



UNIVERZITET U BIHAĆU  
TEHNIČKI FAKULTET  
ODSJEK: ELEKTROTEHNIČKI

PROJEKTNI ZADATAK IZ PREDMETA:  
**DIGITALNI SISTEMI**

---

## 2D Printer (Plotter)

---

**Student:** Eldan Hubić, 875

Predmetni profesor: van. prof. dr. Edin Mujčić, dipl. ing. el.  
Predmetni asistent: Drakulić Una, MA

Bihać, oktobar 2021.

## Sažetak

Tehnologija printanja postoji već dugi niz godina i bila je korisna u različitim industrijama. Kad se spomene riječ printanje, mnogi bi ljudi odmah pomislili na tradicionalni 2D pisač. To ljudi znaju već desetljećima, ali s novom tehnologijom, štampanje je otišlo korak dalje i osiguralo uvođenje 3D štampe, koju mnogi smatraju revolucionarnom tehnologijom ispisa koja transformira različite industrije, uključujući i proizvodnju. Razlike između 2D i 3D ispisa međusobno su udaljene i to se može zaključiti iz stvari koje bi se mogle učiniti s oboje. Za ovaj projekat dizajniran je 2D printer koji ima mogućnost da crta oblike, piše slova na papiru A4 formata. Dijelovi koji su se koristili za kreiranje printer-a su: 2x Nema 17 Stepper motora, 2x A4988 stepper driveri, CNC Shield Expansion Board, Arduino Uno pločica te servo motor. Svaka od ovih komponenti biće pojedinačno opisana u nastavku rada. Cilj projekta je bio pokazati da se uz malo sredstava i znanja može kreirati sasvim funkcionalan 2D printer koji korisniku može olakšati izradu nekih radova.

**Ključne riječi:** Nema 17 Stepper motor, Arduino Uno, Servo motor, A4988 driver, CNC Shield Expansion Board

## Popis slika

1	Blok šema sistema . . . . .	8
2	Arduino Uno pločica . . . . .	10
3	A4988 Driver i njegovi pinovi . . . . .	11
4	CNC Shield Expansion Board V3 . . . . .	12
5	Nema 17 steper motor . . . . .	13
6	Ožičavanje step motora . . . . .	14
7	Servo motor . . . . .	15
8	Šematski prikaz sistema u Fritzing softverskom alatu . . . . .	16
9	Sistem sa svim hardverskim komponentama . . . . .	17
10	Sistem povezan na laptop putem USB kabla . . . . .	18
11	Izgled BenBox softwerskog alata . . . . .	19
12	Desni dio komandne trake . . . . .	20
13	Lijevi dio komandne trake . . . . .	20
14	Unos firmware fajla . . . . .	21
15	Gornja komandna traka . . . . .	21
16	Lijeva komandna traka . . . . .	22
17	Unos teksta putem lijeve komandne trake . . . . .	22
18	Primjer iscrtavanja pravougaonika . . . . .	23
19	Primjer rada sistema, nacrtana kocka . . . . .	24

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>5</b>
<b>2. Historija</b>	<b>6</b>
2.1. Tehnologija . . . . .	6
2.2. Kompjuterski štampači . . . . .	6
2.3. Historija printanja . . . . .	7
2.4. 3D printer . . . . .	7
<b>3. Dizajn i implementacija sistema</b>	<b>8</b>
3.1. Korištene komponente . . . . .	9
3.1.1. Arduino Uno . . . . .	9
3.1.2. A4988 driver . . . . .	10
3.1.3. CNC Shield Expansion Board V3 . . . . .	12
3.1.4. Nema 17 Steper Motor . . . . .	13
3.1.5. Servo motor . . . . .	15
3.2. Šematski prikaz sistema . . . . .	16
3.3. Prikaz sistema sa hardverskim komponentama . . . . .	17
3.4. Softverska implementacija . . . . .	19
<b>4. Eksperimentalna analiza rada sistema</b>	<b>24</b>
<b>5. Zaključak</b>	<b>26</b>

## 1. Uvod

Cilj projektnog zadatka jeste prikazati kako jedan 2D printer funkcioniše. Printer ima dvije ose, a to su X i Y osa po kojima se kreće. Printer je kontrolisan preko Arduino Uno pločice, odnosno mikrokontrolera, te ono što će napisati se zadaje putem BenBox softverskog alata. Za samo kretanje po osama zadužena su dva steper motora čiji rad kontrolišu A4988 drajveri i CNC Shield expansion pločica. Također printer ima mogućnost dizanja i spuštanja olovke kojom piše, a za tu funkcionalnost zadužen je servo motor. Kretanje osa ide po drvenoj konstrukciji koja je ručno napravljena. Princip rada je sljedeći. U benbox softveru se zadaje šta printer treba da ispiše. Zatim, program putem USB kabla šalje naredbu Arduino Uno pločici koja dalje upravlja CNC pločicom koja je zadužena za funkcionalnost steper motora i servo motora.

## 2. Historija

Historija kompjuterskih printerova započela je 1938. godine kada je pronašao iz Seattlea Chester Carlson (1906–1968) izumio suhi postupak printanja nazvan elektrofotografija - koji se obično naziva Xerox - koji je trebao biti temelj tehnologije desetljeća laserskih pisača.

### 2.1. Tehnologija

1953. Remington-Rand je razvio prvi štampač velike brzine za upotrebu na računaru Univac. Originalni laserski pisač pod nazivom EARS razvijen je u istraživačkom centru Xerox Palo Alto počevši 1969. i završen u novembru 1971. Xeroxov inženjer Gary Starkweather (rođen 1938.) prilagodio je Carlsonovu Xerox kopirnu tehnologiju dodavši joj laserski zrak kako bi došao do laserskog štampača.

Prema Xerox korporaciji, "Xerox 9700 sistem za elektronsko štampanje, prvi proizvod za laserski štampač za kserografske uređaje, objavljen je 1977. godine. 9700, direktni potomak originalnog štampača PARC" EARS "koji je bio pionir u optici za lasersko skeniranje, elektronici za generisanje znakova, i softver za oblikovanje stranica, bio je prvi proizvod na tržištu koji je omogućio PARC istraživanje. "

### 2.2. Kompjuterski štampači

Prema IBM -u, "prvi IBM 3800 je instaliran u centralnoj računovodstvenoj kancelariji u sjevernoameričkom podatkovnom centru F. W. Woolworth - a u Milwaukeeju, Wisconsin 1976." IBM 3800 Printing System bio je prvi industrijski laserski printer velike brzine. Bio je to laserski štampač koji je radio brzinom većom od 100 otisaka u minuti. Bio je to prvi štampač koji je kombinovao lasersku tehnologiju i elektrofotografiju.

Inkjet štampač je izmišljen 1976. godine, ali je do 1988. godine inkjet štampač postao kućni potrošački proizvod sa Hewlett-Packardovim izdanjem DeskJet inkjet štampača po cijeni od nevjerojatnih 1000 dolara. 1992. Hewlett-Packard je objavio popularni LaserJet 4, prvi laserski štampač rezolucije 600 x 600 tačaka po inču.

## 2.3. Historija printanja

Štampanje je, naravno, daleko starije od kompjutera. Najstarija poznata štampana knjiga je "Diamond Sutra", štampana u Kini 868. godine. Međutim, sumnja se da je do štampanja knjiga moglo doći mnogo prije ovog datuma.

Prije Johanna Gutenberga (oko 1400–1468), štampanje je bilo ograničeno brojem napravljenih izdanja i gotovo isključivo ukrasnim, za slike i dizajn. Materijal za štampanje isklesan je u drvo, kamen i metal, namotan tušem ili bojom i prenijet pritiskom na pergament ili baršun. Knjige su ručno kopirali pripadnici vjerskih redova.

Gutenberg je bio njemački majstor i izumitelj, a najpoznatiji je po Gutenberg presi, inovativnoj štamparskoj mašini koja je koristila pokretni tip. Ostao je standard do 20. stoljeća. Gutenberg je štampanje učinio jeftinim.

## 2.4. 3D printer

Zahvaljući napretku tehnologije, dolazi do pojave 3D printer-a. Trodimenzionalno printanje (engleski: 3D printing) jeste način brze izrade prototipa kojim se uređajima zasnovanima na patentiranoj 3D tehnologiji Massachusetts Institute of Technology (MIT) „ispisuju”, tj. direktno iz 3D CAD programa izrađuju fizički predmeti u prostoru.

Trodimenzionalni ispis, a naročito ispis u boji daje inženjerima razvoja i dizajnerima mogućnost jasnog uvida u tok postupka dizajniranja, mogućnost isticanja raznih parametara, mogućnost lakog i ranog uočavanja mogućih grešaka i njihovog brzog i efikasnog ispravljanja.

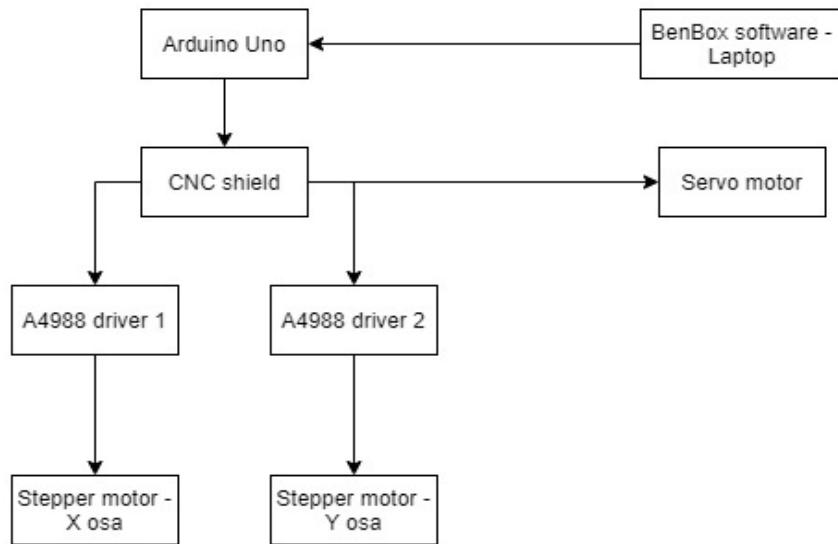
Koristeći se ovim mogućnostima 3D-printera znatno se skraćuje vrijeme izrade i povećava razina kvaliteta modela i prototipa.

Područja primjene 3D-printera su: arhitektura, dizajn, informatika, edukacija, mašinogradnja, aeronautika, metalurgija, modelarstvo, medicina, biomodeliranje, geo-info sistemi, molekularna hemija i dr.

U ovom radu nije kreiran 3D printer ali je tehnologija svakako vrijedna spomena, budući da je nasljednik kreiranog 2D printer-a.

### 3. Dizajn i implementacija sistema

U ovom poglavlju predstavljena je blok šema sistema (Slika 1), opisane su i prikazane korištene komponente, prikazana je šema sistema rađena u programskom paketu frizting, kao i stvarni izgled sistema.



Slika 1: Blok šema sistema

Ovom blok šemom (Slika 1) prikazani su glavni dijelovi sistema predstavljeni blokovima, te povezani linijama koji prikazuju odnose blokova. U ovom slučaju su korišteni u dizajnu hardvera, kao i dizajnu softvera.

### 3.1. Korištene komponente

Prilikom realizacije ovog projekta, korištene su sljedeće komponente:

- Arduino Uno pločica
- 2 A4988 Stepper motor driveri
- CNC Shield Expansion Board V3
- 2 Nema 17 Stepper Motora
- 12V adapter za napajanje
- USB kabal
- Servo motor
- Hemijska olovka
- Žice

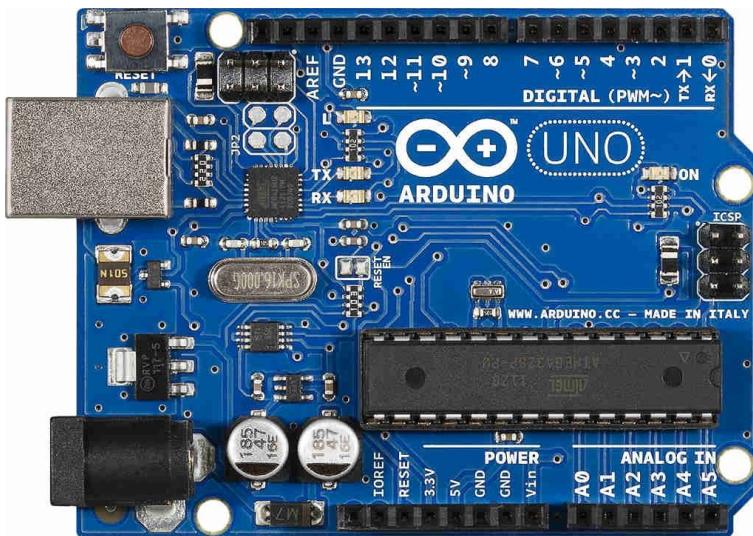
#### 3.1.1. Arduino Uno

Arduino Uno je ploča otvorenog koda za mikrokontroler zasnovana na mikrokontroleru Microchip ATmega328P koju je razvio Arduino.cc. Ploča je opremljena setovima digitalnih i analognih ulazno/izlaznih (I/O) pinova koji se mogu povezati s različitim pločama za proširenje (štitovima) i drugim krugovima. Ploča ima 14 digitalnih I/O pinova (šest sposoban za PWM izlaz), 6 analognih I/O pinova i može se programirati s Arduino IDE (Integrirano razvojno okruženje), putem USB kabela tipa B. Može se napajati putem USB kabela ili vanjske 9-voltne baterije, iako prihvata napone između 7 i 20 volti. Sličan je Arduino Nano i Leonardu. Referentni dizajn hardvera distribuira se pod licencom Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 i dostupan je na web stranici Arduino. Dostupne su i datoteke izgleda i produkcije za neke verzije hardvera.

Riječ "uno" znači "jedan" na talijanskom jeziku i odabrana je za označavanje početnog izdanja Arduino softvera. Uno ploča je prva u nizu Arduino ploča zasnovanih na USB-u; ona i verzija 1.0 Arduino IDE-a bile su referentne verzije Arduina, koje su sada evoluirale u novija izdanja. ATmega328 na ploči dolazi unaprijed programiran s pokretačkim programom koji omogućuje postavljanje novog koda na njega bez upotrebe vanjskog hardverskog

programera.

Na Slici 2 prikazana je Arduino Uno pločica



Slika 2: Arduino Uno pločica

Iako Uno komunicira koristeći originalni protokol STK500, razlikuje se od svih prethodnih ploča po tome što ne koristi FTDI čip upravljačkog programa USB-za-serijski. Umjesto toga, koristi Atmega16U2 (Atmega8U2 do verzije R2) programiran kao USB-serijski pretvarač.

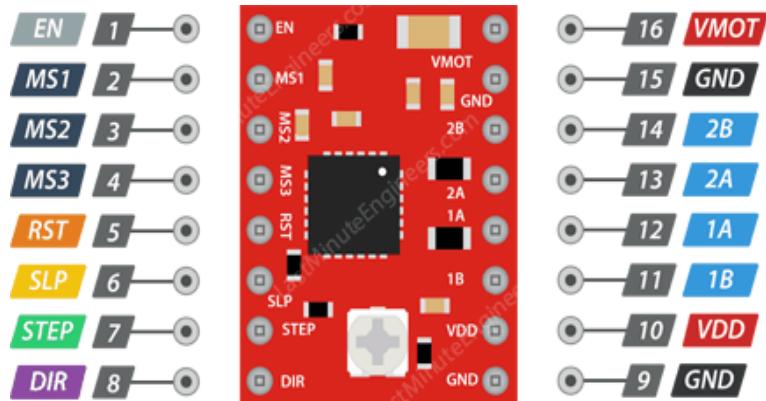
### 3.1.2. A4988 driver

Driver steper motora A4988 ima izlazni pogonski kapacitet do 35 V i  $\pm 2A$  i omogućuje upravljanje jednim bipolarnim steper motorom pri izlaznoj struji do 2A po zavojnici poput NEMA 17.

Driver ima ugrađeni prevodilac za lakše rukovanje. Time se smanjuje broj kontrolnih pinova na samo 2, jedan za kontrolu koraka, a drugi za kontrolu smjera okretanja.

Driver nudi 5 različitih rezolucija koraka, tj. potpuni, polukoračni, četvrtinski, osmi i šesnaesti korak.

Prevodilac je ključ za jednostavnu implementaciju A4988. Jednostavnim unosom jednog impulsa na STEP ulaz motor se okreće za jedan mikrokorak. Ne postoje tablice redoslijeda faza, upravljačke linije visoke frekvencije ili složena sučelja za programiranje. Sučelje A4988 idealno je za aplikacije u kojima a složeni mikroprocesor nije dostupan ili je preopterećen.



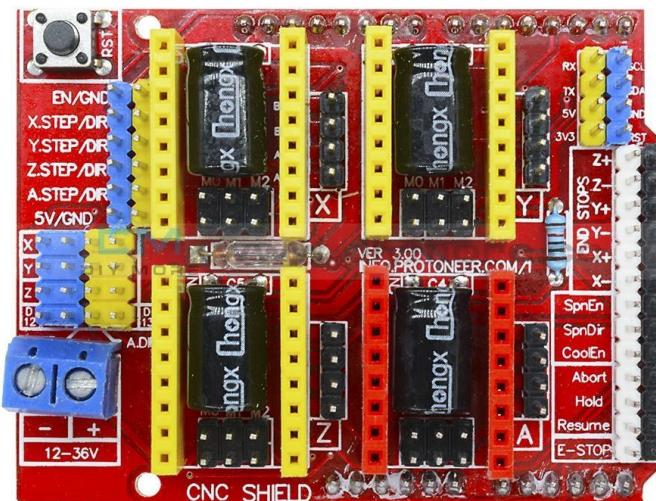
A4988 / Pinout

Slika 3: A4988 Driver i njegovi pinovi

Upravljački program A4988 ima ukupno 16 pinova koji ga povezuju sa vanjskim svijetom. Driver A4988 ima tri koraka za odabir veličine koraka (rezolucije), tj. MS1, MS2 i MS3. Postavljanjem odgovarajućih logičkih nivoa na ove pinove motori se mogu postaviti na jednu od rezolucija u pet koraka. Pinovi su prikazani na slici 3.

### 3.1.3. CNC Shield Expansion Board V3

Arduino CNC Shield olakšava pokretanje CNC projekata. Koristi opensource firmware na Arduinu za upravljanje četiri steper motora pomoću četiri A4988 drivera. S ovim štitom i ArduinoUno/Mega, mogu se izgraditi sve vrste projekata za robotiku, projekti za linearno kretanje ili projekti, uključujući CNC usmjerivače, laserske rezače, pa čak i mašine za hvatanje i spuštanje predmeta.



Slika 4: CNC Shield Expansion Board V3

Napajanje je sa vanjskog adaptera, iz utičnice. Pločica može primiti najamjene 12V, a najviše 36V. Također na pločici je priključen i servo motor koji je zadužen za spuštanje i dizanje olovke.

### 3.1.4. Nema 17 Steper Motor

NEMA 17 je hibridni steper motor s uglom od  $1,8^\circ$  (200 koraka/okretaju). Svaka faza troši 1,2A pri 4V, omogućavajući zakretni moment od 3,2 kg-cm. NEMA 17 Step motor se općenito koristi u pisačima, CNC strojevima i laserskim rezačima. Ovaj motor ima šest žica, spojenih na dva podijeljena namota. Crne, žute, zelene žice dio su prvog namota, dok su crvene, bijele i plave dio drugog namotaja.



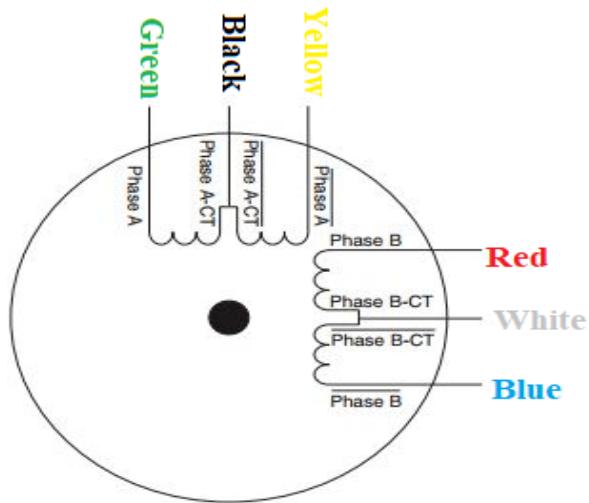
Slika 5: Nema 17 steper motor

Step motor Nema 17 obično se koristi u CNC strojevima, hard diskovima i linearnim aktuatorima. Motor ima 6 elektroda i preporučeni napon je 12 volti. Može raditi na nižem naponu, ali okretni moment će pasti. Ovi motori imaju ugao koraka od 1.8 stepeni, što znači da ima 200 koraka po okretu za svaki korak koji će pokriti 1,8 stepeni, pa je i nivo kontrole visok.

Specifikacije Step motora:

- Preporučeni napon: 12V,
- Step ugao: 1.8 stepeni,
- Broj faza: 4,
- Dimenzije motora: 42mm x 42mm
- 200 koraka po revoluciji, 1.8 stepeni
- Operativna temperatura: -10 to 40 °C

Ovi motori rade na 12V i stoga mogu pružiti veliki okretni moment. Dakle, ako se traži kompaktni step motor jednostavan za korištenje s velikim zakretnim momentom, onda je ovaj motor pravi izbor.



Slika 6: Ožičavanje step motora

Motor ima šest žica, spojenih na dva podijeljena namota, što je uobičajeno za unipolarne koračne motore. Crne, žute, zelene žice dio su prvog namota gdje je crna središnja slavina, a žuta i zelena završetak zavojnice, dok su crvena, bijela i plava dio drugog namota u kojem je bijela središnja slavina, a crvena i plava su krajnje žice.

### 3.1.5. Servo motor

Servomotor je rotacijski ili linearni pogon koji omogućuje preciznu kontrolu ugaonog ili linearног položaja, brzine i ubrzanja. Sastoji se od odgovarajućeg motora spojenog sa senzorom za povratnu informaciju o položaju. Također zahtijeva relativno sofisticiran kontroler, često namjenski modul dizajniran posebno za upotrebu sa servo motorima.

Servomotori nisu posebna klasa motora, iako se izraz servomotor često koristi za označavanje motora pogodnog za upotrebu u zatvorenom upravljačkom sistemu.

Servomotori se koriste u aplikacijama kao što su robotika, CNC strojevi ili automatizirana proizvodnja.

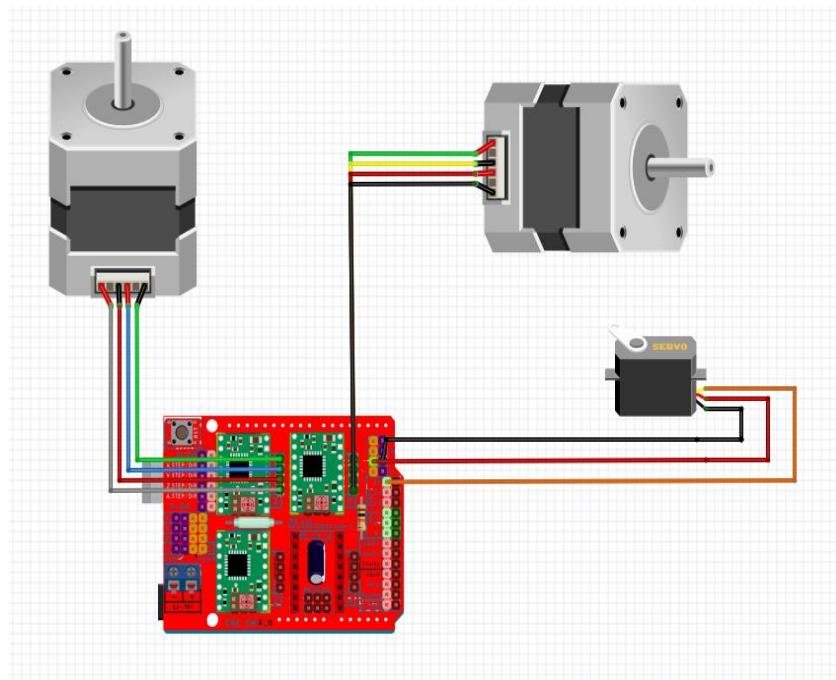


Slika 7: Servo motor

Servo motori imaju tri žice: napajanje, uzemljenje i signal. Žica za napajanje je obično crvena i trebala bi se spojiti na 5V pin na Arduino ploči. Žica za uzemljenje je obično crna ili smeđa i treba je spojiti na uzemljenje na ploči. Signalni pin je obično žute, narandžaste ili bijele boje

### 3.2. Šematski prikaz sistema

Na Slici 8 predstavljen je šematski prikaz sistema, izrađen je putem Fritzing open-source softverskog alata. To je softver za automatizaciju elektroničkog dizajna s dinamičkim interfejsom. Razvoj ovog alata služi korisnicima za dokumentaciju prototipova, izrade PCB pločica, te kreiranje završnog hardverskog proizvoda.

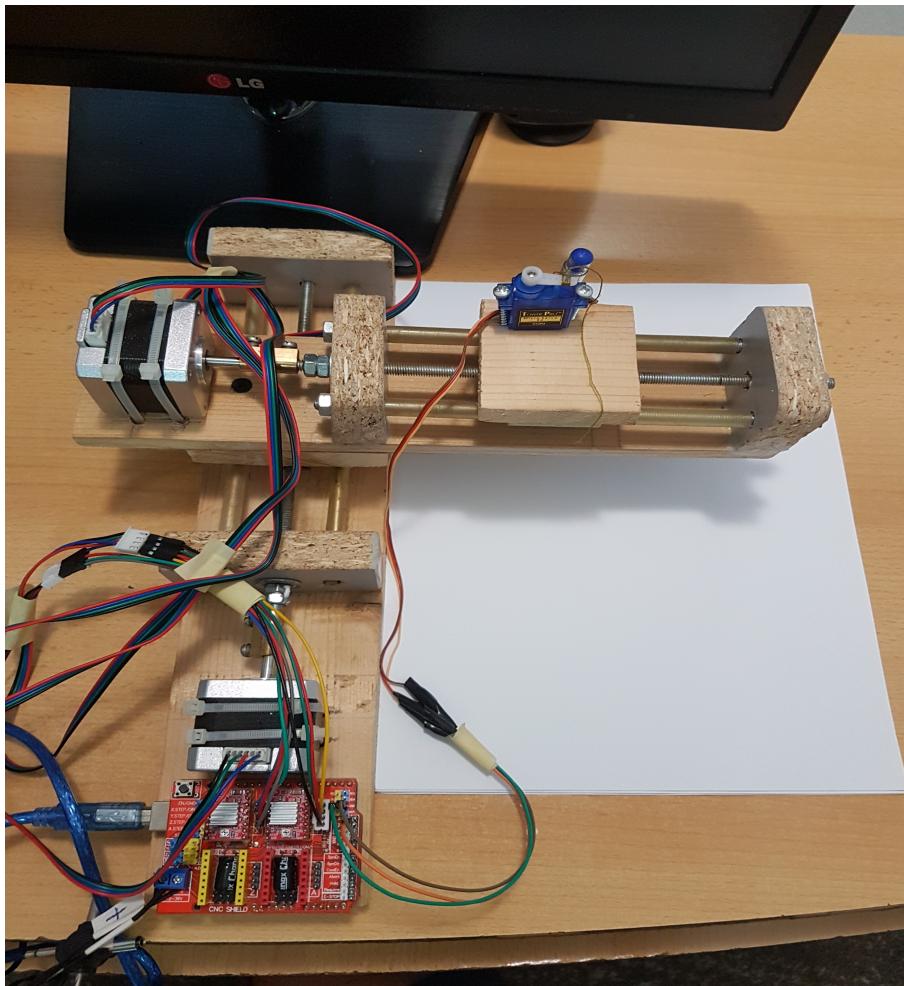


Slika 8: Šematski prikaz sistema u Fritzing softverskom alatu

Na Arduino Uno pločicu je postavljen CNC ploča za proširenje. A4988 driveri su umetnuti na odgovarajuće pozicije na CNC ploči. Prvi steper motor je spojen na X osu, dok je drugi spojen na Y osu. Također na CNC ploču su spojeni plus pol i minus pol za napajanje od 12V. Servo motor koji spušta i podiže olovku je spojen na pin za napajanje, uzemljenje i z+ pin za upravljanje.

### 3.3. Prikaz sistema sa hardverskim komponentama

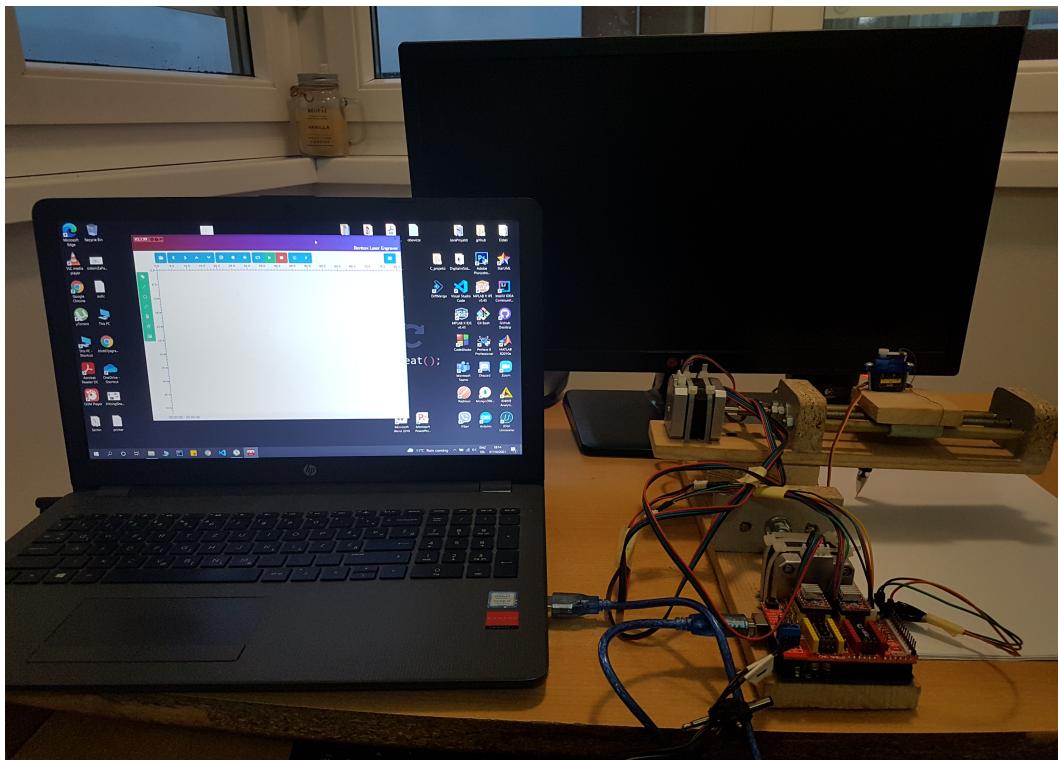
Na Slici 9 je prikazan izgled kreiranog sistema sa svim komponentama.



Slika 9: Sistem sa svim hardverskim komponentama

Dakle, u prijašnjem dijelu seminarског rada se mogu vidjeti svi dijelovi i njihovi pojedinačni opisi od kojih je sistem sastavljen. Na slici iznad može se vidjeti kako stvarni sistem izgleda, te kako su dijelovi međusobno povezani. Sistem se sastoji od dvije drvene konstrukcije koje predstavljaju X i Y osu. Na svakoj osi se nalazi po jedan steper motor. Na X osi se također nalazi servo motor koji je zadužen za spuštanje i dizanje hemijske olovke, dok se

na Y osi na početku nalaze glavne ploče: Arduino Uno i CNC ploča sa driverima. Arduino Uno je USB kablom povezan na laptop, što se vidi na slici 10 ispod.

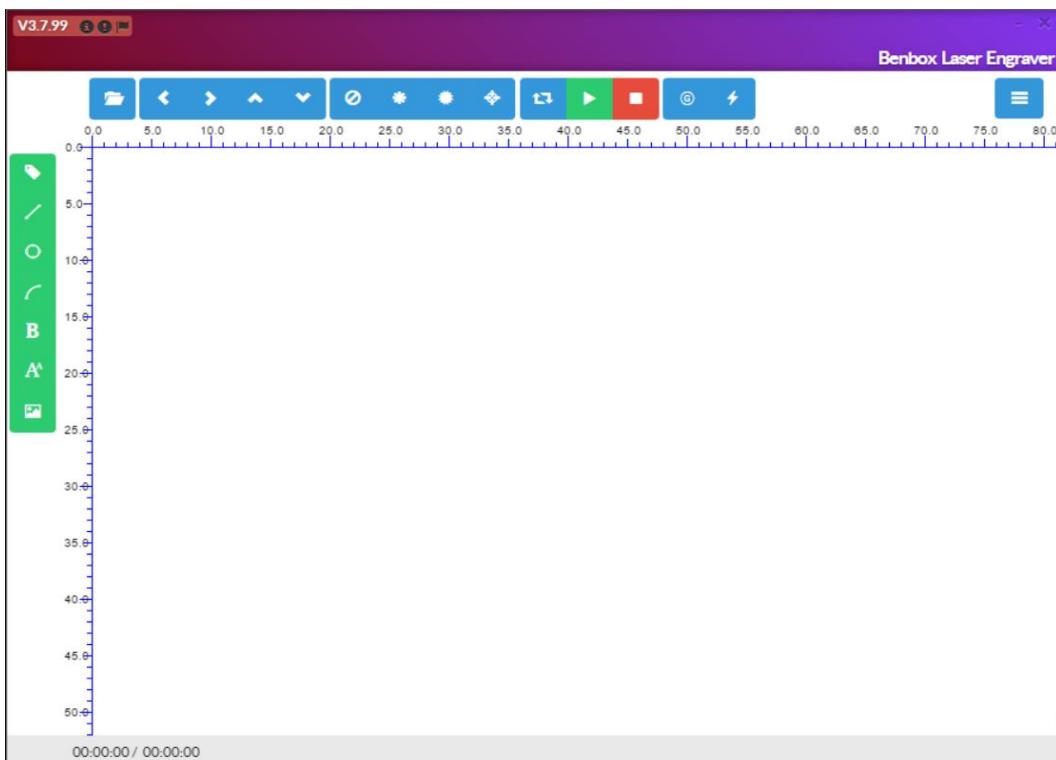


Slika 10: Sistem povezan na laptop putem USB kabla

Sistemu se zadaju naredbe u smislu šta treba da piše ili crta putem BenBox softverskog alata. BenBox je software kreiran upravo da olakša upotrebu printerja, CNC mašina, laserskih rezača i slično. Jednostavan je za korištenje, a detaljan rad softvera biće pojašnjen u narednom dijelu seminarskog rada.

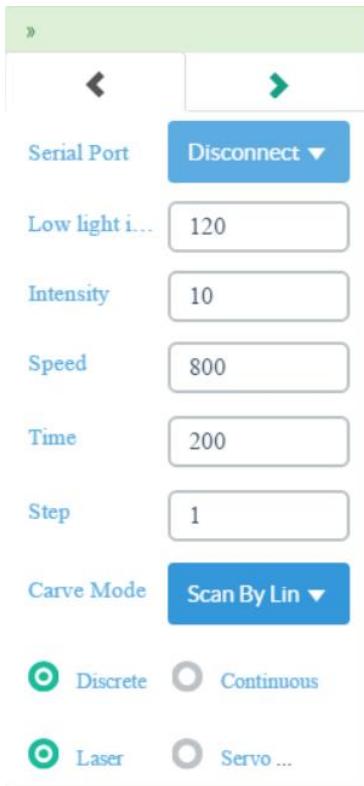
### 3.4. Softverska implementacija

Za ovaj sistem iskorišten je BenBox software. Ovaj softver se uglavnom koristi za lasersko graviranje. Međutim, može biti i iskorišten za projekta tipa ovog. Ima jednostavno grafičko sučelje. BenBox software je prikazan na slici 11 ispod.

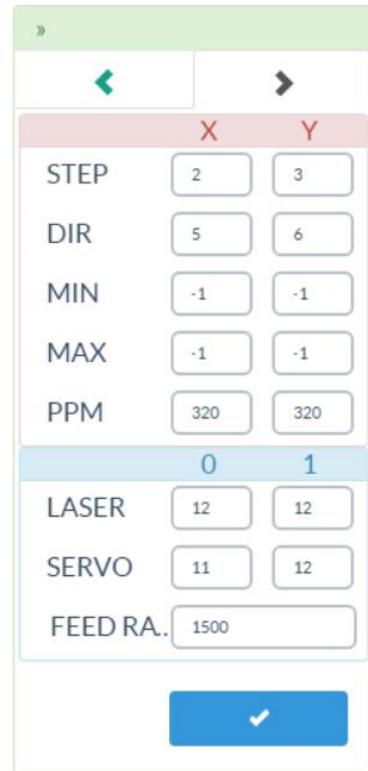


Slika 11: Izgled BenBox softwerskog alata

Kao što se vidi sa slike, programski GUI (graphical user interface) je vrlo jednostavan. Na bijelu površinu se mišem unosi ono što printer treba da ispiše na papiru. Može se unijeti bilo šta od jednostavnih geomitrijskih oblika, do komplikovanih slika. GUI se sastoji iz tri dijela.



Slika 12: Desni dio komandne trake



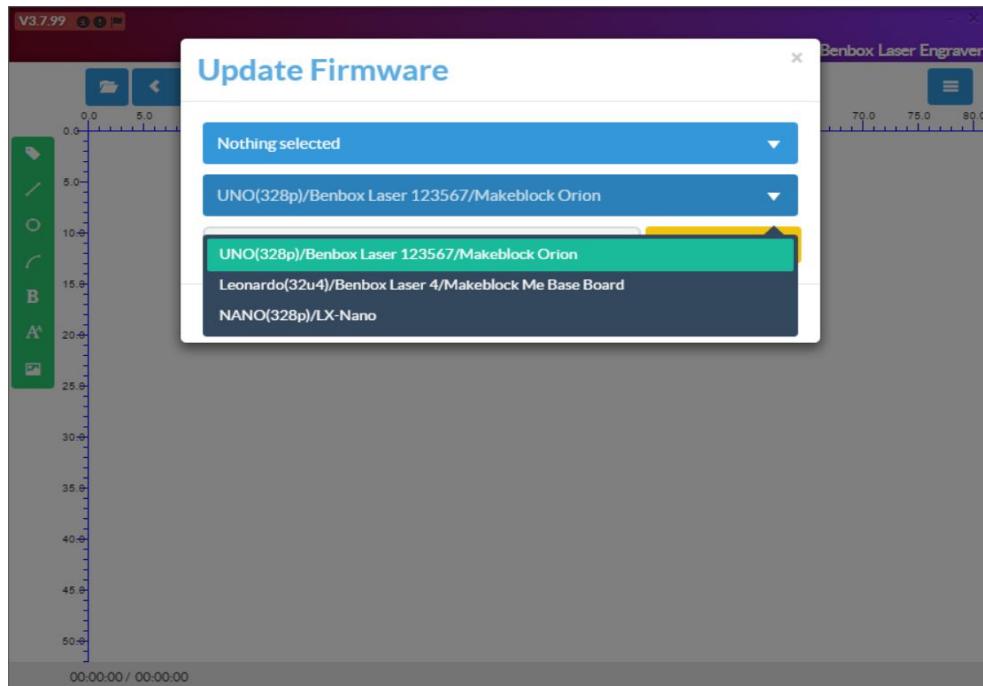
Slika 13: Lijevi dio komandne trake

Prvi dio je desna komandna traka u kojoj se unose parametri od brzine okretanja motora, položaja itd. do visine dizanja hemijske olovke odnosno ugla servo motora. Komandna traka se sastoji iz dva dijela, a oba dijela su prikazana na slikama ispod.

Na ovom dijelu komandne trake se bira port na koji je sistem spojen, zatim se podešava brzina okretanja, vrijeme i korak. Također se bira da li će kursor ići po unutrašnjim ili vanjskim linijama unijetog crteža.

Drugi dio komandne trake je prikazan na slici pored. Parametri u ovom dijelu ostaju po defaultu.

Prije crtanja na bijeloj površini prvo je potrebno unijeti firmware odnosno fajl na osnovu kojeg program upravlja sistemom. Proces unosa firmware fajla je prikazan na slici ispod.



Slika 14: Unos firmware fajla

Sve što je potrebno jeste locirati putanju do fajla koji se nalazi na kompjuteru i učitati ga u program.



Slika 15: Gornja komandna traka

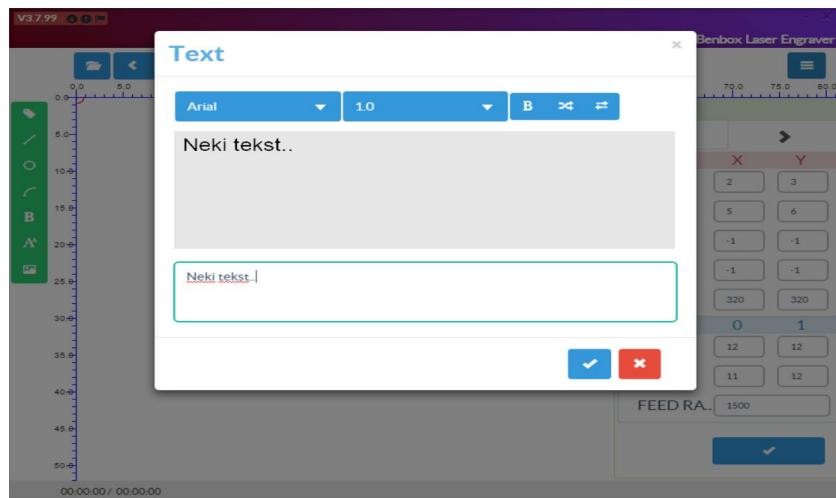
Na slici 15. je prikazan gornji dio grafičkog sučelja. U ovom dijelu se nalazi dugme za unos firmware fajla, dugme za pokretanje programa, pauziranje, te strelice pomoću koji se manuelno pokreću motori po X i Y osi. Također postoji opcija za unos neke slike ili fajla drugog formata.

Sljedeći dio programa jeste lijevi dio na kojem se nalaze opcija za povlačenje pravih linija, krivih linija, unos slika, te uređivanje slika, unos teksta sa tastature i slično.



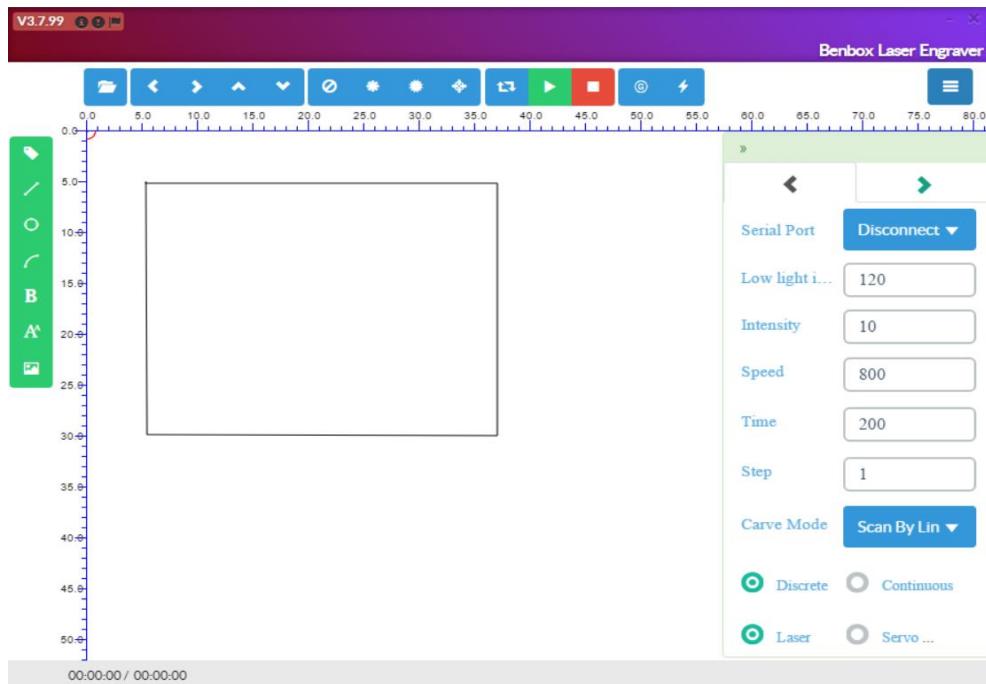
Slika 16: Lijeva komandna traka

Primjer unosa teksta putem lijeve komandne trake.



Slika 17: Unos teksta putem lijeve komandne trake

U konačnici ovako bi izgledao primjer zadavanja printeru da nacrtava pravougaonik. Na lijevoj komandnoj traci se odabere povlačenje prave linije. Nakon toga se pojavi cursor pomoću kojeg se povlače prave linije i nacrtava se pravougaonik.

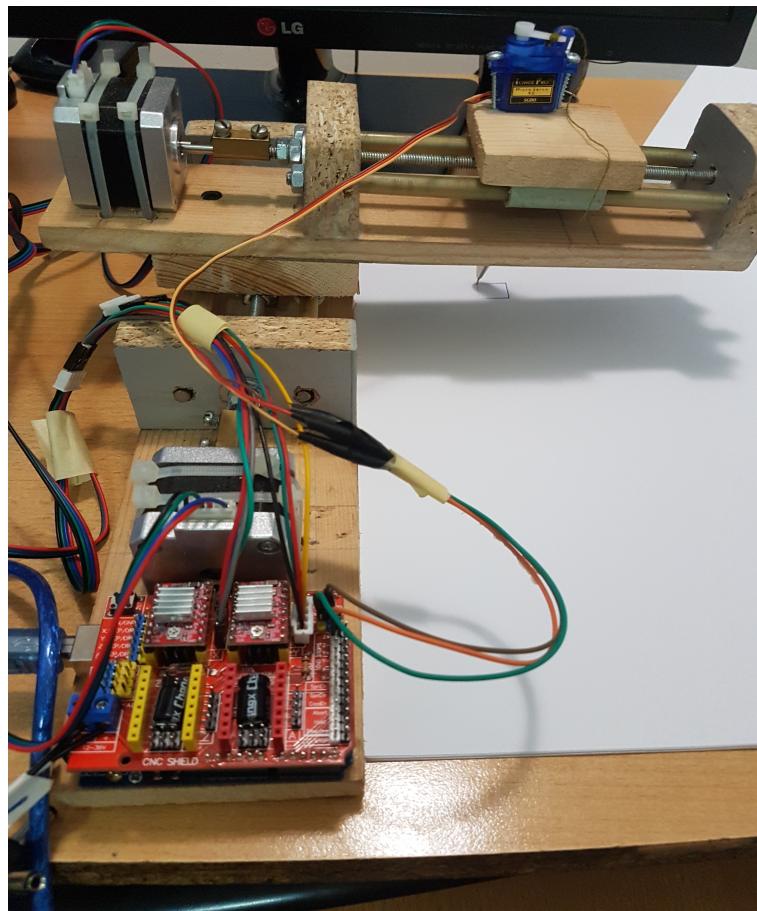


Slika 18: Primjer iscrtavanja pravougaonika

Kad se završi crtanje, na gornjoj komandnoj traci se pritisne zeleno dugme play koje pokreće steper motore, te se slika iscrtava na papir. Kada se proces završi program automatski zaustavlja motore do iduće naredbe.

## 4. Eksperimentalna analiza rada sistema

U ovom poglavlju prikazana je funkcionalnost stvarnog sistema, odnosno analiza rada sistema.



Slika 19: Primjer rada sistema, nacrtana kocka

Korisnik unosi šta želi da printer ispiše unutar BenBox programskog alata. Međutim prije toga, potrebno je podešiti sve parametre kako bi sistem radio ispravno, također je potrebno odabrati ispravan firmware fajl. Nakon što je sve ispravno podešeno i korisnik je unio željeni ispis, sve što je potrebno jeste da pritisne dugme play i sistem će ispisati željeno. Sistem radi na principu stepenih motora koji se okreću te pomjeraju platforme naprijed ili nazad po X i Y osi. Detaljniji opis rada sistema je prikazan u nastavku, po koracima.

Opis rada sistema:

- Povezivanje sistema sa laptopom putem USB kabla,
- Priključivanje sistema na vanjsko napajanje od 12V,
- Pokretanje BenBox programa i konfiguracija svih parametara,
- Unos željenog oblika, teksta, slike..
- Aktiviranje sistema klikom na dugme play

## 5. Zaključak

Pri izradi ovog projekta stečeno je jako puno praktičnog znanja. Cilj projekta je bio prikazati kako se uz malo osnovnih dijelova i dosta znanja može kreirati jedan sasvim funkcionalan sistem za 2D printanje. Kroz izradu projekta su se pojavili mnogi problemi, od kreiranje samo drvene konstrukcije, do pogrešnog ožičavanja, međutim svi problemi su uspješno prevaziđeni uz upornost i istraživanje, što je osobina koju jedan inžinjer treba posjedovati. Tako je od dva steper motora, upravljačke Arduino Uno pločice, CNC pločice za proširivanje, dva A4988 drivera i jednog servo motora kreiran sasvim funkcionalan 2D printer. Također uz dosta istraživanja pronađen je program koji će sve to pokretati i koji će upravljati cijelokupnim sistemom. Potrebno je napomenuti da je sistem nadogradiv na način da se izvrši hardverska konfiguracija (bolji i skuplji steper motori, stabilnija konstrukcija X i Y osa, kreirana od nekog drugog materijala, a ne od drveta itd), te softverska konfiguracija (korištenje nekog licenciranog softvera). Sve bi to doprinijelo bržem i preciznijem ispisu.

## Literatura

- [1] Kako koristiti BenBox software, dostupno na:  
<https://www.woodworkweb.com/woodwork-topics/wood-turning-and-carving/580-how-to-use-benbox-software.html>  
Posjećeno: Oktobar 2021.
- [2] Historija 2D printanja, dostupno na:  
<https://www.thoughtco.com/history-of-computer-printers-4071175>  
Posjećeno: Oktobar 2021.
- [3] O Arduino Uno pločici, dostupno na:  
<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>  
Posjećeno: Oktobar 2021.
- [4] CNC Shield za Arduino, dostupno na:  
<https://www.handsontec.com/dataspecs/cnc-3axis-shield.pdf>  
Posjećeno: Oktobar 2021.
- [5] A4988 driveri, dostupno na:  
<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/338780/ALLEGRO/A4988/590/2/A4988.html>  
Posjećeno: Oktobar 2021.
- [6] Nema 17 Stepper motori, dostupno na:  
<https://components101.com/motors/nema17-stepper-motor>  
Posjećeno: Oktobar 2021.
- [7] Servo motor, dostupno na:  
[http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1\\_EE/stores/sg90\\_datasheet.pdf](http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf)  
Posjećeno: Oktobar 2021.