

Šolski center Celje

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

ALGORITMI VODENJA, OPTIMIZIRANJE IN REGULACIJA 3D-TISKALNIKA

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorja:

Blaž BLATNIK, M-4. c

Valentin BUKOVŠEK, M-4. c

Mentor:

Robert Ojsteršek, mag. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2016

POVZETEK

3D-tiskanje je vse popularnejše, saj si lahko marsikdo privošči tiskalnik in tiska doma. Drugod po svetu je 3D-tiskanje uporabljeno v industriji, medicini, gradnji, modelarstvu, pri raznih raziskavah in celo v vesoljski industriji. Zato lahko rečemo, da je raba 3D-tiskanja v zadnjih letih v velikem porastu. To je sistem, ki je računalniško voden. Prostorsko tiskanje dobro opisuje naslednja poved: »3D-tiskanje, izumljeno leta 1986 s strani Chucka Hulla, je proces izdelave digitalne 3D-oblike in sprememb te datoteke v fizično obliko.« (Brian Krassenstein).

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	HIPOTEZE	2
3	NAKUP MATERIALA	3
4	VEZAVA KOMPONENT	4
4.1	VEZAVA NAPAJALNIKA	4
4.2	VEZAVA KORAČNEGA ELEKTROMOTORJA	5
4.3	VEZAVA ELEKTRONSKEGA VEZJA ZA KRMILJENJE KORAČNIH MOTORJEV (RAMPS)	8
4.4	VEZAVA GRELNE GLAVE	10
4.5	RAZPOREDITEV OŽIČENJA	11
5	VEZAVA IN PROGRAM ARDUINO	12
6	TESTIRANJE SISTEMA	13
7	ZAKLJUČEK	14
8	VIRI	15

KAZALO SLIK

Slika 1: Vezava žic z dvoredno vrstno sponko (lastni vir)	4
Slika 2: Napajalnik med predelavo (lastni vir).....	5
Slika 3: Vezava elektromotorja na ramps (lastni vir)	6
Slika 4: Skica tuljav in dimenzije elektromotorja	7
Slika 5: Gonilnik koračnih motorjev (lastni vir)	7
Slika 6: Skica vezave rampsa (lastni vir)	8
Slika 7: LCD-zaslon z 32 stolpci in 4 vrsticami (lastni vir)	9
Slika 8: Ramps, pritrjen na Arduino Mega (lastni vir)	9
Slika 9: Grelna glava (lastni vir)	10
Slika 10: Vezava grelne glave na ramps (lastni vir).....	10
Slika 11: Kabelski kanal.....	11
Slika 12: Kabelska veriga.....	11
Slika 13: Zavihek "configuration" v programu (lastni vir).....	12
Slika 14: Natisnjen izdelek (lastni vir)	13

KAZALO TABEL

Tabela 1: Specifikacije napajalnika.....	5
Tabela 2: Specifikacije elektromotorja.....	6

1 UVOD

Cilj raziskovalne naloge je zgraditi sistem, ki se bo lahko primerjal z drugimi, serijsko izdelanimi in dražjimi tiskalniki. Zamislila sva si sistem, ki je primerljiv z dražjimi in natančnejšimi tiskalniki. Glavna značilnost tega sistema je, da se miza premika po z-osi, tiskalna glava pa po y in x-osi. Narediti tak sistem brez kakršnega koli načrta predstavlja izziv, saj je tovrsten sistem težje izdelati kot običajnega. Prav tako je program delovanja zahtevnejši od običajnih, ugodnejših tiskalnikov.

2 HIPOTEZE

Takšen princip 3D-tiskalnika je trenutno drag. Ponudniki za naprave takšne kakovosti računajo 2500–5000 €, tiskalniki z enostavnejšim principom tiskanja pa so cenejši. Izziv nama je bilo narediti ta tiskalnik enako zmogljiv, natančen in uporaben kot so drugi tiskalniki, toda da bo cenovno ugodnejši. Tovrstne sisteme uporabljam nekatera podjetja za izelovanje prototipov in celo izdelkov.

Postavila sva si naslednje hipoteze:

- Zgraditi delajoč sistem, podoben drugim.
- Zgraditi sistem, ki se lahko primerja z drugimi, dražjimi tiskalniki.
- Porabiti čim manj denarja.
- Izdelati čim več komponent.
- Napisati program delovanja.

3 NAKUP MATERIALA

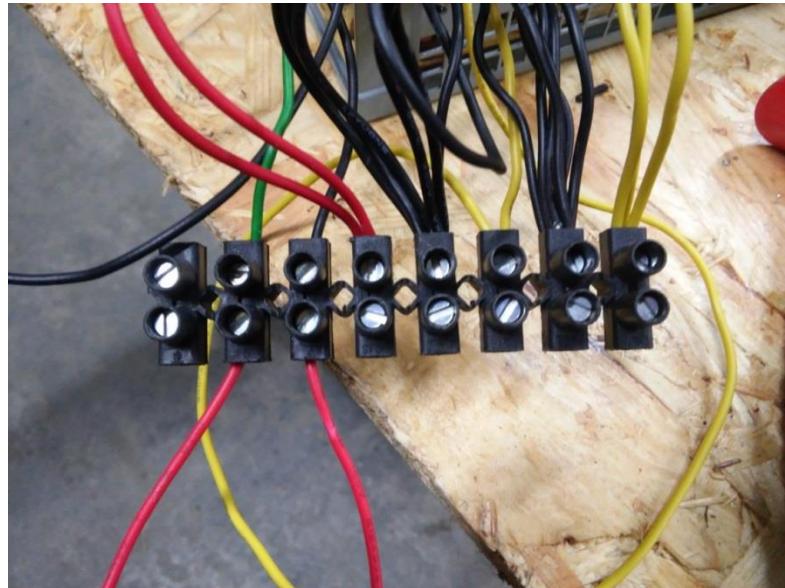
- 5 koračnih motorjev, cena: 54 €
- Topilna glava (ekstruder), cena: 33 €
- Krmilnik Arduino Mega, cena: 11 €
- 5 driverjev za koračne motorje, cena: 7 €
- 5 končnih stikal, cena: 4 €
- Induktivni senzor, cena: 2 €
- LCD-zaslon, cena: 11 €
- Računalniški napajalnik CPU 520 W
- Ramps 1.4 (pogoni za krmiljenje koračnih motorjev), cena: 8 €
- 2 kabelski verigi, cena: 21 €

Skupna cena vseh komponent je približno 151 €. Računalniškega napajalnika nisva dodala k stroškom, ker sva ga dobila zastonj.

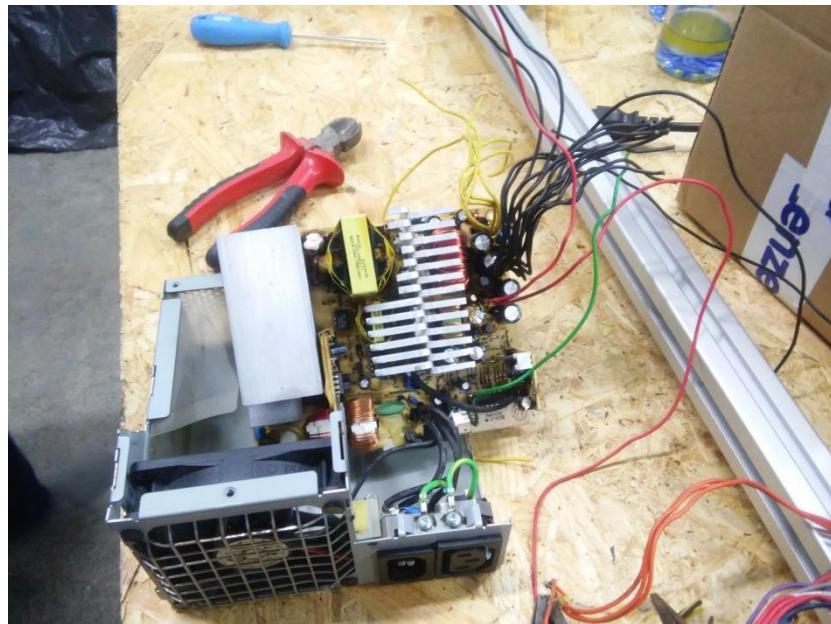
4 VEZAVA KOMPONENT

4.1 VEZAVA NAPAJALNIKA

Uporabila sva računalniški napajalnik s 520 W močjo. Napajalnik dovaja potrebno elektriko, s katero deluje celoten tiskalnik. Razstavila sva ga in s tiskanega vezja odspajkala nepotrebne žice, ki so prej služile kot priključki za računalnik. Tako sva se znebila skoraj polovice žic in pridobila na estetiki. Vse druge žice sva spela z dvoredno vrstno sponko. Na spodnji sliki lahko te žice vidimo. Zelena in črna sta spojeni z rdečo žico, na kateri je stikalo. S tem stikalom lahko vključimo ali izključimo napajanje. Naslednji dve rdeči žici dovajata 5 V na sponko. Sledijo črne žice, ki predstavljajo minus, rumene pa 12 V in na sponko dovajajo 12 V. Naslednje črne in rumene žice imajo enako funkcijo kot prejšnje.



Slika 1: Vezava žic z dvoredno vrstno sponko (lastni vir)



Slika 2: Napajalnik med predelavo (lastni vir)

Tabela 1: Specifikacije napajalnika

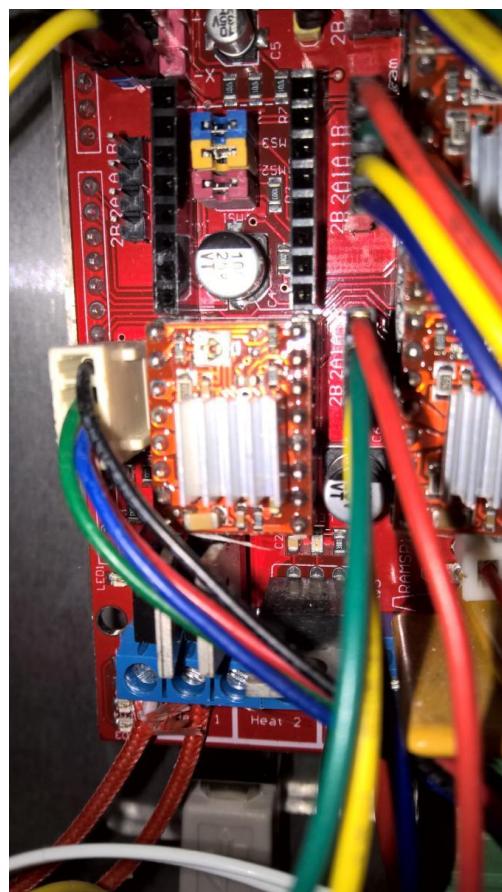
Izmenični vhod	Enosmerni izhod
100–127 V 8 A	+3.3 V 8 A
200–240 V 4 A	+5 V 15 A
AUTO-RANGE	+12 V 15 A
50–60 Hz	–12 V 0.3 A
Izmenični izhod	AUX-izhod
100–127 V 3 A	+5 V_aux 2 A MAX
200–240 V 1.5 A	

4.2 VEZAVA KORAČNEGA ELEKTROMOTORJA

Uporabila sva koračni enosmerni elektromotor NEMA 17. Elektromotorji premikajo mizo in grelno glavo s pomočjo jermenov in trapeznih navojev. Motor ima 4 žice. Rdeča in modra žica sta priklopljeni na prvo tuljavo, zelena in črna pa na drugo tuljavo motorja. Te žice so s priključkom priklopljene na ramps. Na rampsu je priklopljen gonilnik koračnih motorjev. Ti gonilniki delujejo z 12 V s tokom 2 A. Delujejo kot H-mostič. Z njim vodiva koračne motorje in jim lahko spreminja smer vrtenja. Na gonilnik dovedeva PWM-signal, ki spreminja smer in hitrost vrtenja koračnega motorja. Tako so povezani vsi motorji na 3D-tiskalniku.

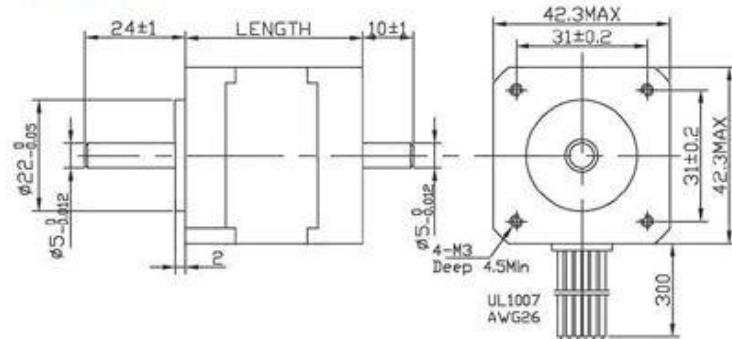
Tabela 2: Specifikacije elektromotorja

Natančnost kota koraka	$\pm 5\%$
Natačnost upornosti	$\pm 10\%$
Natančnost induktivnosti	$\pm 20\%$
Temperaturna sprememba	80 °C Max
Temperatura ozračja	-10 °C +50 °C
Izolacijski razred	B
Dielektrična moč	500 VAC za eno minuto
Obremenitev radialne osi	0.06 Max. (450 g)
Obremenitev aksialne osi	0.08 Max. (450 g)

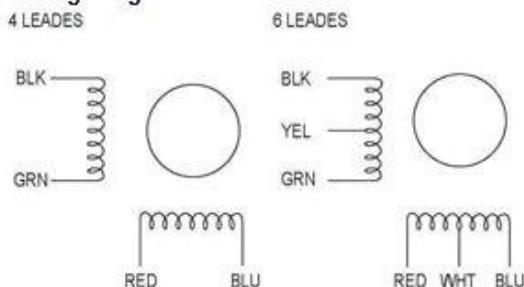


Slika 3: Vezava elektromotorja na ramps (lastni vir)

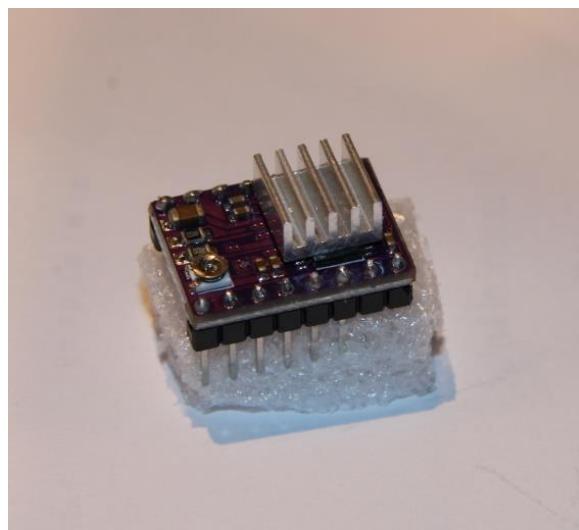
Dimensions



Wiring Diagram



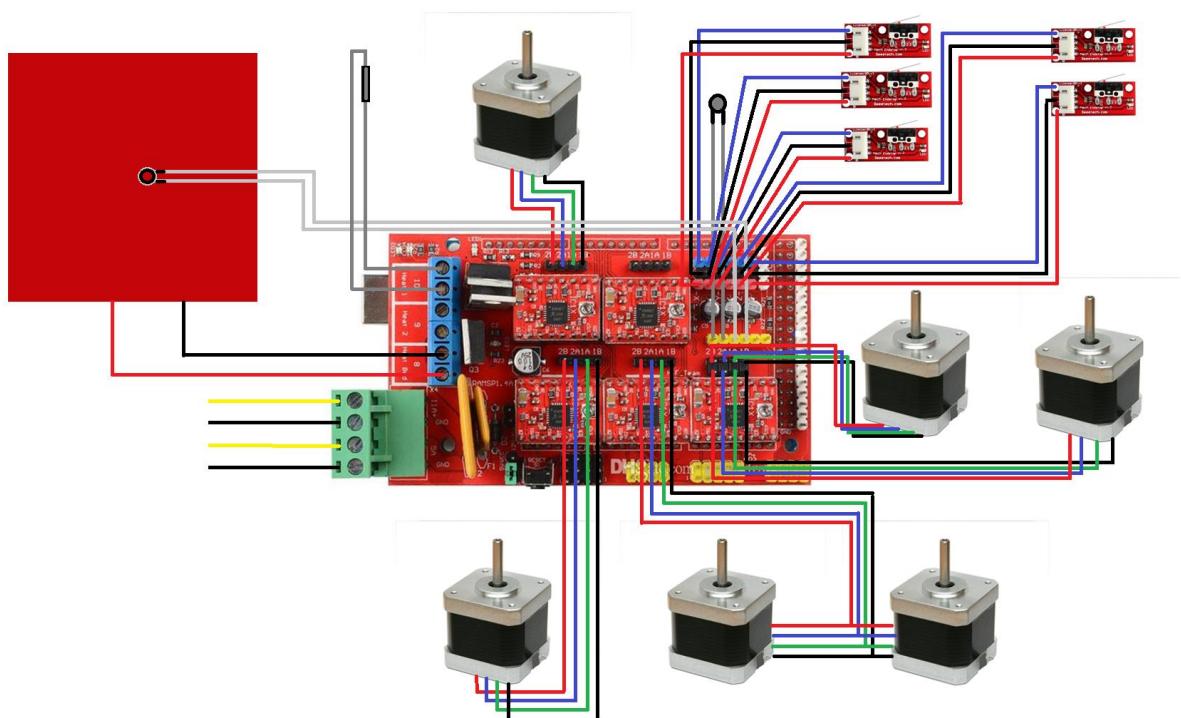
Slika 4: Skica tuljav in dimenzijs elektromotorja



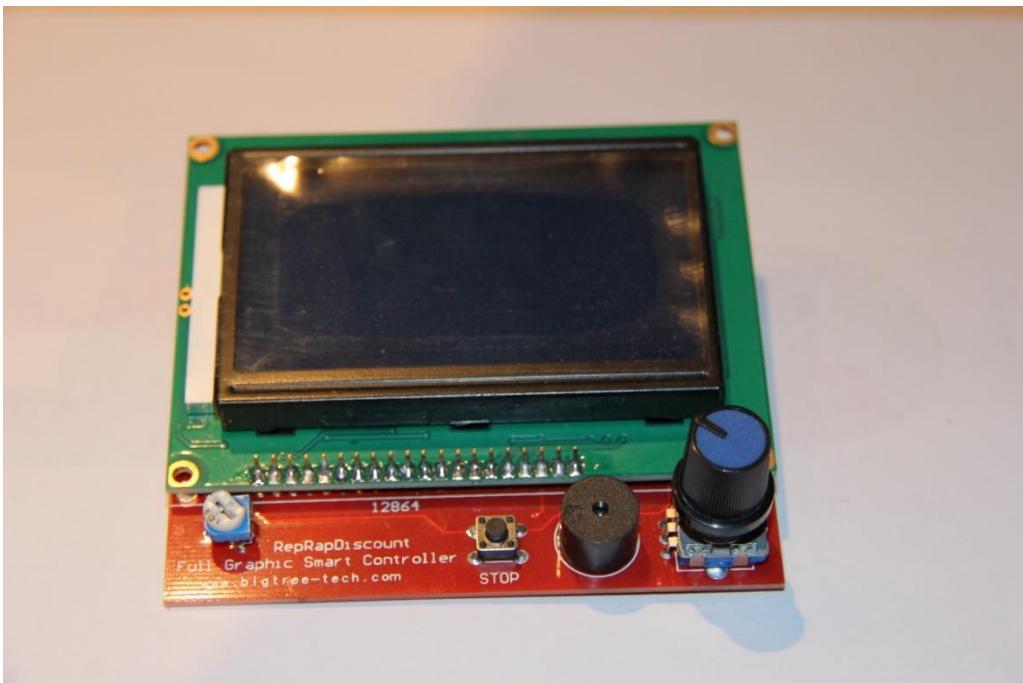
Slika 5: Gonilnik koračnih motorjev (lastni vir)

4.3 VEZAVA ELEKTRONSKEGA VEZJA ZA KRMILJENJE KORAČNIH MOTORJEV (RAMPS)

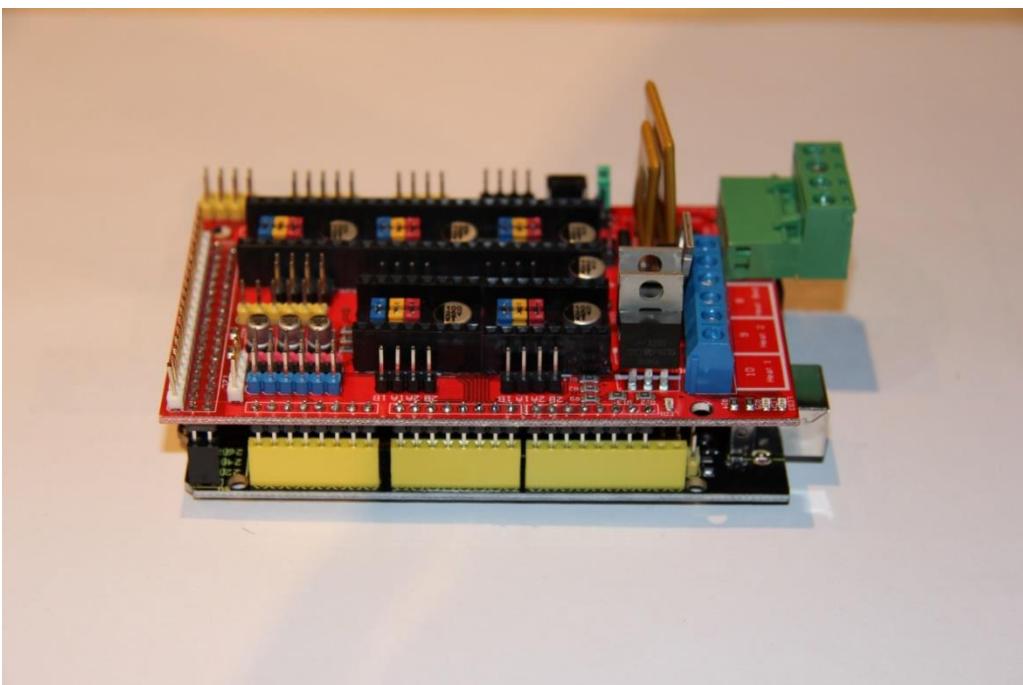
Na ramps so priključene vse glavne komponente, ki so potrebne za delovanje 3D-tiskalnika. Nanj je priključeno napajanje, topilna glava, motorji, končna stikala in LCD-zaslon. Na LCD-zaslonu se bo izpisovala temperatura, čas trajanja ter osi tiskanja. Omenjene komponente so narisane na spodnji sliki. Na priključke, rumene in črne barve, je priključeno napajanje. Celotno vezje in ramps je s priključki pritrjen na krmilnik Arduino Mega, na katerem je zapisan program delovanja.



Slika 6: Skica vezave rampsa (lastni vir)



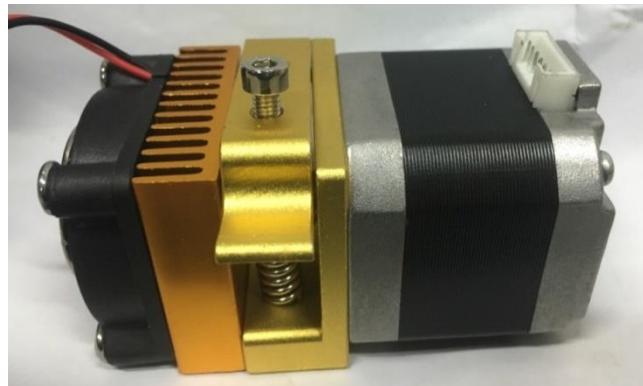
Slika 7: LCD-zaslon z 32 stolpci in 4 vrsticami (lastni vir)



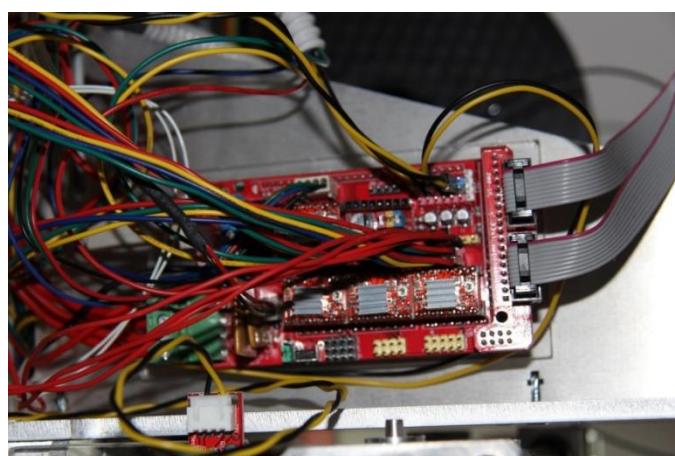
Slika 8: Ramps, pritrjen na Arduino Mega (lastni vir)

4.4 VEZAVA GRELNE GLAVE

Grelna glava je sestavljena iz aluminijaste hladilne plošče, ventilatorja, enosmernega koračnega motorja in grelnika. Ventilator je priklopiljen na priključek, ki je na tiskanem vezju, z 12 V napetostjo. Koračni motor je priklopiljen tako kot vsi ostali motorji v vezju. Grelnik je sestavljen iz aluminijastega bloka, grelnika in ima $100\text{ k}\Omega$ temperaturni upor. Ta upor služi kot tipalo, ki meri temperaturo glave. Aluminijasti blok je ohišje grelnika. Grelnik je priklopiljen na 12 V in je glavni del grelne glave. Grelnik topi plastiko, ki mu jo dozira motor. Zraven sva dodala induktivni senzor. S tem sva nadgradila običajni, nižjecenovni sistem, ki ima namesto senzorja končno stikalo. Zaradi tega senzorja in primernega programa se bo grelna glava samodejno nastavila v izhodiščno lego in se umerila. Posledica tega je, da topilna glava nanaša plasti plastike natančnejše.



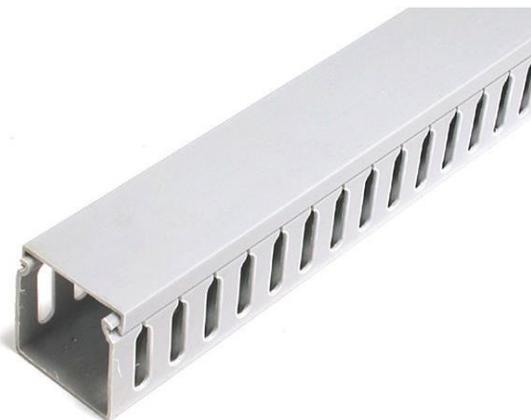
Slika 9: Grelna glava (lastni vir)



Slika 10: Vezava grelne glave na ramps (lastni vir)

4.5 RAZPOREDITEV OŽIČENJA

Razporeditev ožičenja je prav tako pomembna. S tem sva pridobila estetski in pregleden sistem. To nama služi za lažjo montažo novih komponent in njihovo vzdrževanje. Pri razporeditvi sva uporabila kabelske kanale in verige za žice. Pri kakovostno pripetih in razporejenih žicah ne more priti do kratkega stika.



Slika 11: Kabelski kanal



Slika 12: Kabelska veriga

5 VEZAVA IN PROGRAM ARDUINO

Uporabila sva mikrokrmlnik Arduino Mega. Uporabila sva ga zato, ker sva podoben mikrokrmlnik programirala že v šoli in ker ima dovolj vhodov in izhodov za sistem. Na mikrokrmlniku je zapisan celoten program za delovanje 3D-tiskalnika. Najprej sva imela v mislih, da bova napisala program sama. Toda kaj hitro sva ugotovila, da imava pre malo znanja in časa za pisanje programa. Nato sva na spletu poiskala najprimernejši program za najin sistem. Preden sva ga prenesla v mikrokrmlnik, sva ga preučila. Nato sva pod zavihkom »configuration« spremenila dimenzije tiskanja. Mere sva prilagodila za najin tiskalnik. Pod istim zavihkom sva morala spremeniti spremenljivko H, ki je pomembna za komunikacijo med tiskalnikom in računalnikom.

```

Marlin Conditional.h Configuration.h Configuration_adv.h Default_Version.h M100_Free_Mem_Clk.cpp Marlin.h
#ifndef CONFIGURATION_H
#define CONFIGURATION_H

#include "boards.h"
#include "macros.h"

//=====
//===== Getting Started =====
//=====

/*
Here are some standard links for getting your machine calibrated:
* http://reprap.org/wiki/Calibration
* http://youtu.be/wAl9d7FgInk
* http://calculator.josefprusa.cz
* http://reprap.org/wiki/Triffid\_Hunter%27s\_Calibration\_Guide
* http://www.thingiverse.com/thing:5573
* https://sites.google.com/site/repraploophase/calibration-of-your-reprap
* http://www.thingiverse.com/thing:295812
*/

// This configuration file contains the basic settings.
// Advanced settings can be found in Configuration_adv.h
// BASIC SETTINGS: select your board type, temperature sensor type, axis scaling, and endstop configuration

//=====
//===== DELTA Printer =====
//=====
// For a Delta printer replace the configuration files with the files in the
// example_configurations/delta directory.
//


//=====
//===== SCARA Printer =====
//=====
// For a Scara printer replace the configuration files with the files in the
// example_configurations/SCARA directory.
//


// @section info

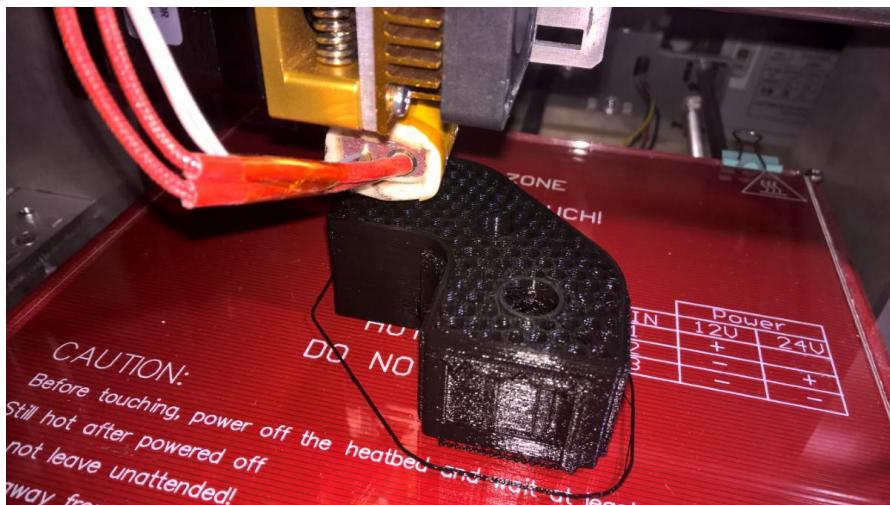
#if ENABLED(USE_AUTOMATIC_VERSIONING)
  #include "_Version.h"
#else
  #include "Default_Version.h"
#endif
<

```

Slika 13: Zavihek "configuration" v programu (lastni vir)

6 TESTIRANJE SISTEMA

Na koncu sva 3D-tiskalnik testirala. Bila sva pozorna, ali se je grelna glava samodejano umerila. S spleta sva naložila program Repetier. Ta program pretvori STL-datoteko v G-kodo. V računalniškem programu SolidWorks sva narisala enostaven izdelek in ga s pomočjo Repetierja pretvorila v G-kodo. Nato sva vključila sistem. Tiskalnik je tiskal s PLA-plastiko. Ta plastika velja za eno izmed najenostavnjejših in najboljših plastik za tiskanje. Opazovala sva potek tiskanja. Da bi bolje spoznala delovanje programa za tiskanje, sva spreminjala parametre tiskanja in opazovala razliko. Ugotovila sva, da je regulacija temperature grelne podlage, grelne glave in materiala ključna za ustrezen natančnost tiskanja. Ko je bilo tiskanje končano, sva izdelek pregledala. Natančnost in hitrost tiskanja sta se nama zdela primerna, zato sva s tiskanjem zadovoljna.



Slika 14: Natisnjen izdelek (lastni vir)

7 ZAKLJUČEK

Naloga je bila zahtevnejša, kot sva pričakovala. Tudi več časa nama je vzela, kot sva načrtovala na začetku. Ker sva veliko elektronskih elementov naročala preko spleta, sva preveč časa čakala nanje, zato sva imela velik zaostanek. Vezava komponent ni bila zahtevna, toda iskanje programa in spremjanje njegovih parametrov nama je vzelo veliko časa. Načrtovala sva, da porabiva čim manj denarja in da narediva čim več delov sama. Ti dve hipotezi sva ovrgla, ker sva porabila več denarja, kot sva predvidevala. Prav tako sva večino delov kupila in jih nisva toliko naredila sama, kot sva na začetku predvidevala. Ovrgla sva tudi idejo, da bi program napisala sama. Tudi če bi nama pomagal mentor, nama ne bi uspelo zaradi primanjkovanja časa. Kljub vsemu nama je uspelo narečiti delajoč sistem, podoben drugim, tako da sva ti hipotezi uspela potrditi.

8 VIRI

[1] *Citat* (online). (citirano 7. 3. 2016). Dostopno na naslovu:

<http://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

[2] *Kabelska veriga* (online). (citirano 7. 3. 2016). Dostopno na naslovu:

http://ecx.images-amazon.com/images/I/41P7d3RLijL._SY300_.jpg

[3] *Kabelski kanal* (online). (citirano 7. 3. 2016). Dostopno na naslovu:

http://sgcdn.startech.com/005329/media/products/gallery_large/AD2x2.Main.jpg

[4] *Program delovanja* (online). (citirano 6. 3. 2016). Dostopno na naslovu:

<https://github.com/MarlinFirmware/Marlin>

[5] *Slika tuljav in dimenzij koračnega motorja* (online). (citirano 6. 3. 2016). Dostopno na naslovu:

<https://www.buildyourcnc.com/images/nema17-62oz-in-motor-datasheet.JPG>

[6] *Specifikacije koračnega motorja* (online). (citirano 6. 3. 2016). Dostopno na naslovu:

http://wiki.zentoolworks.com/images/e/e8/Nema17_42BYGH47-401A_Specs.jpg