# Sustavi samobalansirajućeg vozila

Autor: Lovre Bošnjak  Mentor: prof.dr.sc. Damir Seršić
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu

## 1 Uvod

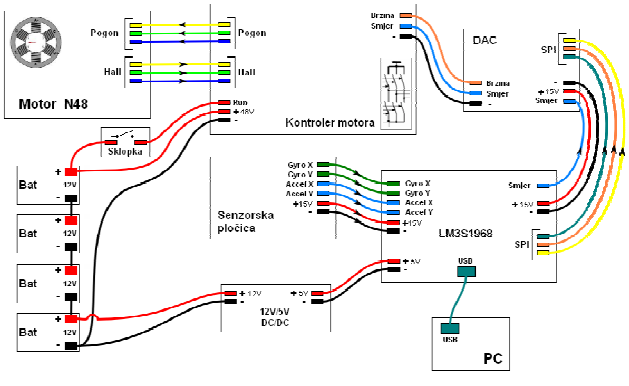
U okviru diplomskog rada detaljno je analizirano i praktično izvedeno samobalansirajuće električno vozilo na jednom kotaču koje služi za prijevoz osoba na manjim i srednjim udaljenostima.
Vozilo je zamišljeno kao kompaktan sustav, jednostavan za prenošenje i upravljanje koji ujedno predstavlja optimalno prijevozno sredstvo za jednu osobu s ekološkog i ekonomskog stajališta, uz malu potrošnju i nezamjetno zagađenje okoliša, gotovo nepostojeću razinu buke i jednostavnost punjenja i održavanja.

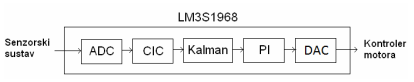
## 2 Opis problema

Za potrebe izrade samobalansirajućeg vozila potrebno je dizajnirati i izraditi mehaničku konstrukciju, projektirati dvoosni senzor nagiba zasnovan na mikromehaničkom žiroskopu i akcelerometru, razviti programske algoritme za pouzdanu akviziciju i fuziju mjernih podataka te implementirati regulacijski krug s povratnom vezom za pogon elektromotora.

## 3 Metoda

Napajanje se sastoji od četiri 12 V baterije spojene u seriju pružajući tako regulatoru motora potreban napon od 48 V.
Centralni računalni sustav vozila zasniva se na LM3S1968 razvojnoj pločici sa 32-bitnim ARM® Cortex™-M3 mikrokontrolerom.
LM3S1968 preko ADC modula sa senzorske pločice očitava četiri analogna signala (dvije osi) koja odgovaraju izlazima žiroskopa i akcelerometra. Na njoj se izvršavaju algoritmi upravljanja, a izlazni upravljački signal s informacijom o smjeru i brzini proslijeđuje se na pločicu s analogno-digitalnim pretvornikom preko SPI protokola.
Sa pločice analogno-digitalnog pretvornika analogni upravljački signal brzine i informacija o smjeru proslijeđuju se na regulator trofaznog BLDC motora snage 1kW.
Na slikama su prikazane shema cjelokupnog sustava te blokovski dijagram algoritama upravljanja.



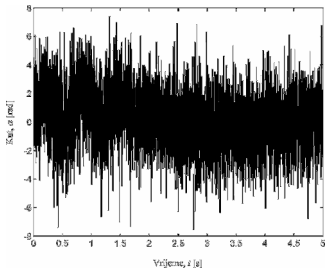




Signali se iz senzorskog sustava uzorkuju i kvantiziraju u 10-bitnom analogno-digitalnom pretvorniku te proslijeđuju na CIC filtar koji oblikuje spektar i povećava razlučivost. U sljedećem koraku Kalmanov filtar računa dovoljno preciznu estimaciju kuta koja se šalje na PI regulator te se preko digitalno-analognog pretvornika pokreće regulator motora, čime se zatvara regulacijski krug.

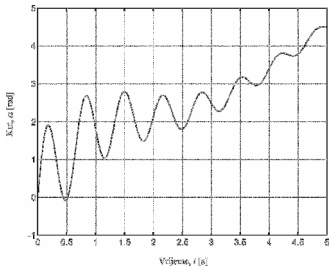
## 4 Rezultati

Opisane metode pokazale su se uspješnim za realizaciju elemenata diplomskog rada. Estimacija kuta pokazala se izrazito točnom, čak i za jako zašumljeni signal s akcelerometra. Prikazani su ulazni signali sa senzorske pločice i rezultantni signal estimacije kuta.

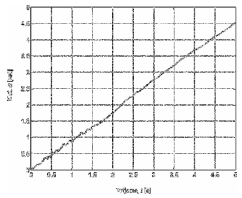
Izlazni signal akcelerometra



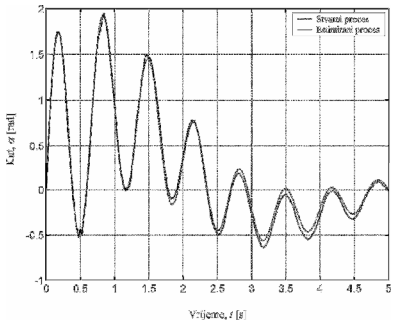
Izlazni signal žiroskopa



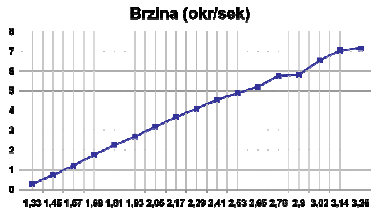
Pogreška žiroskopa



Korigirani rezultat estimacije i stvarna vrijednost kuta




Estimirana vrijednost kuta korištena je kao ulaz regulacijskog kruga zasnovanog na PI regulatoru. Njegovim izlazom pogonjen je D/A pretvornik koji generira analogni ulaz za regulator motora. Na grafu su prikazane izmjerene vrijednosti pogonskog napona i odgovarajuće brzine vrtnje motora.




## 5 Zaključak

Preliminarni rezultati ovog diplomskog rada pokazali su da je realizacija samobalansirajućeg vozila opisanim metodama ostvariva, što je pokazano izrađenim funkcionalnim prototipom. Predviđeno je mnogo prostora za daljnja poboljšanja i nadogradnje sustava, kao što su nadogradnja ili zamjena trenutno korištenog regulatora motora koji ne zadovoljava u potpunosti zahtjeve sustava, kompaktniji i lakši dizajn, uz korištenje lakših i manjih Li-Ion baterija, dogradnja sigurnosnih sustava i drugo.

1. ZESOI diplomska radionica, FER, Zagreb, 1. srpnja 2010.