

ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA VELENJE  
TRG MLADOSTI 3, 3320 VELENJE  
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA  
**AVTOMATIZACIJA OKENSKIH ŽALUZIJ**

Tematsko področje: ELEKTROTEHNIKA, ELEKTRONIKA IN ROBOTIKA

Avtorja:

Alen Poklič, 4. TRA

Blaž Senič, 4. TRA

Mentorja:

Islam Mušić, prof.

Klemen Hleb, dipl. inž. elektrotehnike (UN)

Velenje, 2018

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Elektro in računalniški šoli Velenje.

Mentorja:

- Islam Mušić, prof.
- Klemen Hleb, dipl. inž. elektrotehnike (UN)

Datum predavitve: 5. 3. 2018

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2017/2018

KG avtomatizacija / žaluzije / pametna hiša / brezžično krmiljenje

AV POKLIČ, Alen / SENIČ, Blaž

SA MUŠIČ, Islam / HLEB, Klemen

KZ 3320 Velenje

ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, Trg mladosti 3, Velenje

LI 2018

IN AVTOMATIZACIJA OKENSKIH ŽALUZIJ

TD Raziskovalna naloga

OP IX, 41 str., 4 pregl., 21 sl., 17 pril., 25 vir.

IJ SL

JL sl / en

AI Sistem delovanja (ročnih) navadnih notranjih žaluzij je dokaj preprost, opazila pa sva, da vzame veliko časa in pozornosti ročno premikanje žaluzij vsakič, ko je zaradi projekcije to potrebno storiti na več oknih učilnice. Tako sva si zadala cilj izdelati avtomatiziran sistem žaluzij, ki omogoča tako dvig/spust kot tudi zakrivanje/odkrivanje s čim manj spreminjanja že obstoječega sistema oz. le »nadgradnjo« standardnega sistema delovanja. K delu naju je spodbudilo tudi zanimanje za avtomatizacijo vsakdanjih procesov. Raziskala sva slovenska podjetja, ki že delujejo na področju avtomatizacije žaluzij.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Elektro in računalniška šola Velenje, 2017/2018

CX automation / blinds / smart house / wireless control

AU POKLIČ, Alen / SENIČ, Blaž

AA MUŠIČ, Islam / HLEB, Klemen

PP 3320 Velenje

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, Trg mladosti 3, Velenje

PY 2018

TI AVTOMATIZACIJA OKENSKIH ŽALUZIJ

DT Research work

NO IX, 41 p., 4 tab., 21 fig., 17 ann., 25 ref.

LA SL

AL sl / en

AB The function system of ordinary inner blinds is fairly simple. However, we have noticed how time consuming and distracting hand controlling the blinds can be during school lessons, especially since it has to be done on multiple classroom windows whenever a projection on the screen takes place. Therefore we set our goal to build an automated blinds system, which enables not only lifting and lowering but also shutting and opening, by minimal alteration to the existing system or otherwise by simply upgrading its standard functionality. Our interest in the automation of everyday processes drove us to work. We researched the Slovenian companies that already work on the blinds automation.

## Kazalo vsebine

1	UVOD.....	1
1.1	Hipoteze .....	1
2	PREGLED STANJA TEHNIKE .....	2
2.1	Način delovanja izbrane vrste žaluzij .....	2
2.1.1	Rolo – žaluzije .....	2
2.1.2	Notranje žaluzije.....	3
2.2	Podjetja, ki ponujajo avtomatizacijo senčil.....	4
2.2.1	Slovenska podjetja .....	4
2.2.2	Podjetja na tujem .....	7
2.3	Vrste motorjev .....	8
2.3.1	Koračni motorji .....	8
2.3.2	Servomotorji.....	10
3	MATERIALI IN METODE .....	12
3.1	Izbiranje optimalnega motorja.....	12
3.1.1	Koračni motor 17HS19-2004S.....	14
3.1.2	FS5113R & Tower Pro SG-5010.....	16
3.2	Mikrokrmilniki in komunikacija .....	16
3.2.1	Arduino Pro Micro.....	17
3.2.2	HC-05 bluetooth modul .....	18
3.3	Načrtovanje naprave .....	19
3.3.1	Testiranje HC-05 .....	19
3.3.2	Testiranje FS5113R in Tower Pro SG-5010.....	19
3.3.3	Načrtovanje vezav .....	20
3.3.4	Načrtovanje drugih delov sistema .....	21
3.4	Izdelovanje 3D modelov .....	22
3.4.1	3D modeliranje .....	22
3.4.2	3D tiskanje.....	22
3.5	Programski del.....	23
3.5.1	Arduino IDE.....	23
3.5.2	App Inventor – Android.....	24
3.6	Izdelava tiskanega vezja.....	25

3.7	Namestitev in predelava.....	26
4	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	27
4.1	Prva hipoteza.....	27
4.2	Druga hipoteza.....	27
4.3	Tretja hipoteza.....	28
4.4	Četrta hipoteza.....	28
5	ZAKLJUČEK.....	29
6	POVZETEK.....	29
7	ZAHVALA.....	30
8	VIRI IN LITERATURA.....	31
8.1	Knjižni viri.....	31
8.2	Spletni viri.....	31
8.3	Slikovni viri.....	32
9	PRILOGE.....	33

## **Kazalo tabel**

Tabela 1:	Lastnosti izbranih servomotorjev.....	16
Tabela 2:	Specifikacije mikrokrmilnika Arduino Pro Micro.....	17
Tabela 3:	Opis in funkcije pinov HC-05.....	18
Tabela 4:	Komponente, uporabljene v projektu, ter njihove cene.....	28

## Kazalo slik

Slika 1: Deli roloja .....	2
Slika 2: Logotip podjetja TEHROL .....	4
Slika 3: Specifikacije Geiger motorjev, ki jih TEHROL uporablja v svojih avtomatizacijah ...	4
Slika 4: Logotip podjetja ROLTEK .....	5
Slika 5: Logotip podjetja VELUX .....	6
Slika 6: Tablica podjetja VELUX .....	6
Slika 7: Logotip podjetja SOMFY .....	7
Slika 8: Motor sistema TILT 50 WIREFREE RTS .....	7
Slika 9: Notranjost koračnega motorja .....	8
Slika 10: Položaji servomotorja .....	10
Slika 11: Notranjost servomotorja .....	11
Slika 12: Merjenje sile z elektronskim silomerom VERNIER, foto: (A. Poklič) .....	12
Slika 13: Graf rezultatov merjenja sile glede na čas 1, vir: lasten .....	13
Slika 14: Graf rezultatov merjenja sile glede na čas 2, vir: lasten .....	14
Slika 15: Shema vezave koračnega motorja .....	14
Slika 16 Merjenje sile motorja, vir: lasten .....	15
Slika 17: Mikrokrmilnik Arduino Pro Micro .....	17
Slika 18: HC-05 bluetooth vezje .....	18
Slika 19: Vezje sistema, izdelano v spletnem orodju Easyeda, vir: lasten .....	20
Slika 20: Odsek "sestavljene" kode v App Inventor Block Editorju, vir: lasten .....	24
Slika 21: Rešitev zakrivanja/odkrivanja z motorčkom 1, foto: (A. Poklič) .....	26
Slika 22: Deli navadnih notranjih žaluzij .....	33
Slika 23: Prvotna skica približnega delovanja načrtovanega sistema .....	34
Slika 24: Prvotno testiranje arduina in HC-05 čipa, foto: (A. Poklič) .....	34
Slika 25: Izdelovanje 3D modelov v blenderju, vir: lasten .....	35
Slika 26: Načrtovanje tiskanega vezja v Sprint Layout5, vir: lasten .....	35
Slika 27: Izdelovanje aplikacije v App inventorju, vir: lasten .....	36
Slika 28: Kodiranje v Arudino IDE, vir: lasten .....	36
Slika 29: Natisnjena plastična dela (polž in zobnik brez koluta), foto: (A. Poklič) .....	37

Slika 30: Končna rešitev za dvigovanje/spuščanje–zobniki s koluti skupaj s motorjem pritrjeni na leseno podlago, foto: (A. Poklič) .....	37
Slika 31: Tiskano vezje takoj po rezkanju, označeni so manjkajoči deli, foto: (B. Senič) .....	38
Slika 32: Testiranje sistema (brez vezja) pred namestitvijo, foto: (B. Senič) .....	38
Slika 33: Rezkalna glava, na podlago prilepljena prazna bakrena plošča, foto: (B. Senič) .....	39
Slika 34: Slika končnega vezja po montaži sistema na okno, foto: (A. Poklič) .....	40
Slika 35: Sistem po namestitvi na okvir domačega okna, foto: (A. Poklič) .....	41
Slika 36: Minimalna predelava obstoječega sistema žaluzij, foto: (A. Poklič) .....	42
Slika 37: Posnetek zaslona ob zagonu aplikacije, vir: lasten .....	43
Slika 38: Posnetek zaslona glavnega dela aplikacije za upravljanje žaluzij, vir: lasten .....	43



## Uporabljene kratice

**ADC** – (ang. Analog to Digital Converter); analogno-digitalni pretvornik

**ang.** – angleško

**BLE** – (ang. Bluetooth Low Energy); brezžična PAN tehnologija

**CNC** – (ang. Computer Numerical Control); numerično krmiljenje

**DC** – (ang. Direct Current); enosmerna električna napetost

**DVD** – (ang. Digital Video Disc); digitalni pomnilniški medij

**GPL** – (ang. General Public License); splošno dovoljenje GNU

**HPGL** – (ang. Hewlett-Packard Graphics Language); Hewlett Packardov računalniški jezik za nadzor printerjev

**IDE** – (ang. Integrated Development Environment); integrirano razvojno okolje

**LED** – (ang. Light Emmiting Diode); svetleča dioda

**MIT** – (ang. Massachusetts Institute of Technology); tehnološki inštitut Massachusettsa

**npr.** – na primer

**oz.** – oziroma

**PAN** – (ang. Personal Area Network); osebno omrežje

**PWM** – (ang. Pulse-Width Modulation ); pulzno-širinska modulacija

**RC** – (ang. Remote Controlled); daljinsko vodeno

**SD** – (ang. Secure Digital); spominska kartica

**UHF** – (ang. Ultra high frequency) radijske frekvence od 300 MHz do 30 GHz

**USB** – (ang. Universal Serial Bus); univerzalno serijsko vodilo

**VREF** – električna napetost na pinu »ref« driverja DRV8825

**3D** – (ang. Three-dimensional); tridimenzionalno

## 1 UVOD

Živimo v času, kjer se nove tehnologije pojavljajo ena za drugo, novosti nas spremljajo tako rekoč na vsakem koraku. Toda v našem vsakdanjiku lahko še vedno zasledimo nekatere stvari, ki pa se ob vsem napredku še niso toliko spremenile, to sva zasledila v sistemu običajnih notranjih okenskih žaluzij.

Razširjeni so avtomatski namakalni sistemi za zalivanje trat, luči, upravljane preko zvoka, varnostni sistemi kamer, pametne ključavnice. Koliko ljudi pa uporablja avtomatizirane žaluzije? Klasično upravljanje z žaluzijami ni zapleteno, toda vzame lahko preveč časa.

Namen najinega raziskovanja je, da preveriva, če je ljudem, ki se srečujejo s takšnim problemom, z izdelavo avtomatiziranega sistema žaluzij, možno prikrajšati čas in jim omogočiti brezžičen nadzor in pregled nad žaluzijami po razumni ceni.

Ker bi za izdelavo naprav na več oknih porabila preveč časa in denarja, sva se odločila sistem implementirati le na eno okno, programski del pa poskusila razviti tako daleč, da lahko preko njega upravljamo več žaluzij.

### 1.1 Hipoteze

Zastavila sva si naslednje hipoteze:

1. Avtomatiziran sistem je mogoče implementirati v obstoječ sistem ročnih notranjih žaluzij z minimalnim spreminjanjem obstoječega.
2. Na trgu obstajajo sistemi, ki nadgradijo obstoječe notranje žaluzije z avtomatskimi?
3. Avtomatizacijo notranjih žaluzij je možno izvesti s stroškom, ki je manjši od 40 € na žaluzijo.
4. Sistem dobro deluje z enosmernim baterijskim napajanjem.

## 2 PREGLED STANJA TEHNIKE

### 2.1 Način delovanja izbrane vrste žaluzij

Človek je skozi stoletja razvil mnoge tehnike senčenja, ena izmed njih je sistem žaluzij, toda tudi ta beseda opisuje več tipov senčil. Skoraj vsaka vrsta žaluzij deluje na drugačen način, pomembno je, da poznamo razlike med njimi.

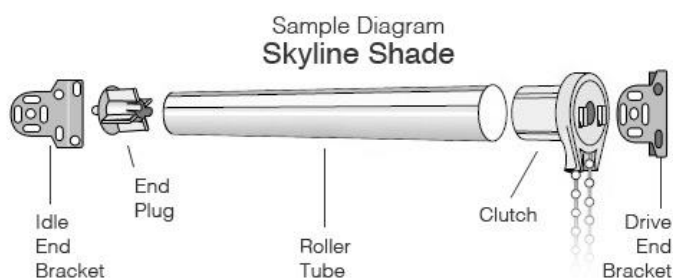
Danes so po svetu najpopularnejše (notranje) sledeče:

- vertikalne (ang. vertical blinds),
- rimske (ang. roman blinds),
- rolo - žaluzije (ang. roller blinds),
- notranje žaluzije (ang. venetian blinds),
- zunanje žaluzije (ang. exterior venetian blinds),
- žaluzije strešnih oken (ang. skylight blinds).

Da lahko nek obstoječ sistem spreminjaš ali nadgrajuješ je najprej potrebno način delovanja tega sistema dobro preučiti in ga razumeti.

#### 2.1.1 Rolo – žaluzije

Te imajo po najini oceni od zgoraj naštetih žaluzij najpreprostejši način delovanja. Sistem je namreč zgrajen le iz ponjave oz. blaga, ki opravlja nalogo senčenja, ta se navija na vodoravni tulec, ki je montiran tako, da ga je možno zavrteti. Na eni od dveh koncev tulca je nameščen kontrolni del, skozi katerega teče dvojna vrvica. Ta vrvica ni čisto običajna, na njej najdemo serijo kroglastih delov. Ti se ob vleku vrvice zatikajo v kontrolnem delu, poganjajo tulec, ki se vrtil in nase navija ponjavo.



Slika 1: Deli roloja

### 2.1.2 Notranje žaluzije

Notranje žaluzije (Slika 22) sestavljajo lamele (plošče namenjene senčenju), v sistemu sta prisotni dve različni vrvi. Prva potuje skozi luknje na notranji levi in desni strani lamel in je zadolžena za njihov dvig oz. spust. Druga vrvi, ki lamele objema in jih drži na svojem mestu, skrbi za senčenje (spreminja kot ležečih lamel). Obe vrvi se srečata v zgornjem okvirju, ki celotnemu sistemu služi kot ohišje. Na desni strani tega ohišja je v sprednjem delu luknja, kjer najdemo pritrjena dva pomembna dela, zobat kovinski kolesček ter kovinski zatič. Tukaj je izhod za vrvi, zadolženo za dvigovanje, ki steče po dnu ohišja in izven njega mimo teh dveh kovinskih delov. Če želimo žaluzije dvigniti, preprosto povlečemo to vrvi, lamele se vzpenjajo proti vrhu in se počasi nalagajo ena na drugo. Če vrvi spustimo, ta zdrsne nekoliko v ohišje in s sabo potegne zobati kolesček nazaj v luknjo, ta pa skupaj z zatičem ujame vrvi in jo ustavi (to ni edini namen zatiča, ta sicer tudi omogoči vrvi, da z manj trenja bolj gladko teče po njem).

Na notranji strani najdemo še podprte gibljive valjčke, na katere je pritrjena druga vrvi, zadolžena za senčenje (oba njena konca). Skozi njih je vodoravno napeljana palica, ki skrbi, da se vedno vrtijo enako in tako enako senčijo obe strani žaluzij. Sistemi za "delovanje na to palico" so velikokrat različni od proizvajalca do proizvajalca, navadno iz ohišja gleda s plastiko obdana žica, ko jo obrnemo, obrne palico v notranjosti, ta obrne valjčke, ki potegnejo vrvi in spremenijo kot lamel.

V najinemu okolju so najpogostejše notranje žaluzije, ki jih uporabljamo tako v šoli kot doma, zato sva se odločila za avtomatizacijo prav teh.

## 2.2 Podjetja, ki ponujajo avtomatizacijo senčil

### 2.2.1 Slovenska podjetja

**TEHROL - hiša senčil:** Slovensko podjetje ponuja različna zunanja in notranja senčila (aluminijasti rolo, komarniki v različni izvedbi, zunanje in notranje žaluzije, tende in druga senčila).



Slika 2: Logotip podjetja TEHROL

Imajo več ponudb za vgradnjo avtomatiziranih sistemov zunanjih žaluzij (izvedbe Tehrolovih žaluzij tipa Aton: T80, C80, C65, C80-FLEXI, Z70, Z90), za katere uporabljajo motorje podjetij Somfy in Geiger. Za upravljanje njihovih avtomatiziranih žaluzij imamo poleg ročnega načina še dve možnosti:

- upravljanje z na mestu nameščenim stikalom (stikala ERA, W6),
- upravljanje z daljinskimi upravljalci (daljinci TELIS, ERA P6).

Daljinski upravljalniki delujejo po radijskih valovih na frekvenci 433,920 MHz z več kot 4,5 milijona kombinacij spremenljive kode. Domet na prostem je do 200 m, v prostoru pa do 35 m. Ponujajo tudi razne senzorje (sonce, veter) in kombinacijo senzorjev (veter in sonce, sonce in temperatura), ki omogočajo pametno upravljanje in večje varčevanje energije.

Tip motorja	GJ5603	GJ5606	GJ5610	GJ5620
Navor motorja	3Nm	6Nm	10Nm	2x10Nm
Moč (W)	105	90	135	190
Moč (A)	0,47	0,4	0,6	0,85
Napajanje V / Hz	230 / 50 Hz			
Hitrost vrtenja	28			
Maksimalno število obratov	80			
Elektrozaščita	IP 54			
Maksimalni čas delovanja (min.)	5	6	4	4
Dolžina skupaj z adapterjem (mm)	307 mm	307 mm	311 mm	338 mm

Slika 3: Specifikacije Geiger motorjev, ki jih TEHROL uporablja v svojih avtomatizacijah

Ponujajo tudi avtomatizirane roletne sisteme z 230 V elektromotorji, katerih moči se nahajajo med 100 in 200 W, za notranje žaluzije ne nudijo avtomatiziranih rešitev.

**ROLTEK rolete - rolo vrata:** slovenska mednarodno uveljavljena blagovna znamka za sisteme senčenja. Pri izdelovanju sistemov želijo biti čimbolj okolju prijazni, zato pri izdelavi njihovih proizvodov uporabljajo izključno obnovljivo energijo in okolju prijazne materiale, ki jih je možno reciklirati.

Ponujajo različne izdelke, kot so: rolete, zunanje žaluzije, komarniki, garažne roloje in stropna vrata in ostala senčila.



*Slika 4: Logotip podjetja ROLTEK*

ROLTEK ponuja štiri načine upravljanja z zunanjimi žaluzijami:

- **Ročno upravljanje z »monokomando«:** standardno ročno upravljanje zunanjih žaluzij z vrtenjem monokomandne palice, s čimer spreminjamo naklon lamel in dvigamo ter spuščamo senčilo.
- **Motorno upravljanje s stikalom:** senčila se upravlja s pritiskom na stikalo na steni, tako kot prižgemo ali ugasnemo luč. Na eno stikalo lahko zvežemo eno ali več žaluzij.
- **Motorno daljinsko upravljanje:** dviganje/spuščanje žaluzij z daljinskim upravljanjem. Z enim daljincem lahko istočasno upravljate eno ali več žaluzij.
- **Inteligentno upravljanje s časovno uro:** žaluzije se dvigajo in spuščajo ob vnaprej določenem času.

Ponujajo tudi predelavo obstoječih sistemov žaluzij (montažo in elektro priklop):

»Skoraj vsako roletno je možno nadgraditi na motorni pogon. Vse je seveda odvisno od roletnega sistema, ki ga imate nameščenega ter izpolnitev pogoja ureditve ustrezne električne napeljave.«  
(21).

**VELUX:** slovensko podjetje se ukvarja predvsem s strešnimi okni in senčili za ta okna. Na voljo imate različna strešna okna, svetlobnike, senčila, rolete in dodatno opremo, ponujajo pa tudi različne barve in zanimive motive (npr. motiv filmov Vojne zvezd).



*Slika 5: Logotip podjetja VELUX*

Ponujajo že avtomatizirane sisteme senčil VELUX INTEGRA na električni pogon ali solarni pogon.

Električni pogon (zunanja roleta, zunanje mrežasto senčilo, notranja senčila, siesta senčilo, notranje rolo senčilo) je mogoče upravljati preko aplikacije na tablici, ki je ob nakupu tega sistema žaluzij priložena. Na tablici je vnaprej naloženih 8 določenih programov za krmiljenje (notranja klima, prezračevanje, uravnavanje energije, senčenje, lahko noč, dobro jutro, odhod, na počitnicah).

Solarni pogon (zunanja roleta, zunanje mrežasto senčilo, notranje siesta senčilo, notranje plise senčilo, notranja žaluzija, notranji rolo senčilo) je mogoče upravljati preko priloženega daljinca ali tablice. Napaja ga baterija, ki se dnevno polni preko solarne celice, nameščene na zunanji strani okna.



*Slika 6: Tablica podjetja VELUX*

## 2.2.2 Podjetja na tujem

**SOMFY:** je ameriško podjetje, ima več kot 450 patentov in stalno razvija nove izdelke in tehnologijo, ki prinašajo nove stopnje udobnosti, varnosti in varčnosti končnim uporabnikom.

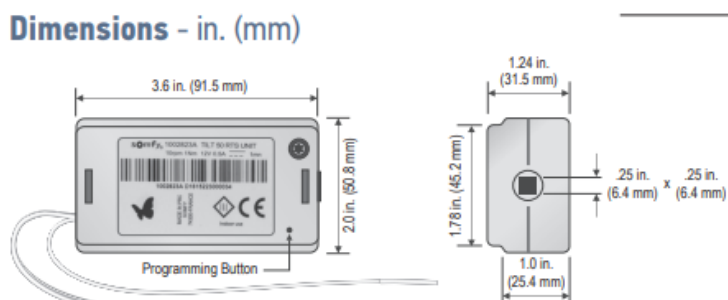


Slika 7: Logotip podjetja SOMFY

Ponujajo široko vrsto izbire izdelkov, ki delujejo na različne načine:

- baterijsko napajanje,
- solarno napajanje,
- napajanje preko omrežne napetosti (visoka in nizka napetost),
- navor od 1 Nm do 100 Nm,
- od 5,5 kg do 225 kg dvigalne zmogljivosti,
- inteligentni motorji,
- senzorji in časovniki.

**TILT 50 WIREFREE™ RTS** je brezžičen, kompakten sistem na 12 V baterijsko napajanje, ki je namenjen avtomatizaciji obstoječih žaluzij. Namestitev ni zahtevna, na voljo so video navodila (<https://www.youtube.com/watch?v=-9zWHR9CB4U>), motor lahko vgradimo sami brez pomoči strokovnjakov. Krmilimo ga lahko preko Somfyjeve aplikacije, sistem lahko z uporabo **myLink** razširitve, ki nam omogoča glasovno upravljanje, nadgradimo. Motor ima navor 60 Ncm, vrti se s hitrostjo 10 obratov na minuto, namenjen je zakrivanju/odkrivanju lamel žaluzij.



Slika 8: Motor sistema TILT 50 WIREFREE RTS



## 2.3 Vrste motorjev

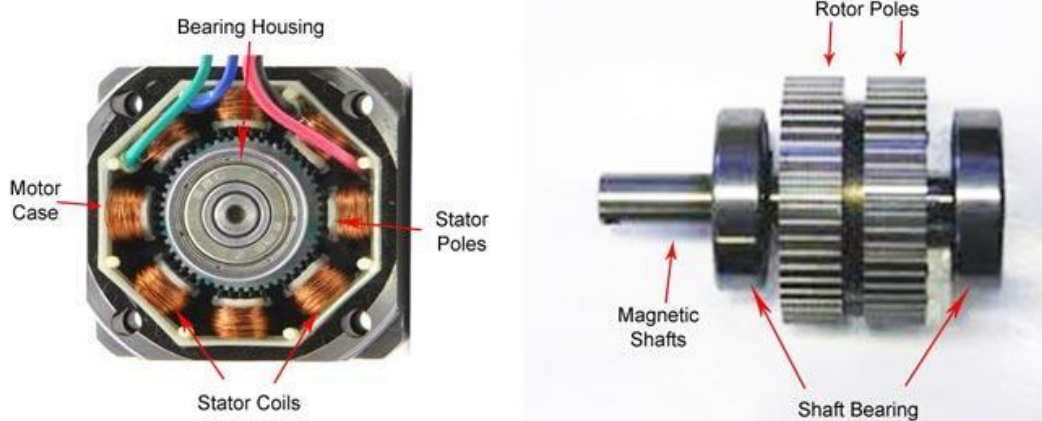
Po pregledu konkurence je vidno, da je najpomembnejši gradnik avtomatizacije okenskih žaluzij motor. Vse je odvisno prav od te komponente, pri izbiri je pomembno upoštevati več karakteristik oz. tehničnih specifikacij motorja. Poznamo različne vrste elektromotorjev, ki se uporabljajo za različna dela. Raziskala sva sestavo in delovanje koračnih in servomotorjev.

### 2.3.1 Koračni motorji

Ime za koračne motorje (ang. »Stepper motor«) izhaja iz njihovega načina delovanja, njihov polni vrtljaj (360 stopinj) lahko razdelimo na več »diskretnih« korakov.

Sestavljajo jih pomični del oz. rotor, tega pa obdaja nepomični del oz. stator, na katerem so navitja oz. faze motorja. Ko skozi navitje motorja steče električni tok, nastane magnetno polje in rotor se zavrti. Poganjamo jih lahko na več načinov tako, da drugače polariziramo faze:

- par po par navitja,
- po dva navitja skupaj – večja moč/manj vrtljajev,
- polkoračni način oz. kombinirani način.,
- mikrokoračni način – gladko gibanje rotorja in večja natančnost.



Slika 9: Notranjost koračnega motorja

Glede na konstrukcijo ločimo več različnih tipov koračnih motorjev:

- način trajnega magneta (ang. permanent magnet mode),
- motor s spremenljivo reluktanco (ang. variable reluctance mode),
- hibridne koračne motorje (hibrid prejšnjih dveh tipov).

Za upravljanje motorjev tega tipa (koračni) potrebujemo elektronsko vezje »driver«, ki jim pošilja električne pulze, katerih frekvence določajo količino premika.

Koračni motorji so v industriji zelo razširjeni, predvsem se zanašajo na natančnost njihovih korakov. Najdemo jih v:

- industrijskih strojih (CNC stroji za struženje, rezkalnikih, laserskih rezalnikih),
- računalniški tehnologiji (optične enote, DVD-predvajalniki, skenerji),
- tiskanju (printerji, risalniki, 3D printerji).

*Prednosti:*

- omogoča visok nivo natančnosti pri svojih korakih,
- zaradi hitre odzivnosti in pospeškov so idealni za kratke, hitre gibe;
- dolga življenjska doba (ob pravilni rabi).

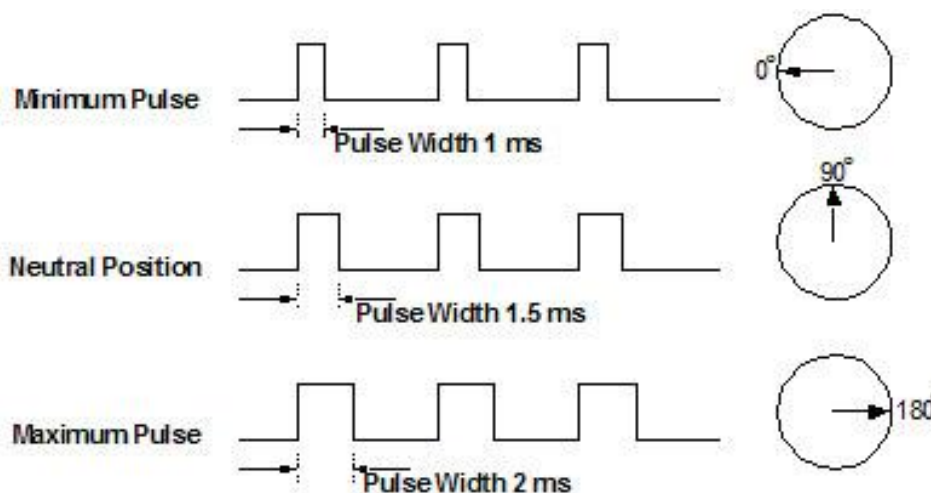
*Slabosti:*

- s povečanjem hitrosti se zmanjša navor,
- ob delovanju sprošča precej hrupa, ob obremenjenosti se segreje,
- motor porabi veliko energije tudi, ko ni obremenjen.

### 2.3.2 Servomotorji

Notranjost servomotorja je na prvi pogled nekoliko manj zapletena kot tista v tipičnem koračnem motorju. Srce vsakega motorja tega tipa je DC motorček, sestavlja pa ga še enkoder, ki določa pozicijo motorja, vrsta zobnikov (zobniški reduktorji), ki povezuje prejšnji dve komponenti, in tiskano vezje, ki interpretira vhodne/izhodne signale potenciometra in povezane naprave, s katero motor kontroliramo.

Za delovanje moramo povezati vse tri priklpe motorja (2 za napajanje (+ in –) ter servo signal na digitalni izhod mikrokontrolnika s PWM zmogljivostjo). Vrtenje na določeno pozicijo omogoča pulzno širinska modulacija (ang. pulse width modulation). Ob širini pulza logične enice pri času 1 ms se motor obrne na pozicijo  $-90$  stopinj, pri času 2 ms se obrne na  $+90$  stopinj, če pa želimo gred motorja spraviti v nevtralni položaj, to storimo s signalom logične enice v času 1,5 ms (nevtralni položaj).



Slika 10: Položaji servomotorja

*Prednosti:*

- so manjši ter lažji, imajo še velik navor,
- so dokaj tihi pri vseh hitrostih in se ne pregrevajo,
- poraba toka je odvisna od obremenjenosti.

*Slabosti:*

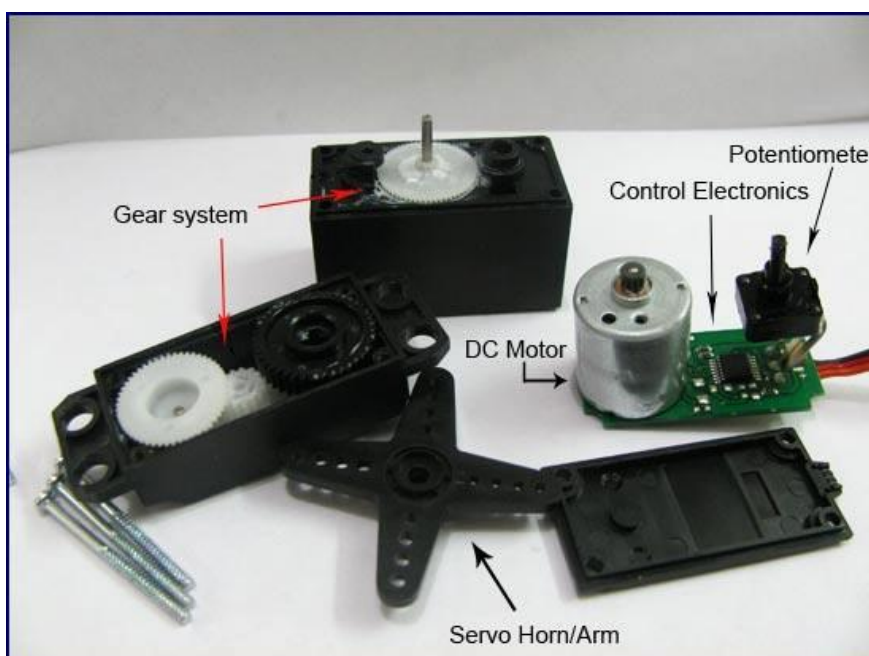
- pri velikih obremenitvah se lahko zobniki poškodujejo,
- motor je potrebno nastaviti, da stabiliziramo dvosmerno komunikacijo,
- optimalno moč dobimo pri optimalni hitrosti, dostikrat je za to potreben sistem zobnikov.

Poznamo več vrst servomotorjev:

- pozicijski servomotor (ang. positional rotation servo),
- servomotor, ki omogoča neprekinjeno vrtenje (ang. continuous rotation servo),
- linearni servomotor (ang. linear rotation servo).

Navadno imajo pozicijski servomotorji omejitev vrtenja na maksimalno 180 stopinj (90 stopinj v vsako stran), toda z nekaj predelave v notranjosti jih lahko sami predelamo v drugo vrsto servomotorja, ki se lahko vrti neomejeno v obe smeri.

Tudi ti se uporabljajo v številnih napravah, vse od robotskih rok, propelerjev na RC letalih, zelo pogosto jih najdemo v uporabi pri kakšnih manjših projektih posameznikov (kot je najin).



*Slika 11: Notranjost servomotorja*

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 Izbiranje optimalnega motorja

Ko sva ugotovila, da je motor najpomembnejša komponenta najinega sistema, sva se najprej osredotočila na izbiro prav tega. Toda kako pravzaprav ugotoviti, kako močen motor bo zadostoval? Morala sva se prepričati, da ne izbereva premočnega in ne prešibkega.

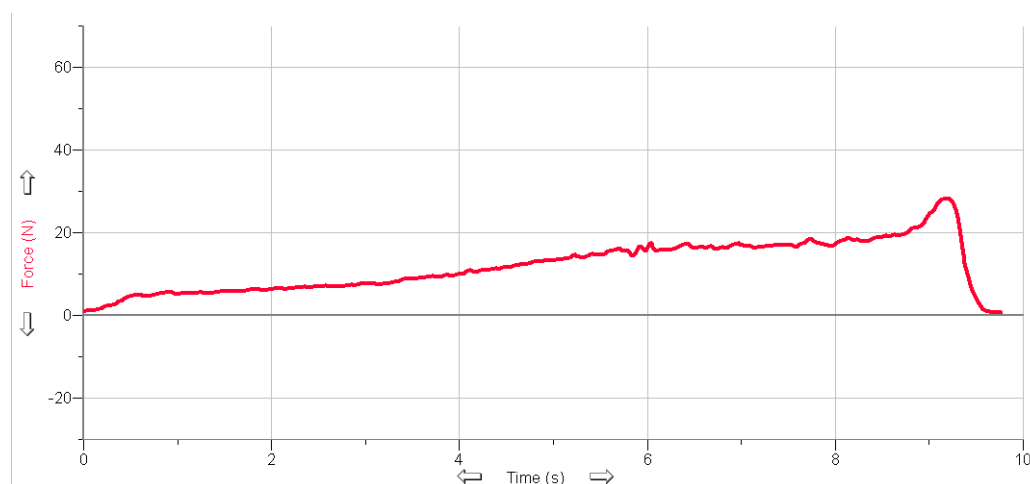
Ob ročnem premikanju žaluzij delujemo na dve različni točki (premik plastične palice in vlek vrvice), zato je najlažje ta dva giba roke nadomestiti z osem dveh motorjev. Razmišljala sva tudi o sistemu, ki deluje na moči le enega samega motorja, vendar sva se zaradi težavnosti izdelave odločila za razvoj sistema z uporabo dveh motorjev.

Z uporabo elektronskega silomera proizvajalca Vernier sva najprej izmerila silo (Slika 12), ki je potrebna za dvig žaluzij. S silomerom sva vrvico vlekla pravokotno proti tlom, podatki iz senzorja so tekli preko vmesnika na priključen računalnik, kjer se nama je s pomočjo namenske programske opreme izrisoval graf sile (F) glede na čas (t).



Slika 12: Merjenje sile z elektronskim silomerom VERNIER, foto: (A. Poklič)

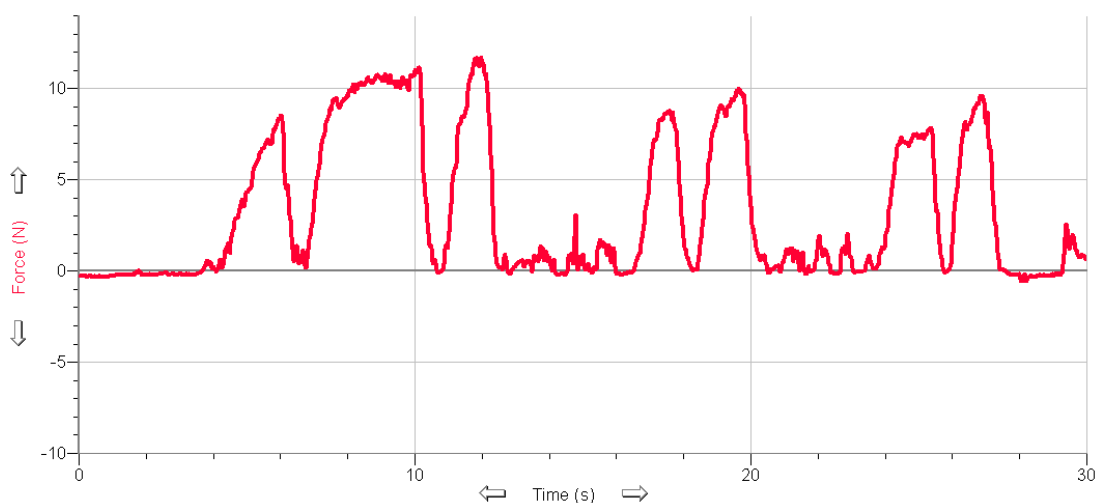
Po pregledu grafa sva prišla do očitne, vendar zanimive ugotovitve. Dlje, ko povlečemo vrvico za dvigovanje žaluzij, več sile moramo za to uporabiti. Lamelle žaluzij se namreč nalagajo ena na drugo, tako proti vrhu potegujemo vedno več mase. Merjenje je skupaj potekalo 9,76 sekund, pri 1 s delujemo s silo 5,20 N, pri 4 s z 9,93 N, pri 8 s z 17,29 N. Graf vrhunec sile: 28,40 N prikaže pri času 9,20 s.



Slika 13: Graf rezultatov merjenja sile glede na čas 1, vir: lasten

Izmeriti je bilo potrebno še drugo točko delovanja: obračanje plastične palice za zapiranje/odpiranje žaluzij. Sile tukaj nisva merila na isti način, saj palice ne vlečemo, ampak se ta vrti v krogu, zato sva okoli nje na trdo navila kratek kos vrvice, na drugem koncu pa naredila zanko in jo zataknila na silomer (merjenje je izgledalo podobno kot pri vžiganju motorne žage).

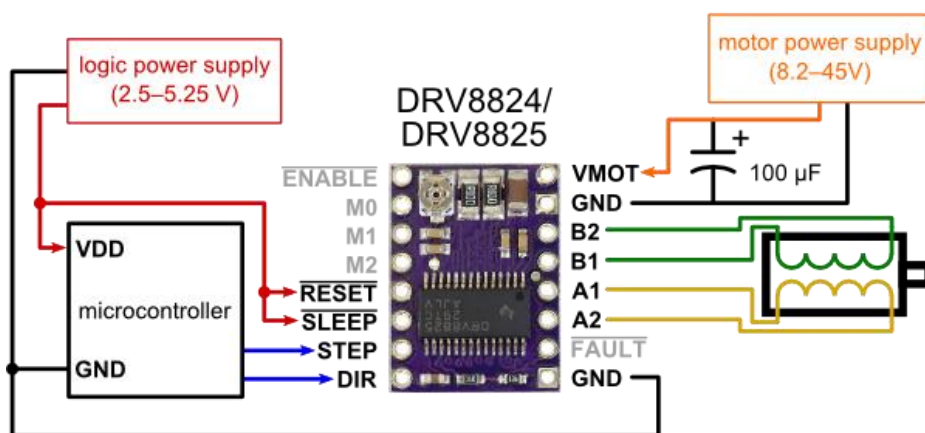
Vzponi in padci grafa ponazarjajo en vrtljaj palice za zakrivanje/odkrivanje, iz grafa je razvidno, da sva v času tridesetih sekund konec palice zavrtela 7-krat, po vsakem polnem obratu sva palico zavrtela najprej v prvotni položaj (vidni manjši vzponi v grafu). Vrhunec sile, potrebovane za premik je zmeraj dosežen točno na sredini (kadar so žaluzije popolnoma zaprte) enega vzpona. Najvišja izmerjena sila znaša 11,724 N (vrhunec tretjega naraščanja krivulje).



Slika 14: Graf rezultatov merjenja sile glede na čas 2, vir: lasten

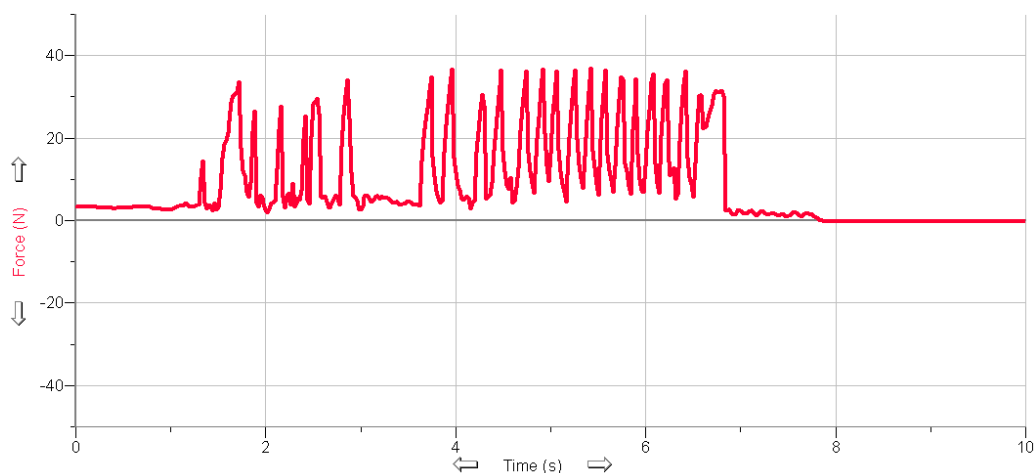
### 3.1.1 Koračni motor 17HS19-2004S

Preizkusila sva koračni motor nema 17 model 17HS19-2004S in motor driver DRV8825. Je bipolarni koračni motor, katerega korak znaša 1,8 stopinje, ima navor 59 Ncm, prenese 2 A toka/fazo, za delovanje mora napetost znašati 2,8 V, tehta 400 g. Driver DRV8825, na katerega sva ga povezala običajno dopušča tok 1,5 A, ta pa ima nameščeno hladilno rebro in prenese 2,2 A. Ker vseeno nisva želela tvegati pregretja in posledično okvare driverja sva skozi spuščala 1,5 A, zato je motor prejel le  $\frac{3}{4}$  maksimalnega električnega toka, ki ga še lahko prenese (sklepamo, da motor ni deloval optimalno). Na spletu sva poiskala shemo in komponente pravilno zvezala. Pred testiranjem je bilo potrebno napraviti še izračun napetosti, ki jo je potrebno nastaviti na potenciometru driverja motorja ( $I = VREF * 2$ ), z izvijačem in voltmetrom sva jo spravila na 0,75 V).



Slika 15: Shema vezave koračnega motorja

Moč motorja sva najprej testirala s silomerom, nanj sva zavezala vrvico in preizkusila, s kolikšno silo jo lahko potegne. Vrhunec znaša 36,73 N.



Slika 16 Merjenje sile motorja, vir: lasten

Če bi sodili samo po meritvah, bi sklepali, da je motor žaluzije sposoben dvigniti brez težav, toda temu ni bilo tako. Na motor sva trdno namestila majhen kolut, okoli navezala vrvico za dviganje žaluzij ter stvar preizkusila. Na približno 1/3 višine okna se je motor ustavil, saj ni več prenesel vedno večje teže lamel.

Očitno je tukaj prisotnih še več dejavnikov, ki povečujejo količino sile, ki je potrebna za popolni dvig lamel žaluzij. Če bi hotela izvedeti potreben navor, bi morala upoštevati še vse kote, pod katerimi je napeta vrvica, njeno dolžino in trenje med podlago in vrvico, ko sledeča zapušča ohišje žaluzij.

Ker navor motorja 17HS19-2004S znaša 59 Ncm in ta ni deloval s polno močjo, žaluzije pa je dvignil na 1/2 potrebne višine sva se odločila naročiti motor z najmanj 2 x toliko navora, kot ga prenese testirani (okoli 150 Ncm - računati je potrebno, da motor potrebuje nekaj rezervne moči).



### 3.1.2 FS5113R & Tower Pro SG-5010

Na koncu sva se predvsem zaradi tišjega delovanja, manjše teže in manjše porabe energije odločila za uporabo servomotorjev, specifično FS5113R in Tower Pro SG-5010.

*Tabela 1: Lastnosti izbranih servomotorjev*

<b>Lastnost</b>	<b>FS5113R</b>	<b>Tower Pro SG-5010</b>
dimenzije (mm)	40,8 x 20,1 x 38	40 x 20 x 38
teža (g)	56	39
navor (U=6 V) (Ncm)	140	65
dovoljena voltaža (V)	4,8–6	4,8–6
sistem zobnikov	kovinski	plastični

### 3.2 Mikrokrmilniki in komunikacija

Poleg gonilne sile v sistemu potrebujemo še komponente, ki bodo motorjem sporočile, kaj, kdaj in kako pravzaprav morajo delovati, ne smemo pa pozabiti načina, da omogočimo komunikacijo med uporabnikom in napravo. Za takšne projekte so zelo priročni mikrokrmilniki (ang. microcontrollers), katerih število je na trgu zadnja leta krepko naraščalo. Te lahko definiramo kot mikroročunalnik, ki je zgrajen kot eno integrirano vezje in deluje samostojno, ter je prilagojen namenski uporabi v sistemih, ki potrebujejo v svoji sestavi zmogljiv namenski digitalni sistem. Na trgu so zelo razširjeni tudi razni senzorji in razširitvene plošče, s pomočjo katerih so različne možnosti avtomatizacije neomejene.

Za komunikacijo med aplikacijo na pametnem telefonu in mikrokrmilnikom sva zaradi uporabnosti in preprostosti izbrala brezžično Bluetooth tehnologijo. Ta zahteva, da je uporabnik ob povezavi na napravo v bližini nekaj 10 m, to pa zadostuje najinim potrebam.

### 3.2.1 Arduino Pro Micro

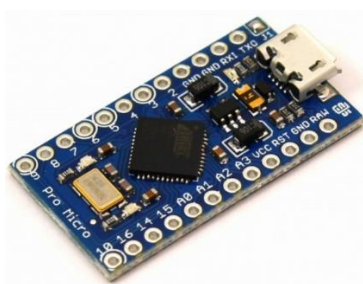
Arduino je mikrokontroler, zasnovan za preprosto uporabo strojne in programske opreme. Omogoča nam branje vhodov (svetloba na senzorju, pritisk na gumb) in jih pretvori v izhode (aktivacija motorja, prižig LED diode). Z vezjem lahko komuniciramo tako, da pošiljamo nize navodil mikrokrmilniku na vezju. Da to lahko storimo, moramo uporabiti Arduino programski jezik (temelji na ožičenju) in Arduino programsko opremo, ki temelji na procesiranju.

Arduino Pro Micro (Slika 17) je najmanjši možen model in temelji na ATmega32U4 mikrokrmilniku z vgrajenim USB-jem, ki naredi Pro Micro prepoznavnega kot miško ali tipkovnico.

Pro Micro ima 20 vhodno/izhodnih pinov (od tega je lahko 5 uporabljenih kot PWM izhodov in 12 analognih vhodov), mikro USB povezavo, ICSP glavo in gumb za ponovni zagon.

Tabela 2: Specifikacije mikrokrmilnika Arduino Pro Micro

Lastnost	Pojasnitev
procesor	ATMEGA32U4 poganja na 5V/16MHz
integrirano razvojno okolje	podpira ga Arduino IDE V1.0.1
programski vmesnik	Mikro USB priključek
ADC	4 x 10-bit ADC vhodi
digitalni vhodno/izhodni priključki	12 x (5 s PWM zmogljivostjo)
serijski vmesnik	Rx in Tx serijski priključek
velikost	34 mm x 18 mm

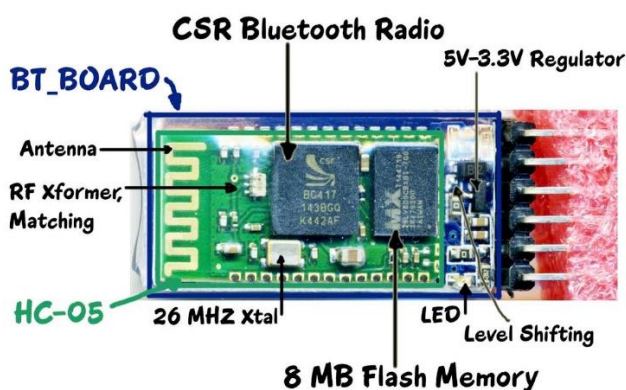


Slika 17: Mikrokrmilnik Arduino Pro Micro

### 3.2.2 HC-05 bluetooth modul

To je brezžična tehnologija za izmenjavo podatkov na krajše razdalje (uporablja kratkovalovna UHF radijska valovanja v ISM pasu od 2,4 do 2,485 GHz) od mobilnih naprav in za ustvarjanje osebnih omrežnih območij (ang. Personal Area Network). Domet delovanja je približno 10 m. Ti moduli temeljijo na BC417 2,4 GHz Bluetooth Radio čipu, ki uporablja zunanji 8 Mb bliskovni spomin. Naprava z androidovim operacijskim sistemom se lahko brez težav poveže na HC-05, to ne velja za vse operacijske sisteme.

Apple operacijski sistem iOS podpira le sledeče Bluetooth profile: HFP, PBAP, A2DP, AVRCP, PAN, HID in MAP. Komunikacije s Arduino preko HC-05 modula ne podpira, podpira pa druge module, zasnovane na tehnologiji BLE, kot so npr. BLE shield, HM-10, BT-05 ali AT-09 modul.



Slika 18: HC-05 bluetooth vezje

Tabela 3: Opis in funkcije pinov HC-05

Pin	Opis	Funkcija
VCC	+ 5 V	poveže se na do največ + 5 V
GND	ozemljitev	poveže se na ozemljitev
TXD	pošilja serijski bluetooth signal	poveže se z mikrokontrolerjevim RXD pinom
RXD	prejema serijske bluetooth signale	poveže se z mikrokontrolerjevim TXD pinom
KEY	»stikalo«	preko njega aktiviramo »AT« način

### 3.3 Načrtovanje naprave

Ko so naročene elektronske naprave prispele preko pošte, sva lahko začela s sestavljanjem komponent na podlagi načrta, katerega sva prej skicirala v spletni aplikaciji za 3D modeliranje Tinkercad ([www.tinkercad.com/about/features](http://www.tinkercad.com/about/features)). Zgledovala sva se po shemi: (<http://www.techbitar.com/bluetooth-controlled-pan-tilt-servo.html>).

Uporabila sva mikrokontroler Arduino Uno (Pro Micro v aplikaciji ni podprt), 9 V baterijo, dva servomotorja, dva upora (10 k $\Omega$ ), nakazala sva tudi uporabo HC-05 (tudi ta ni podprt). Baterija napaja Arduino in preko njega tudi vse ostale komponente. Tinkercad poleg ustvarjanja realističnih vezij omogoča še osnovno simulacijo delovanja (podpira programsko kodo Arduino), zato sva preizkusila kodo za premik motorjev. V simulaciji so motorčki delovali po načrtu, zato sva se lotila preveriti delovanje tudi z realnimi testi.

#### 3.3.1 Testiranje HC-05

HC-05 sva testirala s preprostim programom za brezžično upravljanje LED. Komponente sva zvezala po shemi, preko USB kabla naložila Arduino programsko kodo ter na pametni telefon prenesla aplikacijo za povezavo do HC-05. Sistem sva napajala preko USB priključka na prenosniku (5 V).

Najprej je HC-05 in telefon potrebno seznaniti (povezovanje preko Bluetooth omrežja), nato se lahko preko aplikacije nanj povežemo in s pritiskom na gumb, na zaslonu telefona pošiljamo enosmerne signale (znake oz. besedilne vrednosti, v tem primeru »0« ali »1«).

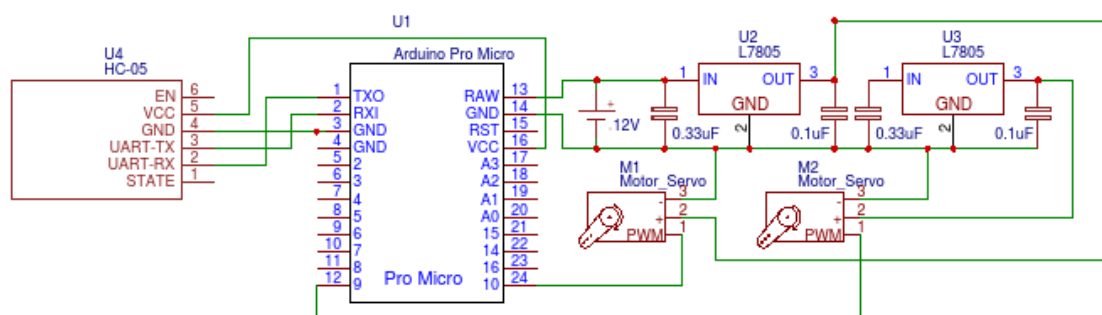
#### 3.3.2 Testiranje FS5113R in Tower Pro SG-5010

Ob testiranju servomotorjev (FS5113R in Tower Pro SG-5010) sva uporabila že napisan primer programa »sweep« (<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Sweep>).

V servomotorja sva pošiljala testne vrednosti, prvi motorček se je pravilno odzival na vse ukaze. Na prvo težavo sva naletela pri testiranju drugega servomotorja (continuous rotation servo), ustaviti bi se moral namreč pri poslani vrednosti 90, ampak se je počasi premikal v nasprotno smer urinega kazalca. Ugotovila sva, da potrebne vrednosti (za ustavitev motorja) niso pri vseh motorjih točno enake in lahko nihajo od motorja do motorja. Problem sva odpravila programsko, vrednosti sva povečevala od 90 naprej in pri 94,9 prišla do popolnega mirovanja.

### 3.3.3 Načrtovanje vezav

V naslednjem koraku sva združila vse komponente v eno vezje, napajanje računalnika pa zamenjala za 9 V baterijo. Ugotovila sva, da Arudino Pro Micro skozi svoje izhode ni sposoben napajati vseh najinih komponent, saj so se motorčki le oglašali, ne pa vrteli. Z uporabo regulatorjev napetosti LM7805, ki vhodno napetost (7–35 V) pretvorijo v izhodno napetost 5 V, sva servomotorje in Arduino napajala neposredno iz 9 V baterije, toda tudi to ni zadostovalo. Ob uporabi enosmerne napetosti 12 V (8 x 1,5 V baterij) namesto 9 V baterije je vezje postalo delujoče. Tako sva določila vir napajanja in z uporabo spletnega orodja EasyEDA narisala vezje sistema ([www.easyeda.com/](http://www.easyeda.com/)).



Slika 19: Vezje sistema, izdelano v spletnem orodju Easyeda, vir: lasten

### 3.3.4 Načrtovanje drugih delov sistema

Poleg vezja napravo gradijo še različni drugi deli, v glavnem povezave med elektronskimi komponentami in deli obstoječega sistema žaluzij. Potrebno je bilo razviti način, da se delovanje pogonske gredi motorjev prenese na dele, kjer bi navadno delovala človeška roka. Najprej sva se odločila načrtovati nove dele, kasneje pa bi obstoječ sistem tem delom prilagodila, kolikor se da.

Rešitev za motor št. 1 (Tower Pro SG-5010), ki bi zamenjal ročni premik plastične palice zadolžene za senčenje (spreminjanja kota lamel) je bila preprosta. Odločila sva se uporabiti plastični nastavek za gred, ki je bil ob nakupu motorčka priložen, ga nekoliko preoblikovati in zalepiti na konec palice žaluzij.

Pri načrtovanju sistema za dvig in spust sva v mislih imela dva podobna sistema delovanja in ker sva želela dele poiskati v čim manjšem času, sva poskusila izdelati dele, ki bi nama omogočali testiranje obeh dveh. Prvi način, ki sva si ga zamislila, je bil kolut, na katerega bi se navijala vrvica, s tem lamele dvigovala, pri drugem načinu pa bi motor poganjal kolešček (drug kolešček, ki je blizu pritrjen), vrvica pa bi potovala med njima (podobno kot brizgalni tiskalnik v režo za tiskanje potegne papir).

Odločila sva se za uporabo dveh zobnikov, pritrjenih na konce kolutov, če bi na kolut navila nehrseč material (npr. gumo), bi ga tako spremenila v kolešček in imela možnost testiranja še drugega načina. Za prenos premika iz gredi motorja do zobnikov sva nameravala uporabiti sistem polža (ang. worm drive) (Slika 23).

Ob testiranju sva ugotovila, zakaj sistem polža nosi svoje ime. Prenos gibanja iz polžjega pogona, pritrjenega na motorček na zraven pritrjen zobnik, je namreč tako počasen, da bi ob polni hitrosti motor žaluzije dvigoval 15 min, zato smo ga nadomestili z navadnim zobnikom (Slika 29).

### 3.4 Izdelovanje 3D modelov

Ker sva med šolanjem že pridobila nekaj znanja s področja 3D modeliranja in ker ima Elektro in računalniška šola svoj 3D tiskalnik, sva se odločila, da bi bilo najlažje druge dele sistema kar zmodelirati in natisniti.

Preden smo začeli s 3D modeliranjem, smo povprašali o natančnosti šolskega tiskalnika, ki naj bi tiskal do 0,1 mm natančno, kar smo upoštevali pri določanju velikosti posameznih modelov.

#### 3.4.1 3D modeliranje

Modele sva ustvarila v nama najbližjemu orodju za 3D modeliranje – blenderju (Slika 25).

Pri izdelovanju zobnikov moramo paziti, da so ti skladni in da med njihovim premikanjem pride do čim manjšega odstopanja, ki bi morda poškodovalo zobe zobnika (v najinem primeru še toliko bolj, saj so zgrajeni iz plastike). Ob načrtovanju svojih zobnikov sva si pomagala s spletno stranjo (<http://www.otvinta.com>). V veliko pomoč so nama bili že izdelani zobniki in model polža, katerim smo spremenili velikost v bolj ustrezno. Zobnikom smo na konce dodali kolute, namenjene za navijanje vrvice.

#### 3.4.2 3D tiskanje

Tiskala sva na 3D tiskalniku: **Bizer II makerbot replicator**.

Modele je bilo v programu potrebno enakomerno razporediti po »navidezni« plosči ter jim določiti pravilno velikost tiskanja. Za dodatno oporo sva na dno vsakega modela dodala še eno debelejšo plast, ki skrbi zato, da model med zlivanjem vroče plastike ne izgubi strukture. Tiskalnik navodila za tiskanje prebere z SD kartice in po začetnem gretju začne z zlivanjem vroče plastike na ploščo.

Plastika, ki se uporablja kot gradnik 3D modelov, je v obliki tanke žice navita na posebne kolute ter speljana v glavo tiskalnika. Problem se pojavi, kadar se, še posebej pogosto na kolutih, ki jih uporablja šola, ta žica zvije (ni pravilno navita na kolut). To se pozna na deformacijah plastičnih modelov. Ko je tiskanje enkrat prekinjeno, je potrebno začeti od začetka, tiskanje enega modela pa lahko traja tudi več ur. Modele je bilo med tiskanjem potrebno pregledati vsakih 15–30 minut, kar je celoten postopek podaljšalo.

## 3.5 Programski del

Pri upravljanju najinega izdelka morata biti prisotni dve napravi: Avtomatiziran sistem žaluzij ter pametni telefon, tako lahko tudi programski del najinega projekta razdelimo na dva dela: elektrotehnični in programerski del.

### 3.5.1 Arduino IDE

Arduino IDE je odprtokodno (izdano pod licenco GPL) razvojno okolje, podprto na Windows, Mac OS in Linux platformah. Osnovano je na Java, C in C++ programskem jeziku, preko njega (ter žične povezave) dostopamo do vseh mikrokontrolerov Arduino in nanje nalagamo napisano programsko kodo. Podpira zelo razširjena jezika C in C++, program je vedno sestavljen iz najmanj dveh osnovnih funkcij:

- funkcija `setup()`, ki se izvede samo enkrat ob zagonu ali ponovnem zagonu naprave, tukaj navadno določimo vloge pinov (INPUT, OUTPUT);
- funkcija `loop()` – programska koda znotraj zavrtih oklepajev funkcije se ponavlja brez prestanka (sem navadno zapišemo glavni del programa).

Začetnikom so lahko zelo koristni že naprej napisani primeri za razne senzorje, ki so dostopni v programu. Trenutno je na Arduino spletni strani na voljo najnovejša različica: 1.8.5.

Napisala sva program dolžine 63 vrstic. Obravnava štiri različne signale (vrednosti 1–4), ki jih prejme od pametnega telefona, ter glede na ta prejeti signal obrne določen motorček v določeno smer. Programsko je spisana tudi varovalka, ki skrbi, da se motor ne zavrti dvakrat v eno smer (tako bi lahko uničili motorček ali žaluzije).

Arduino IDE omogoča tudi dostop do serijskega vmesnika, preko katerega lahko pošiljamo ali prejemamo sporočila drugih naprav. Preko tega sva zagnala »AT« način, ki nam omogoča administratorski dostop do raznih drugače zaklenjenih funkcij HC-05: preko njega nastavljamo geslo, ime, vlogo (master ali slave), način povezave (vezan, odprt ali slave loop) in razne druge funkcije. Ime sva nastavila na: zaluzije-DOSTOP, deset znakov dolgo geslo pa sva naključno ustvarila (geslo je lahko dolžine maksimalno 16 bitov).



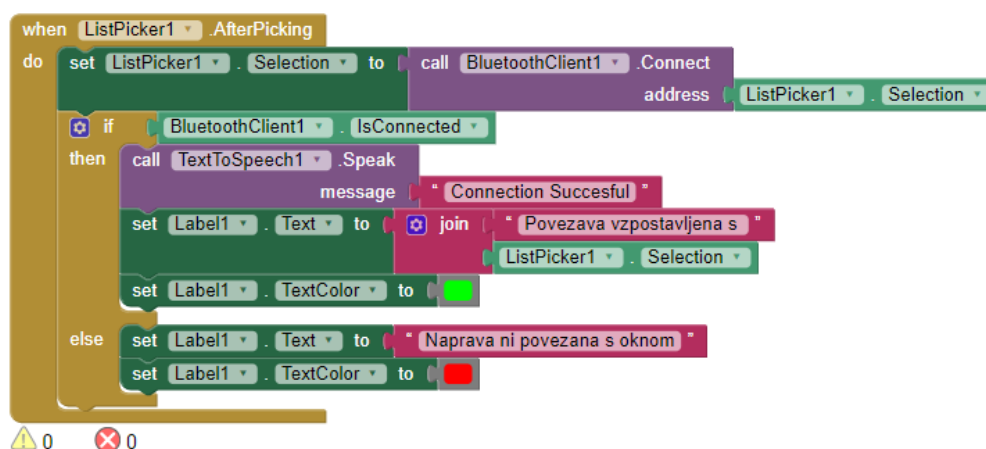
### 3.5.2 App Inventor – Android

App inventor je odprtokodno (izdano pod MIT licenco) spletno programsko orodje, snovano v Java programskemu jeziku, ki omogoča izdelovanje aplikacij za razne mobilne naprave z android operacijskim sistemom. Prve aplikacije so lahko uporabniki razvijali že leta 2010, ko je programsko okolje izšlo pod okriljem Googla, danes pa ga vzdržujejo in dalje razvijajo v Inštitutu za tehnologijo v Massachusettsu (MIT). Postalo je dokaj razširjeno in priljubljeno orodje, saj ima do sedaj že več kot 400.000 uporabnikov iz 195tih različnih držav, skupaj so ustvarili že preko 22 milijonov aplikacij.

Zakaj je MIT App inventor tako priljubljeno orodje in zakaj sva si ga izbrala? Odgovor leži predvsem v preprosti izdelavi aplikacije (sistem namreč temelji na »drag&drop varianti«). Med izdelovanjem uporabljamo dve različni podlagi, na kateri preprosto povlečemo elemente:

- **App Inventor Designer** – kjer oblikujemo izgled aplikacije, na voljo imamo vidne elemente (gumbe, sezname, polja za vnos besedil, polja za izbiro časa in datuma), ter nevidne logične elemente (bluetooth strežnik/odjemalec, časovnik, lokacija, pedometer, senzor pospeška, čitalec bar kod ...).
- **App Inventor Block Editor** – kjer sestavljamo programsko kodo. Narejena je na zanimiv način, kode namreč ne pišemo, jo sestavljamo, podobno kot pri sestavljanju sestavljanke.

Orodje sva si izbrala, ker nam omogoča hitro in preprosto izdelavo osnovnih, v izgledu in delovanju dobrih aplikacij.



Slika 20: Odsek "sestavljene" kode v App Inventor Block Editorju, vir: lasten

### 3.6 Izdelava tiskanega vezja

Načrt tiskanega vezja sva izdelala v programu Sprint Layout 5, ki sva ga v preteklosti že večkrat uporabljala (Slika 26).

Elektronski elementi so osnovni gradniki vsakega vezja, delijo se na aktivne in pasivne, imajo lahko enega ali več priključkov. Vezje navadno sestavljata dva glavna dela:

- »Padi« oz. podlage, na katere nanašamo cin in pritrjujemo komponente.
- »Tracki« oz. bakrene prevodne poti, ki tvorijo povezave, po katerih teče el. tok.

Izdelati sva ga morala tako, da bi nanj lahko pritrdila vse komponente vezja. Mrežo programa sva nastavila na dimenzije 2,54 mm (toliko so razmiki med luknjami na vseh najinih komponentah). Najprej sva izdelala podlago za Arduino Pro Micro ter HC-05, nato sva dodala še podlage za druge komponente, nazadnje pa ustvarila poti med njimi. Za lažje spajkanje sva uporabila podlage ovalne oblike, ki zavzemajo nekoliko več prostora. Vse poti so široke 1,75 mm, premer podlag znaša 2 mm, na njihovi sredini pa so načrtovane luknje s premerom 0,7 mm. Izdelano vezje sva izvozila v HPGL format.

Za rezkanje po izdelanem načrtu (Slika 26) sva uporabila šolski rezkalnik, ki ga hranijo na MIC, kjer so naju ga naučili uporabljati. Datoteke sva odprla z namensko programsko opremo, ki nam omogoča, da s puščicami na tipkovnici priključenega računalnika premikamo glavo stroja. Prazno enostransko ploščo sva z lepilnim trakom pritrdila na podlago pod nožek pritrjen na rezkalni glavi, nato sva jo spravila v pravilen položaj in začela z rezkanjem (Slika 33). Nožek je potoval po poteh izrisanih na zaslonu računalnika, vezje je pričelo dobivati svojo obliko.

Izdelano vezje je bilo po rezkanju precej grobo. Sledi, po katerih je tekel nož rezkalnika so bile dokaj ostre in nazobčene, kratki stiki so bili vsepovprek, zato sva vezje temeljito zbrusila z uporabo finega brusnega papirja, z multimetrom pa sproti preverjala za kratke stike. Kasneje sva opazila, da je rezkalnik prenehal z delovanjem malo prehitro in tako zgrešil nekaj pomembnih poti in podlag (Slika 31), zato sva, kolikor je manjkalo, zrezkala na roke. Luknje, skozi katere bodo tekle žičke vseh komponent, sva zvirtala z 0,8 mm svedrom na ročnem vrtalniku. Pri spajkanju sva z uporabo svojega 60 W spajkalnika in 1 mm Su60Pb40 spojke izdelala končno verzijo vezja, pred priključitvijo na enosmerno napetost sva za nepravilnosti preverila vse stike.

### 3.7 Namestitev in predelava

Namestitve sva se lotila šele po več uspešnih testih programske in strojne opreme projekta. Sprva sva sistem želela implementirati v šolski učilnici, toda hitro sva ugotovila, da bo za voljo stabilnosti sistem potrebno pritrčiti z uporabo vijakov, kar pa bo pustilo trajne vidne posledice na oknu. Testiranje naprave sva tako opravila doma na oknu podobnih dimenzij z žaluzijami istega tipa in načinom delovanja.

Najprej sva poskusila z načinom lepljenja za manjši motorček (Tower Pro SG-5010), ki le zakriva in odkriva, je bila to dobra rešitev (Slika 21). Sistem dvigovanja/spuščanja pa samo z lepilom ni bil dovolj stabilen (ima dokaj večjo težo). Tudi lepljenje z vročim lepilom s pištolo ni zadostovalo, odločila sva se za uporabo vijakov na vseh štirih vogalih podlage (Slika 35). Izdelano tiskano vezje sva z več sloji izolirnega lepilnega traka pritrčila na vrh 1. motorja (Slika 34) (Tower Pro SG-5010) in tako prihranila nekaj prostora na okvirju okna. Ostala je le še 12 V baterija, tudi to je dobro držalo lepilo za plastiko. Pomembno je dodati, da sva celoten sistem namestila na tisto stran okna, kjer je pritrjena kljuka (okno lahko tako odpiramo in zapiramo normalno, če bi sistem pritrčila na drugo stran okna, odpiranje zaradi stika okvirja s steno, ne bi bilo več mogoče).



Slika 21: Rešitev zakrivanja/odkrivanja z motorčkom 1, foto: (A. Poklič)

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4.1 Prva hipoteza

Prvo hipotezo: »Avtomatiziran sistem je mogoče implementirati v obstoječ sistem ročnih notranjih žaluzij, z minimalnim spreminjanjem obstoječega« sva potrdila. Na obstoječem sistemu delujočih žaluzij je bilo potrebnih le nekaj manjših, začasnih predelav, sistem bi lahko obnovila na prvotno stanje v nekaj minutah. Neizbežne in nepopravljive pa so sledi vrtenja v okno kot posledica namestitve dela sistema, ki je zadolžen za dvigovanje žaluzij.

Mnogo bolje bi bilo natisniti le podlago celotnega sistema (midva sva uporabila kar leseno ploščo), namesto plastičnih zobnikov pa uporabiti kovinske, namreč tako bi se lahko izognili nevšečnostim:

- škripanju zobnikov,
- zobniki se ne bi tako hitro izrabili,
- celoten sistem bi lahko pritrdili z uporabo lepila in se tako izognili sledem na oknih,
- lažje bi na podlago pritrdili ohišje,
- skrajšali bi čas dvigovanja rolet (ta zdaj znaša 35 sekund).

Na spodnji povezavi si lahko ogledate video testiranja naprave:

(<https://www.youtube.com/watch?v=6juhcl6KsvM&feature=youtu.be>).

### 4.2 Druga hipoteza

»Na trgu obstajajo sistemi, ki nadgradijo obstoječe notranje žaluzije z avtomatskimi?«.

Podjetja, ki sva jih zasledila, ponujajo širok izbor avtomatiziranih senčil in pripadajočih funkcij (najpogosteje avtomatizacije rolet in zunanjih žaluzij), toda večina (TEHROL, VELUX) ponuja svoje že avtomatizirane sisteme žaluzij ali nadgradnjo obstoječih žaluzij v obliki storitve (ROLTEK). Izjema je bil komplet TILT 50 WIREFRE RTS ameriškega podjetja Somfy, ki vsebuje specializiran motor ter daljinec. Vgradimo ga v okvir žaluzij (<https://www.youtube.com/watch?v=-9zWHR9CB4U>), kjer nam omogoča zakrivanje/odkrivanje žaluzij. Sistemov, ki bi s predelavo obstoječega sistema žaluzij omogočali dvig/spust žaluzij nisva zasledila, to pa seveda ne pomeni, da jih ni na trgu. Hipotezo sva tako potrdila.

### 4.3 Tretja hipoteza

»Avtomatizacijo notranjih žaluzij je možno izvesti s stroškom, ki je manjši od 40 € na žaluzijo«.

Hipotezo sva ovrгла, cena vseh elektronskih komponent je znašala: 58,85 €. Če temu prištejemo še ceno ostalih uporabljenih komponent (vijaki, žičke, cin, bakrena plošča, material za 3D tiskanje), ki so skupaj nanese okoli 10 €, cena projekta tako znaša **68,85 €**.

Tabela 4: Komponente, uporabljene v projektu, ter njihove cene

Komponente	Cena	Poštnina	Skupaj
Bluetooth shield	1 €	4,80 €	5,80 €
Arduino Pro Micro	5,52 €	0,99 €	6,51 €
Tower Pro SG-5010	13,99 €	3,70 €	17,69 €
FS5113R	18,95 €	9,90 €	28,85 €

Na skupno ceno komponent je veliko vplivala poštnina posamezne komponente, temu bi se lahko izognila, če bi naročevala preko dobaviteljev izven Evrope.

Cene prototipa ne moremo enačiti s ceno končnega produkta, to bi namreč pri nadaljnjem razvoju in ob množični proizvodnji serijskega produkta občutno zmanjšala.

### 4.4 Četrta hipoteza

»Sistem dobro deluje z enosmernim baterijskim napajanjem«.

Hipotezo sva potrdila, sistem namreč odlično deluje na 12 V enosmerni napetosti, odzivajo se vse komponente, toda baterije imajo omejeno življenjsko dobo. Kot vir napajanja bi bolje služil nekakšen 12 V akumulator, ki bi nudil konstantno enosmerno napetost 12 V.

Dobro bi bilo dodati tudi način, da lahko v aplikaciji poleg upravljanja še sproti spremljamo nivo baterije (podobno kot ikona baterije na telefonih ali prenosnikih) in da smo o nizkem stanju baterije pravočasno obveščeni. Arduino je mogoče s uporabo analognih vhodov, ki se povežejo na ADC, uporabiti tudi kot voltmeter. Zgledujemo se lahko po strani: [»https://www.allaboutcircuits.com/projects/make-a-digital-voltmeter-using-the-arduino/«](https://www.allaboutcircuits.com/projects/make-a-digital-voltmeter-using-the-arduino/).

Izračunane vrednosti (napetost) bi lahko preko serijskega vmesnika na Arduino in nato preko HC-05 pošiljali nazaj v pametni telefon.

## 5 ZAKLJUČEK

Najin zadani cilj »zgraditi avtomatiziran sistem žaluzij, ki ga je možno upravljati na daljavo« sva dosegla, ob tem pa sva še utrdila in nadgradila svoje znanje na področju elektrotehnike. Izdelek bi seveda lahko, če bi imela več sredstev in časa, razvijala dalje, zelo dobro bi bilo raziskati še druge načine upravljanja (npr. preko spletne strani), med njimi tudi žične (npr. stikalo), možnosti večjega nadzora nad sistemom (žaluzije zagrnemo/odgrnemo ali dvignemo/spustimo do točno želene pozicije), druge vire napajanja (preko el. omrežja, polnjenje s solarno energijo) in predvsem dobro bi bilo testirati še druge koračne in specializirane tipe motorjev (s vgrajenim reduktorjem), ter zmanjšati velikost celotne naprave. Pred vsemi že navedenimi možnostmi izboljšave pa bi stala izboljšava varnosti delovanja samega izdelka, v sistem bi bilo potrebno dodati senzorje, ki bi delovali kot varovalke, zaradi katerih bi se lahko sistem ob primeru napake (npr. žaluzije naletijo na oviro, se premalo/preveč dvignejo) na to napako pravočasno odzval.

## 6 POVZETEK

Z raziskovalno nalogo sva v glavnem preverjala, ali je mogoče s čim manj predelave obstoječ sistem notranjih žaluzij avtomatizirati in tako omogočiti upravljanje le teh na daljavo. Sklepala sva, da je sistem možno zgraditi s stroški manjšimi od 40 € na eno okno ter da ga lahko napajava z uporabo enosmerne baterijske napetosti in zato naprave ni potrebno povezati s hišnim električnim sistemom. Iskala sva tudi podjetja, ki se ukvarjajo z avtomatizacijo žaluzij na način predelave obstoječih sistemov.

Izdelek sva razvijala postoma, najprej sva z uporabo silomera, testiranjem opreme in z metodo sklepanja določila motorje, ki bodo nadomestili delo človeške roke ob upravljanju z žaluzijami. Raziskala in določila sva še druge elektronske dele, potrebne za delovanje sistema, ter načrtovala, kako pravzaprav vse te različne komponente združiti v skupen delujoč sistem. Poleg elektrotehničnega lahko najino delo razdelimo še na programski del, namreč napisati je bilo potrebno še navodila za delovanje elektronskih komponent (programsko kodo) ter aplikacijo za uporabo na mobilnih napravah. Vežje in plastične komponente, narejene z nama poznano programsko opremo sva izdelala z uporabo šolskih strojev (rezkalnika in tiskalnika). Komponente, združene v enotni sistem, sva vgradila na domače okno ter žaluzije ustrezno predelala.

Sistem je deloval kot predvideno, lahko bi izboljšala predvsem plastične komponente. Ugotovila sva, da je sistem možno napajati z 12 V enosmernim napajanjem. Za projekt sva porabila **68,85 €**, kar je več od najine zadane cene (40 € na žaluzijo). Raziskala sva podjetja, ki se ukvarjajo z avtomatizacijo senčil, eno od njih tudi ponuja predelavo obstoječega sistema v obliki storitve, eno pa napravo, s katero lahko žaluzije v avtomatske predelamo sami.

## **7 ZAHVALA**

Za svetovanje in pomoč pri izdelovanju raziskovalne naloge bi se rada zahvalila mentorju Islamu Mušiću in somentorju Klemnu Hlebu, staršem ter Šolskemu centru Velenje, brez katerega izdelava naprave ne bi bila mogoča. Posebne zahvale gredo tudi:

- Davidu Bejeku za pomoč pri izdelovanju 3D modelov ter svetovanju,
- učitelju Nedeljku Grabantu, ki nama je posodil večino potrebnega orodja (za vrtanje vezja, za brušenje 3D modelov) in omogočil 3D tiskanje,
- učitelju Petru Vrčkovniku za pomoč pri izdelavi tiskanega vezja,
- učitelju Sašu Gnilšku, ki nama je posodil elektronski silomer,
- učiteljici Bojani Vrbnjak za lektoriranje raziskovalne naloge,
- učiteljici Beti Tomic za lektoriranje angleškega povzetka raziskovalne naloge.

## 8 VIRI IN LITERATURA

### 8.1 Knjižni viri

1. Lorenco, R. 1996. Elektronski elementi in vezja. Ljubljana: Studio Maya
2. Bratkovič, F. 1993. Računalniško načrtovanje vezij. Ljubljana: Narodna in univerzitetna knjižnica
3. Oder, M., in Urbanc, B., Koračni in brezkrtačni motorji,  
<http://mladiraziskovalci.scv.si/ogled?id=1321>, 25. 1. 2018
4. Prisljan, A., Domitrovič, L., Galof, N., Pametna hiša,  
<http://mladiraziskovalci.scv.si/ogled?id=1296>, 10. 2. 2018

### 8.2 Spletni viri

1. [https://www.engineersgarage.com/sites/default/files/imagecache/Original/wysiwyg\\_imageupload/1/Stepper-Motor-Architecture\\_0.jpg](https://www.engineersgarage.com/sites/default/files/imagecache/Original/wysiwyg_imageupload/1/Stepper-Motor-Architecture_0.jpg), 22. 1. 2018
2. [ftp://ftp.scv.si/vss/franc\\_stravs/PRENOVLJENI%20PROGRAMI%20Elektronika,%20Mehatronika/EES\\_pdf/EES6%20\\_98-105\\_%20%20kor.%20mot.pdf](ftp://ftp.scv.si/vss/franc_stravs/PRENOVLJENI%20PROGRAMI%20Elektronika,%20Mehatronika/EES_pdf/EES6%20_98-105_%20%20kor.%20mot.pdf), 22. 1. 2018
3. <http://www.robotpark.com/Stepper-Motors>, 22. 1. 2018
4. <https://www.youtube.com/watch?v=TWMai3oirnM>, 22. 1. 2018
5. [www.machinetoolhelp.com/Automation/systemdesign/stepper\\_dc\\_servo.html](http://www.machinetoolhelp.com/Automation/systemdesign/stepper_dc_servo.html), 22. 1. 2018
6. <http://www2.nauk.si/materials/813/out-635947/index.html#state=2>, 22. 1. 2018
7. <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/introduction-to-servo-motors>, 22. 1. 2018
8. <https://www.youtube.com/watch?v=bu3SPwzcocU>, 22. 1. 2018
9. <http://www.s-sers.mb.edus.si/gradiva/w3/sistemi/index.html>, 15. 2. 2018
10. <https://www.web-blinds.com/blind-types-explained/#Shutters>, 12. 1. 2018
11. <https://www.omc-stepperonline.com/download/17HS19-2004S1.pdf>, 22. 1. 2018
12. <http://www.feetechrc.com/product/analog-servo/13kg-cm-360-degree-continuous-rotation-servo-fs5113r/>, 25. 1. 2018
13. <https://arduino-info.wikispaces.com/BlueTooth-HC05-HC06-Modules-How-To>, 25. 1. 2018

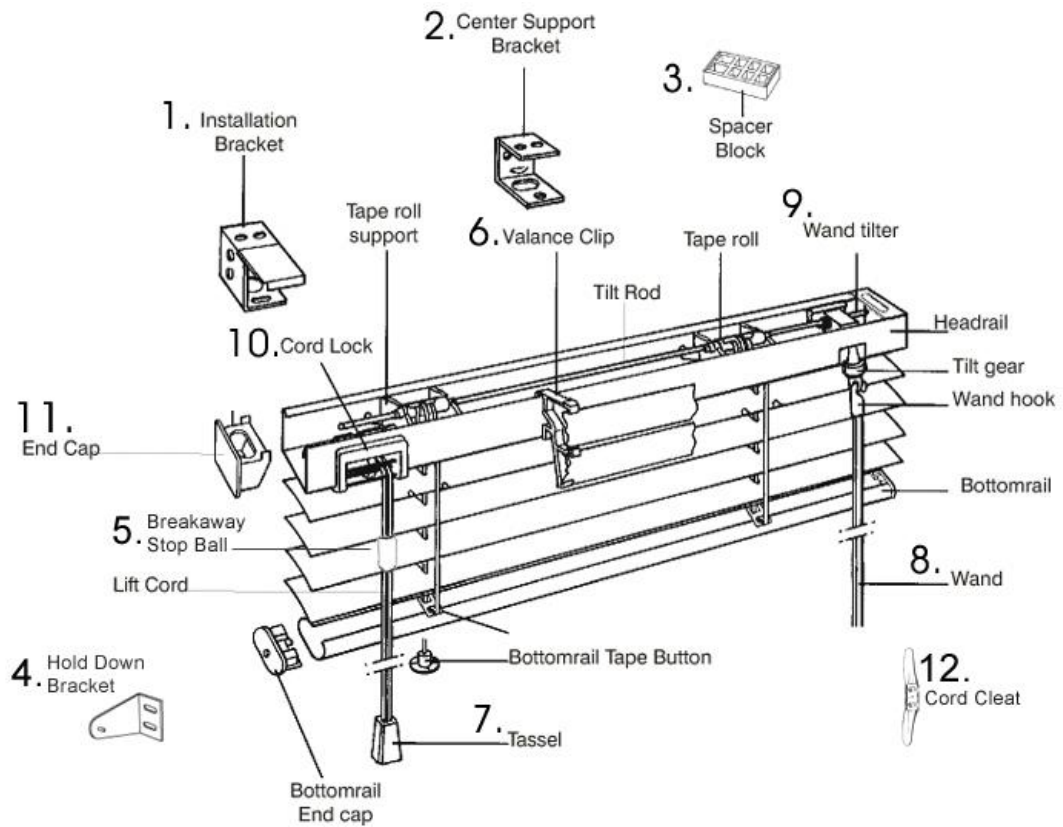


14. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pro-micro--fio-v3-hookup-guide/hardware-overview-pro-micro>, 25. 1. 2018
15. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment>, 25. 1. 2018
16. <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>, 25. 1. 2018
17. [https://service.somfy.com/downloads/nam\\_v4/tilt50\\_spec\\_sheet\\_10.17.pdf](https://service.somfy.com/downloads/nam_v4/tilt50_spec_sheet_10.17.pdf), 25. 1. 2018
18. <https://stackoverflow.com/questions/23005121/arduino-and-iphone-connection-with-bluetooth-3-0>, 10. 2. 2018
19. <https://www.sparkfun.com/products/12640>, 19. 2. 2018
20. <https://www.tehrol.com/krpan-zaluzije>, 19. 1. 2018
21. <http://www.roltek.si/pogosta-vprasanja/o-roletah#7>, 19. 1. 2018

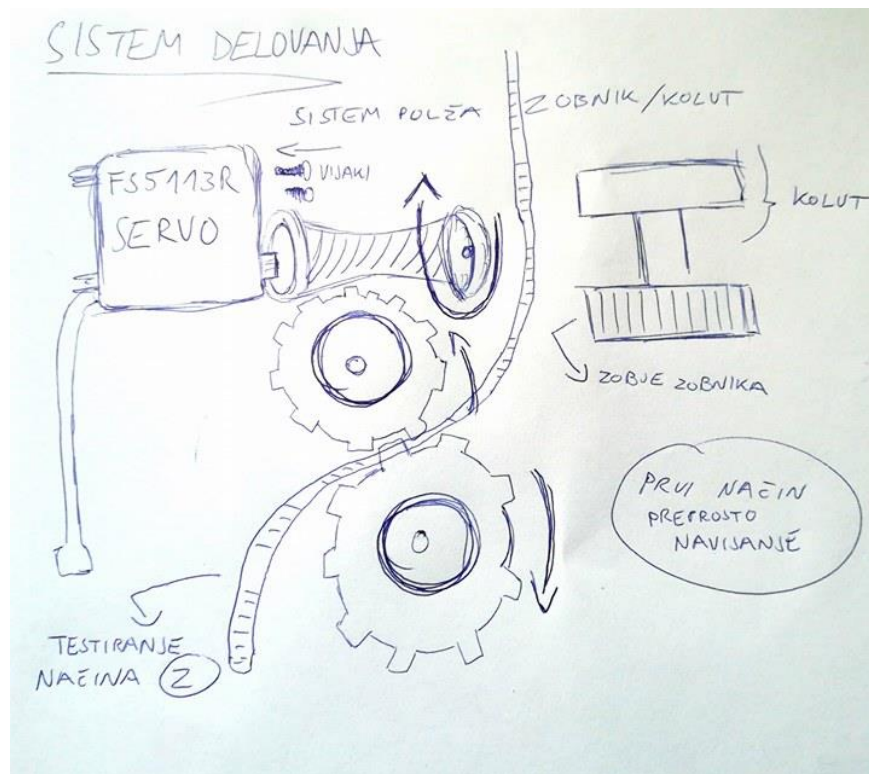
### 8.3 Slikovni viri

- [Slika 1], <https://www.pinterest.com/pin/550424385678614830/>, 19. 1. 2018
- [Slika 2], <https://www.tehrol.com/>, 19. 1. 2018
- [Slika 3], <http://freeweb.siol.net/sencila3/MOJE/krpan.pdf>, 19. 1. 2018
- [Slika 4], <http://www.roltek.si/>, 19. 1. 2018
- [Slika 5], [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/7/7c/VELUX\\_logo.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/7/7c/VELUX_logo.jpg), 19. 1. 2018
- [Slika 6], <https://www.velux.si/izdelki/avtomatizacija-doma>, 19. 1. 2018
- [Slika 7], [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Somfy\\_logo.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Somfy_logo.svg), 20. 1. 2018
- [Slika 8], [https://service.somfy.com/downloads/nam\\_v4/tilt50\\_spec\\_sheet\\_10.17.pdf](https://service.somfy.com/downloads/nam_v4/tilt50_spec_sheet_10.17.pdf), 20. 1. 2018
- [Slika 9], <https://www.engineersgarage.com/articles/stepper-motors>, 22. 1. 2018
- [Slika 10], <http://blog.soton.ac.uk/pi/servo-motors/>, 22. 1. 2018
- [Slika 11], <http://www2.nauk.si/materials/813/out-635947/index.html#state=2>, 20. 1. 2018
- [Slika 15], <https://www.pololu.com/product/2133>, 22. 1. 2018
- [Slika 17], <http://artofcircuits.com/product/arduino-pro-micro-5v16mhz>, 15. 2. 2018
- [Slika 18], <https://arduino-info.wikispaces.com/BlueTooth-HC05-HC06-Modules-How-To>, 15. 2. 2018
- [Slika 22], <https://www.theairconditionerguide.com/fedders-through-the-wall-air-conditioner-reviews/>, 22. 1. 2018

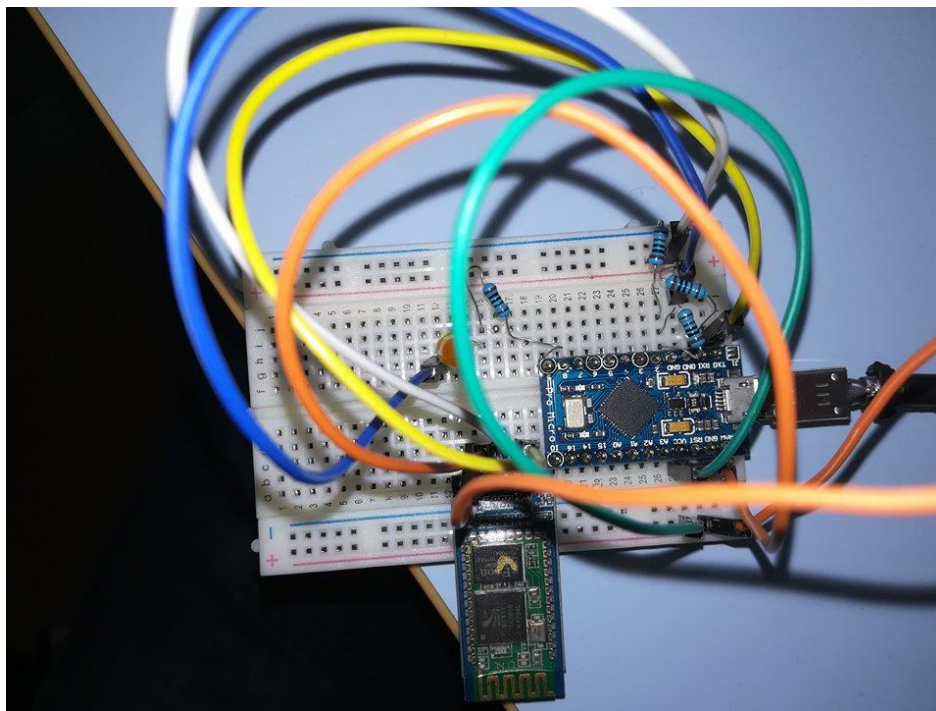
## 9 PRILOGE



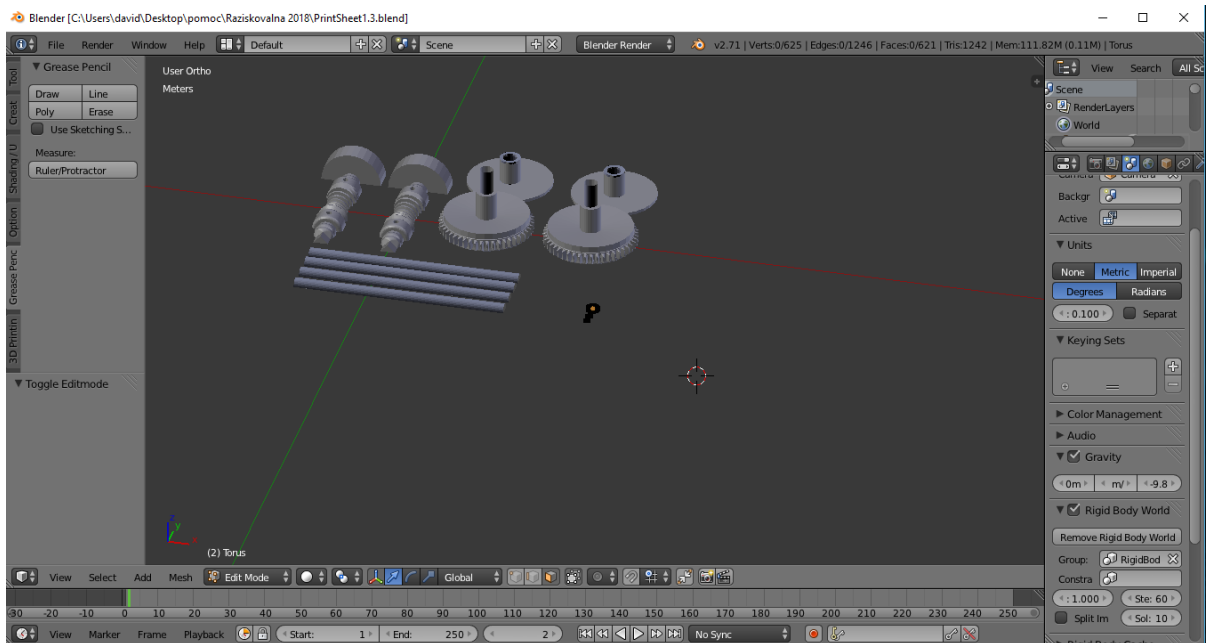
Slika 22: Deli navadnih notranjih žaluzij



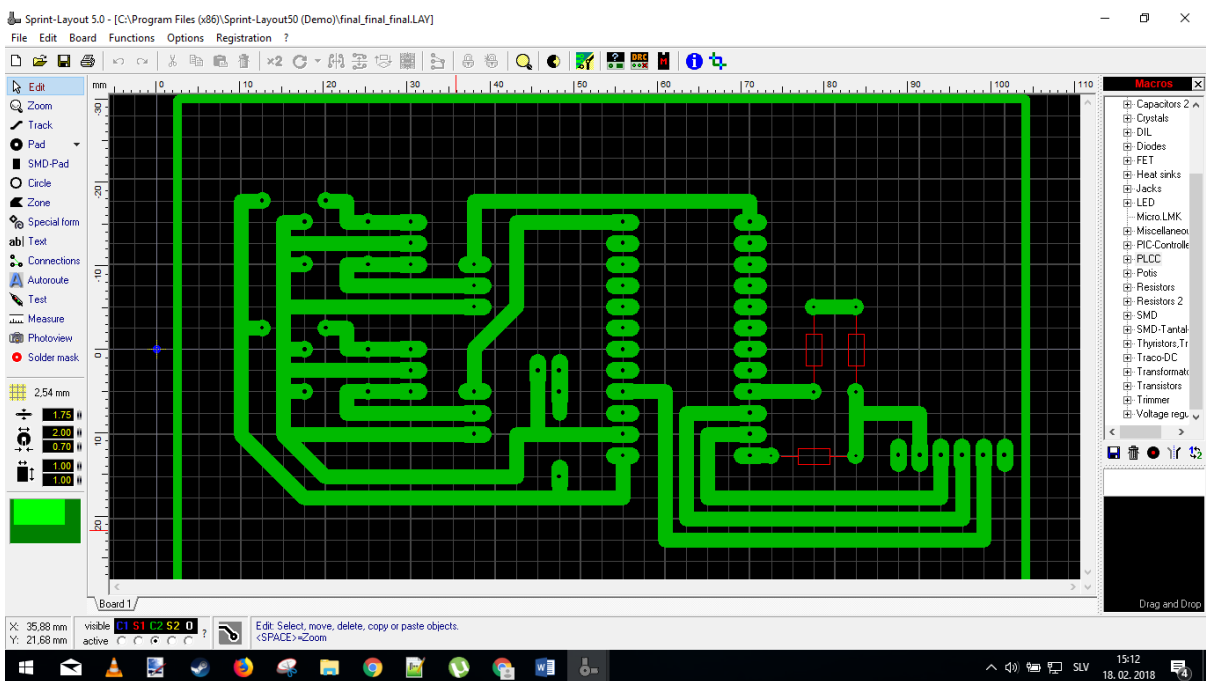
Slika 23: Prvotna skica približnega delovanja načrtovanega sistema



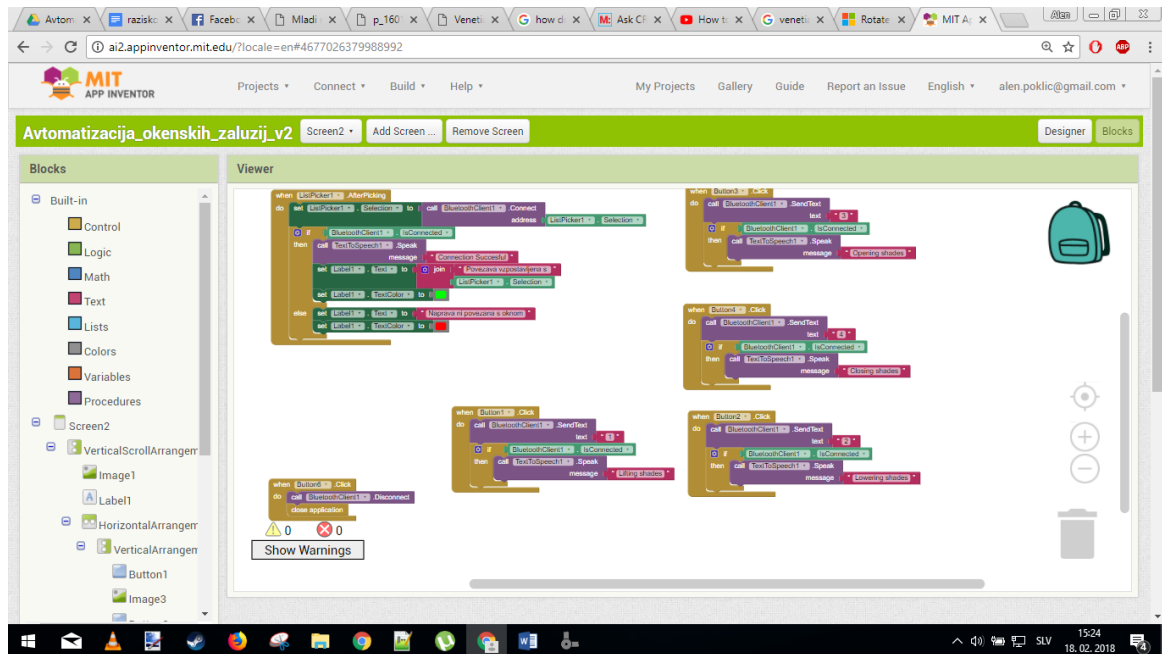
Slika 24: Prvotno testiranje arduino in HC-05 čipa, foto: (A. Poklič)



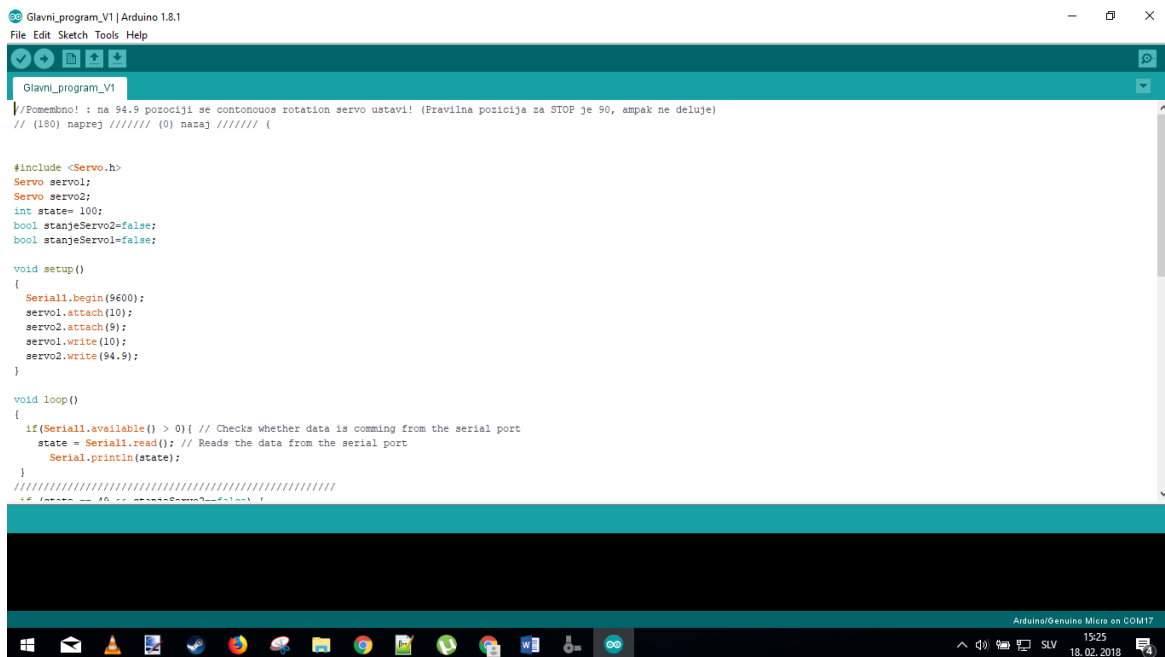
Slika 25: Izdelovanje 3D modelov v blenderju, vir: lasten



Slika 26: Načrtovanje tiskanega vezja v Sprint Layout5, vir: lasten



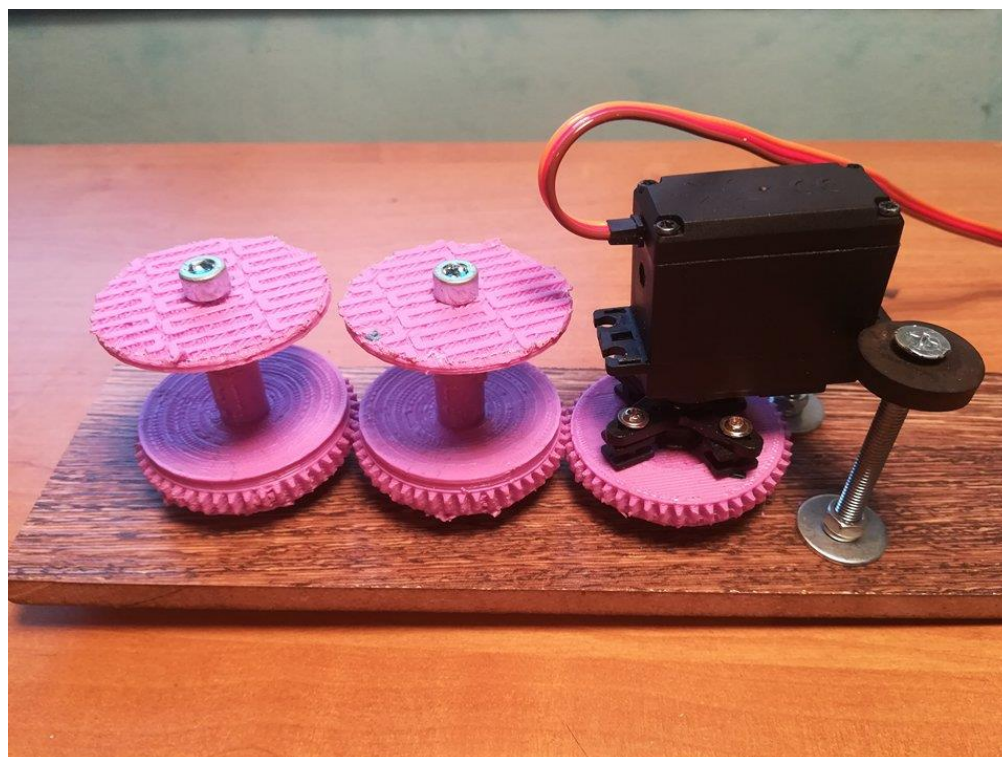
Slika 27: Izdelovanje aplikacije v App inventorju, vir: lasten



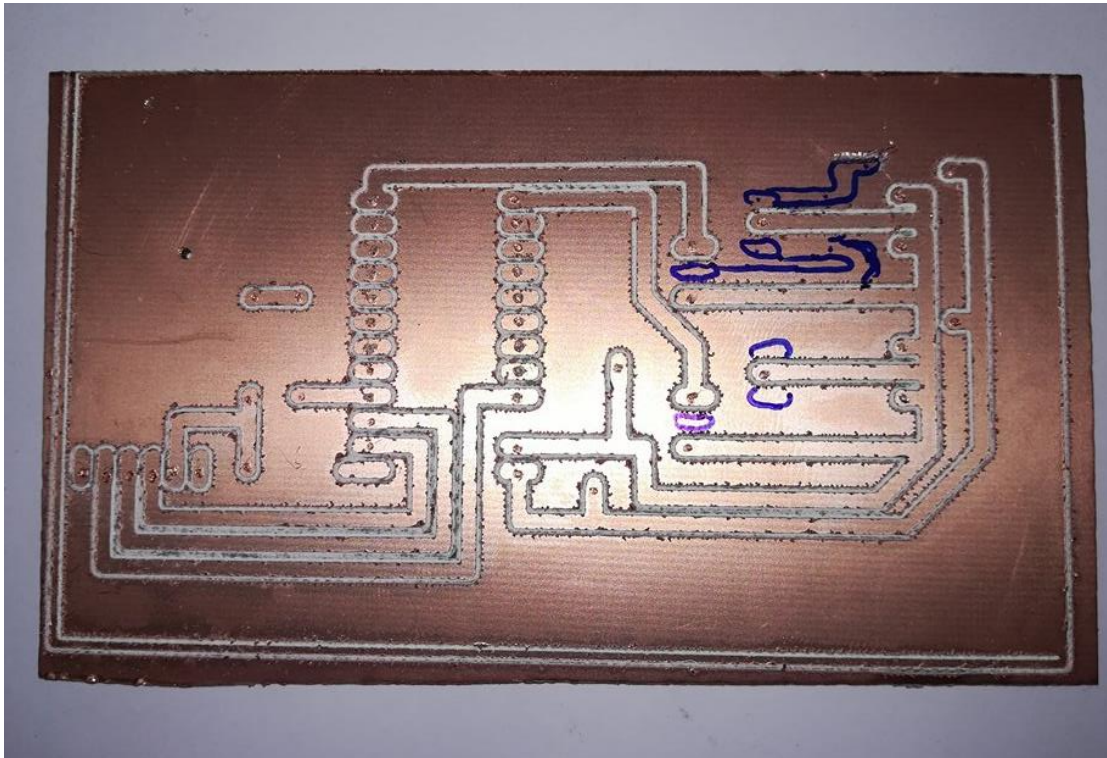
Slika 28: Kodiranje v Arudino IDE, vir: lasten



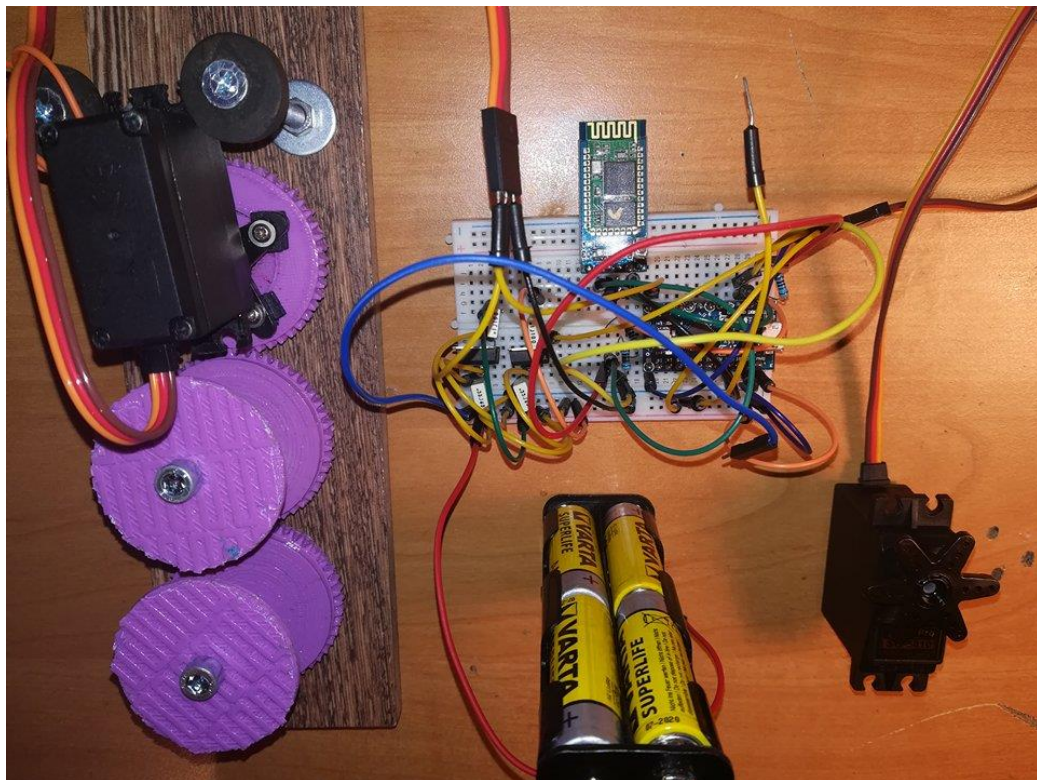
Slika 29: Natisnjena plastična dela (polž in zobnik brez koluta), foto: (A. Poklič)



Slika 30: Končna rešitev za dvigovanje/spuščanje – zobniki s koluti skupaj s motorjem pritrjeni na leseno podlago, foto: (A. Poklič)



Slika 31: Tiskano vezje takoj po rezkanju, označeni so manjkajoči deli, foto: (B. Senič)

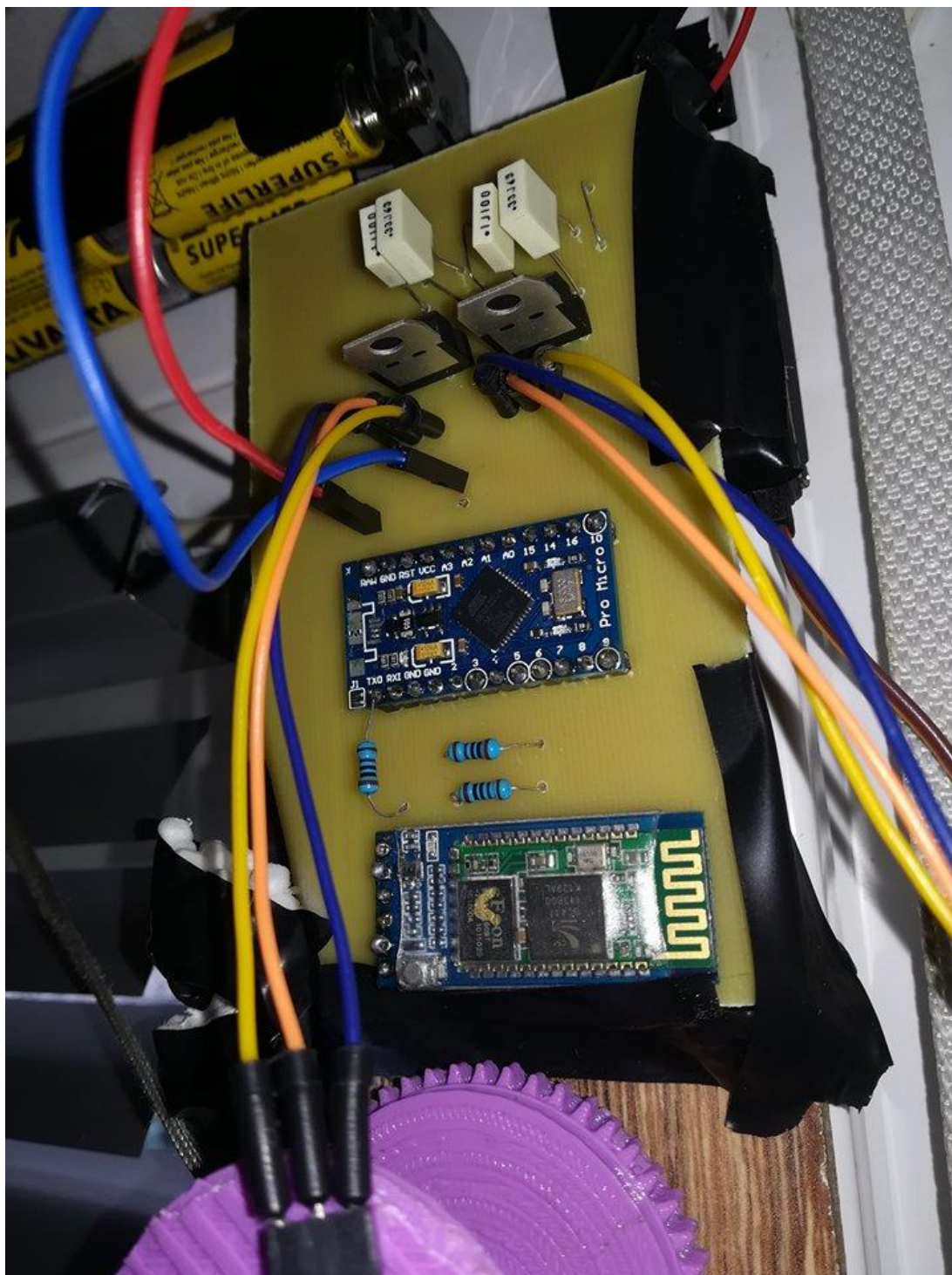


Slika 32: Testiranje sistema (brez vezja) pred namestitvijo, foto: (B. Senič)



*Slika 33: Rezkalna glava, na podlago prilepljena prazna bakrena plošča, foto: (B. Senič)*

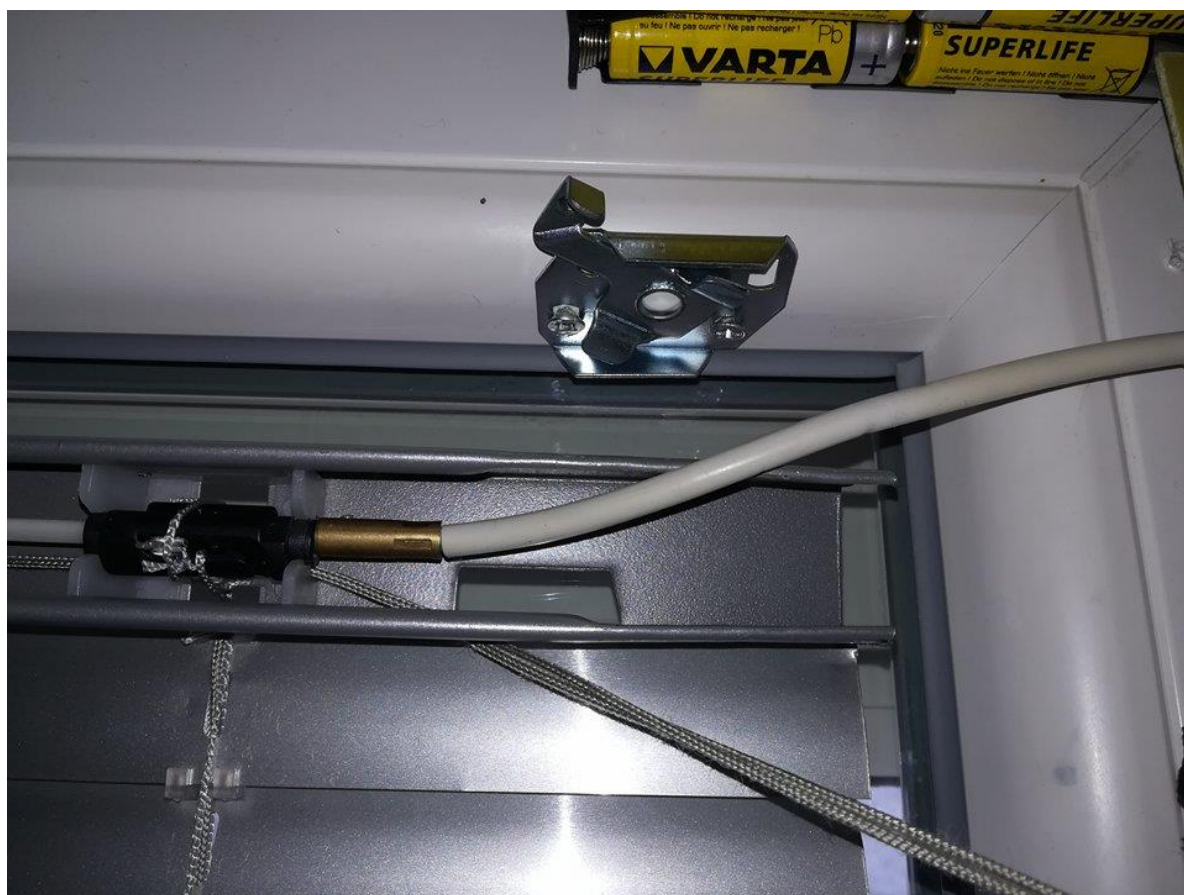




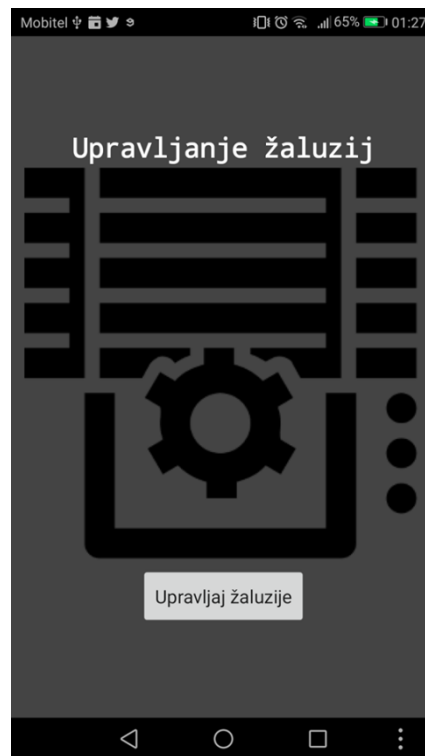
Slika 34: Slika končnega vezja po montaži sistema na okno, foto: (A. Poklič)



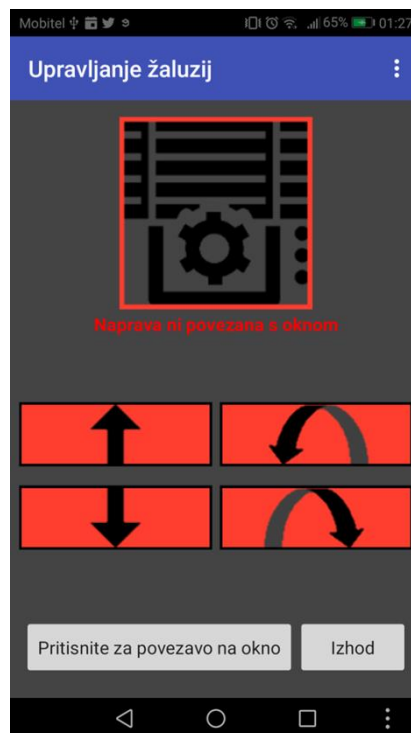
Slika 35: Sistem po namestitvi na okvir domačega okna, foto: (A. Poklič)



*Slika 36: Minimalna predelava obstoječega sistema žaluzij, foto: (A. Poklič)*



Slika 37: Posnetek zaslona ob zagonu aplikacije, vir: lasten



Slika 38: Posnetek zaslona glavnega dela aplikacije za upravljanje žaluzij, vir: lasten