



Vyšší odborná škola
a Střední průmyslová škola
elektrotechnická,
Plzeň, Koterovská 85

ROČNÍKOVÁ PRÁCE S OBHAJOBOU

Téma: CNC plotter

Autor práce: Ctirad Antonín Kupec

Třída: 3. L

Vedoucí práce: Jiří Švihla

Dne: 30. 4. 2024

Hodnocení:



**Vyšší odborná škola a
Střední průmyslová škola elektrotechnická Plzeň,
Koterovská 85**

ZADÁNÍ ROČNÍKOVÉ PRÁCE	
Školní rok	2023/ 2024
Studijní obor	78-42-M/01 Technické lyceum
Jméno a příjmení	Ctirad Antonín Kupec
Třída	3. L
Předmět	Kybernetika
Hodnoceno v předmětu	Kybernetika
Téma	CNC plotter
Obsah práce	<ul style="list-style-type: none">• návrh vhodného mechanického řešení• návrh vhodného řešení řídicí elektroniky• konstrukce plotteru• vývoj řídicího programu
Zadávací učitel Příjmení, jméno	Švihla, Jiří
Podpis zadávajícího učitele	
Termín odevzdání	30. dubna 2024

Anotace

Práce se zabývá řešením návrhu jednoduchého CNC plotteru. V první části práce je řešeno elektrické zapojení řídicí elektroniky. Dále je řešena mechanická konstrukce plotteru. Poslední část zahrnuje vývoj softwaru pro interpretaci příkazů, řízení krokových motorů, zvedání pisátka a software umožňující řízení chodu stroje pomocí několika tlačítek (start, stop, kalibrace, . . .). Výstupem práce je CNC stroj, schopný na základě programu vytvořit pisátkem grafický výstup na plochý podklad.

„Já, Ctirad Antonín Kupec prohlašuji, že jsem ročníkovou práci na téma CNC plotter zpracoval sám za konzultace vedoucího učitele Jiřího Švihly. Veškeré prameny a zdroje informací, které jsem použil k sepsání této práce, byly citovány a jsou uvedeny v seznamu použitých pramenů a literatury. Zároveň souhlasím s využitím mé práce učiteli VOŠ a SPŠE Plzeň k výuce.“

V Plzni dne:

Podpis:

Anotation

This thesis is about designing a simple CNC plotter. In the first part of the thesis, the control electronics are described. The second part describes the mechanical design. The last part includes the development of software for the interpretation of commands, control of stepper motors, lifting of the pen and software enabling the control of the machine operation using several buttons (start, stop, calibration, ...). The output of the work is a CNC machine, capable of creating graphic output on a flat surface with a pen based on the program.

„I, Ctirad Antonín Kupec, declare that I wrote the thesis on the topic of CNC plotter myself with the consultation of the supervising teacher Jiří Švihla. All the sources and sources of information that I used to write this thesis have been cited and are listed in the list of used sources and literature. At the same time, I consent to the use of my work by VOŠ and SPŠE Plzeň teachers for teaching.“

In Pilsen on:

Signature:

Obsah

1	Řídící elektronika	6
1.1	Zapojení	6
1.2	Prototyp	7
1.3	Plošný spoj	8
1.3.1	Návrh	8
1.3.2	Výroba	9
2	Mechanika	12
2.1	Konstrukční řešení	12
2.2	Osa Y	12
2.3	Osa X	13
2.4	kreslicí hlava	13
3	Řídící program	13
4	Závěr	14
5	Seznam obrázků	15
6	Seznam příloh	16
7	Zdroje	17

Úvod

V dnešní době je automatizace a využití CNC (Computer Numerical Control - číslíkové řízení počítačem) strojů běžnou praxí v mnoha odvětvích průmyslové výroby. Mezi tyto stroje patří i CNC kreslicí plottery. V některých aplikacích byly již postupně, jak se vyvíjela technologie tiskáren, nahrazeny. I přesto nejsou dosud zastaralá technologie a stále mají svá využití, mimo jiné v umění nebo ve vzdělávání.

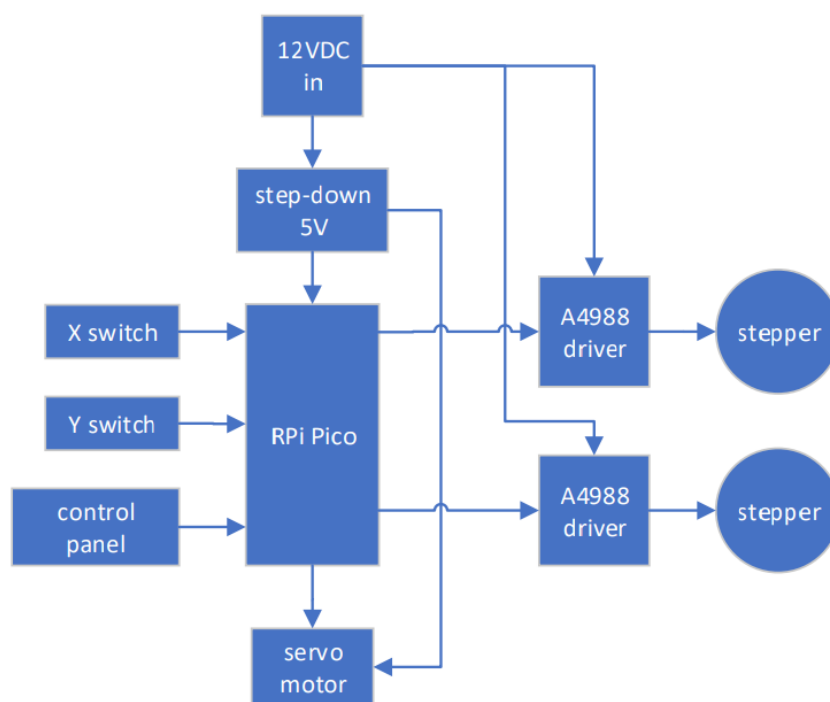
Tato ročníková práce se zabývá návrhem a výrobou CNC plotteru s důrazem na jednoduchost konstrukce, dostupnost materiálů a náklady. Cílem práce je navrhnout a sestrojít plně funkční CNC plotter, který bude schopen kreslit na papír a jiné povrchy.

Význam této práce spočívá v poskytnutí praktického příkladu konstrukce CNC stroje pro hobby nebo vzdělávací účely.

1 Řídící elektronika

1.1 Zapojení

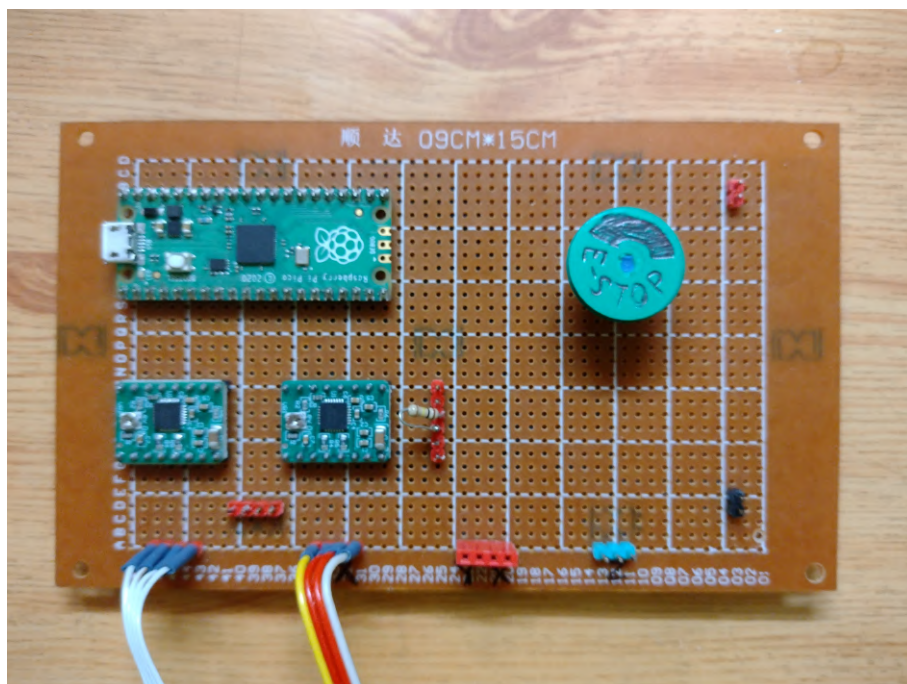
Elektronika plotteru se skládá z mikrokontroléru Raspberry Pi Pico, step-down měniče, dvou driverů krokových motorů A4988, dvou limitních spínačů os, dvou krokových motorů NEMA 17, čtyřech ovládacích tlačítek, spínače napájení, konektorů a několika pasivních součástí. Na Obrázku 1 vidíme blokové schéma. Přesné schéma zapojení viz Příloha 1. Na vstupy Raspberry Pi Pico jsou připojeny limitní spínače os X a Y, a tlačítka z předního panelu. Tyto jsou zprava v pořadí: Start, Stop, Reset, Home. Výstupy mikrokontroléru řídí budiče krokových motorů, na které jsou připojeny samotné motory. PWM výstupem je řízen servomotor SG90. Napájecí síť je tvořena samotným vstupním napětím 12V, které napájí budiče krokových motorů, a step-down měničem, který snižuje vstupní napětí na 5V a kterým je napájen mikrokontrolér a servomotor SG90.



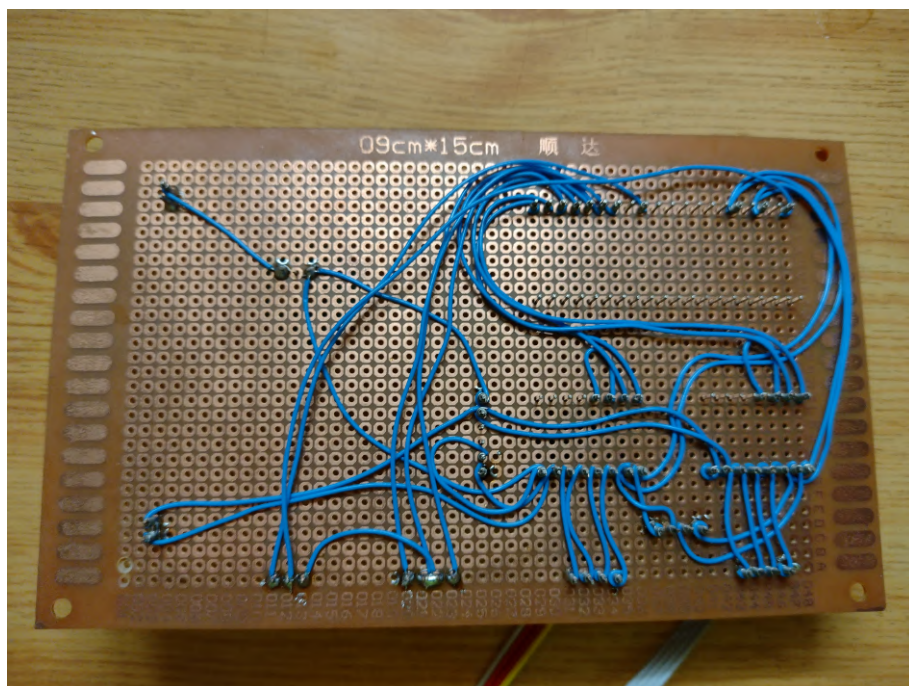
Obrázek 1: Blokové schéma elektroniky plotteru.

1.2 Prototyp

Prototyp zapojení jsem realizoval na univerzální desce. Spojení jsem vytvořil metodou ovíjených spojů. Moduly jsou do desky pouze zasunuty, na místě je drží spoje. Namáhané součástky, jako například vodiče ke krokovým motorům, jsou do desky zapájeny. Tento způsob jsem zvolil kvůli snadné rozebíratelnosti a možnosti relativně snadno měnit zapojení. Na desku jsem zapojil i improvizovaný E-stop. Na Obrázku 2 je horní strana prototypu zapojení, na Obrázku 3 pak spodní strana.



Obrázek 2: Prototyp desky zezhora.

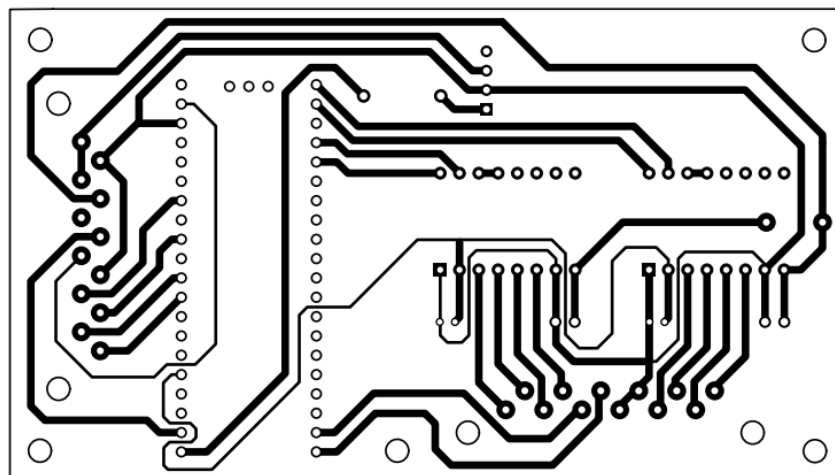


Obrázek 3: Prototyp desky zespoda.

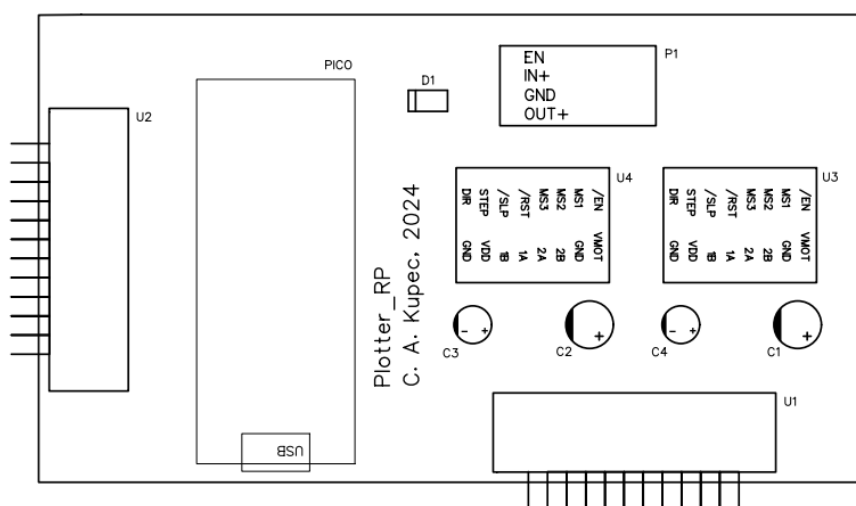
1.3 Plošný spoj

1.3.1 Návrh

Plošný spoj jsem navrhl v programu EasyEda. Plošný spoj má rozměry 59x100 mm a je jednostranný, proto obsahuje jednu drátovou propojku. Z horní strany jsem vytvořil popisky. Motiv vodivých cest je na Obrázku 4 a na Obrázku 5 jsou popisky. K základní desce je připevněn šrouby na sloupcích délky 5mm.



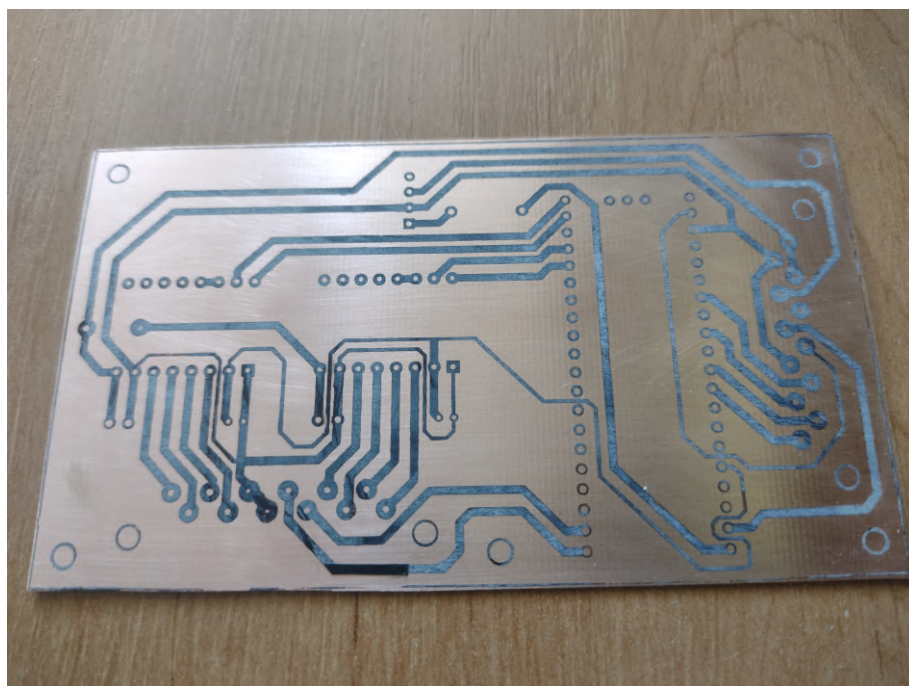
Obrázek 4: Motiv vodivých cest.



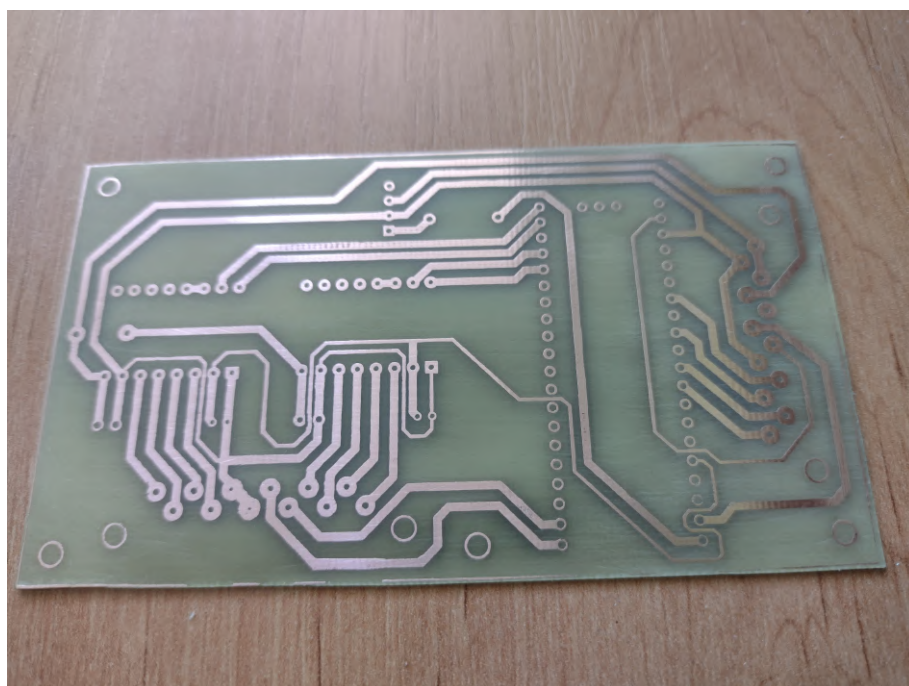
Obrázek 5: Motiv popisku.

1.3.2 Výroba

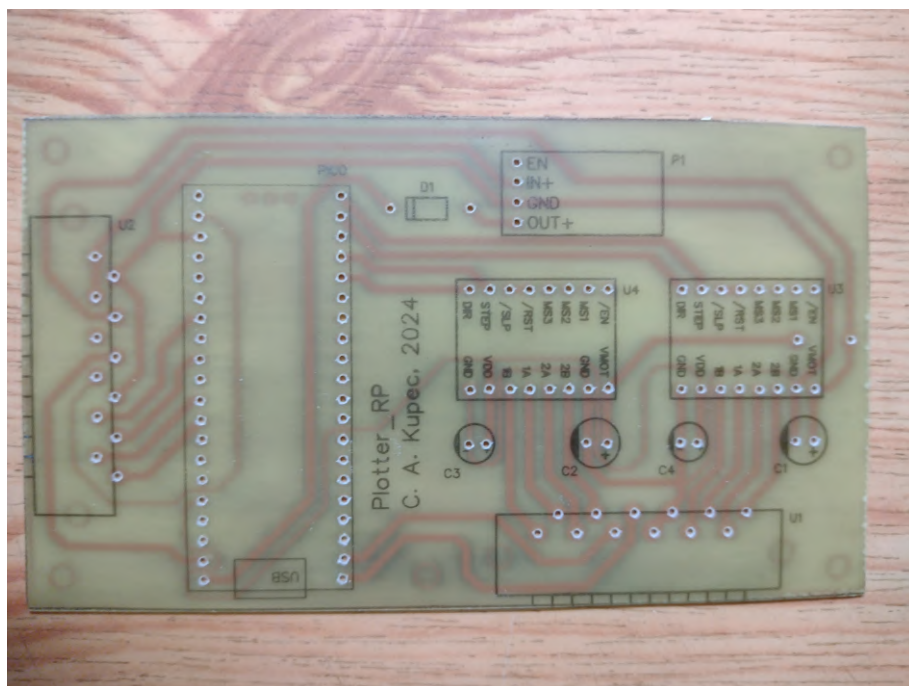
Plošný spoj jsem vyráběl ručně, z tohoto důvodu jsem ho navrhl jako jednostranný. Motiv spojů jsem vytiskl na lesklý papír a přezhlil na očištěnou měď na cuprexitové desce, viz Obrázek 6. Po vyleptání v chloridu železitém a očištění jsem stejnou technikou přenesl popisky na vrchní stranu (Obrázek 7 a Obrázek 8). Po osazení součástek (pro drivery, mikrokontrollér a step-down měnič jsem osadil patice), vyvrtání děr a očištění jsem plošný spoj ze spodní strany nalakoval. Hotový plošný spoj je na Obrázku 9



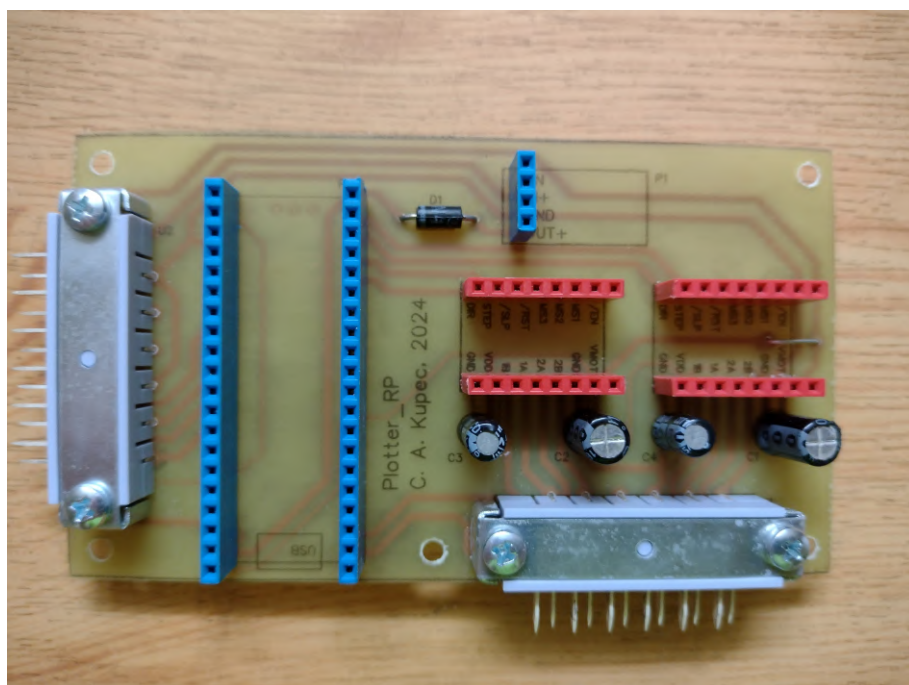
Obrázek 6: Přenesený motiv.



Obrázek 7: Vyleptané cesty.



Obrázek 8: Popisky.



Obrázek 9: Hotový plošný spoj.

2 Mechanika

2.1 Konstrukční řešení

Mechanika plotteru se skládá z osy Y, tvořené dvěma lineárními vedeními, na kterých se pohybuje osa X, tvořená jedním lineárním vedením. Na té se pohybuje hlava s držákem na pisátko. Zvedání pisátka je zařízení svislým otáčením hlavy okolo osy X.

Celá konstrukce je namontována na dřevěné desce o rozměrech 560x460x20 milimetrů, která je zespodu v rozích opatřena pěnovými nožičkami. Jako materiál pro výrobu jsem použil tyto extrudované hliníkové profily:

- profil L 10x10x1mm
- profil L 20x10x1,5mm
- profil U 10x8x1,5mm
- profil čtvercový 10x10x1,5mm
- tyč 5mm
- trubka 8x1mm

Všechny spoje jsou šroubové, pomocí šroubů M3 do závitů vyříznutých do stěn profilů.

2.2 Osa Y

Osa Y se skládá ze dvou lineárních vedení, umístěných po obou podélných stranách kreslicí plochy. Lineární vedení je tvořeno hliníkovou trubkou o průměru 8 milimetrů, umístěnou na dvou držácích (Příloha 2), ke kterým je připevněna pomocí stahovacích pásek. Na této se pohybuje vozík s plastovým lineárním ložiskem.

Obě vedení mají vlastní ozubený řemen GT2, na jednom konci volnou řemenici v držáku a na druhé straně společný krokový motor PK244M-03B velikosti NEMA 17 s průchozí osou, z jedné strany prodlouženou spojkou a hliníkovou osou o průměru 5 milimetrů. Na těchto jsou nasazeny ozubené řemenice a prodlužovací osa je uchycena v držáku (Příloha 3) s kuličkovým ložiskem. Řemeny jsou k vozíkům připevněny obtočením okolo šroubů v kotvách řemenů a zajištěny stahovacími páskami. K podložce je ve vhodném místě přišroubován limitní spínač tak, aby byl sepnut stranou jednoho z vozíků při dosažení krajní polohy.

2.3 Osa X

Osa X je namontována napříč osy Y na obou vozících. Lineární vedení, které je opět tvořeno trubkou 8mm zároveň spojuje vozíky a je tudíž hlavní nosnou částí osy X. K vozíkům je trubka připevněna k držákům pomocí stahovacích pásek. Tyto držáky jsou připevněny pomocí úhelníků k vozíkům. Na jedné straně je k tomuto úhelníku navíc přišroubován druhý krokový motor PK244M-03B velikosti NEMA 17, který slouží k posuvu hlavy (Příloha 4). Na druhém konci je k druhému úhelníku připevněn držák a na něm volná řemenice (Příloha 5).

2.4 kreslící hlava

Kreslící hlava je připevněna k lineárnímu ložisku pomocí stahovacích pásek a k řemenu pomocí kotvy řemenu (Příloha 6). Na krátkém rameni vedoucím z hlavy je připevněna svorka na písátko. Z hlavy jde směrem nahoru páka, která je součástí zvedacího mechanismu a kterou ovládá servomotor, umístěný na krokovém motoru, pomocí táhla (Příloha 7).

3 Řídící program

Řídící program (Příloha 8) po zapnutí plotteru inicializuje potřebné piny, přechází do funkce Kalib a následně do funkce Standby. Pokud dojde ke stisku tlačítka Start, přejde do funkce Do, kde otevře textový soubor s příkazy ke kreslení. Poté pro každý řádek probíhá cyklus, kdy se podle předpony příkazu určí, jestli jde o přesun do bodu, nebo o zvedání či sklápění hlavy. Po předponě následuje hodnota. Při operacích s hlavou znamená 1 sklápění a 0 zvedání. Při přesunu do bodu jsou hodnotou souřadnice oddělené čárkou. Souřadnice jsou relativní a zadávají se v počtu kroků motoru. Příkaz se provede a načte se další řádek. Po doběhnutí funkce Do plotter automaticky najede na domovskou pozici pomocí funkce Kalib a vrací se do funkce Standby.

Funkci Do lze pozastavit stiskem tlačítka Stop. Tlačítkem Start pokračuje plotter v kresbě. Stiskem tlačítka Reset a následně Start začíná plotter od znova.

Funkci Kalib je možno volat když je plotter ve funkci Standby tlačítkem Home. Ta funguje tak, že se zvedne hlava a postupně se osy pohybují směrem k počátku, dokud nesepnou limitní spínače. Poté se plotter vrací do funkce Standby.

4 Závěr

Samotná konstrukce plotteru proběhla bez větších problémů. Konstrukci jsem se věnoval od začátku po celou dobu stanoveného termínu. Jistá úskalí přinesla výroba hliníkových součástí v domácích podmínkách. Naštěstí však výrobní nepřesnosti jsou v mezích funkčnosti. K větší části práce jsem dodělával dokumentaci zpětně.

Zároveň jsem při výrobě použil některé mě dosud neznámé techniky, například řezání závitů nebo vázání vodičů do svazků.

Rozchození elektroniky a psaní programu proběhlo také bez problémů, i když použité softwarové řešení pravděpodobně není nejefektivnější.

Podařilo se mi vyrobit solidní konstrukci s nízkou vůlí v klíčových bodech. Plotter produkuje testovací obrazec v přijatelné kvalitě a jsem schopen řídit práci plotteru obslunými tlačítky. Tudíž svojí ročníkovou práci hodnotím jako úspěšnou.

5 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Blokové schéma elektroniky.

Obrázek č. 2: Prototyp zezhora.

Obrázek č. 3: Prototyp zespoda.

Obrázek č. 4: Motiv vodivých cest.

Obrázek č. 5: Motiv popisku.

Obrázek č. 6: Nevyleptaný plošný spoj.

Obrázek č. 7: Vyleptaný plošný spoj.

Obrázek č. 8: Nažehlené popisky.

Obrázek č. 9: Hotový plošný spoj.

6 Seznam příloh

Příloha č. 1: Schéma

Příloha č. 2: Výkres držáku tyče Y

Příloha č. 3: Výkres držáku ložiska

Příloha č. 4: Výkres vozíku X s motorem

Příloha č. 5: Výkres vozíku X s řemenicí

Příloha č. 6: Výkres hlavy

Příloha č. 7: Výkres sklápěcího táhla

Příloha č. 8: Program (elektronicky)

7 Zdroje

- Cable lacing - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Cable_lacing
- Python File readline() Method - W3Schools. [online]. Dostupné z: https://www.w3schools.com/python/ref_file_readline.asp
- Python String lstrip() Method - W3Schools. [online]. Dostupné z: https://www.w3schools.com/python/ref_string_lstrip.asp
- Raspberry Pi Pico Datasheet - Raspberry Pi. [online]. Dostupné z: <https://datasheets.raspberrypi.com/pico/pico-datasheet.pdf>
- A4988 driver pro krokové motory - Laskakit. [online]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/a4988-driver-pro-krokov%C3%BD-motory/>