



Realizacija senzorske mobilne platforme „WEGY“ i mogućnosti njene primene u obrazovanju

Miloš Božić¹, Vojislav Vujičić¹ i Goran Đorđević²

¹Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija

²Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija

e-mail milos.bozic@ftn.kg.ac.rs

Rezime: U radu se razmatra dizajn i realizacija jednostavnog mobilnog robotskog sistema, WEGY, i mogućnosti primene u obrazovanju, istraživanjima i popularizaciji inženjerstva. WEGY poseduje pogon u formi WHEEL+leG konfiguracije, skraćeno WHEG, što sistemu daje mogućnost lakog kretanje na otvorenom i neravnom terenu. Prelaz preko prepreka je tako lakši nego upotrebom točka. Platforma je male mase, a u poređenju sa pogonima u formi gusenica neuporedivo efikasnija. Biće prikazani elementi robota sa opisom mogućnosti. Osnovni kontroler robota je Arduino Mega. Platforma može da integriše veliki broj senzora i aktuatora tako da je veoma pogodna za različite nastavne module, kao što su: senzori, aktuatori, automatsko upravljanje, mobilni roboti i druge. Platforma omogućava rešavanje konkretnih aplikativnih problema, što ujedno predstavlja i dobar put pri usvajanju inženjerskih znanja, po principu praktično-teorijski-praktično (PTP).

Ključne reči: robot; wheg; senzor; arduino

1. UVOD

Za obrazovanje inženjera u tehnici, praksa je pokazala da kombinovane metode praksa–teorija–praksa (PTP) daju najbolje rešenje [1,2]. Primenom ove metode studentima je prvo potrebno izložiti problem koji treba rešiti. Studenti zatim vrše analizu problemu, nakon čega uče teoriju koja je direktnoj vezi sa problemom koji treba rešiti. Nakon toga studenti se vraćaju konačnom rešavanju problema. U cilju ovakvog pristupa za studente je na Fakultetu tehničkih nauka u Čačku u Laboratoriji za mehatroniku i Laboratoriji EMPR [3,4] i u saradnji sa Laboratorijom za robotiku sa Elektronskog fakulteta u Nišu [5] modifikovana postojeća mobilna robotska platforma. Robotska platforma će primarnu primenu naći u obrazovanju i istraživačkim radovima studenta. Robotska mobilna platforma je nazvana WEGY. Naziv je izveden iz konstruktivnog rešenja pogona mobilne robotske platforme. Za pogon je izabrana forma WHEEL – LEG – poznata pod nazivom WHEG konfiguracija, koja donosi dobre strane oba koncepta. WEGY predstavlja jednu veoma bogatu platformu u pogledu senzora i aktuatora, tako da se na njoj mogu rešavati različiti praktični problemi. Kroz ovu platformu i PTP pristup studenti se mogu upoznati i sa osnovnim elementima kao što su primenjena elektronska kola, primenjeno programiranje, primenjeno modeliranje što bi trebalo da zainteresuje studente za tehniku da se kasnije detaljnije upoznaju sa ovim elementima kroz odgovarajuće nastavne module. Pretpostavka je da bi se uvođenjem

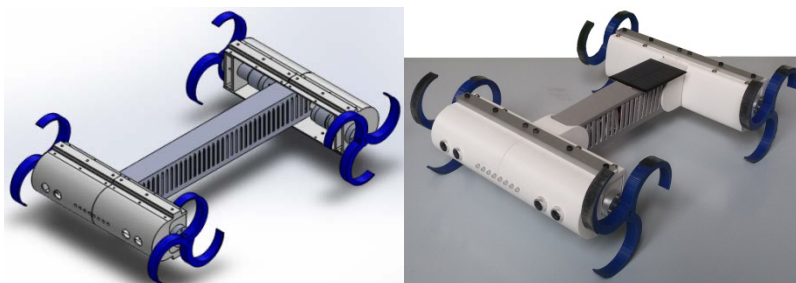
ovakvog izbornog predmeta, sa PTP pristupom, na prvoj godini povećala atraktivnost i zainteresovanost studenata za dolazeće nastavne module na višim godinama. Ovo je već uveliko praksa na nekim univerzitetima u svetu [6].



Slika1. Roboti sa wheg konceptom: a) Mini-Whegs b) WHEGS I [7] i c) Edubot [8,9]

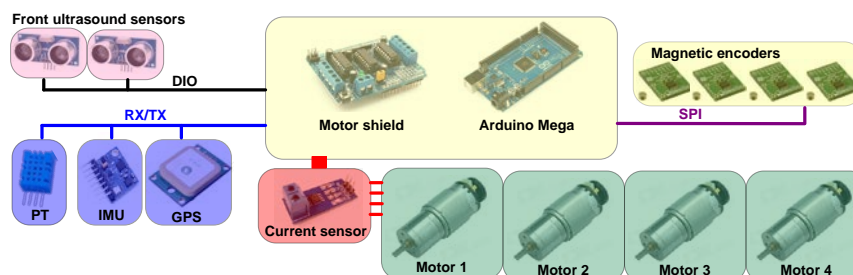
2. OSNOVNI ELEMENTI WEGY ROBOTA

Na slici (Slika 2) je dat prikaz 3D modela WEGY robotske platforme kao i izgled realizovanog robota. Svi plastični delovi su napravljeni na 3D štampaču upotrebom PLA plastike. Vreme potrebno za izradu ovakvog sistema je kratko (oko 2 dana). Dimenzije robota su 50x33x18 cm, a težina približno 3 kg.



Slika2. 3D model robota i izgled napravljenog robota

Blok šema WEGY robota je data na sledećoj slici.



Slika 3. Blok šema WEGY robota

O svakom od ovih modula će biti dat kratak opis sa konkretnim opisom namene na WEGY platformi.

2.1. Arduino MEGA2650 kontroler

Mikrokontroler poseduje 54 digitalna ulazno/izlazna pina (14 mogu da se koriste kao PWM izlazi), 16 analognih ulaza, 4 serijska porta, 16 MHz kristalni oscilator, priključak za napajanje, ICSP konektor. Jednostavno se povezuje sa računarom putem USB kablova.

Postoji veliki broj dodatnih modula koji se mogu postaviti na ovaj kontroler. Za potrebe robota je upotrebljen dodatak za upravljanje motorima. Programiranje je moguće vršiti u razvojnom okruženju za mikrokontrolere [10], a podržano je i programiranje primenom LabVIEW i Matlab softverskih paketa.

2.2. Motori jednosmerne struje sa reduktorima i enkoderima

Ugrađeni su motori jednosmerne struje sa četkicama [11]. Izgled motora je dat na slici.



Slika 4. Upotrebljeni motor sa reduktorom i enkoderom

Tabela 1. Podaci o motoru

Nazivni napon	12	V
Brzina praznog hoda	4300±10%	rpm
Nazivna brzina	3000±10%	rpm
Nazivna struja	480	mA
Max moment motora	230	gcm
Prenosni odnos reduktora	1:34	
Rezolucija enkodera	41	ipr

U cilju poboljšanja performansi sistema postavljen dodatni magnetni enkoder.

2.3. Modul sa magnetnim enkoderom

Magnetni rotacioni enkoder AS5048A [12] poseduje 14-bitnu A/D konverziju za merenje ugla (0-360°). Senzor meri apsolutnu poziciju rotacije magneta i sastoji se od Hall senzora, A/D konvertora i kontrolera za digitalno procesiranje signala. Ugao se direktno preslikava na PWM izlaz senzora, a ugao se može očitati i pomoću SPI komunikacije. Tehničke karakteristike senzora date su u tabeli.



Slika 5. Izgled senzora sa pločicom

Tabela 2. Karakteristike senzora

Napajanje	5 VDC ili 3,3VDC
Potrošnja struje	< 15 mA
Dimenzije	5 x 2,5 x 3cm
Povezivanje	SPI, PWM
Rezolucija	14-bit

2.4. Modul za upravljanje motorima

Modul omogućava potrebne naponske i strujne vrednosti iz odgovarajućeg izvora napajanja, a na pobudu upravljačkih impulsa iz mikrokontrolera. Na platformi je upotrebljena pločica sa dva integrisana kola L298N, koja predstavljaju dvostruki H-most, svako kolo L298N može upravljati sa dva odvojena DC motora, tako da ovaj modul može upravljati sa četiri DC motora. [13].



Slika 6. Modul za upravljanje motorima

Tabela 3. Karakteristike modula za motore

Ulazni napon	7-35V
Izlazni napon	5-35V
Max izlazna struja po mostu	2A
Napon napajanja drivera	5-7V
Max izlazna snaga	25W

2.5. Modul sa ultrazvučnim senzorom

Modul omogućava detektovanje i izbegavanja prepreka. Ultrazvučni senzor HC-SR04 [14] meri udaljenosti između senzora i objekta koji se nalazi ispred njega. Udaljenost se može meriti od objekta koji je statičan kao i od objekata u pokretu.



Slika 7. Ultrazvučni senzor HC-SR04

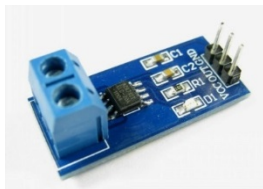
Tabela 4. Karakteristike ultrazvučnog senzora

Napajanje	5 VDC
Potrošnja struje	< 2 mA
Ugao detektovanje	< 15°
Dimenzije	4,5x2,0x1,5 cm
Opseg merenja	2 cm – 500 cm
Rezolucija	0,3cm

Modul je izveden u formi odvojenih prijemnika i predajnika na jednoj pločici, tako da radi u difuznom režimu rada. Tehničke karakteristike senzora su date u tabeli. WEGY poseduje dva ultrazvučna senzora postavljena na prednjoj strani.

2.6. Modul za merenje struje

Modul omogućava merenje trenutne vrednosti struje motora i izračunavanje potrošene energije. Upotrebljen je senzor ACS712 na bazi hall efekta [15]. Pored merenja utrošene energije moguće je detektovati i stanja kratkog spoja motora jednosmerne struje u slučaju blokade ili prepreke koju je nemoguće prevazići i na taj način uključiti odgovarajući manevar.



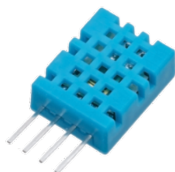
Slika8.Strujni senzor

Tabela 5. Karakteristike strujnog senzora

Odziv	5 μ s
Propusni opseg	80 kHz
Greška	1.5% pri 25°C
Otpornost	1.2 m Ω
Napon napajanje	5.0 V
Osetljivost	66 do 185 mV/A

2.7. Modul za merenje temperature i vlage

Na platformu je postavljen senzor vlažnosti i temperature DHT11 [16]. Senzor je fabrički kalibrisan i ne zahteva dodatne komponente tako da se može odmah koristiti za merenja. Sastoji se od kapacitivnog senzora vlažnosti vazduha, termistora za merenje temperature i elektronike za komunikaciju sa okruženjem.



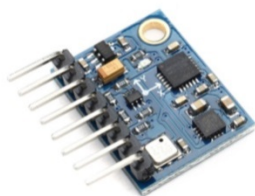
Slika 9. Senzor temperature i vlažnosti

Tabela 6. Karakteristike senzora

Napajanje	3-5,5VDC
Potrošnja struje	2,5mA
Opseg temperature	0-50°C \pm 2°C
Opseg vlažnosti	20-90%RH \pm 5%RH
Učestanost uzorkovanja	1KHz
Rezolucija temperature/vlažnost	1°C/1%
Dimenzije	15.5 \times 12 \times 5.5mm

2.8. Modul sa kompasom, akcelerometrom, žiroskopom

Namena modula je za potrebe orijentacije i merenja dinamike robota. Upotrebljen je senzor GY-87 [17] koji predstavlja IMU jedinicu (*inertial measurement unit*) tj. senzorski čvor kojim se može detektovati 10 različitih parametara. Ova jedinica se sastoji od tri senzora HMC5883L (troosni digitalni kompas), MPU-6050 (troosni žiroskop i troosni akcelerometar) i BMP085 (atmosferskog pritiska). Tehničke karakteristike senzora su date u tabeli.



Slika 10. IMU senzor

Tabela 7. Karakteristike IMU senzora

Napajanje	3-5VDC
Komunikacija	I ² C
Digitalni kompas	±8 Gauss, 12-bit
Žiroskop	±250, ±500, ±1000, ±2000°/sec, 16-bit
Akcelerometar	±2, ±4, ±8, ±16g, 16-bit
BMP085	300-1100hPa, 16-bit

2.9. GPS modul

Modul omogućava praćenje geografske pozicije robota. Upotrebljen je GPS modul GY-NEO6MV2 [18]. Ovo je standardni GPS modul koji koristi serijsku komunikaciju za razmenu podataka. Ovim modulom može se pratiti globalna pozicija robota, brzina, ugao u odnosu na sever (kompas), podatke o vremenu i datumu (*real time clock*).



Slika 11. GPS modul

Tabela 8. Karakteristike GPS senzora

Napajanje	2,7-5VDC
Potrošnja struje	45mA
Komunikacija	Serijal (9600bps)
Preciznost pozicioniranja	2,5m
Preciznost brzine	0,1m/s
Preciznost ugla	0,5°
Dimenzije	25 mm x 35 mm

2.10. Modul za napajanje

Napajanje je obezbeđeno preko LiPo baterije 5000mAh, napona 14,8V. Platforma poseduje i rezervnu bateriju za napajanje senzora koja se dopunjava solarnim panelom postavljenim na gornjoj površini robota, tako da u slučaju nestanka napajanja na glavnoj bateriji i ne mogućnosti kretanja robota, senzori i dalje mogu raditi i davati potrebne informacije.

3. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan izgled realizovanog WEGY robota i njegove mogućnosti. Niska cena ugrađenih komponenti garantuje široku dostupnost robota u školskim sredinama. U daljem radu na ovom robotu će biti ispitane njegove karakteristike, biće napravljen nastavni materijal po modulima koji će obrađivati komponente na robotu, kroz PTP pristup. Dalji koraci će biti težnja da se ovakav nastavni materijal postavi na prvu godinu studija kao izborni predmet, gde bi studenti krenuli od jednog složenog sistema ka podsistemima na jedan praktičan, potpuno aplikativan način i upoznali se sa osnovnim elementima elektrotehnike, elektronike, automatike, elektromotornih pogona na jedan zanimljiv način.

Ovo bi trebalo da rezultira većom zainteresovanošću studenata za predmete koji ih očekuju na višim godinama. Platforma će biti nadograđena sa još modula, a u pogledu konstrukcije, oklop će biti urađen u odgovarajućoj IP zaštiti tako da može biti na otvorenom i u slučaju povišene vlažnosti vazduha.

LITERATURA

- [1] Internet site, <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-01sc-introduction-to-electrical-engineering-and-computer-science-i-spring-2011/this-course-at-mit/shifting-to-a-practice-theory-practice-approach/>, visited mart, 2016
- [2] Internet site, <https://www.eecs.mit.edu/news-events/media/hands-theory-and-practice>, visited 2016
- [3] Internet site, Laboratorija za mehatroniku, Mehatron laboratorija, Fakultet tehničkih nauka Čačak, www.mehatron.ftn.kg.ac.rs
- [4] Internet site, Laboratorija za električne mašine, pogone i regulaciju, EMPR laboratorija, Fakultet tehničkih nauka Čačak, www.empr.ftn.kg.ac.rs
- [5] Internet site, Laboratorija za robotiku, Rlab, Elektronski fakultet Niš, <http://robot.elfak.ni.ac.rs/>
- [6] Internet site, <http://ocw.mit.edu/index.htm>, mart 2016
- [7] Internet site, Case Western Reserve University Center for Biologically Inspired Robotics Research, <http://biorobots.case.edu/>, visited 03.2016
- [8] H. Komsuoglu (2007), Towards a comprehensive infrastructure for construction of modular and extensible robotic systems, Technical report, Department of Computer and Information Science, University of Pennsylvania.
- [9] U. Saranlı, M. Buehler and D. Koditschek. Rhex: A simple and highly mobile hexapod robot. *The International Journal of Robotics Research*, 20(7):616–631, July 2001.
- [10] Internet site, www.arduino.cc, visited, mart, 2016.
- [11] Motor datasheet, http://www.dx.com/p/12v-125rpm-encoder-41-line-dc-micro-gear-motor-silver-362996#.Vv5gN_196Un, visited, mart, 2016.
- [12] Magnetic encoder AS5048A, datasheet, https://ams.com/jpn/content/download/438523/1341157/file/AS5048_Datasheet.pdf, visited, mart, 2016.
- [13] Motor shield, datasheet, <https://learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-motor-shield.pdf>, visited mart, 2016.
- [14] Ultrasound sensor HC-SR04, datasheet, <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>, visited mart, 2016.
- [15] Current sensor ACS712, datasheet, <http://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx>, visited, mart, 2016.
- [16] Humidity & Temperature Sensor DHT11, datasheet, <https://learn.adafruit.com/downloads/pdf/dht.pdf>, visited, mart, 2016.
- [17] Inertial measurement unit, datasheet, <http://www.control.aau.dk/~jdn/edu/doc/arduino/gy80gy87/>, visited, mart, 2016.
- [18] GPS sensor, datasheet, [http://www.kayraelektronik.com/download/gps-moduller/NEO/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](http://www.kayraelektronik.com/download/gps-moduller/NEO/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf), visited, mart, 2016.