

Osnove programiranja NC i CNC glodalica

IV godina

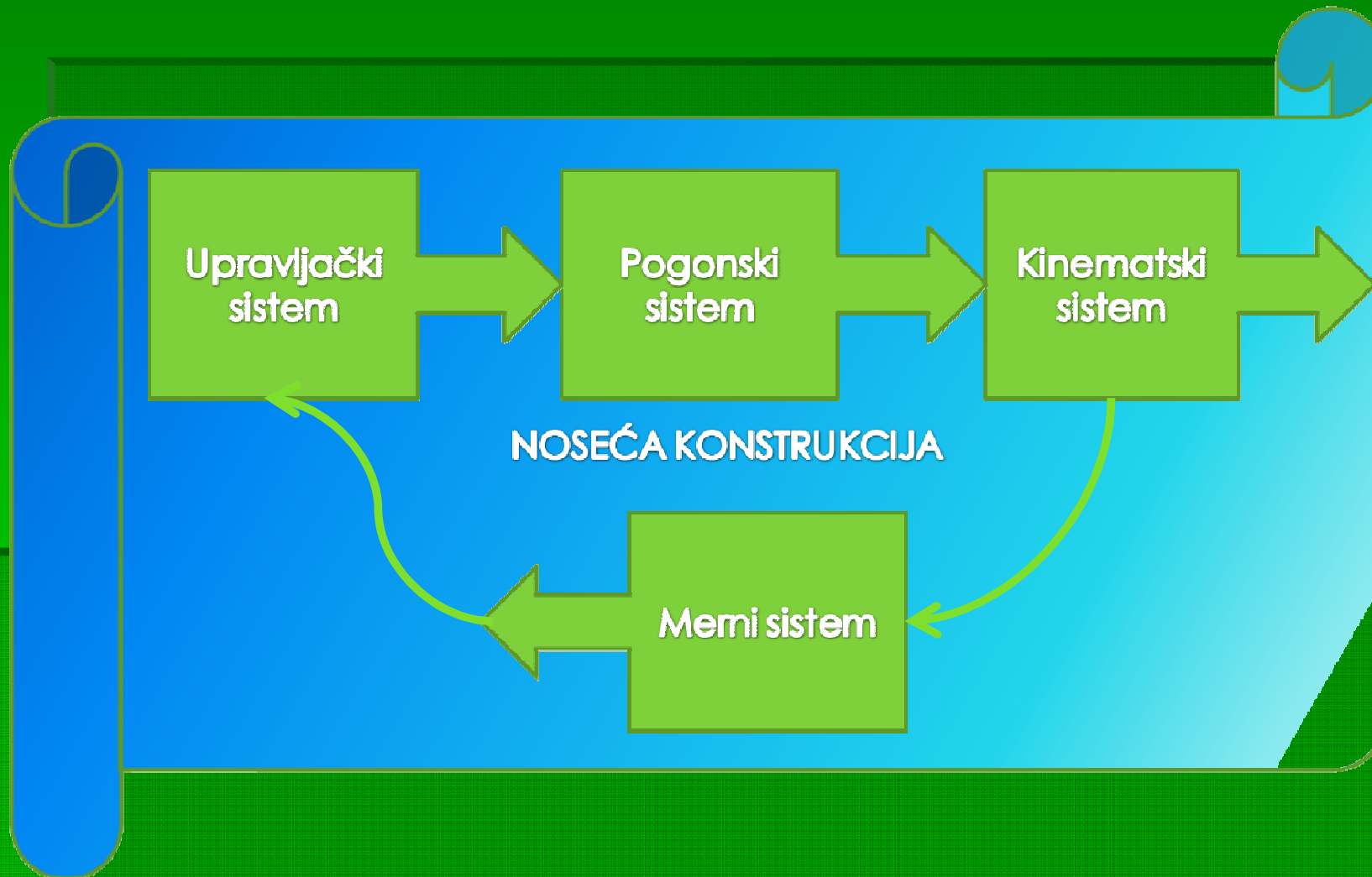
- Tehničar za kompjutersko upravljanje
- Programiranje CNC mašina

Vukašin Bratić dipl.maš.inž.
Aleksandar Jovanović dipl.maš.inž.
Vladan Bugarinović dipl.maš.inž.

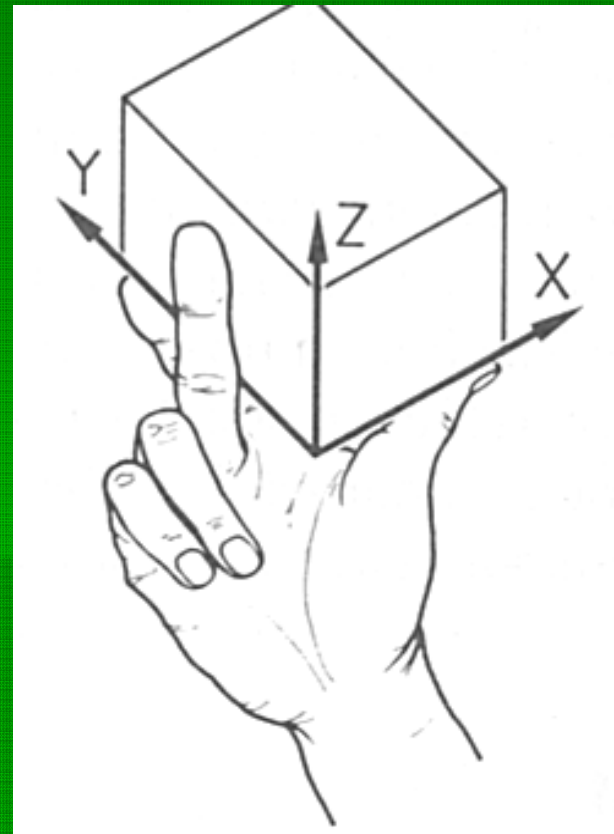
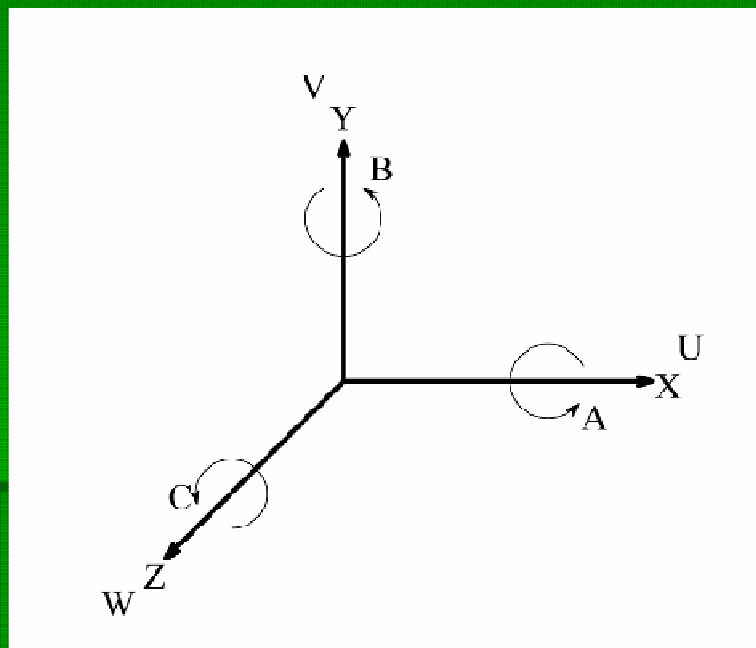
Nivoi upravljanja

- **NC** – numeričko upravljanje (upravljanje sa UJ u vidu bušača/čitača trake (sa potrebnom elektronikom) i informacijama u vidu redova izbušenih nizova otvora na pokretnoj traci – nosaču informacija),
- **CNC** – računarsko numeričko upravljanje (upravljanje sa UJ u vidu računara i upravljačkim informacijama u vidu digitalnih (analognih) vrednosti napona (logičke nule – 0V i jedinice – najčešće 3V ili 5V) i nosioca informacija u vidu magnetnog diska ili drugog oblika trajne memorije),
- **DNC** – direktno numeričko upravljanje (upravljanje sa UJ koja kontroliše i reguliše rad više NC/CNC mašina, kod koje zadatak UJ nije samo sprovođenje upravljačkih informacija već i njihova sinhronizacija na više pojedinačnih obradnih sistema),
- **AC** – adaptivno upravljanje (upravljanje sa korekcijom registrovanih vrednosti poremećaja – npr. prekoračenjem temperature rezanja u zoni rezanja UJ koriguje režime obrade, ili pušta drugi oblik SHP-a u zonu rezanja sve dok se temperatura ne zadrži u zadatim granicama optimalnosti i sl.).

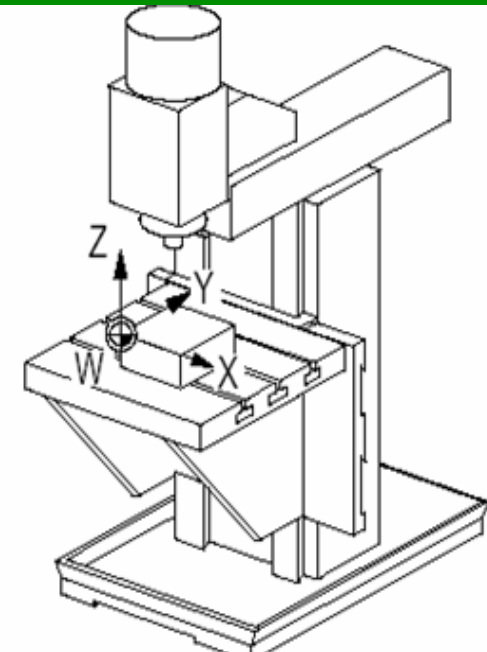
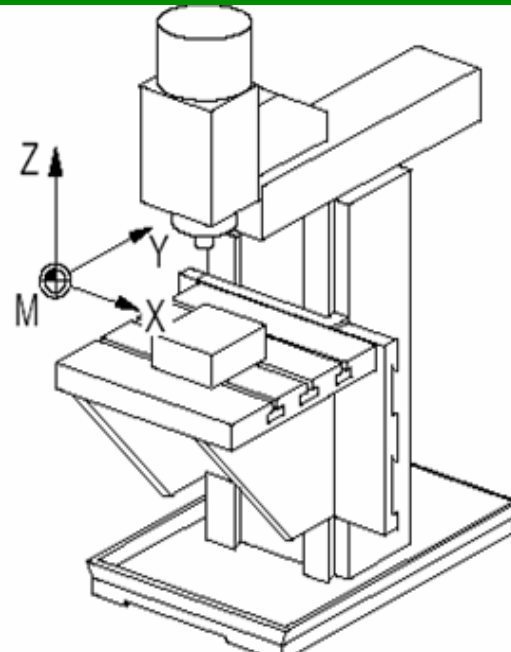
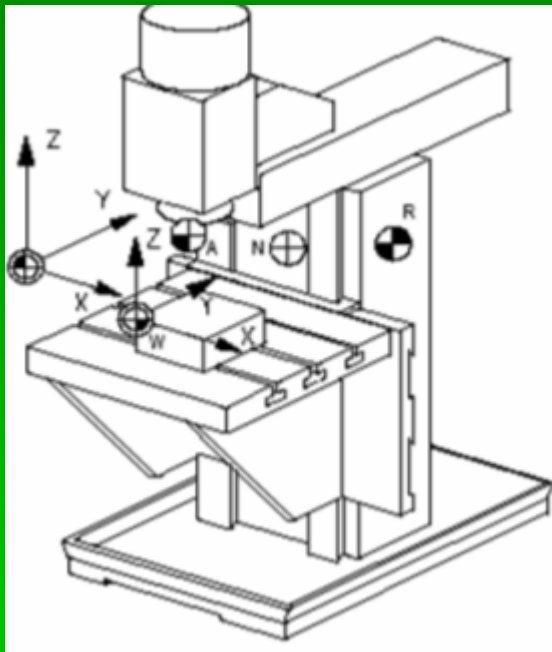
Struktura NC/CNC mašine



Koordinatni sistemi



Karakteristične tačke NC/CNC- glodalica



Karakteristične tačke NC/CNC glodalica - objašnjenje



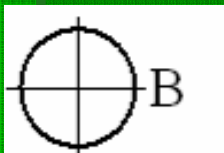
- **Nulta tačka mašine** – fiksna tačka definisana konstrukcijom mašine,



- **Referentna tačka** – Ishodište uspostavljanja relacije tipa **predmet obrade – alat – mašinska nula**. Referentna tačka je najčešće definisana krajnjim položajem klizača po upravljanim osama (u tom položaju mašina nam na **DRO**-u daje koordinate **R** tačke u svom koordinatnom prostoru). Ukoliko mašina ne poseduje mikroprekidače (senzore dodira) programer mora predvideti proizvoljnu tačku u koordinatnom prostoru mašine kao osnovnu ishodišnu tačku za dalju obradu – **HOME** poziciju. Ona u tom slučaju predstavlja zamenu za tačku **M** (tačka **M** i **R** se tako poklapaju),



- **Nulta tačka predmeta obrade** – Tačka na predmetu obrade čiji položaj definiše programer-tehnolog. Ova tačka je najbitnija za matematičko opisivanje kretanja alata u odnosu na predmet obrade. Njen položaj se UJ zadaje merenjem priprema i njegovim lociranjem u odnosu na odabranu tačku steznog pribora i naknadnim premeštanjem koordinatnog sistema iz referentne tačke **R** u tačku na steznom priboru, pa zatim u tačku **W**. Jednostavniji način je da se direktnim tangiranjem predmeta obrade sa alatom uspostavi lokacija ove tačke i važna relacijska veza neophodna za tačnu obradu (položaj alata u odnosu na **W** se obavezno mora uneti u UJ),



- **Kontrolna tačka alata** – Tačka u podnožju steznog pribora alata. Predstavlja osnovu za definisanje startne tačke alata (teorijskog vrha alata) unosom izmerenih dimenzija dužina (visina) i prečnika (širina) alata. U praktičnim primerima u kojima se tangiranjem PO sa prvim alatom uspostavi relacijska veza, vrh prvog alata se uzima za kontrolnu tačku (poklapa se sa startnom tačkom alata), a korekcije drugih alata su samo razlike dužina u odnosu na prvi alat (korekcije 2, 3 i ostalih alata se unose u tablicu alata UJ, a utvrđuju se neposrednim tangiranjem radnog predmeta).

“Sherline” CNC glodalica – didaktičko sredstvo



5-osni obradni centar - CNC mašine sa osnovom kinematske strukture konvencionalnih mašina i kinematskom nadgradnjom – dodatnim upravljanim osama rotacije i translacije








CNC glodalica izrađena u radionicama Tehničke škole iz Smedereva





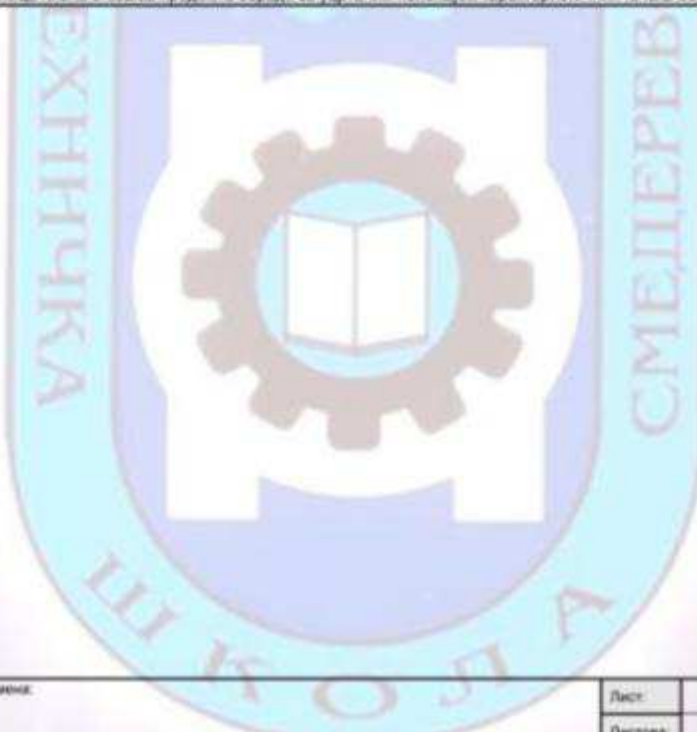
Tehnološka dokumentacija

- Plan operacija i zahvata
- Plan stezanja predmeta obrade
- Plan alata
- Plan rezanja
- Programska lista

Plan operacija i zahvata

Организација: 	ПЛАН ОПЕРАЦИЈА И ЗАХВАТА	Карактеристичне тачке: М – машини W – проценти обраде Я – референтна тачка В – старта тачка	 М  W  Я  В	Материјал припрема: Димензије припрема: 			
Назив дела:	Машина:						
Специјална резултат №	Назив операције (захвата)	Алат (прибор)	Важности резови обраде		Датум за обраду	Број промена	Гласно време
			Л	Я			
			ИЗДАЈ мкс	ДИП обраде	мкс	/	мкс
Напомена:						Лист:	
						Листова:	
Израдио:		Датум:		Прегледао:			






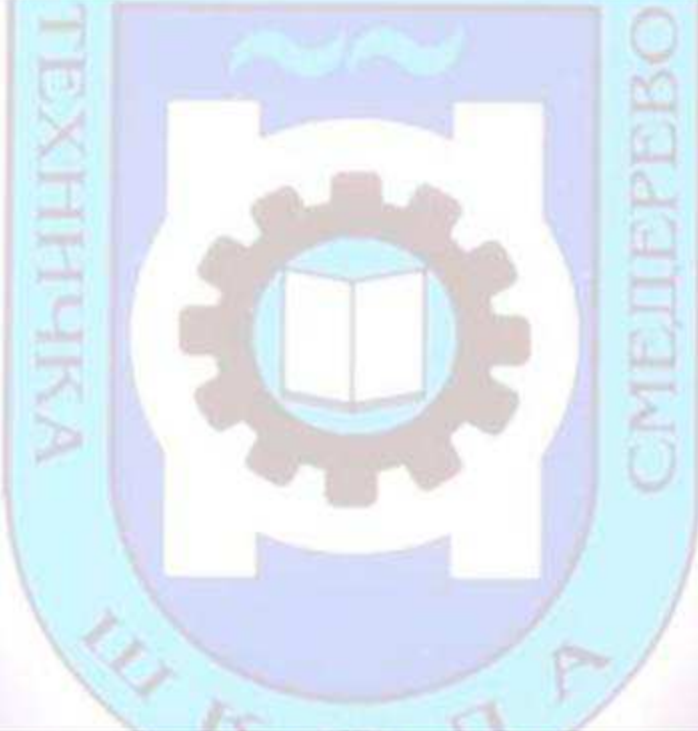
Plan stezanja predmeta obrade

Организација: 	ПЛАН СТЕЗАЊА ПРЕДМЕТА ОБРАДЕ		Карактеристичне тачке: M – машини W – предмета обраде R – референтне тачке B – старачке тачке		Материјал припрема: Димензије припрема:
Назив дела:	Операција:	Машина:			
Сваки прибор:	Ознака:	Напомена:			
Скица плана стезања предмета обраде са уиђганим положајем карактеристичних тачака обраде					
					
Напомена:				Лист:	
				Листова:	
Израдио:	Датум:	Прегледао:			

Plan alata

Организација: 	ПЛАН АЛАТА		Карактеристичне тачке: M – масина W – предња тачка R – референтна тачка B – старте тачка		Материјал припремка
Назив дела:	Операција:	Машина:			
Табела алата (Tool Table)					
Подаци о алату	Назив алата	Слика		Корекциони број:	
	Број алата			D Offset	
	Пречник алата: тако за старте и референт			H Offset	
	Полупречник алата: тако за старте и референт			D Wear	
	Постојаност алата:	H Wear			
Подаци о алату	Назив алата	Слика		Корекциони број:	
	Број алата			D Offset	
	Пречник алата: тако за старте и референт			H Offset	
	Полупречник алата: тако за старте и референт			D Wear	
	Постојаност алата:	H Wear			
Подаци о алату	Назив алата	Слика		Корекциони број:	
	Број алата			D Offset	
	Пречник алата: тако за старте и референт			H Offset	
	Полупречник алата: тако за старте и референт			D Wear	
	Постојаност алата:	H Wear			
Напомена везана за попуњавање табела алата у функцији од изабране методе обраде: У пољу полупречник алата (radijus краја ств. локва) за алата у обради стружњацима узети полупречник заобљених краја локва, а у осту пољу за алата извршавају обраду бочњацима и подизањем узети полупречник алата.					
Напомена:					Лист:
					Листова:
Израдио:	Датум:	Прегледао:			



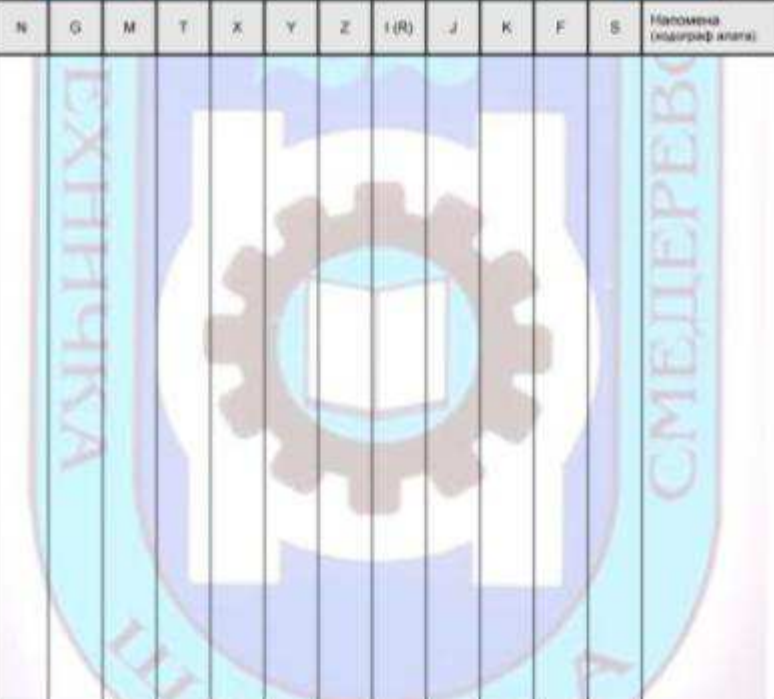
Plan rezanja – hodograf alata

Организација 	ПЛАН РЕЗАЊА (ходограф алата)	Карактеристичне тачке: М – назање W – предмет обраде R – референтна тачка B – старта тачка	 M  W  R  B	Материјал припрема
Назив дела	Операција	Машина	Димензије припрема	
Скица предмета обраде са уртаним ходографом алата				
				
Напомена:			Лист:	<input type="text"/>
			Листова:	<input type="text"/>
Израдио:	<input type="text"/>	Датум:	<input type="text"/>	Прегледао:

Plan rezanja – koordinate čvornih tačaka ekvidistantne konture, ili konture u slučaju upotrebe G42 (G41)

Организација 	ПЛАН РЕЗАЊА (таблица координата)		Карактеристичне тачке: M – масина W – централна тачка R – радиусна тачка B – старта тачка		Материјал припрема Димензије припрема
Назив дела:	Операција:	Машина:			
План резања са координатама чворних тачака облике					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Тачка x y z					
Назнамена:					
					Листова:
Извршио:	Датум:	Прихватио:			

Programska lista – programski list

Организација: 	ПРОГРАМСКИ ЛИСТ		Карактеристичне тачке: M – машини W – производна објекта R – референтна тачка B – старта тачка		Материјал припрема: Димензије припрема: 							
Назив дела:	Операција:	Машина:										
Завис програма израде дела												
N	G	M	T	X	Y	Z	I (R)	J	K	F	E	Напомена (одговор алата)
												
Назпомена:											Лист:	
											Листова:	
Израдио:		Датум:		Прегледао:								

Struktura NC koda (programa)



Znaci i važnije adrese

- %-POČETAK I KRAJ PROGRAMA
- ()-OZNAČAVANJE KOMENTARA
- N-REDNI BROJ REČENICE (BLOKA)
- F-BRZINA POMOĆNOG KRETANJA (KORAK)
- S-BROJ OBRTAJA
- H-POZIV KOREKCIJE VISINE ALATA
- D-POZIV KOREKCIJE PREČNIKA ALATA
- T-POZIV ALATA
- G-GLAVNE FUNCIJE (USLOVI PUTA)
- M-POMOĆNE FUNCIJE (TEHNOLOŠKE NAREDBE)

Adrese DIN 66025 / ISO 6983

Adresa	Naziv
A	Uglovna mera rotacije oko X ose
B	Uglovna mera rotacije oko Y ose
C	Uglovna mera rotacije oko Z ose
D	Korekcionni broj alata
F	Brzina pomoćnog kretanja
G	Glavne funkcije - pripremni uslovi puta (General Function)
H	Indeks kompenzacije dužine alata
I	Pomoćni parametar za kružnu interpolaciju u pravcu paralelnom sa X osom
J	Pomoćni parametar za kružnu interpolaciju u pravcu paralelnom sa Y osom
K	Pomoćni parametar za kružnu interpolaciju u pravcu paralelnom sa Z osom
L	Broj ponavljanja u ciklusima / potprogramima
M	Pomoćne funkcije (Miscellaneous function)
N	Broj bloka
O	Broj potprograma
P	Vreme zadržke u ciklusima
	Vreme zadržke u milisekundama zadato preko funkcije G04
	Identifikacija potprograma
Q	Inkrement brzine posmaka u ciklusu obrade G83
	Pozivanje ponavljanja potprograma
R	Radijus - poluprečnik
	Referentna ravan
S	Broj obrtaja glavnog vretena
T	Poziv alata
X	X osa mašine
Y	Y osa mašine
Z	Z osa mašine

G i M funkcije

- **G** funkcije – glavne funkcije koje opredeljuju kinematiku i geometriju obrade
(linearna i kružna kretanja, Offset-i, izbor sistema mera, apsolutni ili relativni unos koordinata...)
- **M** funkcije – pomoćne funkcije koje opredeljuju tehnološku i upravljačko-izvršnu stranu programiranja CNC obrade
(uključivanje obrtanja glavnog vretena, programska pauza, stop, premotavanje programa, uključivanje SHP-a, poziv izmene alata...).

Tablica G funkcija

Kod	Funkcija
G0 ili G00	Linearna interpolacija sa maksimalnom brzinom kretanja
G1 ili G01	Linearna interpolacija sa definisanom brzinom kretanja
G2 ili G02	Kružna interpolacija u smeru kretanja kazaljke na satu gledana iz vrha treće ose
G3 ili G03	Kružna interpolacija u smeru suprotnom od smeru kretanja kazaljke na satu gledana iz vrha treće ose
G4 ili G04	Programiranje vremenskog zadržavanja
G15	Polarno zadavanje koordinata sa naredbama G00 i G01
G16	Gašenje polarnog zadavanja koordinata
G17	Izbor XY radne ravni
G18	Izbor XZ radne ravni
G19	Izbor YZ radne ravni
G20	Zadavanje dužinskih mera u mm-ima
G21	Zadavanje dužinskih mera u mm-ima
G28	Povratak u postavljenu referentnu tačku – HOME poziciju
G40	Gašenje korekcija alata po poluprečniku
G41	Korekcija poluprečnika alata izvršena sa leve strane konture
G42	Korekcija poluprečnika alata izvršena sa desne strane konture
G43	Korekcija dužine alata (pozitivna)
G44	Korekcija dužine alata (negativna)
G49	Gašenje korekcije dužine alata

G50	Poništavanje unete razmere
G51	Zadavanje razmere dužinskim dimenzijama po upravljanim osama
G53	Poništavanje pomeranja koordinatnih sistema
G54-G59	Pomeranje koordinatnog sistema obratka u odnosu na referentnu tačku
G61	Realizacija programa (NC koda) blok po blok
G64	Kontinualna realizacija programa (NC koda)
G80	Gašenje ciklusa obrade
G81	Ciklus bušenja
G82	Ciklus bušenja sa zadržkom alata
G83	Ciklus dubokog bušenja
G85	Ciklus razvrtanja bez zastoja sa povratnom brzinom radnog hoda
G86	Ciklus razvrtanja sa zastojem i maksimalnom brzinom povratka
G88	Ciklus razvrtanja sa zastojem i naknadno programiranim povratkom
G89	Ciklus razvrtanja sa zastojem i povratnom brzinom radnog hoda
G90	Uključivanje unosa apsolutnih koordinata
G91	Uključivanje unosa relativnih koordinata
G92	Programsko pomeranje startne (teorijske) tačke alata
G92.1	Poništavanje dejstva funkcije G92
G94	Posmak (brzina pomoćnog kretanja) u mm/min
G95	Posmak (korak) u mm/obrtaju
G98	Povratak u polaznu ravan posle ciklusa
G99	Povratak u referentnu ravan posle ciklusa

Tabela M funkcija

M funkcija	Značenje
M00 ili M0	Programsko zaustavljanje
M01 ili M1	Programska pauza
M02 ili M2	Kraj programa
M03 ili M3	Uključivanje vretena u smeru kretanja kazaljke na satu gledano iz vrha Z ose
M04 ili M4	Uključivanje vretena u smeru suprotnom od smera kretanja kazaljke na satu gledano iz vrha Z ose
M05 ili M5	Programsko isključivanje obrtanja glavnog vretena
M06 ili M6	Poziv alata (izmena alata)
M07 ili M7	Uključivanje sredstva za hlađenje u vidu magle
M08 ili M8	Uključivanje sredstva za hlađenje u vidu mlaza
M09 ili M9	Zaustavljanje dovoda sredstva za hlađenje i podmazivanje
M30	Kraj programa i premotavanje
M47	Ponavljanje programa od prvog bloka
M48	Dozvoljavanje prekoračenja broja obrtaja i brzine pomoćnog kretanja
M49	Nedozvoljavanje prekoračenja broja obrtaja i brzine pomoćnog kretanja
M98	Poziv potprograma
M99	Povratak iz potprograma

Modalne M funkcije		
Grupa	Funkcije	Značenje
a	M00, M01, M02, M30,	Funkcije zaustavljanja i pauze
b	M06	Funkcije poziva (izmene) alata
c	M03, M04, M05	Funkcije uključ. i isključ. glavnog vretena
d	M07, M08, M09	Funkcije uključ. i isključ. rashladnog sredstva
e	M48, M49	Funkcije dozvoljavanja i nedozvoljavanja prekoračenja brzine i broja obrtaja

Blok aktivne M funkcije

f	M98, M99
---	----------

Hijerarhija G i M funkcija

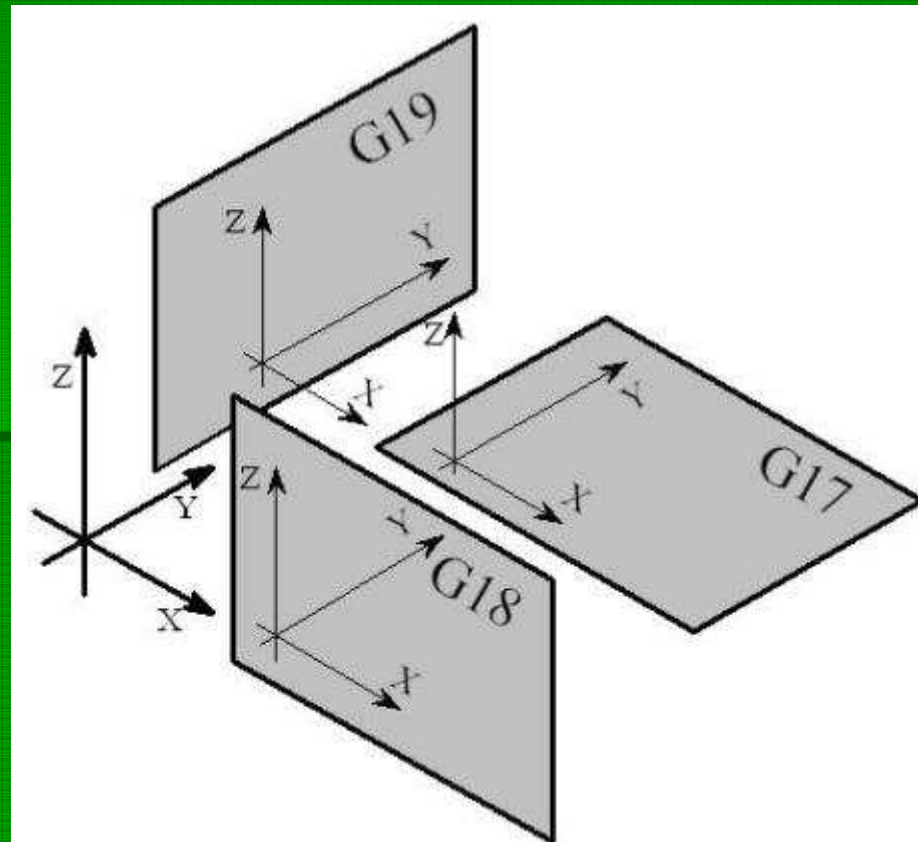
- %
- Komentar () - npr. (Program uradio ... Vrednosti Offset-a UJ su x-5,Z5,z10 ...)
- Brojevi blokova (redova programa – NC koda) – N1, N2, N3...
- Inčni (colovni) ili metrički sistem – G20 (inch – “), G21 (mm)
- Apsolutni ili relativni unos koordinata – G90 (apsolutni), G91 (relativni)
- Isključivanje korekcija po poluprečniku i gašenje svih cikllusa - G40, G80
- Izbor radne ravni (za glodanje startna ravan G17 – XY ravan, za struganje G18 – XZ ravan)
- Selekcija alata i definisanje korekcije – M06 T01 (za struganje T0101 – 01 broj alata i 01 adresa korekcije)
- Uključivanje obrtanja vretena (M3, M4, S) i SHP-a (M7, M8)
- Offset-i (G54... Ili G92) – premeštanje koordinatnog sistema iz tačke B ili R u W
- Radni deo programa G00, G01, G02, G03, F...
(Napomena: ukoliko su čvorne tačke hodografa na obratku – prethodno predvideti unos radijusa vrha alata u tablicu alata, funkcije G41 ili G42)
- G28 – Funkcija vraćanja alata (startne tačke alata) u HOME poziciju
- Izmena alata i definisanje korekcije - M06 T02 (za struganje T0202 – 02 broj alata i 02 adresa korekcije ili T02 03 – 02 broj alata i 03 broj korekcije)
(Napomena: Ukoliko nismo odabrali opciju **Stop Spindle Wait For Cycle Start** moramo uneti blok sa programskom pauzom M1 da bi smo mogli da izmenimo alat)
- Gašenje korekcija po visini G49 i po poluprečniku (radijusu) G40
- Gašenje obrtanja vretena i SHP-a (M5 i M9)
- G28 - Vraćanje u HOME poziciju nakon završene obrade (R tačku)
(Napomena: ukoliko je u prvim redovima Offset W tačke zadat sa G92 programira se vraćanje brzim hodom u R tačku direktnim unosom dva bloka G00 Xr i G00 Zr – prvo po X, a zatim po Z osi. Isti postupak se može uraditi poništavanjem trenutnog offseta G92.1 i unosom funkcije G28)
- Premotavanje ili kraj programa – M30, M2 (M3)
- %

G90 (G91) - Izbor načina unosa koordinata čvornih tačaka hodografa alata

- G90 – unos apsolutnih vrednosti koordinata čvornih tačaka u obradnom prostoru
- G91 – unos relativnih (inkrementalnih) koordinata čvornih tačaka u obradnom prostoru

G17, G18, G19 - Izbor radne ravni

- G17 – izbor XY radne ravni
- G18 – izbor XZ radne ravni (radna ravan za struganje)
- G19 – izbor YZ radne ravni

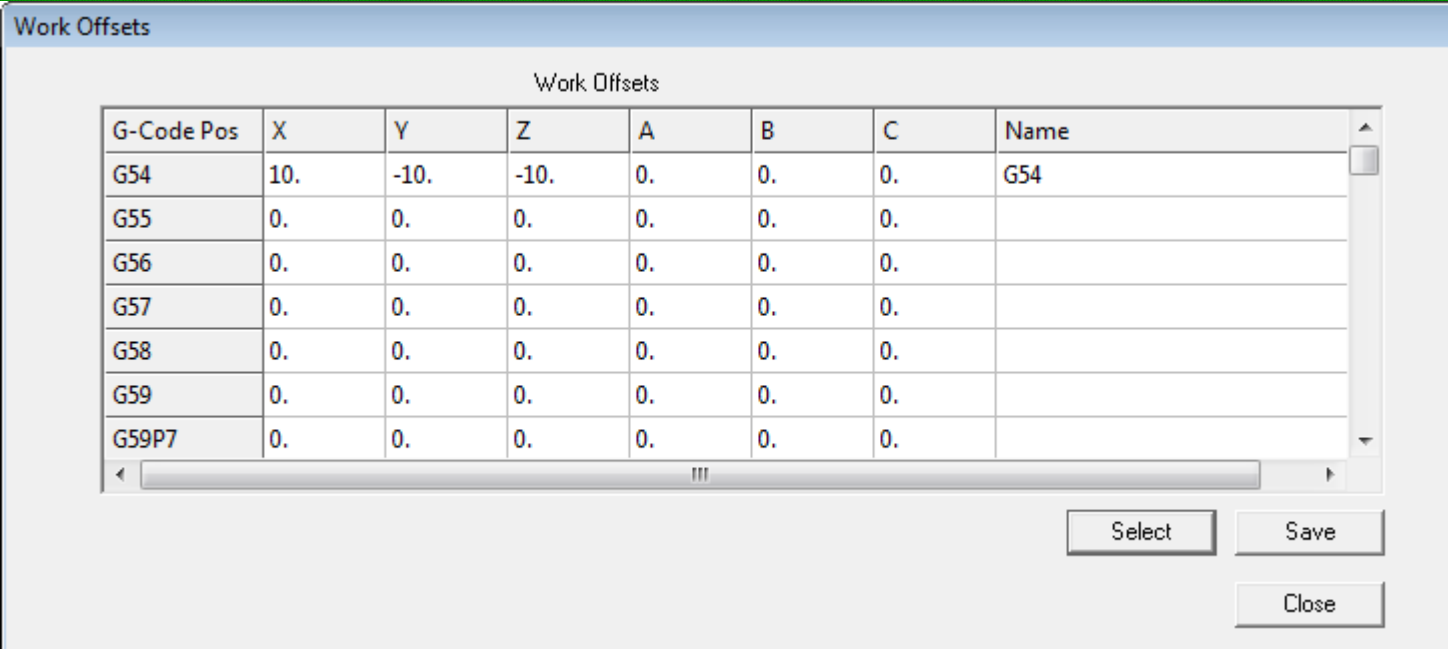


G20, G21 (G70, G71) - Izbor sistema mera (metrički ili inčni-colovni)

- G20 – izbor inčnog (colovnog) sistema mera (1" = 25,4mm)
- G21 – izbor metričkog (milimetarskog) sistema mera
- Kod nekih upravljačkih jedinica (ne važi za UJ i upravljački program "Mach3") izbor sistema mera se vrši funkcijama:
 - G70 – izbor inčnog (colovnog) sistema mera (1" = 25,4mm)
 - G71 – izbor metričkog (milimetarskog) sistema mera

G54, G55... G59 (G53) – Offset-i zadati u NC kodu i Fixtures tablici UJ

- U blok programa se upisuje G54 (odnosno G55, G56... do G59), a u tablicu Fixtures vrednost Offset-a (pomeranje – rastojanje tačke W u odnosu na startnu tačku prvog alata B (odnosno referentnu tačku R).
- Gašenje ove grupe Offset-a se vrši sa upotrebom funkcije G53.



Work Offsets

G-Code Pos	X	Y	Z	A	B	C	Name
G54	10.	-10.	-10.	0.	0.	0.	G54
G55	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G56	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G57	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G58	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G59	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G59P7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	

Select Save Close

G92 (G92.1, G92.2, G92.3) – Offseti zadati u NC kodu (G50)

- U blok programa se upisuje G92 Xr Yr Zr (pomeranje – rastojanje startne tačke prvog alata B u odnosu na nulu predmeta obrade, tačku W).
- Ova funkcija se u blokovima poništava sa funkcijama G92.1 (UJ poništava Offset-e u potpunosti bez mogućnosti ponovnog poziva u istom programu) ili sa G92.2 (UJ trenutno poništava Offset-e zadate sa G92 i može ih ponovo vratiti sa upotrebom funkcije G92.3 bez novog navođenja Xr Yr Zr).

%

G40 (isključivanje korekcije po poluprečniku - radijusu zaobljenja strugarskog noža)

G90 (Apsolutni unos koordinata)

G21 (izbor metričkog sistema mera - koordinate su u mm)

G80 (gašenje svih ciklusa obrade)

G18 (uključivanje X-Z radne ravni)

G92 x30 z4 (zadavanje položaja startne tačke prvog alata u odnosu na tačku "W")

M06 T01 (poziv alata 1 sa korekcijom u redu 2 tablice alata UJ – Tool Table)

...

G92.2 (trenutno isključivanje Offset-a sa zadržavanjem rastojanja tačaka "B" i "W" u memoriji UJ)

G92.3 (ponovni poziv Offset-a tačke "B" u odnosu na tačku "W" x30 z4 bez potrebe unosa istih koordinata)

...

G92.1 (brisanje Offset-a bez mogućnosti njihovog ponovnog poziva u istom programu sa funkcijom G92.3)

...

G28 (povratak u HOME poziciju - referentnu tačku)

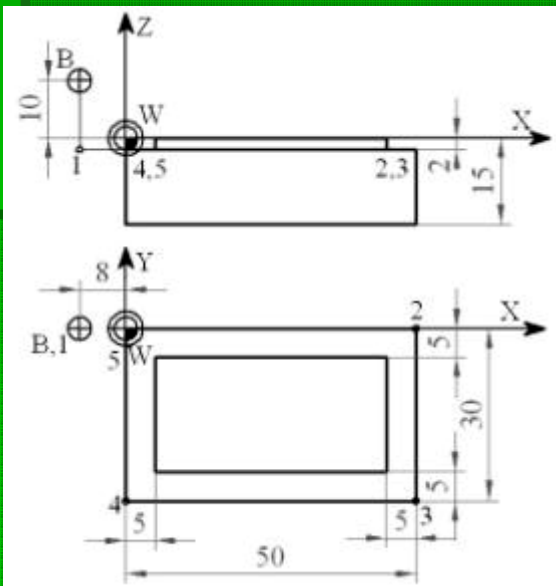
M30 (premotavanje programa)

%

G00 – Linearna interpolacija brzim hodom

- G0 Xkr Ykr Zkr -(Xkr Ykr Zkr – koordinate ciljne tačke u odnosu na prethodnu tačku) ili
G0 Xaps Yaps Zaps –(Xaps Yaps Zaps- koordinate ciljne tače u odnosu na tačku W)

Bez navođenja reči F i numeričkog podatka o brzini pomoćnog kretanja, jer UJ podrazumeva da se kretanje izvodi po liniji sa maksimalnom brzinom.



N40 G90 (unošenje apsolutnih vrednosti koordinata)
N50 G92 X-8 Y0 Z10 (postavljanje pozicije startne tačke alata)
N60 G00 X-8 Y0 Z-2 (pozicioniranje u brzom hodu iz tačke B u tačku 1),
gde su: X, Y i Z koordinate tačke 1 u koordinatnom sistemu obratka

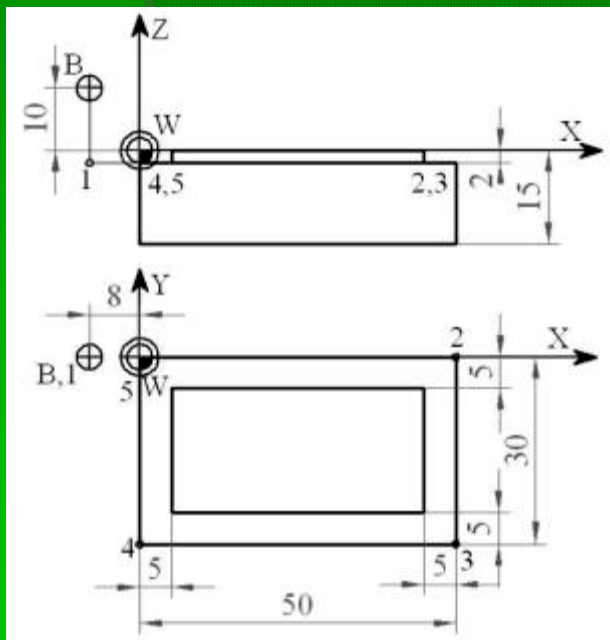
N70 G91 (unošenje vrednosti relativnih koordinata)
N80 G92 X-8 Y0 Z10 (postavljanje pozicije startne tačke alata)
N90 G00 X-8 Y0 Z-12 (pozicioniranje u brzom hodu iz tačke B u tačku 1)
gde su: X, Y i Z koordinate tačke 1 u odnosu na tačku B.

G01 – Linearna interpolacija radnim hodom

- G01 Xkr Ykr Zkr F -(Xkr Ykr Zkr – koordinate ciljne tače u odnosu na prethodnu tačku) ili
G01 Xaps Yaps Zaps F -(Xaps Yaps Zaps- koordinate ciljne tače u odnosu na tačku W)
- Ako se u uvodnom delu programa iskoristi naredba **G94**, brzina pomoćnog kretanja definisana je u mm/min.
- Ako se u uvodnom delu programa iskoristi naredba **G95**, brzina pomoćnog kretanja definisana je u mm/obrtaju.

G01 – Linearna interpolacija radnim hodom

Apsolutne koordinate hodografa teorijske tačke alata za obradu dela sa slike (glodalo $\Phi 10$)



N	G	X	Y	Z	F	Napomena
04	00	-8	0	-2		iz tačke B u tačku 1 brzim hodom
05	01	50	0	-2	100	iz tačke 1 u tačku 2 radnim hodom
06	01	50	-30	-2	100	iz tačke 2 u tačku 3 radnim hodom
07	01	0	-30	-2	100	iz tačke 3 u tačku 4 radnim hodom
08	01	0	0	-2	100	iz tačke 4 u tačku 5 radnim hodom
09	00	-8	0	-2		iz tačke 5 u tačku 1 brzim hodom

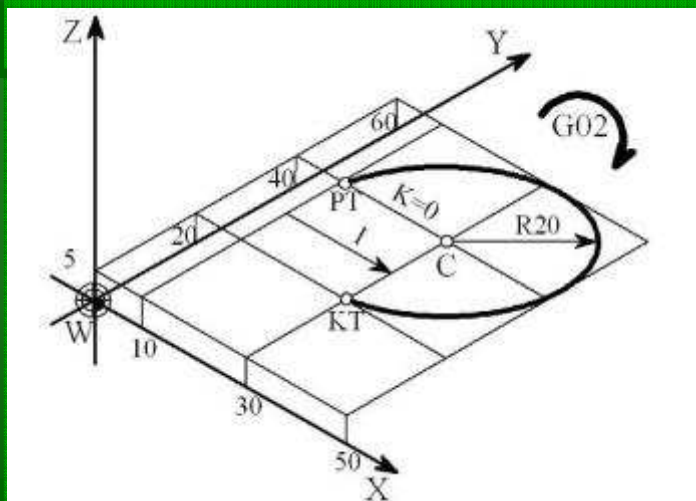
Relativne koordinate hodografa teorijske tačke alata za obradu dela sa slike (glodalo $\Phi 10$)

N	G	X	Y	Z	F	Napomena
04	00	0	0	-12		iz tačke B u tačku 1 brzim hodom
05	01	58	0	0	100	iz tačke 1 u tačku 2 radnim hodom
06	01	0	-30	0	100	iz tačke 2 u tačku 3 radnim hodom
07	01	-50	0	0	100	iz tačke 3 u tačku 4 radnim hodom
08	01	0	30	0	100	iz tačke 4 u tačku 5 radnim hodom
09	00	-8	0	0		iz tačke 5 u tačku 1 brzim hodom

**G02 – Kružna interpolacija u smeru kretanja kazaljke na satu
- gledana iz vrha 3. ose (za glodanje iz vrha Z ose) I, J**

**G03 – Kružna interpolacija u suprotnom smeru od kretanja
kazaljke na satu - gledana iz vrha 3. ose**

- G2 Xkr Ykr I (numerički podatak) J (numerički podatak) F
- Određivanje I i J (I - relativno udaljenje centra u odnosu na početnu tačku kružnog kretanja po X osi, a J - relativno udaljenje centra u odnosu na početnu tačku kružnog kretanja po Y osi)
- I (numerički podatak) = $X_{\text{centra}} - X_{\text{početne}}$
- J (numerički podatak) = $Y_{\text{centra}} - Y_{\text{početne}}$

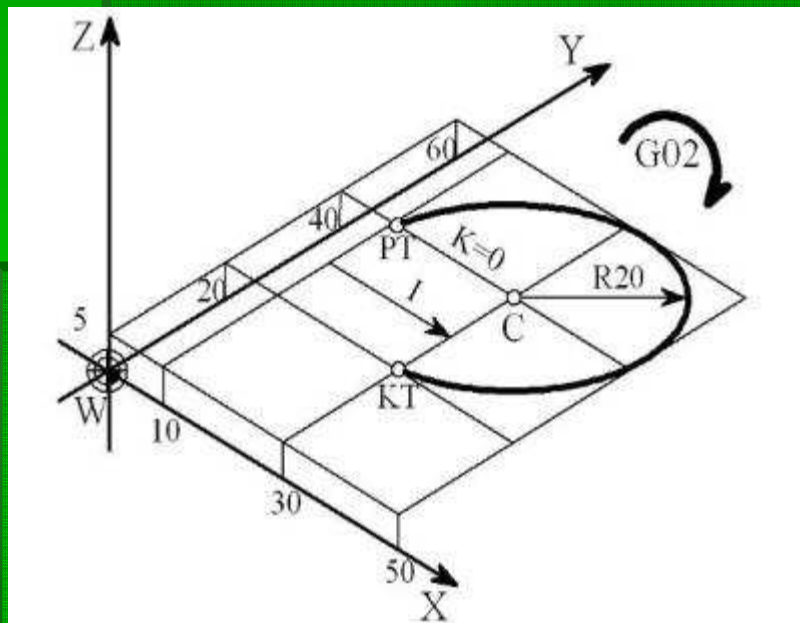


*N... G01 X10 Y40 Z5 F100
N... G02 X30 Y20 Z5 I20 K0 F100*

G02 – Kružna interpolacija u smeru kretanja kazaljke na satu gledana iz vrha 3. ose (za glodanje iz vrha Z ose) I, J

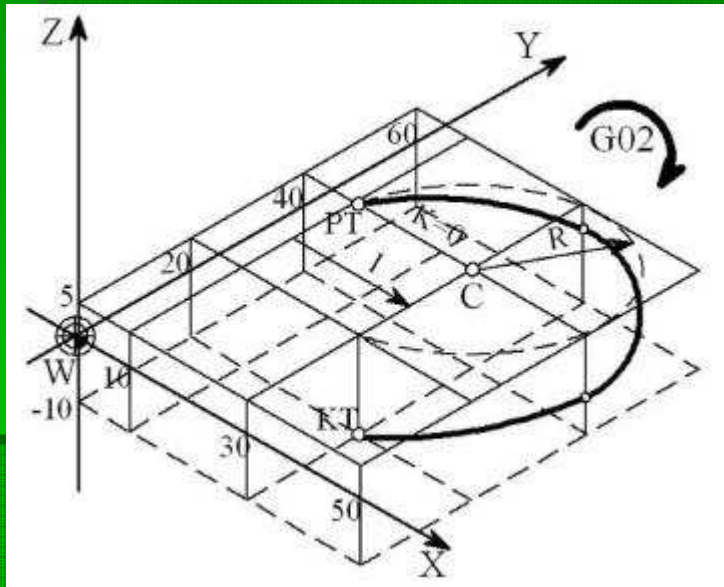
G03 – Kružna interpolacija u suprotnom smeru od kretanja kazaljke na satu - gledana iz vrha 3. ose

- G2 Xkr Ykr R (“+” ako je kretanje po kružnom luku manjem od 180°) F
- G2 Xkr Ykr R (“-” ako je kretanje po kružnom luku većem od 180°) F



N... G01 X10 Y40 Z5 F100
N... G02 X30 Y20 Z5 R-20 F100

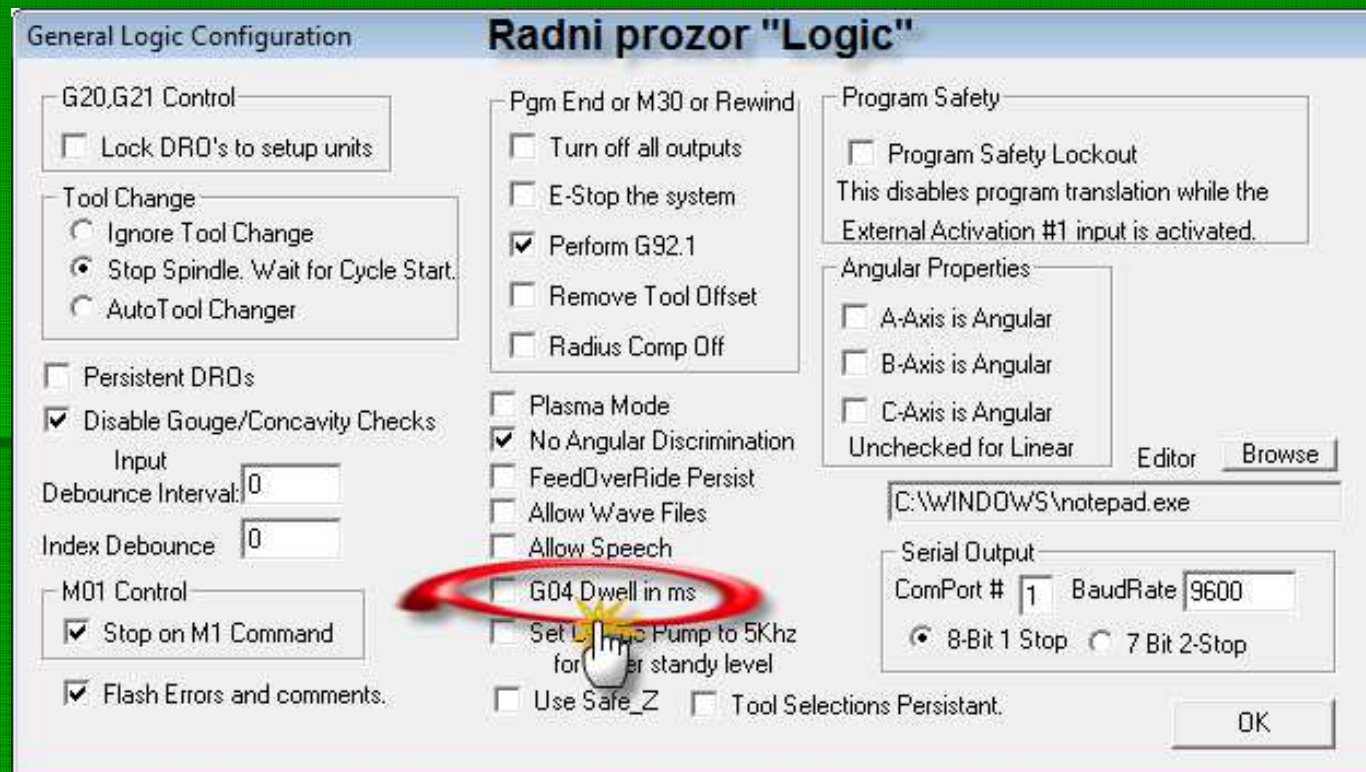
G02 (G03) Zavojna interpolacija zadata preko parametara kružninterpolacije – I, J i K



N... G01 X10 Y40 Z5 F100
N... G02 X30 Y20 Z-10 I20 K0 F100

G04 - Programiranje zastoja u sekundama ili milisekundama

- G04 P (vrednost zastoja u sekundama ili milisekundama)



Definisanje čvornih tačaka konture kretanja alata

- Definisanje čvornih tačaka konture kretanja alata u planu rezanja i NC kodu se može vršiti na 2 načina:

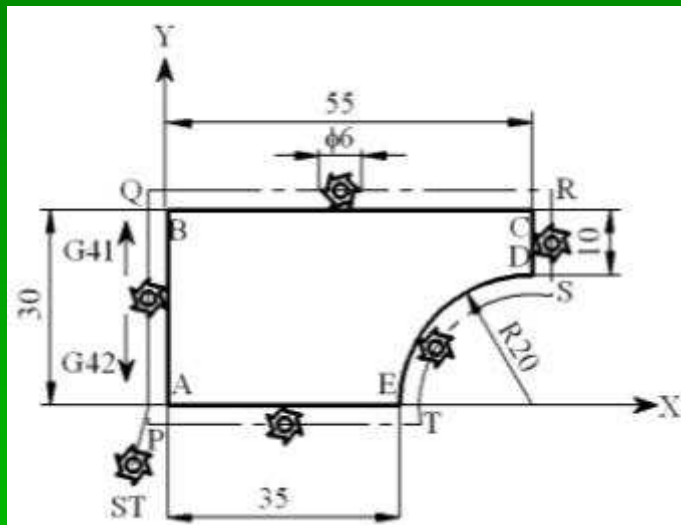
1. Određivanjem čvornih tačaka ekvidistante konture koja predstavlja geometrijski pomerenu (Offset-ovanu) konturu predmeta obrade za vrednost poluprečnika glodala. Direktnim računanjem korekcija hodografa kretanja alata i predviđanjem isključivanja Offseta poluprečnika glodala u NC kodu koji se zadaje sa funkcijom G41 ili G42
2. Unosom čvornih tačaka konture obratka u hodograf alata u NC kodu uz definisanje poluprečnika glodala u tablici alata (D adresa) i određivanje pravca kretanja alata u odnosu na konturu obratka.

Programiranjem funkcija G41 alat se odmiče u levo za veličinu poluprečnika od programirane putanje gledano u pravcu kretanja

Programiranjem funkcija G42 alat se odmiče u desno za veličinu poluprečnika od programirane putanje gledano u pravcu kretanja

Ovde treba voditi računa da alat tangencijalno ulazi u zahvat sa obrađivanom površinom, tj. o koordinatama startne tačke alata pre programiranja funkcija G41 i G42

Programiranje putanje kretanja alata po ekvidistanti konture radnog predmeta primenom funkcija za linearnu i kružnu interpolaciju



Koordinate čvornih tačaka ekvidistante (offset-a) konture

Tačka	P	Q	R	S	T
X	-3	-3	58	58	38
Y	-3	33	33	17	-3

N20 G00 X-6 Y-10

(pozicioniranje centra alata brzim hodom u tačku ST)

N21 G01 X-3 Y-3 F100

(pozicioniranje radnim hodom iz tačke ST u P)

N22 G01 X-3 Y33 F100

(kretanje od P ka Q – obrada konture AB)

N23 G01 X58 Y33 F100

(kretanje od Q ka R – obrada konture BC)

N24 G01 X58 Y17 F100

(kretanje iz tačke R u tačku S – obrada konture CD)

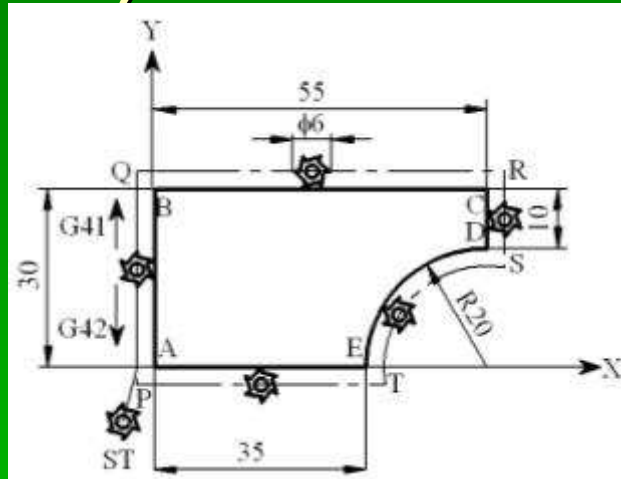
N25 G03 X38 Y-3 I-3 K-17 F80

(kretanje iz tačke S u tačku T – obrada konture DE)

N26 G01 X-3 Y-3 F100

(kretanje iz tačke T u tačku P – obrada konture EA).

Primer programiranja putanje alata unosom i pozivom korekcije prečnika alata (programiranjem funkcija G41 ili G42)



Koordinate čvornih tačaka konture

Tačka	A	B	C	D	E
X	0	0	55	55	35
Y	0	30	30	20	0

- N17 M06 T01** (pozivanje alata)
N18 G00 X-6 Y-10 (pozicioniranje brzim hodom u tačku ST)
N19 G41 D1 (pozivanje korekcije poluprečnika alata levo od pravca kretanja)
N20 G01 X0 Y0 F100 (kretanje iz tačke ST u kontakt sa konturom u tački A)
N21 G01 X0 Y30 F100 (kretanje iz tačke A u tačku B)
N22 G01 X55 Y30 F100 (kretanje iz tačke B u tačku C)
N23 G01 X55 Y20 F100 (kretanje iz tačke C u tačku D)
N24 G03 X35 Y0 I0 K-20 F80 (kretanje iz tačke D u tačku E)
N25 G01 X0 Y0 F100 (kretanje iz tačke E u tačku A)
N26 G01 X-6 Y-10 F100 (kretanje iz tačke A u tačku ST)
N27 G40 (gašenje korekcije poluprečnika alata).

Korekcija dužine alata – G43, G44 i G49

Format naredbe: $N...G43 H... ili N...G44 H...$

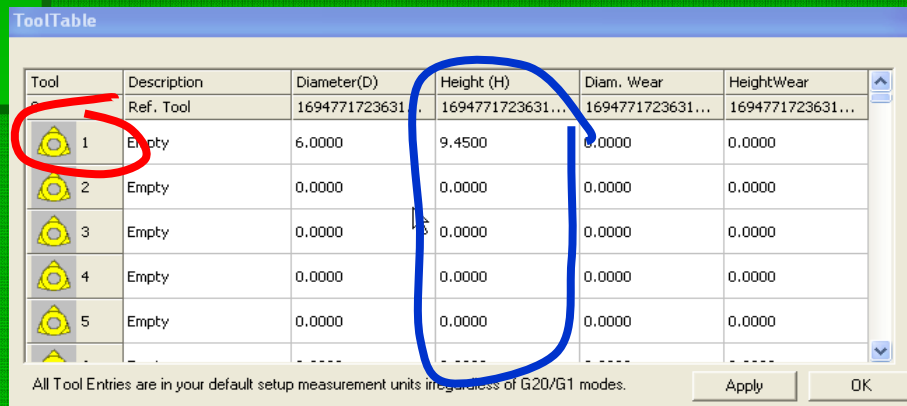
- Pod adresom H se unosi broj datoteke korekcije alata

Programiranjem funkcija G43 i G44 eliminiše se razlika između tražene i stvarne dužine alata

Pozitivna korekcija se poziva programiranjem funkcije G43, adresom H i brojem datoteke korekcije alata iz tablice alata

Negativna korekcija se poziva programiranjem funkcije G44, adresom H i brojem datoteke korekcije alata iz tablice alata

- Programiranjem funkcije G49 gasi se pozvana korekcija alata

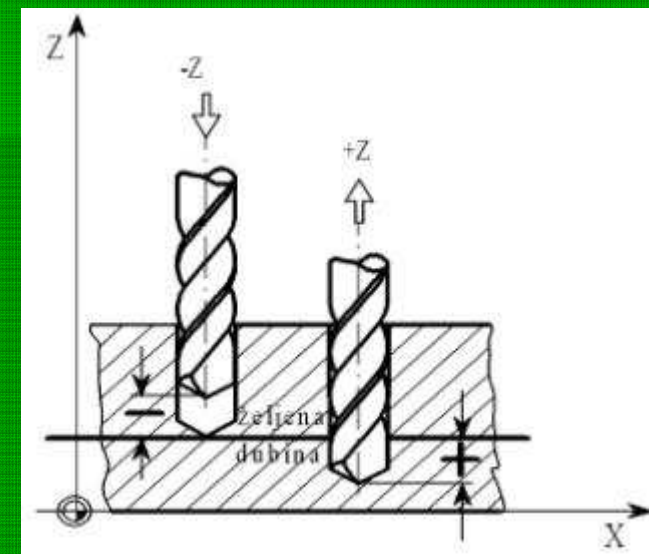


Tool	Description	Diameter(D)	Height (H)	Diam. Wear	HeightWear
1	Empty	6.0000	9.4500	0.0000	0.0000
2	Empty	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	Empty	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	Empty	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	Empty	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

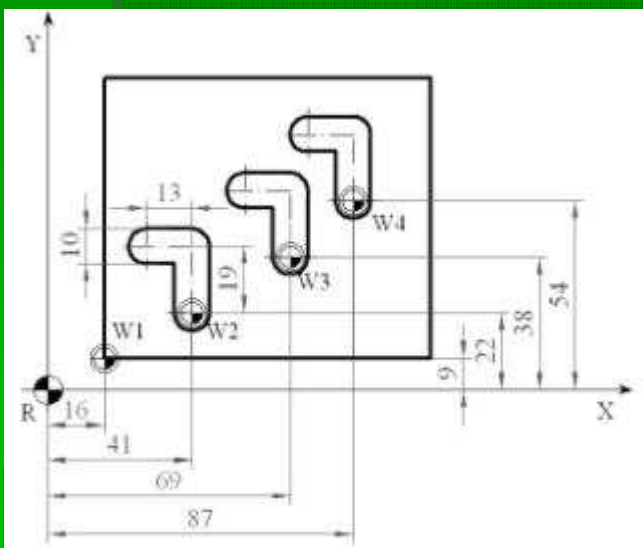
All Tool Entries are in your default setup measurement units irregardless of G20/G1 modes.

Apply OK

Izgled tabele alata sa popunjenom datotekom br. 1



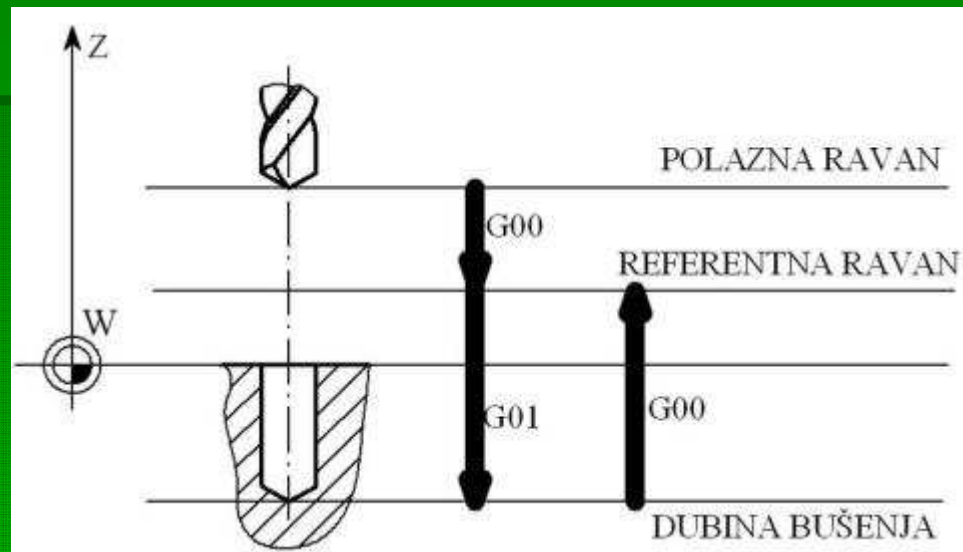
Postavljanje više nulnih tačaka na predmetu obrade



Deo programa sa naredbama za premeštanje koordinatnog sistema i naredbama za kretanje alata po zadanim konturama glasi:

- N6 G55 (premeštanje koordinatnog sistema iz tačke R u tačku W2)*
- N7 G00 X0 Y0 (dovođenje alata u početnu tačku obrade)*
- N8 G01 X0 Y19 F100 (kretanje alata po konturi)*
- N9 G01 X-13 Y19 F100 (kretanje alata po konturi)*
- N10 G56 (premeštanje koordinatnog sistema iz tačke R u tačku W3)*
- N11 G00 X0 Y0 (dovođenje alata u početnu tačku obrade)*
- N12 G01 X0 Y19 F100 (kretanje alata po konturi)*
- N13 G01 X-13 Y19 F100 (kretanje alata po konturi)*
- N14 G57 (premeštanje koordinatnog sistema iz tačke R u tačku W4)*
- N15 G00 X0 Y0 (dovođenje alata u početnu tačku obrade)*
- N16 G01 X0 Y19 F100 (kretanje alata po konturi)*
- N17 G01 X-13 Y19 F100 (kretanje alata po konturi)*
- N18 G00 X-87 Y-54 (povratak u tačku R)*
- N19 G54 (definisanje položaja nule predmeta obrade W1 u odnosu na tačku R)*

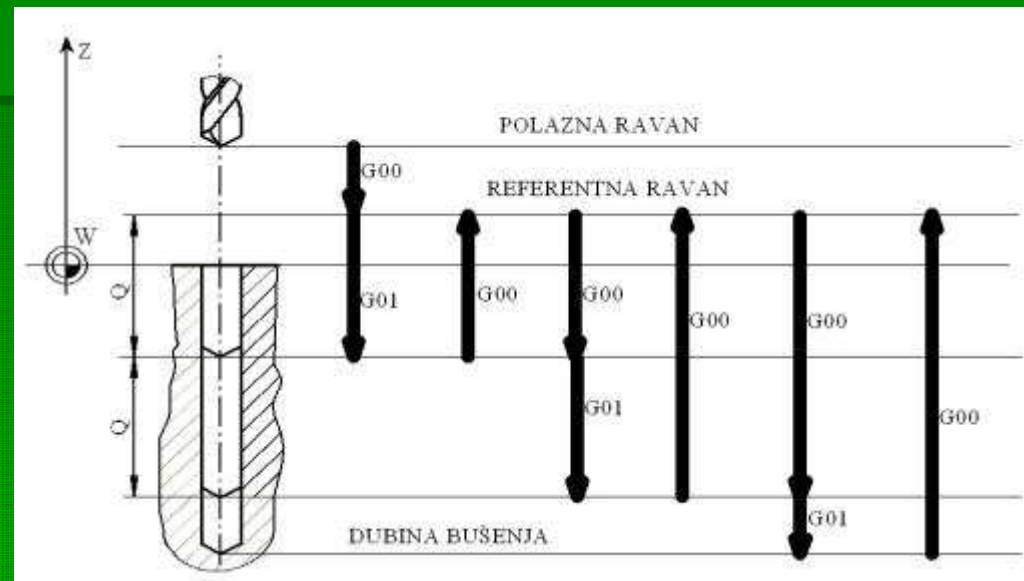
Ciklus bušenja -G81



Format : N...G81 X...Y...Z...R...L...

*X, Y, Z –koordinate krajnje tačke bušenja - dubine bušenja,
R –koordinate referentne ravni, i
L –broj ponavljanja ciklusa.*

Ciklus dubokog bušenja – G83



Format: *N...G83 X...Y...Z...R...L...Q...*

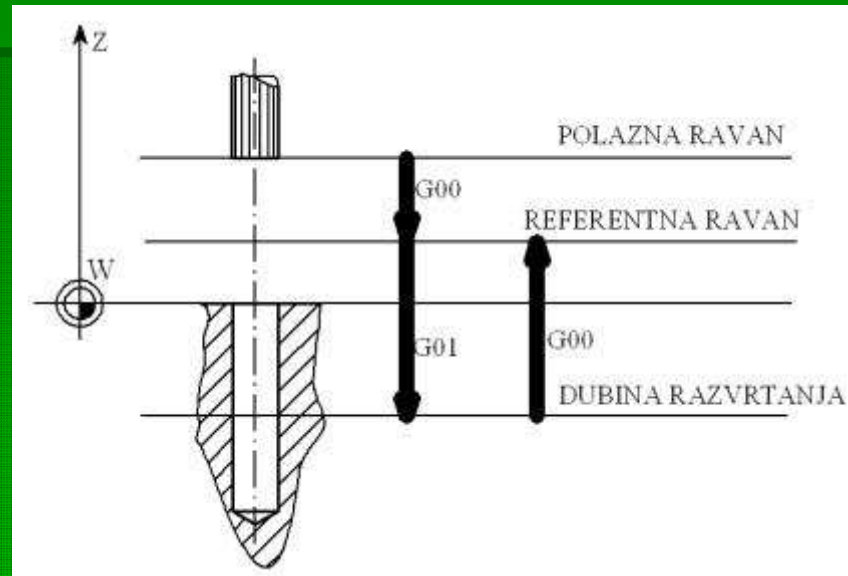
X, Y, Z – koordinate krajnje tačke bušenja - dubine bušenja,

R – koordinate referentne ravni,

L – broj ponavljanja ciklusa, i

Q – dubina bušenja u jednom radnom hodu.

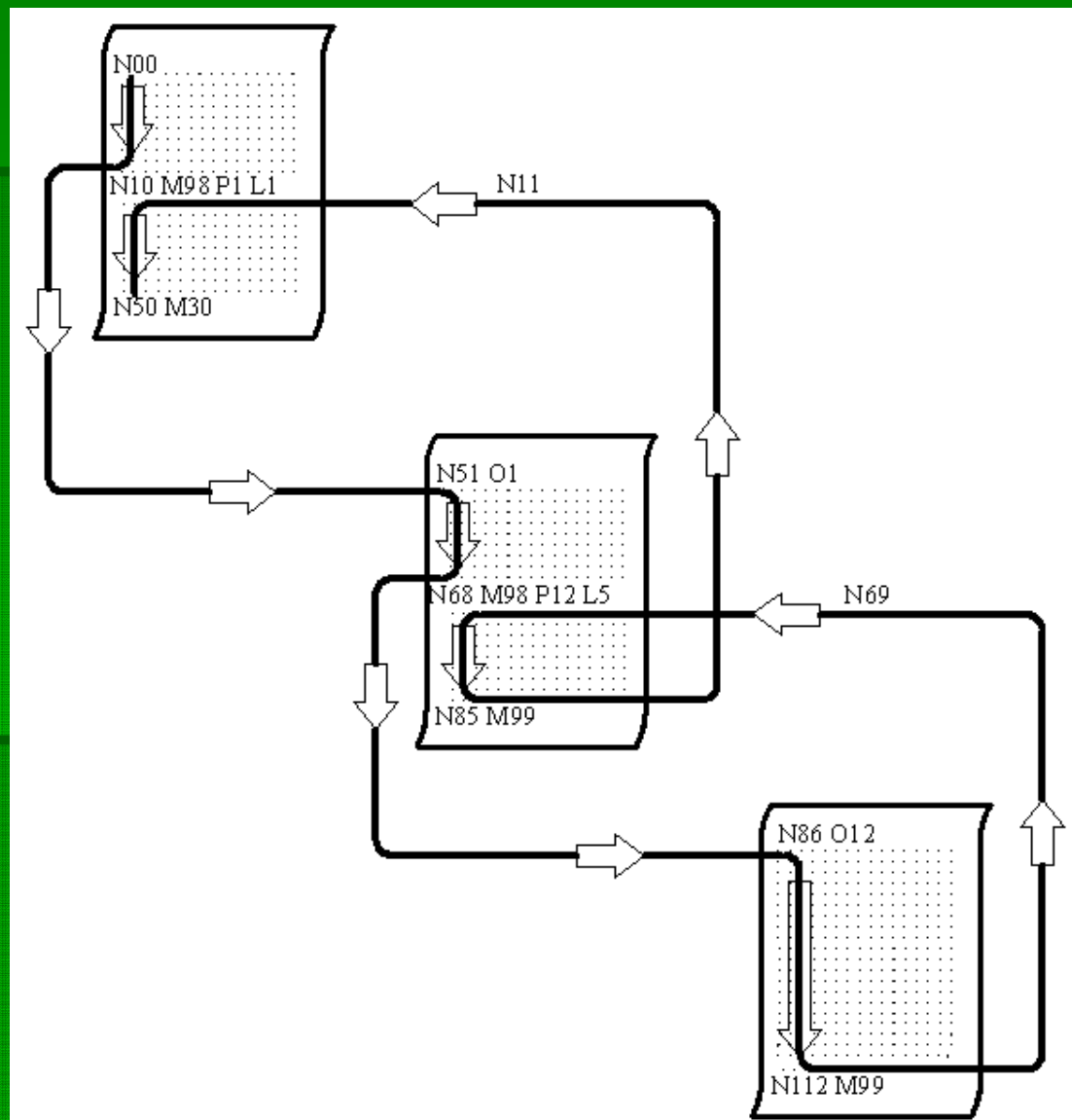
Ciklus razvrtanja sa zastojem – G86



Format: N...G86 X...Y...Z...R...L...P...

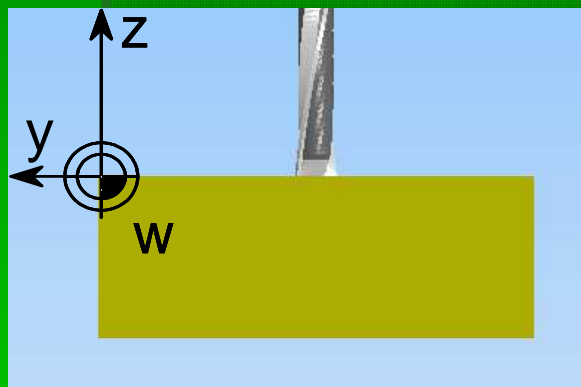
*X, Y, Z – koordinate krajnje dubine razvrtanja,
R – koordinate referentne ravni,
L – broj ponavljanja ciklusa, i
P – vreme zadržke u sekundama[s].*

Pisanje NC-koda primenom potprograma



Priprema mašine i alata za rad

- **PRIPREMA ALATA:** Alate (glodala) potrebne za obradu postaviti u brzoizmenljive navojne čaure i dodeliti im brojeve po redosledu obrade.
- **POSTAVLJANJE PRIPREMA:** Priprema postaviti u stezni pribor tako da u toku obrade ne može doći do kolizije alata i steznog pribora (ostaviti dovoljnu slobodnu visinu predmeta koja viri iz stege – mora biti veća od dodatka za obradu te strane).
- **ODREĐIVANJE KOREKCIJA ALATA:**



- Prvim alatom **T01** tangirati gornju površinu i nulovati vrednost u **DRO** sa komandnim tasterom **Zero Z**.
- Tangiranjem iste površine priprema sa narednim alatima u **DRO** se očitavaju vrednosti korekcije alata po visini (**H**) za pripadajući alat.
- U tabelu alata (**Tool Table**) se unose vrednosti za korekciju alata i prečnici alata.

IZGLED POPUNJENE TABELE ALATA

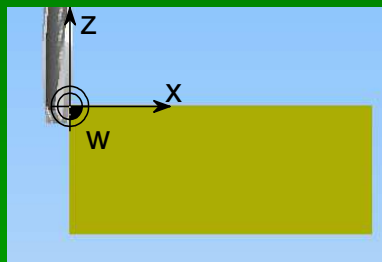
Tool	Description	Diameter(D)	Height (H)	Diam. Wear	HeightWear
0	Ref. Tool	1467622809885...	1467622809885...	1467622809885...	1467622809885...
1	Empty	10.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Empty	8.0000	6.5200	0.0000	0.0000
3	Empty	12.0000	-3.1750	0.0000	0.0000
4	Empty	4.0000	-12.5500	0.0000	0.0000
5	Empty	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

All Tool Entries are in your default setup measurement units regardless of G20/G1 modes.

Apply OK

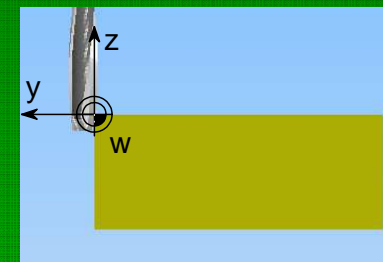
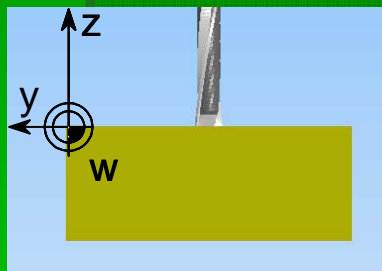
Priprema mašine i alata za rad

•POSTAVLJANJE NULTE TAČKE PREDMETA OBRADE:



- Vršiti se prvim alatom **T01** u **JOG** i **MDI** modu.
- Tangirati prvim alatom **T01** bočnu površinu priprema u pravcu **X** ose i nulovati pritiskom na komandni taster **Zero X**.

- Tangirati prvim alatom **T01** bočnu površinu priprema u pravcu **Y** ose i nulovati pritiskom na komandni taster **Zero Y**.



- Tangirati prvim alatom **T01** gornju čeonu površinu priprema u pravcu **Z** ose i nulovati pritiskom na komandni taster **Zero Z**.

•U **MDI** modu, unošenjem programskog bloka (npr. **G0 Z10**) podići alat na bezbedno rastojanje od obratka, a zatim u proizvoljnu referentnu tačku **R** unosom naredbe **G0 x0 y0** u isto polje (**R x -D/2, y D/2 z 10**).

•Pritisnuti respektivno komandne taster Tab-a **Offsets** „**Ref All Home**“ i **sva tri tastera** „**Zero X - Y - Z**“ te na taj način sva polja sa koordinatama nulovati.

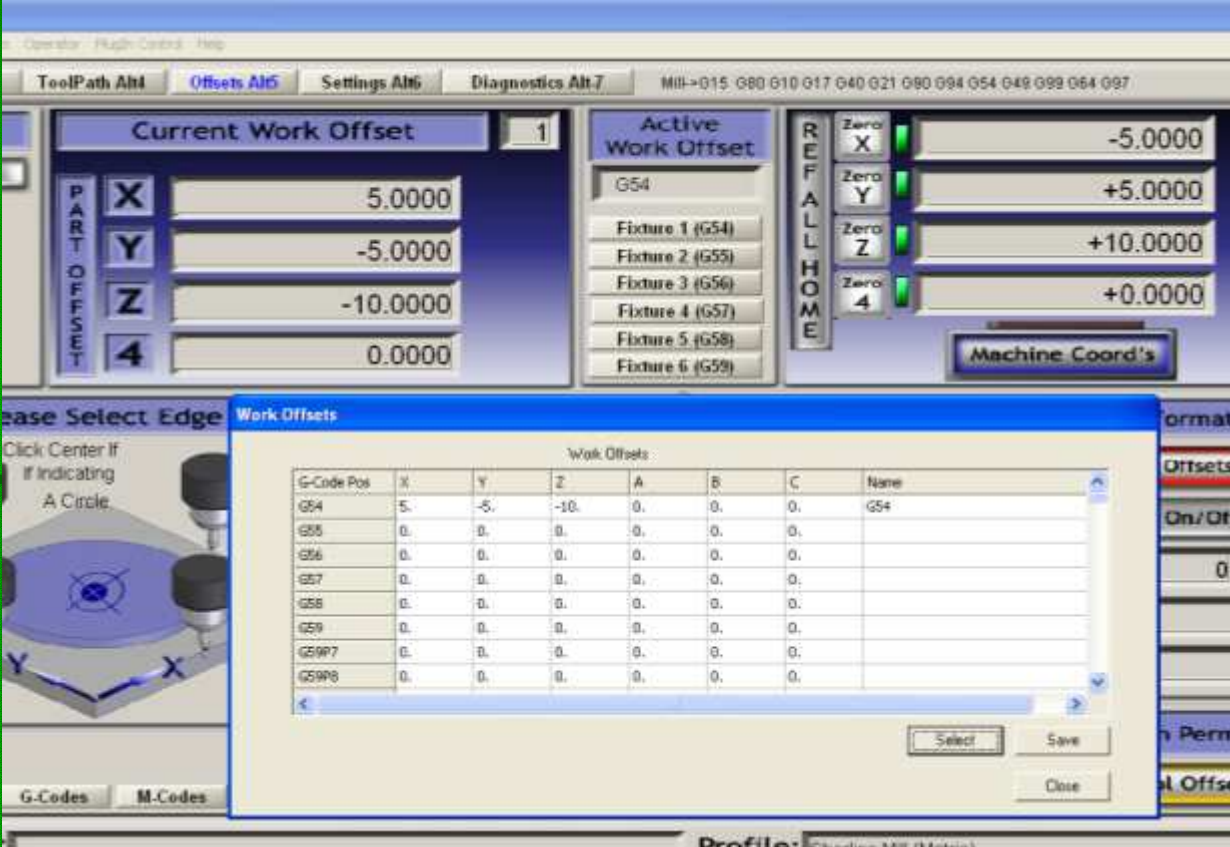
• U polja za prikazivanje položaja alata u radnom prostoru, uneti koordinate tačke **R** (položaj alata u odnosu na tačku **W**. Ako je prečnik alata 10mm uneti za **X=-5, Y=5 | Z=10**)

• Pritiskom na komandni taster **REF ALL HOME** automatski će se generisati vrednosti za **HOME** poziciju i vrednosti **G54 Work Offset**-a u odgovarajućim poljima tablice i ekrana Tab-a **Offset**.

Priprema mašine i alata za rad

•POSTAVLJANJE NULTE TAČKE PREMETA OBRADE:

IZGLED DIJALOG PROZORA OFFSETS I TABELE WORK OFFSETS SA UNESENIM VREDNOSTIMA ZA FUNKCIJU G54



The screenshot displays the CNC control interface with the 'Offsets' menu open. The 'Current Work Offset' is set to 1. The 'Active Work Offset' is G54. The 'Machine Coord's' are set to Zero X: -5.0000, Zero Y: +5.0000, Zero Z: +10.0000, and Zero 4: +0.0000. The 'Work Offsets' dialog box is open, showing a table of work offsets.

G-Code Pos	X	Y	Z	A	B	C	Name
G54	5.	-5.	-10.	0.	0.	0.	G54
G55	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G56	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G57	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G58	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G59	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G59P7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	
G59P8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	