# Izrada CNC glodalice

**Šignjar, Lovro**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:447856

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-05-06**

*Repository / Repozitorij:*

University North Digital Repository

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište Sjever

**Završni rad br. 494/EL/2021**

# Izrada CNC glodalice

**Lovro Šignjar,** 0336026116

Varaždin, rujan 2021. godine

Sveučilište Sjever

**Odjel za Elektrotehniku**

**Završni rad br. 494/EL/2021**

# Izrada CNC glodalice


**Student**

Lovro Šignjar, 0336026116

**Mentor**

Miroslav Horvatić, dipl. ing.


Varaždin, rujan 2021. godine

**Sveučilište Sjever**
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za elektrotehniku

STUDIJ preddiplomski stručni studij Elektrotehnika

PRISTUPNIK Lovro Šignjar | JMBAG 0336026116

DATUM 30.08.2021. | KOLEGIJ Automatsko upravljanje

NASLOV RADA Izrada CNC glodalice

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Design And Construction of CNC Milling Machine

MENTOR Miroslav Horvatić, dipl. ing. | ZVANJE viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. mr. sc. Ivan Šumiga, dipl. ing., viši predavač
2. mr. sc. Matija Mikac, dipl. ing., viši predavač
3. Miroslav Horvatić, dipl. ing., viši predavač
4. dr. sc. Ladislav Havaš, docent, rezervni član
5.

## Zadatak završnog rada

BROJ 494/EL/2021

OPIS

Potrebno je projektirati i izraditi CNC glodalicu koja koristi koračne elektromotore. Upravljana glodalice realizirati osobnim računalom i Mach 3 programskim paketom.

U radu je potrebno:
- osmisliti mehanički, električni i programski dio CNC glodalice
- odabrati i opisati sklopovske komponente CNC glodalice
- konfigurirati programski paket koja će omogućiti rad CNC glodalice
- ispitati rad CNC glodalice.

ZADATAK URUČEN 31.8.2021. | POTPIS MENTORA

REPUBLIKA HRVATSKA SVEUČILIŠTE SJEVER KNJIŽNICA SVEUČILIŠTE SJEVER

**Predgovor**

Zahvaljujem se mentoru Miroslavu Horvatiću, dipl. ing. na pomoći, korisnim savjetima i ukazanom strpljenju.

Zahvaljujem se obitelji na strpljenju i mogućnosti izrade ovakvog kompleksnog rada, hvala na smanjenju obveza na poljoprivrednom gospodarstvu za izradu i završetak rada.

Hvala gospodinu Željku Čižmešinkinu na ukazanoj dobroj volji, strpljenju i brojnim korisnim savjetima oko konstrukcije CNC glodalice.

**Sažetak**

Cilj završnog rada jest izraditi CNC glodalicu kojom će biti moguće obrađivati drvene predmete i aluminijske dijelove za razne strojeve. Da bi se smanjile vibracije koje mogu biti štetne za obradne dijelove potrebno je napraviti čvrstu konstrukciju. Kako bi se takva čvrsta i teška konstrukcija kretala bez poteškoća stavljaju se vrlo snažni NEMA 34 koračni motori i kuglične navojne šipke promjera 20mm za pretvorbu kružnog gibanja u linearno gibanje.

Glodalica korištena u radu je 2.2 kW ER20 glodalica koja može koristiti glodala promjera od 1mm do 13mm.

Glodalica ima mogućnost korištenja više različitih vrsta steznih naprava, kao što su škripci ili stezna ploča. Škripac se koristi za stezanje metalnih komada za obradu, a stezna ploča za stezanje drvenih ploča velikih površina.

Standardna nespecificirana industrijska tolerancija iznosi $\pm 0{,}2$mm, no tolerancija prikazanog stroja ne mora iznositi toliko. Prihvatljiva tolerancija je $\pm 0{,}5$mm.

**Summery**

The aim of the final work is to make a CNC milling machine with which it will be possible to process wooden objects and aluminum parts for various machines. In order to reduce vibrations that can be harmful to machining parts, it is necessary to make a solid construction. In order for such a solid and heavy construction to move without difficulty, very powerful NEMA 34 stepper motors and ball threaded rods with a diameter of 20 mm are used to convert circular motion into linear motion.

The milling machine used in the work is a 2.2 kW ER20 milling machine that can use milling cutters with a diameter of 1mm to 13mm.

The milling machine has the possibility of using several different types of clamping devices, such as pulleys or clamping plates. The vise is used to clamp metal pieces for machining, and the clamping board is used to clamp large-area wooden boards.

The standard unspecified industrial tolerance is ± 0.2mm, but the tolerance of the machine shown does not have to be that much. Acceptable tolerance is ± 0.5mm.

**Popis korištenih kratica**

**CNC** Computer Numerical Control, hrv. Računalno numeričko upravljanje
**DXF** Drawing Interchange Format, hrv. Format razmjene crteža

# Sadržaj

1. Uvod ..... 1
2. Postupak dizajniranja ..... 2
2.1. Odabir dizajna ..... 2
2.2. Dizajniranje ..... 3
3. Izrada glodalice ..... 4
3.1. Konstrukcija Y osi ..... 4
3.2. Konstrukcija X osi ..... 10
3.3. Konstrukcija Z osi ..... 14
4. Upravljačka elektronika ..... 20
4.1. Probno spajanje elektronike ..... 20
4.2. Sastavljanje elektro ormara ..... 21
4.3. Konfiguracija upravljačkog programa ..... 25
5. Ispitivanje CNC glodalice ..... 30
6. Zaključak ..... 32
7. Literatura ..... 33
8. Popis grafika ..... 34
8.1. Popis slika ..... 34
8.2. Popis tablica ..... 36
Prilozi ..... 37

# 1. Uvod

CNC upravljanje je naziv koji se koristi za automatsko računalno numeričko upravljanje alatnim strojevima u modernoj industriji, od sastavljanja do proizvodnje dijelova raznih strojeva i alata, kroz interpretiranje takozvanih G naredbi [1]. G naredbe predstavljaju sekvencijalni niz instrukcija koje operater zadaje računalu koje upravlja radom numerički upravljanog stroja [1]. Jedan od najraširenijih upravljačkih programa za hobi CNC strojeve je *Mach 3*, program koji se pokreće sa osobnog računala te se preko komunikacijskog kabela (Paralelni port, USB ili Ethernet) spaja na upravljačku pločicu u upravljačkoj kutiji.

U ovom završnom opisana je izrada CNC glodalice. Za razliku od obradnog centra ovaj tip CNC glodalice sastoji se od dvije paralelne osi koje rade kao jedna, u prikazanom slučaju je to Y os. Ovaj tip stroja se još naziva i CNC bušilica, zbog relativno male visine obrade. Maksimalne dimenzije obrade stroja su 650x650x150mm (X, Y, Z).

Konstrukcija stroja je podijeljena na 4 podsklopa, postolja na kojem su postavljene pokretne osi stroja, Y osi koja se sastoji od dvije paralelne osi koje pokreće svaki motor zasebno, a upareni su kako ne bi došlo zakretanja X osi. Jedan motor služi za kretanje uzduž X osi te on pokreće sklop Z osi u smjeru lijevo – desno. Z os na kojoj se nalazi glodalica se pomiče gore – dolje.

Upravljači program je Mach 3, taj program pretvara obično računalo u CNC upravljač koji može upravljati sa do 6 osi, 3 linearne i 3 okretne, no okretne osi se mogu podesiti kao linearne u slučaju da se izlaz koristi za upravljanje motora za os koja se sastoji od dvije strane, kao što je slučaj u radu.

Stroj je dizajniran i konstruiran tako da je što masivniji i robusniji kako bi se izbjegle vibracije i omogućilo što preciznije glodanje.

Završni rad se sastoji od šest poglavlja. Nakon prvog, uvodnog poglavlja slijedi drugo poglavlje u kojem je opisan odabrani dizajn CNC glodalice. U trećem poglavlju prikazan je postupak izrade konstrukcije pojedinih sklopova. Četvrto poglavlje predstavlja postupak testiranja i spajanja upravljačke elektronike. Peto poglavlje prikazuje konfiguraciju upravljačkog programa *Mach 3*. U šestom poglavlju opisano je testiranje preciznosti stroja.

Posljednje, sedmo poglavlje sadrži popis korištene literature.

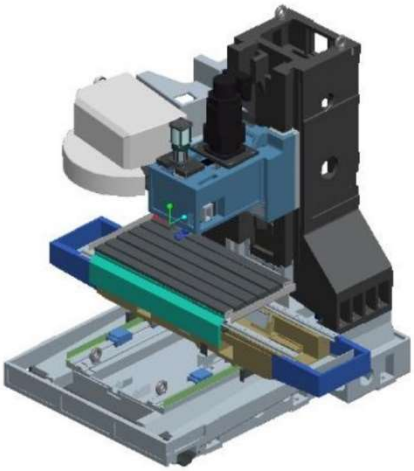
# 2. Postupak dizajniranja

## 2.1. Odabir dizajna

Korišteni tip  CNC bušilice je odabran iz razloga, jer omogućava veliku površinu glodanja, koja je korisna kako bi se od drveta moglo proizvoditi razne umjetnine, no ako je prikladno postavljen i pričvršćen komad metala za obradu, mogu se proizvoditi i rezervni dijelovi za strojeve.

Drugi razlog za odabrani dizajn je jednostavnija konstrukcija od CNC obradnog centra.

Na slici 2.1 prikazan je dizajn CNC obradnog centra, vidi se kako je obradna površina pomična, a glodalica stacionarna. Slika 2.2 prikazuje korišteni dizajn u završnom radu, vidi se kako je je glodalica pomična u sve tri prostorne osi, a stol je nepomičan.



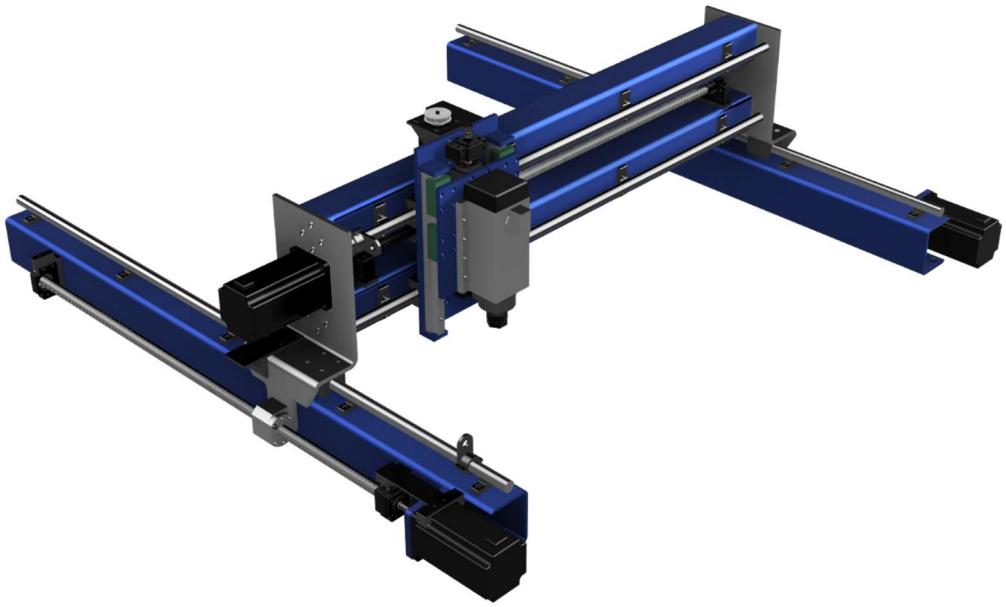
*Slika 2.2 CNC glodalica/obradni centar [2]*

*Slika 2.1 CNC bušilica [3]*

## 2.2. Dizajniranje

Za dizajniranje CNC glodalice korišten je programski paket je *Autodesk Fusion 360*. Ovaj program je odabran zbog besplatne studentske licence i mnogo funkcija koje omogućuje korisniku.

Slika 2.3 prikazuje dizajn CNC glodalice u programskom paketu. Većina korištenih komponenti su standardizirane, zbog jednostavnosti kupnje i montiranja te umetanja u dizajn.



*Slika 2.3 Dizajn CNC glodalice*

Dizajn je odabran zbog velike radne površine, za razliku od obradnog centra koji bi zauzimao četiri puta više prostora za istu površinu. Korištena debljina stijenke konstrukcijskih cijevi je 5mm, što daje čvrstoću i olakšano urezivanje navoja za vodilice, a dodatna funkcija je povećanje mase stroja kako bi se umanjile vibracije i poboljšala završna obrada površina. Zbog velike mase konstrukcije korišteni su NEMA 34 12.5Nm koračni elektromotori. Držeći okretni moment elektromotora iznosi 12.5 Nm te opada s povećanjem okretaja vratila. Elektromotori se ne okreću vrlo brzo kod rada te je smanjenje okretnog momenta minimalno.

# 3. Izrada glodalice

U ovom poglavlju se prikazuje izrada konstrukcije glodalice, prvo se izrađuju manje komponente kao što su nosači, cijevi, vodilice i pločevine. Nakon izrade pojedine komponente odmah se vrši sastavljanje sklopova CNC glodalice kako bi se vidjele potrebne preinake. Nakon završenog sastavljanja kreće se u pripremu električnog dijela, postavljanje koračnih elektromotora, senzora i vodilica za kablove. Upravljački dio glodalice se spaja na otvorenom zbog lakšeg spajanja i otkrivanja greški. Nakon potvrde o pravilnom radu kreće se u postavljanje elektronike u električni ormarić, te se vrši završna konfiguracija upravljačkog programa.

## 3.1. Konstrukcija Y osi

Početak izrade počinje izradom svih komponenti konstrukcije.

*Slika 3.1 Nosač koračnog motora*

Nosač je izrezan na plazma rezaču kako bi se osigurao pravilan provrt u sredini nosača zbog same konstrukcije motora.

Plazma rezači koriste DXF format datoteke dijela kojeg režu. Upravljačko računalo automatski pretvara DXF format u koordinate te stroj izvršava generirane naredbe.

Postupak izrade provrta i navoja za montažu je jednostavan, potrebno je označiti pozicije provrta na samom komadu metala koje su predočene u tehničkoj dokumentaciji koračnih motora.

Na stolnoj bušilicu su izbušeni provrti te su ručnim M6 ureznikom urezani navoji za vijke (Slika 3.2).

*Slika 3.2 Urezivanje navoja*

Za konstrukciju su potrebni mnogi provrti i navoji čija se izrada neće posebno opisivati za svaku komponentu.

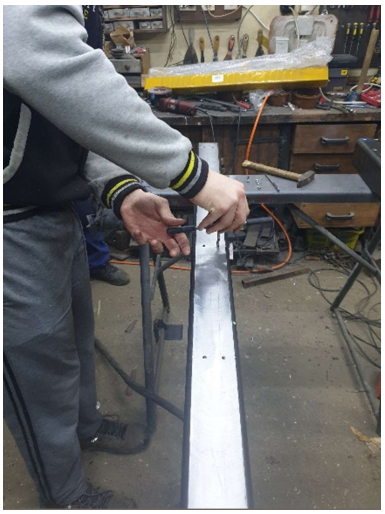
Ručno urezivanje navoja se može obaviti na dva različita načina. Prvi način je taj da se koristi ureznik sa završnim navojom koji se za svaka dva kruga mora vratiti za jedan natrag kako bi se maknuli komadići metala, a drugi način je sa ureznicima sa tri koraka koji se koriste sa bušilicom i nije ih potrebno vraćati unatrag. Za oba načina potrebno je mazivo, npr. ulje ili sprej za pomoć pri bušenju.

Kako bi se postigla maksimalna radna površina potrebno je motore postaviti 100mm unutar konstrukcijske cijevi Y osi (Slika 3.3).

*Slika 3.3 Prikaz utora za motor Y osi*

Na istoj cijevi je potrebno izbušiti provrte (Slika 3.4) i urezati navoje (Slika 3.5) za montiranje vodilica po kojima klizi X os te provrte za montažu potpornih nogu.

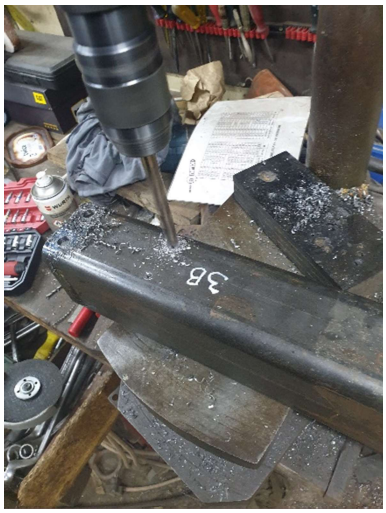
*Slika 3.4 Bušenje provrta*



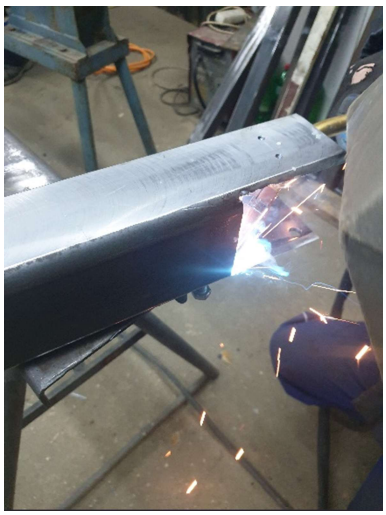
*Slika 3.5 Urezivanje navoja*

Na provrte za potporne noge se zavaruju matice M10 (Slika 3.8), što će omogućiti rastavnu montažu nogu.

*Slika 3.6 Označavanje provrta*



*Slika 3.7 Bušenje provrta*



*Slika 3.8 Varenje matica*

Konstrukcijske noge (Slika 3.9) se mogu demontirati i montirati vijcima kako bi se stroj lakše prenosio u prostorije sa uskim vratima.

*Slika 3.9 Noge i pločica CNC-a*

*Slika 3.10 Spajanje nogu ispod Y osi*

Elektromotor Y osi je postavljen s vanjske strane CNC glodalice te se nosač koračnog elektromotora vari unutar Y osi (Slika 3.11).

*Slika 3.11 Spajanje nosača koračnog motora i Y osi*

Nakon što se vijcima pričvrsti elektromotor na nosač privremeno se montira kuglična navojna šipka sa BK15 (Slika 3.12) i BF15 (Slika 3.13) blokovima kako bi se odredile pozicije provrta za montiranje blokova na Y osi (Slika 3.14).

*Slika 3.12 BK15 blok [4]*

*Slika 3.13 BF15 blok [5]*

Nakon potvrđenih pozicija za provrte oni se izbuše te se urezuju navoji za vijke (Slika 3.14).

*Slika 3.14 Provrt i navoj za montiranje BK15 i BF15 blokova*

Blokovi BK15 i BF15 postavljaju se na kugličnu navojnu šipku prije montaže na konstrukciju te se montiraju na cijev sa podloškama debljine 8mm (Slika 3.15).

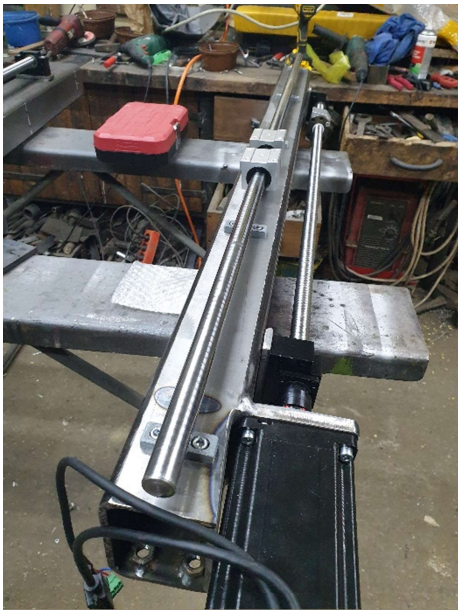
*Slika 3.15 Montiranje blokova i navojne šipke*

Navojna šipka dolazi sa montiranom kugličnom maticom te se na nju mora namontirati (Slika 3.17) samo kućište matice (Slika 3.16).

*Slika 3.16 Kućište kuglične navojne matice [6]*

*Slika 3.17 Namontirano kućište navojne matice*

Montaža Y osi CNC glodalice završava se montažom vodilice (Slika 3.18) i linearnih klizača (Slika 3.19).



*Slika 3.19 Završena Y os*

*Slika 3.18 Kuglični linearni klizač [7]*

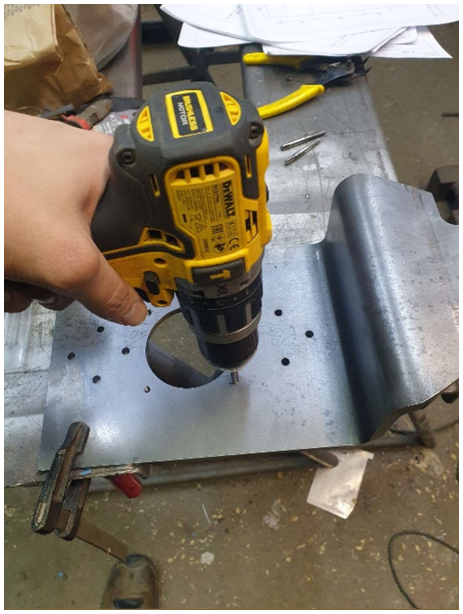
Na isti način usporedno se izrađuje i montira paralelna Y os.

## 3.2. Konstrukcija X osi

Kako bi se X os namontirala na Y os potreban je dio koji spaja i ujedno nosi konstrukciju X osi (Slika 3.20). Za izradu ovog dijela je korišten laserski rezač i industrijska savijača pločevina.

*Slika 3.20 Nosač X osi*

Na lijevi nosač se urezuju navoji za montiranje motora X-osi (Slika 3.21).



*Slika 3.21 Urezivanje navoja za montiranje motora*

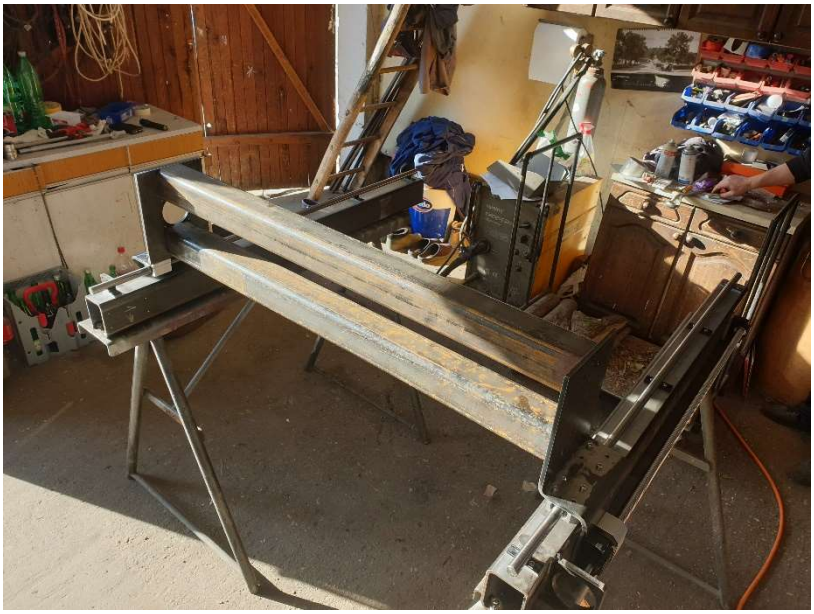
Kako bi se nosač X osi namontirao na klizače Y osi potrebno je probušiti provrte (Slika 3.23) za linearne klizače. U provrte se postavljaju M6 vijci kako bi se dio pričvrstio na klizače.

*Slika 3.22 Obilježavanje pozicija za provrte*

*Slika 3.23 Bušenje provrta*

Za konstrukciju X osi koriste se dvije cijevi sa vodilicama kao i na Y osi. Za montiranje na nosače koriste se M8 vijci sa upuštenom glavom.

Označavanje i bušenje je isto kao i za prethodne korake te se neće postavljati slike.



*Slika 3.24 Probna montaža X osi*

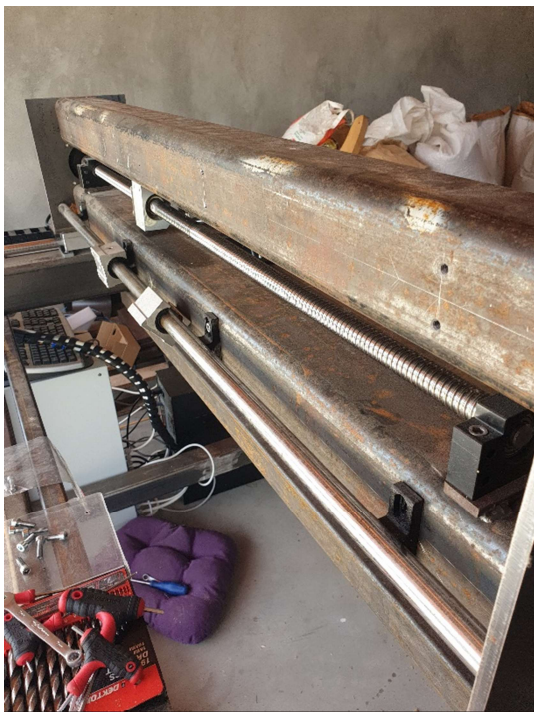
Montiranje vodilica (Slika 3.25) na X os vrši se istim postupkom kao i za Y os.

*Slika 3.25 Montirane vodilice X osi*

Za montiranje BK15 i BF15 blokova na X osi potrebni su podmeti (Slika 3.26) od 8mm kako bi kuglična navojna šipka bila u sredini između dvije cijevi X osi.

*Slika 3.26 Prikaz podloške za BK 15 blok*

Prije nego što se postavi gornja cijev X osi potrebno je montirati kugličnu navojnu šipku s BK15 i BF15 blokovima te kugličnom navojnom maticom (Slika 3.27).



*Slika 3.27 Postavljanje kuglične navojne šipke na X os*

Nakon postavljanja kuglične navojne šipke potrebno je montirati linearne klizače kako bi se postavila montažna ploča za Z os.

## 3.3. Konstrukcija Z osi

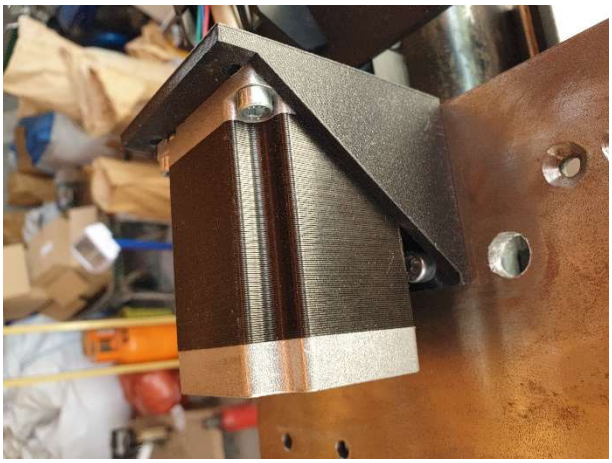
Sve komponente Z osi se montiranju na ploču Z osi. Svi pokreti su neovisni o prethodne dvije osi. Za očuvanje točnost pozicije svih 45 provrta na pločama Z osi, unajmljena je izrada ploča na CNC obradnom centru.

*Slika 3.28 Ploča Z osi*

Kako bi se uštedjelo na vremenu i novcu odlučeno je nosač motora Z osi napraviti na 3D printeru. Dizajn nosača elektromotora je optimiziran za takvu vrstu proizvodnje, a sa strane se nalaze dva rebra koja daju dodatnu čvrstoću nosaču. Prije završnog dizajna napravljen je dizajn bez rebara koji se pokazao dovoljno čvrst, no radi sigurnosti postavljena su rebra sa svake strane nosača (Slika 3.29).

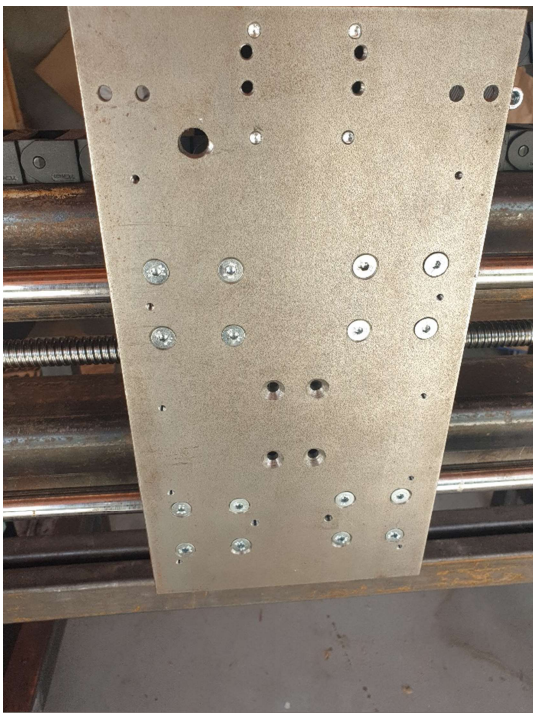
*Slika 3.29 Montiranje nosača motora Z osi*

Nakon montiranja nosača, postavlja se motor (Slika 3.30) na čijem vratilu se nalazi GT2 zupčasta remenica s 20 zubaca.



*Slika 3.30 Montiranje motora Z osi*

Ploča se montira na kuglične klizače X osi (Slika 3.31).

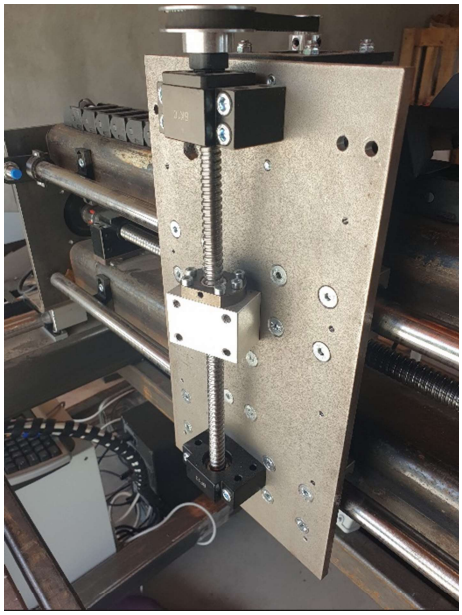


*Slika 3.31 Montirana ploča na vodilice X osi*

Ploču je potrebno spojiti na kugličnu navojnu šipku sa plastičnim podloškom (Slika 3.32) u obliku trapeza kako bi se što više smanjilo savijanje kuglične matice kada se konstrukcija Z osi giba.

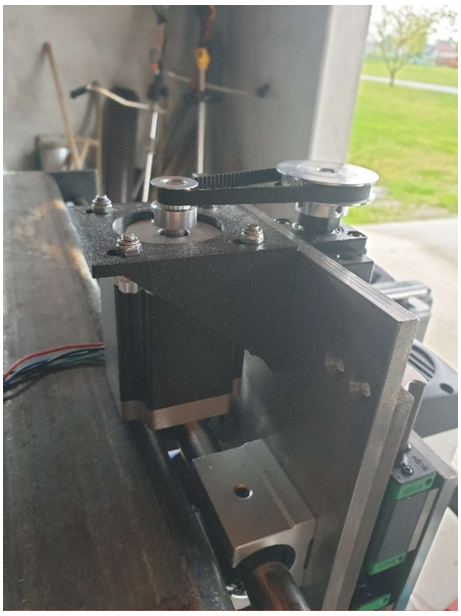
*Slika 3.32 Podloška za prijenos pokreta*

Nakon što je ploča u potpunosti pričvršćena na X os postavlja se kuglična navojna šipka koja je montirana na BK12 i BF12 blokove (Slika 3.33) te pomiče glodalicu. Na kugličnu navojnu šipku se montira kuglična matica i na nju kućište za spajanje, a na vrh se postavlja GT2 zupčasta remenica sa 60 zubaca i remen koji povezuje motor i navojnu šipku.



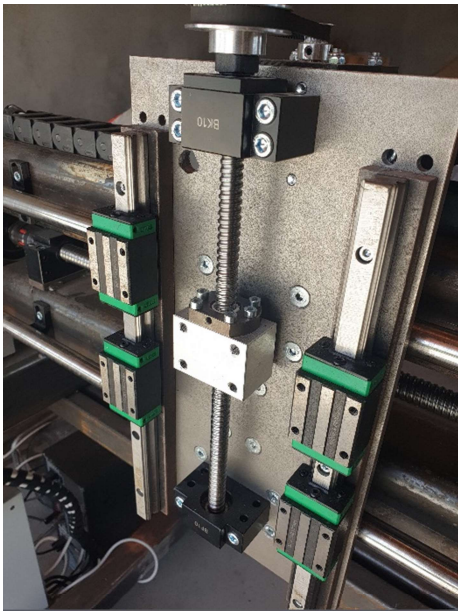
*Slika 3.33 Montiranje kuglične navojne šipke*

Na zupčaste remenice postavlja se GT2 remen, kojem je dužina izračunata sa kalkulatorom dostupnim na internetu. Kao parametre uneseni su tip remenice, broj zubaca remenice i udaljenost između sredine remenice te nam kalkulator daje vrijednost duljine remena koji je potrebno postaviti. Zupčasti remen se postavlja (Slika 3.34) na remenice te se zateže.



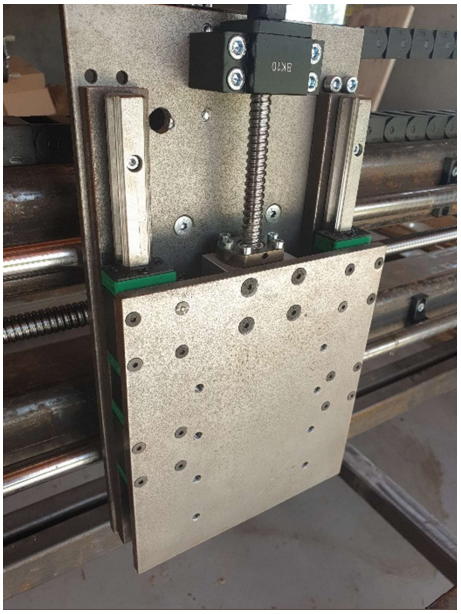
*Slika 3.34 Postavljanje remena*

Na ploču se montiraju linearni klizači i vodilice (Slika 3.35), no zbog krajnjih blokova potrebno je staviti podlošku debljine 12mm kako bi se mogla montirati pomična ploča.




*Slika 3.35 Montiranje vodilica i podloška*

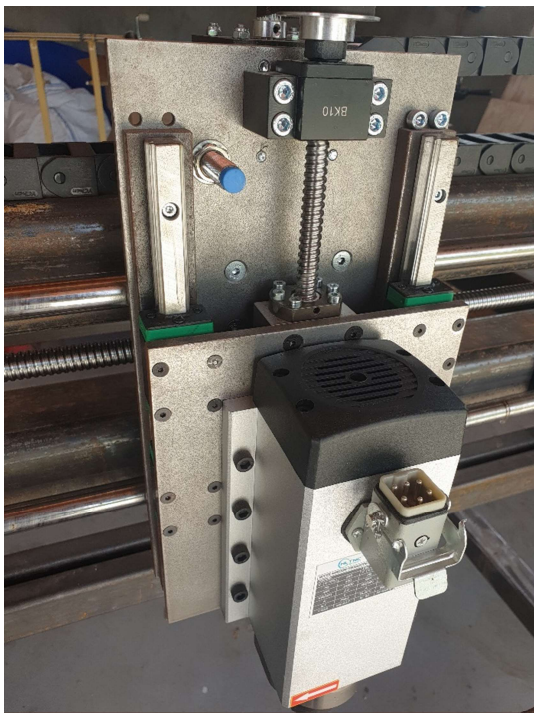
Na linearne klizače montira se manja pomična ploča (Slika 3.36) na koju će se kasnije pričvrstiti glodalica.



*Slika 3.36 Postavljanje ploče za montiranje glodalice*

Na manju ploču montira se glodalica (Slika 3.37), a na veću ploču se montira senzor krajnje točke. Senzor se tek sad montira kako bi se osiguralo da senzor detektira približavanje manje ploče krajnjoj poziciji Z-osi.

.



*Slika 3.37 Završen sklop Z osi*

Nakon uspješnog spajanja svih komponenti kreće postupak rastavljanja i premazivanja komponenata bojom. Prije premazivanja bojama potrebno je dijelove premazati antikorozinom (Slika 3.38) i izbrusiti. Prvi premaz je sa temeljnom sivom bojom (Slika 3.39) te drugi sa završnom bojom (Slika 3.40). Odabrane boje su plava i siva gdje su svi nosači vodilica obojeni u plavo, a konstrukcijski dijelovi u sivu boju.

*Slika 3.38 Premaz antikorozinom*

*Slika 3.39 Premaz temeljnom bojom*

*Slika 3.40 Premaz završnim slojem*

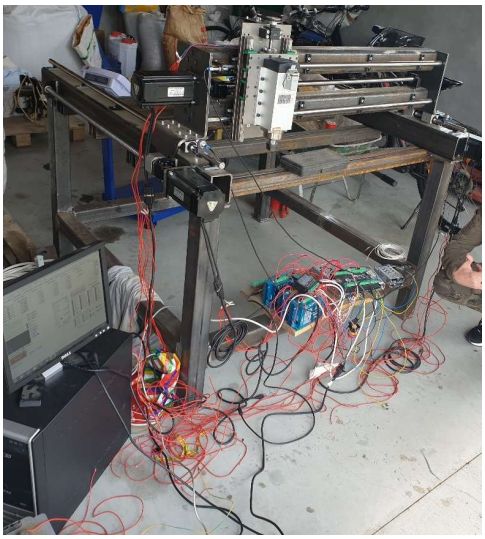
# 4. Upravljačka elektronika

U ovom poglavlju je predstavljeno spajanje električne sheme te postupak sastavljanja električnih komponenti unutar električnog ormara. Nakon sastavljenog električnog ormara potrebno je konfigurirati upravljački program *Mach 3*.

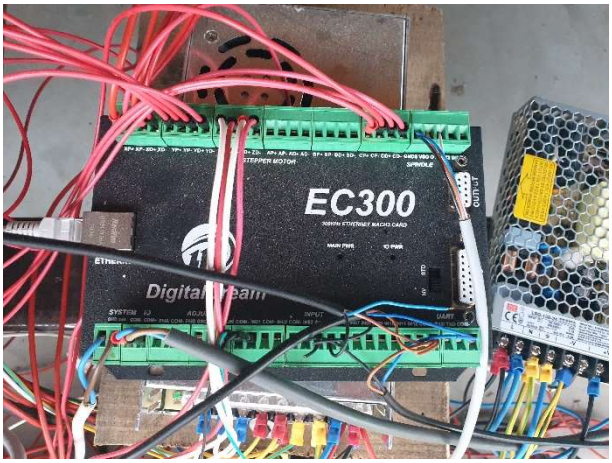
## 4.1. Probno spajanje elektronike

Prije postavljanja sve elektronike u elektro ormar potrebno je sve spojiti izvan ormara (Slika 4.1) kako bi se provjerilo da li upravljanje CNC glodalicom ispravno funkcionira.

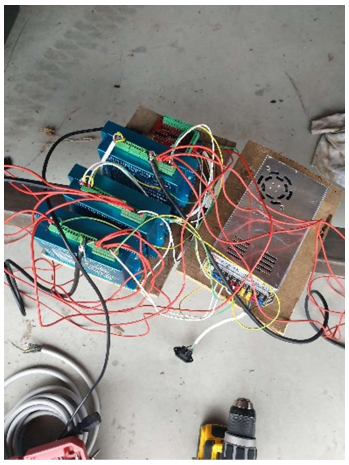
Električna shema prema kojoj je spojen električni ormar nalazi se u privitku jer se sastoji od 8 stranica veličine A3, pa ju je nepraktično postaviti ovdje.



*Slika 4.1 Probno spajanje elektronike*




*Slika 4.3 Probno spajanje CNC kontrolera*

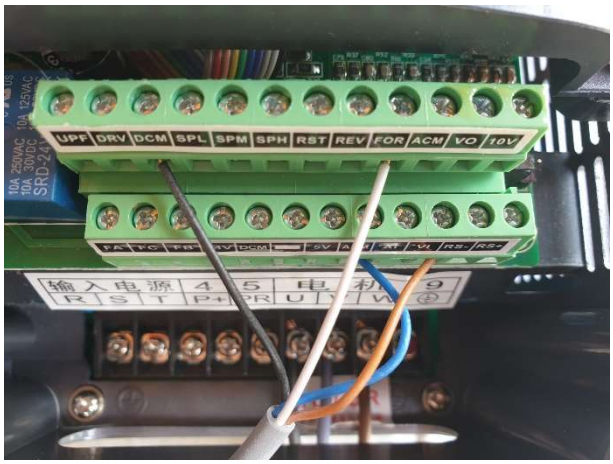


*Slika 4.2 Spajanje upravljača koračnih motora*

Spajanje frekvencijskog pretvornika (Slika 4.4), koji upravlja brzinom okretaja glodalice je jednostavno jer on za upravljanje koristi samo tri vodiča. Na slici se nalaze četiri vodiča, no crni i plavi su „-“ a bijeli i smeđi su signalni vodiči koji se koriste za upravljanje.

Bijeli vodič je spojen na „*FOR*“ ulaz „*Multi-input 1*“, te on upravlja sa okretanjem u smjeru kazaljke na satu.

Smeđi vodič je spojen na „*VI*“ ulaz, analogni ulaz za zadavanje frekvencije vrtnje elektromotora, za što se koristi se standardni industrijski naponski raspon, 0-10V

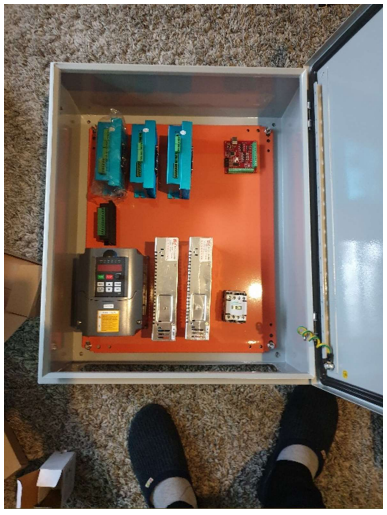



*Slika 4.4 Spajanje frekvencijskog pretvarača*

## 4.2. Sastavljanje elektro ormara

Nakon što su detektirane i otklonjene greške ožičenja za rad glodalice, započinje se sastavljanje kompletne elektronike u elektro ormar.

Prije montiranja komponente se postavljaju u ormar kako bi se vidjelo koliko prostora se može odvojiti za pojedinu komponentu (Slika 4.5). Na slici je prikazano probno postavljanje komponenata električnog ormara prije kupnje CNC upravljača koji je u uporabi.

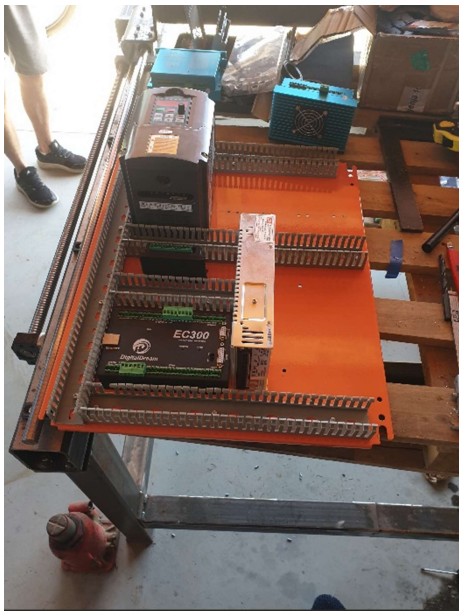


*Slika 4.5 Probno postavljanje komponenti*

Nakon odlučenog položaja komponenti odrezane su i postavljene kanalice za vodiče (Slika 4.6).

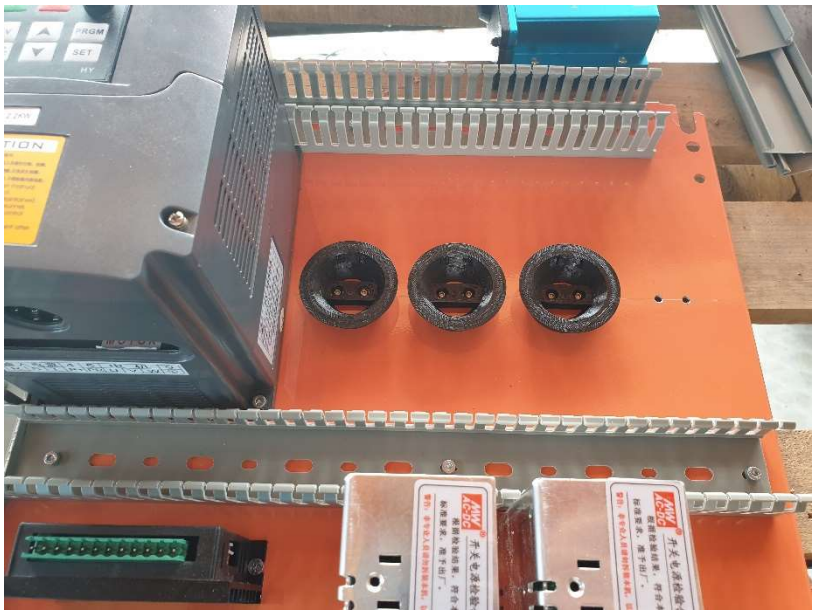
*Slika 4.6 Postavljanje kanalica*

Sljedeći korak je postavljanje komponenti (Slika 4.7). Na slici se nalaze frekvencijski pretvarač, CNC upravljač, jedno napajanje i upravljač za motor Z osi.



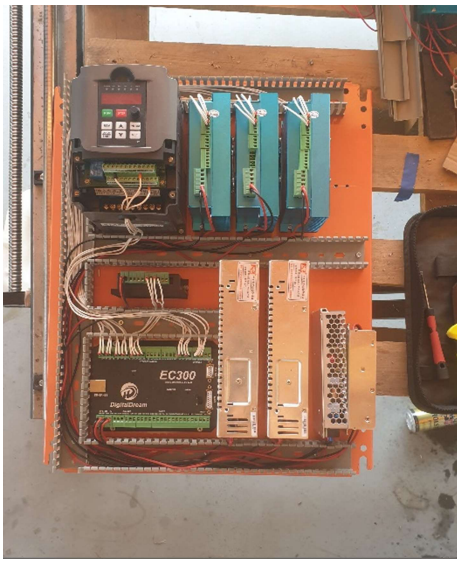

*Slika 4.7 Postavljanje prvih komponenti*

Za postavljanje upravljača NEMA 34 motora koji služe za pokretanje X i Y osi koristi se poseban konektor za montiranje komponenti u elektro ormar. (Slika 4.8). Ovaj poseban konektor je dizajniran posebno za ovu prigodu te omogućuje brzo spajanje i odspajanje komponente ukoliko dođe do kvara.



*Slika 4.8 Postavljanje statičkih dijelova konektora*

Nakon što se mehanički pričvrste sve komponente na montažnu ploču kreće se sa električnim spajanjem komponenti (Slika 4.9).




*Slika 4.9 Spajanje komponenti*

Kako bi elektronika radila pravilno i dugotrajno potrebno je postaviti sustav hlađenja tj. ventilatore (Slika 4.10). Dva ventilatora su postavljena na što niže dijelove kutije tako da upuhuje zrak u kućište, a u gornjem dijelu kućišta su postavljeni izlazi za topli zrak.

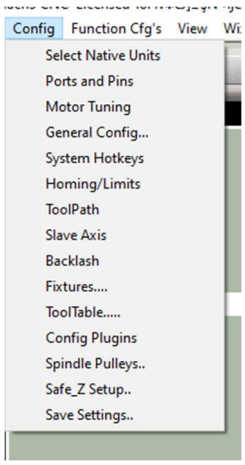
*Slika 4.10 Montiranje ventilatora i zaštite*

Za efektivnije upravljanje strojem izrađen je upravljač (Slika 4.11) sa tipkom Stop u nuždi, „*Cycle start*“ i „*Feed hold*“.

*Slika 4.11 Upravljač*

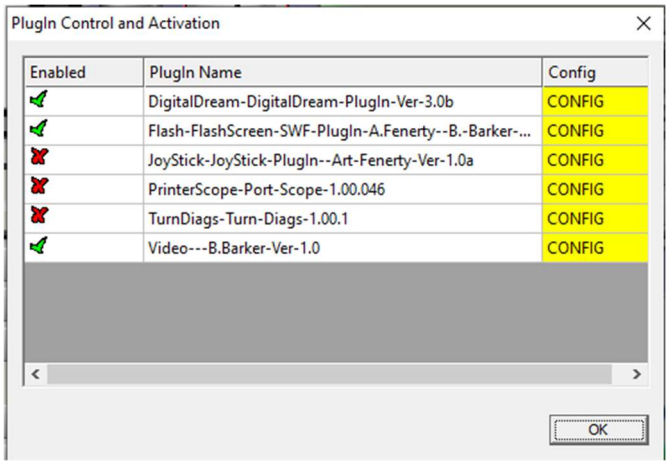
## 4.3. Konfiguracija upravljačkog programa

Za upravljanje CNC glodalicom koristi se upravljački program *Mach 3*. Navedeni upravljački program je odabran zbog svoje jednostavnosti i popularnosti u CNC zajednici. Kako bi, sa programom koji je konfiguriran za upravljanje preko paralelnog porta na matičnoj ploči, upravljali sa EC300 upravljačkom jedinicom koja komunicira preko *„ethernet“* priključka potrebno je u program postaviti *„Plugin“* koji prevodi komunikaciju. Sva konfiguracija se provodi sa padajućim izbornikom *„Config“* (Slika 4.12).




*Slika 4.12 Padajući izbornik Config*

Proizvođač CNC upravljača daje *„Plugin DigitalDream.dll“* koji prevodi komunikaciju na *„ethernet“* priključak umjesto paralelnog. Instaliranje je veoma jednostavno, *„Plugin“* se preuzme sa stranica proizvođača te se raspakira i postavi u podmapu programa, *„Plugins“*, te se ponovno pokrene program i u padajućem izborniku postavi *„Config“* te *„Config Plugins“ (Slika 4.13)*.

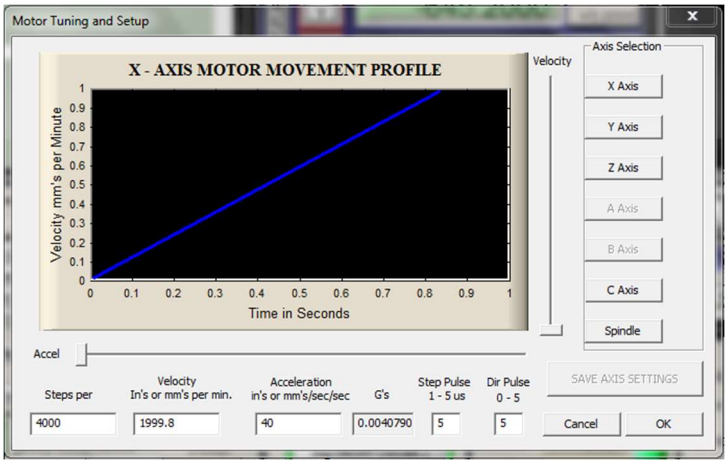



*Slika 4.13 Provjera prisutnosti Plugina*

Kako bi „*driver*“ znao za koliko koraka da okrene vratilo elektromotora potrebno je poslati impuls na „Pul+“ ulaz „*drivera*“, za što je potrebna kalibracija motora (Slika 4.14).

Svaki „*driver*“ omogućuje određivanje „*microstepping*“ opcije, što daje veću rezoluciju koraka i time veću preciznost, no ako je opcija postavljena previsoko *driver* bi mogao imati problema s upravljanjem motora jer se povećanjem *microstepping* opcije smanjuje brzina okretaja vratila motora, a time se smanjuje okretni moment. Za određivanje broja impulsa koji se šalju na *driver* u programu *Mach 3* potrebno je konfigurirati izlaz pojedinog motora.

To se postiže pritiskom na padajući izbornik *Config* te na *Motor config,* gdje se upisuje *Steps per*, *Velocity i Acceleration* za motore X, Y, Z i C osi (Tablica 4.1) (Y i C su istih vrijednosti jer su uparene).




*Slika 4.14 Upis podataka o upravljanju motora*

| **MOTOR OSI** | **IMPULSI PO JEDINICI DULJINE [Step/mm]** | **BRZINA [mm/s]** | **UBRZANJE [mm/s$^2$]** |
|---|---|---|---|
| **X OS** | 4000 | 2000 | 40 |
| **Y OS (Y MOTOR)** | 4000 | 1500 | 20 |
| **Y OS (C MOTOR)** | 4000 | 1500 | 20 |
| **Z OS** | 300 | 400 | 15 |

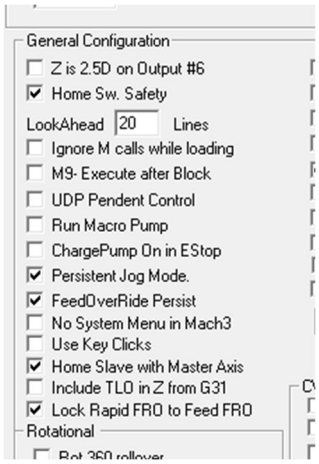
*Tablica 4.1 Podaci pojedine osi*

Kako bi se povećao moment sile motora Z osi, koji je trenutno 1.9Nm, koristi se prijenos zupčastim remenicama sa omjerom 3:1, čime se moment sile motora poveća 3 puta, no istovremeno brzina se smanjuje za 3 puta.

Uparivanje Y i C osi se konfigurira na padajućem izborniku *„Config“* te *„Slave axis“*, na Y *„axis“* odabire se C *„axis“* (Slika 4.15), a zatim se ponovno pokreće program.

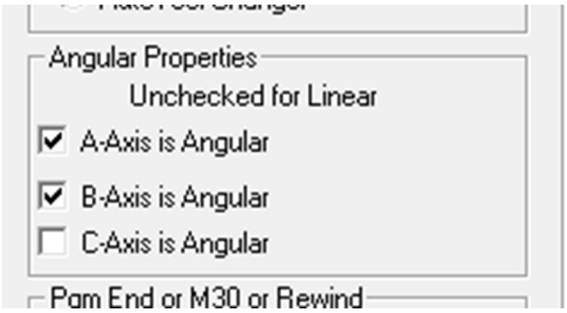
*Slika 4.15 Postavljanje pomoćne osi*

Budući da je tip prikazane CNC glodalice koji se sastoji od dvije Y osi potrebno je postaviti funkciju traženja krajnje točke da se pomoćna, C os pomiče sa glavnom, Y osi i tako se pronalazi krajnja točka (Slika 4.16). To se odvija sa padajućim izbornikom *„Config“* te *„General config“*.



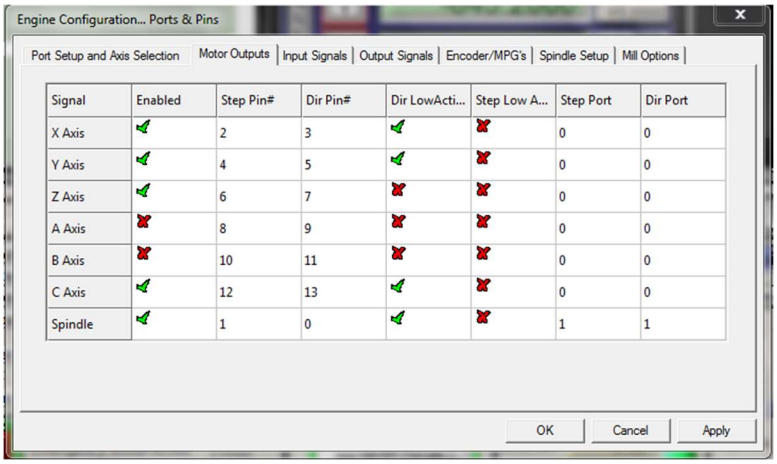

*Slika 4.16 Home slave with Master axis*

U izborniku *Angular Properties* potrebno je poništi odabir *C-axis is Angular* (Slika 4.17).



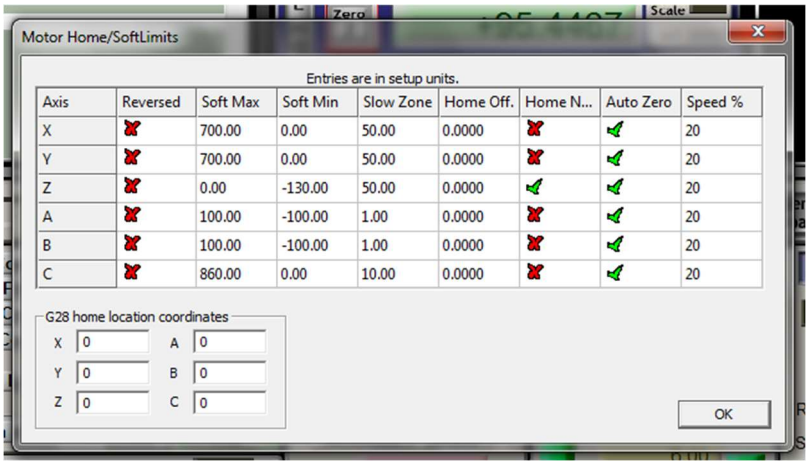

*Slika 4.17 Postavljenje C osi u linearni način*

Razvodnoj pločici je potrebno postaviti na kojem je izlazu koji motor. Potrebno je postaviti brojeve izlaza u *„Ports and Pins“* (Slika 4.18) postavkama *„Config“* padajućeg izbornika. Postavljaju se brojevi za PUL i DIR pojedinog motora. Zatim se odabire koji se motori koriste označavanjem *„Enable“* retka, te se podešava *„Dir LowActive“* ukoliko se motor okreće u suprotnom smjeru.




*Slika 4.18 Podešavanje izlaza motora*

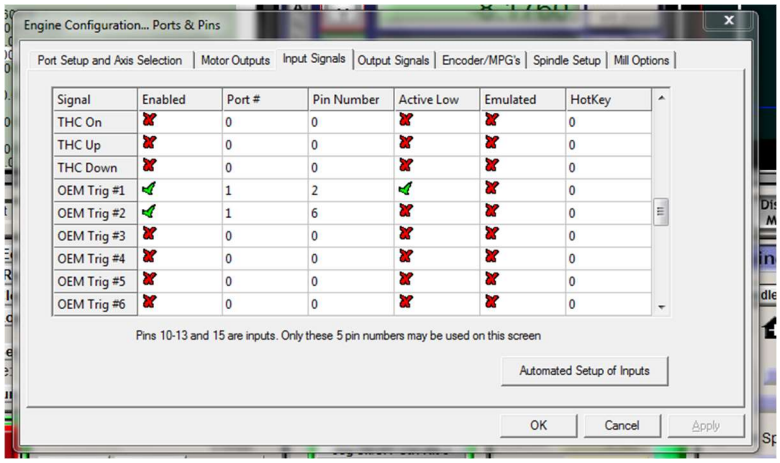
Kako bi CNC glodalica bila što sigurnija, tj. da se ne bi se zaletjela u BK i BF blokove na kugličnoj navojnoj šipki, upisuju se maksimalne udaljenosti pomaka koje stroj može napraviti. Kada se stroj dovede do maksimalnih točki, staje. Ta funkcija se zove *„Soft limits“* (Slika 4.19), te omogućuje, da se bez senzora na kraju osi, glodalica može sigurno koristiti. Sama vrijednost na kojoj je nulta točka stroja nije toliko bitna, jer se prije početka obrade komada obradnog materijala pronalazi nulta točka materijala te se ta točka koristi za obradu.




*Slika 4.19 Prikaz vrijednosti za krajnje točke i soft limits*

Nakon završetka i testiranja stroja dobiven je maksimalni raspon X i Y osi 700mm, a Z os je 130mm. Za Z os je postavljen negativni iznos od -130 mm zbog postavljenog senzora krajnje točke. C os nije potrebno konfigurirati jer se šalje isti signal kao i na glavnu Y os.

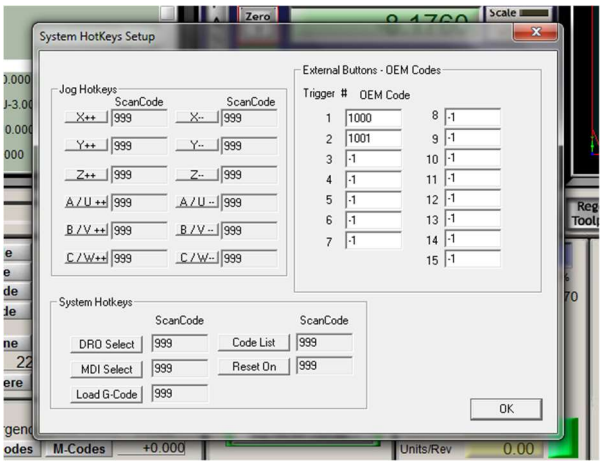
Konfiguracija upravljača se odvija u *„Ports and Pins“* (Slika 4.20) te se omogućuje *„OEM Trig #1 i #2“*. Ulazi u konfiguraciji se postavljaju na ulaze koji su spojeni prema shemi. *„OEM Trig #1“* je NO tipka te je potrebno označiti *„Active Low“*.




*Slika 4.20 OEM konfiguracija*

*„OEM Trig“* su dodatne funkcije te ih je potrebno dodatno konfigurirati u *„System HotKeys Setup“* (Slika 4.21). U izbornik *„External Button – OEM Codes“* postavlja se za 1 – 1000 i za 2 – 1001.

OEM kod 1000 je oznaka za *„Cycle start“*, a 1001 je *„Feed hold“*




*Slika 4.21 Postavljanje OEM kodova*

# 5. Ispitivanje CNC glodalice

Mjerenje točnosti izrađene CNC glodalice određuje se postavljanjem modela poznatih dimenzija u CAM program te programu te generiranjem G-koda. G-kod se prenosi na računalo koje upravlja glodalicom. U upravljačkom programu Mach 3 traži se nul-točka (Slika 5.1) za početak rada te se pokreće rad CNC glodalice.

*Slika 5.1 Određivanje nul-točke*

Izglodani komad se mjeri te se zapisuje koja su odstupanja od zadane vrijednosti. Prihvatljive vrijednosti odstupanja su $\pm 0.2$ mm. Prema tablici 5.1 vidi se kako su sve dimenzije unutra specificirane tolerancije.

| **STRANICA** | **STVARNA UDALJENOST[mm]** |
|---|---|
| **(0,0) → (0,100) (Y OS)** | 100.01 |
| **(0,100) → (100,100) (X OS)** | 100.19 |
| **(100,100) → (100,0) (Y OS)** | 99.93 |
| **(100,0) → (0,0) (X OS)** | 100.18 |

*Tablica 5.1 Mjerene vrijednosti ispitnog komada*

Prema mjerenjima prepoznajemo da X os zahtjeva dodatnu kalibraciju kako bi se poboljšala točnost, Y os je veoma točna te nju nije potrebno kalibrirati.

Iz ispitivanja se vidi kako su *„Steps/mm“ za X os* pogrešni te je te vrijednosti potrebno ispraviti sljedećom formulom.

$$\frac{Steps_{Ciljano}}{mm_{Ciljano}} = \frac{Steps_{Stvarno}}{mm_{Stvarno}} \tag{5-1}$$

$$\frac{Steps_{Ciljano}}{100mm} = \frac{4000}{100{,}2} \tag{5-2}$$

$$Steps_{Ciljano} = 100 \cdot \frac{4000}{100{,}2} \tag{5-3}$$

$$Steps_{Ciljano} = 3992\ Steps/mm \tag{5-4}$$

# 6. Zaključak

U ovom radu prikazana je izrada mehaničkog i elektroničkog sustava CNC glodalice. U prvom dijelu je prikazana izrada konstrukcije CNC glodalice, zatim je opisano sastavljanje elektroničkog ormara CNC glodalice. U završnom dijelu prikazana je konfiguracija upravljačkog programa *Mach 3*. Također, vidljivo je ispitivanje preciznosti CNC glodalice.

Izradom CNC glodalice naučeno je mnogo o dizajniranju kompleksnih konstrukcija i izrade istih.

Još mnogo znanja je potrebno prikupiti kako bi programiranje CNC glodalice bilo učinkovitije. Prvi pothvati glodanja su bili djelomično uspješni, jer su predugo trajali.

Zbog manjka iskustva i specijalizacije u elektroničke dijelove rada najveći problem je predstavljala izrada i dizajn mehaničke konstrukcije, no uz pomoć kolege strojobravara koji je prenio mnogo znanja i bio spreman pomoći, sve je odrađeno bez velikih poteškoća.

Stroj će se primarno koristiti za izradu umjetnina od drveta pa je postignuta preciznost dovoljna.

Kako se radi o prototipu CNC glodalice izradom su se uvidjeli mnogi dijelovi za unaprjeđenje, kao što su radna visina, pogonski sustav, upotreba kompliciranijeg sustava nego što je potrebno te potreba za jačim motorom na Z osi.

# 7. Literatura


[1] Mladen Bošnjaković: "Numeričko upravljani alatni strojevi", Školska knjiga, 2016.

[2] http://ba.dmtg-ht.com/info/cnc-vertical-machining-center-25883277.html , pristupljeno: 31. 05. 2021

[3] https://shop.stepcraft-systems.com/CNC-Router-M700-Ready-to-Run-System , pristupljeno: 31. 05. 2021

[4] https://hardware-cnc.nl/winkel/15-for-20mm-ballscrews/bk15-end-support-bearings-1/?lang=enp , pristupljeno: 18. 06. 2021.

[5] https://hardware-cnc.nl/winkel/15-for-20mm-ballscrews/bf15-end-support-bearings-2/?lang=en , pristupljeno: 18. 06. 2021.

[6] https://www.amazon.com/DSG16H-Housing-Bracket-SFU1604-Printer/dp/B07D8N33DW , pristupljeno: 18.06 2021.

[7] https://www.aliexpress.com/item/10000168198905.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.27424c4dy6A92I , pristupljeno: 18.06 2021.

# 8. Popis grafika

## 8.1. Popis slika

Slika 2.1 CNC glodalica/obradni centar ..... 2
Slika 2.2 CNC bušilica. ..... 2
Slika 2.3 Dizajn CNC glodalice ..... 3
Slika 3.1 Nosač koračnog motora ..... 4
Slika 3.2 Urezivanje navoja ..... 5
Slika 3.3 Prikaz utora za motor Y osi ..... 5
Slika 3.4 Bušenje provrta ..... 6
Slika 3.5 Urezivanje navoja ..... 6
Slika 3.6 Označavanje provrta ..... 6
Slika 3.7 Bušenje provrta ..... 6
Slika 3.8 Varenje matica ..... 6
Slika 3.9 Noge i pločica CNC-a ..... 7
Slika 3.10 Spajanje nogu ispod Y osi ..... 7
Slika 3.11 Spajanje nosača koračnog motora i Y osi ..... 7
Slika 3.12 BK15 blok ..... 8
Slika 3.13 BF15 blok. ..... 8
Slika 3.14 Provrt i navoj za montiranje BK15 i BF15 blokova ..... 8
Slika 3.15 Montiranje blokova i navojne šipke ..... 9
Slika 3.16 Namontirano kućište navojne matice ..... 9
Slika 3.17 Kućište kuglične navojne matice ..... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**
Slika 3.18 Kuglični linearni klizač ..... 10
Slika 3.19 Završena Y os ..... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**
Slika 3.20 Nosač X osi ..... 10
Slika 3.21 Urezivanje navoja za montiranje motora ..... 11
Slika 3.22 Obilježavanje pozicija za provrte ..... 11
Slika 3.23 Bušenje provrta ..... 11
Slika 3.24 Probna montaža X osi ..... 12
Slika 3.25 Montirane vodilice X osi ..... 12
Slika 3.26 Prikaz podloške za BK 15 blok ..... 13
Slika 3.27 Postavljanje kuglične navojne šipke na X os ..... 13
Slika 3.28 Ploča Z osi ..... 14

Slika 3.29 Montiranje nosača motora Z osi ....14
Slika 3.30 Montiranje motora Z osi ....15
Slika 3.31 Montirana ploča na vodilice X osi ....15
Slika 3.32 Podloška za prijenos pokreta ....16
Slika 3.33 Montiranje kuglične navojne šipke ....16
Slika 3.34 Postavljanje remena .... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**
Slika 3.35 Montiranje vodilica i podloška ....17
Slika 3.36 Postavljanje ploče za montiranje glodalice ....18
Slika 3.37 Završen sklop Z osi ....18
Slika 3.38 Premaz antikorozinom ....19
Slika 3.39 Premaz temeljnom bojom ....19
Slika 3.40 Premaz završnim slojem ....19
Slika 4.1 Probno spajanje elektronike ....20
Slika 4.2 Probno spajanje CNC kontrolera .... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**
Slika 4.3 Spajanje upravljača koračnih motora ....20
Slika 4.4 Spajanje frekvencijskog pretvarača ....21
Slika 4.5 Probno postavljanje komponenti ....21
Slika 4.6 Postavljanje kanalica ....22
Slika 4.7 Postavljanje prvih komponenti ....22
Slika 4.8 Postavljanje statičkih dijelova konektora ....23
Slika 4.9 Spajanje komponenti ....23
Slika 4.10 Montiranje ventilatora i zaštite ....24
Slika 4.11 Upravljač .... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**
Slika 4.12 Padajući izbornik Config ....25
Slika 4.13 Provjera prisutnosti Plugina .... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**
Slika 4.14 Upis podataka o upravljanju motora ....26
Slika 4.15 Postavljanje pomoćne osi ....27
Slika 4.16 Home slave with Master axis .... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**
Slika 4.17 Postavljenje C osi u linearni način ....27
Slika 4.18 Podešavanje izlaza motora ....28
Slika 4.19 Prikaz vrijednosti za krajnje točke i soft limits ....28
Slika 4.20 OEM konfiguracija ....29
Slika 4.21 Postavljanje OEM kodova ....29
Slika 5.1 Određivanje nul-točke ....30

## 8.2. Popis tablica

Tablica 4.1 Podaci pojedine osi .....26
Tablica 5.1 Mjerene vrijednosti ispitnog komada .....30

# Prilozi

Prilog 1: Električna shema CNC glodalice

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

## IZJAVA O AUTORSTVU
## I
## SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, LOVRO ŠIANJAR *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom IZRADA CNC GLODALICE *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
*(upisati ime i prezime)*

LOVRO ŠIANJAR

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, LOVRO ŠIANJAR *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom IZRADA CNC GLODALICE *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
*(upisati ime i prezime)*

LOVRO ŠIANJAR

(vlastoručni potpis)