

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

Timotej Gašpar

# **Vodenje robota v stiku s podajnim objektom**

Magistrsko delo

Mentor: prof. dr. Ime Priimek

Ljubljana, 2015



## Zahvala

Zahvalil se bi rad staršem za popolno podporo pri študiju, bratu, ker me je motiviral čeprav tega ni vedel ter partnerki, ker je vedela kaj je treba reč v katerem trenutku. Zahvalil bi se tudi somentorju Leonu Žlajpahu, ker mi je z izkušnjami ogromno pomagal.



# Vsebina

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Mehanska ter senzorska oprema</b>	<b>7</b>
2.1	Robotski manipulator PA10 . . . . .	7
2.1.1	Kinematični model . . . . .	7
2.2	Servo Krmilnik . . . . .	9
2.2.1	Komunikacija . . . . .	9
2.2.2	odprtost . . . . .	9
2.3	Senzor sile in navorov - JR3 . . . . .	9
<b>3</b>	<b>arcNET strežnik</b>	<b>11</b>
3.1	arcNET protocol . . . . .	11
3.2	Razlogi za strežnik . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Admitančno krmiljenje</b>	<b>13</b>
4.1	Teorija . . . . .	13
4.2	Implementacija . . . . .	13
4.3	Rezultati . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Krmiljenje z inverzno dinamiko</b>	<b>15</b>

5.1	Teorija . . . . .	15
5.2	Implementacija . . . . .	15
5.3	Rezultati . . . . .	15
<b>6</b>	<b>Rezultati</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Simulink knjižice</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Zaključek</b>	<b>21</b>
<b>A</b>	<b>Appendix 1</b>	<b>25</b>
<b>B</b>	<b>Appendix 2</b>	<b>27</b>
<b>C</b>	<b>Appendix 3</b>	<b>29</b>
<b>D</b>	<b>Predloge za navajanje literature - baza BibTex</b>	<b>31</b>

## Seznam slik

2.1	Skica robotskega mehanizma PA 10 . . . . .	8
-----	--	---





## Seznam tabel

1	Veličine in simboli . . . . .	xi
---	-------------------------------	----



## Seznam uporabljenih simbolov

V pričujočem zaključnem delu so uporabljeni naslednje veličine in simboli:

Veličina / oznaka		Enota	
Ime	Simbol	Ime	Simbol
čas	$t$	sekunda	s
frekvenca	$f$	Hertz	Hz
tlak	$p$	Pascal	Pa
sila vzgona	$\boldsymbol{f}_{\text{vz}}$	Newton	N
gostota	$\rho$	-	kg/m <sup>3</sup>
masa telesa	$m_{\text{t}}$	kilogram	kg
vhodna napestost	$U_{\text{vh}}$	volt	V
Jacobijeva matrika	$\mathbf{J}$	-	-

Tabela 1: Veličine in simboli

Pri čemer so vektorji in matrike napisani s poudarjeno pisavo. Natančnejši pomen simbolov in njihovih indeksov je razviden iz ustreznih slik ali pa je pojasnjen v spremljajočem besedilu, kjer je simbol uporabljen.



## Povzetek

**Ključne besede:** beseda1, beseda2, beseda3



## **Abstract**

The thesis addresses ...

**Key words:** word1, word2, word3





# 1 Uvod



## 2 Mehanska ter senzorska oprema

### 2.1 Robotski manipulator PA10

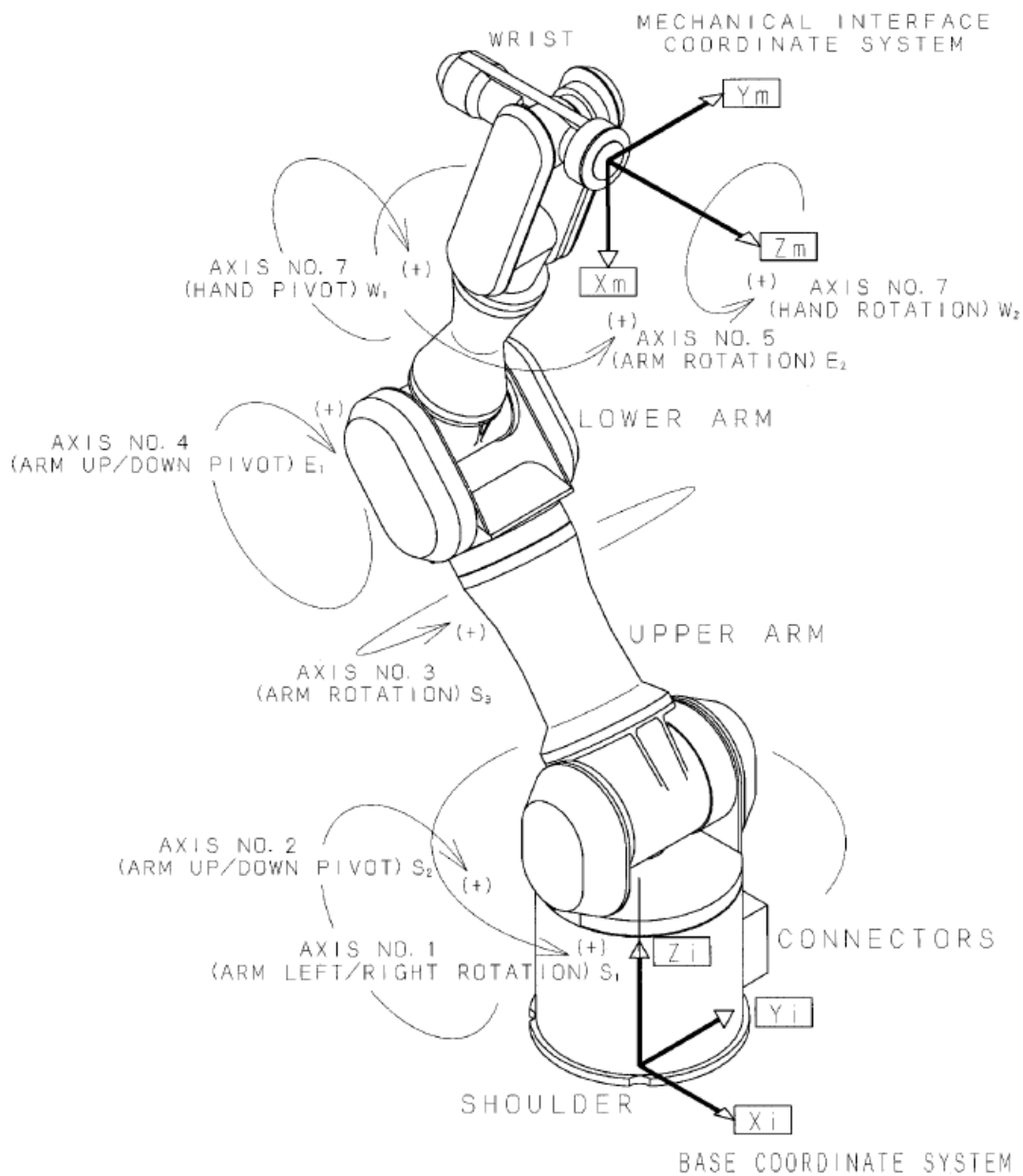
Celotno delo, ki je bilo opravljeno pred pisanjem tega dela je bilo narejeno na robotskem mehanizmu Portable Arm - PA10, proizvajalca Mitsubishi Heavy Industries. Robotski mehanizem ima 7 sklepov, kar ga uvršča v kategorijo redundantnih mehanizmov. Mehanizem ima sicer precej omejen delovni prostor, ima pa precej odprt servo krmilik. Odprtost v smislu, da nam omogoča nastavljanja hitrosti in navore za vsak sklep posebej, omogoča nam vklapljanje ali izklapljanje zavore ter vklop ali izklop posameznega motorja. Hkrati imamo tudi možnosti nastavljanja krmilniške EEPROM tabele, v kateri so shranjeni pomembni parametri vodenja motorjev, npr. ojačanja regulatorjev. Robotski manipulator ima tudi prednost prenosljivosti, saj tehta le 36 Kg in je mogoče ga hitro namestiti na drugi podstavek ali ga premakniti.

Harmonic Drive!

#### 2.1.1 Kinematični model

Robotski manipulator PA10 ima 7 stopenj prostosti. Sklepi so razvrščeni po antropomorfni splošni, da spominjajo na človeško roko. Tako imamo 2 sklepa za ramo (S1 in S2), 2 sklepa za komolec (E1 in E2) ter 3 za zapestje (W1, W2 in W3).

Iz dokumentacije je moč razbrati kinematične podatke robota ter s pomočjo



Slika 2.1: Skica robotskega mehanizma PA 10

teh zgraditi Denavit-Hartenberg tabelo (kasneje D-H tabela). S pomočjo tabele lahko nato opišemo kinematični model robota.

## 2.2 Servo Krmilnik

Krmilni signal za krmiljenje motorjev pride iz servo krmilnika. Ta je odgovoren za krmiljenje motorjev tako, da se vrtijo s referenčno hitrostjo ter da proizvajajo referenčni navor. Servo krmilnik je napajan iz omrežne napetosti 230 V / 50 Hz.

### 2.2.1 Komunikacija

Servo krmilnik ima dva priključka za optične kable, oddajni (Tx) ter sprejemni (Rx) signal. Komunikacijski protokol s katerim lahko z osebnim računalnikom komuniciramo do servo krmilnika je arcNET.

### 2.2.2 odprtost

## 2.3 Senzor sile in navorov - JR3

Mnogo krat želimo na vrhu robotskega mehanizma imeti senzor, ki nam pove kakšne sile delujejo na vrh. MV primeru tega dela se je uporabljal JR3 senzor sil in navorov. Senzor JR3 omogoča merjenje sil ter navorov v vseh treh oseh (X, Y ter Z). Znotraj senzorja so uporovni mostiči. Senzor se priključi na osebni računalnik bodisi preko kartice na PCI vodilu ali kartice na ISA vodilu. Med delom je nastala programska oprema za branje sil ter navorov iz registrov DSP kartice, ki je na ISA vodilu. Kartica omogoča osnovne filtre, ki so večinoma nizkoprepustni. Vrednosti sil ter navorov dobimo tako, da preberemo vrednost iz registra zelenega filtra ter pomnožimo s določeno konstanto.

- 1.



## **3 arcNET strežnik**

V sklopu tega dela je nastal UDP - arcNET strežnik, ki skrbi za komunikacijo med servo krmilnikom ter programom za kontrolo. Strežniški program je nastal na operacijskem sistemu Linux ter v programskem jeziku C. Razlog za to je bila zahteva, da je čim bližje realnemu času - real time. Strežnik opravlja glavni program s frekvenco 500 Hz.

### **3.1 arcNET protocol**

### **3.2 Razlogi za strežnik**





## 4 Admitančno krmiljenje

### 4.1 Teorija

### 4.2 Implementacija

### 4.3 Rezultati



## 5 Krmiljenje z inverzno dinamiko

### 5.1 Teorija

### 5.2 Implementacija

### 5.3 Rezultati



## 6 Rezultati



## 7 Simulink knjižice

Ob nastajanju tega dela so bile razvite razne simulink knjižnice za krmiljenje robota PA10. Namen teh je omogočiti uporabo robotskega mehanizma PA10 osebam, ki niso seznanjene z vsemi podrobnosti.





## 8 Zaključek



# Dodatek



## A Appendix 1



## B Appendix 2





## C Appendix 3

Postopek dela:



## D Predloge za navajanje literature - baza BibTex

```
@ARTICLE{clanek1,  
  author = "L[eslie] A. Lamport",  
  title = "The Gnats and Gnus Document Preparation System",  
  journal = "\mbox{G-Animal's} Journal",  
  year = 1986,  
  volume = 41,  
  number = 7,  
  pages = "73-77",  
  month = jul,  
}  
  
@BOOK{knjiga1,  
  author = "Donald E. Knuth",  
  title = "Seminumerical Algorithms",  
  publisher = "Addison-Wesley",  
  address = "Reading, Massachusetts",  
  year = "1981",  
}  
  
@INPROCEEDINGS{vzborniku,  
  author = "Alfred V. Aho and Jeffrey D. Ullman and Mihalis Yannakakis",  
  title = "On Notions of Information Transfer in {VLSI} Circuits",  
  editor = "Wizard V. Oz and Mihalis Yannakakis",  
  booktitle = "Proc. Fifteenth Annual ACM" # STOC,
```

```
pages = "133--139",  
month = mar,  
year = 1983,  
address = "Boston",  
publisher = "Academic Press",  
}
```

```
@misc{spletna_stran,  
author = "LLC",  
title = "{MS Windows NT Kernel Description [Online]}",  
howpublished = "Dosegljivo: \url{http://web.archive.org}",  
note = "[Dostopano: 19. 4. 2013]"  
}
```