

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Mechanické 3D tiskárny

Miloš Jedlička

Václav Holler

Jan Kellner



Hradec Králové 2011/12

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 9. strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Mechanické 3D tiskárny

Mechanical 3D printers

Autoři: Miloš Jedlička

Václav Holler

Jan Kellner

Škola: Střední škola aplikované kybernetiky s.r.o.

Hradecká 1151

Hradec Králové

500 03

Konzultant: Ondřej Šinták

Hradec Králové 2011/12

Prohlášení

*Prohlašuji, že jsme svou práci vypracovali samostatně, použili jsme pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb.,
o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.*

V Hradci Králové dne 21.3.2012

podpis:

Miloš Jedlička

podpis:

Václav Holler

podpis:

Jan Kellner

Poděkování

Děkujem Ondřeji Šintákovi za obětavou pomoc a podnětné podmínky, které nám během práce poskytoval.

Děkujem Pavlu Bezstarosti za obětavou pomoc při testování motorů.

Tato práce byla vypracována za finanční podpory SŠAK.

Anotace

Tato práce popisuje kompletní návrh a realizaci Mechanických 3D tiskáren. Mechanické 3D tiskárny dokáží tisknout i složitější modely, například hlavu člověka, která je oskenovaná za pomoci 3D skeneru, který je externí součástí jedné z tiskáren. Tiskárny jsou ovládány pomocí počítače. Objekty se modelují v příslušných programech. Projekt je založen především kvůli zaměření na technologii 3D tisku a její využití v praxi.

Klíčová slova: Mechanická 3D tiskárna, 3D skener, 3D tisk tisková, 3D skener, technologie

Annotation

This documentation describes the complete design and implementation of Mechanical 3D printers. Mechanical 3D printers can print more complex models, such as the head of a person, which is scanned by a 3D scanner, which is the external part of one of the printers. Printers are controlled by computer. Objects are modeled in their respective programs. The project is based, primarily due to a focus on 3D printing technology and its use in practice.

Keywords: 3D mechanical printer, 3D scanner, 3D printing , printing technology

OBSAH

Úvod	1.
1 Konstrukce tiskáren	2.
1.1 Cyber Mendel	2.
1.1.1 Kovové součástky k Cyber Mendel.....	3.
1.1.2 Tisk plastů k Cyber Mendel	4.
1.2 CNX1	5.
1.2.1 Kovové součástky k CNX1	6.
1.2.2 Celodřevěná konstrukce	7.
1.3 Elektronika Cyber Mendelu	8.
1.3.1 Krokové motory Cyber Mendel	8.
1.3.2 Sanguinololu a Polulu k Cyber Mendel	9.
1.3.3 HEATBED MK1.....	10.
1.3.4 Polulu.....	11.
1.4 Elektronika CNX1	12.
1.4.2 Arduino k CNX1	12.
1.4.2 Chladící větráky	13.
1.5 Software	14.
Závěr	15.
Soupis použité literatury	16.
Seznam příloh	17.

1. Video při tisku Alien Egg CNX1

Úvod

Do tohoto projektu jsme šli s tím, že zkonstruujeme 3D tiskárny. Stroje, které budou schopny přetvářet naši fantazii v realitu.

Díky naší střední škole a ochotnému přístupu ředitele bylo uvolněno dostatečné množství financí na sestavení obou tiskáren, dokoupení tiskového materiálu a dalších zařízení spojených s tiskárnou.

Jedná se o relativně mladou technologii, která se stále rozvíjí. Naším primárním cílem je zdokonalit tuto technologii, seznámit s ní studenty naší školy a odhalit jí širší veřejnosti.

3D tisk je technologie která přetváří, plastový materiál na předem určený model. Modely se vytváří pomocí příslušných programů pro tvorbu 3D objektů, nebo za pomoci skenování objektu. Funguje na principu tavení plastu v extruderu (tavící hlava), která je vyhřátá na požadovanou teplotu pro tavení plastu. Plast je následně vytlačován na předem, zahřátou desku s teplotou okolo 110 °C. Objekty jsou vytvářeny pomocí nanášení vrstev, které jsou dostatečně zahřáty, aby k sobě pevně přilnuly. Po dokončení tisku se nechá výrobek několik minut vychladnout a následně se odlepí z pracovní plochy.

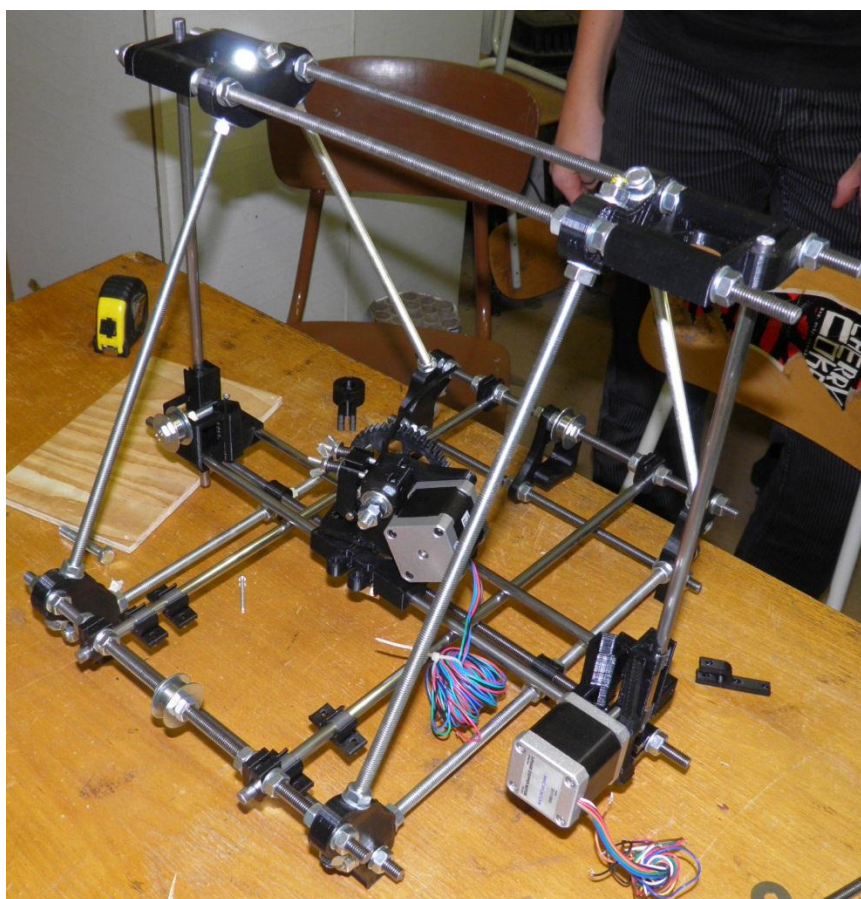
Každá z tiskáren potřebuje ke svému plně funkčnímu provozu vlastní zdroj, který dodá požadovaný proud pro pohon všech motorů a přídatných zařízení, jako například větráky, indikační led diody.

Naše práce na těchto tiskárnách se zdařila a stále se snažíme zdokonalovat naše výsledky dosažené v této chvíli.

1 Konstrukce tiskáren

1.1 Cyber Mendel

Na obrázku níže, je znázorněná zatím neúplná konstrukce. Tuto konstrukci jsme sestavovali s pomocí 3D modelu vykresleného ve formátu STL. Použili jsme jak hladké tak závitové tyče. Plastové části byly vymodelovány v CNX1 tiskárně.



Obrázek 1. Konstrukce

1.1.1 Kovové součástky k Cyber Mendel

Jednou z hlavních součástí tiskárny jsou ocelové tyče, které tvoří konstrukci. Tyče jsme přeměřovali a srovnávali jejich stabilitu, pomocí vodovah a příslušných pravítek. Kovový materiál jsme kupovali v místním železářství.

Tyč	dělení (v mm)
závitová 1	370, 370, 210, 40
závitová 2	370, 370, 210
závitová 3	370, 294, 294
závitová 4	370, 294, 294
závitová 5	440, 440
závitová 6	440
neroz 1	210, 210
hladká 1	410, 410
hladká 2	410, 410
hladká 3	350, 350
2 x hladká 120 cm	2x (410, 410, 350)

Tabulka 1. Tyče Cyber Mendel

Počet	Rozměry	Typ	Funkce
6 ks	M8 x 370 mm	závitová	trojúhelníky kostry
4 ks	M8 x 294 mm	závitová	přední/zadní tyče kostry
3 ks	M8 x 440 mm	závitová	horní/dolní tyče kostry
2 ks	M8 x 210 mm	závitová *)	vodící šrouby osy Z
1 ks	M8 x 40 mm	závitová	nebo šroub M8 x 30 se šestihrannou hlavou
4 ks	8 mm x 410 mm	hladká	vodítka osy X a Y (původně bylo 2x 406 a 2x 495 mm)

Tabulka 2. Tyče Cyber Mendel



Obrázek 2. Matky a šrouby

1.1.2 Tisk plastů k Cyber Mendel

Plastové držáky byly tisknuty pomocí CNX1 a použity k sestavě Cyber Mendelu. Všechny plastové součástky jsme vymodelovali v STL 3D formátu.



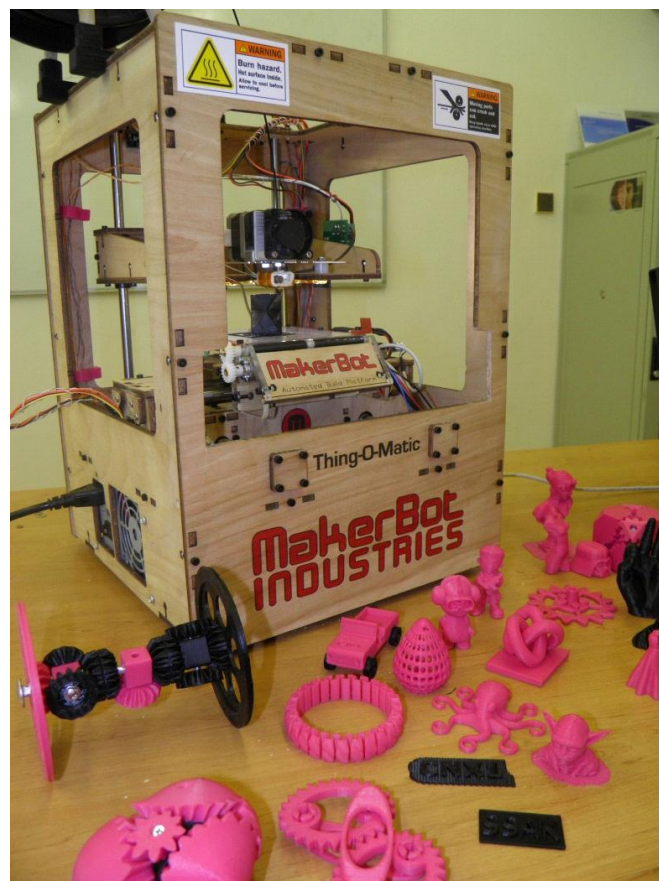
Obrázek 3. Plastové držáky



Obrázek 4. Plastové držáky

1.2 CNX1

Na obrázku níže je zobrazena kompletní tiskárna s celodřevěnou konstrukcí, která byla sestavena za pomoci součástek od Makerbot Industries. Kromě celodřevěné konstrukce obsahuje také 6 hladkých tyčí pro pohyb extruderu do osy Z a pohyb plošiny pro pohyb do os X a Y.



Obrázek 5. CNX1 s modely

1.2.1 Kovové součásti k CNX1

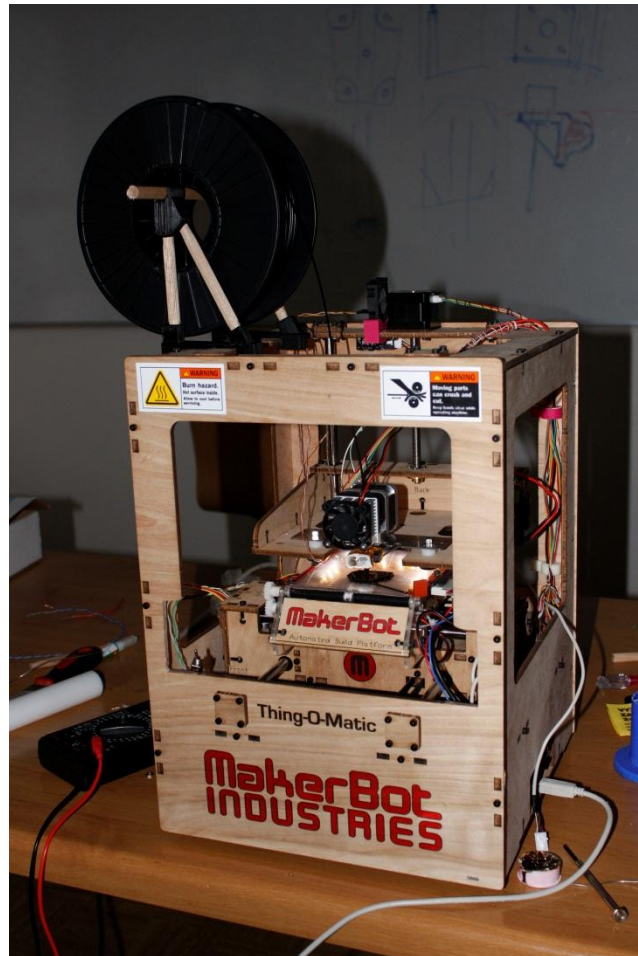
Jako vedlejší konstrukční součástky byly použity hladké tyče, k pohybu os X, Y a Z a šrouby, které rozděleny dle velikosti (viz. tabulka níže).

Počet	Rozměry
200 ks	M3 x 16 mm
12 ks	M3 x 10 mm
7 ks	M3 x 12 mm
4 ks	M3 x 30 mm
7 ks	M4 x 25 mm
6 ks	M5 x 50 mm
6 ks	8 mm x 410 mm

Tabulka 3. Matky, šrouby a hladké tyče

1.2.2 Celodřevěná konstrukce

Za pomoci převážného množství dřevěných součástek (překližky) od MakerBot Industries, se zkonstruovala tiskárna o velikosti 50 x 50 x 65 cm, díky čemuž můžeme dále bez problémů upravovat rozměry tiskárny a upgradovat její atributy.



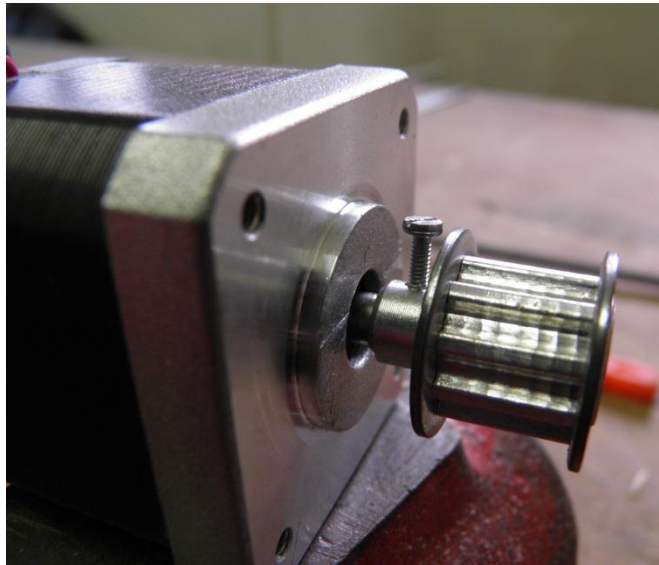
Obrázek 6. Celodřevěná konstrukce

1.3 Elektronika Cyber Mendelu

1.3.1 Krokové motory

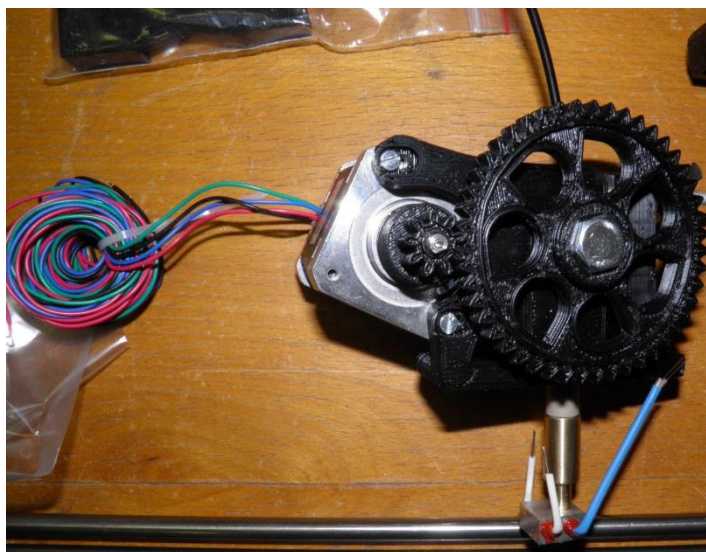
Krokové motory jsou něco bez čeho, by, jsme se jistě neobešli. K obsluze tiskárny je celkem zapotřebí 5 motorů. 1 na osu X, 1 na osu Y, 2 na osu Z a 1 na hlavu který zajišťuje podávání materiálu.

- bipolární vinutí
- paralelní zapojení
- krokové motory řady SX17 od Micronomu
- cena jednoho kusu byla 400Kč



Obrázek 7. Krokový motor

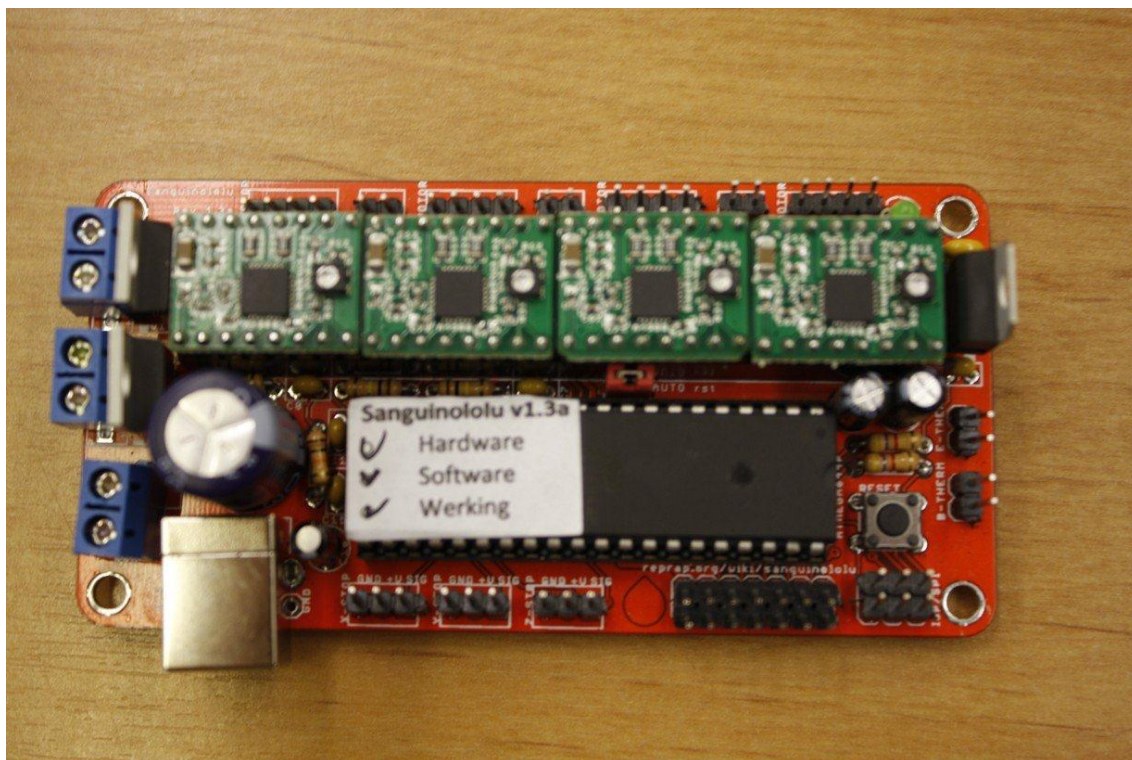
U zakoupených motorů bylo třeba ručně zabrousit vodící tyč rotoru pro správné uchycení šroubu.



Obrázek 8. Motor extruderu

1.3.2 Sanguinololu a Polulu k Cyber Mendel

Níže na obrázku je znázorněna řídicí deska Sanguinololu s konektorem na redukcii USB.



Obrázek 9. Sanguinololu a Polulu

- deska je osazena čtyřmi řídicími jednotkami motorů Pololu
- napájení 12V
- napájení je řešeno ATX zdrojem ze starého PC – 300W
- odběr při plném zatížení cca 20A
- lze připojit 4 motory, vyhřívání podložky, vyhřívání hlavy, 3 endstopy, 2 termistory a několik dalších zařízení jako například ventilátor
- deska zahrnuje tlačítko RESET
- verze desky 1.3a
- cena desky i s potřebnými součástkami 3000Kč

1.3.3 HEATBET MK1

Jedná se o vyhřívanou podložku, na kterou se připevňují tisknouce plochy, na které se v závěru tiskne. Ze začátku jsme se pokoušeli tisknout na sklo, ale kvůli neuspokojivým výsledkům jsme nakonec přešli na hliník.

Hliníkovou desku jsme později pokryli teplu odolnou lepicí páskou Kapton tape, díky které roztavený plast lépe přilíná na povrchu.

Ta samá deska byla použita i u CNX1, akorát s rozměry 10x10.



Obrázek 10. HEATBET 20x20

- Odběr 5A
- Provozní teplota 110°C
- Deska je schopna se vyhřát z pokojové teploty na provozní za přibližně 15 minut.
- Je napájena z řídicí desky
- Cena desky 600Kč

1.3.4 POLOLU A4988

Pro každý krokový motor je na základní desce právě jedno Pololu(až na výjimku u motorů osy Z kde jsou oba dva připojeny na jediné Pololu).

Jedná se o řídicí jednotku motoru, díky které můžeme ovládat každý motor zvlášť a také pro každý motor nastavit různé referenční napětí. Na ose X bylo třeba nastavit menší ref. napětí jelikož zátěž motoru na této ose není tak velká. Na ose Y bylo nastavení velmi podobné jako na ose X. Naopak osa Z vyžadovala daleko větší ref. napětí kvůli velké zátěži, protože tuto osu pohání 2 motory zároveň. Nejmenší napětí ze všech bylo třeba poladit u ovladače motoru pro extruder.

- Cena jednoho kusu 370Kč
- Operuje od 8V do 35V
- Maximální průtok proudu 2A
- Podporuje 5 různých druhů kroku: 1krok, 1/2kroku, 1/4kroku, 1/8kroku, 1/16kroku
- Při překročení bezpečné teploty se automaticky odpojí



Obrázek 11. Pololu

Bylo třeba nastavit pro každé Pololu svoje referenční napětí. Referenční napětí se seřizuje trimrem umístěným na Pololu. Ke správnému nastavení ref. Napětí je třeba, měřicí přístroj a malý šroubovák.



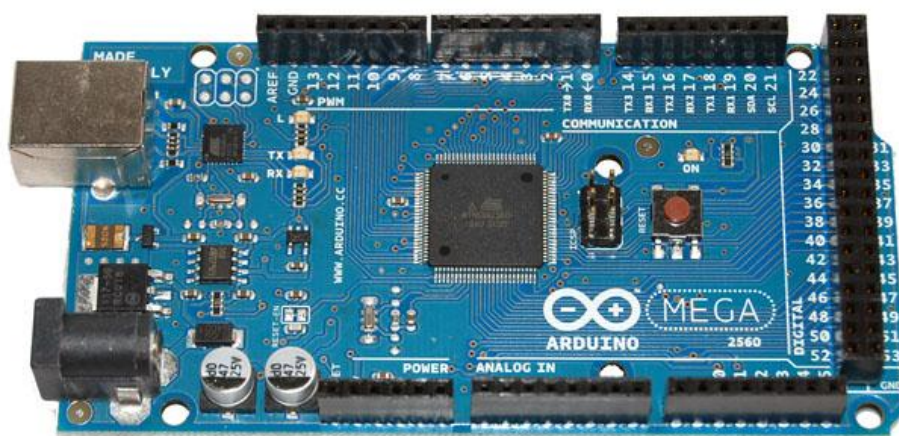
← trimr

Obrázek 12. Trimr

1.4 Elektronika CNX1

1.4.1 Arduino k CNX1

Základní deska Arduino mega2560 má oproti klasickému Arduinu rychlejší procesor ATmega2560 a také více vstupních a výstupních pinů. Arduino MEGA má 53 digitálních vstupně-výstupních portů. Mezi nimi jsou 4 hardwarové sériové porty, 14 pulzně šířkových pinů a I2C rozhraní. Navíc k těmto 53 portům Arduino MEGA nabízí 16 vstupních analogových portů.



Obrázek 13. Arduino

1.4.2 Chladicí zařízení

3x 120 mm ventilátory na chlazení 3 krokových motorů, kvůli možnému přehřátí, při dlouhodobé činnosti tiskárny (2 hodiny a více). Ventilátory byly vzaty z odstavených starších počítačů, čili hlučnost je nadstandardní.



Obrázek 14. Větrák

1.5 Software

Na to abychom plně zprovoznili tiskárnu, jsme potřebovali sehnat vhodný software. Ale než jsme se dostali k něčemu, co by nám opravdu vyhovovalo, tak jsme otestovali velké množství programů.

Ze začátku, jsme zkoušeli HostSoftware, ale ten se ukázal jako nepřijatelný, hlavně kvůli komunikaci mezi PC a deskou.

Další na řadě byl RepSnapper. S tímto softwarem jsme konečně rozhodili komunikaci a podařilo se nám dokonce po delším ladění hýbat i s osami. Bohužel nebyl tisku schopný a tak ho musel vystřídat jiný.

Než jsme sehnali program, který bude plně podporovat žádanou komunikaci a tisk, proběhlo nám pod rukama mnoho aplikací, další z nich byly Pronterface, Repetier-host a Skeinforge.

Nakonec se ukázal jako plně funkční a tím pádem pro nás přijatelný Replicator-G, který jsme sice museli trochu poupravit a povrtat se v něm, ale nakonec se osvědčil. Replicator-G jsme použili v obou tiskárnách, jelikož jsou stejně kompatibilní.

Začali jsme už pracovat na vlastním programu, který bude podporovat síťovou komunikaci s tiskárnou a umožní studentům naší školy plně využívat potenciál tiskárny. Bohužel kvůli nedostatku času se program zasekl na mrtvém bodě, avšak se sním, do budoucna počítá.

Software pro tiskárnu má za úkol z vloženého.STL souboru vygenerovat tzv. G-kód.

G-kód je prostý seznam příkazů který říká základní desce jakými osami hýbat, jak vyhřívat materiál a podložku, jakou rychlostí plnit svou potřebnou funkci.

Příklad:

ukázka možného g-code: G1 X50 F600

tento příkaz řekne tiskárně, aby se posunula po ose X o 5 centimetrů rychlostí 600 mm/min.

Závěr

Sestavili jsme kostru Cyber Mendelu z ocelového materiálu. Tak i v CNX1 byly použity ocelové tyče. Následně jsme montovali elektroniku. Kostra CNX1 byla sestavena z překližky a přidělán, navíjecí plastový materiál na vrchol konstrukce. Elektroniku jsme přidělávaly postupně s tím, že jsme jí uvedly do plného provozu, až po té co byla testována za pomoci testovacího materiálu a námi napsanými programy. Po přidělení a otestování elektroniky jsme jí spustili přímo při tisku modelů.

Všechny materiál, který byl zakoupen, byly jen díly ke zkonstruování příslušných tiskáren. Jednotlivé části byly ve své podstatě polotovary.

První modely byly lehce nedodělané kvůli softwarovému nedostatku, který jsme během dne velice rychle vyřešili.

Děkujem Robertu Daniymu a Danieli Bendovi za příkladnou pomoc při testování softwaru Cyber Mendelu.

Použitá literatura

Cyber Mendel

1. Přesnější pohled na zapojení stepů

<http://reprap.org/wiki/Stepstick>

2. Sanguinololu podrobnější náhled na vlastnosti

<http://reprap.org/wiki/Sanguinololu>

3. Funkčnost G - Codu

http://reprap.org/wiki/G_code

4. Zapojení krokových motorů

<http://www.microcon.cz/zapojenivnuti082010web/zapojenivnutipdf082010/SX17-0905,1705.pdf>

5. Pohled na aktuálně aktivních Firmwarů

<http://reprap.org/wiki/Firmware>

CNX1

6. Pohled na 3D modeláž

<http://www.thingiverse.com>

7. Shlédnutí prostředků od Makerbot Industries

www.makerbot.com

Přílohy

1. Video při tisku Alien Egg CNX1

Video přiloženo k dokumentaci na CD.

Obsah videa

1. Tisk 3D vejce