

MIKROKONTROLER PIC16F877A I NJEGOVA UPOTREBA ZA UPRAVLJANJE ISTOSMJERNIM MOTOROM

MICROCONTROLLER PIC16F877A AND ITS USE FOR DC MOTOR CONTROL

Namira Krupić,¹ Edin Mujčić²,
^{1,2} Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać,
dr. Irfana Ljubijankića bb., namira_krupic@hotmail.com, edin.mujcic@gmail.com

SAŽETAK:

U ovom radu je opisano upravljanje istosmjernim motorom upotrebom dva mikrokontrolera PIC16F877A. U ovom sistemu MATLAB@SIMULINK i Real-Time Toolbox, koji se upotrebljava za rad u stvarnom vremenu, šalju upravljačke signale preko serijskog porta prema mikrokontroleru PIC16F877A. Mikrokontroler PIC16F877A obrađuje primljene informacije i upravlja radom modula za širinsko-impulsnu modulaciju(PWM). Pojačani signali iz PWM modula se koriste za regulaciju brzine i smjera istosmjernog motora. Mjerenje brzine se obavlja pomoću optičkog enkodera. Primljene signale iz optičkog enkodera mikrokontroler PIC16F877A obrađuje i šalje ih preko serijskog porta u računar. Primljene informacije o stvarnoj brzini (poziciji) istosmjernog motora MATLAB@SIMULINK poredi sa željenom brzinom (pozicijom). Ako postoji razlika, ona se obrađuje, i u pogodnom obliku šalje prema mikrokontroleru PIC16F877A.

Ključne riječi: MATAB@SIMULINK, Real-time toolbox, istosmjerni motor, optički enkoder, mikrokontroler PIC16F877A.

ABSTRACT: *In this work is described DC motor control using two microcontrollers PIC16F877A. In this system MATLA @SIMULINK and Real-Time Toolbox, who is used for work in real time, sent control signals over the serial port to the microcontroller PIC16F877A. Microcontroller PIC16F877A processes the received information and controls the work of the module for pulse-width modulation (PWM). The amplified signals from the PWM module are use to control the speed and direction of a DC motor. Speed measurement is done using an optical encoder. Received signals from the optical encoder microcontroller PIC16F877A processes and sends them over the serial port in computer. Received information about the actual speed (position) of the DC motor MATLAB@SIMULINK compares with the desired speed (position). If there is a difference, it is processed, and in a suitable form sent to the microcontroller PIC16F877A.*

Keywords: MATAB@SIMULINK, Real-time toolbox, DC motor, optical encoder, mikrocontroller.

1. UVOD

Nastanak mikrokontrolera i mikroprocesora se smatra jednim od najvećih tehničkih dostignuća koje je obilježilo dvadeseti vijek. Glavna razlika između modernih mikroprocesora i mikrokontrolera je da su prvi optimizirani za brzinu i performanse kod računarskih programa, dok su mikrokontroleri optimizirani u pravcu integracije što većeg broja kola, upravljanja procesima u stvarnom vremenu (Real-Time Control), masovnu proizvodnju, nisku cijenu, i malu potrošnju struje. Mikrokontroleri su otporniji i na varijacije napona, temperature, vlažnosti, vibracije i sl. Njihova ogromna prednost se ogleda i u činjenici da se mogu programirati, pored asemblera, i u višim programskim jezicima tipa C, Paskal, Basic. To povećava broj korisnika koji ih mogu programirati pa time i primjenjivati [1], [2].

U suštini, mikrokontroler je mini računar, realizovan u obliku integrisanog kola, koji objedinjuje sve potrebne komponente kako bi mogao samostalno da funkcioniše. Sastoji se od integrisanog mikroprocesora, memorija, digitalnih i analognih ulaza/izlaza, tajmera, brojača, oscilatora i drugih sklopova u zavisnosti od vrste i namjene mikrokontrolera.

Koriste se u najrazličitijim modernim uređajima kao što su: roboti, telekomunikacijski uređaji, sateliti, automobili, instrumenti, mobilni telefoni, kamere i sl. Isto tako imaju široku primjenu u mnogim kućnim uređajima kao što su mašine za pranje rublja, mikrotalasne rerne (mikrovalne pećnice), pekačima za kruh itd. [2].

Danas na tržištu postoji nekoliko velikih proizvođača mikrokontrolera koji u svom proizvodnom programu imaju različite familije mikrokontrolera. Najpoznatiji od njih su Intel, Motorola, Atmel i Microchip.

Mikrokontroler PIC16F877A [3], koji se koristi u ovom radu, je od proizvođača Microchip. On ima RISC arhitekturu (*Reduced Instruction Set Computer*) što znači da ima smanjen broj (tačnije 35) instrukcija u jednom instrukcijskom ciklusu osim instrukcija grananja i skokova.

U ovom radu se koristi istosmjerni motor sa reduktorom. Istosmjerni motori mogu osigurati veliki početni moment i mogu se upravljati upotrebom PWM modula [4]. Upravljački sistem mora obezbijediti sve potrebne uslove da bi istosmjerni motor održavao zahtijevanu brzinu i smjer vrtnje [5]. Brzina vrtnje istosmjernog motora je direktno proporcionalna armaturnom naponu istosmjernog motora [6]. Također, istosmjerni motori imaju odličnu kontrolu pri usporavanju i ubrzavanju i dobro reaguju na promjenu obrtnog momenta [7].

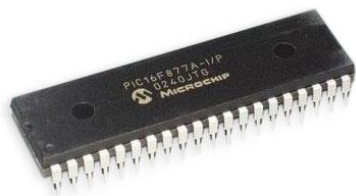
Za upravljanje istosmjernim motorom, u ovom radu, se koriste dva mikrokontrolera PIC16F877A. Prvi mikrokontroler PIC16F877A prima upravljačke signale iz MATLAB@SIMULINKA preko serijskog porta, obrađuje ih i preko integrisanog kola L298 [4], [8] vrši kontrolu brzine i smjera vrtnje istosmjernog motora. Drugi mikrokontroler PIC16F877A preko integrisanog kola LM324 [9] prima podatke od optičkog enkodera, obrađuje ih i šalje prema MATLAB@SIMULINKU preko drugog serijskog porta. Da bi sistem radio u realnom vremenu upotrebljava se Real-Time toolbox.

U ovom slučaju zatvorena petlja nije lokalnog karaktera (samo u mikrokontroleru) već obuhvata, pored mikrokontrolera PIC16F877A i računar tj. MATLAB@SIMULINK. Na ovaj način su povećane mogućnosti ovog upravljačkog sistema jer korisnik može u svakom trenutku promijeniti upravljački algoritam.

Prikaz rezultata zbog velikih mogućnosti MATLAB-a je olakšan a podaci se mogu memorisati na duži vremenski period. Na taj način korisnik ima uvida u sva zbivanja koja se dešavaju i koja su se desila u analitičkoj i grafičkoj formi.

2. ARHITEKTURA PIC16F877A

Mikrokontroler PIC16F877A se izrađuje u obliku čipa u 40-pinskom (PDIP) [2] ili u 44-pinskim kućištima [1] (TQFP i PLCC) (vidi sliku 1). Razlika između ovih kućišta je u broju izvoda, dimenzijama i što kod PDIP kućišta izvodi su samo sa dvije strane kućišta a kod ostalih izvedbi sa sve četiri strane. Zbog toga je i oblik kućišta različit.

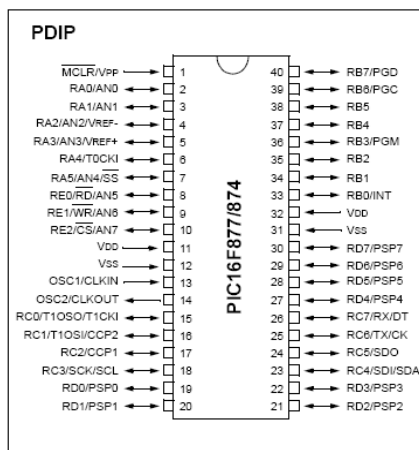


a)

b)

Slika1: Mikrokontroler PIC16F877A a) u 40 PDIP kućištu i b) 44- pinskom kućištu

U ovom radu se upotrebljavaju mikrokontroleri PIC 16F877A u 40-pinskom PDIP kućištu. Raspored pinova kod ovog mikrokontrolera je prikazan na slici 2.



Slika 2: Raspored pinova kod mikrokontrolera PIC 16F877A u PDIP kućištu [1-3]

Za serijsku komunikaciju mikrokontrolera PIC 16F877A sa računarom koristi se serijski komunikacijski modul USART (engl. *Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*). Ovaj modul ima mogućnost rada u asinhronom (engl. *Full Duplex*) i sinhronom master i slave (engl. *Half Duplex*) načinu rada. U ovom radu se koristi sinhroni način rada, jer MATLAB@SIMULINK rade u realnom vremenu.

Mikrokontroler PIC16F877A posjeduje i PWM modul sa dva PWM kanala raspoloživa na pinovima RC2 (CCP1) i RC1 (CCP2). Omogućuje 10-bitnu rezoluciju. Za generiranje PWM signala definišu se parametri: period (T) i radni ciklus (D).

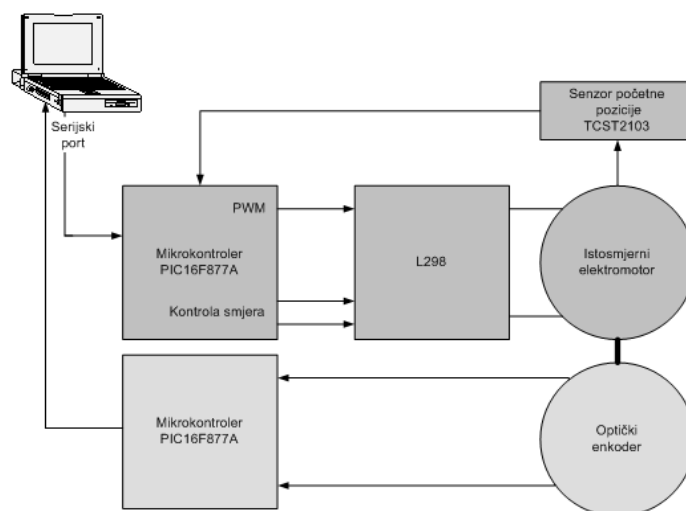
3. UPRAVLJANJE ISTOSMJERNIM MOTOROM UPOTREBOM MIKROKONTROLERA PIC16F877A I MATLAB@SIMULINK REAL-TIME TOOLBOX-A

U ovom dijelu rada je predloženo upravljanje istosmjernim motorom upotrebom dva mikrokontrolera PIC16F877A, integrisanog kola L298 i MATLAB@SIMULINK Real-Time toolbox-a. Upravljanje

istosmjernim motorom se vrši u zatvorenoj petlji koja obuhvata: MATLAB@SIMULINK i elektronski sklop od dva mikrokontrolera PIC16F877A koji vrše upravljanje istosmjernim motorom i mjerenje brzine.

3.1. Elektronski sklop za upravljanje istosmjernim motorom

Glavni elementi elektronskog sklopa za upravljanje istosmjernim motorom su dva mikrokontrolera PIC16F877A. Dva mikrokontrolera PIC16F877A se upotrebljavaju zbog velike količine primljenih i poslanih podataka između računara i mikrokontrolera PIC16F877A i zahtjeva da sistem radi u realnom vremenu.



Slika 3: Blok šema elektronskog sklopa za upravljanje istosmjernim motorom

Na slici 3 je prikazana blok šema za upravljanje istosmjernim motorom u zatvorenoj petlji sa dva mikrokontrolera PIC16F877A. Prvi mikrokontroler se koristi za prijem podataka od računara, koji se nakon obrade koriste za upravljanje istosmjernim elektromotorom pomoću širinsko-impulsne metode [10] i sklopa oko integriranog kola L298 [4], [8]. Drugi mikrokontroler se koristi za obradu podataka sa optičkog enkodera i slanje podataka ka računaru. Podaci se sa optičkog enkodera vode u mikrokontroler, koji detektira broj impulsa koji se šalju sa enkodera u određenim vremenskim intervalima. U ovom slučaju brojanje se vrši u intervalu od 0.01 sekunde, nakon čega se obrađeni podaci šalju preko serijskog porta u računar. Pomoću MATLAB@SIMULINK-a obrađuju se primljeni podaci. Da bi se riješio problem početne pozicije, dodat je senzor početne pozicije. Upotrijebljen je TCST2103 optički senzor sa led diodom i fototranzistorom kao prijemnikom. Mikrokontroler PIC16F877A je programiran tako da senzor TCST2103 djeluje samo prilikom uključivanja mikrokontrolera PIC16F877A na napajanje, dok poslije nema nikakav utjecaj na rad sistema.

Na slici 4 je prikazan izgled sistema za upravljanje istosmjernim motorom upotrebom mikrokontrolera PIC16F877A i MATLAB@SIMULINK Real-Time toolbox-a.

Za realizaciju sistema korištena su razvojna okruženja za PIC16F877A, modul sa integrisanim krugom L298, modul za napajanje i modul sa operacijskim pojačalom LM 324 koji se koristi na izlazu enkodera, a pomaže za tačnije očitavanje informacija iz enkodera, [4]. Enkoder ima rezoluciju od 256 impulsa po okretaju. Što znači da šalje 256 pravougaonih impulsa po jednom okretaju osovine enkodera.



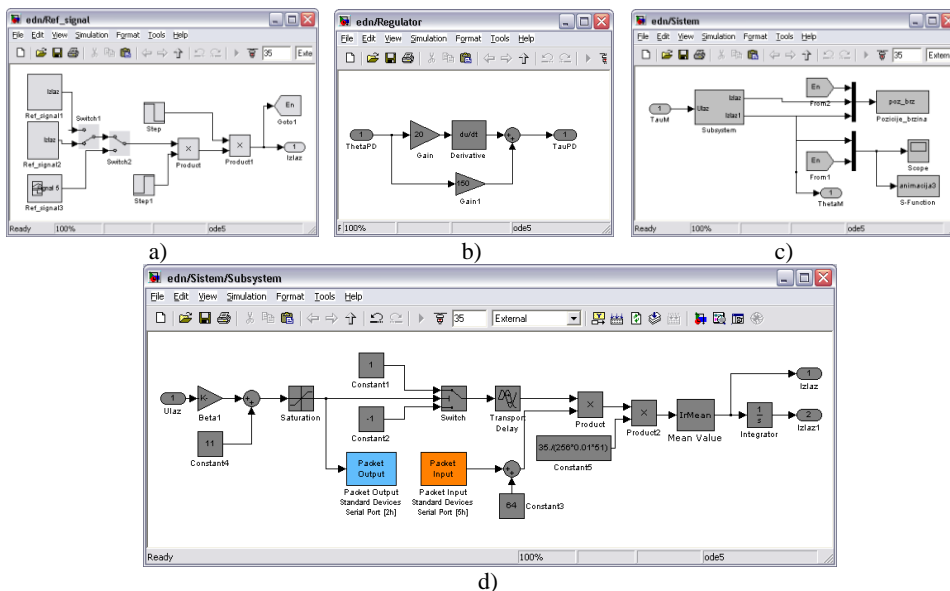
Slika 4: Izgled gotovog sistema za upravljanje istosmjernim motorom upotrebom mikrokontrolera PIC16F877A i MATLAB@SIMULINK Real-Time toolbox-a

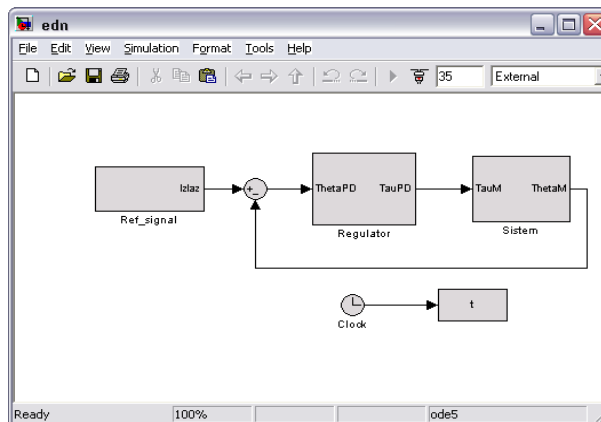
Elektromotor korišten u ovim eksperimentima ima maksimalnu brzinu od 180 ob/min. Korišteni elektromotor u sebi sadrži reduktor koji smanjuje brzinu, a povećava moment na izlaznoj osovini.

3.2. Programska podrška

Mikrokontroleri PIC16F877A, da bi se upotrijebili u sistemu za upravljanje istosmjernim motorom, moraju se prethodno isprogramirati. Programiranje mikrokontrolera je izvršeno u assembleru upotrebom MPLAB razvojnog okruženja i ICD2 programatora [11] i [12].

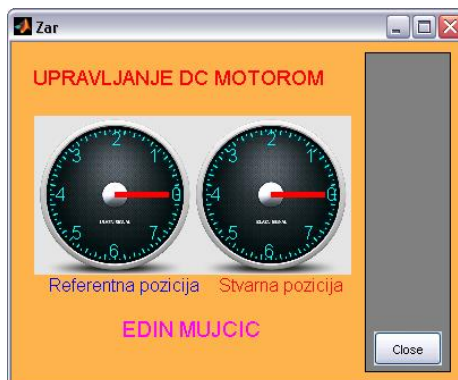
U MATLAB@SIMULINK-u je nacrtana Simulink šema koja je prikazana na slici 5. Za prevođenje Simulink modela da radi u realnom vremenu koristi se Real-time toolbox.





Slika 5: Simulink šema sistema za upravljanje istosmjernim motorom, a) podsistem za zadavanje referentnih signala, b) PD regulator, c) prikaz rezultata uključujući i s-funkciju za animaciju i d) podsistem za slanje i prijem podataka od mikrokontrolera PIC16F877A

Za praćenje referentne i stvarne pozicije kreirana je S-funkcija koja je prikazana na slici 6.



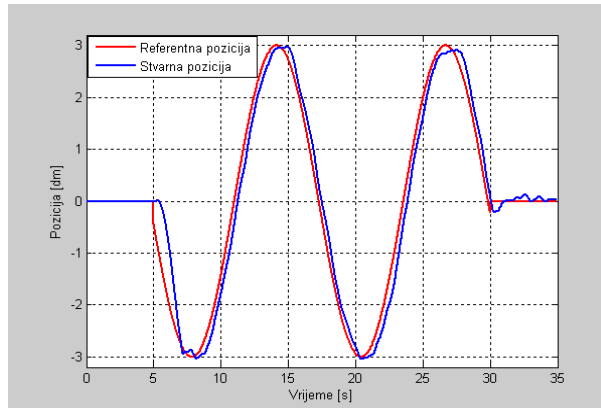
Slika 6: S-funkcija za praćenje pozicije

Korisnik zadaje referentne signale upotrebom grafičkog sučelja ili direktno unosom u Simulink blokove (vidi sliku 5 pod a)). PD regulator slika 5 pod b) obrađuje razliku između referentnih i mjenjenih signala. Na osnovu te razlike šalje upravljačke signale prema Simulink podsistemu slika 5 pod d). Dati signali se obrađuju i upotrebom *Packet Output* Simulink bloka, šalju se preko serijskog porta prema mikrokontroleru PIC16F877A koji se koristi za upravljanje istosmjernim motorom. Obradeni podaci iz optičkog enkodera se preko serijskog porta primaju pomoću *Packet Input* Simulink bloka. Tako primljeni podaci se dodatno obrađuju i koriste u zatvorenoj petlji i za vizuelni prikaz stvarne pozicije.

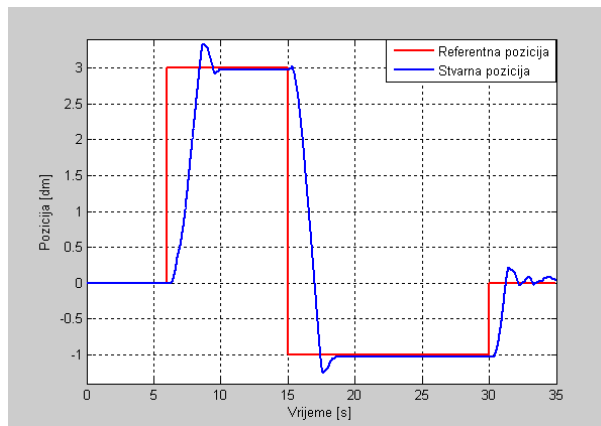
4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

U ovom dijelu rada su prikazani eksperimentalni podaci dobiveni upotrebom projektovanog sistema za upravljanje istosmjernim motorom. Za eksperimentalne rezultate koristit će se sinusni signal koji se obično koristi kao testni signal za kontinualne „blage“ promjene ulazne veličine. Za nagle promjene ulazne veličine upotrebljavat će se pravougaoni signal. I konačno, za realne uslove rada upotrebljavat će se prizvoljni signal kreiran pomoću *Signal Builder* Simulink bloka koji u sebi sadrži nagle

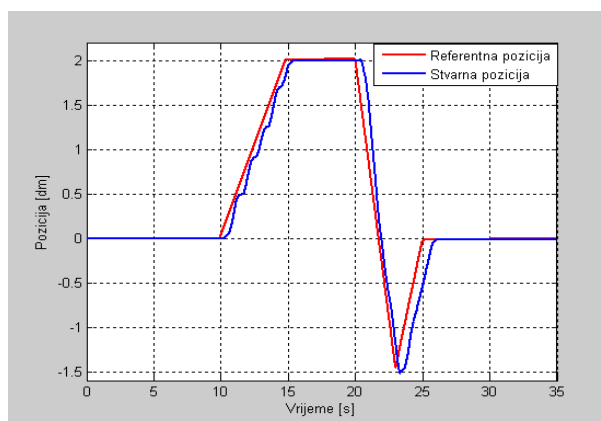
promjene referentne veličine. Na slikama 7 do 9 su prikazani eksperimentalni rezultati sa opisanim referentnim signalima.



Slika 7: Eksperimentalni rezultati za sinusni signal



Slika 8: Eksperimentalni rezultati za pravougaoni signal



Slika 9: Eksperimentalni rezultati za proizvoljni signal

Na osnovu eksperimentalnih rezultata prikazanih na slikama 7, 8 i 9 može se vidjeti da projektovani sistem dobro radi i da stvarna pozicija odgovara referentnoj poziciji. Na osnovu eksperimentalnih

rezultata može se zaključiti da će projektovani sistem ispravno raditi za sve ulazne referentne signale. Mala odstupanja se javljaju zbog tromosti sistema pri naglim promjenama referentne vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu eksperimentalnih rezultata može se zaključiti da predloženo rješenje dobro radi i da se može koristiti u praktičnim primjenama. Upotrebom Interneta kao globalne mreže kontrola se može vršiti i sa neke udaljene lokacije, naravno uz upotrebu neke od teleoperacijskih metoda kao što su valne varijable ili nadzirano upravljanje. Svi mjerodavni podaci se mogu sačuvati, a algoritam upravljanje može se veoma brzo promijeniti bez ponovnog programiranja mikrokontrolera.

6. LITERATURA

- [1] <http://sh.wikipedia.org/wiki/Mikrokontroler>, (26.1.2014)
- [2] D. Đorđević, Ž. Đorđević, *Komunikacija mikrokontrolera PIC16F877 preko SPI modula*, Elektronski fakultet, Niš, 2007.
- [3] *PIC16F87X, DATASHEET*, Microchip Technology Inc, 2001.
- [4] E. A. Choon, DC Motor Speed Control Using Microcontroller PIC16F877A, PhD thesis, Faculty of Electrical Engineering Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia, 2005.
- [5] M. A. Fikri Bin Awang, *DC Motor Speed Controller*, MSc.Thesis, Faculty of Electrical and Electronics Engineering University Malaysia Pahang, 2010.
- [6] A. M. Adday, M. Z. Othman, Combined Armature and Field Fuzzy Speed Control of a DC Motor for Efficiency Enhancement, *Al-Rafidain Engineering, Vol.20, No. 6, pp.117-129, 2012.*
- [7] P. K. Sahoo, N. K. Barik, *Speed Control of Separately Exited DC Motor Using Self Tuned Fuzzy PID Controller*, MSc.thesis, National Institute of Technology Rourkela, Orissa, 2011.
- [8] *L298, DATASHEET*, STMicroelectronics
- [9] *LM324, DATASHEET*, STMicroelectronics
- [10] S. M. Dawood, R. H. Thejeel, PIC 16F877A Microcontroller Based Multiple DC Motors Controller, *Asian Transactions on Engineering (ATE ISSN: 2221-4267), Volume 03 Issue 02, 2013.*
- [11] G. Malčić, V. Rajković, *Mikroupravljački sustavi*, Tehničko veleučilište, Zagreb, 2011.
- [12] T. D. Green, *Embedded systems programming with the PIC 16F877*, Cleveland, Ohio, 2008.