

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**KONSTRUKCE CNC FRÉZKY**

David Bradáč

Bakalářská práce  
2017

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Bradáč**  
Osobní číslo: **I14035**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Řízení procesů**  
Název tématu: **Konstrukce CNC frézky**  
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je návrh a realizace 3-osé CNC frézky pro obrábění materiálů ze dřeva a měkkých kovů. Tuhost konstrukce zařízení bude vycházet z předpokládaného pracovního zatížení stroje. Posuv nástroje bude zajištěn pomocí krokových motorů a posuvových závitových tyčí. K pohonu nástroje bude použito poloprofesionální obráběcí vřeteno "Teknomotor". Práce bude obsahovat kompletní návrh a realizaci jak mechanické konstrukce, tak elektroniky stroje. Řídicí elektronika bude připojena k řídicímu systému - osobnímu počítači, přes paralelní LPT rozhraní. Pro řízení stroje bude použit software "LinuxCNC". Součástí práce bude kompletní výrobní dokumentace, včetně demonstračního příkladu pro ověření funkčnosti obráběcího stroje.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Matoušek David, Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR - 3. díl, edice uP a praxe, 2. vydání, BEN - technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4

PLÍVA Zdeněk Eagle Prakticky, BEN-technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-252-7

BORSKÝ, V. Obráběcí stroje, ISBN 80-214-0470-1

BORSKÝ, V. Základy stavby obráběcích strojů, VUT Brno

MAREK, J. a kol. Konstrukce CNC obráběcích strojů, 2. rozšířené vydání; ISBN978-80-254-7980-3

ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování, ISBN: 80-7300-207-8

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce:

**12. prosince 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**12. května 2017**



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
děkan



L.S.



Ing. Daniel Honc, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. prosince 2016

## **Prohlášení**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

David Bradáč

### **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Liboru Havlíčkovi, Ph.D. za věcné připomínky a pomoc při realizaci bakalářské práce. Děkuji také své rodině za podporu během mého studia.

V Pardubicích dne

David Bradáč

## **ANOTACE**

*Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací CNC frézky pro frézování do dřeva a měkkých kovů. V první části jsou popsány jednotlivé konstrukční prvky potřebné pro výrobu CNC strojů. V druhé části se nachází návrh a realizace vlastní CNC frézky, dále pak popis použitých komponentů při stavbě a realizaci řídicí elektroniky. V poslední části je představen software pro ovládání stroje a demonstrační objekt pro ověření funkčnosti obráběcího stoje.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*CNC, frézka, vodící tyč, krokový motor, LinuxCNC.*

## **TITLE**

*CONSTRUCTION OF CNC MILLING*

## **ANNOTATION**

*Bachelor thesis deals with design and realization of CNC milling machine for wood and soft metal milling. In the first are described the individual components necessary for the production of CNC machines. In the second part there is the design and realization of own CNC milling machine. Furthermore, a description of used components in the construction and implementation of the control electronics. The last part is a presentation of the machine control software and a demonstration object for verifying the functionality of the machine stand.*

## **KEYWORDS**

*CNC, Milling machine, Guide bar, Stepper motor, LinuxCNC.*

## OBSAH

	Seznam zkratk a značek .....	9
	Seznam symbolů proměnných veličin a funkcí .....	10
	Seznam ilustrací .....	11
	Seznam tabulek .....	13
	ÚVOD .....	14
1	ÚVOD DO NC A CNC STROJŮ .....	15
1.1	Schéma CNC systémů.....	15
1.2	Rozdělení CNC strojů .....	16
1.2.1	Základní typy CNC frézek .....	16
2	ZÁKLADNÍ KOMPONENTY CNC FRÉZKY .....	18
2.1	Lineární vedení .....	18
2.1.1	Nepodepřené tyče.....	18
2.1.2	Podpřené tyče .....	19
2.1.3	Prizmatické vedení .....	19
2.2	Lineární posuvové mechanismy .....	20
2.2.1	Trapézový šroub.....	20
2.2.2	Kuličkový šroub .....	20
2.3	Pohony posuvových mechanismů.....	21
2.3.1	Krokový motor.....	21
2.3.2	Servomotor.....	22
2.4	Vřetena CNC strojů.....	22
3	VLASTNÍ KONSTRUKCE CNC FRÉZKY .....	23
3.1	Návrh konstrukce .....	24
3.2	Lineární vedení a posuvový mechnizmus.....	25
3.3	Pohon posuvového mechanismu.....	26
3.4	Vřeteno.....	26
4	ELEKTRONIKA CNC FRÉZKY.....	27
4.1	Driver krokových motorů.....	27
4.2	Oddělovací deska .....	28
4.3	Zdroj.....	29
5	VSTUPNĚ / VÝSTUPNÍ ZAŘÍZENÍ .....	30
5.1	Návrh zařízení .....	31

5.1.1	Zapojení spínačů a čidel.....	31
5.1.2	Vstupní obvody .....	32
5.1.3	Výstupní obvody .....	33
5.1.4	Napájecí zdroj .....	33
5.1.5	Ostatní obvody .....	34
5.2	Výroba DPS .....	34
5.3	Mikrokontroler .....	35
5.3.1	Programování .....	35
6	SOFTWARE .....	36
6.1	LinuxCNC .....	36
6.1.1	Prostředí LinuxCNC .....	36
6.1.2	Vizualizace obrobku a reálné informace .....	37
6.1.3	Panel nástrojů.....	37
6.1.4	PanelManual Control .....	37
6.2	Konfigurace.....	38
6.2.1	Latency Test.....	38
6.2.2	Základní konfigurace .....	39
6.2.3	Konfigurace LPT portu .....	39
6.2.4	konfigurace Ethernet portu.....	40
6.2.5	Konfigurace os a motorů.....	40
7	TESTOVÁNÍ FUNKČNOSTI.....	41
	ZÁVĚR .....	42
	POUŽITÁ LITERATURA .....	43
	PŘÍLOHY .....	44



## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CNC	Computer Numeric Control
NC	Numerical Control
GND	ground
STEP	krok
DIR	direction
CLK	clock
TTL	Transistor-Transistor-Logic
E-STOP	emergency stop
PC	Personal computer
HW	hardware
SW	software
IN	input
OUT	output
DPS	deska plošných spojů
LPT	Line Printer Terminal (paralelní port)
CAD	Computer aided design
CAM	Computer aided manufacturing

## SEZNAM SYMBOLŮ PROMĚNNÝCH VELIČIN A FUNKCÍ

$U$  elektrické napětí, V

$I$  elektrický proud, A

$P$  výkon, W

$\varphi$  úhel natočení, °

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Realizovaná CNC frézka.....	14
Obr. 1.2 – Schéma CNC systému .....	15
Obr. 1.3 – Rozdělení CNC strojů podle způsobu obrábění.....	16
Obr. 1.4 – Konzolová CNC frézka.....	16
Obr. 1.5 – Stolová CNC frézka .....	17
Obr. 1.6 – Portálová CNC frézka.....	17
Obr. 2.1 – Nepodepřená broušená tyč .....	18
Obr. 2.2 – Kuličkové pouzdro v domku .....	18
Obr. 2.3 – Podepřená broušená tyč .....	19
Obr. 2.4 – Otevřené kuličkové pouzdro .....	19
Obr. 2.5 – Kolejnice prizmatického vedení .....	19
Obr. 2.6 – Kuličkový přírubový vozík .....	19
Obr. 2.7 – Trapézový šroub .....	20
Obr. 2.8 – Bronzová matice .....	20
Obr. 2.9 – Kuličkový šroub s maticí .....	20
Obr. 2.10 – Krokový motor NEMÁ 23 .....	21
Obr. 2.11 – Zapojení cívek motoru bipolární, sériové .....	21
Obr. 2.12 – Servomotor M32320.....	22
Obr. 2.13 – Řídicí elektronika servomotoru .....	22
Obr. 2.14 – Teknomotor s kleštinou ER20 .....	22
Obr. 2.15 – Frekvenční měnič VFD.....	22
Obr. 3.1 – 3D návrh CNC frézky v SketchUp.....	24
Obr. 3.2 – Konstrukce osy Y .....	25
Obr. 3.3 – Pružná spojka.....	25
Obr. 3.4 – Krokový motor 57HS22.....	26
Obr. 3.5 – Krokový motor 57HS22 zadní strana .....	26
Obr. 3.6 – Vřeteno Teknomotor.....	26
Obr. 4.1 – Driver HY-DIV268N-5A .....	27
Obr. 4.2 – Oddělovací deska BL-MACH-V1.....	28
Obr. 4.3 – Zapojení oddělovací desky s drivery .....	29
Obr. 4.4 – Zdroj PS 330/45 .....	29
Obr. 5.1 – I/O zařízení.....	30

Obr. 5.2 – Mikrospínač Omron V-156-1C25 .....	31
Obr. 5.3 – Indukční snímač IPS-8.....	31
Obr. 5.4 – Tlačítko E-stop.....	31
Obr. 5.5 – Zapojení I/O zařízení .....	32
Obr. 5.6 – Obvod vstupu zařízení .....	32
Obr. 5.7 – Obvod výstupů zařízení .....	33
Obr. 5.8 – Obvody napájení .....	33
Obr. 5.9 – I/O zařízení, DPS .....	34
Obr. 5.10 – Mikrokontroler s čipem STM32F427VG .....	35
Obr. 5.11 – Část obslužného programu .....	35
Obr. 6.1 – Hlavní okno programu .....	36
Obr. 6.2 – Hodnoty aktuálních pozic os .....	37
Obr. 6.3 – Horní panel nástrojů .....	37
Obr. 6.4 – Horní panel nástrojů .....	37
Obr. 6.5 – Latency Test osobního počítače.....	38
Obr. 6.6 – Základní konfigurace.....	39
Obr. 6.7 – Konfigurace LPT portu.....	39
Obr. 6.8 – Konfigurace Ethernet portu .....	40
Obr. 6.9 – Konfigurace os a motorů.....	40
Obr. 7.1 – Testovací obrobek .....	41

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 1.1 – Základní parametry CNC frézky.....	23
---	----

## ÚVOD

Pro stavbu CNC frézky jsem se rozhodl na základě možnosti výroby vlastních produktů ze dřeva. Jedná se především o designové výrobky ze dřeva a o výrobky sloužící jako dekorace. Tyto produkty jsem měl v plánu dále prodávat na jarmarcích nebo v internetovém obchodě.

Pořídit profesionální obráběcí CNC stroj je značně nákladné, proto jsem se rozhodl pro vlastní výrobu CNC frézky. Konstrukce CNC frézky je navržena pro pohyb obráběcího vřetena ve 3 osách. Pohybem ve 3 osách se rozumí pohyb v nám známé kartézské soustavě souřadnic. Do obráběcího vřetena je upnut nástroj tzv. fréza, který následně opracovává zvolený materiál.

Konstrukce CNC frézky (obr. 1.1) bude realizována z ocelových konstrukčních prvků, z frézovaných hliníkových profilů a dostupných elektronických dílů. Jako vedení stroje budou použity lineární tyče. Pro lineární pohyb budou aplikovány trapézové šrouby, které převádí kruhový pohyb krokového motoru na lineární. Krokové motory budou poháněny drivery od firmy Toshiba.

K propojení krokových motorů a PC bude sloužit deska BL-MACH-V1, která bude připojena pomocí LPT paralelního portu. Při potřebě bude k rozšíření o více vstupů a výstupů sloužit vlastní oddělovací deska, která bude připojena k PC pomocí Ethernetu. Celá CNC frézka bude řízena softwarem LinuxCNC.

Cílem bakalářské práce je navrhnout a zkonstruovat funkční CNC frézku, která bude schopna obrábět dřevěné materiály a měkké kovy. Frézka bude použita především pro výrobu dřevěných doplňků. Z tohoto kritéria vychází zvolená konstrukce i celkové provedení, které nepožaduje trvalé nasazení do provozu.



Obr. 1.1 – Realizovaná CNC frézka

# 1 ÚVOD DO NC A CNC STROJŮ

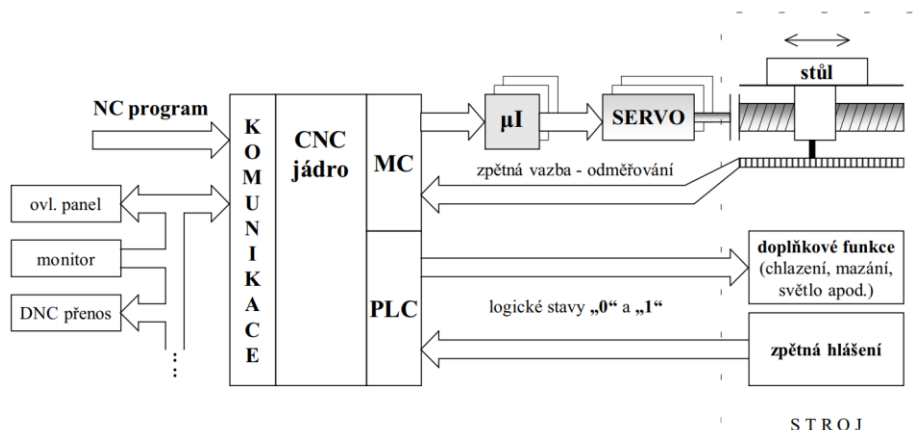
Dvacáté století bylo ve velké míře podpořeno rozvojem průmyslu. V této době vyvstala potřeba nahradit lidskou práci strojem, v důsledku čeho by se zlevnila a zefektivnila výroba. Proto se počátkem 50. let 20. století začaly objevovat první NC stroje neboli první číslicově řízené stroje. Jednalo se především o klasický mechanický stroj vybavený jednoduchým řídicím systémem, který zpracovával vstupní informace a odesílal příkazy pomocí děrného štítku či pásky.

V 70. letech, zásluhou rozvoje elektrotechniky, začínaly vznikat první NC systémy. V průběhu 80. a 90. let začaly vznikat CNC stroje, které byly vybaveny vlastním řídicím počítačem, který řídil celý výrobní proces. Začínaly se také objevovat jednoduché zásobníky pro výměnu nástrojů a senzory pro sledování polohy mechanismů.

V dnešní době se CNC stroje vylepšily zásluhou vyspělejších technologií, a to jak v odvětví mechaniky a materiálů, tak v elektrotechnických dílech. Tímto se zlepšila především přesnost těchto strojů (PBS Velká Bíteš, 2011).

## 1.1 SCHÉMA CNC SYSTÉMU

Řízení celého stroje obstarává řídicí počítač, který načte program (kód) do paměti z příslušného média (disketa, flash disk nebo sdílené úložiště). Data jsou následně odeslána do interpolátoru, který generuje dráhy a signály pro řízení pohonů. PLC přijímá zpětné hlášení o poloze pohyblivých částí stroje, otáček vřetena a dalších čidel. Řídí také další doplňkové funkce stroje, jako jsou např. chlazení nebo mazání. Řízení stroje je vyobrazeno na obr 1.2.



Obr. 1.2 – Schéma CNC systému (Keller, 2005)

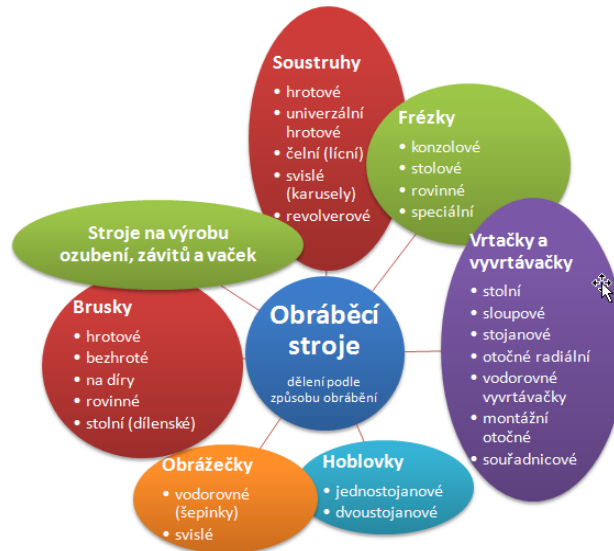
Vysvětlivky k obr. 1.2.:

MC – řízení pohybu (Motion Control)

μI – interpolátor

## 1.2 ROZDĚLENÍ CNC STROJŮ

CNC stroje se rozdělují podle různých hledisek (obr. 1.3). Nejčastějším je dělení podle způsobu obrábění, které je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obr. 1.3 – Rozdělení CNC strojů podle způsobu obrábění (Bartoš, 2015)

### 1.2.1 Základní typy CNC frézek

CNC frézky lze rozdělit do tří základních typů podle jejich konstrukce. Každý z níže uvedených typů má jiné vlastnosti a s tím spojenou i rozdílnou celkovou tuhost stroje. Typ konstrukce je zvolen především podle obrobků (Sochová, 2015).

CNC frézky se rozdělují následovně:

- Konzolové frézky (obr. 1.4) jsou určeny k frézování rovinných ploch pro menší obrobky. Umožňují výškové nastavení stolu. Obrobek upnutý ke stolu se může pohybovat ve třech osách (x, y, z) (Sochová, 2015).



Obr. 1.4 – Konzolová CNC frézka (Sochová, 2015)



- Stolové frézky (obr. 1.5) se používají k obrábění větších součástí. Tyto frézky mají nepohyblivý upínací stůl. Pohyblivý je vřeteník se stojanem. Tím dosahují tyto frézky větší přesnosti (Sochová, 2015).



Obr. 1.5 – Stolová CNC frézka (Sochová, 2015)

- Rovinné frézky (portálové) (obr. 1.6) dosahují velmi tuhé konstrukce. Obsahují dva stojany spojené příčným, na kterém je umístěn vřeteník. Mohou obsahovat i více vřeteníků. Toto spojení vytvoří tzv. portál frézky, který se pohybuje nad pevným stolem, dle typu frézky. V opačném případě je pevný portál a pohyblivý stůl (Sochová, 2015).



Obr. 1.6 – Portálová CNC frézka (Sochová, 2015)

## 2 ZÁKLADNÍ KOMPONENTY CNC FRÉZKY

S ohledem na typ konstrukce stroje, zvolený v bakalářské práci, jsou popsány základní komponenty používané pro stavbu malých CNC strojů. Dále je v této kapitole uvedeno základní rozdělení lineárních vedení, způsoby pohonu a typy obráběcích vřeten.

### 2.1 LINEÁRNÍ VEDENÍ

Lineární vedení zajišťuje přímočarý pohyb v ose stroje. Umožňuje tak plynulý pohyb posuvu stroje. Základním požadavkem na lineární vedení je především jeho tuhost, která výrazně ovlivňuje výslednou tuhost celého stroje a tím i kvalitu obrábění. Dalšími požadavky na lineární vedení je minimální třecí odpor a vůle ve směrech jiných než zvolených.

#### 2.1.1 Nepodepřené tyče

Nepodepřené tyče tvoří lineární vedení složené z broušených, na povrchu kalených ocelových tyčí (obr. 2.1), po kterých se pohybuje nejčastěji domek s lineárním kuličkovým ložiskem (obr. 2.2). Nepodepřené tyče dosahují uspokojivé tuhosti v porovnání s jejich cenou. Nepodepřené tyče se používají na kratší vzdálenosti, jinak by docházelo k jejich průhybu. V případě větších vzdáleností lze použít větší průměr tyče (CNC Shop, 2017).



Obr. 2.1 – Nepodepřená broušená tyč (CNC Shop, 2017)



Obr. 2.2 – Kuličkové pouzdro v domku (CNC Shop, 2017)

## 2.1.2 Podepřené tyče

Podepřené tyče (obr. 2.3) lze použít i na větší vzdálenosti vzhledem k tomu, že je tyč podepřena v celé své délce. Nevýhodou tohoto vedení je však snížená tuhost oproti nepodepřeným tyčím. Kvůli otevřené konstrukci (obr. 2.4) je náchylnější k nechtěnému pohybu v ostatních osách (CNC Shop, 2017).



Obr. 2.3 – Podepřená broušená tyč (CNC Shop, 2017)



Obr. 2.4 – Otevřené kuličkové pouzdro (CNC Shop, 2017)

## 2.1.3 Prizmatické vedení

Prizmatické vedení (obr. 2.5) je pravděpodobně nejlepší volbou pro stavbu CNC frézky. Toto vedení dosahuje velmi dobré tuhosti, a tím i požadované přesnosti. Jeho cena je však velmi vysoká. Lineární vozík obsahuje sérii valivých kuliček nebo válečků, které vymezují vůli mezi vozíkem (obr. 2.6) a kolejnicí (CNC Shop, 2017).



Obr. 2.5 – Kolejnice prizmatického vedení (CNC Shop, 2017)



Obr. 2.6 – Kuličkový přírubový vozík (CNC Shop, 2017)

## 2.2 LINEÁRNÍ POSUVOVÉ MECHANIZMY

Lineární vedení určuje směr pohybu. Aby se toto vedení rozpohybovalo, musí se převést rotační pohyb motoru na přímočarý pohyb. Existuje několik možností realizace. Mezi hlavní patří posuvový mechanismus, tvořený z trapézového šroubu a matice nebo z kuličkového šroubu. Požadavky na posuvový mechanismus jsou: minimální vůle, dostatečná tuhost, konstantní a co nejnižší hodnota součinitele tření.

### 2.2.4 Trapézový šroub

Trapézový šroub (obr. 2.7) se používá v případech, ve kterých není kladen důraz na vysokou přesnost, trvalé nasazení stroje nebo vysokou rychlost posuvu. Jeho hlavní výhodou je ovšem cena. Matice je nejčastěji vyráběna z bronzu (obr. 2.8) nebo ze speciálního plastu. Šroub je propojen s motorem tzv. pružnou spojkou, která přenáší krouticí moment s eliminací nesouososti (CNC Shop, 2017).



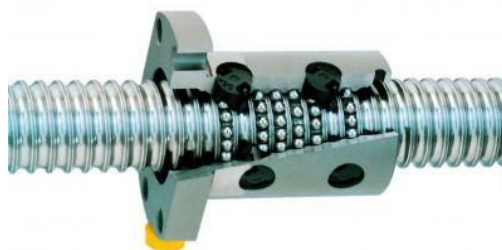
Obr. 2.7 – Trapézový šroub  
(CNC Shop, 2017)



Obr. 2.8 – Bronzová matice (CNC  
Shop, 2017)

### 2.2.5 Kuličkový šroub

V případě potřeby větší přesnosti a tuhosti lze použít kuličkový šroub (obr. 2.9). Kuličkový šroub není v přímém kontaktu s maticí, ale je oddělen oběžnými kuličkami uvnitř matice. Matice může být i předeprnutá, zejména pro získání menší vůle. Cena kuličkového šroubu s maticí je velmi vysoká. (Thüring, 2008).



Obr. 2.9 – Kuličkový šroub s maticí (Thüring, 2008)

## 2.3 POHONY POSUVOVÝCH MECHANIZMŮ

Pohony přeměňují elektrickou energii na mechanický rotační pohyb. Pro CNC stoje se nejčastěji používají krokové motory nebo servopohony. Pohony musí mít plynulý rozjezd i brždění s vysokou přesností polohování.

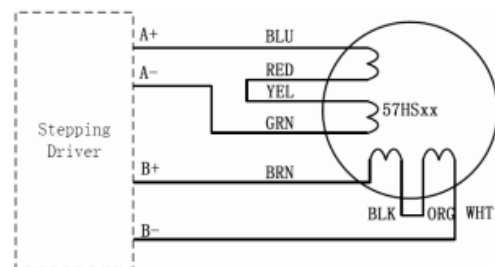
### 2.3.1 Krokový motor

Krokové motory (obr. 2.10) převádějí digitální impulsy na postupné otáčení hřídele motoru. Krokový motor se pohybuje po krocích, odtud pochází jeho název. Stator se obvykle vyrábí z ocelových lamel s drážkami, ve kterých se nachází vinutí.

Většina 2-fázových krokových motorů má 200 kroků na otáčku, čili jedna otáčka neboli jeden krok je  $1.8^\circ$ . Takovéto motory mají většinou 50 zubů v rotoru a 50 zubů na statoru. 50 zubů znamená, že rotor může mít čtyři různé pozice na jeden zub. Takový motor má většinou 4 vinutí, které se zapojuje unipolárně (každé vinutí zvlášť) nebo bipolárně (dvě vinutí sériově (obr. 2.11) nebo paralelně) (Pohonnatechnika, 2017).



Obr. 2.10 – Krokový motor NEMA 23 (CNC Shop, 2017)



(c) 57HSxx series connection (8 leads)

Obr. 2.11 – Zapojení cívek motoru bipolární, sériové (CNC Shop, 2017)

### 2.3.2 Servomotor

Servomotory (obr. 2.12) dosahují velké přesnosti. Lze nastavit přesnou polohu natočení osy. O toto se stará integrovaný encoder, který snímá polohu výstupní hřídele a vrací tuto informaci řídicí elektronice. Servomotory se používají v dynamicky náročných strojích, kde je důležitá rychlost a přesnost pohonu. Servomotory jsou řádově dražší než krokové motory, stejně jako potřebná řídicí elektronika (obr. 2.13) (Pohonnatechnika, 2017).



Obr. 2.12 – Servomotor M32320 (CNC Shop, 2017)



Obr. 2.13 – Řídicí elektronika servomotoru (CNC Shop, 2017)

## 2.4 VŘETENA CNC STROJŮ

Vřeteno (obr. 2.14) je základní částí CNC stroje. Jeho úlohou je otáčet upnutým nástrojem, a tím obrábět materiál. Vřetena mají různé systémy pro upnutí nástrojů. Tím nejjednodušším je svorná kleština, která se dotahuje maticí. Parametry vřetena se volí dle způsobu zatížení stroje, jako je například výkon, rozsah otáček a chlazení. U malých CNC strojů se převážně používají vysokorychlostní vřetena s přímým náhonem. Pro plynulou změnu otáček vřetena se používá frekvenční měnič (obr. 2.15) nebo jiná regulace.



Obr. 2.14 – Teknomotor s kleštinou ER20 (CNC Shop, 2017)



Obr. 2.15 – Frekvenční měnič VFD (CNC Shop, 2017)

### 3 VLASTNÍ KONSTRUKCE CNC FRÉZKY

Pro návrh CNC frézky je potřeba si nejdříve zvolit obráběcí rozsah celého stroje. Tento aspekt vychází z předpokládaných dílů, které budou obráběny. Obráběcí prostor byl proto zvolen na 460 mm v ose X, 550 mm v ose Y, 150 mm v ose Z. Předpokládaná přesnost celého stroje je  $\pm 0,05$  mm. Na základě předpokládaného frézovaného materiálu je zvolena maximální rychlost posuvů i potřebný výkon vřetena. Základní parametry CNC stroje jsou vyobrazeny v tab. 1.1.

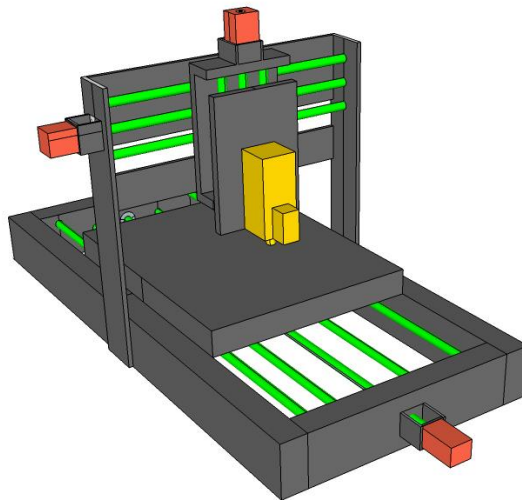
Tab. 1.1 – Základní parametry CNC frézky

<b>Parametry:</b>	<b>Hodnota:</b>
Obráběcí rozsah pro osu X	460 mm
Obráběcí rozsah pro osu Y	550 mm
Obráběcí rozsah pro osu Z	150 mm
Přesnost stroje	$\pm 0,05$ mm
Maximální rychlost posuvu	1000 mm za minutu
Výkon vřetena	730 W

### 3.1 NÁVRH KONSTRUKCE

Pro požadovaný typ obrábění je nejvhodnější portálová konstrukce. Frézka je tvořena z pevného portálu a pohyblivého stolu. Tato konstrukce je zvolena z důvodu nižších nároků na tuhost stroje a menší náročnosti konstrukce při výrobě.

Konstrukce CNC frézky byla nejdříve navržena v CAD softwaru SketchUp, který je určen pro tvorbu 3D modelů (obr. 3.1). Ve vizualizaci stroje jsou zobrazeny jeho nejdůležitější části. Nejsou zde vykreslovány detaily. Spojovací materiál a ostatní drobnosti konstrukce nebylo třeba zahrnovat do vizualizace. Při výrobě jednotlivých konstrukčních dílů se postupovalo podle vizualizace.



Obr. 3.1 – 3D návrh CNC frézky v SketchUp

Základní rám konstrukce frézky je vyroben z ocelových profilů o rozměrech 60 x 60 mm o síle materiálu 5 mm. Profily jsou k sobě sešroubovány běžným spojovacím materiálem. Takto spojené profily tvoří základnu celého stroje.

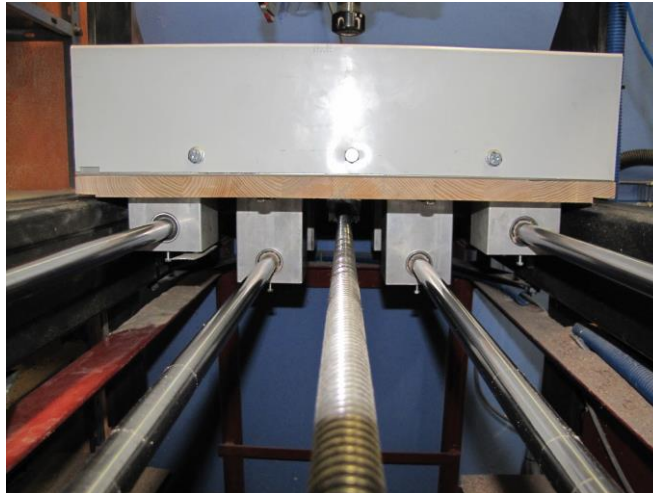
Portál je tvořen ze dvou silnostěnných ocelových plechů o tloušťce 10 mm. Jsou vyztužené příčnou pásovou ocelí, která slouží k zamezení vibrací při práci stroje.

Pohyblivý support je vyroben z hliníkových válcovaných desek, které jsou opracovány na místech, kde na sebe dosedají jednotlivé díly. Toto opracování bylo potřebné proto, aby na sebe jednotlivé díly pasovaly s potřebnou přesností.



### 3.2 LINEÁRNÍ VEDENÍ A POSUVOVÝ MECHANIZMUS

Lineární vedení na celé frézce je realizováno pomocí nepodepřených tyčí. Tyče jsou na povrchu kalené a broušené s tolerancí H6. Jejich průměr byl zvolen na 20 mm. Na ose Y jsou použity čtyři vodící tyče s odpovídající délkou 1200 mm, kvůli jejich průhybu. Tím došlo k výraznému zvýšení tuhosti posuvu osy Y (obr. 3.2). Po tyčích se pohybují domky s lineárními kuličkovými ložisky. Domky pro ložiska jsou vyrobeny z hliníkových hranolů.



Obr. 3.2 – Konstrukce osy Y

Posuvy jednotlivých os jsou řešeny pomocí trapézových šroubů o průměru 16 mm. Stoupání závitu šroubu je 4 mm. Na každé z os je pouzdro s maticí, která je vyrobena z plastového materiálu. Tento materiál má výborné kluzné vlastnosti s nízkým opotřebením. Trapézové šrouby jsou připevněny ke krokovým motorům pomocí pružných spojek (obr. 3.3).



Obr. 3.3 – Pružná spojka (CNC Shop, 2017)

### 3.3 POHON POSUVOVÉHO MECHANIZMU

Pro pohon lineárního posuvu jsou použity 2-fázové krokové motory od firmy Leadshine Technology (obr. 3.4, 3.5). Zvolené krokové motory mají typovou přírubu NEMA 23 se jmenovitým výkonem 2,2 Nm při bipolárním zapojení cívek motoru. Maximální proud motoru v tomto zapojení je 2,8 A. Motory mají 200 kroků na otáčku, tudíž mají základní úhel natočení  $\varphi = 1.8^\circ$ . Zvolený výkon by měl být plně dostačující pro polohování ve všech osách dle grafu (CNC Shop, 2017).



Obr. 3.4 – Krokový motor 57HS22 (CNC Shop, 2017)



Obr. 3.5 – Krokový motor 57HS22 zadní strana (CNC Shop, 2017)

### 3.4 VŘETENO

Hlavní komponentou CNC frézky je poloprofesionální vřeteno Teknomotor C31/40-C (obr. 3.6). Jeho výkon je 730 W a rozsah otáček od 300 otáček za min do 18 000 otáček za minutu. Otáčky jsou plynule regulovány pomocí frekvenčního měniče. Hodnotu otáček udává vstupní napětí na ovládacím vstupu frekvenčního měniče. Napětí od 0 V do 10 V se volí pomocí potenciometru. Konstrukce vřetena má vhodně vyřešený odvod tepla a dovoluje předělat vřeteno i na vodní chlazení (CNC Shop, 2017).



Obr. 3.6 – Vřeteno Teknomotor (CNC Shop, 2017)

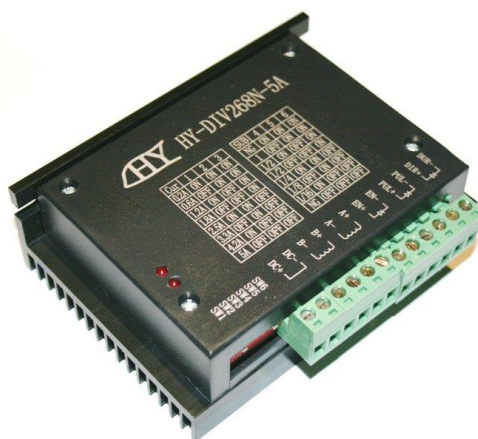
## 4 ELEKTRONIKA CNC FRÉZKY

Řízení CNC frézky je řešeno pomocí osobního počítače, který ovládá chod stroje a zobrazuje jeho stavy. Pomocí PC lze ovládat frézku manuálně nebo spustit příslušný obráběcí program a předat tak řízení softwaru.

Je zapotřebí také příslušná elektronika, která bude ovládat krokové motory. Tyto ovladače upravují řídicí signály a napájejí jednotlivé cívky motorů tak, aby se otáčely správně. Nazývají se tzv. drivery. Mezi PC a drivery je zapojena tzv. oddělovací deska, která upravuje signály z PC a umožňuje připojení dalších periférií.

### 4.1 DRIVER KROKOVÝCH MOTORŮ

Ovládání krokových motorů je řešeno pomocí driveru s označením HY-DIV268N-5A (obr. 4.1). Hlavní částí je budič, který je tvořen obvodem Toshiba TB6600HG. Tento driver umožňuje ovládat krokové motory s výstupním proudem až 5 A a provozním napětím až 42 V.



Obr. 4.1 – Driver HY-DIV268N-5A (C-N-C, 2017)

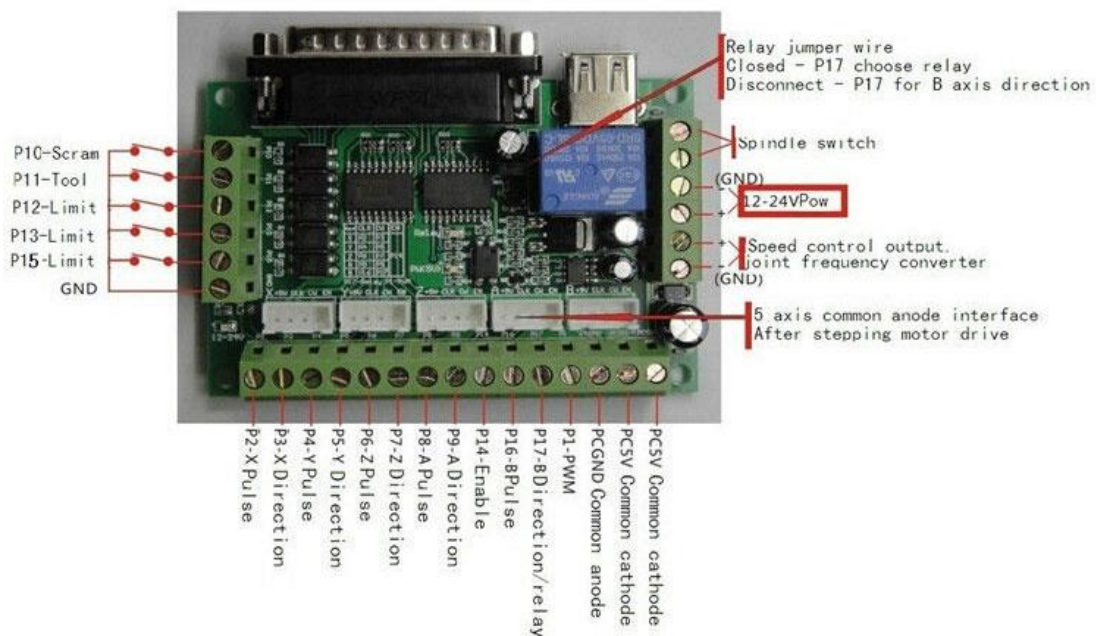
Driver umožňuje pomocí přepínačů nastavit maximální výstupní proud do motorů. Toto působí jako ochrana před přetížením a následným zničením motorů.

Dále driver umožňuje nastavení tzv. mikrokrokování v různých poměrech, a to až 1/16. V případě potřeby 200 kroků na otáčky z požadavku použitých motorů, lze násobit tuto hodnotu zvoleným poměrem. Maximálně lze ovšem získat  $200 \times 16 = 3200$  kroků na otáčku. Čím vyšší poměr se získá, tím bude větší rozlišení na jednu otáčku. Bez použití mikrokrokování mohou nastat dva stavy – přivedení nebo nepřivedení napětí na cívku. Při použití mikrokrokování vytvoří driver schodovitý sinusový signál mezi těmito stavy. Tím se získá jemnější otáčení motoru a více diskrétních pozic polohy (HCNCA, 2017).

## 4.2 ODDĚLOVACÍ DESKA

Oddělovací deska (obr. 4.2) slouží k propojení driverů a obslužného PC. Oddělovací deska se připojuje k PC pomocí LPT portu (Line Printer Terminal). Toto rozhraní se dříve používalo pro připojení tiskáren. Deska je prezentována pro propojení k softwaru MACH, je ale kompatibilní i s ostatními softwary, v mém případě LinuxCNC.

Hlavními důvody použití oddělovací desky je úprava signálů z LPT portu k dostatečnému buzení optronů na vstupech driverů. Dalším důvodem je galvanické oddělení vstupních periférií, jako je například E-stop (centrální stop). Deska umožňuje výstup pro sepnutí vřetene nebo výstupní napětí pro frekvenční měnič, kterým se ovládají otáčky vřetene (C-N-C, 2015).

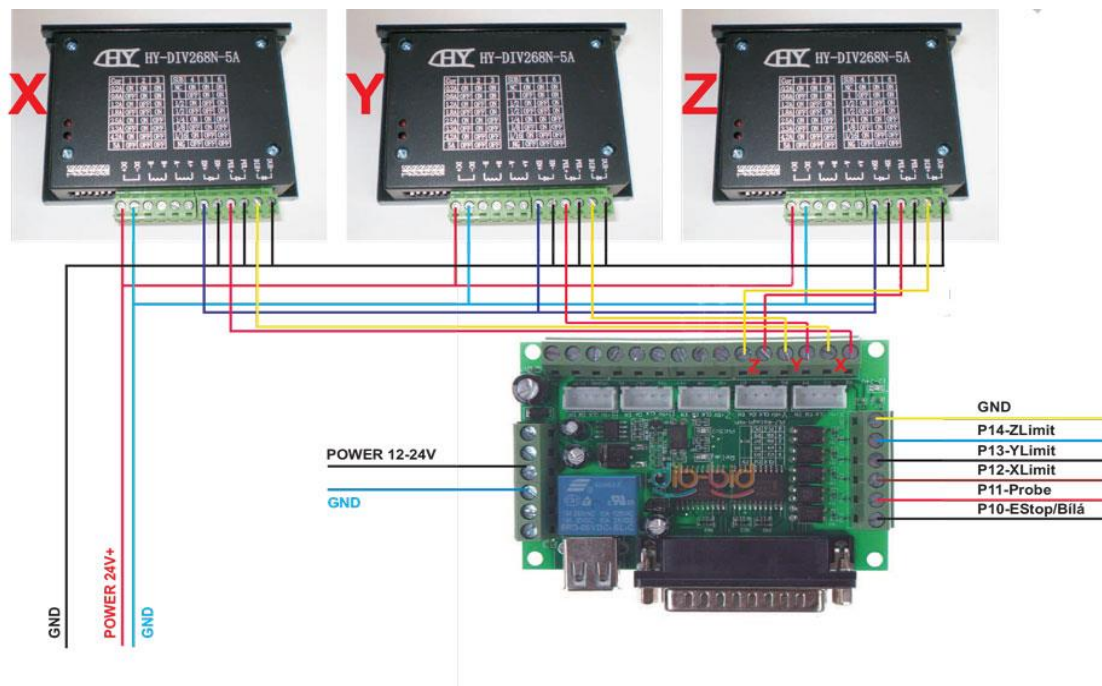


Obr. 4.2 – Oddělovací deska BL-MACH-V1 (Makers Hut, 2015)

Každá jednotlivá osa musí mít přivedeny signály STEP a DIR, které jsou popsány níže. Dále deska obsahuje signál ENABLE, stejně jako jednoblivé drivery. Tento signál blokuje/odblokuje sepnutí proudu k motorům, a tím umožní jejich pohyb.

Signál STEP je v úrovni TTL logiky a obsahuje velmi krátké impulzy. Při změně stavu signálu driver vytvoří na výstupech pro připojení motoru takovou kombinaci polarit napětí, aby se motor pootočil o 1 krok.

Signál DIR je také úrovně TTL. Na základě tohoto signálu změní driver pořadí a smysl (polaritu) připojených cívek motoru. Tím udává otáčení motoru vpravo nebo vlevo. Zapojení znázorněno na obr. 4.3 (C-N-C, 2017).



Obr. 4.3 – Zapojení oddělovací desky s driverly (C-N-C, 2015)

### 4.3 ZDROJ

Důležitou součástí je také kvalitní napájecí zdroj, který napájí krokové motory stejnosměrným napětím. V případě aktivních všech tří motorů současně, může být odebíraný proud až 7,5 A. Zvolený zdroj PS 330/45 (obr. 4.4) má výstupní napájecí napětí 45 V a maximální odebíraný proud 8 A (ověřeno u dodavatele). Zdroj obsahuje ještě druhé napětí a to 12 V s proudem do 1 A pro připojení oddělovací desky.



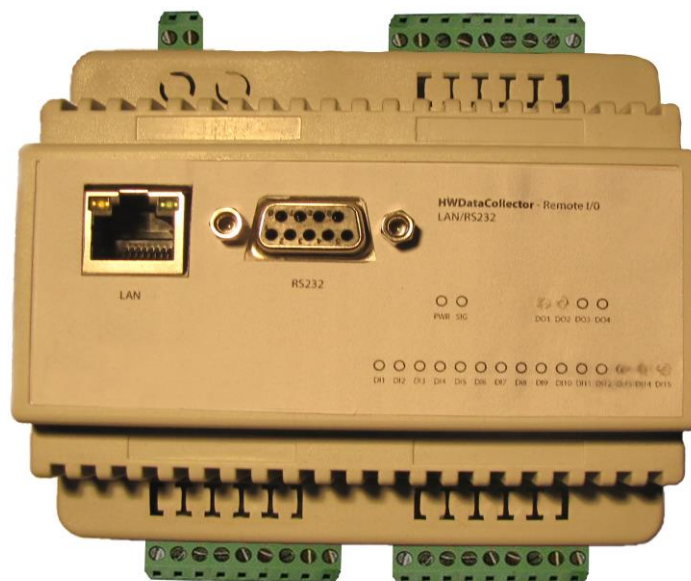
Obr. 4.4 – Zdroj PS 330/45 (CNC Shop, 2017)

## 5 VSTUPNĚ / VÝSTUPNÍ ZAŘÍZENÍ

V průběhu stavby CNC frézky byl zjištěn problém s nedostatkem vstupů a výstupů na použité oddělovací desce pro připojení všech potřebných periferií. Proto bylo navrženo a vyrobeno vstupně/výstupní přídavné zařízení, dále jen I/O zařízení (obr. 5.1).

Každá osa má na svých koncích snímače koncové polohy. Obsahuje také indukční snímač pro najíždění do domovské polohy. S vynásobením pro 3 osy je potřeba pro připojení snímačů polohy 9 vstupů. Dalším vstupem je externí nouzové E-stop tlačítko pro okamžité zastavení stroje. Další vstupy budou do budoucna potřebné například k automatickému nastavování Z osy, k sensorům pro najíždění k obrobku a dalším vstupním signálům. Oddělovací deska ale obsahuje pouze 5 vstupů a jeden výstup pro spínání vřetena. Počty vstupů a výstupů nebyly dostatečné, proto bylo zapotřebí navrhnout vstupy i výstupy pro spínání vřetene, zapínání odsávání, chlazení všech sensorů a spínačů.

Zařízení je připojeno k PC pomocí Ethernetu. Toto připojení je dostatečně rychlé pro ovládání vstupů a výstupů stroje.



Obr. 5.1 – I/O zařízení

## 5.1 NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Obvody a deska plošných spojů I/O zařízení byly navrženy v CAD softwaru Eagle pro návrhy plošných spojů. Návrh zařízení obsahuje 16 vstupů, 4 releové výstupy, obvody pro připojení k PC pomocí Ethernetu a obvod pro připojení externího zařízení, jako je např. ruční ovladač. Podmínkou pro návrh zařízení bylo, aby se obvody vešly do univerzální krabičky na DIN lištu. Proto se zařízení skládá ze tří samostatných desek, které se do sebe zasouvají pomocí konektorů. Celé zařízení bude obsluhovat jednočipový mikrokontroler.

### 5.1.1 Zapojení spínačů a čidel

Na vstupy jsou připojeny koncové spínače jednotlivých os. Koncové spínače jsou vždy ve dvojici pro jednu osu a jsou realizovány pomocí mikrospínače s kladkou Omron V-156-1C25 (obr. 5.2). Pro najetí do domovské pozice je použita trojice indukčních čidel IPS-8 (obr. 5.3), které jsou zastiňovány kovovou clonkou.

Tlačítko E-stop pro nouzové zastavení je vyřešeno pomocí bezpečnostního tlačítka. Jeho odjištění se provádí otočením.

Zapojení I/O zařízení se spínači a čidly je znázorněno na obr. 5.5.



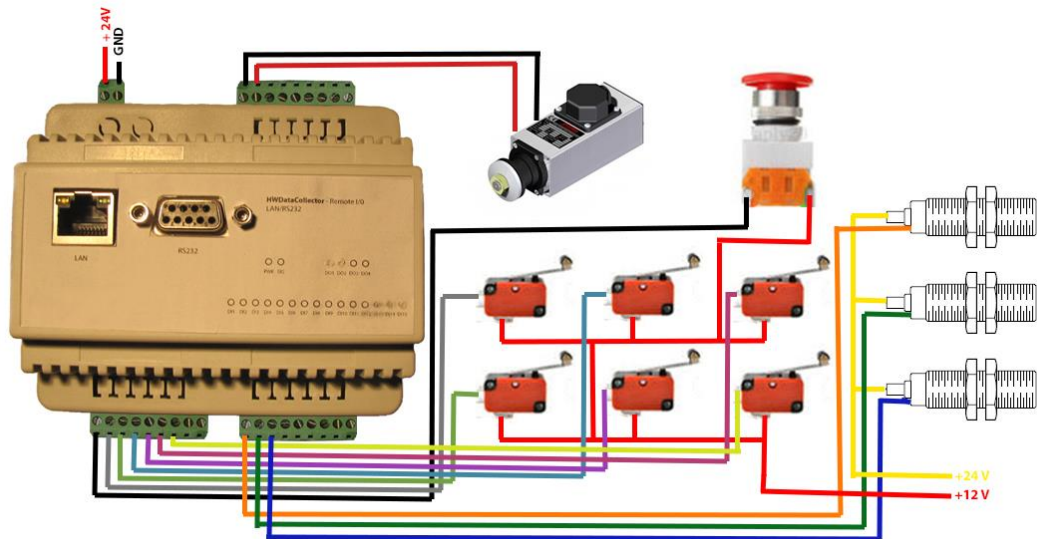
Obr. 5.2 – Mikrospínač Omron V-156-1C25 (CNC Shop, 2017)



Obr. 5.3 – Indukční snímač IPS-8 (CNC Shop, 2017)



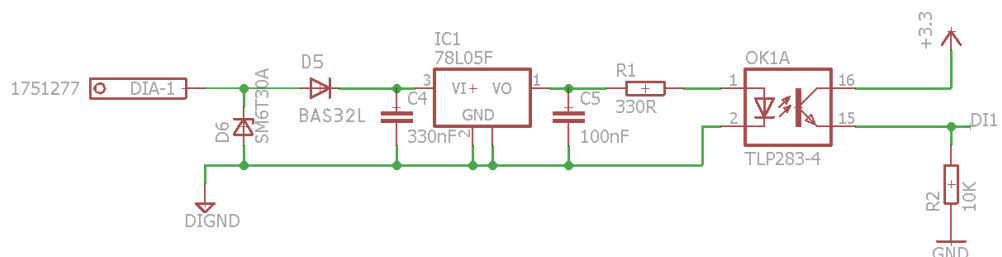
Obr. 5.4 – Tlačítko E-stop (CNC Shop, 2017)



Obr. 5.5 – Zapojení I/O zařízení

### 5.1.2 Vstupní obvody

Na vstupních obvodech (obr. 5.6) je zapotřebí, aby mohla být připojena různá napětí. Z toho důvodu je ve vstupním obvodu lineární regulátor napětí 78L05. Jeho maximální vstupní napětí je 35 V. Regulátor převádí vstupní napětí na napětí 5 V, kterým je napájen optočlen TPL281-4 od firmy Toshiba. Přes výstup optočlenu je spínáno napětí na vstup mikrokontroleru. Tím je vstup galvanicky oddělen. Jako ochrana před připojením většího napětí je zde použit transil SM6T30A, který nepropustí větší napětí než 30 V. V případě přepólování vstupu transil vstup zkratuje a tím ochrání celý obvod před jeho zničením.

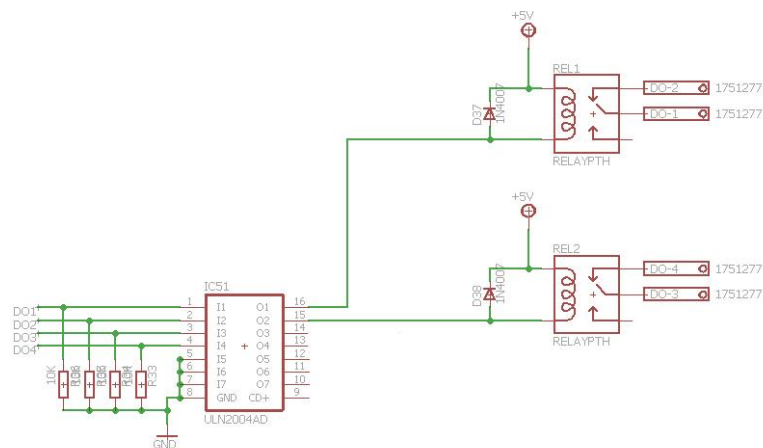


Obr. 5.6 – Obvod vstupu zařízení



### 5.1.3 Výstupní obvody

Výstupní obvody (obr. 5.7) jsou navrženy pomocí spínání kontaktů relé. Pokud je požadavek na sepnutí výstupu, mikrokontroler sepne napětí do cívky relé pomocí integrovaného tranzistorového pole ULN2003. Tranzistorové pole je zde použito, protože výstup mikrokontroleru může být zatížen maximálně proudem 10 mA. Takto je spínán proud do cívky pomocí tranzistorů. Na cívce relé je paralelně připojena ochranná dioda 1N4007. Tato dioda zde slouží k vybití indukce na cívce při vypnutí výstupu.

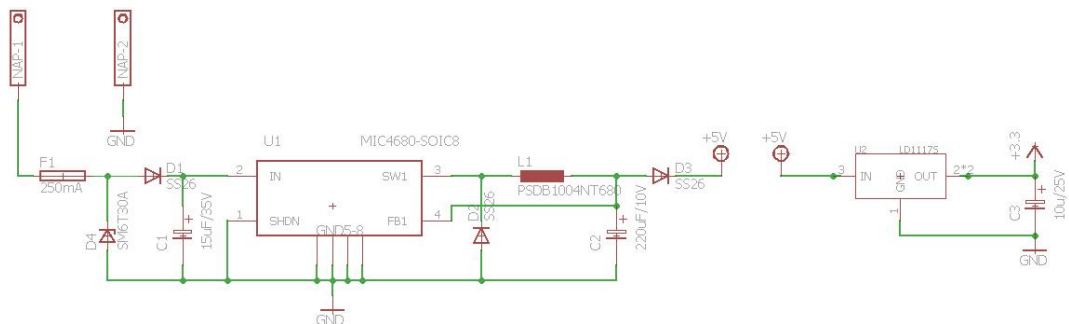


Obr. 5.7 – Obvod výstupů zařízení

### 5.1.4 Napájecí zdroj

I/O zařízení potřebuje pro svoji funkci dvě napětí (obr. 5.8). První napětí je hodnoty 5 V. Toto napětí se převádí pomocí impulsního měniče napětí MIC4680-5.0YM z napájecího napětí. Obvod napájecího zdroje je použit z datasheetu impulsního měniče. Je zde přidána ochrana transilem před připojením většího vstupního napětí než 30 V nebo proti přepólování.

Druhé napětí, které je třeba, je hodnoty 3,3 V. Tímto napětím je napájen mikrokontroler a další integrované obvody. Toto napětí je získáno pomocí lineárního regulátoru LD1117.



Obr. 5.8 – Obvody napájení

### 5.1.5 Ostatní obvody

Dále I/O zařízení obsahuje obvody pro připojení micro SD karty, ze které se čtou inicializační a konfigurační data. Je zde možnost i připojení mini USB konektoru pro nahrávání programu do mikrokontroleru.

Na druhé desce se nachází obvod pro komunikaci po Ethernetu. K tomu slouží integrovaný obvod ENC28J60, který je připojen k mikrokontroleru pomocí sériového rozhraní SPI. Pro budoucí připojení externího zařízení je v zařízení obvod s konektorem pro komunikaci po seriové lince RS-232. O propojení s mikrokontrolerem se stará integrovaný obvod MAX3232.

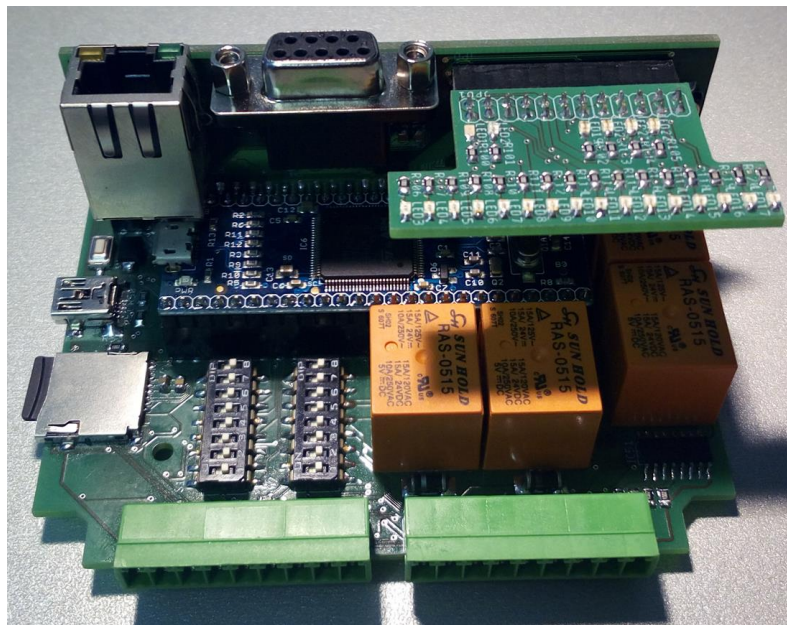
Třetí deska slouží k zobrazení aktuálních stavů vstupů a výstupů rozsvícením příslušných led diod.

Celé schéma tří desek i návrh DPS jsou umístěny v příloze č.3.

## 5.2 VÝROBA DPS

Kompletní návrh I/O zařízení byl proveden v softwaru Eagle. Desky jsou navrženy jako dvouvrstvé s prokovy. Většina použitých součástek je typu SMD.

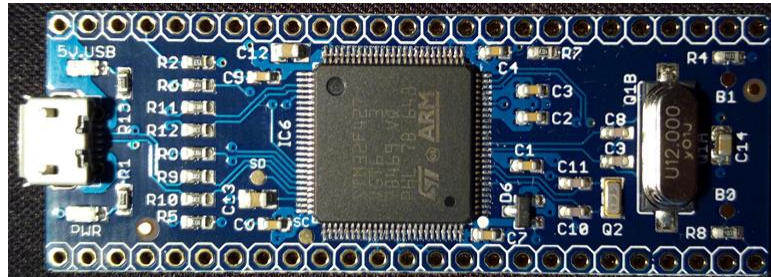
Pro výrobu desek plošných spojů byla zvolena firma Gatema, která příslušné desky vyrobila. Poté byly desky osazeny všemi potřebnými součástkami (obr. 5.9).



Obr. 5.9 – I/O zařízení, DPS

## 5.3 MIKROKONTROLER

I/O zařízení je obsluhováno pomocí mikrokontroleru s jádrem Cortex-M4 a čipem STM32F427VG (obr. 5.10). Tento mikrokontroler pracuje na frekvenci 180 MHz, má 156KB paměti RAM a 256 KB paměti Flash.



Obr. 5.10 – Mikrokontroler s čipem STM32F427VG

### 5.3.1 Programování

Mikrokontroler umožňuje programování v programovacím jazyku C# a použití knihoven NETMF. Obslužný program (obr. 5.11) je poté převeden do formátu HEX, který je nahrán do mikrokontroleru pomocí bootloaderu.

```
private static void NETInit()
{
    ethENC28J60 = new GHI.Networking.EthernetENC28J60(Microsoft.SPOT.Hardware.SPI.SPI_module.SPI2,
    GHI.Pins.G80.Gpio.PB5,
    GHI.Pins.G80.Gpio.PB7,
    GHI.Pins.G80.Gpio.PB6);
    htEthernet = new HTEthernet(ethENC28J60);
    htEthernet.Init();

    myWebServer = new MyWebServer(80, 10000);
    myWebServer.CommandReceived += new MyWebServer.GetRequestHandler(ProcessClientGetRequest);
    myWebServer.Start();
}

private static void ProcessClientGetRequest(object obj, MyWebServer.WebServerEventArgs e)
{
    try
    {
        string strResp = "HTTP/1.1 200 OK\r\nContent-Type: text/html; charset=UTF-8\r\nCache-Control: no-cache\r\nConnection: close\r\n\r\n";
        byte[] messageBody = null;

        if (e.rawURL.IndexOf("favicon.ico") != -1)
        {
            MyWebServer.SendFileOverHTTP(e.response, @"SD\www\wwwFiles\favicon.ico");
            return;
        }

        if (e.rawURL.IndexOf("wwwFiles/") != -1)
        {
            string url = Replace(e.rawURL, "/", @"\");
            MyWebServer.SendFileOverHTTP(e.response, @"SD\www\" + url);
            return;
        }
    }
}
```

Obr. 5.11 – Část obslužného programu

## 6 SOFTWARE

K ovládání CNC frézky se používá ovládací software. Tímto softwarem je frézka manuálně ovládána nebo je jejím prostřednictvím spuštěn příslušný obráběcí program.

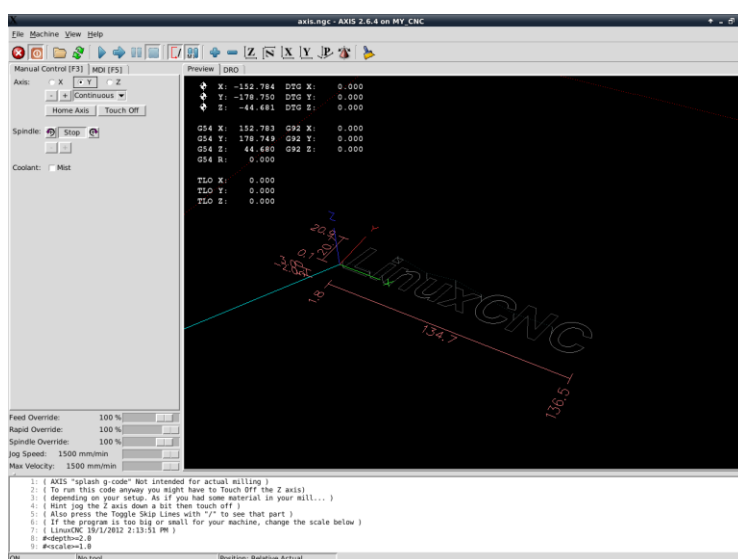
### 6.1 LINUXCNC

K řízení CNC frézky je použito řídicího softwaru LinuxCNC, který pracuje pod operačním systémem Linux. Jedná se o open-source software, jehož název byl dříve EMC2. LinuxCNC dokáže ovládat až devíti-osé CNC stroje použitím standartního G-Code. Operační systém Linux je nainstalován na osobním počítači, jehož doporučené minimální parametry by měly být 1.2 GHz CPU a 512 MB RAM.

Základní princip ovládání CNC stroje je následný. Nejdříve se přečte aktuální pozice jednotlivých os, dále se dopočítá nová cílová pozice a na závěr se vypočítaný výsledek zapíše na hardware. Software pracuje se strojem v reálném řízení, proto je potřeba zvolit také vhodné rozhraní, jako je paralelní port nebo Ethernet (Linux CNC, 2016).

#### 6.1.1 Prostředí LinuxCNC

Při spuštění LinuxCNC se zobrazí hlavní okno programu (obr. 6.1). V hlavním okně se zobrazují potřebné informace pro správnou obsluhu CNC frézky. Informace tvoří celky, které budou představeny zvlášť.



Obr. 6.1 – Hlavní okno programu

## 6.1.2 Vizualizace obrobku a reálné informace

Panel vizualizace ukazuje tvar a jednotlivé vrstvy nahraného programu ve 3D prostoru. Dále zobrazuje aktuální polohu obráběcího nástroje a při spuštěném programu se pohybuje po zobrazených vektorech obrobku. Tím lze mít vizuální kontrolu skrze PC.

Dále se zde zobrazují informace o aktuálních polohách všech os, a to číselně (obr. 6.2). Těchto hodnot se využívá při nastavování nulové pozice před zahájením obrábění.

X:	-152.784	DTG X:	0.000
Y:	-178.750	DTG Y:	0.000
Z:	-44.681	DTG Z:	0.000

Obr. 6.2 – Hodnoty aktuálních pozic os

## 6.1.3 Panel nástrojů

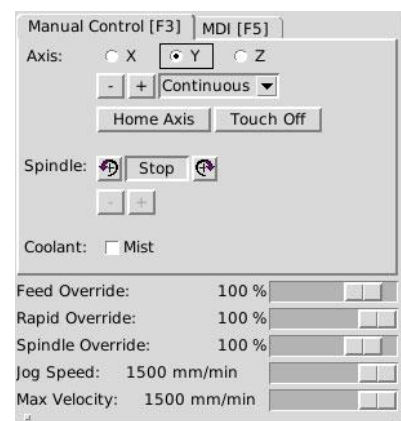
V horní části se nachází hlavní ovládací panel (obr. 6.3). Popis jednotlivých tlačítek zleva je následující. První tlačítko slouží k nouzovému zastavení stroje, nazývá se E-stop. Druhé tlačítko odblokuje signál Enable, tím se proud dostane k motorům a je povoleno manuální ovládání stroje. Další dvě tlačítka slouží k načtení a aktualizaci programu. Následná čtveřice tlačítek obsluhuje start, stop a pauzu příslušného programu nebo posun o jeden krok v G-Codu programu. Následná dvojice tlačítek povolí reálné zobrazení, kde se právě nachází obráběcí nástroj v 3D prostoru vizualizace. Posledních 9 tlačítek slouží k obsluze 3D vizualizace, otáčí pohled vizualizace ve 2D pohledech nebo zobrazí 3D pohled. Je zde i možnost smazat zobrazovaný záznam dráhy, kterou již nástroj vykonal.



Obr. 6.3 – Horní panel nástrojů

## 6.1.4 Panel Manual Control

V tomto panelu (obr. 6.4) je možnost nastavit, o jakou hodnotu se má osa pohnout, a to při manuálním posuvu šipkami. Pro jednotlivé osy lze manuálně volit jejich výchozí polohu. Ve spodní části se nastavuje rychlost pojezdů jak při obrábění, tak i při rychloposuvu.



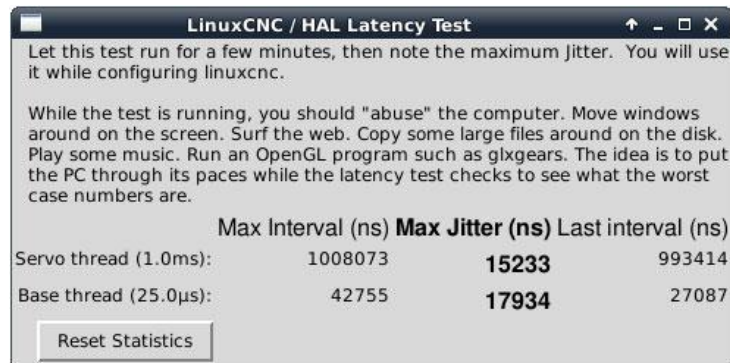
Obr. 6.4 – Horní panel nástrojů

## 6.2 KONFIGURACE

V konfiguraci řídicího softwaru LinuxCNC se nastavují příslušné parametry pro správný chod krokových motorů. Dále se zde nastavují vstupní a výstupní periferie a vše potřebné k propojení softwaru s hardwarem.

### 6.2.1 Latency Test

Latency test je první a nejdůležitější zkouškou hardwaru osobního počítače. Tímto testem je zjištěno, zda je zvolený PC vhodným kandidátem pro použití řídicího softwaru LinuxCNC. Latency test (obr. 6.5) zjistí, jak je hardware PC schopný reagovat na externí žádost. PC tvoří tímto tzv. hodinový impuls CLK, který slouží jako referenční čas pro impulzy krokových motorů. Rychlost CPU není jediným faktorem při určování latence. Jsou jím i ostatní komponenty, jako např. základní deska, grafická karta nebo ostatní porty PC. Čím je latence nižší, tím je větší CLK a tím pádem plynulejší generované pulzy. V realizaci se dosáhlo výsledku okolo 17 000 ns, což je velice uspokojivý výsledek (Linux CNC, 2017).



LinuxCNC / HAL Latency Test

Let this test run for a few minutes, then note the maximum jitter. You will use it while configuring linuxcnc.

While the test is running, you should "abuse" the computer. Move windows around on the screen. Surf the web. Copy some large files around on the disk. Play some music. Run an OpenGL program such as glxgears. The idea is to put the PC through its paces while the latency test checks to see what the worst case numbers are.

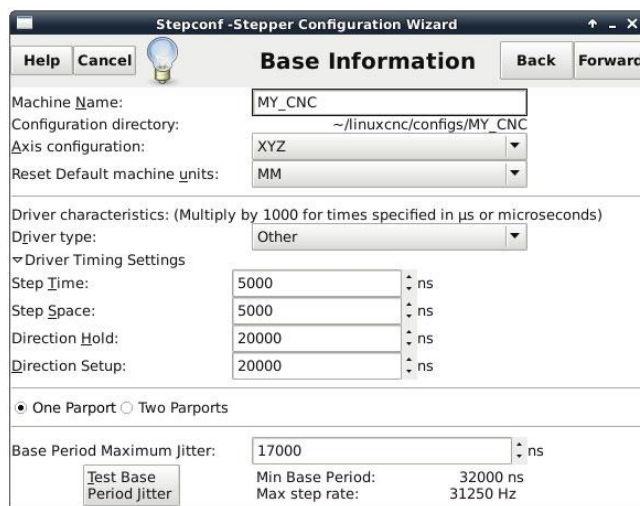
	Max Interval (ns)	Max Jitter (ns)	Last interval (ns)
Servo thread (1.0ms):	1008073	<b>15233</b>	993414
Base thread (25.0μs):	42755	<b>17934</b>	27087

Reset Statistics

Obr. 6.5 – Latency Test osobního počítače

## 6.2.2 Základní konfigurace

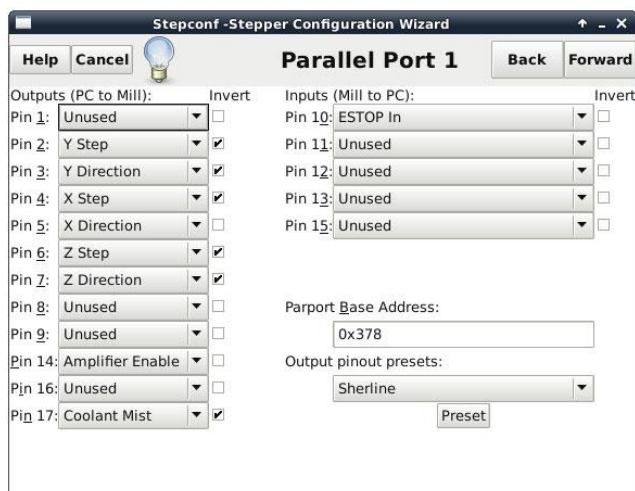
Na první obrazovce v konfiguraci lze nastavit základní parametry pro zvolené použití (obr. 6.10). Volí se počet používaných os, v jakých jednotkách se budou odečítat vzdálenosti. Zde je nastaven hodinový impulz pro motory. Nastavení obsahuje i zjištěnou hodnotu Latency Testu.



Obr. 6.6 – Základní konfigurace

## 6.2.3 Konfigurace LPT portu

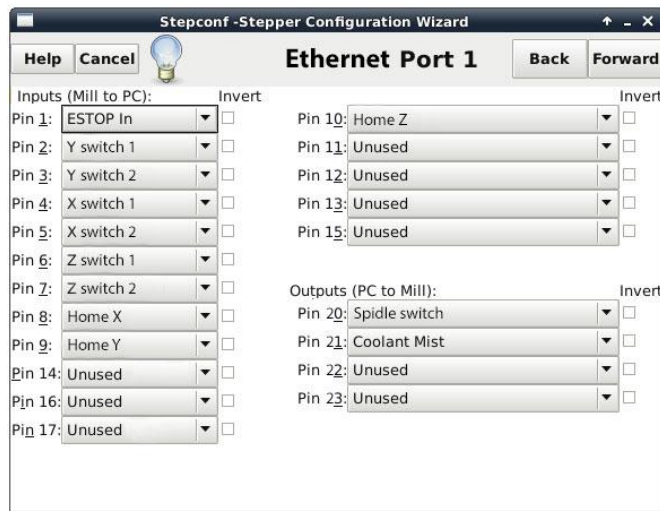
Pro správné fungování elektroniky stroje je třeba nastavit příslušné piny paralelního portu (obr. 6.7). K jednotlivým pinům se přiřadí odpovídající funkčnost se zapojením na oddělovací desce. Nastavujeme signály STEP a DIR pro jednotlivé osy. Vstup je zde obsažen pouze jeden, a to E-STOP pro nouzové zastavení stroje.



Obr. 6.7 – Konfigurace LPT portu

## 6.2.4 Konfigurace Ethernet portu

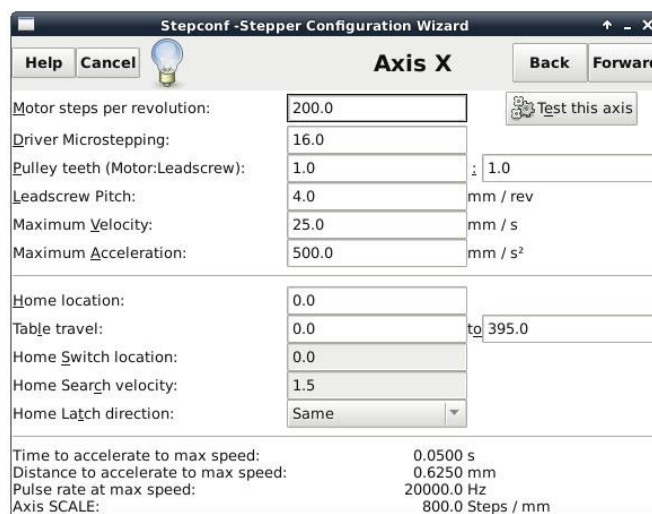
Pro správné fungování vytvořené I/O desky je třeba provést její konfiguraci (obr. 6.8). Je potřeba nastavit správné vstupní piny pro koncové spínače k jednotlivým osám. Taktéž je potřeba nastavit, na jakých pinech budou výstupy I/O desky pro připojení ostatních periferií.



Obr. 6.8 – Konfigurace Ethernet portu

## 6.2.5 Konfigurace os a motorů

V této části se nastavují parametry pro jednotlivé osy (obr. 6.9). Zde je uveden příklad pro jednu osu. Nastavení obsahuje počet kroků na otáčku, zvolené mikrokrokování na driveru, maximální rychlosti posuvu a rozsah os.



Obr. 6.9 – Konfigurace os a motorů



## 7 TESTOVÁNÍ FUNKČNOSTI

Po sestavení celé CNC frézky bylo zapotřebí vyzkoušet její funkčnost. První testy probíhaly pohybováním jednotlivými osami v ručním režimu řízení. Po testování bylo potřeba změnit parametry konfigurace motorů na vyšší hodnoty rychlosti posuvů. Další test probíhal s vytvořeným obráběcím programem v automatickém režimu. Testovací program obsahoval tři jednoduchá písmena (obr. 7.1). Tento program byl nejdříve spuštěn bez obráběcího nástroje a v jiné výšce, aby nedošlo k poškození stroje.

Po úspěšných testech byl program spuštěn s vřetenem a obráběcím nástrojem. Zvoleným nástrojem byla čtyř-břítá fréza s průměrem 5 mm. Použitým materiálem při testech byla buková deska, do které byl vyfrézován testovací program. Výsledný obrobek byl vyfrézován s přesností na 0,05 mm.



Obr. 7.1 – Testovací obrobek

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a vytvořit CNC frézku pro obrábění dřeva a měkkých kovů. Návrh konstrukce byl realizován pomocí CAD softwaru, ve kterém vznikla vizualizace ve 3D. Při výrobě se postupovalo dle vytvořeného návrhu.

V průběhu realizace výroby byl zjištěn nedostatek potřebných vstupů a výstupů na oddělovací desce, která slouží k ovládání elektronických komponent frézky. Proto bylo navrženo vstupně / výstupní zařízení, které rozšiřuje hardwarové vstupy a výstupy pro připojení periférií stroje.

Použitý program LinuxCNC pro ovládání frézky se ukázal jako velmi funkční a stabilní systém pro CNC stroje. Umožňuje velké množství nastavení při modifikaci funkcionalit a úpravy grafického vzhledu programu.

Pro ověření funkčnosti vytvořené CNC frézky sloužil testovací obrobek, na kterém byla zjištěna předpokládaná přesnost  $\pm 0,05$  mm. Výsledná tuhost konstrukce a přesnost polohování splnily očekávání.

Návrh pro vylepšení frézky je použití prizmatického lineárního vedení pro získání větší tuhosti stroje a zároveň použití kuličkového šroubu pro lineární posuvy. Jako další vylepšení by mohlo být přidání odsávání pro odvod pilin. Dalším plánovaným vylepšením do budoucna je osadit stroj laserovým modulem pro gravírování.

## POUŽITÁ LITERATURA

- BARTOŠ, L. 2015. Druhy obráběcích strojů [online]. Olomouc. [cit. 2017-11-08]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1818>
- CNC Shop. 2017. Produkty [online]. Holasovice. [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: <http://www.cncshop.cz/katalog>
- C-N-C. 2015. Deska HY-JK02-M a Driver HY-DIV268N-5A [online]. Mex. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://forum.strojirenstvi.cz/viewtopic.php?f=48&t=17837>
- C-N-C. 2017. Nastavení mikrokrokování [online]. Chb. [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <https://forum.strojirenstvi.cz/viewtopic.php?f=18&t=23868>
- C-N-C. 2017. Step a dir [online]. Testone [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <http://forum.strojirenstvi.cz/viewtopic.php?f=24&t=11339&start=0>
- HCNCA. 2017. Stepper Driver - Economy - HY-DIV268N-5A [online]. Hobby cnc Australia. [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <http://hobbycncaustralia.bigcartel.com/product/stepper-driver-economy>
- KEDAI ROBOT. 2017. Roller micro switch omron V-156-1C25. [online]. Kedairobot [cit. 2017-10-20]. Dostupné z: <http://kedairobot.com/sensor/405-roller-micro-switch-omron-v-156-1c25.html>
- KELLER, P. 2005. Programování a řízení CNC strojů. [online]. Technická univerzita v Liberci. [cit. 2017-10-22]. Dostupné z: [http://www.kvs.tul.cz/download/cnc\\_cadcam/pnc\\_2.pdf](http://www.kvs.tul.cz/download/cnc_cadcam/pnc_2.pdf)
- LINUXCNC. 2016. Hardware Requirements (for current versions of EMC2) [online]. LinuxCNC. [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: [http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/wiki.pl?Hardware\\_Requirements](http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/wiki.pl?Hardware_Requirements)
- LINUXCNC. 2017. Latency Test [online]. LinuxCNC. [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://linuxcnc.org/docs/html/install/latency-test.html>
- MAKERS HUT. 2015. Mach3 5 Axis CNC Interface Adapter Breakout Board For Stepper Motor + USB Cable [online]. Makers Hut. [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: <https://www.makers-hut.com/product/mach3-5-axis-cnc-interface-adapter-breakout-board-for-stepper-motor-usb-cable/>
- POHONNATECHNIKA. 2017. Princip – Krokový motor [online]. Pohonnatechnika [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <http://www.pohonnatechnika.cz/skola/motory/krokovy-motor>
- SOCHOVÁ, H. Skácelík, J. a kol. 2015. Stroje pro frézování [online]. Olomouc. [cit. 2017-11-08]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1227>
- Středisko praktického vyučování PBS Velká Bíteš. 2011. Obecný úvod do problematiky CNC programování. [online]. Velká Bíteš. [cit. 2017-11-1]. Dostupné z: [http://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijni-materialy/VUKOV\\_TEXT\\_-\\_1.ST.pdf](http://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijni-materialy/VUKOV_TEXT_-_1.ST.pdf)
- THÜRING, J. 2008. Volba kuličkových šroubů [online]. Praha. [cit. 2017-10-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/volba-kulickovych-sroubu.html>

# **PŘÍLOHY**

**A - CD**

**Příloha k bakalářské práci**

Konstrukce CNC frézky

David Bradáč

**CD**

## **Obsah**

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF
- 2 3D vizualizace v programu SketchUp
- 3 Schéma a návrh DPS v softwaru Eagle
- 4 Fotky CNC frézky a výrobků