



Středoškolská technika 2024

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

LASEROVÝ GRAVÍROVACÍ STROJ

Nguyen Tien Duc

Střední průmyslová škola elektrotechnická
Ječná 30, 120 00 Praha 2

Anotace

Cílem této práce je vytvořit funkční laserový gravírovací stroj, který umí řezat a gravírovat materiály s různou tloušťkou a dá se používat v domácí dílně. Dalším cílem je porovnat domácí výrobky s výrobky na trhu: poměr ceny a efektivity. Také zkoumám složitost navrhování, výroby, programování stroje a aplikaci svých znalostí z 3D tisku a stavby 3D tiskárny.

Klíčová slova:

Laser, gravírování, 3D tisk, modelování, ramps, marlin, lightburn

Obsah:

1. Úvod	1
2. Základní informace	2
2.1 Co je laserový gravírovací stroj	
2	
2.2 Co je laser	2
2.3 Rozdělení laserových gravírovacích strojů	
3	
3. Kritéria a výběr laseru	6
4. Mechanické části	7
4.1 Druh pohánění	7
4.2 Druh lineárního vedení	8
4.3 Konstrukce	9
5. Elektrická část	10
5.1 Řídicí jednotka	13
5.2 Zdroj a úpravy	15
5.3 Krokové motory a drivery pro krokové motory	17
5.3.1 Krokový motor	
17	
5.3.2 Driver	17
5.4 Servo	19
5.5 Koncové spínače	19
5.6 Připojení laseru	20
5.7 Připojení ventilátoru chladicí desky	20
6. Programovací část a potřebné programy	22
6.1 Jak je možné ho používat	
22	
6.2 Editovat Marlin v VS codu	23
6.3 Návod používání Pronterface pro zkontrolování stavu strojů	26
6.4 Návod k použití Lightburn	26
7. Závěr	28

2. Základní informace

2.1 Co je laserový gravírovací stroj?

1. Laserová gravírka je stroj, který spracovává materiál tak, že laserem vypaluje mikroskopické vrstvy materiálu z objektu, se kterým pracuje.
2. Gravírovací stroj se skládá ze 4 částí :

Laseru - který se šíří pulzně, protože přenáší velkou energii za krátkou dobu, což vede k vytváření vysoké teploty a tání na materiálu.

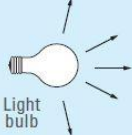
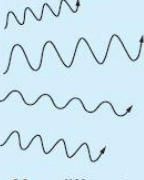
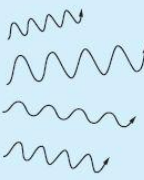
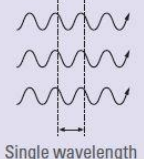
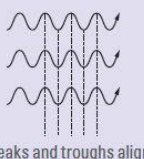
Pohybového mechanismu – ten umožňuje pohyb laseru většinou na souřadnice X a Y.

Ovládání – skládá se z řídicí jednotky, která určuje rychlost, směr pohybu a také intenzitu svítícího laseru.

Plocha - je místo, na kterém spočívá upravovaný objekt, a kam dopadají laserové paprsky.

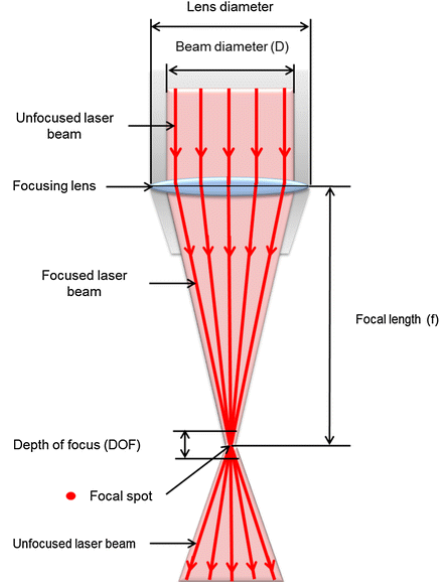
2.2 Co je laser?

Laser neboli Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation je druh světla, který je zesílený tak, že na rozdíl od normálního světla se šíří monochromaticky (tzn. světlo se šíří na jednu vlnovou délku) a koherentně (vlny se šíří se stejnou frekvencí, fázemi a směry).

	Directivity (light waves travel in straight line)	Monochromaticity	Coherence
Ordinary light	 Light bulb	 Many different wavelengths	
Laser beam	 Laser	 Single wavelength	 Peaks and troughs align

Obr. 2 - Rozdíl mezi laser a normální světlo

Tuto jeho energii v gravírovacím stroji můžeme využít tak, že ji soustředíme do jednoho bodu pomocí optické čočky.



Obr. 3 - Soustředění laseru



Obr. 4 - Kalibrátor pro nastavení vzdálenosti

Podle obrázku 3 můžeme vidět, že je zapotřebí mít vzdálenost mezi čočkou a plochu takovou, aby byl laser soustředěn na povrch materiálu. K tomu slouží kalibrátor, který vám pomůže s nastavením vzdálenosti mezi laserem a pracovní plochou (obr. 4).

2.3 Rozdělení laserových gravírovacích strojů

1. Podle pohybu:

X-Y: nejčastější typ pohybu. Pracovní plocha je statická, laser se pohybuje na X-Y souřadnici nebo laser je statický a pohybuje se pracovní plocha nebo se laser pohybuje na 1. ose a pracovní plocha na 2. (obr. 5).

Válcový: Laser se pohybuje na 1. ose a těleso rotuje. (obr. 6)

Galvo laser: Využije galvanometr k ovládání místa dopadu laserového paprsku. (obr. 7)

CYLINDRICAL DESIGN

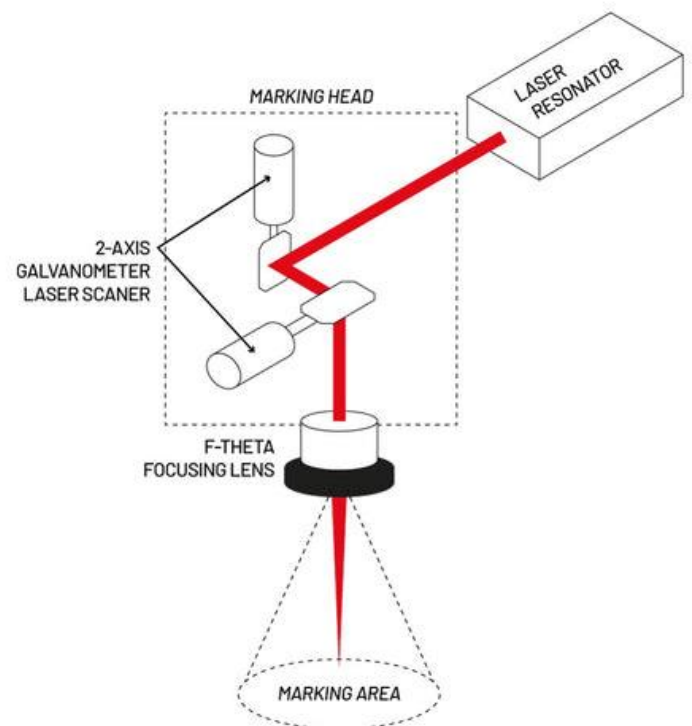


Obr. 5 - X-Y laser (TwoTree 5.5S)



Obr. 6 - Válcový laser

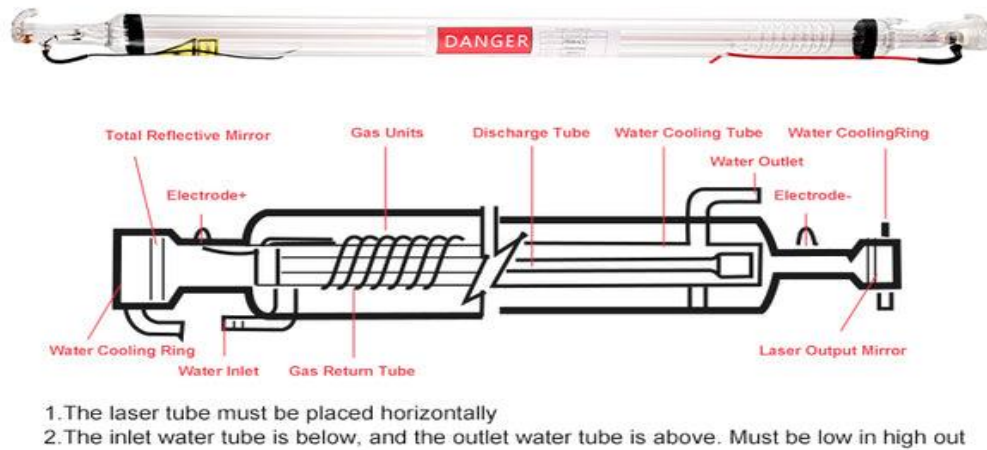
Obr. 7 – Princip galvo laser



2. Podle typu laseru:

Plynový:

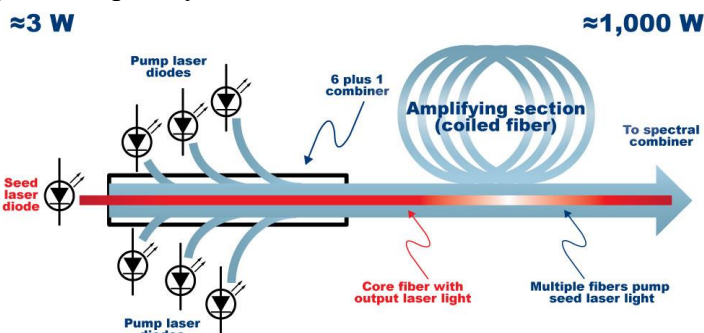
Je to nejstarší typ laseru, který má plyn jako aktivní médium, přemění elektrickou energii na světelnou pomocí trubičky, naplněné směsí plynu. Elektrický náboj se vybije pomocí plynu a vytvoří koherentní světlo. Nejčastěji se používá CO₂, protože je efektivní, tvoří nejsilnější laser s kontinuálními vlnami a na rozdíl od CO není toxický.



Obr.8 Konstrukce CO₂ laserové trubičky

Vláknový/Infračervený:

Typ laseru, který má optická vlákna jako aktivní médium. Světelná energie od laserové diody se ukládá v optickém vlákně, které je nasměrováno a pomocí řídicího laseru se propouští do pracovní plochy.

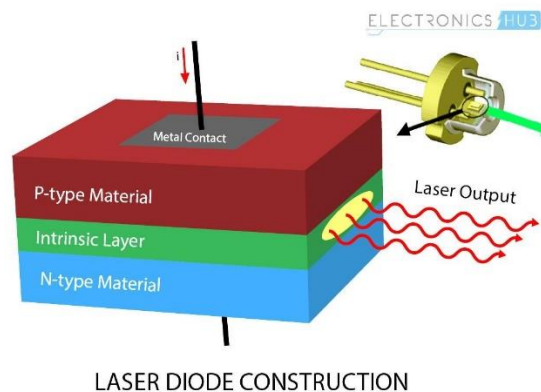


Obr. 9 Princip vláknového laseru

Diodový:

Typ laseru, který má PIN přechodu jako aktivní médium. Světelná energie je vytvořena tak, že v přechodu PIN při rekombinaci elektronů a díry. Elektrony z vyššího pásma energií se posunou na nižší pásmo a uvolňují při tom fotony (spontánní emise).

Když spontánní emise pokračuje dál a generuje světlo, které je monochromatické a koherentní a má stejnou fázi, vzniká stimulovaná emise.



Obr. 10 - Princip laserové diody

Bezpečnost

Při práci s laserem a laserovým gravírovacím strojem vždycky dejte pozor na Vaše zdraví a zdraví ostatních. Buďte opatrní, kam směřuje laser. Noste ochranné brýle proti laserům (hlavně u CO2, protože laserový paprsek není viditelný. Pracuje s IF vlnovou délkou). Gravírujte v odvětraném prostoru a buďte přítomni u stroje. Dávejte pozor, které materiály se dají gravírovat a které nikoli (např: gravírováním PVC se uvolní toxický plyn).

3. Kritéria a výběr laseru

Typ gravírovacího stroje a laseru zvolím tak, aby celá výroba stroje byla levnější než stroje na trhu. Musí být přenosný a vhodný pro menší prostory, pracovat s různými materiály a objekty, které mají větší výšku než standardní překližka (rám na obrázku, peněženka atd), musí umět automaticky změřit výšku pracovní plochy a součástky se dají sehnat v tuzemsku.

Vybral jsem diodový laser, přesněji Creality 5W laser modul, protože má dobrý poměr ceny na výkonu, umí pracovat s různými materiály a je dostupný k zakoupení v [Alze](#).

Spot Size	0.06mm
Engraving Depth	0~3mm
Cutting Thickness	0~5mm
Laser Wavelength	455±5nm
Optical Power	5W
Engraving Precision	254 dpi
Engraving Speed	Max. 10000 mm/min
Engraving Area	400 mm * 415 mm

Light Source	Semiconductor Laser
Input Voltage	100~240V; 50~60 Hz
Output Voltage	DC24 V; 3.0 A
Slicing File Format	.gcode
Support OS	Windows; MacOS
Slicing Software	Creality Laser; LightBurn; LaserGRBL
Applicable Material	Cardboard, Wood, Bamboo Clappers, Rubber plate, Leather, Fabric, Acrylic, Plastic, Metal

Obr. 11 – Tabulka základních parametrů

4. Mechanické části

Velikost pracovní plochy – jelikož pracovní plocha není přímou součástí gravírky, její velikost není relevantní a dá se zvolit pouze na základě dostupného prostoru.

Nejdůležitější zde je vybrat druh pohybu, který bude můj gravírovací stroj používat. Pro tento projekt jsem vybral variantu, která je nejpoužívanější a nejjednodušší na konstrukci. Tím je pohyb na osách X - Y, pracovní plocha je stacionární a po těchto osách se pohybuje laserový modul, který má ale přednastavenou výšku na ose Z.

Poté je důležité vybrat, se kterým s pohybovým systémem budu pracovat (to je jak poháním laserový modul a na jakém typu lineárního vedení bude).

Existují 2 základní druhy pohánění a 3 druhy vedení.

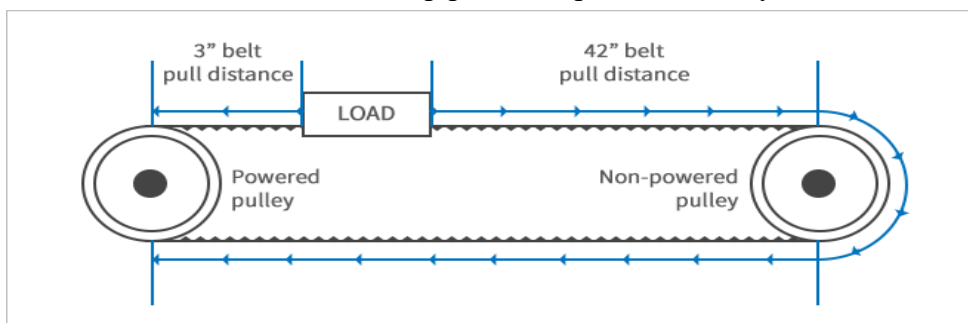
4.1 Druhy pohánění

1. Pohánění pomocí řemene

Výhody – lepší na delší vzdálenosti, vyšší lineární rychlosti, menší otáčky/vzdálenost

Nevýhody – vyšší provozní cena, menší přesnost, potřebuje vyšší točivý moment, musí zkontrolovat, zda je řemen utáhnutý, potřebuje víc údržby

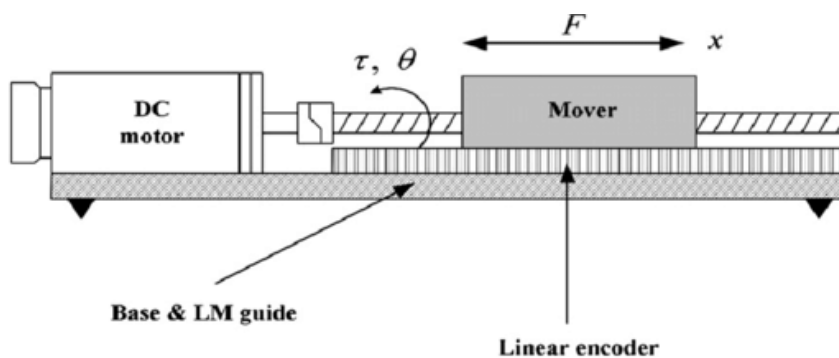
Obr. 12 - Princip pohánění pomocí řemenu



2. Pohánění pomocí trapézové tyče

Výhody – levnější provozní cena, vyšší přesnost, potřebuje méně údržby

Nevýhody – Není vhodný na vyšší vzdálenosti, méně zatížitelnosti, menší rychlosti



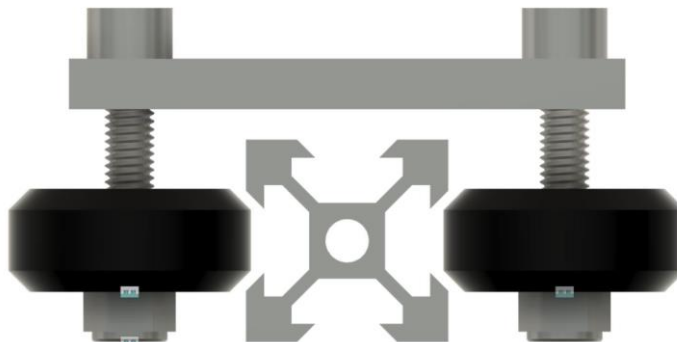
Obr. 13 - Princip pohánění pomocí trapézové tyče

4.2 Druhy lineárního vedení

1. Kolečko na v-slotu

Výhody – levný, pevnější a tužší, vhodný pro větší vzdálenosti

Nevýhody – menší životnost, potřebuje větší údržbu, povrch, na kterém jezdí vozík, nemusí být hladký

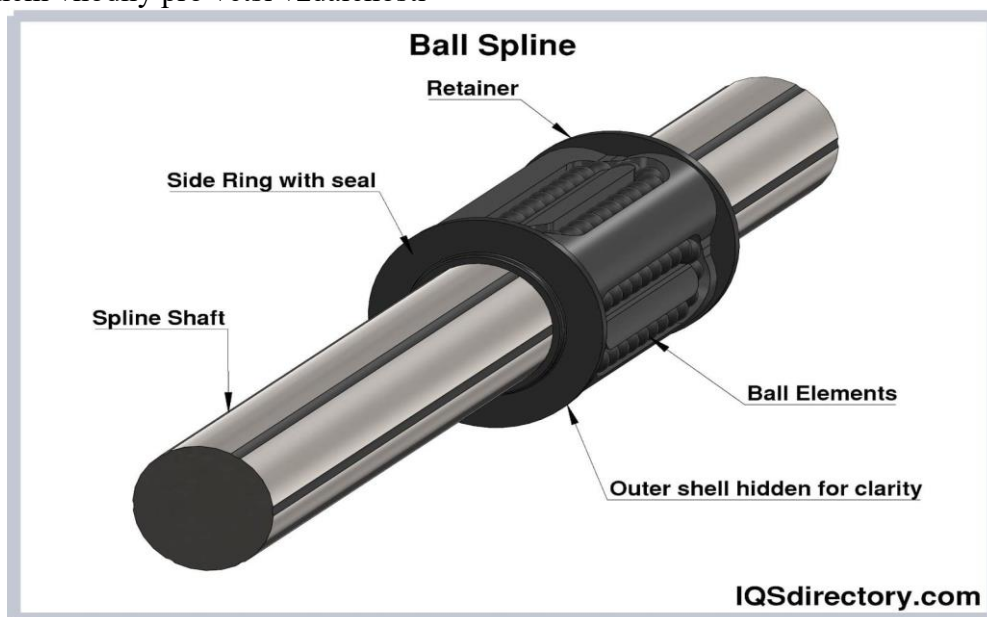


Obr. 14 - Diagram kolečka a v-slotu

2. Lineární tyč a ložisko

Výhody – nízká cena, delší životnost oproti kolečku na v-slotu

Nevýhody – není vhodný pro větší vzdálenosti

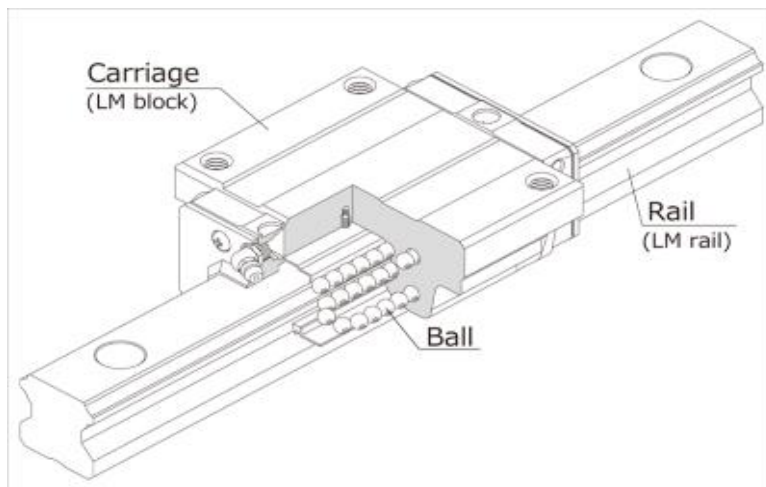


Obr. 15 - Diagram lineárního tyče a ložiska

3. Lineární vedení

Výhody – nejpřesnější, tužší, tišší než odstátní typy

Nevýhody – velmi vysoká cena



Obr. 16 - Diagram lineárního vedení

V mém projektu jsem použil:

1. pro osy X a Y jsem použil řemeny kvůli vyšší rychlosti, větší zatížitelnosti
2. pro osy Z jsem použil trapézovou tyč, protože zaručuje přesnost a nepožaduje až tak velkou rychlost jako u os X a Y
3. lineární tyč a ložisko jako lineární vedení – protože není za potřebí velká pracovní plocha a je výrazně levnější než její alternativa

4.3 Konstrukce

Konstrukce se skládá z koupených dílů a z vytištěných dílů z mé 3D tiskárny.

Pro navrhování částí strojů jsem používal program VariCAD.

Velikost pracovní plochy bude 300 mm x 235 mm.

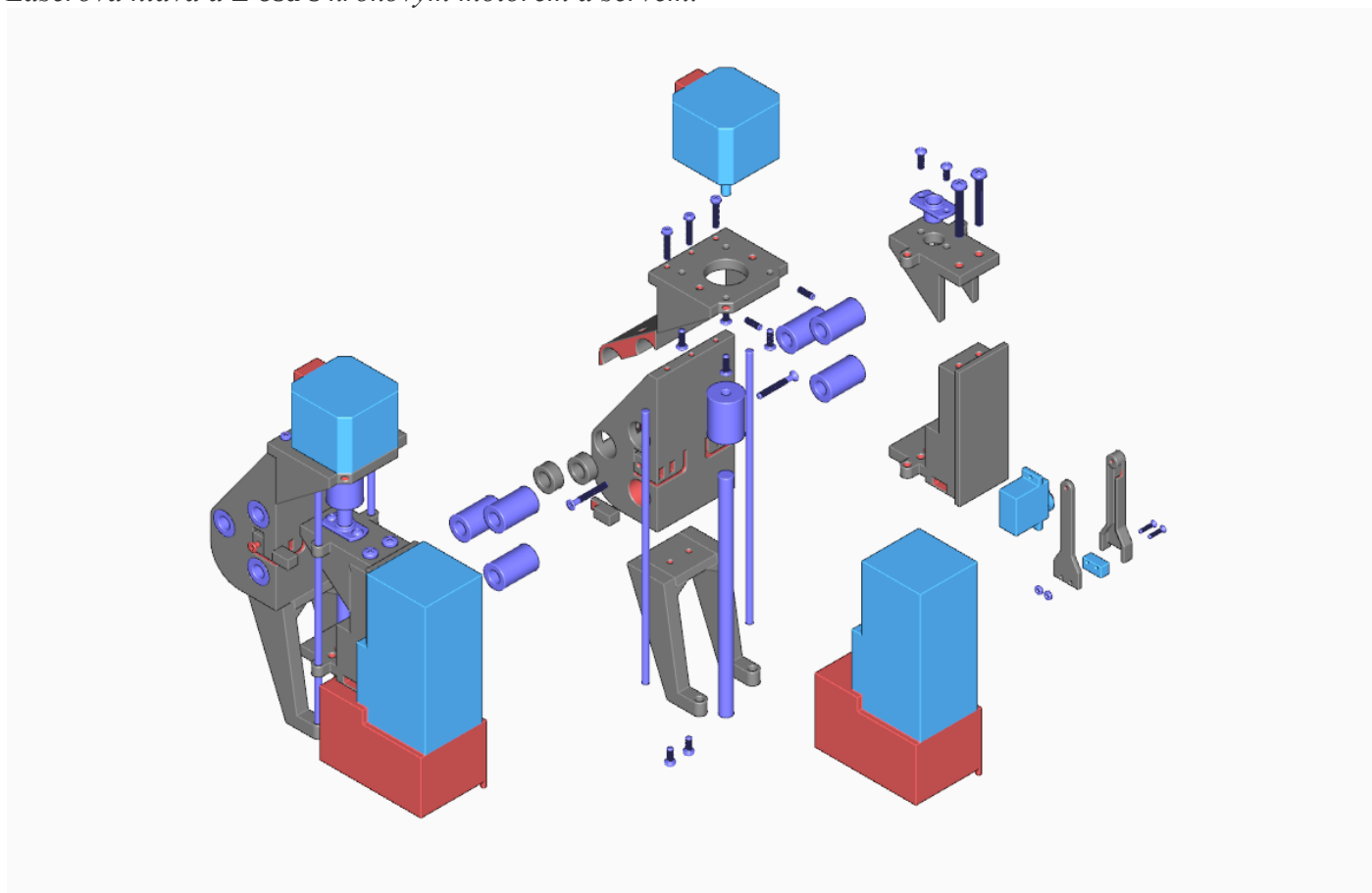
VariCAD je český program pro technické nákresy, mechanické součástky nebo díly v 2D a 3D.

Vytištěné díly jsou z PLA od různých výrobců a jsou vytištěny pomocí Ender 3V2.

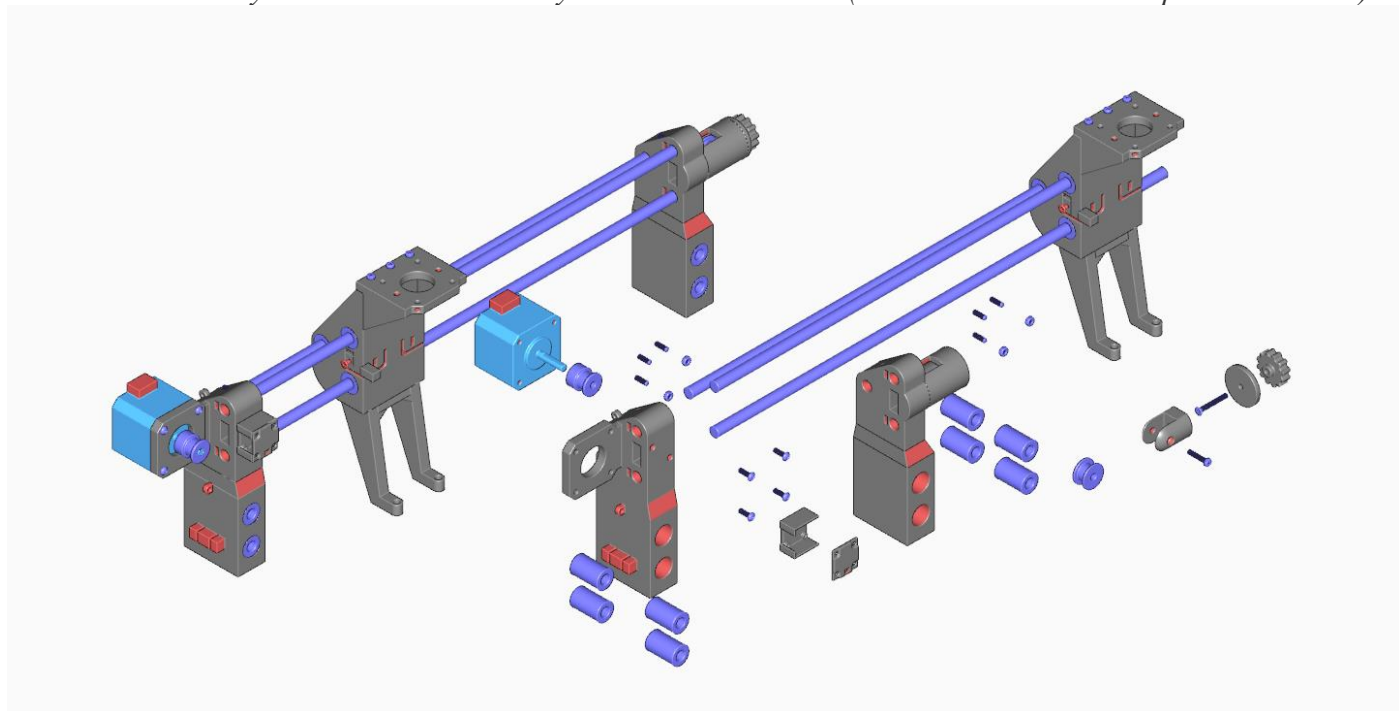
PLA neboli polylactic acid je nejpoužívanější materiál na 3D tisk, je přírodně odbouratelná a lehká na použití (vhodná pro začátečníky na 3D tisk, každá 3D tiskárna zvládne tisknout PLA). Má dostatečnou pevnost na většinu aplikací, ale není tak pevný jako PETG a ABS. Má menší teplotní odpor než PETG a ABS.

Ender 3V2 je budget 3D tiskárna. Zvládne tisknout PLA, PETG, ABS (musí být v uzavřeném prostoru) a další materiály. Má trysku, která zvládne 260 C a heatbed 100 C.

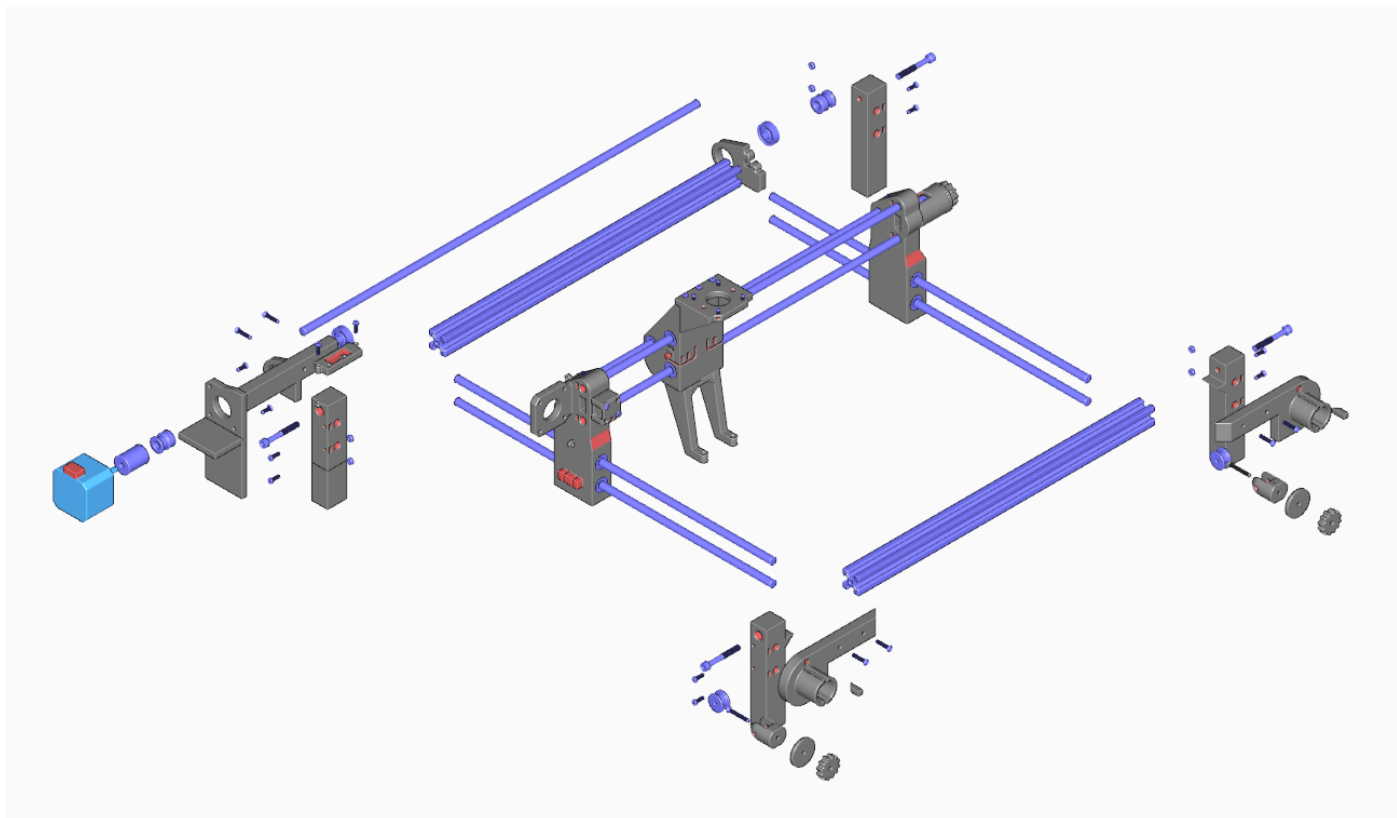
Navrhování a konstrukce strojů ve VariCADu (modrá tělesa: elektronika, šedá: tisk z 3D tiskárny, fialová: koupené součástky)
Laserová hlava a Z osa s krokovým motorem a servem.



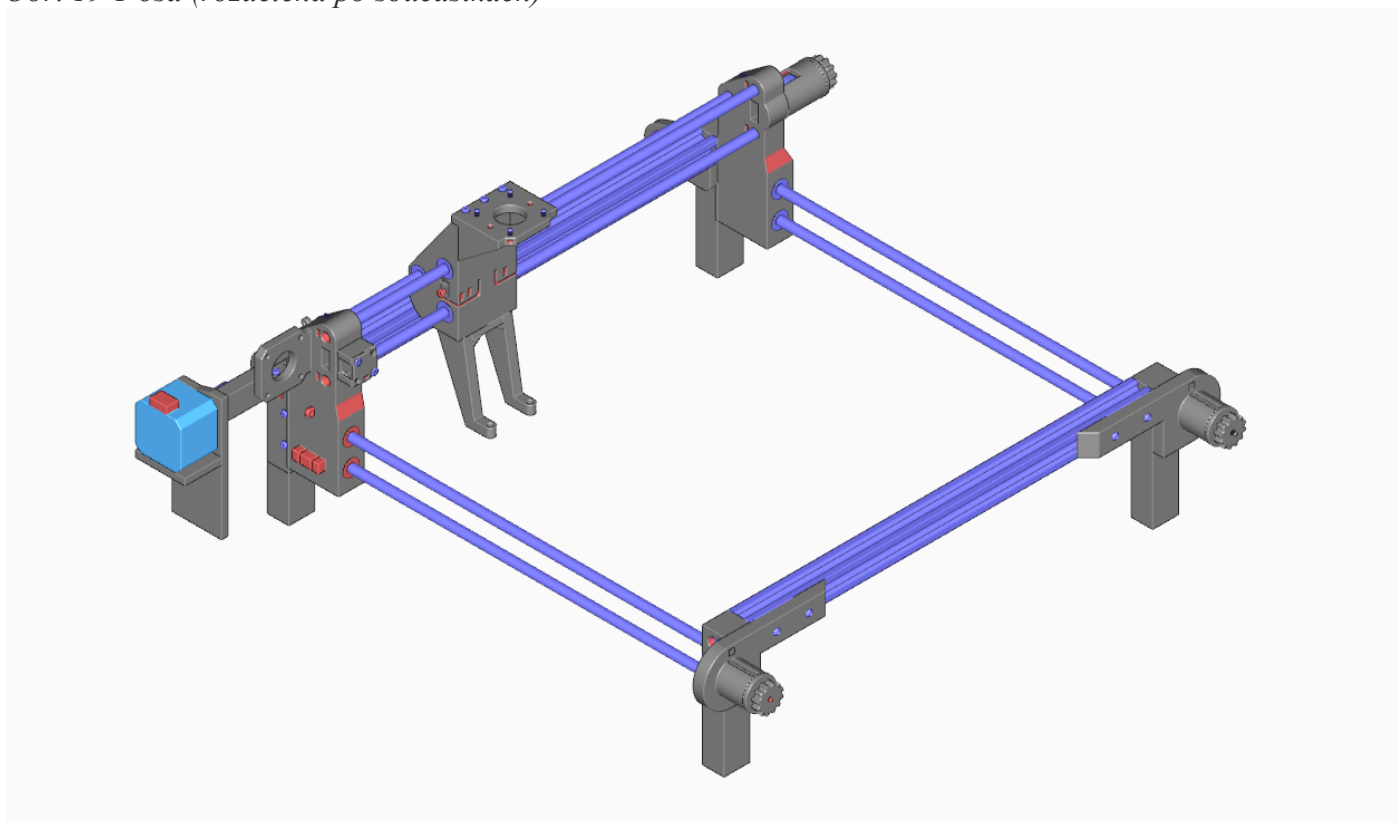
Obr. – 17: Laserový vozík a Z osa s krokovým motorem a servem (montované a rozdělené po součástkách)



Obr. – 18: X osa (montovaná a rozdělená po součástkách)



Obr. 19 Y osa (rozdělená po součástkách)



Obr. 20 Y osa (montovaná)

Tab. 1 Seznam mechanických součástí a jejich nákupní ceny

	název součástky	počet/ks	Cena ks/Kč	za Celková/K č
Osa-z+laserový vůz	ložisko LM8UU	6	28	168
	vodicí tyč průměr 4 mm/165 mm	2	8.25	16.5
	spojka 5 mm/8 mm	1	38	38
	trapézová tyč průměr 8 mm/200 mm	1	179	179
	trapézová matice M8	1	49	49
	šrouby, matice, z.vložky atd.	1	cca 40	40
	Celkem	490.5		
Osa-x	řemen gt2 2m	1	98	98
	vodicí tyč průměr 8 mm/400 mm	2	93	186
	vodicí tyč průměr 8 mm/500mm	1	124	124
	ložisko LM8UU	4	22	88
	kladka 20 zubů	1	41	41
	řemenice 20 zubů	1	35	35
	ložisko LM8UU	4	28	112
	šrouby, matice, z.vložky atd.	1	cca 50	50
	Celkem	734		
Osa-y	řemen gt2 1m	2	59	118
	vodicí tyč průměr 8 mm/400 mm	2	145	290
	vodicí tyč průměr 8 mm/400 mm	2	99	198
	kladka 20 zubů	2	55	110
	koncovky řemenu 2ks	2	59	118
	vodicí tyč 8 mm/500 mm	1	109	109
	V-profil	2	186.5	373
	ložisko 608 RS	2	28	56
	spojka 5 mm/8 mm	1	38	38
	řemenice 20 zubů	2	38	76
	šrouby, matice, z.vložky atd.	1	cca 70	70
	Celkem	1556		
Filament		2	529	1058
Celkem		3838.5		

5. Elektronická část

5.1 Řídicí jednotka

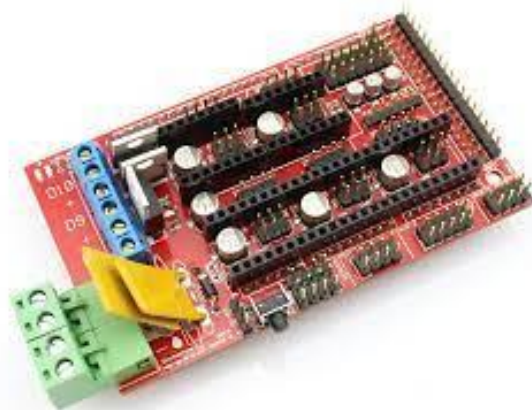
Budu používat Arduino mega (klon) společně s RAMPS 1.4 shield. Je to jedna z nejpopulárnějších řídicích jednotek pro domácí 3D tiskárny, CNC a gravírovací stroje.

Arduino: Mikropočítač založen na mikrokontrolerech Atmega, do kterého je možné připojit řadu I/O periférií a naprogramovat ho tak, aby splnil požadované úkony.

Shield: Rozšiřující modul, který se dá připojit nad Arduino.



Obr. 21 - Arduino Mega – klon

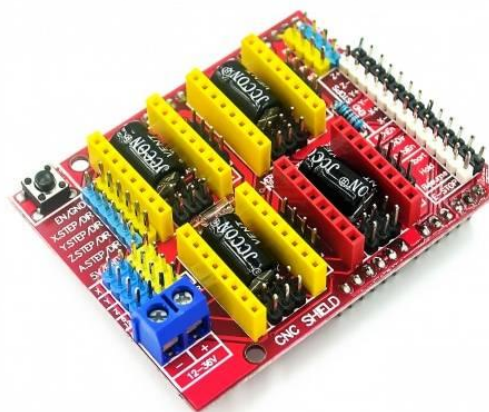


Obr. 22 - RAMPS 1.4

Existuje i CNC shield pro Arduino UNO, který jsem také zvažoval, ale podporuje mnohem méně periférií než RAMPS 1.4 a zároveň má Arduino Mega větší paměť než Arduino Uno.



Obr. 23 - Arduino Uno



Obr. 24 - CNC Shield

Piny, vstupy a výstupy RAMPS 1.4:

Prostor pro drivery krokových motorů a výstupy krokových motorů:

Na RAMPS 1.4 je možné používat krokové motory a drivery krokových motorů na osy X, Y, Z, Extruder 0 a Extruder 1 pro 3D tiskárny (tzn. že je možné používat 2 trysky na jednu tiskárnu).

Výstup na PWM signály:

RAMPS 1.4 má 5 výstupů pro PWM zařízení (např. servomotor, laser v módu M3/M5), které může být napájeno 5 V z Arduina nebo přímo ze zdroje.

Výstup výkonnější součástky:

Zde se připojí ohříváč trysky, ohříváč podložky, ventilátory, součástky s vyšším proudovým odběrem. Jsou připojeny na tranzistor STP55NF06, který nepropouští veškeré napětí při ovládacím napětí 5V. Může docházet k přehřátí při odběru většího proudu. Poté je doporučeno ho vyměnit za jiný tranzistor se stejným pouzdem, který se ale úplně otevírá při 5 V. V případě mého projektu by tento problém však neměl nastat.

Vstupy pro endstopy:

Zde se připojí koncové spínače, je možné tam připojit buď maximální, nebo minimální koncové spínače, záleží na konfiguraci. Jsou pro určení počátečních podmínek.

Vstupy pro termistoru:

Jsou určeny pro termistory měřící teploty trysky a podložky.

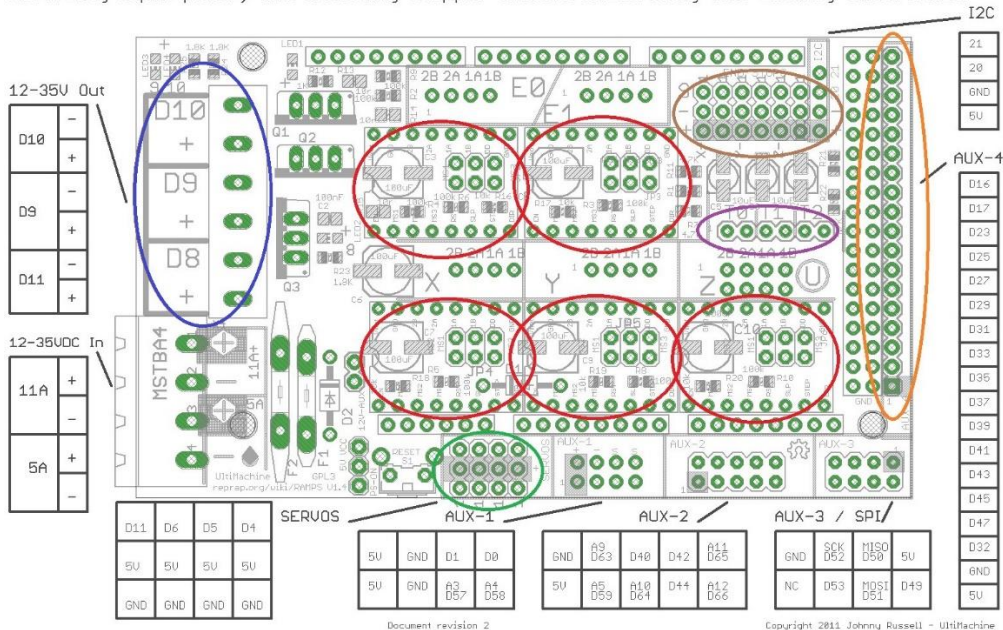
Výstupy pro adaptér na displeji:

Zde se připojí displej, který podporuje EXP1 a EXP2. Pro displej EXP3 je nutné přepínat hardwarově.

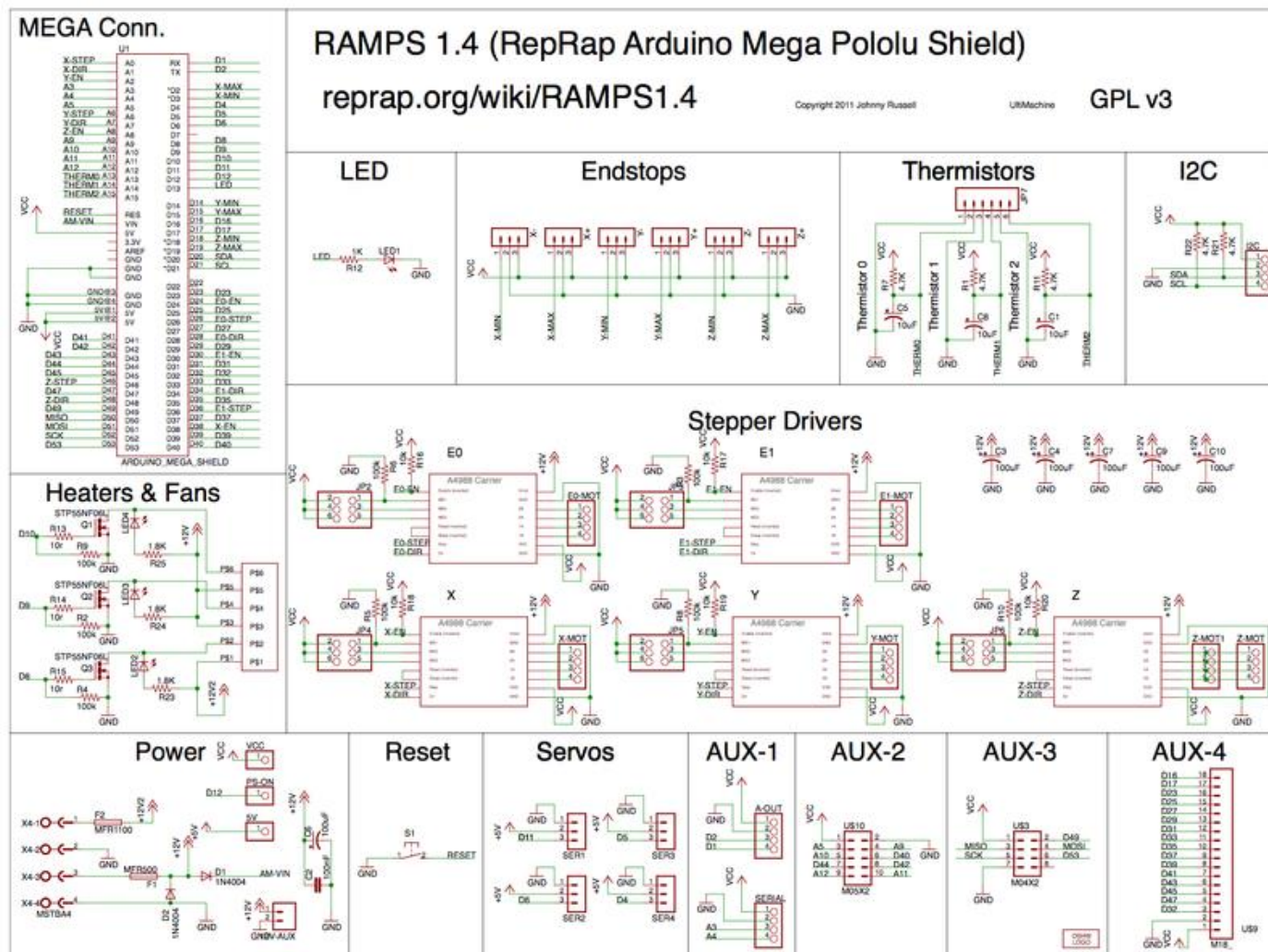
RAMPS 1.4 (RepRap Arduino MEGA Pololu Shield)
reprap.org/wiki/RAMPS1.4

GPL v3

Reversing input power, and inserting stepper drivers incorrectly will destroy electronics.



Obr. 25 - Pin map RAMPS 1.4



Obr. 26 – Schéma RAMPS 1.4

5.2 Zdroj a úpravy

Protože laserový modul je kompatibilní na 24 V, je potřeba zkontolovat, jestli u všech součástek (Arduino Mega a RAMPS 1.4) nemůže docházet k přepětí.

1. U Arduino Mega musím vyměnit napěťový stabilizátor (AMS 1117) za napěťový stabilizátor L7805CV.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Min.	Max.	Unit
V_{IN}		18	V
$(V_{IN} - V_{OUT}) * I_{OUT}$		See Figure 3	
Operating Junction Temperature Range	-20	125	°C
Storage Temperature Range	-65	150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)		300	°C

Obr. 27 - Maximální vstupní napětí pro AMS 1117 z datasheet

Table 2. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter		Value	Unit
V _I	DC Input voltage	for V _O = 5 to 18 V	35	V
		for V _O = 20, 24 V	40	
I _O	Output current		Internally Limited	
P _D	Power dissipation		Internally Limited	
T _{STG}	Storage temperature range		-65 to 150	°C
T _{OP}	Operating junction temperature range	for L7800	-55 to 150	°C
		for L7800C	0 to 150	

Obr. 28 - Maximální vstupní napětí pro L7805CV z datasheetu



Obr. 29 – napěťový stabilizátor AMS 1117

Obr. 30 - Elek. kondenzátory na Ard. Mega

2. Další věc, kterou je potřeba zkontrolovat, jsou elektrolytické kondenzátory na Arduino, jestli jejich maximální napětí není menší než 24 V. Pokud ano, je nutné je vyměnit (obr. 29).
3. Další kontrola se bude týkat vratné pojistky na RAMPs desku. Velká pojistka je určená pro 16 V a je nutné ji vyměnit za pojistku, která vydrží 24 V. Používal jsem miniautopojistku, kterou jsem koupil v [GME](#). Vydrží na 32 V a 10 A. K tomu jsem koupil faston 2.8 konektor pro mini autopojistky.

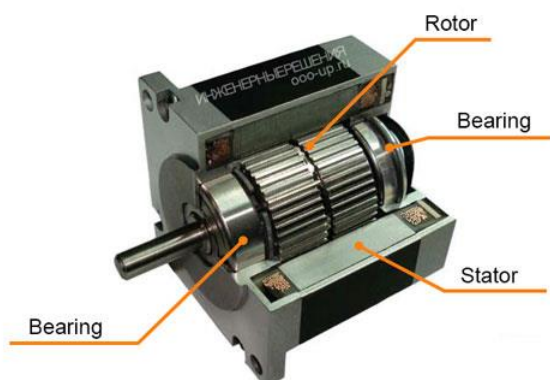
Zdroj bude 200 W (24 V) stejnosměrný spínaný zdroj, na vstupu bude 230 V AC napětí, který má ochranu přetížení, přepětí, přehřátí, zkrat.

5.3 Krokové motory a drivery pro krokové motory

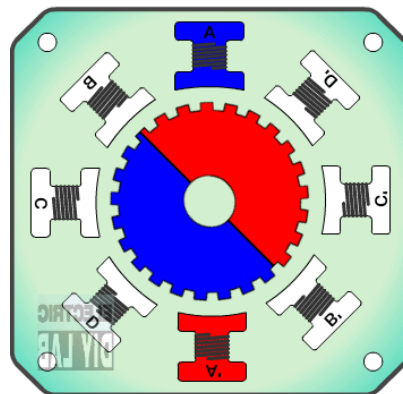
5.3.1 Krokový motor:

Krokový motor je synchronní stroj, většinou napájený impulsy stejnosměrného proudu. Magnetické pole je generováno postupným napájením jednotlivých pólových dvojic.

Obr. 31 - Konstrukce krokového motoru



Obr.32 – Princip krokového motoru



Vybral jsem krokové motory 42HD4027-01 na webové stránce dratek.cz. Mají dobré parametry (jsou bipolární, mají dostatek točivého momentu, malý počet kroků (vhodný pro babystepping), a má dobrou cenu).

Parametry 42HD4027-01:

Počet fází - 2

Krok 1,8 – 200 kroků na 1 otáčku

Jmenovitý proud – 1,5 A

Statický moment – 0,4 Nm

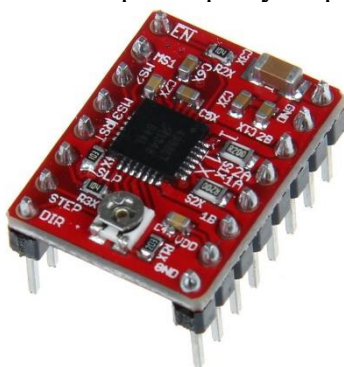
Jmenovitý odpor – 2,2 Ω

Jmenovitý výkon – $I^2 \cdot R \cdot \text{počet fáze} = 1,5^2 \text{ A} \cdot 2,2 \Omega \cdot 2 = 10 \text{ W}$

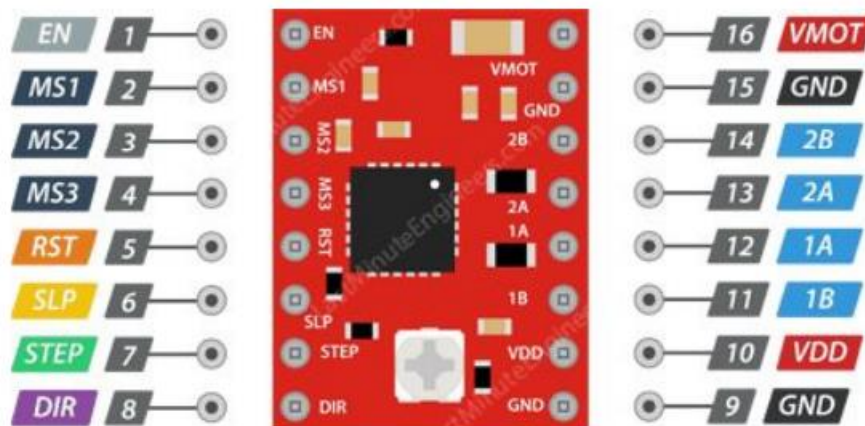
5.3.2 Driver:

Drivery pro krokový motor:

To je obvod, který je určen pro ovládání krokového motoru. Pomocí signálu do pinu DIR určuje směr otáčení. Aby se motor otáčel, tak mikrokontrolér posílá pulzy do pinu STEP.

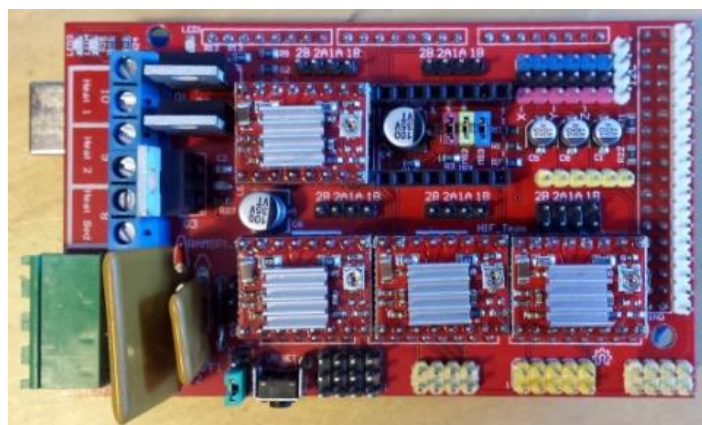


Obr. 33 - Driver krokového motoru A4988



Obr.34 - Diagram pinů z A4988

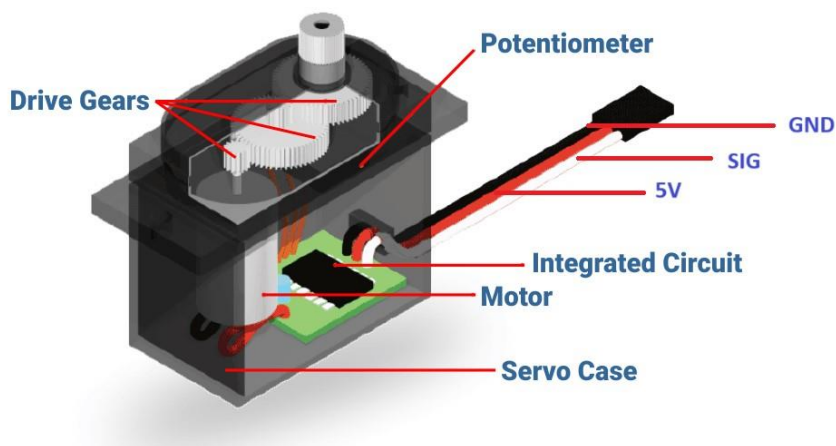
Vybral jsem driver A4988, velice populární driver pro bastlení kvůli ceně. Je možné tam nastavit proud do krokového motoru pomocí trimru. Napájení motoru je 8-35 V a napájení čipu je 3-5,5 V. Vydrží až do 2A spíčkového proudu a je možné tam nastavit babystepping pomocí pinů MS1, MS2 a MS3. ([datasheet](#)) Existuje mnoho dalších driverů: např. DRV 8825, Toshiba TB67S109, řady TMC 22xx a TMC 21xx, který je tichý a zvládne vyšší spíčkový proud, ale A4988 zvládne 90% toho, co ty dražší drivery.



Obr. 35 – Správně instalovaný A4988 na RAMPS 1.4

5.4 Servo

Servo neboli servo motor je typ elektromotoru, který určuje úhel otáčení podle napětí na signálový pin. Má silný točivý moment oproti jeho velikosti díky jeho převodům. Servo pozná, který úhel je aktuální pomocí potenciometru.



Obr. 36 - Konstrukce serva

Vybral jsme mikroservo SG90 s plastovým převodem. Je schopné se otáčet 180° s točivým momentem až 1,2 kg. Napájecí napětí je 3-6 V.

5.5 Koncové spínače

To je spínací obvod, při doteku se aktivuje a naopak.

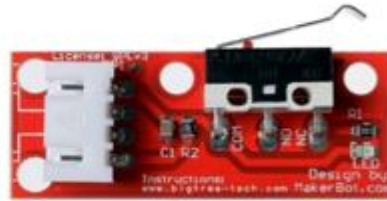
Použil jsem 3 druhy spínacích obvodů:

1. Simple - Nejjednodušší typ koncového spínače, skládá se z mikrospínače a 2 drátků, které jsou připojeny na – a S piny na RAMPS desky.
2. RAMPS based - je koncový spínač od RAMPS tiskárny – je připojený na +,- a S na RAMPS desky
3. Ender 3 - je koncový spínač od tiskárny Ender 3 , je také připojený na – a S piny na RAMPS desky

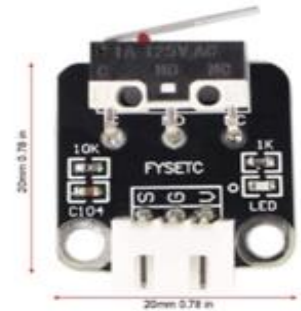
Common Designs and Form Factors



Simple
(Reprap, Anet A8,
Prusa)



Makerbot Design
(Ramps based, Prusa)



Makerbot Design
(Ender3, CR10)

1)

2)

3)

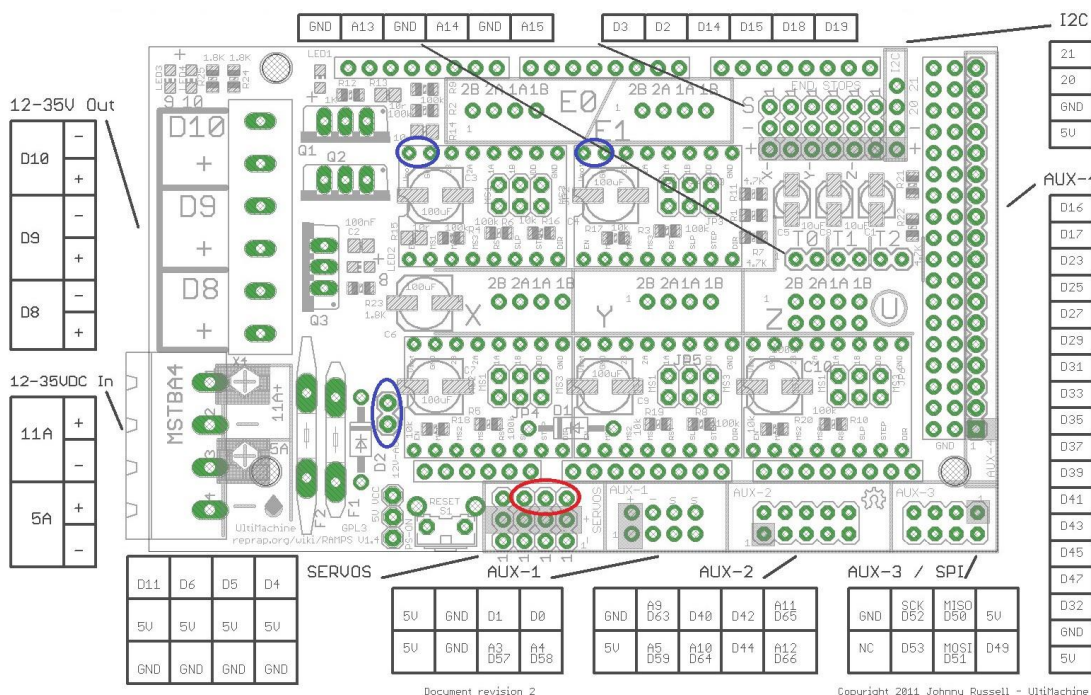
Obr. 37 - Druhy kovových spínačů

5.6 Připojení laseru

Laser se připojí tak, že využijeme volné napájené piny pro drivery krokových motorů a připojíme tam napájení laseru (obr. 37 modře označené) a TTL se připojí do pinu 6 (nebo na ostatní PWM piny) na RAMPS desku (obr. 37 červeně označené).

5.7 Připojení ventilátoru chladicí desky

Ventilátor musí pracovat na 24 V a může být připojen na napájené piny pro drivery krokového motoru nebo do místa, které je určeno pro ventilátor. (Obr. 37 modře označené).



Obr. 38 – Pin map pro RAMPS 1.4(2)

Tab. 2: Seznam elektrických součástek

	název součástky	počet/ks	cena ks/Kč	za celková/K č
laserový vůz + osa z	laser	1	2449	2449
	krokový motor	1	279	279
	servo	1	95	95
	mikrospínač	1	11	11
	kabel pro krokový motor 1m	1	28	28
	kabel pro servomotor 1m	1	48	48
	Drobné kabely a konektory	1	10	10
	Celkem	2920		
Osa-x	krokový motor	1	279	279
	koncový spínač	1	45	45
	Celkem	324		
Osa-y	krokový motor	1	279	279
	koncový spínač	1	45	45
	Celkem	324		
Základní deska	Arduino	1	468	468
	RAMPS 1.4	1	168	168
	drobné součástky na opravu na 24 V	1	cca 60	60
	A4988	3	58	174
	ventilátory	1	54	54
	Celkem	924		
Zdroj	zdroj	1	366	366
	ventilátory	2	54	108
	Drobné kabely a konektory	1	cca 40	40
	Celkem	514		
Celkem		4682		

6. Programovací část a potřebné programy (Lightburn Pronterface

Software, který budeme používat, je náš modifikovaný **Marlin** (Marlin bugfix 2.0). Marlin je open-source software, který je podobný operačnímu systému, který používá mnoho 3D tiskáren, CNC strojů a laserových gravírovacích strojů. Je také jeden z nejjednodušších softwarů a nepotřebuje žádné extra kusy hardware (např. Extra počítač nebo Raspberry pi).

Link pro Marlin software: <https://marlinfw.org/meta/download>

6.1 Je ho možné používat:

Pro ovládání stroje s Marlin (a s dalšími softwary) používáme **G-code**. G-code je typ strojového kódu neboli příkazy, které jsou předdefinovány a přikazují stroji, co má dělat, kam se má strojová hlava pohybovat, jaký je výstup strojové hlavy (např. rychlost otáčení CNC hlavy nebo intenzita laseru, kolik extrudovat filament) atd. Marlin podle G-code příkazů ovládá elektroniku v našem stroji. I když je G-code předdefinovaný, je možné vytvořit vlastní příkazy. G-code se dá jednoduše vygenerovat za pomoci programů, např.: Prusa slicer (3D), Ultimaker Cura(3D), LaserGRBL(laser), nebo Lightburn (laser) pro naše stroje.

G-Code words			
G0	Rapid Linear Motion	G59.2	Select Coordinate System 8
G1	Linear Motion at Feed Rate	G59.3	Select Coordinate System 9
G2	Arc at Feed Rate	G80	Cancel Modal Motion
G3	Arc at Feed Rate	G81	Canned Cycles – drilling
G4	Dwell	G82	Canned Cycles – drilling with dwell
G10	Set Coordinate System Data	G83	Canned Cycles – peck drilling
G17	X-Y Plane Selection	G85	Canned Cycles – boring,no dwell, feed out
G18	Z-X Plane Selection	G86	Canned Cycles – boring, spindle stop, rapid out
G19	Y-Z Plane Selection	G88	Canned Cycles – boring, spindle stop, manual out
G20	Length Unit inches	G89	Canned Cycles – boring, dwell, feed out
G21	Length Unit millimeters	G90	Set Distance Mode Absolute
G28	Return to Home	G91	Set Distance Mode Incremental
G30	Return to Home	G92	Coordinate System Offsets
G53	Move in Absolut Coordinates	G92.1	Coordinate System Offsets
G54	Select Coordinate System 1	G92.2	Coordinate System Offsets
G55	Select Coordinate System 2	G92.3	Coordinate System Offsets
G56	Select Coordinate System 3	G93	Set Feed Rate Mode units/minutes
G57	Select Coordinate System 4	G94	Set Feed Rate Mode inverse time
G58	Select Coordinate System 5	G98	Set Canned Cycle Return Level
G59	Select Coordinate System 6	G99	Set Canned Cycle Return Level
G59.1	Select Coordinate System 7		

Obr. 39 Tabulka příkladů G-code

Pro nahrávání neboli flash software do Aduina, je potřeba používat Arduino IDE (doporučuji verze 1.8.9) nebo **Visual Studio Code** (doporučuji proto, že je mnohem rychlejší než Arduino IDE), **ne Visual Studio**. Po VS code je potřeba stáhnout **PlatformIO IDE** a **Auto Build Marlin** rozšíření. Po stažení PlatformIO a Auto Build Marlin můžeme začít editovat náš software.

6.2 Editovat Marlin v VS codu

První soubor, který budeme editovat je v Marlin/Configuration.h

1. Zkontrolovat nadefinovanou desku, jestli používáme kteroukoli verzi RAMPS_1.4, který už je předdefinovaný.

```
89  #ifndef MOTHERBOARD
90  |  #define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_14_EFB
91  #endif
```

2. Definujeme, jaký typ sériového portu chceme a s jakou rychlostí (BAUDRATE). Mně vyhovuje sériový port 0 – připojení na USB kabel a s baudrate 115200

```
101  #define SERIAL_PORT 0
102
103  /**
104   * Serial Port Baud Rate
105   * This is the default communication speed for all serial ports.
106   * Set the baud rate defaults for additional serial ports below.
107   *
108   * 250000 works in most cases, but you might try a lower speed if
109   * you commonly experience drop-outs during host printing.
110   * You may try up to 1000000 to speed up SD file transfer.
111   *
112   * :[2400, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 250000, 500000, 1000000]
113   */
114  #define BAUDRATE 250000
115  //#define BAUD_RATE_GCODE // Enable G-code M575 to set the baud rate
```

3. Definujeme, jaké krokové drivery budeme používat a na jaké ose jsou. Použiji na všech osách A4988. Nepoužívám extruder, takže některé předdefinované části můžeme zakomentovat.

```
159  #define X_DRIVER_TYPE  A4988
160  #define Y_DRIVER_TYPE  A4988
161  #define Z_DRIVER_TYPE  A4988
162  //#define X2_DRIVER_TYPE A4988
163  //#define Y2_DRIVER_TYPE A4988
164  //#define Z2_DRIVER_TYPE A4988
165  //#define Z3_DRIVER_TYPE A4988
166  //#define Z4_DRIVER_TYPE A4988
167  //#define I_DRIVER_TYPE  A4988
168  //#define J_DRIVER_TYPE  A4988
169  //#define K_DRIVER_TYPE  A4988
170  //#define E0_DRIVER_TYPE A4988
```

4. Definujeme, které koncové spínače používáme (bud' maximum, nebo minimum).

```
972  // Specify here all the endstop connectors that are connected to any endstop or probe.
973  // Almost all printers will be using one per axis. Probes will use one or more of the
974  // extra connectors. Leave undefined any used for non-endstop and non-probe purposes.
975  #define USE_XMIN_PLUG
976  #define USE_YMIN_PLUG
977  #define USE_ZMIN_PLUG
```

5. Definujeme logiku koncových spínačů na **false** nebo **true**. Záleží na zapojení spínače. Já jsem ho zapojil tak, že všechny spínače jsou na NO (Normal Open), a proto jsem definoval logiku jako **true**. Pro zkontrolování stavu spínače jsem používal Pronterface s G-code příkaz M119.

```
1027 #define X_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // Set to true to invert the logic of the endstop.
1028 #define Y_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // Set to true to invert the logic of the endstop.
1029 #define Z_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // Set to true to invert the logic of the endstop.
```

6. Definujeme, že chceme automatické kalibrování osy Z pomocí senzoru (odkomentovat **#define USE_PROBE_FOR_Z_HOMING**).

```
1190 #define Z_MIN_PROBE_USES_Z_MIN_ENDSTOP_PIN
1191
1192 // Force the use of the probe for Z-axis homing
1193 #define USE_PROBE_FOR_Z_HOMING
```

7. Definujeme, že senzor bude servo připojené na pin 11 (označeno jako konektor 0) a při aktivaci sensoru se servo otáčí na stupeň 180 a po aktivaci se vrací na stupeň 0. Pro kontrolování úhlu je možné použít Pronterface pomocí příkazů M401 a M402 .

```
1241 #define Z_PROBE_SERVO_NR 0 // Defaults to SERVO 0 connector.
1242 #define Z_SERVO_ANGLES { 180, 0 } // Z Servo Deploy and Stow angles
```

8. Definujeme offset od senzoru k laseru

```
1368 *      +-- BACK ---+
1369 *      |      [+]      |
1370 *      L |      1      | R <-- Example "1" (right+, back+)
1371 *      E |      2      | I <-- Example "2" ( left-, back+)
1372 *      F |[-] N  [+] | G <-- Nozzle
1373 *      T |      3      | H <-- Example "3" (right+, front-)
1374 *      |      4      | T <-- Example "4" ( left-, front-)
1375 *      |      [-]      |
1376 *      O-- FRONT --+
1377 */
1378 #define NOZZLE_TO_PROBE_OFFSET { 10, 10, 0 }
```

9. Definujeme směr krokových motorů. Pro ovládání jednotlivých os lze použít Pronterface.

```
1528 // Invert the stepper direction. Change (or reverse the motor connector) if an axis goes the wrong way.
1529 #define INVERT_X_DIR false
1530 #define INVERT_Y_DIR true
1531 #define INVERT_Z_DIR false
```

10. Nastavení velikosti pracovní plochy.

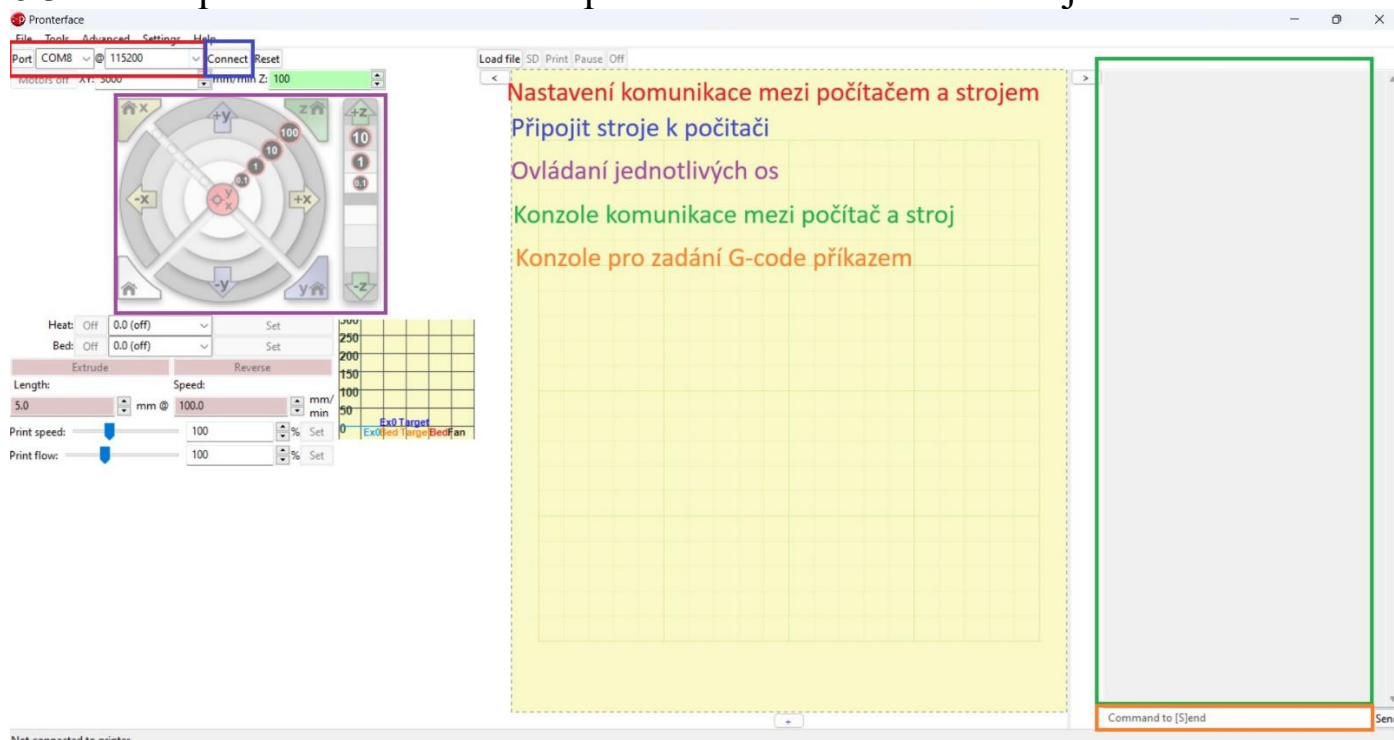
```
1576 // The size of the printable area
1577 #define X_BED_SIZE 300
1578 #define Y_BED_SIZE 235
```

11. Je potřeba přejít na soubor Marlin/Configuration_adv.h a odkomentovat **#define LASER_FEATURE**, aby stroj gravíroval s příkazem M3/M5 přes pin 6 PWM.

```
3470 #define LASER_FEATURE
3471 #if EITHER(SPINDLE_FEATURE, LASER_FEATURE)
3472 #define SPINDLE_LASER_ACTIVE_STATE LOW // Set to "HIGH" if SPINDLE_LASER_ENA_PIN is active HIGH
3473
3474 #define SPINDLE_LASER_USE_PWM // Enable if your controller supports setting the speed/power
3475 #if ENABLED(SPINDLE_LASER_USE_PWM)
3476 #define SPINDLE_LASER_PWM_INVERT false // Set to "true" if the speed/power goes up when you want it to go slower
3477 #define SPINDLE_LASER_FREQUENCY 2500 // (Hz) Spindle/laser frequency (only on supported HALs: AVR, ESP32, and LPC)
3478 // ESP32: If SPINDLE_LASER_PWM_PIN is onboard then <=78125Hz. For I2S expander
3479 // the frequency determines the PWM resolution. 2500Hz = 0-100, 977Hz = 0-255, ...
3480 // (250000 / SPINDLE_LASER_FREQUENCY) = max value.
3481 #endif
```

Po nastavení všeho potřebného ve VS code stačí nahrát software do desky pomocí Auto Build Marlin.

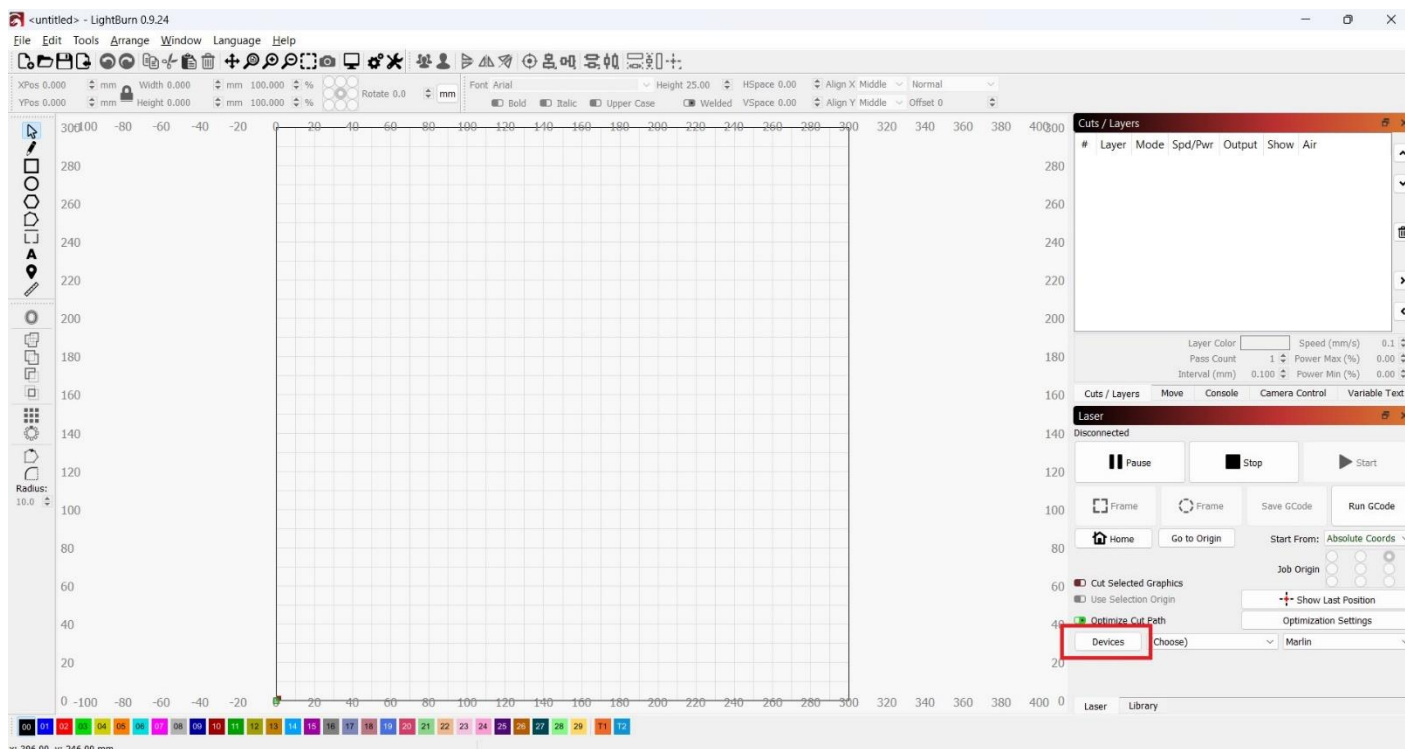
6.3 Návod používání Pronterface pro zkontrolování stavu stroju:



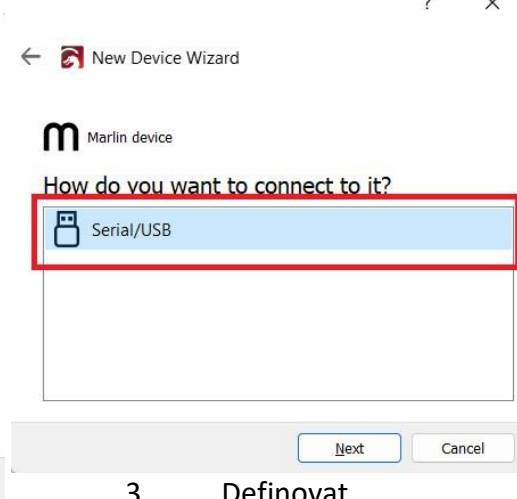
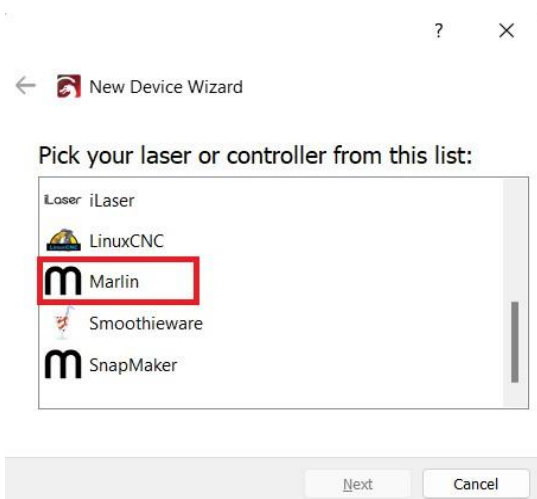
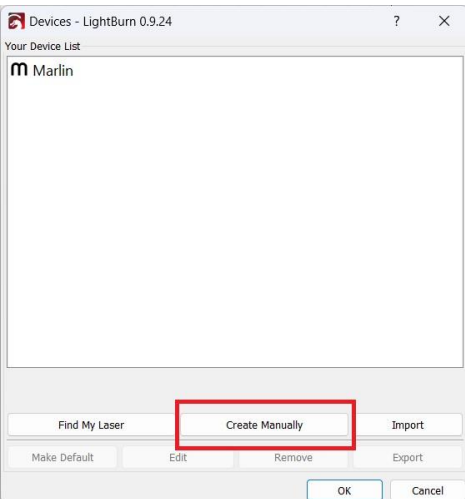
Připojení stroje k počítači
Počítačem a strojem

6.4 Návod k použití Lightburn:

1. Přidat stroj:
 1. Kliknout na device

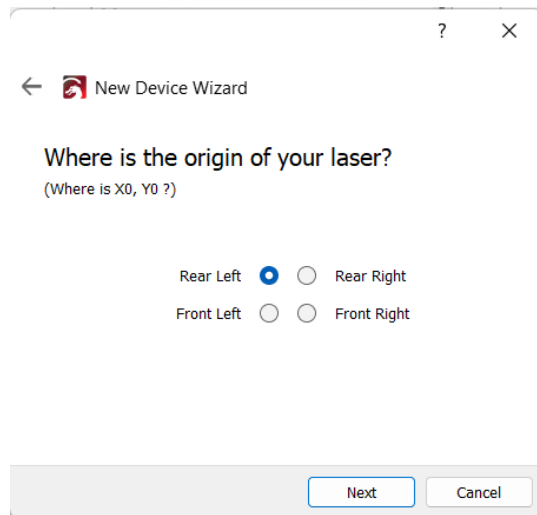
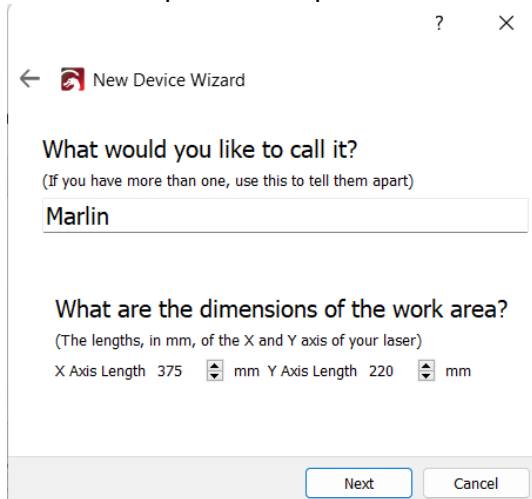


2. Vybrat Create manually, vybrat Marlin a vybrat způsob komunikace.



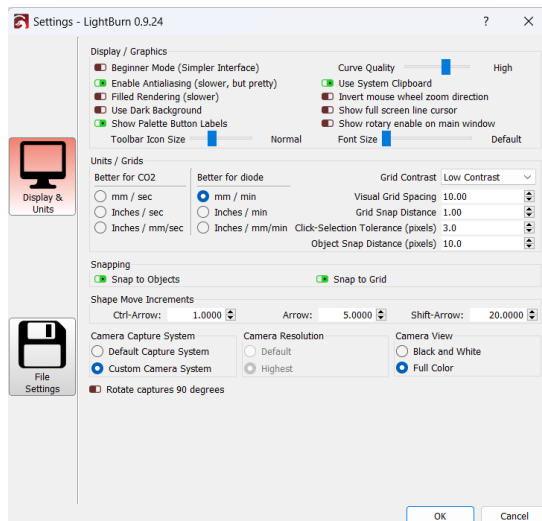
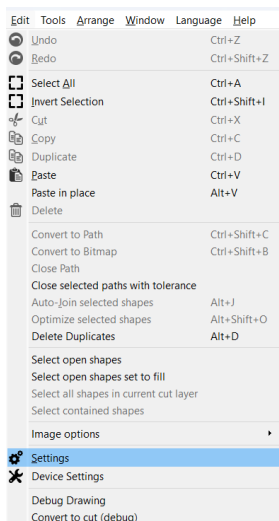
3. Definovat

velikost pracovních ploch a definovat počáteční pozice pro laser.



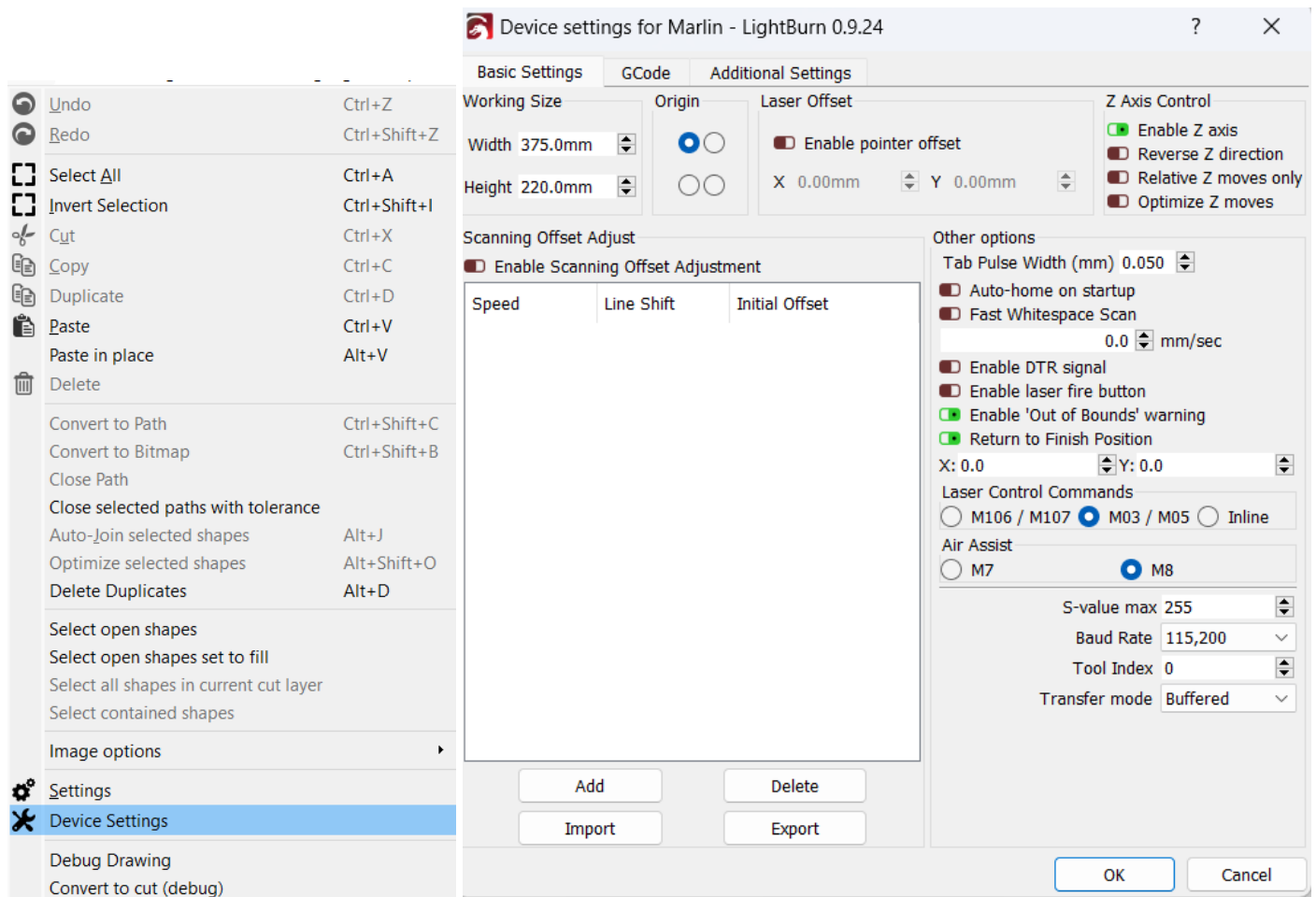
2. Nastavení programu:

1. Vybrat Edit na levém rohu, vybrat Setting a změnit jednotky na mm/min (vhodnější rychlost pro diodový laser).

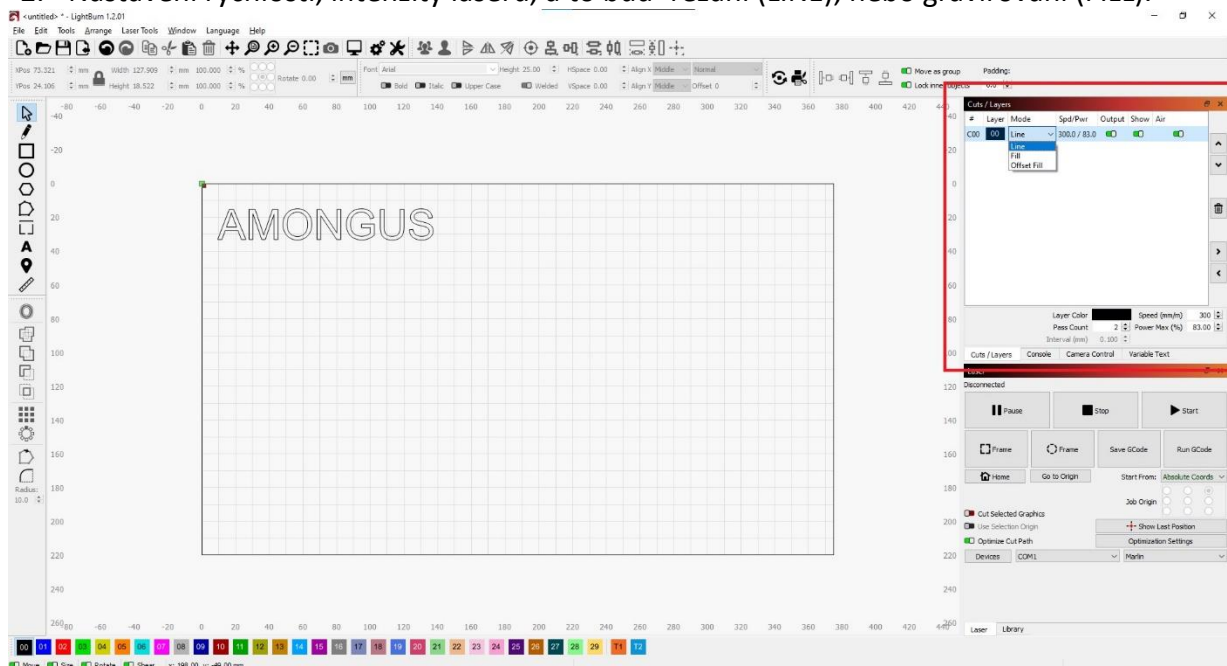


3. Nastavení stroje:

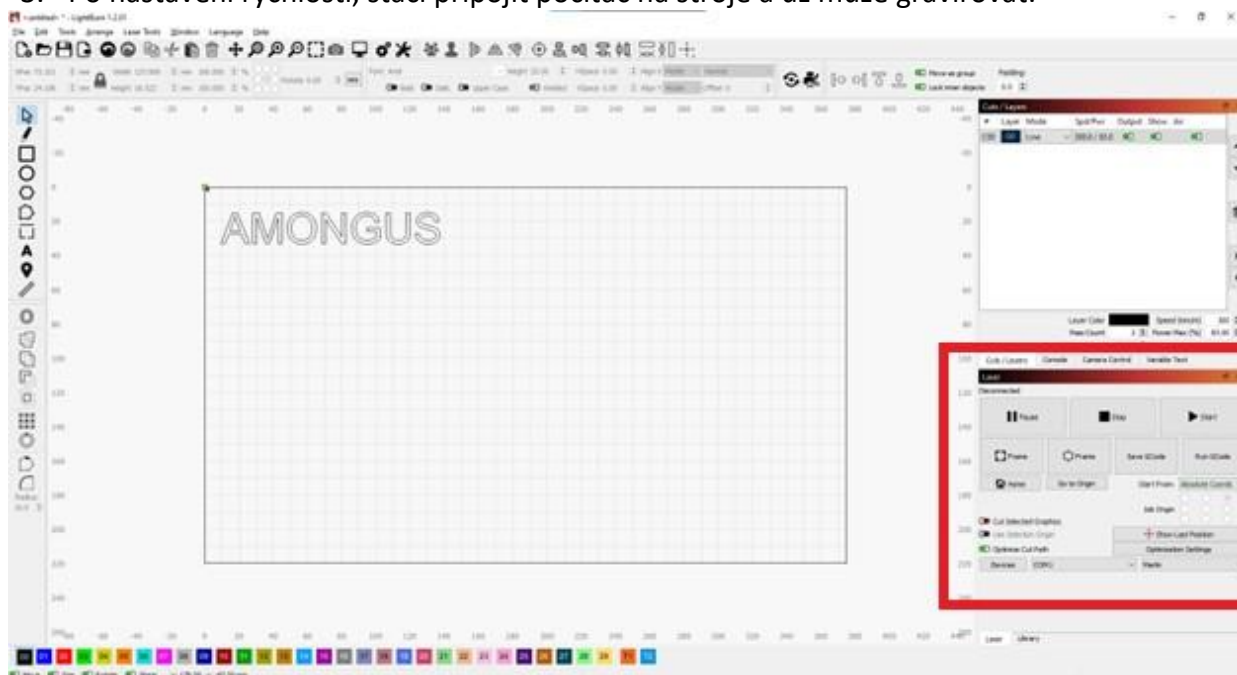
1. Vybrat Edit na levém rohu a vybrat Device Setting. Potřebujeme zapnout pohyb pro Z osy, chceme laser.



2. Nastavení rychlosti, intenzity laseru, a to buď řezání (LINE), nebo gravírování (FILL).



3. Po nastavení rychlosti, stačí připojit počítač na stroje a už může gravírovat.



7. Závěr:

Celková cena:

	Cena/Kč
Mechanická část	3838.5
Elektrická část	4682
Celkem	8520.5
Nejsou započítané neúspěšné pokusy.	

Tab 3: Celková cena

Po vypočítání celkové ceny se z finančního pohledu nevyplatí postavit si vlastní gravírovací stroj. Za cenu kolem 6000-7000 Kč se dá sehnat gravírovací stroj se stejným výkonem laserů. Např: od stejného výrobce [Creality Falcon 5W Laser Engraver](#) na Alze. Má mnohem větší pracovní plochu a větší stabilitu než můj finální produkt.

Z pohledu bastlára si myslím, že to není nápad až tak špatný. Domácí výroba tohoto zařízení je sice dražší, ale vzhledem k získaným zkušenostem je to dobrá investice. Naučil jsem se mnoho věcí za pomoci tohoto projektu, např.: jak navrhnout součástky tak, aby potřebovaly co nejméně zpracování a součástka vyhovovala vlastnostem 3D tisku nebo jak pracovat s el. schématem většího rozsahu či jak pracovat s laserovou gravírkou a s Marlin softwarem. Už vím také, jak moc je to těžké navrhnout takový stroj.

Co by se dalo vylepšit? Celou konstrukci bych rád předělal, opravdu je hodně špatná. Naučit se lépe pájet a opravdu dohledávat víc informací, s jakou el. součástkou pracuji. Dávat také pozor na vlastnosti součástek. Spálil jsem 1 Arduino mega, protože jsem si nezkontroloval maximální napětí na stabilizátoru, který je na desce.

Budoucí projekty: integrovat gravírovací stroj, frézu a 3D tiskárnu v jednom stroji. Senzor, který kompenzuje nerovnosti zpracovávaného materiálu.

Zdroj:

https://moodle.spsejecna.cz/pluginfile.php/10959/mod_resource/content/1/Luminiscence_LED_laser.pdf

<https://slovník-cizích-slov.abz.cz/web.php/slovo/monochromaticky>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Koherence_\(vln%C4%9Bn%C3%AD\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Koherence_(vln%C4%9Bn%C3%AD))

https://en.wikipedia.org/wiki/Laser_engraving

<https://www.mimowork.com/laser/laser-knowledge-what-is-galvo-laser#:~:text=A%20Galvo%20laser%2C%20often%20referred,laser%20beam's%20movement%20and%20direction.>

https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_laser

https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-dioxide_laser

<https://www.youtube.com/watch?v=83SKYGcSUHQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=-9hIXT8DMUU>

<https://pbcllinear.com/blog/2020/february/lead-screw-or-belt-drives#:~:text=Lead%20screw%20possesses%20agile%20acceleration,Smother%20and%20quieter%20linear%20motion.>

https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/6ecin3/openbuilds_vslot_and_wheels_vs_linear_rods_and/

<https://3dprinting.stackexchange.com/questions/6912/which-is-a-more-accurate-linear-motion-system>

<https://www.kywoo3d.com/blogs/3d-printer-news/v-slot-wheels-vs-linear-rails>

https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4

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

https://cs.wikipedia.org/wiki/Krokov%C3%BD_motor

<https://dratek.cz/docs/produkty/1/1650/1449880500.pdf>

<https://dratek.cz/arduino/48392-krokovy-motor-nema17-39-5mm-42hd2037-01.html>

<https://www.laskakit.cz/plastove-micro-servo-sg90-9g--180/>

Obrázky:

Obr.1:<https://rpishop.cz/wp-content/uploads/2023/01/26625-Creality-Laserovy-modul-5-W.jpg>

Obr.2:<https://i.pinimg.com/736x/a0/47/e6/a047e6c0177c68164424e81b7695e89e.jpg>

Obr.3:<https://www.researchgate.net/publication/316263580/figure/fig4/AS:960043855904780@1605903700607/Laser-beam-and-optic-factors-The-unfocused-laser-beam-converges-in-the-lens-to-create-a.gif>

Obr.5:https://twotrees3d.com/wp-content/uploads/2021/05/DSC_0079.jpg

Obr.6:<https://d2qc09rl1gfuof.cloudfront.net/product/YZJGDKJ15W0000001/cnc-machine-m100-3.jpg>

Obr.7:https://cdn.shopify.com/s/files/1/1366/0335/files/03_cc0f582d-59d3-46a3-912f-2b5274e61df1_480x480.jpg?v=1583598583

Obr.8:https://cdn.shopify.com/s/files/1/0591/5128/6471/files/CO2_600x600.jpg?v=1642848452

Obr.9:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Combined-fiber_laser_diagram.jpg

Obr.10:<https://www.electronicshub.org/wp-content/uploads/2018/01/Laser-Diode-Images-6.jpg>

Obr.11: [stránky:https://www.amazon.com/5W-Creality-CR-Laser-Falcon-Engraving/dp/B0C5QGTJ8Z?th=1](https://www.amazon.com/5W-Creality-CR-Laser-Falcon-Engraving/dp/B0C5QGTJ8Z?th=1)

Obr.12:<https://teknica.com/images/timing-belt-diagram.png>

Obr.13:<https://www.researchgate.net/publication/257400481/figure/fig2/AS:659387920171009@1534221739383/Schematic-diagram-of-the-ball-screw-system.png>

Obr.14:<https://preview.redd.it/py00nwz9p7u81.jpg?auto=webp&s=cce8154fb051a9a09df86b2dcd55858e89de73b5>

Obr. 15:<https://www.iqsdirectory.com/articles/linear-bearings/ball-spline.jpg>

Obr. 16:https://www.thk.com/opm/wp-content/uploads/2024/01/linearguide_lp_eng_2.png

Obr.20: https://cdn.myshoptet.com/usr/www.laskakit.cz/user/shop/big/83_foto-1.jpg?6137b46c

Obr.21:<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fdratek.cz%2Fphotos%2Fprodukty%2Ff%2F1%2F1023.jpg%3Fm%3D1646123769&tbnid=7k0DjOWSGz4SbM&vet=12ahUKEwjTiOTXo5yFAxXsiv0HHQEUBzYQMygAegUIARCmAQ..i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fdratek.cz%2Farduino%2F1023-ramps-1.4-reprap-prusa-mendel.html&docid=efx0NZOWRBLbTM&w=800&h=600&q=ramps%201%2C4&ved=2ahUKEwjTiOTXo5yFAxXsiv0HHQEUBzYQMygAegUIARCmAQ>

Obr.22:<https://rpishop.cz/wp-content/uploads/2019/03/9331-Arduino-Uno-Rev3-original.jpg>

Obr.23:<https://dratek.cz/photos/produkty/d/1/1132.jpg?m=1644922767>

Obr.24:https://reprap.org/forum/thumbcache/942/218/5fc/0d6/b9d/cb0/109/64c/048/97a/e1_800x400.png

Obr.25:<https://reprap.org/mediawiki/images/f/f6/RAMPS1.4schematic.png>

Obr.26:<https://static.chipdip.ru/lib/552/DOC001552809.pdf>

Obr.27:<https://htmlimg2.alldatasheet.com/htmldatasheet2/206450/STMICROELECTRONICS/L7805CV/13644/7/L7805CV.png>

Obr.28:

Obr.29:https://cdn.myshoptet.com/usr/www.laskakit.cz/user/shop/big/83-3_foto-4.jpg?6137b46c

Obr.30:<https://about-motors.com/files/images/motor/stepper/stepper.jpg>

Obr.31:<https://electricdiylab.com/wp-content/uploads/2019/12/STEPPER-2.gif>

Obr.32:<https://bizweb.dktcdn.net/100/131/827/products/geeetech-a1.jpg?v=1478318161937>

Obr.33: Screenshot z <https://dratek.cz/docs/produkty/1/1650/1449880500.pdf>

Obr.35:<https://robu.in/wp-content/uploads/2020/04/Servo-motor-constructons.png>

Obr.36:https://reprap.org/mediawiki/images/thumb/3/3b/Reprap_sample_endstops_mech_circa_2020.png/800px-Reprap_sample_endstops_mech_circa_2020.png

Obr.38:<https://www.technosoftmotion.com/ESM-um-html/gcodewordstable.png>

Obr.39:https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.technosoftmotion.com%2FESM-um-html%2Findex.html%3Fhelp_gcode_word_list.htm&psig=AOvVaw2YwYm_6cQ4hKNOO8dW-S1k&ust=1712772353547000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRxqFwoTCOjevq_ctYUDFQAAAAAdAAAAABAE

Tabulky:

Tab.1: Seznam mechanických součástí a jejich nákupní ceny

12

Tab.2: Seznam elektrické součástky

21

Tab.3: Celková cena

28