

Projektni način izobraževanja na avtomatiki, robotiki in mehatroniki

Janez POGORELC

Izveček: Tekmovanja z mini mobilnimi roboti se v svetu izvajajo že več ko 30 let. Njihova cilja sta objektivno merjenje kvalitete izdelka in predstavitev dela širši javnosti. V članku je podrobneje prikazan način projektno usmerjenega učenja in tekmovanja študentov z mobilnimi roboti v 3. letniku mehatronike. Opisane so različne izvedbe izdelkov najuspešnejših študentov. Mini mobilni roboti so predstavljeni kot objekti tako za raziskovalno kot pedagoško delo in zabavo.

Ključne besede: mini mobilni robot, tekmovanje, projektno delo, mikrokrmilnik

■ 1 Uvod

V akademskih krogih v svetu so tekmovanja z mobilnimi roboti znana že več kot 30 let. Tekmovanja navdihujejo generacije študentov, raziskovalcev, pa tudi laikov, ne glede na to, da zahtevajo precejšnje stroške, veliko truda in časa. Cilj tekmovanj je razen objektivnega merjenja lastnosti izdelkov tudi medijska prisotnost, ki omogoča predstavitev izdelkov širši javnosti, kar posledično poveča interes za sodelovanje in s tem prispeva k dvigu tehnične kulture v družbi. Tekmovanja na mednarodni ravni [1, 2] (predvsem med renomiranimi univerzami) potekajo v spretnostnih in hitrostnih preizkušnjah z mikromiškami, mini mobilnimi roboti lastne gradnje in tudi v najatraktivnejši disciplini – robotski nogomet.

Analizirali smo različna tekmovanja, ki potekajo v svetu, in na osnovi materialnih in tehničnih zmožnosti smo

Mag. Janez Pogorelc, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

se odločili, da leta 2000 organiziramo prvo tekmovanje z mobilnimi roboti. Odločili smo se za dovolj preprosti nalogi: sledenje vnaprej podane poti (pot zarisana s temnim trakom na svetli podlagi) in vožnja po labirintu, za kar smo povzeli in prilagodili pravila našim razmeram po zgledu SRS – Seattle Robotics Society (www.seattlerobotics.org). Seveda je robotski nogomet (organizira ga združenje **RoboCup**) naloga, ki je neprimerno bolj atraktivna, vendar zahteva precejšnja vlaganja (okrog 2000 USD za vsak kos) in veliko znanja ter izkušenj (kamera z On-line algoritmi za razpoznavanje objektov, hitra komunikacija med roboti in nadzornim računalnikom, strategija igre nogometa idr.). Namesto za razpis tekmovanj z zahtevnejšimi nalogami smo se zaradi večjega zanimanja raje odločili za preprostejšo izvedbo, predvsem med srednješolci in kasneje tudi med osnovnošolci. Prav tako smo si na Inštitutih za avtomatiko in robotiko (UM, FER) zastavili cilj, da z organizacijo tekmovanj motiviramo sposobne študente na FER za razvojnoraziskovalno delo na področju robotike, vodenja električnih pogonov in avtomatizacije ter da neposredno podpremo novo interdisciplinarno

študijsko smer Mehatronika (3. letnik univerzitetnega študijskega programa Elektrotehnika) [4].

V članku bodo predstavljene izkušnje pri motiviranju študentov za projektno delo na študijskih programih Elektrotehnika, smer Avtomatika in robotika ter Mehatronika. Na interdisciplinarni študijski smeri Mehatronika (od 3. letnika iztekajočega se štud. programa Elektrotehnika, kamor se vpisujejo študentje, ki so končali bodisi 2 letnika Elektrotehnike, bodisi 2 letnika Strojništva) že od leta 2002 izvajamo t.i. Uvodni seminar (projekt v trajanju približno 30 ur (zgoščeno dober mesec ali 5 tednov).

Od leta 2000 organiziramo tudi državna tekmovanja v konstrukciji in vožnji po labirintu z mini mobilnimi roboti **Robot 200x** [5]. V desetih letih je interes med študenti in dijaki naraščal (v povprečju na 12 do 15 ekip) in v zadnjih letih zopet upadel (med 4 in 10 ekipami), zato pa je interes med dijaki srednjih šol v zadnjih štirih letih zelo velik (med 30 in 60 ekipami) [8].

V nadaljevanju bomo nekoliko podrobneje opisali izkušnje pri uvaja-

projektne načina študija v obliki mini mobilnih robotov v redni študijski proces na študijskih smereh Avtomatika in robotika ter Mehatronika.

■ 2 Izvedbe mini mobilnih robotov

Študentje v ekipah (2 do 3 študenti, praviloma z različnih področij) dobijo nalogo, da v petih tednih sestavijo avtonomni mini mobilni robot, ki mora čim hitreje prevoziti progo, označeno s črnim trakom na svetli podlagi. Na koncu oddajo projektno poročilo in se z izdelkom izkažejo na internem tekmovanju, kdo bo prej prišel do cilja. Pri tem gre tako za prestiž kot tudi za zabavo. Študentje imajo na voljo osnovne komponente za gradnjo mobilnega robota, ki v osnovi vsebuje ohišje, napajalni vir, pogone, senzorje in krmilno logiko. Glede na predznanje in ambicije lahko izbirajo med različnimi konfiguracijami: 1. »elektromehanski mini mobilni robot **SLEDIbot**« (ker ne vsebuje mikrokrmilnika, je zelo primeren za študente strojništva za spoznavanje osnov elektronike); 2. komercialni komplet »LEGO MINDSTORMS« (zanimiv za tiste študente, ki želijo poudariti mehansko konstrukcijo in čim enostavneje razviti program); 3. »programirljiv elektromehanski robot« (obvezno vsebuje mikrokrmilnik, primeren je za najbolj ambiciozne ekipe študentov, ki imajo že predznanje iz elektronike, programiranja mikrokrmilnikov in konstruiranja mehanskih sklopov).

2.1 Elektromehanski mini mobilni robot

Elektromehanski mini mobilni robot je najpreprostejša izvedba mini mobilnega dvokolesnega robota, katerega osnovna komercialna izvedba se trži pod imenom **SLEDIbot**. **Doc. dr. Suzana Uran** je razvila osnovno izvedbo (v obliki sestavljivega kompleta) z dvema (predelanima) R/C-servomotorjema, optičnim senzorjem za razpoznavanje razlike med črno in svetlo barvno podlago, tiskanim vezjem z nekaj elektronskimi komponentami, ohišjem in kolesnim parom [6]. Komplet (ki se trži po popularni ceni okrog 25 €) je bil prvenstveno name-



Slika 1. Sestavljeni SLEDIbot

njen za podporo projektu »Robotika v osnovnih šolah« [8], zato so priložena zelo nazorna navodila za sestavljanje, spajkanje, mehanske obdelave, vključno s podrobnim opisom delovanja električnih sklopov. Krmilna logika za avtonomno sledenje črni liniji robota je izvedena zelo preprosto – s pomočjo elektronskih primerjalnikov nivojev signalov iz optičnega senzorja (fotoupora) se robot krmili, tako da ves se čas obrača od svetle k temni podlagi s pomočjo vrtenja levega ali desnega motorja naprej oz. nazaj. Na ta način se bolj ali manj hitro premika po liniji (slika 1).

Zastavlja se vprašanje, zakaj študentu 2. ali 3. letnika univerzitetnega študija ponuditi takšen komplet, ki je bil v osnovi razvit za učence višjih letnikov osnovnih šol? To se izkaže kot dobra alternativa za tiste študente, ki nimajo dovolj predznanja iz elektrotehnike in elektronike (ki prihajajo s splošnih gimnazij in neelektrotehniških srednjih šol oz. s strojne fakultete). Tako se študentje ob praktičnem delu in veliki motivaciji naučijo osnovnih elektrotehničnih veščin ter si izpopolnijo znanje iz elektronike. Naloga študentov je, da robot sestavijo, preizkusijo sklope, zgradijo ohišje in pogonska kolesa ter robot tako umerijo, da čim hitreje prevozi pot od



Slika 2. SLEDIbot ekipe študentov iz leta 2008

starta do cilja. Študentje lahko ob tem prikažejo svojo kreativnost z izvedbo ohišja, pogonskih koles in okrasitvijo robota (slika 2).

2.2 Mobilni robot LEGO Mindstorm

Študentje, ki želijo čim hitreje zgraditi delujoč mini mobilni robot (v zadnjem obdobju je k sreči teh študentov vse manj), izberejo [9] sestavljeni komplet LEGO MINDSTORMS. To je sicer odličen programirljiv komplet, ki ima le to slabost, da je razmeroma drag (okrog 400 €). Zaradi vsakoletnih izvedb državnih tekmovanj v kategoriji **LEGObum** za učence osnovnih šol razpolagamo tudi z nekaj tovrstnimi kompleti. Sestavljeni so iz specifičnih gradnikov LEGO (sestavljivi so tudi z drugimi komponentami LEGO), senzorjev (optičnih, taktilnih, ultrazvočnih), električnih motorjev, koles in krmilnika, ki ga je možno preko USB-povezave programirati v preprostem grafičnem jeziku ali celo v programskem jeziku C (naložiti je treba ustrezen operacijski sistem).



Slika 3: LEGO MINDSTORMS iz leta 2007

Tudi ob uporabi tovrstnih kompletov lahko študentje prikažejo svojo kreativnost z izbiro pogona, krmilnega sistema, namestitvijo senzorjev, izbiro programskih orodij in seveda izvedbo algoritma vodenja. Na sliki 3 je prikazana izvedba mini mobilnega robota s pomočjo 1. generacije kompleta LEGO MINDSTORMS, medtem ko je že na voljo bolj izpopolnjena generacija t. i. NXT2 (slika 4).



Slika 4. LEGO MINSTORMS NXT2

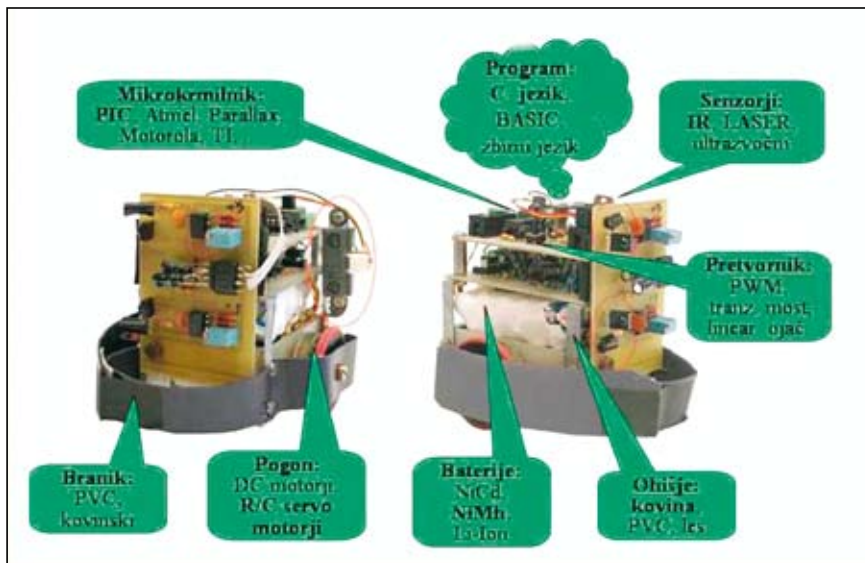
2.3 Programirljiv elektromehanski robot

Programirljivi elektromehanski roboti zahtevajo od študentov največ časa in truda, saj je potrebno načrtati in izdelati tiskanino z elektronskimi komponentami, kot so mikrokrmilnik (Microchip PIC, Atmel, Texas Instruments MSP), vmesniki s senzorji (običajno uporabljamo reflektivne infrardeče senzorje), krmilni signal

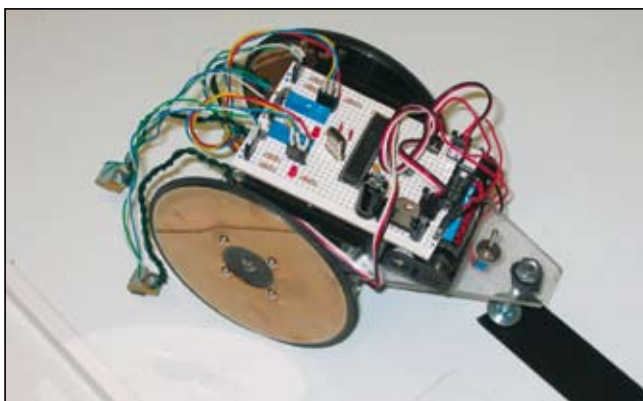
za elektromotorje (modificirani PWM za R/C-servomotorje, PWM-signal za H-mostično krmiljene DC-motorje), napajalni vir (alkalne ali polnljive baterije ter stabiliziran vir napetosti za elektronske sklope) (slika 5).

Večina konstruktorjev uporablja klasično izvedbo z dvema motorjema, ki ju lahko krmilijo hitrostno in z razliko hitrosti ali celo z vrtenjem v nasprotni smeri dosežejo ustrezno hitre zavoje. Pri tem je potrebno izvesti tretjo (ravnotežno) točko kot (vrtljivo ali drsno) kolo.

Zgled klasičnega mini mobilnega robota, ki je mehansko najpreprostejši, je prikazan na sliki 6. Tovrstna izvedba zahteva primerno uravnoteženje (izbiro težišča robota) zaradi pospeševanja ali zaviranja. Nekateri se odločajo tudi za izvedbo z dvema osema, eno pogonsko in drugo krmilno z R/C-servomotorjem za zavijanje v levo ali desno. Če je na



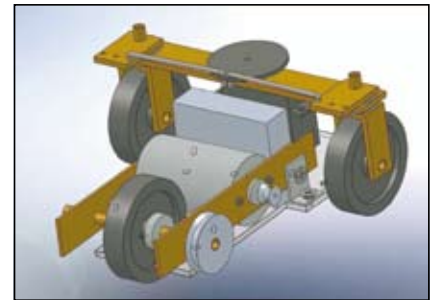
Slika 5. Tipični mini mobilni robot



Slika 6. Najpogostejša izvedba mini mobilnega robota z Microchip PIC mikrokrmilnikom

manevrini osi le eno kolo, potem to služi kot ravnotežno, če pa sta na tej osi dve kolesi, je potrebna tudi izvedba preprostegega diferenciala.

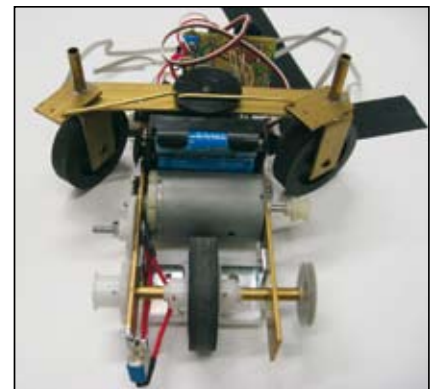
Eno od najinventivnejših in hkrati najzahtevnejših izvedb programirljivega mini mobilnega robota je raz-



Slika 7. Model robota v programu SolidWorks

vila ekipa študentov zadnje generacije 3. letnika smeri Mehatronika pod vodstvom študenta **Tadeja Tašnerja** (sliki 7 in 8).

Izbrali so koncept mehanizma z enim pogonskim kolesom na zadnji osi in vrtljivim kolesnim parom na sprednji osi, vodenim s krmilnim trapezom. Na sliki 9 je prikazana tudi tiskana plošča z vgrajenim modulom mikrokrmilnika Texas Instruments MSP430F2013. To je v primerjavi s pogosteje uporabljenimi mikrokrmilniki Microchip PIC in ATMEL

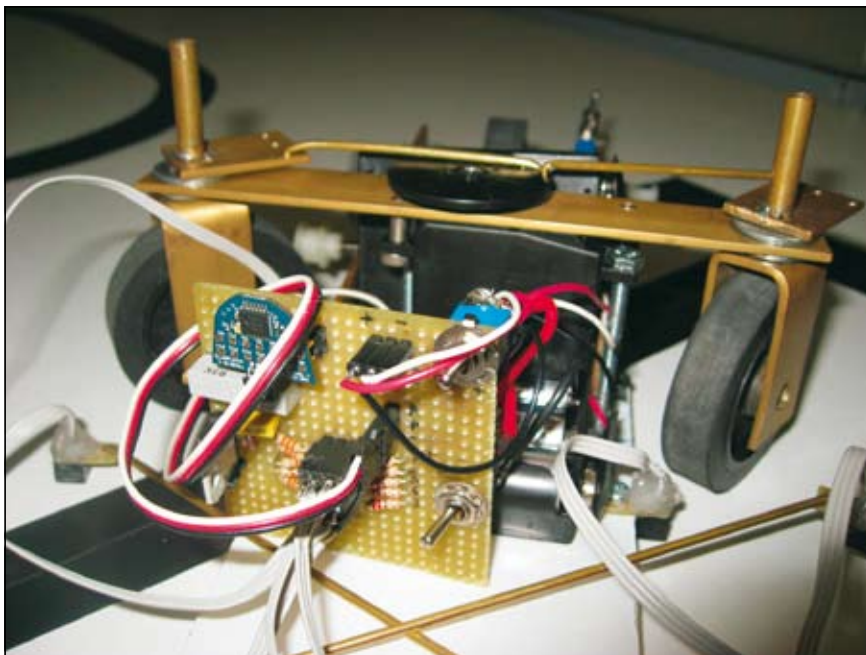


Slika 8. Fotografija robota s krmilnim trapezom

sodobnejši 16-bitni mikrokrmilnik z 20 priključki, od katerih je 8 priključkov na voljo uporabniku na dodatnem konektorju. Na sliki 10 je prikazan popoln komplet »eZ430-F2013«, ki omogoča USB-povezavo z osebnim računalnikom (kjer je naložen programski paket »IAR Workbench«) in urejanje programa v jeziku C (C++), razhroščanje ter nalaganje programa v mikrokrmilnikov pomnilnik FLASH ROM (slika 10).

3 Zaključek

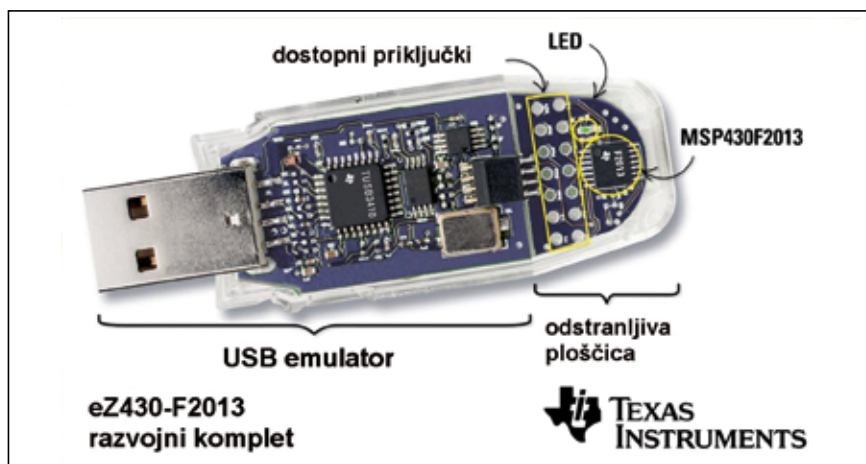
Bistveni cilj zgodnjega projektne dela študentov (pri čemer služi tekmovanje kot motivacija in prestiž) – konstruirati



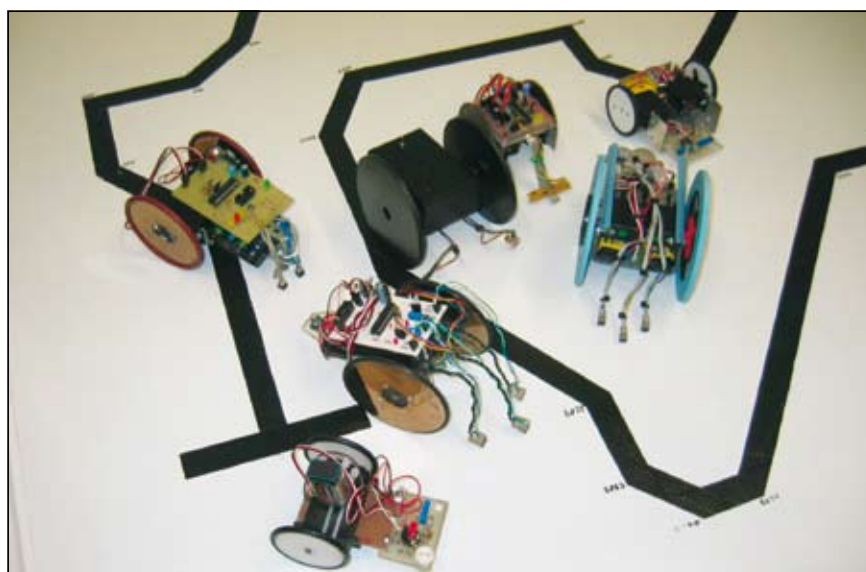
Slika 9. Prikaz izvedbe krmilnega mehanizma in mikrokrmilnika

nje, gradnja in programiranje avtonomnih elektromehanskih izdelkov: robotskih vozičkov – se je tako izkazal kot izvedljiv (slika 11). Pri tem so študentje in dijaki v enomesečnem delu pokazali veliko prizadevnost in obilico znanja s področij, kot so programiranje, elektronika, električni pogoni, senzori, mehanika in sposobnost integracije vsega v delujočo celoto. To je tudi dobra osnova za razvijanje sposobnosti timskega projektnega dela dveh ali treh študentov, kar jim v nadaljevanju koristi pri zahtevnejših in obsežnejših projektih.

Robotska tekmovanja na državni ravni v konstruiranju mini mobilnih robotov



Slika 10. Mikrokrmilniški razvojni komplet eZ430-F2013



Slika 11. Zbirka izdelanih mini mobilnih robotov generacije 2008

za vožnjo po labirintu **Robot 200x** [5] organiziramo tudi kot občudnijsko dejavnost za študente in dijake srednjih šol iz različnih delov Slovenije. V zadnjih letih nam je uspelo robotsko tekmovanje razširiti tudi na osnovnošolce. Velike napore je bilo potrebno vložiti v izobraževanje mentorjev na osnovnih šolah, v organizacijo regijskih tekmovanj po srednjih šolah in izvedbo zadnjega državnega tekmovanja **ROBObum 2009**, ki smo ga organizirali isti dan (popoldne) kot za starejše vrstnike. Trud se nam je obrestoval z udeležbo okrog 150 učencev z 20 osnovnih šol z vseh koncev Slovenije [6]. Tekmovanja smo izvedli v kategoriji **LEGObum** s komercialnimi sestavljanjkami LEGO Mindstorms in v kategoriji **ROBOSled** s preprostimi elektromehanskimi mobilnimi roboti **SLEDIbot**.

Sklepne misli:

- uporaba preprostih mini mobilnih robotov je upravičena tako pri spodbujanju raziskovalnega dela (mlajših) študentov kot pri pedagoškem delu v srednjih tehniških šolah za program elektrotehnik, mehatronik ter tudi na višjih strokovnih šolah in fakultetah;
- praktično delo na dokaj preprostih in nenevarnih napravah, ki se gibajo v skladu s predprogramirano nalogo, je velika motivacija za študente in dijake;
- podoben pristop dela uvajamo tudi v prenovljene bolonjske študijske programe v okviru vaj, seminarjev in praktikumov;
- medijski interes (na državnih tekmovanjih) vpliva tudi na promo-

cijo tako fakultete kot študijskih programov in smeri;

- v desetih letih se je na državnih robotskih tekmovanjih zvrstilo okrog 100 študentov, 300 dijakov in 400 učencev;
- v šestih letih je v procesu izvajanja t. i. »uvodnega projekta« na interdisciplinarni študijski smeri Mehatronika sodelovalo okrog 80 študentov, ki so zgradili okrog 30 mini mobilnih robotov, od katerih je večina zmogla zadano nalogo – samostojno prevoziti pot do cilja.

Literatura

- [1] T. Bräunl: Research relevance of Mobile robot competitions, IEEE Robotics and Automation Magazine, december 2006.
- [2] J. Pogorelc: Robotska tekmovanja kot del izobraževalnega procesa, ERK 2007.
- [3] Parallax Inc.: Robotics - Student Workbook Version 1.2., USA, 2000.
- [4] Spletna stran uvodnega projekta Mehatronika: http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/skup_sem/.
- [5] Spletna stran študentskega in dijaškega državnega tekmovanja RoboT 200x: <http://www.ro.feri.uni-mb.si/tekma/>.
- [6] Spletna stran državnega tekmovanja za učence osnovnih šol ROBObum 200x: <http://www.robobum.uni-mb.si/>.
- [7] M. Valenti, J. Valenti: Predstavitev mobilnega robota CiciBot, Svet elektronike, št.125., november 2005.
- [8] S. Uran, J. Pogorelc: Državni tekmovanja z mobilnimi roboti ROBObum in RoboT na FERi v Mariboru, Ventil, junij 2008.
- [9] Spletna stran produkta LEGO MINDSTORMS: <http://mindstorms.lego.com/>.

Project based learning at automation, robotics and mechatronics education program

Abstract: Mobile robot competitions have been around for 30 years. Competitions provide a goal together with an objective performance measure, while extensive media coverage allows participants to present their work to a wider forum. In this article, we will take a closer look to project based learning and student mobile robot competition for 3rd year Mechatronics program. We will highlight scope, rules, and robot designs of most successful students. We will consider also mini mobile robots for research and edutainment (education and entertainment).

Keywords: mini mobile robot, competition, project based work, microcontroller

Evolucija je pogled v prihodnost z zaledjem tradicije.



Smo razvojno, inženirsko, projektno ter proizvodno in storitveno podjetje na področju industrijske avtomatizacije, merilne tehnike in obnovljivih virov energije. Nadaljujemo dolgo in uspešno tradicijo Iskra Merilnih naprav v novi, sveži podobi.

ISKRA *ame*.si
Naboj za razvoj