

# Retrofit dvo-osne tokarilice HobbyMatMD65

---

**Cindrić, Marko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Technical College in Bjelovar / Visoka tehnička škola u Bjelovaru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:726248>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU**

ZAVRŠNI RAD br: 06/MEH/2016

**Retrofit dvo-osne Tokarilice  
HobbyMatMD65**

Marko Cindrić

Bjelovar, listopad 2016

**VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU**

ZAVRŠNI RAD br: 06/MEH/2016

**Retrofit dvo-osne Tokarilice  
HobbyMatMD65**

Marko Cindrić

Bjelovar, listopad 2016



Zahvaljujem profesorima VTŠBJ na strpljenju i trudu tijekom studiranja. Veliko hvala mojim roditeljima što su mi bili velika podrška tijekom školovanja.

# SADRŽAJ

<b>1. POVIJESNI RAZVOJ STROJNIH PROIZVODNIH SUSTAVA.....</b>	<b>2</b>
1.1 <i>Kratki povijesni razvoj numerički upravljivih strojeva .....</i>	2
1.2 <i>Definicija numeričkog upravljanja.....</i>	3
1.3 <i>Tradicionalna i CNC strojna obrada .....</i>	4
1.4 <i>Osoblje za CNC.....</i>	6
1.5 <i>Pravokutni koordinatni sustav i polarni koordinatni sustav .....</i>	7
1.6 <i>Referentne točke .....</i>	9
1.7 <i>Koordinatni sustav stroja .....</i>	10
<b>2. CNC TOKARILICE .....</b>	<b>12</b>
2.1 <i>Podjela postupaka tokarenja .....</i>	14
2.2 <i>Alati za tokarenje.....</i>	17
2.3 <i>Parametri obrade za tokarenje.....</i>	19
2.4 <i>Osnovni dijelovi tokarilice Hobbymat MD65.....</i>	22
2.5 <i>Energetski dio stroja.....</i>	30
2.5.1 <i>Koračni motori.....</i>	30
2.5.2 <i>Upravljačka elektronika.....</i>	35
2.5.3 <i>Paralelna komunikacija.....</i>	40
<b>3. PROGRAM MACH3 .....</b>	<b>42</b>
3.1 <i>Instalacija programa Mach3 .....</i>	42
3.2 <i>Postupak postavljanja postavki programa Mach 3 Turn .....</i>	44
3.3 <i>Rad u modu ručnog vođenja alata - Manual mode .....</i>	51
3.4 <i>Rad u modu ručnog vođenja alata - JOG mode .....</i>	52
3.5 <i>Programsko definiranje koordinatnog sustava i dovođenje alata u početni položaj .....</i>	53
3.6 <i>Rad u automatskom modu programa Mach 3 – (eng. Auto mod).....</i>	54
3.7 <i>Rad u Autom modu namijenjenom realizaciji NC koda .....</i>	56

3.8	<i>Autodijagnostika</i> .....	57
3.9	<i>Struktura i sintaksa NC koda u programu Mach 3 turn</i> .....	58
<b>4.</b>	<b>TESTIRANJE CNC TOKARILICE</b> .....	<b>61</b>
4.1	<i>Pokretanje CNC tokarilice</i> .....	61
<b>5.</b>	<b>ZAKLJUČAK</b> .....	<b>66</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURA</b> .....	<b>67</b>
	<b>Sažetak</b> .....	<b>68</b>
	<b>Abstract</b> .....	<b>69</b>
	<b>Privitak</b> .....	<b>71</b>

## POPIS SLIKA

Slika 1.1 Tro-osna glodalica Cincinnati Hydrotel [2] .....	2
Slika 1.2 Prikaz koordinatne ravnine XY .....	7
Slika 1.3 Prostorni koordinatni sustav .....	8
Slika 1.4 Referentne točke tokarilice [2] .....	9
Slika 1.5 Koordinatni sustav CNC tokarilice [2] .....	11
Slika 1.6 Pomicanje nultočke kod tokarilice [2] .....	11
Slika 2.1 CNC tokarilica .....	12
Slika 2.2 Vertikalna tokarilica [7] .....	13
Slika 2.3 Uzdužno vanjsko tokarenje [7] .....	15
Slika 2.4 Poprečno plansko tokarenje [7] .....	15
Slika 2.5 Tokarenje vanjskog i unutarnjeg navoja [7] .....	16
Slika 2.6 Konusno tokarenje [7] .....	16
Slika 2.7 Tokarski nož iz jednog komada .....	19
Slika 2.8 Tokarski nož izrađen od više dijelova .....	19
Slika 2.9 Parametri obrade [8] .....	21
Slika 2.10 Tokarilica HobbyMat MD65 sa upravljanjem .....	22
Slika 2.11 Prikazan je 3D prikaz stroja HobbyMat MD65 .....	23
Slika 2.12 Tročeljusna stezna glava .....	24
Slika 2.13 Prikaz čeljusti stezne glave .....	25
Slika 2.14 Primjer zamjene Čeljusti .....	25
Slika 2.15 Konjić na HobbyMat MD 65 CNC tokarilici .....	26
Slika 2.16 Detaljan prikaz dijelova konjića tokarilice .....	26
Slika 2.17 Postolje sa držačem noža .....	28
Slika 2.18 Detaljan prikaza dijelova držača alata .....	28
Slika 2.19 Koračni motor [5] .....	30
Slika 2.20 Koračni motor sa permanentnim magnetom (PM) [5] .....	32
Slika 2.21 Reluktantni koračni motor ( VR) [5] .....	32
Slika 2.22 Hibridni koračni motor. [5] .....	32
Slika 2.23 Bipolarni koračni motor .....	34
Slika 2.24 SKF spojka .....	34
Slika 2.25 Postavljanje motora na CNC tokarilicu .....	35
Slika 2.26 Upravljačka elektronika .....	36



Slika 2.27 Elektronski sklop sa čipom L298 .....	37
Slika 2.28 Ulazno Izlazna kartica CNC_INT .....	37
Slika 2.29 i Relej Iskra PR41C 220V 50Hz .....	38
Slika 2.30 Torusni transformator 800VA, 36VDC.....	38
Slika 2.31 Mikroprekidač .....	39
Slika 2.32 Mikroprekidač na CNC tokarilici HobbyMat MD65 .....	39
Slika 2.33 Kabao za paralelnu komunikaciju .....	41
Slika 2.34 Raspored pinova za paralelnu komunikaciju.....	41
Slika 3.1 Instalacija programa Mach3 .....	42
Slika 3.2 Prikaz prozora Mach 3 loader .....	43
Slika 3.3 Mach3 Turn upravljački program .....	44
Slika 3.4 Naredbe padajućeg menija CONFIG .....	44
Slika 3.5 Definiranje porta za paralelnu komunikaciju .....	46
Slika 3.6 Postupak pronalaženja adrese porta za komunikaciju.....	46
Slika 3.7 Postavke pinova za X os i Z os. ....	47
Slika 3.8 Postavke za krajnje prekidače .....	48
Slika 3.9 Postavke za programski Estop.....	48
Slika 3.10 Postavke izlaznih signala.....	49
Slika 3.11 Postavke za kontrolu vretena ( eng. <i>spindle</i> ).....	50
Slika 3.12 Definiranje odnosa brzine i ubrzanja za svaku upravljivu os ( X,Z).....	50
Slika 3.13 <i>Manual</i> režim rada.....	51
Slika 3.14 Podešavanje kinematskih karakteristika obrade u programu Mach 3 .....	52
Slika 3.15 Postavljanje referentne točke i definiranje koordinatnog sustava predmeta .....	53
Slika 3.16 Postavljanje referentne točke i nulte točke predmeta obrade .....	54
Slika 3.17 Prozor Automatskog moda ( eng. <i>Auto mod</i> ).....	55
Slika 3.18 Prikaz pokretanja programa u automatskom modu - <b>AUTO</b> modu.....	57
Slika 3.19 Prozor Dijagnostike programa Mach 3 .....	58
Slika 3.20 Struktura i sintaksa Nc koda.....	59
Slika 4.1 prikaz tehničkog crteža testnog primjera.....	61
Slika 4.2 Tokarski nož ISO6 10X10 S-981 .....	62
Slika 4.3 Stezanje predmeta obrade na Steznu glavu .....	62
Slika 4.4 Postupak generiranja G-koda u programu Lazy Turnu .....	63
Slika 4.5 Prikaz početka izvršavanja programa.....	64

## POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Tokarski noževi sa CNC tokarilice HobbyMat MD65.....	17
Tablica 2.2 Popis dijelova konjića tokarilice.....	27
Tablica 2.3 Popis dijelova držača alata .....	29
Tablica 2.4 Spajanje namotaja motora [7].....	33
Tablica 2.5 Popis dijelova mikroprekidača .....	39
Tablica 2.6 Ostale komponente upravljačke elektronike.....	40
Tablica 2.7 Popis korištenih pinova .....	41
Tablica 3.1 Adrese upravljačkog programa Mach 3 Turn.....	60
Tablica 4.1 Opis G-koda.....	64

## UVOD

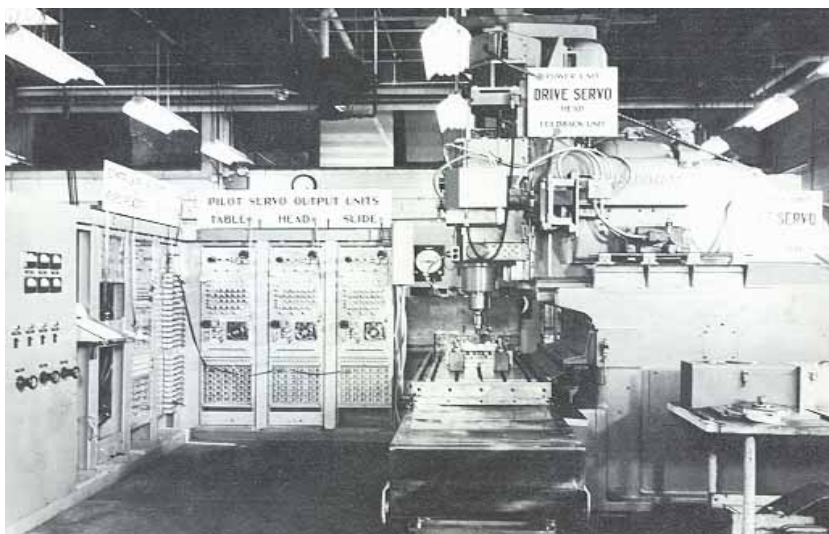
Izabrani završni rad je iz područja vezanog uz obradu materijala i proizvodnju podržanu računalom. Razvojem tehnologije napredovala je i proizvodnja u industriji. Tradicionalni strojevi za obradu se i dalje upotrebljavaju no zastarjeli su, a tržišna konkurentnost proizvodnje i obrade proizvoda raznih materijala kao što su drvo, metal ili plastika zahtjeva veću i efikasniju upotrebljivost alata koji se na takvim strojevima nalaze. Preciznost, brzina obrade, kvaliteta obrade složenih oblika samo su neke od odlika CNC strojeva. Ovisno o tipu proizvodnje odabiremo i adekvatan CNC stroj. Takav izbor često je složen i kompliciran, jer moramo vidjeti o kakvim se proizvodima radi, odrediti veličinu radnog prostora, i omogućiti rad u kombinaciji s drugim strojevima. Korištenjem automatiziranih CNC strojeva povećavamo produktivnost i smanjujemo pogreške koje se mogu dogoditi u proizvodnji. Kroz kolegij Proizvodnja podržana računalom upoznali smo osnove i vrste CNC strojeva, način upravljanja i programiranja tih strojeva. Završni rad temelji se na redizajniranju konvencionalne tokarilice HobbyMat MD65 u CNC dvo-osnu tokarilicu koja je upravljana sa Mach 3 softverskim programom. U nastavku bit će ukratko opisana povijest NC i CNC upravljivih strojeva, njihovi osnovni dijelovi, način programiranja i samog upravljanja tim strojevima pomoću Mach 3 programa.

# 1. POVIJESNI RAZVOJ STROJNIH PROIZVODNIH SUSTAVA

U ovom radu bit će detaljno opisan postupak preinake školske tokarilice HobbyMat MD65 u CNC tokarilicu, u daljnjem tekstu biti će opisan povijesni razvoj NC i CNC alatnih strojeva, njihovi osnovni dijelovi i sam način upravljanja, govorit će se o upravljačkom programu Mach3 i načinu podešavanja stroja te njegovo puštanje u rad.

## 1.1 Kratki povijesni razvoj numerički upravljivih strojeva

Osnove numeričkog upravljanja postavio je 1947. godine John Parson. Pozicijom alata upravljao je s bušenom trakom pri izradi lopatica helikopterskog propelera. Prvi numerički upravljivi stroj napravljen je u Americi početkom 50-ih godina prošloga stoljeća uz pomoć znanstvenika MIT-a (Massachusetts Institut of technology). Novost stroja bilo je uvođenje elektrolučnog upravljanja pomoću tzv. upravljačke jedinice u koju se program unosi preko bušene papirne vrpce. U odnosu na konvencionalne strojeve značajna je mjera bila uvođenje posebnih istosmjernih motora za pogon glavnog i posmičnog gibanja tako da su se na stroju mogle mijenjati istovremeno sve tri pravocrtne osi. Tro-osna glodalica Cincinnati Hydrotel prikazana je na slici 1.1. Predstavljena je prvi put 1952. godine. Imala je elektromehaničko upravljanje, rabila je bušenu traku, a njezina tadašnja upravljačka jedinica bila je veća od samog alatnog stroja. Kod današnjih alatnih strojeva važno je da su potpuno automatizirani i da im materijali neprekidno dolaze kako ne bi bilo zastoja u proizvodnji. Satnica rada na današnjim strojevima je vrlo visoka pa se mora iskoristiti teorijski kapacitet stroja kako bi se smanjili troškovi. [4]



Slika 1.1 Tro-osna glodalica Cincinnati Hydrotel [2]

## 1.2 Definicija numeričkog upravljanja

Kratica NC proizlazi iz engleske riječi *numerical control* odnosno u prijevodu se koristi kao numeričko upravljanje ili skraćeno NU.

Pod numeričkim upravljanjem alatnim strojem podrazumijeva se računalno upravljani alatni stroj koji ima fleksibilnu memoriju u kojoj je zapisani program po kojem se izrađuje neki izradak. Postupak izrade tog programa je zapravo programiranje NUAS. Pošto nema jednoznačne definicije za NUAS, može se reći da je programiranje zapravo kodiranje geometrijskih i tehnoloških informacija potrebnih za izradu nekog dijela na NU alatnom stroju. Konstrukcija samog dijela odnosno radionički crtež izvor je geometrijskih informacija na temelju kojeg se određuju sve potrebne dimenzije (kote).

Pod tehnološkim informacijama se podrazumijeva izbor režima rada (brzina vrtnje glavnog vretena, posmične brzine pojedinih osi, definiranje dubine rezanja), oblik i broj potrebnih reznih alata, oblik i dimenzije početnog sirovog dijela te naprave ili način stezanja sirovca na alatni stroj. Sama bit programiranja alatnih strojeva je u tome da se alatnom stroju prosljede numerički podaci odnosno niz kodiranih instrukcija koje se sastoje od slova abecede, brojeva i simbola. Upravljačka jedinica je poseban i vrlo bitan dio stroja. Ona je zadužena da automatski procesuirati ih prilagođene prosljeđuje izvršnim elementom samog numerički upravljivog stroja. Svako posmično gibanje moramo kontrolirati za nekoliko osi simultano (X,Y,Z). Podrazumijeva se da svaka numerička posmična os na stroju mora imati ugrađenu regulacijsku petlju. Ulazna vrijednost po pojedinoj petlji je programirana vrijednost pomaka klizača po određenoj osi, te se ta vrijednost prosljeđuje i uspoređuje sa stvarnom vrijednošću položaja klizača koja dolazi iz mjernog sustava. Ako postoji razlika, naredba se preko regulacijskog elementa prosljeđuje izvršnim elementima koji se nalaze u alatnom stroju.

Postoji više mogućnosti unošenja podataka u upravljačke jedinice NU strojeva, a ovdje su navedene dvije mogućnosti:

1. Ručno unošenje programa u upravljačku jedinicu koja se nalazi na samom stroju
2. CNC (eng. *Computer numerical control*) direktno numeričko upravljanje je u potpunosti automatsko prenošenje informacija iz računala u upravljačku jedinicu, a funkcije su mu:

- Unošenje NU programa
- Kontrola i protok materijala
- Uređivanje NU programa
- Manipulacija sa NU programom
- Kontrola proizvodnje

Postoji adaptivno upravljanje (AU) koje je napredniji oblik numeričkog upravljanja. Adaptivno upravljanje (AU) sastoji se od upravljanja strojem pomoću senzora za praćenje, nadzora procesa obrade odvajanjem čestica te automatskim prilagođavanjem obrade novim uvjetima.[1],[2]

### **1.3 Tradicionalna i CNC strojna obrada**

NC i CNC strojevi se razlikuju po načinu upravljanja i pristupa obradi materijala. Kratica NC rabi se za izravno numeričko upravljanje, a CNC za računalom podržano numeričko upravljanje. Za pravilnu upotrebu samih kratica moramo bolje poznavati razlike među njima. U NC sustavu program se učitava u upravljačku jedinicu pomoću bušene trake, kartice ili diskete, a zatim se provodi obrada predmeta prilikom čega operater na stroju nema mogućnost promjene programa tokom rada. Sve željene promjene moraju se obavljati izvan stroja pa ponovo učitavati izmijenjeni program u upravljačku jedinicu stroja. U CNC sustavu moguća je izmjena parametra programa u samom stroju i također je moguće provesti same izmjene tijekom rada stroja i glavnu ulogu za upravljanje strojem ima mikroprocesor koji ima veliku točnost i ponovljivost prilikom vođenja alata , što rezultira stvaranjem jednakih dijelova u seriji. To svojstvo omogućuje veliku fleksibilnost u radu te pridonosi porastu kvalitete i isplativosti upotrebe CNC strojeva.

Prednosti CNC strojeva su sljedeće:

#### **a) Prilagodljivost**

Prilagodljivost je sposobnost stroja da može izrađivati veću ili manju seriju proizvoda ili samo jedan proizvod, a da nakon toga možemo učitati drugi program i izrađivati drugi proizvod.

**b) Mogućnost izrade vrlo složenih oblika**

Izrada trodimenzionalnih (3D) oblika na klasičnim strojevima je skupa, a ponekad i nemoguća. CNC strojevi omogućuju izradu i konstruiranje takvih složenih proizvoda.

**c) Točnost i ponovljivost korištenjem CNC strojeva**

Moguće je proizvesti veliku količinu (100,1000 ili više) potpuno jednakih proizvoda odjednom ili povremeno. Razlike koje nastanu među proizvodima su male i zanemarive, a glavni uzrok zbog kojeg nastaju je trošenje alata i dijelova stroja.

**d) Smanjenje potrebe za skladištenjem proizvoda**

Da bi zadržali svoju funkciju, strojeve je potrebno redovito održavati. Nakon određenog vremena dijelove je potrebno zamijeniti. Proizvođač dijelove mora proizvesti i uskladištiti kako bi ih za nekoliko godina mogao isporučiti kupcu. Držanje rezervnih dijelova na skladištu stvara trošak. Kod CNC strojeva rezervni dijelovi se u kratkom roku izrade po narudžbi kupca. Jedino što se treba sačuvati, tj. uskladištiti je program.

**e) Smanjeno vrijeme pripreme**

Prilikom uporabe klasičnih strojeva potrebne su posebne naprave za pozicioniranje predmeta te šablone za vađenje alata po konturi. Izrada naprava je trošak, a vrijeme do početka proizvodnje proizvoda se produžuje. Kod CNC strojeva to nije potrebno jer se alat vodi mikroprocesorom.

**f) Kraća kontrola kvalitete**

Primjenom CNC strojeva moguće je precizno planiranje proizvodnje, te time smanjujemo gubitke proizvodnog vremena. Kod klasičnih strojeva potrebna nam je 100% kontrola nad proizvodima, a kod CNC strojeva kvaliteta se može provjeravati na uzorcima iz serije.

Nedostaci CNC strojeva su sljedeći:

**a) Veliko investicijsko ulaganje**

Cijena CNC strojeva je puno veća od cijene klasičnih strojeva. Da bi se isplatili moraju imati dobru iskoristivost kapaciteta.

### **b) Potrebno programiranje CNC stroja**

Programeri CNC strojeva su visoko obrazovani pojedinci koji moraju imati specijalistička znanja iz više područja. Takvi pojedinci su rijetki pa su vrlo dobro plaćeni.

### **c) Visoki troškovi održavanja**

CNC strojevi su složeni strojevi. Stroj mora biti redovito održavan i čišćen kako bi zadržao svoje prednosti osobito točnost i ponovljivost. Za održavanje stroja su potrebna znanja iz više tehničkih područja kao što su elektrotehnika, strojarstvo, hidraulika, računalstvo.[1]

## **1.4 Osoblje za CNC**

CNC strojevima mora upravljati čovjek koji je zadužen za izradu i testiranje programa te izvršenje programa na CNC stroju. U većini tvrtki ta dva posla su razdvojena i obavljaju ih različiti djelatnici. [2]

**CNC programer** je osoba koja ima veliku odgovornost. Odgovoran je za uspjeh tehnologije numeričkog upravljanja te za kvalitetu izrade proizvoda. Njegov zadatak je izraditi kompletnu tehnološku dokumentaciju na osnovu koje će CNC operater izraditi predmet. Za uspješnu izradu programer mora imati sljedeće karakteristike:

- Dobro čitati tehnički crtež
- Dobro poznavati vrste, namjenu i mogućnosti pojedinih alata
- Dobro poznavati tehnološke mogućnosti pojedinog stroja
- Znati odrediti optimalne operacije izrade
- Poznavati matematičke funkcije
- Dobro poznavati svojstva materijala koje obrađuje
- Poznavati koordinatni sustav, referentne točke stroja i alata
- Mora se stalno stručno usavršavati

**CNC operater** je osoba koja na stroju izrađuje predmet na osnovu tehnološke dokumentacije dobivene od CNC programera. Suvremeni CNC strojevi su sofisticirani

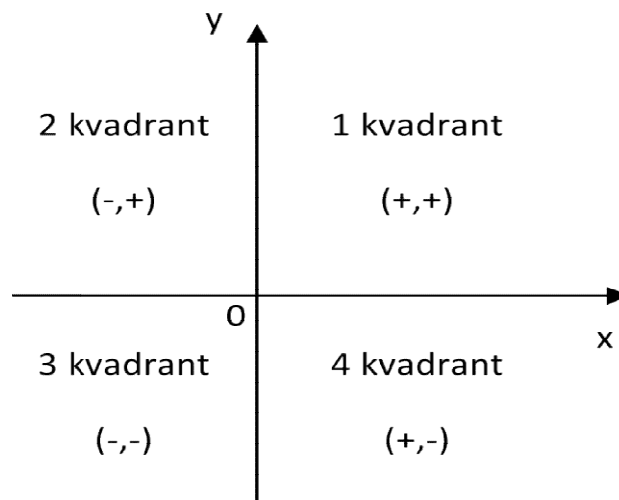


sustavi koji, osim mehaničkog, sadrže električke i hidrauličke podsustave. Stoga CNC operater mora imati određena znanja o samim karakteristikama i njihovom načinu rada, te mora znati popraviti manje greške koje se javе na CNC stroju. Nadalje, operater mora znati: [2]

- Rukovati upravljačkom jedinicom stroja
- Čitati tehničku i tehnološku dokumentaciju
- Izmjeriti i odrediti korekcije za pojedini alat
- Postaviti i stegnuti izradak prema planu stezanja
- Prepoznati oštećenost ili istrošenost alata
- Poznavati rad na računalu
- Poznavati čitati elektronske sheme
- Izmjeriti obrađeni predmet i utvrditi jesu li ispunjeni zahtjevi tolerancija i kvalitete površinske obrade.

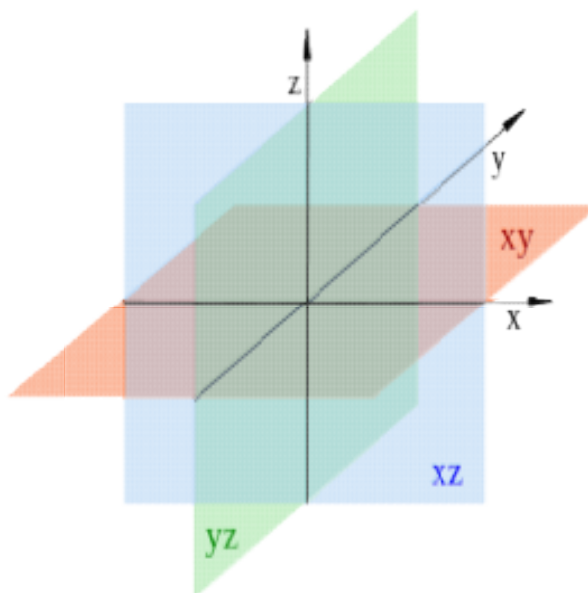
### 1.5 Pravokutni koordinatni sustav i polarni koordinatni sustav

Pravokutni koordinatni sustav u ravnini sastoji se od dva okomita brojeva pravca koji se nazivaju koordinatne osi x i y. Sjecište tih osi naziva se ishodište ili nultočka. Koordinatna ravnina XY prikazana je na slici 1.2. Koordinatna ravnina određena je koordinatnim osima i sastoji se od četiri područja koji se nazivaju kvadranti.



Slika 1.2 Prikaz koordinatne ravnine XY

Kako bismo uspjeli prikazati stvarni prostorni predmet, koristimo još jednu os koju označavamo sa  $Z$ , a ona je okomita na preostale dvije osi. Os  $Z$  i os  $X$  određuju  $XZ$  ravninu a os  $Y$  i os  $Z$  označuju  $YZ$  ravninu koje su prikazane na slici 1.3. Tako poziciju svake točke u prostoru možemo opisati koordinatama  $X, Y, Z$ . [3]



Slika 1.3 Prostorni koordinatni sustav

Za pravilno dovodenje alata do određene točke na predmetu, moramo znati poziciju te točke s obzirom na ishodište koordinatnog sustava. Pridruživanje karakterističnih točaka predmeta s vrijednostima  $x, y$  i  $z$  koordinata stvoren je uvjet upravljanja CNC strojem. Za određivanje pozitivnog pravca koordinatnog sustava slijedi se položaj prstiju desne ruke: palac pokazuje u pozitivnom smjeru os  $X$ , kažiprst u pozitivnom smjeru os  $Y$  i srednji prst pokazuje pozitivan smjer osi  $Z$ . U procesu programiranja koriste se dva koordinatna sustava: pravokutni koordinatni sustav i polarni koordinatni sustav. [1],[2],[3]

U procesu programiranja koristimo dva sustava mjerenja: APSOLUTNI I INKREMENALNI.

- **Apsolutni mjerni sustav**

Kod apsolutnog mjernog sustava koordinate pojedinih točaka na predmetu označavaju udaljenosti tih točaka od ishodišta aktivnog koordinatnog sustava (točka  $W$ ). Kvadrant u kojemu se točka nalazi odredit će predznak (-) ili (+). Prednosti programiranja

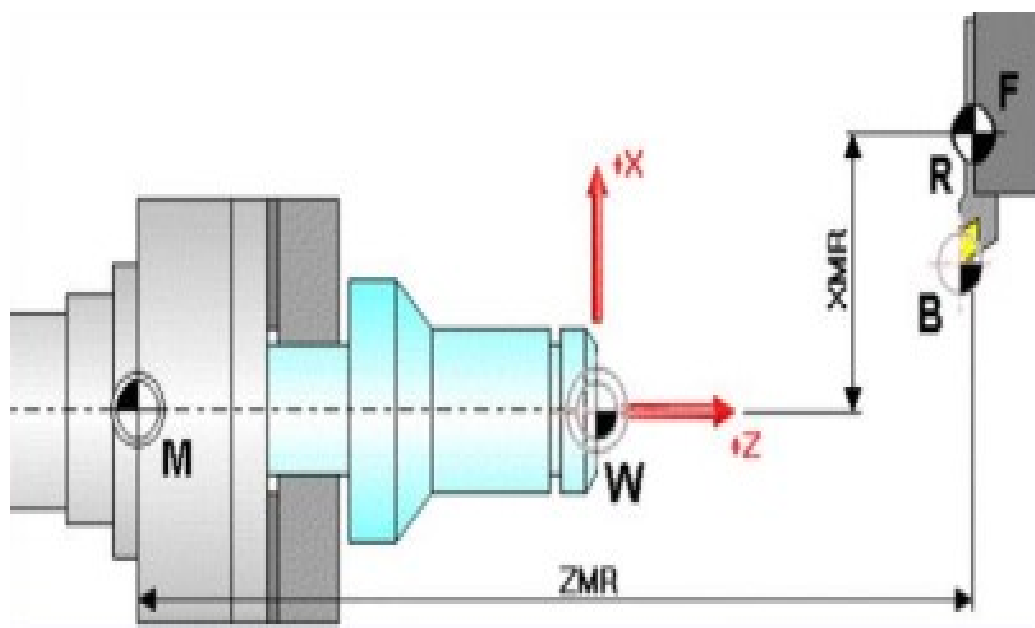
u apsolutnom mjernom sustavu je mogućnost izmjene jednog dijela programa, pri čemu se ne mora mijenjati ostali dio programa.

- **Inkrementalni mjerni sustav**

Kod inkrementalnog mjernog sustava koordinate iduće točke se zadaju u odnosu na koordinate prethodne točke po iznosu i po predznaku. Ovo je lančani način kotiranja koji sugerira takav način zadavanja koordinata. Ovaj inkrementalni sustav primjenjuje se prilikom pisanja programa za identične operacije koje se pojavljuju na različitim dijelovima izratka.[2]

## 1.6 Referentne točke

Prilikom rada na CNC strojevima potrebno je poznavati određene referentne odnosno nultočke koje definiraju koordinatni sustav i sam alat. CNC strojevi imaju tri međusobno neovisna geometrijska sustava, a to su geometrijski sustav stroja, izratka i alata. Svaki od tih sustava ima proizvoljno odabranu referentnu točku. Preciznim definiranjem veza između pojedinih referentnih točaka, omogućeno nam je precizno vođenje oštrice alata. Sve referentne točke definirane su s obzirom na strojni koordinatni sustav. Na slici 1.4 prikazane su referentne točke tokarilice. [2]



Slika 1.4 Referentne točke tokarilice [2]

**W - Nultočka izratka (eng. *Workpiece zero point*)**

Pozicija ove točke vezana je za izradak. Proizvoljno se mijenja prema potrebama konstrukcije ili izrade. U odnosu na ovu točku programiraju se ostale koordinate točaka, putanje alata u apsolutnom koordinatnom sustavu.

**M - Strojna nultočka (eng. *Machine zero point*)**

Pozicija ove točke određena je od strane CNC proizvođača i ne možemo ju mijenjati. Ona određuje ishodište strojnog koordinatnog sustava i od nje se računaju svi pomaci alata.

**N - Referentna nultočka alata (eng. *Tool mount reference point*)**

Ovo je početna točka za mjerenje i usmjeravanje alata. Nalazi se na osi držača alata, određuje ju proizvođač alata i ne možemo ju mijenjati.

**R – Referentna točka stroja (eng. *Reference point*)**

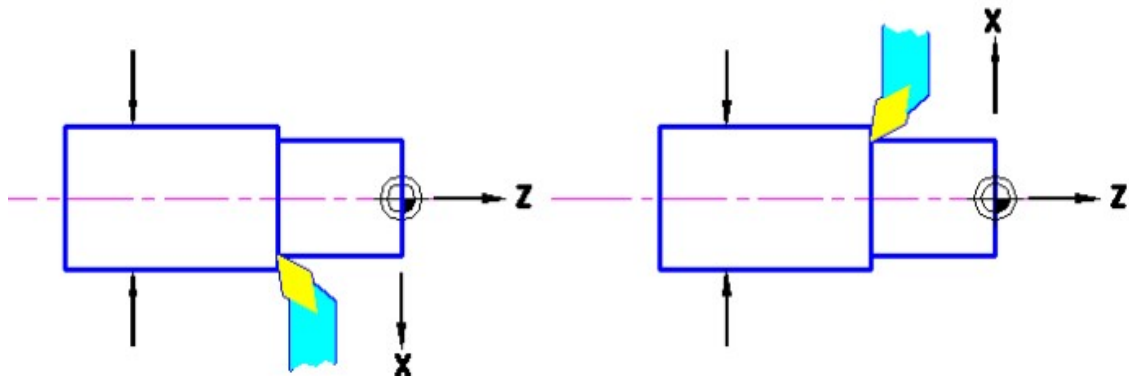
Ova točka određuje radno područje stroja i određena je krajnjim prekidačima. Koristimo ju za kalibriranje mjernog sustava. Prije početka izrade, nakon uključivanja stroja, alat moramo dovesti u točku *R* po svim osima.

**B - Početna točka alata (eng. *Begin point*)**

Od ove točke alat počinje sa obradom i prilikom izmjene alata, alat dolazi u tu točku. Ne mora biti neophodno definirana.

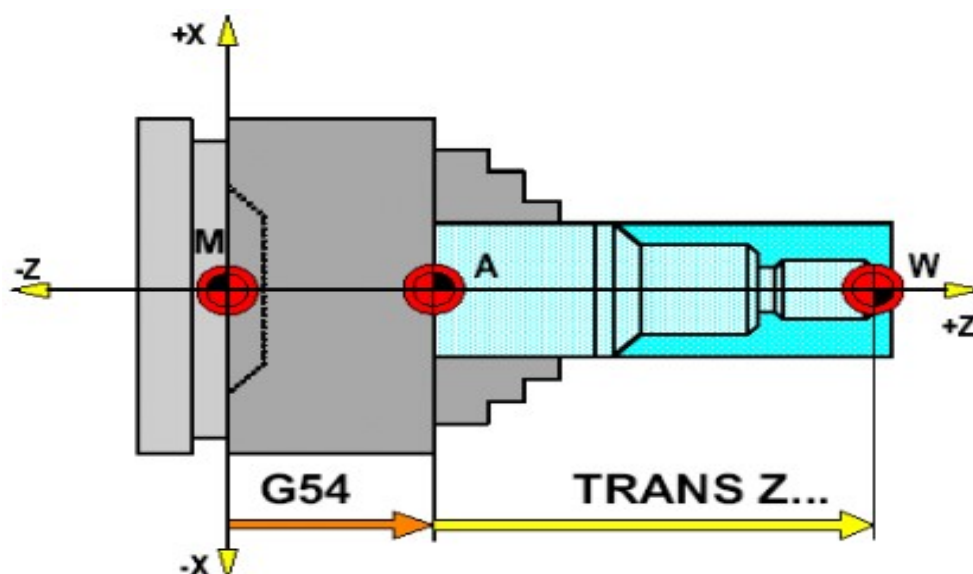
## **1.7 Koordinatni sustav stroja**

Kod CNC strojeva aktivan je strojni koordinatni sustav čije je ishodište u točki *M*. Na tokarilicama se nalazi u osi stezne glave. Kod CNC tokarilica koordinatni sustav je dvoosni. U osi izratka nalazi se os *Z*, a okomito na os izratka je os *X*. Pozitivna os *X* može biti postavljena u jednom ili drugom smjeru što ovisi o položaju alata odnosno stezne glave u odnosu na izradak. Na slici 1.5 prikazan je koordinatni sustav CNC tokarilica. Koordinate s negativnim predznakom označavaju gibanje alata prema radnom predmetu, a koordinate pozitivnog predznaka označavaju gibanje alata od radnog predmeta, [1],[2]



Slika 1.5 Koordinatni sustav CNC tokarilice [2]

Strojni koordinatni sustav nije pogodan za programiranje, jer bi se sve koordinate izratka morale računati s obzirom na točku  $M$ . Zbog toga koordinatni sustav postavljamo kao aktivni sustav i zadavanjem koordinata točaka u koordinatnom sustavu izratka stroj sam prepoznaje te koordinate i preračunava u koordinate strojnog koordinatnog sustava. Koordinatni sustav izratka osim što se može linearno pomaknuti po osima u odnosu na točku  $M$ , može biti i zarotiran. Na tokarilicama se pomak nulttočke  $M$  obavlja pozivanjem funkcija G54 (eng. *Workoffset*). Pozivom naredbe G54 upravljačka jedinica će automatski unijeti vrijednost koordinata točke  $W$ , te se nulttočka mijenja iz pozicije  $M$  (strojne nulttočke) u  $W$  (nulttočku izratka) koja se nalazi na steznoj glavi. A drugim funkcijama G58-G59 ili funkcijom TRANS nulttočka se prenosi na čelo obrađene površine. Na slici 1.6 prikazan je pomak nulttočke kod tokarilice.



Slika 1.6 Pomicanje nulttočke kod tokarilice [2]

## 2. CNC TOKARILICE

Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica pretežito rotacijskih površina simetričnog i nesimetričnog oblika. Isto tako je moguća obrada ravnih površina i nekih drugih oblika ako su slični rotacijskim tijelima. Tokarenje se izvodi na alatnim strojevima tokarilicama. Na slici 2.1 prikazana je CNC tokarilica. Glavno gibanje (G) je kružno i izvodi ga obradak. Posmično gibanje (P) je pravolinijsko kontinuirano u ravnini koja je okomita na pravac brzine glavnog gibanja i pridruženo je alatu. Os glavnog gibanja zadržava svoj položaj okretanja prema obratku bez obzira na smjer posmičnog gibanja. Dostavno gibanje (D) vrši alat i služi za primicanje i odmicanje alata obratku. Alat koji se koristi za tokarenje je tokarski nož definirane geometrije reznog dijela, s jednom glavnom reznom oštricom.[2]



Slika 2.1 CNC tokarilica

Razvojem NC upravljanja razvijale su se i tokarilice stoga postoje različite vrste stroja. CNC tokarilice se dijele prema položaju radnog vretena na :

- Horizontalne (horizontalno radno vreteno)
- Vertikalne tokarilice

Najviše se primjenjuju horizontalne tokarilice prikazane na slici 2.1, jer su pogodne za serijsku obradu manjih predmeta. Na slici 2.2 prikazana je vertikalna tokarilica koja je rijetka i koristi se za obradu predmeta većih dimenzija.

Kod horizontalnih tokarilica uz pomoć „pravila desne ruke“ određujemo pravac i usmjerenost glavnih osi. Horizontalne tokarilice mogu imati dvije, tri, četiri i šest osi. Pozitivan smjer osi  $X$  ovisi o položaju nosača alata, je li postavljen s prednje ili zadnje strane, a pozitivan smjer osi  $Z$  polazi od radnog vretena i poklapa se sa osi radnog vretena i izlazi prema van. Kako bismo mogli programirati stroj moramo imati informacije o usmjerenosti osi na stroju. Tokarilice s više pokretnih osi imaju i veću mogućnost složenijih obrada izradaka. Tokarilica koja ima dodatnu treću os koja je u apsolutnom modu označena s  $C$ , a u inkrementalnom s  $H$ , ima dodatnu mogućnost izrade žljebova ili poprečnog glodanja. [4],[6],[7]



Slika 2.2 Vertikalna tokarilica [7]

## 2.1 Podjela postupaka tokarenja

Osnovne operacije koje se izvode na tokarilicama dijele se na više kriterija obrade:

1. Prema proizvedenoj kvaliteti obrađene površine:

- Grubo
- Završno
- Fino

2. Prema kinematici postupka:

- Uzdužno
- Poprečno

3. Prema položaju obrađene površine:

- Unutarnje
- Vanjsko

4. Prema obliku obrađene površine:

- Plansko
- Profilno
- Konusno
- Tokarenje navoja
- Okretno

Nadalje u ovome radu su opisi pojedinih postupaka tokarenja.

### a) Uzdužno tokarenje

- Posmično gibanje prikazano na slici 2.3 je paralelno s osi obratka i u smjeru osi rotacije
- Može biti unutarnje i vanjsko



## b) Poprečno plansko tokarenje

- Posmično gibanje prikazano na slici 2.4 je radijalno i okomito na os obratka
- Može biti unutarnje i vanjsko



Slika 2.3 Uzdužno vanjsko tokarenje [7]



Slika 2.4 Poprečno plansko tokarenje [7]

### c) Tokarenje navoja

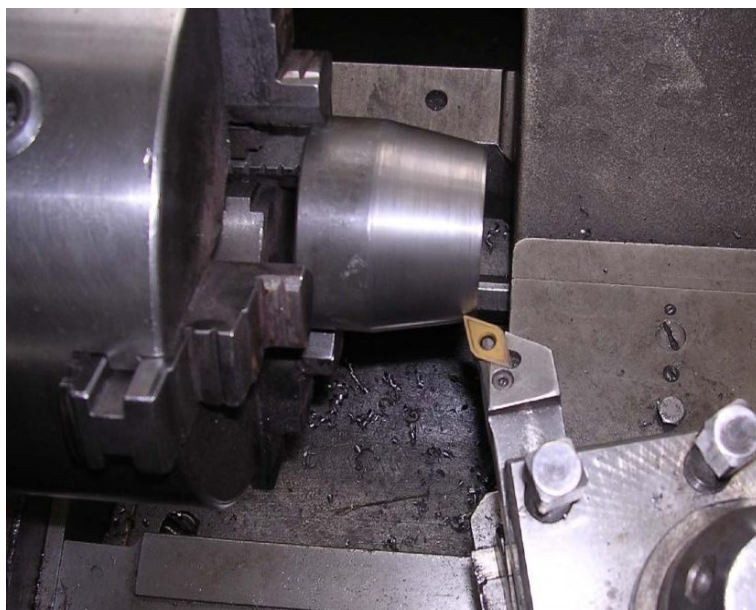
- Posmično gibanje je u smjeru rotacije i definirano je korakom navoja
- Moguće tokarenje unutarnjeg i vanjskog navoja (na slici 2.5 prikazan je postupak tokarenje navoja).



Slika 2.5 Tokarenje vanjskog i unutarnjeg navoja [7]

### d) Konusno tokarenje

- Posmično gibanje je pod nekim zadanim kutom u odnosu na os rotacije
- Može biti unutarnje i vanjsko, konusno tokarenje prikazano je na slici 2.6.









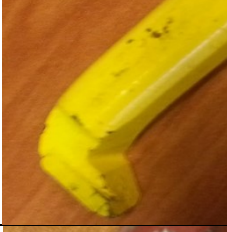

Slika 2.6 Konusno tokarenje [7]

## 2.2 Alati za tokarenje

Prilikom tokarenja potrebno je koristiti ispravne tokarske noževe. Ti tokarski noževi su alati sa definiranom geometrijom reznog dijela. Postoje lijevi i desni tokarski noževi koji se stalno usavršavaju kako bi se povećala kvaliteta i brzina obrade, te smanjilo trošenje samih noževa. Za izradu tokarskih noževa danas se koristi brzorezni čelik, cermet, keramika, dijamant, CBN. Izbor materijala za izradu tokarskih alata ovisi i o vrsti materijala koji se obrađuju, njegovoj tvrdoći, o kvaliteti hrapavosti površine i uvjetima rezanja. Kod CNC tokarilica opremanje stroja s različitim alatima je od bitne važnosti za kvalitetnu izradu. Alati se raspoređuju u revolversku glavu prema redosljedu izrade. Alati se raspoređuju tako da je svaki drugi alat za vanjsko tokarenje ili za unutarnju obradu, čime su jedni alati s parnim brojevima, a drugi s neparnim brojevima. Svakom se alatu može dodijeliti broj vezan za korekciju dimenzija alata. Korekcija alata je postupak uklanjanja odstupanja dimenzija alata, odnosno ispravljanje vrijednosti razlike koordinata vrha oštrice promatranog alata u odnosu na pravi alat. Glavni uzrok korekcije alat je istrošenost samog alata. U Tablici 2.1 prikazani su alati koji se koriste na CNC tokarilici HobbyMat MD65.[2],[9]

Tablica 2.1 Tokarski noževi sa CNC tokarilice HobbyMat MD65

Br.	Popis	Slika
1.	Tokarski nož ISO7 12X08 P20 S-935 Alat za vanjsko tokarenje	
2.	Tokarski nož ISO2 10X10 S-975 Alat za vanjsko tokarenje	
3.	Tokarski nož ISO13 10X06 P20 S-999 Alat za vanjsko tokarenje	

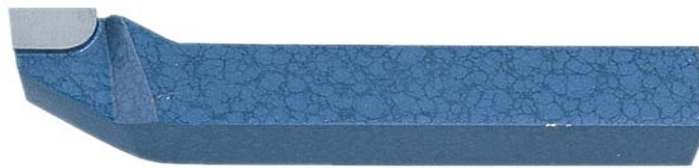
4.	Tokarski nož ISO6 10X10 S-981 Tokarski nož za vanjsko tokarenje	
5.	Tokarski nož ISO2 10X10 S-981 Alat za vanjsko tokarenje	
6.	Tokarski nož ISO12 10X10 P20 S-1020 Alat za unutarnje tokarenje	
7.	Tokarski nož ISO 14 10X10 M20 S-1002 Alat za unutarnje tokarenje	
8.	Tokarski nož ISO9 10X10 S-287 Alat za unutarnje tokarenje	

Alat za tokarenje sastoji se od dva osnovna elementa, a to su drška tokarskog noža i rezni dio. Osnovna uloga drške je prihvat alata na alatnom stroju i prijenos sile rezanja. Za odvajanje čestica koristi se rezni dio alata s posebno definiranom geometrijom rezne oštrice za pojedini postupak obrade.

Alati za tokarenje izrađuju se na sljedeća dva načina:

1. Tokarski nož izrađen iz jednog komada, kao takav se brusi na potreban oblik prikazan na slici 2.7.

2. Tokarski nož izrađen iz dva dijela ( slika 2.8). Rezni dio noža je pločica koja je izrađena od tvrdog materijala, cermeta i keramike. Pločica je pričvršćena na dršku noža pomoću vijaka radi lakše zamjene ili lemljenjem pločice. Drška tokarskog noža je dio na koji pričvršćujemo reznju pločicu, a ona je napravljena od jeftinijeg i žilavijeg materijala.



Slika 2.7 Tokarski nož iz jednog komada



Slika 2.8 Tokarski nož izrađen od više dijelova

### 2.3 Parametri obrade za tokarenje

Prilikom obrade materijala tokarenjem potrebno je definirati sljedeće parametre:

- Brzina rezanja
- Posmak
- Dubina rezanja

Prilikom obrade bitno je odrediti točno parametre jer oni utječu na ekonomičnost i kvalitetu obrade koja je ograničena zbog međusobne povezanosti parametara obrade.

Vrijednosti parametara se biraju na osnovi:

- Vrste materijala obratka
- Vrste materijala reznog alata
- Geometrije alata (kutovi, dimenzije, radijus vrha pločice)
- Vrste obrade (gruba, srednja ili završna)

**Brzina rezanja  $v_c$  [ m/s]** je brzina kojom se materijal kreće prema oštrici alata. Glavnu brzinu rezanja ima obradak. Glavni kriteriji koji se uzimaju u obzir prilikom određivanja brzine rezanja su: snaga stroja, kvaliteta površine, trošenje alata, produktivnost i ekonomičnost. Prevelika brzina rezanja može dovesti do trošenja alata i loma alata što uzrokuje potencijalno opasne uvjete rada. Izbor brzine rezanja ovisi o odabranoj dubini rezanja i odabranom posmaku. Mjeri se u broju metara u minuti, a određuje se prema formuli:[8]

$$v_c = D \times \pi \times n$$

gdje je :

$v_c$  = brzina rezanja m/s

D = promjer obratka

Broj okretaja obratka ( brzina vrtnje vretena)

Na temelju brzine rezanja možemo izračunati brzinu vrtnje vretena po sljedećoj formuli:

$$n = \frac{v_c}{D \times \pi}$$

**Posmak  $f$  [mm]** je put koji prolazi glavna oštrica u smjeru posmičnog gibanja za jedan okretaj obratka, okomit je na glavnu brzinu rezanja  $v_c$ . Izbor brzine posmaka ovisi o kvaliteti površinske obrade, sili rezanja (tvrdoća materija i dubina rezanja). Pri gruboj obradi posmak je vezan za geometriju pločice i prilikom izbora posmaka moramo paziti na

snagu stroja, trošenje alata i polumjer vrha alata. Kod fine obrade jedini čimbenik koji ograničava posmak je hrapavost obrađivane površine,  $R_t$ .

Vrijednost posmaka možemo odrediti iz izraza za teorijsku hrapavost površine: [8]

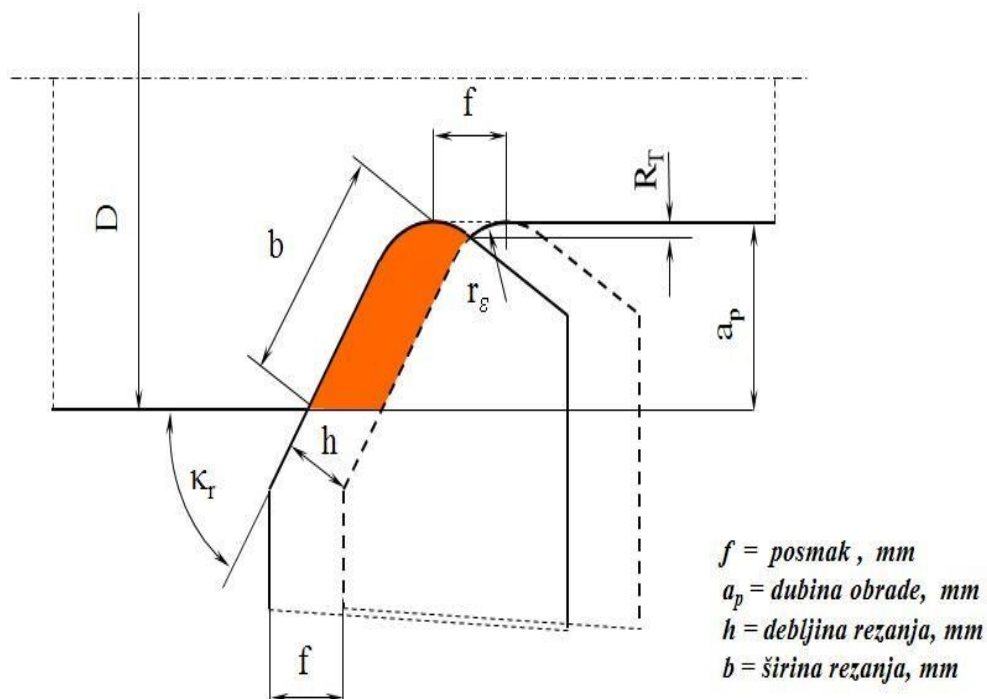
$$R_t = \frac{f^2}{8r_e}$$

$R_t$  – hrapavost površine

$f$  – posmak [mm]

$r_e$  - radijus vrha alata [mm]

**Dubina obrade  $a_p$  [mm] (dubina rezanja)** izravno je povezana s vrstom obrade koju želimo izvršiti, uvjetima rezanja i strojem na kojemu će biti izvršena obrada. Dubina obrade je veličina odvojenog sloja materijala definirana razmakom između neobrađenog i obrađenog dijela površine, mjerena okomito na obrađenu površinu. Zbog napretka tehnologije i povećanja kvalitete alata moguća je obrada materijala u jednom prolazu, no ako to nije moguće onda se određuje najveća moguća dubina obrade s obzirom na vrstu obrade (gruba ili fina obrada), snagu stroja i kvalitetu materijala. Na slici 2.9 prikazani su svi parametri obrade prilikom tokarenja: [8]



Slika 2.9 Parametri obrade [8]

## 2.4 Osnovni dijelovi tokarilice Hobbymat MD65

Školska tokarilica Hobbymat MD65 sa upravljanjem prikazana na slici 2.10, je posebna vertikalna tokarilica koja ostvaruje gibanja po X i Z osima, pokretana je stepper motorima Nema 23. To je uredan i dobro dizajniran mali tokarski stroj koji je korišten od strane kreatora manjih strojnih dijelova i zlatara. Dimenzije stroja su 65 mm visine i 300 mm dužine između dva centra. Vreteno pokreće motor ENG63 G-2 snage 250w / 220V / 50Hz, a brzina okretanja vretena iznosi od 250-2000 okretaja u minuti. Ukupna težina tokarilice iznosi 45 kg. U daljnjem tekstu precizno će biti opisani dijelovi tokarskog stroja Hobbymat MD65. [9]



Slika 2.10 Tokarilica Hobbymat MD65 sa upravljanjem

Brzina okretanja vretena 250,500,1000,2000 rpm

Dubina bušenja 35 mm

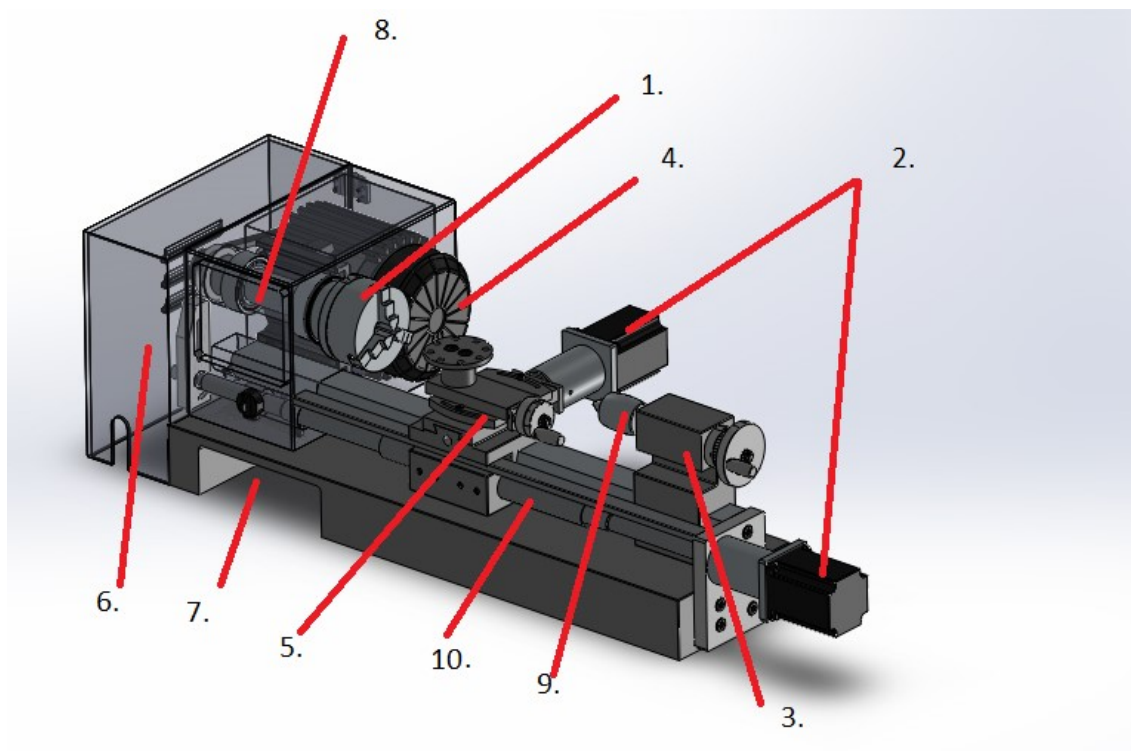
Dužina tokarilice 840mm

Težina tokarilice 45 kg

Snaga motora 250w

Max. Razmak između dva centra ( Stezna galva , konjić) 300 mm





Slika 2.11 Prikazan je 3D prikaz stroja Hobbylat MD65

1. Tročeljusna stezna glava
2. Steper motori *nema 23*
3. Konjic
4. Pogonski motor
5. Držać noža
6. Poklopac motora
7. Prostor za on/off prekidače
8. Vratilo stezne glave
9. Kirner
10. Vodicica navojnog vretena sa zaštitama
11. Podnožje tokarilice Hobbylat MD65

## 1. Tročeljusna stezna glava

Kod tokarilice Hobby mat MD65 na glavnom motoru EAM 63 G2 AK 12 220V nalazi se tročeljusna stezna glava koja je prikazan na slici 2.12. Dizajniran je tako da se stezanje obradaka izvodi s vanjske strane ili unutarnje ako se stežu predmeti cilindričnog oblika posebnim ključem. Prilikom stezanja sve čeljusti se pomiču ravnomjerno i na taj način je postignuto brzo i efikasno stezanje predmeta. Na steznoj glavi nalaze se pomične čeljusti. Svaka čeljust ima svoj redni broj od 1 do 3 i svaki utor je označen sa slovima A;B;C. Prilikom izmjene čeljusti mora se paziti na redosljed tih brojeva, odnosno prvo se postavlja čeljust sa rednim brojem 1 u utor sa slovom A, zatim sa rednim brojem 2 u utor sa slovom B, pa na kraju s rednim brojem 3 u utor sa slovom C. Vrlo je bitno pratiti redosljed postavljanja tih čeljusti jer kada se stegnu do kraja one moraju biti u centru i sa svih strana ravnomjerno i čvrsto pridržavati obradak. Prilikom obrade postoje dva načina stezanja predmeta, vanjsko stezanje gdje su čeljusti okrenute tako da im špičasti kraj podupire predmet, na taj način stežemo osovine i unutarnje stezanje gdje su čeljusti okrenute tako da je ravni dio čeljusti okrenut prema središtu, a stezanje se izvodi pomoću stepenastog dijela čeljusti, prikazano na slici 2.13. S čeljustima u normalnoj poziciji moguće je stegnuti predmete u rasponu veličine promjera od 2 mm do 30 mm. Za veće promjere koristimo unutarnje stezanje prilikom čega okrećemo čeljusti i tako možemo stezati cjevaste predmete promjera od 56 mm. [9],[3],[6]

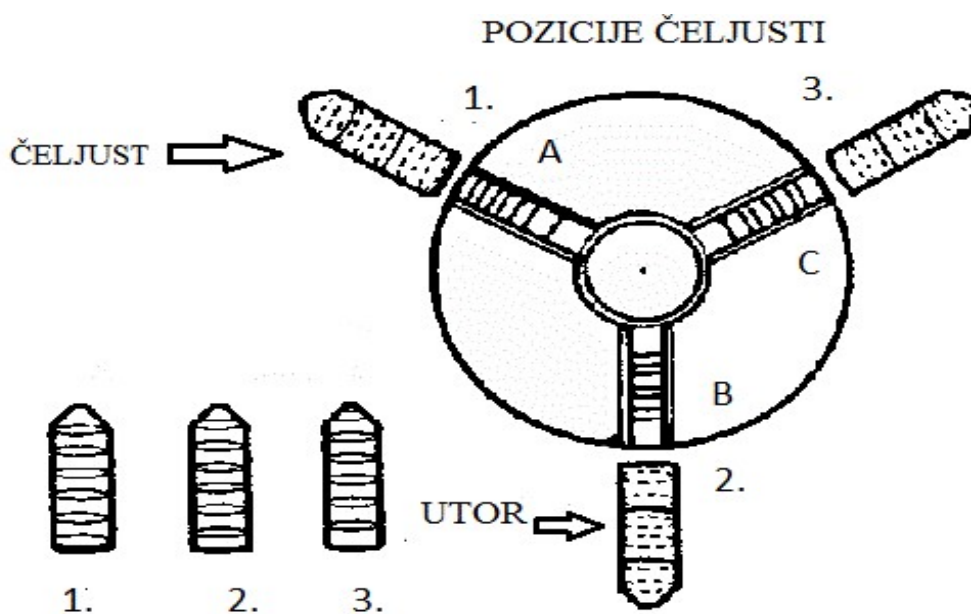


Slika 2.12 Tročeljusna stezna glava



Slika 2.13 Prikaz čeljusti stezne glave

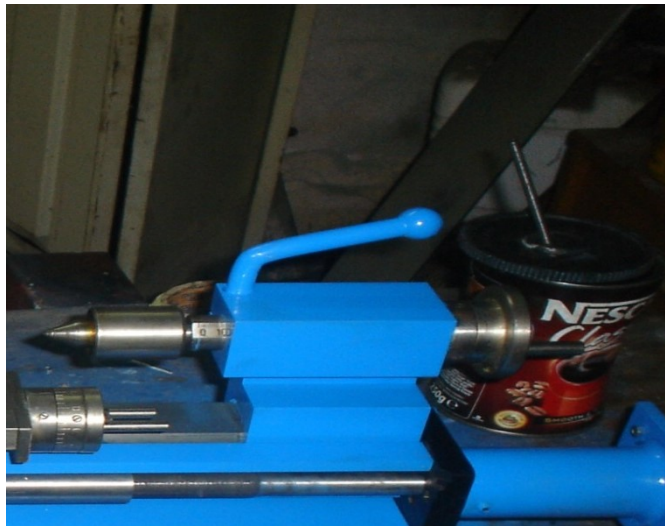
Prilikom izmjene čeljusti koja je prikazana na slici 3.14, najveći problem je postaviti navoj u utoru kako bi prilikom postavljanja sve čeljusti bile u centru, stoga nikada ne treba koristiti veliku silu prilikom izmjene i ako se pojavi kakva prepreka i čeljust ne putuje po navoju glatko, onda je potrebno očistiti utor od strugotine i ponovno postaviti čeljusti preporučenim redoslijedom da se brojevi i slova podudaraju 1-A, 2-B, 3-C.



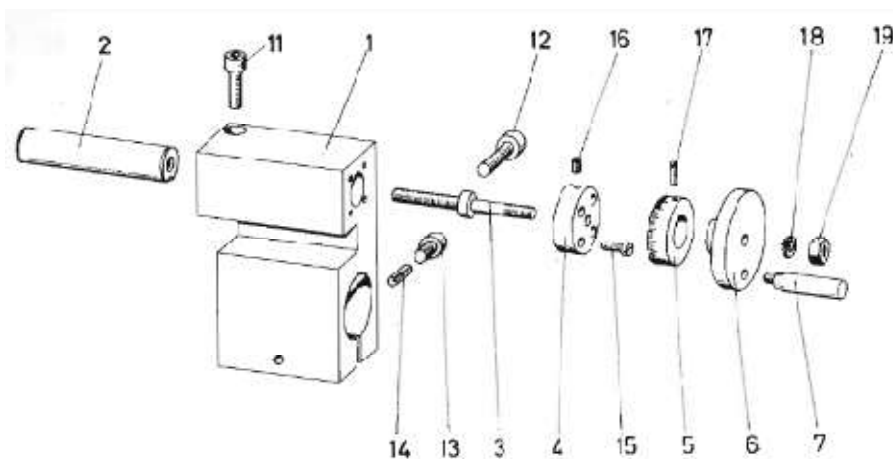
Slika 2.14 Primjer zamjene Čeljusti

## 2. Konjić

Na kraju kliznih vodilica tokarilice nalazi se dio tokarilice koji se zove konjić prikazan na slici 2.15. Njegova glavna uloga u procesu tokarenja je centriranje dugačkih dijelova zbog što točnije obrade. Na njemu se osim unutarnjeg i vanjskog obodnog tokarenja, konusnog tokarenja, planskog tokarenja, urezivanja i odrezivanja, profilnog i krivuljnog tokarenja mogu izvoditi operacije bušenja, upuštanja, razvrtnja, rezanja unutarnjih i vanjskih navoja, ljuštenja, iztokarivanja. Na istoj toj vodilici kod cnc tokarilice HobbyMat MD65 nalazi se ispred konjića i držač alata koji se pomiče u smjeru X-osi i Z osi, slika 2.16 pokazuje dijelove kojića a u tablici 2.1 su navedeni ti dijelovi. [9][3]



Slika 2.15 Konjić na HobbyMat MD 65 CNC tokarilici



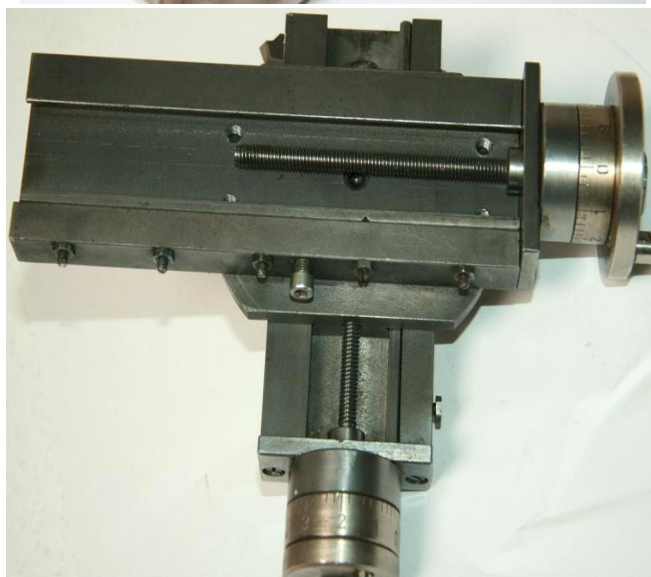
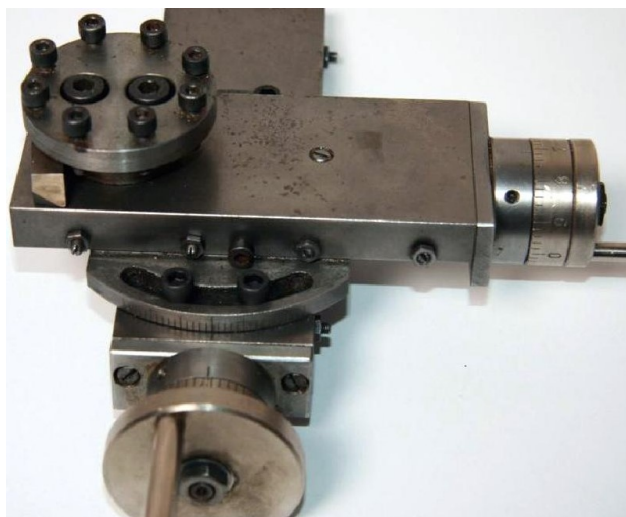
Slika 2.16 Detaljan prikaz dijelova konjića tokarilice

Tablica 2.2 Popis dijelova konjića tokarilice

BR	OPIS
1.	Tijelo konjica
2.	Pozicioner sa skalom
3.	Navojno vreteno pozicionera
4.	Kontrolno kućište vijka
5.	Prsten sa brojčanom skalo po obodu
6.	Volan za okretanje pozicionera
7.	Drška volana
11.	Vijak za pritezanje pozicionera M8 X 25
12.	Vijak za pritezanje vretena M8 X 35
13.	Vijak M8 X 14
14.	Stožasti klin 5 X 20
15.	Vijak za kontrolno kućište M4 X 14
16.	Štif vijak M4 X 6
17.	Vijak M4 X 12
18.	Pločica za vijak A8
19.	Matica za volan BM8

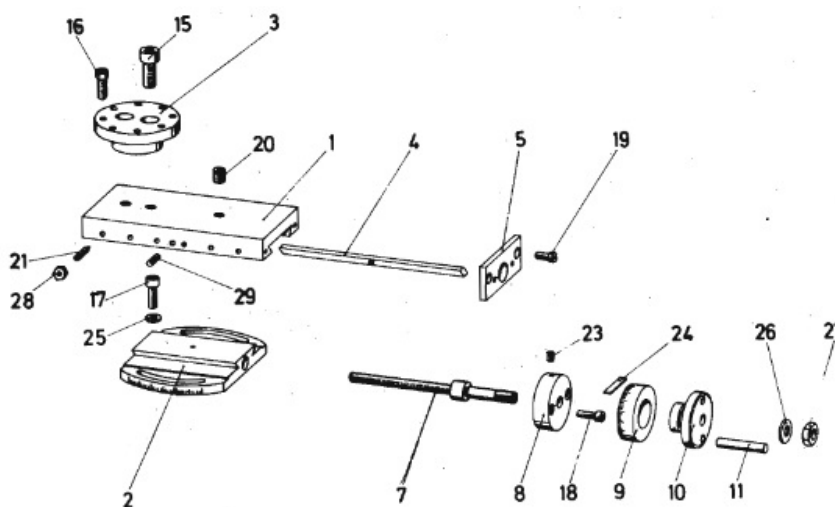
### 3. Držać noža

Na uzdužnoj vodilici CNC tokarilice nalazi se navojno vreteno ukupne dužine 740 mm na kojoj je urezan navoj M18. Ona prolazi kroz nosač na kojemu se nalazi držać noža prikazan na slici 2.17. Postolje s nosačem noža giba se u smjeru +/- Z osi, odnosno prema i od stezne glave. Sami držać noža je dio tokarilice na kojega stavljamo i pričvršćujemo rezne noževe. On je fiksiran i nema mogućnost automatske izmjene alata već sve činimo ručno pomoću odgovarajućih ključeva za stezanje. Sam nosač držača noža ima u sebi osovinu s navojem M6, koja prolazi kroz postolje na koje je postavljen držać noža. To postolje ima mogućnost gibanja u smjeru +/- X-osi. [9],[3]



Slika 2.17 Postolje sa držačem noža

Na slici 2.18 prikazan je detaljan prikaz svih dijelova koji se nalaze na držaču alata, a u tablici 2.2 navedeni su svi dijelovi.



Slika 2.18 Detaljan prikaza dijelova držača alata

Tablica 2.3 Popis dijelova držača alata

BR	NAZIV
1.	Postolje držača alata
2.	Baza držača alata
3.	Blok prihvata alata
4.	Klin sa utorom
5.	Krajnja pločica
7.	Navojno vreteno M6
8.	Kontrolno kućište navojnog vretena
9.	Prsten sa skalom
10.	Volan za okretanje vretena
11.	Ručica za volan 6m X 36 m
15	Vijak za držanje bloka alata M8 X 20
16.	Vijak za držanje alata M5 X 16
17	Vijak za držanje glave M5 X 16
18.	Vijak za kućište vretena M4 X 14
19.	Vijak za krajnju pločicu M4 X 10
20.	Vijak za glavu držača alata M8 X 8
21	Vijak za stezanje klina sa utorom M4 X 16
23	Štif vijak M4 X 6
24.	Vijak M4 X12
25	Pločica za vijak 5,3
26	Pločica za vijak 8,4
27	Matica BM 8
28	Matica BM 4

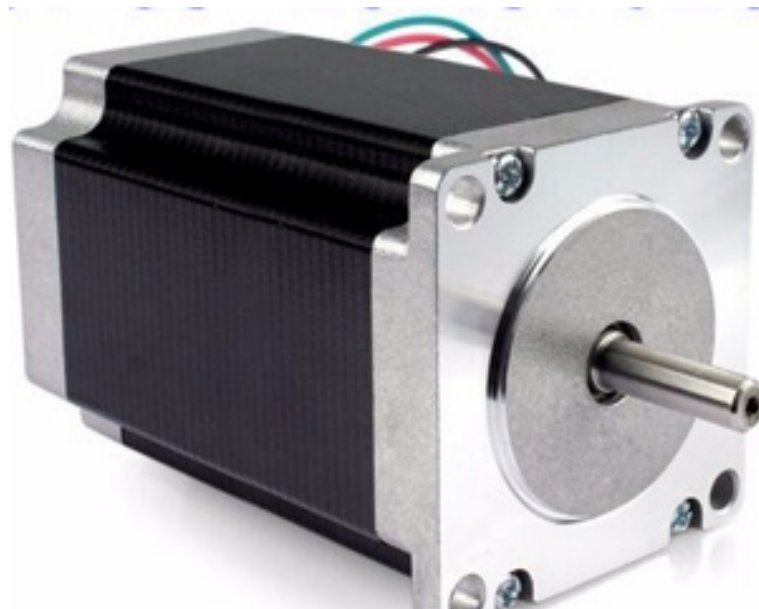
## 2.5 Energetski dio stroja

U ovom poglavlju biti će opisni koračni motori *Nema 23* koje koristimo kao pogon x i z osi i elektronski dio koji se koristi za upravljanje motorima i komunikaciju između CNC tokarilice i programa mach3.

### 2.5.1 Koračni motori

Za pogonski dio stroja izabrani su koračni motori *nema 23*. U daljnjem tekstu detaljno je objašnjena primjena i karakteristike koračnih motora.

Koračni motori su elektromehanički pretvornici energije koji električne impulse pretvaraju u diskretne mehaničke pomake. Osovina motora rotira u diskretnim koracima kada se šalju ispravne sekvence naredbi. Uz poznavanje kuta zakreta koraka u svakom trenutku se nakon niza impulsa zna rotacija motora. Na koračne motore se može gledati kao na električne motore bez komutatora. Uobičajeno za njih je da su svi namotaji dio statora, a rotor je permanentni magnet ili nazubljeni blokovi mekog magnetskog materijala. Na slici 2.19 prikazan je koračni motor. [5]



Slika 2.19 Koračni motor [5]



Karakteristike koračnih motora:

- kut rotacije je proporcionalan ulaznom impulsu,
- motor (pod napajanjem) u mirovanju drži maksimalni moment,
- precizno pozicioniranje i ponovljivost,
- brzi odzivi na pokretanje, zaustavljanje i promjenu smjera vrtnje,
- pouzdanost (nema četkica pa životni vijek ovisi prvenstveno o ležajevima),
- jednostavno upravljanje i cijena,

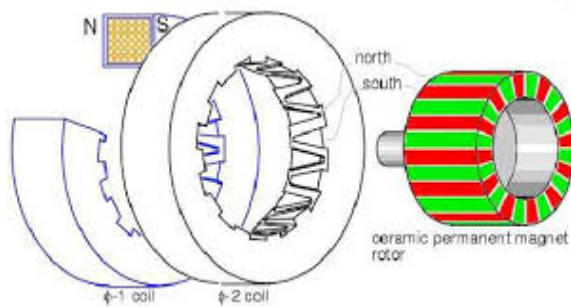
Nedostaci koračnih motora su zahtjevnije upravljanje pri velikim brzinama, prilikom neadekvatnog upravljanja dolazi do pojave rezonancije te fiksni korak. Koračni motori se dijele prema:

- vrsti uzbude: permanentni, elektromagnetski,
- broju faza: 1 – 6,
- broju para polova: 1 – 90 (serijski), 1 – 4 (stalni magneti),
- načinu gibanja: rotacijski, linearni

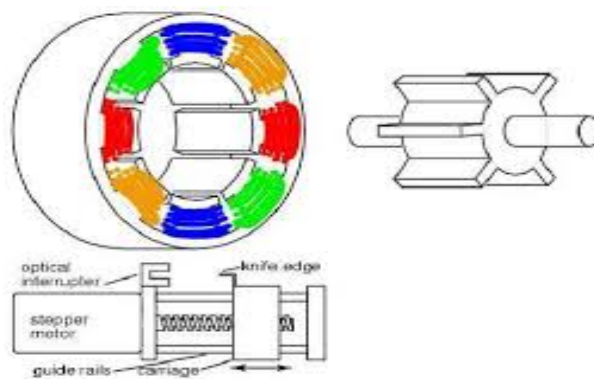
Prema strukturi građe na tržištu razlikujemo tri vrste koračnih motora:

- sa stalnim magnetima (eng. *Permanent Magnet, PM*),
- reluktantni (reaktivni) motori (eng. *Variable Reluctance, VR*),
- hibridni motori (eng. *Hybrid, HB*)

Motore sa stalnim magnetom (PM) i reluktantne motore (VR) se može jednostavno razlikovati kada se ručno zarotira osovina (motori nisu pod napajanjem). Kod PM motora se osjeti veći otpor pri zakretanju i izraženiji su koraci motora zbog permanentnog magneta. Ovi motori imaju malu rezoluciju. Tipični koračni kutovi su između  $7,5^\circ$  i  $15^\circ$  te postižu veće snage i momente od reluktantnih. Na slici 2.20 prikazan je koračni motor sa permanentnim magnetima. VR motor pri ručnom zakretanju okreće puno slobodnije na slici 2.21 prikazan je reluktantni koračni motor. Može ih se razlikovati i mjerenjem otpora između namotaja. VR motori imaju 3 (nekad 4) namotaja s jednom zajedničkom žicom (eng. *common return*) dok PM motori redovito imaju dva odvojena namotaja od kojih svaki namotaj može (ali ne mora) imati centralni izvod. Hibridni motori razlikuju se od PM motora najviše u principu upravljanja i polako ih zamjenjuju.[5],[7]



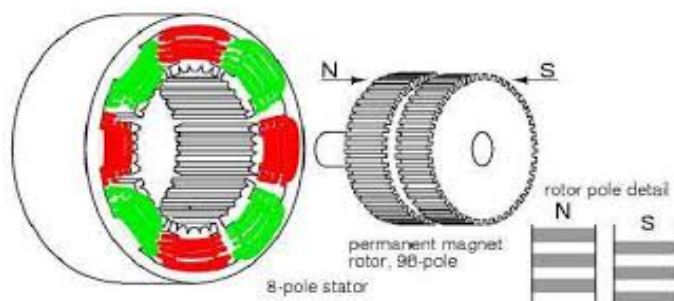
Slika 2.20 Koračni motor sa permanentnim magnetom (PM) [5]



Slika 2.21 Reluktantni koračni motor (VR) [5]

- **Hibridni koračni motori**

Hibridni koračni motori rade na kombinaciji rada permanentnih magneta i motora s promjenjivom reluktancijom. Stator i namotaji odgovaraju onima kakve imaju reluktantni motori. Ovaj tip motora ima visoku preciznost i veliki moment, a može se konfigurirati i za koračne kutove od  $1,8^\circ$ . Slika 2.22 prikazuje hibridni koračni motor.



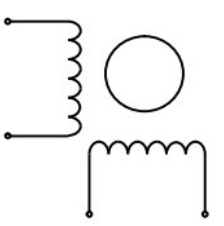
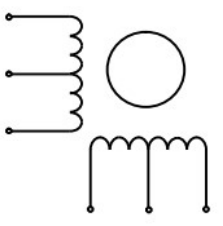
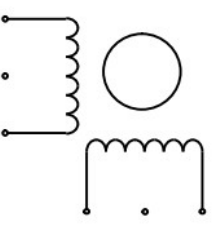
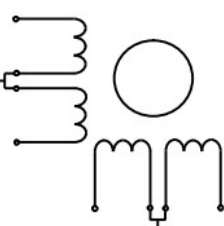
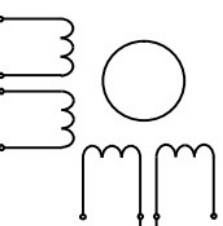
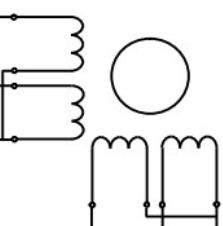
Slika 2.22 Hibridni koračni motor. [5]

Osim prema građi, koračne motore se na tržištu može razlikovati i prema spoju namotaja:

- unipolarni,
- bipolarni,
- bifilarni

Unipolarne motore se može prepoznati po 5 ili 6 žica na koje se spaja upravljački sklop. Mogu biti u PM ili HB izvedbi a karakterizira ih centralni izvod (eng. *Center Tap*) na svakom namotaju. Na jedan od ta dva izvoda (pola) ulazi struja za pokretanje motora pa otuda naziv unipolarni motori. U praksi su se često ovi motori nazivali četverofazni zbog centralnih izvoda koji svaku od faza fiktivno dijele na još dvije. Bifilarni motori imaju geometriju rotora i statora kao kod bipolarnih motora. Umjesto spoja jedne žice na svaku jezgru statora kao kod bipolarnih motora, bifilarni spoj namotaja koristi dvije žice koje su međusobno povezane u paralelu pa ti motori imaju 8 žica. Ovi motori mogu se spojiti u unipolarni ili bipolarni format. Na tržištu su ranije često bili bipolarni motori sa 6 žica koji su u stvarnosti bili bifilarni motori „prespojani“ kao bipolarni. Kod prespajanja namotaja, primjerice unipolarni motor u bipolarni i izostavljanje centralnog izvoda, preporuka je da se nazivni napon koji proizvođač propisuje poveća, a nazivna struja smanji. U tablici 2.4 prikazani su načini spajanja motora.[7]

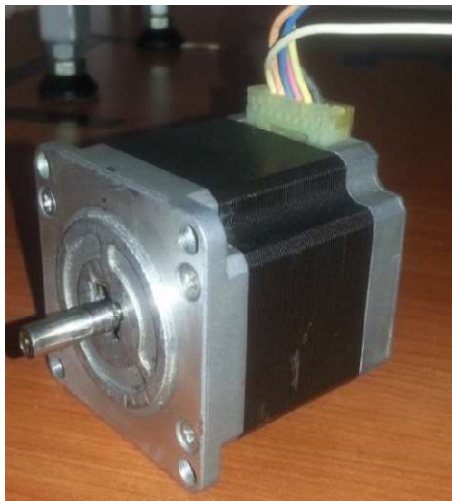
Tablica 2.4 Spajanje namotaja motora [7]

Bipolarno (4 žice)	Unipolarno (6 žica)	Bipol. serijski (6 žica)
		
Unipolarno (8 žica)	Bipol. serijski (8 žica)	Bipol. paralelno (8 žica)
		

Na CNC tokarilici HobbyMat MD65 koriste se bipolarni koračni motori prikazani na slici 2.23, te su navedene i karakteristike motora. Za prijenos momenta sa motora na upravljivu os korištene su spojke PHE L050HUB i PHE L050NR SKF prikazane na slici 2.24, na slici 2.25 prikazan je način montiranja motora na CNC tokarilicu pomoću metalnog držača.

Karakteristike bipolarnog koračnog motora:

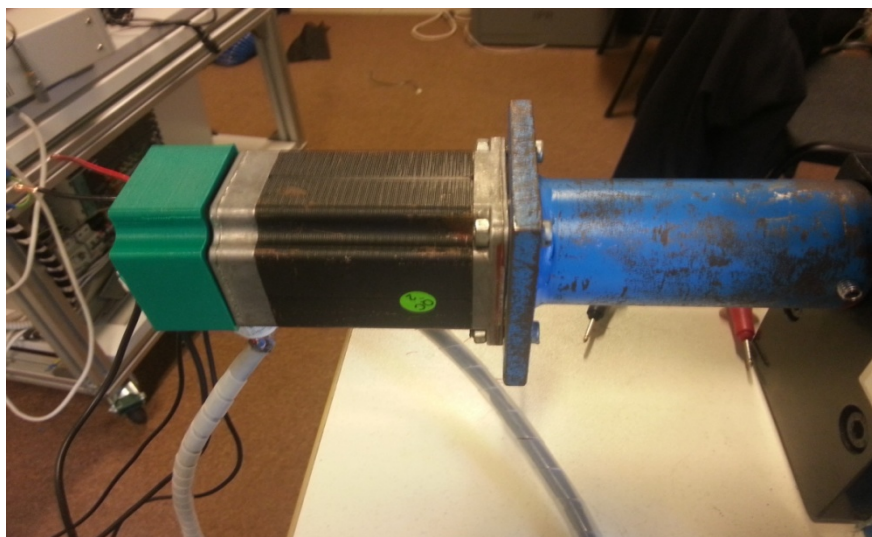
- Kut koraka  $1.8^\circ$  za  $360^\circ$  potrebno je 200 koraka
- Nazivna struja 3A
- Otpor  $0.77 \Omega$
- Indukcija po zavojnici je 3.6 mH
- Inertnost rotora  $480 \text{ g/cm}^2$
- Dužina 76mm, masa motora 0.9 Kg
- Promjer osovine 6.35 mm



Slika 2.23 Bipolarni koračni motor



Slika 2.24 SKF spojka

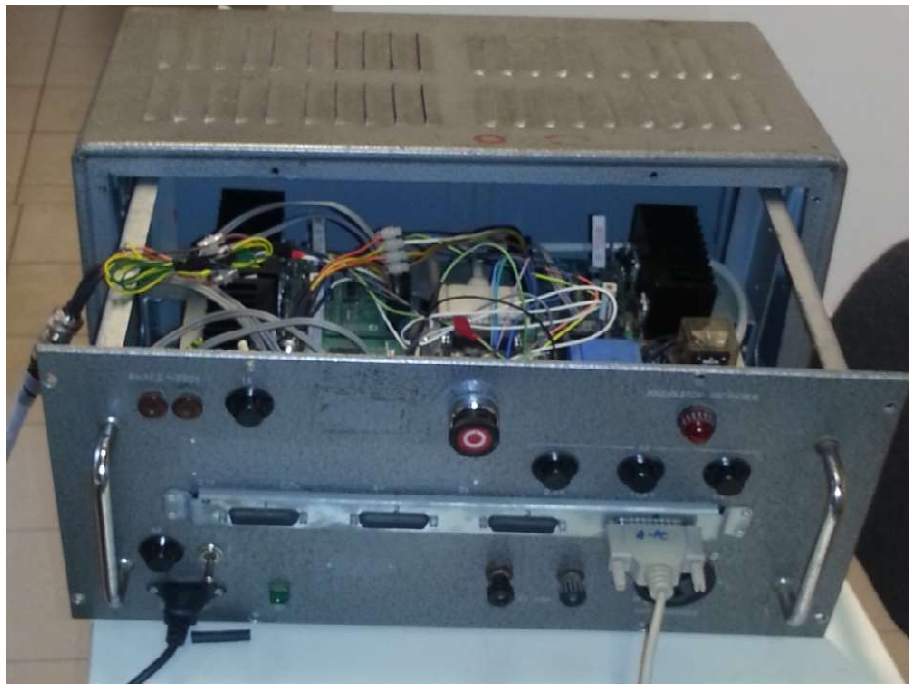
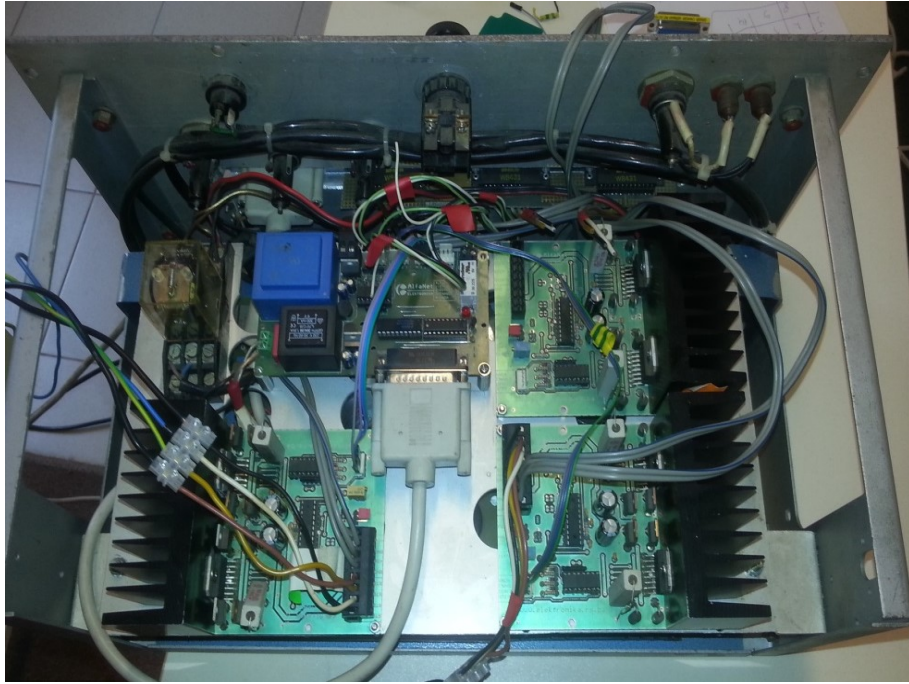


Slika 2.25 Postavljanje motora na CNC tokarilicu

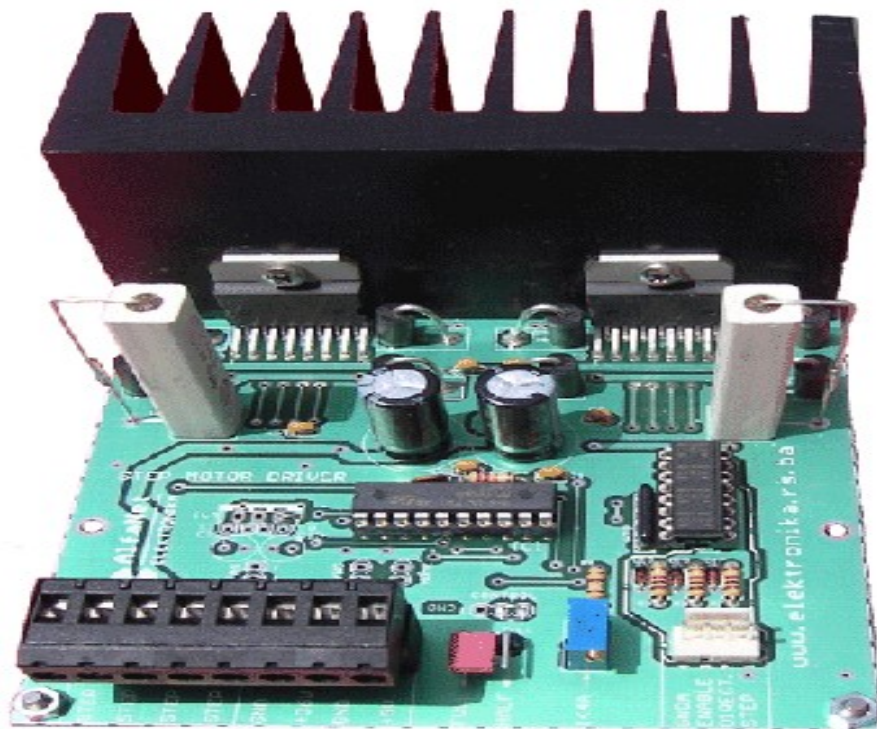
### ***2.5.2 Upravljačka elektronika***

Sam rad koračnih motora diktira upravljačka elektronika prikazana na slici 2.26. Potrebno je poznavati strukturu i mogućnosti upravljačke elektronike, jer bez nje motori su beskorisni. Glavni zadatak upravljačke elektronike je uspješno povezati računalo (ili mikrokontroler) s izvršnim elementima. Oni interpretiraju programske naredbe i parametre te ih realiziraju preko aktuatora. U engleskoj terminologiji kada se govori o upravljačkoj elektronici namijenjenoj kontroli koračnih motora govori se o driverima.

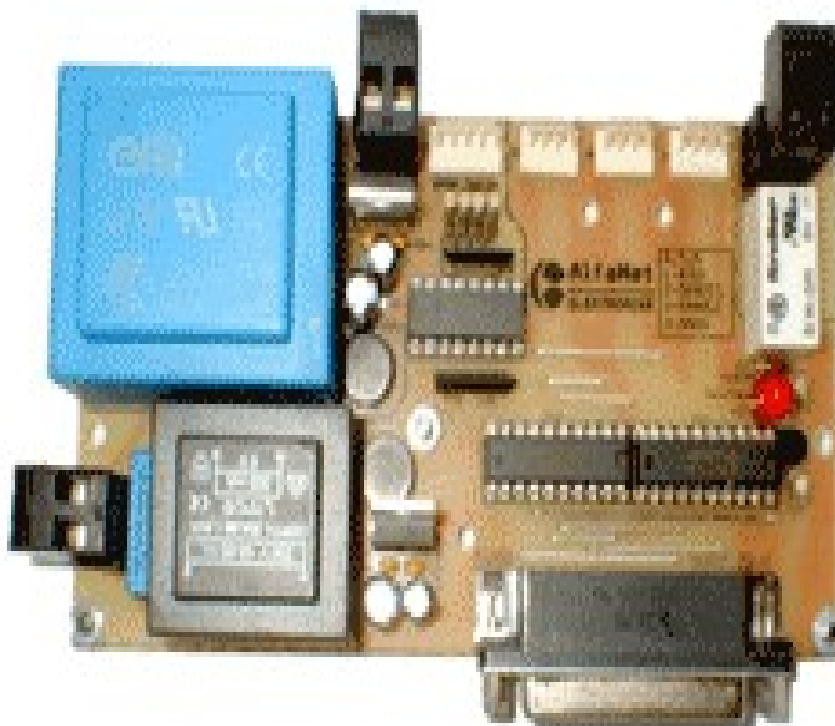
U ovom poglavlju opisat će se upravljačka elektronika sa drajverom za upravljanje koračnih motora sa mogućnošću regulacije struje do 4A. Upravljačka ploča može se montirati bilo gdje i pomoću nje možemo povezati sve komponente u jednu cjelinu koja će savršeno funkcionirati. Osnovni dio elektronike su strujno krugovi koji se sastoje od seta čipova L298 prikazani na slici 2.27. Imaju visoku točnost upravljanja i mogućnost postavljanja načina rada pomoću jumpera na korak / polukorak, imaju zaštitu od nadstrujnog preopterećenja i od toplinskog preopterećenja. Za povezivanje PC sa elektronikom koristi se ulazna izlazna kartica prikazana na slici 2.28. na ovoj kartici ugrađeni su potrebni izvori napajanja za elektroniku, na pločici se nalazi i Relej Iskra PR41C 220V 50Hz za pokretanje motora stezne glave prikazan na slici 2.29.[12]



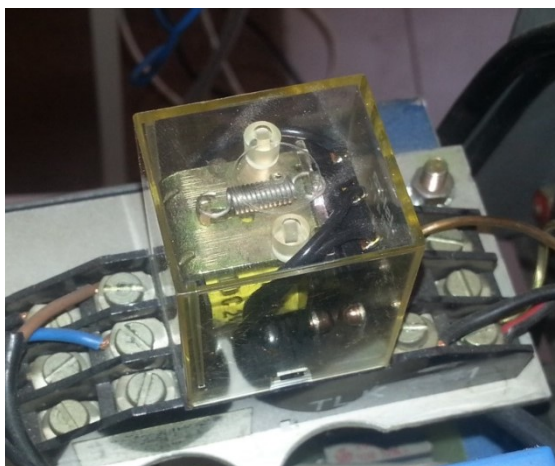
Slika 2.26 Upravljačka elektronika



Slika 2.27 Elektronski sklop sa čipom L298

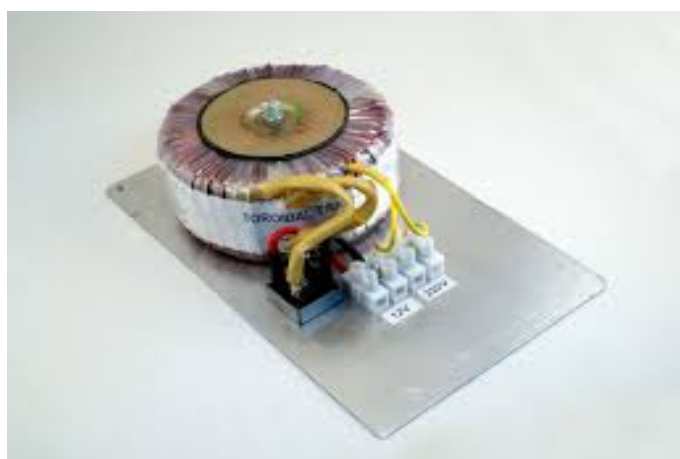


Slika 2.28 Ulazno Izlazna kartica CNC\_INT



Slika 2.29 i Relej Iskra PR41C 220V 50Hz

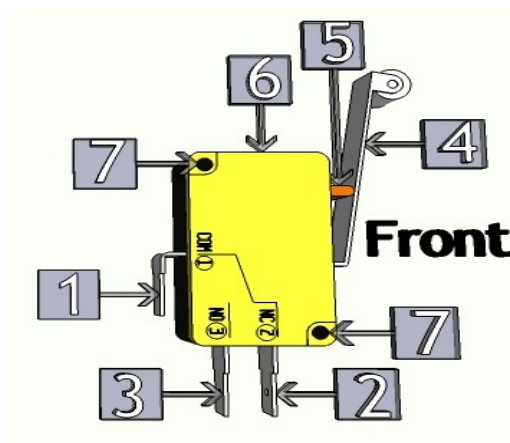
Najjednostavniji odabir napajanja je prema nazivnim strujama motora koje propisuje proizvođač. Napajanje elektronike je torusni transformator 800VA, 36VDC koji se koristi za pokretanje koračnih motora , prikazan je na slici 2.30.



Slika 2.30 Torusni transformator 800VA, 36VDC

Negativne strane koje se mogu javiti prilikom upravljanja motorima su trzaji i vibracije koje mogu dovesti do preskakanja koraka. Samo podešavanje napona radi bolje regulacije motora je zahtjevan posao i mora se dobro poznavati stroj i njegov upravljački dio kako bi se podesio na idealne parametre. Za pozicioniranje osi koriste se mehanički mikroprekidači. Na donjoj slici 2.31 prikazan je mikroprekidač. Karakteristike mikroprekidača su tri izvoda: NO (eng. *Normally open*), NC (eng. *normally closed*) i uzemljenje ili zajednički izvod (eng. *Common*). U tablici 2.5 navedeni su dijelovi mikroprekidača. Praktično je što se više mikroprekidača može spojiti u seriju ili paralelu i time se smanji broj iskoristivih pinova na paralelnom portu.





Slika 2.31 Mikroprekidač

Tablica 2.5 Popis dijelova mikroprekidača

1.	Pin 1 Signal IN
2.	Pin 2 Normalno otvoreni krug NO
3.	Pin 3 Normalno zatvoreni krug NC
4.	Prekidačka ručica sa valjkom
5.	Switch aktuator
6.	kućište
7.	Točke pričvršćenja

Prilikom izrade CNC tokarilice na X- osi spojena su dva mikroprekidača u seriju na NC kontakt, kao i na Z-osi, ukupno koristimo 4 mikroprekidača, za određivanje početne ( eng. Home ) pozicije na slici 2.32 prikazan je mikroprekidač koji se koristi na CNC tokarilic HobbyMat MD65.



Slika 2.32 Mikroprekidač na CNC tokarilici HobbyMat MD65

Osim prikazanih elemenata dio upravljačke elektronike čine i elementi navedeni u tablici 2.5 koji su bitan dio cijelog sklopa namijenjenog upravljanju CNC tokarilicom.

Tablica 2.6 Ostale komponente upravljačke elektronike

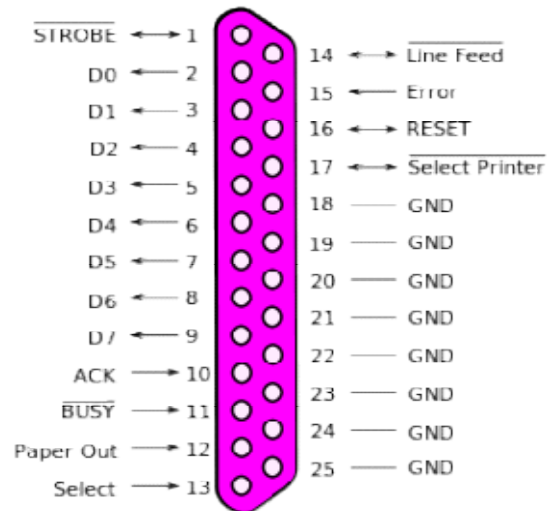
NAZIV KOMPONENTE	OPIS KOMPONENTE
Sigurnosni E-Stop ( sigurnosna gljiva)	Tipkalo u nuždi Izvedba sa NC i NO kontaktom
Silicijski mosni ispravljač KBPC 3510 FP proizvođač Semikron	Nazivna struja 35A,nazivna napon 1000V
Kondenzator elektrolitski za napajanje	160V 10000mF, temperatura +85°C
PCB transformator za napajanje drivera	Gerth 304.06-1 primarni namot 220V/1.8VA sekundarni namot 6V/250mA
Kabal za paralelnu komunikaciju DB25	25 pinova, muški/muški, 1:1, Dužina 50cm

### 2.5.3 Paralelna komunikacija

Za ostvarivanje komunikacije između računala i upravljačke elektronike koristi se paralelna komunikacija. Ulazno- izlazni portovi su sklopovi koji omogućavaju povezivanje računala s različitim vanjskim uređajima posredstvom za to predviđenih priključaka: konektora-sučelja ili s uređajima unutar kućišta sustava ukomponiranima na matičnoj ploči ili na kartici koja se umeće u poseban utor ( eng. *slot*). Svaki od uređaja komunicira s računalom preko elektroničkih logičkih sklopova koji uređaj povezuju s jednom od sabirnica sustava. Za uspostavu komunikacije korišten je kabel za paralelnu komunikaciju koji ima 25 ulazno-izlaznih pinova. Na slici 2.31 prikazan je kabao za paralelnu komunikaciju. Svaki od tih pinova ima posebnu namjenu prilikom komunikacije. Tako su pinovi 8,9 na konektoru iskorišteni za upravljanje motorom po z-osi, a pinovi 2,3 upravljaju motorom po y-osi. Na slici 2.32 prikazan je raspored pinova i njihova uloga u komunikaciji.[13]



Slika 2.33 Kabao za paralelnu komunikaciju



Slika 2.34 Raspored pinova za paralelnu komunikaciju

Za paralelnu komunikaciju koristi se 25 pinova koji su raspoređeni kao ulazni i izlazni pinovi za slanje informacija između računala i uređaja. U tablici 2.6 navedeni su svi korišteni pinovi i njihova uloga.

Tablica 2.7 Popis korištenih pinova

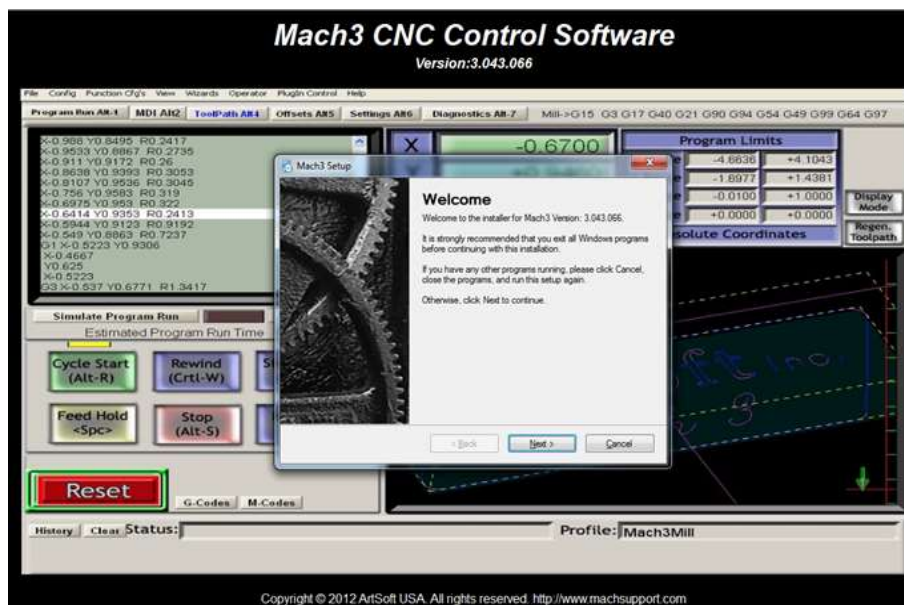
P2	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P14	P16	P7	P11	P13
X step	X dir	X enable	Y dir	Y step	Z dir	Z step	Z enable	Spindle motor	Y enable	Expand output 1	Expand output 2

### 3. PROGRAM MACH3

Upravljačka jedinica je najsloženiji dio CNC stroja. Ona zajedno s programom, pogonskim, mehaničkim i mjernim sustavom upravlja procesom obrade. Za upravljanje cnc tokarilicom HobbyMat MD 65 koristi se program Mach3. Program Mach3 je poseban program koji pretvara računalo u moćan sustav upravljanja CNC strojeva. Omogućava pisanje programa i izradu jednostavnih dijelova. Upravljački program Mach3 s ostalim uređajima komunicira preko paralelnog porta ili preko serijskog porta upotrebljavajući drugi protokol. Za instalaciju potrebno je računalo s operativnim sustavom Windows XP koji pruža optimalan rad cijelog sustava.

#### 3.1 Instalacija programa Mach3

Program Mach3 je proizvela ArtSoft kompanija i dostupan je na internetu za sve korisnike. Na slici 3.1 prikazan je postupak instalacije programa Mach3. Nakon što instaliramo program dobijemo dvije inačice za korištenje, a to su mach3 turn i mach3 mill. To su slični programi bazirani za rad nad cnc glodalicama (eng. *Mach3 mill*) i cnc tokarilicama (eng. *Mach3 turn*).[2],[10]

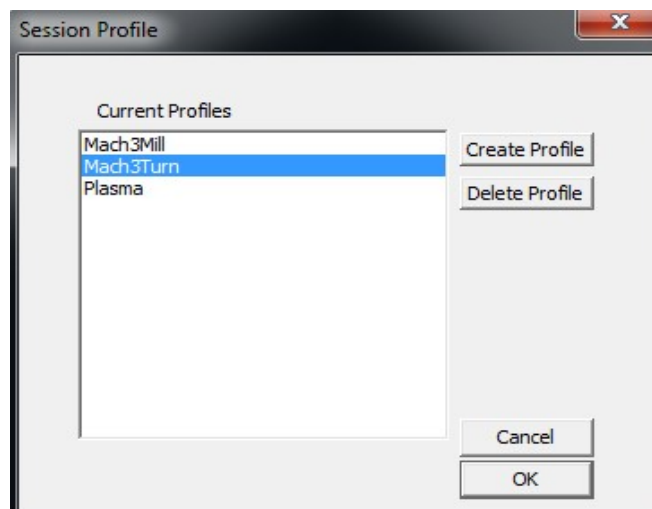


Slika 3.1 Instalacija programa Mach3

Kad prođe određeno vrijeme za instalaciju potrebno je ponovo pokrenuti računalo zbog inicijalizacije (eng. *drivera*) koji su potrebni za ostvarivanje upravljačkog signala. Za efikasan rad i upravljanje nad cnc Tokarilicom potrebno je osigurati minimalno zauzeće radne memorije računala. Za optimalan rad preporučuje se računalo s procesorom minimalnog radnog takta od 1GHz. Potrebno je da se rezolucija ekrana postavi na 1024 x 768. Osiguravanje minimalnog broja potrebnih funkcija rada operacijskog sustava izvodi se:

- isključivanjem čuvara ekrana ( eng. *Screen saver*)
- isključivanjem antivirusnog programa
- isključivanjem zaštitnog zida ( eng. *FireWall*)
- otvaranjem samo jednog prozora koji je namijenjen grafičkom prikazu radnog okruženja upravljačkog programa Mach 3.

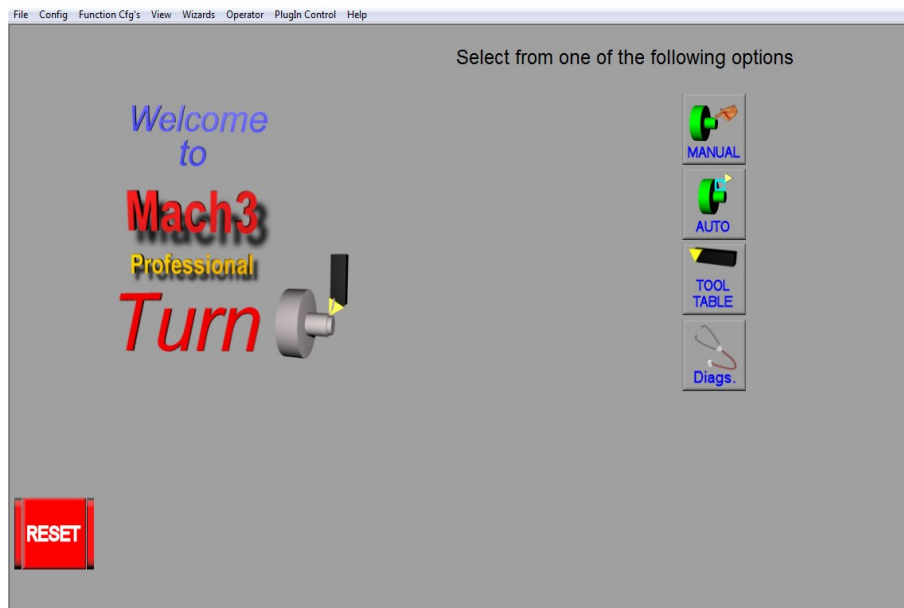
Poslije instalacije programa na radnoj površini pojavit će se ikona programa Mach 3 loader. Lijevim klikom na ikonu otvorit će se prozor prikazan na slici 3.2.



Slika 3.2 Prikaz prozora Mach 3 loader

U izborniku odabiremo Mach3Turn i brzim dvostrukim pritiskom na ikonu otvaramo osnovni program prikazan na slici 3.3 koji se koristi za upravljanje CNC tokarilica.

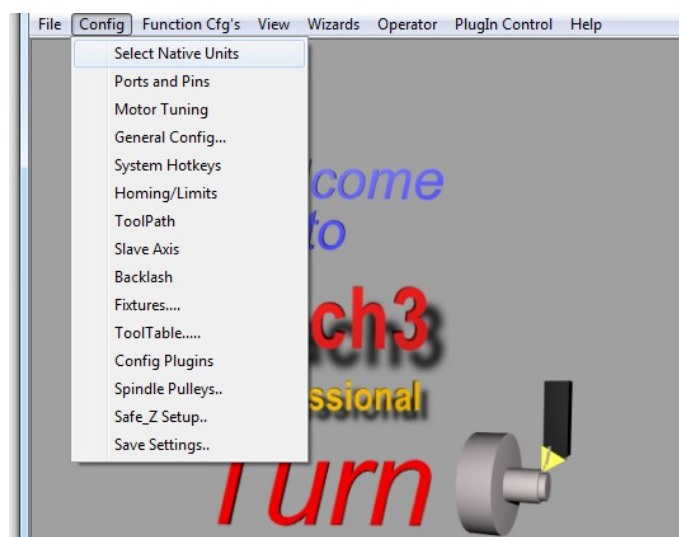
Prije postavljanja postavki programa potrebno je aktivirati programski tester pritiskom na tipku **RESET** (**RESET** se nalazi u lijevom uglu radnog dijela ekrana – aktivnog prozora upravljačkog programa Mach 3).[2],[10]



Slika 3.3 Mach3 Turn upravljački program

### 3.2 Postupak postavljanja postavki programa Mach 3 Turn

Postupak podešavanja počinje s odabirom željenih naredbi iz padajućeg menija **Config**, prikazanog na slici 3.4. U tom meniju imamo ponuđene razne opcije pa postavljanje rada CNC tokarilice.

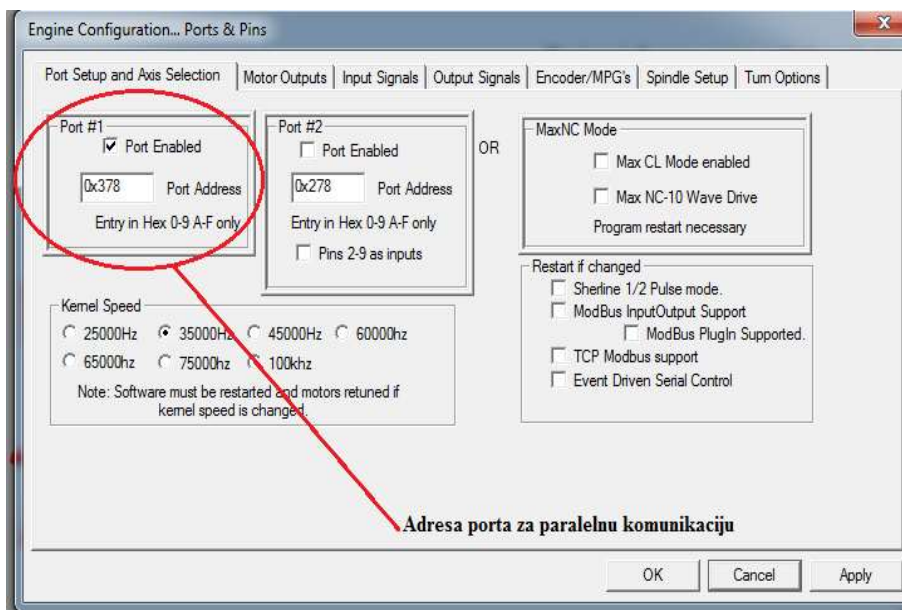


Slika 3.4 Naredbe padajućeg menija CONFIG


Naredbe osnovnog menija **Config** korištene prilikom podešavanja rada dvo-osne CNC tokarilice HobbyMat MD65 su sljedeće:

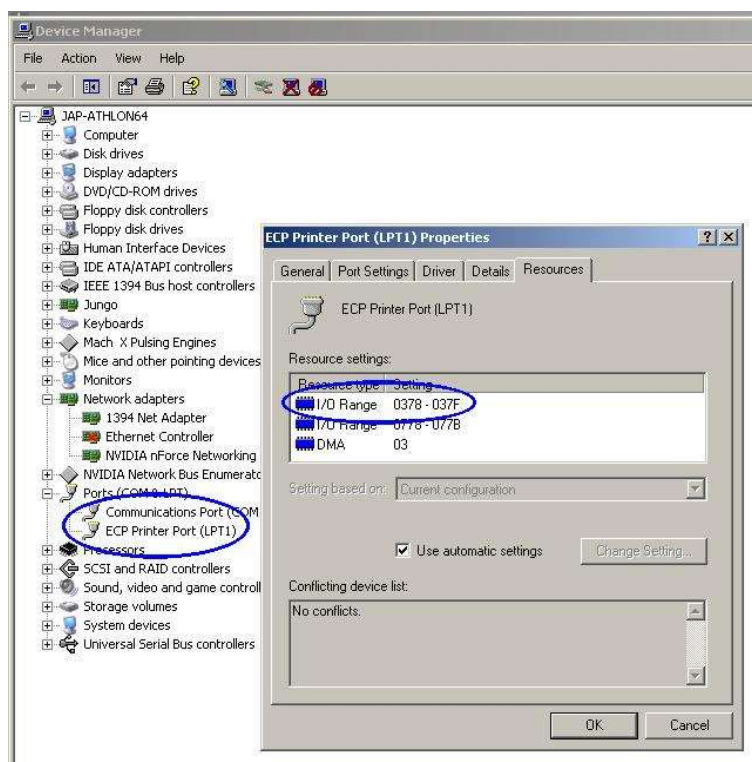
- *Select natice units* – ovdje odabiremo mjernu jedinicu dužine ( mm ili inch)
- *Ports and pins* - selekcija portova ( paralelnog ili serijskog) i pinova na portovima koji osiguravaju prijenos signala do elektronskog sklopa ( eng. *Drivera*).
- *Motor tuning* - bitna opcija koja služi da definiranje kinematskih karakteristika kretanja motora po upravljivim osima. Ova opcija služi za definiranje brzine i ubrzanja motora na osima. Kod koračnih motora važno je pravilno postaviti brzinu i ubrzanje da bi motori radili pravilno bez trzaja.
- *Homing/Limits* - zadavanje referentne točke u radnom prostoru koja će se nazivati *HOME* pozicijom i u koju pritiskom na HOME ALL možemo dovesti sve motore na upravljivim osima.
- *Saystem Hotkeys* - definiranje prečaca na tipkovnici za programske naredbe u upravljačkom programu, upravljačkoj jedinici i elektronskom sklopu ( eng. *Driver-u*)

Otvaranjem podmenija Port and Pins padajućeg menija Config otvorit će se prozor prikazan na slici 3.5 u kojemu definiramo port za paralelnu komunikaciju tako što u prozor PORT #1 unesemo adresu 0x378. To je adresa paralelnog porta s matične ploče našeg PC-a. Isto tako Kernel speed postavljamo na 35000 hz. [10]



Slika 3.5 Definiranje porta za paralelnu komunikaciju

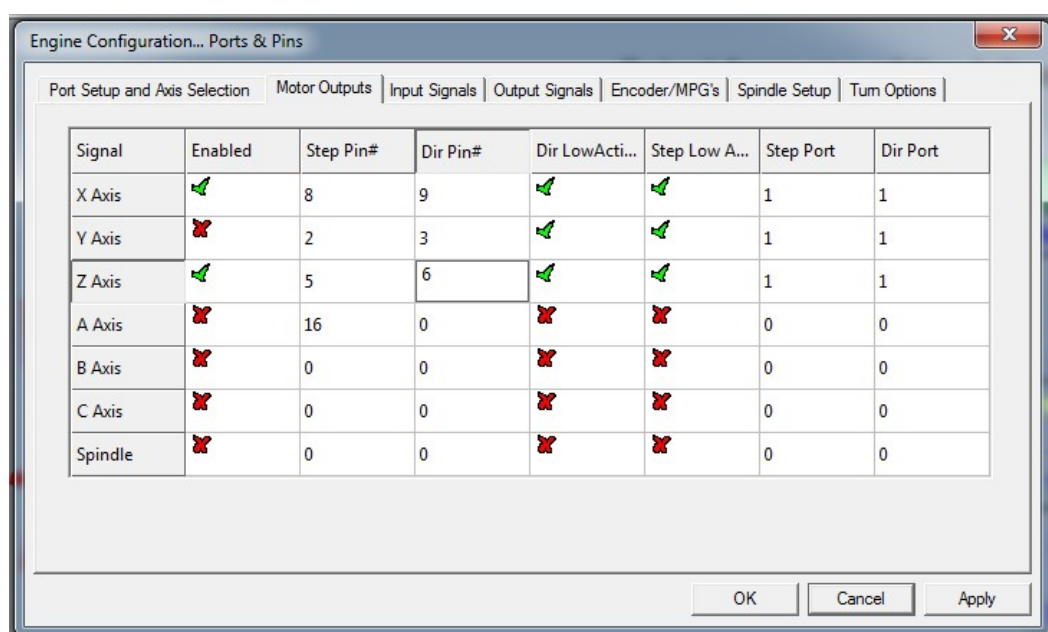
Ako za komunikaciju koristimo neki drugi port onda u postavkama moramo pronaći njegovu adresu, tako da kliknemo na *start*  > *System* > *Hardware* kliknemo na *Device Manager* i u padajućem izborniku pronađemo *Ports (COM & LPT)* te odaberemo port koji koristimo za komunikaciju, kao što je prikazano na slici 3.6.



Slika 3.6 Postupak pronalazjenja adrese porta za komunikaciju



Kada smo postavili osnovne konfiguracije za paralelnu komunikaciju moramo definirati koji će nam pinovi biti ulazni, a koji izlazni. Kad kliknemo na *Motor Outputs* dobijemo prozor koji je prikazan na slici 3.7. Prvo treba definirati pinove za X os i Z os. Svaka od tih osi ima na sebi motor kojim upravljamo tako da odredimo pinove koji će slati signale motoru sa Smjer (eng. *Dir pin*) i korak (eng. *Step pin*) kao što je prikazano na slici 3.7. Ostale osi Y, A, B, C ne koristimo pa ostaju isključene tako da je na *Enable* crveni križić. Ako brzinu i smjer vretena stezne glave (eng. *Spindle*) kontroliramo ručno onda smo gotovi s postavkama i pritisnemo *Apply* kao bi se spremile postavke.[2],[10]

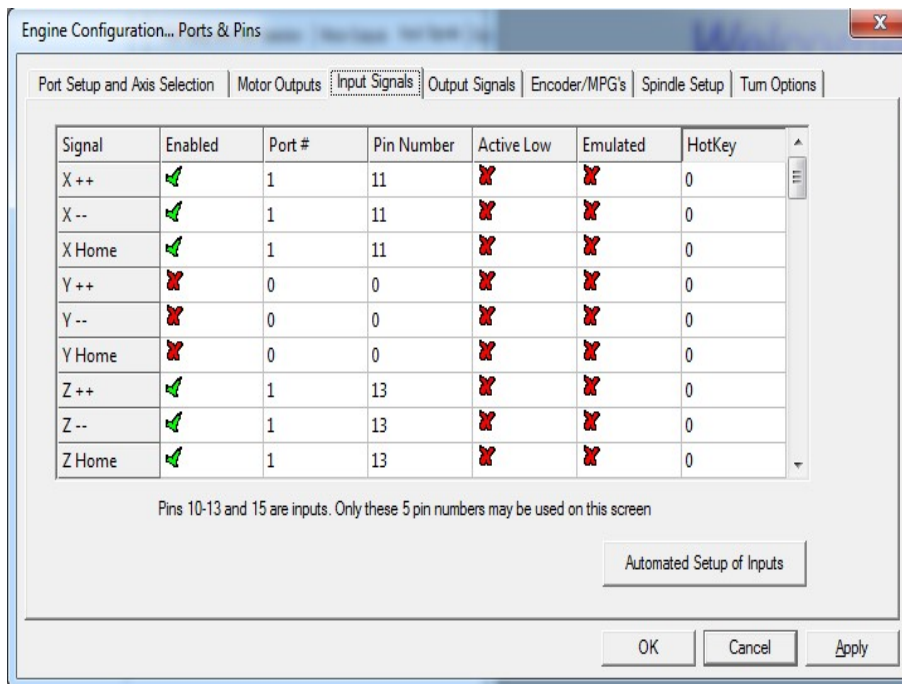


Slika 3.7 Postavke pinova za X os i Z os.

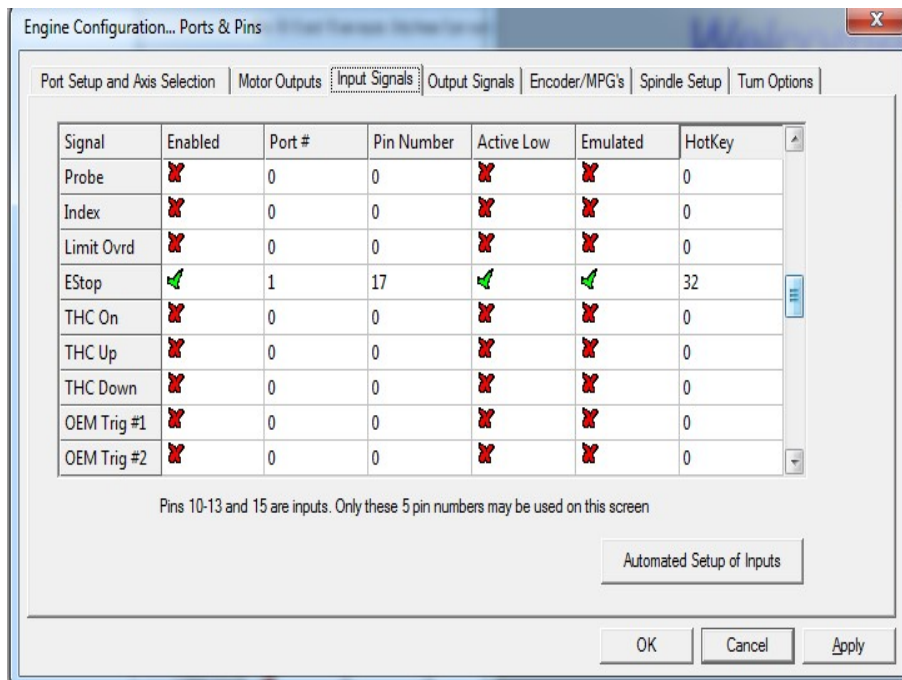
Nakon što konfiguriramo postavke u *Motor Outputu* kliknemo na *Input Signals*. Otvorit će se prozor kao na slici 3.8. U ovom dijelu postavljamo ulazne pinove koji će nam određivati *home* poziciju i pomoći u referenciranju stroja. Koristimo krajnje prekidače (eng. *Limit Switches*) za X os i Z os.

Pošto kombiniramo krajnje prekidače i prekidače za početnu poziciju (eng. *Limit i Home Switches*) onda moramo ispod *Enable* postaviti zelenu kvačicu za X ++ , X – i X home te tako i za Z ++, Z--, Z home i odrediti pinove koji će slati signale prilikom komunikacije sa upravljačkom elektronikom kao što je prikazano na slici 3.8. Nakon toga možemo definirati *Estop* koji će se pritiskom na neku određenu tipku na tipkovnici aktivirati i

zaustaviti program. Isto tako za njega moramo definirati pinove kao što je prikazano na slici 3.9.

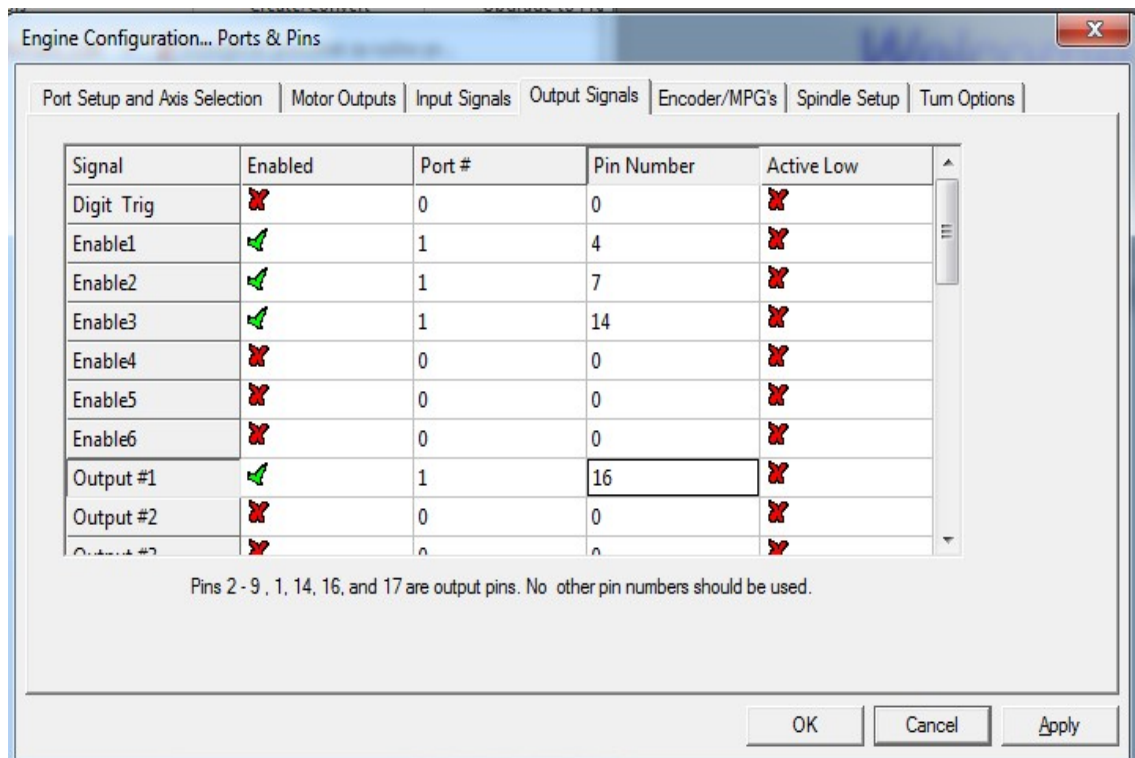


Slika 3.8 Postavke za krajnje prekidače



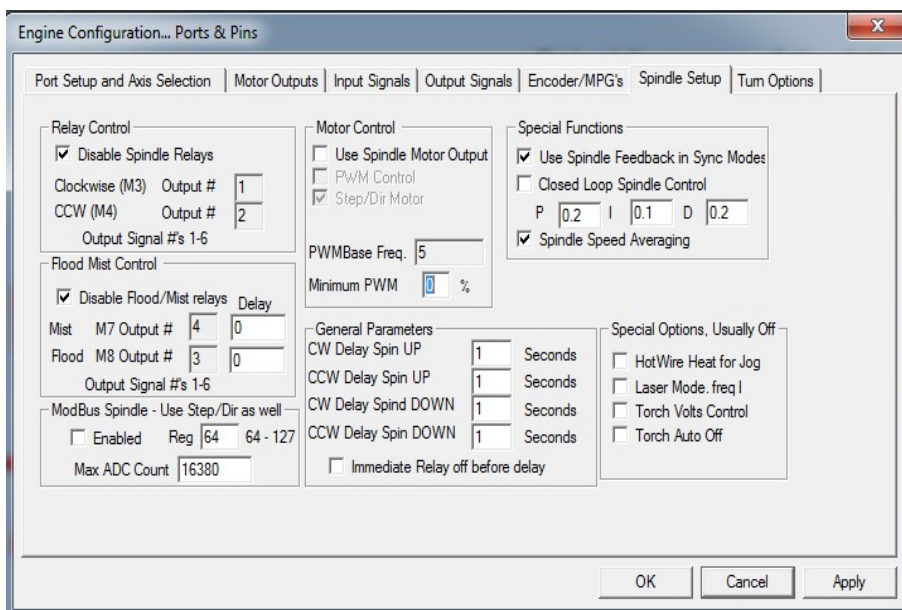
Slika 3.9 Postavke za programski Estop

Za definiranje izlaznih signala moramo kliknuti na *Output signals* kao što je prikazano na slici 3.10. *Output#* signali koriste se za kontroliranje rada motora i smjera vrtnje spindle ili za kontrolu (start/stop) pumpe s emulzijom. Ovdje se koriste *Enable 1, 2, 3* za motore. Svi portovi postavljeni su u 1, a pinovi koji se koriste su 4, 7, 14. Output 1 koristimo za kontrolu releja kojim palimo vreteno stezne glave (eng. *spindlu*). Potr je postavljen u 1, a pin je 16 u paralelnoj komunikaciji, kao što je prikazano na slici 3.10.



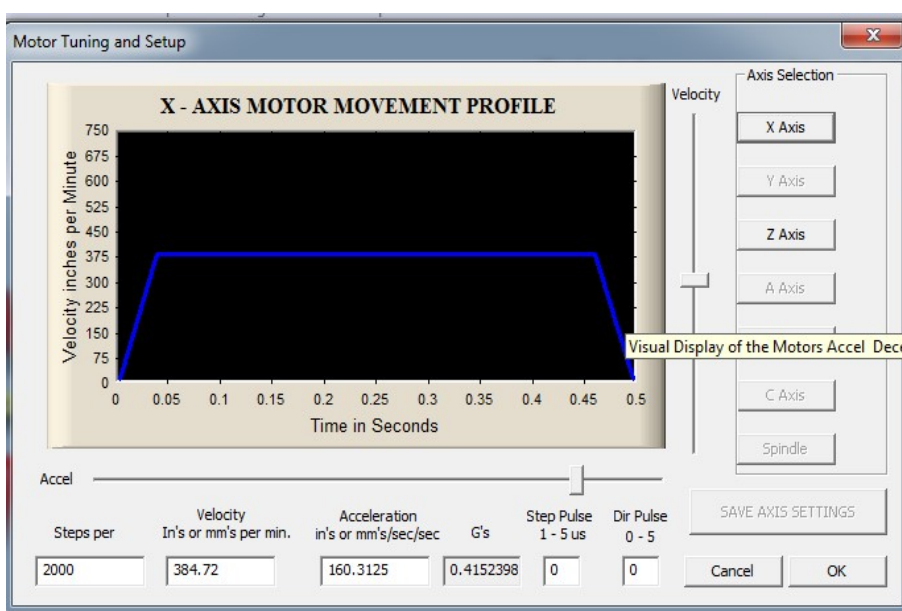
Slika 3.10 Postavke izlaznih signala

Sljedeći korak u postavaka *Port & pins* su postavke vretena (eng. *Spindle Setup*). Ovdje određujemo način na koji ćemo kontrolirati rad vretena (eng. *spindle*) ili nekog drugog izlaza kao što je pumpa za emulziju. Pošto se vreteno kontrolira ručno preko prekidača onda postavimo kvačicu na *Relay Control* kao što je prikazano na slici 3.11. Na kraju pritisnemo *Apply* i *ok* kao bi se sve postavke spremile. [10]



Slika 3.11 Postavke za kontrolu vretena ( eng.spindle)

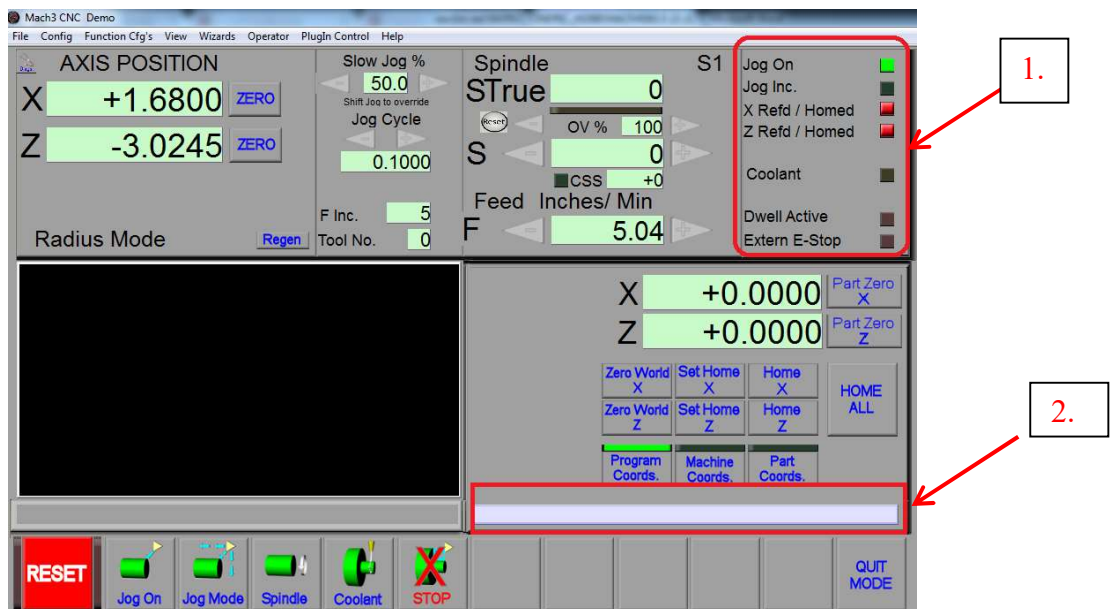
Kada su postavljeni svi ulazno - izlazni pinovi i uključeni portovi za paralelnu komunikaciju, nakon toga moramo definirati kinematske karakteristike kretanja motora po upravljivim osima. Ova opcija služi za definiranje brzine i ubrzanja motora na osima tako da kliknemo na *Motor Tuning* što je prikazano na slici 3.12. Za svaku upravljivu os ( X, Z) moramo definirati dobar odnos brzine i ubrzanja kako bi sile inercije koje se javljaju prilikom ubrzavanja ili usporavanja bile što manje i tako bi motor radio bez velikih opterećenja (trešnja osovine motora i zagrijavanje motora).



Slika 3.12 Definiranje odnosa brzine i ubrzanja za svaku upravljivu os ( X,Z)

### 3.3 Rad u modu ručnog vođenja alata - *Manual mode*

Pritiskom lijeve tipke miša na **Manual** otvorit će se program za ručno vođenje i ručni unos blokova programa prikazan na slici 3.13. Ručni unos pojedinačnih blokova programa koristi se pri zauzimanju pojedinačnih pozicija alata. Pošto je izabrana opcija ignoriraj zamjenu alata ( eng. *Ignore tool change*), time radimo samo sa jednim alatom, ako moramo raditi sa više alata onda u programu moramo predvidjeti zaustavljanje i ručno zamijeniti alat. Manual režim rada koristi se i za postavljanje koordinatnog sustava obratka te prilikom izrade jednostavnijih predmeta. U ovom režimu rada CNC operater u odgovarajuće polje (slika 3.13) unosi željeni programski blok i pritiskom na Enter potvrđuje izdavanje naredbi CNC tokarilici. Upravljačka jedinica može pamtit i izvršene blokove koji se kasnije mogu spremi kao cjeloviti program. [2],[10]

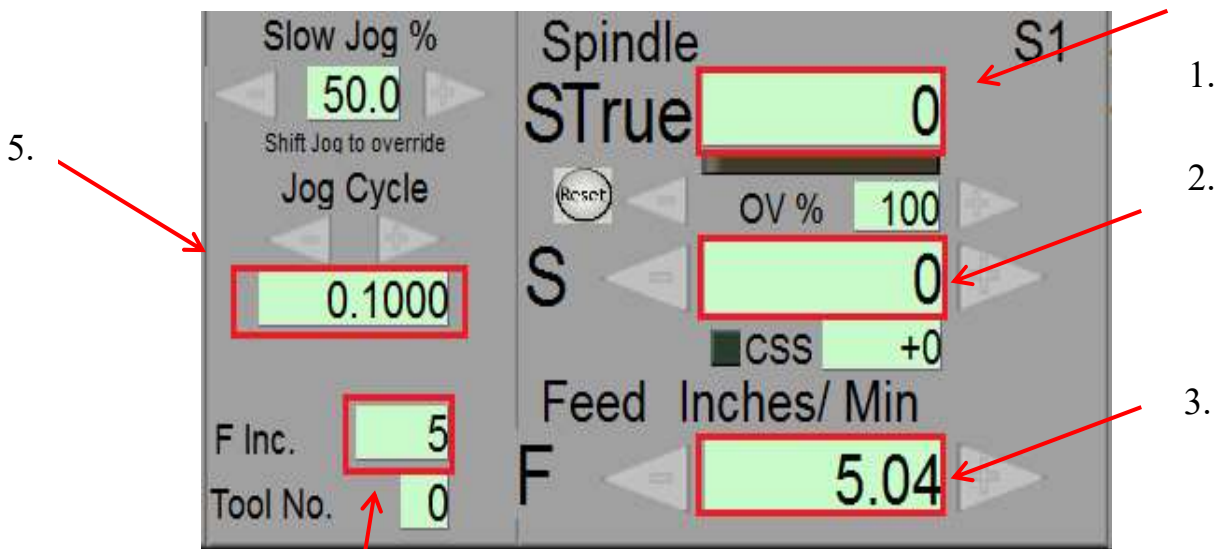


Slika 3.13 *Manual* režim rada

1. Autodijagnostika metode ručnog vođenja alata *JOG mode*
2. Polje za ručni unos blokova programa

### 3.4 Rad u modu ručnog vođenja alata - *JOG mode*

U radu sa JOG komandama operater ručno vodi alat pomoću određenih tipki na tipkovnici. Zadane brzine kretanja prilikom ručne kontrole je u mm/min pogledati sliku 3.14, a vrši se u polju F. Ako se pritisnu +/- pored polja za unos vrijednosti, vrijednost će se mijenjati s prirastom unesenim u polje F INC. Glavno kretanje se opisuje sa brojem okretaja predmeta obrade koji je zadan u okretajima u minuti ( $\text{min}^{-1}$ ). U polje S se unosi vrijednost broja okretaja. Preko polja STrue upravljačka jedinica nam pokazuje stvarnu vrijednost brzine okretaja glavnog gibanja. [10]



Slika 3.14 Podešavanje kinematskih karakteristika obrade u programu Mach 3

4.

1. Stvarna brzina glavnog kretanja
2. Zadavanje brzine glavnog kretanja
3. Zadavanje brzine pomoćnog kretanja
4. Inkrement promjene brzine glavnog kretanja
5. Zadavanje inkrementa JOG moda

### 3.5 Programsko definiranje koordinatnog sustava i dovođenje alata u početni položaj

Prilikom pokretanja programa Mach 3 on ne zna koje su koordinate položaja alata, postupak određivanja položaja alata i postavljanja koordinatnog sustava alata je sljedeći:



- Pokretanje programa *Mach 3 turn* te pritisak na tipku *Manual* nakon podešavanja programa u Port&pins, uključujemo mod ručnog vođenja pritiskom na tipku *Jog On* tako da zasvijetli zelena lampica kao znak uspješno obavljene operacije. S tipkama za upravljanje treba dovesti nosač alata u poziciju koja će omogućiti nesmetano stezanje predmeta obrade i postavljanje alata obrade.

- U steznu glavu postaviti i pritegnuti predmet obrade
- Koristeći komande za ručno upravljanje označiti radni predmet čeono, a zatim podešavanjem veličine inkrementa ili zadavanjem pojedinačnog programskog bloka u polju *Manual* pomaknuti alat do radnog predmeta za 2 mm. Položaj alata pri tangiranju i odmicanju prikazan je na slici 3.15. Nulovati alat u ovom položaju



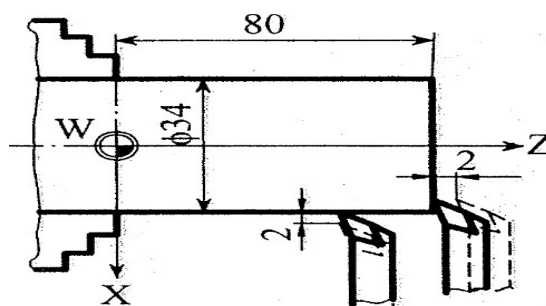
pritisakom na tipku *Zero World Z* U polju **AXIS POSITION** pojavit će se nula za trenutni položaj alata po osi Z.

- Izmjeriti udaljenost čeone površine obratka do stezne glave prikazano na slici 3.15
- U polje za unos koordinata u manual modu prikazano na slici 3.16, za koordinatu

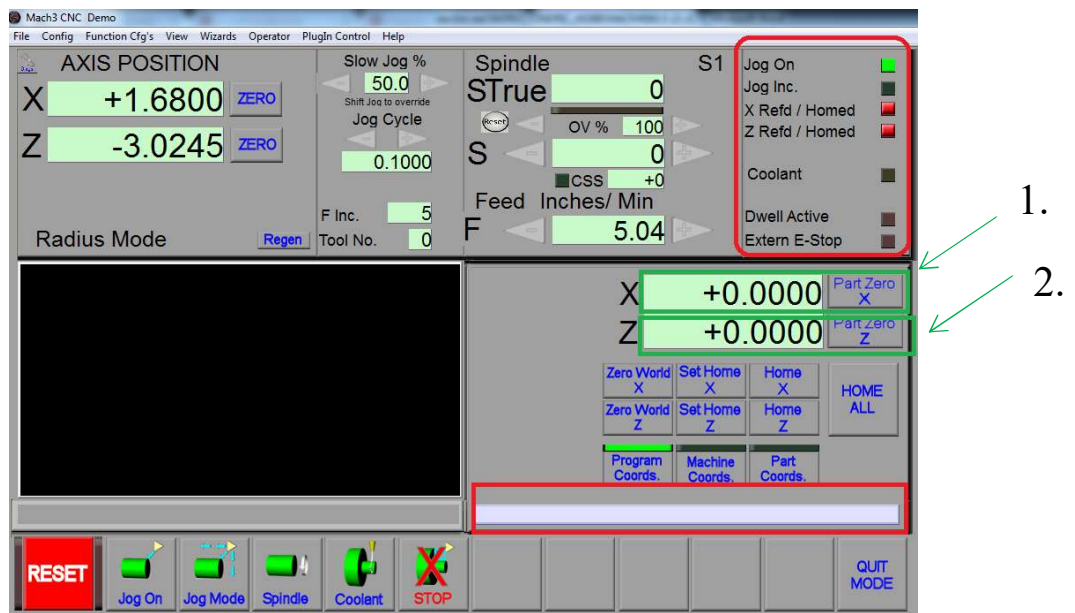


za Z os unijeti izmjerenu dužinu od 29 mm i pritisnuti *Set Home Z*, te će se upaliti zelena lampica pored *Z Refd/Homed*. Ovim postupkom je postavljena koordinata nultočke predmeta obrade po osi Z u odnosu na referentnu točku (trenutni položaj vrha alata po Z-osi). Unos potvrdimo pritiskom na *ENTER*

- Kada je Z-os postavljena onda postavljamo X-os po istom principu te na kraju pritisnemo *ENTER*. [2],[10]



Slika 3.15 Postavljanje referentne točke i definiranje koordinatnog sustava predmeta



Slika 3.16 Postavljanje referentne točke i nulte točke predmeta obrade

1. Dijagnostika postavljanja referentne točke
2. Polja za unos koordinata referentne točke

U bilo kojem trenutku i bez obzira gdje se nalazi alat, pritiskom na tipku **Home All** dovodimo alat u referentnu točku. Alat se prvo kreće po Z osi, a kad dostigne željenu koordinatu onda se kreće po X osi. Ako želimo alat dovesti u referentni položaj po jednoj osi onda pritisnemo **Home X** ili **Home Z**. Pritiskom na **Program Cards** ili **Part Cards** u polju koordinata položaja alata (eng. *Axis Position*) pojavit će se koordinate položaja vrha alata. Pritiskom na **Machine Cards** u polju koordinata alata (eng. *Axis Position*) pojavit će se koordinate vrha alata u koordinatnom sustavu čije je ishodište referentna točka R. [2],[10]

### 3.6 Rad u automatskom modu programa Mach 3 – (eng. *Auto mod*)

U automatski mod ulazi se iz glavnog prozora Mach 3 Turn programa, tako da kliknemo na gumb Auto. Na slici 3.17 prikazan je otvoreni program u auto modu. U ovom prozoru mogu se zadavati brzine glavnog i pomoćnog gibanja, izvoditi ručno vođenje alata, a mogu se motori pomicati unošenjem blokova programa u odgovarajuće polje, možemo pokretati glavno radno vreteno sa zadanim brojem okretaja, uključivati rashladno sredstvo i zaustavljati proces obrade na način koji je objašnjen u prethodnim poglavljima. U poljima ispod **Axis position** prikazuju se koordinate trenutnog položaja teorijske točke vrha alata u





koordinatnom sustavu predmeta obrade. U poljima kraj gumba **Part Zero** pokazane su koordinate referentne točke –R u koordinatnom sustavu predmeta obrade.



Slika 3.17 Prozor Automatskog moda ( eng. *Auto mod*)

U ovom dijelu programa osim navedenih operacija mogu se obavljati sljedeće:

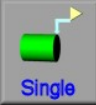

- Unošenje programa u upravljačku jedinicu pritiskom na tipku **Load**  ili otvaranjem padajućeg menija **File** i odabirom opcije **Load G Code** na ekranu se pojavljuje dijalog prozor iz kojeg se selektivnim odabirom automatski učitava napisani program.
- Pozivanje ranije korištenih programa pritiskom na tipku **Recent**  gdje se otvara izbornik s ranije korištenim programima.
- Brisanje učitano programa iz memorije upravljačkog programa pritiskom na tipku

**Unload** 

- Povratak u osnovni dijalog prozor pritiskom na gumb **Quiet Mode** prilikom čega se prelazi u osnovni prozor programa Mach 3 Turn
- Prelazak u dio programa namijenjen realizaciji NC koda pritiskom na tipku **Cycle**

### 3.7 Rad u Autom modu namijenjenom realizaciji NC koda

U prozoru namijenjenom realizaciji NC koda moguć je izbor načina rada s učitavanjem i automatskim izvršavanjem NC koda ili metodom realizacije pojedinačnih blokova **Single Block**. Automatski način izvršavanja redova NC koda uključuje se pritiskom na tipku **Cycle Start** (sa isključenom tipkom Single). Režim rada blok po blok se uključuje

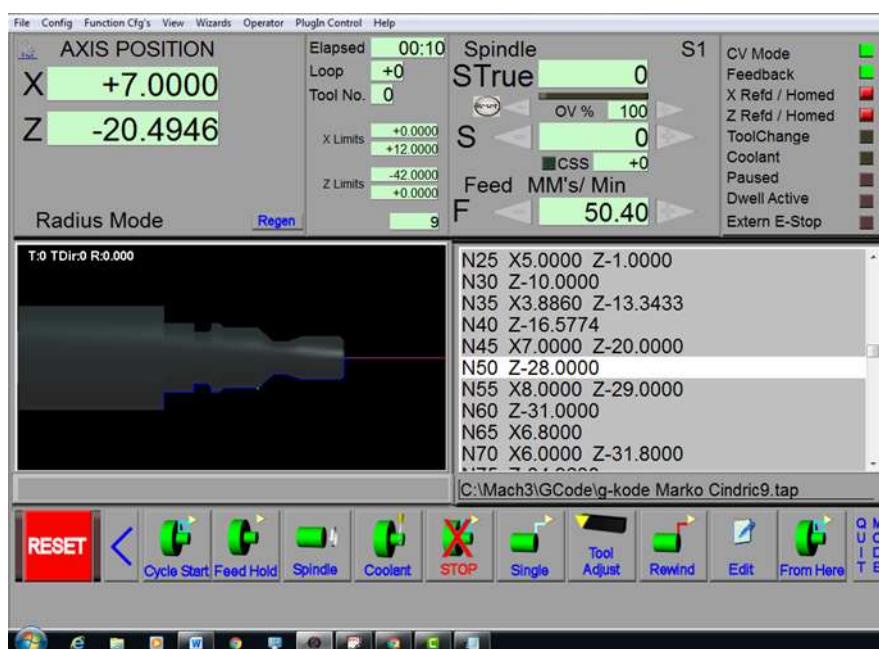
pritiskom na tipku **Single**  i pritiskom na tipku **Cycle Start** . U auto modu moguće je ostvariti i sljedeće operacije:

- Pritiskom na tipku **Tool Adjust** prelazi se u datoteku alata gdje se mogu unositi korekcije alata i raditi izmjene alata
- Pritiskom na tipku **Rewind** vrši se vraćanje alata na prvi blok
- Pritiskom na tipku **Edit** otvara se unešeni program u tekstualnoj formi, spreman za izmjene. Pritiskom na **Save** u padajućem izborniku izvršene izmjene biti će spremljene i direktno unesene u upravljačku jedinicu te pritiskom na tipku **Regen** upravljačka jedinica regenerira G-kod i nastavila s izvršavanjem sada promijenjenog koda.

Provjera NC koda izvodi se na ekranu upravljačke jedinice, u trodimenzionalnom prikazu, kao što je prikazano na slici 3.18. Crvenom linijom su iscrtane programirane putanje alata u brzom hodu, a plavom bojom one u radnom hodu. Pri startu programa za izradu dijela sa zelenom linijom se iscrtava pređeni put alata u realnom vremenu. Radni predmet je prikazan trodimenzionalno i geometrijski određen s radnim putanjama alata. Boje prikaza putanja alata mogu se mijenjati u

Configing meniju, a s prikazom na ekranu možemo upravljati pomoću miša na sljedeći način:


- Pritiskom i držanjem lijeve tipke miša i pomicanjem miša **naprijed – nazad** prikaz na ekranu se uvećava ili smanjuje
- Pritiskom i držanjem lijeve tipke miša i pomicanjem **lijevo - desno** prikaz se rotira
- Pritiskom i držanjem desne tipke miša i pomicanjem miša **naprijed – nazad** prikaz na ekranu se podiže ili spušta
- Pritiskom i držanjem desne tipke miša i pomicanjem miša **lijevo – desno** prikaz na ekranu se pomiče u istom smjeru. [2],[10]



Slika 3.18 Prikaz pokretanja programa u automatskom modu - **AUTO** modu

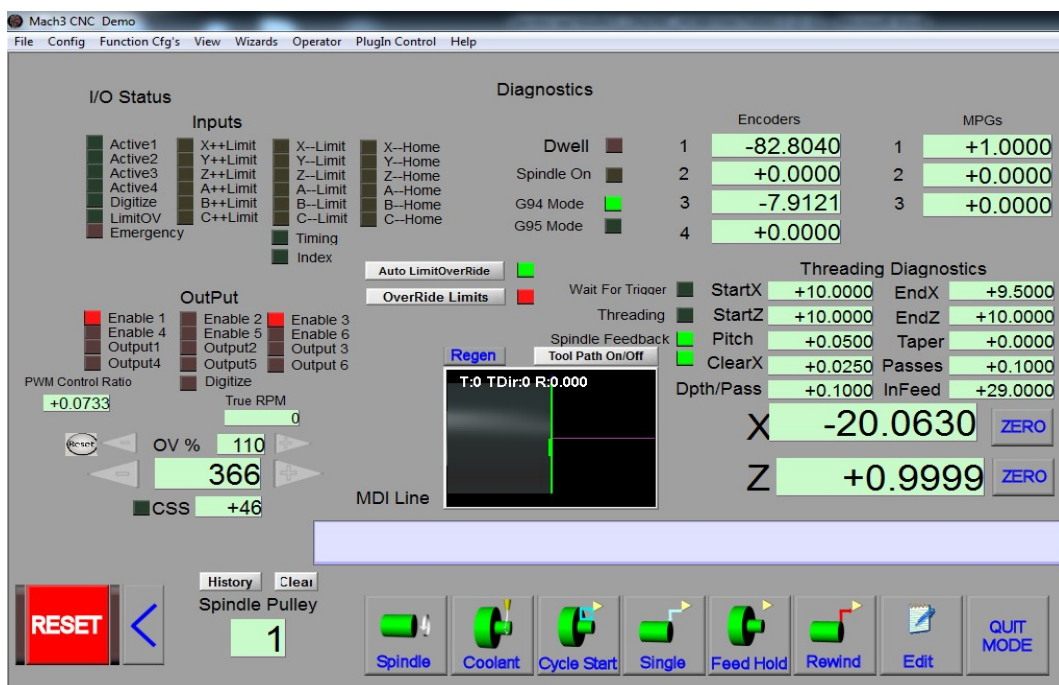
### 3.8 Autodijagnostika

Važna stavka u Mach 3 turn programu je autodijagnostika. Otvaranje prozora

autodijagnostike izvodi se pritiskom na tipku **Diags**  prikazano na slici 3.19. Ovaj prozor nas obavještava o svim izabranim parametrima podešavanja upravljačke jedinice i CNC tokarilice kao što su:

- Dijagnostika izbora načina zadavanja brzine pomoćnog kretanja- pokraj **G94 Mode** i **G95 Mode** svijetli signalna lampica koja obavještava koji je izabrani mod,

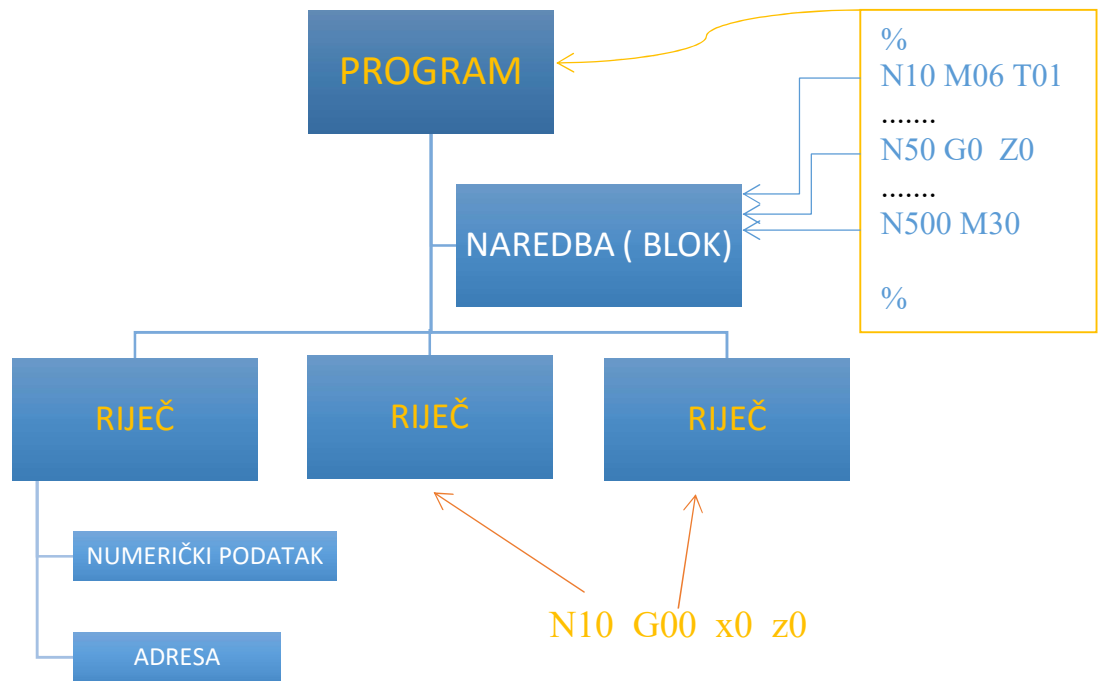
- Zadano ograničenje brzine pomoćnog kretanja automatski (eng. *Atuo Limit* , *Over Ride*) ili bez ograničenja (eng. *OverRide Limits*) svijetli signalna lampica pored odabrane postavke,
- Prikaz zadanog i stvarnog broja okretaja glavnog vretena, koji se može mijenjati pod punim opterećenjem,
- Dijagnostika zastoja (eng. *Dwell*),
- Prikaz koordinata trenutnog položaja alata u koordinatnom sustavu obratka,
- Mogućnost izbora načina unosa X koordinata – iznad prozora namijenjenog prikazivanju putanje alata ispisuje se **Diameter Mode** ili **Radius Mode**. [10]



Slika 3.19 Prozor Dijagnostike programa Mach 3

### 3.9 Struktura i sintaksa NC koda u programu Mach 3 turn

NC ili G –kod je program koji se koristi za upravljanje CNC strojem i predstavlja zapis naredbi koje se izvode s ciljem dobivanja radnog komada. Program se sastoji od niza rečenica ili blokova koje pojedinačno opisuju kretnje alata. Svaka informacija u rečenici ili bloku daje se preko funkcija. Funkcije se sastoje od adresa i pripadajućeg broja s predznakom. Adrese su slova koja predstavljaju određenu funkciju i uvijek se nalaze na početku riječi, a redoslijed riječi u rečenici je propisan. Struktura NC programa prikazana je na slici 3.20.



Slika 3.20 Struktura i sintaksa Nc koda

U upravljački program Mach 3 Turn može se unijeti NC kod koji se bazira na standardu DIN 66025 / ISO6983. U tablici 3.1 dan je pregled adresa prema DIN 66025 /ISO 9683 koje se koriste kod novijih upravljačkih jedinica. Ovako definiran kod koristi se za upravljačku jedinicu Mach 3 Turn.[10]

Tablica 3.1 Adrese upravljačkog programa Mach 3 Turn

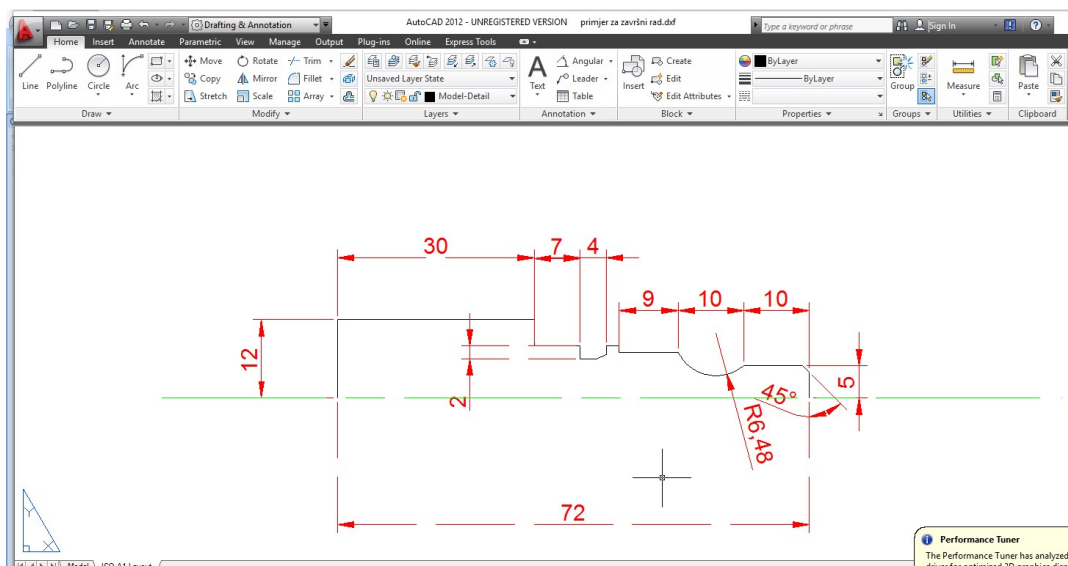
ADRESA	NAZIV
A	Glavna mjera rotacije oko X osi
B	Glavna mjera rotacije oko Y osi
C	Glavna mjera rotacije oko Z osi
D	Korekcija broja alata
F	Brzina pomoćnog kretanja
G	Glavne funkcije
H	Indeks kompenzacije dužine alata
I	Pomoćni parametar za kružnu interpolaciju u pravcu paralelnom sa X osi
J	Pomoćni parametar za kružnu interpolaciju u pravcu paralelnom s Y osi
K	Pomoćni parametar za kružnu interpolaciju u pravcu paralelnom sa Z osi
L	Broj ponavljanja u ciklusima
M	Pomoćne funkcije
N	Broj bloka
O	broj potprograma
Q	Inkrement brzine posmaka u ciklusu obrade G83
	Pozivanje ponavljanja programa
P	Identifikacija programa
	Vrijeme zadržke u milisekundama preko G04
	Vrijeme zadržke ciklusa
R	Referentna ravnina
S	Broj okretaja glavnog vretena
T	Poziv alata
X	X os stroja
Y	Y os stroja
Z	Z os stroja

## 4. TESTIRANJE CNC TOKARILICE

U ovom poglavlju biti će opisano testiranje školske CNC tokarilice HobbyMat MD65. Biti će navedeni problemi koji su se javljali tijekom izrade CNC tokarilice i načini na koji su riješeni.

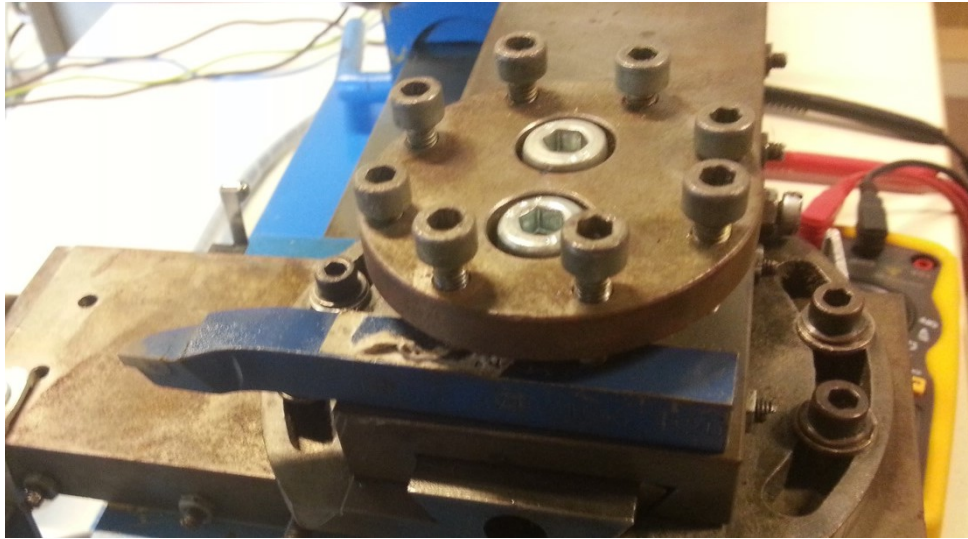
### 4.1 Pokretanje CNC tokarilice

Nakon pokretanja programa i postavljanja postavki na upravljačkoj elektronici moramo postaviti motore tako da se alat kojeg upravljaju pomiče po X i Z osi za stvarne vrijednosti koje su zadane putem G-koda u mm. Svaka os ima navojno vreteno, pomoću koraka navoja toga vretena kod kojeg je za Z os fini metrički navoj M18 sa korakom navoja 1,5 i broja impulsa koji su potrebni da motor napravi puni krug, a za ove motore je 200 impulsa , možemo u Motor Tuningu postaviti idealan omjer brzine i ubrzanja i odrediti kojom će se brzinom alat kretati i dali će se pomicati za vrijednosti u mm koje su unesene putem G-koda. Krajnje prekidače na osi X aktiviramo pinom 11 a na osi Z pinom 13, svaka os ima dva krajnja prekidača koji ne dozvoljavaju da se alat zaleti u stroj, oni odmah zaustavljaju motore na osima te je za ponovo pokretanoj potrebno stisnuti tipku **reset**. Slici 4.1 prikazan je tehnički crtež testnog primjera kojeg spremamo u DXF. Formatu i otvaramo u Programu Mach3.



Slika 4.1 prikaz tehničkog crteža testnog primjera

Ako je sve uredi onda odabiremo nož kojim ćemo skinuti strugotinu sa predmeta obrade i tako formirati željenu figuru, na slici 4.2 prikazan je tokarski nož ISO6 10X10 S-981 za vanjsko tokarenje kojim možemo izvesti postupak tokarenja.



Slika 4.2 Tokarski nož ISO6 10X10 S-981

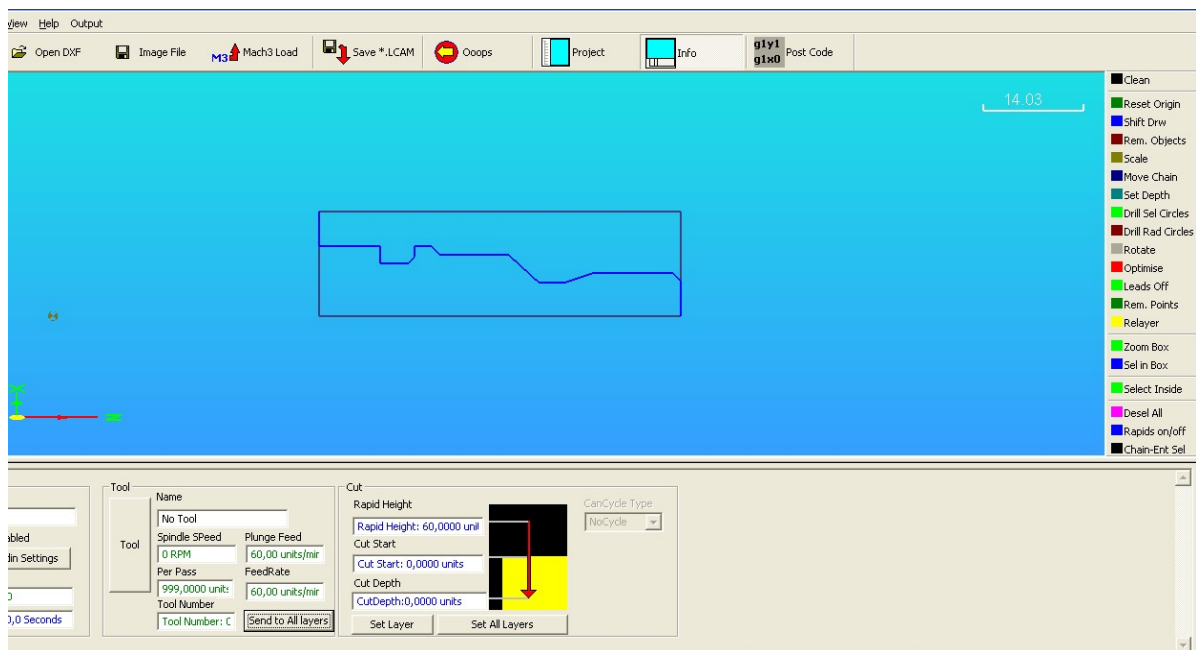
Nož montiramo na držač noža tako da ga stegnemo između vijaka, na držaču noža imamo 8 vijaka, koji služe za stezanje alata u raznim pozicijama. Sam predmet koji se obrađuje postavljamo u steznu glavu između čeljusti koje zatežemo posebnim ključem, postupak je prikazan na slici 4.4.



Slika 4.3 Stezanje predmeta obrade na Steznu glavu

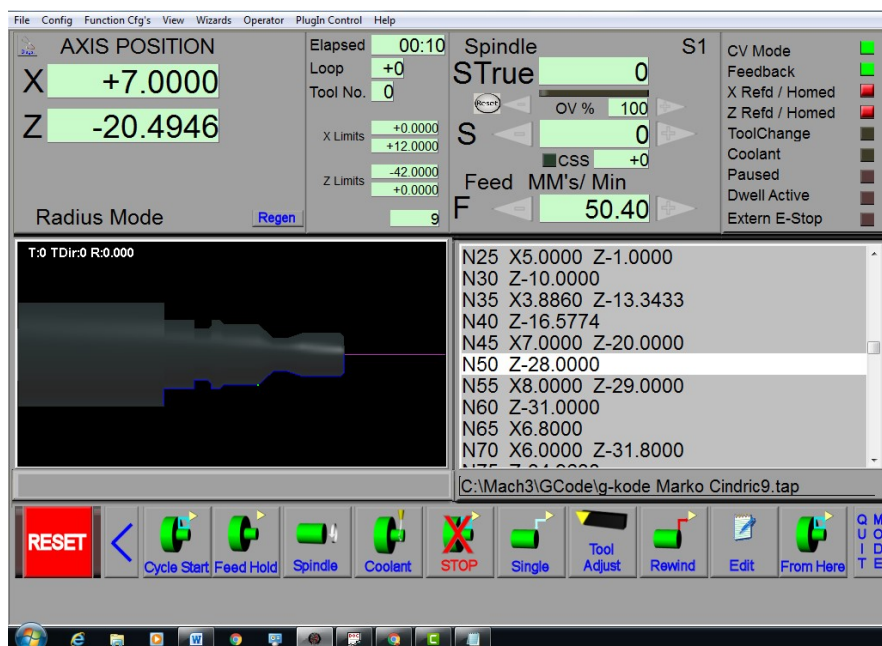


Kada je predmet stegnut u željenu poziciju i kada je alat postavljen onda je potrebno učitati program tako da uđemo u Auto mode i odemo na **load** te pronađemo TAP ili DXF datoteku sa određenim programom ( G-kodom) ako je datoteka u DXF formatu onda koristimo program **Lazy turn** kojim generiramo G-kod, tako da otvorimo DXF file i ako je sve u redu od dimenzija i postavki onda stinemo na gumb **POST CODE** i time direktno učitavamo G-kod u Mach 3 , prikazano na slici 4.4, detaljan postupak generiranja G-koda , učitanje programa objašnjeno je u poglavlju 3.6, 3.7.



Slika 4.4 Postupak generiranja G-koda u programu Lazy Turnu

Kada učitamo program i kada je stroj dobro poštelan onda stisnemo **CYCLE** i pronađemo na ekranu Gumb **CYCLE START** prikazano na slici 4.5 te time započinjemo sa obradom, u tablici 4.1 prikazan je G-kod sa opisom svakog retka koda.



Slika 4.5 Prikaz početka izvršavanja programa

Tablica 4.1 Opis G-koda

Br.	G-kod	OPIS
N5	G80	Kraj ciklusa
N10	G0 X0.0000 Z0.0000	Pravocrtno gibanje u praznom hodu
N15	M3	Rotacija vretena u smjeru kazaljke na satu
N20	G1 X4.0000 F60.00	pravocrtno gibanje u radnom hodu sa brzinom posmaka 60 mm/ min
N25	X5.0000 Z-1.0000	koso gibanje po X osi za 5 mm i Z osi za -1mm time dobijemo skošenje od 45°
N30	Z-10.0000	Pravocrtno gibanje po osi Z za 10 mm prema steznoj glavi
N35	X3.8860 Z-13.3433	Gibanje alata po kosoj putanji izrada utora
N40	Z-16.5774	Gibanje alata po pravocrtnoj putanji za dno utora
N45	X7.0000 Z-20.0000	Koso gibanje alata prilikom definiranja drugog kraja utora
N50	Z-28.0000	Pravocrtno gibanje alata po obodu obratka u dužini od 12 mm.

N55	X8.0000 Z-29.0000	Gibanje alata po kosoj putanji prilikom izrade skošenja
N60	Z-31.0000	Pravocrtno gibanje duž osi Z za 4mm prema steznoj glavi
N65	X6.8000	Pravocrtno gibanje u smjeru osi X za 6.8 mm izrada manjeg utora
N70	X6.0000 Z-31.8000	Koso gibanje alata za izradu skošenja od 45° u manjem utoru
N75	Z-34.9638	Pravocrtno gibanje alata u manjem utoru u smjeru Z osi za 3.1 mm
N80	X15.0855	Gibanje alata po osi X za 2mm prilikom izrade drugog kraja utora
N85	Z-42.0000	Gibanje alata po osi Z za 7 mm prema steznoj glavi
N100	X12.0000	Gibanje alata po X osi za 4mm izrada zadnje stepenice
N105	M30	Kraj programa, ova naredba vraća na početak programa

## 5. ZAKLJUČAK

Ovaj završni rad temelji se na retrofitu dvo-osne tokarilice HobbyMat MD 65. Školska tokarilica HobbyMat MD65 je horizontalna tokarilica koja ostvaruje gibanja po X i Z osima. To je uredan i dobro dizajniran mali tokarski stroj koji je korišten od strane kreatora manjih strojnih dijelova i zlatara. Ugradnjom koračnih motora na upravljive X i Z osi dobili smo mali i pouzdani dvo-osni CNC tokarski stroj kojim upravlja elektronika sa setom L298 čipova i upravljačkim programom Mach 3 Turn.

Upravljački program koji se koristi je jednostavan i prilagodljiv samim početnicima u svijetu strojne obrade. Sam postupak stvaranja CNC stroja nije jednostavan i potrebno je poznavati dosta funkcija i pojmova koji su vezani uz strojnu obradu, a naročito moramo poznavati stroj i njegove mogućnosti.

## 6. LITERATURA

- [1] Bošnjaković, Mladen; Stoić, Antun;“Programiranje CNC strojeva“, Veleučilište u Slavonskom Brodu, Dr.Mile Budaka 1, Slavonski Brod, 2011
- [2] Blažević Zdravko,“ Programiranje CNC tokarilice i glodalice“ Virovitica, rujan 2004
- [3] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Koordinatni\\_sustav](https://hr.wikipedia.org/wiki/Koordinatni_sustav) ( 10.09.2016)
- [4] Sherline Products “ THE SHERLINE ACCESSORIES SHOP GUIDE“ sherline products Inc. 2007, Sixth Edition
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Tokarenje> ( 10.09.2016)
- [6].[http://www.veleri.hr/files/datoteke/page\\_privitak/UpravljanjeKoracnimMotorimaPutemArduinoPlatforme.pdf](http://www.veleri.hr/files/datoteke/page_privitak/UpravljanjeKoracnimMotorimaPutemArduinoPlatforme.pdf) ( 14.09.2016)
- [7] <http://www.slideshare.net/MartinMarkov1/tokarilice> ( 16.09.2016 )
- [8] [https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper\\_motor](https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor) ( 16.09.2016 )
- [9] file:///C:/Users/STUDENT/Desktop/REZIMI\_OBRADE.pdf
- [10].[http://www.glueit.com/modelengineering/tools/lathes/hobbymatmd65.html#.V\\_N9cvmLTDC](http://www.glueit.com/modelengineering/tools/lathes/hobbymatmd65.html#.V_N9cvmLTDC) ( 18.09.2016)
- [11][http://www.machsupport.com/wpcontent/uploads/2013/02/Mach3Turn\\_1\\_84.pdf](http://www.machsupport.com/wpcontent/uploads/2013/02/Mach3Turn_1_84.pdf) (19.09.2016)
- [12] <http://www.elektronika.rs.ba/katalog/katalog.shtml?nivo1=8&nivo2=S86> (22.09.2016)
- [13] <http://www.informatika.buzdo.com/s190-u-i-kanal.htm> (25.09.2016)

## **Sažetak**

Naslov: **Retrofit dvo-osne tokarilice HobbyMatMD65**

U ovom završnom radu prikazan je retrofit dvo-osne Tokarilice HobbyMat MD65, ovim postupkom stvoren je jednostavan i pouzdan CNC tokarski stroj koji se može koristiti u manjim radionicama za izradu jednostavnijih dijelova. Detaljno su objašnjeni glavni dijelovi ove tokarilice kao što je stezna glava, vodilice za X i Z os koje su upravljane koračnim motorima. Svaki CNC stroj mora imati upravljačku elektroniku i program koji služi za stvaranje i generiranje NC programa ( G-koda). U ovom slučaju korištena je upravljačka elektronika sa setom čipova L298, ova kombinacija elektronike koja se koristi za upravljanje samog cnc stroja pokazala se pouzdanom i jednostavnom. Upravljački program koji upravlja samim strojem je Mach 3 Turn, ovo je jednostavan, prilagodljiv program krajnjim korisnicima i početnicima u svijetu strojne obrade. U završnom radu detaljno je objašnjena konfiguracija i način programiranja CNC strojeva uz pomoć navedenog programa.

Ključne riječi: Retrofit, CNC tokarilica, G-kod, Mach 3 turn, Upravljačka elektronika

## **Abstract**

Title: Retrofit a two-axis lathes HobbyMatMD65

This final work is about making CNC lathes HobbyMat MD65, this process created a simple and reliable CNC lathe that can be used in small workshops for making simple parts. The main parts of the lathe are explained detail in the text, such as chuck, guides X i Z axis which is driven by the stepper motors. Each CNC machine must have the control electronics and software that is used to create and generate NC programs (G-code). For control electronic we used a set of chips L298, this combination of electronics that is used to manage the CNC machine has proven to be reliable and easy. A driver who operates the machine itself is Mach 3 Turn, this is a simple, flexible program for users and beginners in the world of machining. In this final work was explained in detail the configuration and method of programming of CNC machines with this program.

Keywords: CNC lathe, G- code, Mach3 Turn, Control electronics

Završni rad izrađen je u Bjelovaru, 10.10.2016

---

(Potpis studenta)



Prema Odluci Visoke tehničke škole u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Visoke tehničke škole u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

**Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju**

MARKO CINDRIĆ

(Ime i prezime)

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 27. 10. 2016.

Marko Cindrić

(potpis studenta/ice)

## **Privitak**

U ovom dijelu biti će prikazane električne sheme ožičenja motora i krajnjih prekidača sa upravljačkom elektronikom, te će biti priložen detaljniji opis i karakteristike koje je dao sami proizvođač komponenata koje su opisane i navedene prilikom pisanja završnog rada.

## **ELEKTRIČNE SHEME**

ELEKTRIČNA SHEMA 1 MOTORA ZA POKRETANJE STEZNE GLAVE..... 73

ELEKTRIČNA SHEMA 2 STEP DRIVER I ULAZNO IZLAZNE KARTICE..... 74

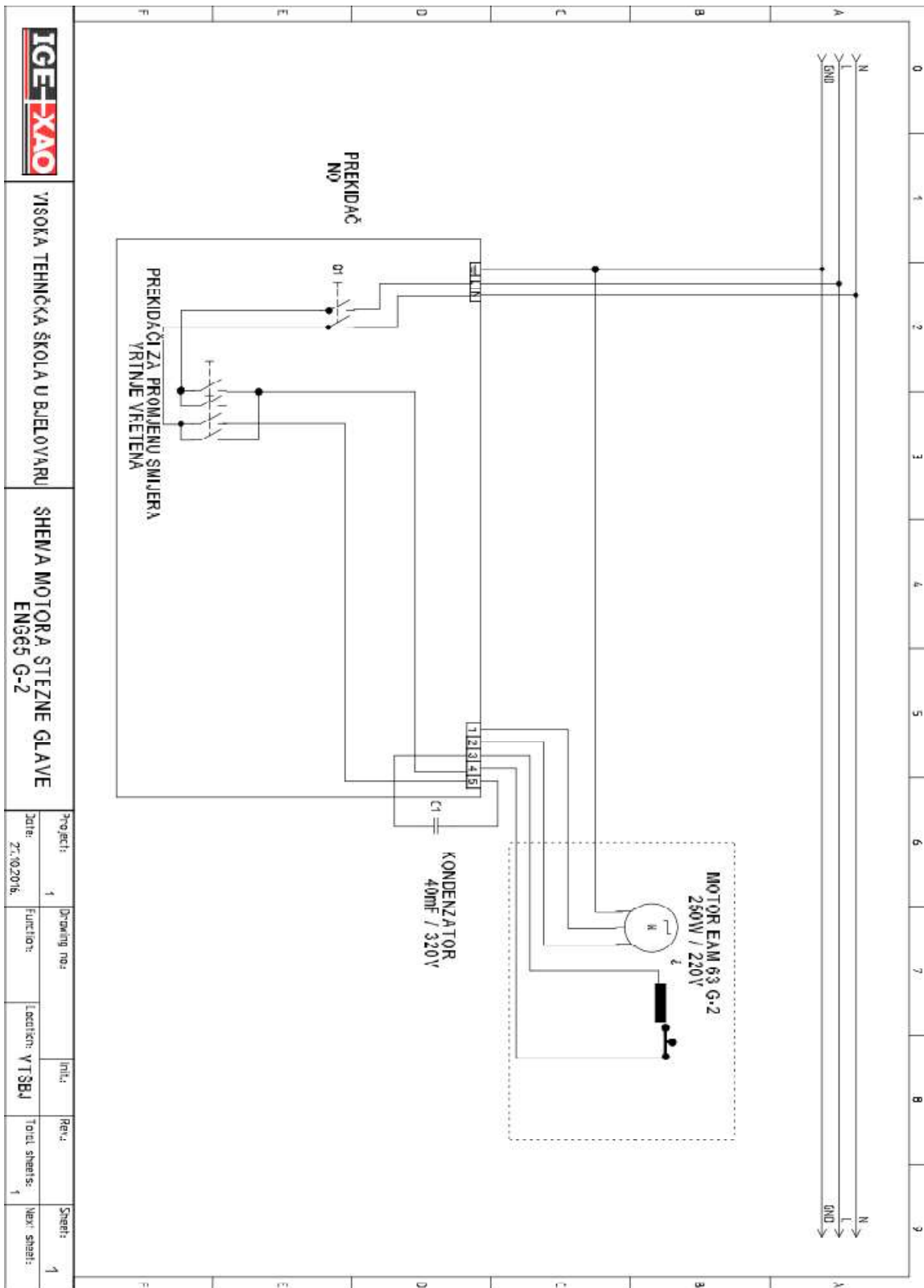
ELEKTRIČNA SHEMA 3 KRAJNJIH PREKIDAČA I STEPER MOTORA ..... 75

## **DATA SHEET**

DATA SHEET 1 DRAJVER ZA UPRAVLJANJE STEPER MOTORIMA L298..... 75

DATA SHEET 2 SILICIJSKI MOSNI ISPRAVLJAČ KBPC 3510 FP PROIZVOĐAČ  
SEMIKRON ..... 78

# ELEKTRIČNA SHEMA 1 MOTORA ZA POKRETANJE STEZNE GLAVE

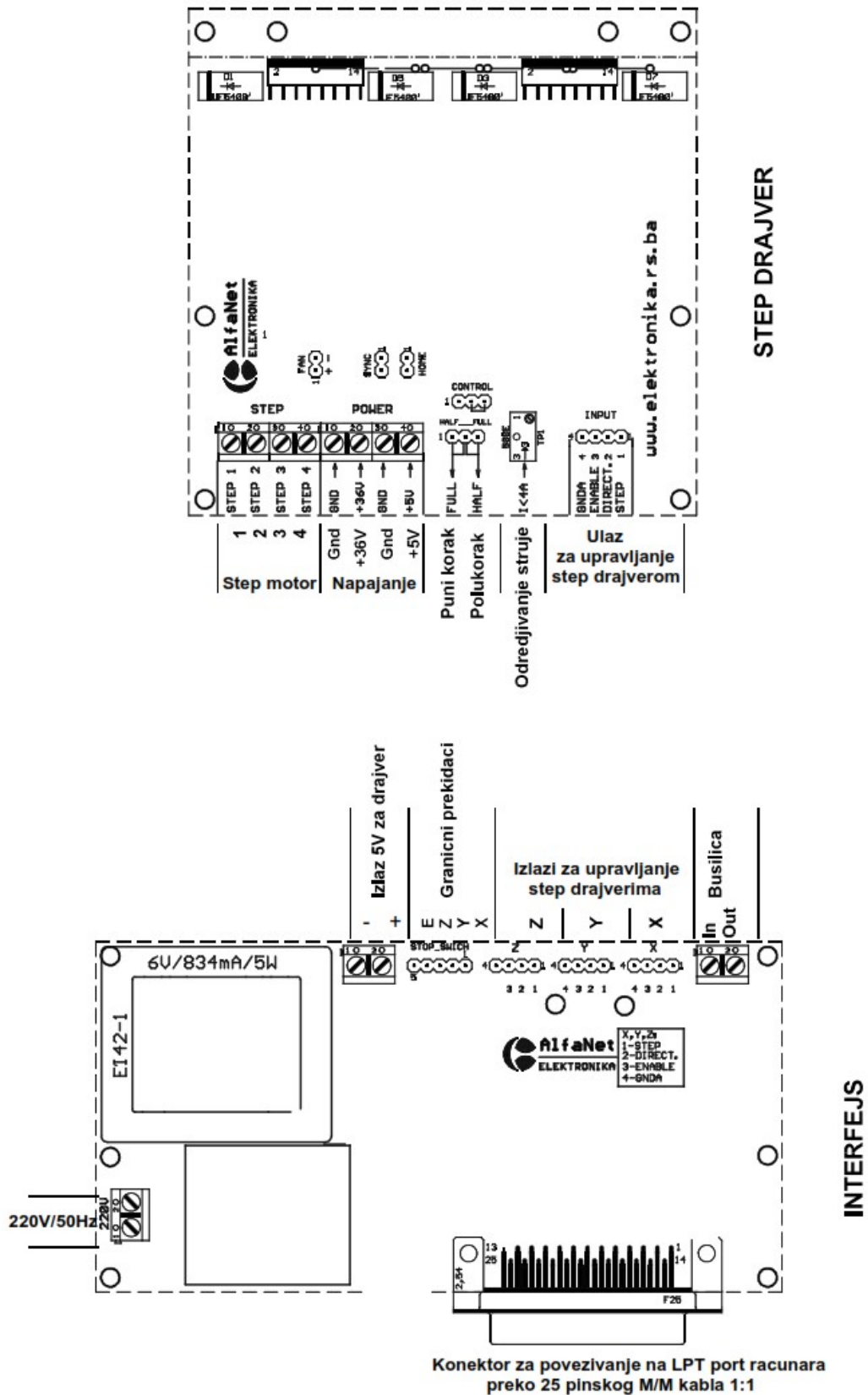


VIŠOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU

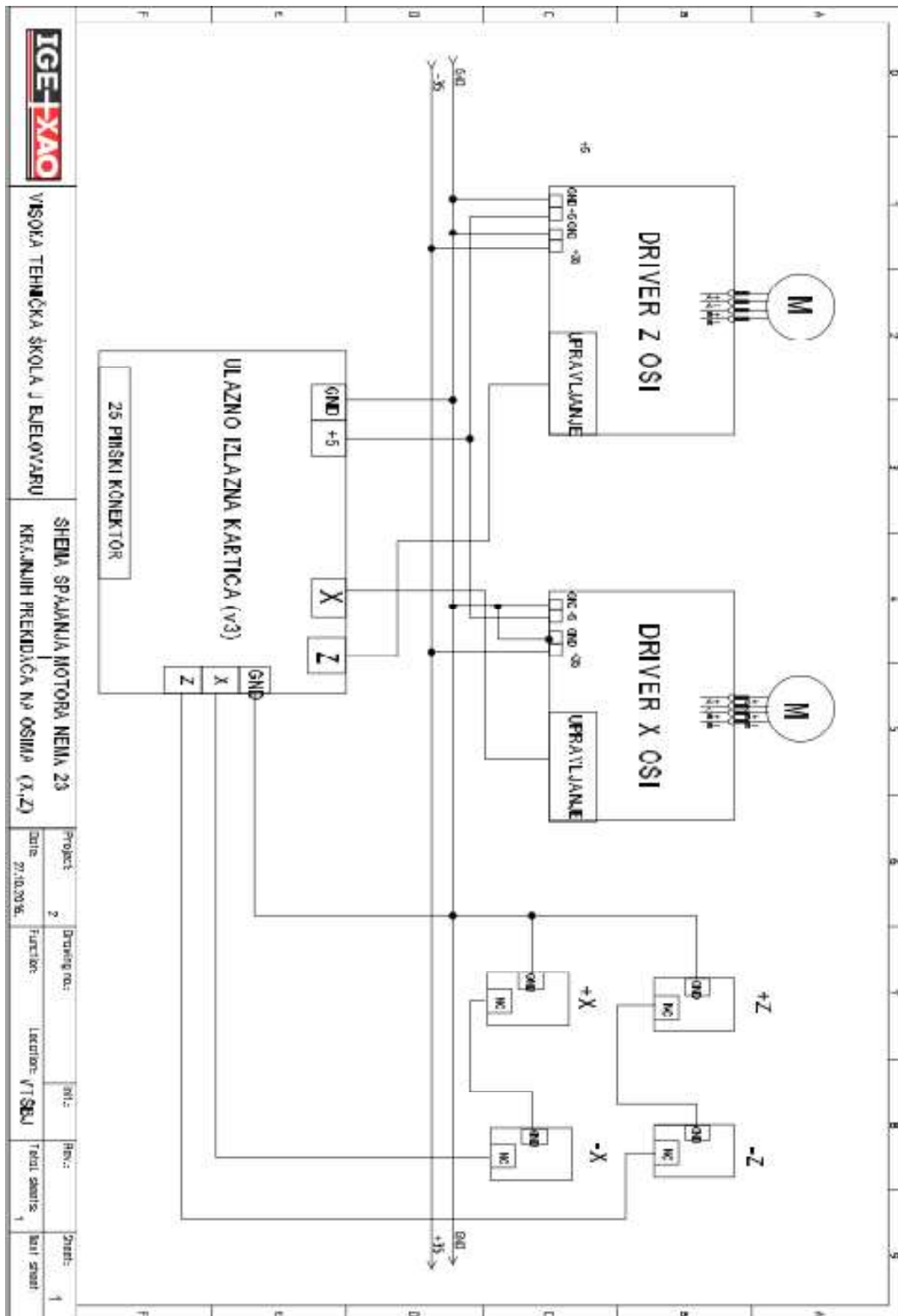
SHEMA MOTORA STEZNE GLAVE  
EN365 G-2

Project:	1	Drawing no:		Inti:		Rev:		Sheet:	1
Date:	27.10.2016.	Function:		Location:	YTŠBJ	Total sheets:	1	Max sheet:	

# ELEKTRIČNA SHEMA 2 STEP DRIVER I ULAZNO IZLAZNE KARTICE



# ELEKTRIČNA SHEMA 3 KRAJNJIH PREKIDAČA I STEPER MOTORA





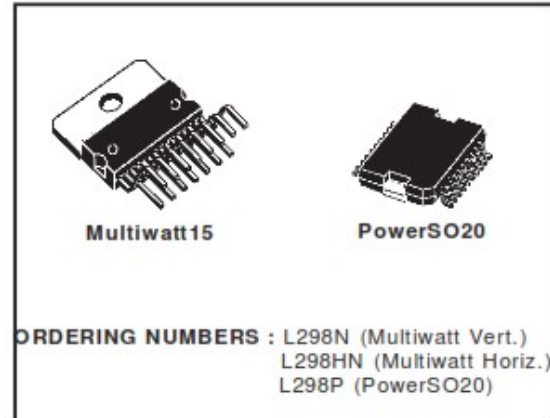
# L298

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

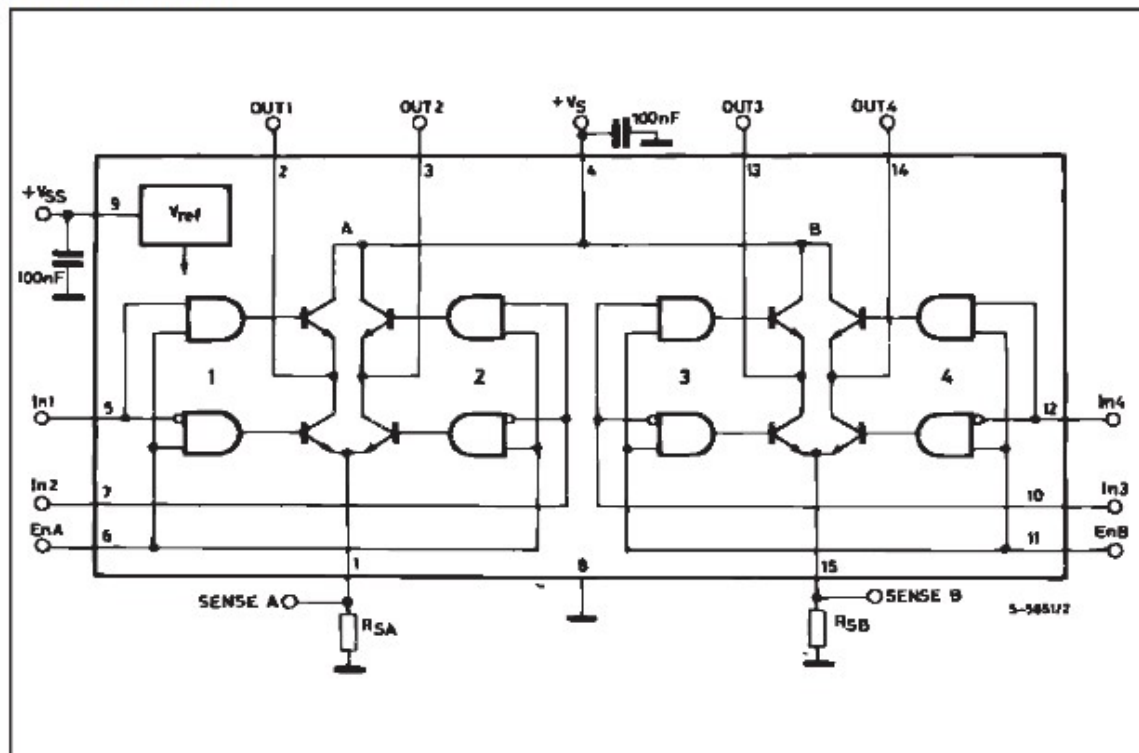
### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



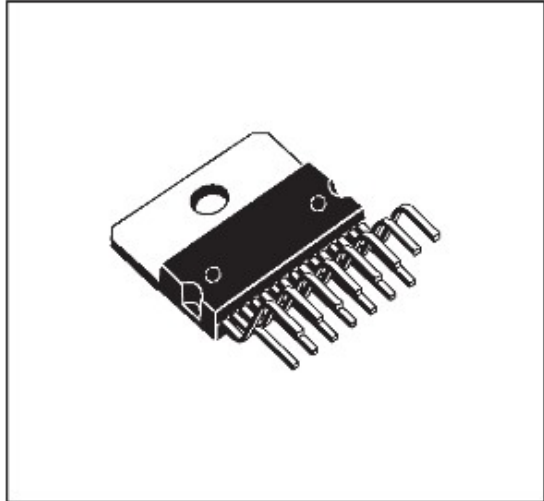
nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

### BLOCK DIAGRAM

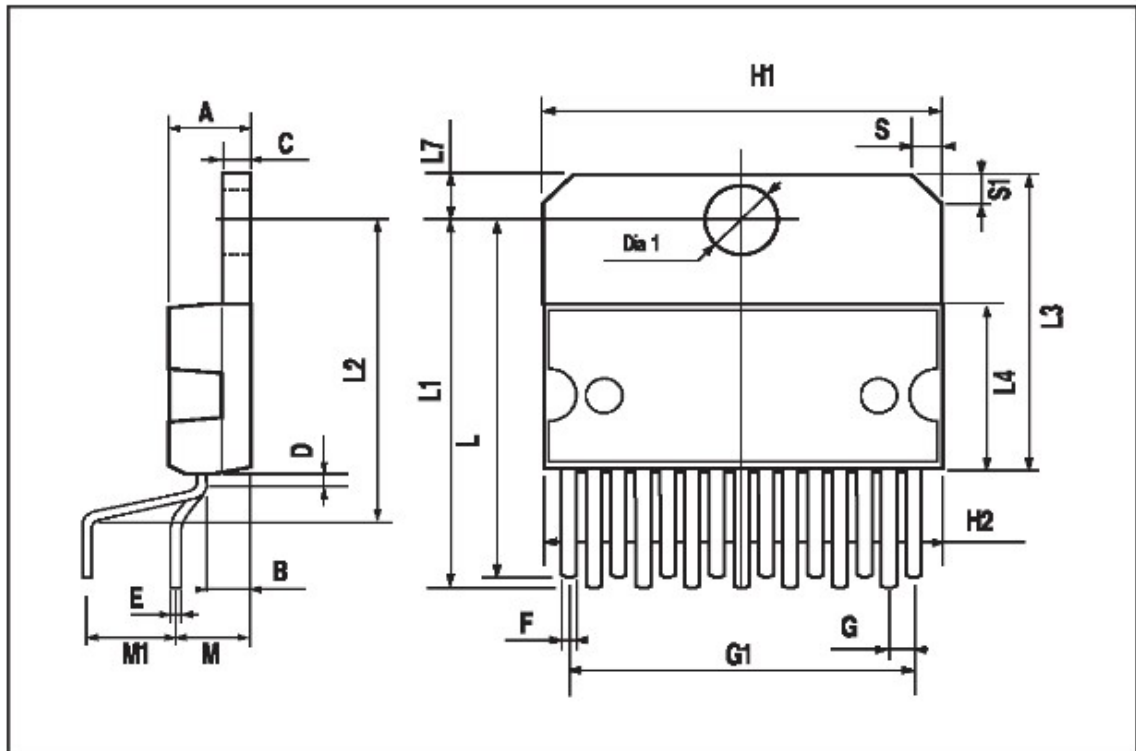


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**



**Multiwatt15 V**



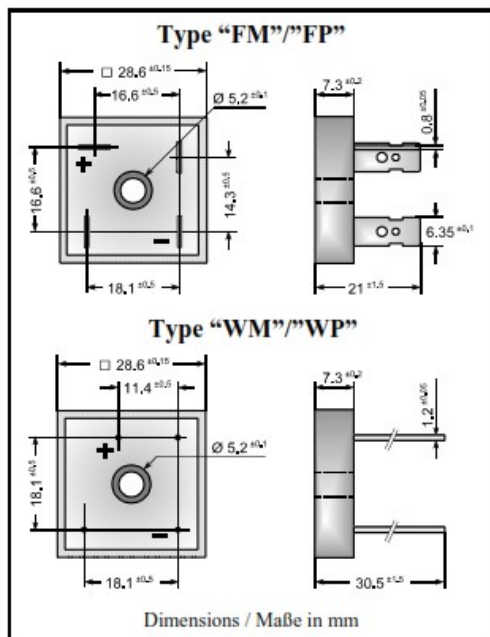
DATA SHEET 2 SILICIJSKI MOSNI ISPRAVLJAČ KBPC 3510 FP PROIZVOĐAČ SEMIKRON



KBPC 3500 F/W ... KBPC 3514 F/W

**Silicon-Bridge Rectifiers**

**Silizium-Brückengleichrichter**



Nominal current 35 A  
 Nennstrom  
 Alternating input voltage 35...900 V  
 Eingangswechselspannung  
 Metal case (Index "M") or Plastic case with alu-bottom (Index "P")  
 Metallgehäuse (Index "M") oder Kunststoffgeh. mit Alu-Boden (Index "P")  
 Dimensions 28.6 x 28.6 x 7.3 [mm]  
 Abmessungen  
 Weight approx. 23 g  
 Gewicht ca.  
 Compound has classification UL94V-0  
 Vergußmasse UL94V-0 klassifiziert  
 Standard packaging bulk  
 Standard Lieferform lose im Karton



Recognized Product – Underwriters Laboratories Inc.® File E175067  
 Anerkanntes Produkt – Underwriters Laboratories Inc.® Nr. E175067

**Maximum ratings**

**Grenzwerte**

Type Typ	Alternating input volt. Eingangswechselspg. $V_{VRMS}$ [V]	Rep. peak reverse voltage Period. Spitzensperspanng. $V_{RRM}$ [V] <sup>1)</sup>	Surge peak reverse voltage Stoßspitzensperspanng. $V_{RSM}$ [V] <sup>1)</sup>
KBPC 3500 F/W	35	50	80
KBPC 3501 F/W	70	100	130
KBPC 3502 F/W	140	200	250
KBPC 3504 F/W	280	400	450
KBPC 3506 F/W	420	600	700
KBPC 3508 F/W	560	800	1000
KBPC 3510 F/W	700	1000	1200
KBPC 3512 F/W	800	1200	1300
KBPC 3514 F/W	900	1400	1400

Repetitive peak fwd. current – Period. Spitzenstrom  $f > 15$  Hz  $I_{FRM}$  80 A <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Valid for one branch – Gültig für einen Brückenzweig

<sup>2)</sup> Valid, if the temperature of the case is kept to 120°C – Gültig, wenn die Gehäusetemperatur auf 120°C gehalten wird