



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

5. predavanje 2018/2019

Zagreb, 3. travnja 2019.



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

Podjele i promjene proizvodnje

Megatrendovi

"Big Four" : Deloitte, PwC, EY, i KPMG.

Promjena proizvodne paradigme ?

Proizvodnja podržana računalom – CAM

učinkovita primjena računala u proizvodnji.

a) Izravna (direktna) primjena b) Posredna (indirektna) primjena

Povijest CAM-a

Od 1950-tih -NC - relejno upravljanje i 1. jezik za programiranje NC strojeva (APT)
do INDUSTRIJE 4.0

Obradni sustav te stanje i trendovi razvoja njegovih komponenti

Razvoj NC strojeva i razine NC-a (NC, DNC, CNC, DNC, AC (ACC i ACO), FM (FMC, FMI, FMS), CIM, IMS, BMS, SM, AM, VM, DM, RMS, ...)

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

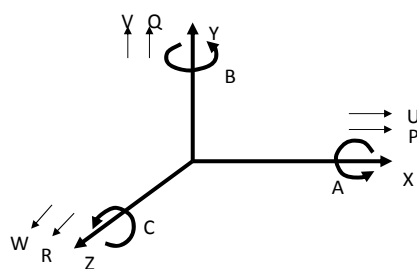
 100 godina Fakulteta
 strojarstva i brodogradnje
 Sveučilišta u Zagrebu
 100 Years of Faculty of
 Mechanical Engineering
 and Naval Architecture
 University of Zagreb

PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM
Programiranje NC strojeva

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

Priprema za programiranje

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

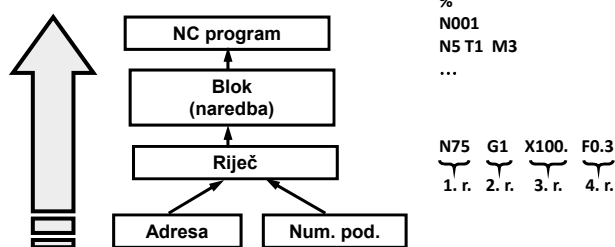
Ad 1) Koordinatni sustav i nul-točke


FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

- nul-točka stroja; i
- referentna točka stroja;
- nul-točka obratka
- nul-točka alata (teorijski vrh alata)

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 3) Gradnja i sintaksa programa

Znakovi (characters) od kojih se grade riječi i blokovi:

- Adrese (tiskana slova A - Z)
- Znamenke 0 - 9
- Znakovi +, -, .
- Ostali znakovi
 - a) znak "%"; b) znak ":"; c) znakovi "[" i "]" ; d) znak "/"

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-funkcije

 Format zadavanja G funkcija: **G(0) . | .**

Podjela G funkcija:

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

Modalne (memorirane) G-funkcije dijele se u sljedeće skupine:

Skupina a	- vrste interpolacije
Skupina c	- izbor ravnine obrade
Skupina d	- kompenzacija polumjera vrha alata
Skupina f	- pomaci nul-točke
Skupina e	- radni ciklusi
Skupina j	- unošenje dimenzija apsolutno ili inkrementalno
Skupina k	- definiranje posmaka
Skupina l	- definiranje broja okretaja
Skupina m	- mjerni sustav

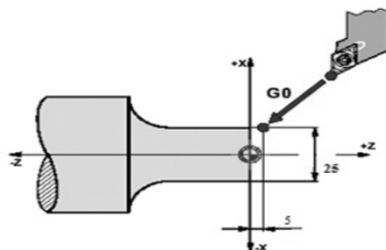
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

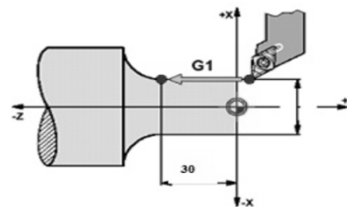
 100 godina Fakulteta
 strojarstva i brodogradnje
 Sveučilišta u Zagrebu
 100 Years of Faculty of
 Mechanical Engineering
 and Naval Architecture
 University of Zagreb

PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM
Modalne G funkcije – skupina a

G0 ili G00	pozicioniranje
G1 ili G01	pravocrtna (linearna) interpolacija
G2 ili G02	kružno gibanje u smjeru kazaljki na satu
G3 ili G03	kružno gibanje suprotno od smjera kazaljki sata
G33	obrada navoja



N50 G0 X25 Z5



N60 G1 X25 Z-30

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

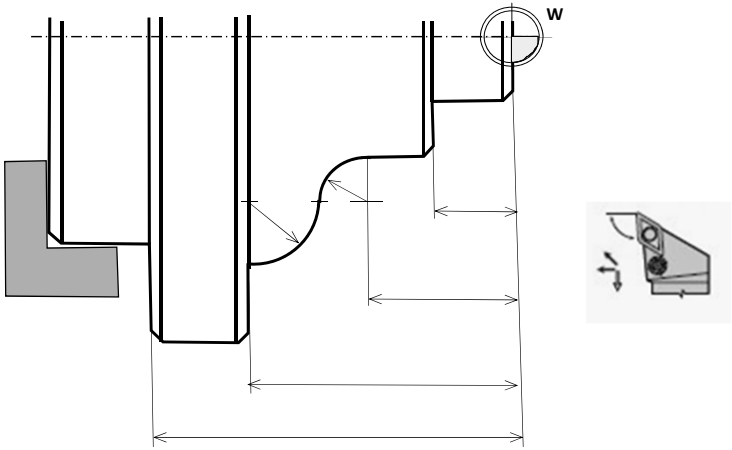
FSB
100

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

100
100

PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije – skupina a



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

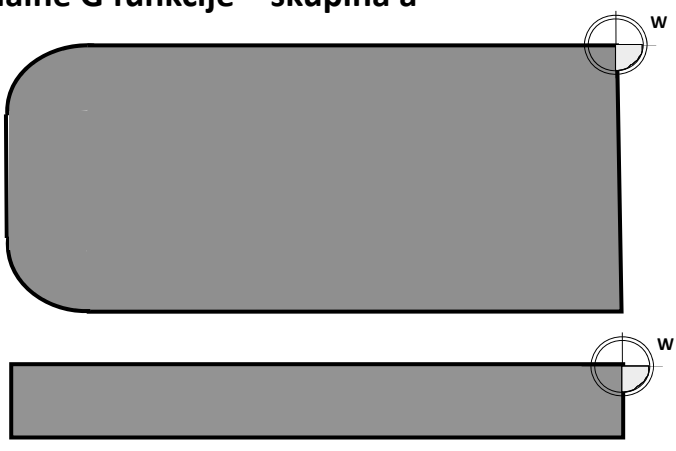
FSB
100

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

100
100

PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije – skupina a



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

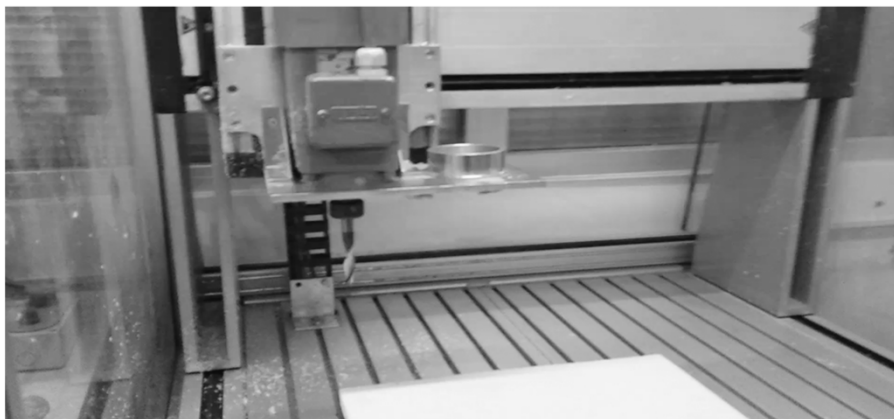
100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije – skupina a

Primjer G0 i G1 funkcija na FLEXMATIC-u



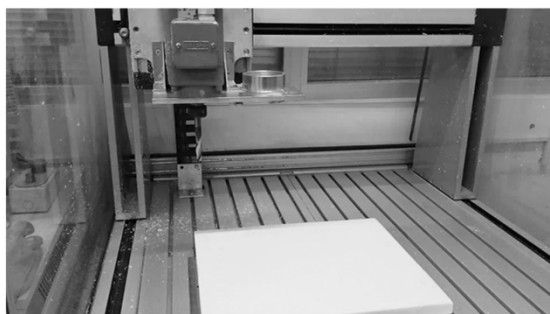
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

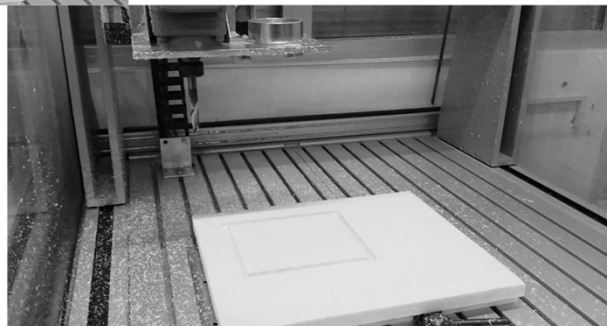
100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM



G0 i G1 na FLEXMATIC-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

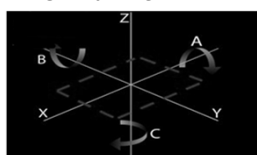


PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

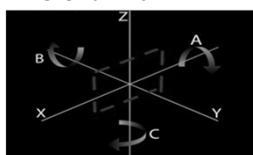
Modalne G funkcije – skupina c – ravnina obrade

G17	izbor radne ravnine XY
G18	izbor radne ravnine XZ
G19	izbor radne ravnine YZ

G17 ravnine XY



G18 ravnina XZ



G19 ravnine YZ



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

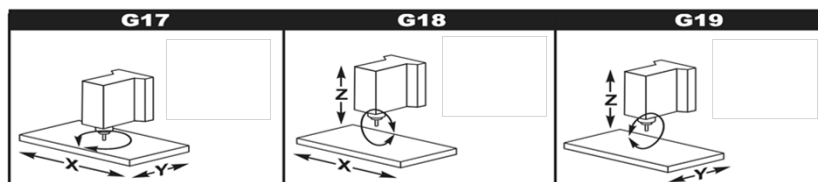
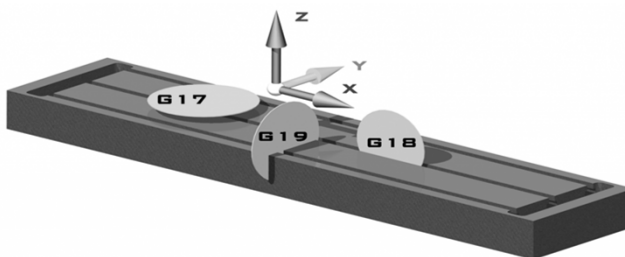
100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije – skupina c – ravnina obrade

Ako se funkcije G2 i G3 izvode na CNC glodalici u više ravnina, funkcije G17, G18 i G19 se moraju uskladiti s adresama koje se koriste u definiciji kružne interpolacije, odnosno definirati ravninu u kojoj se izvodi kružna interpolacija.



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

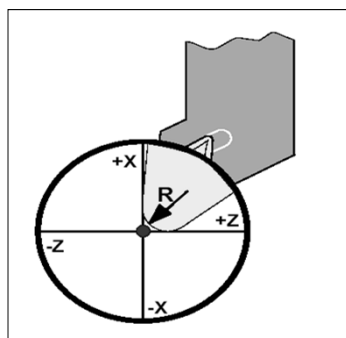
100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije skupina d - kompenzacija polumjera vrha alata

Tokarenje



- G40** - poništenje kompenzacije polumjera alata
- G41** - kompenzacija polumjera alata "lijeva"
- G42** - kompenzacija polumjera alata "desna"

Za korištenje ovih funkcija potrebna je da u podacima o alatu (dio memorije) postoje podaci o polumjeru alata i orijentaciji oštrice.

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

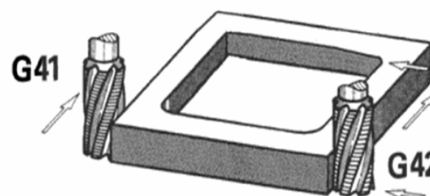
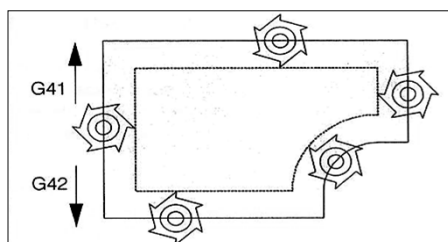
100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije skupina d - kompenzacija polumjera vrha alata

Glodanje



Putanja alata odvija se tako da se naredbama prati os rotacije alata.

Naredbama G41 i G42 alat se "odmiče" lijevo (G41) ili desno (G42) od putanje zadane NC naredbom i to za veličinu polumjera alata (podatak se uzima iz poataka o korekcijama alata), gledajući u smjeru gibanja 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

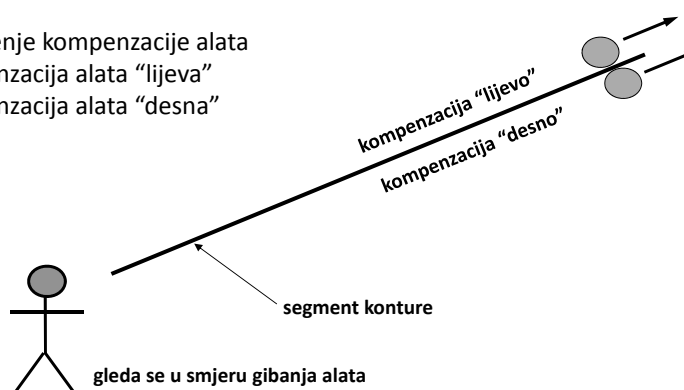
Modalne G funkcije: skupina c

Skupina d - kompenzacija polumjera alata

G40 - poništenje kompenzacije alata

G41 - kompenzacija alata "lijeva"

G42 - kompenzacija alata "desna"



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

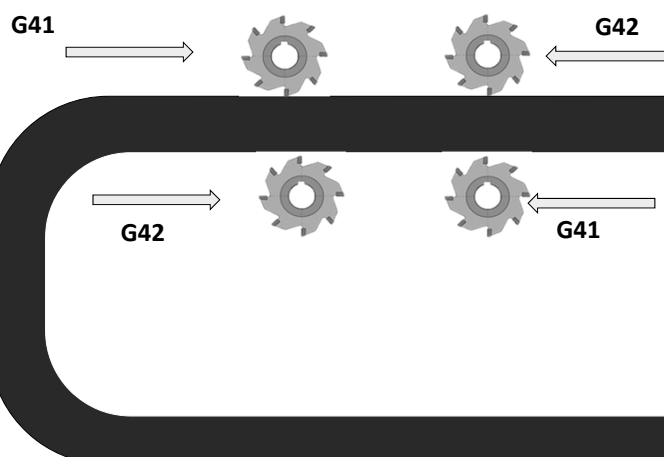
FSB
100

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

Modalne G funkcije skupina d - kompenzacija polumjera vrha alata



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

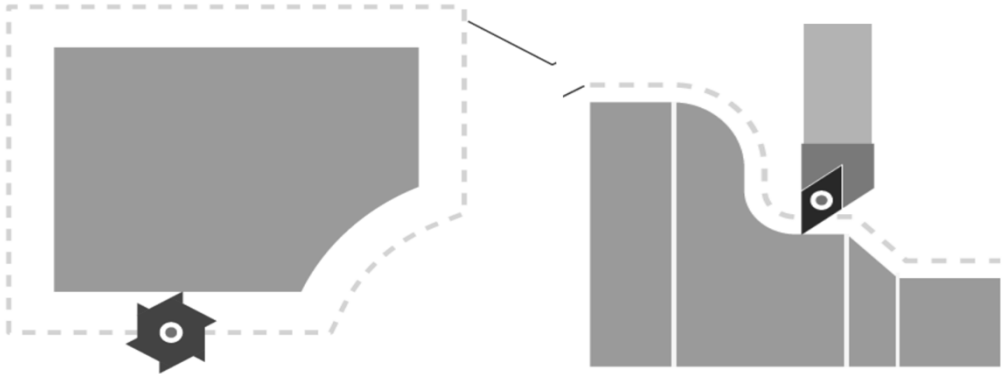
FSB
100

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

100
100

PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije skupina d - kompenzacija polumjera vrha alata



Ekvidistantna putanja središta alata, odnosno središta zaobljenja

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

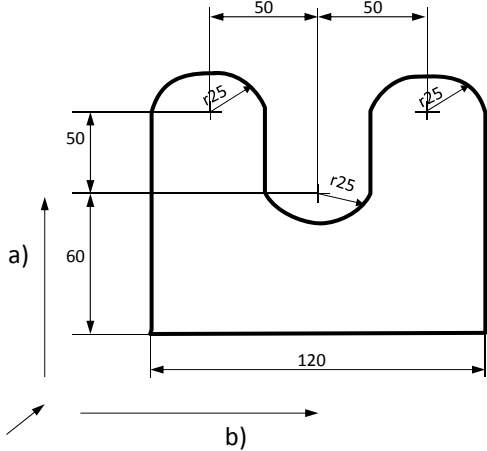
100 godina Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

100
100

PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije: skupina d

Primjer primjene kompenzacije polumjera alata kod glodanja



FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

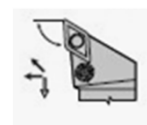
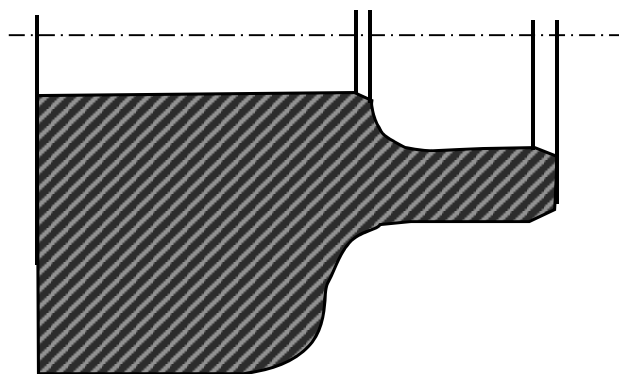
100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM - CAM

Modalne G funkcije: skupina d

Primjer primjene kompenzacije polumjera alata kod tokarenja



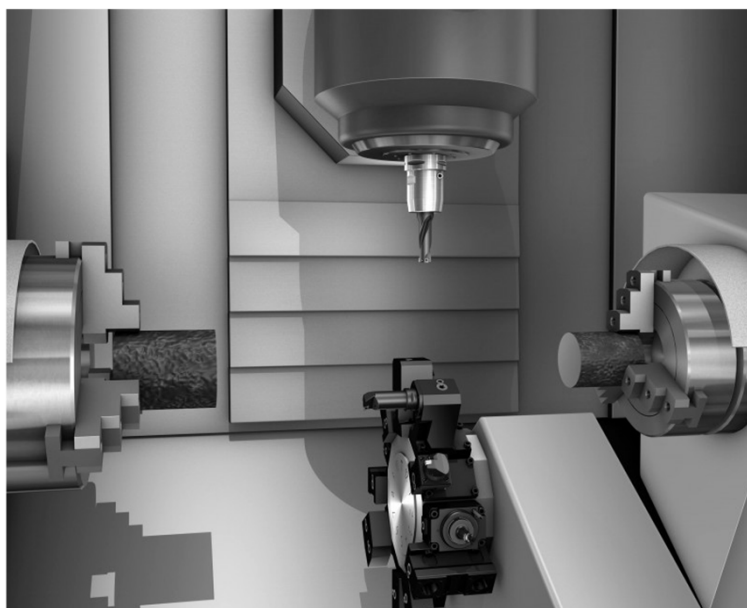
FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM

FSB
100

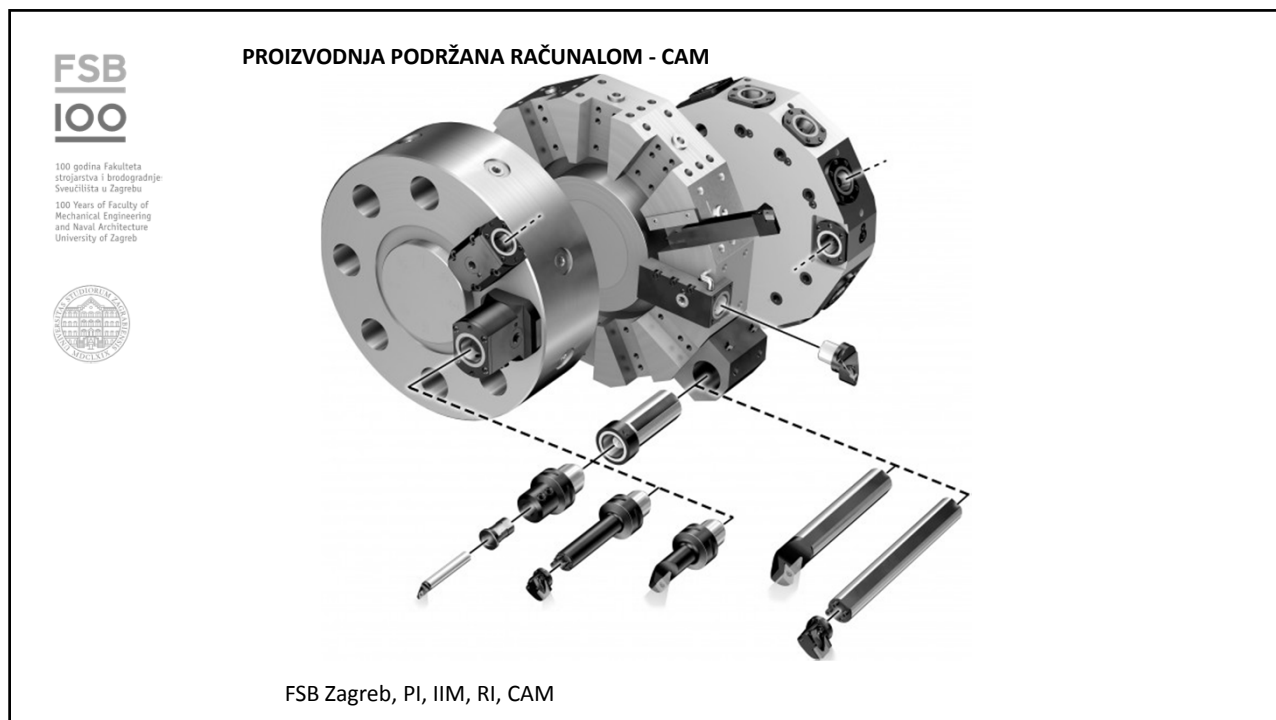
100 godina Fakulteta
strojarstva i brodogradnje
Sveučilišta u Zagrebu
100 Years of Faculty of
Mechanical Engineering
and Naval Architecture
University of Zagreb



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

Modalne G funkcije
Skupina f - memorirani pomaci nul-točke

G53	}	poništenje pomaka nul-točke	
G54		}	memorirani pomaci nul-točke
.			
.			
G59			

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

Modalne G funkcije
Skupina m - sustav mjera

G70	“inch”
G71	“mm”

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

Modalne G funkcije

Skupina j - zadavanje dimenzija (programiranje)

G90	apsolutno
G91	inkrementalno

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

Modalne G funkcije

Skupina k - zadavanje posmaka
(interpretacija adrese F)

- G94** - posmična brzina; mm/min; glodalice
G95 - posmak; mm/okr; tokarilice

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

Modalne G funkcije

Skupina I - zadavanje frekvencije vrtnje (broja okretaja)

- G96** - stalna brzina rezanja; $n \neq \text{konst.}; n = v_c / (D\pi)$; tokarenje
G97 - stalan broj okretaja; $n = \text{konst.};$ glodanje

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM





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

Modalne G funkcije – skupina I

Primjer obrade dijela konture za objašnjenje primjene
funkcije G96

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM



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

Blok-aktivne funkcije

G4 ili G04

Mirovanje se definira u broju okretaja glavnoga vretena ili u vremenskim
jedinicama (ovisno je li aktiva funkcija G94 ili G95).

Primjeri !

Korištenje funkcija G4 i G91

FSB Zagreb, PI, IIM, RI, CAM