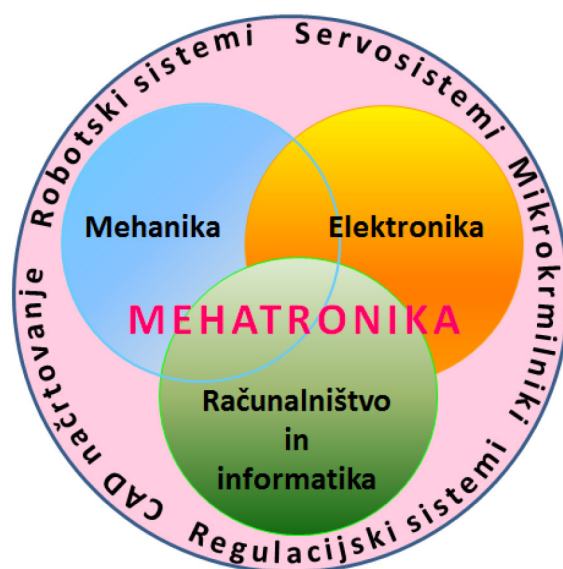


UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO, RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO  
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

# 13. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2024

## ZBORNİK POVZETKOV ŠTUDENSKIHK PROJĖKTOV



Urednika:  
**Uroš Župerl**  
**Aleš Hace**





Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,  
računalništvo in informatiko

Fakulteta za strojništvo

# 13. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2024

Zbornik povzetkov študentskih projektov

Urednika  
**Uroš Župerl**  
**Aleš Hace**

Avgust 2024

<b>Naslov</b> <i>Title</i>	<b>13. letna konferenca mehatronike 2024</b> <i>13<sup>th</sup> Annual Conference of Mechatronics 2024</i>
<b>Podnaslov</b> <i>Subtitle</i>	<b>Zbornik povzetkov študentskih projektov</b> <i>Book of Abstracts, Student Projects</i>
<b>Uredniki</b> <i>Editors</i>	Uroš Župerl (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)  Aleš Hace (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko)
<b>Tehnična urednika</b> <i>Technical editors</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)  Ina Vivian Likar (Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, študentka)
<b>Oblikovanje ovitka</b> <i>Cover designer</i>	Uroš Župerl (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)
<b>Grafika na ovitku</b> <i>Cover graphics</i>	UM FS in UM FERI (logotip konference), 2017
<b>Grafične priloge</b> <i>Graphics material</i>	Vsi viri so lastni, če ni navedeno drugače. Avtorji prispevkov in Župerl, Hace (urednika), 2024
<b>Konferenca</b> <i>Conference</i>	13. letna konferenca mehatronike 2024
<b>Datum in kraj</b> <i>Date and place</i>	27. junij 2024, Maribor, Slovenija
<b>Organizacijski odbor</b> <i>Organizing committee</i>	Aleš Hace (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), Simon Pevec (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), Uroš Župerl (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo), Timi Karner (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo), Darko Hercog (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), Alenka Hren (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko) in Vito Tič (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo).
<b>Založnik</b> <i>Published by</i>	<b>Univerzitetna založba</b> <b>Univerze v Mariboru</b> Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija <a href="https://press.um.si">https://press.um.si</a> , <a href="mailto:zalozba@um.si">zalozba@um.si</a>
<b>So-izdajatelj</b> <i>Co-issued by</i>	<b>Univerza v Mariboru</b> <b>Fakulteta za strojništvo</b> Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija <a href="https://fs.um.si">https://fs.um.si</a> , <a href="mailto:fs@um.si">fs@um.si</a>
<b>So-izdajatelj</b> <i>Co-issued by</i>	<b>Univerza v Mariboru</b> <b>Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko</b> Koroška cesta 46, 2000 Maribor, Slovenija <a href="http://www.feri.um.si">http://www.feri.um.si</a> , <a href="mailto:feri@um.si">feri@um.si</a>



**Izdaja**  
*Edition* Prva izdaja

**Vrste izdaje**  
*Publication type* E-knjiga

**Dostopno na**  
*Available at* <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/896>

**Izid**  
*Published* Maribor, avgust 2024



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba  
/ University of Maribor, University Press

**Besedilo** / *Text* © avtorji in Župerl, Hace (urednika), 2024

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno tako nekomercialno kot tudi komercialno reproduciranje, distribuiranje, dajanje v najem, javna priobčitev in predelava avtorskega dela, pod pogojem, da navedejo avtorja izvirnega dela.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Univerzitetna knjižnica Maribor

007.5:681.5(082)(0.034.2)

LETNA konferenca mehatronike (13 ; 2024 ; Maribor)

13. letna konferenca mehatronike 2024 [Elektronski vir] : zbornik povzetkov študentskih projektov / urednika Uroš Župerl, Aleš Hace. - 1. izd. - Maribor : Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, 2024

Način dostopa (URL): <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/896>

ISBN 978-961-286-887-1 (WEB, pdf)

doi: 10.18690/um.fs.4.2024

COBISS.SI-ID 202094339

**ISBN** 978-961-286-887-1 (pdf)

**DOI** <https://doi.org/10.18690/um.fs.4.2024>

**Cena**  
*Price* Brezplačni izvod

**Odgovorna oseba založnika**  
*For publisher* Prof. dr. Zdravko Kačič,  
rektor Univerze v Mariboru

**Citiranje**  
*Attribution* Župerl, U., Hace, A. (ur.). (2024). *13. letna konferenca mehatronike 2024: zbornik povzetkov študentskih projektov*. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba. doi: 10.18690/um.fs.4.2024



## Kazalo

<b>VS MEHATRONIKA</b>	<b>1</b>
<b>Energetsko samooskrbna svetlobna tabla - strojna oprema</b> Dino Domislovič-Brkić, Martin Degač, Leo Žugec	3
<b>Mikrokrmilniški sistem za vodenje energetske samooskrbne svetlobne table</b> Simon Rožđak, Gabriel Uršanić	5
<b>Vodenje virtualnih procesov: Zalogovnik</b> Maj Černe, Luka Derenčin, Patrik Kožar	7
<b>Vodenje virtualnih procesov: Paletizer</b> Florijan Štukelj, Jurij Žnidarič	9
<b>RobotStudio - simulacija varjenja z ArcWelding PowerPac</b> Žan Debelec, Kevin Štukelj, Staš Doberšek	11
<b>RobotStudio - uporaba OPC UA protokola za komunikacijo s Siemens S7-1500</b> Vid Planjšek, Timotej Krajnc	13
<b>RobotStudio – uporaba SafeMove opcije</b> Fran Tesla, Hristina Nikolovska, Andrija Vukić	15
<b>RobotStudio – robot na mobilni podlagi</b> Gašper Bezjak, Aljoša Topolovec Potočnik, Lan Malek	17
<b>Vzpostavitev komunikacije med Siemens krmilnikom in KUKA robotom na PROFISafe protokolu</b> Luka Derenčin, Timotej Krajnc, Vid Planjšek	19
<b>RobotStudio-Integrated Vision</b> Gašper Bezjak, Lan Malek, Aljoša Topolovec Potočnik	21
<b>Koncept pametne tovarne v laboratoriju</b> Žan Debelec, Staš Doberšek, Kevin Štukelj Povh	23
<b>Razpoznavanje in sortiranje izdelkov s pomočjo robota UR5 in bralnika črtnih kod</b> Florijan Štukelj, Jurij Žnidarič	25
<b>Avtomatizirano razvrščanje predmetov z Beckhoff krmilnikom in računalniškim vidom (AvtoSort)</b> Maj Černe, Patrik Kožar	27

<b>Kinematično umerjanje serijskega robota z lasersko sledilno napravo</b> Andrija Vukić, Hristina Nikolovska	29
<b>Krmiljenje pnevmatskega sistema s programskim krmilnikom PC Worx SRT in komunikacijskim vmesnikom</b> Žiga Zagorec, Gašper Vogel, Nik Škorja	31
<b>UN MEHATRONIKA</b>	<b>33</b>
<b>Avtonomni mobilni robot</b> Ivan Lazić, Marko Kovačec, Tilen Ekart, Alex Pavalec, Nik Rantaša, Jure Žunkovič	35
<b>Solarna prikolica za kolo</b> Jan Gračnar, Aljaž Krivokapič, Staš Miklič	37
<b>Solarni napajalni vir</b> Aleksander Kos, Žan Letonja	39
<b>AGV – Izdelava programske, električne in strojne dokumentacije</b> Aljaž Slapšak, Franc Šrumpf	41
<b>AGV – Krmiljenje motorjev s pomočjo Raspberry pi 4 in programa Matlab</b> Rene Potočnik, Jan Križan, Nikola Prelič	43
<b>AGV – Konstruiranje ogrodja AGV vozila</b> Domen Sulcer, Alex Recek, Dominik Mlinar	45
<b>AGV – Zajemanje podatkov z LIDAR senzorja s pomočjo Raspberry PI 4 in Matlab/Simulink programom;</b> Uroš Uhan, Jaka Grabner, Gašper Zupan	47
<b>Vzpostavitev PROFINet komunikacije med tračnim transporterjem, Kuka robotom in Siemens PLC-jem</b> Tine Tomšič, Lan Senica, Bernard Belec	49
<b>Uporaba laserja za detekcijo komadov s pomočjo ABB IRB1200 robota</b> Nejc Trnovšek, Aljaž Dokl	51
<b>Nadgradnja transportnega vozička in povezava polnilne enote baterije dirkalnika Formula</b> Žiga Janežič	53
<b>Merjenje napolnjenosti dveh zaporedno vezanih Li-ion-skih baterij s pomočjo mobilnega telefona</b> Filip Kosi, Matevž Šavora	55
<b>Uporaba regulacijskih hidravličnih ventilov</b> Gašper Pungartnik, Jakob Jurak	57
<b>Nadgradnja aplikacije sestavljanja Rubikove kocke s pomočjo dveh kolaborativnih robotov UR3</b> Dejan Grobin, Blaž Krevh	59

<b>Sortiranje izdelkov s pomočjo industrijskega robota in 3D TOF kamere</b> Tadej Viher	61
<b>Modularni hidravlični vpenjalni modul</b> Jakob Florjan, Stefanija Veljanovska, Mario Tuša	63
<b>Razvoj 3D merilnega sistema z uporabo kamere SICK Ranger 3</b> Samo Zadavec, Nik Lipovnik	65
<b>Razvoj enoprstih primal nanopreciznega robota</b> Jernej Nezman, Jan Gomboši	67
<b>Priprava in izdelava elektronskih tiskanih vezij ( PCB ) za električno formulo</b> Anej Vozelj, Jan Nipič	69
<b>Konceptno vozilo za strma pobočja</b> Matevž Pečnik, Primož Petek	71
<b>Izdelava PC APP-a za izpis temperature in napetosti ter ostalih parametrov BMS-a preko CAN to USB pretvornika</b> Luka Rušnik, Oskar Šonc	73
<b>MAG MEHATRONIKA</b>	75
<b>Uporaba CAD/CAM programov v simulacijskem okolju RoboDK</b> Luka Sakač, Sandi Ferleš	77
<b>Odčitavanje in uporaba senzorjev robota NAO za namene izvajanja različnih aplikacij</b> Jan Soto Vargas, Rok Pulko	79
<b>Testiranje 3D tiskane proteze s pomočjo robota</b> Žan Sotošek, Žan Ocvirk	81
<b>Avtomatizirana industrijska celica za paletizacijo</b> Zala Slapnik	83
<b>Implementacija hitrostno regulirane hidravlične kompaktne servoosi</b> Aleksander Završnik, Žiga Lorger	85
<b>Inteligentno pobiranje objektov z robotom UR5</b> Primož Kobale, Gregor Korže	87
<b>Krmiljenje vrtalne enote s Festo CECC krmilnikom (CoDeSys) in implementacija v koncept I4.0</b> Denis Marš, Jure Golavšek	89
<b>Razvoj in implementacija inteligentnega sistema za klasifikacijo in sortiranje krompirja: IPOTATO</b> Taja Pec, Matic Furlan, Žiga Markovič	91

---

<b>Razvoj robotiziranega sistema za obiranje jagodičevja</b> David Žetko, Emil Maltar, Karlo Šarič	<b>93</b>
<b>Testiranje MEMS senzorja</b> Avgust Sakelšek	<b>95</b>
<b>Vizualizacija vodenja hidravličnega cilindra</b> Aljaž Jerenko	<b>97</b>
<b>Izdelava in aktivacija Hasel umetne mišice</b> Miha Ciglarič	<b>99</b>
<b>Sistem za daljinski (IoT) nadzor sistemov električnega plovila</b> Erik Voh	<b>101</b>

VS

MEHATRONIKA





# ENERGETSKO SAMOOSKRIBNA SVETLOBNA TABLA: STROJNA OPREMA

LEO ŽUGEČ, DINO DOMISLOVIĆ-BRKIĆ, MARTIN DEGAČ  
*Letnik: 2., Projekt I*

doc. dr. **Alenka Hren**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorja**

Cilj našega projekta je izdelati LED tablo s prilagodljivo količino svetlobe, ki služi kot platforma za oglaševanje različnih institucij.

Kot napajanje naše table smo naročili LiFePO<sub>4</sub> baterije, katerih funkcije upravlja BMS (Baterijski upravljavski sistem). Baterije polnimo s pomočjo sončnega panela, ki smo ga povezali preko sistema Victron MPPT, ki nam omogoča dodatno optimizacijo polnjenja baterij. Za način osvetljevanja table smo izbrali LED module za osvetlitev ozadja, ki imajo širokokotne, a kratke svetlobne žarke, ki enakomerno osvetlijo platno, na katerem je natisnjen logo institucije. Zamisel je, da količino svetlobe avtomatsko upravlja mikrokontroler ESP-32-S3 glede na doba dneva, stanje baterije in količino svetlobe zunaj. Na žalost baterije niso prispele pravočasno in nismo mogli dobiti električarja, da bi potegnili kable na streho fakultete, kjer bi se solarni panel nahajal. Zato našo tablo ročno upravljamo s PŠM vezjem, ki smo ga sami izdelali. Izbrali smo dobro znan slogan "Pridi na FER!".

Zahvaljujoč temu projektu smo se naučili mnogo novih stvari na področju elektronike, oblikovali smo praktičen primer nečesa, kar je koristno v vsaki instituciji, ki se želi oglaševati ali pokazati znak zahvale svojim sponzorjem. Zato menimo, da je ta projekt uspešen, saj smo razširili svoje znanje in ustvarili nekaj, kar se lahko zelo enostavno uporablja v vsakodnevnih situacijah. Žal nam je le, ker nam ni uspelo dokončati celotnega projekta tako, kot je bil zamišljen.



Slika 1: PŠM tiskano vezje

Vir: lasten



Slika 2: Tabla na fakulteti

Vir: lasten

**Ključne besede:** LED svetlobna tabla, LiFePO<sub>4</sub> baterije, BMS, MPPT, LED moduli za osvetlitev ozadja, PŠM tiskano vezje

# MIKROKRMILNIŠKI SISTEM ZA VODENJE ENERGETSKO SAMOOSKRBNE SVETLOBNE TABLE

GABRIEL URŠANIĆ, SIMON ROŽĐAK

*Letnik: 2., Projekt I*

doc. dr. **Alenka Hren**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorja**

Naloga je zahtevala uporabo mikrokrmilnika ESP32-S3 za vodenje energetske samooskrbne svetlobne table z izvajanjem določenih funkcij. Glavni cilj je bil razviti program, ki bi se prilagajal različnim parametrom, pridobljenim s senzorji ali preko komunikacije z drugimi komponentami.

Prvi in ključni parameter je bil odstotek napolnjenosti baterije, ki se je pridobil preko serijske komunikacije s polnilcem baterije (Victron Energy MPPT). Posebno pozornost smo namenili načinu komunikacije, protokolu in frekvenci komunikacije ter vzpostavitvi povezave za pridobivanje in obdelavo podatkov o stanju napolnjenosti baterije.

Drugi parameter je bila časovna informacija, ki se je nanašala na delovni čas fakultete. Za zagotovitev pravilnega delovanja programa smo razvili program za pridobivanje in obdelavo informacij o času in dnevu ter ustrezno reakcijo na te podatke.

Tretji parameter je vključeval osvetljenost prostora, merjeno s senzorjem osvetljenosti. Raziskali smo, kakšne podatke bo senzor posredoval in kako jih program interpretira.

Na podlagi zbranih podatkov je program upravljal osvetlitev s pomočjo pulzno-širinske modulacije (PWM), pri čemer smo določili ustrezno frekvenco in območje krmilnega signala.

Posebno pozornost smo namenili zagotavljanju, da se baterija ne izprazni popolnoma, saj sistem deluje neodvisno od omrežne napetosti.

**Ključne besede:** ESP32-S3, baterija, napolnjenost, senzor osvetljenosti, pulzno-širinska modulacija

# VODENJE VIRTUALNIH PROCESOV: ZALOGOVNIK

PATRIK KOŽAR, MAJ ČERNE, LUKA DERENČIN

*Letnik: 2., Projekt 1*

doc. dr. Alenka Hren

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko računalništvo in informatiko  
mentorica

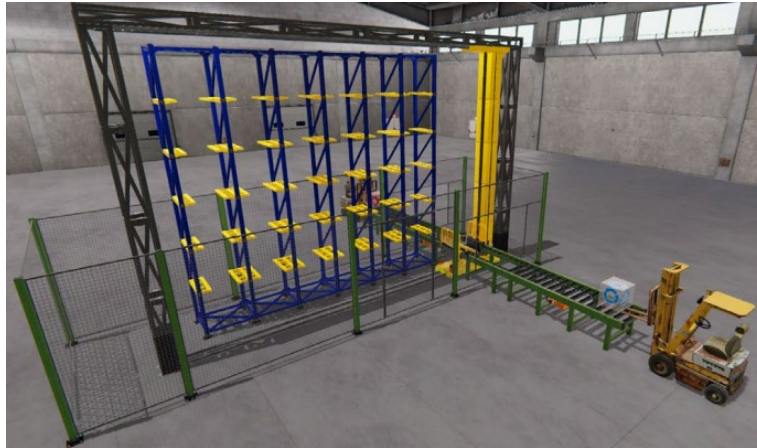
Za projekt »Vodenje virtualnih procesov s pomočjo realnega krmilnika« smo v programskem okolju TIA Portal in Machines Simulator sprogramirali napravo, ki izvaja avtomatsko nalaganje in razlaganje palet v regalnem skladišču.

V programskem okolju TIA Portal smo izdelovali oz. pisali program, ki smo ga naložili na logični krmilnik, ki je nato izvajal krmilno nalogo. Krmilnik, ki smo ga uporabili je bil Siemens S7-1200 s strojno opremo 1214C DC/DC/DC.

V programskem okolju Machines Simulator smo na že vnaprej kreirani napravi (»Machine«) izvedli sekvence nalaganja in razlaganja palet v regalnem skladišču.

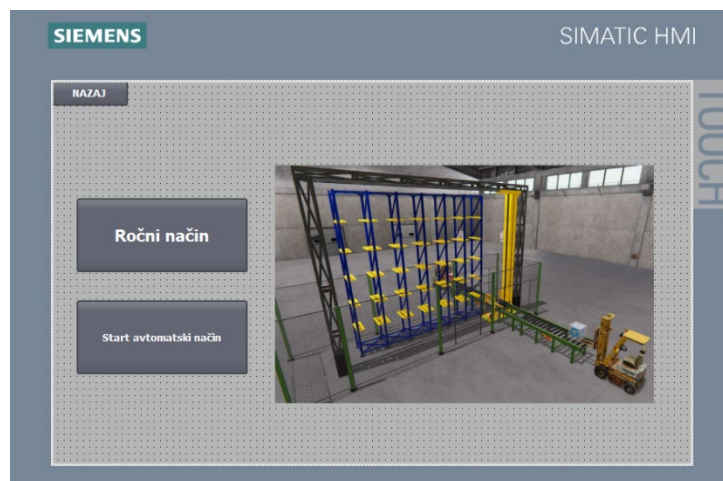
Machines Simulator je ukaze iz krmilnika dobival s pomočjo vhodno/izhodne kartice Phidget Interface Kit, ki ima prav tako kot krmilnik, določeno število vhodov in izhodov.

Program deluje periodično in sicer tako, da se najprej izvede transport palete na izbrano odlagalno mesto, nato pa še transport iste palete do izhodnega odlagalnega mesta. Izdelana aplikacija vsebuje tudi HMI (»Human-Machine Interface«) zaslon, na katerem se nahajata tipki Start in Stop, ter vnosno polje, s katerima se določi pozicija odlagalnega mesta.



Slika 1: Regalno skladišče v Machines Simulator-ju

Vir: lasten



Slika 2: Začetni HMI zaslon

Vir: lasten



Slika 3: HMI zaslon

Vir: lasten

**Ključne besede:** TIA Portal, Machines Simulator, krmilnik, zalogovnik, HMI zaslon



# VODENJE VIRTUALNIH PROCESOV: PALETIZER

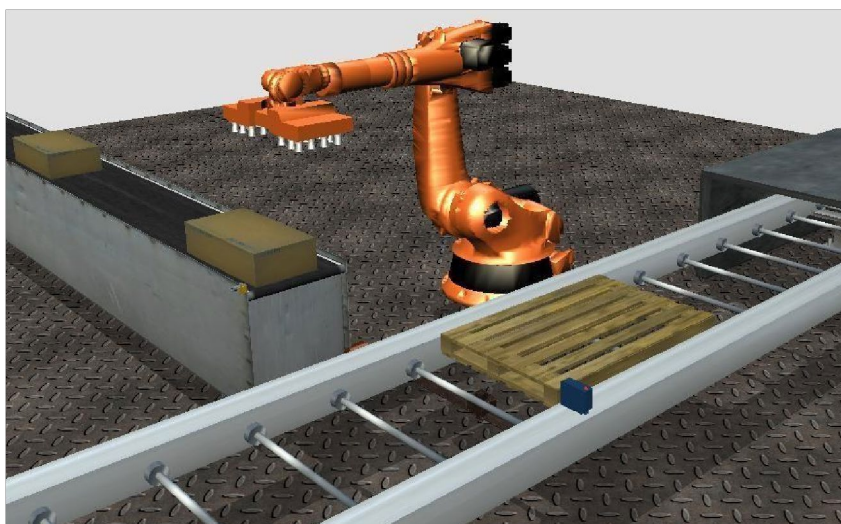
JURIJ ŽNIDARIČ, FLORIJAN ŠTUKELJ

*Letnik: 2., Projekt I*

doc. dr. **Alenka Hren**

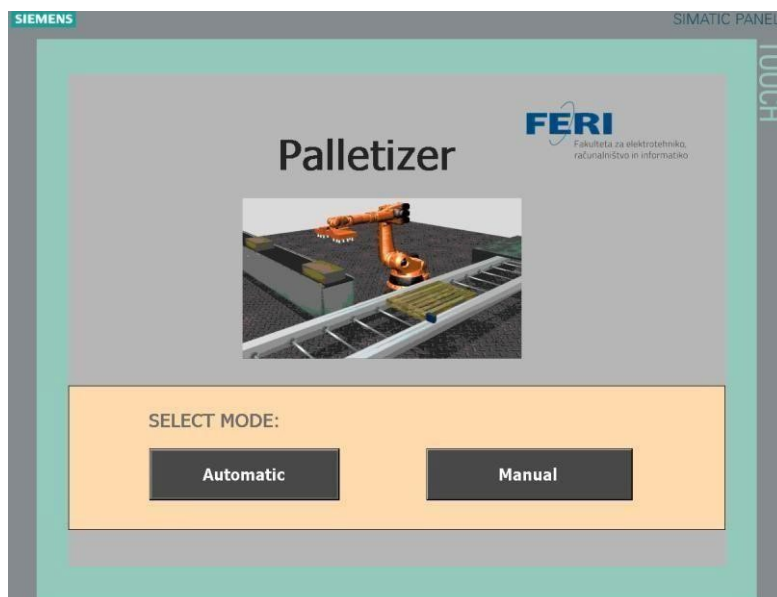
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorica**

Izbrala sva projekt Paletizer. Po navodilih sva sestavila program za avtomatski način delovanja, nato pa še HMI za spremljanje avtomatskega načina in krmiljenje celotnega sistema v ročnem načinu. Uporabila sva že obstoječo simulacijo v Machine Simulatorju. Cilj projekta je, da robotska roka zloži štiri škatle, ki pridejo po tekočem traku do nje, na paletu. Škatle na paleti morajo biti na pravih pozicijah. Ko je paleta polna, se odpelje naprej. Nato pride nova paleta. V ročnem načinu lahko vse krmilimo ročno in spremljamo vrednosti senzorjev ter lokacijo robotske roke.



**Slika 1: Simulacija robotske roke**

Vir: lasten



**Slika 2: Simulacija robotske roke**

Vir: lasten

**Ključne besede:** TIA portal, Machine Simulator, HMI



# ROBOTSTUDIO: SIMULACIJA VARJENJA Z ARCWELDING POWERPAC

ŽAN DEBELEC, KEVIN ŠTUKELJ POVH, STAŠ DOBERŠEK

*Letnik: 2., Projekt I*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

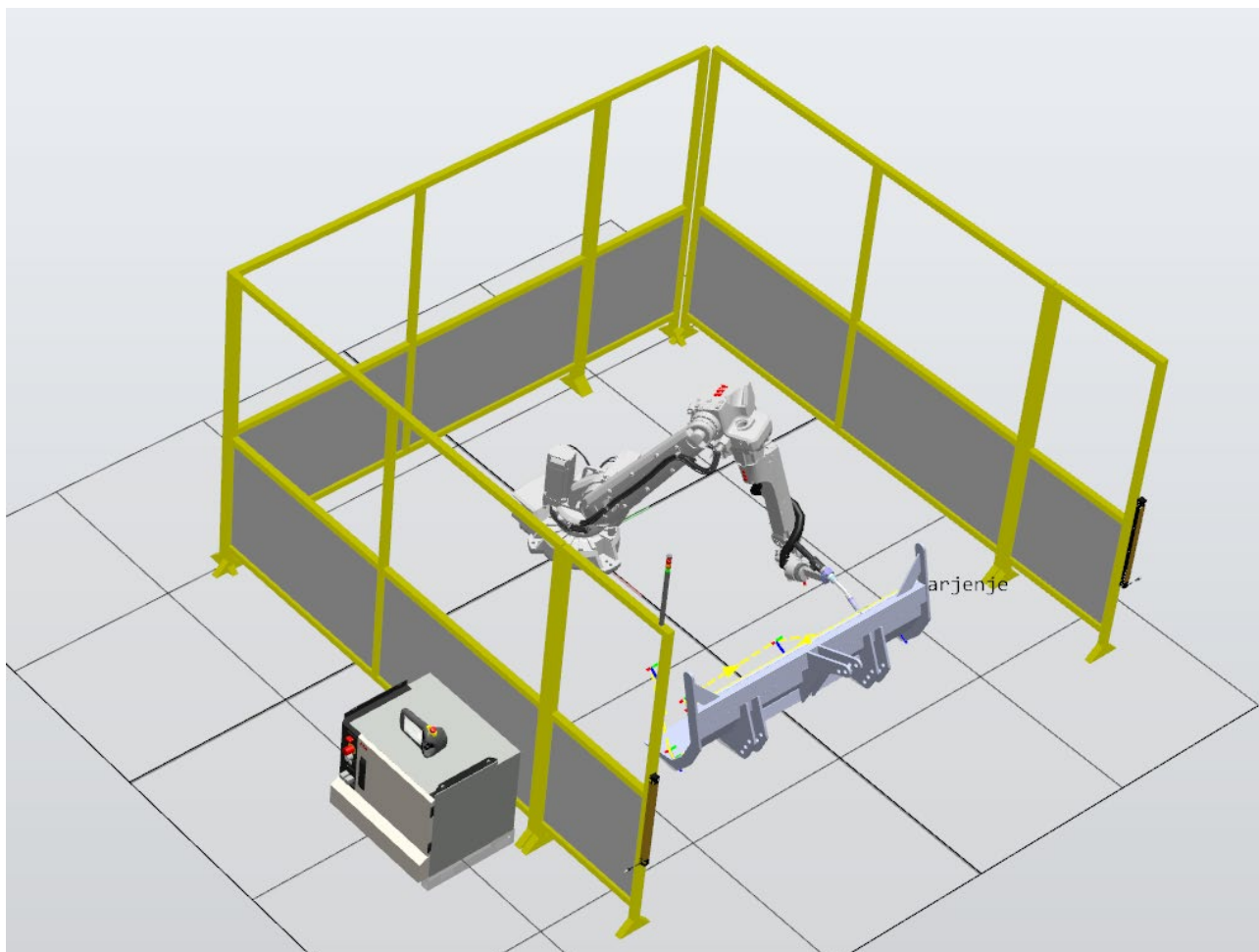
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorja**

Glavna tema naloge pri predmetu Projekt I. je bilo spoznavanje s programom Robot studio in raziskovanje dodatne programske opreme za ustvarjanje varilnih poti z imenom Powerpac. Končni cilj je bila izdelava procesne poti za MIG postopek varjenja na konkretnem industrijskem primeru v virtualni obliki. V našem primeru je to bila varilna celica za varjenje traktorske rampirne deske.

Po začetnih vadbah in spoznavanjem s programom RobotStudio je bil čas za nadgradnjo z dodatno programsko opremo Powerpac. Sprva se je ustvarila testna varilna proga na preprostih geometrijskih telesih in nato nadgradnja na primeru rampirne deske. Za kreiranje ustrezne procesne poti je ključna izbira robota. V našem primeru ABB 2600ID z Binzel air orodjem za MIG postopek varjenja. Dolg doseg ima pri izbiri velik pomen za doseganje vseh varilnih točk. Ob pomoči in nekaj predznanja je kreiranje proge relativno enostavno. V poročilu smo predstavili celoten postopek ustvarjanja procesne poti korak za korakom. Uspelo nam je tudi, da robot vari z opcijo vzorčenja in ne samo v ravni liniji.

Z majhnimi popravki bi projekt zanesljivo izvedli tudi na realni celici v realnem okolju.



**Slika 1: Varilna celica**

Vir: lasten

**Ključne besede:** RobotStudio, Powerpac, varjenje, rampirna deska

# ROBOTSTUDIO – UPORABA OPC UA PROTOKOLA ZA KOMUNIKACIJO S SIEMENS S7-1500

VID PLAJNŠEK, TIMOTEJ KRAJNC

*Letnik: 2., Projekt I*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorja**

V okviru projekta I smo razvili virtualno robotsko celico za paletizacijo s pomočjo programa RobotStudio in vzpostavili komunikacijo s Siemens S7-1500 krmilnikom preko OPC UA protokola. Celotno delo je obsegalo oblikovanje in programiranje robotske celice, ki je bila sposobna izvajati paletizacijske operacije v industrijskem okolju z visoko stopnjo zanesljivosti in varnosti. Povezavo serverja OPC protokola smo najprej testirali s pomočjo orodja UA Expert, kar je omogočilo preverjanje in optimizacijo komunikacije pred dejansko uporabo v sistemu. Robot je bil programiran tako, da se lahko v primeru nenadne zaustavitve varno vrne v izhodiščno stanje, kar je zahtevalo skrbno načrtovanje in implementacijo varnostnih ukrepov. Krmilnik Siemens S7-1500 je nadzoroval štetje komadov in zagotavljal nemoteno delovanje celice. Dodatno smo ustvarili grafični HMI vmesnik v TIA Portalu, preko katerega smo krmilili celoten sistem, kar je omogočilo bolj intuitivno upravljanje in nadzor nad operacijami. Ta integracija in testiranje celotnega sistema v simuliranem industrijskem okolju so pokazali učinkovito delovanje z močno poudarjeno zanesljivostjo in varnostjo.

**Ključne besede:** virtualna robotska celica, RobotStudio, Siemens S7-1500, OPC UA protokol, HMI vmesnik



# ROBOTSTUDIO: UPORABA SAFEMOVE OPCIJE

FRAN TESLA, HRISTINA NIKOLOVSKA, ANDRIJA VUKIĆ

*Letnik: 2., Projekt I*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

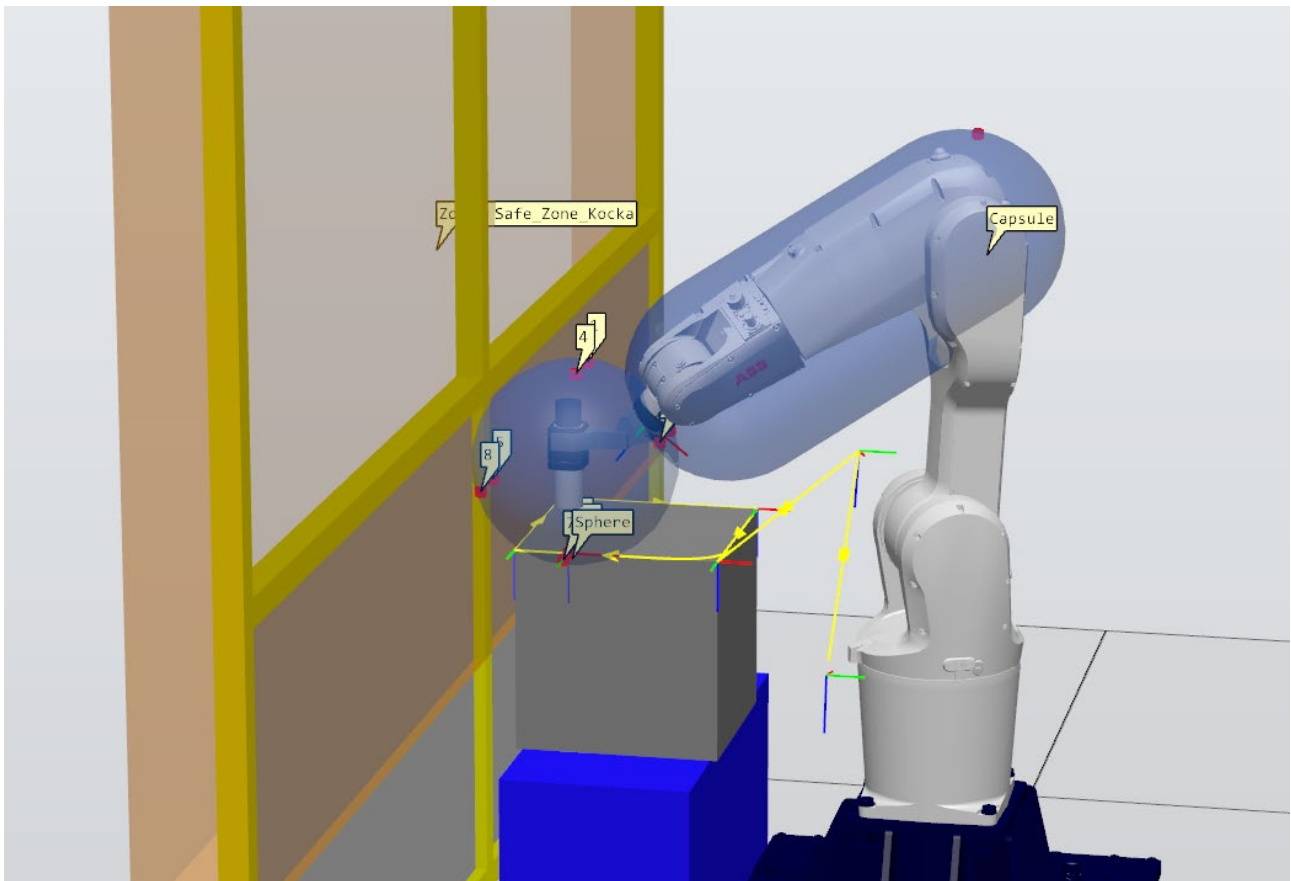
**mentorja**

Potrebno je bilo uporabiti funkcijo SafeMove programskega paketa RobotStudio, s katero izboljšamo varnost robota, izvajanje dela, poseganje človeka v robotsko celico.

Program smo razvijali v programskem okolju RobotStudio s pomočjo industrijskega robota ABB IRB 1200. Vse kar smo delali, smo izvedili s simulacijami (offline mode) realni robot nima SafeMove opcije.

Za uporabo funkcije SafeMove na dejanskem robotu bi bilo potrebno nadgraditi obstoječega robota s programirljivim varnostnim logičnim krmilnikom, kar bi predstavljalo veliko finančno zahtevo. Zaradi tega smo se odločili, da projektno nalogo naredimo samo programsko (s simulacijo). Na začetku smo se ukvarjali z uporabo programskega okolja RobotStudio tako, da smo reševali tutoriale, ki nam jih je posredoval mentor. Po tem smo začeli s projektno nalogo.

Začeli smo tako, da smo dodali robota in mu namestili orodje. Po tem smo dodali kocko in naredili pot po katerem se orodje robota premika po robu kocke. Nato smo dodali ograjo za katero smo simulirali ustavitev robota. S pomočjo SafeMove funkcije smo dodali na robotu navidezne varnostne oblake (na robotski roki in orodju robota) ter varnostno območje na ograji. Na koncu smo s pomočju funkcije »Tool Position Supervision« naredili, da se robot ustavi kadar varnostni oblak na robotu pride v dotik z varnostnim območjem na ograji. Preverili smo delovanje simulacije. Če se robot približa varnostni ograji, se zaustavi in prepreči trk. Z rezultati smo zadovoljni.



Slika 2: SafeMove simulacija

Vir: lasten

**Ključne besede:** SafeMove, RobotStudio, ABB IRB 1200, Tool Position Supervision

# ROBOTSTUDIO: ROBOT NA MOBILNI PODLAGI

ALJOŠA TOPOLOVEC POTOČNIK, LAN MALEK, GAŠPER BEZJAK

*Letnik: 2., Projekt I*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

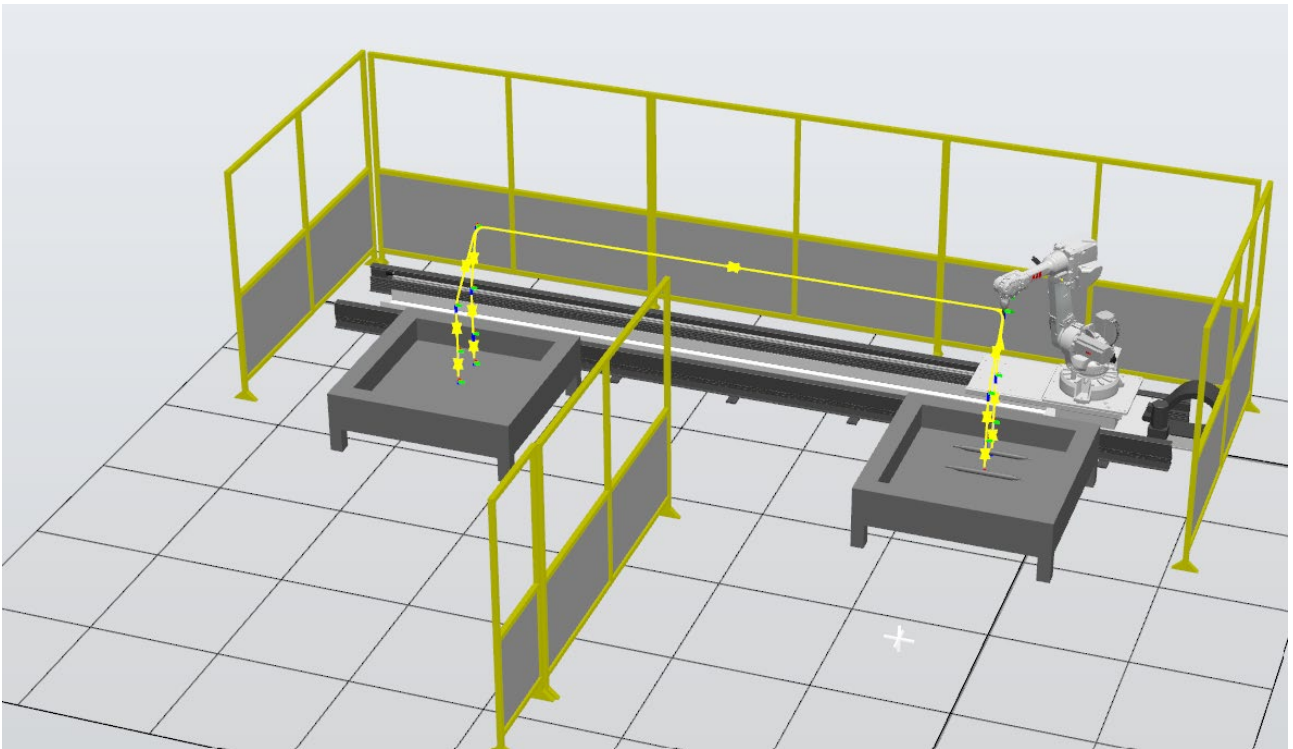
**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorja**

Robot na mobilni podlagi je avtomatiziran sistem, zasnovan za preprosto premikanje izdelkov iz ene lokacije na drugo znotraj določenega prostora. Opremljen je s prijematlom, ki omogoča varno dvigovanje in prenašanje predmetov različnih velikosti in mase. Mobilna podlaga omogoča robotu prosto gibanje po prostoru, kar povečuje njegovo prilagodljivost in učinkovitost pri opravljanju nalog. Robot na mobilni podlagi je lahko programiran za avtonomno delovanje ali pa ga upravlja operater preko daljinskega upravljalnika ali programskega vmesnika. S svojo zmogljivostjo za premikanje izdelkov z ene strani na drugo stran prostora robot na mobilni podlagi izboljšuje učinkovitost in optimizira logistične procese v različnih industrijskih okoljih, kot so skladišča, proizvodne obrate in distribucijski centri.

Po uvodnih vadnicah in osnovnem spoznavanju z orodjem RobotStudio smo načrtovali lasten projekt. Ustvarili smo virtualno okolje, v katerem bi izvedli našo operacijo. Pri načrtovanju smo morali skrbno izbrati robota, da bi zagotovili kompatibilnost z mobilno podlago. Načrtovali smo premikanje predmetov iz enega zalogovnika v drugega ter upoštevali primerni doseg robota in ustrezno prijemalo. V poročilu smo podrobno opisali celoten postopek oblikovanja procesne poti, pri čemer smo korak za korakom dokumentirali vsak korak. Na koncu smo uspešno izvedli celoten linijski premik predmetov med zalogovniki.



**Slika 1: Delovna linija z robotom na mobilni podlagi**

Vir: lasten

**Ključne besede:** Robot-Studio, delovna linija, mobilna podlaga, proces premikanja izdelkov



# VZPOSTAVITEV KOMUNIKACIJE MED SIEMENS KRMILNIKOM IN KUKA ROBOTOM NA PROFISAFE PROTOKOLU

VID PLAJNŠEK, LUKA DERENČIN, TIMOTEJ KRAJNC

*Letnik: 2., Projekt II*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

V okviru projekta 2 smo vzpostavili PROFINET in PROFISafe povezavo med krmilnikom Siemens S7-1516 F in KUKA KRC4 KR16-2 robotom. PROFINET komunikacija je omogočila izmenjavo podatkov med obema napravama, kar je ključno za sinhronizirano delovanje sistema. Poleg tega pa je PROFISafe protokol s pomočjo modula Siemens ET200SP zagotovil varnost celotne celice z robotom KUKA.

Pri projektu smo najprej podrobno preučili PROFISafe protokol ter v WorkVisual-u implementirali vse potrebne parametre, ki jih robot potrebuje za obratovanje s prilagodljivim logičnim krmilnikom. Naša naloga je bila vključitev robota KUKA in ostalih komponent iz elektro omare v TIA Portal-u ter vzpostaviti stabilno komunikacijo preko PROFINET in PROFISafe protokolov, ki sta trenutno najpogosteje uporabljena v industriji. V sistem smo vključili tudi Siemens ET200SP in nanj priključili varnostne komponente, kot so E-stop tipka, semafor in varnostna ključavnica, ter izrisali elektro shemo povezav teh komponent v programu EPLAN. Celotni sistem je bil skrbno testiran v laboratoriju in optimiziran za zagotavljanje varnega delovanja. Zaključek projekta je temeljil na tem, da robot v primeru nenadne zaustavitve ali okvare katere od komponent preide v varnostno stanje.

**Ključne besede:** PROFINET, PROFISafe, Siemens S7-1516 F, KUKA KRC4 KR16-2, TIA Portal



# ROBOTSTUDIO-INTEGRATED VISION

GAŠPER BEZJAK, LAN MALEK, ALJOŠA TOPOLOVEC POTOČNIK

*Letnik: 2., Projekt II*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

V projektni nalogi smo raziskovali komunikacijo med dvema robotoma UR (Universal Robots) in njen vpliv na optimizacijo industrijskih procesov. Cilji so zajemali spoznavanje robota, premikanje, prenos koordinat med robotoma, komunikacijo, sodelovanje in sinhronizacijo gibov ter izboljšanje in optimizacijo sistema. Najprej smo pregledali tehnične specifikacije robota UR, programsko opremo in varnostne ukrepe. Nato smo programirali osnovne gibe in testirali premike, vključno s kalibracijo. Pri prenosu koordinat smo definirali sisteme za oba robota, prenesli podatke in sinhronizirali gibe. Komunikacija med robotoma je vključevala nastavitev omrežja in testiranje protokolov. Sodelovanje med roboti smo dosegli s programiranjem nalog, kjer oba robota delujeta skupaj, s posebnim poudarkom na varnosti. Za izboljšanje sistema smo predlagali prenos koordinat iz kamere neposredno na drugega robota, kar bi odpravilo nepotrebne gibe in povečalo učinkovitost. Predlagali smo tudi vključitev tekočega traku za avtomatizacijo in optimizacijo proizvodnega procesa, kar bi zmanjšalo časovne izgube in povečalo produktivnost.

Metodologija je vključevala teoretični in praktični del, od študija literature do programiranja in optimizacije sistema. Časovni načrt je vseboval šest tednov, vsak teden pa je bil namenjen doseganju specifičnih ciljev. V zaključku smo povzeli ugotovitve, izpostavili pomen učinkovite komunikacije ter podali priporočila za nadaljnje raziskave. Literatura je vključevala tehnično dokumentacijo, strokovne članke, priročnike in akademske raziskave.



**Slika 1: Robota in delovna podlaga**

Vir: lasten

**Ključne besede:** UR robot, sodelovanje robotov, strojni vid, delovno območje

# KONCEPT PAMETNE TOVARNE V LABORATORIJU

ŽAN DEBELEC, STAŠ DOBERŠEK, KEVIN ŠTUKELJ POVH

*Letnik: 2., Projekt II*

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Mitja Golob**, mag. inž. meh.

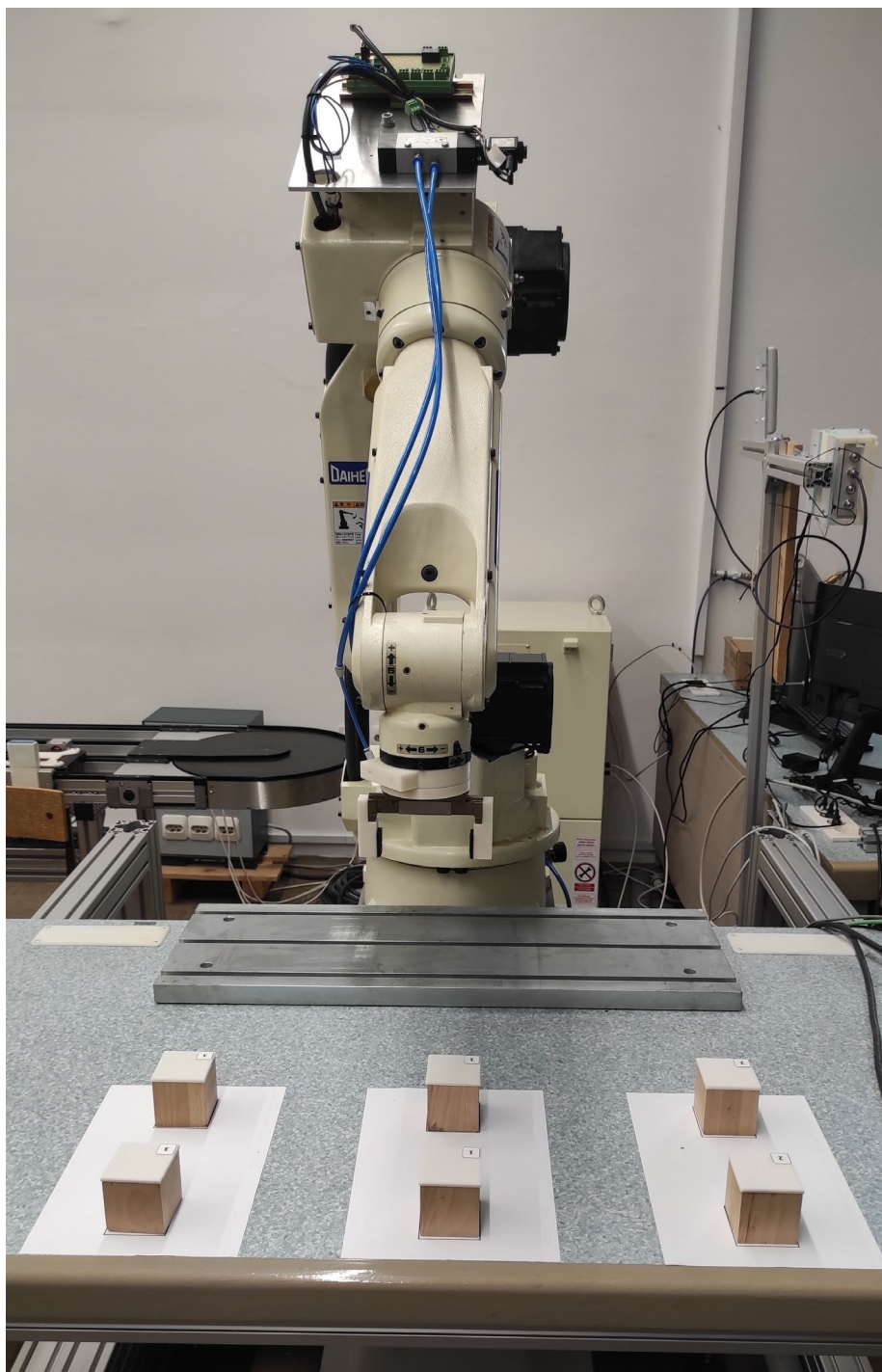
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorji**

Pametna tovarna sloni na konceptu industrije 4.0, ki pod svojim okriljem združuje visoko integrirane, digitalizirane in avtomatizirane načine proizvodnje z interakcijo različnih tehnologij in sistemov. Pametna tovarna torej povezuje pametne izdelke, procese in sisteme v enoten fizično – kibernetični sistem. Pametne tovarne so tako v primerjavi s klasičnimi bolj učinkovite, inteligentne, fleksibilne in avtonomne. Osnovni namen projekta je bil povezati različne komponente v enoten sistem ter prikazati delovanje na praktičnem industrijskem primeru. V okviru projekta je bila tako uporabljena že obstoječa oprema, ki se nahaja v Laboratoriju na industrijsko robotiko (industrijska robota Motoman HP6 in Daihen FD-V6 ter Bosch TS1 transportni trak z nadzornim Siemens S7-1200 PLC krmilnikom), dodatno pa smo v sistem vključili še čitalec črtne kode Sick CLP510-2000, s pomočjo katerega smo detektirali tip izdelka na transportnem traku. Za namen povezave čitalca črtne kode na sistemski Mitsubishi FX3GE PLC krmilnik smo vključili še pretvornik WIZ750SR-110 (RS-232/RJ-45), ki smo ga predhodno ustrezno konfigurirali ter dodatno še ustrezno modificirali že obstoječ algoritem vodenja na sistemskem PLC krmilniku. V okviru projekta sta bila pripravljena prav tako tudi robotska programa za oba industrijska robota, pri čemer je imel industrijski robot Motoman vlogo manipulatorja, ki pobira izdelke z delovne mize in jih odlaga na transportni trak, medtem ko pa je industrijski robot Daihen imel vlogo manipulatorja, ki je izdelke pobiral iz transportnega traku in nato glede na informacije iz čitalca črtne kode, razvrstil na ustrezno odlagalno mesto na delovni mizi.



Slika1: Robotska roka Daihen FD-6V po končanem razvrščanju

Vir: lasten

**Ključne besede:** WIZNET, RS-232, Mitsubishi FX3GE, razvrščanje, avtomatizirana linija



# RAZPOZNAVANJE IN SORTIRANJE IZDELKOV S POMOČJO ROBOTA UR5 IN BRALNIKA ČRTNIH KOD

FLORIJAN ŠTUKELJ, JURIJ ŽNIDARIČ

*Letnik: 2., Projekt II*

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Mitja Golob**, mag. inž. meh.

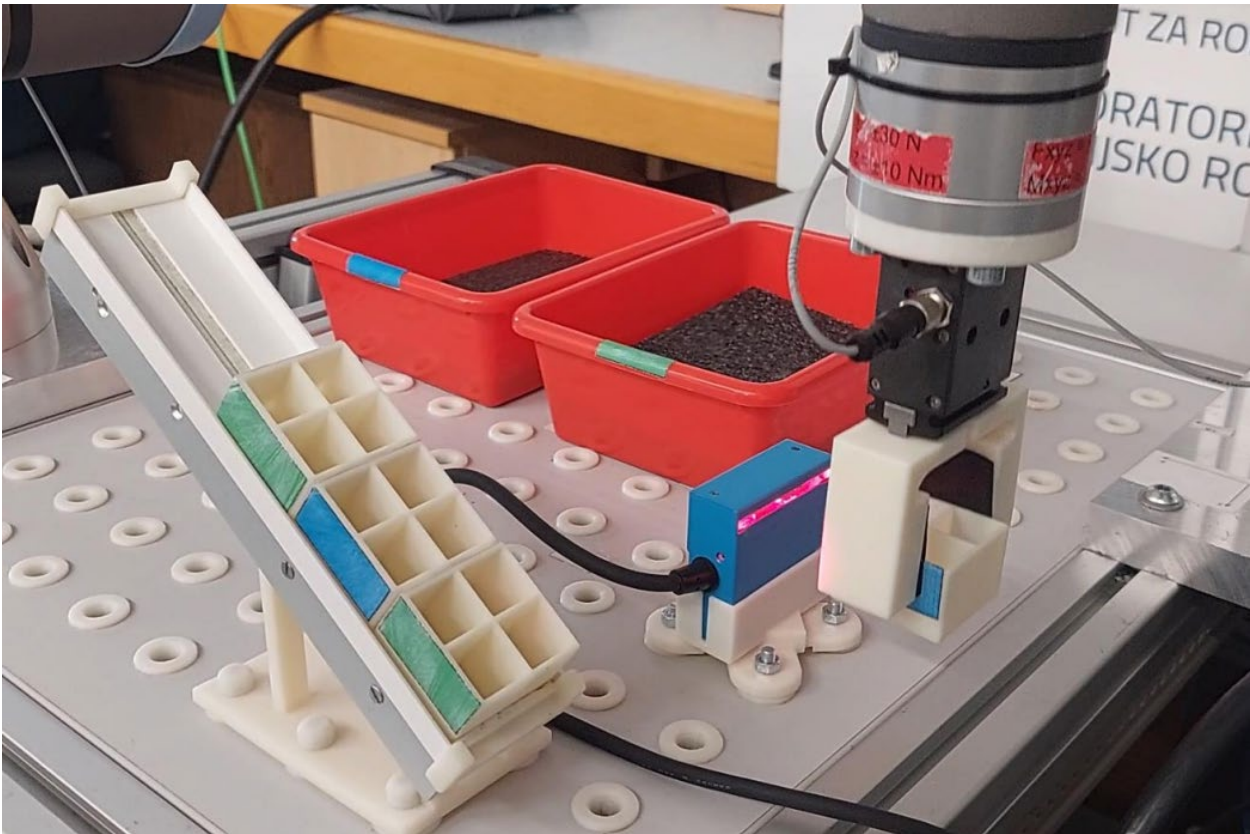
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorji**

V industriji se danes veliko uporabljajo kolaborativni roboti, saj so ti prilagojeni za sodelovanje s človekom in se uporabljajo za zelo raznolike naloge, ki zajemajo od pomoči pri sestavljanju do sortiranja majhnih predmetov, preverjanja kakovosti izdelkov ipd. Na ta način se ljudi lahko razbremenijo takšnih in podobnih ročnih ter monotonih opravil. V okviru projekta je bilo treba izvesti prepoznavo in sortiranje različnih izdelkov (izdelki opremljeni z različnimi črtnimi kodami) na ustrezno odlagalno mesto s pomočjo kolaborativnega robota in bralnika črtne kode. Pri projektu je bila tako uporabljena že obstoječa strojna oprema, ki se nahaja v Laboratoriju na industrijsko robotiko (kolaborativni robot UR5 z nameščenim električnim prijemalem, bralnik črtne kode Sick CLP510-2000, nadzorni PLC krmilnik Siemens S7-1200) ter ostala pripadajoča oprema. Za namen povezave bralnika črtne kode in nadzornega PLC krmilnika smo vključili še pretvornik WIZ750SR-110 (RS-232/RJ-45), ki smo ga predhodno ustrezno konfigurirali. V okviru projekta smo pripravili nadzorni program, ki teče na PLC krmilniku in skrbi za povezavo bralnika črtne kode - PLC krmilnik – robotski krmilnik. Za potrebe robotske manipulacije je bilo treba še pripraviti robotski program, ki smo ga pripravili v namenskem programskem okolju RoboDK. V zaključku projekta je sledilo še testiranje in optimiranje na realnem sistemu.



Slika 1: Avtomatiziran sistem razvrščanja kock

Vir: lasten

**Ključne besede:** TIA portal, bralnik črtnih kod, robotska roka – UR5



# AVTOMATIZIRANO RAZVRŠČANJE PREDMETOV Z BECKHOFF KRMILNIKOM IN RAČUNALNIŠKIM VIDOM (AVTOSORT)

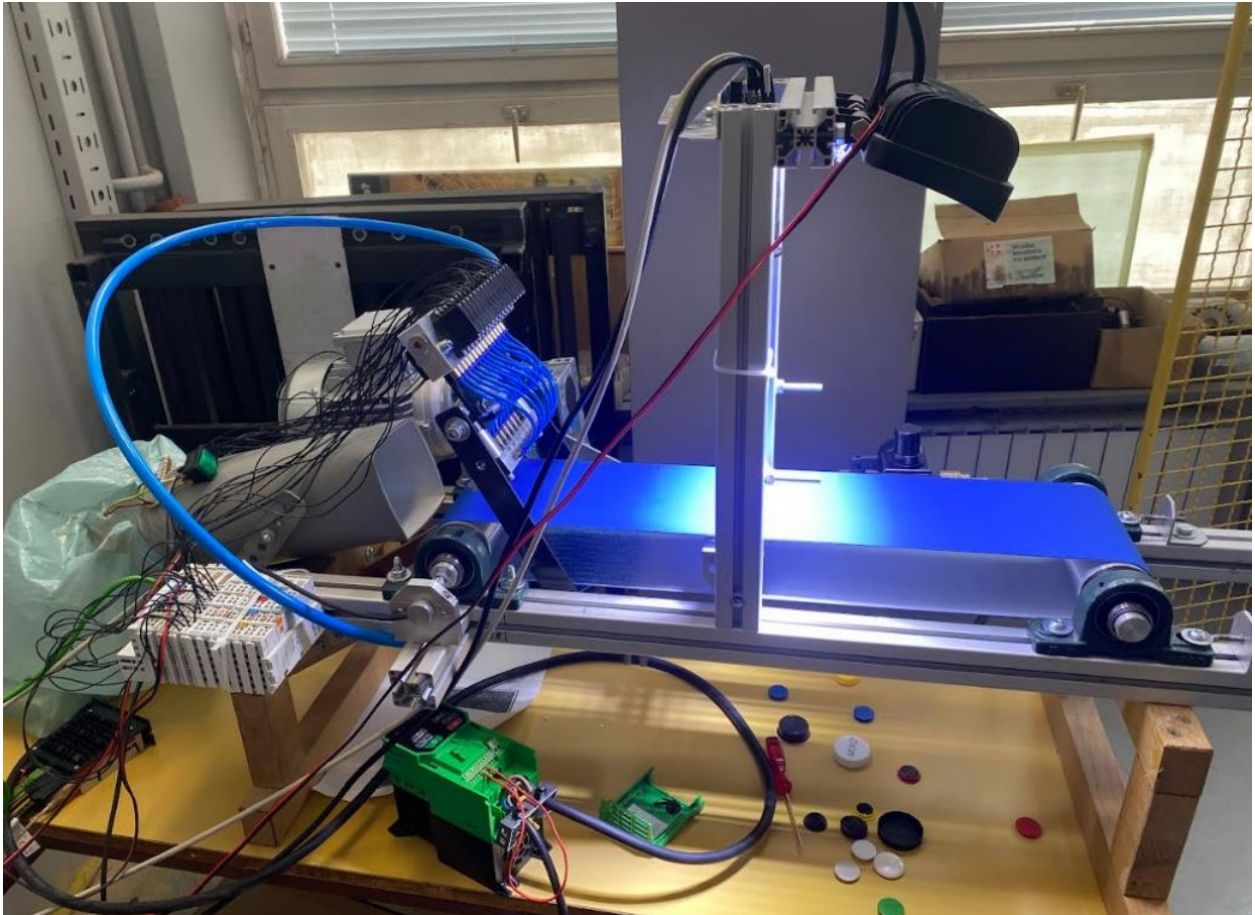
MAJ ČERNE, PATRIK KOŽAR

*Letnik: 2., Projekt II*

izr. prof. dr. **Simon Klančnik**  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

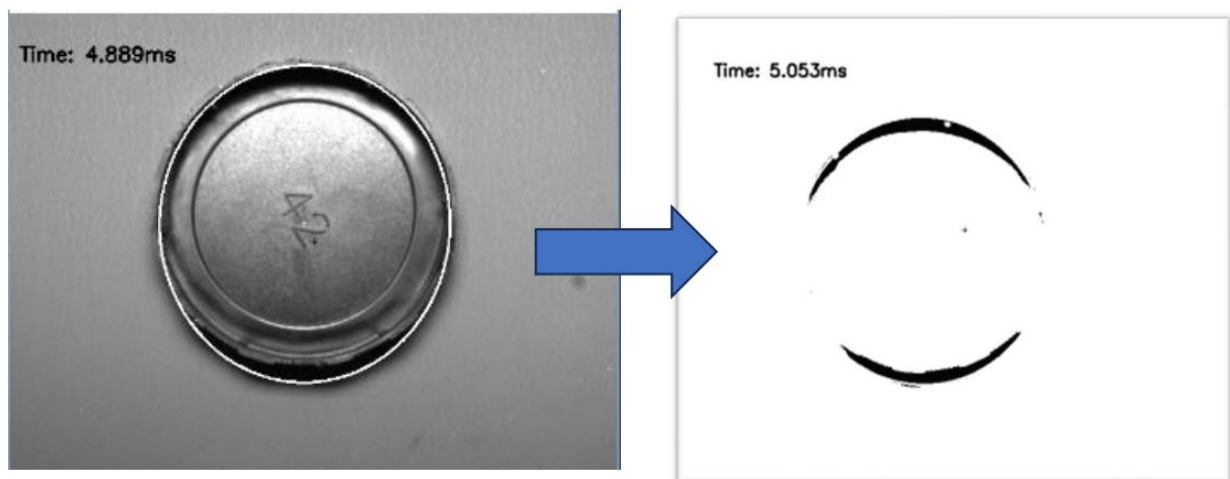
red. prof. dr. **Riko Šafarič**  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorja**

Projekt AvtoSort je bil usmerjen v raziskovanje in implementacijo avtomatiziranega razvrščanja predmetov z uporabo Beckhoffove strojne opreme in tehnologij računalniškega vida. Osredotočili smo se na Beckhoffov industrijski PC (PC-C6015-0010) in Baslerjevo kamero acA640-300gm. Naš cilj je bil razviti in testirati sistem strojnega vida za manipulacijo predmetov - specifično zamaškov - z uporabo zraka. Za realizacijo smo uporabili Beckhoffov I/O modul (EK1100), ki je omogočal nadzor nad elektropnevmatskimi ventili. Ti ventili so po zaznavi zelenih zamaškov s strojnim vidom odpihovali zamaške na predvideno rampo. Proces zaznavanja je vključeval zajem slik z Baslerjevo kamero, ki smo jih nadalje obdelali s funkcijo "F\_VN\_Threshold". Ta funkcija je transformirala slike v črno-belo, kar je olajšalo zaznavanje oblik. Nadaljnje zaznavanje je potekalo s funkcijo "F\_VN\_LocateEllipse", ki je omogočila lociranje centrov krogov na obdelani sliki in s tem natančno sprožitev potrebnih ventilov. Projekt AvtoSort je tako združil napredne tehnologije strojnega vida in avtomatizacije ter prikazal možnosti njihove uporabe v industrijskih aplikacijah.



Slika 1: Končen produkt projekta

Vir: lasten



Slika 2: Obdelava s treshold funkcijo

Vir: lasten

**Ključne besede:** razvrščanje predmetov, strojni vid, Beckhoff krmilnik

# KINEMATIČNO UMERJANJE SERIJSKEGA ROBOTA Z LASERSKO SLEDILNO NAPRAVO

ANDRIJA VUKIĆ, HRISTINA NIKOLOVSKA

*Letnik: 2., Projekt II*

doc. dr. **Janez Gotlih**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorji**

Cilj projekta je bil umeriti industrijskega robota ABB IRB1200 s pomočjo laserske sledilne naprave FARO Tracker Vantage E6 Max. Laserska sledilna naprava deluje tako, da pošlje laserski žarek do kroglnega retroreflektorja (SMR), ki žarek odbije nazaj do naprave, kar omogoča določitev položaja SMR-ja v prostoru.

Za izvedbo projekta je bilo potrebno razviti in izdelati prijemalo za namestitev SMR-jev na prirobnico robota. Prijemalo smo izdelali po naslednjih postopkih: lasersko odrezovanje, čelna poravnava, zunanje struženje, notranje struženje, posnemanje robov, poliranje valja, žaganje, vrtanje, varjenje in barvanje. Postopek umerjanja je bil izveden v programskem okolju FaroCAM2, kjer se je pripravil in izvedel program za gibanje robota, zajem meritev in preračun korekcijskih faktorjev.

Postopek kalibracije je bil načrtovan v treh glavnih korakih: kalibracija baze, kalibracija orodja in kalibracija robota. Vsaka faza je bila pomembna za zagotovitev natančnosti in pravilnega delovanja robota v industrijskem okolju.

Projekt smo zaključili z izvedbo meritev in postopkom kalibracije. Naslednji koraki vključujejo podrobnejšo analizo rezultatov in nadaljnji razvoj sistema za umerjanje industrijskega robota s pomočjo laserske sledilne naprave. Te naloge bomo nadaljevali v naslednjem šolskem letu kot del diplomske naloge.



**Slika 1: Robot ABB, adapter in reflektorji**

Vir: lasten

**Ključne besede:** industrijski robot, laserska sledilna naprava, kalibracija, prijemalo za SMR

# KRMILJENJE PNEVMATSKEGA SISTEMA S PROGRAMSKIM KRMILNIKOM PC WORX SRT IN KOMUNIKACIJSKIM VMESKOM

ŽIGA ZAGOREC, GAŠPER VEGEL, NIK ŠKORJA

*Letnik: 2., Projekt II*

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Goran Munđar**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

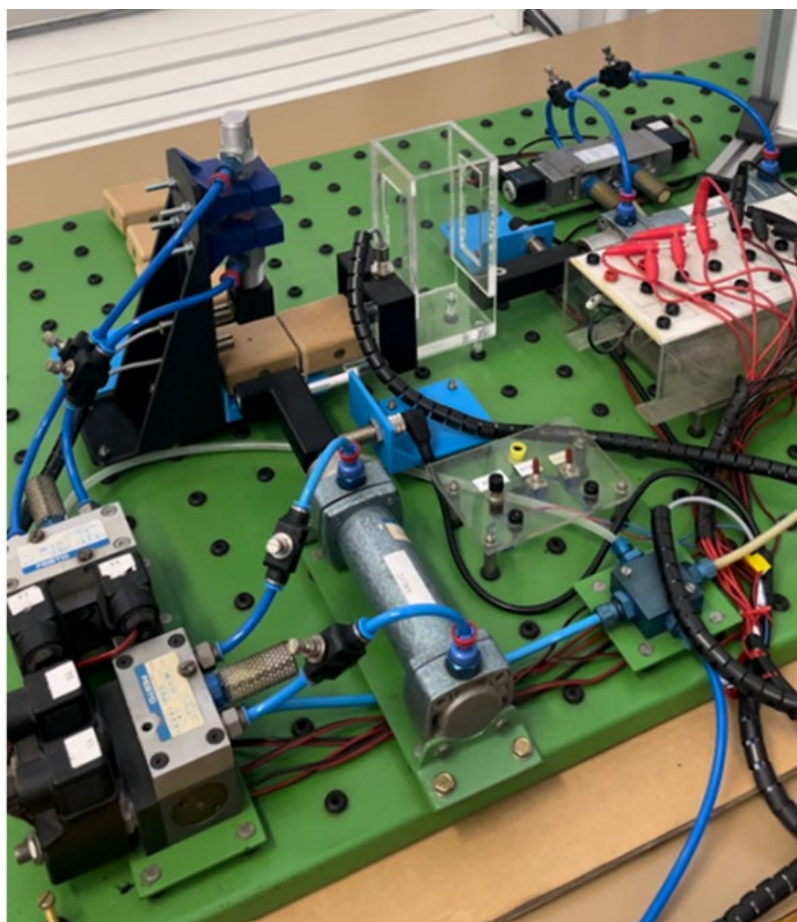
izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorji**

Predstavljen je bil obstoječ transportni sistem, katerega naloga je bila transportiranje paketov iz zalogovnika po zastavljeni trajektoriji. Naša naloga je bila, da obstoječi sistem izboljšamo, saj je vseboval kar nekaj pomanjkljivosti kar se tiče same postavitve oziroma izvedbe ter posledično tudi programske kode. Obstoječi sistem je deloval dokaj enostavno. In sicer so se trije cilindri s pomočjo ventilov premikali v določenem zaporedju tako, da je kocka oz. paket iz zalogovnika prišla do končne točke. Zaporedje premikanja valjev je bilo določeno v programski kodi, vendar pa so bile časovne zakasnitve med posameznimi akcijami v kodi (sprožitvami valjev) narejene tako, da so bili uporabljeni zakasnitveni bloki. Ta način programiranja je zelo nezanesljiv, saj ni nobenega indikatorja, ki bi lahko zagotovil, da je batnica valja prišla v svojo iztegnjeno lego in nato tudi v svojo izhodišče. Tak sistem je zato podvržen velikemu tveganju za nezaželene okvare. Sistem smo izboljšali tako, da smo vključili indikatorje, ki preverjajo stanja batnic. Uporabili smo induktivne senzorje, saj zavzamejo malo prostora in so enostavni za namestitev. Poleg tega smo tudi spremenili sam proces sistema. Naš novi sistem je deloval tako, da je prvi valj potisnil kocko iz zalogovnika do točke, kjer je drugi valj, ki je bil postavljen pravokotno na površino simuliral odtis štipalnice. Ko je bil ta del končan, je tretji valj potisnil kocko iz platforme. Postopek se je ponovil tolikokrat, dokler se zalogovnik ni izpraznil. Prav tako smo izdelali stojalo za valj, ki je simuliral odtis štipalnice ter stojalo za vse senzorje in vse nastavke, ki so bili nameščeni na batnice valjev. Modele smo zmodelirali v programskem



okolju SolidWorks ter nato izdelali s pomočjo tehnologije 3D tiskanja. Material, ki smo ga uporabili, je bil PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol). PETG je trši od navadnega PLA-ja in zato smo lahko v nastavke za batnice vrezali navoje, ne da bi uporabili navojne vložke. Na vsak konec nastavka za batnice smo vstavili kovinske podložke, ki jih je induktivni senzor zaznal, ko se je valj pomaknil v končen oz. prvoten položaj. V sistem smo dodali še enosmerne dušilke, ki jih obstoječ sistem ni vseboval. Z njimi smo lahko nastavljali hitrost premikanja batnic. Krmilje je bilo sestavljeno iz PC/programskega krmilnika, ki je bil preko UTP kabla povezan na komunikacijski vmesnik, preko katerega smo nato krmilili vse izhode in zaznavali signale iz vhodov. Program smo napisali v LAD obliki. V programski kodi smo se tako znebili zakasnitvenih blokov in namesto njih uporabljali signale, ki so prihajali iz induktivnih senzorjev.



**Slika 1: Obnovljen transportni sistem**

Vir: lasten

**Ključne besede:** krmiljenje, komunikacijski vmesnik, PC Worx SRT, induktivni senzor

UN

MEHATRONIKA





# AVTONOMNI MOBILNI ROBOT

IVAN LAZIĆ, MARKO KOVAČEC, TILLEN EKART,  
ALEX PAVALEC, NIK ANTAŠA, JURE ŽUNKOVIČ

*Letnik: 2., Projekt 1*

doc. dr. **Darko Hercog**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorja**

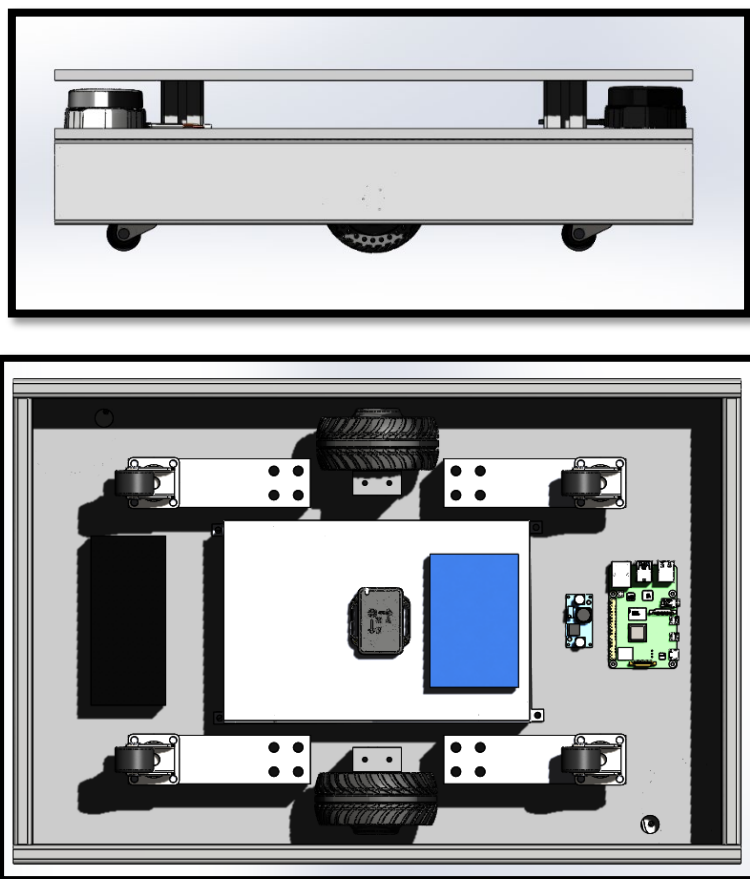
V industriji se pogosto pojavljajo zahteve po avtonomnem transportu materiala iz ene do druge lokacije. V ta namen se uporabljajo mobilne platforme, ki se samostojno premikajo po prostoru z uporabo pogonskih motorjev, številnih senzorjev in naprednih algoritmov vodenja.

Pri projektu 1 smo si zadali cilj, da izdelamo mobilnega robota, ki bo avtonomno prevažal tovor, nameščen v standardnem zaboju velikosti 40 cm x 60 cm. Robot bi moral delovati na podlagi interne karte in bi se moral glede na podatke pridobljene iz LiDAR senzorjev izogibati dinamičnim in statičnim oviram. Ohišje bi naj bilo zasnovano tako, da bi lahko robot prevažal tovor mase do 10 kg, velikost robota pa prilagojena standardnim dimenzijam industrijskih zabojev.

Na začetku projekta smo se razdelili na tri skupine, in sicer (1) mehanski, (2) električni in (2) programski del. Mehanski del se je navezoval na konstrukcijo robota. V tem delu smo zasnovali konstrukcijo robota, izdelali nosilce pogonskih motorjev, ter izdelali 3D model celotnega robota vključno z vsemi izbranimi komponentami, ter robota tudi fizično izdelali. Pri električnem delu je bilo treba izbrati ustrezne komponente (glavni krmilnik, LiDAR senzor, IMU senzor, baterijo, BMS itd.) glede na cenovne in tehnične zahteve. Nato je bilo potrebno izdelati električni načrt za vse komponente in preučiti njihovo optimalno postavitev na konstrukcijo robota. Dodatno pa je bila zasnovana in izdelana baterija robota, ki vključuje baterijske celice in sistem za upravljanje baterij (BMS). Pri programskem delu se je bilo potrebno seznaniti s mikroračunalniki in njihovo programsko

opremo (Linux operacijski sistem). S pomočjo programskega jezika Python je bila razvita aplikacija, ki upravlja pogonske motorje in posledično celotnega mobilnega robota.

Zaradi časovnih omejitev in obsežnosti projekta nam na žalost ni uspelo opraviti vseh zadanih nalog. Kljub temu nam je uspelo zasnovati in izdelati konstrukcijo robota z vsemi komponentami in sprogramirati premikanje robota z ročnim vodenjem.



Slika 1: Konstrukcija robota v SolidWorks 2023

Vir: lasten

**Ključne besede:** robot, mobilni, konstrukcija, vodenje

# SOLARNA PRIKOLICA ZA KOLO

JAN GRAČNAR, ALJAŽ KRIVOKAPIČ, STAŠ MIKLIČ

*Letnik: 2., Projekt 1*

doc. dr. **Darko Hercog**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
mentorja

Z dvigom ekološke ozaveščenosti se pojavljajo tudi novi in drugačni načini potovanja. Eden takšnih je tudi potovanje s kolesom, pri katerem se pogosto srečujemo s problemom prevoza prtljage. Ta izziv lahko rešujemo na različne načine, pri čemer je ena izmed rešitev uporaba lahke potovalne prikolice. Vleka prikolice vključno s prtljago pa seveda predstavlja dodatno obremenitev za kolesarja.

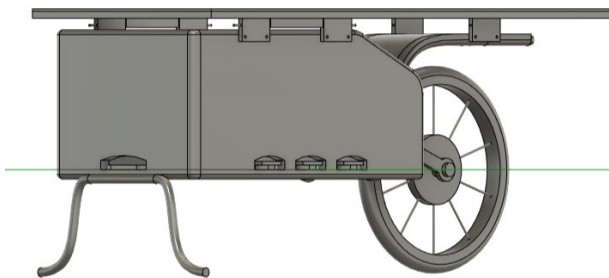
V sklopu predmeta Projekt 1 smo se odločili prikolico opremiti z dodatnim električnim pogonom, baterijo in sončnimi paneli. Z uporabo sončne energije za polnjenje baterije smo zagotovili možnost daljših potovanj in posledično neodvisnost od polnilnih postaj na poti.

Projekt smo začeli z analizo vožnje kolesa s prikolico. V ta namen je bilo potrebno posneti tipičen vozni cikel in izdelati fizikalni model kolesa s prikolico. Simulacijo vožnje smo izvedli z matematičnim modelom s pomočjo orodja MATLAB/Simulink. Model je upošteval različne faktorje, kot so sila zračnega upora, trenje, vožnja po klancu, izkoristek pogonskih komponent in teža voznika, prikolice ter kolesa. Na podlagi rezultatov simulacije smo določili potrebno moč, navor, hitrost in moč pogonskega motorja ter specifično porabo energije na prevoženo razdaljo. Po pregledu tržišča smo izbrali kompaktni motor proizvajalca Crystalyte in sicer SAW20 (31,5 Nm, 13 RPM/V, vgrajen v platišče velikosti 16").

Sistem za oskrbo z električno energijo je sestavljen iz baterije, solarnega panela, solarnega polnilca in BMS-a. Za navorno vodenje motorja je uporabljen sinusni pretvornik, v poskusni fazi smo navor vodili z ročko.

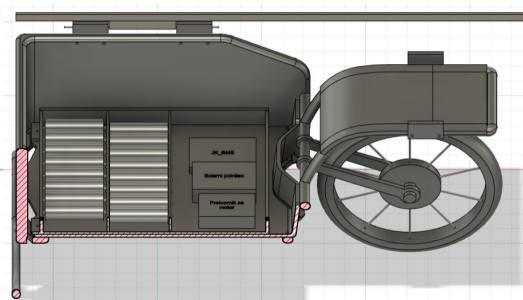
Prikolico Burley CoHo smo analizirali in naredili 3D model, v katerem smo zasnovali ohišje za komponente in njihovo razporeditev znotraj samega ohišja. Dodatno smo razvili mehanizem za dvigovanje sončnega panela, pri čemer smo se odločili za uporabo tečaja in teleskopske palice na vsaki strani. 3D model prikolice smo dopolnili z izbranim mehanizmom in nosilcem za sončni panel. Sočasno smo narisali tudi električni načrt. Ključni del našega projekta je bilo načrtovanje in sestava električnega dela pogonskega sklopa. Ohišje s komponentami je vgrajeno v dno prikolice.

Projekt smo zaključili v fazi vgradnje posameznih komponent, v prihodnje pa bo potrebno sistem še preizkusiti med vožnjo.



Slika 1: 3D model prikolice

Vir: lasten



Slika 2: Razporeditev komponent

Vir: lasten

**Ključne besede:** solarna prikolica, kolo, fizikalni model, električne komponente, 3D model

# SOLARNI NAPAVALNI VIR

ALEKSANDER KOS, ŽAN LETONJA

*Letnik: 2., Projekt 1*

doc. dr. **Darko Hercog**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mag. **Marijan Španer**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorja**

Izziv naše projektne naloge je bil razvoj samostojnega napajalnega vira za napajanje TV zaslona, ki ga bomo uporabili za namene promocije.

Naša zahteva je bila uporaba čistega in obnovljivega vira, zato smo se odločili za uporabo sončne energije kot primarnega napajalnega vira. Sončna energija ne zagotavlja konstantnega vira energije, zato je potrebno energijo shranjevati v baterijskem hranilniku energije. Ker se bo TV zaslon uporabljal za promocijske namene, mora delovati v delovnem času fakultete.

Pri dimenzioniranju napajalnega sistema smo upoštevali moč porabnika (skupna poraba TV zaslona, predvajalnika in mikrokrmilnika dosega do 100 W) in efektivni dnevni čas obratovanja naprave, ki znaša 6 ur.

Z računalniškim programom MATLAB/Simulink je bila izvedena simulacija polnjenja baterijskega hranilnika iz sončnih panelov in praznjenja pri delovanju porabnikov. Kot osnova jakosti sončnega sevanja so bili uporabljeni podatki iz spletne strani Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Na osnovi te simulacije smo določili moč sončnega panela.

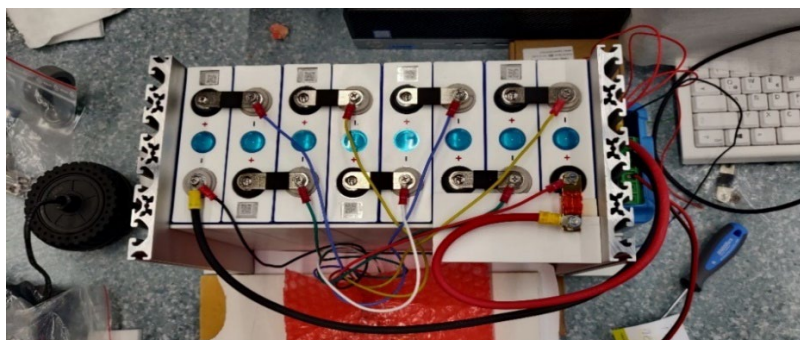
Energijsko vsebnost baterijskega zalogovnika smo določili na osnovi zahtevanega dnevnega časa delovanja celotne naprave. Izbrali smo baterijski zalogovnik s kapaciteto hranjenja energije 2500 Wh, kar zadošča za več kot 24-urno neprekinjeno delovanje naprave. Za generiranje 50 Hz izmenične napetosti je bil uporabljen DC/AC pretvornik.

Celotna napajalna naprava je vodena preko računalniškega sistema, ki skrbi za: spremljanje procesa polnjenja baterije, stanja napolnjenosti baterije (SOC), vklapljanje bremena v odvisnosti od časa in napolnjenosti baterije. Nadzorni sistem skrbi tudi za »zdravje« baterije s tem, da jo ščiti pred popolno izpraznitvijo in prekomerno napolnjenostjo.

Dodatna funkcija mikrokrmilnika je tudi pametno aktiviranje naprave, pri čemer z digitalnim izhodom in preko močnostnega stikala (MOSFET) vklapljam in izklapljam porabnike. Po izbiri vseh glavnih komponent je sledilo načrtovanje električnih in mehanskih povezav. Za pravilno polnjenje baterije je bil v naš sistem integriran polnilec. Baterije so bile povezane zaporedno, kar lahko povzroči prenapolnjenost posamezne celice v sistemu. Za to smo uporabili aktivno izenačevalno vezje. Ta skrbi, da so vse celice v bateriji enako napolnjene.

Po zaključku načrtovanja in izračunov so se naročili manjkajoči deli nato pa smo pričeli z električnim povezovanjem in izdelavo fizičnega ohišja baterije. Izdelana je bila vezava baterije, ki je na odprtih sponkah imela nominalno napetost 24V in se je polnila s sončnimi celicami. Vezje za stikalo smo spajkali na tiskano ploščo. Ta je bila nato povezana z mikrokrmilnikom. Mikrokrmilnik potrebuje zraven trenutnega časa še informacije o napolnjenosti baterije. To je bilo doseženo s serijsko komunikacijo s polnilcem od katerega smo periodično pridobivali informacije o trenutni napetosti, in po preračunu tudi informacijo o napolnjenosti baterije.

V sklopu projekta je bil izdelan sistem, ki vsebuje baterijo polnjeno s sončnim panelom nanj pa so lahko priključena različna 24 V bremena, ki so lahko pametno krmiljena. V sklopu projekta smo zasnovali in tudi uspešno izdelali delujoč prototip samooskrbne naprave za napajanje promocijskega zaslona.



Slika 1: Povezava posameznih baterijskih celic

Vir: lasten

**Ključne besede:** baterijski hranilnik energije, sončno sevanje, stanje napolnjenosti baterije (SOC), aktivno izenačevalno vezje, mikrokrmilnik

# AGV – IZDELAVA PROGRAMSKE, ELEKTRIČNE IN STROJNE DOKUMENTACIJE

ALJAŽ SLAPŠAK, FRANC ŠRUMPF

*Letnik: 2., Projekt 1*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorja**

Cilj projekta je bil izdelati avtomatsko vodeno vozilo (AGV), ga sprogramirati za samodejno vožnjo ter s pomočjo senzorjev izrisati njegovo okolico. Najina skupina je bila odgovorna za dokumentiranje AGV robota.

Na začetku sva zbrala celotno dokumentacijo prejšnjih let tega projekta, najprej sva vse združila in jo kasneje sprotno posodabljala. Ker sva hotela posodabljati sproti, sva se priključila drugim ekipam na tem projektu. V glavnem sva sodelovala s skupino za konstrukcijo ogrodja ter jim pomagala z samo fizično konstrukcijo, pomagala sva pri merjenju aluminijastih profilov in njihovo sestavo, na kar smo po sestavi osnovne konstrukcije začeli z montažo koles in aktuatorjev. V nosilce za kolesa sva pomagala izvrtati luknje in jih nato namestiti na konstrukcijo. Z drugima dvema ekipama sva sodelovala manj saj so se primarno ukvarjali z pisanjem programov. Kot lasten prispevek pa sva poiskala možne nadgradnje, katere so: izboljšanje mobilnosti robota z vgrajeno baterijo napetosti 29 V in kapaciteto 10 Ah, poiskala sva tudi buck konverter ki bi napajal mikrokrmilnik in LIDAR sistem.

Na koncu je skupni za konstrukcijo uspelo končati celotno ogrodje in namestitev koles, LIDAR ekipi je uspela integracija Raspberry Pi in Matlab kar omogoča zajemanje podatkov. Ekipi za vodenje koles je uspelo napisati program za premikanje in vožnjo preko tipkovnice.

**Ključne besede:** dokumentacija, pomoč, nadgradnje





# AGV – KRMILJENJE MOTORJEV S POMOČJO RASPBERRY PI 4 IN PROGRAMA MATLAB

RENE POTOČNIK, JAN KRIZAN, NIKOLA PRELIČ

*Letnik: 2., Projekt 1*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

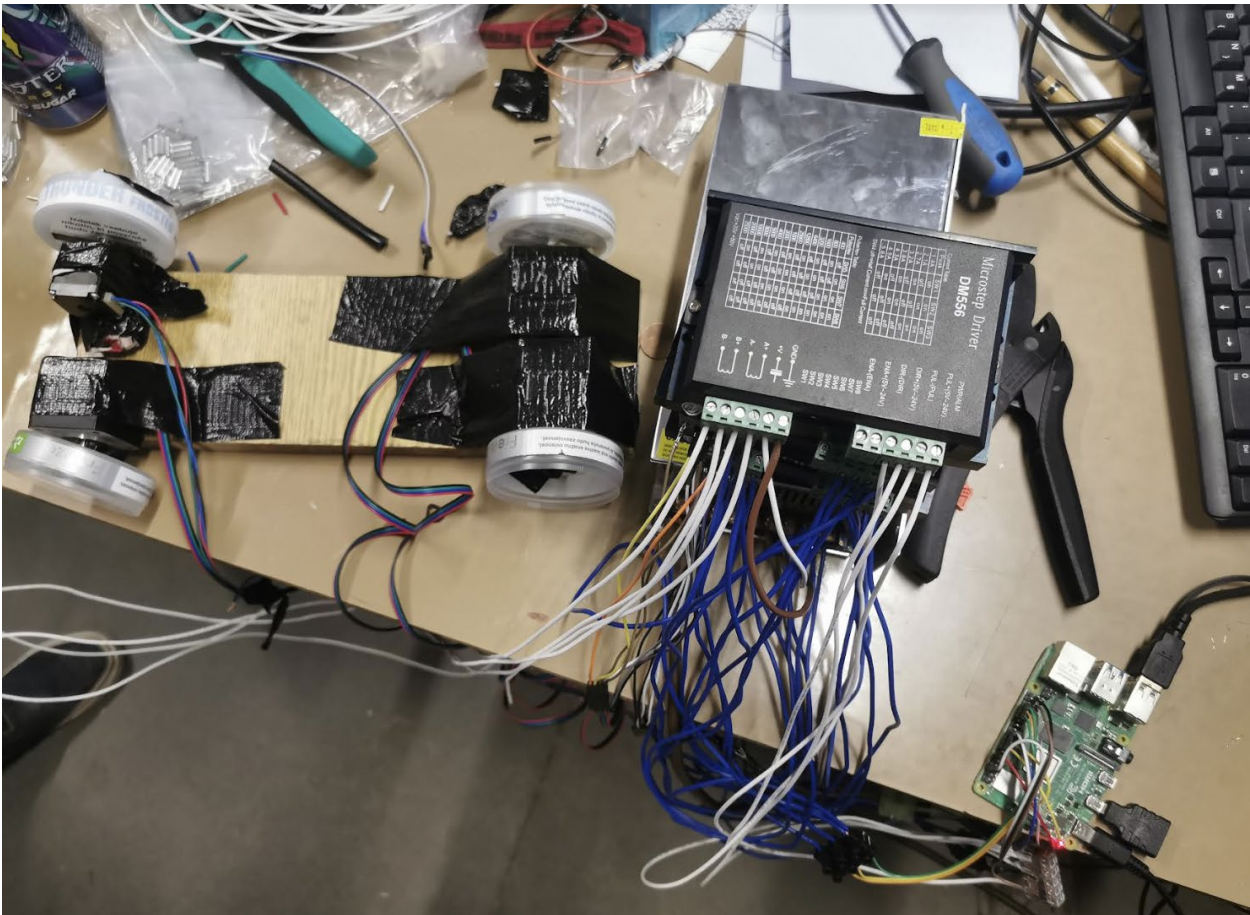
**mentorja**

Naša skupina se je lotila naloge vodenja motorjev s pomočjo Raspberry PI 4B mikroračunalnika in programskega okolja Matlab.

Naš prvi korak je bil vzpostavitev povezave med Raspberry PI 4B ter Matlab programskim okoljem. Naložili smo Bullseye 32-bit operacijski sistem, ter prenesli »support package« add-on na Matlab. Preko IP-ja Raspberry PI, ki smo ga dobili iz njegovega terminala s komando »ifconfig« smo med njima vzpostavili povezavo.

Po vzpostavljeni povezavi preko Wi-Fi omrežja, smo testirali nekaj krajših programov za spoznavanje delovanja funkcij Raspberry PI. Najprej smo testirali delovanje LED0, ki se nahaja na tiskanem vezju. Nadaljevali smo s seznanitvijo GPIO funkcij, s katerimi smo kasneje pošiljali PWM signale ter postavljali hode/izhode kot izvore in ponore. Vzporedno s tem smo pisali kodo za vodenje teh signalov z uporabo tipkovnice.

Ko smo razumeli delovanje teh funkcij, smo nadaljevali s krmiljenjem motorja s pomočjo signalov iz Raspberry-a. Kodo smo najprej testirali z enim motorjem, nato z vsemi. Na koncu smo napisali kodo za krmiljenje robota v vse smeri (naprej, nazaj, desno, levo, po diagonali, obračanje na mestu itd.) v skladu s komandami na tipkovnici, ter tako nastavili podlago za nadaljnjo povezavo z LIDAR sistemom AGV vozila.



Slika 1: Krmiljenje motorjev s tipkovnico

Vir: lasten

**Ključne besede:** krmiljenje, motorji, tipkovnica

# AGV – KONSTRUIRANJE OGRODJA AGV VOZILA

DOMEN SULCER, ALEX RECEK, DOMINIK MLINAR

*Letnik: 2., Projekt 1*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

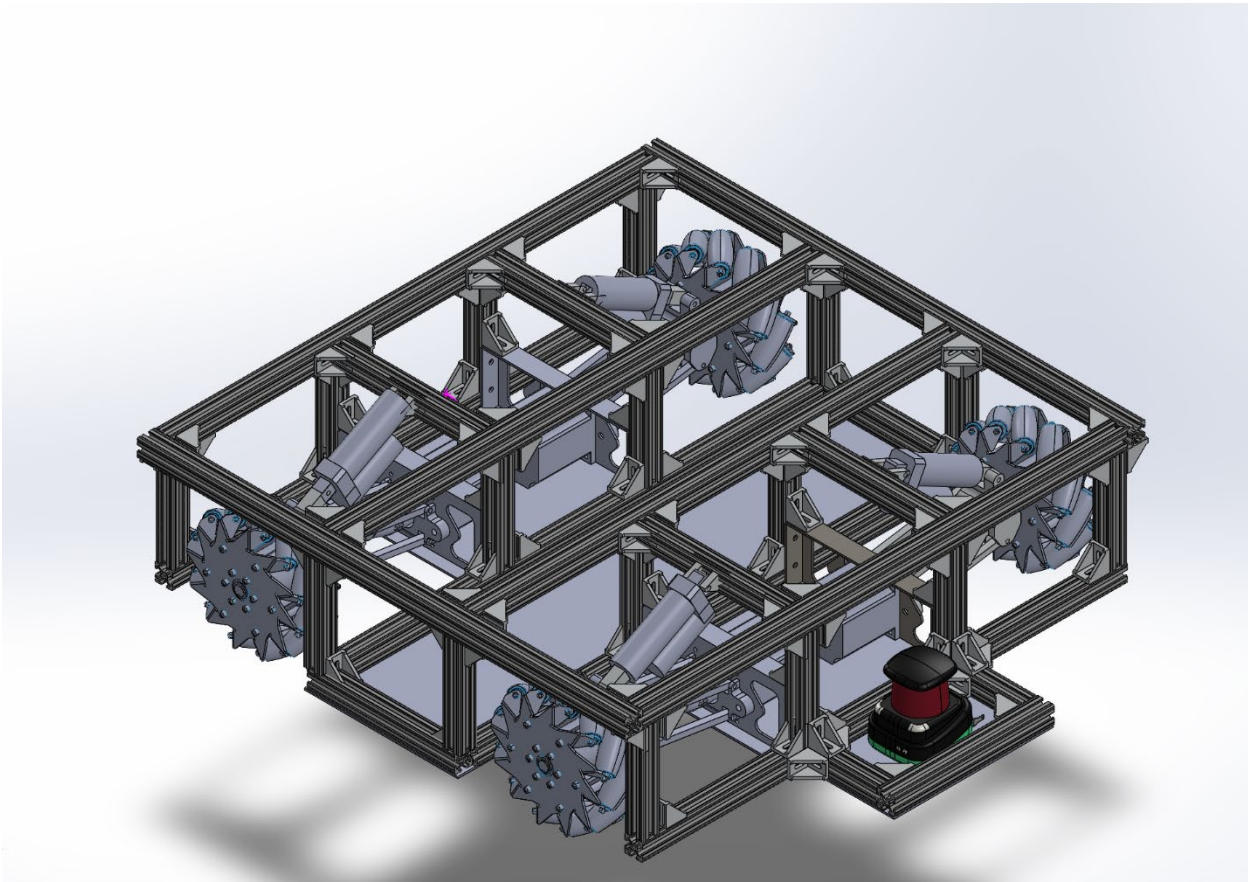
**mentorja**

Cilj našega projekta je bil izdelati avtomatsko vodeno vozilo (AGV), ga sprogramirati za samodejno vožnjo ter s pomočjo senzorjev izrisati njegovo okolico. Naša skupina je bila odgovorna za konstruiranje in izdelavo vozila.

Pred začetkom izdelave konstrukcije v programu SolidWorks smo pregledali delo prejšnjih dveh generacij študentov. Ogledali smo si njihovo konstrukcijo in se odločili za realizacijo ter prilagoditev njihovih načrtov, da bi ustrezali našim zahtevam

Na podlagi obstoječih načrtov smo izvedli naslednje korake. Opazili smo da se mere v SolidWorksu ne ujemajo z kupljenim materialom Spremenili smo dimenzije konstrukcije v programu SolidWorks, da bi ustrezale našim zahtevam. Na sestavno risbo smo nato dodali kolesa, linearne aktuatorje, LIDAR senzor in dve plošči za podvozje. Po zaključku modeliranja v SolidWorksu smo začeli z realizacijo modela v laboratoriju. Aluminijske profile smo razrezali na ustrezne dolžine in obrusili robove, da bi zagotovili natančne in varne spoje. Profili so bili nato sestavljeni po načrtu v SolidWorksu. Po sestavi osnovne konstrukcije smo nadaljevali z montažo električnih in mehanskih komponent: Montirali smo kolesa na aluminijsko ogrodje, pred tem smo pa morali v nosilce za kolesa zvrtni luknje, vendar smo zaradi materiala nosilcev morali uporabiti namizni vrtilni stroj. Nato smo namestili linearne aktuatorje, ki bodo omogočali premikanje različnih delov AGV. Namestili smo nosilec za LIDAR senzor, ki je ključen za navigacijo in zaznavanje okolice.

S tem smo zaključili konstrukcijo v SolidWorksu in pripravili fizično konstrukcijo na katero pa je še potrebno pritrčiti še LIDAR snesor in Raspberry Pi.



**Slika 1: Posodobljena konstrukcija v SolidWorks**

Vir: lasten

**Ključne besede:** AGV, konstrukcija, SolidWorks

# AGV – ZAJEMANJE PODATKOV Z LIDAR SENZORJA S POMOČJO RASPBERRY PI 4 IN PROGRAMA MATLAB

UROŠ UHAN, JAKA GRABNER, GAŠPER ZUPAN

*Letnik: 2., Projekt 1*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorja**

Naloga skupine je bila zajemanje podatkov z LIDAR senzorjem s pomočjo Raspberry PI 4 mikroračunalnika in Matlab programskega okolja.

Ob začetku programiranja LIDAR senzorja smo se morali seznaniti z opremo, ki jo bomo uporabljali pri tej nalogi, ter z dokumentacijo, ki sta jo naredili dve predhodni generaciji študentov. Odločili smo za nov način. Najprej smo vzpostavili povezavo med MatLab programskim okoljem in Raspberry PI 4. Nato je sledila nastavitev statičnega IP naslova za branje podatkov in konfiguracijo ter nastavitev parametrov. Sprogramirali smo tudi ruter iz katerega je LIDAR dobil IP. Potem smo z MatLabom naredili program, pri katerem smo najprej komunicirali z lidarjem preko HTTP zahtev za nastavitev in zagon skeniranja ter branje podatkov preko TCP povezave. Nato smo prejete podatke obdelali za izračun razdalj, filtrirali meritve nad določeno vrednostjo in nato iz vsakih petih izračunali povprečje. Na koncu smo rezultate pretvorili v polarne koordinate in jih vizualizirali v polarnem grafu.

S pomočjo integracije Raspberry Pi in Matlab programskega orodja smo uspešno opravili projekt zajemanja podatkov, ki nam bo pomagala pri nadaljnjem optimiziranju in delu AGV vozila.

**Ključne besede:** zajemanje, LIDAR





# VZPOSTAVITEV PROFINET KOMUNIKACIJE MED TRAČNIM TRANSPORTERJEM, KUKA ROBOTOM IN SIEMENS PLK-JEM

TINE TOMŠIČ, LAN SENICA, BERNARD BELEC

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

V projektu smo želeli v delovno celico dodati obračano mizo in ustvariti avtomatizirano proizvodno linijo, kjer bi sodelovali tračni transporter, KUKA robot in obračalna miza. Nadaljevali smo tam, kjer smo končali pri Projektu 2.

Prvi izziv so predstavljale težave s komunikacijo med računalnikom in krmilnikom, ki smo jih uspešno odpravili. V sodelovanju z drugo skupino študentov smo robotsko celico opremili z varnostnimi funkcijami. Nato smo začeli s konfiguracijo obračalne mize in njej pripadajočim gonilnikom Sinamics. Le-ta nam je povzročal nekaj težav saj je zastarel in ni omogočal konfiguracije obračalne mize z uporabo tehnoloških blokov (IO) v programu TiaPortal. Težavo smo rešili z uporabo funkcijskih blokov SINA\_POS v kombinaciji s programsko opremo SINAMICS Starter.

Projekt je bil uspešno izveden. Novi sistem je omogočil nadzor nad obračalno mizo s pomočjo ročnih premikov, kot tudi reguliranim položajnim vodenjem.. Prav tako smo bolje spoznali komunikacijo PROFINET med različni napravami (krmilnik, gonilniki, varnostne kartice, I/O moduli..). Ni nam več tuje delo s tehnološkimi bloki in delo s

SINA\_POS bloki za vodenje raznih pogonov. Izboljšali smo razumevanje HMI vmesnika in programske opreme Starter. Odras našega dela pa je delovna celica v kateri sodelujejo tekoči trak, robot in obračalna miza v avtomatskem režimu.

Posebna zahvala gre mentorjema doc. dr. Timiju Karnerju in mag. Roku Belšaku za korektno sodelovanje in sprotno nudenje pomoči.



Slika 1: Delovna celica – Laboratorij za robotizacijo (FS Maribor)

Vir: lasten

**Ključne besede:** PROFINET, TiaPortal, obračalna miza, KUKA, tračni transporter



# UPORABA LASERJA ZA DETEKCIJO KOMADOV S POMOČJO ABB IRB 1200 ROBOTA

NEJC TRNOVŠEK, ALJAŽ DOK

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

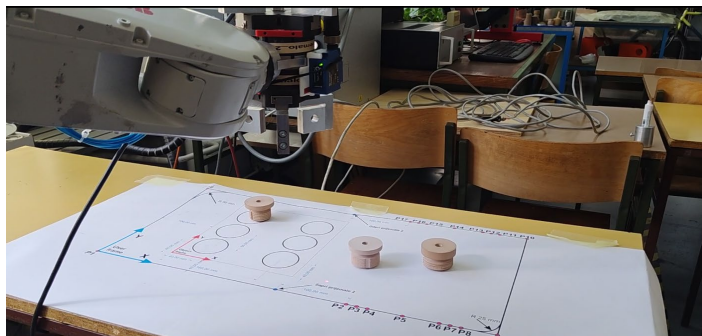
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

Pri Projektu 3 smo se bolje seznanili z uporabo RobotStudio programa za programiranje robota IRB ABB 1200. Napisali smo dva programa za iskanje poljubno postavljenih predmetov v nekem delovnem območju. Programa sta bila prilagojena za pobiranje okroglih predmetov enakih dimenzij. Med seboj sta se razlikovala v načinu iskanja centra predmetov in v pristopu programiranja. V prvem programu se je robot s pomočjo več zank postopno približeval centru predmeta. Program se je sproti testiral na realnem robotu. V drugem programu je robot poiskal tri najbolj oddaljene točke na robu predmeta in izračunal center. Ta program se je izključno testiral s pomočjo simulacij v RobotStudio programu in na koncu preizkusil na realnem robotu. Z dvema različnima pristopoma k programiranju smo se seznanili z različnimi težavnostmi in prednosti, ki jih ponujata simulacija in realno testiranje.



Slika 1: Industrijski robot ABB IRB 1200 z distančnim senzorjem OY1P303P0102 pri iskanju  
Vir: lasten

**Ključne besede:** RobotStudio, predmet, prijemalo, program, točka

# NADGRADNJA TRANSPORTNEGA VOZIČKA IN POVEZAVA POLNILNE ENOTE BATERIJE DIRKALNIKA FORMULA STUDENT

ŽIGA JANEŽIČ

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

izr. prof. dr. Vito Tič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

red. prof. dr. Darko Lovrec

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

red. prof. dr. Riko Šafarič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

Projekt 3 predstavlja obnovo ter nadgradnjo regulacijskega vezja za polnjenje polnilne enote dirkalnika Formule Student (FS). Na letošnjem (2024) in prihodnjih tekmovanjih bodo dirkalniki gnani s pomočjo močnih elektromotojev, ki zahtevajo ustrezne polnilne enote. Zaradi tega se polnilne enote dirkalnikov polnijo s pomočjo industrijskih polnilcev, ki se prevažajo na transportnih vozičkih ekip. Vsi vozički morajo biti skladni s FS pravilnikom in zagotavljati polnjenje polnilnih enot z industrijskim polnilcem, ki je nadzorovan preko regulacijskega vezja vozička.

Letošnja izvedba vozička vsebuje izboljšan sistem samozaviranja z »deadman« zaviranjem, izboljšane protivibracijske lastnosti za polnilno enoto FS in polnilec, obnovljen požarni zid s transparentnim materialom za vidljivost, razna tesnila za povezovalne kable regulacijskega vezja, polnilca in polnilne enote ter obnovljeno regulacijsko vezje.

V sklopu projekta je bila izvedena modulacija željene konstrukcije vozička s programom SolidWorks in načrtovanje električne sheme za krmilno vezje vozička s programom Altium Designer, saj je bila potrebna implementacija novih PCB ali drugih komponent po zahtevah FS 2024 pravilnika. Pri poteku dela sta oba programa izboljšala pripravo

potrebnega materiala, izvedbo krmilnega vezja in konstrukcijo vozička. Regulacijsko vezje vozička deluje kot prilagoditveno vezje tri fazne izmenične napetosti, krmilno vezje polnilne enote in povezovalno vezje na polnilec. Vsebuje več različnih funkcij in predstavlja ključni pomen na tekmovanjih, saj omogoča komunikacijo med računalnikom in polnilno enoto, programiranje BMS (Battery Management System) in AMS (Accumulator Management System) polnilne enote ter varno polnjenje polnilne enote.



Slika 1: Sprednja (levo) in zadnja (desno) stran 2024 transportnega vozička za polnilno enoto FS

Vir: lasten

**Ključne besede:** Formula Student, regulacija, nadgradnja, 2024 tekmovanje

# MERJENJE NAPOLNJENOSTI DVEH ZAPOREDNO VEZANIH LI-IONSKIH BATERIJ S POMOČJO MOBILNEGA TELEFONA

FILIP KOSI, MATEVŽ ŠAVORA

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

izr. prof. dr. **Vojko Matko**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorja**

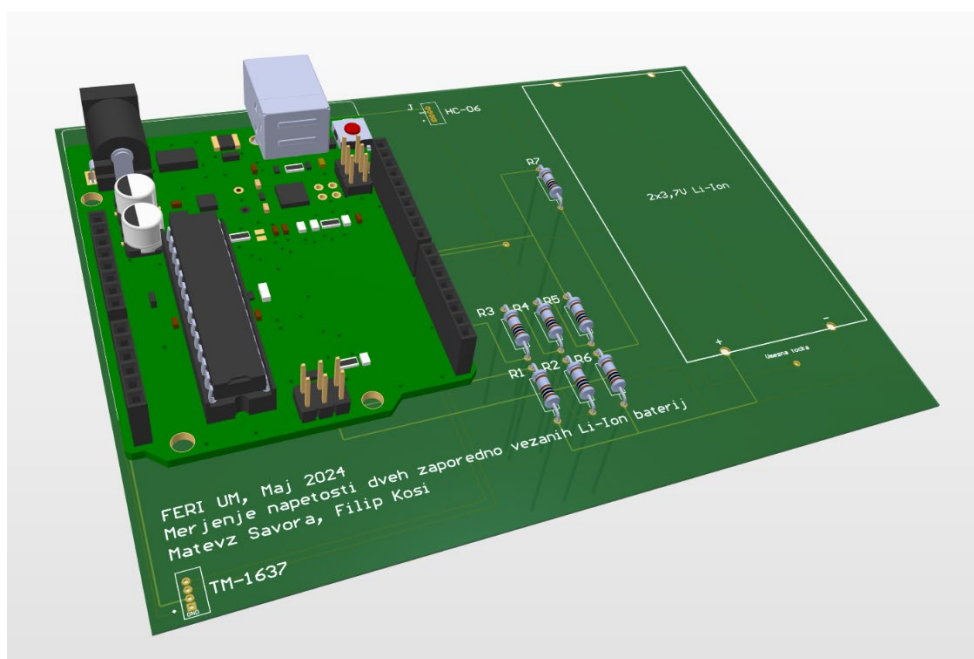
V sklopu predmetov Projekt 2 in Projekt 3 sva imela izziv merjenja napolnjenosti dveh zaporedno vezanih Li-ionskih baterij s pomočjo mobilnega telefona. Zaradi preprostosti njegove uporabe, kompatibilnostjo z različnimi moduli in kvaliteto delovanja ob zmerni ceni je bil izbran mikrokontroler Arduino Uno. Poleg njega so vezje sestavljali tudi Bluetooth modul HC-06 in LED ekran TM-1637, ki omogoča odčitavanje vrednosti tudi brez povezane mobilne naprave, napajalnik vezja sta bili zaporedno vezani.

Merjeni veličini sta bili napetost posamezne baterije. Bateriji sta imeli vsaka napetost 3,7 V in kapaciteto 2000 mAh, njuna napetost je bila razpolovljena z uporabo napetostnega delilnika in dovedena na analogni vhod mikrokontrolerja, ki uporablja 10-bitni AD pretvornik, kar pomeni ločljivost 4,9 mV na njegovem 5 V širokem merilnem območju. Napolnjenost sva določila na podlagi izmerjene napetosti, ter s pomočjo podatkovnega lista baterij. Merjenje napetosti je bilo dokaj natančno.

Napetost, izmerjena z mikrokontrolerjem, je od tiste, izmerjene z voltmetrom, odstopala za okrog 0,1 V, torej je pogrešek pri merjenju napetosti približno 2,7 %.

Merjenje toka sva sprva opravljala z uporabo modula ACS712, s katerim ni bilo mogoče izmeriti tako majhnih tokov, kot tečejo skozi najino vezje. To metodo sva opustila in raje uporabila pristop merjenja napetosti na bremenu, ki mu je zaporedno vezan znan upor in na podlagi teh meritev določila tok. Merjenje toka s tem pristopom ima pogreške med 5 % in 10 %.

Izmerjena napetost posamezne baterije, izmerjen tok in izračunana napolnjenost baterij so bili z uporabo Bluetooth modula HC-06 posredovani na mobilni telefon, kjer ima uporabnik možnost takojšnjega vpogleda v trenutno stanje baterije. Za lažje odčitavanje napolnjenosti je bil vezju dodan tudi LED ekran TM-1637, na katerem je bila prikazana napolnjenost baterije v odstotkih (%). Na podlagi meritev opravljenih med praznjenjem baterij je bila eksperimentalno določena kapaciteta, ki je bila izračunana na podlagi toka, ki je čez spremenljivo breme tekel, v nekem časovnem intervalu. Za konec pa je bila opravljena še analiza praznjenja, ki je omogočila bolj podroben vpogled v spreminjanje stanja napolnjenosti baterij. Končen izdelek predmetov Projekt 2 in Projekt 3 je sistem, sestavljen iz dveh Li-ionskih baterij, ki imata polni vsaka napetost 3,7 V in nazivno kapaciteto 2000 mAh. Baterije se lahko uporabijo za napajanje poljubnega bremena, napolnjenost baterij pa lahko enostavno odčitamo iz izpisa na LED ekranu, ali brezžično s pomočjo mobilnega telefona, ali druge naprave, ki ima možnost vzpostavitve Bluetooth povezave. Celoten sistem je bil izveden s tiskanim vezjem, kar omogoča enostavno in praktično namestitev v ustrezno ohišje, s čimer lahko takšen izdelek enostavno uporabljamo v poljubnih aplikacijah.



Slika 1: 3D model vezja

Vir: lasten

**Ključne besede:** Li-ionska baterija, stanje napolnjenosti, električni tok, kapaciteta, praznjenje

# UPORABA REGULACIJSKIH HIDRAVLIČNIH VENTILOV

GAŠPER PUNGARTNIK, JAKOB JURAK

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

red. prof. dr. **Darko Lovrec**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Vito Tič**

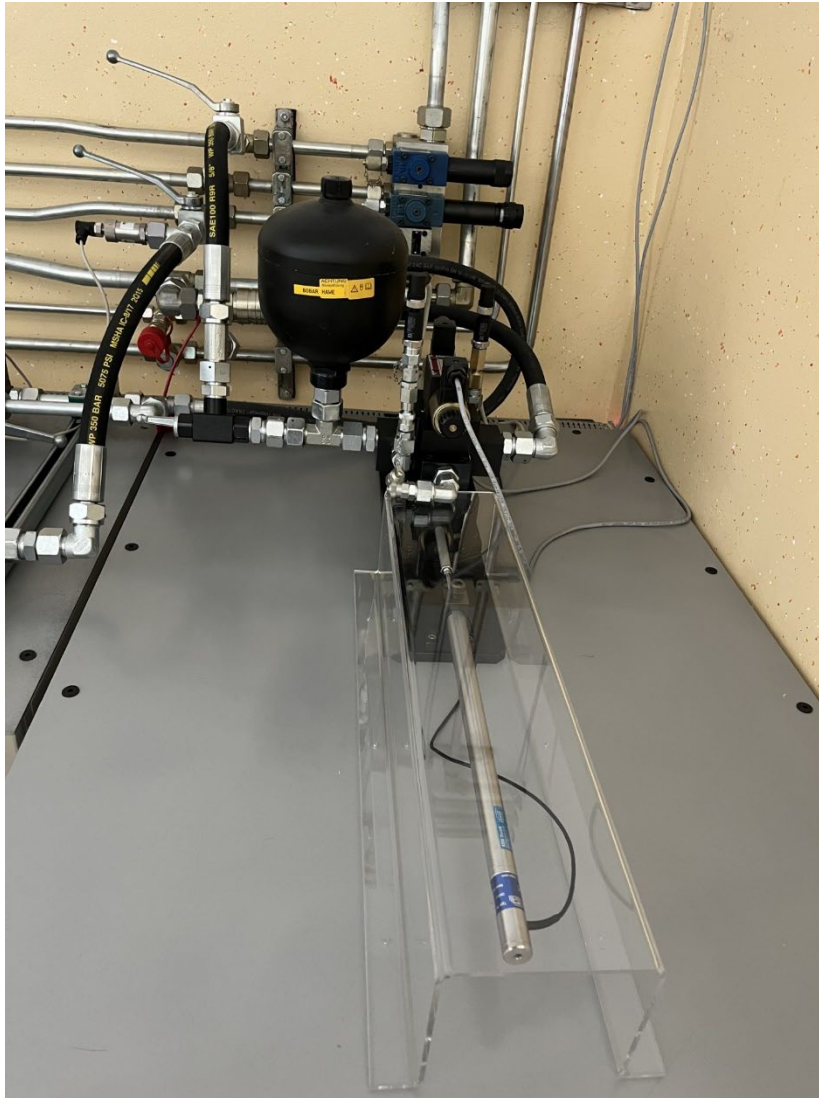
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

red. prof. dr. **Riko Šafarič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
mentorji

Namen projekta je bil spoznati merilno napravo za preizkušanje dinamičnih lastnosti hidravličnih ventilov ter aplikacijo za grafični prikaz meritev ter vnos parametrov, ki je zasnovano v programskem okolju TwinCat in Visual Studio. Za pravilno regulacijo hidravličnega sistema je bilo potrebno spoznati dinamične lastnosti hidravličnih ventilov, ki se spreminjajo z obratovalnimi pogoji. Vpliv obratovalnih pogojev je mogoče oceniti z ustrezno merilno napravo za dinamične lastnosti, ki mora zagotavljati primerljivost meritev med seboj in z meritvami na drugih merilnih napravah, ki sledijo standardnemu postopku. Predstavljeni so bili rezultati praktičnega preizkusa ter vpliv velikosti uporabljenega hidravličnega akumulatorja na meritve. Nato je sledila združitev s programsko aplikacijo za merjenje statičnih karakteristik hidravličnih ventilov. Potrebno je bilo poenotiti programsko logiko, priključke na krmilniku ter listo globalnih spremenljivk. Največjo težavo je predstavljala neskladnost zaradi zastarelosti programske opreme. Nadgradnja projekta pa še vedno obstaja v uporabi in meritvi visoko-dinamičnih ventilov, kot so to servo-ventili in voice-coil ventili, ter sama primerjava dobljenih rezultatov.





Slika 1: Preizkuševališče za merjenje dinamičnih karakteristik proporcionalnih ventilov

Vir: lasten

**Ključne besede:** regulacijski proporcionalni ventili, dinamične meritve, hidravlično preizkuševališče



# NADGRADNJA APLIKACIJE SESTAVLJANJA RUBIKOVE KOCKE S POMOČJO DVEH KOLABORATIVNIH ROBOTOV UR3

DEJAN GROBIN, BLAŽ KREVIH

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Mitja Golob**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

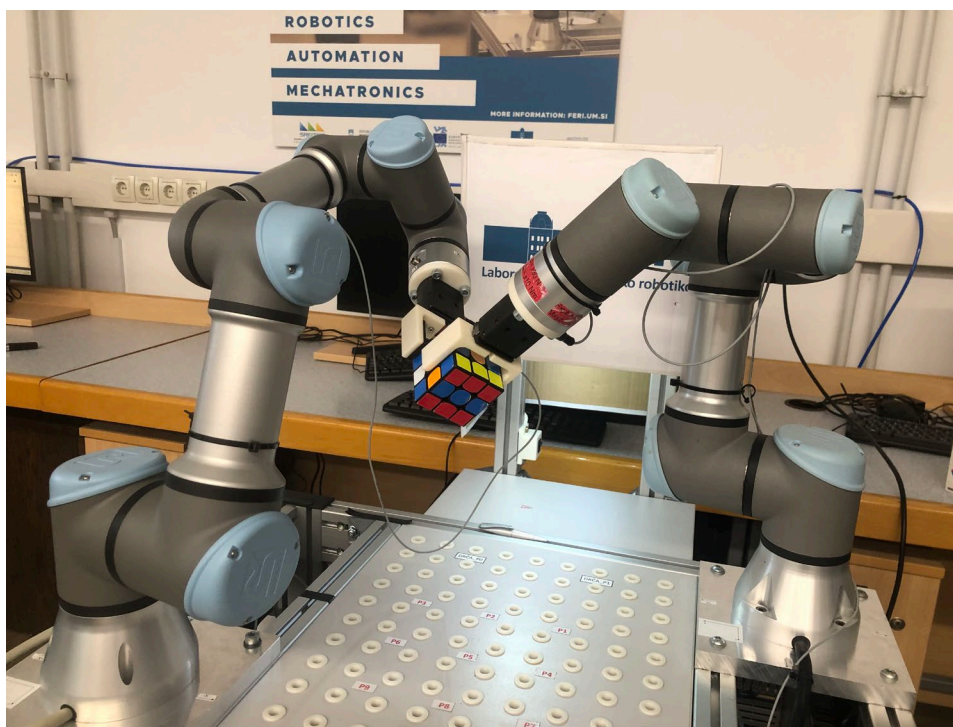
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorji**

Z razvojem računalništva, umetne inteligence in kolaborativnih robotov se je pojavila tudi želja po reševanju miselnih ugank z roboti. Tako je cilj tega projekta nadgradnja in optimizacija aplikacije za sestavljanje oziroma reševanje Rubikove kocke 3x3x3 s pomočjo dveh manjših kolaborativnih robotov. V robotski aplikaciji so bila zamenjana prijemala z ustrežnejšimi glede na velikost robotskih rok, robotski program pa je bil zasnovan na fleksibilnem principu, ki omogoča enostavno rekonfiguracijo sistema brez večjih programskih sprememb. Postopek dvoročne kooperativne manipulacije Rubikove kocke je bil prilagojen specifičnim zmogljivostim posameznega robota. V robotski celici sta namreč uporabljena dva različna tipa robotov: UR3, ki je brez vgrajenega senzorja sile, in UR3e, ki ima vgrajen senzor sile na prirobnici zapestja. Za sukanje posameznih ploskev Rubikove kocke je potreben točen položaj in gib robotske roke glede na kocko, kar pa je zelo težko doseči. Tako je bil v manipulacijo vključen napredni način podajnega vodenja z upoštevanjem kontaktnih sil, ki jih lahko dovolj dobro zaznamo s senzorjem sile. Naloga manipulacije kocke je bila razdeljena glede na specifične zmogljivosti posameznih robotskih rok: robot UR3 fiksno pozicionira Rubikovo kocko s togim položajnim vodenjem, robot UR3e pa izvaja sukanje ploskev v podajnem načinu vodenja, s čimer se samodejno prilagaja netočnostim.

Projekt je bil razdeljen na dve fazi: v okviru prve faze smo najprej pripravili virtualno simulacijo delovanja (digitalni dvojček) v simulacijskem okolju RoboDK – MATLAB, nadalje pa je sledila implementacija na realnem sistemu. Precejšen izziv je predstavljala medsebojna postavitve obeh kolaborativnih robotov v robotski celici, saj se je med izvajanjem sestavljanja bilo treba izogniti vsem morebitnim singularnim in nedosegljivim točkam v relativno majhnem delovnem prostoru robotskih rok. V drugem delu projekta se je pripravljen simulacijski model testiral na realnem sistemu, kjer so se odpravile morebitne pomanjkljivosti ipd. V nadaljevanju smo v sistem še vključili industrijsko-kamero Omron FQ-MS125, ki se uporabi za zajem začetnega stanja ploskev Rubikove kocke. Potrebno sekvenco potez za reševanje nato določi Thistlethwaiteov algoritem, ki lahko poda rešitev z največ 45 možnimi potezami. Podana rešitev posredno določa potrebne zasuke posameznih ploskev na realnem sistemu, pri čemer je potrebno upoštevati še dostopnost posamezne ploskve in trenutno lego Rubikove kocke.

Projekt je pokazal, da je sestavljanje Rubikove kocke s pomočjo dveh kolaborativnih robotov mogoče in da ga je možno optimizirati, ter na ta način doseči kvalitetnejše in hitreje sestavljanje Rubikove kocke.



Slika 1: Realni sistem kolaborativnih robotov UR3 in Rubikove kocke

Vir: lasten

**Ključne besede:** Rubikova kocka, kolaborativni robot UR3, RoboDK, MATLAB

# SORTIRANJE IZDELKOV S POMOČJO INDUSTRIJSKEGA ROBOTA IN 3D TOF KAMERE

TADEJ VIHAR

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Mitja Golob**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

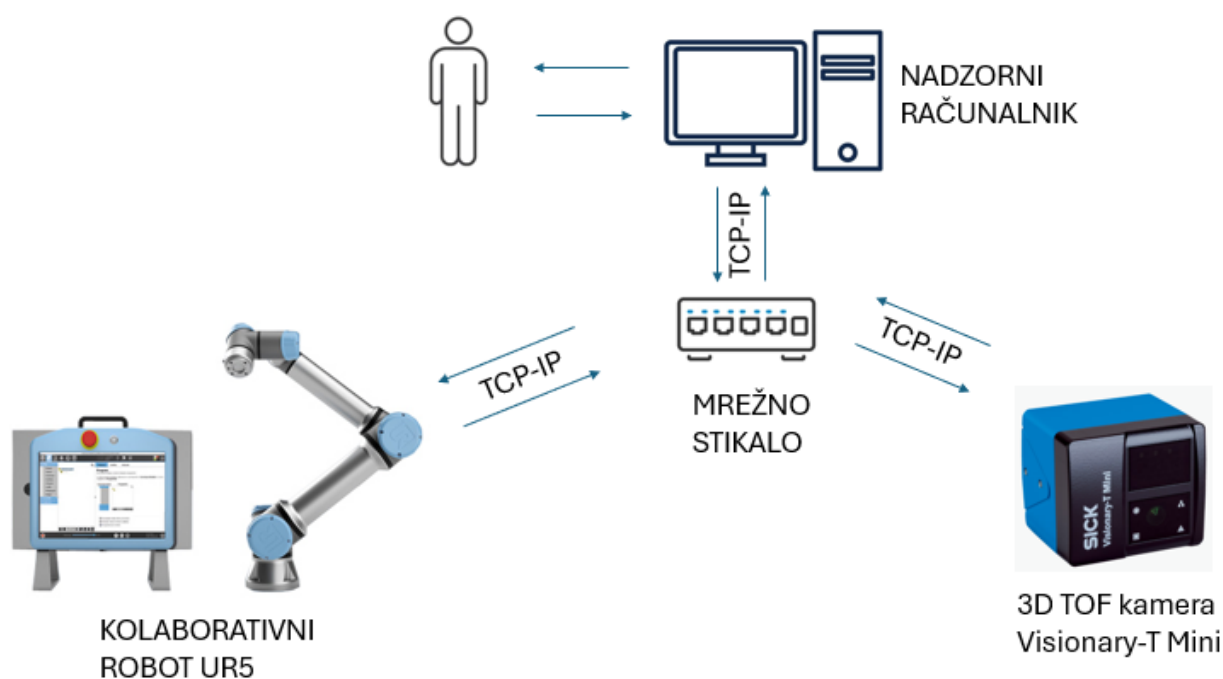
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorji**

Industrijski roboti dandanes opravljajo najrazličnejše naloge, od čisto preprostih aplikacij 'poberi in odloži' do zahtevnih robotskih aplikacij, med katere spadajo različne mehanske obdelave izdelkov s pomočjo industrijskega robota do pobiranja naključno razporejenih izdelkov iz zalogovnika itd. Pobiranje naključno razporejenih izdelkov iz zalogovnika z uporabo različnih optičnih tehnologij velja za eno izmed najbolj naprednih disciplin avtomatizacije. Namen in cilj projekta je implementirati napredni sistem za sortiranje izdelkov različnih geometrijskih oblik s pomočjo industrijskega robota Motoman HP6 ter uporabe strojnega vida. V robotsko aplikacijo prpoznavanja objektov bomo uporabili 3D TOF (ang. Time Of Flight) kamero, Visionary – T Mini, ki vsebuje podporo strojnega vida. Manipulacija objektov pa bo izvedena s pomočjo industrijskega robota.

V okviru projekta je bilo potrebno načrtovati in implementirati potrebne programske rešitve, ki so omogočale enostavno in zanesljivo delovanje oz. razpoznavanje predmetov s 3D TOF kamero. 3D kamera nam, kot izhodno informacijo lahko poda več različnih podatkov, ki se navezujejo na zajet objekt in se določijo v koraku konfiguracije 3D kamere. V našem primeru nam 3D kamera poda lego objekta v prostoru (X, Y, Z, in RZ), kar predstavlja težišče (ang. Center of Gravity) objekta ter zasuk okrog Z osi. Za uspešno pobiranje izdelkov smo izvedli tudi kalibracijo robota glede na kamero, ki je bil pomemben del našega projekta, saj smo na ta način dokaj natančno določili lego tega nameščene

kamere na nosilcu glede na bazo robota. Zaradi lažje izvedbe postopka kalibracije in nadaljnjih testiranj smo se odločili uporabiti kolaborativnega robota UR5e, namesto predlaganega industrijskega robota MOTOMAN HP6. Po končanem postopku kalibracije smo v programskem okolju RoboDK pripravili robotski program za manipulacijo objektov, ki ga lahko uporabimo tudi kot digitalni dvojček procesa sortiranja izdelkov. Na osnovi rezultatov testiranja s 3D kamero smo ugotovili, da je kamera primernejša za prepoznavo izdelkov večjih dimenzij in manj zapletenih geometrijskih oblik. V nadaljevanju je cilj še izboljšati postopek kalibracije, uporabiti industrijskega robota MOTOMAN HP6 ter celoten sistem popolnoma avtomatizirati.



**Slika 1: Sistemski diagram**

Vir: lasten

**Ključne besede:** industrijski robot, 3D TOF kamera, MATLAB

# MODULARNI HIDRAVLIČNI VPENJALNI MODUL

JAKOB FLORJAN, STEFANIJA VELJANOVSKA, MARIO TUŠA

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

dr. **Tadej Peršak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

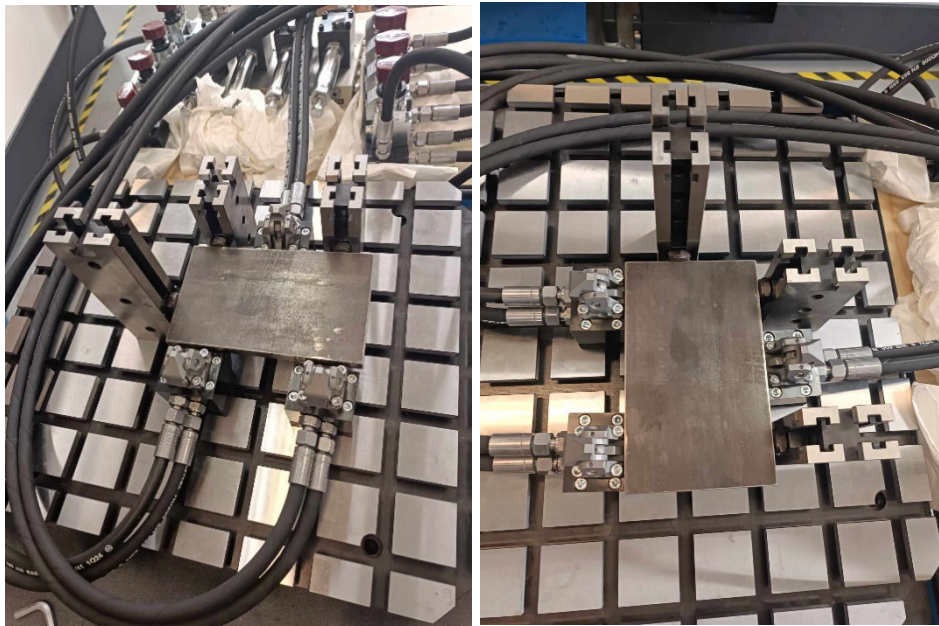
Cilj Projekta 2/3 je spoznavanje delovanja hidravličnih vpenjalnih sistemov, pridobivanje znanj o delovanju namenskih hidravličnih agregatov in ventilov za postopke vpenjanja ter sposobnost načrtovanja in sestavljanja hidravličnih vpenjalnih sistemov.

Pri projektu 2/3 smo izdelali demonstracijski vpenjalni sistem za hidravlično vpetje obdelovanca. Celotno konstrukcijo smo izvedli na Unior Jumbo vozičku, kjer smo postavili dve osnovni plošči V-70 s T-utorom, hidravlični agregat, hidravlični ventilski blok in hidravlične vpenjalne komponente. Preučili smo dokumentacijo komponent in seznanili z različnimi specifikacijami ter lastnostmi komponent, da bi podrobno razumeli delovanje hidravličnih vpenjalnih sistemov. Ena izmed naših prvih nalog je bila pregled komponent, ki so na voljo v laboratoriju. Ko smo zaključili s popisom komponent, smo se lotili konstruiranja vpenjalne priprave v SolidWorksu. Narisali smo vezalno shemo, na katero smo povezali vse hidravlične komponente za testiranje, hidravlični agregat ter enostranske in dvostranske ventile. Glede na postavitev komponent, ki smo jo določili, je bil naslednji korak povezava komponent v laboratoriju. Na osnovne plošče smo postavili enostransko in dvostransko delujoča podporna aktuatorja, kompaktno izvrtinsko vpenjalo, zasučno vpenjalo, kompaktno vpenjalo, variabilno vpenjalo, jih povezali na ventilske bloke in agregat ter jih testirali.



Naslednji cilj je bil izdelati demo vpenjalno pripravo v laboratoriju s pomočjo izbranega obdelovanca. Za obdelovanec smo izbrali kovinsko ploščo, od hidravličnih komponent pa smo uporabili tri kompaktna vpenjala. Poleg kompaktnih vpenjal smo uporabili še dodatne komponente za pritrditev, kot sta vpenjalni blok in utorne kamne V70.

Znanja in veščine, ki smo jih pridobili so: rokovanje z različnimi hidravličnimi vpenjalnimi elementi, sposobnost načrtovanja hidravličnih vpenjalnih sistemov ter izdelava lastne vpenjalne priprave.



Slika 1: Sestavljena modularna hidravlična vpenjalna priprava v laboratoriju  
Vir: lasten

**Ključne besede:** modularna priprava, vpenjalni modul, hidravlika

# RAZVOJ 3D MERILNEGA SISTEMA Z UPORABO KAMERE SICK RANGER3

SAMO ZADRAVEC, NIK LIPOVNIK

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Goran Mundar**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

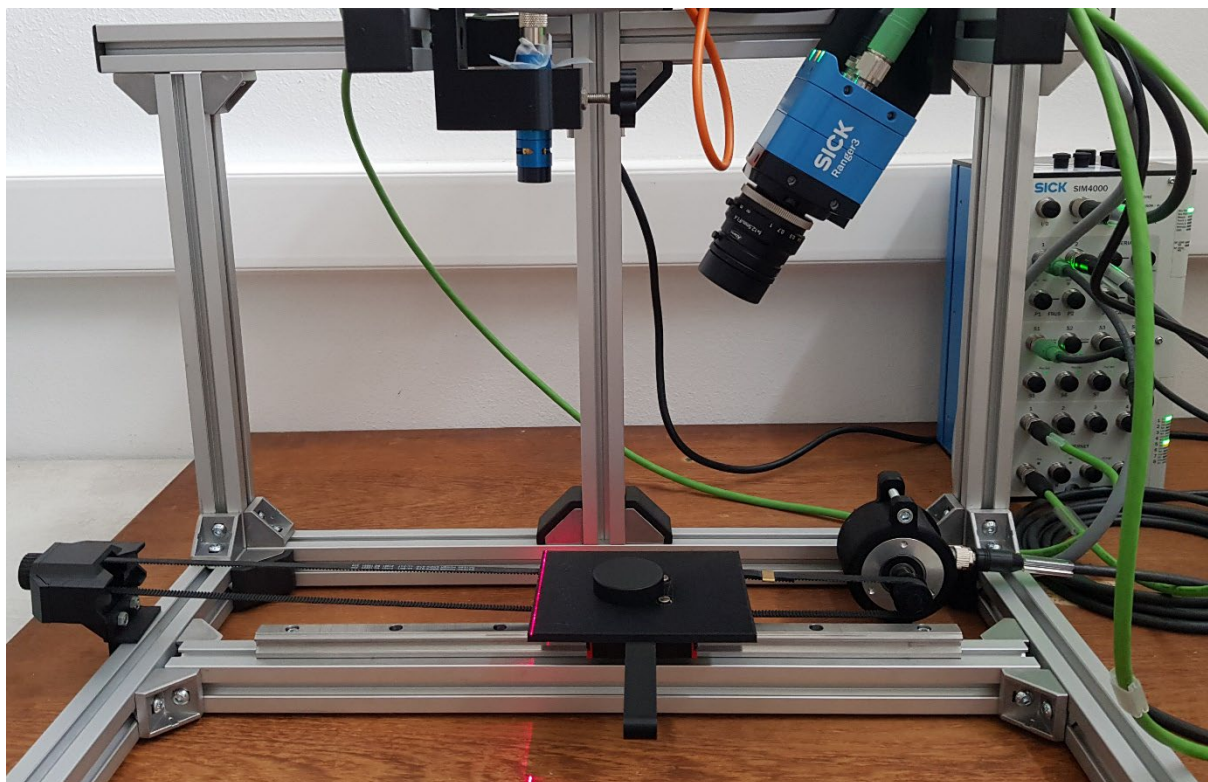
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

Cilj projektnega dela je bil razvoj 3D merilnega sistema z uporabo kamere SICK Ranger 3, kjer se s pomočjo kamere in linijskega laserja ustvari 3D slika objekta na tekočem traku, iz katere se nato lahko razberejo dimenzije objekta in napake v izdelavi objekta.

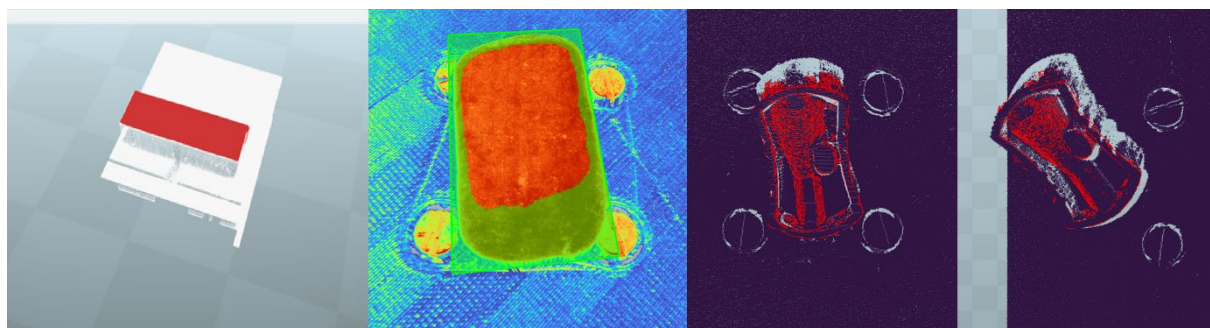
Za izdelavo merilnega sistema sva uporabila 3D kamero SICK Ranger3 Camera, linijski laser podjetja Blau MVmicro Optoelektronik, linearni enkoder in napravo za integracijo senzorjev SICK SIM4000.

S programom SICK AppStudio sva napisala program, ki oblikuje 3D posnetek objekta, izmeri dimenzije objekta, prepozna okrogle in pravokotne oblike objekta, ter prepozna robove objekta. Izdelala sva uporabniški vmesnik, ki omogoča vzpostavitev povezave z opremo in prikaz, ter analizo 3D posnetka objekta. V okviru projekta sva ustvarila 3D posnetke različnih vsakdanjih predmetov, s čimer prikažemo delovanje sistema.



Slika 1: 3D merilni sistem

Vir: lasten



Slika 2: 3D posnetki različnih predmetov

Vir: lasten

**Ključne besede:** 3D merilni sistem, SICK Ranger 3, linijski laser



# RAZVOJ ENOPRSTIH PRIJEMAL NANOPRECIZNEGA ROBOTA

JERNEJ NEZMAN, JAN GOMBOŠI

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

red. prof. dr. **Riko Šafarič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Božidar Bratina**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

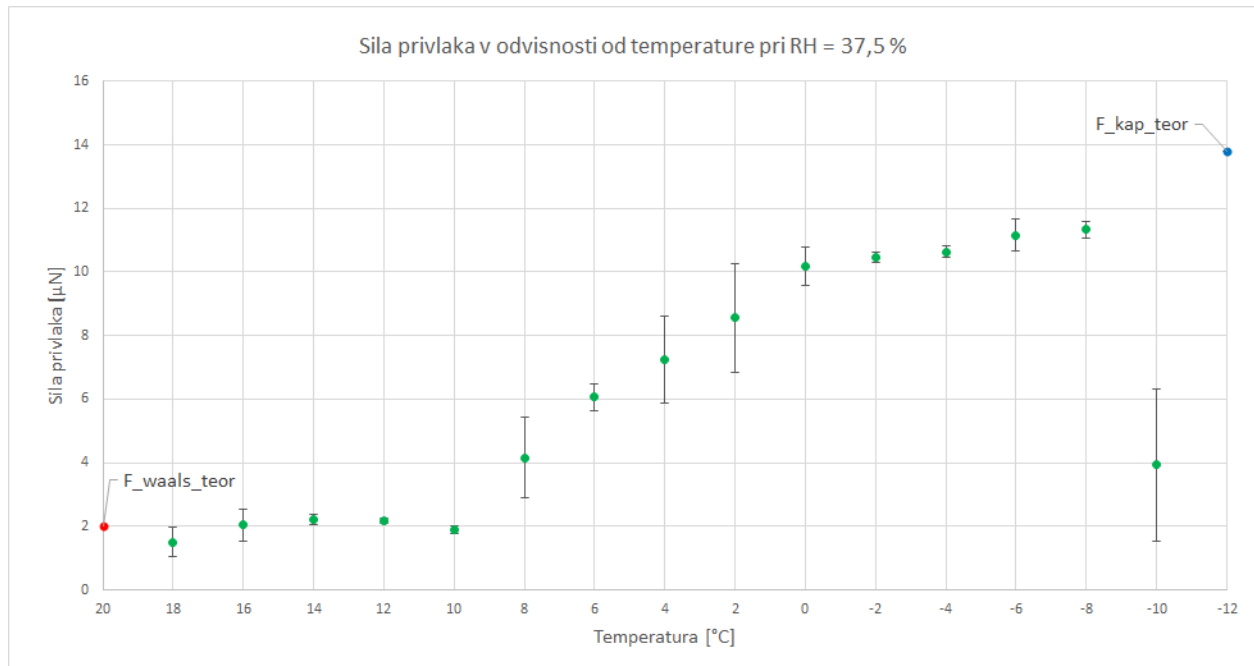
izr. prof. dr. **Vito Tič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorji**

Cilj projektnega dela je bila izdelava prijemala, ki izkorišča prednosti kapilarne in van der Waals-ove metode ter deluje pri atmosferskem tlaku. Za načrtovanje te vrste prijemala je pomembno poznavanje prehoda med van der Waals-ovo in kapilarno silo. Ker je prehod med silama odvisen od relativne vlažnosti zraka in ker je sprememba vlažnosti v mikro okolici prijemala dinamična, sva za potrebe meritev izdelala tiskano vezje s kapacitivnim senzorjem vlažnosti P14 Rapid-2 na osnovi časovnika NE 555. Vezje je bilo izdelano v SMD obliki in nameščeno v bližino merilne površine. Izdelal se je tudi sistem za zniževanje vlažnosti v komori s silikagelom, da sva lahko opravila meritve pri stacionarnih vrednostih. Sestavljen je iz majhne pravokotne posode s pokrovom in mehanskim tesnilom ter dveh servomotorjev. Prvi skrbi za odpiranje in zapiranje, drugi pa za pravilno tesnjenje posode. Senzor sva integrirala v obstoječ sistem, za aktuatorja pa sva morala dodati nov Arduino mikrokontroler, saj obstoječi zaradi tehničnih omejitev ni bil sposoben hkrati izvajati natančne frekvenčne pretvorbe in pulzno širinske modulacije za nadzor servomotorjev. Ker servomotorja potrebujeta več toka, kot ga Arduino lahko zagotovi, sva morala izdelati ločeno napajanje in nov pokrov za komoro z odprtino za dodatne žice, pri čemer sva morala paziti na tesnjenje komore.

V sklopu projekta sva izvedla tudi več meritev prehoda med van der Waals-ovo in kapilarno silo pri različnih vrednostih relativne vlažnosti. Ugotovila sva, da je optimalno območje za delovanje prijemala med 20 % in 45 %. Rezultati ene izmed meritev so prikazani na spodnjem grafu, kjer sta označeni tudi teoretični vrednosti obeh sil. Iz grafa je razvidno, da je do prehoda iz kapilarne v van der Waals-ovo silo prišlo pri  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  in da je van der Waals-ova sila v prisotnosti ledu približno dva krat večja kot pri suhem kontaktu, saj pri nastajanju ledu pride do več kontaktnih točk med objektom in prijemalom.



Slika 1: Sila privlaka med objekti v odvisnosti od temperature pri relativni vlažnosti 37,5 %

Vir: lasten

**Ključne besede:** nanorobotika, enoprsto prijemalo, kapilarna sila, van der Waals-ova sila

# PRIPRAVA IN IZDELAVA TISKANIH VEZIJ: PCB

ANEJ VOZELJ, JAN NIPIČ

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

doc. dr. **Mitja Truntič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

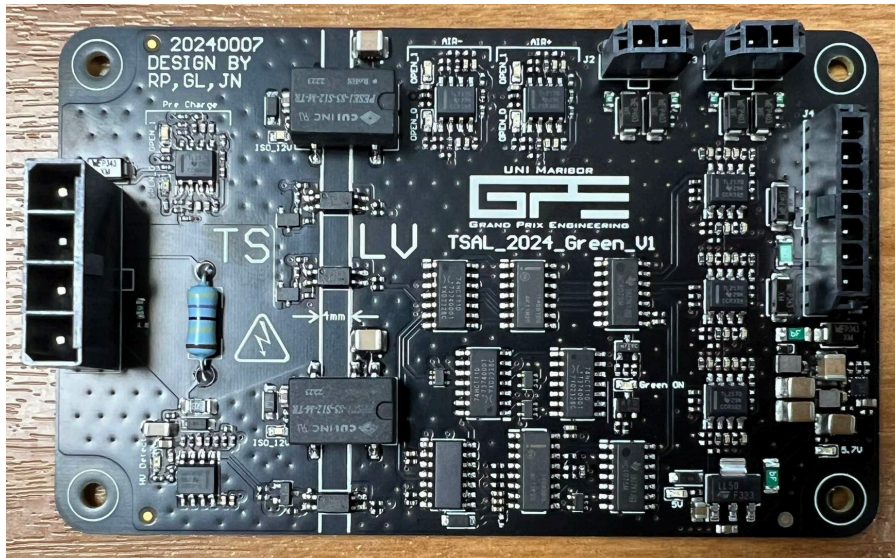
**mentorja**

Ta projekt sva izbrala, ker se nama je zdelo zanimivo sodelovanje pri Formuli Student in ker je znanje načrtovanja vezij zelo uporabno. Sodelovala sva pri načrtovanju in izdelavi vezij, pa tudi pri izdelavi nove napeljave za formulo.

Sodelovala sva pri načrtovanju vezij TSAL Red, TSAL Green, Charger Box Indicator in pri izdelavi vseh novih vezij.

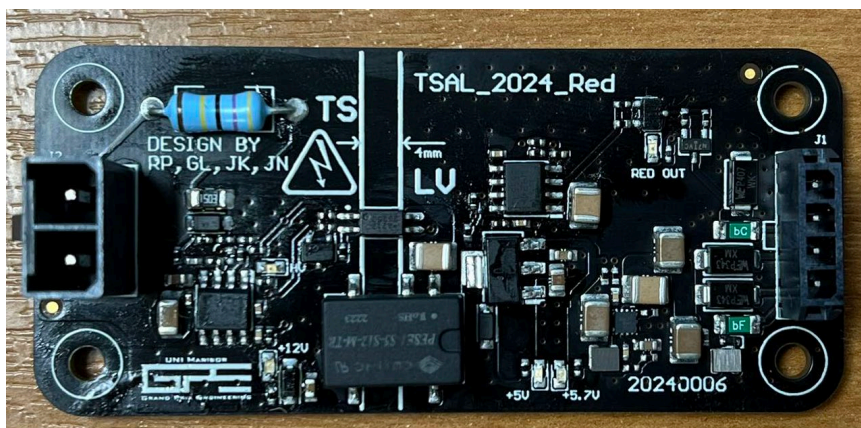
S tem je bilo načrtovanje vezij zaključeno in pripravljeno za izdelavo. Dobili smo vezje, na katerem so bile samo naše povezave med komponentami. Na vezje smo z ustrezno šablono namazali cin. Komponente smo morali položiti sami in z uporabo »Pick-and-place« naprave, ki samodejno postavlja komponente na vezje s pomočjo ustreznega programa. Ko je imelo vezje nameščene vse komponente, smo ga dali v pečico, ohladili in vezje je bilo pripravljeno za testiranje.

Po vseh izdelanih vezjih, smo se lotili še izdelave nove napeljave. Naredili smo ustrezne povezave kot so CAN linije in druge povezave med konektorji. Za pomoč smo imeli na velikem papirju predstavljene vse povezave. Vse to smo delali na podjetju eVersum. Na koncu, smo za lažje razumevanje in predstavo dodali na vsa ustrezna mesta še skrčke in druge označbe. Nova napeljava je bila nato končana in pripravljena za uporabo.



Slika 1: TSAL GREEN vezje

Vir: lasten



Slika 2: TSAL RED vezje

Vir: lasten

**Ključne besede:** PCB, tiskano vezje, Formula Student, GPE, TSAL GREEN, TSAL RED

# KONCEPTNO VOZILO ZA STRMA POBOČJA

MATEVŽ PEČNIK, PRIMOŽ PETEK

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

doc. dr. Aleš Belšak

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc. dr. Mitja Truntič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

mentorja

Cilj projekta je izdelava konceptne zasnove vozila, ki bi bilo namenjeno za uporabo v kmetijstvu in gozdarstvu ter splošnem transportu. Ciljna dejavnost vozila, naj bi bila prevoz zabojev in obdelava strmih travnatih pobočjih. Vozilo je zasnovano tako, da ima nizko težišče in se dobro odziva na motnje iz okolice, ki lahko vplivajo na stabilnost. Na vozilu so brezzračne gume, ki ob stiku z ostrimi predmeti preprečujejo poškodbe ali predrtja. Za preprečevanje zdrsov na mokrih podlagah so na gumah nameščene bodice. Vozilo ne bi moglo opravljati svojih funkcij brez vzmetenja, ki omogoča lažje premagovanje ovir in izboljša stabilnost. Motor vgrajen v središču kolesa omogoča premagovanje strmin in deluje pri nizkih napetostih, kar omogoča napajanje s pomočjo manjše baterije. To dodatno znižuje maso vozila in odpravlja potrebo po dodatnih mehanizmih za prenos mehanske moči. Krmiljenje koles je izvedeno s pomočjo električnega linearne aktuatorja, kar omogoča, da ob izklopu napajanja kolesa ostanejo v želeni poziciji. Vozilo je daljinsko vodeno prek kontrolnega panela, kar povečuje varnost uporabnika, saj mu ni treba biti fizično prisoten v vozilu. Komunikacija poteka preko radijskih valov, ki omogočajo uporabniku vodenje vozila na daljše razdalje. Vozilo vsebuje zavarovano podvozje, jekleno ogrodje in ključne električne komponente, ki so bistvene za delovanje vozila.

**Ključne besede:** konceptno vozilo, strma pobočja, zmogljivost, enostavna gradnja, vzdržljivost



# IZDELAVA PC APP-A ZA IZPIS TEMPERATURE IN NAPETOSTI TER DRUGIH PARAMETROV BMS-A PREKO CAN TO USB PRETVORNIKA

LUKA RUŠNIK, OSKAR ŠONC

*Letnik: 3., Projekt: 2/3*

doc. dr. **Mitja Truntič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Aleš Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorja**

V okviru projektne naloge pri predmetu Projekt 3 smo se osredotočili na izdelavo aplikacije, ki prikazuje podatke o napetosti, temperaturi in drugih parametrih baterije, ki se uporablja v dirkalniku Formule Študent. Projektno nalogo smo nadaljevali na izdelku, katerega izdelavo smo pričeli pri predmetu Projekt 2. Tako smo predhodno izbrane komponente in že izdelane aplikacije uporabili tudi za prikaz napetosti baterije ter drugih parametrov. Za zajemanje podatkov iz CAN vodila smo uporabili PCAN-USB FD, USB v CAN pretvornik, proizvajalca PEAK System, ter python knjižnico python-can, katero smo uporabljali že pri predmetu Projekt 2. Za programiranje grafičnega vmesnika smo uporabljali knjižnico tkinter. Razvili smo sistem, ki pridobiva podatke o napetosti 96 baterijskih celic iz EMUS BMS-a, jih shranjuje ter prikazuje v aplikaciji. Podatki o napetosti celic se pridobivajo tako, da aplikacija najprej pošlje zahtevo, ki na BMS-u sproži pošiljanje podatkov o napetostih celic. Ko aplikacija sprejme podatke, jih obdela ter pripravi za prikaz v grafičnem vmesniku aplikacije. Prav tako je v aplikacijo implementirana stran, ki prikazuje podatke o najvišji in najnižji napetosti ter temperaturi posameznih celic, izdelana pa je tudi temperaturna mapa, s pomočjo katere lahko na enostavnejši način lociramo kritične celice.

**Ključne besede:** formula študent, CAN, PC APP, temperatura, napetost, python





# MAG

MEHATRONIKA



# UPORABA CAD/CAM PROGRAMOV V SIMULACIJSKEM OKOLJU ROBODK

LUKA SAKAČ, SANDI FERLEŠ

*Letnik: 2., Projekt*

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Tomaž Pušnik**, mag. gosp. inž.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

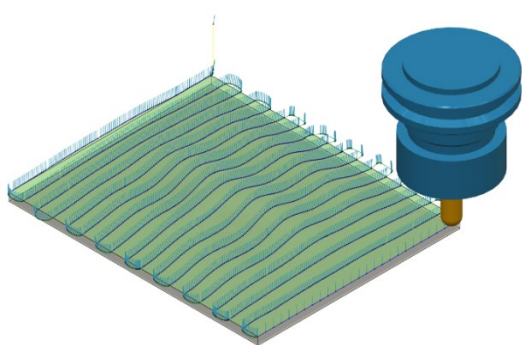
doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorji**

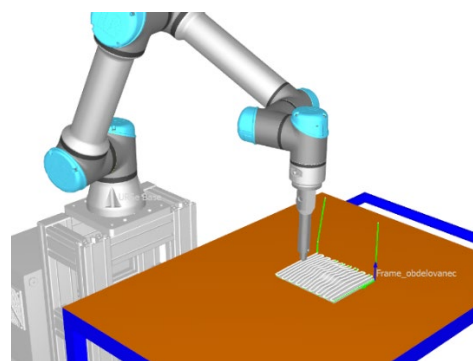
Razvoj sodobne industrije na področju površinske obdelave je tesno povezan z uporabo CAD/CAM programov in avtomatiziranih robotskih sistemov, ki omogočajo učinkovito obdelavo površin in proizvodnjo kompleksnih izdelkov, roboti pa se danes že uporabljajo za naloge, za katere se je nekoč mislilo, da jih lahko opravljajo le CNC stroji. Cilj projekta je bil preveriti možnost povezave klasičnih CAD/CAM programov z robotskim simulacijskim okoljem RoboDK, s poudarkom na končni površinski obdelavi. Glavna motivacija za izvedbo projekta izvira iz visokih stroškov in zaprtosti komercialnih CAM programov, ki podpirajo robote (Robotmaster, SprutCAM), zato smo uporabili univerzalni simulator RoboDK, ki omogoča združljivost z različnimi klasičnimi CAM programi namenjenih za CNC obdelavo. Model obdelovanca smo uvozili v CAM program Autodesk Fusion, ter izbrali takšno virtualno orodje, ki se najbolje sklada z realnim orodjem, nato pa smo sistematično preizkušali različne strategije obdelave. Ugotovili smo, da se za učinkovito reševanje našega problema najbolje izkažeta strategiji »Flow« ter »Step and Shallow«, kajti obe podpirata 5-osno obdelavo pravokotno na površino obdelovanca. »Flow« strategija optimizira gibanje orodja za neprekinjeno rezkanje kompleksnih površin, medtem ko »Step and Shallow« samodejno prilagodi orodne poti glede na nagib površine za učinkovito obdelavo tako strmih kot plitkih področij. V naslednjem koraku smo v simulacijskem okolju RoboDK postavili robota UR5e z orodjem za mikrokovanje in fleksibilno celico z delovno mizo in obdelovancem, ter opravili ustrezno kalibracijo koordinatnih sistemov in robotskega orodja (TCP). Iz programa Autodesk Fusion lahko

nato direktno uvozimo pot obdelave v program RoboDK, v katerem generiramo robotski program za robota UR5e. Najbolj primeren robotski ukaz za tovrstne procesne naloge je »MoveP«, ki omogoča linearni premik orodja robota in krožno spajanje linearnih segmentov s konstantno hitrostjo. Simulirali smo proces robotskega mikrokovanja, ki temelji na akuatorju, ki z aksialnim nihanjem premika trdo kovinsko kroglo po površini obdelovanca ter s tem površino utrjuje, gladi in odpravlja notranje napetosti. Pri izvedbi obdelave v realnem okolju smo naleteli na težave s tresljaji robota, ki so povzročile, da se dejanska pot orodja robota ni natančno ujemala z zeleno potjo. Da bi zmanjšali tresljaje, smo preizkusili različne hitrosti, pospeške, ukaze robota in različne lege obdelovanca. Ugotovili smo, da je za omilitev tresljajev ključno zmanjšanje hitrosti robota/obdelave, s čimer seveda povečamo čas obdelave. Kljub temu trenutno še ne moremo jasno določiti vzrokov tresenja, zato bi bilo potrebno v nadaljevanju izvesti dodatne eksperimente. Z odpravo tresljajev bi lahko izboljšali kakovost obdelave površine ter zmanjšali čas obdelave.



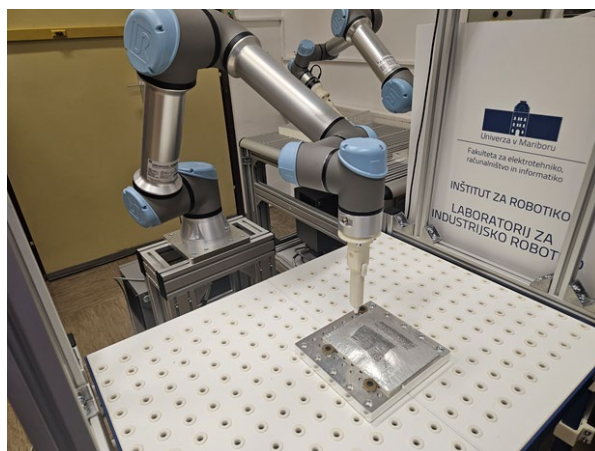
Slika 3: Simulacija v Autodesk Fusion

Vir: lasten



Slika 4: Simulacija v RoboDK

Vir: lasten



Slika 3: Izvedba robotske površinske obdelave na robotu UR5e

Vir: lasten

**Ključne besede:** CAD/CAM, robot, RoboDK, UR5e, Autodesk Fusion

# ODČITAVANJE IN UPORABA SENZORJEV ROBOTA NAO ZA NAMENE IZVAJANJA RAZLIČNIH APLIKACIJ

JAN SOTO VARGAS, ROK PULKO

*Letnik: 2., Projekt*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

Cilj je bil izdelati program za komuniciranje z umetno inteligenco (Chat GPT) preko robota NAO. Celoten sistem mehanike, robotike in umetne inteligence je deloval tako:

1. Robota NAO pozdravimo z »Hello«.
2. Robot nas pozdravi nazaj in nam ponudi možnost, da postavimo vprašanje.
3. Postavimo vprašanje.
4. Robot NAO nam na vprašanje odgovori.
5. Robotu NAO se zahvalimo za odgovor ali ga vprašamo naslednje vprašanje.

Na začetku smo namestili programsko opremo VirtualBox in OS Ubuntu. Izbrali smo OS Ubuntu saj je izvedba programa enostavnejša kot na Windows OS. Ustvarili smo novo virtualno okolje Python z uporabo Python 3.10 in namestili zahteve. Za komunikacijo s Chat GPT smo pridobili API ključ. Sestavili smo program za pogovarjanje v terminalnem oknu. Sledilo je testiranje prav tega. Za uspešnim testiranjem smo se lotili priprave za testiranje programa na NAO robotu. Namestili smo zahteve in vzpostavili omrežno povezavo. Sledilo je testiranje pogovarjanja preko robota NAO. Za lažji zagon programa smo ustvarili script datoteke. Vpeljali smo tudi funkcije nadzorovanega poslušanja robota

NAO v terminalnem oknu. Z rezultatom naloge smo zadovoljni, saj smo dosegli zastavljen cilj. Možna izboljšava bi bila funkcija nadzorovanega poslušanja robota preko mikrofona.

**Ključne besede:** Robot NAO, Python, Chat GPT, komunikacija

# TESTIRANJE 3D TISKANE PROTEZE S POMOČJO ROBOTA

ŽAN SOTOŠEK, ŽAN OCVIRK  
*Letnik: 2., Projekt*

doc. dr. **Timi Karner**  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**Rok Belšak**, mag. inž. meh.  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc. dr. **Gregor Harih**  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorji**

V okviru projekta smo testirali 3d tiskano protezo s pomočjo robota. Glavni cilj naloge je bil, da preverimo ali lahko z 3d natisnjeno protezo nadomestimo trenutne materiale, ki se uporabljajo pri izdelavi takšnih protez. Največkrat je glavni problem pri teh protezah cena, ki pa lahko doseže zelo veliko vrednost, saj se uporabljajo drage komponente iz zelo dragih materialov kot so karbonska vlakna in podobno.

Projekt je bil zelo obsežen, zato ga je bilo potrebno razdeliti v več faz. Prva faza je bila spoznavanje s problematiko, protezo in s pripravo merilne naprave.

Nato je sledila faza v kateri smo se spoznali z robotom v laboratoriju, programiranjem le tega in pripravo ustreznega adapterja za vpetje na robotsko roko.

V zadnji fazi smo se osredotočili predvsem na testiranje in zajemanje meritev. Pri vseh fazah lahko rečemo, da smo se najprej morali spoznati s problemom, poiskati inovativne rešitve in jih nato zelo dobro analizirati. Pri tem projektu gre za povezovanje različnih panog mehatronike.



Projekt je bil zasnovan z namenom, da se pridobijo nova znanja na področju sodelovanja robota z zunanjimi merilnimi napravami, za testiranje 3d natisnjene proteze.

**Ključne besede:** 3D natisnjena proteza, programiranje, merilne naprave.

# AVTOMATIZIRANA INDUSTRIJSKA CELICA ZA PALETIZACIJO

ZALA SLAPNIK  
*Letnik: 2., Projekt*

doc. dr. **Timi Karner**  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

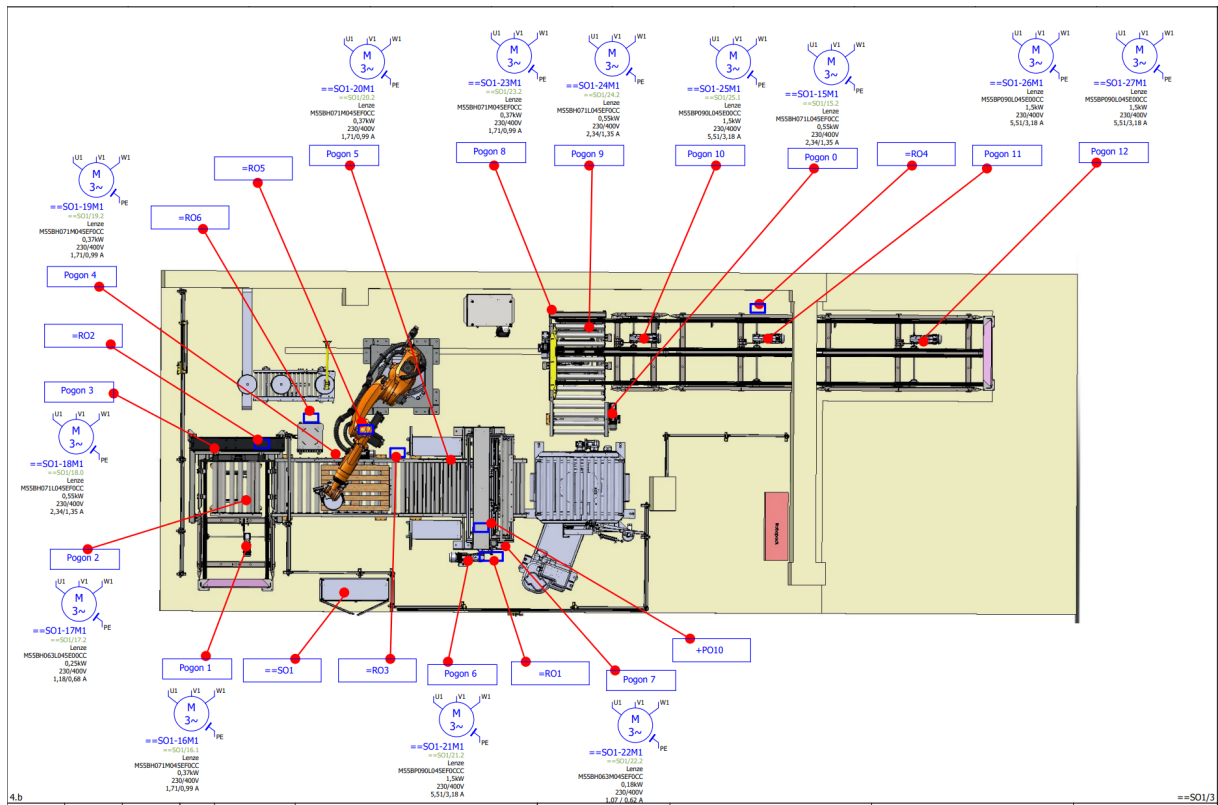
**Rok Belšak**, mag. inž. meh.  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc. dr. **Mitja Truntič**  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorji**

Cilj projekta je bil narisati celoten elektro načrt za izbrano industrijsko celico in ga nato uporabiti pri izdelavi celice. Sodelovali smo s podjetjem Roboteh d. o. o., ki se ukvarja z avtomatizacijo in robotizacijo proizvodnih procesov.

Dobra dokumentacija projektov omogoča hitrejšo izvedbo projektov. Posebej, ko je projekt sestavljen iz več delov, ki so med seboj odvisni. Dokumentacija je tista, ki zagotavlja doslednost in preprečuje nesporazume med sodelujočimi. Prav tako omogoča, da imajo uporabniki in vzdrževalci jasen vpogled v nastali sistem.

Pri izvedbi projekta smo se naučili uporabljati EPLAN, ki je program za risanje elektro načrtov. Osvojili smo način risanja in označevanja, ki ga uporabljajo v Roboteh d. o. o. Ob realizaciji elektro načrta smo se seznanili z vsemi fizičnimi komponentami, ki so bile del elektro načrta. Pripravili in zvezali smo vse elektro omare, ter senzorje in aktuatorje, ki so bili lahko nameščeni pred montažo linije. Vključeni smo bili v celoten proces izvedbe projekta vse do montaže in zagona, ki bosta izvedena v maju 2024.



Slika 1: Postavitev industrijske celice

Vir: lasten

**Ključne besede:** EPLAN, elektro načrt, vezava omare, motorni pogon, senzorji, aktuatorji

# IMPLEMENTACIJA HITROSTNO REGULIRANE HIDRAVLIČNE KOMPAKTNE SERVOOSI

ALEKSANDER ZAVRŠNIK, ŽIGA LORGER

*Letnik: 2., Projekt*

red. prof. dr. **Darko Lovrec**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Vito Tič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

red. prof. dr. **Riko Šafarič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorji**

Pri tem projektu smo se spoznali z delovanjem in zgradbo direktno vodenih hidravličnih valjev brez krmilnega ventila neposredno s črpalko oziroma okrajšano EHA (elektro hidravlični aktuator). Gre za energetske varčnejše vodenje valjev brez dušilnih izgub. Čeprav ta tip ponuja številne prednosti, imamo tudi pomanjkljivosti, kot so nagnjenost k pregrevanju, slabša filtracija, ter manjša količina hidravlične tekočine. Da bi ugotovili natančen vpliv pomanjkljivosti na delovanje sistema, bi ga morali podrobneje testirati in rezultate analizirati.

V okviru projekta smo se spoznali z zasnovanim preskuševališčem, ki temelji na trajnem obratovanju oziroma pomikanju in obremenjevanju EHA sistema. Sestavljen je iz hidravličnega valja, ki je krmiljen s pomočjo servo ventila, ki deluje v zaprto-zančnem režimu. Sistem krmilimo s pomočjo Beckoff krmilnika, ki uporablja programsko okolje TwinCAT 3. Slednje omogoča snovanje programa, ki bo deloval v realnem času, ter omogoča tudi izdelavo uporabniškega vmesnika. Sama vizualizacija uporabniškega vmesnika je bila kreirana v programskem okolju Visual Studio Code, kjer smo uporabili programski jezik C#.

**Ključne besede:** elektro hidravlični aktuator, Beckoff krmilnik, HMI, uporabniški vmesnik, C#.



# INTELIGENTNO POBIRANJE OBJEKTOV Z ROBOTOM UR5

PRIMOŽ KOBAL, GREGOR KORŽE

*Letnik: 2., Projekt*

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Mitja Golob**, mag. inž. meh.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Domen Ulbl**, univ. dipl. inž. el.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

**mentorji**

Pri projektu »Inteligentno pobiranje objektov z robotom UR5« smo se ukvarjali s problemom robotskega pobiranja objektov v zabojniku. Objekti so v zabojniku naključno razporejeni, vendar se med seboj ne prekrivajo. Njihov položaj in orientacija vnaprej ni poznana. Tako smo v tem projektu simulirali situacijo, s katero se lahko srečamo v industrijskem okolju.

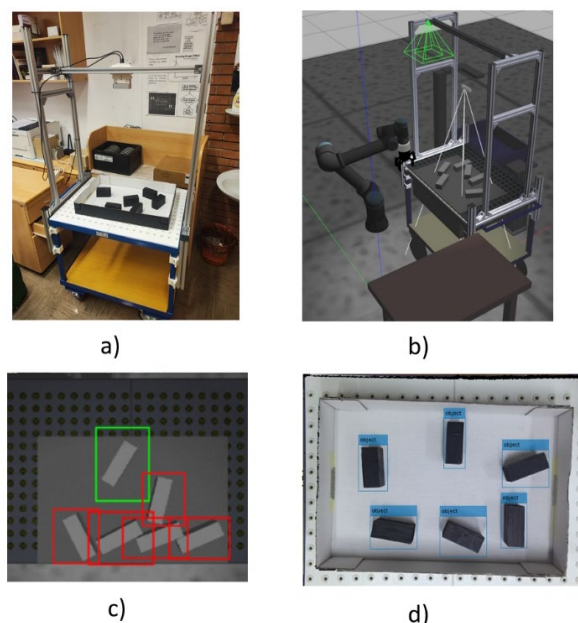
V okviru projekta smo zgradili eksperimentalno robotsko celico, kot je prikazano na sliki 1. Sestoji se iz kolaborativnega robota UR5e z dvo-prstnim prijemalom za manipulacijo objektov, ki je pritrjen na lasten premični podstavek, delovne mize z zabojnikom in objekti za pobiranje, ter globinsko kamero, ki je nameščena portalno na delovni mizi fiksno nad zabojnikom. Robotski sistem vključuje tudi računalnik, ki povezuje robotski krmilnik in globinsko kamero. Naloga robota pobere neurejene objekte iz zabojnika in jih urejeno odloži na sosednjo mizo.

Krmiljenje in komunikacijo med komponentami sistema smo izvedli v kombinaciji s sistemom ROS (Robotic Operating System) in programsko opremo Matlab/Simulink. Sistem ROS komunicira z robotom in globinsko kamero Azure Kinect, ki združuje senzor časa preleta (TOF) za zajemanje globine z RGB kamero visoke ločljivosti. Program v

okolju Matlab/Simulink komunicira s sistemom ROS. Detekcijo osnovne lege naključno razporejenih objektov smo izvedli s konvolucijsko nevronske mreže YOLO v4, ki omogoča hkratno napovedovanje mejnih okvirjev množice objektov. Nevronska mreža YOLO v4 je že vnaprej deloma naučena nevronska mreža, kar poenostavi učenje in želeno končno detekcijo. Percepcija lege objektov poteka v dveh korakih. V prvem koraku iz 2D slike s pomočjo nevronske mreže YOLO prepoznamo osnovno lego objektov (slika 1c). V 2. koraku pa na podlagi osnovne lege objektov s pomočjo globinske slike pridobimo podatke o natančni legi objekta. Lege objektov vnaprej ne poznamo, zato je potrebno robotske gibe sprti načrtovati. Trajektorijo robota generira algoritem za načrtovanje robotskih gibov CHOMP, ki uporablja tehnike gradientne optimizacije za učinkovito načrtovanje gibanja in izogibanja oviram v robotskem delovnem prostoru.

Uspešno smo izvedli pobiranje objektov v simulatorju Gazebo, ki omogoča simulacijo realnega okolja, Robota UR5 in simulacijo globinske kamere (slika 1b). Prav tako smo zagotovili uspešno branje podatkov iz realne kamere Azure Kinect in naučili nevronske mreže, da zazna in označi realne objekte (slika 1d).

V projektu smo ugotovili, kako zaznati lego naključno postavljenih objektov in kako jih pobrati s simuliranim robotom. Nadaljnje delo obsega izvedbo pobiranja z realnim robotom UR5e.



Slika 1: a) Realna delovna miza; b) Virtualna robotska celica; c) Prepoznavna virtualnih objektov; d) Prepoznavna realnih objektov

Vir: lasten

**Ključne besede:** UR5, percepcija, YOLO V4, kamera RGB-D, MATLAB, Simulink, ROS



# KRMILJENJE VRTALNE ENOTE S FESTO CECC KRMILNIKOM (CODESYS) IN IMPLEMENTACIJA V KONCEPT I4.0

DENIS MARŠ, JURE GOLAVŠEK

*Letnik: 2., Projekt*

red. prof. dr. **Darko Lovrec**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Vito Tič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc. dr. **Darko Hercog**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mentorji**

V okviru projekta smo se poglobili v analizo in razumevanje programske opreme Codesys, s poudarkom na njeni integraciji v namensko razvojno raziskovalno delovno postajo sklopa CP Lab, ki se nahaja v Laboratoriju za oljno hidravliko. Namen projekta je bilo razviti in izpopolniti znanje ter veščine, povezane z vzpostavitvijo in upravljanjem naprednih komunikacijskih protokolov med industrijskimi krmilniki, konkretno med krmilnikom Siemens S7-1500 in Festovim CECC-LK krmilnikom. Projekt je zajemal več faz, med katerimi je bila ključna faza razvoj postopka za vzpostavitev zanesljive in učinkovite komunikacije med omenjenima krmilnikoma. To je vključevalo, izbiro ustreznih komunikacijskih protokolov ter implementacijo tehničnih rešitev za sinhronizacijo procesov med krmilniki. Ena od osrednjih nalog projekta je bila tudi zasnova in programiranje koračnega krmilja za vrtanje različnih kombinacij lukenj v ohišje izdelka, ki vsebuje električno vezje. Ta del projekta je zahteval poglobljeno razumevanje načrtovanja krmilnih korakov, ki se povezujejo za varen in učinkovit potek obdelovalnega procesa.

Celoten projekt je bil zasnovan z namenom, da se preko praktičnih izkušenj in tehničnih izzivov poglobi razumevanje uporabe in implementacije sodobnih avtomatizacijskih tehnologij v industrijskem okolju. S tem je projekt prispeval k boljšemu razumevanju medsebojne povezave med teoretičnimi koncepti in praktično uporabo tehnologij v realnih aplikacijah.

**Ključne besede:** krmiljenje, Codesys, Festo, komunikacija.

# RAZVOJ IN IMPLEMENTACIJA INTELIGENTNEGA SISTEMA ZA KLASIFIKACIJO IN SORTIRANJE KROMPIRJA: IPOTATO

TAJA PEC, MATIC FURLAN, ŽIGA MARKOVIČ

*Letnik: 2., Projekt*

izr. prof. dr. **Simon Klančnik**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

red. prof. dr. **Riko Šafarič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
mentorja

Projekt se osredotoča na razvoj in implementacijo inteligentnega sistema za sortiranje neopranega krompirja, z namenom povečanja produktivnosti v kmetijski proizvodnji ob minimalnih stroških. Čeprav so na tržišču že na voljo sortirniki krompirja, so ti zaradi zelo visoke cene nedostopni za manjše in srednje pridelovalce krompirja.

Projekt zajema več faz, ki vključujejo načrtovanje, izdelavo komponent, povezavo elektronskih elementov, zajem slik, klasifikacijo krompirja ter končno sortiranje v zabojnike s pomočjo pnevmatskih ventilov. V okviru projekta smo uspešno integrirali različne komponente, vključno z elektromotorjem, frekvenčnim pretvornikom, ultrazvočnimi senzorji in pnevmatskimi ventili. Ključni prispevek projekta predstavlja implementacija globoke nevronske mreže za klasifikacijo slik krompirja. Arhitektura nevronske mreže vključuje več plasti, vključno s konvolucijskimi plastmi, ReLU aktivacijskimi funkcijami, plasti za združevanje, polno povezanima plastema in končno plastjo za klasifikacijo z uporabo softmax funkcije. Učenje ter testiranje uporabljenega modela sta pokazala, da je uporabljen model omejeno učinkovit pri klasifikaciji neopranega krompirja. Za nadgradnjo zmogljivosti klasifikacije smo prešli na uporabo naprednejše arhitekture, imenovane GoogleNet. Ta model se ponaša z izjemno sposobnostjo prepoznavanja raznolikih lastnosti in vzorcev v slikah, kar bi lahko vodilo v bolj natančno klasifikacijo. Kljub temu smo se soočili s težavami obdelave velikih slikovnih podatkov, zato smo slike zmanjšali na resolucijo 695x519 slikovnih elementov, da bi olajšali proces učenja.

Kljub prehodu na GoogleNet smo še vedno imeli težave z učenjem mreže, zato smo preizkusili še drugo napredno arhitekturo, imenovano ResNet50. Ta model, ki temelji na arhitekturi ResNet, se ponaša z globoko strukturo, ki omogoča učinkovito učenje kompleksnih vzorcev v slikovnih podatkih. Razširitev baze podatkov za učenje in uporaba segmentiranih slik sta dodatno prispevali k uspehu našega modela.

Povezava med programskima orodjema Matlab in Arduino je omogočila avtomatizirano delovanje sistema, ki vključuje optično klasifikacijo ter mehansko ločevanje. Medtem ko je Matlab odgovoren za zajem in klasifikacijo krompirja, je Arduino prevzel vlogo branja podatkov iz senzorjev, aktivacije pnevmatskih ventilov in upravljanja s pogonom. S kombinacijo programske in strojne opreme smo ustvarili zanesljiv sistem za klasifikacijo in sortiranje krompirja.

Vidimo možnost nadgradnje sistema z dodatnimi funkcijami, kot je avtomatski dovod krompirja. Čeprav je klasifikacija že uspešna, sistem še ni v celoti pripravljen za vsakodnevno uporabo v kmetijski industriji. Z implementacijo avtomatskega dovoda krompirja na sortirni valj, bi lahko projekt postal cenovno dostopna rešitev za avtomatsko sortiranje krompirja.



**Slika 1: Sortirnik krompirja**

Vir: lasten

**Ključne besede:** klasifikacija, sortiranje, krompir, globoke nevronske mreže, optična prepoznavna.

# RAZVOJ ROBOTIZIRANEGA SISTEMA ZA OBIRANJE JAGODIČEVJA

DAVID ŽETKO, EMIL MALTAR, KARLO ŠARIČ

*Letnik: 2., Projekt*

doc. dr. **Mitja Truntič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Aleš Belšak**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc dr. **Jurij Rakun**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

**mentorji**

Projektna naloga skupine je bila nadgradnja mobilnega robotskega sistema FarmBeast, ki se je pripravljala na mednarodno tekmovanje v kmetijski robotiki Field Robot Event. Tekmovanje je potekalo v Nemčiji v bližini mesta Lippstadt v okviru velikega kmetijskega sejma DLG Feldtage 2024. Tekmovanje je bilo ocenjeno na 5 nalog, ki jih je moral robot avtonomno opraviti. Ker je izdelava robotskega sistema kompleksen naloga, smo se razdelili v skupine, da bi razdelili veliko količino dela na manjše dele. Naša projektna skupina je bila zadolžena za integracijo stereoskopske kamere v obstoječi robotski sistem in povezavo kamere z robotsko roko Dobot Me6, kako bi robotu omogočili nabiranje malin.

Delo skupine je bilo razdeljeno na:

1. Testiranje kamere v zunanjih pogojih pod močnim soncem.
2. Razvoj in izdelava nastavljivega nosilca za kamero, ki se montira na obstoječo konstrukcijo robota.
3. Integracija kamere v navigacijski program robota.
4. Programiranje robotske roke za nabiranje malin na podlagi podatkov iz kamere.

Kamera, ki smo jo uporabljali, je Intel Realsense D435i stereoskopska kamera s filtrom za IR svetlobo, ki je bila izbrana, da bi izboljšali zmogljivost pri delu na močnem soncu.

Kamero smo predhodno testirali, da smo ugotovili njeno primernost za izvajanje nalog. Naslednji korak je bil načrtovanje nosilca za kamero z nastavljivo višino kamere. Nosilec je moral biti trdno pritrjen na konstrukcijo robota, da bi na ta način zmanjšali vibracije, ki jih povzroča vožnja robota po razgibanem terenu, hkrati pa omogočiti kameri, da je nameščena čim višje z dobrim pogledom na prostor pred robotom. Nosilec je bil 3D natisnjen in montiran s standardnimi vijačnimi spoji.

Ker robot primarno uporablja LiDAR za navigacijo in zaznavanje prostora, je bilo potrebno prilagoditi krmilni sistem na drugačno vrsto podatkov, ki prihajajo s kamere. Zaradi načina delovanja kamera potrebuje več procesorske moči za obdelavo podatkov, zato smo morali optimizirati meritve, da bi se prilagodili razpoložljivim zmogljivostim na robotu. S tem ni bilo veliko težav in sistem, ki je bil uporabljen za navigacijo z LiDAR-om, se je dobro prilagodil kameri.

Z namenom, da bi omogočili robotu, da z robotsko roko nabira maline, je bilo potrebno prepoznati malino na RGB sliki kamere. Nato je bilo potrebno izmeriti razdaljo točke središča maline ter posredovati to točko krmilnemu programu robotske roke, da bi lahko robot pravilno prijel malino s pnevmatskim prijemalom. Kolegi iz razvojne skupine so uporabili YOLO sistem za zaznavanje maline na RGB sliki kamere, ki je z veliko natančnostjo prepoznal maline v raznolikem okolju in svetlobnih pogojih. Koordinate maline v prostoru so bile določene z RGB in globinsko sliko kamere. Vsi elementi sistema so med seboj komunicirali preko platforme ROS in tako delili informacije o trenutnem stanju robota in njegovega okolja. Nabiranje malin z robotsko roko, nameščeno na robota FarmBeast, smo demonstrirali v kategoriji freestyle FRE\_24 tekmovanja, kjer smo osvojili prvo mesto.



Slika 1: FarmBeast robot in nosilec za kamero

Vir: lasten



Slika 2: mesto v freestyle kategoriji

Vir: lasten

**Ključne besede:** FRE, FarmBeast, YOLO, ROS, tekmovanje, FKBV, FERI, Realsense



# TESTIRANJE MEMS SENZORJA

AVGUST SAKELŠEK

*Letnik: 2., Projekt*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

doc. dr. **Božidar Bratina**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

doc. dr. **Suzana Uran**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**Franci Žižek**, univ. dipl. inž .str.

(RTC d.o.o)

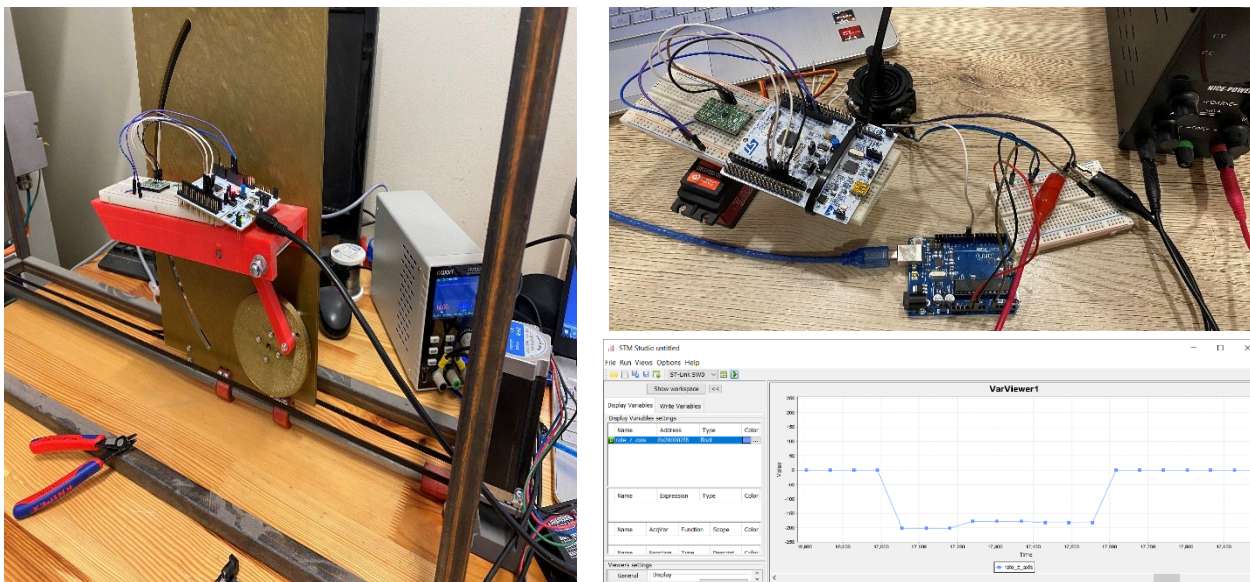
**mentorji**

V projektni nalogi je opisan postopek testiranja z MEMS (micro-electromechanical system) senzorjem. Ideja je med sabo primerjati dva različna MEMS senzorja, različnih proizvajalcev in različnih cenovnih razredov. V primerjavi sta senzorja proizvajalcev STM in Silicon Sensing, vendar zaradi daljših dobavnih rokov senzor proizvajalca Silicon Sensing ni prispel pravočasno. Kljub temu sem izvedel analizo senzorja proizvajalca STM. Ti MEMS senzorji se uporabljajo danes v veliki večini aplikacij kot so recimo telefoni, droni, na avtomobilskem tržišču in še marsikje. V našem primeru bo nadalje uporabljen na tiskanini, ki bo služila nadzoru zdrsa motornega kolesa. Zato je v projektu zajet del katerega sem omenil, ostalo pa se bo nadaljevalo v magistrsko nalogo. Gre za ASM330LHH oznako senzorja, ta ima 6 prostostnih stopenj (3 osi za pospešek in 3 osi za kotno hitrost). Prvotno se je testiral samo senzor na že pripravljeni tiskanini. Projekt zajema celoten postopek inicializacije senzorja za pravilno delovanje in vračanje vrednosti s katerimi lahko računamo in primerjamo vrednosti med sabo. To pomeni postopek programiranja in nastavljanja registrov. V projektu je prikazana tudi naprava za testiranje pospeška in kotne hitrosti senzorja. Tukaj je prikazana primerjava izmerjenih vrednosti z izračunanimi. Za primerjavo pa je dodan tudi Matlab model žiroskopa. Na koncu pa sta še predstavljena strošek komponent oz. projekta in porabljene ure za celoten projekt.



Tabela 1: Tabela stroškov

	Komponenta	Cena (eur)
1.	Nucleo F446RE	15,09
2.	STM STEVAL-MKI193V1	17
3.	2x koračni motor + gonilnik	70
4.	Material za sestavo naprave	40



Slika 1: Testni načini in odčitek

Vir: lasten

**Ključne besede:** MEMS, pospeškometer, žiroskop, testna naprava, razvojna ploščica

# VIZUALIZACIJA VODENJA HIDRAVLIČNEGA CILINDRA

ALJAŽ JERENKO  
*Letnik: 2., Projekt*

izr. prof. dr. Uroš Župerl  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

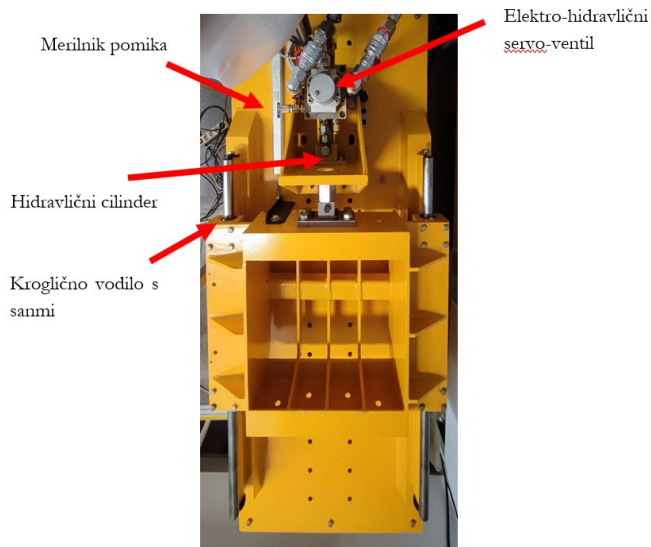
izr. prof. dr. Aleš Hace  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
**mentorja**

Projekt zajema vizualizacijo vodenja hidravličnega cilindra na elektro-hidravličnem servo-sistemu. Osnovne komponente sistema so hidravlični agregat, hidravlični dvosmerni cilinder v horizontalnem položaju, sani stroja, ki drsijo na krogličnih vodilih, premočrtni potenciometrični merilnik, elektro-hidravlični servo-ventil in industrijski krmilnik Siemens S7-1200 z razširitvenim analognim izhodom.

Krmilni program je izdelan s pomočjo programske opreme TIA Portal. Vizualizacijski vmesnik je narejen s pomočjo TIA WinCC RunTime.

Uporabniški oziroma vizualizacijski vmesnik teče preko Windows operacijskega sistema na zaslonu osebnega računalnika. Operater lahko preko vmesnika določa v katerem režimu naj deluje sistem, t.j. v avtomatskem ali ročnem. V avtomatskem režimu lahko določi v katero zeleno pozicijo se bo hidravlični cilinder pomaknil, prav tako pa lahko določi hitrost pomika z drsnikom. Po potrditvi zelene pozicije in hitrosti se cilinder s hitrim gibom premakne iz začetne pozicije in približa v bližino zelene pozicije ter nato nadaljuje s počasnim gibom v le-to. V zeleni poziciji počaka in se vrne s hitrim gibom v bližino začetne točke, od koder pa nadaljuje s počasnim gibom do te točke. V ročnem režimu lahko operater poljubno premika cilinder ven oziroma noter do skrajnih pozicij z izbrano hitrostjo. Na zaslonu osebnega računalnika operater spremlja trenuten položaj batnice preko merilne skale in grafičnega prikaza cilindra.

Vizualizacijski vmesniki se uporabljajo v različnih industrijskih procesih. Vmesniki pripomorejo k lažjemu razumevanju sistema in lažjemu ter hitrejšemu upravljanju le teh.

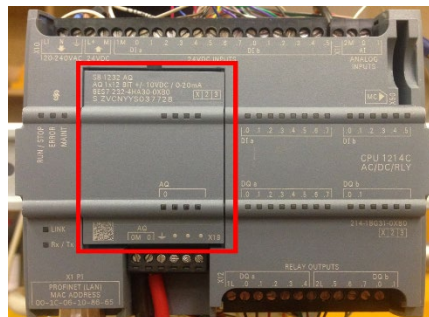


**Slika 1: Elektro-hidravlični servo-sistem**

Vir: lasten

**Slika 2: Hidravlični agregat**

Vir: lasten



**Slika 3: Siemens S7-1200**

Vir: lasten

**Ključne besede:** vizualizacija, vodenje po poziciji, industrijski krmilnik, hidravlični cilinder

# IZDELAVA IN AKTIVACIJA HASEL UMETNE MIŠICE

MIHA CIGLARIČ

*Letnik: 2., Projekt*

doc. dr. **Timi Karner**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

izr. prof. dr. **Aleš Hace**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
mentorja

Narava s pomočjo selekcijskih mehanizmov tisočletja izpopolnjuje osnovne gradnike organizmov za učinkovito delovanje v širokem spektru različnih pogojev delovanja. Inženirji zaradi tega, iščemo inspiracijo za reševanje kompleksnih problemov v naravnem okolju. Mehki HASEL (hydraulically amplified, self-healing, electrostatic actuators) aktuatorji, so relativna novost na tržišču. Predstavljajo ogromen korak v razvoju bioloških robotskih aplikacij. HASEL aktivatorji, posnemajo delovanje mišičnih vlaken in izkazujejo podobne, ali boljše lastnosti glede na njihovo biološko ekvivalenco. Mišice sesalcev izkazujejo vsestransko delovanje in možnost regeneracije tkiva ob njegovi poškodbi. S paralelno zgradbo dosegajo večjo specifično moč. S pomočjo živčevja zaznavajo deformacijo in delujejo na principu mehanske amplifikacije. HASEL izkazujejo možnost regeneracije oz. izolacije poškodovanega mesta ob poružitvi materiala. Ob pojavu dielektrične poružitve tekočina (dielektrični izolator) izolira poškodovane dele materiala. S paralelno zgradbo več aktuatorjev povečamo specifično energijo. S spremembo oblike aktuatorja, se spreminja tudi njegova kapacitivnost. Preko spremembe te snovno oblikovne lastnosti lahko sklepamo o deformaciji aktuatorja brez dodatnih senzorjev. Polimerno telo aktuatorja, ki se deformira, zaradi Maxwellovega pritiska med elektrodama. Deformacija geometrijsko preoblikuje telo aktuatorja in povzroči tok dielektrično izolativne tekočine, ki služi kot mehanski amplifikator (Pascalov zakon). Izdelava HASEL aktuatorjev zahteva popolno razumevanje principov in zakonitosti, na katerih sloni sam aktuator, to sem storil s podrobno študijo analitičnega modela »peano« (oblika mehkega aktuatorja s pravoktnimi predeli) HASEL aktuatorja. Na osnovi podrobnega

razumevanja delovanja sem razdelal aktuator na bistvene komponente. Telo aktuatorja, dielektrično izolativno tekočino, elektrode in napajalni sistem, sem preučil iz vidika elektromehanskih lastnosti, ki so povezana z lastnostmi okolja v katerem delujejo in njihovim obratovalnim režimom. Za vsak sklop sem izbral več materialov in z njimi povezanih proizvodnih tehnik. Opredelil sem jih glede na prej določen optimalne smernice. Navedel sem njihove prednosti in pomanjkljivosti. Izdelava HASEL aktuatorjev, je navidezno enostavna, v praksi zahteva uporabo specializiranih komponent, materialov in uporabo naprednih proizvodnih tehnik. Z obzirom na dostopna proizvodna sredstva sem se odločil za izdelavo »peano« HASEL aktuatorja. Izbral sem ustrezne materiale in preizkusil več opredeljenih tehnik izdelave posamičnih komponent.

**Ključne besede:** HASEL, aktuator, bionika

# SISTEM ZA DALJINSKI (IoT) NADZOR SISTEMOV ELEKTRIČNEGA PLOVILA

ERIK VOH

*Letnik: 2., Projekt*

doc. dr. **Mitja Truntič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

izr. prof. dr. **Uroš Župerl**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

dr. **Miran Rodič**

(Piktronik d.o.o.)

**mentorji**

Projekt opisuje začetek razvoja komunikacijske enote (modula) za daljinski nadzor (Internet stvari) sistemov električnega plovila, ki bo namenjen zajemanju podatkov na plovilu ter njihovemu prenosu na zaledno infrastrukturo, s ciljem sledenja delovanja v daljšem obdobju za potrebe analize, prediktivnega vzdrževanja in zagotavljanja sledljivosti ter prikaza podatkov, tudi s pomočjo aplikacije na pametnem telefonu. Zajeti podatki bodo služili za potrebe sekundarne uporabe baterij in omogočali temeljno infrastrukturo za potrebe prediktivnega vzdrževanja, nadzora nad samim sistemom ter nadaljnji razvoj interneta stvari v podjetju – npr. GEO-fencing, posodobitve preko interneta, ipd.

V naslednjih letih bo potrebno zaradi nove direktive EU (2023/1542), beležiti določene podatke, ki bodo kasneje služili kot potni list baterije – zato je eden izmed ciljev projekta pripraviti tudi ustrezno infrastrukturo za čim hitrejšo integracijo takega potnega lista.

Preko 4G ali NB-IOT omrežja se bo razvila enota, v okviru interneta stvari (IoT), povezovala v splet, podatke pa v obliki JSON formata preko MQTT protokola prenašala na zaledno infrastrukturo – strežnik. Modul je sproti zmožen prenašati podatke o stanju sistema in okolice ter v primeru napake preko alarmov obvešča uporabnika, ustrezne osebe in službe. Naprava bo omogočala funkcionalnosti zajemanja in javljanja dogodkov oz. podatkov sistema v realnem času, v prihodnosti pa bo mogoče njeno funkcionalnost



brez posegov ali z minimalnimi posegi v strojno opremo nadgraditi tudi za izvajanje drugih funkcij, kot je npr. FOTA (Firmware Over The Air, daljinsko spreminjanje in parametriranje programske opreme).

Ker smo pri izvedbi testov na realnem demonstracijskem plovilu omejeni zaradi vremena (zimski čas) in z dosegom (časom trajanja testa – kapaciteto baterij), smo obremenitvene teste izvajali preko prenašanja podatkov iz simulirane platforme. Izdelana je bila definicija modela, ki zajema model plovila, model pogonskega sistema, model baterije, model polnjenja (baterija in polnilnik) ter upoštevala tudi modele izkoristkov posameznih naprav. Model se je nato integriral v simulator, kjer so se ciklično izvajali obremenitveni testi modula, pri čemer se je uporabljala enaka komunikacijska platforma, kot se uporablja na realnem sistemu.

Po uspešnih testih s pomočjo simulacije, se je, s priključenimi vsemi komponentami realnega plovila, testiranje enote izvajalo še v laboratoriju.



Slika 1: Izvajanje testov na realni opremi demonstracijskega plovila v laboratoriju

Vir: lasten

**Ključne besede:** IOT, baterijski potni list, simulacija, model plovila, Hardware in the loop



# 13. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2024: ZBORNİK POVZETKOV ŠTUDENŤSKIH PROJEKTOV

UROŠ ŽUPERL,<sup>1</sup> ALEŠ HACE<sup>2</sup> (UR.)

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija  
uros.zuperl@um.si

<sup>2</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija  
ales.hace@um.si

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) in Fakulteta za strojništvo (FS) Univerze v Mariboru (UM) sta edini v Sloveniji, ki izvajata kakovostne samostojne študijske programe Mehatronike na dodiplomski univerzitetni in visokošolski strokovni 1. stopnji ter na podiplomski magistrski 2. stopnji študija. Diplomirani inženir Mehatronike je v domači industriji, še bolj pa v naši sosesčini, izredno in vedno bolj iskan profil, strokovnjaki na tem področju pa sodelujejo v proizvodnji in razvoju najsodobnejših mehatronskih izdelkov. Študijski programi Mehatronike na Univerzi v Mariboru se odlikujejo s projektno orientiranim načinom izobraževanja, kjer študenti delajo v skupinah na različnih praktičnih mehatronskih problemih. Rezultate svojega projektne delo predstavijo študenti javno konec zimskega semestra in konec študijskega leta na Letni konferenci Mehatronike. Tako so letos na konferenci predstavili (organizirani v dveh delih 22. 2. 2024 in 27. 6. 2024) 48 projektov, od tega 15 projektov študenti visokošolskega strokovnega programa, 20 projektov študenti univerzitetnega dodiplomskega študijskega programa in 13 projektov študenti podiplomskega magistrskega študijskega programa. Povzetke teh projektov smo zbrali v pričujoči zbornik, kjer so predstavljene osnovne informacije, več podrobnosti pa so ekipe študentov predstavile na javni konferenci. Vsi projekti so zanimivi, zato vas v imenu organizatorjev FERI in FS vabimo, da se udeležite tudi naslednje Letne konference Mehatronike!

DOI

[https://doi.org/  
10.18690/um.fs.4.2024](https://doi.org/10.18690/um.fs.4.2024)

ISBN

978-961-286-887-1

**Ključne besede:**

mehatronika,  
robotika,  
avtomatika,  
industrija,  
študentski projekti



Univerzitetna založba  
Univerze v Mariboru

DOI  
[https://doi.org/  
10.18690/um.fs.4.2024](https://doi.org/10.18690/um.fs.4.2024)

ISBN  
978-961-286-887-1

**Keywords:**  
mechatronics,  
robotics,  
automatization,  
industry,  
student projects

# 13<sup>TH</sup> ANNUAL CONFERENCE OF MECHATRONICS 2024: BOOK OF ABSTRACTS, STUDENT PROJECTS

UROŠ ŽUPERL,<sup>1</sup> ALEŠ HACE<sup>2</sup> (EDS.)

<sup>1</sup> University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, Slovenia  
[uros.zuperl@um.si](mailto:uros.zuperl@um.si)

<sup>2</sup> University of Maribor, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Maribor,  
Slovenia  
[ales.hace@um.si](mailto:ales.hace@um.si)

Faculty of Electrical Engineering and Computer Science (FERI) and Faculty of Mechanical Engineering (FS) of University of Maribor (UM) are the only ones in Slovenia to conduct quality independent study programmes of Mechatronics at the undergraduate academic, higher professional and at the postgraduate master level. The study programs of Mechatronics at the University of Maribor are distinguished by the project-oriented method of education, where students work in groups on various practical mechatronic problems. The results of their project work are presented at the end of the study semesters at the Mechatronics Annual Conference. Thus, this year, our students at the conference organized (in two parts on February 22 and on June 27, 2024) represent a total of 48 projects. 15 projects were represented by students of a professional study programme, 20 projects by students of an academic undergraduate study program, and 13 projects by students of the postgraduate master study programme. Summaries of these projects have been gathered in the present Proceedings where basic information is shown. More details you can find out at the conference. All the projects are interesting and therefore we invite you on behalf of the FERI and FS organizers to take part in next year's Annual Mechatronic Conference!

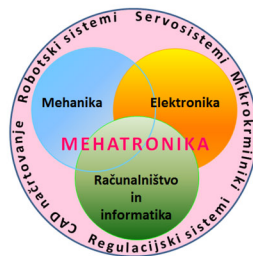






Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,  
računalništvo in informatiko  
Fakulteta za strojništvo



13. letna konferenca mehatronike 2024  
Maribor, 27. 6. 2024