

Naprava za testiranje malih gospodinjstskih aparatov v proizvodnji

Janez POGORELC, Darjan LESKOVAR

Izvleček: V prispevku opisujemo izvedbo krmilnega dela naprave za testiranje kuhinjskih opekačev kruha (toasterjev) v proizvodnem podjetju. Jedro krmilnega sistema je zgrajeno na osnovi mikrokrmilnika MSP430 proizvajalca Texas Instruments. Od krmilja za testirno napravo se zahteva avtomatizirano vklopjanje toasterja, merjenje intervala vklopa in električne moči. Potrebno je tudi beleženje vseh rezultatov za kasnejšo statistično obdelavo. Mikrokrmilnik služi kot vmesni člen med mehanskim delom testirne naprave in osebnim računalnikom, na katerem teče programska oprema za upravljanje testirne naprave. Programska oprema na osebnem računalniku teče v okolju LabVIEW, za katero smo razvili tudi potrebne knjižnice za komunikacijo s krmilnikom. Načrtali smo tudi vsa potrebna tiskana vezja za delovanje krmilnika in vhodno-izhodnih enot.

Ključne besede: opekač kruha, testiranje delovanja, mikrokrmilnik, LabView

■ 1 Uvod

V podjetju Eurel, d. o. o., sta bila za družbo Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH razvita dva različna tipa opekačev kruha, Bosch **TAT8SL1B3** in Siemens **TT911P2**. Podjetje poleg velikoserijske proizvodnje opekačev izdeluje še grebenasta stikala, električne konektorje in brizgane plastične komponente. Vsem je skupna potreba po zagotavljanju kvalitete, kar dosegajo s trajnostnim testiranjem izdelkov, preden jih pošljejo naročniku oz. kupcu.

Za podjetje je ključnega pomena, da je proizvedeni izdelek funkcionalen in brez napak, ustrezati pa mora tudi estetskim specifikacijam vso načrtovano življenjsko dobo. Trajnostno testiranje izdelkov podjetju omogoči sprotno spremljanje kakovosti lastne proizvodnje in sestavnih delov izdelka. V opekačih je vgrajenih 84 oziroma 33 sestavnih

delov, od katerih v podjetju izdelujejo le brizgane plastične sestavne dele, ostale pa prispevajo zunanji dobavitelji. Z rezultati trajnostnega testa je mogoče pri dnevnem preverjanju hitro zaznati padec kakovosti sestavnih delov, dolgoročno pa to omogoča izboljševanje samega aparata oziroma odpravljanje konstrukcijskih pomanjkljivosti.

V nadaljevanju opisujemo razvoj in izdelavo krmilnega dela sistema za testiranje kuhinjskih opekačev kruha, katerega jedro predstavlja mikrokrmilnik **MSP430** proizvajalca Texas Instruments. Od krmilja za testirno napravo se zahteva avtomatizirano vklopjanje toasterja, merjenje časa vklopa in električne moči. Potrebno je tudi beleženje vseh rezultatov za kasnejšo statistično obdelavo. Mikrokrmilnik služi kot vmesni člen med mehanskim delom testirne naprave in osebnim računalnikom, na katerem teče programska oprema za upravljanje testirne naprave. Programska oprema na osebnem računalniku teče v okolju **LabVIEW**, za katero smo razvili tudi potrebne knjižice za komunikacijo s krmilnikom. Načrtali in izdelali smo tudi vsa potrebna tiskana vezja za delovanje krmilnika, napajalnega dela in vhodno-izhodnih enot.

■ 2 Trajnostno preizkušanje opekača

Aparat **TAT8SL1P2** (slika 1) je opekač srednjega razreda z dvema režama za vstavev kruha. Upravljanje poteka z dvema gumboma za nižanje in višanje časa pečenja, ki ga vidimo na LED-lestvičnem prikazu. Izbiramo lahko med devetimi različnimi časi pečenja, pri čemer si aparat zapomni zadnji nastavljeni čas. Na zgornjem delu ima izvlečljive žične nosilce, kamor lahko postavimo kruh in ga ogrejemo. Kot grelna telesa so uporabljeni štirje cevni infrardeči grelci iz kvarčnega stekla. Deklarirana priključna moč aparata je 860 W.

Podoben model za testiranje v proizvodnji, vendar iz kvalitetnejših materialov, je aparat **TT911B3**.



Slika 1. Opekač kruha TAT8SL1P2

Mag. Janez Pogorelc, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Darjan Leskovar, dipl. inž., Eurel, d. o. o., Poljčane

2.1 Zahteve za izvedbo testirne naprave

V proizvodnji opekačev so zahtevani naslednji načini testiranja aparata:

- hiter preizkus delovanja (1 vklop),
- intenzivnejši test uporabe (45 vklopov, trajanje 2,5 ure),
- test življenjske dobe (7000 vklopov, trajanje 30 dni),
- sprotne spremljanje kakovosti in opozarjanje na morebitne prezgodnje odpovedi aparata,
- določeni vzorčni testi trajajo tudi do 30 dni neprekinjeno.

Kot rešitev se ponuja avtomatizirana naprava, sestavljena iz mehanskega in krmilnega dela.

Specifikacija zahtev testirne naprave:

- vklapljanje opekača v določenih časovnih intervalih,
- merjenje delovne moči opekača,
- arhiviranje vseh testov,
- razmeroma velika svoboda pri nastavljanju parametrov,
- možnost hitrega preprogramiranja oz. prilagajanja izdelkom.

2.2 Mehanski del testirne naprave

Naloga mehanskega dela testirne naprave je avtomatizirano vklapljanje opekačev v vnaprej določenih časovnih intervalih (slika 2). V ta namen ima naprava vgrajenih dvanajst testirnih gnezd, kamor položimo opekač in ga privijamo, da se med testom ne more premikati. Vklapljanje je izvedeno z linearnimi in rotacijskimi pnevmatskimi aktuatorji, ki so krmiljeni z elektromagnetnimi ventili. Naprava zato potrebuje tudi dovod stisnjenega zraka. Na napravi sta na vsak opekač dve vtičnici za priklop, kjer lahko izbiramo med napetostma 230 in 250 V. Standard namreč zahteva testiranje pri 10 % višji napetosti od omrežne. Vsako testirno mesto ima tudi tipkali za začetek in ustavitev testa.

Testirna mesta na napravi niso popolnoma enaka. Šest gnezd je namenjenih testiranju opekača **B3**, ostalih šest pa za model tipa **P2**. Štiri testirna mesta za model **B3** omogočajo le vklop opekača, ostali



Slika 2. Testirna naprava z opekači

dve pa tudi spreminjanje časa vklopa. Podobno imamo pri modelu **P2**, kjer tri mesta omogočajo zgolj vklop, ostala tri pa vse, kar lahko z opekačem počne uporabnik, npr. spreminjanje časa vklopa, premikanje žičnih nosilcev kruha in predčasn izklop aparata.

Strojni del testirne naprave omogoča:

- manipulacijo z opekačem – pnevmatski aktuatorji, krmiljeni z elektromagnetnimi ventili;
- zaznavanje opekača in stanja aktuatorjev – induktivni senzorji;
- ukaz za začetek in ustavitev testa – dvoje tipkal na vsakem testirnem mestu;
- signalizacija stanja testa – lučka v vsakem tipkalu;
- merjenje delovne moči – 12 P/E pretvornikov MI413 s pripadajočimi tokovniki.

2.3 Krmilje testirne naprave

Krmilje mora zagotavljati sočasno, vendar med sabo neodvisno testiranje dvanajstih opekačev (po šest za vsak model). Vsakemu testirnemu mestu je možno določiti lastne parametre testa, kot so število vklopov, časovni intervali vklapljanja in meje rumenega ter rdečega alarma

za izmerjeno moč. Krmilje preko tipkal sprejema uporabniške ukaze za začetek oziroma ustavitev testa in proži elektromagnetne ventile, ki krmilijo pnevmatske aktuatorje.

Uporabnik preko nadzornega programa v okolju **LabVIEW** [4] zaganja in končuje teste, pregleduje rezultate ter ima popoln nadzor in pregled nad stanjem testirne naprave ter njenega krmilja. Osebni računalnik je preko **USB**-vodila povezan z vodilnim mikrokrmilnikom **MSP430 Master**. Vodilni mikrokrmilnik komunicira s posameznimi (3) mikrokrmilniki **MSP430 Slave** preko **I2C**-vodila.

Lastnosti vhodno-izhodnih vmesnikov testirne naprave krmilnika **MSP430 Slave**:

- 58 galvansko ločenih digitalnih izhodov s 24 V nivoji,
- 44 galvansko ločenih digitalnih vhodov s 24 V nivoji,
- 12 analognih vhodov z območjem od 0 do 5 V.

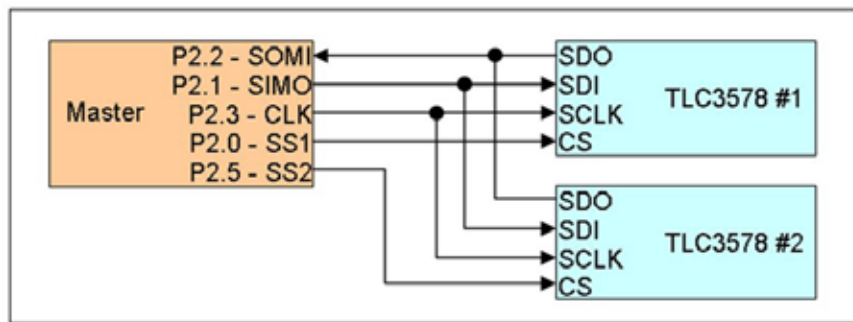
Nadzorni program v okolju **LabVIEW** ima popolno kontrolo nad testirno napravo, pri čemer je nadzorni (**PC**) računalnik zaradi možnosti požara nameščen v ločenem prostoru, da se podatki ne izgubijo.

■ 3 Pomembnejši sklopi testirnega sistema

3.1 Mikrokrmilnik MSP430

MSP430Fxxx [1, 2, 3] proizvajalca Texas Instruments je družina mikro-krmilnikov, katerih pomembna lastnost je prilagojenost za čim nižjo porabo energije. Dobavljiv je v številnih izvedenkah, ki se razlikujejo po največji hitrosti ure in dodatnih perifernih enotah, med katerimi so najpogostejši časovniki, **A/D-** in **D/A-**pretvorniki, modul za direkten dostop do pomnilnika in komunikacijske enote. Nekatere izvedenke imajo še dodatne enote, kot so komparatorji, operacijski ojačevalniki, strojni množilniki ali **LCD-**gonilniki.

V aplikaciji (slika 3) so bili uporabljeni štirje mikrokrmilniki **MSP430**, kot Master je bil uporabljen **MSP430F169**, kot mikrokrmilniki Slave pa so služili trije **MSP430F155**. Vsi mikrokrmilniki so v ohišju **LQFP** s



Slika 4. Zajemanje 12 analognih signalov moči

- 64 priključki. Pomembnejše lastnosti:
- 16-bitna centralna procesna enota **RISC**,
 - hitrost ure: do 8 MHz,
 - količina pomnilnika: do 64 kB,
 - 48 vhodno-izhodnih priključkov,
 - **A/D-** in **D/A-**pretvornik,
 - Časovniki,
 - strojni množilnik,
 - komunikacijski modul **USART** (komunikacijski protokol **I2C**, **SPI** ali **UART**).

Za razvoj programov tako v zbirnem jeziku kot tudi C-jeziku se upora-

blja integrirano programirno okolje Texas Instruments Code Composer **CCS** [6].

3.2 Meritev moči

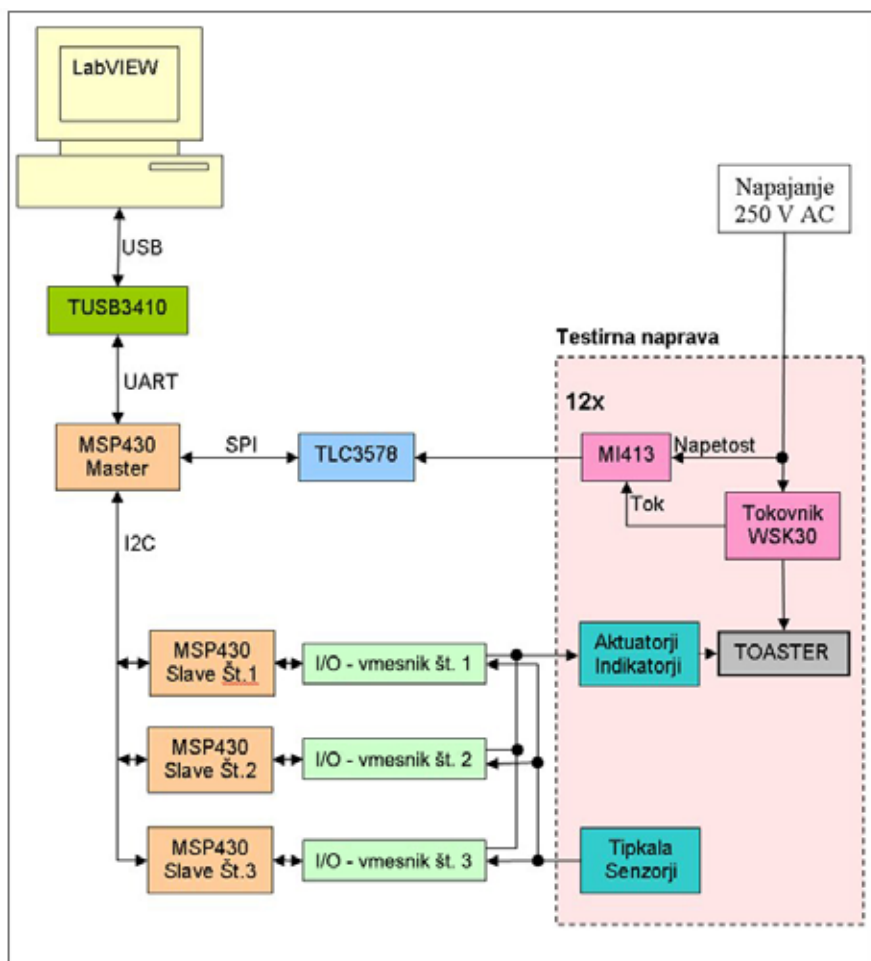
MSP430 Master je za zajem moči (slika 4) povezan z dvema **A/D-**pretvornikoma **TLC3578**, s katerima komunicira po protokolu **SPI**. Podobno kot pri **I2C** je tudi **SPI-**komunikacija izvedena programsko.

Kot **A/D-**pretvornik bi lahko uporabili kar mikrokrmilnik **MSP430** z ustreznim modulom, vendar pa se zanj nismo odločili zaradi manjše hitrosti, ki bi jo z njim lahko dosegli. Pri **A/D-**pretvorbi namreč potrebujemo veliko število odtipkov na kanal, da izračunamo povprečje in zmanjšamo vpliv šuma. Mikrokrmilnik Master generira takt s frekvenco, ki je zelo blizu največje možne programsko generirane frekvence, temu pa Slave na drugi strani s tipanjem signala ne bi mogel slediti oziroma bi se zelo povečala možnost napak. Pretvornik **TLC3578** ima komunikacijo **SPI** izvedeno strojno z največjo frekvenco takta 20 MHz, njegova prednost pa je tudi vhodno napetostno območje 0–10 V, zato ni potrebe po napetostnem delilniku.

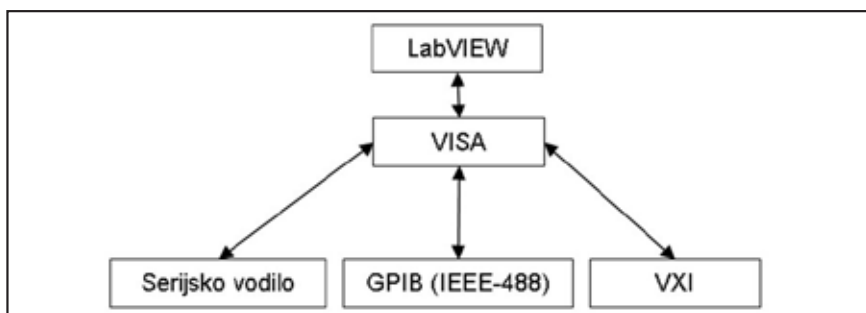
Vsako izmed 12 testirnih gnezd na testirni napravi (slika 3) vsebuje integrirani merilnik delovne moči (**MI413**), ki zajema izmenično napajalno napetost in tok s pomočjo tokovnega transformatorja (**WSK30**).

3.3 UART/USB-pretvornik TUSB3410

Integrirano vezje **TUSB3410** [5] proizvajalca Texas Instruments je dvo-smerni pretvornik med komunika-



Slika 3. Blokovna shema testirnega sistema



Slika 5. Programsko okolje VISA

cijskim protokolom USB in UART. Po priklopu in instalaciji gonilnikov se operacijskemu sistemu predstavi kot **Virtual COM** port oziroma navidezna serijska vrata. Podpira vse funkcije fizičnih serijskih vrat, kot so 5- do 8-bitna dolžina znaka, zaznavanje sode in lihe paritete ter 1-, 1,5- in 2-bitna dolžina bita STOP. To pomeni, da lahko na računalnik preko **USB**-vrat priključimo katerokoli serijsko napravo, vendar pa moramo pri napravah, namenjenih priključitvi na fizična serijska vrata, prilagoditi napetostne

nivoje signalov. Temu je namenjeno npr. vezje **MAX3238**. Drugače pa lahko **TUSB3410** in mikrokrmilnik **MSP430** oziroma katerokoli napravo na istem napetostnem nivoju (+3,3 V) povežemo neposredno.

S **TUSB3410** ustvarjena virtualna serijska vrata omogočajo hitrosti od 50 do 921.600 bitov na sekundo in so lahko konfigurirana v tri različne podatkovne načine **RS-232**, **RS-485** in **IrDA**. Privzet in v aplikaciji uporabljen je način RS-232.

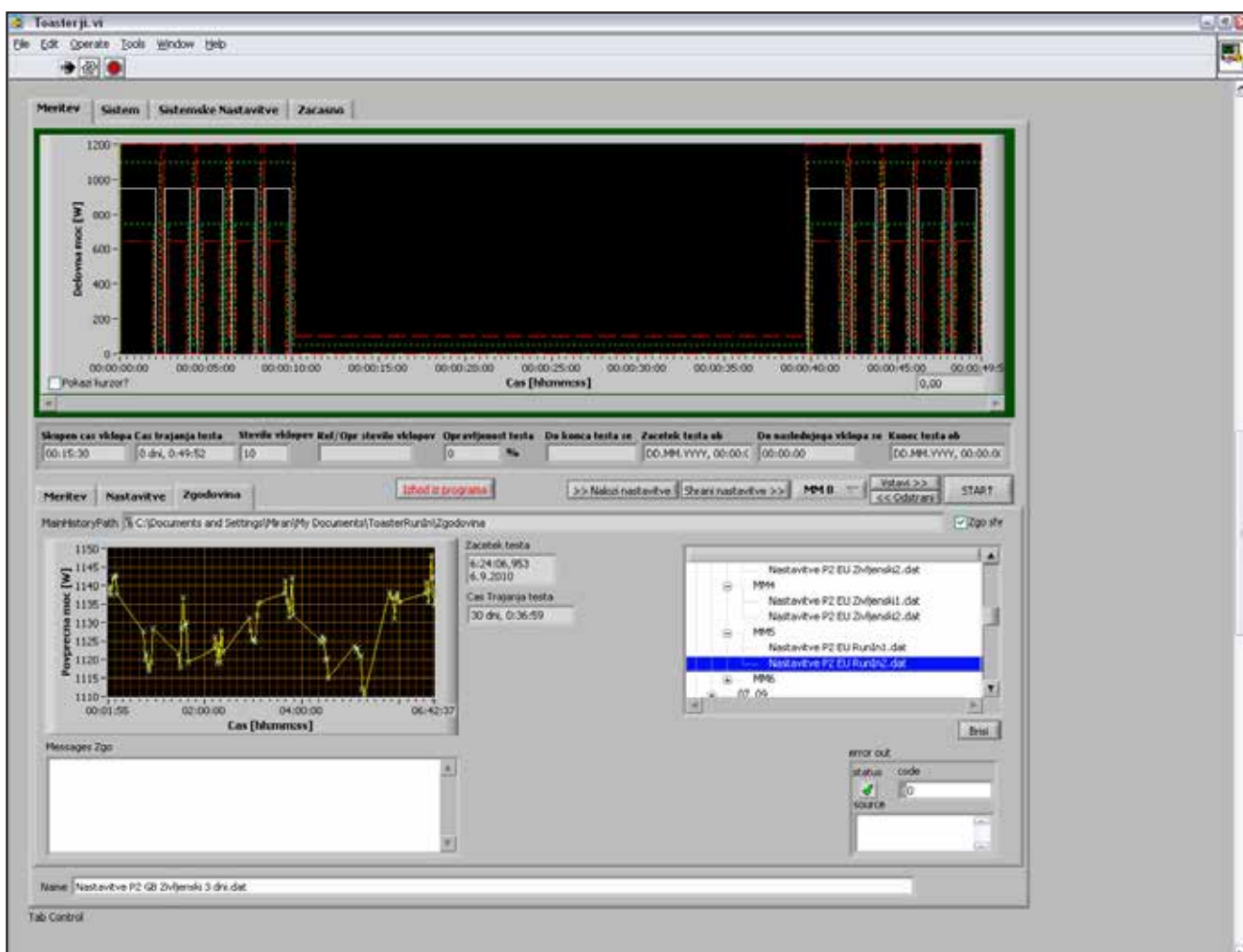
4 Programska oprema

4.1 Programsko okolje NI LabVIEW

V okolju **LabVIEW** [4] je program uporabniškega vmesnika sestavljen iz dveh delov, prednje plošče in blokovnega diagrama. Okno blokovnega diagrama predstavlja dejanski algoritem, prednja plošča pa predstavlja uporabniški vmesnik programa, ki ga s pomočjo različnih gumbov, prikazovalnikov in indikatorjev oblikujemo po svojih željah.

Namen nadzorne programske opreme je grafični in številčni prikaz poteka testa, nastavljanje vseh za test potrebnih parametrov, omogočiti popoln nadzor nad krmiljem in vse to ponuditi preko operaterju razumljivega uporabniškega vmesnika.

Uporabniške funkcije nadzorne programske opreme, s katerimi prihaja



Slika 6. Primer prikaza rezultatov zgodovine testa

v stik operater, so naslednje:

- tristopenjska nastavljivost intervala vklopov;
- proženje začetka in predčasnega konca testa je možno tako preko uporabniškega vmesnika kot preko tipkal na napravi;
- grafični in številčni prikaz trenutne delovne moči;
- po koncu vsakega vklopnega intervala izračun povprečne moči;
- določitev rumene in rdeče opozorilne meje, znotraj katerih mora biti delovna moč; vrednosti izven teh meja kažejo na slab opekač;
- izračun in prikaz posrednih informacij, kot so čas začetka testa, čas trajanja in predviden čas konca testa, procentualno opravljenost testa in opravljeno število vklopov;
- shranjevanje vseh rezultatov v zgodovino, da je možna kasnejša analiza.

4.2 Programsko okolje VISA

Nižjenivojska funkcija nadzornega programa je komunikacija s komponentami testirne naprave, kamor sodijo mikrokrmilniki **MSP430** in A/D-pretvornik. Strojni del povezave osebnega računalnika in krmilnika **MSP430** je **USB/UART**-pretvornik

TUSB3410, ki ga računalnik prepozna kot virtualna serijska vrata. Programski del pa je komunikacijski sistem **VISA** v okolju **LabVIEW**. **VISA** (Virtual Instrument Software Architecture) [4] predstavlja standardizirani jezik za računalniško podprto komunikacijo z instrumenti (slika 5).

■ 5 Zaključek

V okolju **LabVIEW** je bil razvit nadzorni program za upravljanje testirne naprave. Za mikrokrmilnike **MSP430** so bile v C-jeziku razvite funkcije, ki omogočajo krmilniku **I2C** in **SPI** programsko komunikacijo z združljivimi napravami (slika 7). Za okolje **LabVIEW** so bile razvite tudi funkcije za komunikacijo po vodilu **I2C** in **SPI** (vmesnik je sistem **TUSB3410** – krmilnik **MSP430**) ter funkcije za neposreden nadzor krmilnika (okolje **LabVIEW** lahko naslavlja katerokoli krmilnikovo pomnilniško mesto).

Začetne težave zaradi motenj delovanja mikrokrmilnikov smo rešili z ustreznimi ukrepi (oklopi, blokovnimi kondenzatorji, kvaliteten napajalnik). Stroškovna analiza je

pokazala, da je izvedba aplikacije s krmilniki **MSP430** bistveno cenejša kot z namenski **DAQ**-karticami podjetja National Instruments.

Testirni sistem v podjetju Eurel, d. o. o., uspešno deluje že več kot leto dni (slika 6). Ukrepanje na osnovi analize rezultatov testiranja povratno vpliva na kvaliteto proizvodnje in s tem na višjo dodano vrednost izdelka.

Viri

- [1] Chris Nagy – Embedded Systems Design Using The TI MSP430 Series, Elsevier Science (USA), 2003.
- [2] Jerry Luecke – Analog And Digital Circuits For Electronic Control System Applications, Elsevier Science (USA), 2004.
- [3] MSP430x1xx Family User's Guide (Rev. F) (<http://focus.ti.com/lit/ug/slau049f/slau049f.pdf>).
- [4] LabVIEW VISA tutorial (www.ni.com/support/visa/vintro.pdf).
- [5] Texas Instruments SLAA276 – MSP430 USB Connectivity using TUSB3410.
- [6] J. Pogorelc, Uvod v programiranje mikrokrmilnikov, zbrano gradivo za predavanja, CD-zgoščanka, ISBN 86-435-0694-X, UM-FERI, 2005.

Device for testing small home-appliances in production

Abstract: This paper presents the implementation of the control unit of a device for testing toasters in a manufacturing company. The core of the control system is based on the MSP430 microcontroller from Texas Instruments. Since the control for testing the device requires automated On/Off switching toasters, measuring the start interval and also electric power, it is also necessary to record all of the results for later statistical processing. The microcontroller serves as the interface between the mechanical part of the testing devices and a PC, which is running the management software for the testing devices. The software on the PC runs in the LabVIEW environment, for which we have developed the necessary libraries for communication with the controller. We have also developed all the necessary printed-circuit boards for the controller and the input/output units..

Keywords: toaster, functional testing, microcontroller, LabView

INTRONIKA
SLOVENIA
29.-31.01.2014, www.intronika.si

Mednarodni sejem za industrijsko in profesionalno elektroniko ...
International Trade Fair for Industrial and professional electronic ...