

Technická akadémia  
Hviezdoslavova 6, 052 01 Spišská Nová Ves

## **Strojár Inovátor**

**1 - Konštrukcie strojov a zariadení, automobily, biomedicínske inžinierstvo**

### **Mini CNC**

2018  
Krompachy

autor  
Jozef Nemčík  
Roland Alth  
ročník štúdia: **tretí**

---









# Obsah

Zoznam obrázkov .....	1
Úvod.....	2
1 Problematika a prehľad literatúry .....	3
1.1 Pohon.....	3
1.1.1 Technické parametre pohonov .....	3
1.2 Mikrokontrolér Arduino .....	4
1.2.1 Použitá doska pre mikrokontrolér Arduino UNO.....	5
1.2.2 Programovacie prostredie .....	5
2 Ciele práce SOČ.....	7
3 Materiál a metodika .....	8
3.1 Príprava základných materiálov na konštrukciu .....	8
3.2 Stavba základnej konštrukcie zo zhromaždeného materiálu.....	8
3.3 Úprava jednotlivých jazdcov.....	9
3.4 Elektronika .....	11
3.5 Návrh a konštrukcia ochranného krytu CNC stroja .....	14
3.6 Úprava a zapojenie Laseru .....	16
4 Záver práce .....	19
Zoznam použitej literatúry .....	20
Prílohy.....	21

## Zoznam obrázkov

Obr. 1 Doska pre mikrokontrolér Arduino UNO.....	5
Obr. 2 Programovacie prostriedky pre Arduino .....	6
Obr. 5 Staré PC komponenty .....	8
Obr. 6 Základná konštrukcia CNC stoja .....	9
Obr. 7 Jazdec s navítanou dierou .....	10
Obr. 8 Jazdec s navítanou dierou a narezaným závitom .....	10
Obr. 9 CNC stroj s namontovanými osami.....	11
Obr. 10 Výstupové konektory PC zdroja .....	11
Obr. 11 Konektory osí .....	12
Obr. 12 Jednoduché schémy zapojenia ovládačov .....	12
Obr. 13 Celá schéma zapojenia ovládačov krokových motorov .....	13
Obr. 14 Spájkovanie kontaktov na ovládači krokového motora.....	13
Obr. 15 Postupné zapojenie a osadenie elektroniky .....	14
Obr. 16 Uzavretá riadiaca jednotka .....	14
Obr. 17 Náčrt hliníkového L profilu so skoseniami .....	15
Obr. 18 Pripravený materiál pre konštrukciu .....	15
Obr. 19 Dokončený kryt CNC stroja .....	16
Obr. 20 Laser .....	17
Obr. 21 Schéma zapojenie lasera.....	18

## Úvod

Už od mala sa pohybujem v technickej sfére, ale nikdy som nevedel, čo presne chcem robiť. Zaujímalo ma všetko, no jedného dňa som sa rozhodol spolu s kamarátom pokúsiť postaviť vlastný CNC stroj, pretože v dnešnej dobe je celá strojárka výroba založená na týchto strojoch. Nechceli sme postaviť nič veľké. Práve naopak, chceli sme niečo malé a kompaktné. Zároveň sme chceli doceliť čo najvyššiu presnosť, čo je pri CNC strojoch najdôležitejšia vlastnosť. Bohužiaľ náš rozpočet nebol dostatočne veľký, aby sme nakúpili už predom pripravené súčasti CNC stroja a zložili ich. Museli sme nájsť alternatívne riešenia tak, aby boli presné a lacné. Zvolili sme recykláciu starých vyradených súčastí počítačov, ktoré má každý vo svojej domácnosti. CNC sa skladá z dvoch starých počítačových zdrojov, troch DVD/CD mechaník . Ako mozog celého CNC stroja používame Arduino UNO, aj napriek nízkej spoľahlivosti a nižšej pracovnej rýchlosti. Program pre riadiacu jednotku je písaný v programovacom jazyku C++. CNC stroj sa programuje pomocou G-kódov, ktoré prekladá program nahraný v Arduine. V projekte sme chceli doceliť multifunkčnosť, no bohužiaľ sa nám doposiaľ nepodarilo na stroji realizovať 3D tlač, no pokúšali sme sa o jemné frézovanie to zas neprebiehalo podľa našich predstáv a tak sme sa rozhodli pre laserovú gravírovačku. Zakúpili sme laser a upravili tak, aby spolupracoval s naším Arduino programom.



# 1 Problematika a prehľad literatúry

Na začiatku práce sme museli zistiť ako fungujú jednotlivé elektronické časti stroja aby sme ovládali celú problematiku stroja . Pomocou týchto informácií sme si vedeli zvoliť správne súčasti celého stroja tak aby vyhovovali ich ďalšej funkcii.

## 1.1 Pohon

Mechanické časti sú v pohybe vďaka motorom, ktoré premieňajú elektrickú energiu na mechanickú. Zariadenia s opačným smerom transformácie energie z mechanickej na elektrickú sa označujú ako generátory. Pohony sa často označujú aj ako akumulátory, ktoré umožňujú reguláciu veličín – napríklad privretie alebo otvorenie ventilu, nastavenie smeru a rýchlosti otáčania sa kolies, rotorov a iných mechanických častí.

### 1.1.1 Technické parametre pohonov

**Rýchlosť otáčok** – frekvencia otáčania, závisí na konštrukcii motora. Rýchlosť sa dá ovplyvňovať elektrickou reguláciou, po prípade prevodovkou.

**Krútiaci moment** – popisuje, s akou silou dokáže motor otáčať pripojeným bremenom. Z technického hľadiska čím vyšší krútiaci moment, tým ťažším bremenom dokáže motor otáčať a hýbať na kratšej vzdialenosti.

**Výkon motora** – je parameter popisujúci schopnosť vykonať prácu za určitý čas. Vypočítame ho podľa vzorca :

$$\text{Výkon(W)} = \text{Točivý moment (Mk)} * \text{rýchlosť otáčania (s)} * 3,14 * 30$$

**Napájacie napätie** – s ohľadom na typ motora. Pre motory napájané striedavým napätím to môže byť 240V alebo 400V. U jednosmerného napätia je možností viac, od 1,2V v hodinových motorčekoch až po 120V.

**Konštrukčné rozmery skrine** – celkové rozmery motora. Rozmery sú dôležité z pohľadu umiestnenia.

**Rozmery hriadeľa** – na hriadeľ sa pripájajú ostatné mechanické časti – ozubené kolesá , remenice.

### **1.1.1.1 Čo je krokový motor**

Je synchronný točivý stroj väčšinou napájaný impulzmi jednosmerného prúdu. Pohyb rotora je pri nízkych rýchlostiach nespojitý a rotor sa pohybuje medzi stabilnými polohami vždy v určitom uhle – hovorí sa o krokoch. Počet krokov na jednu otáčku je daný konštrukciou motora.

#### Výhody:

- presné polohovanie,
- veľká mechanická odolnosť,
- dlhá životnosť,
- bez údržbové.

#### Nevýhody:

- potreba riadiacej jednotky,
- malý krútiaci moment,
- pri prekročení medzného zaťaženia dochádza k tzv. strateniu kroku,
- sklon k zakmitávaniu.

### **1.1.1.2 Naše krokové motory**

Naše krokové motory majú tieto špecifikácie :

<u>Presnosť:</u>	podľa výpočtov : 0,03mm v skutočnosti : 0,1mm (udávam kvôli nepresnostiam a vôľam súčiastok)
<u>Rýchlosť:</u>	max = 260ot/min min = 1ot/min
<u>Motory:</u>	2 vinutia 16 krokov
<u>Skrutkovica:</u>	stúpanie : 5 mm/ot.

## **1.2 Mikrokontrolér Arduino**

Arduino je open-source platforma založená na mikrokontroléri ATmega od firmy Atmel a grafickom vývojovom prostredí, ktoré vychádza z prostredia Wiring (podobný projekt ako Arduino, teda doska s mikrokontrolérom a IDE) a Processing (prostredie pre výuku programovania). Arduino môže byť použité k vytváraniu samostatných interaktívnych zapojení alebo môže byť pripojené k softvéru na počítači.

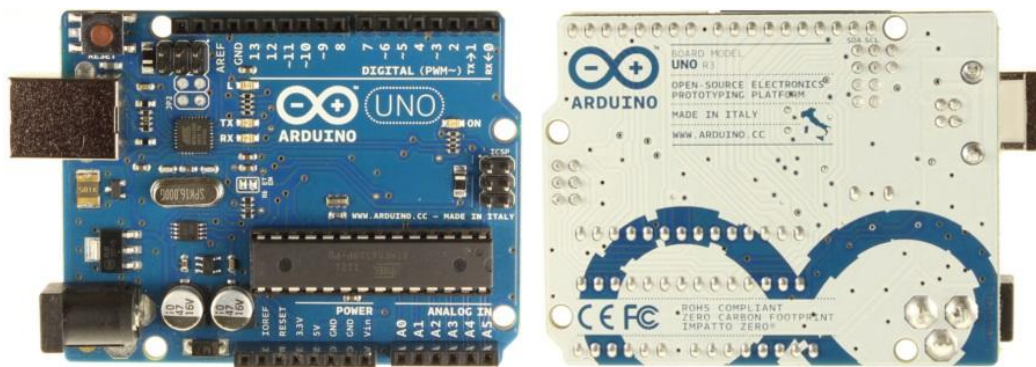
Momentálne možno kúpiť verzie, ktoré sú už skompletované; schéma a návrh plošného spoja je dostupná pre tých, ktorí si chcú postaviť Arduino sami.

### 1.2.1 Použitá doska pre mikrokontrolér Arduino UNO

Parametre použitej dosky sú uvedené v Tab. 3:

Tab. 1 Parametre dosky

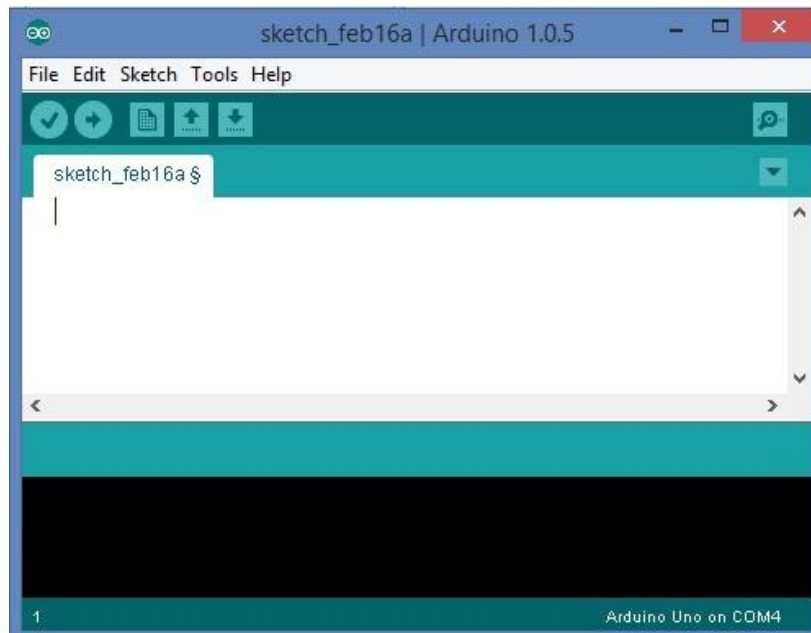
Mikrokontrolér:	ATmega328
Prevádzkové napätie:	5V
Vstupné napätie:	7-12V
Výstupné napätie:	6-20V
Digitálne I/O piny:	14
Analógové vstupné piny:	6
DC prúd na I/O pinoch:	40mA
Flash pamäť:	32KB, z toho 0,5kb používané pre bootloader
SRAM:	2KB
EEPROM:	1KB
Taktovacia frekvencia:	16MHz



Obr. 1 Doska pre mikrokontrolér Arduino UNO [1]

### 1.2.2 Programovacie prostredie

Po pripojení dosky cez USB k PC je možné naprogramovať mikrokontrolér cez vývojové prostredie od firmy Arduino.



Obr. 2 Programovacie prostriedky pre Arduino [Jozef Nemčík - 20.11.2017]

Program sa píše medzi dve základné časti:

- void setup()  
{  
*Príkazy nastavenia pinov*  
}
- void loop()  
{  
*Jadro programu, ktoré sa opakuje v slučke*  
}

## **2 Ciele práce SOČ**

Hlavným cieľom tejto práce bolo zostavenie fungujúceho CNC stroja s čo najmenším rozpočtom, ktoré dokáže buď samostatne alebo manuálne pracovať.

Využitie tohto CNC stroja by bolo hlavne na účely vzdelávania a posúvania hraníc praktickej tvorby žiakov. Zariadenie by bolo možné použiť na „propagáciu“ robotiky verejnosti a v neposlednom rade by bolo cieľom sebvzdelávania, získavania nových zručností v oblasti programovania, konštrukcie a elektroniky.

### 3 Materiál a metodika

Náš CNC stroj sme vyrábali doma s použitím starých a opotrebovaných počítačových komponentov.

#### 3.1 Príprava základných materiálov na konštrukciu

Celá práca spočíva v zmysle recyklácie starých alebo opotrebovaných počítačových komponentov. Museli sme zhromaždiť dostatok počítačových mechaník a zdrojov. Následne sme museli počítačové mechaniky rozmontovať a ponechať iba diely, ktoré pri práci použijeme. Konkrétne išlo o tri plechové kryty a tri pojazdy s krokovými motormi. Ďalej sme museli rozobrať jeden počítačový zdroj, ktorý slúži ako úložisko celej riadiacej jednotky v podobe Arduina UNA a druhý upraviť podľa našich parametrov, aby neobsahoval zbytočné elektrické vývody.



Obr. 3 Staré PC komponenty [Jozef Nemčík – 13.10.2017]

Na Obr. 5 sú štyri staré DVD mechaniky a jeden starý počítačový zdroj.

#### 3.2 Stavba základnej konštrukcie zo zhromaždeného materiálu

Začali sme zisťovaním rozmerov, ktoré potrebujeme a ktoré musíme dodržať. Po všetkých meraniach sme začali upravovať jednotlivé kryty DVD mechaník tak, aby tvorili pevnú, ale čo najjednoduchšiu nosnú konštrukciu.



Obr. 4 Základná konštrukcia CNC stoja [Jozef Nemčík – 22.8.2017]

Na Obr. 6 je nosná konštrukcia s dvoma osadenými jazdcami. Nosná konštrukcia je tvorená z troch vrchných krytov DVD mechaník spájaných jednoduchými oceľovými spojkami, ktoré zabezpečujú dostatočnú tuhosť stroja. Nosná konštrukcia je formovaná do tvaru L.

Potom sme pokračovali zhotovením dier s priemerom  $D=8\text{mm}$  pre upevnenie jednotlivých jazdcov podľa vopred nameraných rozmerov.

### 3.3 Úprava jednotlivých jazdcov

Jazdce sme museli upraviť tak, aby fungovali ako plnohodnotné osi nášho CNC stroja. Začali sme osou Y. Os Y je funkčná časť CNC stroja, ktorá umožňuje pohyb obrábacieho stola k a od nosnej konštrukcie vo vodorovnom smere. Museli sme navrhnuť spoj, ktorým na os Y upevníme os X, ktorá musí nadväzovať na os Y kvôli správne chodu CNC stroja.

Zvolili sme liatinový jazdec, do ktorého sme navrtali dieru o priemere  $d = 16\text{mm}$  a následne sme do diery narezali metrický závit M16 pre skrutku (M16 x 40 STN 02 1103), ktorou sme neskôr spájali osi dohromady.



Obr. 5 Jazdec s navŕtanou dierou [Jozef Nemčik – 10.8.2017]



Obr. 6 Jazdec s navŕtanou dierou a narezaným závitom [Jozef Nemčik – 10.8.2017]

Pokračovali sme osadením skrutky a následným osadením jazdca do pojazdov.

Začali sme sa zaoberať osou X. Os X umožňuje pohyb pracovného stola do strán vo vodorovnom smere. Ako os sme zvolili plastového jazdca kvôli jednoduchšej manipulácii s rizikom krehkosti. Na jazdec sme museli upevniť držiaky pracovného stola a následne celú súčiastku zmontovať. Pokračovali sme vystrihnutím medzikusu na spojenie dvoch osí. Po vytvorení tohto medzikusu sme ho namontovali na os Y a následne naň pripevnili os X.

Os Y slúži na prísun nástroja kolmo na pracovný stôl. Zvolili sme znovu plastový jazdec, ktorý sme museli upraviť tak, aby sa naňho dali upínať rôzne nástroje. V našom prípade to je nástroj na kreslenie, laser na gravírovanie a taviaci hrot pre 3D tlač. Pre upínanie týchto nástrojov nepotrebujeme vysokú pevnosť kvôli tomu, že sa nestýkajú s obrobkom priamo, ale slúžia skôr na doladovanie alebo pri 3D tlači na umožnenie tlači do priestoru.



Po upravení všetkých jazdcov sme jednotlivé mechanizmy namontovali na nosnú konštrukciu.

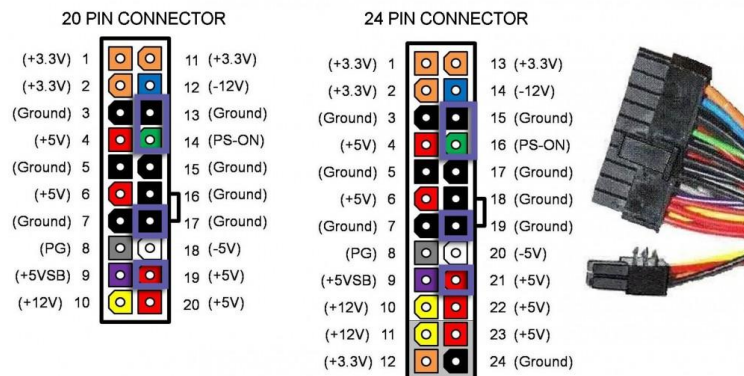


Obr. 7 CNC stroj s namontovanými osami [Jozef Nemčík - 22.8.2017]

### 3.4 Elektronika

Elektroniku sme začali kompletizovať až po dokončení základnej konštrukcie kvôli jej prispôsobeniu a správne zapojeniu.

Ako prvú časť sme upravili počítačový zdroj, ktorý mal slúžiť ako zdroj elektrickej energie pre naše CNC. V zdroji sme upravili počet vývodov na počet, ktorý sme potrebovali a upravili sme ho tak, aby fungoval bez zapojenia do počítača.

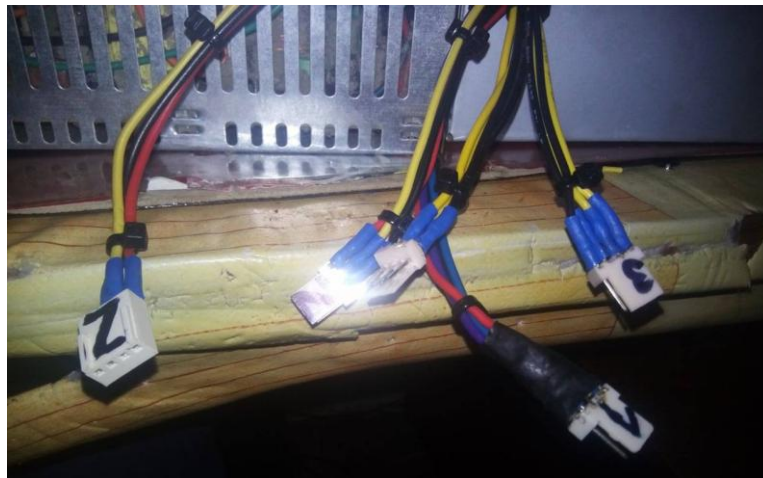


Obr. 8 Výstupové konektory PC zdroja [6]

Existujú dva typy zdrojov. Jeden s 20 pinovým konektorom a druhý s 24 pinovým konektorom(Obr. 10). My sme použili zdroj s 20 pinovým konektorom.

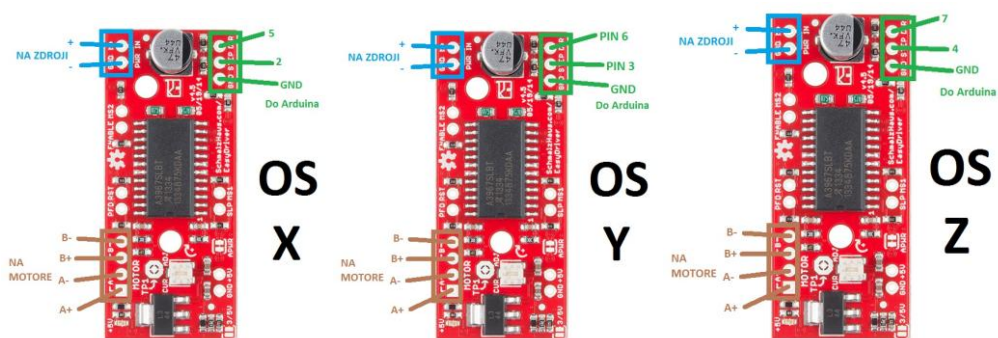
Museli sme prepojiť kontakty 13(Ground) a 14(PS-ON). Po prepojení týchto kontaktov sa počítačový zdroj spustil a mohli sme ho využiť na napájanie CNC stroja. Ďalej sme odstránili všetky prebytočné kontakty a ponechali sme jeden kontakt, na ktorom je výstup 5V, jeden kontakt, na ktorom je výstup 12V a jeden tzv. Ground (-).

Pri zapojení CNC stroja sme pokračovali upravením jednotlivých krokových motorov a to odstránením flexi kábla, napájkovaním káblov na kontakty vinutia A a B. Po napájkovaní káblov na konektory sme museli zabezpečiť kompaktnosť CNC stroja a to tým, že sme sa rozhodli oddeliť jednotlivé krokové motory štvorpinovými konektormi.



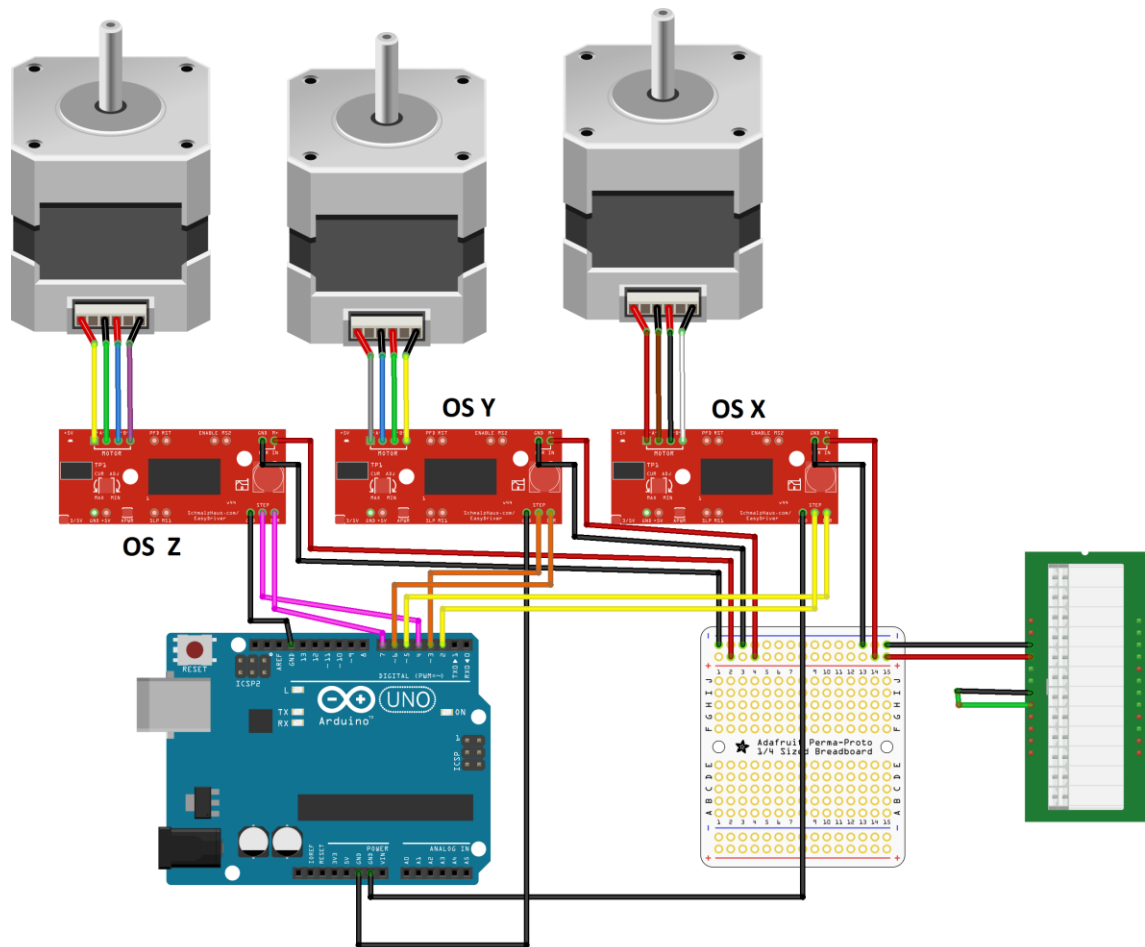
Obr. 9 Konektory osi [Jozef Nemčík – 4.12.2017]

Ďalej sme museli napájkovať káble na jednotlivé ovládače pre krokové motory, ale prvotne sme museli zistiť, ktoré kontakty budeme používať a na čo slúžia. Postupne sme vytvorili jednoduché schémy zapojenia ovládačov krokových motorov.



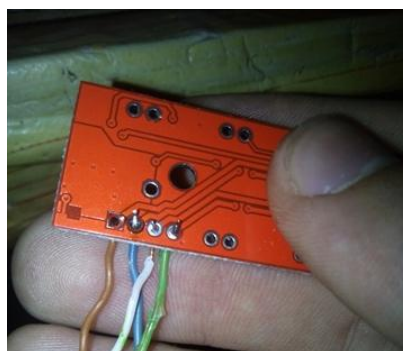
Obr. 10 Jednoduché schémy zapojenia ovládačov [Jozef Nemčík – 6.1.2018]

A ďalej sme začali kombinovať a spájať jednoduché schémy do jednej celkovej schémy Obr. 13



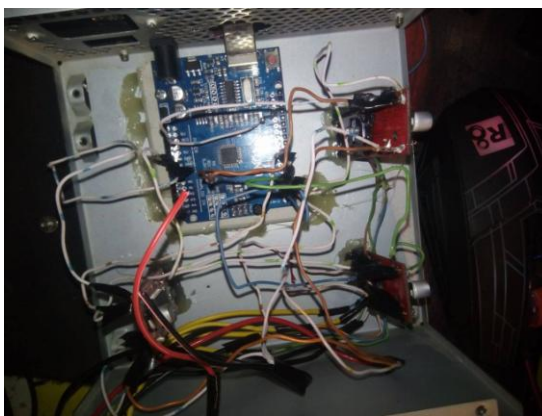
Obr. 11 Celá schéma zapojenia ovládačov krokových motorov [Jozef Nemčík – 6.1.2018]

Po navrhnutí schém sme mohli začať s konkrétnou inštaláciou komponentov a ich spájaním a zapojením. Arduino UNO a ovládače krokových motorov sme osadili do druhého starého rozobratého počítačového zdroja.



Obr. 12 Spájkovanie kontaktov na ovládači krokového motora [Jozef Nemčík – 26.11.2017]

Na Obr. 14 je možné vidieť napájkované prvé kontakty, konkrétne kontakty vinutí krokového motora.



Obr. 13 Postupné zapojenie a osadenie elektroniky [Jozef Nemčík – 17.12.2017]

Po osadení a zapojení elektroniky sme pokračovali uzavretím zdroja (radiacej jednotky).

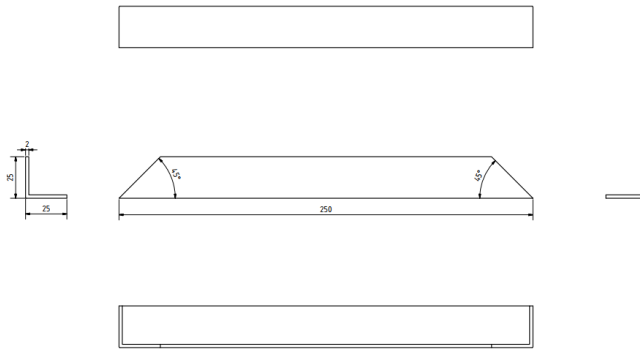


Obr. 14 Uzavretá radiaca jednotka [Jozef Nemčík – 17.12.2017]

### **3.5 Návrh a konštrukcia ochranného krytu CNC stroja**

Ako pri každom CNC stroji musí byť dodržaná určitá bezpečnosť. Preto sme navrhli a zložili ochranný kryt. Skladá sa z plexi skla, hliníkových L profilov (L 25 x 25 x 2 STN 46 6949.1 - 42 4002) a hliníkového plechu. Ako materiál sme zvolili hliník pretože je dostatočne pevný, nekoroduje a nie je feromagnetický.

Začali sme navrhnutím perezového plánu hliníkových L profilov. Podľa nášho návrhu sme narezali hliníkové L profily na požadovanú dĺžku (4 x 450mm, 8 x 250mm) s požadovanými skoseniami.



Obr. 15 Náčrt hliníkového L profilu so skoseniami [Jozef Nemčík – 16.1.2018]

Pokračovali sme narezaním plexi skla na rozmery odvodené od rozmerov základnej konštrukcie krytu (rozmery krytu 250mmx250mmx450mm). Do vnútra CNC stroja je vidno zo štyroch strán pre lepšiu manipuláciu. Ďalej sme museli narezať hliníkový plech na požadované rozmery (1 x 245mm x 245mm, 1 x 445mm x 245mm). Potrebovali sme dva kusy plechu, jeden v tvare štvorca na dno krytu (245mm x 245mm) a jeden v tvare obdĺžnika na zadnú stranu (445mm x 245mm), kde sa opiera nosná konštrukcia CNC stroja. Po narezaní sme museli tieto plechy obrúsiť pomocou ručnej vítačky a brúsneho nástavca s brúsnym papierom s drsnosťou 150 kvôli ich vzhľadu, keďže neboli úplne nové. Keď sme mali pripravený všetok materiál, tak sme začali kompletizovať náš ochranný kryt.



Obr. 16 Pripravený materiál pre konštrukciu [Jozef Nemčík – 18.1.2018]

Kryt sa skladá z dvoch základní a obalu, a má tvar kvádra. Najprv sme zhotovili dve strany obalu a pokračovali sme ich spájaním pomocou základní. Najprv sme zhotovili vrchnú základňu. Pokračovali sme zadnou stranou obalu a konštrukciu sme ukončili pripevnením spodnej základne krytu. Chýbali nám dvierka pretože sme sa nevedeli rozhodnúť ako ich pripevníme. Nakoniec sme sa rozhodli pre pripevnenie pomocou mosadzných pántov. Celý kryt je spájaný pomocou trhacích nitov o dĺžke 10mm a hrúbke 4mm.

*Rozmery krytu:*

- Výška 450mm
- Šírka 250mm
- Hĺbka 250mm



Obr. 17 Dokončený kryt CNC stroja [Jozef Nemčík - 20.1.2018]

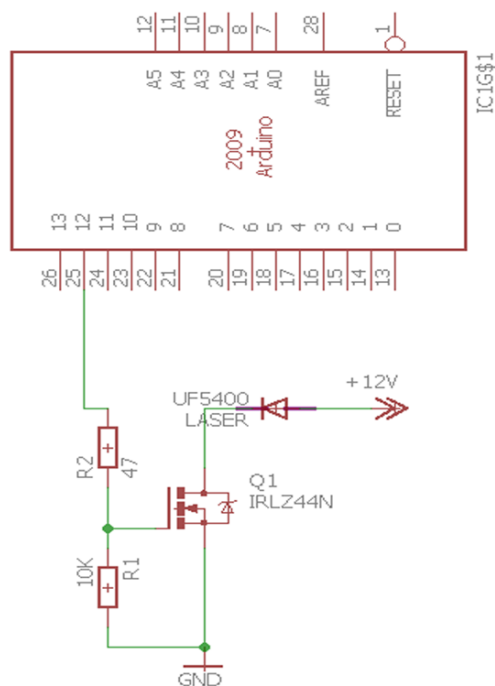
### **3.6 Úprava a zapojenie Laseru**

Pri práci sme sa rozhodovali medzi kúpou laseru alebo kúpou tavného hrotu pre 3D tlač. Rozhodli sme sa pre Laser, pretože 3D tlač je dosť rozsiahla a určite oveľa dokonalejšia ako by bola tá naša. Ďalej sme sa museli rozhodnúť aký laser zakúpime, tak sme čítali rôzne recenzie, pozerali po rôznych internetových obchodoch a porovnávali ceny. No mali sme ešte nápad spraviť vlastný laser opäť z recyklovaných dielov z DVD mechaník. Bohužiaľ ten sme zamietli, pretože nemáme dostatočné znalosti v optike a dostatočné technické vymoženosti, aby sme skonštruovali dostatočne silný laser na gravírovanie. Zakúpili sme laser o výkone 500mW svetelných a 405nm širokým lúčom.



Obr. 18 Laser [7]

K laseru sme zakúpili aj ochranné okuliare kvôli bezpečnosti, pretože laser má dostatočnú silu na poškodenie zraku. Ďalej sme pokračovali navrhnutím schémy zapojenia laseru (Obr. 21) tak, aby spolupracoval s Arduinoom a našim programom, a to sme sprostredkovali tým, že sme použili unipolárny tranzistor MOSFET IRLZ44. Ten slúži ako spínač nášho laseru. Tranzistor spíname pomocou menenia otáčok vretena, takže pomocou pinu 11 (variable spindle PWM). Pomocou tohto digitálneho výstupu Arduinoa môžeme spínať tranzistor a dokonca môžeme regulovať silu laseru, pretože pin 11 obsahuje PWM moduláciu a dokáže meniť hodnoty na výstupe. Keďže náš tranzistor vykoná dosť veľkú prácu a je citlivý na zmeny teplôt, tak sme ho museli pripevniť na upravený chladič. Chladič je ďalšia recyklovaná súčiastka zo starého počítača. K tomu sme museli vytvoriť jednoduchý plošný spoj, aby bolo zapojenie spoľahlivejšie a jednoduchšie.



Obr. 19 Schéma zapojenie lasera [Jozef Nemčík – 21.2.2018]



## 4 Záver práce

Výsledkom našej práce je funkčný CNC stroj, pri ktorom máme ako obsluhujúca osoba možnosť sa rozhodnúť pre manuálne ovládanie alebo pre už vopred definovaný program, ktorý vykoná prácu automaticky a bez zásahu inej osoby.

Tento CNC stroj má široké využitie, či už ako učebná pomôcka, na rôzne prezentačné účely alebo jednoducho pre zábavu.

Naším ďalším cieľom je neustále pracovať na vývoji a zlepšovaní tohto CNC stroja a do budúcnosti sa budeme snažiť vybudovať ďalšie verzie, ktoré budú spoľahlivejšie a budú vedieť pracovať s väčšími obrobkami a to so zachovaním počiatočných rozmerov nášho návrhu CNC stroja. Ďalej budeme pracovať na spevnení pracovného stola a následne sa snažiť spojzduť plne automatické frézovanie, s ktorým sme mali doposiaľ problémy

Keďže väčšina dielov je stará, tak sú cenovo nenáročné v dnešnej dobe alebo sme ich dokonca dostali zadarmo od ľudí, ktorí ich považovali za odpad, no cenovo najnáročnejšia časť celého projektu je laser, plexi sklo a Arduino. Tak nás celý projekt stál necelých 60€.

## Zoznam použitej literatúry

[1] Web o arduino a jeho fungovaní

<https://sk.wikipedia.org/wiki/Arduino>

[2] Užívateľská príručka Arduino

Matúš Selecký 2016. Arduino užívateľská príručka. Brno : Computer Press, 2016, 281 s.

ISBN 978-80-251-4840-2

[3] Web Arduino cc s katalógmi a základnými informáciami

<http://arduino.cc/>

[4] Stránka s obrázkami 3D tlačiarňí

<https://www.3dprintersonlinestore.com/image/cache/catalog/makerbot/replicator/15-270x269.jpg>

[5] Internetový obchod s laserovými gravírovačkami

<https://img.banggood.com/thumb/water/oaupload/banggood/images/2F/70/bf012136-f66c-3b64-aaa2-044ce3ada366.jpg>

[6] Stránka s pomocou ktorej sme sa inšpirovali

[http://www.tinkernut.com/portfolio/hack-old-cd-roms-into-a-cnc-machine/#lightbox\[9633\]/13/](http://www.tinkernut.com/portfolio/hack-old-cd-roms-into-a-cnc-machine/#lightbox[9633]/13/)

[7] Obrázok laseru

[https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1xTGHKpXXXXccXVXXq6xXFXX6/500mW-405nm-500mW-violet-laser-module-with.jpg\\_350x350.jpg](https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1xTGHKpXXXXccXVXXq6xXFXX6/500mW-405nm-500mW-violet-laser-module-with.jpg_350x350.jpg)

## **Prílohy**

## **Príloha A – úryvok z programu v G - kódach**

G91

M3 S3000 F60

G1 X5

M3 S0

G1 Y-0.1

M3 S3000

G1 X-5

M3 S0

G1 Y-0.1

M3 S3000

G1 X0.3

M3 S0

G1 X2

M3 S3000

G1 X0.3

M3 S0

G1 X2

M3 S3000

G1 X0.3

M3 S0

G1 Y-0.1

M3 S3000

G1 X-0.3

M3 S0

G1 X-2

M3 S3000

G1 X-0.3

M3 S0

G1 X-2

M3 S3000

G1 X-0.3

M3 S0

G1 Y-0.1

M3 S3000  
G1 X0.3  
M3 S0  
G1 X0.2  
M3 S3000  
G1 X1.6  
M3 S0  
G1 X0.2  
M3 S3000  
G1 X1.2  
M3 S0  
G1 X0.2  
M3 S3000  
G1 X1.2  
M3 S0

G1 Y-0.1

M3 S3000  
G1 X-1.2  
M3 S0  
G1 X-0.2  
M3 S3000  
G1 X-1.2  
M3 S0  
G1 X-0.2  
M3 S3000  
G1 X-1.6  
M3 S0  
G1 X-0.2  
M3 S3000  
G1 X-0.3  
M3 S0

G1 Y-0.1

M3 S3000  
G1 X0.3  
M3 S0

G1 X0.2  
M3 S3000  
G1 X1.6  
M3 S0  
G1 X0.2  
M3 S3000  
G1 X1.2  
M3 S0  
G1 X0.2  
M3 S3000  
G1 X1.2  
M3 S0

G1 Y-0.1

M3 S3000  
G1 X-1.2  
M3 S0  
G1 X-0.2  
M3 S3000  
G1 X-1.2  
M3 S0  
G1 X-0.2  
M3 S3000  
G1 X-1.6  
M3 S0  
G1 X-0.2  
M3 S3000  
G1 X-0.3  
M3 S0

## Príloha B – obrázky z priebehu stavby



Príloha C - Obr. 1 CNC stroj s namontovanou frézou [Jozef Nemčík – 15.8.2017]



Príloha C - Obr. 2 Funkčná zostava CNC stroja [Jozef Nemčík – 13.8.2017]



Príloha C - Obr. 3 CNC uložené v ochrannom kryte [Jozef Nemčík – 26.12.2017]



Príloha C - Obr. 4 Testovacia verzia CNC stroja [Jozef Nemčík – 8.8.2017]



Príloha C - Obr. 5 Hliníkový jazdec s osadenými skrutkami [Jozef Nemčík – 29.7.2017]



Príloha C - Obr. 6 Odrezané plexi sklo [Jozef Nemčík – 13.10.2017]





Príloha C - Obr. 7 Kryt v priebehu stavby [Jozef Nemčík – 15.10.2017]



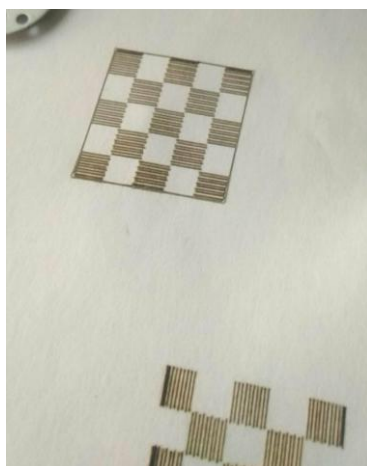
Príloha C - Obr. 8 Finálna verzia CNC stroja [Jozef Nemčík – 8.1.2018]



Príloha C - Obr. 9 Výrobok CNC stroja [Jozef Nemčík – 24.12.2017]



Príloha C - Obr. 10 Vypálené iniciály školy v dreve [Jozef Nemčík – 26.2.2018]



Príloha C - Obr. 11 Vypálená šachovnica v papieri [Jozef Nemčík – 22.2.2018]

