

ŠOLSKI CENTER VELENJE
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA
Trg mladosti 3, 3320 Velenje
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

VZVRATNO INŽENIRSTVO V DOMAČI DELAVNICI

Tematsko področje: TEHNOLOGIJA

Avtorja:

Tomaž Dornik, 4. letnik

Vid Mohor, 4. letnik

Mentor:

Jože Hrovat, dipl. inž

Velenje, 2018

Raziskovalna naloga je bila opravljena na ŠC Velenje na Elektro računalniški šoli in Strojni šoli Velenje

Mentor: Jože Hrovat, dipl. inž

Datum predstavitve: marec 2018

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD ŠC Velenje, šolsko leto 2017/2018

KG Vzratni / inženiring / elektronika / strojništvo

AV DORNIK, Tomaž/ MOHOR, Vid

SA HROVAT, Jože

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, Strojna šola, 2018

LI 2018

IN VZVRATNI INŽENIRING V DOMAČI DELAVNICI

TD Raziskovalna naloga

OP IX, 35 str., 2 pregl., 35 sl., 12 vir.

IJ SL

JI sl/en

AL V naši raziskovalni nalogi vam bova predstavila postopek vzratnega inženiringa, ki razkriva konstrukcijo obstoječega proizvoda, ki je že narejen. S pomočjo vzratnega inženirstva lahko hitreje in lažje naredimo nov enak izdelek ali podoben izdelek s podobnimi funkcijami. Tako narejene modele se lahko uporablja v 3D CAD programih. Raziskovalna naloga predstavlja način, kako izdelati 3D optičnega bralnika iz elementov, ki jih lahko kupimo sami in naredimo doma ter praktična uporaba tako narejenega optičnega bralnika.

KEY WORDS INFORMATION

ND ŠC Velenje, school year 2017/2018

CX Backward / engineering / electronics

AU DORNIK, Tomaž/ MOHOR, Vid

AA HROVAT, Jože

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, Strojna šola, 2018

PY 2018

IN VZVRATNI INŽENIRING V DOMAČI DELAVNICI

DT Reserch paper

NO IX, 36 p., 2 tab., 35 fig., 12 ann.

LA SL

AL sl/en

AB In our reserch paper we will present the procedure of reverse engineering, which divulges the construction of an existing product that has already been made. Backward engineering enables us to create a new or an actual device with simmilar functions. Models made by this procedure can be used in 3D CAD programs. The reserch paper exposes a way of creating a Ciclop 3D scanner out of elements, which may be bought on our own and assemble at home and also the practicality of the scanner itself.

KAZALO VSEBINE

1	Uvod.....	1
1.1	Hipoteze.....	1
2	Vzratno inženirstvo	2
3	Primerjava med klasičnim 3D optičnim bralnikom in fotoaparatom ali kamero.....	5
4	Parametrični model	5
5	Poligonalne mreže	6
6	Oblak točk	7
7	Sestavljanje.....	8
7.1	Sestavni deli in potek sestavljanja	8
7.2	Material ohišja	10
8	Elektronika	11
8.1	Koračni motor NEMA 17.....	11
8.2	Logitech C270 kamera	14
8.3	Krmilnik Arduino	15
8.4	Krmilnik ZUM SCAN.....	16
8.5	Linjski laserski diodi	17
8.6	Napajanje.....	18
9	Programiranje	19
9.1	Program Arduino	19
9.2	G koda	20
9.3	Program Horus	21
9.4	Kalibriranje Ciclopa	22
9.4.1	Potek kalibriranja	22

10	Obdelava izdelka	28
10.1	Program MeshLab.....	28
10.2	3D Tiskanje izdelka	30
11	Razprava.....	32
12	Zaključek.....	34
13	Viri in literatura.....	35

KAZALO SLIK

Slika 1: Vzratni inženiring	4
Slika 2: Parametrični model	6
Slika 3: Poligonalna mreža.....	7
Slika 4: Rezanje palic	8
Slika 5: Disk	9
Slika 6: Ohišje z elektroniko	9
Slika 7: Povezava konstrukcij	10
Slika 8: Načrt motorja in povezava žic s tuljavami.....	12
Slika 9: Motor v držalu za motor	12
Slika 10: Prikaz motorja.....	13
Slika 11: Notranjost kamere	14
Slika 12: Kamera Logitech C270	14
Slika 13: Krmilnik Arduino.....	15
Slika 14: ZUN SCAN krmilnik.....	16
Slika 15: Senzor	17
Slika 16: Napajalnik.....	18
Slika 17: Pregled programa	20
Slika 18: Primer programa o premikanju	21
Slika 19: Konfiguracija Horusa.....	23
Slika 20: Konfiguracija Horusa 2.....	23
Slika 21: Konfiguracija Horusa 3.....	24
Slika 23: Prikaz slike v programu	24
Slika 24: Prikaz Auto-Check delovanja	25

Slika 25: Prikaz položaja laserjev	26
Slika 26: Prilagajanje parametrov	27
Slika 27: Približan prikaz branja izdelka.....	27
Slika 28: Oddaljen prikaz branja izdelka od daleč.....	27
Slika 29: MeshLab program.....	28
Slika 30: Neobdelan lonček za kavo	29
Slika 31: Obdelovanec po obdelavi.....	29
Slika 32: Program za 3D tiskanje.....	30
Slika 33: Parametri za tiskanje	30
Slika 34: 3D tiskalnik.....	31
Slika 35: Tiskanje izdelka	31

KAZALO KRATIC

DC – angl. Direct current, enosmerni tok

V – angl. Voltage, je enota za merjenje električne napetosti

A – angl. Amper, je enota za merjenje električnega toka

3D – tridimenzionalno

CAD – angl. Computer aided design, računalniški asistent pri konstruiranju

CAE – angl. Computer aided engineering, uporaba računalnikov za proizvodnjo izdelkov in postopkov

1 Uvod

Vzratno inženirstvo je postopek razstavljanja določenega izdelka, analiziranje njegovih komponent z namero, da preučimo njegovo strukturo, funkcije ter delovanje. To storimo z ustvarjanjem kopij 3D modelov in s pomočjo teh naš predmet izboljšamo in nadgrajujemo. Dandanes je ta proces hitrejši in enostavnejši, med drugim so tudi rezultati natančnejši. Zato sva se tudi odločila, da preveriva ta dejstva in poizkušava sestaviti in usposobiti cenovno ugodno napravo, ki bo postregla z zadovoljivimi izidi.

1.1 Hipoteze

Pred samim začetkom projekta vzratnega inženiringa sva si zastavila naslednje štiri hipoteze. In sicer:

- Naš tridimenzijski Ciclop optični bralnik lahko izdelamo pod ceno 60-tih evrov.
- Izdelek, ki ga optično preberemo asimilira na dejanski izdelek.
- Odstopanje izdelka, ki smo ga optično prebrali, ni manjše od 0,2 mm.
- Izdelek, ki ga prikažemo v programu, lahko s pomočjo 3D tiskalnika natisnemo doma
- Naš optični bralnik prepozna vse barvne odtenke

2 Vzvratno inženirstvo

Proces vzratnega inženirstva temelji na optičnem branju obstoječega objekta in njegove rekonstrukcije v 3D model ter pogosto zajema razstavljanje objekta na dele. Metode, ki se uporabljajo za skeniranje obstoječega objekta so CMM, lasersko skeniranje, digitalizator strukturirane svetlobe in računalniška tomografija. Podatki, pridobljeni zgolj z merjenjem, ne vsebujejo zadostnih topografskih podatkov, zato vzvratno inženirstvo omogoča, da se ti podatki dodatno obdelajo in vstavijo v model za širše namene. V industriji je prisotno že dalj časa in je bilo v uporabi že pred prihodom moderne računalniške tehnologije. Izraz vzvratno inženirstvo opisuje postopek, pri katerem že obstoječ predmet razstavimo in preučimo njegovo delovanje ter ga nato karseda natančno prekopiramo v numerične 3D modele, kar nam služi kot osnova za nadaljnjo nadgradnjo CAD modela in izboljšanje že obstoječega predmeta. Z uporabo sodobnih računalniških tehnologij je proces vzratnega inženirstva postal veliko hitrejši in enostavnejši za uporabo, končni rezultati pa so tudi natančnejši. Danes si težko predstavljamo razvoj avtomobilizma, letalstva in drugih sodobnih industrij brez uporabe tehnologij, med katere spada optična 3D digitalizacija, vzvratno inženirstvo in 3D tiskanje. Sodobni inženirski postopki snovanja novega izdelka, so podprti s tehnologijami CAD in Computer Aided Engineering (CAE). Uporaba teh tehnologij v fazi razvoja izdelka omogoča optimiranje koncepta že pred prototipno izdelavo z uporabo tehnologij Computer Aided Manufacturing.

Tržišče zahteva estetske in ergonomsko oblikovane izdelke, katerih izdelava je čedalje bolj kompleksna. Takšen trend razvoja novih izdelkov nedvomno zahteva visoko fleksibilnost proizvajalcev, saj se potrebe in želje na tržišču zelo hitro spreminjajo. Uporaba vzratnega inženirstva je eden izmed načinov, ki podjetjem nudi zeleno fleksibilnost in konkurenčnost na trgu. Uporaba tehnologije vzratnega inženirstva je neizogibna v primerih, ko želimo izdelati kopijo že obstoječega fizičnega modela, za katerega ne obstaja originalna tehnična risba

3D optično branje je postopek digitalnega zajemanja oblike modela, na osnovi katerega se izrišejo površine modela, kar znatno prispeva k hitrejšemu modeliranju.

Laserski 3D optični bralniki obliko fizičnega predmeta izračunajo s pomočjo merjenja dolžine laserskega žarka, ki ga naprava usmeri na objekt. Obstajajo tudi 3D optični bralniki, ki zajamejo obliko objekta s pomočjo bele svetlobe, ki na površini objekta ustvari vzorec črnobelih linij, preko katerih naprava zazna obliko. 3D model je moč pridobiti tudi z računalniško tomografijo. Izris 3D modela lahko obdelamo z različnimi CAD programi (Geomagic, Solid Works, Creo itd.).

Danes so v nekaterih 3D optičnih bralniki vgrajene posebne kamere, ki poleg oblike zajamejo tudi barvo in teksturo objekta. Tudi razpon velikosti objekta ali geografskega območja, ki ga lahko zajamemo s skenerjem, je vedno večji: digitaliziramo lahko predmete, velike nekaj milimetrov ali površine razpona nekaj sto metrov. 3D optični bralniki se poleg načina pridobivanja podatkov razlikujejo tudi po dolžini dometa. Skenerji z daljšim dometom (nekaj deset ali sto metrov) so namenjeni zajemanju stavb in geografskih območij, s krajšim dometom pa zajemanju manjših predmetov. Ti so zaradi manjše obsežnosti območja, ki ga morajo digitalno obdelati, tudi natančnejši. 3D optično branje se je najprej uveljavilo v vojaški, vesoljski in avtomobilski industriji, predvsem za potrebe povratnega inženirstva. Zajem s skenerji daljšega dometa je večinoma prisoten v geodeziji za izdelavo digitalnih modelov reliefa. Osnovni princip delovanja 3D optičnih bralnikov je, da s tako ali drugačno tehnologijo prenesejo množico točk v dejanskem prostoru v digitalno obliko. Na podlagi teh točk se nato definira površina objekta.

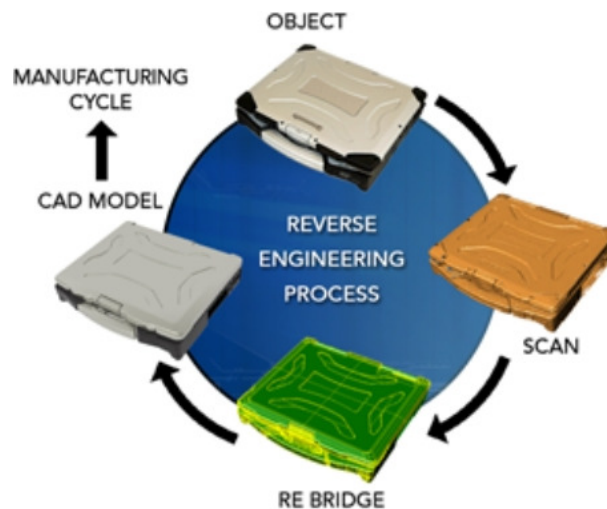
Več kot je točk in bolj kot so meritve natančne, bolj natančen je digitaliziran objekt. Glavni namen uporabe 3D optičnega branja je povratni inženiring, kar pomeni, da iz končnega izdelka dobimo začetne podatke, po katerih je bil model narejen.

Tehnologija vzratnega inženirstva poleg industrije že uspešno uporablja tudi v drugih panogah. Dober primer je medicina, kjer nam vzratno inženirstvo omogoča izdelavo človeških implantatov in protez. Čeprav implementacija te tehnologije v medicini še ni tako razširjena kot v industriji, se njena uporaba počasi, a vztrajno širi.

Proces vzratnega inženirstva poteka po naslednjih korakih:

- 3D digitalizacija realnega modela z uporabo 3D digitalizatorja
- obdelava podatkov zajetih s pomočjo 3D digitalizatorja (rezanje odvečnih točk, popravljanje izmerjenih točk)
- izdelava CAD modela, ki ga dobimo po vzorcu zajetih točk (tukaj imamo možnost za nadgradnjo že obstoječega objekta)
- uporaba CAD modela v praksi (snovanje novega izdelka, meritve v orodjarstvu, CAE, proizvodnja, kontrola)

Možnosti skeniranja izdelka je več. Ena možnost je, da nam izdelek miruje, skener pa se giblje po prostoru okoli modela, druga, da miruje skener in premikamo izdelek. V najinem primeru je skener miroval, premikala sva izdelek. Predhodno zajete referenčne točke nam olajšajo sestavo posameznih posnetkov skenerja.



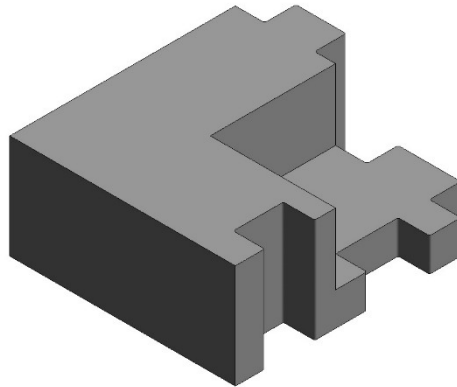
Slika 1: Vzratni inženiring

3 Primerjava med klasičnim 3D optičnim bralnikom in fotoaparatom ali kamero

Prednosti 3D optičnega branja s fotoaparatom ali kamero so predvsem v tem, da lahko zajamejo visoko prostorsko resolucijo. Skeniranje nam omogoča hitro in zelo enostavno zajemanje barv. Glavna prednost je predvsem v ceni, saj je ena najcenejših vrst skeniranja. Slabost 3D optičnega branja s kamero pa je, da je vidno polje zajetega omejeno in mora biti svetloba čim bolj enakomerno porazdeljena po celotni površini modela. Klasično 3D optično branje nam omogoča hitro zajemanje podatkov ter možnost delovanja v temi. S klasičnim 3D optičnim bralnikom lahko model beremo v popolni temi, kar pri skeniranju s kamero ni mogoče. Razdalja med točkami je zajeta z visoko natančnostjo. Prednost klasičnih 3D optični bralnik pa je tudi veliko vidno polje snemanja. Slabost takšnih optičnih bralnikov pa sta nižja prostorska ločljivost ter omejena izdelava tekstur, poleg tega pa so cene optičnih bralnikov zelo visoke kot sva že omenila.

4 Parametrični model

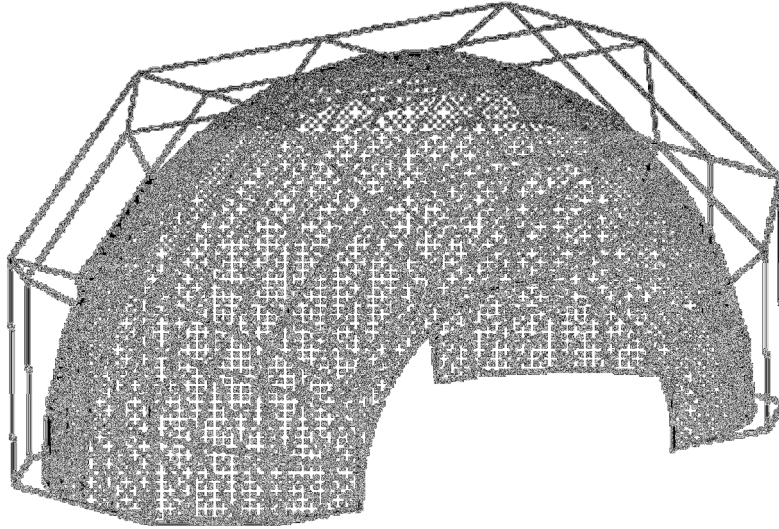
Za risanje sprememb potrebujemo parametrični CAD model. To je tri razsežnostni model, ki je definiran in ga pridobimo iz triangularne mreže. Uporaba skeniranega objekta s končno analizo elementov nam v obratnem inženirstvu pomaga pri natančnem modeliranju prilagojenih delov, ki najbolj ustrezajo posameznim delom mreže. Iz posnete mreže pridobimo model, ki ni parametričen, uporabimo pa ga za izhodišče našega konstruiranja. V branju so zajete tudi vse napake, zato moramo mere prilagoditi, da so smiselne in je model praktično uporaben.



Slika 2: Parametrični model

5 Poligonalne mreže

Primarna tehnologija pretvorbe oblaka točk v poligonalno mrežo, pridobljeno s tridimenzionalnim skenerjem, temelji na formiranju triangularne mreže ali delčkov segmentov, ki se prilegajo v model. Metoda triangulacije oblaka točk v mrežo je prvi korak tvorjenja triangularne mreže, ki zajame del topoloških lastnosti, te so zasnovane po oblaku točk. Je približna predstavitev površine in ostalih geometrijskih lastnosti s trikotniki. Večanje števila trikotnikov se kaže kot natančnejši prikaz površine, vendar se zelo poveča velikost shranjene datoteke in upočasnjuje delovanje računalnika. Programska datoteka triangulacije je običajno zapisana v standardnem triangularnem jeziku (Standard Triangulation Language, okrajšano STL). Takšna oblika zapisa je uporabna v večini inženirskih aplikacij.



Slika 3: Poligonalna mreža

6 Oblak točk

Prvi korak vzratnega inženirstva je rekonstruiranje predmeta iz pridobljenih podatkov, ki jih zajamemo s optičnim bralnikom. Ta baza podatkov je oblak točk. Kvaliteta končnega objekta in pridobljene mreže je odvisna od pridobljenih podatkov in matematičnih metod, ki so bile uporabljene. Za zajemanje podatkov uporabimo ustrezno merilno napravo (trirazsežni skener), katere rezultat je oblak točk. Oblak točk je niz točk, ki so opisane z lego treh koordinat v kartezijskem koordinatnem sistemu. Oblak točk za večino inženirskih aplikacij ni direktno uporaben, dokler ga ne pretvorimo v primeren format, kot je poligonska mreža ali pa CAD model. Pretvorbo iz oblaka točk izvedemo s pomočjo programskega orodja optičnega bralnika.

7 Sestavljanje

7.1 Sestavni deli in potek sestavljanja

Seznam komponent za 3D optični bralnik sva našla na spletu. Malenkosti kot so vijaki in matice sva kupila v trgovini z orodjem, medtem ko sva kamero naročila iz spletne strani. Navojne palice sva na točne mere odrezala sama.



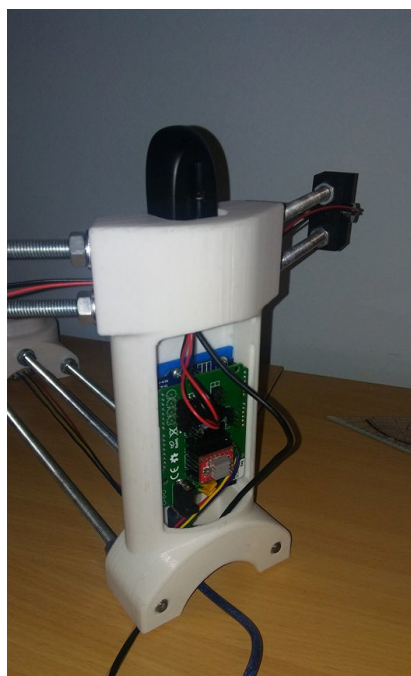
Slika 4: Rezanje palic

Najprej sva sestavila disk, na katerem nato rotiramo izdelek. Koračni motor sva pritrdila na držalo motorja z M3 vijaki, ki sva jih pritrdila z imbus ključem. Nato sva držalo diska združila z ležajem in z M8 mm vijaki nanj dodala podlago, ki služi, da se brani predmet plošče bolje oprime.



Slika 5: Disk

Nato sva sestavila ohišje, ki služi podpori kamere kot podlaga za pritrnitev elektronike. Tu večjih težav ni bilo, saj sva le pritrčila ploščico s privitim Arduinom in vstavila kamero na vrh.



Slika 6: Ohišje z elektroniko



Slika 7: Povezava konstrukcij

Sledila je še končna konstrukcija.

Z dvema M98 x 400 mm kovinskima palicama in eno M8 x 292 mm sva povezala disk in ohišje. Navsezadnje sva še spojila vzorec za kalibriranje s podlago in jo pritrdila na držalo.

7.2 Material ohišja

Ohišje samega optičnega bralnika sva natisnila s 3D tiskalnikom na Medpodjetniškem izobraževalnem centru, ki spada pod Šolski center Velenje. Datoteke za 3D tiskanje so bile podane v datoteki stl., natisnjene pa so bile v programu Repetier host. In za material sva si izbrala plastiko PLA, ki je najpopularnejša bioplastika. Natisnjeni deli iz te plastike izgledajo bolj polirani, kot tisti natisnjeni z ABS plastiko. Prav tako je ta plastika okolju bolj prijazna, saj je narejena iz različnih rastlin (koruze, sladkorne pese ali krompirja). PLA plastika je pod določenimi pogoji biorazgradljiva. Uporablja se je za pakiranje hrane. Obarvati jo je mogoče na vse možne načine, v osnovi pa je prozorna. Midva sva za optični bralnik uporabila plastiko bele barve. PLA plastika ima nižji prag topljenja, zato se lahko izdelki ob višjih temperaturah deformirajo ali stečejo. Če je plastika izpostavljena vlagi, se lahko zaradi te, pri tiskanju pojavi razbarvanje materiala ali zmanjša kvaliteta tiska. Pri topljenju te plastike v 3D tiskalniku, se lahko pojavijo mehurčki, ki lahko pripeljejo do škropljenja iz ogrevane glave. S PLA plastiko lahko tiskamo bistveno bolj natančne detajle kot z ABC plastiko. Je tudi bolj toga in močnejša od ABC plastike. Prav tako ima vonj po sladkem in je prijetnejši od vonja po žgani plastiki, ki ga oddaja ABC plastika.

8 Elektronika

Zato, da lahko optični bralnik deluje, moramo med ohišje vstaviti tudi nekaj elementov iz področja elektronike. Ti morajo biti prisotni, saj z njimi omogočimo sam postopek optičnega branja ter kalibriranja. Da pa lahko te komponente delujejo, jih moramo navsezadnje še priklopiti na ustrezno napajanje.

Segmenti, ki sva jih uporabila so sledeči:

- NEMA 17 koračni motor
- Logitech C270 kamera
- Omejevalnik moči ZUM SCAN
- Krmilnik Arduino
- Napajanje
- Linijska laserska dioda

8.1 Koračni motor NEMA 17

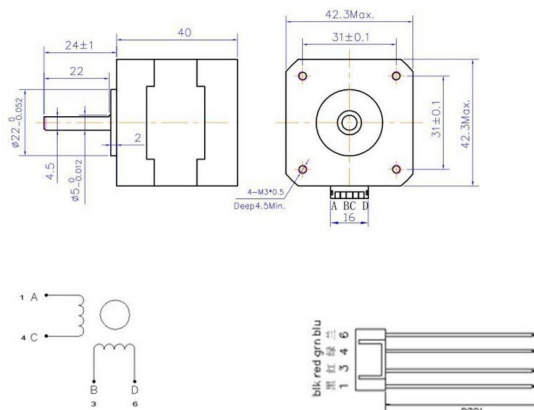
Koračni motor spada v družino elektromotorjev in sicer pod vrsto motorjev, ki jih poganja enosmerni tok. Zanj je značilno natančno pozicioniranje, zato je njegova uporaba pogosta v sodobnih pogonih, ki so računalniško krmiljeni. Je malce večji in težji od svojega predhodnika oz. prototipa NEMA 14, ampak bolj kot slabost si NEMA 17 to šteje v prid, saj ima več manevrskega prostora za vzpostavitev večje torzije, kar pomeni da ima večji odpor na zasuk. Nema 17 je bipolarni koračni motor z okvirjem v dimenzijah 43.2 x 43.2 mm. Znotraj ima dve tuljavi in vsaka je povezana z dvema žicama, zato ima tudi štirimestni vmesnik. Glava ima štiri priponke, ki so označene z 2B, 2A, 1A, 1B. Priponki 1A in 1B sta v paru povezani na prvo tuljavo, par 2A in 2B pa na drugo. Vsaka sponka je tudi barvno označena.

1A – Rumena

1B – Zelena

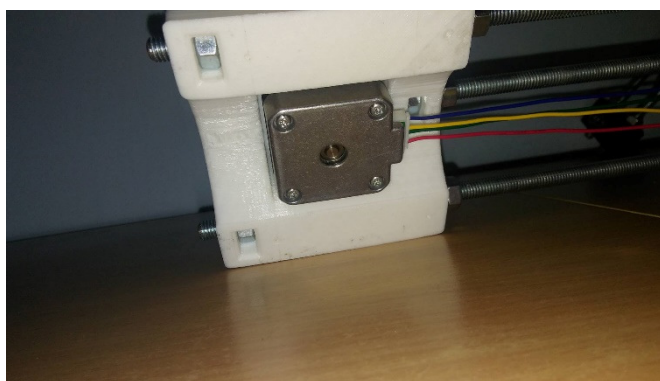
2A – Rdeča

2B – Modra



Slika 8: Načrt motorja in povezava žic s tuljavami

Motor je povezan na krmilnik ZUM –BT 328 s štirimi kabli. Ta povezava omogoča delovanje motorja.



Slika 9: Motor v držalu za motor



Slika 10: Prikaz motorja

V najini raziskovalni nalogi se ta motor uporablja za pogon podlage, na kateri rotiramo izdelke in jih tako temeljito obdelamo.

8.2 Logitech C270 kamera

Kamera nam služi za prikaz izdelka. Pritrjena je na vrh podpornika same kamere. Priključi se na računalnik z USB kablom. Za uporabo moramo namestiti ustrezno programsko opremo, ki je dostopna brezplačno z Logitecheve uradne spletne strani. Programska oprema nam omogoča uporabo ter nastavitve kamere. Pred tem sva morala kamero razstaviti in kalibrirati ročno, saj nastavitve v programski opremi tega ne omogočajo. To sva storila, da doseževa boljšo resolucijo in s tem večjo natančnost. Optična resolucija je 1280 x 960 1.2 MP, medtem ko je FOV 60 stopinj. Kompatibilna je z Windows Vista, Windows XP in Windows 7, 8, in 10.



Slika 11: Notranjost kamere

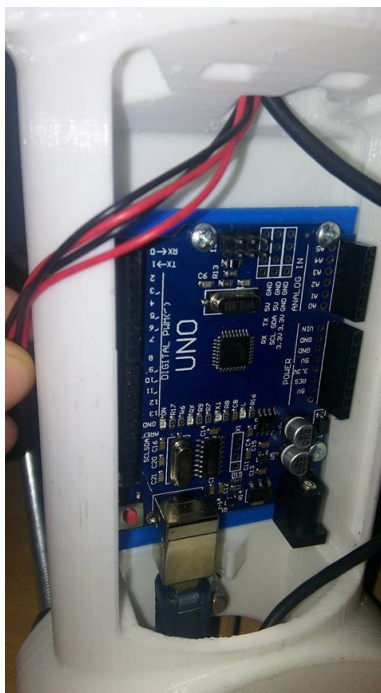


Slika 12: Kamera Logitech C270

Krmilnika sta pritrjena na hrbtno stran podpore za Logitech C270 kamero. Sta najpomembnejši člen, kajti povezujeta vso elektroniko in predstavljata osrednji in edini logični izhod.

8.3 Krmilnik Arduino

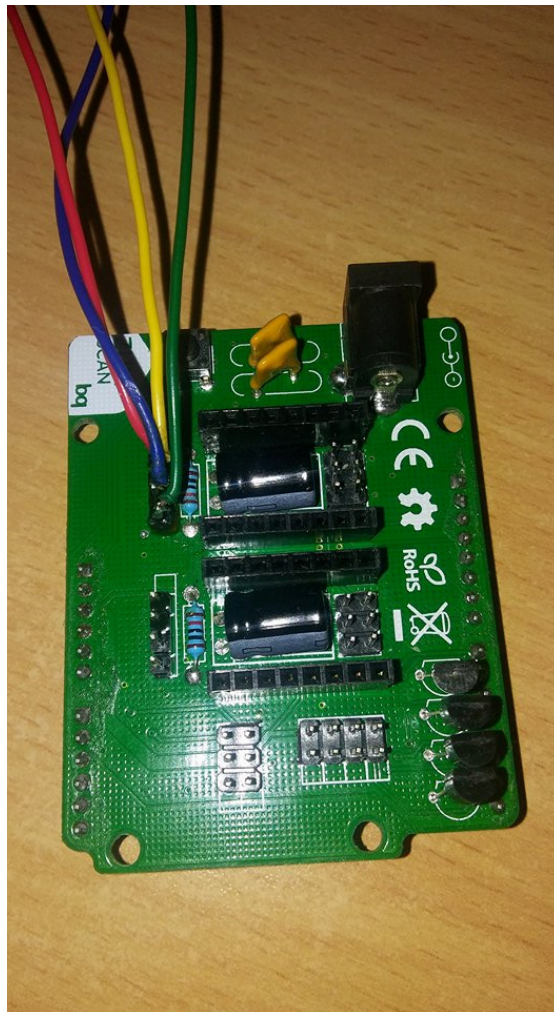
Ima linearno napajanje, števec vhodov, gumb za ponovni zagon in par LED svetilk. Arduino je prisoten pri tej nalogi, saj predstavlja osnovno nadzorno ploščo in nanj je pritrjen tako imenovan ščit. Sam ščit je strojna oprema, ki se obnaša kot vmesnik med motorjem in mikroprocesorjem in katerokoli stvarjo, ki jo želimo nadzorovati. Ustvarita zelo enostaven, a hkrati zmogljiv sistem.



Slika 13: Krmilnik Arduino

8.4 Krmilnik ZUM SCAN

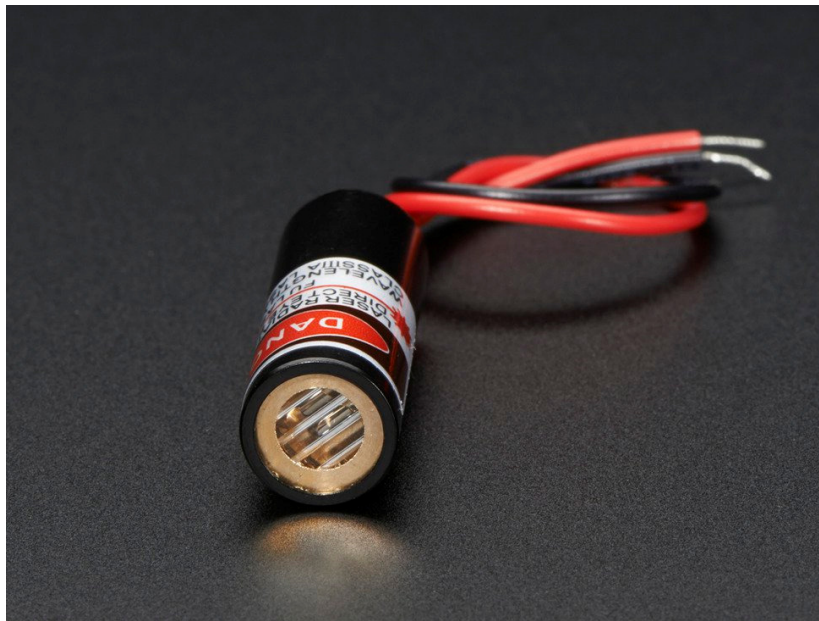
V opisu Arduina sva krmilnik ZUM SCAN opredelila kot ščit. Ta strojna oprema nadzoruje bipolarni koračni motor ter linijski laser. Imenujemo ga ščit, saj preprečuje oz. nadzoruje moč oddano na koračni motor, na laserske module in senzorje. Konstruiran je tako, da se prilega na Arduino in omogoča takojšnjo medsebojno povezavo. Čeprav je bil ustvarjen za uporabo pri 3D optičnem bralniku, lahko z njim upravljamo tudi do dva koračna motorja, štiri laserje in po dva senzorja, kar pa v najinem primeru ni potrebno.



Slika 14: ZUM SCAN krmilnik

8.5 Linijski laserski diodi

Na mikrokrmilnik sta poleg koračnega motorja povezana tudi dva laserja. Sta pritrjena v modelčka, privita na navojne palice. Tako sta nastavljena pod kotom, da lahko optično bereta predmet na rotirajoči se plošči. Laserske diode se skrivajo znotraj kapsule in imajo 650 nm valovne dolžine. Lahko jih poganja od 2.8 V do 5.2 V, zato sta ključni del mnogih projektov povezanih z elektroniko. Imata pritrjene leče, ki spremenijo piko v črto. Razpon žarka je 120 stopinj, torej je na razdalji 5 cm dolžina črte 15 cm. Črta nato zbledi in nima ostrega preseka. Njun izhod je 5 Mw.



Slika 15: Senzor

8.6 Napajanje

Elektroniko napajamo preko USB kabla in preko izvora enosmerne napetosti do 12 V. Za napajanje lahko poskrbi računalnik, lahko pa tudi adapter. Napajamo lahko krmilnik Arduino ali ZUM SCAN.



Slika 16: Napajalnik

9 Programiranje

Optični bralnik je voden skozi obsežen program Arduina, ki je vseboval kar precej podprogramov. Program je bil na voljo na internetu, vendar sva ga zaradi svojih potreb tudi uredila.

Optično branje pa sva nadzirala v programski opremi Horus, ki je narejen za Ciclop optične bralnike.

9.1 Program Arduino

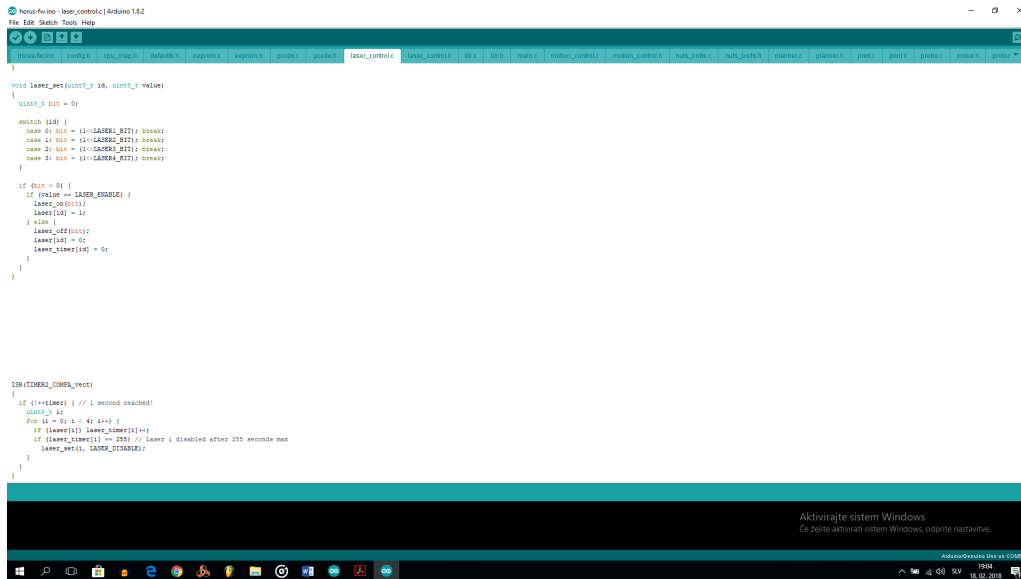
Arduino je brezplačna platforma, ki temelji na enostavni programski in strojni opremi. Sposoben je branja vhodnih signalov in jih pretvarjati v izhodni signal.

Program sestavlja 35 podprogramov, ki so bili na voljo na internetni strani in od tam sva jih prenesla v svoj računalnik in vstavila v Arduino program. V teh 35 podprogramih je zaobjeto delovanje najinega 3D optičnega bralnika. Preko podprogramov mu dajemo ukaze v programskem jeziku (Arduino programming language).

Arduino sva izbrala, ker je uporabljen za ogromno projektov, ki gostujejo praktično na vseh možnih področjih. Je primeren za začetnike, kot tudi za tiste z več znanja. Zelo dobro so razloženi tudi postopki urejanja in pisanja programov na spletni strani Arduino.cc.

Vključene so:

- Samodejne nastavitve, kjer je definiran nadzor gibanja in smer premikanja koračnega motorja
- Nadzor laserskih modulov
- Analogni bralnik senzorjev
- Nastavitve vmesnika, ki povezuje računalnik in optični bralnik.



```
void Laser_ret(int8_t id, uint8_t value)
{
    uint8_t bit = 0;

    switch (id) {
        case 0: bit = (1<<LASER0_BIT); break;
        case 1: bit = (1<<LASER1_BIT); break;
        case 2: bit = (1<<LASER2_BIT); break;
        case 3: bit = (1<<LASER3_BIT); break;
    }

    if (bit > 0) {
        if (value == LASER_DISABLE) {
            Laser_On(0);
            Laser[0] = 0;
        } else {
            Laser_Off(0);
            Laser[0] = 1;
            Laser_Timer(0) = 0;
        }
    }
}

ISR(TIMER2_COMP_vect)
{
    if (++timer == 1 // 1 second reached!
        && timer < 255) {
        for (i = 0; i < 4; i++) {
            if (Laser[i]) Laser_Timer(i)++;
            if (Laser_Timer(i) == 255) // Laser i disabled after 255 seconds max
                Laser_ret(i, LASER_DISABLE);
        }
    }
}
```

Slika 18: Primer programa o premikanju

9.3 Program Horus

Program Horus je osrčje procesa optičnega branja, saj nadzira komunikacijo, zajame in sinhronizira podatke, obdeluje slike in generira vizualizacijo objekta.

Za delovanje programa je potreben priklop naše kamere in gonilnika v ustrezen operacijski sistem. Sama sva imela na voljo operacijski sistem Windows 10. Kompatibilen je med drugim tudi z Macom in Ubuntu.

9.4 Kalibriranje Ciclopa

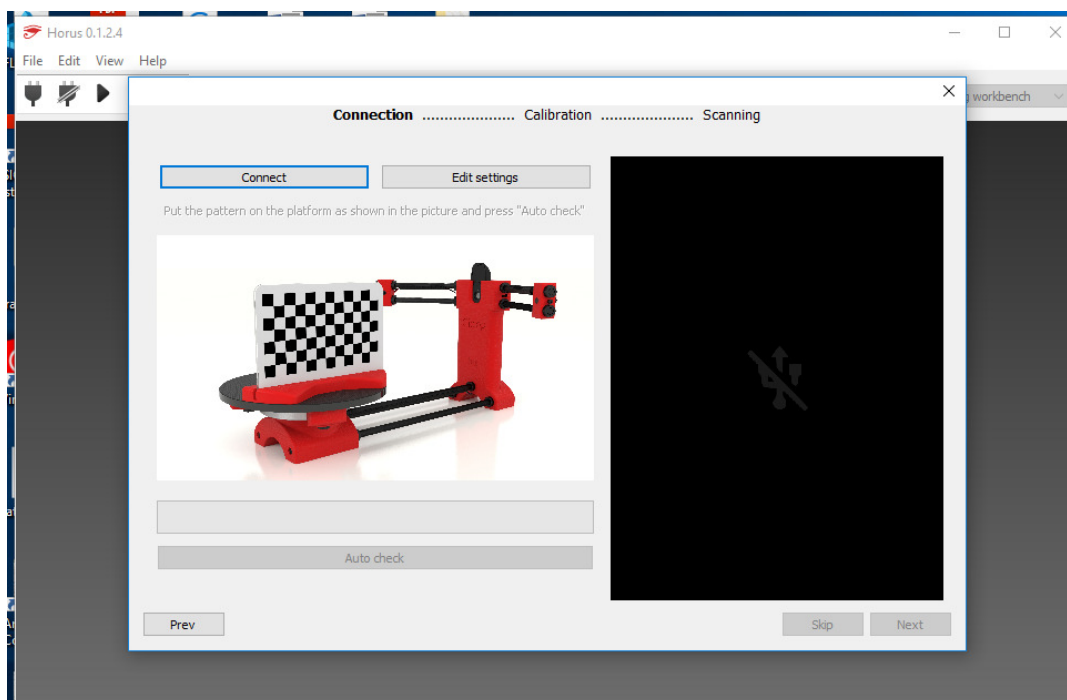
Samo kalibriranje Ciclopa je bilo ključnega pomena. Šele sedaj sva lahko dobila vpogled v to, kako se najin projekt združi v delujočo celoto.

Program ima tri orodja, s katerimi nato kalibriramo napravo in prilagajamo kamero ter senzorje. Sam sistem programa je bil ustvarjen, da intervale avtomatično optično prebere s pomočjo strukture, ki jo zagotovi uporabnik. To je na splošno zelo pomembno, saj si ne bodo vsi narejeni optični bralniki enaki in je nemogoče zagotovo določiti dimenzije in mere, ki jih bo posameznik določil med sestavljanjem. Poleg tega lahko uporabnik ustvari optični bralnik in pozicionira kamere in laserje drugam. Horus vse to kalibrira samodejno, zato da dosežemo zanesljivo optično branje.

9.4.1 Potek kalibriranja

Najprej se nam prikaže zaslon, na katerem izberemo med možnostmi, ki nam jih ponuja program.

Tu nato izberemo Wizard mode, kar pomeni, da nas program vodi skozi celotno nastavitvev optičnega bralnika.

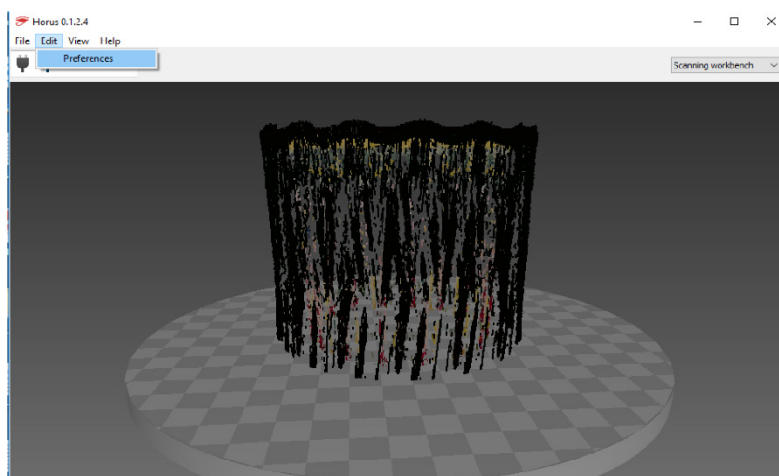


Slika 19: Konfiguracija Horusa

Nato se nam odpre okence, ki nam ponuja možnost, da se povežemo z optičnim bralnikom oz., da uredimo nastavitve

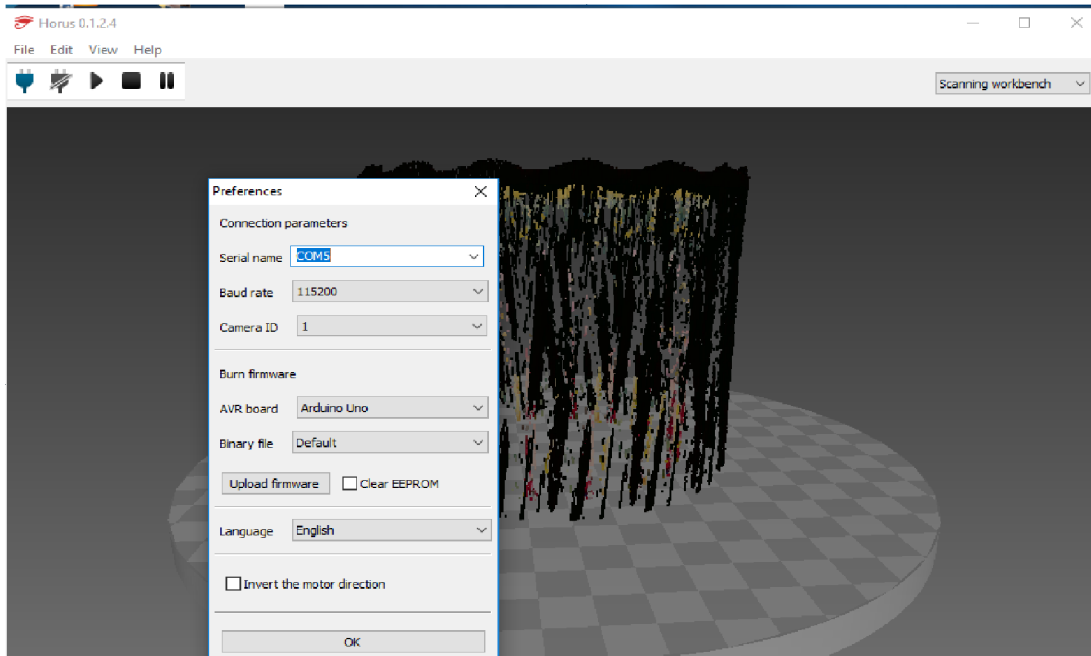
Pod urejanje nastavitve spada nastavljanje mere od konca prvega kvadratika in dnom naše podlage, v katero imamo vstavljen vzorec. V najinem primeru je ta nastavitev znašala 36 mm.

Pred tem moramo odpreti še zavihek Preferences (Izbira), ki je pod oknom Edit (Uredi).



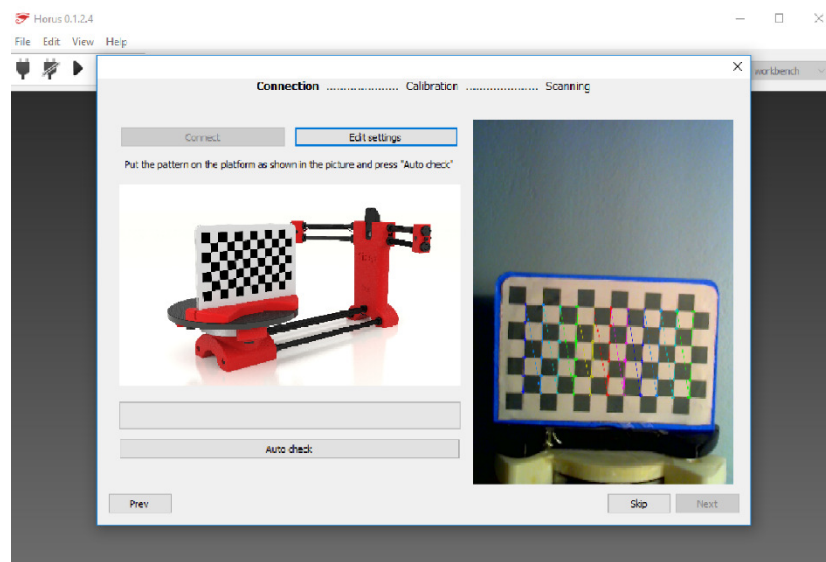
Slika 20: Konfiguracija Horusa 2

Tu sedaj določimo, preko katerega vhoda bomo upravljali kamero (COM5), naložili program iz ustreznega krmilnika (v našem primeru je to Arduino Uno) in to programsko datoteko (Upload firmw10are) tudi naložili na naš motorski krmilnik.



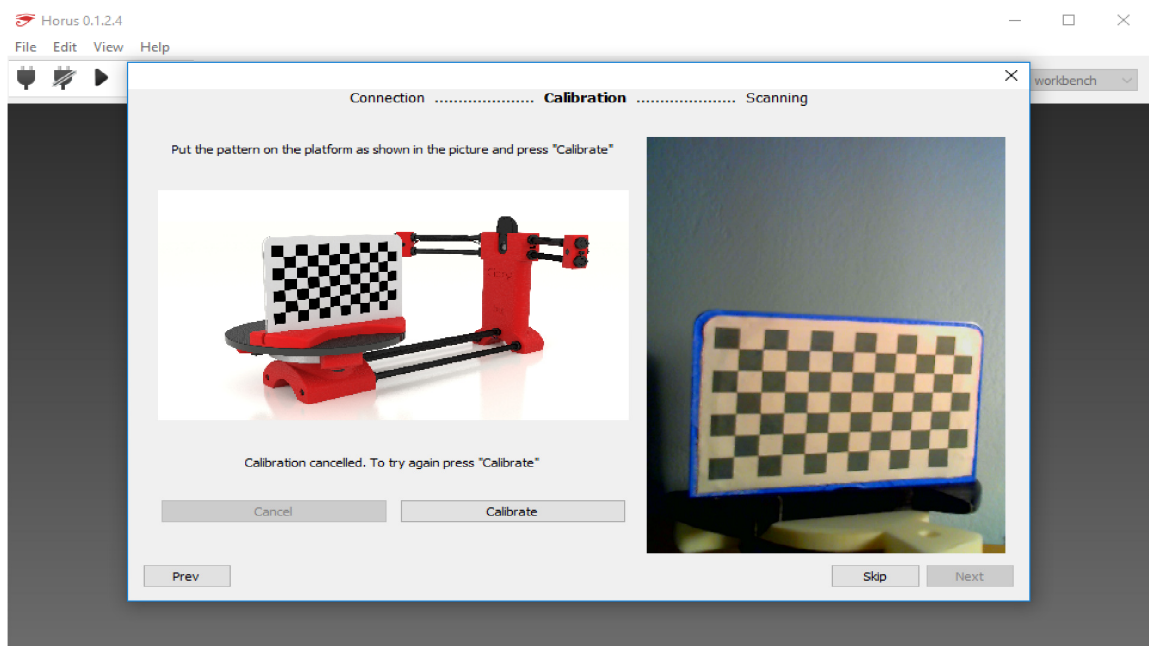
Slika 21: Konfiguracija Horusa 3

Ko smo naložili program in povezali kamero se nam prikaže zaslon s sliko v programu.



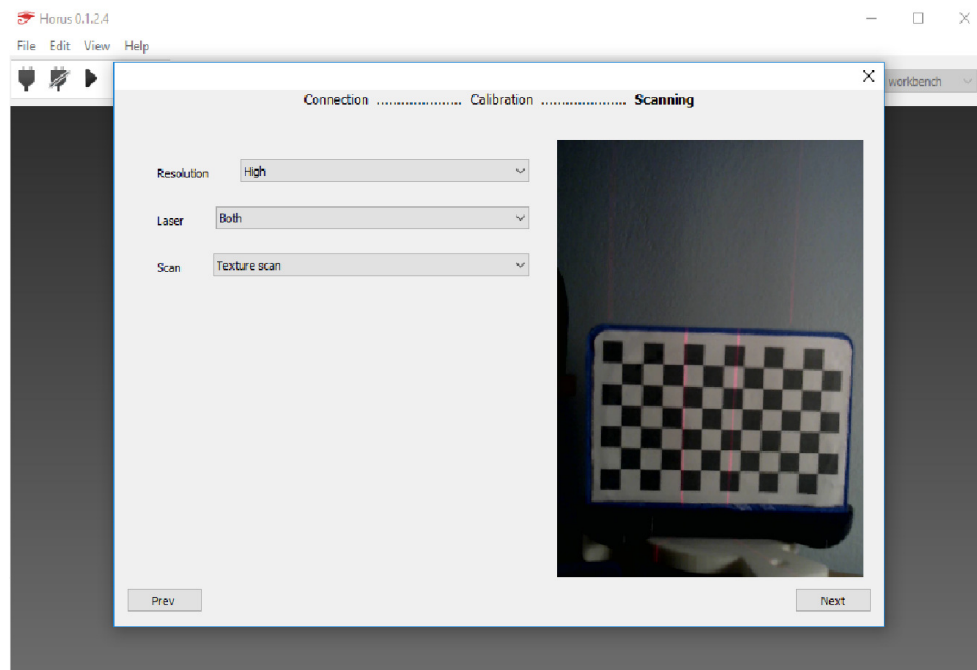
Slika 22: Prikaz slike v programu

Tu nato s samodejnim pregledom (Auto check) preverimo ali motor in kamera delujeta. Kot v najinem primeru se morajo pokazati te pikice v vseh spektrih na vzorcu, ki nam povedo, da je kamera pravilno nastavljena in da je vzorec zaznan.



Slika 23: Prikaz Auto-Check delovanja

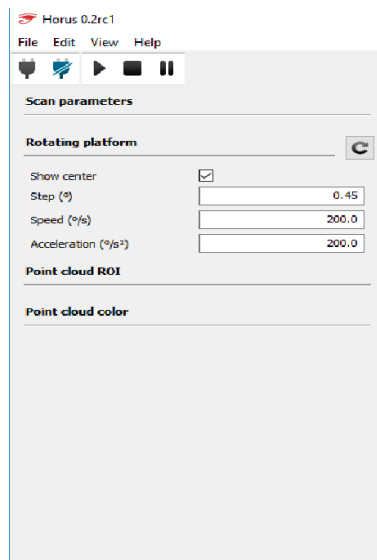
Pri kalibraciji nato program preveri in nastavi parametre za optično branje, saj so laserji pri vsakem optičnem bralniku na drugačni razdalji od vzorca. Tu program naš vzorec večkrat zasučé in poskrbi, da imata laserja primeren spekter.



Slika 24: Prikaz položaja laserjev

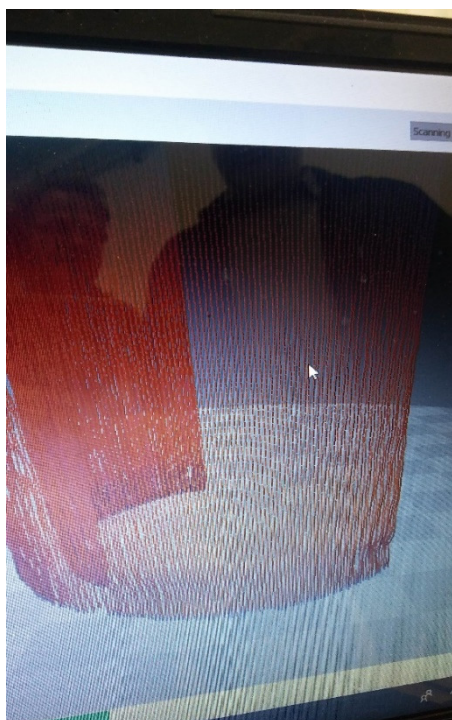
Zadnja od nastavitvev nam prikaže položaj in debelino naših laserjev. Za ustrezno optično branje moramo imeti čim tanjši laser, kar nastavimo s sukanjem prednjega pokrova laserja. Izberemo lahko pregled desnega, levega ali obeh laserjev hkrati, za izbiro načina optičnega branja pa je na voljo texture scan (podrobnejše optično branje) ali simple span (optično branje v točkah), da si sami izberemo, kako natančno sliko izdelka želimo.

V procesu nastavimo hitrost motorja v odvisnosti od kota ki ga izberemo (v najinem primeru 0.45°), nato naš laser prebere izdelek od tal do vrha. Ta parameter je zelo pomemben, saj manjši kot pomeni večjo natančnost, medtem ko večji kot pomeni hitrejšo optično branje, a ni tako natančno. Določimo lahko še hitrost in pospešek motorja v stranski vrstici pred optičnim branjem izdelka. Nastavitve vključujejo tudi nastavitve spektra, v katerem naša kamera zaznava skeniran izdelek tako, da ga lahko prilagodimo glede na višino in širino izdelka.



Slika 25: Prilagajanje parametrov

Med samim optičnim branjem nato opazujemo nastanek našega modela. Opazimo, kako naši laserji berejo izdelek in sicer to storijo v obliki manjših premic.



Slika 27: Približan prikaz branja izdelka



Slika 26: Oddaljen prikaz branja izdelka od daleč

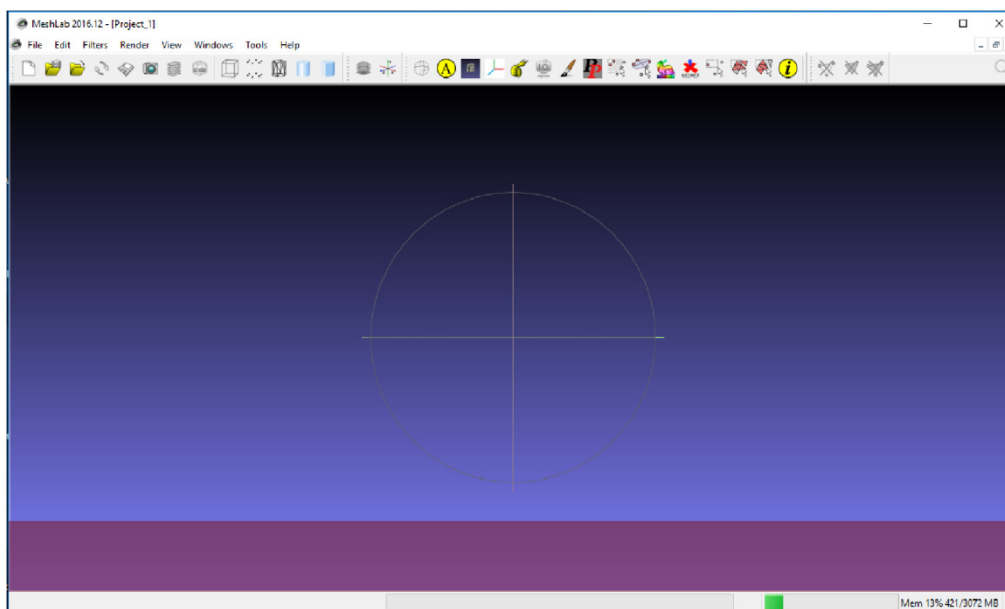
Ob koncu nam program javi, da je optično branje zaključeno in izdelek sva nato izvozila in shranila.

10 Obdelava izdelka

Optično prebran izdelek nato prenesemo v program Mashlab. Tu ga nato obdelamo, da ga lahko nato kvalitetno natisnemo s tridimenzionalnim tiskalnikom.

10.1 Program MeshLab

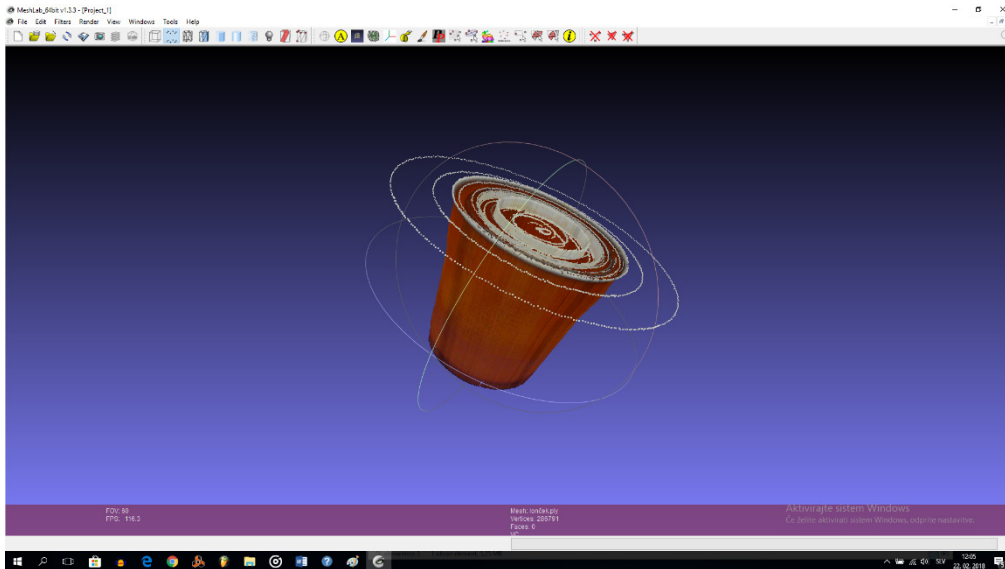
MeshLab se uporablja predvsem za obdelovanje in prikazovanje tristranih medprostorov. Zagotavlja nam skupek orodij, s katerimi dopolnjujemo, uprizarjamo, čistimo, urejamo in pretvarjamo medprostor. Zagotavlja nam orodja za urejanje grobega izdelka, ki nastane pri tridimenzionalnem tisku.



Slika 28: MeshLab program

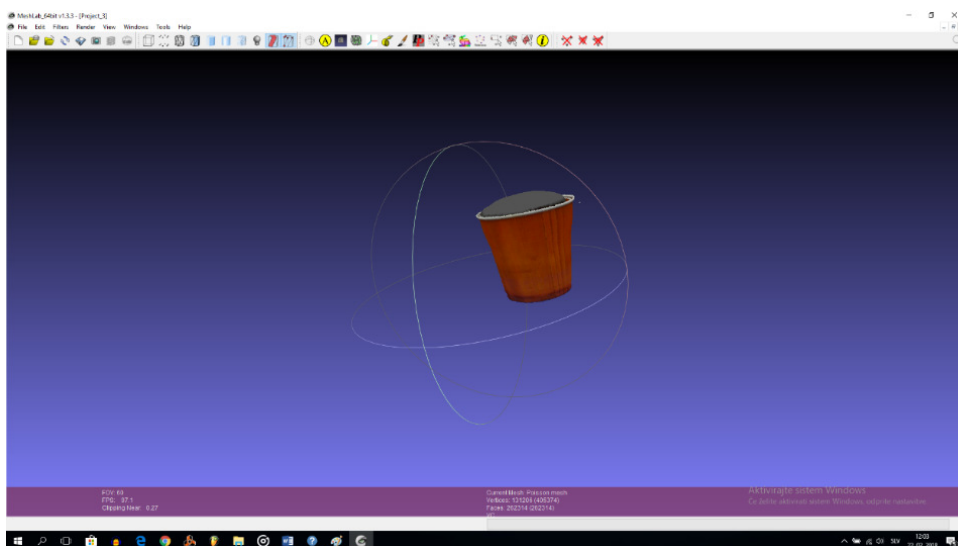
Za urejanje sva si izbrala lonček za kavo, ki sva ga optično prebrala.

Pred urejanjem:



Slika 29: Neobdelan lonček za kavo

Nato sva v programu počistila vse odvečne premice, ki jih je program dodal. Pred izvozom izdelka je nujno potrebno izdelek dopolniti s kalupom, ki nato zapolni prazne prostore, ki jih laser izpusti med premicami. Nato še barvo iz naših optično prebranih delcev prenesemo na sam kalup, da dodamo našemu izdelku več estetike, čeprav to potem nima vpliva na samo tiskanje izdelka.

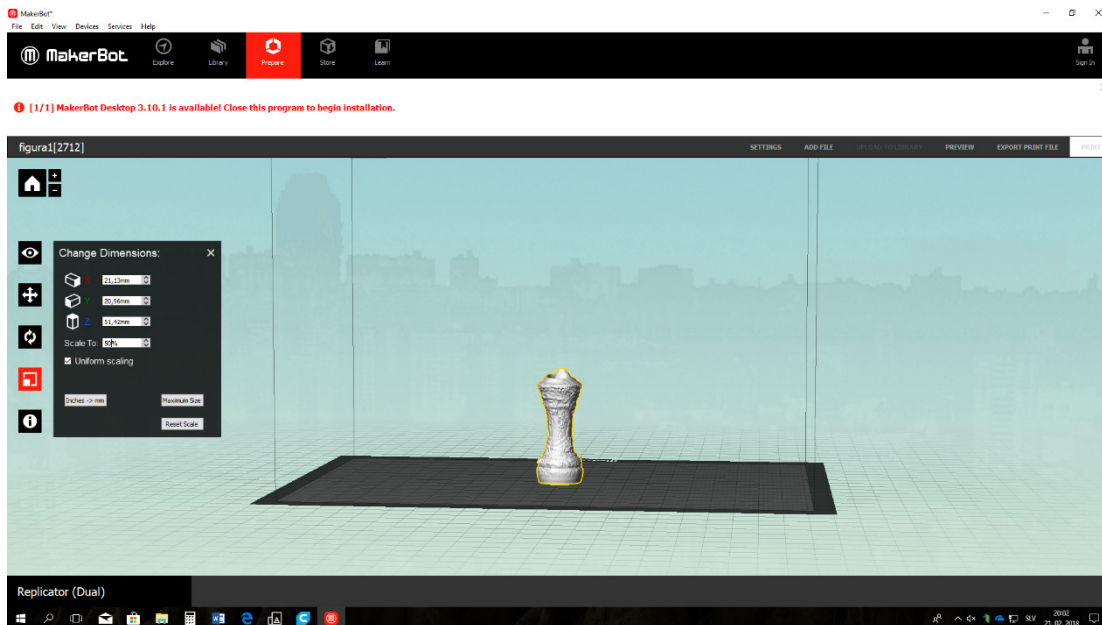


Slika 30: Obdelovanec po obdelavi

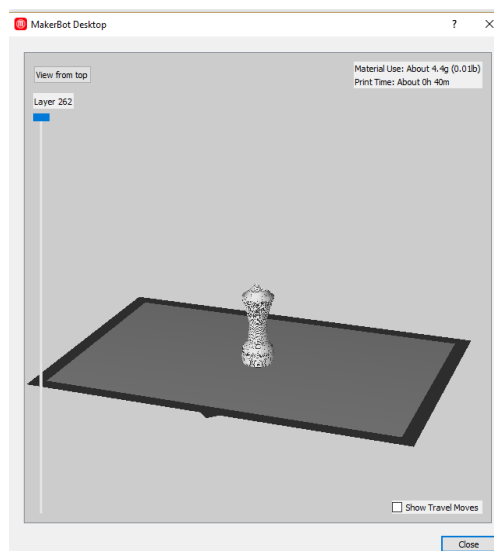
Naključen izdelek, ki smo si ga izbrali nato prenesemo v sam program za 3D tiskanje in ga natisnemo.

10.2 3D Tiskanje izdelka

Izdelek obdelan v MashLabu sva nato uvozila v program za 3D tiskanje MakerBot.

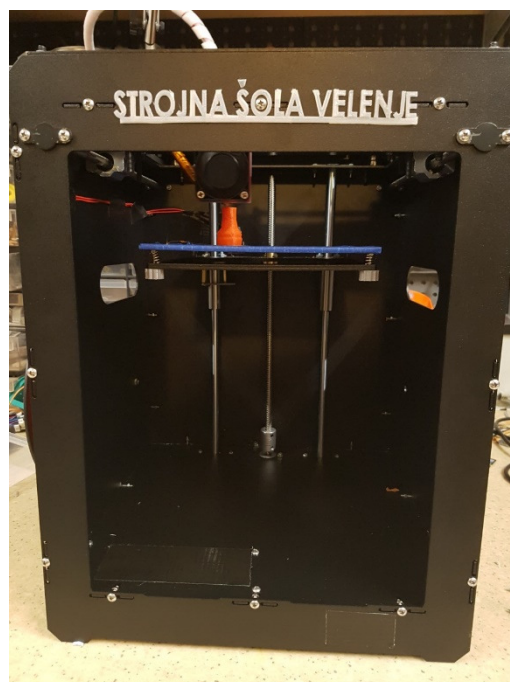


Slika 31: Program za 3D tiskanje

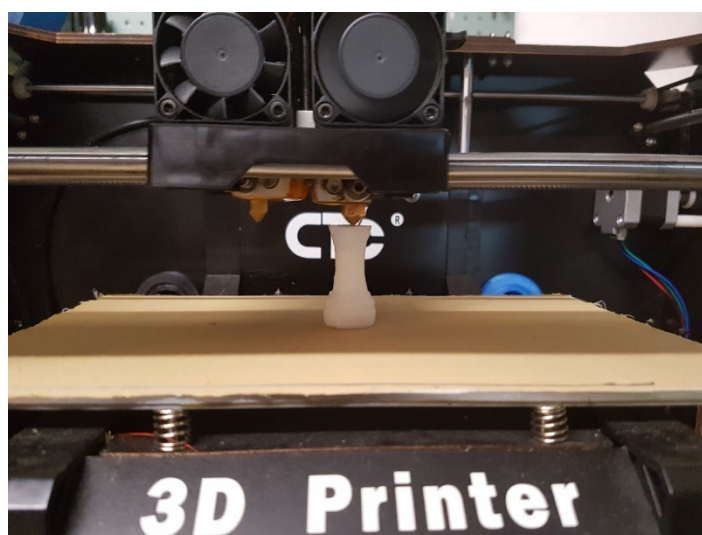


Slika 32: Parametri za tiskanje

Pri tem specifičnem obdelovancu, ki predstavlja šahovsko figuro, je tiskalnik nanese 262 plasti, potreboval pa je 40 minut za dokončanje izdelka. Tiskala sva na doma izdelanem 3D tiskalniku v programu Cura.



Slika 33: 3D tiskalnik



Slika 34: Tiskanje izdelka

11 Razprava

Na začetku raziskave sva si postavila naslednje hipoteze:

- **Naš tri dimenzijski Ciclop optični bralnik lahko izdelamo pod ceno 60-tih evrov.**

Hipotezo sva potrdila, saj sva za elektroniko porabila okrog 55-58 evrov, medtem ko si plastične komponente lahko naredimo sami s 3D tiskalnikom.

To ima velik pomen, saj nisva zasledila niti enega tako poceni optičnega bralnika na trgu. Cene variirajo od 100 evrov pa tudi do 250 evrov za točno tak 3D optični bralnik. To je navsezadnje dokaz, da si ga lahko brez večjih težav ustvarimo doma. Vso znanje, ki ga pa potrebujemo za izdelavo pa najdemo na spletu, kjer je pojasnjena vezava motorja, priklop elektronike, sestava delcev in napisan program. Osvojiti moramo le Horus in ugotoviti, kako želimo imeti prebrane svoje modele.

- **Izdelek, ki ga optično preberemo asimilira na dejanski izdelek.** Izdelek je nedvomno podoben tistemu, ki je bil optično bran, a vedeti moramo, da so temu optičnemu bralniku »ljubši« zaobljeni predmeti, saj jih lažje prebere. Ob upoštevanju tega pa se tudi pri pravokotnih oz. kvadratnih elementih ne zmoti. Laserja sta dovolj natančna, da brez težav zaznata katero koli obliko, ampak ta nato neposredno vpliva na kvaliteto zahtevnejših področij na elementu.
Ob preverjanjih sva ugotovila, da to hipotezo lahko uspešno potrdiva.

- **Odstopanje izdelka, ki smo ga optično prebrali ni manjše od 0,2 mm.**

Hipoteza, ki nama je na žalost ni uspelo potrditi.

Natančnost optičnega bralnika na žalost ni dovolj velika za takšen podvig. Izdelek je sicer na prvi pogled enak in vzorci, ki so dovolj veliki so dokaj natančno prikazani nato v programu MeshLab, kjer izdelek obdelamo. Laserja preprosto nista dovolj učinkovita za tako malo odstopanje od originala a naj nas to ne zavaja, izidi so vseeno izjemni za tako malo ceno vloženo v izdelek.

- **Izdelek, ki ga prikažemo v programu, lahko s pomočjo 3D tiskalnika natisnemo doma**

Zadnja hipoteza, ki jo lahko potrdiva, saj prikaz iz programa Horus lahko premaknemo v program MashLab, kjer ga obdelamo in pripravimo na 3D tiskanje. Izdelek bo zadovoljiv branemu, a tu seveda ne smemo pretiravati. Primerni izdelki naj bi bili zaobljeni in brez kompleksnih vzorcev. Pri takšnih primerih lahko naš Ciclop ponudi zadovoljive rezultate.

- **Naš optični bralnik prepozna vse barvne odtenke.**

To hipotezo sva ovrgla, saj optični bralnik ni postregel z rezultati, ki bi bili zadovoljivi na profesionalnem nivoju. Med drugim ima nekatere omejitve pri branju določenih barv kot so črna in rdeča nato pri objektih, ki pretirano sijejo in ali imajo dlako. Najprimernejši za tiskanje so predmeti bele barve. Zato ta optični bralnik priporoča predvsem za domačo uporabo.

12 Zaključek

Najin cilj je bil raziskati ali se lahko cenovno ugoden optični bralnik kosa s tistimi najdražjimi in ali nam lahko postreže zadovoljive oz. rezultate primerljive z njegovo konkurenco. Raziskave so pokazale, da je to vsekakor možno. Zajem najinega optičnega bralnika je dovolj dober, da se primerja s tistim iz spleta, saj uporablja povsem enako elektroniko. Tudi videz ni nič kaj drugačen, kvečjemu lahko videz sami izboljšamo in ustvarimo estetsko privlačnejšega z variabilnimi vzorci. Konstrukcija je stabilna in uravnovešeno delovanje motorja bo ohranjalo bralnik pri miru med delovanjem. Hrup je sicer prisoten, a ni nič glasnejši od tistih dražjih. Učinkovitost Ciclopa je nedvomno na ravni vseh dražjih verzij, ki so nam na voljo po štirikratni ceni na spletu.

Predvsem sva želela, da se ljudje odresejo strahu pred tem in podobnim izdelkom, kajti omogočajo enostaven način repliciranja izdelkov v kratkem času, če imamo seveda še doma 3D tiskalnik. Nastavitev in priprava branja so brezplačni, saj je vsa programska oprema na voljo na spletu brezplačno. Najdemo tudi smernice, ki nas vodijo skozi proces, kar nam precej olajša delo. Zatorej lahko praktično vsak sestavi in usposobi svoj 3D optični bralnik.

Manjše težave so nama povzročale komponente, ker 3D tiskani deli v nekaterih primerih niso natančno ustrezali velikosti, zato sva morala luknje in nekatere robove popiliti. Elektronika ni povzročala večjih težav, razen motor, ki potrebuje priklop v ustreznem vrstnem redu in izhodi niso bili natančno označeni. Morala sva preveriti tuljave z digitalnim multimetrom, da sva jih lahko pravilno pritrdila na sam čip. Tudi sam program Horus ima kar nekaj zank oz. nastavitev, za katere potrebujemo par zagonov, da jih osvojimo. Med procesom sva tudi ugotovila, da so omejitve pri optičnem branju nekaterih barv. A pomoč je bila vselej prisotna in na srečo sva s pomočjo interneta ter mentorja napake odpravila.

Z usvojenim znanjem lahko trdimo, da sva sedaj sposobna sestaviti in usposobiti svoj 3D optični bralnik, ki bo zmožen prebrati in replicirati izdelek, ki si ga izbereva po svoji želji. V prihodnosti bo koristno imeti svoj 3D optični bralnik, ker je potreba po izdelkih vse večja in vse bolj neizprosna glede časa dostave. S Ciclop 3D optičnim bralnikom pa to težavo odpravimo.

13 Viri in literatura

Spletni viri:

- [1] <https://github.com/bq/zum>
- [2] <http://diwo.bq.com/en/zum-scan-released/>
- [3] <https://www.adafruit.com/product/1057>
- [4] <http://www.instructables.com/id/Ciclop-3D-Scanner-BQ-Horus>
- [5] <https://www.thingiverse.com/thing:740357>
- [6] <https://www.cadcam-group.eu/si/reverse-inzenjering>
- [7] <https://goo.gl/Tk9Xhn>
- [8] <https://www.adafruit.com/product/1057>
- [9] <https://goo.gl/cXkGgp>
- [10] <http://reprap.org/mediawiki/images/f/f9/Motor-pap.png>
- [11] <https://cdn.instructables.com/FCG/BF33/IRO1HSBR/FCGBF33IRO1HSBR.LARGE.jpg>
- [12] Diplomaska naloga: Oblikovna prenova avtomobilske maske z uporabo vzratnega inženirstva