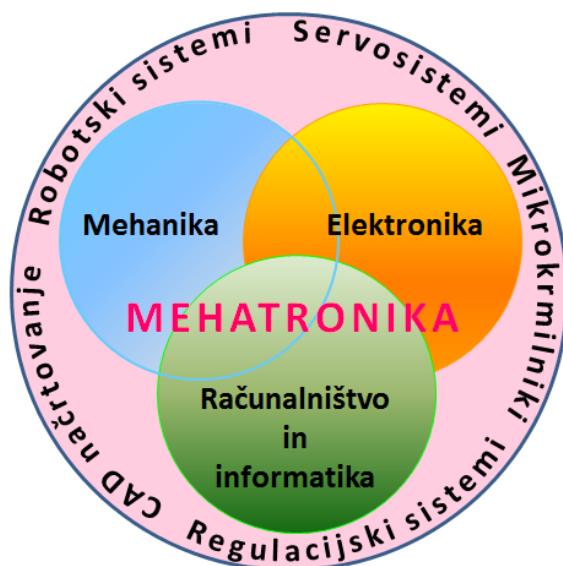




FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO, RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO  
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

## 6. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2017

ZBORNİK POVZETKOV ŠTUDENSKIH PROJEKTOV



Urednika: Aleš Hacı in Uroš Župerl

MARIBOR, AVGUST 2017



Univerzitetna založba  
Univerze v Mariboru



Univerzitetna založba  
Univerze v Mariboru

## **6. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2017**

(zbornik povzetkov študentskih projektov)

**Urednika:**

dr. Aleš Hace

dr. Uroš Župerl

**AVGUST 2017**

- Naslov:** 6. LETNA KONFERENCA MEHATRONIKE 2017
- Podnaslov:** Zbornik povzetkov študentskih projektov
- Urednika:** izr. prof. dr. Aleš Hace ( Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko) in izr. prof. dr. Uroš Župerl (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)
- Tehnični urednik:** izr. prof. dr. Aleš Hace ( Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko)
- Avtorji skic in slik:** študentje študijskih programov Mehatronike
- Organizacijski odbor:** izr. prof. dr. Aleš Hace (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), izr. prof. dr. Uroš Župerl (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo), prof. dr. Miro Milanovič (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), izr. prof. dr. Karl Gotlih (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo), doc. dr. Miran Rodič (Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), izr. prof. dr. Darko Lovrec (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo).

**Izdajateljici:**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
Koroška cesta 46, 2000 Maribor, Slovenija  
tel. +386 2 220 70 00, faks +386 2 220 72 72  
<http://www.feri.um.si>, [feri@um.si](mailto:feri@um.si)

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo  
Smetanova ulica 17, 2000 maribor, Slovenija  
tel. +386 2 220 75 00, faks +386 2 220 79 90  
<http://www.fs.um.si>, [fs@um.si](mailto:fs@um.si)

**Založnik:**

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru  
Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija  
tel. +386 2 250 42 42, faks +386 2 252 32 45  
<http://press.um.si>, [zalozba@um.si](mailto:zalozba@um.si)

Dostopno na: <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/257>  
<http://iro.feri.um.si/>

Datum izida: Avgust 2017

**© Univerzitetna založba Univerze v Mariboru**

Vse pravice pridržane. Brez pisnega dovoljenja založnika je prepovedano reproduciranje, distribuiranje, predelava ali druga uporaba tega dela ali njegovih delov v kakršnemkoli obsegu ali postopku, vključno s fotokopiranjem, tiskanjem ali shranjevanjem v elektronski obliki.

---

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Univerzitetna knjižnica Maribor

681.5:007.52(082)(0.034.2)

LETNA konferenca Mehatronike (6 ; 2017 ; Maribor)

Zbornik povzetkov študentskih projektov [Elektronski vir] / 6. letna konferenca Mehatronike 2017 ; urednika Aleš Hace, Uroš Župerl ; [avtorji skic in slik študentje študijskih programov Mehatronike]. - El. zbornik. - Maribor : Univerzitetna založba Univerze, 2017

Način dostopa (URL): <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/257>

ISBN 978-961-286-075-2 (pdf)

doi: 10.18690/978-961-286-075-2

1. Hace, Aleš  
COBISS.SI-ID [92770817](https://doi.org/10.18690/978-961-286-075-2)

---

**ISBN:** 978-961-286-075-2 (pdf)

**DOI:** <https://doi.org/10.18690/978-961-286-075-2>

**Odgovorna oseba založnika:** prof. dr. Igor Tičar, rektor Univerze v Mariboru

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-075-2>

ISBN 978-961-286-075-2 (pdf)

© 2017 Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

Dostopno na: <http://press.um.si>

## **Predgovor**

**Spoštovani !**

*Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) ter Fakulteta za strojništvo (FS) Univerze v Mariboru (UM) edini v Sloveniji izvajata kakovostne samostojne študijske programe Mehatronike na dodiplomski univerzitetni in visokošolsko strokovni 1. stopnji ter na podiplomski magistrski 2. stopnji študija. Inženir Mehatronike je v domači industriji, še bolj pa v naši soseščini, izredno in vedno bolj iskan profil, strokovnjaki na tem področju pa sodelujejo v proizvodnji in razvoju najbolj sodobnih mehatronskih izdelkov z visoko dodano vrednostjo.*

*Študijski programi Mehatronike na Univerzi v Mariboru se odlikujejo s projektno orientiranim načinom izobraževanja, kjer študentje delajo v skupinah na različnih praktičnih mehatronskih problemih polnih sodobnih tehnoloških izzivov. Rezultate svojega projektne dela predstavijo študentje javno konec šolskega leta na Letni konferenci Mehatronike. Tako letos naši študentje na konferenci organizirani 29.6.2017 predstavljajo skupaj 31 projektov, od tega 7 projektov študentje visokošolsko strokovnega programa, 17 projektov študentje univerzitetnega dodiplomskega študijskega programa, in 7 projektov študentje podiplomskega magistrskega študijskega programa. Projekti se nanašajo na industrijsko mehatroniko, izdelčno mehatroniko, proizvodno in servisno robotiko, avtomatizacijo, sistem močnostne elektronike, itd.. Povzetke teh projektov smo zbrali v pričujoči zbornik, kjer so razvidne osnovne informacije, več podrobnosti pa boste lahko zvedeli na konferenci. Vsi projekti so zanimivi in zato vas v imenu organizatorjev FERI in FS vabimo, da se udeležite tudi letošnje Letne konference Mehatronike!*

**Ključne besede:** *mehatronika, robotika, avtomatika, industrija, študentski projekti*

## KAZALO

<b>VS MEHATRONIKA.....</b>	<b>1</b>
<i>J. Slemenšek, A. Rotovnik, G. Štolfa:</i>	
TEKOČI TRAK IN ROBOT ROKI .....	2
<i>T. Pirnat, D. Selar:</i>	
RAZVOJ 3D PRINTERJA ZA MIKRO OBJEKTE .....	3
<i>K. Podgoršek, D. Herceg, M. Pisnik:</i>	
MONTAŽA S KOLABORATIVNO INDUSTRIJSKO ROBOTSKO ROKO UR .....	4
<i>Ž. Stopar, S. Šlander, J. Novak:</i>	
REKONSTRUKCIJA IN AVTOMATIZACIJA MEHANSKEGA PRIJEMALA MANIPULATORJA.....	5
<i>D. Ketiš, P. Zakelšek, R. Belšak:</i>	
NAČRTOVANJE IN IZDELAVA AVTONOMNEGA INDUSTRIJSKEGA VOZIČKA .....	6
<i>J. Leskovar, M. Taužič, Ž. Vražič:</i>	
PNEVMATIČNA STISKALNICA .....	7
<i>M. Borovec, G. Komplet, D. Završek:</i>	
RAZVOJ ODPRTEGA KRMILNEGA SISTEMA ZA MULTIKOPTERJE .....	8
<b>UN MEHATRONIKA .....</b>	<b>9</b>
<i>J. Mlinarič, R. Friš, M. Bračko, T. Masilo, A. Pauko:</i>	
PREDELAVA ELEKTRIČNEGA KOLESA.....	10
<i>G. Časar, I. Erjavec, K. Nemec:</i>	
VODENJE VIRTUALNIH PROCESOV Z UPORABO REALNEGA KRMILNIKA.....	11
<i>U. Vincetič, L. Roudi, M. Petek:</i>	
IZGRADNJA IN VODENJE ROBOTA S KRMILNIKOM MYRIO .....	12
<i>M. Šnajder, K. Polovič:</i>	
AVTONOMNI VOZIČEK – ZASNOVA PODVOZJA .....	13
<i>D. Potočnik, D. Ravnak:</i>	
AVTONOMNI VOZIČEK - KINEMATIKA.....	14
<i>L. Šelih:</i>	
AVTONOMNI VOZIČEK – KRMILJE IN SENZORJI.....	15

---

<i>T. Semenič, D. Repatec:</i> VODENJE VERTIKALNEGA HIDRAVLİČNEGA VALJA Z INDUSTRIJSKIM KRMILNIKOM.....	16
<i>T. Jurak, T. Pavlovič:</i> MINI HIDRAVLİČNI SISTEM .....	17
<i>B. Recek, D. Sedonja:</i> RAZVOJ BREZŽIČNIH MODULOV ZA SISTEME HIŠNE AVTOMATIZACIJE .....	18
<i>F. Tratnjek, G. Rocner:</i> RAZVOJ INTELIGENTNEGA SISTEMA ZA DOZIRANJE TABLETK.....	19
<i>P. Bencak:</i> SISTEM ZA AKTIVNO BALANSIRANJE BATERIJ.....	20
<i>R. Fujs, M. Bogša:</i> NAČRTOVANJE IN IZDELAVA SENZORJA VAN DER WAALS-OVIH IN KAPILARNIH SIL ZA NANO-ROBOTSKO CELICO.....	21
<i>M. Kitak:</i> GRADNJA ROBOTOV ZA PREGLED MOSTOV .....	22
<i>J. Prnaver, M. Trčak:</i> PREUČEVANJE MOŽNOSTI VODENJA IN PROGRAMIRANJA ROBOTA KUKA KR 15 KRC 1 .....	23
<i>R. Kotnik, U. Remic:</i> NAČRTOVANJE IN IZDELAVA PREUSMERITVENEGA MEHANIZMA VALJČNEGA TRANSPORTERJA ZA TRANSPORT ZABOJČKOV .....	24
<i>A. Kolman, A. Picej:</i> DRUŽABNE IGRE Z ROBOTOM – ROBOTSKI MET NA KOŠ .....	25
<i>D. Gošek, J. Križaj:</i> SISTEM ZA AVTOMATIZACIJO VLEČENJA PALICE PRI KONTINUIRNEM LITJU ...	26
<b>MAG MEHATRONIKA .....</b>	<b>27</b>
<i>T. Mastnak, T. Grešak:</i> PRIPRAVA IN NAČRTOVANJE 5 OSNE OBDELAVE NA ROBOTU ACMA XR 701 ....	28
<i>T. Steničnik, M. Sekirnik:</i> LINEARNA OS S KORAČNIM IN SERVO MOTORJEM.....	29

---

*M. Pinter, J. Weichardt:*

STIKALNI PRETVORNIK ZA ELEKTRIČNO VOZILO Z NAPJANJEM IZ BATERIJE IN  
SUPERKONDENZATORJA..... 30

*L. Mesarić, D. Radočaj:*

HIL SISTEM ZA TESTIRANJE PROGRAMSKE OPREME..... 31

*K. Pušnik:*

SIMULACIJA NADZORA HRAPAVOSTI OBDELANE POVRŠINE PRI FREZANJU .... 32

*M. Adler, D. Fister:*

RAZVOJ NAPREDNIH ALGORITMOV VODENJA MEHATRONSKIH SISTEMOV ..... 33

*A. Čakš, L. Jerebic:*

REGULACIJA SILE NA LINEARNI HIDRAVLICNI SERVO OSI..... 34

---



**VS MEHATRONIKA**

## TEKOČI TRAK IN ROBOT ROKI

*Jan Slemenšek, Andraž Rotovnik, Gašper Štolfa*  
Mentor: doc. dr. Suzana Uran (FERI)

### Povzetek

Pri projektu je bil cilj povezati tekoči trak, ki transportira izdelke z robotsko roko katera izdelek izbije iz tekočega traku v zaboj. Odločili smo se, da bomo pri tem za zaznavanje objektov na tekočem traku izgradili svoj 3D senzor, ki bo zaznaval višino in širino objekta. Sestavlja ga linearni laserski žarek ter kamera, katera zaznava rdečo črto laserja ter šteje število individualnih rdečih pikselov. Kamera je povezana na intergrirano vezje Raspberry Pi Zero, kateri vsake 3 sekunde posname sliko merjenega objekta ter iz zajete slike izpostavi samo rdeče slikovne pike. Te pike nam predstavljajo lasersko svetlobo.

Slike procesiramo v knjižnici OpenCV, katera je napisana na osnovi programskega jezika Python v katerem se tudi programira.

Ko z senzorjem določimo pozicijo objekta v prostoru, le tega manipuliramo z robotsko roko prikazano na levi sliki. Za robota smo morali izdelati tudi regulacijsko vezje na katerega priklopimo enosmerne DC motorje, katere reguliramo z analogno napetostjo.

Na regulacijsko vezje osi robota Roki priklopimo še inkrementalne dajalnike pozicije za merjenje pozicije robotske roke. Pri vsem tem je bila tudi pomembna hitrost tekočega traku. S senzorjem smo zaznavali objekte vsakih nekaj sekund, zato tekoči trak ni smel transportirati izdelkov zelo gosto in hitro. V nasprotnem primeru bi imeli težave, da bi zaznal senzor naslednji objekt kot, da je prejšnji objekt ali pa, če bi se objekti transportirali prehitro, majhnega objekta ne bi zaznal.



**Ključne besede:** Raspberry Pi, OpenCV, Python, robot »roki«.

## RAZVOJ 3D PRINTERJA ZA MIKRO OBJEKTE

*Tomaž Pirnat, Dino Selar*

Mentor: red. prof. dr. Riko Šafarič (FERI), izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS)

### Povzetek

Naša naloga je bila, da ugotovimo kje na robotu se pojavljajo nenadzorovani tresljaji, jih izmeriti in definirati, ter odpraviti, potem pa še z aktuatorjem poustvariti nadzorovane tresljaje.

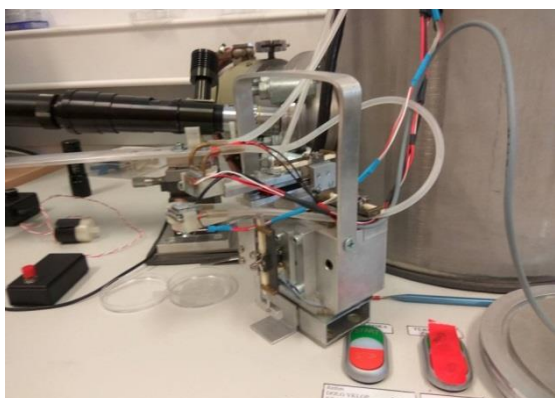
Naše delo se je začelo s spoznavanjem delovnega okolja. To smo počeli na dva načina in sicer s pomočjo literaturo in z opazovanjem drugih, ki so delali na robotu.

Ko smo se spoznali z delovnim okoljem smo začeli z delom in sicer naprej smo opravljali meritve preko katerih smo ugotovili, kaj je vzrok za tresljaje na robotu. Tresljaje je povzročalo črpalka, ki je skrbela za kroženje vode za ohlajanje sistema in preko vode so se prenašali tresljaje na robota.

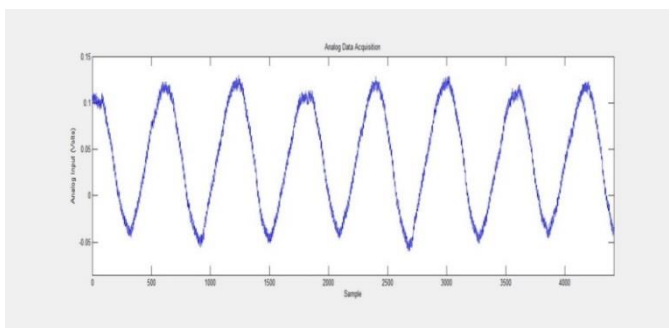
Drugi del našega dela je bil iskanje črpalke, na srečo je bila podobna črpalka na voljo v Sloveniji, tako da smo jo dobili hitro in jo tudi brez večjih zapletov zamenjali in tako smo se tudi rešili tresljajev. Kar smo tudi potrdili z meritvami.

Zadnji del naloge je bil, da z aktuatorjem vzbujamo tresljaje, podobne kot nam jih je prej povzročala črpalka. Najprej smo na internetu našli več različnih aktuatorjev tresljajev, potem pa glede na naše zahteve in njihove lastnosti izbrala t.i. coin vibrator. Naročili smo ga prek Ebay-a, po tem ko smo ga dobili smo opravila več meritev naprej na prostem, potem pa smo ga pritrdili na izbrano mesto. Ker pa so tresljaji imeli preveliko amplitudo smo med vibratorjem in robotom namestili še nekaj silikona, ki je ublažil tresljaje ravno prav.

Naredili smo vse zastavljeno in vse deluje tako kot smo si predstavljali, opravili smo veliko meritev katere bi nama prišle prav ob kakšnih zapletih, tako pa jih na srečo nismo potrebovali saj po menjavi črpalke in namestitvi vibratorja še vedno pride do istega pojava, kot se je zgodil prej pri stari črpalki. Z to prednostjo, da ko tega pojava nočemo pri našem delu z robota enostavno tresljaje ugasnemo in nas le ti ne motijo pri ostalem delu, ki ne vključujejo pojava, ki se zgodi ob tresljajih. Kljub temu pa smo vse še potrdila preko meritve tresljajev in jih tudi komentirali saj bodo mogoče prišli prav kdaj drugič.



Slika 1: Robot



Slika 2: Meritev tresljajev

**Ključne besede:** Robot, vibracije, meritve, popravilo

## MONTAŽA S KOLABORATIVNO INDUSTRIJSKO ROBOTSKO ROKO UR

*Kristjan Podgoršek, Danijel Herceg, Matevž Pisnik*

Mentor: izr. prof. dr. Aleš Hace (FERI), izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS)

### Povzetek

Namen našega projekta je bil, da preizkusimo ali je robotska roka UR3 primerna za namene vijachenja v proizvodnji. Čisto na začetku, smo si v programu Solid Works po merah izrisali glavo za robotsko roko, v katerega se lahko vstavi nastavek za vijachenje. S pomočjo 3d printerja smo glavo izdelali in jo vstavili na robotsko roko. Vanj smo dali nastavek za vijachenje v obliki inbusa. S tem smo dosegli lažji nased izvijača v glavo vijaka. Za testiranje vijachenja smo uporabili sklopko motorne gredi. Za ta element smo se odločili ker so dela, kjer je potrebno vijachiti zelo zamudna in naporna v kolikor bi delavec to počel čez celo svojo dnevno izmeno oz. celo več let.

Vijachenje je potekalo v 2 fazah. Najprej je bilo vseh 6 vijakov privitih po času, se pravi da je robotska roka vsak vijak posebej vijachila 30 sekund. V tem času smo dosegli, da so bili vsi vijaki priviti za približno  $\frac{3}{4}$  navoja. V drugem delu pa, je vsak vijak vijachila po navoru. To pomeni da je vijachenje potekalo tako dolgo, dokler ni bil dosežen navor, ki smo ga programsko določili ( 0,8 Nm). Na podlagi prekoračitve tega navora, je robotska roka prepoznala, kdaj je vijak dovolj privit. Pomembno je bilo tudi da smo določili s kakšno silo se robotska roka pomika navzdol med vijachenjem, saj bi v nasprotnem primeru zaostajala za vijakom in bi izvijač izpadel iz glave vijaka.

Ugotovili smo, da bi bila ta robotska roka primerna v za vijachenje v proizvodnji, saj bi s tem dosegli da bi bili vsi vijaki enako močno priviti in v roku ene delovne izmene bi, bilo dokončano bistveno večje število motornih sklopk, kot če bi to počel človek. Ta roka je uporabna v te namene tudi zato, ker v avtomatskem režimu delovanja omogoča, gibanje vseh sklepov tako da ne pride do zatikanja ali izpada izvijača iz glave vijaka.

Da bi to delo potekalo še hitreje, bi lahko dodali še eno robotsko roko, ki bi služila kot strežba tej roki in bi skrbela za prinašanje in odnašanje dokončanega elementa iz delovnega prostora tej glavni robotski roki.



**Ključne besede:** robotska montaža, kolaborativni robot, Universal Robots UR5, ...

## REKONSTRUKCIJA IN AVTOMATIZACIJA MEHANSKEGA PRIJEMALA MANIPULATORJA

*Žiga Stopar, Samo Šlander, Jakob Novak*

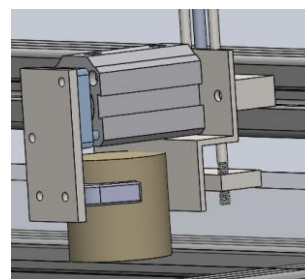
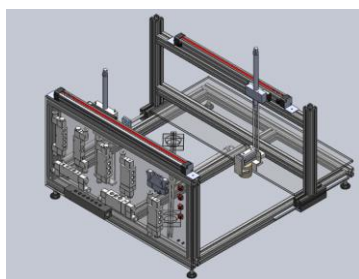
Mentor: izr. prof. dr. Uroš Župerl in doc. dr. Edvard Detiček (FS), izr. prof. dr. Aleš Hace (FERI)

### Povzetek

Cilj projekta je rekonstrukcija in avtomatizacija mehanskega prijemala. Prijemalo pobere obdelovanec na začetni poziciji, prestavi na premično ročico. Premična ročica prestavi obdelovanec na drugo stran, kjer drugo prijemalo dvigne obdelovanec in odloži nazaj na ročico. Postopek se ponovi. Prva naloga je bila analizirati obstoječe elektro-mehansko prijemalo. Ker prijemalo ni bilo funkcionalno zaradi slabe izdelave, smo morali izdelati novo konstrukcijo prijemala. Najprej smo izbirali ideje za prijemalo in nato izbrali najoptimalnejšo izvedbo z vidika funkcionalnosti in stroškov izdelave. Naredili smo 3D model celotnega manipulatorja in prijemala. S simulacijami smo se prepričali funkcionalnosti prijemala. Nato smo izdelali tehniško dokumentacijo in izbrali osnovne komponente (cilindre, dušilke, cevi, ventile...) in izdelali tehnologijo izdelave komponent nosilca prijemala. Za izdelavo komponent smo izbrali najprimernejšega ponudnika.

Nadalje smo analizirali obstoječ pnevmatski manipulator in v katalogih izbrali manjkajoče pnevmatske ventile, dušilke, cevi... Sestavili smo seznam komponent, izdelali naročilnice in poiskali najugodnejšega ponudnika. Nabavi je sledila montaža prijemala in ostalih pnevmatskih komponent na pnevmatski manipulator.

Izdelali smo krmilni program za krmilnik S7-200 in ga testirali na simulacijski plošči. V ta namen smo izdelali stikala, ki ponazarjajo proženje ventilov. Izdelali smo tudi LED diode, katere ponazarjajo položaj ventilov. Zasnovali smo proces za obratovanje manipulatorja, katerega smo tudi avtomatizirali. Izdelali smo tehnološko shemo, diagram stanj, prireditveno tabelo in krmilni program. Izvedli smo simulacijo programa in test na manipulatorju. Za uspešno obratovanje, da ne prihaja do poškodb, smo sinhronizirali pnevmatske komponente manipulatorja.



**Ključne besede:** manipulator, prijemalo, pnevmatika, 3D model, projektna naloga

## NAČRTOVANJE IN IZDELAVA AVTONOMNEGA INDUSTRIJSKEGA VOZIČKA

*David Ketiš, Primož Zakelšek, Rok Belšak*

Mentor: izr. prof. dr. A. Hacı (FERI), izr. prof. dr. K. Gotlih, red. prof. dr. T. Lerher (FL)

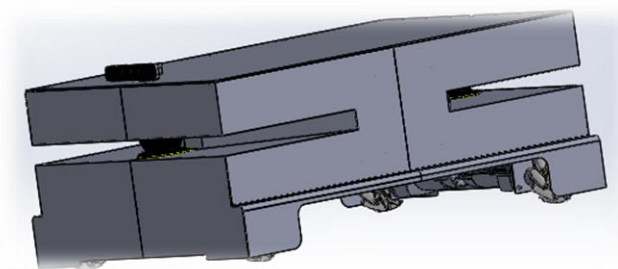
### Povzetek

Cilj projekta je bil načrtovati industrijski voziček po strategiji industrije 4.0, ki bo imel neko odlagalno površino kamor bo manipulator ali delavec odložil breme, ki ga bo nato voziček dostavil na določeno mesto. Voziček mora po tej industrijski strategiji imeti avtonomijo, kar pomeni, da se zna v prostoru sam orientirati in odreagirati na ovire, obenem pa mora imeti povezavo s centralno enoto, ki vse skupaj nadzira in mu posreduje lokacije dostave.

Projekta smo se lotili tako, da smo najprej na spletu poiskali vse informacije o že obstoječih podobnih vozičkih, sistemih sporazumevanja, potrebni sensoriki, računalnikih za krmiljenje, ipd.

Ko smo spoznali sistem sporazumevanja ter način delovanja in procesiranja celotne aplikacije, smo se na podlagi tega odločili o izbiri elementov, ki so potrebni za izdelavo vozička. Izbrali smo industrijski računalnik proizvajalca Backhoff z razširitvenimi moduli, laserski Lidar senzor za izris okolice, 3D kamero za boljšo predstavo globine ter ultrazvočne senzorje, ki služijo bočnemu premiku ter zaznavi prosojnih teles. Za komunikacijo smo uporabili tudi wifi modul. Ko smo imeli izbrane vse te elemente, smo izračunali približno težo celotnega vozička ter upoštevali še baterijo, ki še je nismo mogli izbrati, ter samo nosilnost in tako izpeljali navor, ki ga potrebujemo na motorjih. Na osnovi navora in pa seveda napetosti smo izbrali motorje, na katere smo namestili mecanum kolesa. Ko smo imeli znane tudi motorje, smo izračunali skupni električni tok vseh porabnikov ter na podlagi le-tega izbrali še baterijo. Za vse elemente smo pridobili 3D modele, ki smo jih vstavili v program Solidworks, kjer smo narisali tudi konstrukcijo robota. Tako lahko iz 3D modela enostavno pridobimo tehniško dokumentacijo za fizično izdelavo vozička.

Na koncu projekta smo izdelali virtualni model avtonomnega industrijskega vozička z vsemi pripadajočimi elementi, ki so potrebni za realizacijo tega projekta. Vozičku smo računsko določili tudi potrebne sile na posameznem kolesu za vožnjo robota v vse smeri, ki jih omogočajo kolesa, ob tem pa smo idejno dodali varnostna konča stikala v obliki »odbijačev«, za dodatno varnost ljudi v okolici.



**Ključne besede:** industrija 4.0, avtonomnost, transportni voziček, modeliranje, zaznava okolice

## PNEVMATIČNA STISKALNICA

*Jernej Leskovar, Mihael Taužič, Žan Vražič*

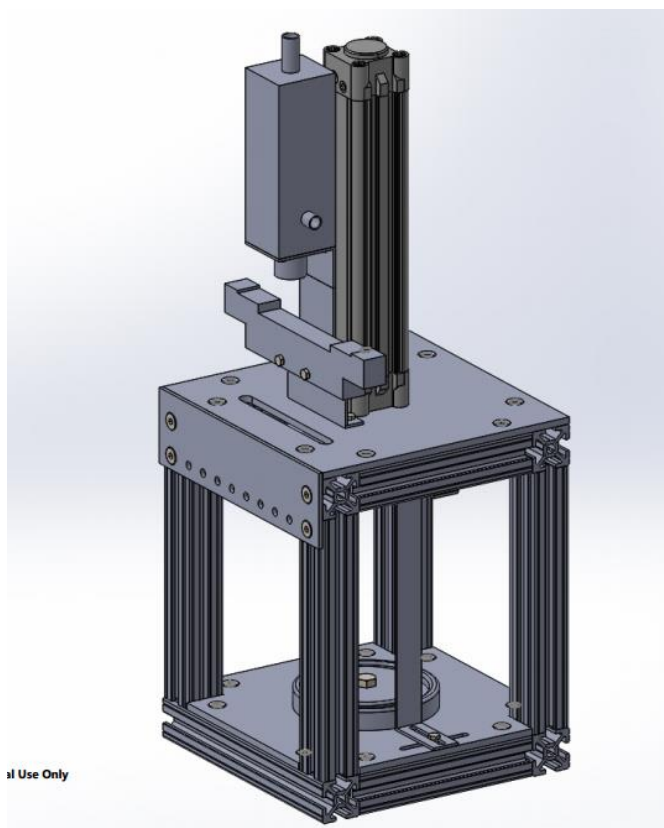
Mentor: izr. prof. dr. Aleš Hacı (FERI), izr. prof. dr. Darko Lovrec in doc. dr. Vito Tič (FS)

### Povzetek

Ideja našega projekta je bila, zasnovati in izdelati pnevmatično stiskalnico ter jo tudi preizkusiti. Stiskalnica ima nastavljivo silo stiskanja, ki je na električni način in ob uporabi proporcionalnega pnevmatičnega ventila omogoča brezstopenjsko nastavljanje pritisne sile in s tem možnost prilagajanja obdelovancu. Problemi so se pojavili že pri zasnovi stiskalnice, saj je le ta mobilnega tipa in je dimenzijsko omejena, zato smo 3D model kar dosti krat popravljali in nadgrajevali da smo prišli na koncu do želene oblike in dimenzij. Sprememba od začetne ideje je bila samo to da nam bo sedaj cilindar namesto pene stiskal vzmet, ki smo stiskalnico tudi za to zasnovali.

Vse skupaj nam bo krmilil krmilnik SIEMENS S7-1200 s touch panelom, ki smo programirali v SIEMENS TIA Portal V13. Izhodi krmilnika so fizično povezani z pnevmatično stiskalnico.

Merilni rezultati niso tako natančni kot smo si jih zamislili da bodo na začetku saj nismo dobili želena merilnega tipala.



## RAZVOJ ODPRTEGA KRMILNEGA SISTEMA ZA MULTIKOPTERJE

*Matej Borovec, Gregor Komplet, Denis Završek*

Mentor: doc. dr. Darko Hercog (FERI), izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS)

### Povzetek

Naloga projekta je bila razviti in izdelati krmilni sistem, ki nam nudi, da sami implementiramo lastne algoritme za vodenje kvadkopterja. Kvadkopter je beseda za helikopter, ki ima štiri rotorje. Podana je bila zahteva, da to storimo s krmilnikom NI myRIO in programskim okoljem LabVIEW. Na kvadkopter smo imeli namen namestiti štiri servomotorje, štiri gonilnike za servomotorje, RC sprejemnik, in GPS sprejemnik. Potrebno je bilo izdelati tiskano vezje z ustreznimi konektorji za priključitev vseh teh elementov. Vezje smo izdelali s pomočjo programskega okolja Eagle, realizirali pa smo ga s postopkom jedkanja. Preko tiskanega vezja smo komponente povezali s krmilnikom NI myRIO. Izdelava tiskanega vezja nam je vzela veliko časa, saj smo bili omejeni z velikostjo ploščice, povezav pa je bilo veliko, saj smo vezje zasnovali tako, da omogoča nadgradnje kvadkopterja še v prihodnosti. Krmilnik NI myRIO, tiskano vezje, povezovalne vodnike, RC sprejemnik, servo motorje, gonilnike za servo motorje, GPS sprejemnik in baterijo smo namestili na kupljeno ogrodje kvadkopterja. Servo motorji, gonilniki zanje in propelerji so spadali v komplet z ogrodjem. Ogrodje je sestavljeno iz štirih krakov. Na vsak krak smo namestili servo motor s propelerjem. Naša naloga je bila najprej ugotoviti ali je takšen kvadkopter s podanimi servomotorji in propelerji ter 3S lipo baterijo sploh možno dvigniti v zrak. V programskem okolju LabVIEW smo najprej izdelali preprost algoritem za vrtenje servo motorjev in ugotovili, da je kvadkopter možno dvigniti v zrak, vendar bo pri nadaljnjem razvijanju potreboval 4S lipo baterijo, saj se bo njegova masa povečala, zaradi dodanih elementov in senzorjev. Propelerji in servo motorji so dimenzionirani pravilno, za to se nam ni bilo potrebno ukvarjati z dimenzioniranjem in izbiro le teh. Ugotovili smo tudi, da se signali iz RC oddajnika do RC sprejemnika prenašajo in da se krmilni algoritem na krmilniku ustrezno odziva.



Krmilnik NI myRIO



Sestavljeno ogrodje z motorji in propelerji

**Ključne besede:** kvadkopter, NI myRIO, LabVIEW



**UN MEHATRONIKA**

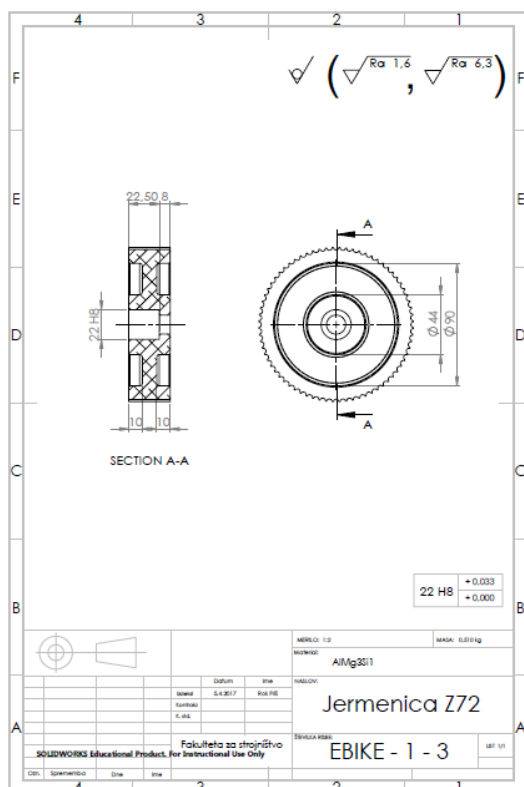
## PREDELAVA ELEKTRIČNEGA KOLESA

*Jernej Mlinarič, Rok Friš, Matic Bračko, Tine Masilo, Andraž Pauko*  
Mentor: doc. dr. Miran Rodič (FERI), doc. dr. Aleš Belšak (FS)

### Povzetek

Namen projekta je bil predelati električno kolo, ki je hkrati zmožno doseči končno hitrost 25 km/h in priti na vrh 18% klanca. Po preučevanju trenutnega trga električnih koles nobeno kolo z 250W motorjem samostojno ne doseže oba cilja hkrati, zato smo se odločili razviti svoj sistem dveh fiksnih prestavnih razmerij (doseženo z dvema zobatima jermenoma) in enega spremenljivega (doseženo z verigo). V MATLAB-u smo izračunali potrebno prestavno razmerje za kolo, ki skupaj z voznikom tehta 100kg. Po končanih izračunih smo nato v programu SOLIDWORKS izdelali model obeh nosilcev gredi in motorja, gredi, gonilke in obdelanih jermenic, razvili smo tudi svoj sistem gonilke, ki omogoča nemoteno uporabo kolesa kot skuter (pogon z motorjem) ali kot klasično kolo. Bili smo na obisku pri podjetju Electrom, kjer smo prejeli in določili elektronske komponente, vključno z motorjem, hkrati pa smo na Fakulteti za strojništvo začeli z izdelovanjem nosilcev in gredi, predelavo gonilke ter obdelavo jermenic. Gred in motor smo pritrldili na nosilca iz umetne mase. Da bi zmanjšali maso jermenic, smo jih dodatno obdelali, zaradi potrebe po večjem navoru smo imeli na kolesu večja kolesa, kot predvideno. Prvotna pričakovanja projekta so bila dosežena, celo presežena. Na tekmovanju smo uspešno dosegli oba cilja: premagali smo 18% klanec in v vzdržljivostni vožnji s maksimalno hitrostjo 25km/h smo dosegli pričakovan čas vožnje, to je 2 uri, ter tako osvojili prvo mesto v naši kategoriji.

**Ključne besede:** električno kolo, predelava.



## VODENJE VIRTUALNIH PROCESOV Z UPORABO REALNEGA KRMILNIKA

*Gašper Časar, Izidor Erjavec, Klemen Nemec*  
Mentor: doc. dr. Darko Hercog (FERI)

### Povzetek

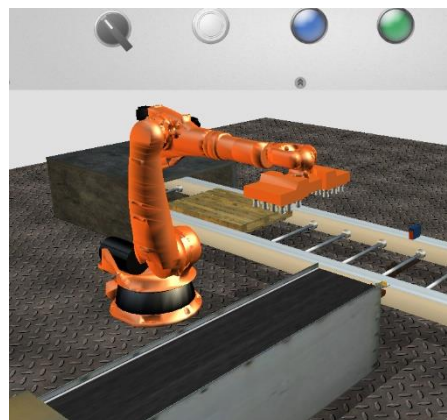
Namen projekta Vodenje virtualnih procesov z uporabo realnega krmilnika je preučiti delovanje procesov krmiljenja industrijske avtomatike, ter poteka komunikacije krmilnik – naprava. Pri projektu povezujemo dva različna sistema, na eni strani National instruments MyRIO, ki služi kot krmilnik stroja ter vmesniško kartico Phidget v vlogi dajalnika povratnih informacij iz simulacijskega programa Machine Simulator. Ker sta sistema zasnovana na dveh različnih napetostnih nivojih (3.3 in 5V) je bila potrebna izdelava tiskanega vezja z komponentami, ki pretvarjajo nivoje med sabo ter povezujejo obe kartici. Pri tiskanem vezju smo sprva naleteli na težave katere pa so bili po testiranju odpravljene.

Po uspešnem testiranju vezja nam je preostala software stran projekta. Cilj je bil izdelati programe, ki uspešno krmilijo in nadzirajo računalniško simulacijo. Ker je kot krmilnik služil MyRIO je bil uporabljen program LabView v katerem poteka programiranje z funkcijskimi bloki. Prvi korak programiranja je bil program, ki prebere vhode ter ustrezno tudi zapiše vrednosti na izhode da smo preizkusili pravilno delovanje vseh delov sistema. Sledilo je izdelovanje programov za izvedbo simulacije različnih stopenj težavnosti. Te simulacije so bile že izdelane in del programa Machine simulator podjetja NIRTEC.

Rezultati projekta so bili zadovoljivi, ob nadgradnji pa bi lahko sledila izdelava lastne simulacije



Slika 1: MyRIO in phidget kartica



Slika 2: Virtualni proces

**Ključne besede:** MyRIO, phidget, CNC, virtualni procesi, LABVIEW

## IZGRADNJA IN VODENJE ROBOTA S KRMILNIKOM MYRIO

*Uroš Vincetič, Luka Roudi, Matjaž Petek*

Mentor: doc. dr. Darko Hercog (FERI)

### Povzetek

Pri projektu smo dobili nalogo, da izvedemo izgradnjo in vodenje robota s krmilnikom MyRio. Glavni cilj je bil narediti robota, ki bi se vozil po prostoru, pri čemer bi se kot oblika kontrole gibanja uporabil RC oddajnik kar bi omogočalo daljinsko upravljanje ali pa celo lidar senzor, kar bi omogočalo avtonomno vožnjo po prostoru.

Da bi lahko ta cilj dosegli smo morali zgraditi ohišje robota, zasnovati in izdelati razširitveno ploščico ter sprogramirati krmilnik tako, da bi imeli nad sistemom nadzor. Za načrtovanje razširitvene ploščice smo uporabili program EAGLE, ki nam je omogočal razporeditev potrebnih lukenj in povezav za vezje robota. Ko je bil načrt ploščice gotov, je bilo treba opraviti še rezkanje ploščice. Ko je bilo to končano, je bilo treba nanjo za lotati komponente vezja. Ko smo opravili s tem, smo se posvetili reševanju problema kinematike robota in regulacije hitrosti in gibanja. Ugotovili smo, da gre za diferencialni pogon in prišli do odločitve, da bomo za regulacijo uporabili PiD regulator.

Pri projektu nam je uspelo doseči daljinsko vožnjo robota, ni pa nam uspelo doseči avtonomne vožnje sistema z lidar senzorjem. Do tega je prišlo zato, ker nam je uresničitev glavnega cilja vzela več časa, kot smo sprva predvideli.

$$\omega (R + l/2) = V_r$$

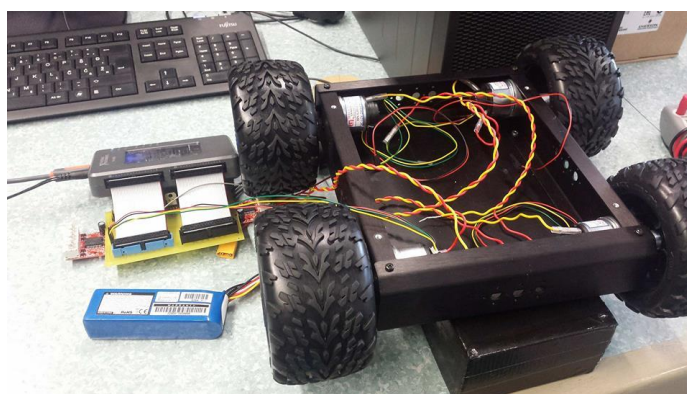
$$\omega (R - l/2) = V_l$$

$$R = \frac{l}{2} \frac{V_l + V_r}{V_r - V_l}$$

$$x(t) = \int_0^t V(t) \cos[\theta(t)] dt$$

$$y(t) = \int_0^t V(t) \sin[\theta(t)] dt$$

$$\Theta(t) = \int_0^t \omega(t) dt$$



**Ključne besede:** robot, MyRio, daljinsko vodenje, diferencialni pogon, PID

## AVTONOMNI VOZIČEK – ZASNOVA PODVOZJA

*Marko Šnajder, Kristijan Polovič*

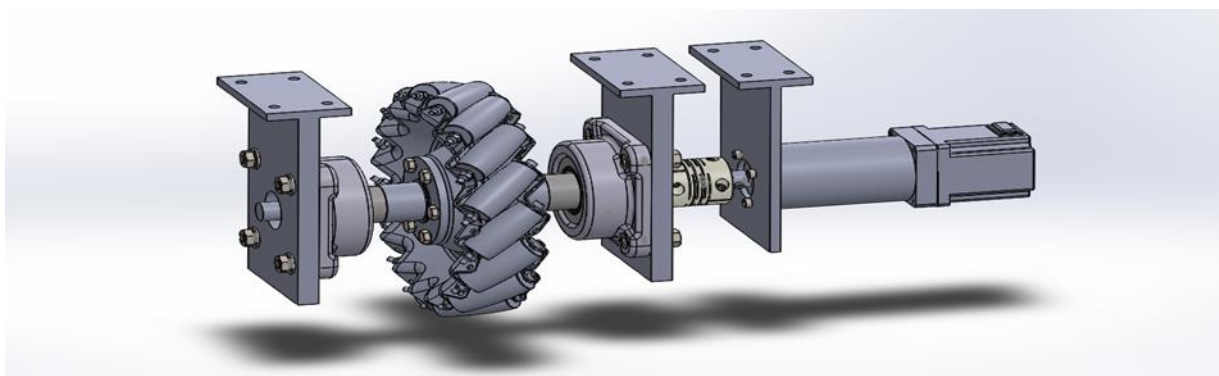
Mentor: izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS), red. prof. dr. Zoran Ren (FS)

### Povzetek

Zaradi teže, ki jo mora voziček prenašati, je potrebno mehanum kolesa vležajiti na obeh straneh kot kaže Slika 1. Tako celotno težo vozička ne preaša ležaj v elektromotorju, ampak dodatna ležaja, ki sta nameščena na gnano gred in nosilno konzolo. Izstopno gred elektromotorja pa je potrebno povezati z gredno vezjo, ki duši vibracije in se po potrebi tudi malo upogne, tako da se obremenitve ne prenašajo neposredno na elektromotor kot kaže Slika 1. Nosilna ležaja se enostavno privijačita na nosilno konzolo, nosilna konzola pa se se privijači na spodnji del vozička. Kolesa se na gred namestijo s zvezo utor-moznik. Gredna vez se na gredi stisne z privijanem vijakov.

Že prej navedena mehanum kolesa, pa je potrebno poganjati z dovolj močnimi motorji. Za računanje potrebnega navora, moči, toka in baterijskega paketa za mobilnega robota je potrebno vedeti osnovne principe računanja z vektorji, močjo, tokom in napetostjo. Da se kolesa vrtijo na vodoravni površini, morajo motorji na kolesih proizvesti dovolj navora za premagovanje kakršnih koli nepravilnosti na podlagi ali trenj, ki se pojavijo. Za izbiro ustreznega motorja, moramo upoštevati in predvideti najslabše možne pogoje delovanja, kot je na primer pospeševanje na klancu. Pri izračunu baterijskega paketa, kjer je navedena enota (ampernih ur) ni natančnega prikaza maksimalnega toka, ki ga baterija proizvede v daljšem času delovanja. Prav tako se naboj le redko ohrani skozi celotno delovanje. Tako smo z izbiro večje kapacitete zagotovili, da bo naša baterija omogočala enak tok skozi celotno delovanje.

**Ključne besede:** Vležajiti, gredna vez, mehanum, motorji



Slika 1: Podvozje vozička

## AVTONOMNI VOZIČEK - KINEMATIKA

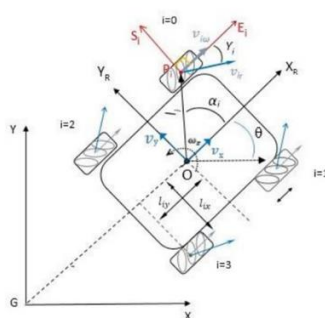
*Domen Potočnik, David Ravnak*

Mentor: izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS), red. prof. dr. Zoran Ren (FS)

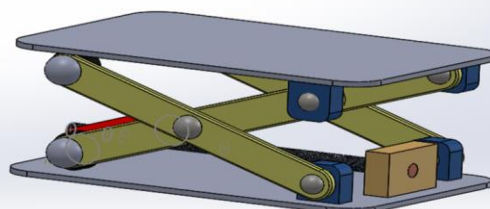
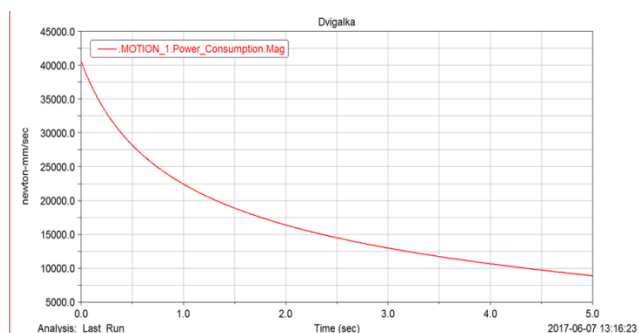
### Povzetek

Zaradi želje po premikanju vozička v vse smeri smo se odločili uporabiti sistem štirih mecanum koles. Za pomik robota v željeno smer je torej potrebno določiti natančne vrtilne hitrosti posameznih motorjev. Preračun vrtilnih hitrosti smo izvedli z že znano matrično enačbo, v katero smo vnesli parametre našega robota. Težava nastane v primeru odstopanja masnega središča robota od geometričnega središča. Zato smo pri zasnovi robota upoštevali približne mase komponent in jih razporedili približno tako, da je težišče vsaj teoretično v geometričnem središču. V primeru dejanske izvedbe vozička bi bilo potrebo težišče umeriti z dodatnimi utežmi ali s spremembo pozicije težjih komponent. Izračune kinematike smo izvedli v programskem orodju Matlab. V spodnji tabeli so navedeni primeri pomika robota v različne smeri.

Kinematika štirih mecanum koles							
Smer	$v_x$	$v_y$	$\omega_z$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$\omega_4$
	m/s		rad/s	rad/s			
Naprej	1	0	0	13.6	13.6	13.6	13.6
Nazaj	-1	0	0	-13.6	-13.6	-13.6	-13.6
Levo	0	1	0	-13.6	13.6	13.6	-13.6
Desno	0	-1	0	13.6	-13.6	-13.6	13.6
Levo / Naprej	0.5	0.5	0	0	13.6	13.6	0
Levo / Nazaj	-0.5	0.5	0	-13.6	0	0	-13.6
Desno / Naprej	0.5	-0.5	0	13.6	0	0	13.6
Desno / Nazaj	-0.5	-0.5	0	0	-13.6	-13.6	0
Vrtenje	0	0	2.64	-13.6	13.6	-13.6	13.6



Odločili smo se tudi, da bodo eden od sestavnih delov robota tudi dvigalne škarje. Program za risanje je bil SolidWorks. Najprej je bilo potrebno narisati vsak del posebej. Po vseh narisanih delih še je bilo potrebno celoten sklop sestaviti v assemblyu. Za pogon celotnih dvigalnih škarij je še bilo potrebno določiti pravi elektromotor. Za izračun potrebne moči motorja se je bilo potrebno lotiti dela tudi v programu Adams. Tam je spet bilo treba ponovno definirati posamezen del na škarjah in pa tudi določiti material. Po vsem tem opravljenem delu je bilo mogoče izračunati podatke o potrebnih močeh in pa navorov. Za obremenitev dvigala z maso 5kg smo dobili potrebno moč elektromotorja, kar je znašalo 40W.



**Ključne besede:** Kinematika, mecanum, voziček, dvigalne škarje, SolidWorks, Adams ...

## AVTONOMNI VOZIČEK – KRMILJE IN SENZORJI

Luka Šelih

Mentor: izr. prof. dr. Karel Gotlih, red. prof. dr. Zoran Ren

### Povzetek

V laboratoriju na Fakulteti za strojništvo se namerava v prihodnosti avtomatizirati vstavljanje in transport obdelovancev od stružnice do skladišča, zato smo študentje, ki sodelujemo pri idejnem Projektu 1, razvili oziroma raziskali možnosti za razvoj avtonomnega transportnega vozička. Sledili smo osnovnim zahtevam projekta, med njimi tudi, da je voziček sposoben komunicirati s centralnim krmilnikom hkrati pa se je sposoben samostojno gibati v realnem proizvodnem sistemu in je avtonomija napajanja minimalno 1 ura.

Do sedaj so se v proizvodnji uporabljali avtonomni vozički, ki so se orientirali po raznih oznakah na tleh, danes pa se čedalje bolj uveljavljajo vozički, ki so sposobni popolnoma samostojne orientacije z avtonomno kartografijo prostora in tudi naš voziček bi naj bil sposoben tega. Za SLAM (simultaneous localization and mapping), smo kot glavni vir zaznave izbrali dvodimenzionalen laserski skener. Poleg skenerja se za podatke o orientaciji in pospešku uporabi IMU (Inertial measurement unit) in podatki iz enkoderjev nameščenih na kolesih. Težava nastane pri zaznavanju tankih objektov, ki jih laserski senzor ne zazna, zaradi svoje omejene ločljivosti in pa pri natančnem določanju položaja pri nakladanju ter razkladanju vozička. Zato se poskrbi z natančnimi ultrazvočnimi senzorji, ki bi tudi delno rešili problem zaznavanja tankih objektov (delno zaradi ozkega področja delovanja). Voziček je krmiljen s pomočjo ROS-a. Zato se uporabi računalnik prilagojen industrijski uporabi ter razširitveno ploščo ali dodaten mikroračunalnik na osnovi industrijske različice Raspberry Pi, s katerim se krmilijo motorji in odčitavali podatke iz senzorjev, na glavnem računalniku pa se procesirajo podatki iz laserskega sensorja in hkrati komunicira z nadzornim sistemom. Predvidevamo, da bi ta krmilni sistem bil cenejši od namenskega računalnika. Za napajanje smo izbrali 24 V in 20 Ah LiFePO4 baterijo.

V samo programiranje in algoritme za vodenje vozička se nismo poglobljali, poudarek je bil na senzorjih, zato bi bilo potrebno ob dejanski izvedbi projekta preučiti ali se izplača uporabiti takšen sistem krmilja, ki je zahtevnejši za programiranje. Po potrebi pa bi se na voziček moral dograditi dodaten senzor za zaznavanje tankih objektov.



**Ključne besede:** senzor, laserski skener, avtonomni voziček

## VODENJE VERTIKALNEGA HIDRAVLİČNEGA VALJA Z INDUSTRIJSKIM KRMILNIKOM

*Tilen Semenič, Davor Repatec*

Mentor: izr. prof. dr. Aleš Hace (FERI), izr. prof. dr. Uroš Župerl (FS)

### Povzetek

V okviru projekta se ukvarjamo z avtomatičnim vodenjem pomika batnice, vertikalnega hidravličnega valja. Vodenje je izvedeno s pomočjo industrijskega krmilnika. Poleg končnih stikal je uporabljen tudi merilnik z magnetnim trakom. Ključno komponento pri izvedbi predstavlja elektrohidravlični proporcionalni potni ventil.

Prvi del projekta je vseboval zasnovo in izvedbo mehanskega dela hidravličnega sistema, tj. izdelavo potrebne dokumentacije, nabavo in montažo mehanskih delov, preučitev možnosti uporabe industrijskega proporcionalnega ventila ter preizkus delovanja hidravličnega sistema. Za realizacijo natančnega pozicioniranja se najpogosteje uporabljajo elektro-hidravlični servoventili, ki pa so za industrijsko prakso preobčutljivi. Proizvajalci proporcionalnih ventilov priporočajo, zaradi manjših dinamičnih zmogljivosti, pazljivo uporabo proporcionalnih ventilov v regulacijskih sistemih. Za uporabo v grobem industrijskem okolju, so bili razviti proporcionalni ventili, ki omogočajo nadzor smeri in hitrosti batnice hidravličnega cilindra, zvezno, v odvisnosti od vhodnega električnega signala. V obzir temu, smo se v okviru našega projekta odločili za odprto-zančno vodenje hidravličnega sistema.

Za pozicioniranje položaja batnice hidravličnega cilindra smo uporabili induktivne senzorje, ki delujejo kot končna stikala. Poleg končnih stikal smo uporabili merilnik z magnetnim trakom, ki deluje kot inkrementalni dajalnik, katerega optimalna ločljivost je 0,01mm.

Drugi del projekta je bil namenjen zasnovi avtomatizacije hidravličnega sistema. Potrebno je bilo načrtovanje električne priključitve naprave z industrijskim krmilnikom in senzorji ter programiranjem krmilnika. V projektu smo izbrali dva krmilnika za programiranje, in sicer Siemensov-a S7-200 ter S7-1200. Z prvim smo imeli nekoliko več težav pri komunikaciji z sedanjim operacijskim sistemom računalnika, saj gre za starejši proizvod krmilnika in njegovega programskega okolja, vendar smo jih z nadgradnjo programskega paketa rešili. Na obeh krmilnikih smo izdelali program za vodenje vertikalnega hidravličnega valja po začrtani trajektoriji.

S prigradnjo večje mase bremena bi bilo omogočeno smiselno nadaljevanje projekta. Podoba laboratorijske naprave bi se približala podobi nekaterih naprav iz industrijske prakse. S tem bi bilo, v bodoče, potrebno preučiti tudi algoritme za regulacijo pomika in sile.

**Ključne besede:** vertikalni hidravlični valj, proporcionalni ventil, industrijski krmilnik





## MINI HIDRAVLICNI SISTEM

*Tine Jurak, Tjaša Pavlovič*

Mentor: red. prof. dr. Riko Šafarič (FERI), doc. dr. Vito Tič in izr. prof. dr. Darko Lovrec (FS)

### **Povzetek**

Cilj tega projekta je bil izdelati demonstracijsko napravo, ki bo pripomogla k učnemu procesu. Izdelali smo preprost hidravlični sistem, ki sestoji iz enega aktuatorja in simulira delovanje dvižne naprave (npr. nakladalna vrata tovornjaka). Namen naloge je bil prikazati tri različne načine vodenja in sicer diskretno, zvezno in zaprtozračno. Najprej je bilo potrebno zasnovati konstrukcijo na katero je pritrjen hidravlični valj. Konstrukcija je bila načrtovana s pomočjo programa SolidWorks in sestoji iz ALU profilov, ki so med seboj speti z vijaki. Nato smo narisali hidravlično shemo sistema, ki zajema hidravlični valj, hladilno napravo, filtrirni element, agregat, potni ventil in tokovni ventil. Temu je sledila električna shema, katere glavni element je krmilnik Beckhoff CX5010 in dodatni moduli za digitalne vhode (EL1008), digitalne izhode (EL2008), analogne vhode (EL3008) in pulzno širinsko modulacijo (EL2535). Za napajanje elektromotorja smo uporabili napajalnik Shrack LP4124422, za napajanje krmilnika pa smo uporabili Shrack LP749120. Sistem je krmiljen s pomočjo desetih vhodov in štirih izhodov. Program smo napisali s pomočjo programa TwinCAT 3. Okvir programa, ki omogoča preklapljanje med različnimi načini vodenja in mirovanjem je zapisan grafično.

Ugotovili smo, da je izdelava in montaža dvižne naprave zaradi modularne zgradbe enostavna. Dokazali smo, kako se s kotom dvižne roke spreminja dvižna sila, da je zvezno vodenje veliko bolj natančno in prijaznejše za uporabnika kot diskretno. Za vzdrževanje željene pozicije dvižne roke pa je mogoče uporabiti regulacijski način vodenja.

**Ključne besede:** agregat, dvižna naprava, snovanje, krmiljenje, hidravlika

## RAZVOJ BREZŽIČNIH MODULOV ZA SISTEME HIŠNE AVTOMATIZACIJE

*Blaž Recek, Dominik Sedonja*


Mentor: doc. dr. Darko Hercog (FERI), izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS)

### Povzetek

V sklopu projekta smo želeli razviti in izdelati brezžične vhodno/izhodne module, ki jih je možno integrirati v različne sisteme hišne avtomatizacije (OpenHAB, Domoticz, ...). Projekt je bil razdeljen na več delov in je vključeval: (1) razvoj in izdelavo elektronskih vezij vhodno/izhodnih modulov, (2) programiranje mikrokontrolerov, ki se nahajajo na posameznem modulu, (3) izbira centralnega računalnika in namestitvev izbranega sistema hišne avtomatizacije, (4) izvedbo programske integracije razvitih modulov v sistem hišne avtomatizacije in kreiranje uporabniškega vmesnika.

Snovanje elektronskih vezij se je začelo z izbiro komponent, ki so bile od modula do modula različne. Shemo in kasneje tudi načrt vezja smo sestavili v programskem okolju Altium Designer. Preden smo vezja izdelali, smo izrisali kar nekaj možnih variant, saj smo hoteli doseči čim bolj optimalno verzijo vseh vezij. V želji, da bi vezja bila čim manjša smo se odločili za uporabo SMD komponent. Z izdelanimi vezji smo zadovoljni, saj so funkcionalna in izpolnjujejo vse podane zahteve.

Programiranje krmilnika ESP8266 je potekalo v programskem okolju Arduino IDE (programski jezik Arduino). Izdelani programi omogočajo avtomatsko prijavo vhodno/izhodnega modula v lokalno brezžično omrežje in izmenjavo podatkov med modulom in sistemom hišne avtomatizacije z uporabo protokola MQTT (MQ Telemetry Transport). Za delovanje celotnega sistema je tako potrebno brezžično lokalno omrežje in centralni računalnik, na katerem se izvaja programska koda sistema hišne avtomatizacije. Za centralni računalnik smo izbrali Raspberry Pi 3, predvsem zaradi nizke cene, majhnosti in zadovoljivih karakteristik. Na računalnik smo namestili dva sistema hišne avtomatizacije in sicer OpenHab (1.9 in 2.0) ter Domoticz, saj smo želeli pridobiti prednosti in slabosti posameznega sistema. V obeh sistemih smo implementirali integracijo izdelanih vhodno/izhodnih modulov, ter izdelali uporabniški vmesnik, preko katerega je omogočeno oddaljeno upravljanje teh modulov.

	Stikalo 1	<input type="checkbox"/>
	Temperatura	20.7 C
	Relativna vlažnost	- %
	Zatemnjevalnik	0 %  
	Voda - bojler	23.7 C



**Ključne besede:** WiFi, ESP8266, sistemi hišne avtomatizacije, MQTT

## RAZVOJ INTELIGENTNEGA SISTEMA ZA DOZIRANJE TABLETK

*Filip Tratnjek, Goran Rocner*

Mentor: red. prof. dr. Dušan Gleich (FERI), doc. dr. Simon Klančnik (FS)

### **Povzetek**

Projekt je zajemal programiranje prototipa naprave za doziranje tablet in razvoj aplikacije za krmiljenje sistema preko namiznega računalnika. Cilj projekta je bil razvoj sistema za pomoč ljudem, ki morajo vsakodnevno zaužiti več tablet ob različnih časih. Sistem je zasnovan tako, da je uporaba čim bolj enostavna, kajti sistem bi se uporabljal vsaki dan ter bi poenostavljena uporaba ugajala starejšim bolnikom.

Model je sestavljen iz: samega ogrodja, dveh vrtečih se ploščic, različno velikih medprostorov za tablete, ki se nahajajo na zgornji vrteči se ploščici ter prostora kamor padejo tablete. Elektronske in mehanske komponente, ki smo jih uporabili so: mikrokrmilnik Arduino, dva koračna motorja (poganjata ploščici), senzor za zaznavanje padca tablet, senzor za zaznavanje začetne pozicije, zvočnik za glasovno opozarjanje in končno stikalo, ki zaznava, če so vrata kamor padejo tablete zaprta ali odprta. Sistem smo implementirali z uporabo razvojnega okolja Visual Studio 2017 in Arduino.

Programiranja smo se najprej lotili v Arduino programskem okolju. Na sistem smo priključili zvočnik, ki piska po padcu tablete v predalček, neha pa piskati, ko bolnik tableto vzame. Dodali smo tudi infrardeči senzor, s pomočjo katerega, se po padcu tablete, spodnja ploščica vedno vrne na začetno pozicijo (na začetni poziciji IR senzor zazna črno piko, zaradi katere odda drugačno vrednost na izhodu). Ob pravilnem delovanju programa in vseh komponent smo začeli z razvojem aplikacije. Programirali smo v programskem okolju Visual Studio 2017, in sicer v programskem jeziku C#. V prvi fazi smo razvili uporabniški vmesnik aplikacije. Aplikacija je preprostega izgleda, in sicer imamo tipko za povezovanje z mikrokrmilnikom, škatlo za izbiro na katerem priključku se nahaja mikrokrmilnik in tri tipke za posamezne dele dneva. Program je sestavljen tako, da se računalnik in mikrokrmilnik naprej povežeta. Ob pritisku na določeno tipko za zjutraj, popoldan in zvečer pošlje računalnik ukaze mikrokrmilniku, da ta izvede program za delitev tablet.

Projekt lahko ocenimo kot uspešen, saj nam je uspelo realizirati večino zastavljenih ciljev. Koračni motorji ter vsa sensorika deluje pravilno. Prav tako smo uspešno razvili aplikacijo, ki omogoča povezavo osebnega računalnika z razvitim sistemom.

**Ključne besede:** koračni motorji, programiranje, Arduino, doziranje tablet

## SISTEM ZA AKTIVNO BALANSIRANJE BATERIJ

*Primož Bencak*

Mentor: doc. dr. M. Rodič, prof. dr. M. Milanovič in dr. M. Truntič (FERI), prof. dr. K. Gotlih (FS)

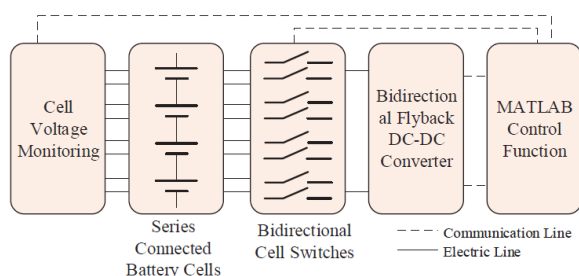
### Povzetek

Potreba po uporabi sistemov za balansiranje baterij se je množično pojavila z uporabo litij-ionskih celic. Zaporedno vezani baterijski paketi se zaradi notranje zgradbe različno hitro polnijo ali praznijo. Rezultat tega je, da ima lahko baterijski paket ob varnostnem izklopu še neizkoriščene kapacitete ali pa se že nahaja v področju nevarnosti zaradi previsoke napetosti na eni izmed celic. Sistemi za balansiranje rešujejo ta problem in neizkoriščeno energijo potrošijo na uporih v obliki toplote (pasivni sistemi) ali jo prerazporedijo nazaj v sistem (aktivni sistemi).

V sklopu Projekta 2/3 je bila naša naloga ta, da izgradimo demonstracijski sistem za aktivno balansiranje baterij na osnovi dveh zapornih (flyback) DC-DC pretvornikov, ki bo služil študentom pri boljšem razumevanju delovanja tovrstnih sistemov. Pri izvedbi projekta smo se oprli na članek *Voltage Equalization for Series Connected Lithium Ion Battery Cells*<sup>1</sup>, kjer je opisano delovanje električnega vezja in nadzorni algoritem. Delovanje našega sistema je bilo naprej potrebno simulirati v simulacijskem orodju MATLAB/Simulink s pomočjo knjižnic SimPowerSystems. Na podlagi simulacije smo pridobili potrebne informacije o tem, na kaj je potrebno biti pozoren, koliko in kakšne senzorje (toka, napetosti) bomo potrebovali za fizično izgradnjo sistema in kako bomo sistem vodili (regulirali). V naslednji fazi smo s podrobnimi izračuni določili potrebne komponente (dušilke, MOSFET tranzistorje, stikala...) ter na osnovi sheme v MATLAB/Simulinku pripravili skico električnega vezja. Električno vezje smo narisali s programom Altium Designer, ter ga pripravili za izris na ploščici, ki smo ga izdelali s pomočjo stroja za rezkanje prototipnih ploščic. Na končano ploščico smo prispajkali potrebne komponente, ter preverili električne kontakte.

Delo bo nadaljevano v sklopu diplomske naloge, kjer sledi še izvedba programske opreme za regulacijo in nadzor sistema. Omenjene funkcije bo prevzel digitalni signalni krmilnik, ki ga bomo sprogramirali na podlagi že narisane sheme, znotraj programa MATLAB/Simulink. Sledijo še varnostni testi sestavljenega sistema ter uporaba na ciljnim baterijskem sklopu.

Z narisano shemo v programu MATLAB/Simulink smo potrdili delovanje sistema za balansiranje, vendar



pa do fizične realizacije sistema v celoti še ni prišlo. Projekt bo še v prihodnje mogoče razširiti in izboljšati, mi pa smo našo nalogo opravili v smislu, da smo postavili temelje za nadaljnje delo.

**Ključne besede:** baterijski sistem, litij-ionske celice, zaporni pretvornik, balansiranje

Vir slike: članek

<sup>1</sup> M. M. Hoque, M. A. Hannan, in A. Mohamed, „Voltage equalization for series connected lithium-ion battery cells“, v *2015 IEEE 3rd International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)*, 2015, str. 1–6.

## NAČRTOVANJE IN IZDELAVA SENZORJA VAN DER WAALS- OVIH IN KAPILARNIH SIL ZA NANO-ROBOTSKO CELICO

*Rene Fujs, Matjaž Bogša*

Mentor: red. prof. dr. Riko Šafarič (FERI), izr. Prof. dr. Karl Gotlih (FS)

### **Povzetek**

Pri projektu 3 gre za nadaljevanje projekta 2, kjer smo izdelali peč za sintranje mikronskih objektov iz polistirena. Tokrat smo se posvetili regulaciji temperature v mikro peči in izdelavi grafa s katerega odčitamo čas in temperaturo za želeno jakost sintranja. Ker je peč slabo izolirana, se pojavljajo velike izgube toplote, zato je temperaturo potrebno meriti na točki, ki nam bo podala srednjo temperaturo, ki ji je izpostavljen naš mikro objekt. 100k NTK upor, ki smo ga skupaj z 4.7k uporom uporabili za merjenje temperature smo zato namestili na steklo na katerega namestimo objekt, za analogno digitalno pretvorbo, nastavljanje, prikaz in regulacijo temperature smo uporabili mikrokontroler Arduino uno. Arduino nam ponuja mnogo knjižnic s katerimi si lahko pomagamo, v našem primeru smo uporabili knjižnico PID regulatorja. Z izračun temperature smo uporabili poenostavljeno Steinhart – Hart enačbo. Odločili smo se za regulacijo z PI regulatorjem, to smo storili tako, da smo Kd parameter PID regulatorja postavili na 0. Za izračun ostalih parametrov smo uporabili stopnični odziv in pa Zigler – Nichols- ovo metodo. Zaradi slabe izolacije se naša peč veliko časa segreva in hitro ohlaja, zato smo Ki parameter dobili dokaj visok in smo ga na koncu malo priredili, izhod regulatorja smo omejili s spodnjo vrednostjo, da smo zmanjšali hitrost ohlajanja in posledično tudi podnihaj temperature v peči. Odziv regulatorja je hiter zato je njegovo delovanje bolj kot ne podobno dvopoložajnemu regulatorju vendar smo nihanje temperature omejili na ciljne 3°C (2°C prenihaja in 1°C podnihaja).

Po končani izvedbi regulacijskega dela pa smo pričeli z eksperimentalnim delom, kjer smo ugotavljali primerne časovne in temperaturne intervale za spajanje kroglic iz polistirena v ravnini (dvodimenzionalni objekti). Uporabili smo dva postopka sintranja. Pri prvem postopku smo sintrali konstrukcijo v intervalih, tako da smo eno konstrukcijo sintrali večkrat. Začeli smo s časom 2 minuti in vsak naslednji interval je bil za minuto daljši. Postopek smo ponavljali tako dolgo, dokler se ni konstrukcija popolnoma uničila (razlila po podlagi). Pri drugem postopku smo pa sintrali konstrukcijo samo enkrat in to z daljšim časovnim intervalom. Dobljene rezultate iz obeh postopkov smo na koncu primerjali.

Ko smo dobili zelene temperaturne in časovne intervale v dvodimenzionalnem prostoru smo se lotili sintranja kroglic v tridimenzionalni obliki. Sintranja tridimenzionalnih objektov smo izvajali po plasteh.

**Ključne besede:** objekt, sintranje, regulator, konstrukcija, časovni interval

## GRADNJA ROBOTOV ZA PREGLED MOSTOV

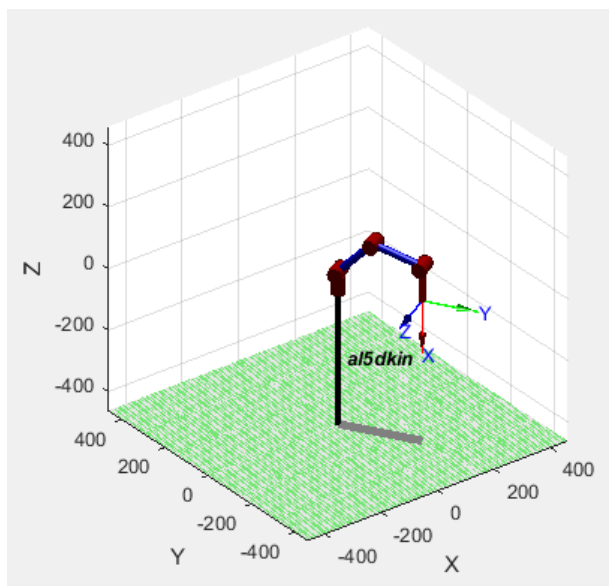
*Miha Kitak*

Mentor: doc. dr. Suzana Uran (FERI), izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS)

### Povzetek

Projekt je nadaljevanje nezaključenega dela študentov iz preteklih let in je v letošnji izvedbi baziral na že izdelanem robotu plastične izdelave z dvema rokama in enim skupnim telesom. Robot ima v celoti 8 prostostnih stopenj oz. sklepov, kjer 4 sklepi sestavljajo eno od dveh rok. Glavna naloga in cilj robota je avtomatizirano gibanje po površini s predpripravljenimi dilatacijskimi luknjami. Vrh robota vsebuje čep za pritrditev v luknje za namen oprijema pri plezanju po vertikalni površini.

Načrtovanje in gradnja robota se deli na dva dela, konstrukcija in avtomatizacija, kjer je drugi bil moja naloga pri projektu. Izdelava programa za premikanje enega posameznega sklepa za predvidene kote ni tako zahteven, kot je povezovanje gibov vseh sklepov v premik vrha robotske roke iz točke A v točko B. Tukaj se zaradi medsebojne odvisnosti sklepov izračuni precej bolj zakomplicirajo in tudi ponujajo več različnih poti za premik v želeno točko, izmed katerih se na koncu izbere le najprimernejša. Razen pogoja premika v želeno točko je pri tem robotskem gibu tudi pogoj stalne vertikalne usmerjenosti zapestja, za namen pravilne vstavitve čepa vrha robota v dilatacijsko luknjo. Zgoraj opisano je bilo zajeto pri predmetu Projekt 2, nadaljevanje kot Projekt 3 pa je bilo simuliranje delovanja robota v programu Matlab in vezava ter programiranje mikrokrmilnikov na robotskih rokah. Pri tem je bil poudarek na analizi vhodnega pulznoširinskega signala motorčkov na sklepih, vzpostavitvi medsebojne komunikacije med krmilniki - I2C, kalibriranju in testiranju delovanja robota, ter iskanju ustreznih mikrokrmilnikov.



**Ključne besede:** robot, most, izračun kotov, koordinatni sistem, simuliranje

## PREUČEVANJE MOŽNOSTI VODENJA IN PROGRAMIRANJA ROBOTA KUKA KR 15 KRC 1

*Jure Prnaver, Matic Trčak*

Mentor: izr. prof. dr. Aleš Hace (FERI), izr. prof. dr. Karl Gotlih in Timi Karner, mag. inž. meh. (FS)

### **Povzetek**

V sklopu projekta 2/3, s sošolcem delava z industrijskim robotom KUKA KR 15 KRC1. Naloga projekta zaobjema 2 glavni področji raziskave in preučevanja in sicer: 1) Povezava robota z varilno pištolo in 2) Povezava robota z rotirajočo se mizo. Naloge sva si razdelila, tako da vsak dela na enem od omenjenih področjih. Ker nam je nekoliko zmanjkalo časa še projekt ni dokončan, zato bodo v nadaljevanju predstavljene predpostavke in pričakovanja za nadaljnje delo. Povzetek bo razdeljen na dva dela:

#### 1) Povezava robota z rotirajočo se mizo

Cilj diplomskega dela bo ugotavljanje najustrežnejše povezave med industrijskim robotom ter rotacijsko mizo, katerih namen je skupno delovanje za avtomatizirano obratovanje. Gre za projekt, ki bi omogočil popolno avtomatizacijo procesa obdelave z robotom in vrtečo se mizo. Ob tem sta oba elementa, robot in miza samostojno delujoča in ju lahko krmilimo s posameznima krmilnikoma. Končni cilj bi bila povezava teh dveh krmilnikov, da bi z krmilnikom robota istočasno lahko vodili tudi mizo. V sklopu diplomskega dela, se bo analiziralo več možnih povezav med krmilnikom industrijske mize in krmilnikom/računalnikom robota. Komunikacijskih protokolov in povezav je mnogo, odločanje pa bo odvisno tudi od omejitev samih krmilnikov, preko katerih bo povezava potekala.

#### 2) Priprava robotiziranega varjenja med robotom KUKA KR15 in Welbee Inverter P500L varilnim aparatom

Cilj diplomskega dela je povezava varilne naprave Welbee Inverter P500L z robotom Kuka KRC1. Ta dva elementa se bo med seboj povezalo s pomočjo komunikacijske naprave, ki se bo namestila v varilni aparat. Povezava med robotom in varilnim aparatom bo potekala preko standarda PROFIBUS. V primeru, da pa to ne bo delovalo, pa nam preostane še možnost povezave preko digitalnih vhodov in izhodov. Po uspešni povezavi bo mogoče kontrolirati postopek varjenja s pomočjo konzole na robotu. Tako bomo lahko vnesli nekaj dodatnih ukazov v program robota, da bi lahko vključili postopek varjenja v času, ko želimo. Za dodaten cilj sem si tudi zadal, da bi bil na vrhu varilne pištole pritrjen senzor sile v primeru kolizije z varjencem. To napravo bi nato ustrezno nastavil, tako da bi ob manjši zaznani sili (malo večja sila kot dotik objekta) prepoznala udarec in v tem primeru bi se robot zaustavil ali pa bi se robotska glava premaknila nazaj v prvotni smeri giba.

**Ključne besede:** industrijski robot, serijska komunikacija, interbus, RS232 povezava,...

## NAČRTOVANJE IN IZDELAVA PREUSMERITVENEGA MEHANIZMA VALJČNEGA TRANSPORTERJA ZA TRANSPORT ZABOJČKOV

*Rok Kotnik, Urban Remic*

Mentor: doc. dr. Darko Hercog (FERI), izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS)

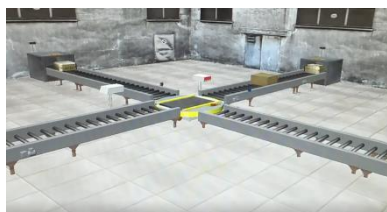
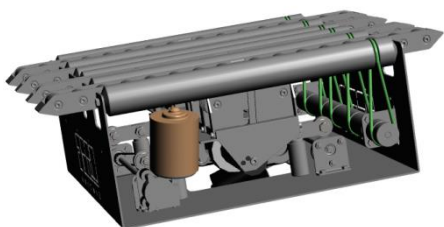
### Povzetek

Tema projekta je izdelati mehanizem kateri bo preusmerjal zabojčke na valjčnem transportnem sistemu.

Namen in cilj projekta:

- dinamična analiza preusmeritvenega modula;
- izdelava, montaža in zagon valjčnega transporterja (trenutno bo izvedljiv samo del transporterja, in sicer preusmeritveni križ);
- prikaz tehnološke zasnove avtomatskega procesa preusmeritvenega mehanizma;
- oprema transporterja s krmilnikom, senzorji ter ostalo opremo;
- izdelava programa za delovanje preusmeritvenega modula po vnaprej navedenih strategijah usmerjanja zabojčkov;
- definiranje varnostnih zahtev;
- definiranje zahtev za vzdrževanje.

Dan danes smo priča razvoju avtomatizacije transportnih sistemov. Ti se uporabljajo na vse več različnih področjih, kateri namen je čim hitreje in ceneje prenesti blago iz pozicije A na pozicijo B po točno določeni poti. Zato smo se pri projektu 2/3 odločili izdelati preusmeritveni modul, kateri bo razvrščal zabojčke levo, desno in naravnost. Za obstoječi preusmeritveni mehanizem je bilo potrebno skonstruirati valjčni transportni sistem in sistem kateri bo mehanizem dvignil in spustil za pravilno razvrščanje zabojčkov. Vse skupaj smo tudi avtomatizirali. Avtomatizacija sistema je izvedena v dveh korakih. Najprej je izvedena avtomatizacija z uporabo t.i. strojne opreme v zanki (hardware-in-the-loop). PLK je preko posebne vhodno/izhodne enote povezan z virtualnim 3D okoljem, ki je simuliral delovanje transportnega sistema. Algoritem vodenja je tako implementiran na realnem krmilniku, krmilil pa je virtualni proces. Ko je algoritem vodenja zanesljivo deloval, pa smo virtualni proces zamenjali z realnim transportnim sistemom. Rezultati projekta so vidni na realnem primeru preusmeritvenega modula, ta je lahko uporabljen za sortiranje različnih zabojev ( po višini, dolžini, materialu...). Sam modul ponuja preprosto povezavo v sam obstoječ sistem, ker je namenjen modularni gradnji, ki je enostavna in preprosta. Hitrost sortiranja paketov je konkurenčna tistim v obstoječem industrijskem okolju.



**Ključne besede:** preusmeritveni modul, avtomatizacija, razvrščanje paketov, Siemens SIMATIC S7-1200, enosmerni motor



## DRUŽABNE IGRE Z ROBOTOM – ROBOTSKI MET NA KOŠ

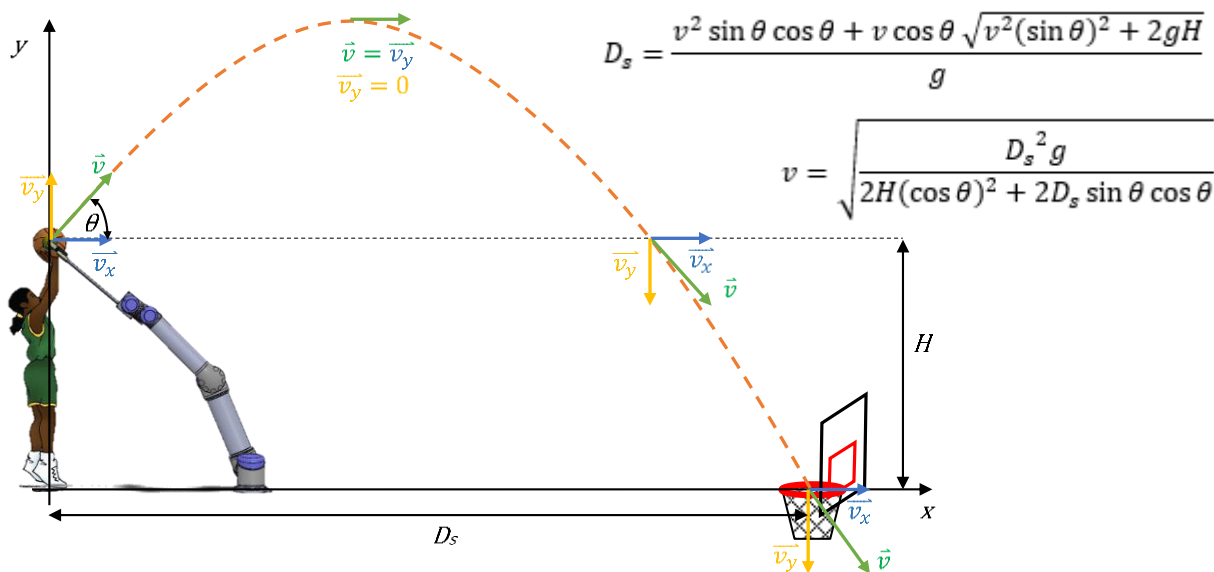
Alen Kolman, Andrej Picej

Mentor: Aleš Hace (FERI), Karl Gotlih (FS)

### Povzetek

Dandanes se roboti pojavljajo že skoraj vsepovsod, od industrije pa vse do rabe v vsakdanjem okolju za privatne namene. Nekateri roboti so razviti že do takšne mere, da lahko popolnoma nadomestijo človeka pri marsikaterem opravilu, nadaljnji silovit razvoj robotike pa gre tudi v smeri vse večjega sodelovanja ljudi in robotov. Sčasoma bodo takšni kolaborativni roboti lahko služili tudi kot družabniki ljudem pri preživljanju prostega časa in različnih igrah, na primer igrah z žogo. Zelo zanimiv primer je igranje košarke, ki je seveda zelo kompleksna igra za današnje stanje robotske tehnologije, bistveno bolj enostaven primer pa je metanje žoge na koš. Pri tej igri tekmovalca, človek in robot, izmenično mečeta žogo na koš, ter posledično tekmujeta, kdo večkrat zadane. Da se bo robot pri tem lahko uspešno pomeril s človekom, ga pa seveda je treba naučiti metati na koš.

V okviru projekta smo se tako ukvarjali z robotskim metom na koš. Uporabili smo robota UR5, ki ga proizvaja podjetje Universal Robots. Glavna naloga je bila naučiti robota, da izvede takšen gib, ki bo omogočal met in zadetek žoge v obroč koša. Pri takšnem zamahu mora robot v neki točki, ki jo imenujemo točka izmeta, spustiti žogo, ki potem z določeno hitrostjo pod določenim kotom odleti proti košu. Potovanje žoge od točke izmeta proti košu je opisano s parabolično trajektorijo t.i. poševnega meta. Iz enačbe poševnega meta lahko, glede na oddaljenost koša, določimo vse potrebne parametre izmeta, da zadenemo koš.



V nadaljevanju je potrebno še določiti robotsko trajektorijo zamaha. Pri tem smo se zgedovali po človeku, uporabili smo kinematični model robota, in generiranje poti v notranjih robotskih koordinatah s trapeznim profilom hitrosti. Pri tem je robotska trajektorija sestavljena iz treh segmentov: najprej robot pospešuje, potem se giblje z enakomerno hitrostjo in na koncu zavira. Optimalno točko za izmet smo izbrali v srednjem segmentu tako, da robotsko prijemalo (TCP) doseže takšno hitrost, kjer je hkrati tudi ustrezen kot izmeta, da bo žoga zadela koš.

Rezultati vseeno kažejo, da prihaja pri metih do manjših razlik, ki so sicer reda  $\pm 5\text{cm}$ . Vedeti pa moramo, da robot s katerim smo imeli opravka ni namenjen uporabi v takšnih hitrih aplikacijah, ki morajo biti prav tako tudi zelo natančne. Vseeno nam je uspelo pravilno določiti hitrost izmeta in tako tudi razdaljo meta, da je žoga zadela koš.

**Ključne besede:** UR5, poševni met, met na koš, kinematika robota

## SISTEM ZA AVTOMATIZACIJO VLEČENJA PALICE PRI KONTINUIRNEM LITJU

*Domen Gošek, Jernej Križaj*

Mentor: doc. dr. Miran Rodič (FERI), prof. dr. Franc Zupanič (FS)

### **Povzetek**

V poletnem semestru v sklopu projekta 3 se je delo razdelilo na hardvarski in softvarski del. Hardvarski del, kar zadeva ožičenje, elektroniko, ter samo fizično postavitve vseh komponent na napravi je prevzel Jernej Križaj. Njegova naloga je bila ugotoviti in prilagoditi ustrezne priključke za sistem, izdelati ploščo in nanjo pritrčiti vse komponente. Spoznaval se je z nekaterimi specifikacijami ter z izhodiščnim delom diplomske naloge Matevža Lešnika. Na začetku je bilo potrebno skonstruirati vezje, ki bo ojačalo signale iz inkrementalnega dajalnika na delovno napetost krmilnika. Nato je moral preučiti dokumentacijo naprave, za lociranje priključkov za inkrementalnega dajalnika, servo motorja ter temperaturnih senzorjev. Sledila je izbira ustrezne plošče na za namestitev komponent (PLC, A/D pretvornik, napajalnik ter sponke). Preučiti je bilo potrebno tudi, kako narediti vmesnik, ki bo omogočal preklapljanje med starim in novim krmiljem. Problem je bil rešen tako, da se bo med obstoječo in novo opremo preklapljal ročno, za inkrementalni dajalnik je izdelal ploščo z vtikačem. Kadar se bo uporabljalo novo krmilje, se bo priključek odklopil in priklopil na to ploščo, ki je vezana na napajanje novega sistema. Sledila je izdelava vezja za galvansko ločitev signalov iz inkrementalnega dajalnika, da ne bi škodili obstoječi napravi. Vezje za ojačitev signalov inkrementalnega dajalnika ter vezje za galvansko ločitev bosta vezani zaporedno ter pritrjeni na ploščo s komponentami. Namen je izdelati tudi ploščo, na kateri bodo stikalo za izklop v sili, stikalo za preklop med sistemoma, ter opozorilne luči. V prihodnosti bo do konca izdelal načrtovana vezja, namestil ploščo z komponentami ter vse pravilno med seboj povezal. Softvarski del, ki obsega programiranje industrijskega logičnega krmilnika znamke Omron in tipa CP1L – E pa je prevzel Domen Gošek. V programskem delu naloge, je bilo potrebno prilagoditi izhodiščni program, zaradi novih zahtev, ki jih je podal inštitut za materiale. Izhodiščni program je vseboval programsko kodo, ki je bila uporabljena za prilagoditev, prilagoditi pa je bilo treba odsek za avtomatsko vodenje sistema. Na novo pa je bilo potrebno izdelati tudi regulator in algoritem povratnega sunka z drugim časom postanka, ki je implementiran v posebnem odseku programske kode. Nove zahteve, ki jih izhodiščni program ni imel implementiranih so bile: nastavitve časa enega potega palice in nastavitve dveh hitrosti z dodatnimi tremi časovnimi parametri, ki definirajo hitrostni profil motorja. V tem sklopu je nepogrešljiva položajna regulacija. Vrsta položajnega regulatorja je P – regulator, ki ohranja os motorja v zeleni legi ob prisotnosti motilne veličine. Sam hitrostni profil, je ob neničelni nastavitvi vseh parametrov sestavljen iz štirih premic, ki jih definirajo hitrosti motorja v odvisnosti od časa. Program je izdelan tako, da iz hitrostnih premic izračuna pospešek vsake. Na podlagi pospeška se izračunavajo zeleni položaji za vsak cikel delovanja programa, katerega vrednost nam je znana. Želena progo poti tako računamo po enačbi za enakomerno pospešeno gibanje:  $s = (v \cdot t^2) / 2$ .

**Ključne besede:** PLK, logični krmilnik, analogno/digitalni pretvornik, avtomatizacija, SCADA, vlečenje palice, kontinuirno litje, vodenje, materiali

**MAG MEHATRONIKA**

## **PRIPRAVA IN NAČRTOVANJE 5 OSNE OBDELAVE NA ROBOTU ACMA XR 701**

*Tomaž Grešak, Timotej Mastnak*

Mentor: izr. prof. dr. Aleš Hace (FERI), izr. prof. dr. Karl Gotlih in Timi Karner (FS)

### **Povzetek**

Naša želja je, da bi lahko robot ACMA XR 701 bral G kodo za 5 osno obdelavo, saj ta omogoča izdelavo kompleksnejših oblik in večjo natančnost obdelave kot 3 osni stroj. Naloga je izdelati postprocesor, ki pretvori G kodo v robotu razumljivo obliko.

Najprej smo začeli s pregledom obstoječega Excelovega dokumenta za pretvorbo kode. Ogledali smo si kako deluje in se ga naučili uporabljati. V naslednjem koraku smo se spoznali z robotom ACMA XR 701 in dobili kos, ki naj bi ga izdelali. To je plastični natezni preizkušaneč, dimenzij 10 x 10 x cca. 80 mm na sredini ter 10 x 20 x cca. 30 mm na vsaki strani. Ogledali smo si delovni prostor in začeli načrtovati prijemalo. Na obračalno mizo smo pritrdili kocki iz umetnega lesa, ki sta služili kot distančnik, da nismo zadeli mize. Surovec pa smo z dvema vijakoma privijali v distančnika. Sledila je izdelava G kode. S programom Catia smo narisali 3D model in ga prenesli v programsko okolje Autodesk Fusion 360, kjer smo generirali prvo G kodo. Ta nam ni bila všeč, ker je vsebovala okrog 800 vrstic, kar je za takšen osnoven kos veliko preveč, zato smo se za prvi test odločili, da jo bomo napisali ročno. To G kodo smo pretvorili z obstoječim programom in se v naslednji fazi spoznali z offline programiranjem robota.

Na koncu smo dva kosa tudi izdelali. Izdelka smo izmerili in ugotovili, da bomo morali biti še bolj pozorni na kote nagiba pri robotu, saj nismo stružili povsem navpično (odstopanje malo manj kot desetinka milimetra). Ugotovili smo tudi, da bo potrebno nastaviti robota tako, da se pomakne v vsako točko, saj je pred vsako točko zavil k naslednji, torej ni čisto dosegel točk, ker prej spremeni smer. To se je najbolj poznalo v krivuljah, ki niso bile povsem enake in tam, kjer se orodje umakne, saj se je začel prehitro dvigovat in ni postružil kotov.

V tej fazi projekta si želimo izdelati kos, ki bo zadostil zahtevam, zato smo že s programom NX izdelali G kodo in jo pretvorili, preučili smo tudi nastavitve robota, zato sledi samo še izdelava kosa ter meritve le-tega. V naslednji fazi sledi izdelava G kode za 5 osno obdelavo, izdelava postprocesorja zanjo, izdelava izdelka, izvedba meritev ter primerjava izdelka z modelom.

**Ključne besede:** robot, ACMA, 5 osna obdelava, G koda

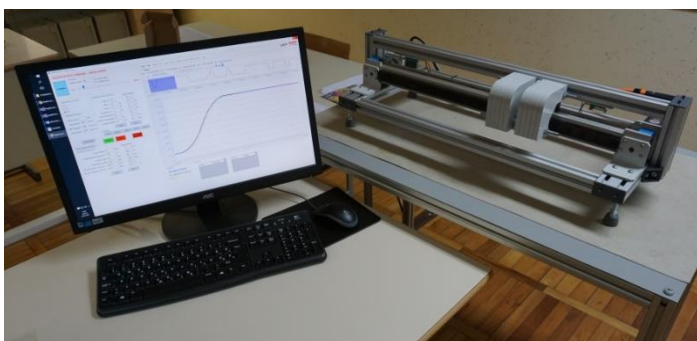
## LINEARNA OS S KORAČNIM IN SERVO MOTORJEM

*Matija Sekirnik, Tadej Steničnik*

Mentorji: doc. dr. Vito Tič in izr. prof. dr. Darko Lovrec (FS), red. prof. dr. Riko Šafarič (FERI)

### Povzetek

Zasnovana in izdelana je elektromehanska pozicionirna enota, pri čemer je za namen pozicioniranja uporabljena linearna os, ki jo lahko premika tako koračni motor kot tudi servo motor. Oba motorja hkrati ne moreta poganjati osi, lahko pa jo vsak posamezno. Osnovni namen naloge je bil izdelati učilo iz industrijskih komponent ter zasnovati sistem tako, da je mogoče zelo enostavno in nazorno prikazati vplive na regulacijo, tako vplive izbranega pogonskega motorja, kot tudi vrste regulatorja in vpliv nastavljenih parametrov regulatorja.



Potrebno je bilo povezati vse elektro komponente, narediti »PLC« program, izdelati vizualizacijski vmesnik in preučiti kateri parametri so smiselni za regulacijo motorja s katerim vodimo linearno os. V programskem okolju »TwinCAT3« smo opravili vse potrebne nastavitve ter ustvarili komunikacijo med motorjema, izvršnimi moduli in programom. Po vzpostavitvi povezav smo pričeli s snovanjem »PLC« programa. Napisali smo ga v lestvičnem načinu, kjer smo uporabili funkcijske bloke namenjene vodenju koračnih in servo motorjev.

Ko je »PLC« program deloval pravilno in zagotavljal vse funkcionalnosti, smo začeli graditi uporabniški vmesnik v programskem okolju »Visual Studio«. Ustvarili smo okna z gradniki in jim dodelili dogodke, ki se zgodijo ob določeni akciji (na primer klik na tipko miške). Potrebno je bilo poslati ukaz ali vrednost spremenljivke iz programske opreme »Visual Studio C#« v »TwinCAT3«. Za prenos oziroma branje ali zapisovanje spremenljivk smo uporabili Beckhoff-ov »ADS« komunikacijski protokol. Branje in zapisovanje podatkov preko »ADS« komunikacijskega protokola je bilo mogoče, ker ima vsak parameter v programskem okolju »TwinCAT3« svoj naslov. S tem komunikacijskim protokolom smo spreminjali parametre v »PLC« in »NC« okolju. Tako smo zasnovali uporabniški vmesnik, s katerim lahko parametre motorja in parametre regulatorjev spreminjamo neposredno, tudi med obratovanjem motorja. Da bi analizirali delovanje motorja, smo v uporabniški vmesnik dodali orodje »Scope«, ki nam izriše potek krivulje dejanskega in zelenega položaja. Uporabniški vmesnik je vizualno prijazen do uporabnika in je preprost za uporabo. Deluje tako, da najprej izberemo zeleni motor, nato pa izberemo način vodenja. Kjer imamo na voljo ročni in zaprto-zančni način. Če izberemo ročni način delovanja, lahko motorju določimo referenčno točko in ga krmilimo naprej in nazaj. Pri izbiri zaprto-zančnega načina lahko motorju zopet določimo referenčno točko in izberemo regulator. Nato motorju določimo parametre, kot so hitrost, pospešek, pojemek in položaj. Prav tako lahko določimo parametre izbranemu regulatorju. Nato motor poženemo v zeleno pozicijo in izriše se krivulja diagrama v orodju »Scope«.

Izdelano učilo bo študentom omogočalo, da na realnem sistemu spoznajo delovanje regulatorjev ter vpliv posameznih členov regulatorja na odziv sistema. Pridobili pa bodo lahko tudi praktične izkušnje o izbiri regulatorjev ter določanju njihovih parametrov.

**Ključne besede:** linearna os, servo motor, koračni motor, Beckhoff, TwinCAT, Visual Studio, regulacija.

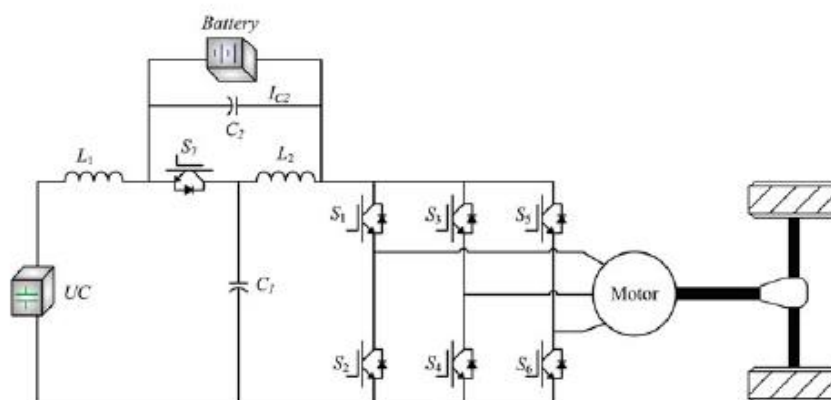
## STIKALNI PRETVORNIK ZA ELEKTRIČNO VOZİLO Z NAPJANJEM IZ BATERIJE IN SUPERKONDENZATORJA

*Matej Pinter, Jan Weichardt*

Mentor: doc. dr. Miran Rodič (FERI), red. prof. dr. Miro Milanovič, izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS)

### Povzetek

Pri napajanju električnih vozil pride do problema, ko v kratkem času potrebujemo veliko moč. Takrat se baterija hitro prazni, kar ni dobro s stališča njene življenjske dobe. Zato se uporablja superkondenzator, ki lahko v kratkem času zagotovi veliko količino energije. Glavne prednosti uporabe superkondenzatorja so tako možna eliminacija pretvornika za baterijo, večja gostota moči, večja zanesljivost, daljša življenjska doba baterije, hitrejša dovajanje moči na elektromotor in cenejši pretvornik.



Slika 1: Električna shema

V okviru projekta smo izvedli modulacije dveh metod proženja tranzistorjev in sicer takšno s kratkostičnimi stanji na začetku in na koncu intervala ničelnega stanja in takšno s kratkostičnimi stanji v sredini intervala ničelnega stanja. Modelirali smo z orodjem SymPowerSystems v okviru programskega paketa Matlab. Obe modulaciji smo preizkušali na enofaznem sistemu. Obe modulaciji smo primerjali in spremljali rezultate.

Ugotovili smo, da je pri metodi s kratkostičnimi stanji na začetku in koncu intervala ničelnega stanja manj preklonov tranzistorjev in manjše preklonpe izgube. Pri metodi s kratkostičnimi stanji v sredini intervala ničelnega stanja pa je oblika izhodnega toka veliko lepša. Prednost je tudi ta, da ne pride do izpadanja pulzov.

V prihodnje bomo pretvornik testirali na 3 faznem sistemu in izdelali tudi realen sistem. Opravili bomo možne izboljšave.

**Ključne besede:** superkondenzator, električno vozilo, stikalni pretvornik

## HIL (HARDWARE-IN-THE-LOOP) SISTEM ZA TESTIRANJE PROGRAMSKE OPREME

Luka Mesarić, Danijel Radočaj

Mentor: doc. dr. Miran Rodič (FERi), izr. prof. dr. Karl Gotlih (FS)

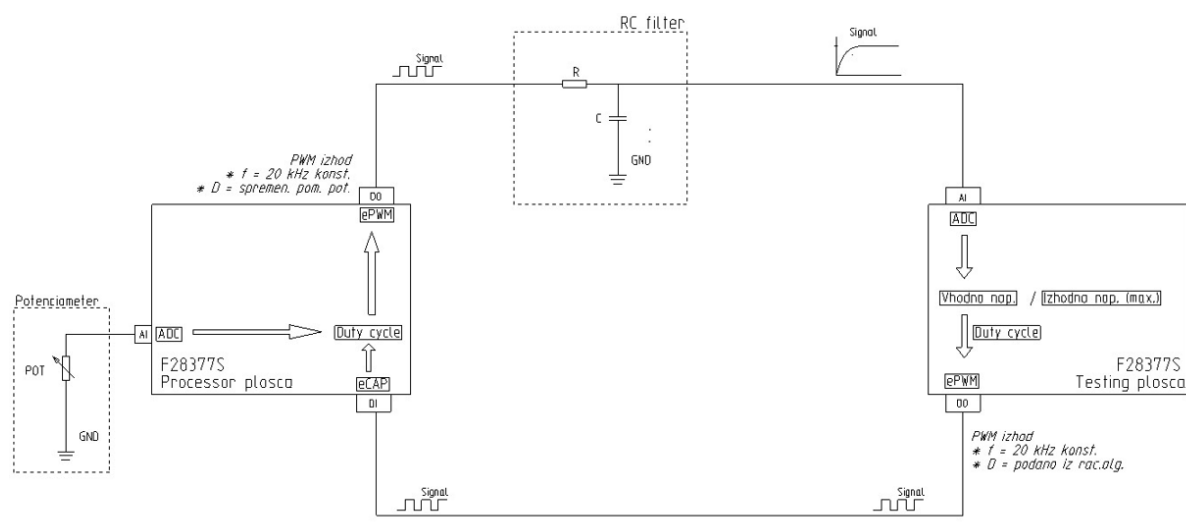
### Povzetek

Projekt zajema načrtovanje sistema za HiL (ang. Hardware-in-the-Loop) testiranje. HiL je razvojna metoda, ki se uporablja za testiranje vgrajenih sistemov v realnem času. Uporabljena je v več aplikacijah z namenom nadomeščanja konkretnega realnega prototipa in njegove strojne opreme z emulatorjem. V našem primeru predstavlja emulator mikrokrmilnik s svojo periferno strojno opremo.

Cilj naloge je izdelava HiL sistema, v okviru projekta je bila izdelana zasnova. Testiranje bo vsebovalo različne teste. Sistem bo realiziran na dveh mikroročunalniških razvojnih sistemih. Programska oprema bo razvita v programskih paketih Matlab/Simulink in Code Composer Studio. Uporabljen bo external mode način delovanja simulatorja v programskem orodju Simulink. Programsko opremo in algoritem bo potrebno najprej preizkušati za HiL simulator in potem za testirano strojno opremo. Izdelan sistem bo prvi prototip HiL simulatorja, ki bo služil za raziskavo principov delovanja. Dejansko sistem nima vseh lastnosti, ki so potrebne za realno testiranje takih sistemov, temveč le njihov osnovni nabor.

Rezultat projekta je bila narejena splošna poenostavljena HIL zanka – generiranje PWM signalov, ter njihovo preverjanje. Uporabljena sta bila dva mikrokrmilnika, ki poleg ostalih lastnosti omogočata tudi prikazovanje parametrov v realnem času v programski opremi Matlab/Simulink. S tem lahko opazujemo vse spremembe ali odstopanja v sistemu.

Nadaljevanje projekta v okviru magistrskih nalog zajema razvoj bolj kompleksnega sistema z uporabo programske opreme za računanje korekcijskih algoritmov in za prikazovanje pogrškov.



**Ključne besede:** hardware-in-the-loop - (HiL), testiranje, sistemi v realnem času

## SIMULACIJA NADZORA HRPAVOSTI OBDELANE POVRŠINE PRI FREZANJU

*Klemen Pušnik*

Mentor: izr. prof. dr. Aleš Hacı (FERI), doc. dr. Uroš Župerl (FS)

### Povzetek

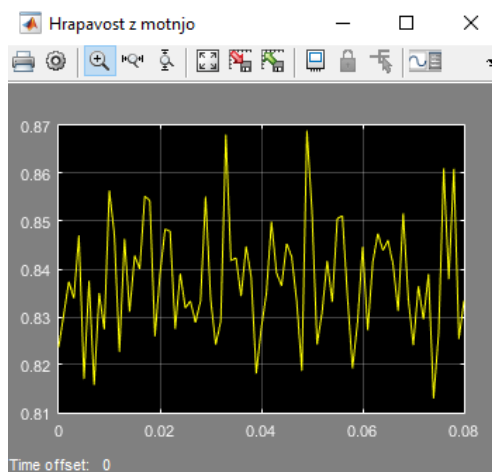
Zaradi hitrega razvoja obdelovalnih strojev se večajo zahteve obdelave izdelkov (višja kvaliteta, majhne tolerance...). Na krmilje vplivajo že manjše motnje, kot so temperatura, tresljaji, itd. Zato želimo narediti takšen nadzorni sistem obdelovalnega stroja, ki bo te motnje kompenziralo glede na podane parametre (željena hrapavost, vrtljaji, podajanje, rezalno hitrost in globina rezanja).

Glavni cilj projekta je izdelati simulacijo modela za nadzor hrapavosti površine pri obdelavi s frezanjem. Simulacijski blok diagram se je izdelal v programskem okolju Matlab in Simulink. Model nadzora hrapavosti obdelane površine bo zagotavljal željeno hrapavost površine s prilagajanjem rezalnih parametrov (podajanje in vrtljaji glavnega vretena) in ohranjanjem konstantne rezalne sile.

Simulacijski blok diagram se je izdelal na osnovi že eksperimentalno pridobljenih podatkov (meritev rezane sile in temu pripadajoča hrapavost površine). Model je narejen za obdelavo aluminija v eni smeri in globino frezanja 0.254 mm. Sestavljen je iz prenosne funkcije obdelovalnega stroja, modela rezalne sile, ter prikaza rezultatov oz. dejanske hrapavosti površine z in brez motnje. Kot vhodni parameter vpišemo željeno hrapavost površine. Nato to željeno hrapavost pretvorimo v željeno rezalno silo. Iz te željene rezalne sile izračunamo podajanje in vrtljaje glavnega vretena. S temi vrtljaji, podajanjem in prenosno funkcijo nato izračunamo realno rezalno silo. Na koncu to realno rezalno silo pretvorimo v realno hrapavost površine. Za modeliranje enačb realne rezalne sile, vrtljajev in podajanja glavnega vretena smo uporabili metodo linearne in večkratne regresije.

Rezultati projekta vsebujejo odzive hrapavosti modela hrapavosti površine, ki so relativno uspešni, kajti realna hrapavost površine se dovolj dobro približa željeni hrapavosti površine. Možni vzroki so zaokroževanje vmesnih rezultatov ali odstopanje pri samemu modeliranju enačb z linearno in večkratno regresijo. Primer odziva hrapavosti prikazuje slika 1.0. Kjer smo, kot željeno hrapavost površine določili 0.85  $\mu\text{m}$ .

Ocena rezultatov je dobra, kajti realna hrapavost se dovolj približa željeni hrapavosti. Model hrapavosti površine je možno razširiti še na ostale materiale, smeri in globino frezanja. Možna je tudi nadgradnja modela rezalne sile z nevronske mreže ali ANFIS modelom.



Slika 1: Odziv modela hrapavosti površine

**Ključne besede:** regulacija, hrapavost, Matlab, Simulink, model ...



## RAZVOJ NAPREDNIH ALGORITMOV VODENJA MEHATRONSKIH SISTEMOV

*Martin Adler, Dušan Fister*

Mentor: red. prof. dr. Riko Šafarič (FERI), izr. prof. dr. Uroš Župerl (FS), doc. dr. Suzana Uran (FERI)

### Povzetek

Napredni algoritmi nudijo v Mehatroniki pomembno oporo za stabilno vodenje (regulacijo) nelinearnih sistemov. Značilnost vseh naprednih algoritmov je, da so tesno povezani z optimizacijo procesov, tj. iskanjem najboljše rešitve. V okviru projekta sta bila izdelana dva algoritma naprednega vodenja, ki sta bila primerjana z linearnimi metodami vodenja.

Algoritem z mehko logiko je bil uspešno uporabljen na mobilnem robotu za igranje nogometa. Zasnova slednjega omogoča gibanje robota v poljubno smer, saj je sestavljen iz treh omni koles, zamaknjenih za sto dvajset stopinj. Ta pomembna lastnost robota otežuje problem vodenja robota, saj je regulacijska proga nadvse zapletena, algoritem vodenja pa mora biti zato popolnoma prilagodljiv na inženirjeve zahteve.

Po izpeljavi dinamičnega modela robota in pretvorbi v programsko okolje MATLAB/Simulink je bilo moč simulirati različne parametre robota, kakor tudi preizkušati interpolacijsko avtonomno premikanje (in orientacijo) od točke do točke (PTP-gib). Za verifikacijo, evaluacijo in dokaz hipoteze je bil algoritem z mehko logiko primerjan na realnem sistemu s klasično tehniko vodenja s PID-regulatorjem. Slednji je kljub linearnosti dosegal manjše statične pogreške, a v primerjavi z algoritmom z mehko logiko časovno zaostajal, kakor tudi opletal okoli želene smeri vožnje. V splošnem je zato algoritem z mehko logiko izkazoval kakovostnejšo delovanje, zato je bila hipoteza dokazana.

Drugi napredni algoritem vodenja je bil implementiran na nelinearnem robotskem sistemu. Zanimivost slednjega je kombinacija reduktorja in vzmeti, ki prisili električni stroj, da menjava med režimoma motor/generator. Kot osnova je bil uporabljen klasični PI-regulator, kateremu je bilo dograjeno avtomatsko nastavljanje parametrov v realnem času. Kot preizkuševališče poskusnih rešitev algoritma evolucionarnih strategij je bila uporabljena nevronska mreža, ki je modelirala regulacijsko progo.

Pristop sprva ni bil primeren za samostojni blok PI-hitrostne regulacije, zato je bilo treba problem preoblikovati. Avtomatsko nastavljanje parametrov v veliki meri izboljšuje delovanje klasičnega regulatorja. Poleg hitrejšega reagiranja na spremembo referenco izkazuje tudi hitrejše eliminiranje statičnih pogreškov, zato je napredni algoritem bolj primeren za vodenje nelinearnih sistemov.

**Ključne besede:** vodenje, optimizacija, evaluacija, mehka logika, evolucionarne strategije

## REGULACIJA SILE NA LINEARNI HIDRAVLİČNI SERVO OSI

*Aljaž Čakš, Luka Jerebic*

Mentor: izr. prof. dr. Aleš Hacı (FERI), izr. prof. dr. Darko Lovrec doc. dr. Vito Tič (FS)

### **Povzetek**

Namen projekta je izvedba regulacije sile na linearni hidravlični servo osi z uporabo senzorja izdelanega v lastni režiji. Tega je potrebno kalibrirati z uporabo industrijske izvedenke senzorja za merjenje sile ter izvesti regulacijo.

Potrebno je bilo preučiti način snovanja merilnih pretvornikov sile z merilnimi lističi. Največji problem predstavlja merilno območje. Lističem se upornost spreminja minimalno, kar ima za posledico težavno merjenje. Tako smo preučili, kako zasnovati merilni mostič za željeno merilno območje in željeno resolucijo merjenja, ter da bo odpravljen temperaturni vpliv. Ko smo izvedli preračune, smo se lotili fizične izgradnje senzorja. Za zagotovitev pravilnega obnašanja senzorja je bilo potrebno veliko pozornosti nameniti načinu nanosa merilnih lističev na vmesni člen, ki se pritrdi na batnico. Vmesni člen smo nato privijačili v batnico. Za zajem in ojačenje signala iz merilnega mostiča smo se odločili uporabiti krmilnik Beckhoff CX5140 in modul EL3356. Nato smo lahko začeli z izdelavo programa za regulacijo sile in vizualizacijo celotnega procesa. Najprej smo izvedli odprtozančno, nato pa še zaprtozančno vodenje. Po izdelavi programa je sledilo obširno testiranje le tega ter iskanje hroščev v njegovem delovanju. Skozi testiranje in meritve smo določili parametre za regulacijo.

Uspelo nam je izdelati lasten senzor za merjenje sile in ga umeriti, ter z njegovo uporabo izdelati regulacijo hidravličnega servo sistema. Z natančnejšim senzorjem in boljšimi parametri bi bilo mogoče regulacijo še izboljšati.

**Ključne besede:** regulacija, sila, Beckhoff, merilna, celica

# PROGRAM

## 6. LETNE KONFERENCE MEHATRONIKE 2017

### UM-FERI, predavalnica G2-DELTA, 9:00-15:00

09:00-09:10      Otvoritev

09:10-10:30      VS Mehatronika (K. Gotlih, A. Hace)

1. J. Slemenšek, A. Rotovnik, G. Štolfa: TEKOČI TRAK IN ROBOT ROKI
2. T. Pirnat, D. Selar: RAZVOJ 3D PRINTERJA ZA MIKRO OBJEKTE
3. K. Podgoršek, D. Herceg, M. Pisnik: MONTAŽA S KOLABORATIVNO INDUSTRIJSKO ROBOTSKO ROKO UR
4. Ž. Stopar, S. Šlander, J. Novak: REKONSTRUKCIJA IN AVTOMATIZACIJA MEHANSKEGA PRIJEMALA MANIPULATORJA
5. D. Ketiš, P. Zakejšek, R. Belšak: NAČRTOVANJE IN IZDELAVA AVTONOMNEGA VOZIČKA ZA TRANSPORT ZABOJČKOV
6. J. Leskovar, M. Taužič, Ž. Vražič: PNEVMATIČNA STISKALNICA
7. M. Borovec, G. Komplet, D. Završek: RAZVOJ ODPRTEGA KRMILNEGA SISTEMA ZA MULTIKOPTERJE

10:40-13:20      UN Mehatronika (M. Rodič, U. Župerl)

1. J. Mlinarič, R. Friš, M. Bračko, T. Masilo, A. Pauko: PREDELAVA ELEKTRIČNEGA KOLESA
2. G. Časar, I. Erjavec, K. Nemec: VODENJE VIRTUALNIH PROCESOV Z UPORABO REALNEGA KRMILNIKA
3. U. Vincetič, L. Roudi, M. Petek: IZGRADNJA IN VODENJE MOBILNEGA ROBOTA S KRMILNIKOM MYRIO
4. M. Šnajder, K. Polovič: AVTONOMNI VOZIČEK – ZASNOVA PODVOZJA
5. D. Potočnik, D. Ravnak: AVTONOMNI VOZIČEK – KINEMATIKA
6. L. Šelih: AVTONOMNI VOZIČEK – KRMILJE IN SENZORJI

ODMOR 11:40-11:50

7. T. Semenič, D. Repatec: VODENJE VERTIKALNEGA HIDRAVLIČNEGA VALJA Z INDUSTRIJSKIM KRMILNIKOM
8. T. Jurak, T. Pavlovič: MINI HIDRAVLIČNI SISTEM
9. B. Recek, D. Sedonja: RAZVOJ BREŽIČNIH MODULOV ZA SISTEME HIŠNE AVTOMATIZACIJE
10. F. Tratnjek, G. Rocner: RAZVOJ INTELIGENTNEGA SISTEMA ZA DOZIRANJE TABLET
11. P. Bencak: SISTEM ZA AKTIVNO BALANSIRANJE BATERIJ
12. R. Fujs, M. Bogša: NAČRTOVANJE IN IZDELAVA SENZORJA VAN DER WAALS-OVIH IN KAPILARNIH SIL ZA NANOROBOTSKO CELICO
13. M. Kitak: GRADNJA ROBOTOV ZA PREGLED MOSTOV
14. J. Prnaver, M. Trčak: PREUČEVANJE MOŽNOSTI VODENJA IN PROGRAMIRANJA ROBOTA KUKA KR 15 KRC 1
15. R. Kotnik, U. Remic: NAČRTOVANJE IN IZDELAVA PREUSMERITVENEGA MEHANIZMA VALIČNEGA TRANSPORTERJA ZA TRANSPORT ZABOJČKOV
16. A. Kolman, A. Picej: DRUŽABNE IGRE Z ROBOTOM – ROBOTSKI MET NA KOŠ
17. D. Gošek, J. Križaj: SISTEM ZA AVTOMATIZACIJO VLEČENJA PALICE PRI KONTINUIRNEM LITJU

**PROGRAM**  
**6. LETNE KONFERENCE MEHATRONIKE 2017**  
**UM-FERI, predavalnica G2-DELTA, 9:00-15:00**

13:30-15:00      MAG Mehatronika (M. Milanovič, K. Gotlih)

**M. Rodič, M. Zorman, A. Hace: EVROPSKI PROJEKT AUTOUNIVERSE**

1. T. Mastnak, T. Grešak: PRIPRAVA IN NAČRTOVANJE 5 OSNE OBDELAVE NA ROBOTU ACMA XR 701
2. T. Steničnik, M. Sekirnik: LINEARNA OS S KORAČNIM IN SERVO MOTORJEM
3. M. Pinter, J. Weichardt: STIKALNI PRETVORNIK ZA ELEKTRIČNO VOZILO Z NAPAJANJEM IZ BATERIJE IN SUPERKONDENZATORJA
4. L. Mesarič, D. Radočaj: HIL (HARDWARE-IN-THE-LOOP) SISTEM ZA TESTIRANJE PROGRAMSKE OPREME
5. K. Pušnik: SIMULACIJA NADZORA HRAPAVOSTI OBDELANE POVRŠINE PRI FREZANJU
6. M. Adler, D. Fister: RAZVOJ NAPREDNIH ALGORITMOV VODENJA MEHATRONSKIH SISTEMOV
7. A. Čakš, L. Jerebic: REGULACIJA SILE NA LINEARNI HIDRAVLIČNI SERVO OSI

15:00              Zaključek