

## **CNC stroj za crtanje na bazi Arduino mikrokontrolera** *CNC drawing machine based on Arduino microcontroller*

<sup>1</sup>Eugen Skladany, <sup>2\*</sup>Vesna Krajčić, <sup>3</sup>Ivan Grakalić  
Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka  
e-mail: <sup>1</sup>eskladany@veleri.hr, <sup>2\*</sup>vkrajci@veleri.hr, <sup>3</sup>igrakal@veleri.hr

**Sažetak:** *U radu je prikazan Arduino projekt izrade CNC stroja za crtanje. Stroj dobiva upute preko računala u obliku G-koda koje mikrokontroler prevodi u pokrete koračnih motora. CNC stroj je kompaktan i lagan što omogućuje njegov jednostavan prijenos te jeftin jer su upotrijebljeni reciklirani dijelovi. Detaljno je predstavljeno korišteno sklopovlje (mikrokontroler Cytron UNO SE, slijedni motor Tower Pro SG90, koračni motori SM15DD s upravljačkim pločicama A4988, Arduino CNC štit V3). Također je detaljno opisan način izrade CNC stroja te dva programa koja su korištena za slanje uputa G-koda. Izrađeni CNC stroj za crtanje je pogodan za veći broj korisnika zbog niske cijene i jednostavnosti programa koji sustav koristi.*

**Ključne riječi:** *CNC stroj za crtanje, reciklirani dijelovi, mikrokontroler*

**Abstract:** *The paper presents an Arduino project of building a CNC drawing machine. The machine receives instructions from a computer in the form of G-code, which the microcontroller translates into movements of stepper motors. The CNC machine is compact and lightweight, which allows easy transport, and is inexpensive because recycled parts are used. Hardware selection (Cytron UNO SE microcontroller, Tower Pro SG90 servo motor, SM15DD stepper motors with controllers A4988, Arduino CNC shield V3) is presented in detail. The process of building a CNC machine and two programs used to send G-code instructions are also described in detail. The built CNC drawing machine is suitable for a large number of users due to its low price and simplicity of the program used by the system.*

**Key words:** *CNC drawing machine, recycled parts, microcontroller*

## 1. Uvod

Cilj ovoga projekta je bio izraditi vlastiti jednostavni i jeftini CNC (engl. Computer Numerical Control) stroj za crtanje pomoću Arduino mikrokontrolera, koračnih i slijednih motora, Arduino CNC štita i ostalih recikliranih dijelova, koji kasnije može poslužiti kao baza za veći CNC stroj ili 3D pisac. Također se željela osigurati kompatibilnost CNC uređaja s programima i formatima datoteka koje koriste komercijalni CNC strojevi.

Provedenim internetskim istraživanjem pronađeni su slični projekti koji su koristili okomitu konfiguraciju koračnih motora s relativno malom radnom površinom (Chris, 2019.), rotacijom baze (David, 2018.) ili većim dimenzijama i cijenom (Deepaksh123, 2002.), a rijetko se mogao naći CNC uređaj namijenjen za pisanje po okomitim površinama (Stridsman, 2018.). Većina CNC strojeva s okomitom konfiguracijom koračnih motora ima problem s ograničenjem veličine medija za crtanje jer je radna površina stroja značajno ograničena položajem koračnih motora. Zato je u ovom radu korištena paralelna konfiguracija koračnih motora u kojoj se stroj polaže na medij za crtanje što omogućava korištenje medija s puno većim površinama te jednostavnost korištenja jer se značajno skraćuje priprema početka operacije crtanja. Prednost ove realizacije u odnosu na komercijalne CNC uređaje za crtanje je i u njenoj cijeni: manji komercijalni uređaji namijenjeni početnicima koštaju prosječno između 140 EUR (Rattmmotor, 2024.) i 430 EUR (Sainsmart, 2025.), dok je za izradu vlastitoga uređaja potrošeno manje od 40 EUR zbog korištenja recikliranih dijelova. Dodatni problemi nabave uređaja putem interneta su najčešće skupa poštarina zbog veće mase uređaja i pakiranje u dijelovima koje korisnik sam mora sastaviti kako bi imao funkcionalan stroj.

U sljedećem poglavlju je objašnjen izbor sklopovlja potrebnoga za izradu vlastitoga CNC stroja za crtanje.

## 2. Sklopovlje

Osnovne komponente za izradu CNC stroja su Arduino IDE kompatibilni Cytron UNO SE mikrokontroler, Arduino CNC štiti V3, dva bipolarna koračna motora SM15DD s upravljačkim pločicama A4988 i slijedni motor Tower Pro SG90. Ukupni troškovi tih komponenata iznosili su 36.85 EURA. Ostale komponente upotrijebljene u ovom projektu su reciklirane: pretvarač izmjeničnoga u istosmjerno napajanje napona 20 V i snage 65 W, jezgra CD-ROM čitača, 3.5" magnetska disketa, komad PVC plastike dimenzija 15 cm x 15 cm, dva paketa žica i kemijska olovka. Također su u radu korišteni bušilica, odvijač,

multimetar, lemilica, ljepilo, itd.

Upravljanje CNC strojem za crtanje vrši se pomoću upravljačke ploče Cytron UNO SE (Slika 1) koja ima manju cijenu i druge prednosti u odnosu na originalnu Arduino UNO upravljačku ploču (CT UNO, 2014.).

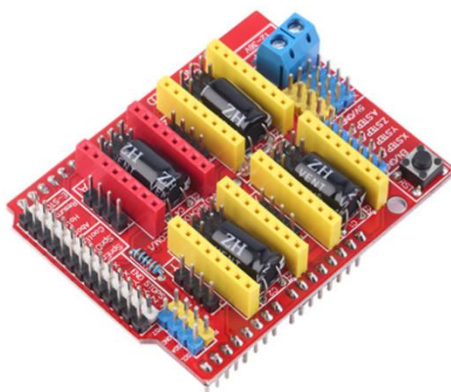
**Slika 2.** Upravljačka ploča Cytron UNO SE.



*Izvor: Autori*

Prilikom izrade CNC uređaja i 3D pisaača često se kao pločica za proširenje koristi Arduino CNC štiti V3 (Slika 2) koji podržava do četiri upravljačke pločice A4988 te istosmjerni ulazni napon od 12 V do 36 V (Handson Technology, 2021.).

**Slika 2.** Arduino CNC štiti V3.



*Izvor: [https://www.makerfabs.com/media/catalog/product/cache/5082619e83af502b1cf28572733576a0/a/r/arduino\\_cnc\\_shield\\_v3.png](https://www.makerfabs.com/media/catalog/product/cache/5082619e83af502b1cf28572733576a0/a/r/arduino_cnc_shield_v3.png)*

Za pogon se koriste dva bipolarna koračna motora SM15DD (Slika 3) malenih dimenzija (12.5 mm x 54.6 mm), s kutom koraka 18° i uporabom u CD-ROM čitačima (Stenebo,

2020.).

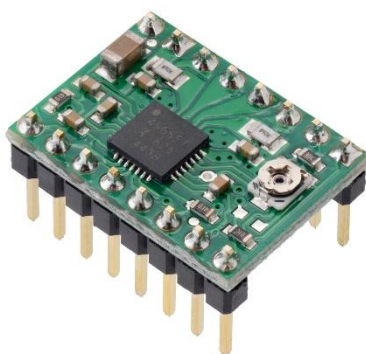
**Slika 3.** Koračni motor SM15DD.



Izvor: [https://bends.se/bendcms/files/electronics/stepper2/SM15DD\\_0\\_framsida.jpg](https://bends.se/bendcms/files/electronics/stepper2/SM15DD_0_framsida.jpg)

Koračnim motorima se upravlja pomoću dvije upravljačke pločice A4988 (Slika 4). Upravljačka pločica A4988 ima podesivo ograničenje struje, zaštitu od prekomjerne struje i temperature te pet različitih mikrokoračnih načina rada (do 1/16 koraka). Namijenjena je radu s naponom od 8 V do 35 V i može dostaviti struju do 1 A po fazi bez hlađenja (Pololu, 2015.).

**Slika 4.** Upravljačka pločica A4988.



Izvor: <https://a.pololu-files.com/picture/OJ10065.1200.jpg>

Slijedni motor Tower Pro SG90 (Slika 5) koristi se za pomicanje kemijske olovke po z osi kako bi ona mogla prekinuti kontakt s medijem za crtanje kad je to potrebno. Prednosti toga slijednoga motora su njegova mala masa i dimenzije u usporedbi s velikom brzinom i izlaznom snagom (TowerPro, 2021.) što ga čini pogodnim za projekt u kojem je potrebna velika brzina i točnost.

**Slika 5.** Slijedni motor Tower Pro SG90.



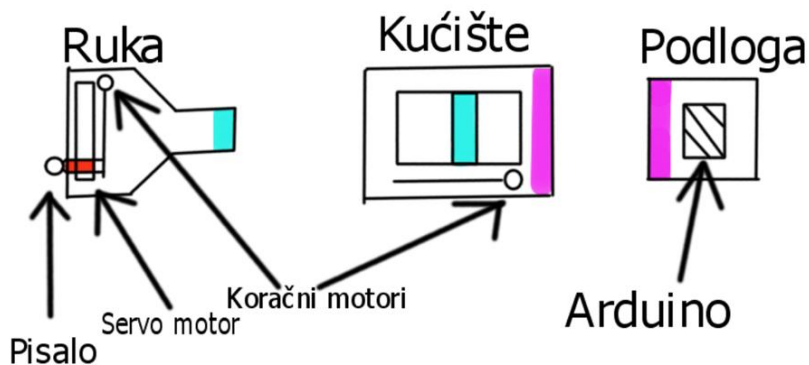
Izvor: [https://soldered.com/productdata/2015/02/DSC\\_2916-Edit-1024x683.jpg](https://soldered.com/productdata/2015/02/DSC_2916-Edit-1024x683.jpg)

Slijedi spajanje prethodno navedenih komponenti u CNC sustav za crtanje.

### 3. Izrada CNC uređaja

Izrađen je CNC stroj za crtanje koji kao alat koristi kemijsku olovku. CNC sustav ima slobodan raspon kretnji u smjeru x i y osi te ograničenu kretnju u smjeru z osi. Uređaj se sastoji od tri osnovna dijela: centralnoga kućišta, ruke i podloge za mikrokontroler, što je prikazano na skici (Slika 6), pri čemu jednake boje predstavljaju mjesta na kojima su elementi povezani.

**Slika 6.** Raspored dijelova CNC uređaja.



Izvor: Autori

Reciklirana jezgra CD-ROM čitača poslužila je kao centralno kućište na koji su pričvršćene sve ostale komponente. Koračni motor na kućištu pomiče alat u smjeru x osi. Ruka je izrađena od PVC plastike na kojoj se nalazi kemijska olovka, slijedni motor i koračni motor koji pomiče alat u smjeru y osi. Ruka je pričvršćena na pomični dio središnjega kućišta. Plastična podloga se nalazi na pozadini središnjega kućišta i na nju su

pričvršćeni mikrokontroler i CNC modul. Koračni motori postavljeni su u paralelnu konfiguraciju i uređaj je namješten tako da se polaže na medij za crtanje pa ga drži svojom masom. Pisalo (kemijska olovka) ima širi raspon kretanja po dvije osi (x i y) te ograničeno kretanje po trećoj osi (z). Slijedni motor podiže kemijsku olovku i tako prekida kontakt s medijem za crtanje kada je to potrebno.

Na početku izrade CNC uređaja potrebno je iz CD-ROM čitača izvaditi jezgru na kojoj se nalaze koračni motor i laser te na bipolarni koračni motor pričvrstiti žice i vratiti ga u jezgru. Na kućište se zatim pričvršćuju noge. Nakon toga izrađena je tračnica za pomak kemijske olovke po y osi smanjivanjem tračnice iz jezgre CD-ROM čitača (Slika 7).

**Slika 7.** *Postupak izrade nove tračnice.*



*Izvor: Autori*

Ruka na kojoj tračnice leže izrađena je od jednog komada 3 mm debele PVC plastike koja je oblikovana po mjeri. Na izrezanu ruku je simetrično postavljena tračnica (Slika 8) te je ruka spojena na središnje kućište.

**Slika 8.** *Postupak izrade ruke.*

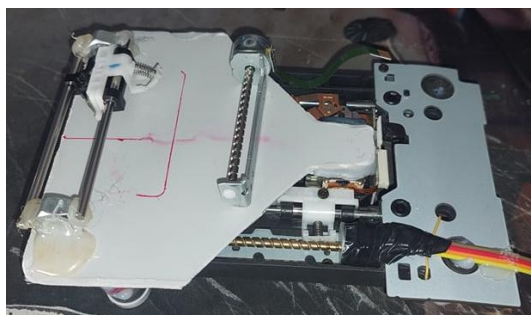


*Izvor: Autori*

Sljedi određivanje pozicije na koju će se pričvrstiti koračni motor zadužen za pomicanje kemijske olovke po y osi (Slika 9). Pri tome rotor motora mora imati dobar kontakt s

plastikom koja po njemu klizi. Nakon određivanja konačne pozicije motora, potrebno ga je pričvrstiti na ruku ljepilom.

**Slika 9.** *Izbor najboljeg položaja motora.*



*Izvor: Autori*

Sljedeći korak je dodavanje platforme za kemijsku olovku i slijedni motor koji će se pomicati na tračnicama. Ta je platforma izrađena od istog komada PVC plastike kao ruka i dugačka je samo 4 cm kako ne bi zauzimala previše mjesta te je vodoravno pričvršćena (Slika 10).

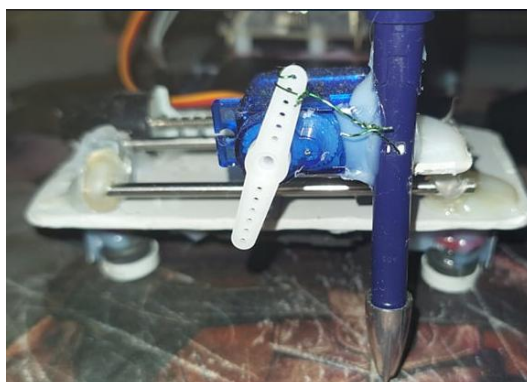
**Slika 10.** *Provjera vodoravnog položaja platforme.*



*Izvor: Autori*

Sljedi izrada konstrukcije koja se sastoji od kemijske olovke i slijednoga motora (Slika 11). Slijedni motor se postavlja na platformu u horizontalnom položaju i pokraj njega se pričvršćuje kemijska olovka koja je prethodno modificirana tako da je njena opruga pomaknuta na kraj kemijske olovke pa ju drži u otvorenom položaju. Nakon toga se probuši rupa u tijelu kemijske olovke kroz koju treba provući žicu koja će podizati vrh kemijske olovke, a tu žicu je potrebno povezati s polugom koja se nalazi na slijednom motoru. Nakon što su te dvije komponente povezane, slijedni motor može povlačiti žicu kako bi prekinuo kontakt kemijske olovke s medijem za crtanje i tako omogućio točni prijenos slike na papir.

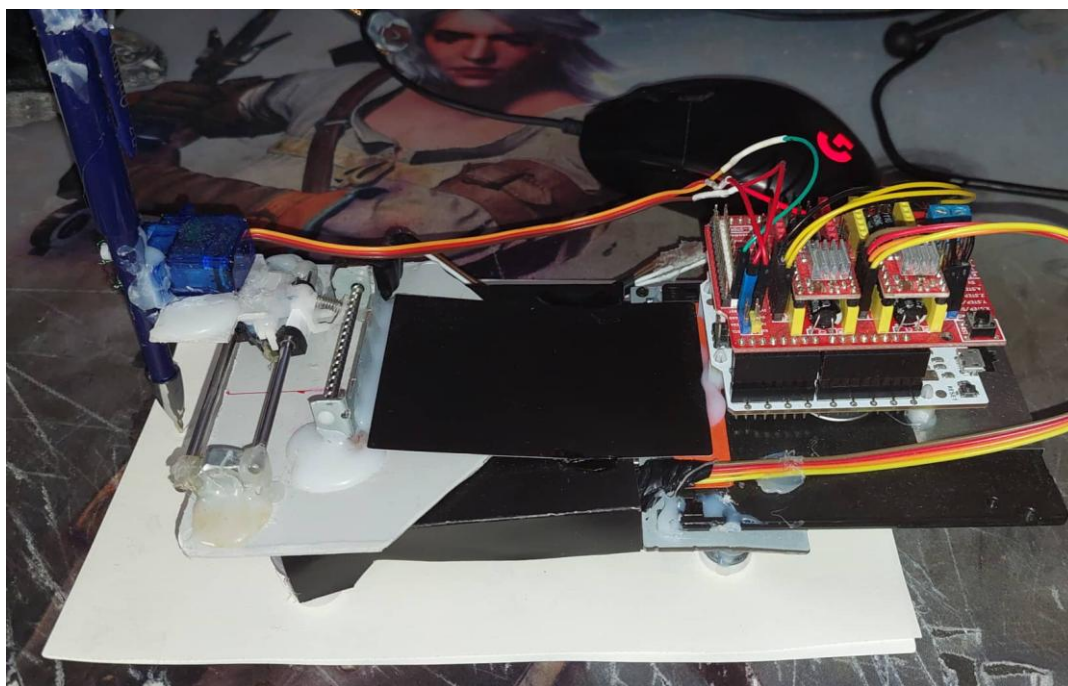
**Slika 11.** *Konstrukcija sa slijednim motorom i kemijskom olovkom.*



*Izvor: Autori*

Zadnja komponenta sustava koju je potrebno pričvrstiti je podloga za mikrokontroler koja je izrađena od 3.5" magnetne diskete zbog odgovarajućih dimenzija. Podloga je na centralno kućište pričvršćena pomoću ljepila. Nakon toga mikrokontroler pričvršćen je na podlogu pomoću nožica koje su uključene uz Cytron UNO SE. Nakon montaže mikrokontrolera potrebno je povezati sve komponente: mikrokontroler, CNC štit, upravljačke pločice A4988, koračne motore, slijedni motor i napanjanje. Kako CNC štit podržava bilo koji istosmjerni električni izvor s naponom od 12 V do 36 V, upotrijebljeno je već postojeće napajanje marke Lenovo s naponom od 20 V. Prije prvoga uključivanja uređaja potrebno je podesiti izlaznu struju na upravljačkim pločicama koračnih motora pomoću potenciometra. Na kraju su uređaju dodana tri komada crnoga kartona dimenzija 6 cm x 8.5 cm koji su pričvršćeni na centralno kućište kako bi se spriječilo nakupljanje prašine u koračnom motoru (Slika 12).

**Slika 12.** *Konačni izgled CNC uređaja.*



*Izvor: Autori*

Složeni CNC uređaj potrebno je programirati.

#### **4. Programi za upravljanje CNC uređajem**

Za upravljanje CNC uređajem korištena su dva programa: Grbl i Benbox. Grbl je program otvorenoga koda pisan u programskom jeziku C, a koristi se za slanje G-koda CNC uređajima s tri osi slobode gibanja (Grbl, 2024.).

Benbox je jednostavan besplatni program koji pretvara slike u .jpg i .png formatu u G-kod upute namijenjene za korištenje kod uređaja za lasersko graviranje, kao i kod CNC uređaja za crtanje (Benbox, 2021).

Benbox je zbog svoje jednostavne uporabe pogodan za korisnike koji nisu upoznati s korištenjem CNC uređaja, dok je Grbl namijenjen iskusnim korisnicima. Osiguravanjem kompatibilnosti napravljenoga CNC uređaja s oba programa za upravljanje znatno je povećan broj korisnika kojima uređaj može biti koristan.

#### **5. Testiranje CNC uređaja**

Za testiranje funkcionalnosti izrađenog CNC uređaja za crtanje, uređaj je postavljen na medij za crtanje, povezan s računalom, spojeno je napajanje te je odabran željeni

upravljački program i učitani njegov ugrađeni program u mikrokontroler. Uređaj je sa zadovoljavajućom točnošću nacrtao nekoliko crteža (Slika 13), iako mu je radna površina relativno malena (3.5 cm x 3.5 cm). Uređaj podržava slike u formatima .jpg i .png, ali je za najbolji rezultat potrebno koristiti monokromatske slike s visokim kontrastom. Vrijeme ispisa može trajati i nekoliko minuta, što ovisi o složenosti slike.

Video snimka rada izrađenog CNC uređaja dostupna je na YouTube platformi na poveznici <https://youtu.be/re6hFMGaJ5Y>.

**Slika 13.** Crteži koje je napravljeni CNC uređaj izradio pomoću programa Benbox.



*Izvor: Autori*

## 6. Zaključak

Izrađeni CNC uređaj se, od ostalih projekata nađenih na internetu i sličnih uređaja koji se prodaju u trgovinama, razlikuje po tome što je izrazito kompaktan, jednostavan za korištenje, lagan za transport i sastavljen od lako dostupnih komponenta niske cijene. Upotreba recikliranih komponenata dodatno snižava cijenu napravljenoga CNC uređaja.

Zbog jednostavnosti ga mogu upotrebljavati i korisnici koji nisu pobliže upoznati s CNC uređajima, što bi moglo biti korisno u poboljšanju STEM vještina školske djece.

Kako je radna površina izrađenoga CNC uređaja relativno malena (3.5 cm x 3.5 cm), bilo bi korisno povećati veličinu cijeloga sustava. Također bi bilo dobro poboljšati konstrukciju kemijske olovke. To bi omogućilo crtanje većih crteža i lakši rad s kemijskom olovkom ili nekim drugim priborom za pisanje.

## Literatura

Benbox. (2021). Benbox Software Manual. <https://endurancelasers.com/wp-content/uploads/2021/11/BENBOX-Software-Manual.pdf> (27.03.2025.)

- Chris. (2019). Arduino CNC Plotter (Drawing Machine).  
<https://www.instructables.com/Arduino-CNC-Plotter-DRAWING-MACHINE/>  
 (20.03.2025.)
- CT UNO. (2014). CT UNO (Arduino UNO Compatible) User's Manual.  
[https://docs.google.com/document/d/11AeGP\\_92g0VC\\_xuyL\\_ibK\\_EhHU-cxrf3AOS--tf-hvw/view](https://docs.google.com/document/d/11AeGP_92g0VC_xuyL_ibK_EhHU-cxrf3AOS--tf-hvw/view) (22.03.2025.)
- David. (2018). Polar Drawing Machine. <https://www.hackster.io/ArduinoFT/polar-drawing-machine-f7a05c> (21.03.2025.)
- Deepaksh123. (2002). CNC Plotter. <https://www.instructables.com/CNC-Plotter/>  
 (21.03.2025.)
- Grbl. (2024). Grbl CNC controller. <https://github.com/grbl> (27.03.2025.)
- Handson Technology. (2021). 3-Axis CNC/Stepper Motor Shield for Arduino.  
<https://www.handsontec.com/dataspecs/cnc-3axis-shield.pdf> (23.03.2025.)
- Pololu. (2015). A4988 Stepper Motor Driver Carrier.  
<https://www.pololu.com/product/1182> (23.03.2025.)
- Rattmmotor. (2024). Genmitsu CNC 3018-PRO Router + Upgraded Aluminum Z Axis Assembly V2. <https://rattmmotor.shop/product/refined-title-genmitsu-cnc-3018-pro-router-upgraded-aluminum-z-axis-assembly-v2-B0CTC8X8MG> (27.03.2025.)
- Sainsmart. (2025). Genmitsu 3020-PRO MAX V2 CNC Router for Metal Carving and Cutting.  
<https://www.sainsmart.com/products/3020-pro-max-v2?srsId=AfmBOoppGBB6COxJdU0EInpQ3rkrpim7Nb5-J6KvgnfKXcBXg4HKhbZR> (27.03.2025.)
- Stenebo, P. (2020). Bipolar stepper motor with driver board.  
<https://bends.se/?page=notebook/electronics/stepper-2> (24.03.2025.)
- Stridsman, F. (2018). Stringent, the \$15 Wall Plotter.  
<https://www.hackster.io/fredrikstridsman/stringent-the-15-wall-plotter-d965ca>  
 (20.03.2025.)
- TowerPro. (2021). Tower Pro SG90 servo motor. <https://towerpro.com.tw/product/sg90-analog/> (23.03.2025.)