

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Bakalářská práce

Dělicí přístroj pomocí platformy Arduino

Jan Latislav

© 2020 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Latislav

Systemové inženýrství a informatika
Systemové inženýrství

Název práce

Dělicí přístroj pomocí platformy Arduino

Název anglicky

Divider device using Arduino platform

Cíle práce

Hlavní cíl práce je vytvořit dělicí přístroj za pomoci platformy Arduino. Přístroj bude dělit materiál za pomoci frézy. V rámci práce bude vytvořena hardwarová i softwarová část přístroje.

Metodika

V teoretické části proběhne studium odborné literatury pro platformu Arduino. Dále budou popsány použité hardwarové komponenty a možnosti dělicího přístroje.

V praktické části práce, na základě poznatků z teoretické části bude navržen a vytvořen prototyp na platformě Arduino a na základě toho poté bude zformulován závěr a případné doporučení.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

Arduino, dělicí přístroj, krokový motor, fréza

Doporučené zdroje informací

BANZI, Massimo a Michael SHILOH. *Getting started with Arduino*. Third edition. Sebastopol, CA: MakerMedia, [2015]. ISBN 1449363334

BELL, C A. *Beginning sensor networks with Arduino and Raspberry Pi*. [New York, New York]: Apress, 2013. ISBN 1430258241.

MONK, Simon. *Programming arduino: getting started with sketches*. 2nd edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2016. ISBN 9781259641633.

SELECKÝ, Matúš. *Arduino: uživatelská příručka*. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4840-2.

VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stríž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Marek Pícka, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačního inženýrství

Elektronicky schváleno dne 19. 11. 2020

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 11. 2020

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 01. 02. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Dělicí přístroj pomocí platformy Arduino" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.3 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Ing. Markovi Píckovi, Ph.D. za odborné vedení a rady při zpracování této práce a dále mému strýci Ing. Jiřímu Zalabákovi za rady a sestavení konstrukce dělicího přístroje.

Dělicí přístroj pomocí platformy Arduino

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá možným návrhem, sestavením a naprogramováním dělicího přístroje na platformě Arduino. Zařízení využívá krokového motoru k otáčení mechanismu dělicího přístroje pro přesné polohování. Systém se skládá z programovatelného modulu Arduino, příslušných periférií a shieldů kompatibilních s vývojovou platformou a vhodným ovládacím driverem pro vybraný krokový motor.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě základní části. V teoretické části je popsáno fungování dělicího přístroje. Dále je provedena analýza typů dělicích přístrojů. Poté následuje návrh vlastního dělicího zařízení s výběrem vhodných komponent.

Praktická část se zabývá sestavením jednotlivých komponent, vytvořením programu a následným zprovozněním.

Klíčová slova: Arduino, dělicí přístroj, krokový motor, driver,

Divider device using Arduino platform

Abstract

This bachelor thesis deals with the possible design, assembly and programming of dividing devices on the Arduino platform. The device used by a stepper motor to rotate the mechanism of the dividing device for precise positioning. The system consists of a programmable module Arduino, appropriate peripherals and shields compatible with the development platform and a suitable control driver for the selected stepper motor.

The bachelor thesis is divided into two basic parts. The theoretical part describes the operation of the divider. Furthermore, the analysis of the types of dividing devices is performed. This is followed by the design of your own dividing device with the selection of suitable components.

The practical part deals with the assembly of individual components, program creation and subsequent commissioning.

Keywords: Arduino, dividing apparatus, stepper motor, driver,

Obsah

1	Úvod	12
2	Cíl práce a metodika	13
2.1	Cíl práce	13
2.2	Metodika.....	13
3	Teoretická východiska	14
3.1	Dělicí přístroj	14
3.1.1	Dělení dělicích přístrojů	14
3.1.2	Druhy dělení	16
3.2	Komerčně vyráběné dělicí přístroje.....	18
3.3	Platforma Arduino	20
3.3.1	Mikrokontroléry Arduino	20
3.4	Komponenty.....	22
3.4.1	Model Arduino Mega 2560	22
3.4.2	Model Arduino Uno	23
3.4.3	Krokový motor	24
3.4.4	Driver CW-5045	30
3.4.5	NEMA 23.....	32
3.4.6	Displej 16x2	32
3.4.7	Membránová klávesnice	34
4	Vlastní práce	35
4.1	Dělicí přístroj	35
4.2	Elektronické zapojení.....	36
4.2.1	Návrh zapojení LCD displeje 16x2.....	36
4.2.2	Návrh zapojení maticové membránové klávesnice	37
4.2.3	Zapojení krokového motoru.....	38
4.3	Mechanické zpracování	39
4.3.1	Ovládací panel	39
4.3.2	Dělicí přístroj	40
4.4	Softwarové vybavení	41
4.4.1	Struktura programu	41
5	Výsledky a diskuse	43
6	Závěr	44

7	Seznam použitých zdrojů	45
8	Přílohy	46

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Tabulka kombinací mikrokrokování.....	31
Tabulka 2 - Tabulka kombinací velikosti proudu	31

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Jednoduchý dělicí přístroj.....	14
Obrázek 2 - Univerzální dělicí přístroj.....	15
Obrázek 3 - Dělicí přístroj NIKKEN CNC260B	18
Obrázek 4 - Dělicí přístroj TROYKE.....	18
Obrázek 5 - Dělicí zařízení Sherline	19
Obrázek 6 - Arduino IDE.....	21
Obrázek 7 - Arduino MEGA 2560	22
Obrázek 8 - Arduino UNO.....	23
Obrázek 9 - Bipolární motor a způsob propojení jeho vinutí	24
Obrázek 10 - Lineární krokový motor.....	27
Obrázek 11 - Bipolární jednofázové řízení s plným krokem.....	28
Obrázek 12 - Bipolární dvoufázové řízení s plným krokem.....	29
Obrázek 13 - Bipolární řízení s polovičním krokem	29
Obrázek 14 - Driver CW-5045.....	30
Obrázek 15 - Krokový motor NEMA 23	32
Obrázek 16 - LCD displej 16x2	33
Obrázek 17 - I2C převodník	34
Obrázek 18 - Membránová klávesnice 4x4	34
Obrázek 19 - Schématické zapojení sestavy dělicího přístroje.....	36
Obrázek 20 - Zapojení LCD displeje.....	37
Obrázek 21 - Zapojení maticové klávesnice 4x4	37
Obrázek 22 - Schéma zapojení krokového motoru s driverem.....	38
Obrázek 23 - Schématické zobrazení ovládacího panelu	39
Obrázek 24 - Univerzální dělicí přístroj	40
Obrázek 25 - Vývojový diagram hlavního programu.....	42

Seznam použitých zkratk

I2C	Inter Integrated Circuit
IDE	Integrated development environment
LCD	Liquid Crystal Display
USB	Universal Serial Bus
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
PWM	Pulse Width Modulation
SRAM	Static Random Access Memory
CNC	Computer Numerical Control

1 Úvod

V dnešní době si už chod společnosti bez elektroniky nedokážeme představit. Vyskytuje se v nepřeberném množství odvětví. Ať už se jedná o průmysl nebo o domácnost vždy tam elektroniku najdeme ve velkém množství. Asi se shodneme na tom že rutinní a opakující se práce baví málokoho. Většinu těchto činností je dnes už možné automatizovat. Jedna z takovýchto činností je například dělení materiálu při kovoobrábění.

Pro zautomatizování této činnosti jsem si vybral platformu Arduino už jen pro jeho velmi nízké ceny a dostupnosti na trhu ať už samotného Arduina jakožto vývojové platformy tak i jeho modulů které slouží pro ovládání či zobrazování informací a zároveň spousty návodů které jsou volně k dispozici na internetu.

Tato práce se zabývá vytvořením dělicího přístroje což je zařízení, které slouží k natáčení obrobku o příslušný úhel, popř. k rozdělení obrobku na chtěný počet dílů. Práce se dělí na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část se zaměřuje na popis jednotlivých komponent, která jsou použita v návrhu a realizaci zařízení. Dále rozbor hardware jednodeskových počítačů platformy Arduino.

Praktická část popisuje řešení použité při zhotovení dělicího přístroje a v poslední části bych chtěl porovnat svůj dělicí přístroj s nějakým průmyslovým.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je navrhnout a vytvořit prototyp dělicího přístroje pro domácí použití pomocí platformy Arduino. Systém má za úkol uživateli usnadnit a zpříjemnit práci s dělicím přístrojem.

Zařízení bude tvořeno spolehlivými a přesnými součástkami, které budou snadno dostupné a budou za přijatelnou cenu.

Dělicí přístroj bude tvořen krokovým motorem, který bude namontovaný místo obvyklého ručního polohování. Dělicí zařízení se bude ovládat přes ovládací panel, na který se bude zadávat úhel natočení anebo na jaký počet dílů chceme upnutý obrobek rozdělit. Zařízení bude sloužit jako příslušenství např. pro frézku, které bude přenosné. Ovládací panel bude umístěn na stole vedle frézky.

2.2 Metodika

Tato práce je zpracována na základě dostupných internetových zdrojů, návodů ke komponentům a odborné literatury.

První část práce bude sloužit jako úvod k problematice a budou v ní popsány základní dělicí přístroje a jejich typy doplněné o ilustrativní obrázky. Dále je zde uvedena rešerše komerčně vyráběných dělicích přístrojů. Ke konci teoretické části jsou uvedeny informace o vybraných mikrokontrolerech Arduino s vhodnými periferiemi pro vytvoření vlastního domácího dělicího přístroje.

Praktická část této práce bude věnována schématickým zapojením vybraných komponent pro sestavení vlastního dělicího přístroje a následným umístěním do rozvodné krabice. Dále se v této kapitole nachází program, který bude doplněn o potřebné komentáře. Ke konci této kapitoly bych rád porovnal cenu mého domácího dělicího přístroje s komerčně vyráběným řešením.

3 Teoretická východiska

3.1 Dělicí přístroj

Obrobky, které mají mít na obvodu nebo na čele určitý počet pravidelně rozmístěných drážek, ploch nebo vybrání, se frézují dělicím způsobem za pomoci dělicího přístroje. Tohoto způsobu se využívá zejména při frézování přímých i šroubových drážek, zubových mezer ozubených kol a podobně. Dělicí přístroje patří k nejpoužívanějším přídatným zařízením používaných na frézkách slouží k natáčení obrobku o příslušný úhel, popř. k rozdělení obrobku na příslušný počet dílů. (1)

3.1.1 Dělení dělicích přístrojů

Dělí se na:

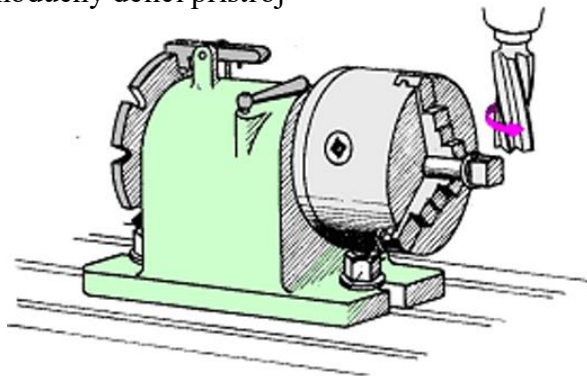
- Jednoduché
- Univerzální

Jednoduchý dělicí přístroj

Skládá se z tělesa dělicího přístroje, dělicího kotouče pro přímé dělení, západky, sklíčidla, upínacího šroubu a šroubu k zajištění polohy vřetena.

Toto zařízení se používá jen u jednoduchého obrábění, např. při frézování čtyřhranných nebo šestihranných hlav šroubů a matic. Konstrukce dělicího přístroje umožňuje rozdělit obvod na omezený počet dílů. Počet je dán počtem drážek nebo otvorů na dělicím kotouči, ten má zpravidla 24 zářezů. Obrobek můžeme rozdělit jen na 2,3,4,6,8,12 a 24 stejných dílů. (1)

Obrázek 1 - Jednoduchý dělicí přístroj



Zdroj: (2)

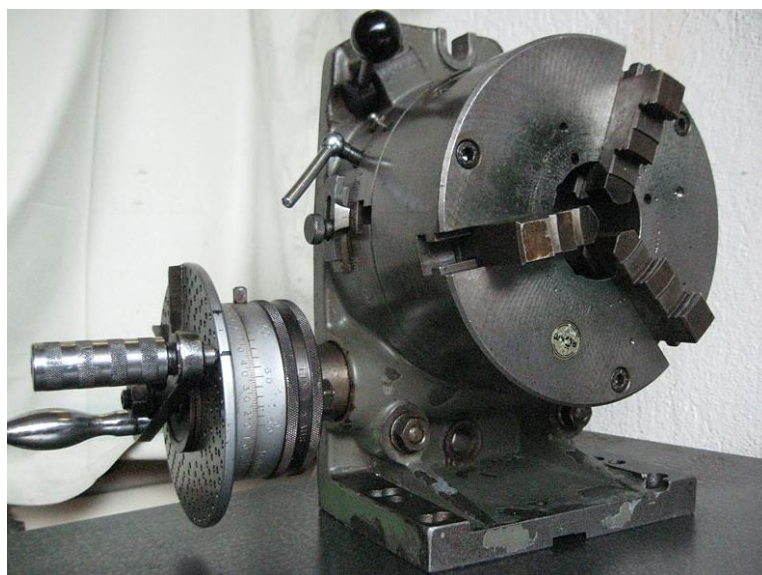
Univerzální dělicí přístroj

Podobně jako otočné stoly rozšiřuje pracovní možnosti stroje. Dodává se jako zvláštní příslušenství frézek se soupravou výměnných kol a několika dělicími kotouči.

Používáme jej pro přímé, nepřímé i diferenciální dělení. Při přímém dělení má stroj dělicí kotouč nasazen a připevněn na předním konci dělicího vřetene. V kotouči máme vyvrtáno 24, 36, popřípadě 48 otvorů, do kterých zapadá odpružený kolík, který je uložen v tělese přístroje. Princip dělení je stejný jak u jednoduchého dělicího přístroje. K nepřímému a diferenciálnímu dělení nám slouží kotouč s otvory o různém počtu na čelní ploše soustředěnými do kruhů. Počet děr je např.: 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 27, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49. Vřetenem přístroje otáčíme pomocí kliky, která otáčí ozubeným soukolím z_1, z_2 s převodovým poměrem 1:1 a přes šnek se šnekovým kolem. Šnekové kolo má převodový poměr obvykle 1:40 (1:60, 1:80).

(3)

Obrázek 2 - Univerzální dělicí přístroj



Zdroj: (4)

3.1.2 Druhy dělení

Dělí se na:

- Přímé
- Nepřímé
- Diferenciální

Přímé dělení

U přímého dělení se potřebné rozteče na obrobku dosáhne přímo vyměnitelným dělicím (západkovým) kotoučem, bez převodového soukolí na ručním dělicím přístroji, a není zapotřebí žádných zvláštních výpočtů. Proto se toto dělení nazývá dělení přímé. K tomu účelu musíme ovšem mít dělicí kotouče, u nichž se počet zářezů pro západku shoduje s roztečí nebo s jejími násobky, jež jsou vyjádřeny celými čísly.

Dělicím kotoučem, který má na př. 12 zářezů pro západku, dosáhneme dělení na 2, 3, 4, 6 nebo 12 stejných roztečí nikoliv však jinak. Z toho vyplývá, že přímým dělením lze dosáhnout jen takových roztečí, pro které máme vyhovující dělicí kotouče (5)

Počet zářezů, o které musíme pootočit dělicí kotouč, se vypočítá z jednoduchého vztahu:

$$n = p/z$$

Kde: n je počet posunutí

p je počet drážek na výměnném dělicím kotouči

z je počet drážek na obrobku

Nepřímé dělení

Takové soukolí se skládá ze, šneku a šnekového kola, jejichž převod bývá většinou 1:40. Dělicí přístroj se šnekovým soukolím pracuje takto: Dělicího pohybu se dosahuje dělicí klikou, která je spojena s hřídelem šneku. Do dírek dělicího kotouče zapadá přitom kolík uložený v rukojeti dělicí kliky, který zajišťuje správné nastavení rozteče. Dělicí kotouč se ve své poloze udržuje západkovým čepem

Tento způsob využíváme tehdy, jestliže si nevystačíme s dělením jednoduchým. Tento způsob se používá méně často. (5)

Počet, o který musíme posunout klikou s indexovacím kolíkem se vypočítá ze vztahu:

$$n = i/T$$

Kde i je převod např. 40

n je počet dělení

T je počet drážek na obrobku např. počet skosení matice

Diferenciální dělení

Nepřímým dělením mohou být prováděna pouze taková dělení, u kterých po úpravě zlomku získáme ve jmenovateli počet otvorů některé roztečné kružnice, např. $9/15$ - ve jmenovateli je 15 a na dělicím kotouči máme roztečnou kružnici s celkem 15 otvory. Univerzální dělicí přístroj je vybaven výměnnými ozubenými koly, která slouží pro diferenciální dělení. Vložené kolo určuje, kterým směrem se bude otáčet dělicí kotouč při otáčení klikou (klikou otáčíme vždy ve směru hod. ručiček). (6) (7)

3.2 Komerčně vyráběné dělicí přístroje

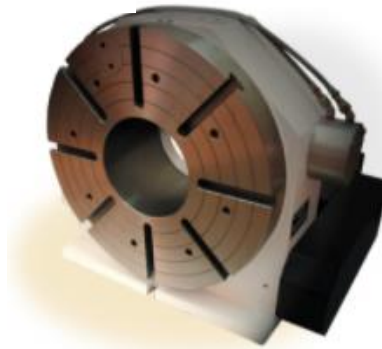
Obrázek 3 - Dělicí přístroj NIKKEN CNC260B



Zdroj: (8)

NIKKEN CNC260B je vybaven upínací deskou o průměru 260 mm. Toto dělicí zařízení je konstruováno pro obrábění za souvislého otáčení při řezu. Proto je schopno vyvinout 192 N/m. Většina CNC děliček má rozlišení 0.001 °. Dělička je také vybavena brzdou šnekového soukolí, avšak při této aplikaci se moc nepoužívá. Cena tohoto dělicího přístroje se pohybuje kolem 70 000 Kč, což z něho dělá poměrně drahé zařízení pro domácí použití. (8)

Obrázek 4 - Dělicí přístroj TROYKE



Zdroj: (9)

Toto dělicí zařízení je parametricky podobné k předchozímu přístroji. Tento výrobce má hlavní výhodu ve velkém otvoru skrz dělicí přístroj tudíž má větší využití hlavně při tvorbě konců dlouhých hřídelí. Přesnou cenu sem v tomto případě nedohledal nicméně věřím, že se budeme pohybovat v podobných sférách cen jako v prvním případě. (9)

Zařízení Sherline je určeno hlavně pro modelářské účely, a proto není dostatečně tuhé pro obrábění na výkonných strojích. Stůl má velikost 4“ je poháněn krokovým motorem, který je napájen 110 V AC adaptérem. Řízení je prováděno ovládacím panelem od značky Mumford. Cena tohoto přístroje se pohybuje okolo 20 000Kč. (10)

Obrázek 5 - Dělicí zařízení Sherline



Zdroj: (10)

3.3 Platforma Arduino

Vše začalo v roce 2005, když se ve městě Ivrea lidé z institutu Interaction Design Institute rozhodli vytvořit primitivní a levný vývojový set pro studenty, kteří si nemohou finančně dovolit na tehdejší dobu tak drahé desky jako byl například BASIC Stamp. Mezi studenty se Arduino velmi rychle uchytilo na základě toho se tvůrci rozhodli poskytnout projekt celému světu. Velké rozšíření však nebylo způsobeno samotným prodejem desek, ale hlavně sdílením všech schémat a návodů celému světu (jedná se totiž o Open Source projekt). Programová část Arduina byla založena na Processing, což je knihovna pro jazyk Java, ke které je přidán i vlastní editor. Vše má za cíl co nejvíce zjednodušit výuku programování. Od roku 2005 již bylo vytvořeno spousta různých typů Arduina a jelikož se jedná o Open Source projekt, vznikalo společně s hlavní linií projektů i mnoho dalších a zároveň i neoficiálních typů tzv. Klonů. (11)

3.3.1 Mikrokontroléry Arduino

Jak bylo již řečeno platforma Arduino je Open Source hardware, která umožňuje ovládání nepřeberného množství elektronických komponent. Arduino je založeno na mikroprocesorech od firmy Atmel ze série ATmega.

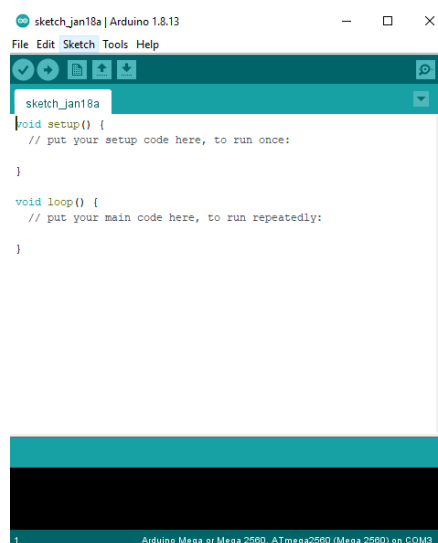
Arduino je možné programovat skrze vývojové prostředí Arduino IDE (Obrázek 3), které může být nainstalováno na jakémkoliv počítači, systémové požadavky jsou velice nízké ve své podstatě se jedná pouze o textový editor. Během psaní této práce jsem zjistil, že je možné Arduino programovat také v jiném vývojovém prostředí například se softwarem Visual studio code.

Mikrokontroléry Arduino se programují v jazyce Wiring, což je programovací jazyk vytvořený pro programování mikrokontroléru bez specifických znalostí hardware. Vychází z jazyka C++. V jazyce Wiring lze programovat kromě Arduina také například desky od společnosti Espressif s čipy ESP32 nebo ESP8266.

Program v jazyce Wiring se nazývá sketch a ten má dvě hlavní části jedna z nich je `setup()` tj. funkce, která se spustí jen na začátku programu při takzvané inicializaci kde se nastaví všechny vstupy/výstupy. Druhá část se nazývá `loop()` což jak z názvu napovídá je smyčka kde je umístěn daný program, který se neustále opakuje dokud zařízení neodpojíme od zdroje elektrické energie a nebo nezmačkneme tlačítko RESET napájené na desce Arduina. Vybraná

deska Arduina je pak připojena pomocí USB kabelu do příslušného portu musí být však přítomný převodník, který se nachází na pevno připájený na desce anebo ho čipy mají integrované, pokud by tak nebylo museli bychom použít externí převodník. Mezi hlavní benefity Arduina patří uživatelsky jednoduchý software a příznivá cena. V dnešní době globalizace se mikrokontroléry Arduino prodávají po celém světě. Naneštěstí se ale začali objevovat klony. Klon je vlastně mnohonásobně levnější verze originálu, u kterého nejsou použity stejně kvalitní součástky, ale jejich funkčnost je stejná. Jako jeho další výhodou bych vnímal to, že Arduino má již v základu předinstalovaný velký počet knihoven, které se ovšem díky jeho známosti neustále rozšiřují a aktualizují. (11) (12)

Obrázek 6 - Arduino IDE



Zdroj: Vlastní tvorba

3.4 Komponenty

Jelikož je platforma Arduino určena k dalšímu rozšiřování, obsahuje spoustu digitálních a analogových pinů, ke kterým se dá vodičem připojit další obvody, čipy, relé, paměti atd. Díky tomu je možné vytvářet unikátní sestavy.

Jako hlavní jednotkou dělicího přístroje byla vybrána deska Mega2560 s mikrokontrolérem ATmega2560 (viz Obrázek 7). Na desce se nachází 54 digitálních vstupů/výstupů ze kterých se 15 může využít jako PWM výstup, 16 analogových vstupů, 4 UART (hardwarové sériové porty), 16MHz krystalový oscilátor, konektor USB pro připojení sériové komunikace s počítačem, popř. slouží i jako napájecí konektor. Každou desku Arduina lze napájet externě pomocí tzn. Jacku. Jedna z mnoha výhod této desky je ta, že je kompatibilní s většinou shieldů určených pro starší desky jako je např. Uno. Kapacita paměti pro uložení programu je 256 kB z toho je vytyčeno 8 kB pro tzn. Bootloader, tj. malý program, který v sobě nese informaci o nynějším umístění operačního systému, aby ho mohl následně nahrát. Dále je tu operační paměť SRAM ta má velikost 8 kB. (13)

3.4.1 Model Arduino Mega 2560

Obrázek 7 - Arduino MEGA 2560



Zdroj: (13)

„S Arduino Mega2560 se dostáváme do skupiny desek, jejichž vzhled vznikl prodloužením designu Arduina Uno. Zvětšení rozměrů přináší prostor pro větší a výkonnější čipy a také více

pinů (zdiřek). Předchozí verzi bylo Arduino Mega1280. Hodí se tam, kde je zapotřebí většího výpočetního výkonu. Zajímavou odnoží této desky je Arduino Mega ADK vybavené jedním USB navíc pro připojení zařízení s Androidem.“ (11)

3.4.2 Model Arduino Uno

Obrázek 8 - Arduino UNO



Zdroj: (14)

„Arduino Uno je v současné době asi nejčastěji používaný typ desky. Je přímým pokračovatelem hlavní vývojové linie, která započala prvním Arduinem se sériovým portem místo USB, pokračující přes Arduino Extreme, NG, Diecimila a Duemilanove až k dnešnímu Uno. Na desce najdeme procesor ATmega328 a již klasické USB. Z této hlavní linie se vyvinuly i další dvě speciální desky. První z nich je Arduino Ethernet, které má stejnou výbavu jako Uno. Místo USB portu zde ale najdeme Ethernet port pro připojení k síti. Příjemná je přítomnost slotu pro microSD karty. Druhou deskou je Arduino Bluetooth. Jak už název napovídá, místo USB zde najdeme Bluetooth modul pro bezdrátovou komunikaci. Velmi odlehčenou verzí Arduina Uno je Arduino Pro. To postrádá USB port a je tedy nutné ho programovat externím převodníkem. Je určeno spíše k pevnému zabudování do nějakého projektu.“ (11)

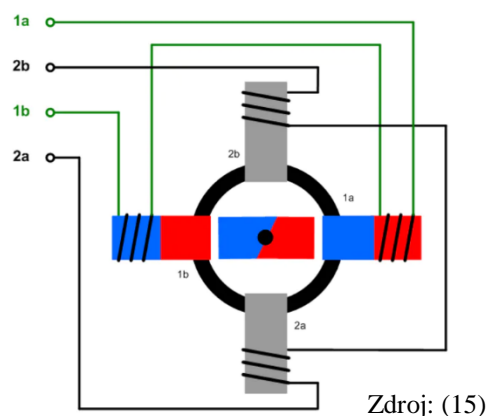
3.4.3 Krokový motor

Krokový motor je bezkartáčový stejnosměrný motor, je to speciální typ synchronního stroje, napájí se pomocí impulsů stejnosměrného proudu. Pohyb motoru je při nízkých otáčkách nespojitý. Pohybuje se, jak již vyplývá z názvu po krocích. Jednotlivý krok vychází z konstrukce konkrétního motoru. Typicky je celá otáčka hřídele o 360° rozdělená na 200 kroků, což znamená, že při jednom kroku se hřídel pootočí o $1,8^\circ$ dostupné jsou samozřejmě i jiné provedení motorů kde je rozdělení např. 2;5;15 stupňů na krok. Tento typ motoru vzhledem k jednoduché konstrukci se značí velkou mechanickou odolností, dlouhou životností a bezúdržbovým provozem. (15)

Princip krokového motoru

Krokový motor jakožto každý motor se skládá z rotoru a statoru. Stator je nepohyblivá část motoru jsou na něm osazeny cívky v přesně definovaných místech. Stator je vyroben z oceli nebo jiného kovu. Na rotoru jsou umístěny pólové nástavce v závislosti na typu motoru buď permanentní magnety, nebo z magneticky měkkého kovu. K samotnému kroku pak dochází tehdy, když přivedeme proud skrze pár cívek, tím dojde k elektromagnetické indukci a rotor se pootočí tak, aby byl v magneticky klidové poloze. Pro další pootočení se musí zopakovat stejný postup s jiným párem cívek. Jako lehká výhoda tohoto motoru je, že po ustálení motoru je rotor pevně držen magnetickým polem tudíž by se této vlastnosti dalo využít ve spousta případech kdy např. nepožadujeme, aby se nám po přesném pootočení soukolí s daným obrobkem hnulo. Nicméně z toho vyplývá, že motor v klidové poloze spotřebovává elektrickou energii. (16)

Obrázek 9 - Bipolární motor a způsob propojení jeho vinutí



Krok

Krokem se myslí odezva motoru na jeden řídicí impuls. Úhel jednoho kroku, o který se motor pootočí se počítá ze vztahu:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{N} \text{ [}^\circ\text{]}$$

Kde N je počet kroků na otáčku. Úhel mnou vybraného motoru s 200 kroky na jednu otáčku je 1,8°.

Typy krokových motorů

V praxi se vyskytují různé druhy krokových motorů. Základní princip je ale u všech druhů krokových motorů stejný liší se pouze konstrukcí a svými vlastnostmi.

Krokové motory rozlišujeme podle způsobu vinutí na:

- Unipolární
- Bipolární

Unipolární a bipolární krokové motory

Zásadní rozdíl mezi unipolárním a bipolárním krokovým motorem je, že u unipolárního motoru teče proud pouze jedním směrem a je buzena jen jedna cívka, zároveň směr proudu nemůže být změněn. Motor s tímto buzením má samozřejmě menší spotřebu energie, ale zároveň menší krouticí moment, jejich lehkou výhodou je to, že nevyzařují tolik tepla. U bipolárního motoru proud teče oběma směry a jsou buzeny dvě cívky současně, směr proudu může být změněn. Jedná se o jiné rozdělení krokových motorů, které vychází ze způsobu provedení vinutí u dvoufázových motorů. (17) (15)

Krokové motory členíme podle počtu vinutí na:

- Dvoufázové – standardní, nejpoužívanější
- Vícefázové – speciální pohony – nižší vibrace, jemnější krok, složitější konstrukce, vyšší cena

Dále se dělí podle stavby rotoru na:

- Krokové motory s aktivním rotorem
- Krokové motory s pasivním rotorem
- Hybridní krokové motory
- Lineární krokové motory

Krokové motory s aktivním rotorem

Jedná se o nejběžnější typ krokových motorů. Rotor je tvořen permanentními magnety. Motor funguje na principu magnetismu. Jejich hlavní výhoda spočívá v tom, že mají větší krouticí moment oproti motorům pasivním. Obecně mají větší velikost kroků většinou se jedná stupně a více. (18)

Krokové motory s pasivním rotorem

Tento typ krokových motorů funguje na podobném principu jako motory s aktivním rotorem. Jsou často označovány jako reluktanční nebo reakční motory namísto magnetických sil se zde využívá tzv. reluktance. Reluktance je magnetický odpor. Rotor i stator motoru jsou ve většině případů skládány z ocelových plechů. Princip pohybu je založen na změně reluktance (magnetického odporu). Vyznačují se relativně malou velikostí kroku obvykle se jedná o desetiny stupně až jednotky stupňů. (18)

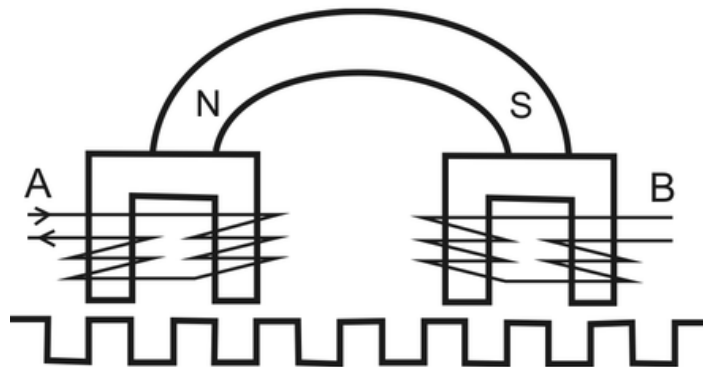
Hybridní krokové motory

Hybridní krokový motor je jedním z nejčastěji používaných v průmyslu. Jsou kombinací aktivních a pasivních motorů. Rotor je zde tvořen permanentním magnetem kruhového tvaru nasunutým na ose z nemagnetického materiálu. Rotor se skládá ze dvou prstenců namagnetovaných s opačnou orientací, nasazených na hřídel motoru. Prstence na sobě mají vyřezané drážky, které tvoří zuby rotoru. Velikost kroku tohoto typu krokového motoru bývá obdobná jako u krokového motoru s pasivním rotorem. (18) (15)

Lineární krokové motory

Jsou to krokové motory se statorem rozvinutým do přímky a tím slouží jako dráha. Tento krokový motor nerealizuje otáčivý pohyb, ale pohyb lineární. Motor se může pohybovat dvěma směry v jedné ose. Princip tohoto typu motoru je stejný jako u krokových motorů s pasivním rotorem. (18)

Obrázek 10 - Lineární krokový motor



Zdroj: (18)

Způsoby řízení krokových motorů





Krokové motory mohou být řízeny několika způsoby, které se v mnohém liší

Je-li cívka nakreslena hnědě (na obrázku (11-13) označená "0"), je bez proudu. Magnetické pole modře nakreslené cívky (na obrázku (11-13) označené "-") přitahuje červený konec magnetu (rotoru) a naopak magnetické pole červeně nakreslené cívky (na obrázku (11-13) označené "+") přitahuje modrý konec magnetu.

Jednofázové řízení (Wave Drive)

V tomto režimu je magnetické pole v případě unipolárního motoru generováno pouze jednou cívkou, pro bipolární motor je magnetické pole generováno jen jedním párem cívek. Buzena je pouze jedna fáze. (16) (19)

Obrázek 11 - Bipolární jednofázové řízení s plným krokem

Animace				
Cívka 1	-	0	+	0
Cívka 2	0	-	0	+
Cívka 3	+	0	-	0
Cívka 4	0	+	0	-

Zdroj: (16)

Dvoufázové řízení (Full Step Drive)

Při dvoufázovém řízení je magnetické pole generováno dvěma sousedními cívkami. Jsou buzeny dvě fáze. V tomto režimu je dvojnásobná spotřeba elektrické energie oproti režimu jednofázovému, díky tomu je motor schopen vyššího kroučícího momentu. Oběma způsoby řízení dosáhneme stejného počtu kroků. (19) (16)

Obrázek 12 - Bipolární dvoufázové řízení s plným krokem

Animace				
Cívka 1	-	+	+	-
Cívka 2	-	-	+	+
Cívka 3	+	-	-	+
Cívka 4	+	+	-	-

Zdroj: (16)

Řízení s plným krokem

Tento způsob řízení s plným krokem znamená, že na jednu otáčku je potřeba přesně tolik kroků, kolik zubů má stator daného motoru. Je sice nejjednodušší, ale zároveň méně přesný. Tento styl má nejsilnější točivý moment a také největší velikost kroku. (16)

Řízení s polovičním krokem

Tento režim je kombinací předchozích způsobů. Při jednom kroku se rotor pootočí o poloviční úhel, než při řízení s celým krokem čili počet kroků na jednu otáčku je v tomto případě dvojnásobný. Má to ale své nevýhody v podobě proměnného krouťícího momentu motoru. Řízení v režimu půlkroku nebo mikrokroku je značně složitější. Vyžaduje totiž vhodnou manipulaci s jednotlivými magnetickými toky. Kroky je možné dělit i na menší díly tomuto zjemnění se říká mikrokrokování. (16)

Obrázek 13 - Bipolární řízení s polovičním krokem

Animace									
Cívka 1	-	-	0	+	+	+	0	-	
Cívka 2	0	-	-	-	0	+	+	+	
Cívka 3	+	+	0	-	-	-	0	+	
Cívka 4	0	+	+	+	0	-	-	-	

Zdroj: (16)

Mikrokrokování

V tomto režimu se krok dělí na menší díly než v předchozích případech. Při mikrokrokování se proudy ve vinutí mění tak, že v jedné fázi zvyšujeme proud a v druhé fázi snižujeme, tím se krok rozdělí na mnoho menších. Čím je těchto tzv. mikrokroků více tím se průběh proudu přibližuje ideálnímu sinusovému průběhu. V režimu mikrokrokování je maximální koeficient dělení 256 jeden krok je potom 0.007° se standartním $1,8^\circ$ krokovým motorem. Práce krokového motoru v tomto režimu je preferována v systémech, kde je vyžadována hladší práce motoru anebo velká přesnost jeho polohování. (15)

3.4.4 Driver CW-5045

Pro praktickou část bakalářské práce, kde budu používat krokový motor k ovládní mechanického soukolí, jsem si vybral jeden z běžně dostupných driverů CW-5045, který jsem zakoupil na aliexpressu. Jedná se o driver, který může ovládat dvoufázové nebo čtyřfázové hybridní krokové motory jejichž proud je menší než 4.5 A. Tento driver také umožňuje režim mikrokrokování. Je vhodný a používaný pro motory z řady NEMA 17-23.

Obrázek 14 - Driver CW-5045



Zdroj: (20)

Vstupy driveru

Na driveru se nachází digitální vstupy: DIR, ENABLE, STEP, vstupem DIR (někdy označovaný jako CW+ a CW-) se řídí směr otáčení krokového motoru vstup ENABLE slouží k zapnutí nebo vypnutí driveru a na vstup STEP (někdy označovaný jako CLK+ a CLK-) se přivádí řídicí impulsy, které slouží k samotnému otáčení motoru o jeden krok. Zbylé vstupy slouží pro připojení diskretního krokového motoru a napájení samotné součástky. Dále zde můžeme na obrázku 11 vidět spínače (SW5-SW8), které slouží k nastavení mikrokrokování a spínače (SW1-SW3) pro nastavení proudu krokového motoru.

Tabulka 1 - Tabulka kombinací mikrokrokování

SW5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
SW6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
SW7	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
SW8	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Micro	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/5	1/10	1/25	1/50	1/125	1/250

Tabulka 2 - Tabulka kombinací velikosti proudu

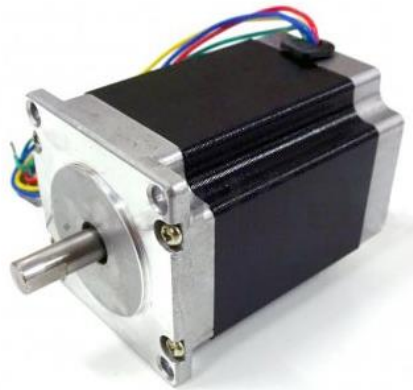
SW1	0	1	0	1	0	1	0	1
SW2	0	0	1	1	0	0	1	1
SW3	0	0	0	0	1	1	1	1
Current(A)	1.3	1.8	2.3	2.7	3.2	3.7	4.2	4.5

Zdroj: (20)

3.4.5 NEMA 23

Pro tento dělicí přístroj byl vybrán dvoufázový krokový motor NEMA 23 (obr.15). Tento motor má jeden krok velký $1,8^\circ$ Jmenovitý proud 3 A, kroučící moment 3Nm hmotnost 1 kg, který by na základě poznatků z teoretické rešerše měl stačit.

Obrázek 15 - Krokový motor NEMA 23



Zdroj: (21)

3.4.6 Displej 16x2

Vybraný počet dělení a další podobné informace budeme zobrazovat na displeji 16x2. Jedná se o klasický LCD displej 16 znaků a 2 řádky. Pokud hledáme kvalitnější výstup pro zobrazení nějaké informace a nemůžeme mít zařízení neustále připojené k počítači, tak zajímavá varianta je právě zmiňovaný LCD displej. Mezi všeobecně známé výhody LCD displeje patří zejména dobrá čitelnost na slunci, schopnost pracovat při nízkých teplotách a jednoduchost použití. Tento zvolený displej má dvě možnosti zapojení jedna varianta je základní zapojení a druhá zapojení pomocí sběrnice I2C. V této práci si ukážeme zapojení přes I2C sběrnici.

Obrázek 16 - LCD displej 16x2



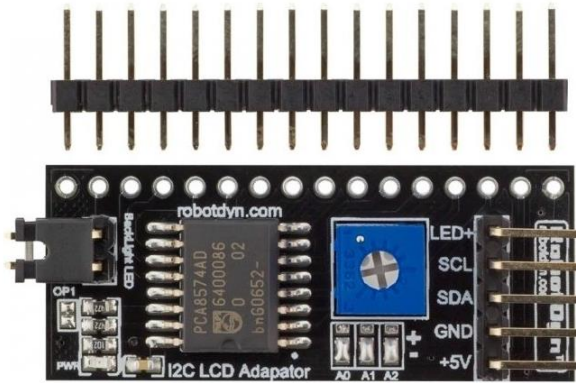
Zdroj: (22)

Sběrnice I2C

Další typ sériového rozhraní, které se využívá ke komunikaci mezi jednotlivými periferiemi. Vyvinuto firmou Philips přibližně před 20 lety. V dnešní době tento způsob komunikace podporuje řada integrovaných obvodů nejen od firmy Philips. Jedná se o digitálně řízené obvody jako sériové paměti, inteligentní LCD apod.

Hlavní výhodou je, že přenos dat probíhá synchronně pomocí pouze dvou vodičů, SDA (seriál data) pro přenos dat a SCL (seriál clock) pro hodinový signál. To především u mikrokontrolérů výrazně optimalizuje nároky na počet pinů a tím tak celkově zjednodušuje výsledné zapojení. Na jednu sběrnici může být zapojeno více zařízení. Sběrnice je typu multi-master, což znamená že umožňuje připojit více než jedno zařízení jako master a jedno nebo více zařízení jako slave. Touto vlastností se liší například od sběrnice SPI. Přenosová rychlost sběrnice je v základním režimu 100 kbit/s. Ve vylepšených verzích to může být až 3.4 Mbit/s, ale ne všechny integrované obvody tuto verzi podporují. Výsledná maximální rychlost se určuje podle nejpomalejšího čipu připojeného na sběrnici. (23)

Obrázek 17 - I2C převodník



Zdroj: (24)

3.4.7 Membránová klávesnice

Pro tuto bakalářskou práci byla zvolena klasická maticová klávesnice 4x4 membránová z důvodu jednoduchého připojení k vývojové desce Arduino a zároveň pro svou rozmanitost použití a své životnosti. Klávesnice je vhodná pro všechny aplikace, kde je požadavek na zadání libovolných dat nebo volit v menu. Na klávesnici je k dispozici 16 tlačítek a má jen 8 pinů, díky tomu, že jsou tlačítka v jednotlivých řádcích a sloupcích vyvedena na společný drát. Další výhodou této klávesnice je v tom, že má omyvatelnou přední stranu, je ohebná a samolepicí.

Obrázek 18 - Membránová klávesnice 4x4



Zdroj: (25)

4 Vlastní práce

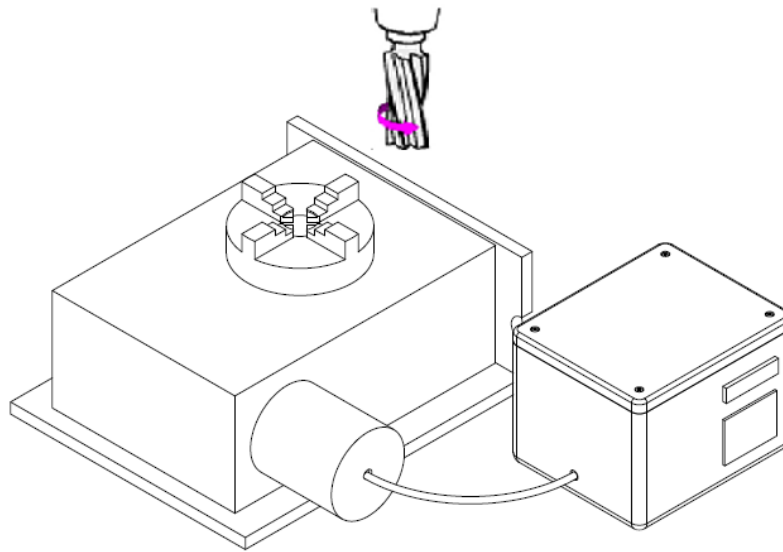
Tato část práce obsahuje popis sestavení dělicího přístroje z vybraných komponentů a vývojových desek Arduino. Dále popisuje propojení jednotlivých součástí.

Jako řídicí modul byla vybrána vývojová deska Arduino MEGA (kapitola 3.4.1) (Obrázek 4), protože poskytuje dostatečnou velikost paměti pro požadovaný program a zároveň jako jedna z mála vývojových desek Arduino obsahuje velké množství pinů pro připojení jednotlivých komponent. Pro napájení této sestavy byl použit běžně dostupný průmyslový spínaný zdroj. V poslední části této práce je cenové porovnání průmyslového dělicího přístroje s tímto domácím dělicím přístrojem.

4.1 Dělicí přístroj

Dělicí přístroj sestavený pro tuto bakalářskou práci je založen na teoretických poznatcích vycházejících z kapitoly 3. *Teoretická východiska*. Samotný dělicí přístroj se skládá ze šnekového převodu, brdy šnekového převodu abychom byli schopni aretovat mechanismus při obrábění a univerzálního sklíčidla ovládaný krokovým motorem NEMA 23, který je ovládaný impulsem z vývojové desky Arduino MEGA 2560. Potřebný úhel, popř. počet dělení si volíme pomocí membránové klávesnice, celý program se pak zobrazuje na klasický LCD displej. Celé zařízení funguje jako příslušenství pro frézku či stojanovou vrtačku.

Obrázek 19 - Schématické zapojení sestavy dělicího přístroje



Zdroj: Vlastní tvorba
v programu Inventor

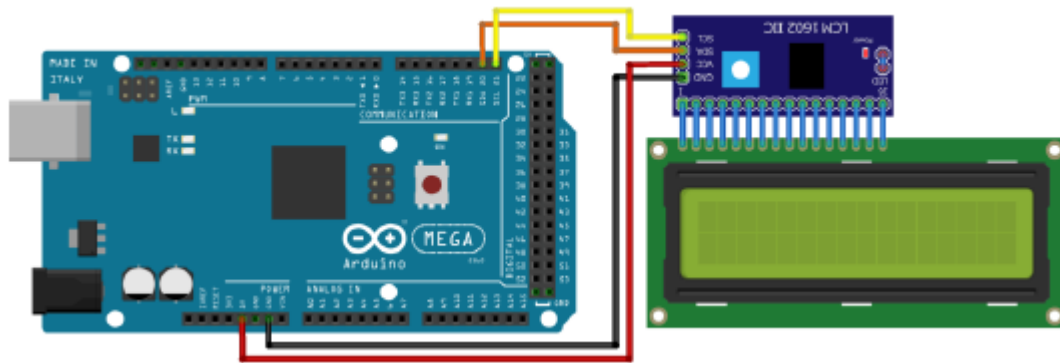
4.2 Elektronické zapojení

Hardware dělicího přístroje je popsán v kapitolách 3.3 *Platforma Arduino* 3.4 *Komponenty*. V této části práce se nachází schéma propojení jednotlivých komponent k sobě.

4.2.1 Návrh zapojení LCD displeje 16x2

Jako první modul byl připojení LCD displej 16x2 (kapitola 3.4.6), který se dá propojit s Arduinem buď základním zapojením, a to paralelně pomocí 6 datových pinů a napájení, nebo sériově, a to pomocí zmiňovaného I2C převodníku. Pro tuto práci byla zvolena varianta sériová pomocí sběrnice I2C, bylo tedy nutné nejdříve spojit I2C převodník s LCD displejem a pak až I2C převodník se zvolenou deskou Arduina. Piny převodníku SCL a SDL byly zapojeny s piny Arduina se stejným označením SCL0 a SDL0. Pro napájení se využil výstup z modulu Arduino 5 V a GND. Celé schéma zapojení je vyobrazeno na následujícím obrázku (Obrázek 20).

Obrázek 20 - Zapojení LCD displeje

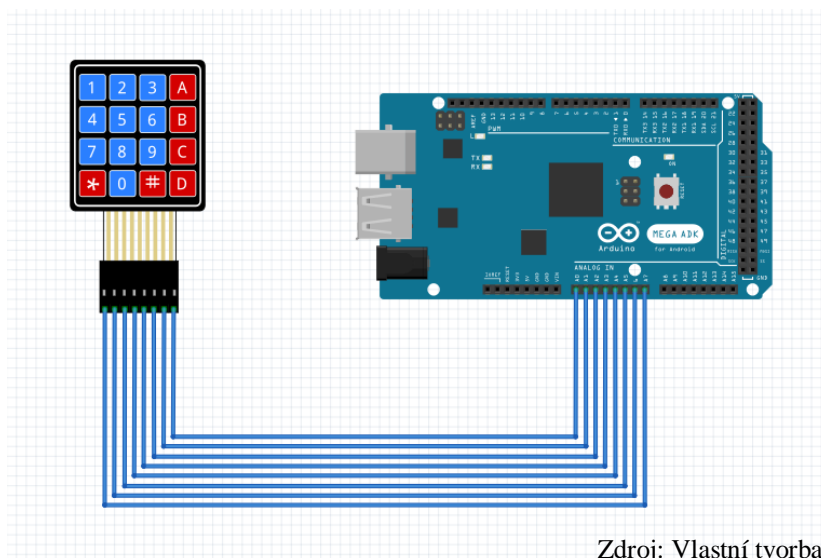


Zdroj: Vlastní tvorba v programu Fritzing

4.2.2 Návrh zapojení maticové membránové klávesnice

Následně byla připojena maticová membránová klávesnice 4x4 (kapitola 3.4.7) aby bylo umožněno ovládání dělicího přístroje. Pro připojení klávesnice byly použit vyvedený plochý kabel. Tyto vodiče byly připojeny na analogové piny modulu Arduino a byly nastaveny v programu jako vstupní. Jelikož klávesnice pracuje na principu spojení dvou vodičů řádku a sloupce, není zde potřeba žádné napájení. Schéma je uvedeno na následujícím obrázku (Obrázek 21).

Obrázek 21 - Zapojení maticové klávesnice 4x4

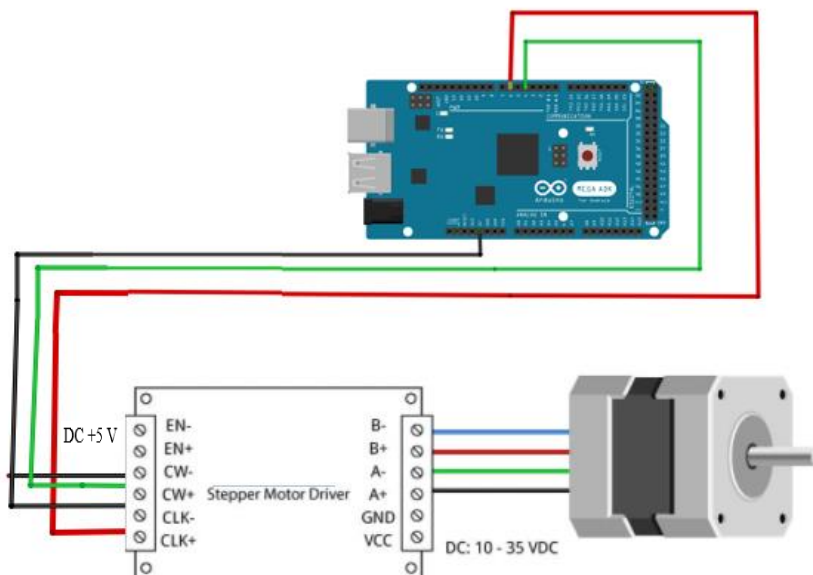


Zdroj: Vlastní tvorba v programu Fritzing

4.2.3 Zapojení krokového motoru

Dalším krokem bylo připojení bipolárního krokového motoru NEMA 23 a příslušného driveru (kapitola 3.4.5 a 3.4.4). Krokový motor je ovládán driverem, který je k příslušnému krokovému motoru doporučovaný. Řízení driveru spočívá v posílání signálů o směru s frekvencí kroku (řízení otáček). Driver v tomto případě koná funkci zesilovače a galvanického oddělovače. Driver je připojen na Arduino piny CW+ CLK+ což jsou řídicí piny pro řízení otáček a směru krokového motoru. Samotný pin EN+ je pak připojen na stejnosměrných 5 V pro samotné spuštění driveru. Pro napájení driveru byl použit klasický průmyslový spínaný zdroj, který poskytuje stejnosměrné napětí pro driver, který poté napájí vybraný krokový motor. Maximální proud, který může protékat driverem je 4.5 A. Vybraný driver je od výroby již vybaven pojistkou proti přehřátí systému. Schéma zapojení se nachází na následujícím obrázku. (Obrázek 22).

Obrázek 22 - Schéma zapojení krokového motoru s driverem



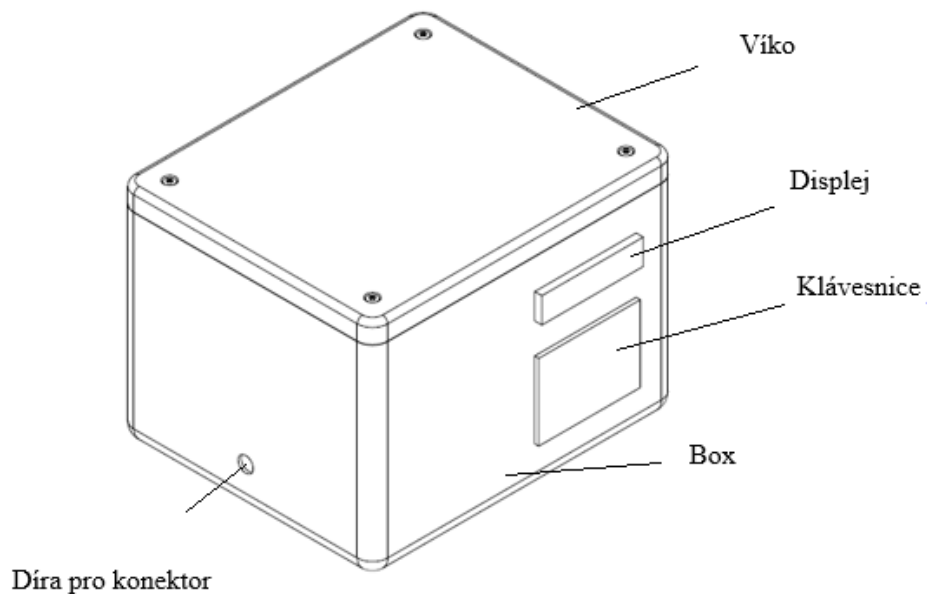
Zdroj: Vlastní tvorba v programu Fritzing

4.3 Mechanické zpracování

4.3.1 Ovládací panel

Ovládací panel bude zabudován do průmyslové plastové krabice s ochranou IP65. Krabici lze použít v horizontální a vertikální poloze. Všechny elektronické komponenty včetně spínaného zdroje kromě krokového motoru budou umístěny v této krabici. Do dveří bude vyříznut otvor pro displej, klávesnice se pak nalepí pomocí oboustranné lepicí pásky na víko krabice. Do boxu bude přístup pouze shora po odšroubování 4 šroubů a odklopení víka. Záměrně byla zvolena větší krabice, aby bylo snazší rozmístit jednotlivé komponenty a popř. místo pro případné rozšíření. Konektor pro krokový motor bude realizován vodotěsnou variantou konektoru typu GX16, bude umístěn z boku krabice, aby bylo možno krabici použít ve vertikální či horizontální poloze, zároveň tak i napájecí kabel plus otvory k průchodu vzduchu, aby se zdroj s driverem dostatečně chladili.

Obrázek 23 - Schématické zobrazení ovládacího panelu



Zdroj: Vlastní tvorba v programu Inventor

4.3.2 Dělicí přístroj

Nejprve bylo za potřebí sehnat nějaký existující dělicí přístroj, ke kterému by se připojil krokový motor. Dělicí přístroj použitý v této bakalářské práci (Obrázek 24) je vyroben z litiny, která dobře tlumí rázy a zaručuje vysokou tuhost uložení. Tento dělicí přístroj obsahuje: Univerzální sklíčidlo pro upnutí obrobku, které může být vyměnitelné i za větší, brzdu šnekového uložení, která slouží k aretaci mechanismu při obrábění obrobku, aby nedošlo k pohybu a tím pádem možné nepřesnosti dále šnek s jeho uložením, samotné tělo dělicího přístroje, kryt krokového motoru kvůli výskytu zařízení v prašném prostředí. Samotný krokový motor je připojen k tomuto mechanismu přes pružnou spojku, která se z boku stahuje šroubkem, jedná se o standardní řešení. Tento dělicí přístroj má lehce netradiční poměr dělení 1:33, což je nutno zohlednit v programu. K dělicímu přístroji jsou připevněny plochy umožňující použití ve vertikální i horizontální poloze, kterými se připevňují ke stolu.

Obrázek 24 - Univerzální dělicí přístroj



Zdroj: Vlastní tvorba

4.4 Softwarové vybavení

Jeden z nejdůležitějších věcí pro tento dělicí přístroj je program nahráný v mikrokontroléru Arduino. Program se píše a kompiluje ve vývojovém prostředí Arduino IDE, které je volně dosažitelný na webových stránkách.

Toto prostředí umožňuje využívat knihovny pro různé komponenty, a tím výrazně zjednodušit práci s nimi.

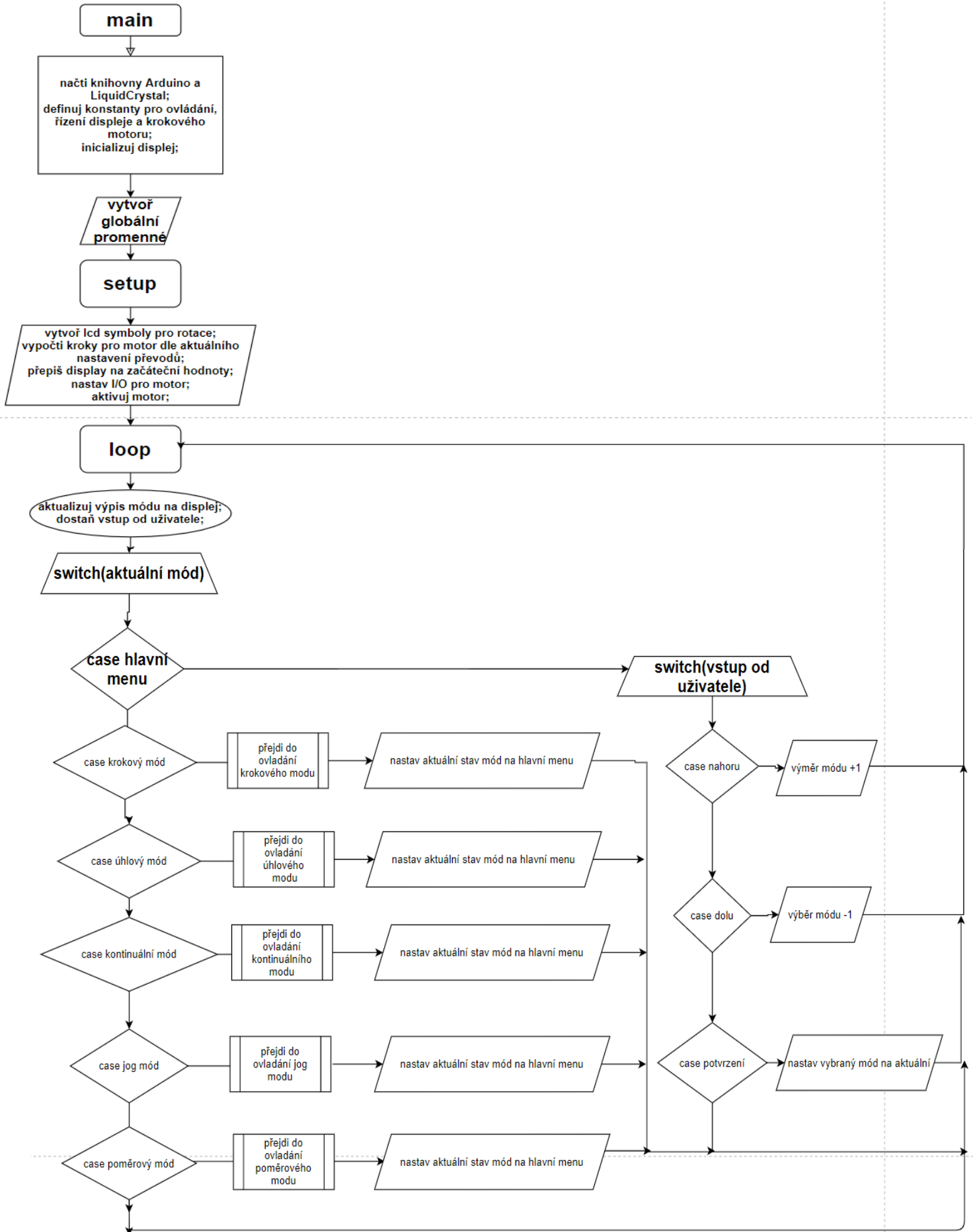
4.4.1 Struktura programu

Začátek programu začíná tím, že je potřeba nadefinovat používané knihovny v tomto případě to jsou knihovny LiquidCrystal, která slouží pro komunikaci a obsluhu LCD displeje připojeného přes sběrnici I2C a knihovnu Arduino. Jako další se musí definovat piny, na které budou připojovány vybrané periferie. Dále jsou v programu inicializovány proměnné pro vstupní/výstupní piny, díky kterým je možné získávat nebo odesílat hodnoty. Je zde také místo pro zmiňované zadání dělicího poměru, kolik kroků zabere krokovému motoru udělat jednu celou otáčku apod. tímto nastavením se program se spojeným dělicím přístrojem stává jako universální, pro jiný dělicí přístroj s jiným poměrem nebo krokovým motorem je nutno změnit tyto hodnoty v programu.

Následuje spuštění funkce `setup()`, která je samozřejmostí každého programu pro Arduino, bez ní je nemožné zkompilovat a nahrát program. Funkce `setup` se spouští pouze jednou při startu programu. Zahajuje se zde např. komunikace s LCD displejem a udává jeho velikost, mimo jiné se zde také vyskytuje uvítací obrazovka. Po provedení funkce `setup` se pak začnou využívat nastavená data ve funkci `loop()` v které běží hlavní menu a čeká na požadavky od uživatele který má možnost si volit z různých funkcí. Jedna z několika funkcí je např. že víme počet dělení na kolik dílů si přeje uživatel upnutý obrobek rozdělit a zároveň si vybere směr kterým se bude mechanismus otáčet zadá to pomocí klávesnice do programu ten provede výpočet a začne pohybovat mechanismem. Další funkcí je že si uživatel přeje otočit mechanismus o příslušný úhel postupuje se stejně jako v prvním případě. Po vybraní jednotlivých funkcí se uživatel vždy může vrátit do hlavního menu a vybírat znovu.

Obrázek 25 - Vývojový diagram hlavního programu

Zdroj: Vlastní tvorba



5 Výsledky a diskuse

Poslední část této práce bych chtěl věnovat porovnání tohoto domácího dělicího přístroje (Obrázek 24) s nějakým průmyslovým provedením. Na trhu je možné nalézt širokou škálu CNC dělicích přístrojů např. (Obrázek 3,4). Většina těchto přístrojů bývá prodávána jako doplněk ke konkrétnímu typu stroje. Univerzálních dělicích přístrojů je podstatně méně. Můj prototyp dělicího přístroje je vlastnostmi nejvíce podobný systému Sherline (Obrázek 5) Výhoda mého prototypu spočívá v tuhosti díky tělu dělicího přístroje, které je vyrobeno z litiny. Tudíž je možnost obrábění i na výkonných strojích. Zařízení je vhodné asi spíše pro domácí kutily, kteří nepotřebují při práci 100 % kontrolu polohy. Přesnost polohování bych na základě konstrukce systému odhadoval zhruba na $0,1^\circ$ v jednom směru otáčení. Jedna z mála výhod mého dělicího přístroje je, že je vybaven brzdou proti pootočení tudíž dochází k minimalizaci vůle šnekového soukolí. A jelikož se jedná o zařízení pro domácí použití tak v neposlední řadě také cena. Celý dělicí přístroj po sečtení výdajů vyšel na necelých 7 000Kč. Bohužel nemůže konkurovat průmyslovému řešení co se týče přesnosti, ale je to rozhodně zajímavé řešení pro domácí použití.

6 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vytvořit řídicí systém za použití platformy Arduino. Tento řídicí systém má provádět většinu činností, které jsou potřeba pro ovládání dělicího přístroje a tím tak zpříjemnit a ulehčit uživateli práci s dělicím přístrojem. Všechny tyto cíle byly úspěšně splněny.

Než bylo možné sestavit celý dělicí přístroj, bylo potřeba si nastudovat celou problematiku dělicích přístrojů a jednotlivých komponent, které by k tomu byly vhodné. Této problematice se věnuje teoretická část této bakalářské práce. Dále pro tuto práci bylo nutné vybrat vhodnou platformu Arduino nejprve sem, si myslel že bude stačit Arduino Uno, ale po zjištění potřebných informací, které se týkali zapojení jsem zjistil, že by nestačili piny, proto jsem zvolil desku MEGA. Zároveň se v této části nachází lehká teorie krokových motorů.

Praktická část práce se zabývá schématickému zapojení jednotlivých komponent ve funkční celek. Všechny použité komponenty byly implementovány do plastové krabice z důvodu výskytu zařízení v prašném prostředí. Celý systém byl konstruován tak, aby bylo možné použití zařízení jak ve vertikální, tak horizontální poloze. Dále se tato část práce věnuje vývoji programu a jeho principu fungování, který byl tvořen ve vývojovém prostředí Arduino IDE, nicméně během psaní práce jsem zjistil, že je možné pro psaní využít ostatních vývojových platforem např. Visual studio code.

Poslední část práce obsahuje povrchní porovnání komerčně dostupných dělicích přístrojů se sestaveným prototypem. Jelikož se jednalo o domácí použití byla pro mě největším parametrem cena, kterou se povedlo udržet v rozumných mezích.

7 Seznam použitých zdrojů

- (1) STAVINOHA, Zdeněk. *Frézování pomocí dělicího přístroje* [online]. [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/?action=2&doc=39747&docGroup=-1&cmd=0&instance=2>
- (2) *Jednoduchý dělicí přístroj* [online]. [cit. 2021-01-20]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1236?PageSpeed=noscript>
- (3) *BPBrno* [online]. [cit. 2021-01-17]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=8722. BP. FSIVUT.
- (4) *Univerzální dělicí přístroj* [online]. [cit. 2021-01-20]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teilapparat_horizontal.JPG
- (5) SCHULZE, Walter. *Dělicí přístroje: určeno pro dělníky, mistry, techniky a inž. v praxi a pro posluchače odborných škol*. 1. vyd. Přeložil Bohumil MAŠEK. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1957. Řada strojírenské literatury.
- (6) DRIENSKY, Dušan. *Strojní obrábění II: soustružení*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1991. ISBN 80-03-00333-4.
- (7) DRIENSKY, Dušan. *Strojní obrábění I*. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1986. ISBN 04-238-86.
- (8) *NIKKEN* [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.nikken-world.co.uk/products/rotary-tables/4th-axis/cnc-z-260b>
- (9) *TROYKE* [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://troyke.com/products/dl-series/>
- (10) *Sherline* [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.bmumford.com/rotary/index.html>
- (11) VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. První. Bučovice: Martin Stríž, 2015. ISBN ISBN978-80-87106-90-7.
- (12) SELECKÝ, Matúš. *Arduino: uživatelská příručka*. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4840-2.
- (13) *Arduino Mega2560* [online]. [cit. 2021-01-20]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3?queryID=undefined>
- (14) *Arduino Uno* [online]. [cit. 2021-01-20]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3-smd>

- (15) *KROKOVÝ MOTOR – DRUHY A PŘÍKLADY APLIKACÍ KROKOVÝCH MOTORŮ* [online]. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/news/library-articles/page/41861/krokovy-motor-druhy-a-priklady-aplikaci-krokovych-motoru/>
- (16) ŘEZÁČ, Kamil. [online]. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://robotika.cz/articles/steppers/cs>
- (17) *Unipolární a Bipolární* [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: https://www.servo-drive.cz/%C4%8Dasto_pokl%C3%A1dan%C3%A9_ot%C3%A1zky_o_krokov%C3%BDch_motorech.php
- (18) [online]. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/POS/HTML/57/text.htm>
- (19) *Jak se řídí krokové motory?* [online]. In: . [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <http://www.stomisi.cz/jak-se-ridi-krokovy-motory>
- (20) *Driver* [online]. [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Stepper-Microstep-Driver-CW-5045-24V-50VDC/dp/B07X58WN8N>
- (21) *Krokový motor* [online]. [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.primadilna.cz/Krokovy-motor-1-8-Nm-2-faze-piruba-Nema-23-CNC-d3854.htm>
- (22) *LCD displej* [online]. [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: https://www.laskarduino.cz/16x2-lcd-displej-1602-modry/?gclid=EAIAIQobChMI-ueH-tz17gIVIB4YCh3oLgxGEAQYAiABEgJyCPD_BwE
- (23) *Stručný popis sběrnice I2C a její praktické využití* [online]. [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/navrh-obvodu/strucny-popis-sbernice-i2c-a-jeji-prakticke-vyuziti-k-pripojeni-externi-EEPROM-24lc256>
- (24) *I2C sběrnice* [online]. [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/robotdyn-i2c-prevodnik-pro-lcd-displej-16x2-a-20x4/>
- (25) *Maticová klávesnice 4x4. Dratek.cz* [online]. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/824-eses-membranova-klavesnice-4x4-pro-jednodeskove-pocitace.html>

8 Přílohy

Program pro Arduino, který ovládá dělicí přístroj bude přiložen do systému UIS k bakalářské práci.