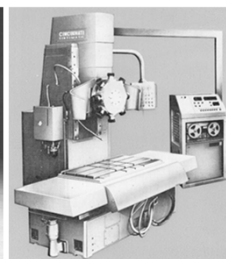
1952.



1958.



1979.



FSB Zagreb, Proizvodno inženjerstvo, OS

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Razvoj NC tehnike

#### Razine NC-a

<b>NC</b>		<b>Numerical Control</b>
<b>DNC</b>		<b>Direct Numerical Control</b>
<b>CNC</b>		<b>Computer Numeric Control</b>
<b>DNC</b>		<b>Distributed Numerical Control</b>
<b>AC</b>	<b>ACC</b>	<b>Adaptive Control Constraint</b>
	<b>ACO</b>	<b>Adaptive Control with Optimization</b>
<b>FM</b>	<b>FMC</b>	<b>Flexible Manufacturing Cell</b>
	<b>FMI</b>	<b>Flexible Manufacturing Island</b>
	<b>FMS</b>	<b>Flexible Manufacturing System</b>
<b>CIM</b>		<b>Computer Integrated Manufacturing</b>
<b>IMS</b>		<b>Intelligent Manufacturing System</b>
<b>BMS</b>		<b>Biological Manufacturing System</b>

Malo više o pojedinim razinama nakon osnova programiranja.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM



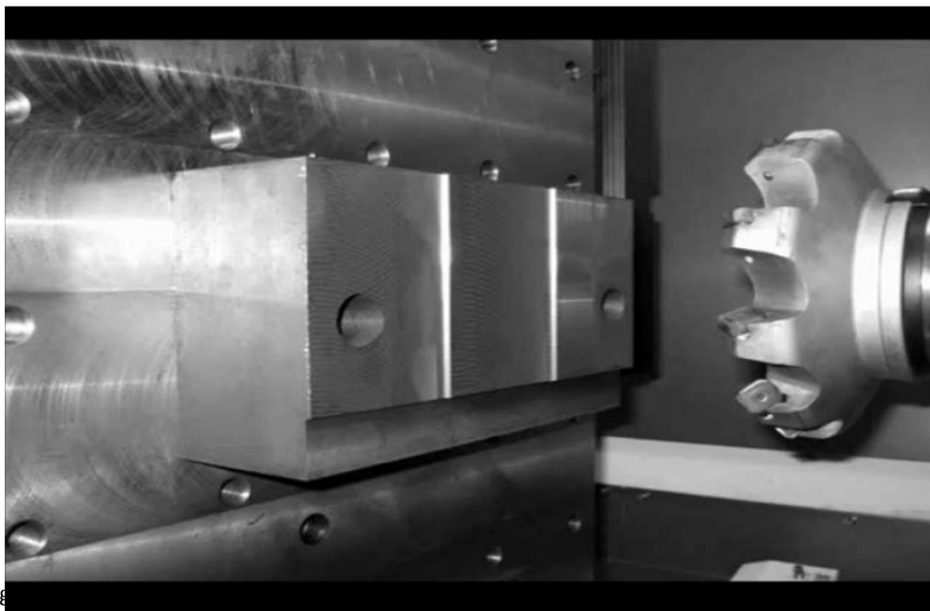
FSB Zagreb, Studij strojarstva, Proizvodno inženjerstvo

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**



FSB Zagreb

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**



FSB Zagreb, Studij strojarstva, Proizvodno inženjerstvo

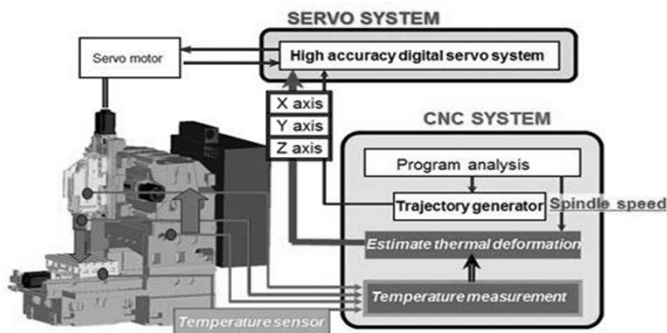
**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb

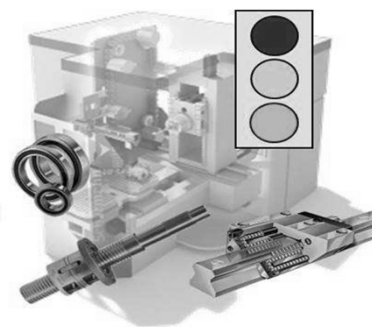


## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Prema autonomnosti obradnih sustava



Mogućnost izbjegavanja kolizije (CAS) i kompenzacije promjena temperature-TFC (OKUMA).



Mogućnost nadzora procesa i stroja (self-monitoring machine tool) (IPA)

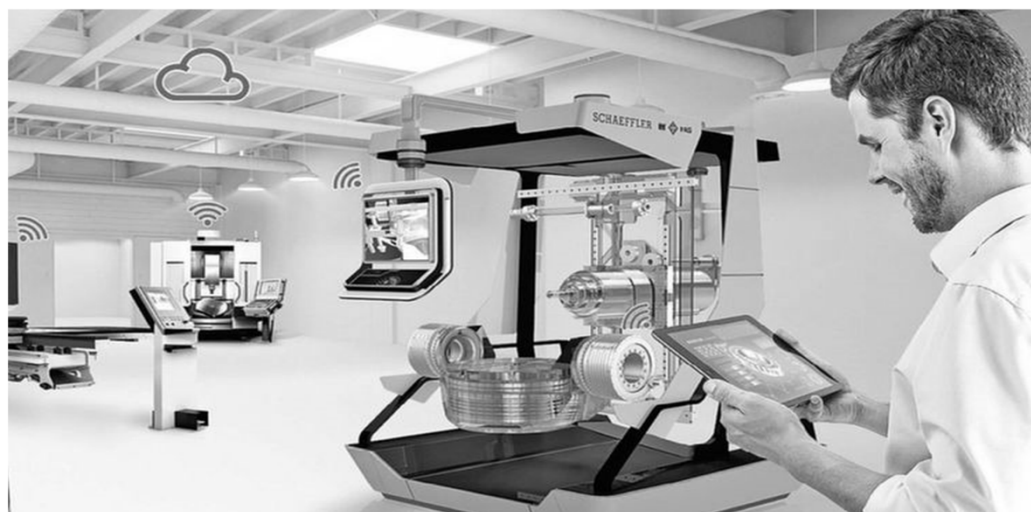
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM



Alatni stroj 4.0 za digitaliziranu proizvodnju i INDUSTRIJU 4.0 (Schaeffler)

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

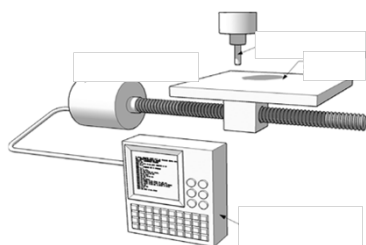
**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb

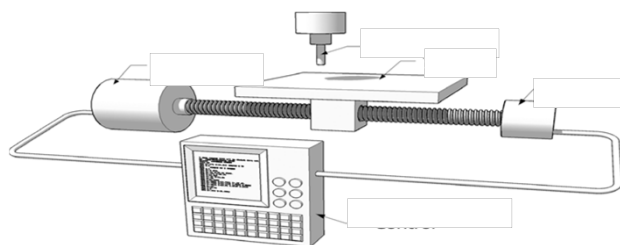


## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### NC osi i strojevi

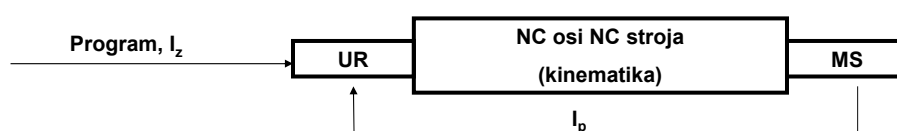


Otvorena petlja



Zatvorena petlja

### Pojednostavljena shema NC upravljanja



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Programiranje CNC strojeva

Programiranje CNC strojeva je kodiranje geometrijskih i tehnoloških informacija potrebnih za izradu nekog dijela na CNC stroju.

(Kodiranje treba biti provedeno u jeziku koji upravljačko računalo može prihvatiti i interpretirati.)

### Priprema za programiranje

1. Koordinatni sustav i nul-točke
2. Vrste upravljanja
3. Gradnja i sintaksa programa

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

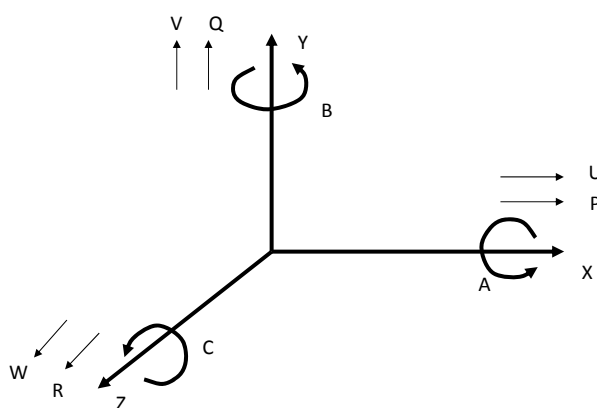
**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Koordinatni sustav



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Ad 1) Koordinatni sustav i nul-točke

Za zadavanje geometrijskih informacija (definiranje međusobnog položaja alata i obratka u radnom prostoru CNC stroja) potrebno je na stroj i obradak postaviti koordinatne sustave i odrediti referentne (nul) točke. U primjeni je desni koordinatni sustav (prema skici). Zbog potrebe da svako gibanje nosi svoju oznaku (kasnije adresu), a konstrukcije strojeva često zahtjevaju da u jednom smjeru ima više mogućih gibanja, u smjeru pravocrtnih osi postoje osi (oznake) za dopunska gibanja. Obilježavanje i značenje pojedinih adresa dano je na sljedećem prikazu.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM



**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Postavljanje koordinatnog sustava na NC stroj

#### Os Z (od nje se kreće)

Kod strojeva s čvrstim glavnim vretenom os Z se podudara ili je usporedna s osi glavnog vretena;

Ako je glavno vreteno nagibno, ali tako da je samo u jednom položaju usporedno s nekom od osi, onda se ta os obilježava kao os Z;

Ako je glavno vreteno nagibno tako da može biti usporedno s više osi, onda je os Z ona os koja je okomita na površinu stezanja (radni stol);

Ako se glavno vreteno može gibati u smjeru svoje osi (usporedno s osi Z), onda se ta os obilježava kao os W;

Ako stroj ima više vretena, glavno je ono koje je okomito na radni stol;

Ako stroj nema glavno vreteno (blanjalice, erozimati, itd.) os Z je okomita na radni stol.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

#### Os X:

Os X je usporedna s radnim stolom, a smjer se može utvrditi na sljedeći način:

##### **a) rotira alat**

Ako je os Z vodoravna, tada pozitivan smjer osi X ide desno gledajući od glavnog vretena prema obratku.

Ako je os Z uspravna, tada kod jednostupnih strojeva (konzolne glodalice) pozitivan smjer osi X ide u desno kad se gleda od vretena prema obratku, a kod dvostupnih strojeva pozitivan smjer osi X ide desno kada se od vretena gleda prema lijevom stupu.

##### **b) rotira obradak**

Os X je okomita (radijalna) u odnosu na obradak, a pozitivan smjer osi X ide od obratka prema nosaču alata

##### **c) strojevi bez vretena**

Smjer osi X se podudara s glavnim smjerom obrade.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Os Y

Položaj osi Y proizlazi iz usvojenog koordinatnog sustava i položaja osi Z i X.

Smjerovi rotacijskih osi A, B i C određuju se pravilom desne ruke.

#### Napomena:

*Ovakav način obilježavanja osi podrazumijeva da sva gibanja vrši alat ili nosač alata. Ako gibanja vrši obradak ili nosač obratka, onda se oznaci osi dodaje znak ' , tj. X postaje X', Y postaje Y' itd., a pozitivan smjer se određuje suprotno nego kad gibanje vrši alat.*

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### **Nul-točke**

Za valjan opis geometrijskih informacija u koordinatnom sustavu treba definirati nul-točke ili referentne točke. Slijede grafički simboli i slovne oznake nul-točaka koje su najčešće u primjeni.



**M**

nul-točka stroja; ishodište koordinatnog sustava stroja; položaj je dredjen u fazi konstrukcije, stalan i nepromjenjiv i to izvan radnog prostora (nedostupna je); (sva interna preračunavanja u UR rade se u odnosu na nul-točku stroja)



**R**

referentna točka stroja; ishodište mjernog sustava stroja; položaj joj je određen u fazi konstrukcije, stalan i nepromjenjiv, ali u radnom prostoru (dostupna je); obavezna je kod svih strojeva s inkrementalnim mjernim sustavima



**W**

nul-točka obratka; ishodište koordinatnog sustava obratka; njen položaj određuje programer-tehnolog; isti obradak može imati više nul-točaka



**P**

nul-točka alata (teorijski vrh alata)

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM









**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Nul-točke

	<b>M</b>	nul-točka stroja;		<b>A</b>	referentna točka obratka
	<b>R</b>	referentna točka stroja;		<b>F</b>	referentna točka suporta
	<b>W</b>	nul-točka obratka;		<b>N</b>	referentna točka za prednamještanje alata
	<b>P</b>	nul-točka alata (teorijski vrh alata)		<b>T</b>	referentna točka alata

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

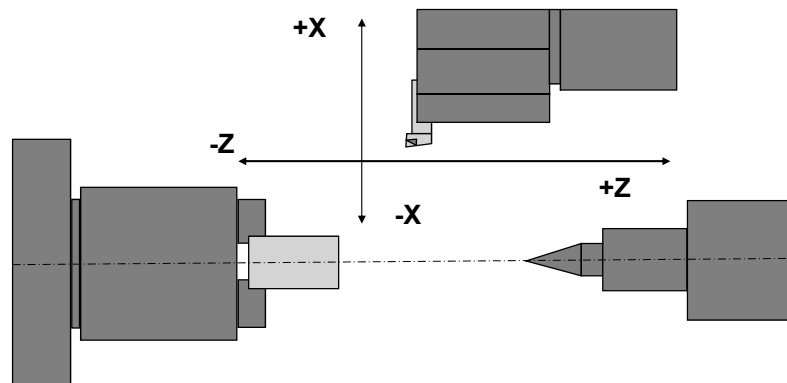
**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM


### Raspored osi - primjeri



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

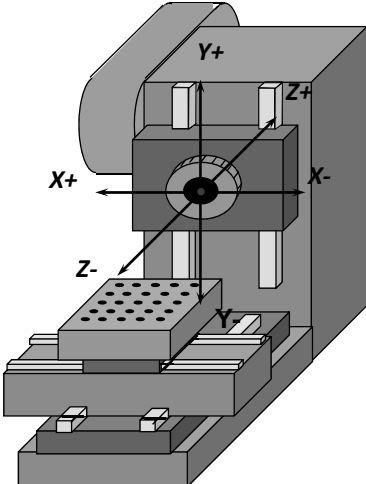
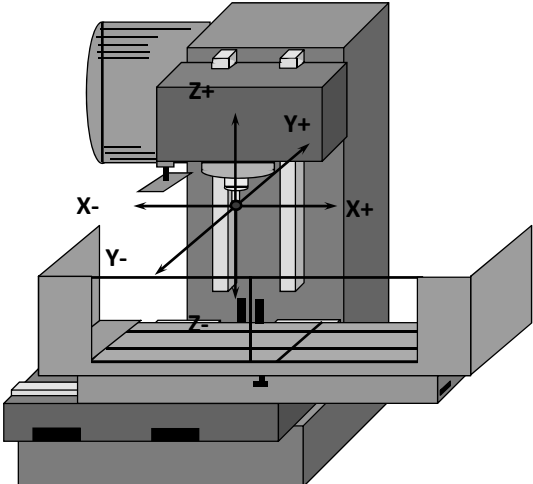
**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**


**Raspored osi - primjeri**

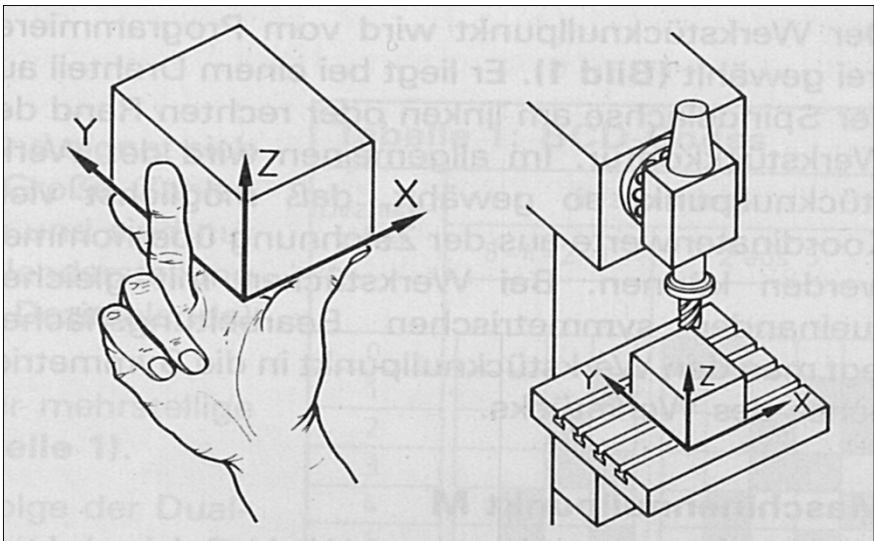
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

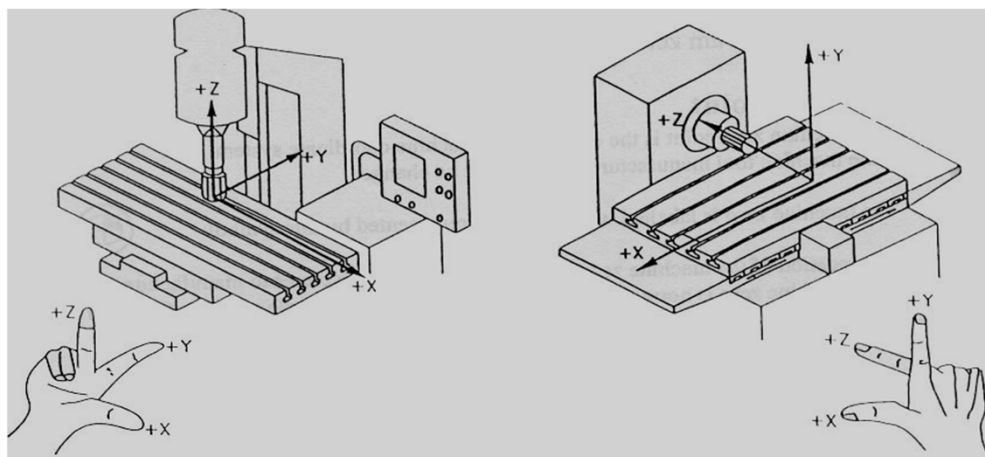
**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**

**Raspored osi - primjeri**



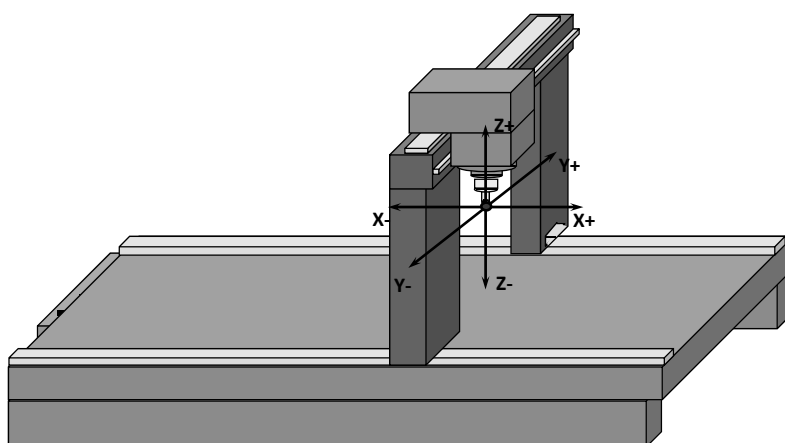
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb




**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**



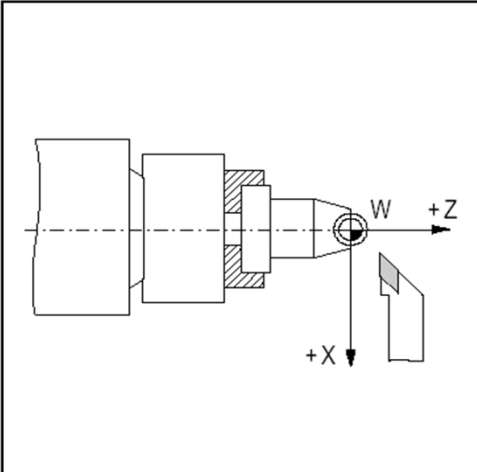
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

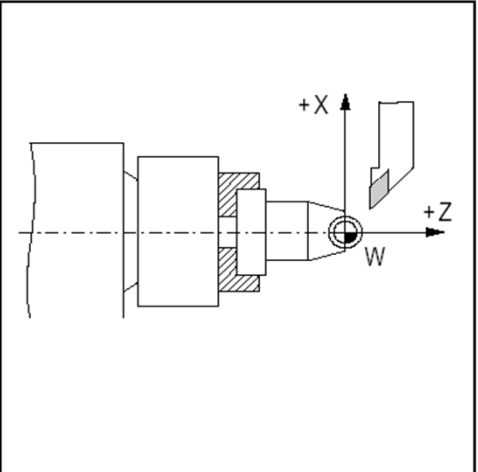
**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**






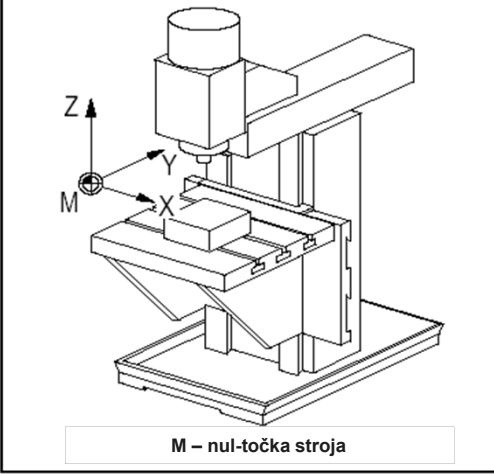
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

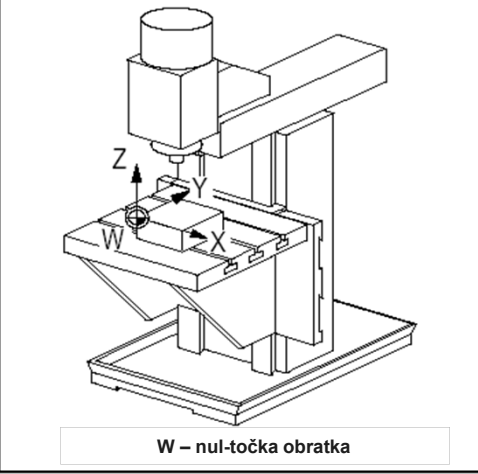
100 godina Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**



**M – nul-točka stroja**

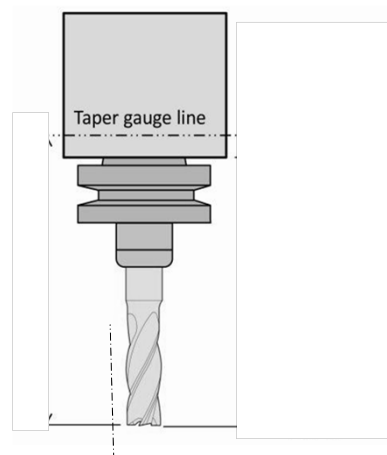
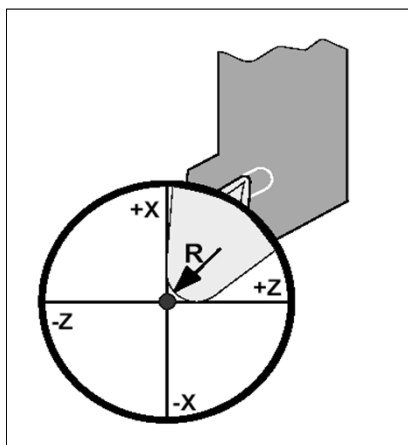


**W – nul-točka obratka**

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

 100 godina Fakulteta  
 strojarstva i brodogradnje  
 Sveučilišta u Zagrebu  
 100 Years of Faculty of  
 Mechanical Engineering  
 and Naval Architecture  
 University of Zagreb

**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**


FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

 100 godina Fakulteta  
 strojarstva i brodogradnje  
 Sveučilišta u Zagrebu  
 100 Years of Faculty of  
 Mechanical Engineering  
 and Naval Architecture  
 University of Zagreb

**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**
**VRSTE UPRAVLJANJA**

Vrste upravljanja govore o mogućnostima numerički upravljanog obradnog stroja da ostvari potrebnu geometriju radnog komada. Postoje tri vrste upravljanja:

- upravljanje točka-po-točka ili pozicioniranje,
- upravljanje po pravcu (prvocrtno ili linijsko upravljanje) i
- konturno upravljanje,

Danas, kod alatnih strojeva, ima smisla govoriti samo o konturnom upravljanju, jer ostale dvije vrste upravljanja više ne znače gotovo nikakve uštede u cijeni upravljačkog računala, a nose vrlo velika ograničenja.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

 100 godina Fakulteta  
 strojarstva i brodogradnje  
 Sveučilišta u Zagrebu  
 100 Years of Faculty of  
 Mechanical Engineering  
 and Naval Architecture  
 University of Zagreb

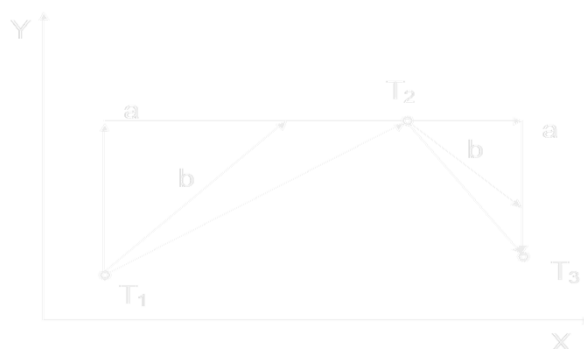
**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**
**Upravljanje točka-po-točka ili pozicioniranje**
**Osnovna značajka:**

ova vrsta upravljanja omogućuje samo točno postizanje zadane pozicije. Ne postoji mogućnost upravljanja posmičnim gibanjem. Zadano gibanje se ostvaruje najvećom mogućom posmičnom brzinom i za vrijeme gibanja ne smije se dozvoliti dodir alata i obratka. Gibanje se izvodi pravocrtno iz trenutnog u zadani položaj. U počecima NC upravljanja to gibanje se izvodilo u smjeru jedne, pa naknadno u smjeru druge osi (na skici označeno kao a), ili pak tako da se prvi dio gibanja odvija istodobno u obje osi (pod kutem od  $\sim 45^\circ$ ), pa kad se postigne tražena vrijednost u smjeru jedne osi, gibanje se nastavi u smjeru druge osi (na skici označeno kao b).

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

 100 godina Fakulteta  
 strojarstva i brodogradnje  
 Sveučilišta u Zagrebu  
 100 Years of Faculty of  
 Mechanical Engineering  
 and Naval Architecture  
 University of Zagreb

**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**


Obzirom da se ovim upravljanjem ne može ostvariti upravljanje posmičnim gibanjem, primjena mu je ograničena na postupke kod kojih je radno gibanje upravljano nekim drugim načinom (električnim, hidrauličkim ili pneumatskim elementima). Upravljanje ima primjenu u velikoserijskoj ili masovnoj proizvodnji, a može se naći na strojevima za bušenje, zakivanje, točkasto zavarivanje, probijanje i sl. Kod novijih alatnih strojeva nema primjenu.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM



**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Upravljanje po pravcu (pravocrtno, linijsko upravljanje)

#### Osnovna značajka:

postoji mogućnost upravljanja posmičnim gibanjem, ali pod uvjetom da se posmično gibanje obavlja usporedno s jednom od osi. To znači da je rezultirajuća brzina posmičnog gibanja jednaka ili brzini posmičnog gibanja u smjeru osi X, ili brzini posmičnog gibanja u smjeru osi Y, vidi skicu. Ne postoji mogućnost istodobnog, sinkroniziranog, radnog gibanja između dvije osi, ali postoji mogućnost istodobnog, sinkroniziranog, pozicijskog gibanja između dvije osi.

Ova vrsta upravljanja ima primjenu kod bušilica, jednostavnih bušilica glodalica, jednostavnih strojeva za plameno rezanje, zavarivanje i sl. Danas se uglavnom ne primjenjuje, ili pak samo za NC strojeve posebne namjene.

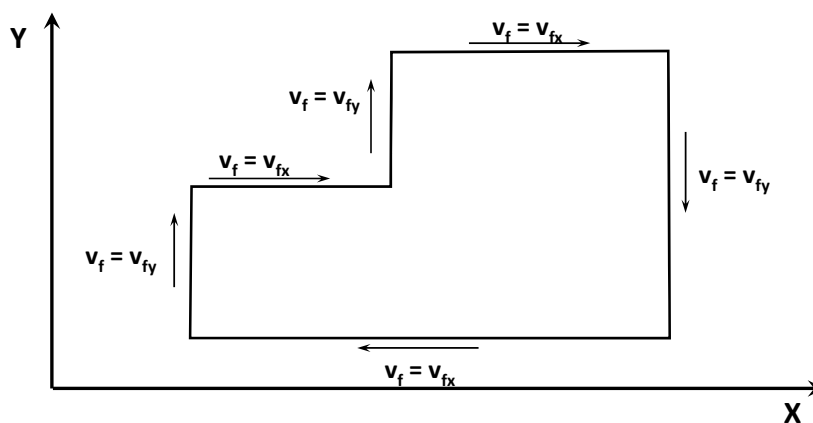
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM



$$v_f = v_{fx} \text{ ili } v_f = v_{fy}$$

Nije moguće realizirati  $v_f = f(v_{fx}, v_{fy})$ .

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Konturno (krivuljno) upravljanje

Ova vrsta upravljanja omogućuje kontrolirano posmično gibanje, istodobno i sinkronizirano između dvije ili više numerički upravljanih osi. Skica prikazuje primjer konturnog upravljanja u ravnini, tj kad je rezultirajuća brzina posmičnog gibanja jednaka vektorskoj sumi brzina posmičnih gibanja u smjeru osi X i Y. Na primjeru konturnog upravljanja se uočava da je bit numeričkog upravljanja, upravljanje posmičnom brzinom. Stoga se "pravom" numeričkom (NC) osi smatra ona os kod koje je moguće upravljanje posmičnom brzinom. Ako je u nekoj osi moguće samo pozicioniranje, takva os se naziva pozicijska os. Ako se nekim gibanjem ne može upravljati ni posmično, ni pozicijski, onda takvo gibanje ne predstavlja numeričku os. Takav primjer su glavna rotacijska gibanja kod tokarilica, glodalica i sl. Premda se za takvo gibanje može programirati bilo koji broj okretaja (često i decimalnim brojevima), takve rotacija ne predstavlja numeričku os, sve dok se ista ne može upravljati pozicijski (zaustavljanje pod određenim kutem) ili određenom posmičnom brzinom.

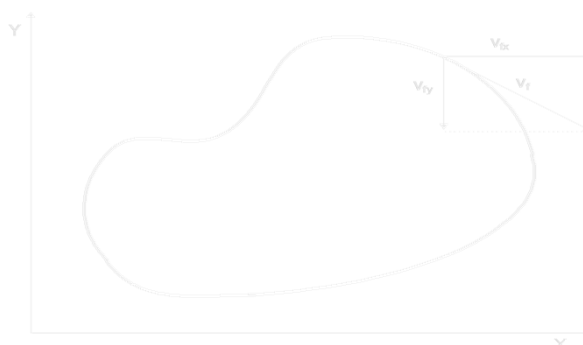
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM



Obzirom na broj osi koje se mogu upravljati istodobno i sinkrono, konturno upravljanje se dijeli i označava kao u tablici. Kod tokarilica je najrasprostranjenije 2D konturno upravljanje, premda su danas vrlo česti tokarski centri s većim brojem osi (X, Z, C, ...) i sa složenijim konturnim upravljanjima. Kod glodalica i OC se koriste 3D i složenija konturna upravljanja. Sve više su zastupljeni strojevi s 5D konturnim upravljanjem, a posebno u industriji alata. Strojevi s više od 5D konturnim upravljanjem su vrlo rijetki.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

 100 godina Fakulteta  
 strojarstva i brodogradnje  
 Sveučilišta u Zagrebu  
 100 Years of Faculty of  
 Mechanical Engineering  
 and Naval Architecture  
 University of Zagreb

**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**

Oznaka	Broj istodobnih, sinkronih osi	Napomena
2D	2	
21/2D	2 (izbor ravnine)	kod strojeva (najčešće glodalica) koji imaju više NC osi, ali se samo po dvije mogu upravljati istodobno i sinkrono
3D	3	
4D	4	najčešće tri translacijske i jedna rotacijska os
5D	5	najčešće 3 translacijske i 2 rotacijske osi. Rotacijske osi mogu biti realizirane na glavi za prihvat alata, na stolu za stezanje
6D i više	6 i više	kod svih strojeva s više od 5 istodobnih, sinkronih osi, prisutan je problem programiranja, jer standardni programski sustavi za NC strojeve ne podržavaju programiranja za više od 5D k.u.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

 100 godina Fakulteta  
 strojarstva i brodogradnje  
 Sveučilišta u Zagrebu  
 100 Years of Faculty of  
 Mechanical Engineering  
 and Naval Architecture  
 University of Zagreb

**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**
**VRSTE UPRAVLJANJA**
**Primjeri strojeva i filmovi**

- određivanje i raspored NC osi na različitim strojevima
- obrade s 2, 3, 4 i 5 simultanih osi
- obrade na strojevima paralelene kinematike
- obrade robotima

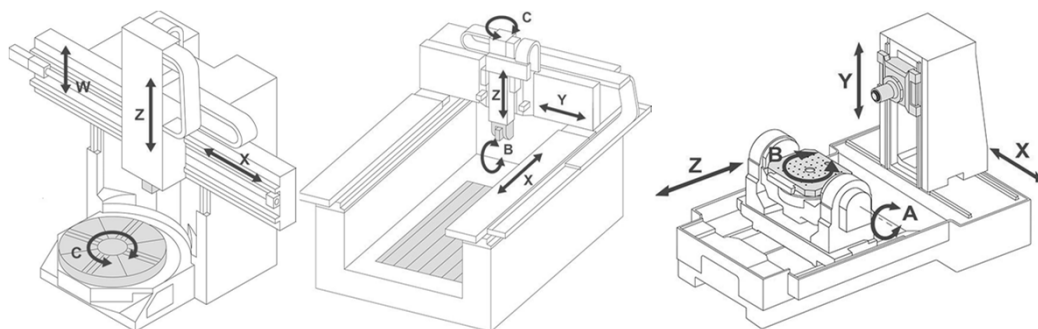
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



### PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

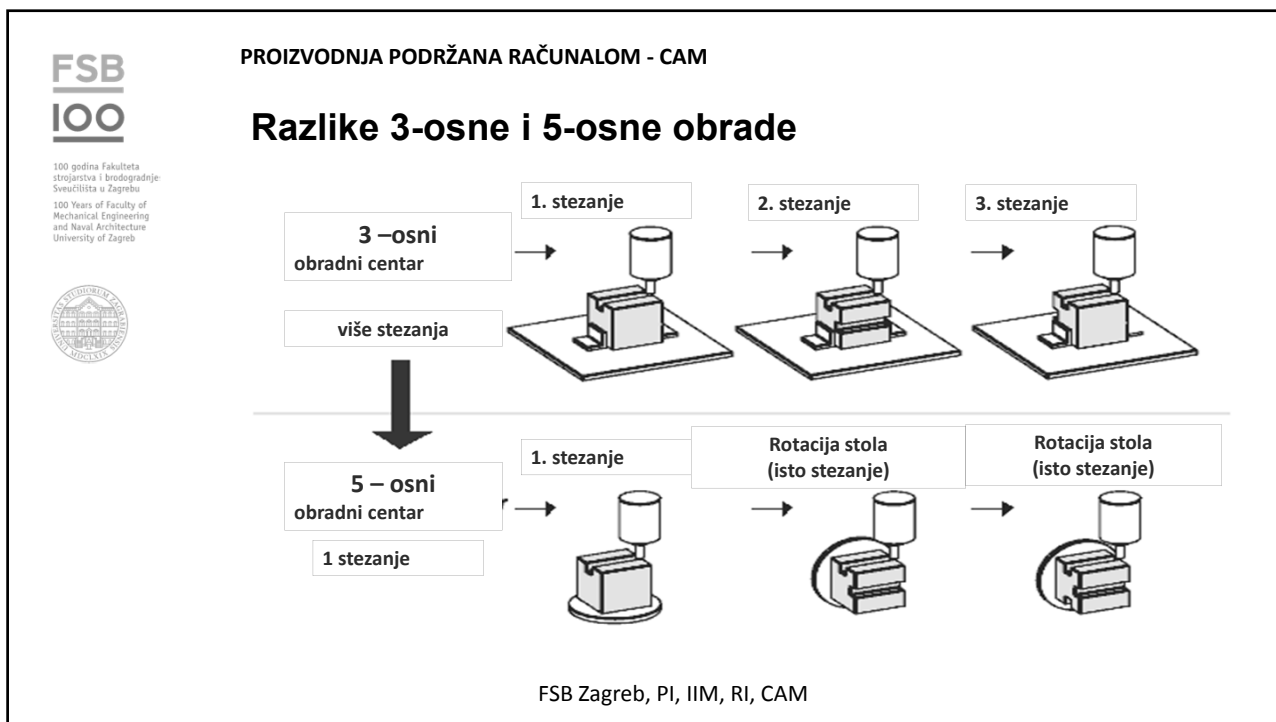
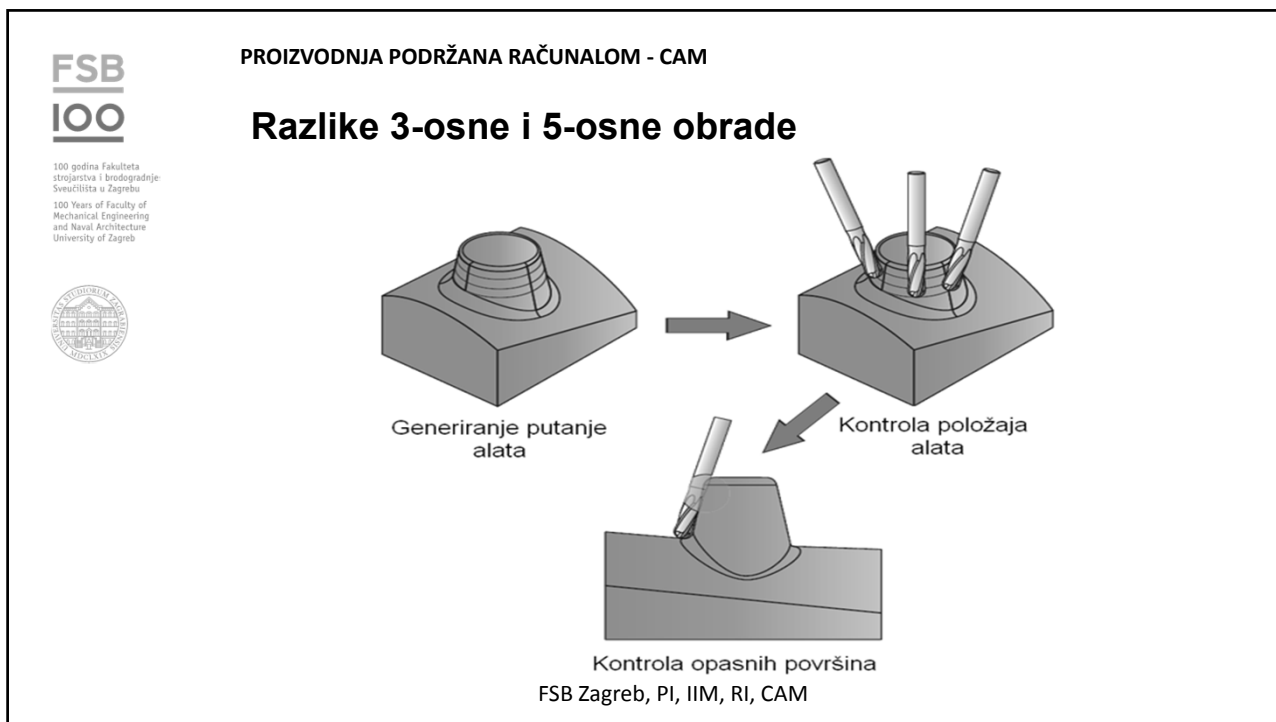
100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb

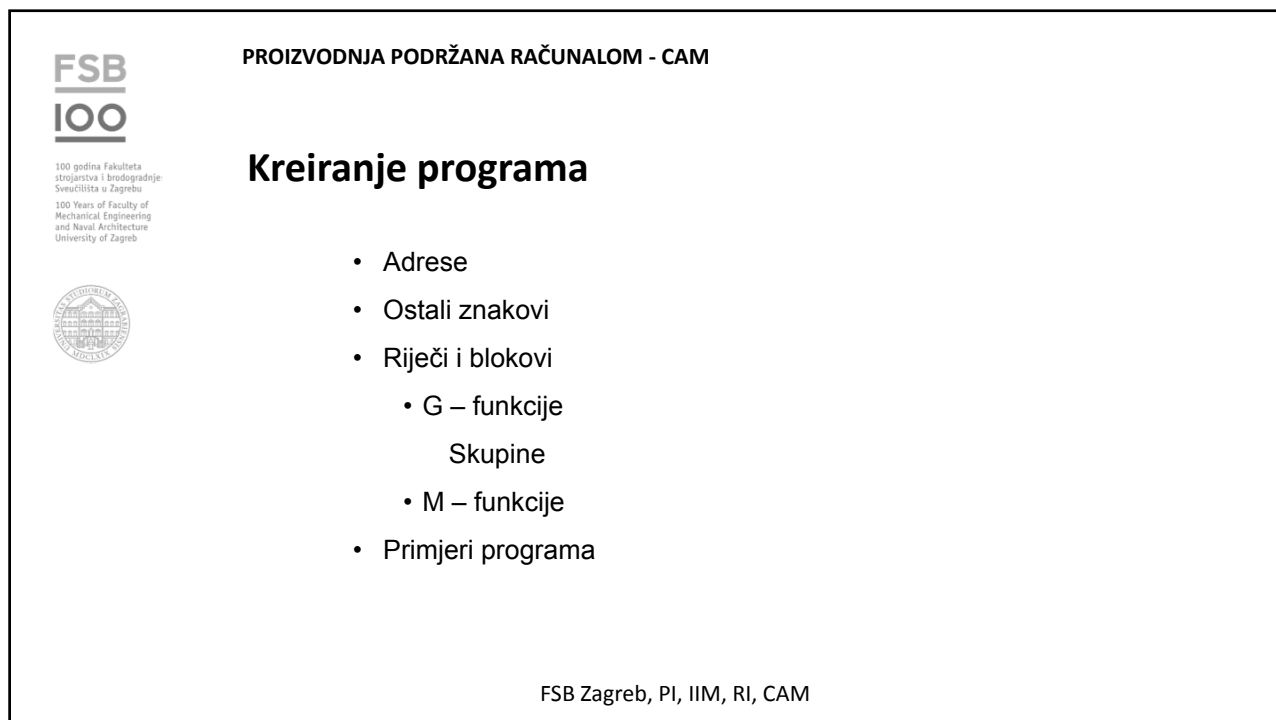
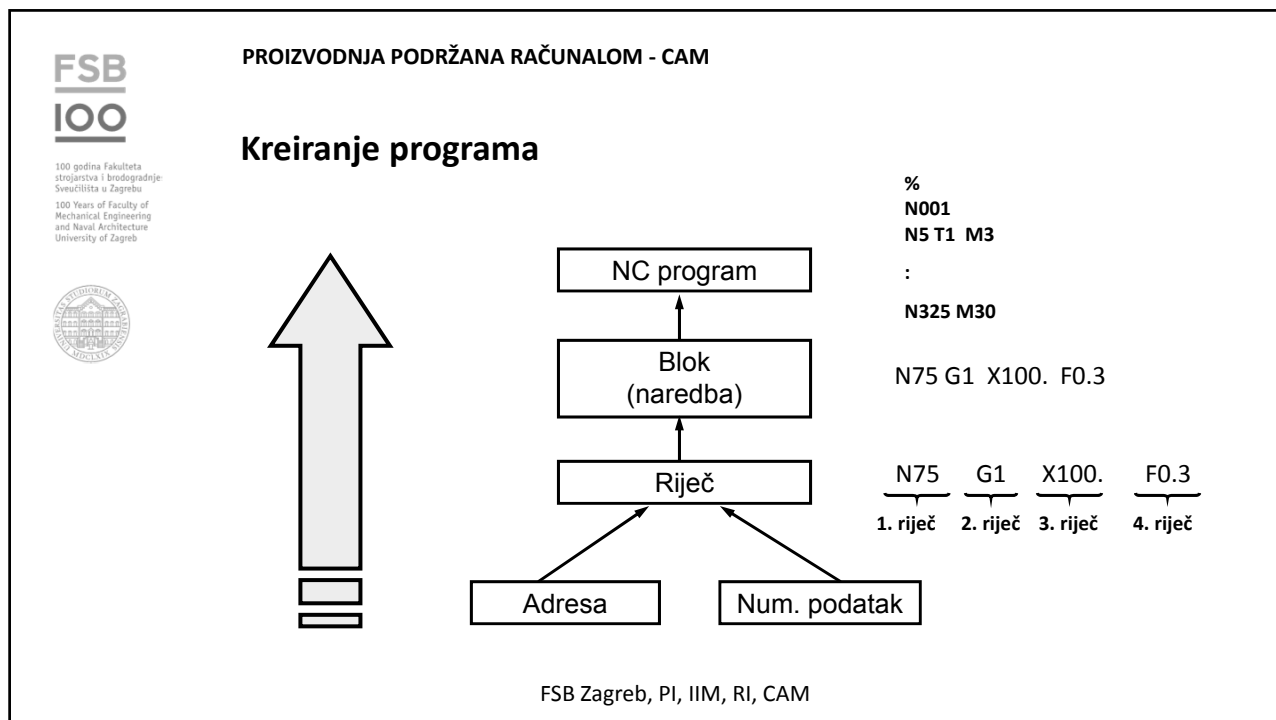


### PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

## Razlike 3-osne i 5-osne obrade

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM





**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb


**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**

## Ručno programiranje

**Detalji**
**od adresa do programa**

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb


**PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM**

## Adrese kod programiranja NC strojeva

Adresa	Značenje
A	rotacija oko osi X
B	rotacija oko osi Y
C	rotacija oko osi Z
D	korekcija alata
E	dopunska adresa
F	posmak
G	uvjeti puta
H	dopunska adresa
I	interpolacijski parametar za os X
J	interpolacijski parametar za os Y
K	interpolacijski parametar za os Z
L	podprogrami
M	pomoćne funkcije

Adresa	Značenje
N	broj bloka
P	dopunsko gibanje u smjeru osi X
Q	dopunsko gibanje u smjeru osi Y
R	dopunsko gibanje u smjeru osi Z
S	broj okretaja ili brzina obrade
T	alat
U	dopunsko gibanje u smjeru osi X
V	dopunsko gibanje u smjeru osi Y
W	dopunsko gibanje u smjeru osi Z
X	
Y	
Z	

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Ostali znakovi

Pored slova (definicija adresa) i znamenaka (numerički podaci), za gradnju programa se koriste i posebni znakovi koji imaju sljedeća značenja:

- a) znak “%” - početak programa  
Za program se također može reći da se sastoji od:
  - znaka za početak programa
  - niza blokova
  - i kraja programa.
- b) znak “:” - znak za glavni blok (naredbu) programa
- c) znakovi “[” i “]” - znakovi za početak i kraj komentara
- d) znak “/” - znak za uvjetno izvođenje bloka

Drugi znakovi iz skupine posebnih znakova rjeđe se koriste, a jedan broj tih znakova generira samo upravljačko računalo.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

**FSB**  
**100**

100 godina Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu  
100 Years of Faculty of  
Mechanical Engineering  
and Naval Architecture  
University of Zagreb



## PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

### Programiranje - kreiranje programa

#### Riječ s adresom G ili G-funkcija

G funkcijama se definiraju uvjeti puta. Zajedno s adresama za koordinatne osi i interpolacijske parametre čine geometrijski dio bloka. Format zadavanja G-funkcija je slovo, adresa, G i dva dekadaska mjesta, što znači da na rapolanju stoji 100 G-funkcija.

#### Format zadavanja G funkcija:

**G(0) . | .** - 2 dekadaska mjesta ; ako je na prvom mjestu 0 može se izostaviti (današnja upravljačka računala nude 3 dekadaska mjesta)

#### Podjela G funkcija:

1. modalne ili memorirane G-funkcije,
2. blok-aktivne (rečenično aktivne) G-funkcije i
3. slobodne G-funkcije.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

