

ŠOLSKI CENTER CELJE
SREDNJA ŠOLA ZA STROJNIŠTVO, MEHATRONIKO IN
MEDIJE

RAZISKOVALNA NALOGA
KOLABORATIVNO PRIJEMALO

Avtorji:

Klemen ZUPANEK, M-4. c

Jan ČINŽAR, M-4. c

Tadej HRVATIN, M-4. c

Mentor:

mag. Matej VEBER, univ. dipl. inž.

Celje, januar 2020

POVZETEK

V današnjem času je uporaba robotov po svetu bolj razširjena kot pred 20 leti. Uporaba industrijskih robotov v zadnjih letih raste v skladu z razvojem tehnologij in je nepogrešljiva tehnologija v industrijskih procesih. V zadnjih letih se uveljavljajo kolaborativni roboti. Njihov trg raste 40 % letno. Kolaborativni roboti so zaradi vgrajene tehnologije varnejši, zato za delovanje ne potrebujejo robotske celice in ne zavzamejo veliko prostora. Zasnovani so tako, da sodelujejo s človekom. So lažji in fleksibilnejši. Za takšnega robota je potrebno kolaborativno prijemalo, za raziskavo katerega izdelavo smo se odločili. V raziskovalni nalogi je predstavljeno kolaborativno prijemalo, njegov način delovanja, vse komponente, ki jih vsebuje, način izdelave, problematika, s katero smo se srečevali ter ideje za nadaljnji razvoj. Idejo za izdelavo prijemala smo dobili pri podjetju ETRA, d. o. o., ob njihovi predstavitvi na Šolskem centru Celje..

Ključne besede: Kolaborativni robot, kolaborativno prijemalo, senzorji, 3d tisk.

SUMMARY

Nowdays, the use of robots around the world is more widespread than 20 years ago. The use of industrial robots in recent years is growing according to the development of technologies and it is an indispensable technology in industrial processes. In recent years, the collaborative robots are enforcing. Their market grows 40% annually. As a result of the built-in technology, collaborative robots safer, they do not require robotic cells and do not take much space. They are designed to collaborate with a man. They are lighter and more flexible. For such a robot it is necessary to have a collaborative gripper, which we decided to make. The research task is presented with a collaborative gripper, its mode of action, all components contained, the method of manufacture, the problem with which we meet and ideas for further development. The idea for making gripper was obtained from the company ETRA, D. O. O, on their presentation at the school centre Celje.

Key words: Collaborative robot, collaborative gripper, sensors, 3D printing.

KAZALO VSEBINE

1.1	KAJ JE ROBOT	1
1.1.1	Razlika med običajnim industrijskim in kolaborativnim robotom	2
1.1.2	Opis kolaborativnega prijemala	4
1.1.3	Pregled že obstoječih prijemal	4
1.1.4	Komunikacija med robotom in prijemalom	7
1.2	PROBLEMATIKA	7
1.3	HIPOTEZE	7
2	OSNOVNI KONCEPT	8
2.1	ZASNOVA PRIJEMALA	8
2.2	ZASNOVA DELOVANJA PRIJEMALA	10
2.3	3D MODELIRANJE IN TISKANJE	11
2.4	IZBIRA MATERIALA ZA 3D TISKANJE	13
3	RAZISKOVANJE	14
3.1	PREIZKUŠANJE SENZORJEV	14
3.2	PREIZKUŠANJE SERVOMOTORJA	16
3.3	IZBIRA MIKROKRMILNIKA	16
3.4	OPIS MIKROKRMILNIKA ARDUINO UNO REV3	17
3.5	IZBIRA NAPAJANJA SISTEMA ARDUINO IN MOTORJA	17
3.5.1	Napajanje med testiranjem	17
3.5.2	Napajanje na robotu	18
4	SESTAVLJANJE	19
4.1	VEZJE	19
4.2	OHIŠJE PRIJEMALA	20
4.3	PREMIKANJE PRIJEMALNIH ROČIC	20
4.4	KOVINSKI VLOŽKI	21
5	PROGRAMIRANJE	22
5.1	PRIMER PROGRAMA	22
5.2	TESTIRANJE PRIJEMALA	23
5.3	VREDNOTENJE HIPOTEZ	24
5.4	MOŽNOSTI IZBOLJŠAV	25
6	ZAKLJUČEK	26
7	ZAHVALA	27
8	VIRI IN LITERATURA	28

KAZALO SLIK

Slika 1: Robotski mehanizem Kuka KR6 R700 sixx	1
Slika 2: Kolaborativni robot Fanuc	2
Slika 3: Kolaborativni robot Yaskawa	2
Slika 4: Kolaborativni robot Franka Emika	3
Slika 5: Kolaborativni robot Universal Robots UR3	3
Slika 6: Električno kolaborativno prijemalo Schunk	4
Slika 7: Vakuumsko prijemalo Schmalz	5
Slika 8: Pnevmatška prijemala Zimmer	5
Slika 9: Prijemala Robotiq	6
Slika 10: Prijemalo OnRobot	6
Slika 11: Osnovna skica oblike prijemala	8
Slika 12: Zaščitna folija z mehurčki	9
Slika 13: Prijemalo	9
Slika 14: Prerez prijemala med razvojem in položaj	10
Slika 15: Skica delovanja prijemalk	11
Slika 16: .SLT format prirobnice primerne za 3D tisk	12
Slika 17: Pokrov v .STL formatu	12
Slika 18: Prijemlke v .STL formatu	13
Slika 19: IR temperaturni senzor MLX 90614	14
Slika 20: Vezava senzorja in motorja pri raziskovanju in testiranju	15
Slika 21: Senzor za merjenje sile na dotik	15
Slika 22: Servomotor	16
Slika 23: Mikrokrmilnik Arduino UNO REV3	17
Slika 24: Pretvornik napetosti iz 24 V na 9 V	18
Slika 25: Vezava senzorja za merjenje sile na dotik	19
Slika 26: Vezava IR senzorja MLX90614	20
Slika 27: Primer programa med razvijanjem	22
Slika 28: Prijemalo na robotu med testiranjem	23

KAZALO TABEL

Tabela 1: Ovrednotenje hipotez in razlaga potrditve oziroma delne potrditve	24
---	----

1 UVOD

1.1 KAJ JE ROBOT

Beseda robot pomeni v češčini obvezno delo oziroma suženjstvo, zato si lahko predstavljamo, da je robot namenjen služenju ljudem. Preprosto si lahko robota predstavljamo kot kup železa, ki s pomočjo elektronike in človekovega znanja postane nepogrešljiv člen v vsakem proizvodnem procesu. Robot je s tehničnega vidika sestavljen iz treh glavnih delov:

- mehanskega dela (motorji, zavore, segmenti),
- informacijskega dela (krmilnik, računalnik, sistem vodenja),
- senzorjev (senzor sile, pospeškov, hitrosti pomika, strojni vid ...).

S programom, napisanim na računalnik, in naloženim na krmilnik robota, omogočimo napravi popolnoma avtonomno obratovanje. Ključni del za praktično uporabo robota pa je prijemalo, ki ga uporabljamo za prenašanje izdelkov, varjenje, rezkanje itd. Izbira prijemala je odvisna od namena uporabe. Poznamo pnevmatski, hidravlični in električni pogon prijemal, delimo pa jih tudi po načinu ustvarjanja sile, številu prstov in načinu odpiranja. Vedno več pa je tudi kolaborativnih prijemal, katerega izdelave smo se lotili tudi mi.



Slika 1: Robotski mehanizem Kuka KR6 R700 sixx

(Vir: Osebni arhiv)

Na sliki 1 je robotski mehanizem Kuka, ki smo ga namesto kolaborativnega robota uporabili v namen naše raziskave.

1.1.1 Razlika med običajnim industrijskim in kolaborativnim robotom

Kolaborativni roboti ali koboti so roboti, ki so zasnovani za sodelovanje s človekom v nekem delovnem okolju, medtem ko so industrijski roboti zasnovani za avtonomno delovanje, varnost pa jim zagotovimo tako, da jih ločimo od človeka.



Slika 2: Kolaborativni robot Fanuc

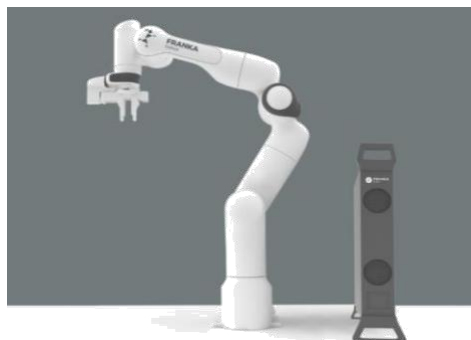
(Vir: <https://www.fanuc.eu/~media/corporate/products/robots/collaborative/cr4ia/400x400/pr-whitebg-cr4ia.jpg?w=400>)

Glavne značilnosti kobotov so: lahki materiali, iz katerih so zgrajeni, zaobljeni robovi, majhne hitrosti in sile pri delovanju ter veliko senzorjev, ki poskrbijo za varnost. Ker je kolaborativni robot lažji kot industrijski, ga je preprostejše prestaviti iz ene delovne naloge na drugo. Prav tako je preprostejše tudi programiranje prek zaslonov na dotik in ročno vodenje robota od točke do točke. Vsak robot, ki je sestavljen pri drugem izvajalcu, ima določene dele in komponente drugače postavljene ali drugače zasnovane. Kot na primer na sliki 2 vidimo kolaborativnega robota Fanuc, ki ima senzorje v bazi – podstavku.



Slika 3: Kolaborativni robot Yaskawa

(Vir: <https://smart.motoman.com/getmedia/d9947999-c6c5-4ef6-aa7f-be79fdb38391/HC10-Robot-with-Gripper.png.aspx>)



Slika 4: Kolaborativni robot Franka Emika

(Vir: <https://www.pcrevue.sk/a/Kobot--kolaborativny-robot--Franka-Emika-neublizi-cloveku-a-dokaze-sa--E2-80-9Erozmnozovat-E2-80-9C>)



Slika 5: Kolaborativni robot Universal Robots UR3

(Vir: <https://www.pcrevue.sk/a/Kobot--kolaborativny-robot--Franka-Emika-neublizi-cloveku-a-dokaze-sa--E2-80-9Erozmnozovat-E2-80-9C>)

Na sliki 5 vidimo robota Universal Robots UR3. Podjetje Universal Robots je bil eden izmed prvih proizvajalcev kolaborativnih robotov in ima trenutno največji tržni delež v globalnem merilu. Trenutno so kolaborativni roboti zelo aktualni za industrijske procese. Naročniki kolaborativnih robotov se trenutno soočajo s težavo kot je npr. doseganje cikla, omenjeni roboti imajo namreč omejeno hitrost gibanja zaradi zagotavljanja kolaborativnosti. To rešujejo tako, da so roboti delno intergrirani v robotskih celicah, v tem primeru ne delujejo kolaborativno, delno pa izven celice, kjer sodelujejo s človekom. V prihodnosti bo razvoj sledil smernicam industrije 4.0 in družbe 5.0.

1.1.2 Opis kolaborativnega prijemala

Kolaborativno prijemalo je posebno prijemalo, ki je izdelano v namen uporabe na kolaborativnem robotu. Zasnova je primerna temu, da pri rokovanju z robotom ali prijemalom ne more priti do kakršnekoli poškodbe oziroma je možnost za nastanek le-teh zelo majhna, po čemer se razlikujejo od ostalih prijemal. Na njih prav tako ni ostrih robov, na katerih bi se lahko poškodovali. Vgrajeni so različni senzorji (npr. za silo, temperaturo ...), ki preprečujejo možnosti stiska upravljavca robota in kakršnokoli možnost za nastanek nesreče. Prijemalo lahko programiramo preko računalnika ali s pomočjo vodenja, tj. da primemo robota in ga vodimo od točke do točke. Robot si pot, kjer ga vodimo, zapomni, in ko zaključimo z vodenjem, samostojno opravlja pot, po kateri ga je upravljavec vodil. Predhodno lahko v programu določimo, s kakšno silo bo prijemalo prijelo izdelek, da ga ne bo stisnilo premočno ali premalo, ker obstaja možnost, da ga med transportom od točke do točke izgubi. Določimo lahko tudi silo interakcije, pri kateri se ustavi.

1.1.3 Pregled že obstoječih prijemal

Kolaborativni roboti in kolaborativna prijemala so se že zelo razširila po celotnem svetu. Na spletu smo našli že kar nekaj primerov različnih oblik in načinov delovanja teh prijemal. Vsako večje podjetje, ki izdeluje kolaborativne in ostale industrijske robote, ima svojo obliko kolaborativnega prijemala.



Slika 6: Električno kolaborativno prijemalo Schunk

(Vir: https://www.strojnistvo.com/media/uploads/4911/images/schunk_grippers-collaborative_gripper-800x500_c.jpg)

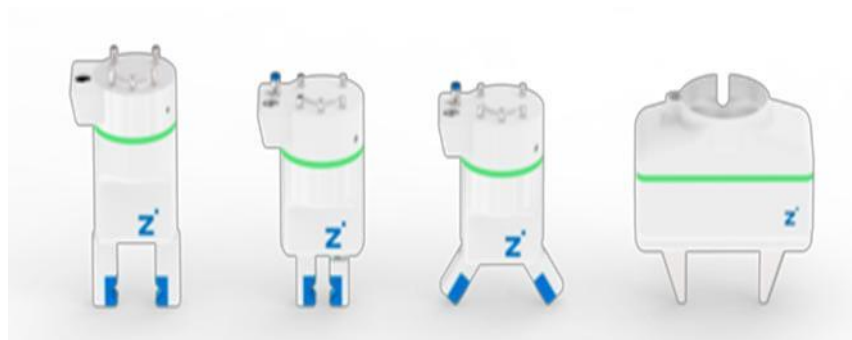
Največ različnih oblik smo zasledili pri proizvajalcu Schunk (slika 6). Prav tako pa so konkurenčna tudi prijemala drugih proizvajalcev.



Slika 7: Vakuumsko prijemalo Schmalz

(Vir: <https://www.schmalz-robotics.com/wp-content/uploads/2019/10/fxcb-anwendung-karton.jpg>)

Ob raziskovanju smo spoznali tudi nam ne znana podjetja, med drugimi podjetje Schmalz (slika 7), ki proizvaja samo vakuumska prijemala.



Slika 8: Pnevmatiska prijemala Zimmer

(Vir: https://www.zimmer-group.de/website/var/tmp/image-thumbnails/570000/570286/thumb__auto_c69c5196227a049d25d46ea55f27e406/mrk-greifer_produktabbildung_trans_small.png)

Poznamo Zimmerjeva prijemala (slika 8), ki delujejo preko pnevmatskega sistema, Schunkova prijemala, ki so po večini električna, OnRobot (slika 10) in Robotiq (slika 9) pa ponujajo veliko

različnih pnevmatskih in vakuumskih prijemal. Vsako podjetje ima svojo obliko, način delovanja prijemala in varnostne sisteme.



Slika 9: Prijemala Robotiq

(Vir: https://blog.robotiq.com/hs-fs/hubfs/produits_connection_poignet-v1-1.jpg?width=1274&name=produits_connection_poignet-v1-1.jpg)



Slika 10: Prijemalo OnRobot

(Vir: https://onrobot.com/sites/default/files/styles/500x500/public/sliderimage/3.%20slider_0.jpg?itok=S88xqhdM)

1.1.4 Komunikacija med robotom in prijemalom

Za pravilno delovanje robota je potrebna pravilna komunikacija med njegovimi sestavnimi deli. Najpomembnejša je komunikacija med računalnikom in robotom, vendar pa ne smemo pozabiti tudi na komunikacijo med robotom in prijemalom.

1.2 PROBLEMATIKA

Največji problem pri kolaborativnih prijemalih je narediti prijemalo, ki bo varno za človeka. Pojavi se vprašanje, s kakšno tehnologijo ga opremiti, da bo čim bolj varno. Problem se pojavi tudi pri zasnovi. Kako ga zasnovati, da se bodo vse komponente, ki so na njem, po večini skrile v ohišje prijemala in kako komponente razporediti v prijemalo, ki mora biti primerne velikosti. Vsebuje tudi zahtevne komponente, ki so dražje, zato je tudi cena višja. Prav tako je zahtevno vzpostaviti komunikacijo med robotom in prijemalom. Med kolaborativnim robotom in prijemalom, ki sta narejena za skupno sodelovanje, je preprosteje, saj imata že narejene priključke. Pri našem prijemalu, ki pa ni narejeno posebej za določen tip robota, pa je komunikacijo težje vzpostaviti. Vsako prijemalo ni prilagodljivo za vse robote, saj so narejena le za določene vrste. Problem se pojavi tudi pri zanesljivosti prijemala, saj lahko zaradi kakšne napake zataji.

1.3 HIPOTEZE

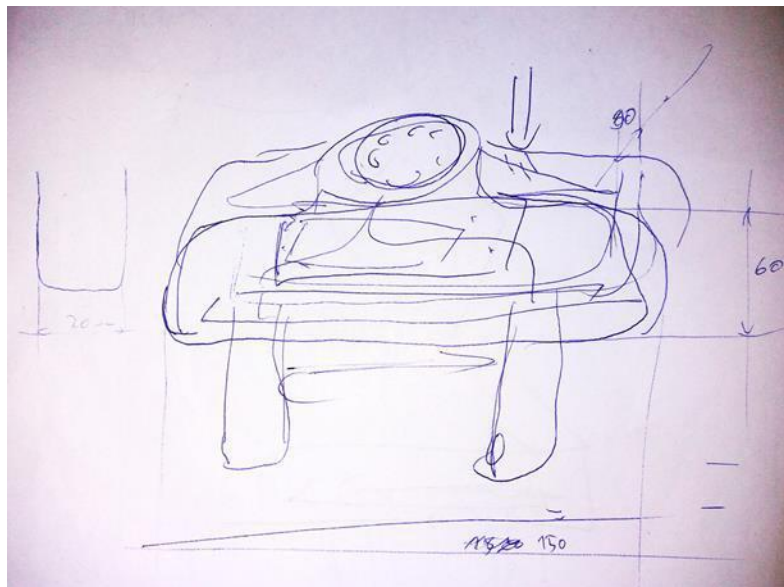
- Kolaborativno prijemalo je vsestransko uporabno za vse tipe robotov.
- Možno je izdelati cenovno ugodno kolaborativno prijemalo.
- Kolaborativno prijemalo ustreza varnostnim kriterijem.
- Zaznavanje človeških udov je možno z uporabo IR temperaturnega senzorja.
- Možno je izdelati in prilagajati prijemala glede na tip robota.

2 OSNOVNI KONCEPT

Pred začetkom izdelave prijemala smo se spopadli z vprašanji, kot so:

- Kako bo prijemalo izgledalo?
- Kako bo delovalo?
- Na kakšen način bo prijemalo prijemalo izdelke?

Najprej smo se med seboj posvetovali, na list papirja izrazili ideje in jih s profesorjem preučili. To snovanje idej je trajalo kar nekaj časa, saj smo vedno prišli do kakšne ideje, ki je prejšnjo nadgradila ali spremenila.



Slika 11: Osnovna skica oblike prijemala

(Vir: Osebni vir)

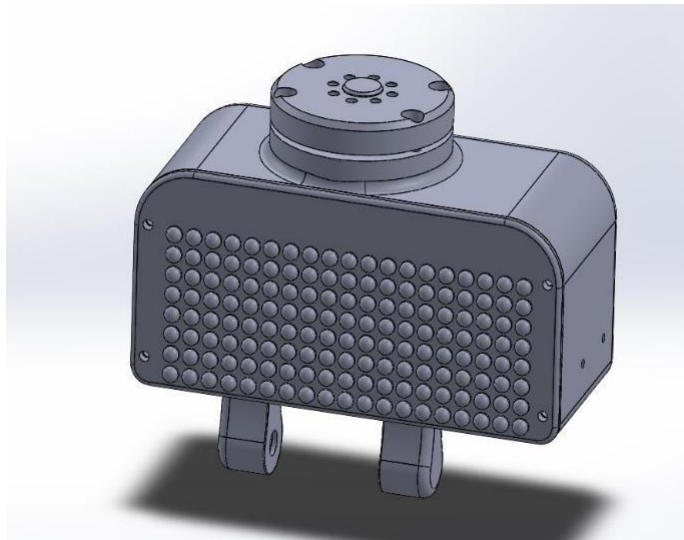
2.1 ZASNOVA PRIJEMALA

Za izgled samega prijemala smo porabili kar nekaj časa, saj je moralo izgledati karseda sveže in posebno med konkurenco, ki že obstajajo na trgu. Za obliko nas je navdihnila folija z mehurčki za ščitenje izdelkov med transportom. Kot folija ščiti izdelke pred poškodbami, tako naše prijemalo ščiti uporabnika, ki z njim sodeluje. Tako smo preko prisposodob o foliji predstavili kolaborativnost tega prijemala. Uporabniku daje oblika občutek varnosti, za še dodatno varnost pa poskrbijo senzorji.



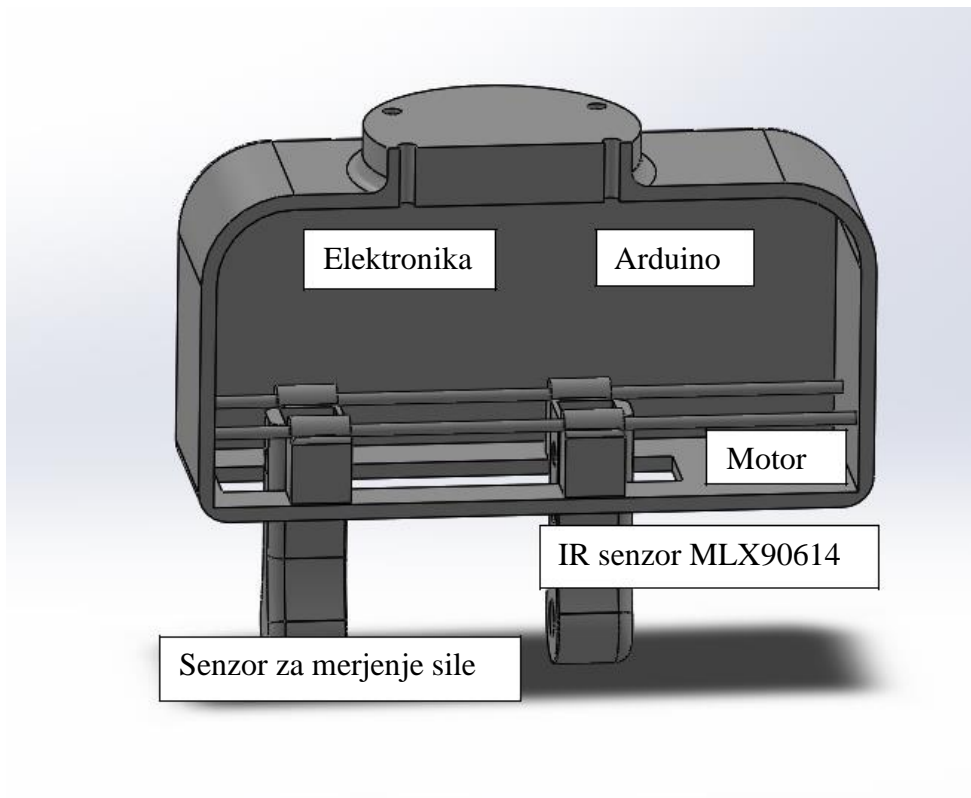
Slika 12: Zaščitna folija z mehurčki

(Vir: https://www.redoljub.si/media/catalog/product/cache/1/thumbnail/600x600/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/f/o/folija_z_zra_nimi_blazinicami_trislojna_1.jpg)



Slika 13: Prijemalo

(Vir: Osebni arhiv)



*Slika 14: prerez prijemala med razvojem in položaj komponent
(Vir: Osebni arhiv)*

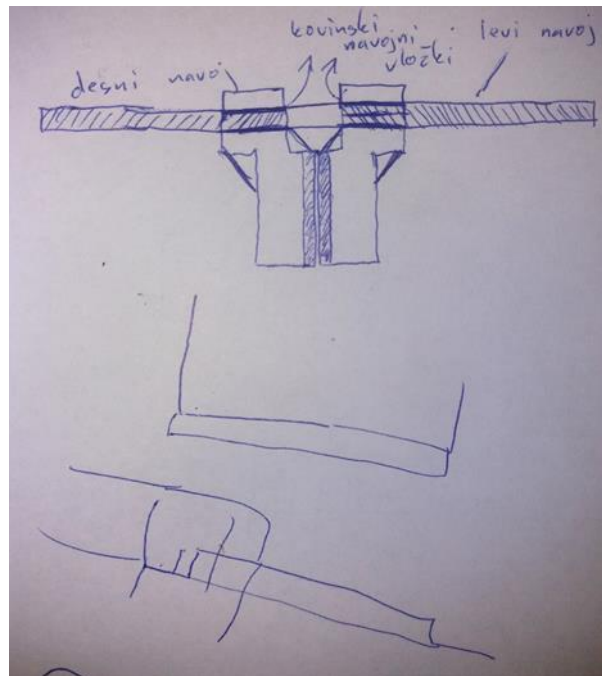
2.2 ZASNOVA DELOVANJA PRIJEMALA

Odločiti smo se morali, na kakšen princip bo prijemalo delovalo, s kakšnimi senzorji bo opremljeno in kako močno bo lahko stiskal izdelke. Za nastavitev sile smo se odločili, ko smo preverili vse parametre in način delovanja. Uporabili smo senzor za merjenje sile na dotik. Pri sistemu – kako preprečiti stisk roke prijemala, smo porabili nekoliko več časa, saj sprva nismo vedeli, kako bi lahko to preprečili. Ker smo imeli cilj izdelati cenovno ugodno prijemalo, termalna kamera ni zadovoljevala tej naši zahtevi. Odločili smo se, da bomo uporabili IR senzor za zaznavanje spremembe temperature. Začeli smo iskati senzorje in preverjati parametre ter ugotovili, da bi bila najboljša izbira senzor MLX90614. Po premišljeni izbiri smo se odločili za nakup in začeli testiranje.

Ob vprašanju, kako bi prijemalu omogočili prijemanje izdelkov, se je porodila ideja, da bi ročice za prijemanje razpirali in zapirali s pomočjo zobniškega sistema. Idejo pa smo ovrgli, saj bi bilo

težko narediti takšen sistem majhen. V našem prijemu smo zaradi drugih komponent, ki se še nahajajo znotraj ohišja, potrebovali majhen sistem. Prav tako pa so morali biti zobniki v nekem zaprtem prostoru.

Druga ideja je bila, da bi premikanje omogočili z navojno gredjo, ki ne bi zavzela toliko prostora. Pojavil pa se je problem, kako z gredjo ustvariti gibanje, ki bi omogočalo prstom, da primejo izdelek. Prišli smo do ideje, da bo imela gred na eni strani levi navoj, na drugi strani pa desni. Tako se lahko ob vrtenju motorja prsta premikata v nasprotno smer.



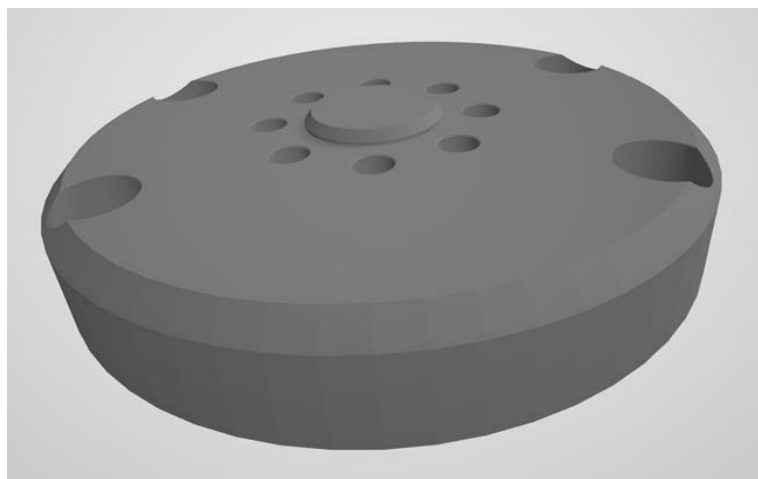
Slika 15: Skica delovanja prijemalk

(Vir: Osebni vir)

2.3 3D MODELIRANJE IN TISKANJE

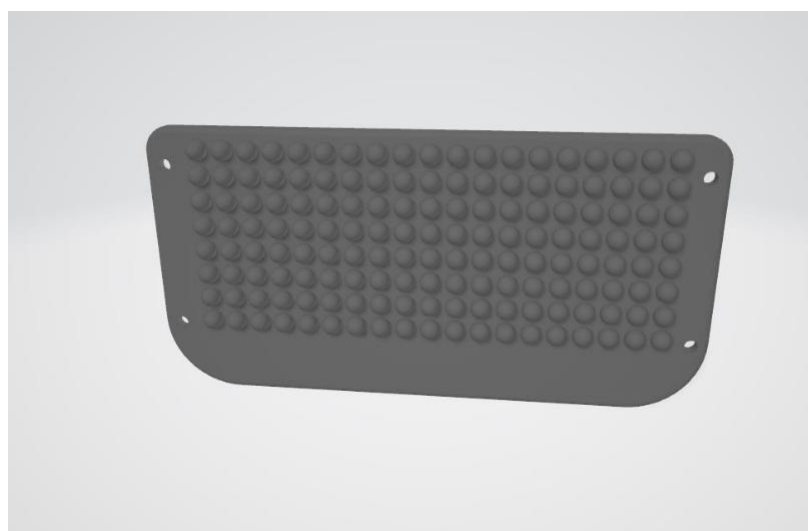
Preden smo začeli 3D CAD modelirati v orodju SolidWorks, smo ideje skicirali na list papirja. Dogovorili smo se, da bomo prijemalo upravljali z robotom Kuka KR6 R700 sixx, Ki ni kolaborativni robot, ampak ker nimamo kolaborativnega robota, smo zadevo testirali na obstoječem. Pri izbranem robotu smo za vpetje prijemala potrebovali vmesni del, imenovan prirobnica. Izmerili smo njene dimenzije in jo zmodelirali v programu SolidWorks. Prirobnico smo iz formata .SLDPRT pretvorili v format .STL, primeren za 3D tisk.

Medtem ko smo prirobnico 3D tiskali, smo se začeli ukvarjati predvsem z izgledom našega ohišja prijemala, ki je moral zajemati dovolj prostora za vse vezje in imeti nekakšen nov ter svež videz. Poskrbeli smo tudi za prijemalke, ki bodo opravljale glavno vlogo pri rokovanju z izdelki, in naredili prostor za vse senzorje, ki bodo na njih.



Slika 16: .SLT format prirobnice primerne za 3D tisk

(Vir: Osebni arhiv)



Slika 17: pokrov v .STL formatu

(vir: osebni arhiv)



Slika 18: prijemalke v .STL formatu

(vir: osebni arhiv)

2.4 IZBIRA MATERIALA ZA 3D TISKANJE

Pri izbiri materiala za tiskanje vseh delov smo se po posvetu in priporočilu profesorja odločili za plastiko, saj je naše prijemalo le prototip in je le tako lahko naš projekt cenovno ugoden za izdelavo.

Prirobnico smo pretvorili v prej omenjeno .STL obliko, ki je kompatibilna s 3D tiskalnikom. Material, iz katerega je bila natisnjena, je bila PLA plastika črne barve. Prirobnici smo po končanem tiskanju odstranili odvečen material in jo vpeli na robota.

3 RAZISKOVANJE

3.1 PREIZKUŠANJE SENZORJEV

Pred naročilom smo pregledali, ali parametri obeh senzorjev zadostujejo našim kriterijem. Za maksimalno zaščito upravljavca robota s senzorji smo pred njihovo vgradnjo preizkusili vsak senzor, ki smo ga potrebovali, posebej. Preizkusili smo jih s pomočjo testne ploščice in programske opreme Arduino UNO.

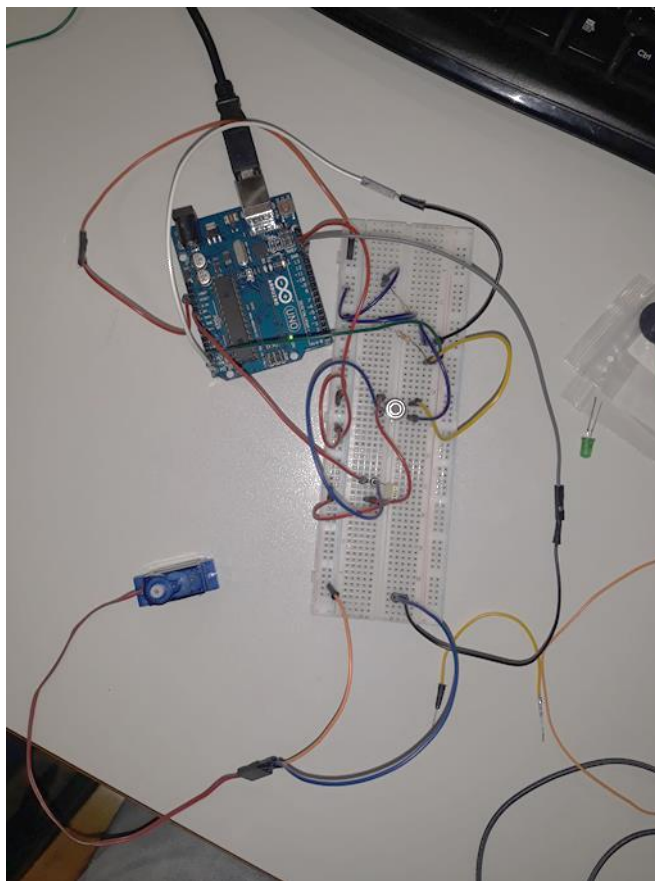
Za izdelavo kolaborativnega prijemala smo uporabili IR senzor za merjenje temperature MLX90614, s katerim zaznavamo spremembo temperature. S tem smo preprečili, da bi prijemalo stisnilo človeško roko.



Slika 19: IR temperaturni senzor MLX 90614

(Vir: Osebni arhiv)

Slika 14 prikazuje testno vezje, v katerega je vključen IR temperaturni senzor, upore, ki smo jih potrebovali za delovanje senzorja, led diodo, ki se je zasvetila, ko je senzor zaznal temperaturo, večjo od 32 °C, in testni servomotor, ki je priložen v kompletu z Arduino in smo ga uporabili, da smo videli, če program deluje – ko lučka zasveti, se mora motor ustaviti. To je bil prvi cilj našega programiranja. Na sliki je še mikrokrmilnik Arduino, ki smo ga uporabljali za krmiljenje prijemala.



Slika 20: Vezava senzorja in motorja pri raziskovanju in testiranju

(Vir: Osebni arhiv)

Uporabili smo tudi senzor za merjenje sile na dotik. Z njim smo hoteli vedeti, s kakšno silo bi prijemalo stisnilo izdelek. V programu smo senzorju nastavili silo, s katero sme prijeto izdelek.



Slika 21: Senzor za merjenje sile na dotik

(Vir: Osebni arhiv)

3.2 PREIZKUŠANJE SERVOMOTORJA

Za premikanje prijemalnih ročic smo se odločili, da bomo uporabili servomotor. Sprva smo preizkusili motor, ki smo ga poleg Arduina imeli v šoli. Da je motor ustrezno deloval, smo ga morali preurediti. Iz 180 stopinjskega motorja smo naredili 360 stopinjskega. To smo naredili tako, da smo motor razstavili in na zobnikih odstranili zoba, ki sta mu preprečevala vrtenje za 360 stopinj. Na motorju smo morali drugače spajkati tudi žice, ki so potrebne za povezovanje z Arduino. Ko smo to naredili, smo motor sestavili nazaj, ga preizkusili z Arduino UNO programsko opremo, nato pa zraven priključili še oba senzorja. Da bi vse komponente delovale skupaj, smo morali združiti programe, ki smo jih pred tem napisali za vsako komponento posebej. Program smo nato prenesli na Arduino in preizkusili, ali celotno vezje izpolnjuje naše zahteve, ki so potrebne za dostojno delovanje našega kolaborativnega prijemala. Ko je celoten sistem deloval, je čakal na vgradnjo v ohišje prijemala.



Slika 22: Servomotor

(Vir: https://www.prohobi.net/ps2018/448-large_default/servo-motor-6001hbpower-hd.jpg)

3.3 IZBIRA MIKROKRMILNIKA

Eno izmed ključnih vprašanj v raziskovalni nalogi je bilo, kateri mikrokrmilnik bomo uporabili za našo kolaborativno prijemalo. Primerjali smo mikrokrmilnik Raspberry-Pi in Arduinov mikrokrmilnik UNO. Na koncu smo se odločili za Arduinov sistem, s katerim smo se seznanili že v nižjih letnikih šolanja, in sicer mikrokrmilnik Arduino UNO REV3.



Slika 23: Mikrokontroler Arduino UNO REV3

(Vir: <https://5.imimg.com/data5/WI/JM/PD/SELLER-81024284/515b4656ce395f8a38000000-png-500x500.png>)

3.4 OPIS MIKROKRMILNIKA ARDUINO UNO REV3

Opis mikrokontroler:

- ATmega328P 8-bitni mikročip,
- 5 V delovna napetost,
- 7 V–20 V vhodne napetosti, priporočeno od 6 V–12 V,
- 14 digitalnih I/O izhodov in 6 analognih ...

Arduino UNO ima tudi USB vhod, ki ima dve funkciji: napajanje sistema in nalaganje programov, napisanih v računalniškem programu Arduino IDE (Integrated Development Environment).

Programska oprema je sestavljena iz standardnega programskega jezika, prevajalnika in zagonkega nalagalnika.

3.5 IZBIRA NAPAJANJA SISTEMA ARDUINO IN MOTORJA

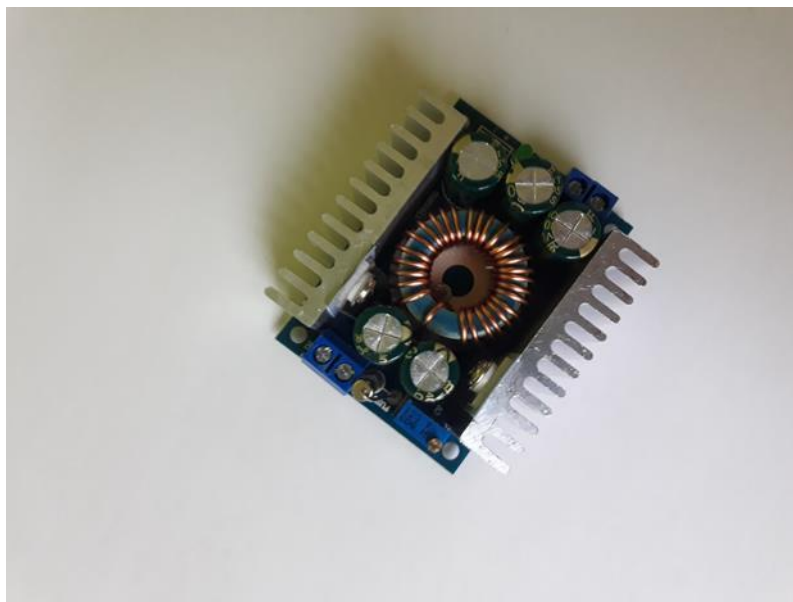
3.5.1 Napajanje med testiranjem

Za napajanje smo uporabili 9 V baterijo za enkratno uporabo, ki jo je mogoče po izpraznitvi preprosto zamenjati. Baterija ima dva priključka – manjši okrogli del je moški (+), večji oglati del pa ženski (–). Med slabosti tovrstne postavitve se šteje možnost napake ob priklopu in posledično večja možnost kratkega stika, zaradi česar se lahko baterija izprazni, pregreje ali celo vžge. Zato

smo morali za preprosto napajanje Arduina z baterijo narediti poseben priključek – connector. Napetost, ki je prišla na Arduino, smo nato speljali do vseh komponent sistema in jim zagotovili nemoteno delovanje.

3.5.2 Napajanje na robotu

Na robotu smo za napajanje na Arduinu in motorju poskrbeli preko robotskega krmilnika, kjer smo vzeli 24 V. To napetost smo peljali do nastavljivega DC-DC pretvornika. Uporabili smo pretvornik z izhodno napetostjo 9 V za napajanje Arduina in prav tako 9 V za napajanje servomotorja.



Slika 24: Pretvornik napetosti iz 24 V na 9 V

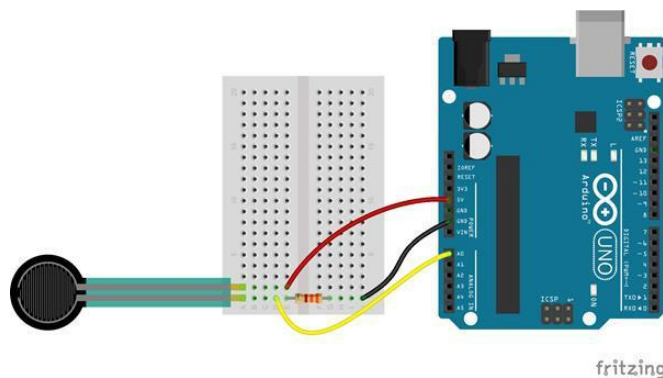
(Vir: Osebni arhiv)

4 SESTAVLJANJE

Sestavljanja smo se lotili, ko smo imeli narejene vse dele prijemala. Da so se vsi deli natisnili, pa je preteklo kar nekaj časa. Pri sestavi nismo hiteli, saj smo bili pozorni, da nismo pozabili na kakšen sestavni del. To bi namreč pomenilo dodatno izgubo časa ali dodatne težave v ključnih trenutkih preizkušanja prijemala. Samo sestavljanje ni bilo obsežno, saj smo prijemalo zmodelirali tako, da je imelo čim manj sestavnih delov. Treba je bilo le pritrditi prirobnico na robota, prijemalo na prirobnico, še prej pa vstaviti vse komponente v prijemalo in ga pokriti s pokrovom.

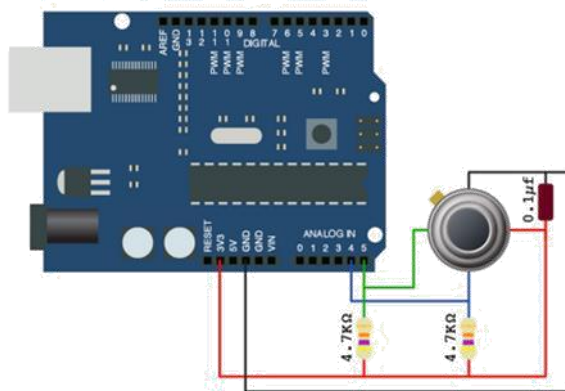
4.1 VEZJE

Za pravilno delovanje temperaturnega senzorja smo le-tega morali nastaviti v programu, ga pravilno povezati na Arduino in na testno ploščo z dvema $4,7\text{ k}\Omega$ uporoma in $0,1\text{ }\mu\text{F}$ velikim kondenzatorjem. Za vezavo, v kateri je bil senzor sile na dotik, smo potrebovali samo en $10\text{ k}\Omega$ upor. Senzorjema smo nato v vezje dodali še servomotor. Ko je vezje delovalo, smo ga spajkali skupaj. Drugače bi bilo v ohišje prijemala nemogoče poleg Arduina vstaviti še testno ploščo, saj bi zasedla preveč prostora. Prav tako pa tudi vezava ne bi pravilno delovala, če ne bi komponent in žic med seboj spajkali. V nasprotnem primeru bi lahko iz plošče padla kakšna žica, ali bi prišlo do slabih stikov in prijemalo ne bi več delovalo ali pa bi celo prišlo do kratkega stika in bi lahko uničilo kakšno komponento v vezju ali celo celotno vezje. Žic vezja pa nismo mogli spajkati skupaj s senzorjema pred sestavljanjem, saj bi bila tako vgradnja senzorjev močno otežena. Tako smo žice najprej pripeljali do odprtih za senzorje in nanje priključili senzorje. Senzorje smo nato vstavili v odprtine, namenjene za njih, in nadaljevali s sestavljanjem.



Slika 25: Vezava senzorja za merjenje sile na dotik

(Vir: https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/5/1/0/fritzing_example_bb_2.png)



Slika 26: Vezava IR senzorja MLX90614

(Vir: <https://www.zseries.in/embedded%20lab/arduino/images/mlxtemp2.bmp>)

4.2 OHIŠJE PRIJEMALA

Ohišje prijemala smo zasnovali tako, da je čim bolj varen za sodelovanje s človekom. Na začetku smo imeli kar nekaj težav s tem, kako bi prijemalo izgledalo, saj je na trgu že kar nekaj podobnih. Pri modeliranju smo morali paziti predvsem na to, da noben rob ni smel biti oster, kar nam je oviralo delo. Ohišje je glavna komponenta celotnega prijemala, saj se v njem skrivajo celotno vezje, napajanje in pogon. Med risanjem smo nanj naredili še luknji, ki sta potrebni za preprosto dostopanje do vhoda za napajanje in za nalaganje programa na Arduino. Pri konstruiranju pa smo morali paziti še, da bodo vse te komponente preproste za vgradnjo in da bo za vsako posebej dovolj prostora.

4.3 PREMIKANJE PRIJEMALNIH ROČIC

Največja težava je nastopila pri premikanju ročic, in sicer kako jih bomo premikali. Veliko idej je bilo neizvedljivih, ker bi nam pri tem odvzele preveč prostora, ki je nujen za ostale komponente. Najboljša možnost je bila zobniško gonilo. Odločili smo se, da ga narišemo sami in stiskamo s pomočjo 3D tiskalnika. Pri njegovi namestitvi smo morali paziti, da smo zobnike namestili natančno, da so se med seboj ujemali in premikali ročice v pravo smer. Oblika ročic je bila stvar trenutnega navdiha, saj smo veliko podobnih videli že na drugih prijemalih.

4.4 KOVINSKI VLOŽKI

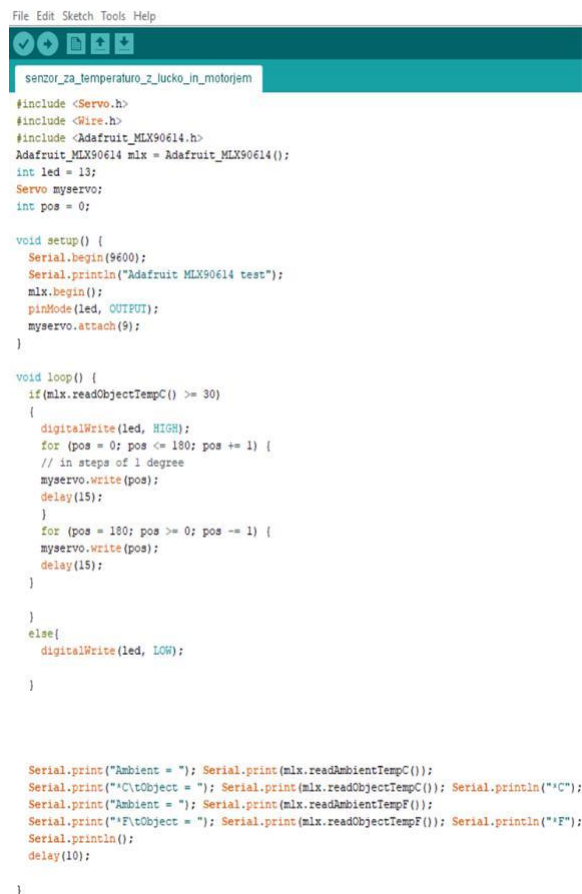
Pri snovanju prijemala smo prišli do problema, kako vse komponente spraviti v njega. Na ohišju smo naredili pokrov, ki se lahko odpira v primeru kakšnih nevšečnosti. Ob tem pa naleteli še na en problem, in sicer kako pritrčiti pokrov na ohišje, ne da bi med samim obratovanjem prijemala odpadel. Sprva smo mislili, da bo dovolj, če v ohišje zmodeliramo navoje, a smo ugotovili, da bi bili le-ti prešibki, da bi zdržali večkratno pritrjevanje vijakov, ki bi držali pokrov na samo ohišje. Iskali smo optimalno rešitev in jo tudi našli v obliki kovinskih navojnih vložkov velikosti 5 mm. Za sam vložek smo morali v prijemalo narediti le nekaj izvrtin velikosti 8 mm.

5 PROGRAMIRANJE

Da bi prijemalo delovalo, je bilo potrebno še ključno dejanje. Na izbrani mikrokrmilnik smo morali izdelati in prenesti še programski del tega projekta. Pred programiranjem smo morali določiti, na kakšen način bo program v prijemu deloval. Za programiranje smo uporabili programsko opremo Arduino UNO, v katero smo najprej napisali ustrezne spremenljivke in knjižnice, ki jih je program za ustrezno delovanje potreboval. Knjižnice smo morali predhodno naložiti v program. Nato smo napisali programe za vsako komponento, ki je bila potrebna za delovanje celotnega prijemala. Vse posamezne programe smo združili v eno programsko celoto, da so vse komponente delovale kot eno. Pri programiranju smo si pomagali s spletno stranjo »Arduino home« in s posameznimi njihovimi primeri.

5.1 PRIMER PROGRAMA

V nadaljevanju je primer programa, ki smo ga uporabili med razvijanjem končnega programa.



```
File Edit Sketch Tools Help
senzor_za_temperaturo_z_lucko_in_motorjem

#include <Servo.h>
#include <Gire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
int led = 13;
Servo myservo;
int pos = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Adafruit MLX90614 test");
  mlx.begin();
  pinMode(led, OUTPUT);
  myservo.attach(9);
}

void loop() {
  if (mlx.readObjectTempC() >= 30)
  {
    digitalWrite(led, HIGH);
    for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) {
      // in steps of 1 degree
      myservo.write(pos);
      delay(15);
    }
    for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) {
      myservo.write(pos);
      delay(15);
    }
  }
  else{
    digitalWrite(led, LOW);
  }

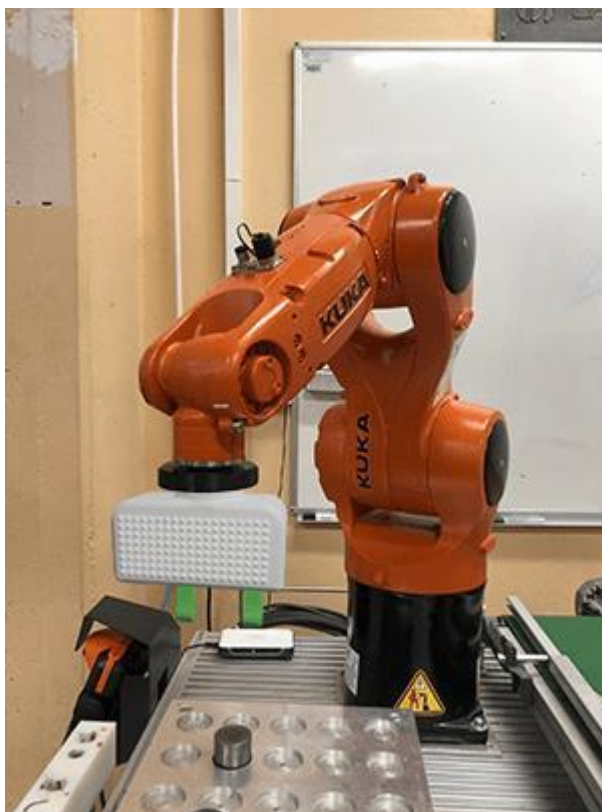
  Serial.print("Ambient = "); Serial.print(mlx.readAmbientTempC());
  Serial.print(" °C\tObject = "); Serial.print(mlx.readObjectTempC()); Serial.println("°C");
  Serial.print("Ambient = "); Serial.print(mlx.readAmbientTempF());
  Serial.print(" °F\tObject = "); Serial.print(mlx.readObjectTempF()); Serial.println("°F");
  Serial.println();
  delay(10);
}
```

Slika 27: Primer programa med razvijanjem

(Vir: Osebni arhiv)

5.2 TESTIRANJE PRIJEMALA

Po končanem programiranju prijemala je prišlo na vrsto še zadnje dejanje – testiranje. Prijemalo smo prvič namestili na robota v šoli, nanj naložili program in ga preizkusili. Stvari, ki niso delovale po naših željah, smo popravili ali dodelali. Po nekaj popravkih smo ga ponovno preizkusili in bili z njegovim delovanjem zadovoljni. Ko je delovalo po naših željah, smo lahko začeli vrednotiti hipoteze, ki smo si jih zadali pred začetkom našega dela. Večina od teh hipotez je bila potrjena.







Slika 28: Prijemalo na robotu med testiranjem

(Vir: osebni arhiv)

5.3 VREDNOTENJE HIPOTEZ

Tabela 1: Ovrednotenje hipotez in razlaga potrditve oziroma delne potrditve

HIPOTEZA	POTRDIMO/OVR ŽEMO	POJASNILO
Kolaborativno prijemalo je vsestransko uporabno za vse tipe robotov.	 	Potrdimo lahko uporabo prijemala na Kukinem KR6 R700 sixx robotu, ki ni kolaborativni robot. Prilagodimo lahko prirobnico glede na tip robota. Problem pa lahko predstavlja tudi komunikacija in priključki (napajanje, signali, medij-zrak ali elektrika)
Možno je izdelati cenovno ugodno kolaborativno prijemalo.		Vse sestavne dele, vključno s tiskanjem in nabavo elektronike, smo uspeli pridobiti pod 200 €.
Kolaborativno prijemalo ustreza varnostnim kriterijem.		Senzor zazna človekov ud pravočasno in prijemalo se ustavi, hitrosti in sile so nadzorovane.
Zaznavanje človeških udov je možno z uporabo IR temperaturnega senzorja.		IR temperaturni senzor ima dovolj veliko območje zaznavanja temperature in prijemalo se pravočasno ustavi.
Možno je izdelati in prilagajati prijemala glede na tip robota.		Da, s spremembo prirobnice in programa smo uporabili prijemalo na drugem robotu.

5.4 MOŽNOSTI IZBOLJŠAV

Ob zaključku raziskovalne naloge smo razmišljali še o možnostih izboljšave. Da bi bilo prijemalo še varnejše, bi lahko nanj namestili še več senzorjev, ki bi zaznali človekovo prisotnost v njegovi bližini. Prijemalo bi se v takšnem primeru takoj zaustavilo. V ohišje bi lahko vgradili zaslon, na katerem bi se izpisovali zeleni podatki. Lahko bi si olajšali delo in bi namesto popravljanja napak v programu le-te odpravili na vstavljenem zaslonu na dotik. Nanj bi lahko namestili podlago, na katero bi delavec položil roke in ročno upravljal z njim. Prijemalo bi si pri tem zapomnilo točke, ki bi jih delavec označil. Ko bi pot zaključil, bi se na zaslonu prikazala celotna pot, ki jo je naredilo. Če bi prišlo do kakšne okvare, bi lahko prijemalo na zaslonu samo izpisalo, kateri del se je pokvaril in ga je treba zamenjati. Izboljšali bi lahko komunikacijo med robotom in prijemalom, da bi delovala kot eno. Prijemalke bi lahko naredili tako, da bi bile hitro snemljive in zamenljive z vakuumskim prijemalom za prenašanje večjih izdelkov. Lahko bi imelo tudi priključke za pogon črpalk ali motorjev in lahko bi naredili vodoodporno prijemalo po standardu IP67. To pomeni popolno zaščito pred trdimi delci in potopitvijo prijemala v globino med 15 cm in 100 cm.

6 ZAKLJUČEK

S pomočjo hipotez, ki smo si jih zastavili, in različnih raziskovalnih metod smo našo raziskovalno nalogo pripeljali do konca. Pri izdelovanju izdelka je vsak člani ekipe prispeval svoj delež.

Skozi celoten proces izdelovanja prijemala smo se naučili veliko na področjih robotike na splošno, 3D CAD modeliranja, sensorike, elektronike in programiranja. To znanje nam bo koristilo pri nadaljnjem šolanju in kasneje pri zaposlitvi. Ob začetku naše raziskovalne naloge smo vse vzeli prelahko. Med delom pa smo naleteli na mnogo problemov, ki so se po stopnji zahtevnosti razlikovali in smo morali, če smo hoteli pripeljati našo raziskavo do konca, resno lotiti dela. Ko nam je to uspelo, so bila naša pričakovanja izpolnjena.

7 ZAHVALA

Zahvalili bi se mentorju mag. Mateju Vebru, univ. dipl. inž., za vso pomoč in podporo v ključnih trenutkih, ko sami nismo več videli rešitve.

Zahvaljujemo se tudi gospe Tadeji Kolman, prof., za slovnični pregled in podjetju ETRA, d. o. o., za idejo, ki smo jo dobili na predstavitvi na šoli.

8. VIRI IN LITERATURA

- [1] Fanuc (online). (Citirano 18. 2. 2020). Dostopno na naslovu: <https://www.fanuc.eu/si/sl/roboti>
- [2] Force sensitive resistor (online). (Citirano 4. 2. 2020). Dostopno na naslovu: <https://learn.adafruit.com/force-sensitive-resistor-fsr/overview>
- [3] Infrared temperature sensor MLX90614 (online). (Citirano 11. 2. 2020). Dostopno na naslovu: <https://www.melexis.com/en/product/mlx90614/digital-plug-play-infrared-thermometer-to-can>
- [4] Kolaborativni robot (online). (Citirano 18. 2. 2020). Dostopno na naslovu: <https://www.koboti.si/>
- [6] Motor driver l298n (online). (Citirano 18. 2. 2020). Dostopno na naslovu: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/>
- [7] Robot (online). (Citirano 18. 2. 2020). Dostopno na naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Robot>
- [8] Schunk (online). (Citirano 11. 2. 2020). Dostopno na naslovu: https://schunk.com/de_en/homepage/