

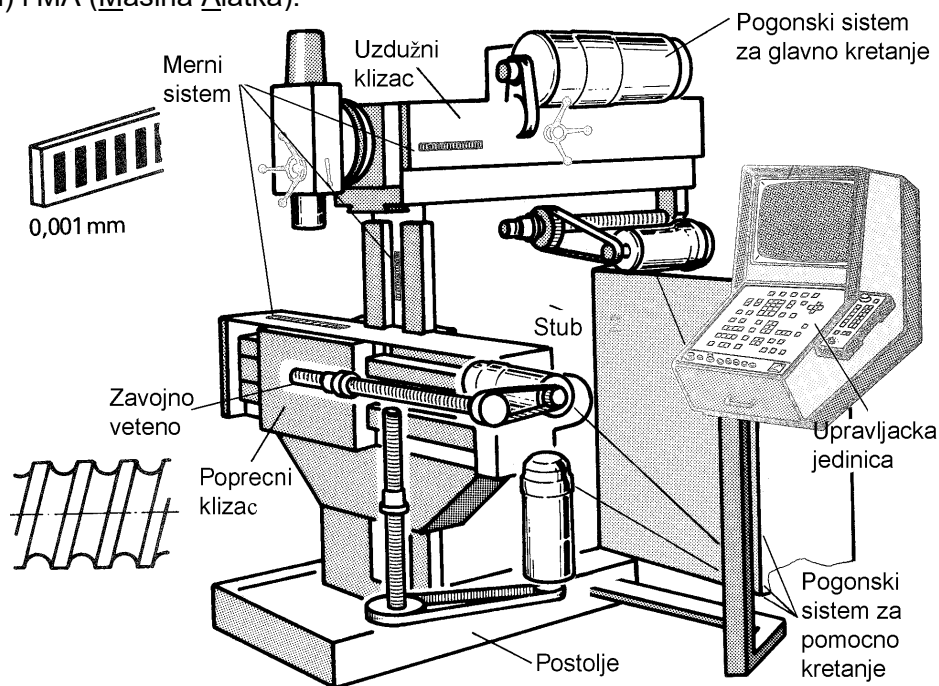
1. Uvod u CAD/CAM sisteme

Savremeni razvoj proizvoda i proizvodnje je jedan od najvažnijih preduslova uspeha i opstanka na tržištu. To podrazumeva, između ostalog, primenu raznih softverskih alata i tehnologija, među kojima su alati i tehnologije za automatizaciju projektovanja, analize, testiranja i izrade proizvoda zauzimaju ključno mesto. Ovi softverski alati i tehnologije danas se opisuju skraćenicom PLM (engl. Product Life cycle Management systems) sistem za upravljanje životnim vekom proizvoda.

Pojava složenih delova uslovlila je uvođenje modernih obradnih sistema: numerički upravljanih mašina alatki (NC-Numerical Control i CNC-Computer Numerical Control) i obradnih centara itd... U nastavku se daju samo osnovni podaci o numerički upravljanim mašinama alatkama, koji su od značaja za njihovu tehnološku pripremu (u praksi vrlo prisutan termin programiranje mašina), kao i njihove tehnološke pripreme.

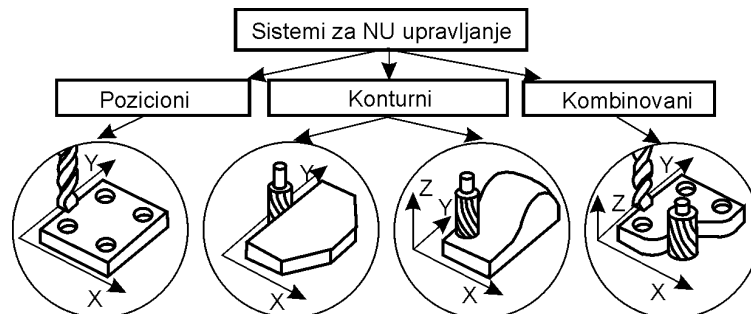
1.1. Numerički upravljane mašine alatke

Kod NUMA (Numerički Upravljana Mašina Alatka) ili NC-sistema sve informacije za obradu dela (radnog predmeta) dobijaju se u vidu brojnih, slovni i drugih simbola. Brojni, slovni i drugi simboli sređeni po određenim pravilima i kodirani u zahtevanom obliku čine program, neophodan za obezbeđenje predviđenih funkcija radnih organa mašine. U opštem slučaju jedna NUMA (slika 1.) sastoji se od sledećih podsistema: UJ (Upravljačka Jedinica), MS (Merni Sistem), PS (Pogonski Sistem) i MA (Mašina Alatka).



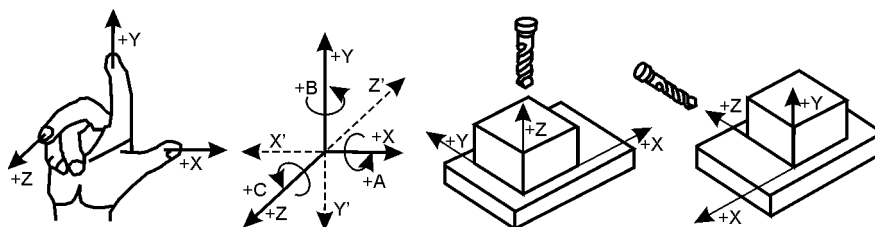
- Slika 1. Prikaz NUMA sa podsistema
- UJ je kompleksan hardver, a danas i softver sistem koji prima informacije-program, obrađuje ih i upravlja radom mašine. UJ preko interpolatora koji može biti unutar ili van nje obezbeđuje zahtevanu interpolaciju putanje alata i/ili obratka. Za opisivanje složenih ravanskih ili prostornih putanja koristi se: linearna, kružna, parabolična, kubna i interpolacija krivim višeg reda. Istorijski posmatrano razlikujemo dve generacije upravljačkih jedinica: prva bazirana na tehnologiji numeričkog upravljanja (NU), a druga na tehnologiji kompjuterskog numeričkog upravljanja (KNU). UJ automatski ostvaruje sledeće funkcije:
- Startovanje i zaustavljanje mašine.
- Ukjučivanje i isključivanje sredstva za hlađenje.
- Izmenu alata prema redosledu elementarnih operacija.
- Pozicioniranje radnog stola.
- Startovanje glavnog vretena prema programiranoj brzini i smeru, kao i njegovo zaustavljanje.

- Pozicioniranje alata i/ili radnog stola po osama prema zadatom pomoćnom kretanju.
- Realizaciju pomoćnog kretanja alata i/ili radnog predmeta po osama prema zadatom kretanju i programiranoj brzini pomoćnog kretanja.
- Kretanje alata po konturi radnog predmeta.
- **MS** čiji je osnovni deo merni element ili pretvarač, ima zadatak da transformiše mehaničko pomeranje određenog izvršnog organa mašine u električni signal koji preko povratne sprege šalje u upravljačku jedinicu **UJ**.
- **PS** obezbeđuje tok informacija i tok energije u jednom NU sistemu i sastoji se od: pojačivača, regulatora i aktuatora. Aktuatori obuhvataju pogon i prenosnike za glavno i pomoćno kretanje.
- Primena numeričkog upravljanja koje je izvorno primenjeno kod mašina alatki za obradu rezanjem, danas je prošireno na mašine za obradu metala deformacijom, nekonvencionalne metode obrade itd. Numerički upravljane mašine alatke za obradu rezanjem koje su ovde predmet razmatranja, izvode se kao bušilice, strugovi, glodalice, obradni centri i specijalne mašine.
- Polazeći od osnovne strukture, NU-sistemi se mogu klasifikovati po različitim osnovama. Ako se pođe od vrste upravljanja obradom (tehnološkog zadatka) NU-sistemi se dele (slika 2.) na:
 - *Sisteme pozicionog NU* kod kojih se vrši upravljanje kretanjem radnih organa NUMA tačka po tačka. Mašine na kojima se primenjuju ovakvi sistemi upravljanja su tipa bušilica i horizontalnih bušilica-glodalica (za zahvate bušenja, proširivanja, razvrtanja i dr.).
 - *Sisteme konturnog NU* kod kojih se upravljanje kretanjem radnih organa mašine obezbeđuje po programiranoj putanji. Brzina kretanja alata je po svom pravcu uvek tangenta na putanju u svakoj tački zadate konture obrade.
 - *Kombinovane sisteme NU* kod kojih je obuhvaćeno upravljanje kombinovanim kretanjem radnih organa mašine po pojedinim osama poziciono, a po drugim osama konturno.



Slika 2. Podela NU-sistema prema vrsti upravljanja obradom

Za svaki tip mašine alatke propisano je standardom ISO/R841 položaj, orijentacija i oznaka osa pravouglog koordinatnog sistema (slika 3.).



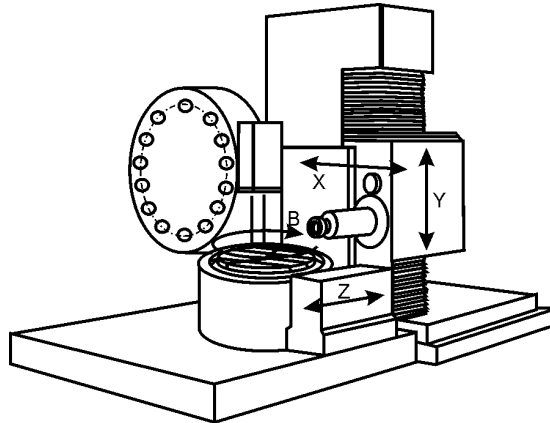
Slika 3. Orijehtacija osa kod mašine alatke

Glavne ose pravouglog koordinatnog sistema X , Y i Z čiji pozitivni smerovi odgovaraju kretanju alata u odnosu na obradak (radni predmet) su definisane prema pravilu desne ruke. Palac desne ruke pokazuje pravac X -ose, kažiprst pravac Y -ose i srednji prst pravac Z -ose koja se poklapa sa osom glavnog vretena (kod bušilice glodalice). Kod obrade struganjem na strugovima Z -osa je u pravcu ose obratka (radnog predmeta). Prilikom definisanja osa *NUMA* pomoću ovog pravila rukovodi se time da se srednji prst postavi u pravcu ose glavnog vretena mašine, a da

pozitivan smer ose bude na onu stranu na koju se povećava rastojanje između alata i obratka (kada su oni postavljeni na mašinu). Sledeći korak je okretanje ruke tako da vrh palca bude u pravcu duže tj. X-ose koja je uvek horizontalna. Na kraju, kažiprst pokazuje pozitivan pravac Y-ose. Ako kretanje izvodi obradak a alat miruje pozitivna pomeranja se mere po osama X', Y' i Z'.

Oznake osa rotacije su povezane sa linearnim osama oko kojih se vrši rotacija i to: *A-rotacija oko X-ose, B-rotacija oko Y-ose i C-rotacija oko Z-ose*. Njihov pozitivan smer posmatrano duž glavnih osa oko kojih se vrši rotacija je u smeru suprotnom kazaljci na satu. Sekundarne ose su paralelne osnovnim linearnim osama i imaju oznake *U, V i W*, odnosno, terčne su označene slovima *P, Q i R*.

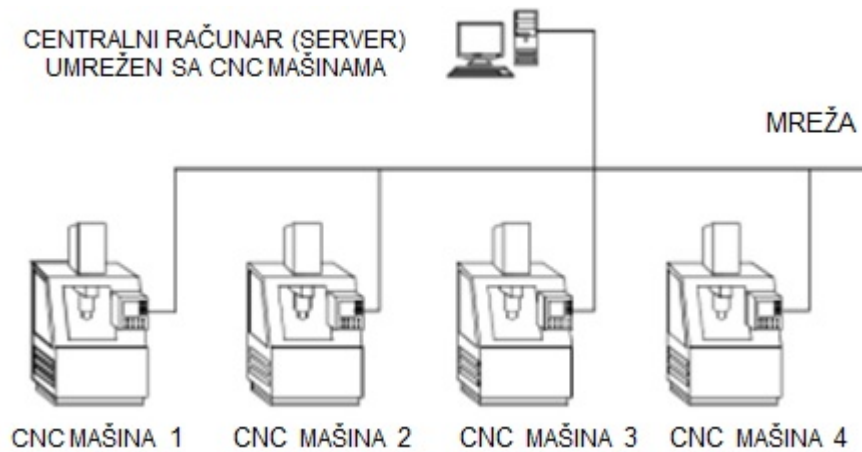
U zavisnosti od broja upravljanih koordinatnih osa, NUMA se dele na: 2, 2½, 3, 3½, 4 i više osne. U ovaj broj ne ulazi upravljanje glavnim kretanjem. Upravljanje po 2½ ose, znači da je po 2 ose konturno a po trećoj poziciono upravljanje. Na slici 4. dat je prikaz koordinatnih osa na NUMA tipa bušilice glodalice.



Slika 4. Prikaz koordinatnih osa na NUMA-tipa bušilica glodalica

Hijerarhijski posmatrano razlikujemo tri vrste numeričkog upravljanja:

- *NU (Numeričko Upravljanje)* je primenjivano na prvoj generaciji *UJ* koje nisu imale mogućnost memorisanja programa. Program se učitavao blok po blok sa bušene trake i zbog toga nije postojala mogućnost unošenja i izmena programa na *UJ*.
- *KNU (Kompjuterizovano Numeričko Upravljanje)* se pojavilo posle uvođenja mini kompjutera (obuhvata procesor, memoriju i ulaz/izlaz) kao osnovne hardverske strukture *UJ*. Ovi mini kompjuteri su omogućili programsko upravljanje i unošenje programa na samim upravljačkim jedinicama, što je otvorilo i mogućnost programiranja u pogonu. Unošenje *NU* programa u upravljačku jedinicu može se realizovati pomoću: diskete, CD-diska, fleš memorije, memorijske kartice itd.
- *DNU (Direktno Numeričko Upravljanje ili Distributivno Numeričko Upravljanje od 1980 godine)* ima za osnovni zadatak memorisanje upravljačkih programa u centralnom računaru (serveru) i njihovu distribuciju zavisno od potreba pojedinih mašina. Slanje *NU*-programa iz centralnog računara (servera) na drugi računar, koji je udaljen od njega predstavlja prvi korak u pravcu smanjenja intervencija čoveka u proizvodnji. *DNU* sistemi, pored neposrednog upravljanja procesima obrade, omogućuju, najčešće, upravljanje i pojedinim indirektnim procesima: izmena alata i paleta, transport i skladištenje materijala, alata, gotovih delova i dr. Primenom elektronskih komunikacionih instalacija **potisnuta je papirna traka** kao nosilac *NU*-programa, i stvorena je mogućnost za čuvanje *NU*-programa u centralnom računaru.



Slika 5. DNU sistem

1.2. Tehnološka priprema za NUMA

NUMA zahtevaju dopunske aktivnosti u projektovanju tehnoloških procesa primenom računara. Ove dopunske aktivnosti obuhvataju, za razliku od aktivnosti projektovanja tehnoloških procesa za konvencionalne mašine, još programiranje obradnih procesa odnosno kreiranje (izradu) NU-programa. Ovde se pre prelaska na razmatranje vrste tehnološke pripreme NUMA (u praksi se često umesto tehnološke pripreme pojavljuje termin programiranje NUMA) daje kratak opis NU-programa.

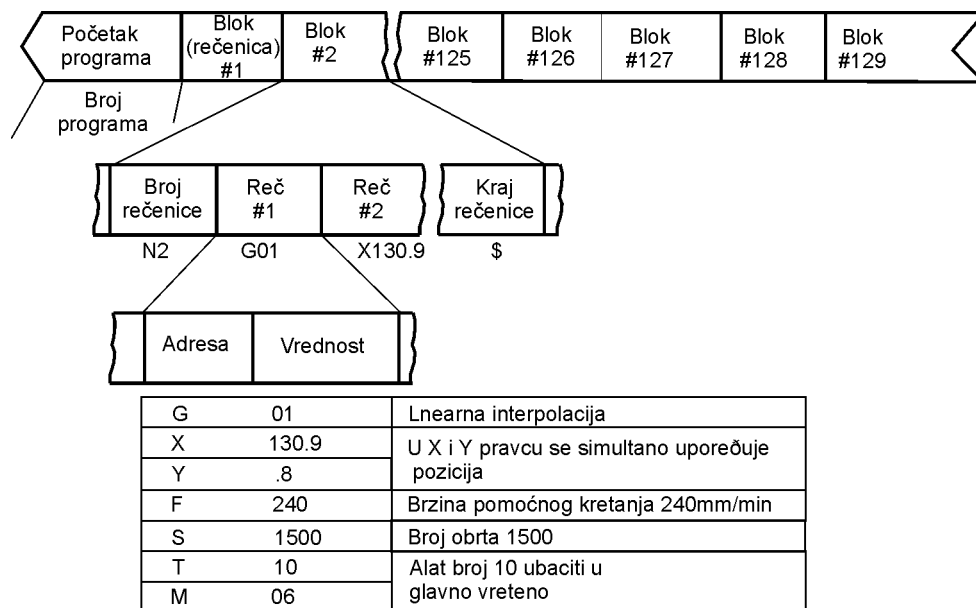
1.2.1. NU-program

NU-program (slika 6.) predstavlja sekvencu blokova ili rečenica kojima su definisane operacije koje treba da izvedu radni organi mašine alatke. Svaki blok sadrži podatke o geometriji koja se obrađuje i/ili određenu mašinsku funkciju. Svi blokovi su numerisani brojevima u porastu i odvojeno jedan od drugog pomoću znaka »\$« koji označava kraj bloka.

Svaki blok sadrži jednu ili više reči koje su obično sastavljene od alfa numeričkih karaktera. Sa alfa karakterima su adresirane numeričke vrednosti prema kojima treba da usledi kretanje radnih organa mašine ili da se aktiviraju funkcije za zaustavljanje kretanja. Blokovi mogu biti sastavljeni od različitih naredbi kao što su:

- *Geometrijske naredbe* kojima se definiše relativno kretanje između alata i obratka (adrese X, Y, Z, A, B, C, U, V, W, P, R, itd.)
- *Tehnološke naredbe* kojima se definiše: brzina pomoćnog kretanja (F), broj obrta glavnog vretena (S) i adrese alata (T).
- *Naredbe kretanja* kojima se definiše tip kretanja (G). Na primer: brzi hod (G00), linearna interpolacija (G01) i kružna interpolacija (G02 ili G03).
- *Naredbe za definisanje prekida i izmena* kao što su: izmene definisane pomoćnim funkcijama (M) (izmena alata, izmena smera obrtanja alata, obrtanje radnog stola, izmena paleta), isključivanje/uključivanje sredstva za hlađenje, isključivanje/uključivanje glavnog vretena, naredbe za korekciju dužine alata (H), naredbe za korekciju prečnika alata (D), i naredbe za pozivanje nulte tačke (G55-G59).
- Naredbe za definisanje ciklusa (G81-G86) ili podprograma (Q) koji se često pozivaju u programu.
 - Adrese su obično definisane alfa karakterom i mogu se pojaviti samo jednom u nekom bloku.

AT-6 OSNOVNI PODACI O NUMERIČKI UPRAVLJANIM MAŠINAMA ALATKAMA I NJIHOVOJ TEHNOLOŠKOJ PRIPREMI (PROGRAMIRANJU)



Slika 6. Segment NU-programa

1.2.2. Vrste tehnološke pripreme za NUMA

Primena NUMA pretpostavlja razvijen sistem tehnološke pripreme (tj. sistem za projektovanje tehnoloških procesa) u praksi poznatije kao programiranje NUMA.

Tehnološka priprema, odnosno programiranje NUMA u zavisnosti od stepena automatizacije može biti: **ručno** i **primenom računara**.

Napomena:

Za oba načina programiranja NUMA potrebno je znati aktivnosti koje se sprovode prilikom projektovanja tehnoloških procesa. Projektovanja tehnoloških procesa izvodi se najčešće u tehnološkim biroima fabrika i obuhvata sledeće grupe aktivnosti:

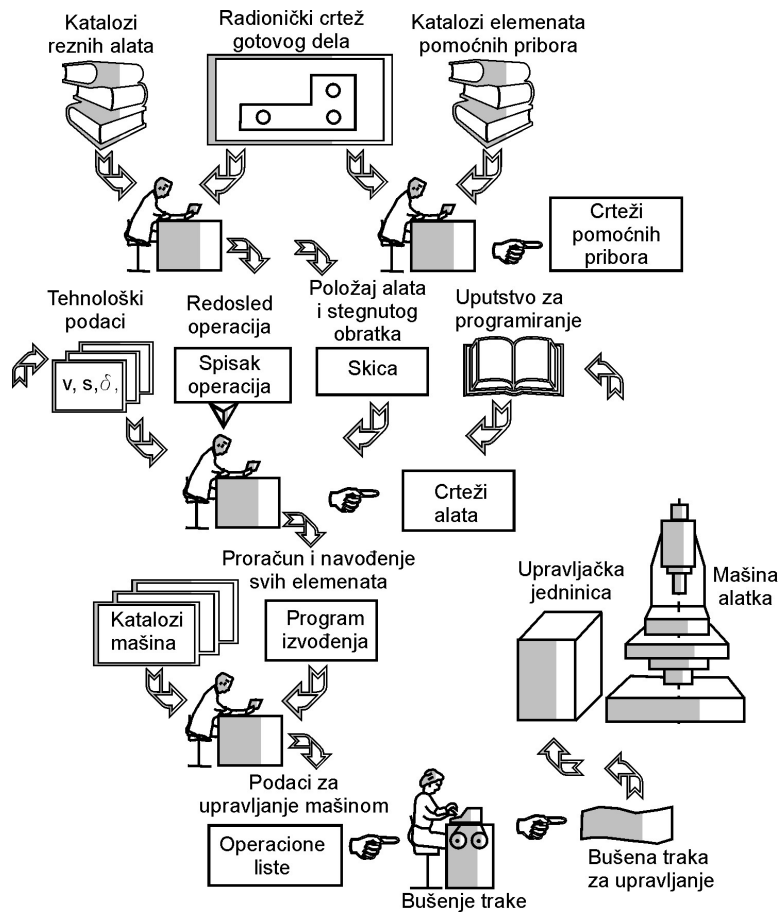
- interpretacija geometrijskog modela dela,
- izbor metoda obrade i njihov redosleda izvođenja,
- izbor mašina prema tehničkim karakteristikama,
- izbor ili projektovanje pomoćnih pribora,
- izbor redosleda operacija i zahvata,
- izbor alata (rezni alat (tip, materijal, reznu geometriju), adapter i osnovni nosač),
- izbor režima obrade i
- definisanje (kreiranje programa za obradu) putanje alata.

Projektovanje tehnoloških procesa odgovara projektovanju procesa mašinske obrade ili projektovanju procesa montaže. Projektovanje tehnoloških procesa može biti: ručno i primenom računara (CAPP).

1.2.2.1. Ručno programiranje NUMA

Kod ručnog programiranja sve aktivnosti izvodi programer na osnovu sopstvenog znanja i pomoću tablica sa tehnološkim podacima, džepnog kalkulatora, uputstva za programiranje raspoložive upravljačke jedinice, uređaja za pripremu trake itd. Na slici 7. prikazan je primer redosleda aktivnosti kod ručnog programiranja.

Na prvom nivou definiše se redosled operacija i pomoćni pribori. Na drugom nivou se unose tehnološke informacije koje obuhvataju i skicu pomoćnog pribora. Na trećem nivou se upoređuje redosled operacija sa kartama mašina i na kraju se definišu operacione liste, koje se na poslednjem nivou koriste za bušenje trake sa sadržajem NU-programa za upravljanje NUMA.



Slika 7. Redosled aktivnosti kod ručnog programiranja NUMA

Sve navedene aktivnosti treba da budu definisane programskim naredbama pomoću određenih pravila koja su specifična za kombinaciju mašine i upravljačke jedinice. Dobar tehnolog treba da poseduje odgovarajuća znanja iz ove oblasti kao što su:

- Znanja o mašinama alatkama i upravljačkim jedinicama.
- Znanja potrebna za rukovanje opremom za bušenje trake.
- Znanja vezana za pravila programiranja, kao što su: formati reči u blokovima, maksimalan broj reči i dopuštene dužine blokova.
- Znanja o mašinskim funkcijama vezana za njihovo kodiranje i upravljačke sposobnosti.
- Znanja o raspoloživim interpolatorima (linearni, kružni, i parabolički).
- Znanja o ograničenjima nametnutim od strane NUMA.
- Znanja potrebna za tačan proračun putanje alata itd.

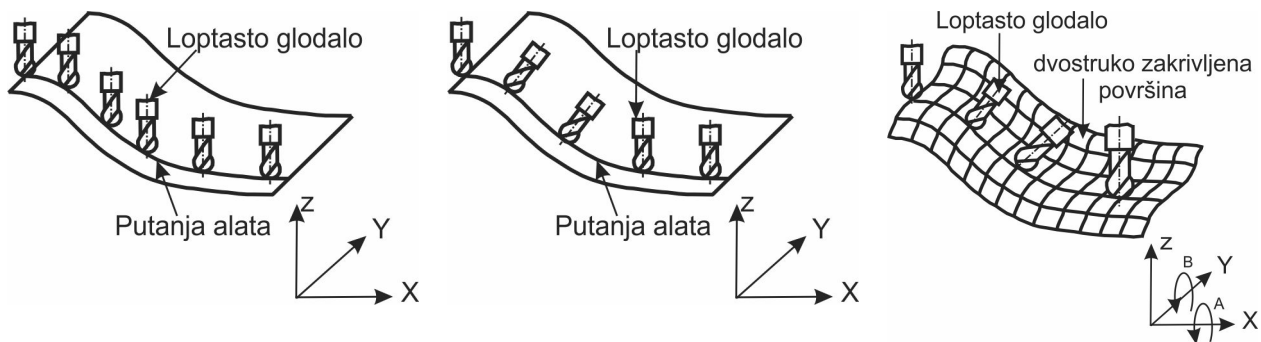
Iz prakse je poznato da programer može uspešno da ručno programira najviše 4 različita tipa NUMA. Na kraju treba istaći da se kod vrlo dugačkih programa, koji zahtevaju veliku dužinu trake, vrši parcijalno prenos informacija u upravljačku jedinicu.

Podaci se prepisuju blok po blok (rečenica po rečenica) sa ručno pisanog materijala preko alfanumeričke tastature povezane sa nekim bušačem trake. Osmokanalna bušena traka se koristi kod najvećeg broja upravljačkih jedinica. Kratak pregled ručnog kreiranja NC program (G-kodova) biće dato u narednoj lekciji **AT_7**.

1.2.2.2. Programiranje NUMA primenom kompjutera

Geometrija složenih delova (koji se koriste na primer u avio, raketnoj, vojnoj i dr. Industrijama) je vrlo kompleksna sa površinama drugog reda, koje zahtevaju višeosnu obradu (3-osna, 4-osna i 5-osna CNC obrada) slika 8. Složeni programi za obradu ovakvih površina zahtevaju po nekoliko hiljada blokova (rečenica) čije ručno pisanje je vrlo naporno i vremenski dugo traje. Tako da se od uvođenja NU programiranja javljala potreba za primenom računara u razvoju i kreiranju NC (CNC) programa.

AT-6 OSNOVNI PODACI O NUMERIČKI UPRAVLJANIM MAŠINAMA ALATKAMA I NJIHOVOJ TEHNOLOŠKOJ PRIPREMI (PROGRAMIRANJU)



a) 3-osna obrada rezanjem (osa alata je uvek vertikalna)

b) 4-osna obrada rezanjem (osa alata je usklađena sa pravcem normale na površinu)

c) 5-osna obrada rezanjem (osa alata je kolinearna sa normalom na površinu u tački kontakta alata i obratka)

Slika 8. Prikaz pozicije alata i obratka pri obradi na višeosnim mašinama

Programiranje tehnoloških procesa primenom kompjutera se u zavisnosti od raspoložive podrške kompjutera može podeliti na:

- Programiranje primenom programskih jezika.
- Programiranje u pogonu.
- Programiranje primenom CAD/CAM sistema (nezavisni CAD i CAM i integ. CAD/CAM).
- Objektno programiranje (STEP-NC).

Programiranje NUMA primenom programskih jezika podrazumeva da programer definiše: geometrijske elemente, tehnološke podatke i kretanja radnih organa mašine u cilju definisanja putanje alata za vreme procesa obrade. Pomoću ovako definisanih podataka obrazuju se naredbe čijim se slaganjem u sekvencu dobijaju izvorni programi koji se unose direktno u kompjuter.

Primenom programskih jezika je olakšano: definisanje geometrije radnog predmeta i definisanje relativnog kretanja između reznih alata i radnog predmeta. U literaturi se pominje samo primena simboličkih jezika u komunikaciji između čoveka i kompjutera, a primena prirodnih jezika se ne spominje. Simbolički jezici (broj simbola varira od jezika do jezika) omogućuju programeru da opiše geometriju velikog broja radnih predmeta i potrebnih sekvenci zahvata.

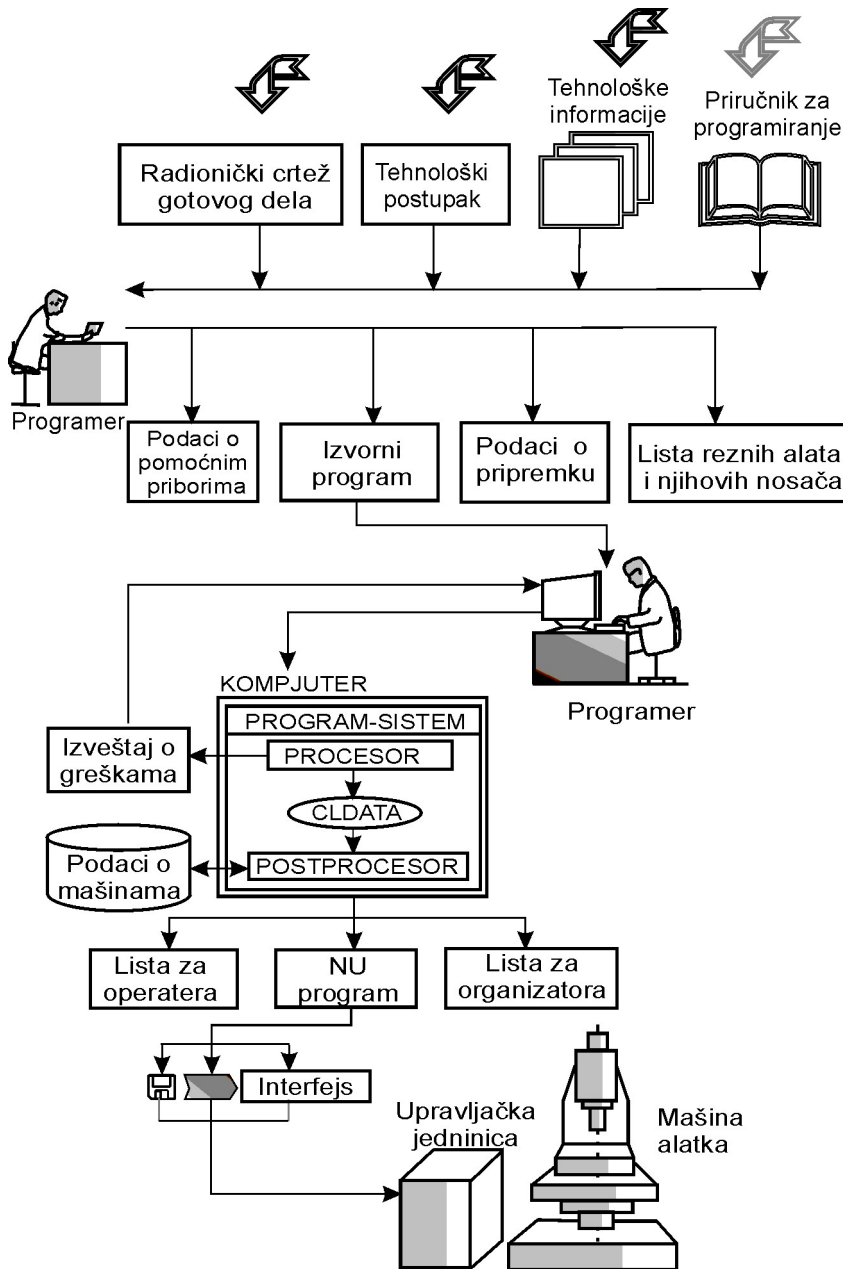
Razvijeni su mnogi problemski orijentisani jezici (Part Programme Language) u cilju ostvarivanja jednostavnijeg postupka izrade programa za NUMA. Navešćemo samo neke od njih koji se najčešće spominju u literaturi kao što su: APT (s obzirom da je ovaj jezik bio osnova za razvoj drugih jezika i da se i danas primenjuje, on će biti centralna tema daljih razmatranja u narednim poglavljima), AUTOPRIT, AUTOPROGRAMER, COMPACT II, EASYPROG, ELAN, BASIC-EXAPT, EXAPT, H100, MINIAPT, MITURN, GETURN, PROGRAMAT, TELEAPT i dr.

Za sve njih je karakteristično da imaju procesor (glavni program) koji je instaliran u kompjuteru. Prilagođavanje izlaza dobijenog nakon procesiranja izvornog programa, zapisanog u standardnu datoteku CL (Cutter Location) za izabranu kombinaciju mašine alatke i upravljačke jedinice, vrši se drugim programom koji se naziva postprocesor.

Performanse pojedinih programskih jezika znatno variraju, zbog toga što se oni često prilagođeni određenom tipu mašine ili nekom konkretnom proizvođaču. Univerzalni jezici koji ne zavise od tipa mašine alatke mogu se primenjivati za programiranje većine NUMA. Programski jezik treba da ima sledeće performanse:

- Da bude univerzalan i da ne zavisi od tipa NUMA.
- Da bude operativan za svaku konfiguraciju kompjutera.
- Ne treba da ima veliki broj reči, radi lakšeg i bržeg učenja.
- Treba da omogući definisanje jednoznačnog i jednostavnog izlaza (dokumentacije).
- Treba da ima razdvojen geometrijski i tehnološki deo.

Osim toga, distributer programskog sistema treba da omogući: upotrebu nekog neophodnog postprocesorskog softvera, obuku i održavanje kao i njegovo redovno ažuriranje. Na slici 9. prikazan je primer redosleda aktivnosti kod programiranja NUMA primenom programskih jezika.



Slika 9. Redosled aktivnosti programiranja NUMA primenom programskih jezika

NU-program se generiše u računaru u dve odvojene faze. U prvoj fazi jezički procesor vrši procesiranje izvornog programa i formira standardnu izlaznu datoteku CL.

U drugoj fazi preko postprocesora se vrši prilagođavanje prethodno procesiranog programa (zapisanog na standardnu datoteku CL i njegovu transkripciju u finalni program) za deo tako da ga je moguće koristiti od strane upravljačke jedinice izabrane NUMA.

U *procesoru* se vrši prevođenje programa napisanog u simboličkom jeziku (program se unosi u računar pomoću editora) u mašinski jezik i prilikom toga se izvodi:

- Analiza i kodiranje reči simboličkog jezika.
- Prevođenje (interpretiranje) makro naredbe u pojedinačne kompjuterske naredbe.
- Uključivanje potrebnih podprograma i funkcija.
- Menadžment rezultata u međuvremenu i
- Proračunavanje podataka o položaju reznog alata.

Procesor sadrži mnogobrojne podprograme koji se pozivaju u različita vremena za vreme procesiranja izvornog programa. Procesor je projektovan tako da ima sposobnost otkrivanja grešaka u programu koje su prouzrokovane greškom programera. Ove greške sistem otkriva i šalje ih na izlazni medijum (ekran ili štampač) u obliku poruke o greškama.

AT-6 OSNOVNI PODACI O NUMERIČKI UPRAVLJANIM MAŠINAMA ALATKAMA I NJIHOVOJ TEHNOLOŠKOJ PRIPREMI (PROGRAMIRANJU)

Generalno posmatrano sve greške otkrivene od strane procesora u principu nisu specificirane za pojedinačnu kombinaciju mašine i upravljačke jedinice. Dakle, većina otkrivenih grešaka se odnosi na sintaksu jezika i geometrijske definicije radnog predmeta.

Samo se u postprocesoru vrši prilagođavanje programa izabranoj kombinaciji mašine alatke i upravljačke jedinice.

Postprocesor je kompjuterski program za dalju obradu podataka o reznog alata dobijenih u procesoru u skup naredbi dizajniranih za određenu NU kombinaciju mašine i upravljačke jedinice. Neki specifični oblici mašina su uzeti u obzir od strane postprocesora i konvertuju APT program u jezik specifičan za mašinu alatku/upravljačku jedinicu.

Postprocesor uzima u razmatranje ulazni format koji respektuje zahteve upravljačke jedinice i dodaje kodove ograničenja o pojedinim brzinama, koracima i upravljačke informacije, respektujući uključene karakteristike mašine alatke. Svaki postprocesor obuhvata pet glavnih elemenata: ulaz, kretanje (geometrija i dinamika), pomoćne funkcije, izlaz i nadgledanje toka podataka.

Ovaj metod tehnološke pripreme (programiranja) mašina alatki biće detaljnije objašnjen na primeru APT jezika u okviru lekcije AT-8.

Programiranje u pogonu. Modernizacijom upravljačkih jedinica primenom KNU omogućeno je ručno unošenje podataka u upravljačku jedinicu mašine u pogonu. U oblasti tehnološke pripreme NUMA koriste se dva termina i to: ručni ulaz podataka MDI i programiranje u pogonu.

Ručni ulaz podataka MDI u početku je imao funkcije koje su se odnosile na unošenje NU programa i njegove izmene u memoriji UJ pomoću tastature. Međutim sa razvojem softvera za interaktivni dijalog koji se instalira na UJ (koje danas predstavljaju snažne višeprocorske i mikroprocorske sisteme sa kompjuterskom grafikom) omogućeno je interaktivno komuniciranje programera i UJ preko meke tastature i podprograma sa snimljenim ciklusima.

Zahvaljujući mogućnosti praćenja grešaka na ulazu i lokalnog proračuna podataka putanje alata u KNU sistemu broj ulaznih podataka je znatno manji nego kod ručnog programiranja u odeljenju za tehnologiju. Nepodeljeno je mišljenje da dijalog sistemi imaju prednost u testiranju izmenama i prikazu programa na licu mesta, dakle u fazi konačnog doterivanja projektovanog obradnog procesa.

Ako se doda i mogućnost grafičke simulacije obrade na upravljačkim jedinicama ili grafički prikaz u toku obrade onda su pogodnosti izuzetne. **Neće biti detaljisano u nastavku.**

CAD/CAM sistemi predstavljaju kompaktnu celinu što omogućava korisniku integraciju funkcija:

- Projektovanje proizvoda primenom kompjutera - CAD (Computer Aided Design)
- Projektovanja tehnologije primenom kompjutera - CAM (Computer Aided Manufacturing).

Naročito su podesni za delove sa složenim kontinualnim geometrijskim površinama. CAD/CAM sistemi mogu biti bazirani na svim tipovima CAD sistema. CAD/CAM sistemi ne podržavaju druge funkcije projektovanja tehnoloških procesa osim definisanja geometrije u NU-programu. Ostale tehnološke informacije kao što su: zahvati, baziranje i stezanje, rezni alati i režimi rezanja dodaju se u interaktivnom dijalogu u NU-program. Ovo dodavanje ne predstavlja veliki problem kod složenih površina, zato što one obično ne zahtevaju mnogo tehnoloških informacija.

Međutim, kod tehnološki složenih delova (delovi koji sadrže veliki broj površina jednostavnog oblika koje se obrađuju različitim obradnim procesima, koji se realizuju sa različitim alatima i režimima rezanja) i druge funkcije projektovanja obradnih procesa postaju veoma važne. Ovo ukazuje da tehnološki složeni delovi zahtevaju integraciju CAD/CAM i CAPP (Compur Aided Process Planing) sistema čime se dobija integrisani CAD/CAPP/CAM sistem. **Vazno je takođe napomenuti da postoje pred integrisanih još i nezavisni CAD i CAM sistemi. O ovim sistemima biće više reči u nastavku posebna (lekcija AT-9)**

Objektno programiranje NUMA pojavilo se kao alternativa rečeničnom programiranju NUMA prema standardu ISO 14649 poznatije kao STEP-NC i ISO 10303-238. Osnovna ideja za razvoj novog standarda je da programi ne treba da zavise od svake mašine posebno, kao što je slučaj sa trenutnim standardom ISO 6983. STEP-NC predstavlja moderan asocijativni jezik za programiranje NUMA, koji treba da omogući da se mašina programira pomoću geometrije obratka (CAD) i tehnologije (CAM) bez konverzija prilikom pripreme mašine za rad. **Neće biti detaljisano u nastavku.**