

Elektroboj 2014./2015.

3D DC printer

Plastična kirurgija

Članovi tima:

Ivan Soldo

Una Pale

Goran Popović

Filip Kovačić Popov

Svibanj 2015., Zagreb

Sadržaj

1. Opis rješenja	3
2. Blok shema	5
3. Električne sheme.....	7
4. Opis rada sklopa	10
5. Tehničke karakteristike.....	13
6. Sastavnica.....	14
7. Mehanička konstrukcija	15
8. Opis programske potpore	21
9. Daljnji planovi	22

1. Opis rješenja

3D printanje je tehnologija automatizirane proizvodnje trodimenzionalnih predmeta na temelju 3D modela. Predmet se izrađuje aditivnom tehnologijom sloj po sloj slično običnom printanju, ali varira ovisno o materijalu te tehnologiji izrade. Ova tehnologija omogućuje izradu velikog broja raznovrsnih oblika i predmeta, te u relativno malom vremenu. Vrijeme izrade samog proizvoda je uglavnom nekoliko sati, što može zvučati mnogo, no sveukupno vrijeme od same ideje proizvoda do fizičke realizacije je veoma malo uspoređujući sa industrijskom proizvodnjom. 3D printer zapravo je jedna vrsta industrijskog robota, ali relativno niste cijene i velike pristupačnosti.

Glavna prednost je što danas 3D printer može gotovo svatko nabaviti ili sam izraditi što omogućuje izradu specijaliziranih i proizvoda dizajniranih pojedinačno za određen slučaj. Ovo ima veliki potencijal u arhitekturi, dizajnu, strojogradnji, aeronautici, modelarstvu, medicini, bio-modeliranju i dr. U zadnjih desetak godina 3D printanje je postalo veoma popularno, te je danas moguće izraditi svoj 3D printer za nekoliko tisuća kuna. Na Internetu postoji velik broj raznih modela koje su ljudi razvili uz detaljne upute za izradu. Ipak većina tih printerova nije dovoljno precizna te uglavnom služe za izradu dekorativnih predmeta ili predmeta kod kojih nije bitna visoka preciznost. Također gotovo svi printeri koriste koračne (step) motore, te nemaju povratnu vezu o stvarnoj poziciji motora.

Postoji nekoliko vrsta materijala i tehnologija, a najčešća tehnologija kod DIY („do it yourself“) printerova je FDM („fused deposition modeling“) koja se sastoji od topljenja termoplastičnog materijala koji se izlazeći kroz pomicnu mlaznicu slaže sloj po sloj. Nakon izlaženja brzo se stvrđnjava te time formira predmet. Ta tehnologija je najpristupačnija zbog cijene te mogućnosti nabavka materijala za izradu.

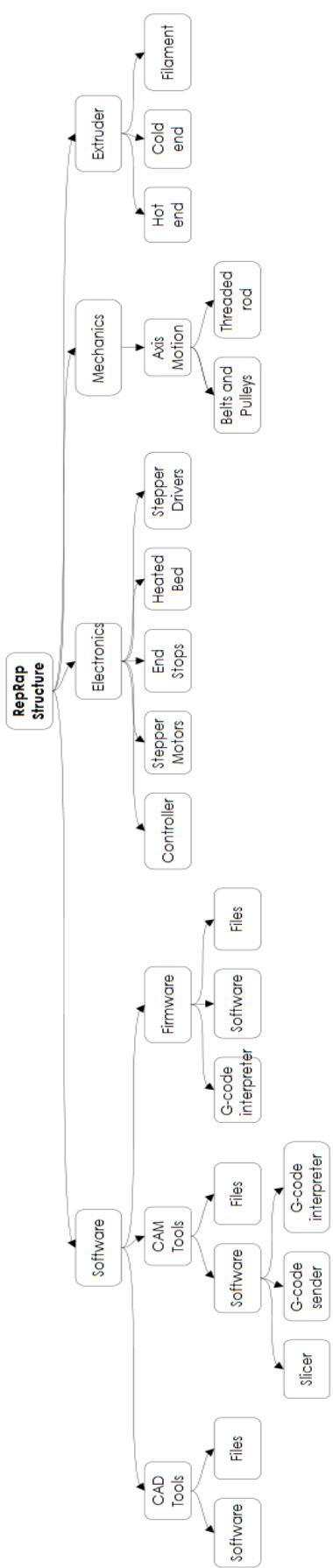
Kako bi bila dostupna izrada gotovo svima što znači i ljudima koji nemaju veliko tehničko (elektroničko, računarsko ili modelarsko) znanje većina printerova koristi gotove razvojne module koji na sebi sadrže svu potrebnu elektroniku i mikrokontrolere. Uglavnom je to Arduino pločica (Arduino Mega najčešće) sa „shieldom“ koji se na njega nataknje. Na shieldu se nalaze priključci za grijajuću glavu („extruder“), grijajuću podlogu („heated bed“), graničnike („end stops“), koračne („step“) motore te se također nalaze „driveri“ za koračne motore. „Shield“ koji se uglavnom koristi je RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) gdje ime RepRap dolazi od ideje stvaranja samoreplicirajućih strojeva, gdje jedan uređaj može proizvesti dijelove za izradu novog stroja, ili nadogradnju samog sebe. Osnovni takav proizvod je upravo 3D printer. Sam firmware se također može skinuti sa Interneta koji se zatim preko Arduino IDE prenese na mikrokontroler. Printer je nakon kalibracije i pojedinih preinaka vezanih za model printerova spremjan za rad.

Cilj ovog projekta je napraviti DIY printer koristeći DC motore umjesto koračnih motora te korištenje enkodera kako bi se dobila povratna informacija o poziciji glave printerova. Time se postiže veća preciznost izrade predmeta, a također može se i dobiti na brzini printanja.

Izraditi će se shield za DC motore za X i Y os koji će se nataknuti na RAMPS na mjesto gdje se inače nalaze step driveri. On će dimenzijama, rasporedom pinova i logikom biti kompatibilan sa RAMPS-om te time omogućiti jednostavnu zamjenu step motora i drivera sa DC motorima. Na taj način ovaj shield može postati jednostavna alternativa korištenju step

motora na već postojećoj i najčešće korištenoj platformi RAMPS. Konstrukcija printer-a biti će takva da će omogućiti jednostavno rastavljanje kako bi se u nekoliko minuta mogao složiti te biti prijenosan, te ponovno u nekoliko minuta sastaviti do ponovne funkcionalnosti. Svime ovime ovaj printer biti će drugačija (naprednija) varijanta postojećih DIY printer-a; po preciznosti i brzini (koristeći DC motore) te mogućnosti prenosivosti. Naravno kad se završi sve će biti open-source te dostupno za nadogradnju.

2. Blok shema



. Pregled svih dijelova potrebnih za rad 3D printera

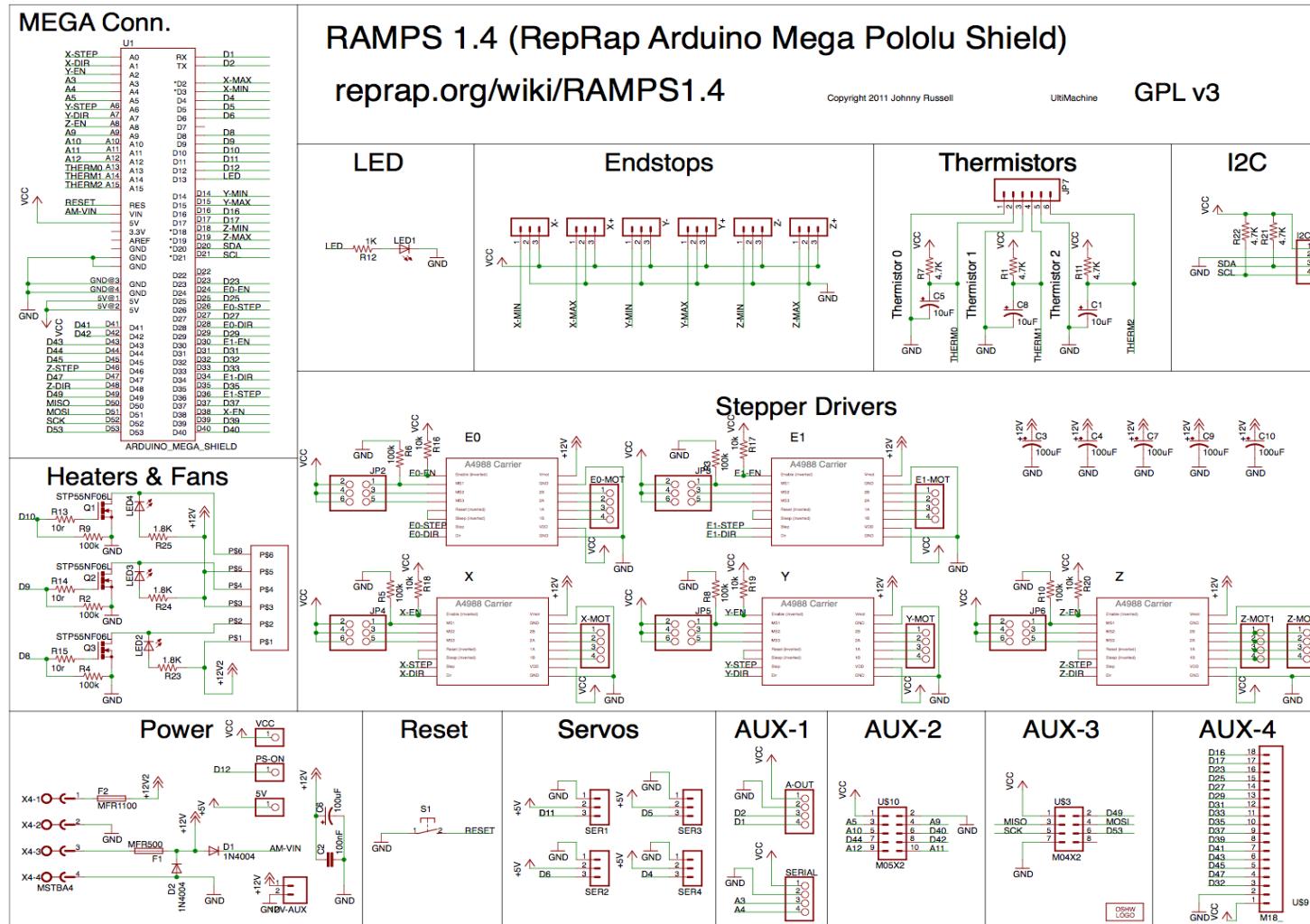
Na slici 1. prikazani su glavni dijelovi potrebnici za rad tipičnih DIY 3D printerova. Software se može podijeliti na 3 stvari: CAD alati, CAM alati, te firmware. Firmware je ovisan o dizajnu pojedinog printerova, te ga je potrebno modificirati (ukoliko se koristi Arduino) ili napisati (u našem slučaju). CAD alati (Computer Aided Design) služe za dizajniranje 3D modela i najčešći alati koji se koriste su: PTC Creo, Dassault Solidworks, Autodesk Inventor itd. CAM alati (Computer Aided Manufacturing) služe za pretvaranje CAD datoteka u „machine friendly“ format odnosno G-kod koji su zapravo upute za pomicanje glave alata. Najčešći programi za to su MatterSlice, Skeinforge, Cura, Slic3r, Kisslicer itd. Oni STL format pretvaraju u G-kod tako da predmet rastave na slojeve i za svaki sloj definiraju kojim putem će glava printerova ići te brzinu kojom se mora materijal („fillament“) ispuštati ovisno o brzini glave na pojedinom mjestu. Ono što je potrebo napraviti je firmware. On uključuje čitanje datoteke sa G-kodom, te G-kod interpreter koji čita liniju po liniju G-koda te ju pretvara u signale motorima za pomicanje glave te uvlačenje i ispuštanje materijala („fillamenta“). Najčešći firmware-i danas korišteni su Sprinter, Marlin, Teacup i Repetier te su namijenjeni za Arduinov ATmega procesor.

Elektronika koju je potrebno nabaviti uključuje mikrokontroler, DC motore (inače koračne, kod nas DC), koračni motor za uvlačenje materijala, grijaču glavu („extruder“), grijanu podlogu („heated bed“) i senzore (end stopp-ove i termistore za mjerjenje temperature glave i podloge).

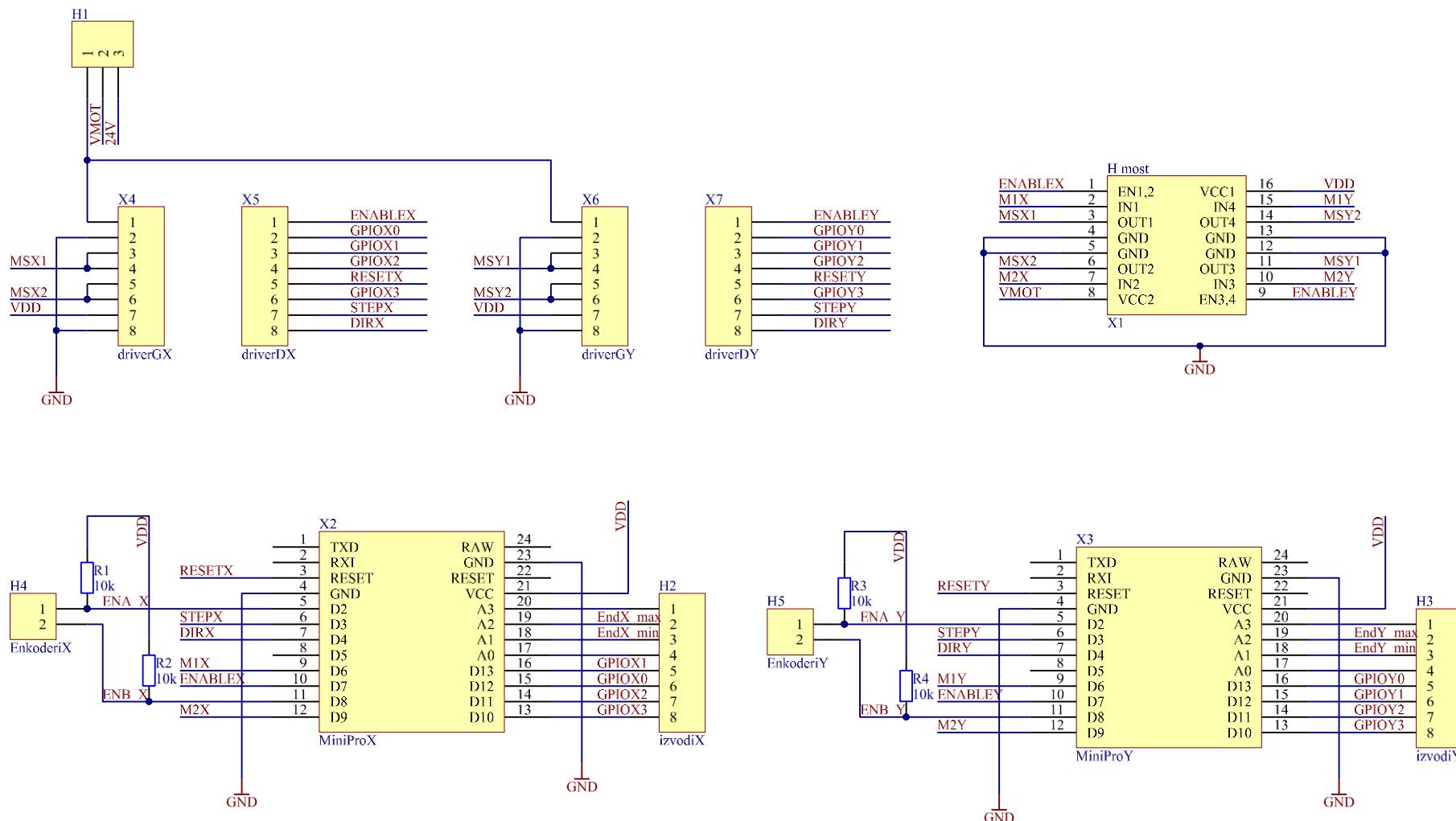
Pri dizajnu i konstrukciji potrebno je voditi računa o izvedbi gibanja po X,Y i Z osi, te preciznostima i brzinama koje nam ona omogućuje. Dva tipa gibanja koja se koriste su koristeći remenice i vodilice te koristeći navojnu šipku. Uglavnom se remenice koriste za X i Y os, a navojna šipka za Z os zbog težine glave. Također obično se podloga pomiče u X ili Y osi (ili obje), a glava po Z osi (i X ili Y).

Glava („extruder“) topi materijal („fillament“) te ukoliko to ne radi dovoljno dobro, predmeti će ispadati loše (fizičkim izgledom, dimenzijama te mehaničkim svojstvima). Glava se sastoji od hladnog i vrućeg kraja. Hladni kraj služi za uvlačenje materijala (žice) određenom brzinom u vrući kraj koji topi materijal. Vrući kraj sastoji se od grijača te obično termistora koji mjeri temperaturu te korištenjem PID regulacije regulira željenu temperaturu. Temperatura potrebna za topljenje ovisi o materijalu, a obično je oko 200C. Sam materijal obično dolazi u obliku žice promjera 1.75 ili 3 mm. Dva najčešća materijala su ABS i PLA. ABS je dosta snažan i prije će se saviti nego puknuti te je otporan na dosta visoku temperaturu, ali su njegove pare opasne po zdravlje. Također ABS-u je nužna grijana podloga dok PLA-u nije. PLA je biorazgradiv, dolazi u raznim bojama i prozirnostima, te može postići veću brzinu printanja i veću oštrinu rubova, ali je krhak i prije će puknuti nego ABS.

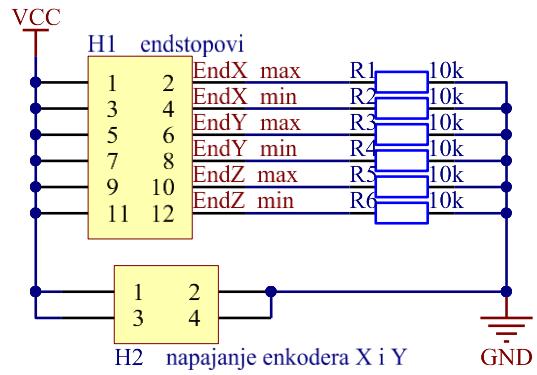
3. Električne sheme



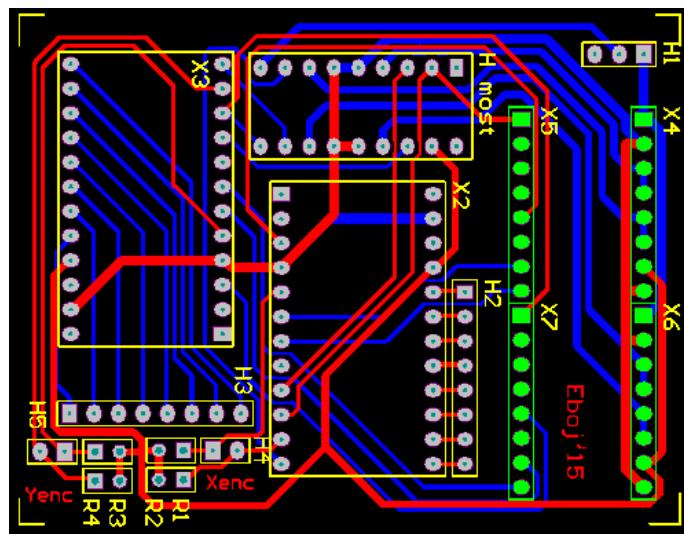
Shema 1. Električna shema RAMPS shielda



Shema 2. Električna shema shield pločice za X i Y DC motore



Shema 3. Električna shema pomoćne pločice za graničnike



Shema 4. Prikaz PCB-a shielda za DC motore

4. Opis rada sklopa

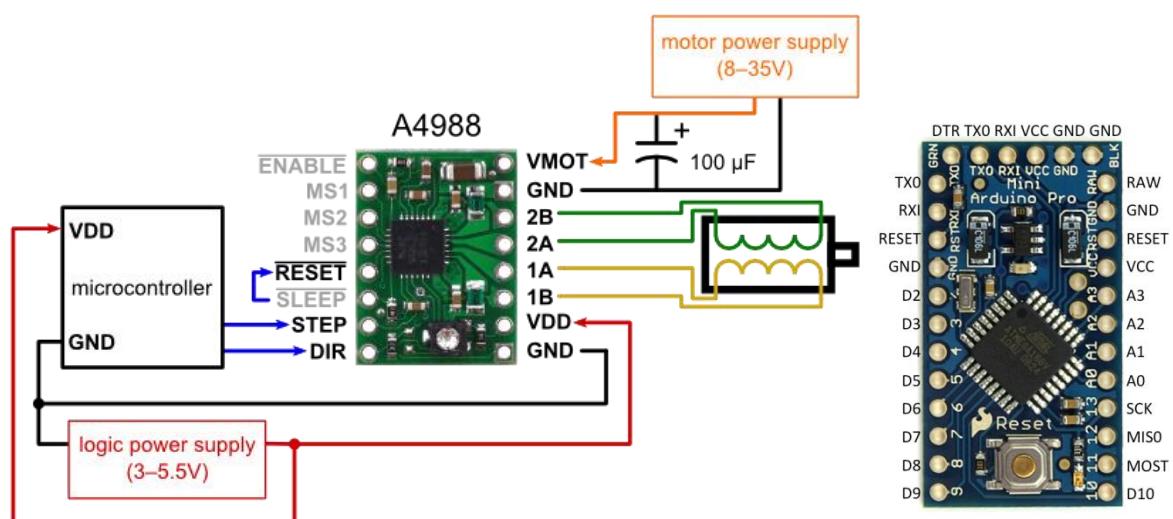
Kao razvojna platforma koristi se Arduino Mega i RAMPS shield pločica. One su prikazane na slici 2 i 3. RAMPS shield na sebi sadrži utore za step drivere kojima se korak može mijenjati sa tri kratkospojnika na cijeli korak, 1/2, 1/4, 1/8, i 1/16 koraka. Step driveri koji se koriste Z os i za motor za uvlačenje filamenta te raspored i uloga pinova su prikazani na slici 4. Osim uzora za step drivere i same koračne motore, sadrži utore za graničnike, za grijaču glavu, grijaču podlogu i pripadajuće termistore za mjerjenje temperature te ventilator i LCD ekran. Cjelokupna shema RAMPS pločice je prikazana na shemi 1.



Slika 2. Arduino Mega razvojni sustav



Slika 3. RAMPS shield

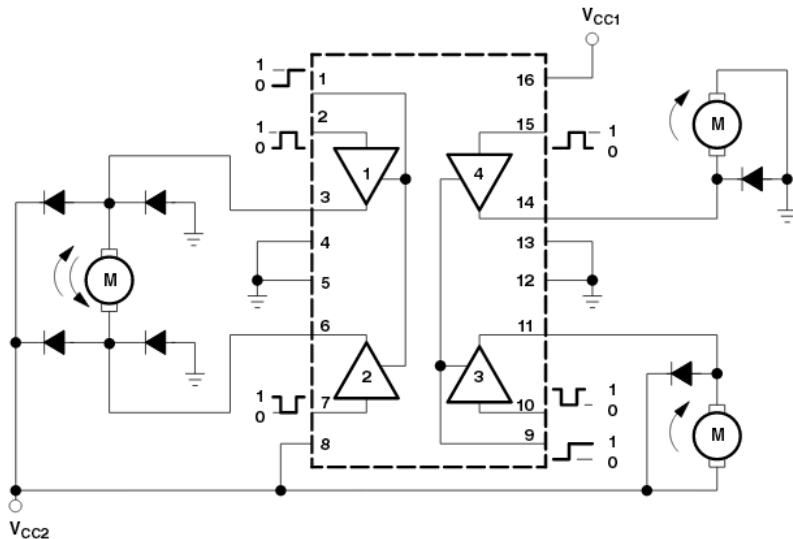


Slika 4. Pololu steper driver i raspored i uloga pinova

Slika 5. Arduino Mini Pro

Glavna promjena koja se radi je korištenje DC motora i enkodera kako bi se znala stvarna pozicija glave, umjesto da se računa na temelju prethodnih koraka. Iz tog razloga potrebno je napraviti shield koji upravlja DC motorima na temelju onoga što mu RAMPS zadaje i na temelju povratne informacije s enkodera. Shield se je prikazan na shemi 2. Kao driveri za motore koristi se Arduino Mini Pro koji je prikazan na slici 5. On na pinovima D2 (ENA_X i ENA_Y) i D8 (ENB_X i ENB_Y) čita stanje sa enkodera koji su preko pull-up otpornika spojeni na VDD. Isto tako na D3 (STEPX i STEPY) i D4 (DIRX i DIRY) pinovima čita DIR i STEP stanja pinova koje bi inače RAMPS slao step driverima. Sada ih Arduino Mini Pro

pretvara u upravljanje DC motorima te izlaze šalje na D6 (M1X i M1Y) i D9 (M2X i M2Y). No prije toga mora uzeti u obzir i stanje graničnika koji se nalaze na pinovima A2 (EndX_max i EndY_max) i A1 (EndX_min i EndY_min). PWM signali M1X, M1Y, M2X i M2Y idu na dvostruki H most gdje preko tranzistora upravljaju smjerom okretanja motora. Isto tako na H most dovedeno je 12V koliko je potrebno za motore, te 5V za upravljanje logikom. H most koji se koristi je SN754410 čija se pojednostavljena unutarnja shema te preporučena dva načina spajanja motora prikazano na slici 6. M1X i M2X su upravljački pinovi za X os, dok su MS1X i MS2X izlazni pinovi koji se spajaju na motore. Da bi izlazi uopće postojali mora ENABLEX biti u visokoj razini. Analogno je za Y os. VMOT je napajanje za motor koji može doći iz RAMPS-a preko VMOT koji se nalazi na pinu 1 step drivera (inače) ili se može dovesti izvana ukoliko je za motor potrebno više od 12V (koliko RAMPS može dati). O kojem se slučaju radi se odabire stavljanjem kratkospojnika između 1. i 2. ili 2. i 3. pina H1 konektora.



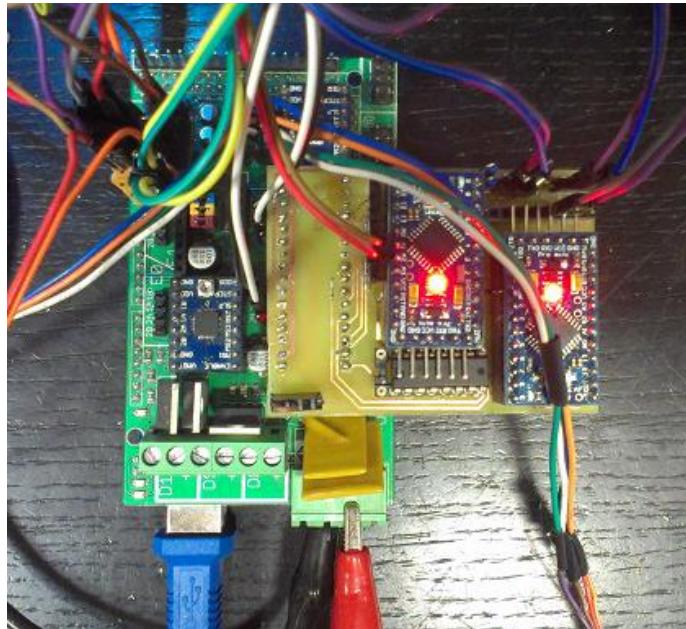
Slika 6. Pojednostavljena unutarnja shema te preporučena dva načina spajanja H mosta SN754410

Od 16 pinova koji inače služe za upravljanje step driverima ovdje se koriste samo VMOT (kao moguć izvor napajanja motora), VDD (5V) i GND za napajanje Arduino Mini Pro-a, 2A i 2B (međusobno kratkospojeni) kao jedan polaritet motora i 1A i 1B kao drugi polaritet motora, ENABLE za omogućavanje upravljanja motorima, i STEP i DIR. Ostali pinovi koji se ne koriste su spojeni s slobodnim pinovima Mini Pro-a i izvedeni na vanjski konektor kako bi se omogućile daljnje nadogradnje. Na slici 7 prikazana je Arduino Mega sa RAMPS-om i dva napravljena shielda. Ovo je gotova elektronika cijelog printera.

Na dodatnoj maloj pločici spojeni su pull-down otpornici za spajanje graničnika za X, Y i Z os i to za maksimalni i minimalnu položaj. Također izvedeni su konektori za napajanje enkodera unutar motora za X i Y os. Ova pločica odvojena je od shielda za X i Y os jer je željeno da se graničnici spoje paralelno na već postojeće konektore na RAMPS-u i na Arduino Mini Pro-e. Na taj način moguće je ručno upravljanje po pojedinim osima iz kompjuterskih programa, ali i programski nedozvoljavanje pomicanja motora ako se aktivirao neki graničnik.

Koriste se također senzori za temperaturu glave („extrudera“) i grijачe podloge. Koriste se NTC termistori, odnosno termistori s negativnim koeficijentom. To znači da im se otpor

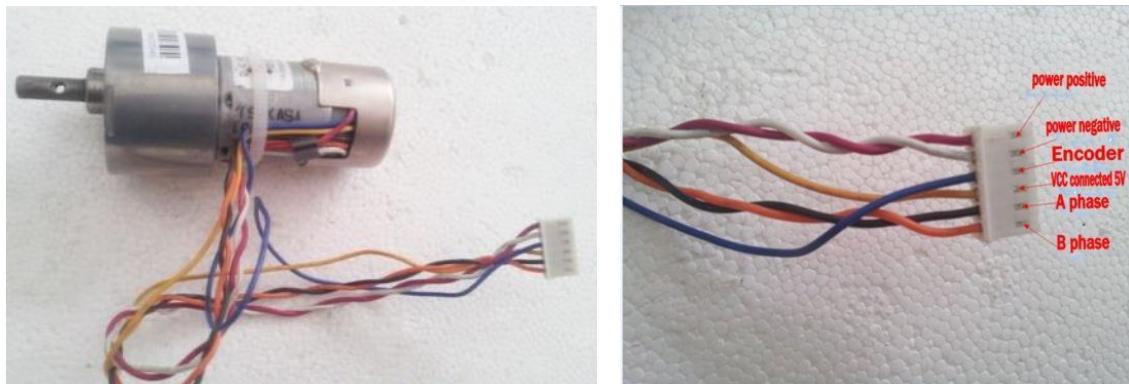
smanjuje kako se temperature povećava. Spojeni su kao otporničko dijelilo te mjereni napon ovisi o otporu termistora koji pak ovisi o temperaturi. Iz izmjerenoj napona lako se izračuna otpor termistora, a iz otpora se pomoću tablice ovisnosti otpora o temperaturi (koja ovisi o samom termistoru) se izvadi pripadna vrijednost temperature.



Slika 7. Elektronika koja upravlja printerom

Najvažniji dio su DC motori za pomicanje glave po X i Y osi koji već u sebi imaju ugrađen enkoder sa dva kanala, A i B pomoću kojih se može dobiti povratna informacija o poziciji. Napajanje za pogon motora je 12 V, dok je za napajanje enkodera 5V. Upravljanje motorom vrši se postavljanja PWM vrijednosti na jednu priključnicu napajanja dok je na drugoj GND. Ovisno o tome koja je na GND-u, a koja na PWM-u ovisi smjer, dok o samom PWM-u ovisi brzina motora. Korišteni DC motori su prikazani na slici 8.

Za uvlačenje žice materijala („fillamenta“) i za Z os koristi se koračni motori te driveri za njih. Na STEP pin se pulsom iz RAMPS pločice pomiče motor za jedan korak u smjeru određenom pinom DIR. Na pinove 1A, 1B, 2A i 2B spaja se koračni motor. Na driver je potrebno dovesti napajanje od 12V DC za pogon motora, te 5V DC potrebnih za napajanje logike drivera. Prikaz step motora je na slici 9.



Slika 8. Korišteni DC motori i raspored pinova pinova



Slika 9. Korišteni koračni (stepper) motori

Postoji naknadna mogućnost dodavanja LCD ekrana, te tipaka za upravljanje, no oboje nije nužno za upravljanje 3D printerom, već se može preko kompjuterskih programa (kod nas je korišten Repetier Host, no svi ostali su također kompatibilni).

5. Tehničke karakteristike

Potrebna su dva iznosa istosmjernog napajanja: 12V te 5V. 12 V potrebno je za dva DC motora te tri koračna motora za uvlačenje žice materijala te dva za Z os. 12 V treba i za grijač za glavu te grijaču podlogu. 5V potrebno je za napajanje elektronike DC motora i drivera za koračne motore.

Potrošnja motora je do 1A te su motori ukupno najveći potrošač struje. Grijana podloga može povući do 2 A, dok je grijača glava snage od 40W. Što je ukupno ispod 150W zanemarujući ostatak elektronike.

Samo napajanje je napravljeno ili iz izvora, ili iz starog kompjuterskog napajanja te iz tog razloga se ne računa kao dio printera i nije ušao u cijenu printera.

6. Sastavnica

Element	Link	Cijena \$	Cijena Kn	Količina	Ukupno
2x Arduino mini pro	http://www.ebay.com/itm/2Pcs-Mini-ATMEAG3	4,07 \$	28,02	1	28,02
Arduino mega	http://www.ebay.com/itm/NEW-ATmega2560-1	9,35 \$	64,37	1	64,37
Ramps	http://www.ebay.com/itm/3D-Printer-Controlle	5,97 \$	41	1	41
Termistor	http://www.ebay.com/itm/100K-Ohm-NTC-3950	1 \$	6,88	1	6,88
Grijача подлога	http://www.ebay.com/itm/1-RepRap-3D-Printe	8,69 \$	59,83	1	59,83
Stepper driver	http://www.ebay.com/itm/A4988-StepStick-Ste	1,5 \$	10,26	2	20,52
Stepper motor	http://www.ebay.com/itm/US-Ship-Nema-17-S	8,95 \$	61,62	2	123,24
DC motor s enkoderom	http://www.ebay.com/itm/1pcs-DC24V-100rpm	9,99 \$	68,21	2	136,42
Motor za ekstruder	http://www.ebay.com/itm/1-75mm-filament-E	28,02 \$	192,9	1	192,9
Ekstruder	http://www.ebay.com/itm/3DPrinter-Extruder-/	11 \$	75,73	1	75,73
Koloture	http://www.ebay.com/itm/1Set-7-Kinds-Plastic	0,9 \$	6,1	1	6,1
Kuglični ležaj (2 komada)	http://www.ebay.com/itm/2Pcs-624ZZ-4mmx13	0,99 \$	6,88	1	6,88
Matice i vjici	Vijci Kranjec		76	1	76
Šipka (1m)	Šumoopskrba		17,4	2	34,8
Matice i podloške	Šumoopskrba		30	1	30
Štampana pločica	Elmatis		30	0,5	15
Kućište osigurača	Elmatis		5		5
Drvena ploča (0,5m^2; 6mm)	Bauhaus		55	1	55
Otpornici (10K)	Elmatis		0,3	4	1,2
DIL 28PW i DIL 16	Elmatis		9,4	1	9,4
Kontakt letva (1x40) i DIL40P	Elmatis		14	1	14
CR2032 MAXELL	Elmatis		8	1	8
Ramenica	http://www.ebay.com/itm/2-Meter-Rubber-6m	3,44 \$	23,67	1	23,67
Nit za 3d printer	Chipoteka		227	0,5	113,5
Graničnik (10 komada)	http://www.ebay.com/itm/New-10pcs-Tact-Sw	2,51 \$	17	1	17
Aluminijska šipka	Strojopromet		20	1	20
Inox šipka (1m)	Strojopromet		23	1	23
				Ukupno	1207,46

7. Mehanička konstrukcija

Postoji veći broj modela 3D printera, od običnih kartezijskih do delta verzija koji su već testirani i ideje za konstrukciju se mogu naći na Internetu. Za konstrukciju 3D printera uzet je oblik postojećeg 3D printera „*Prusa i3*“ prikazan na slici 10.

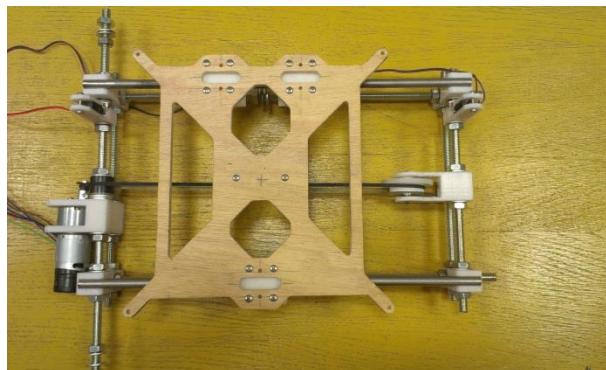


Slika 10. Izgled Prusa i3 printera

Printer „*Prusa i3*“ ima podlogu pomicnu u jednoj osi , Y osi i glavu ekstrudera koja je pomicna u dvije osi, X i Z osi. S obzirom da je odlučeno da će se koristiti istosmjerni motori umjesto koračnih motora u X i Y osi su neki dijelovi promjeni kako bi se konstrukcija prilagodila istosmjernim motorima. Zbog potrebe da uređaj bude što jeftiniji gotovo cijela konstrukcija printera je napravljena, a ne kupljena.

Y os

Pomoću navojnih šipki napravljen je kostur postolja na kojem je ostvareno gibanje po Y osi. Navojne šipke su međusobno spojene plastičnim nogama koje su isprintane na 3D printeru. Pomoću matica i podlošci su šipke pričvršćene i čine stabilnu konstrukciju. Na jednom kraju postolja na šipkama je napravljen je držač za jedan od dva istosmjernih motora. Na osovinu motora napravljen je prijenos na zupčanik oko kojeg se vrti ramenica. S druge strane postolja se nalazi pasivna kolotura koja služi za natezanje ramenice kao što je prikazano na slici 11.



Slika 11. Konstruirana Y os



Slika 12. Klizna vodilica pričvršćena za podlogu

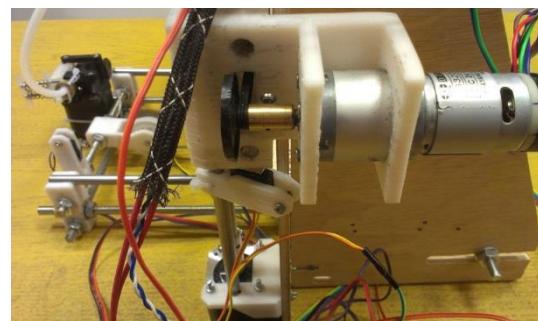
Osim navojnih šipki na postolju postoje i glatke šipke po kojima klizi podloga na koju se printa. Kako bi se omogućilo klizanje „podloge“ u jednoj osi, a onemogućilo micanje u druge dvije osi, napravljene su tri vodilice pričvršćene između dva printana dijela koja su povezana sa „podlogom“ što je prikazano slikom 12. Za gibanje po Y osi koristi se istosmjerni motor s enkoderom. Iz enkodera se podaci o položaju šalju u Arduino Mini Pro koji dalje ovisno o stanjima iz enkodera određuje napon na motoru. Osim motora gibanje po Y osi omogućuje i pasivna kolotura koja se nalazi na drugoj strani postolja. Bilo je nužno da ne dolazi do preskakanja između ramenice i zubaca zupčanika na osovini motora. Radni prostor moguće je proširivati, odnosno smanjivati, unutar određenih granica pomicanjem nogu po navojnoj šipci.

Z os

Za razliku od X i Y osi koje se gibaju većim brzinama i koje mogu imati nagle promjene smjera, Z os se pomiče polako i najvažnija je razlučivost jer debljine slojeva plastike u printanju mogu biti vrlo male, ispod pola milimetra. Zbog toga se gibanje po Z osi ostvaruje pomoću dviju navojnih šipki. U isprintane dijelove umetnute su matice koje se rotiranjem navojne šipke linearno gibaju. Na podnožju se nalaze dva koračna motora „NEMA 17“, a prihvatinicama kao na slici 13 su na osovine koračnih motora spojene navojne šipke.

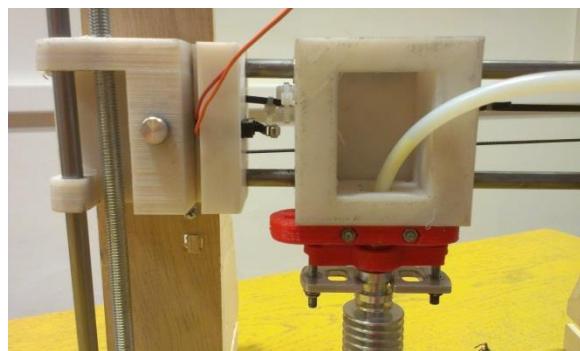


Slika 13. Prijenos rotacije step motora na navojnu šipku



Slika 14. Nosač za DC motor za X os koji se nalazi navojnoj šipci

Plastični dijelovi u koje su umetnute matice su nosači X osi. Naime jedan dio je nosač za motor kao na slici 14, a u drugom dijelu je napravljena pasivna kolotura od kugličnog ležaja kao na slici 15. Kroz oba dijela prolaze dvije paralelne glatke šipke kojima se giba glava ekstruderu (dio prikazan na slici 15). Radni prostor Z osi je kao i kod Y osi promjenjiv, pa je moguće korištenje „ekstruderu“ različitih duljina. Promjenjivost radnog prostora ostvaruje se pomicanjem graničnika na željenu visinu.



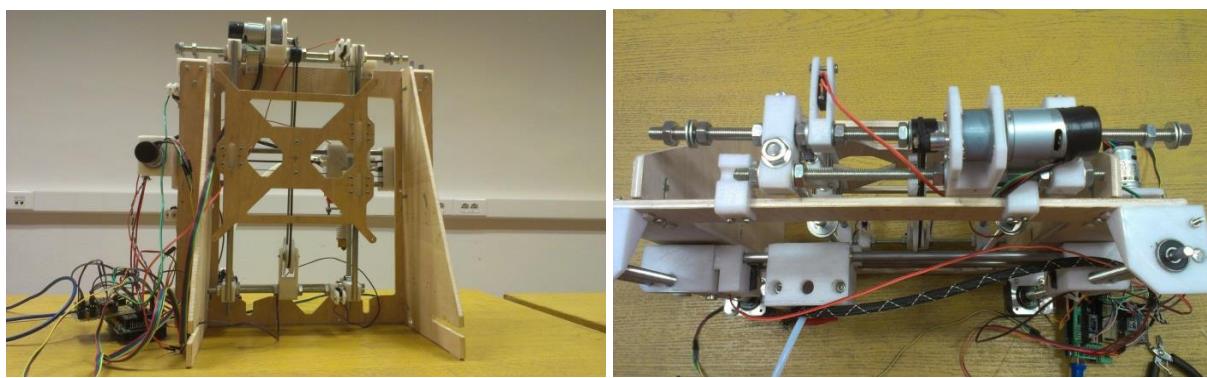
Slika 15. Nosač za slobodnu koloturu za
X os i nosač za ekstruder

X os

Os je upravljana istosmjernim motorom i trenutnu poziciju ekstrudera moguće je pročitati iz enkodera. Rotiranje motora vuče ramenicu koja je pričvršćena za isprintani plastični komad prikazan na slici 15. U plastičnom komadu se nalaze vodilice koje omogućuju glatko gibanje „ekstrudera“ po X osi. Ispod se nalazi hladnjak koji rashlađuje toplinu koja bi mogla rastopiti plastične dijelove, a ispod hladnjaka se nalazi šuplja grijača glava kroz koji curi rastopljena plastika.

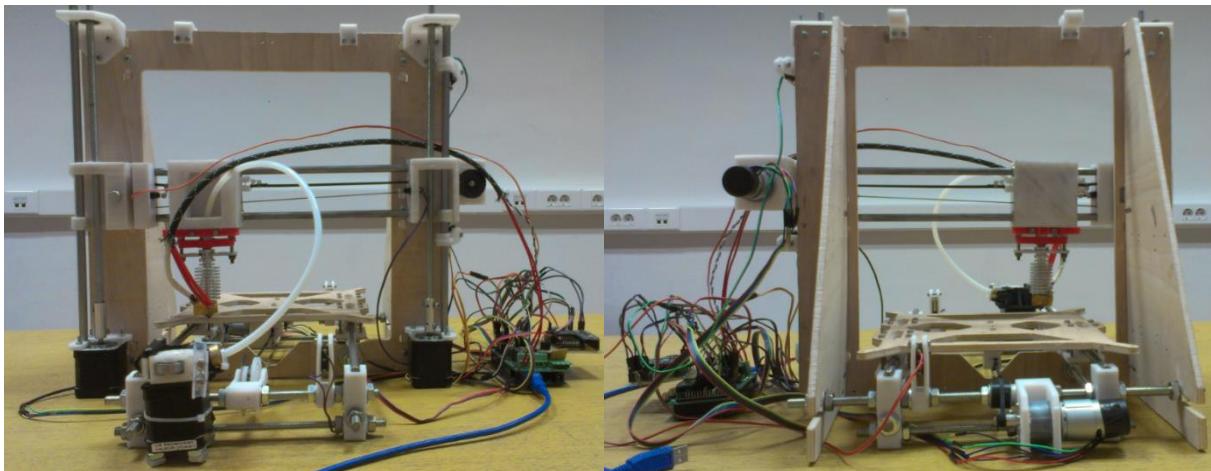
Okvir

Okvir čini drvena konstrukcija napravljena na CNC glodalici. Ona služi za učvršćivanje postolja sa druge dvije osi i kao potporanj za Z os. Osim toga na njoj se nalaze držači na koje je moguće postaviti postolje u vertikalni položaj. Time se smanjuje prostor koji zauzima 3D printer i olakšava se transport kao što je prikazano na slikama 16.



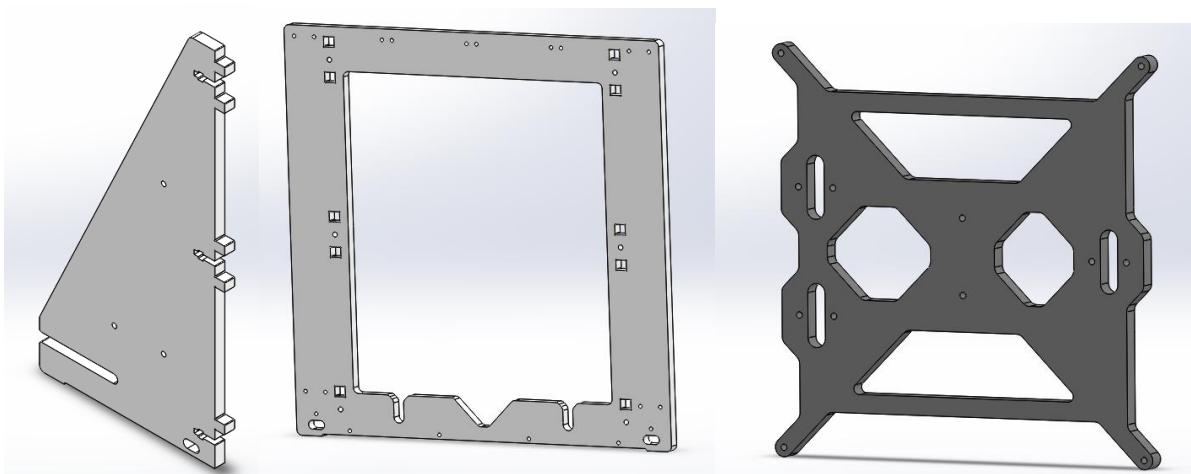
Slika 16. Printer složen u vertikalni

Na slikama 17 prikazan je cijelokupni printer s prednje i sa stražnje strane.



Slika 17. Printer sa prednje i stražnje strane u radnom položaju

Na sljedećim slikama prikazani su dijelovi koji su napravljeni tehnikom glodanja CNC glodalicom, odnosno 3D printanja. Dijelovi napravljeni od drveta na CNC glodalici su prikazani na slikama 18, a printani dijelovi na slikama 19. Svi printani dijelovi su ručno crtani po mjeri u programu „Solidworks“.

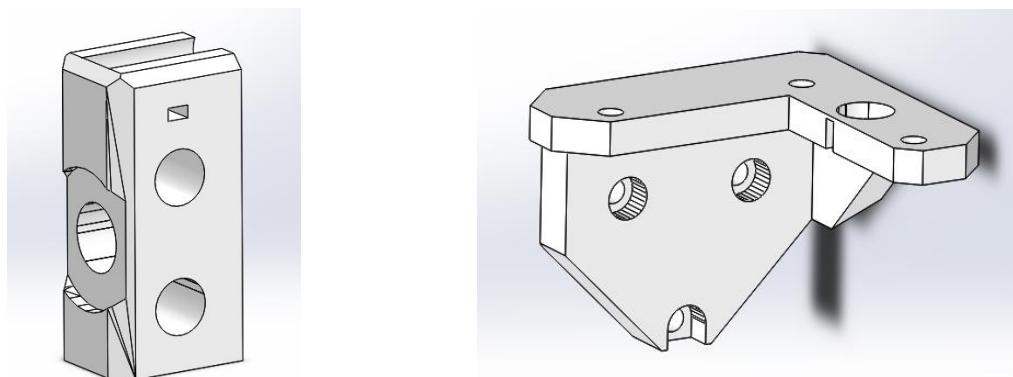


Potporanji za Z os

Okvir

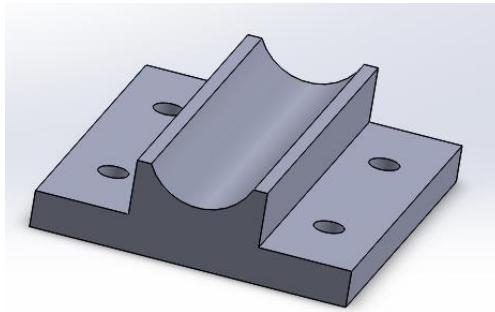
Dryena podloga za printanje

Slika 18. Dijelovi nosive konstrukcije napravljeni CNC glodalicom

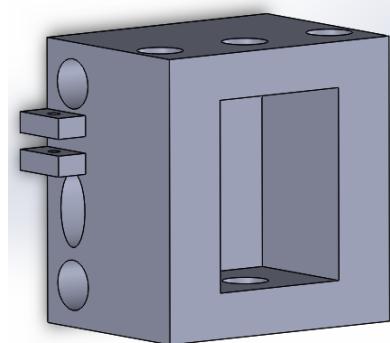


Noga za postolje

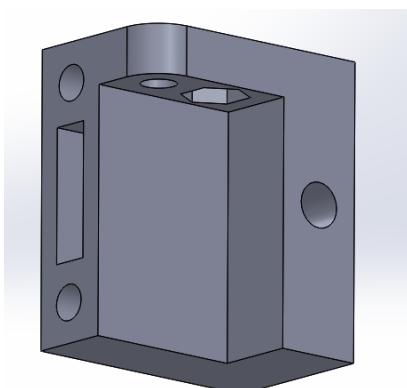
Držač koračnog motora za drveni okvir



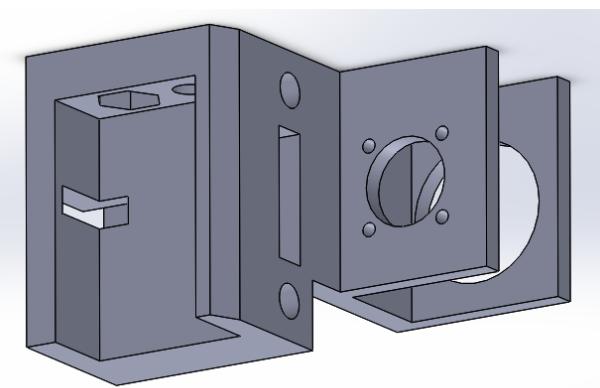
Pričvrsnica vodilice za podlogu



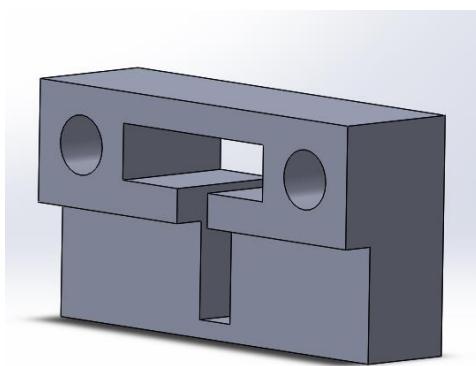
Držač glave ekstrudera na X osi



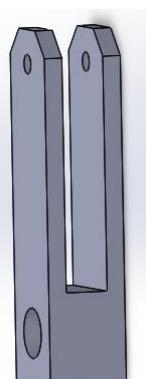
Nosač X osi s držačem za koloturu



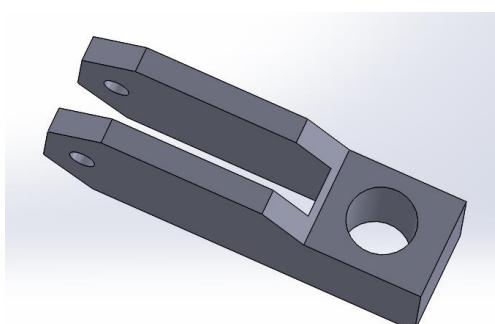
Nosač X osi s držačem za istosmjerni motor i graničnikom



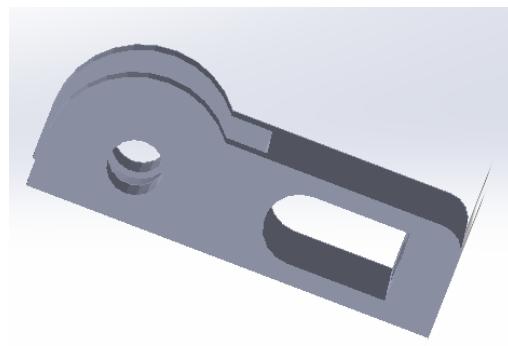
Držač graničnika za X os



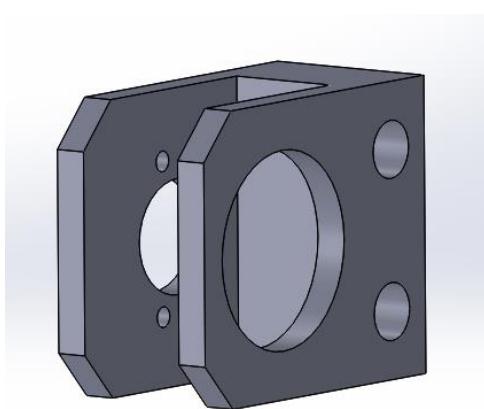
Držač graničnika za X



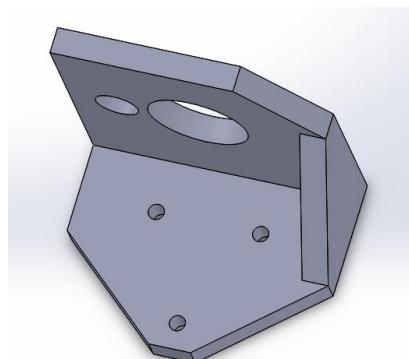
Držač graničnika za Z os



Držač kolture za Y os



Držač istosmjernog motora za Y



Pričvrsnica navojne šipke i glatke šipke za drveni okvir

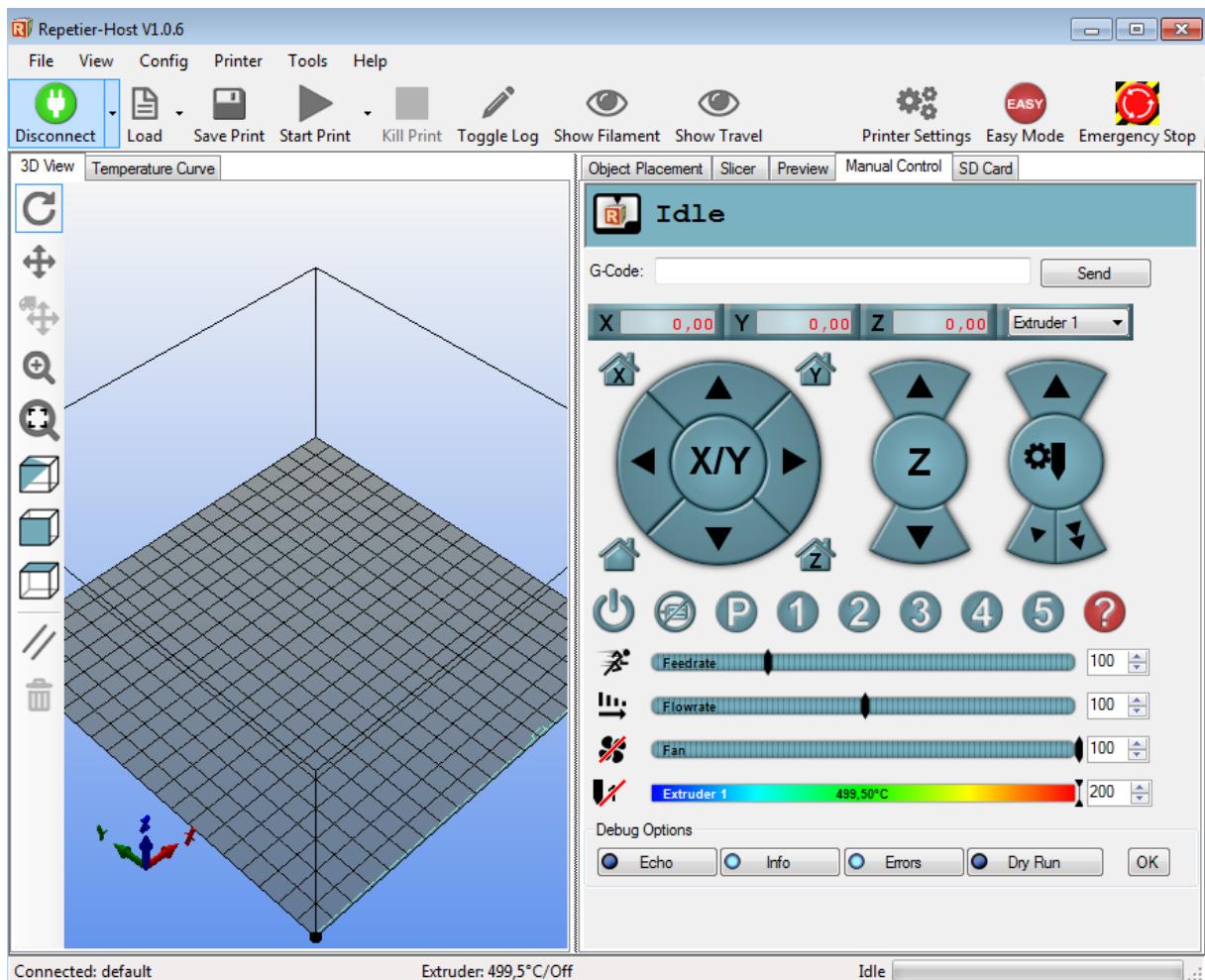
Slika 18. Dijelovi konstrukcije printani na 3D printeru

8. Opis programske potpore

Bilo je potrebno napisati program za Arduino Mini Pro-e koji služe kao driveri za DC motore. Oni na svojim pinovima primaju STEP i DIR, A i B kanal enkodera te stanja graničnika. Na temelju toga proračunavaju potreban PWM za motor, te u kojem će to biti smjeru. STEP signal je spojen na pin koji ima omogućen prekid na rastući brid. Na taj način on ukoliko je DIR na HIGH povećava referencu, a ukoliko je DIR na LOW smanjuje referencu. Isto tako A kanal enkodera je spojen na pin koji ima omogućen prekid na rastući ili padajući brid. S obzirom da postoje 4 moguća stanja A i B kanala on u prekidnom potprogramu ispituje stanje A i B i poveća ili smanji trenutnu poziciju za jedan. Zatim se poziva PID algoritam koji na temelju trenutnog stanja i reference računa izlaz, koji je u obliku PWM vrijednosti u rasponu od -255 do 255. Ukoliko je rezultat manji do 0 onda PWM postavlja na jedan pin, a ukoliko je veći od nule na drugi pin za napajanje motora. Drugi pin je u GND-u. Ukoliko je jedan od graničnika u LOW onda su svi izlazi za motor 0. Ako je prekinut graničnik u minimalnom položaju onda se i referencia i trenutni položaj postavljaju na 0, a ukoliko je prekinut graničnik u maksimalnom položaju referencia se poprima vrijednost trenutnog položaja, a trenutni položaj se ne mijenja. Navedeni kod se uploadao na dva Arduino Mini Pro-a, svaki za jednu os, jer jedan nema dovoljno pinova na kojima su mogući prekidi.

Upravljanje printerom trenutno se radi preko kompjuterskog programa „Repetier Host“, no kompatibilno je i sa mnogim drugim programima za 3D printere. Sučelje programa je prikazano na slici 19. Iz njega se može upravljati svakom osi i ekstruderom pojedinačno za različite korake. Također u njemu se može određeni predmet koji se želi isprintati iz „.stl“ formata pretvoriti u „gcode“ format odnosno pretvoriti u G kod. G kod je strojni jezik sa naredbama za printer. Zatim se može uključiti izvršavanje tog G koda.

Kako bi ovo bilo moguće bilo je potrebno konfigurirati sve postavke napravljenog printeru u „Configure.h“ datoteci; definirati koji graničnici postoje i njihovu logiku, položaj „home“ koordinata, radno područje, broj okretaja za 1mm za svaki pojedini motor itd.



Slika 19. „Repetier Host“ program za upravljanje printerom

9. Daljnji planovi

Nakon što je printer konstruiran što je zapravo bio najveći i najsloženiji dio posla postoji nekoliko ideja za dalje, no osnovna je ideja pokušati zamijeniti Arduino Mega i RAMPS sa Beagleboneom. Ovo nije nužno za bolju funkcionalnost printerja, ali bi bio zanimljiv i veoma koristan projekt. To bi uključivalo pisanje firmwarea koji bi se sastojao od nekoliko dijelova: pisanja parsera za G kod (odnosno prevađanje G koda u upravljanje motorima i grijaćom glavom i podlogom), ponovno PID regulaciju za DC motore, grijaču glavu i podlogu, planiranje puta kako bi se smanjili trzaji, program za ručno upravljanje i eventualno čitanje G koda sa SD kartice i prikazivanje i upravljanje koristeći LCD pokaznik. No ovo je jako velik potez.