

Realizacija inteligentnog senzora pritiska korišćenjem programabilnog sistema na čipu

Goran Ferenc
Robotika i simulacija leta
Lola institut
Beograd, Srbija
goran.ferenc@li.rs

Vujo Drndarević
Katedra za elektroniku
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu
Beograd, Srbija
vuj@etf.rs

Sadržaj—U ovom radu je analizirana mogućnost primene savremenih programabilnih sistema na čipu u implementaciji inteligentnih pretvarača. Na osnovu izvršene analize realizovan je inteligentni senzor pritiska korišćenjem samo jednog čipa. Na samom programabilnom čipu je implementiran interfejs za spregu sa senzorom pritiska, kola za kondicioniranje analognog signala i analogno-digitalnu konverziju i interfejsna kola za povezivanje LCD displeja i serijsku komunikaciju sa računarom. U radu su dati detalji vezani za implementaciju i funkcionalno testiranje senzora.

Ključne reči - senzor pritiska; sistem na čipu; mikrokontroler;

I. UVOD

U eri opšte digitalizacije elektronskih sistema ne mogu se izbeći analogni signali, pa samim tim ni elektronska kola potrebna za njihovu obradu koja po pravilu prethodi konverziji signala iz analogne u digitalnu formu. Većina senzora koji se koriste za merenje fizičkih veličina, na svom izlazu daje vremenski kontinualan analogni signal, napon ili struju, ekvivalentan posmatranoj fizičkoj veličini ili pojavi. Ovakve signale je po pravilu potrebno kondicionirati pre analogno-digitalne konverzije, što podrazumeva primenu pojačavačkih i filtarskih kola. S druge strane, za rad aktivnih senzora treba obezbediti odgovarajuću strujnu ili naponsku pobudu, što se takođe postiže pogodnim analognim i digitalnim kolima. Konverzija signala, koja obuhvata analogno-digitalne konvertore, digitalno-analogne konvertore i multipleksere predstavlja jednu od ključnih operacija u povezivanju analognih signala sa digitalnim elektronskim sistemima.

Problem povezivanja analognih senzora sa digitalnim sistemima za obradu mernih signala dobija na aktuelnosti s obzirom na sve veće zahteve za merenjem fizičkih veličina i parametara okoline ne samo u okviru industrijskih i istraživačkih procesa, već i u svakodnevnoj delatnosti i u oblasti elektronike široke potrošnje.

Kao odgovor na sve veće zahteve po pitanju broja mernih veličina i senzora kao i sve kompleksniju obradu mernih i drugih signala, u poslednjih nekoliko godina pojavila su se nova rešenja programabilnih integrisanih kola, koja se nazivaju sistem na čipu (*System on Chip*, SoC) i odgovarajuća metodologija projektovanja čitavog sistema na jednom čipu.

Sistem na čipu pored procesora sadrži memoriju, interfejsna kola i programabilne analogne i digitalne blokove.

Paralelno sa razvojem hardvera sistema na čipu razvijaju se i odgovarajuće metodologije i tehnike projektovanja sistema kako bi se na najbolji način iskoristio raspoloživi stepen integracije ovakvih čipova. Tu se pre svega misli na mogućnosti korišćenja pripremljenih i prethodno testiranih hardverskih i softverskih blokova (*Intellectual Property block*, *IP block*) i ponovnog korišćenja (*reuse*) resursa raspoloživih na jednom čipu. Ovakvim pristupom ostvaruje se velika produktivnost u radu s obzirom da projektant umesto da ponaosob razvija svaku potrebnu komponentu, vrši njihovu integraciju na jednom čipu ostvarujući kompleksne funkcije u relativno kratkom vremenu.

U ovom radu su analizirane mogućnosti primene jednog savremenog programabilnog sistema na čipu u mernoj instrumentaciji. Na bazi izvršenih analiza projektovan je i realizovan inteligentan senzor pritiska korišćenjem programabilnog sistema na čipu PSoC 1 [1].

Rad je podeljen na pet celina. Nakon uvoda, u drugom poglavlju je predstavljena arhitektura PSoC 1 čipa, koji je korišćen u ovom radu za realizaciju senzora pritiska. U trećem poglavlju je opisana realizacija senzora pritiska sa akcentom na hardversku strukturu, a u četvrtom poglavlju je data softverska organizacija sistema, tok glavnog programa i veza API funkcija sa analognim i digitalnim blokovima koji su korišćeni u realizaciji inteligentnog senzora pritiska. U poslednjem, petom poglavlju izneti su zaključci.

II. ARHITEKTURA PROGRAMABILNOG SISTEMA NA ČIPU PSoC 1

Savremeni PSoC (*Programmable SoC*) čip najčešće sadrži procesor, memoriju, interfejsne blokove, konfigurabilne blokove analognih kola i digitalne logike i programabilne veze. Ovakva arhitektura omogućava korisnicima da kreiraju željene konfiguracije u cilju dostizanja zahteva svake pojedinačne aplikacije.

PSoC 1 podseća na ASIC, jer se blokovima može dodeliti širok spektar funkcija uz mogućnost povezivanja na čipu. Za razliku od ASIC čipa, kod PSoC 1 čipa se ne zahteva poseban proizvodni proces kako bi se kreirala željena konfiguracija, dovoljno je realizovati aplikaciju u vidu blok šeme i

procesorskog koda uz pomoć odgovarajućeg integrisanog razvojnog okruženja.

PSoC 1 deli neke zajedničke karakteristike sa FPGA kolima, jer pri uključanju napajanja mora biti konfigurisan, pri čemu se konfiguracija učitava iz ugrađene *flash* memorije. Za razliku od FPGA kola, sadašnja generacija PSoC 1 čipova nema mogućnost reprogramiranja svojih digitalnih funkcija pomoću VHDL ili Verilog programskih jezika, već isključivo konfigurisanjem registara.

Mikrokontroler kombinovan sa PLD kolima i programabilnim analognim kolima bi mogao najbliži da opiše PSoC 1 koncept. Programski kod se izvršava tako da interaguje sa blokovima izabranim i podešenim od strane korisnika, koristeći dinamički generisane API funkcije i prekidne rutine.

Tipičan *off-the-shelf* mikrokontroler ima fiksni broj ADC i DAC kanala, tajmera, specifičnih komunikacionih blokova kao što su I²C, SPI ili UART. Nedostatak ovakve mikrokontrolerske strukture je što se od projektanta zahteva da unapred zna kako će dizajn izgledati. Pored toga, ograničen broj resursa i unapred postavljene funkcije pinova mogu otežati projektovanje i učiniti ga nefleksibilnim. Ukoliko se u toku razvoja aplikacije pojave novi zahtevi npr. da se promeni raspored pinova za UART ili da se koriste dva AD konvertora, pri čemu uređaj poseduje samo jedan AD konvertor, mogu se javiti nepredviđeni troškovi kako bi se ispunili ovi novi zahtevi.

Za razliku od tipičnog mikrokontrolera, PSoC 1 se izdvaja svojom fleksibilnošću, što je posebno važno imajući u vidu činjenicu da se pojedini zahtevi menjaju tokom procesa projektovanja. PSoC 1 omogućava da se nove funkcionalnosti implementiraju veoma brzo preko niza programabilnih analognih i digitalnih blokova i veza. Ovi blokovi su na početku slobodni i mogu se konfigurisati tako da obavljaju različite funkcije i povezivati sa željenim pinovima, čime se rutiranje čini fleksibilnim i elimiše se unapred definisane funkcije pinova.

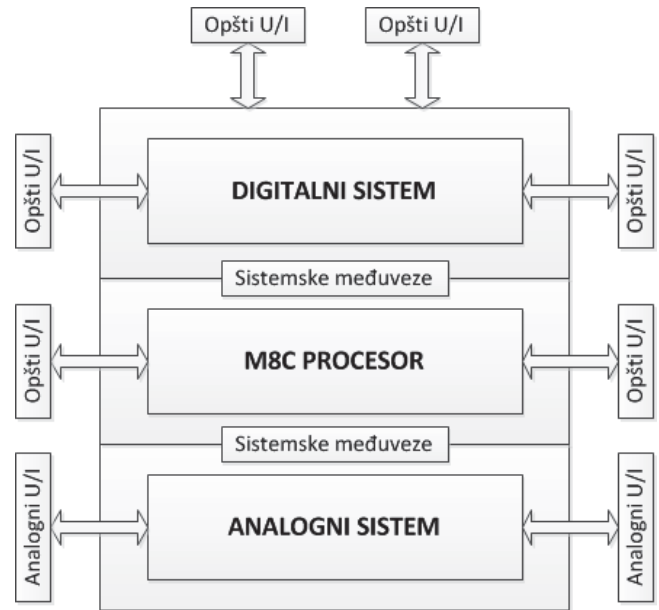
Sve dok postoje slobodni blokovi, mogu se dodavati nove funkcije. Ali i u slučaju da su tokom projektovanja potrošeni svi resursi, PSoC 1 čip može biti dinamički rekonfigurisan u cilju izvođenja različitih funkcija [2].

PSoC 1 čip poseduje tri odvojena memorijska prostora: SRAM za podatke, *flash* memoriju za instrukcije i fiksne podatke i I/O registre za upravljanje i pristup konfigurabilnim logičkim blokovima i funkcijama. Pored toga, od strane PSoC 1 čipa su podržani i 8-bitni procesor i konfigurabilni pinovi. Na sl. 1 je prikazana uprošćena arhitektura PSoC 1 čipa. U nastavku će biti opisani osnovni hardverski resursi posmatranog čipa.

A. M8C procesor

M8C je 8-bitni RISC procesor harvardske arhitekture, sa maksimalnim kapacitetom do 4 MIPS. M8C ima 37 instrukcija. Povezan je sa RAM i ROM memorijama. ROM se sastoji iz SROM (*Supervisory ROM*) i *flash* memorija. *Flash* memorija se koristi za čuvanje koda aplikacije, dok SROM sadrži kod za

izvršavanje funkcija upisa i čitanja podataka u *flash* i koristi se za izvršavanje *boot* koda pri dovođenju napajanja.



Slika 1. Uprošćeni prikaz arhitekture PSoC 1 čipa

B. Sistem za izvor signala takta

PSoC 1 poseduje programabilan sistem za izvor signala takta. Za glavni izvor takta se koriste oscilatori do 24 MHz. U tu svrhu se mogu upotrebiti interni IMO oscilator ili eksterni oscilator. Za manje zahtevne aplikacije mogu se koristiti oscilatori do 32 kHz, eksterni ili interni ILO oscilator.

C. Digitalni i analogni sistem

Digitalni i analogni blokovi mogu obavljati razne funkcije. Zbog konfigurabilnih analognih i digitalnih blokova, jedan PSoC 1 čip može da zameni nekoliko klasičnih programabilnih i analognih čipova.

1) Digitalni blokovi

Digitalni blokovi su podeljeni na BB (*Basic Blocks*) i CB (*Communication Blocks*) i njihov broj je jednak. BB blokovi se koriste za implementiranje tajmera, brojača i PWM kola. CB blokovi, pored realizacije osnovnih digitalnih kola, omogućavaju i realizaciju digitalnih komunikacionih modula kao što su: UART, SPI, I²C itd. Ukoliko se zahteva realizacija 16-bitnih, 24-bitnih ili 32-bitnih modula, upotrebljavaju se dva, tri ili četiri digitalna bloka, respektivno. Rutiranje digitalnih signala u PSoC 1 čipu se vrši pomoću matrice digitalnih linija za povezivanje.

2) Analogni blokovi

Analogni blokovi su podeljeni na CT (*Continuous Time*) i SC (*Switched Capacitor*) blokove. Pomoću CT blokova mogu se implementirati komparatori i pojačavači, a pomoću SC blokova AD i DA konvertori, filteri, integratori i diferencijatori. Rutiranje analognih signala u PSoC 1 čipovima se vrši pomoću niza multipleksera, komparatorske i analogne izlazne magistrale.

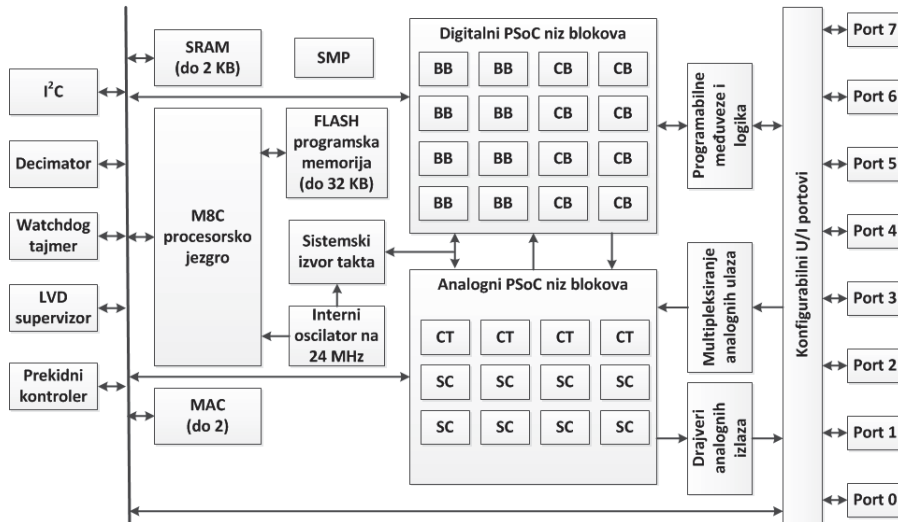
D. U/I sistem

U/I sistem pruža, kao i kod klasičnih mikrokontrolera, mogućnost konfiguracije, tako da pinovi mogu biti analogni/digitalni ulazi i analogni/digitalni izlazi. Međutim, PSoC 1 sadrži i dodatne konfiguracione opcije, kao što su interni *pull-up* ili *pull-down* otpornici, *open drain* režim i režim impedanse.

E. Ostali PSoC 1 resursi

Određene verzije PSoC 1 čipova poseduju i druge, specifične resurse, kao što su: CapSense (*Capacitive Sensing*), SMP (*Switch Mode Pump*), MAC (*Multiply Accumulate*), namenski I²C hardver, Analog Mux Bus i dr. [1].

Na sl. 2 je prikazana je detaljna blok šema PSoC 1 čipa.



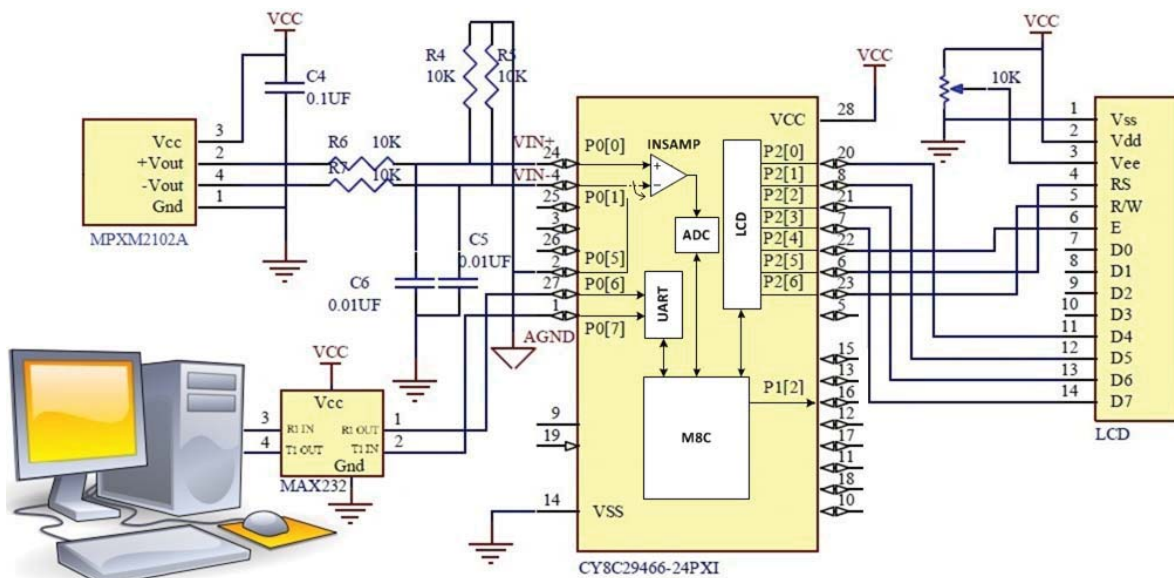
Slika 2. Detaljan prikaz arhitekture PSoC 1 sistema na čipu

III. RELIZACIJA SENZORA PRITISKA

U radu je iskorišćen programabilan sistem na čipu CY8C29466-24PXI iz PSoC 1 familije za realizaciju inteligentnog senzora pritiska. Resursi raspoloživi na PSoC 1 čipu su iskorišćeni za kondicioniranje analognog mernog signala, analogno-digitalnu konverziju, mikroprocesorsku obradu mernih podataka, prikaz rezultata merenja na lokalnom LCD displeju i serijsku komunikaciju sa računarom.

Za rad sa PSoC 1 programabilnim sistemom na čipu u ovom radu je korišćen EasyPSoC3 razvojni sistem [3].

Inteligentni senzor pritiska čine: senzor pritiska MPXM2102A, sistem na čipu iz PSoC 1 familije CY8C29466-24PXI, MAX232 kolo za koverziju TIA/EIA-232-F u TTL/CMOS nivoe signala i obrnuto koje je potrebno za usaglašavanje UART i RS-232 interfejsa sa PC računarom i LCD displej. Blok šema inteligentnog senzora pritiska je prikazana na sl. 3.



Slika 3. Blok šema inteligentnog senzora pritiska

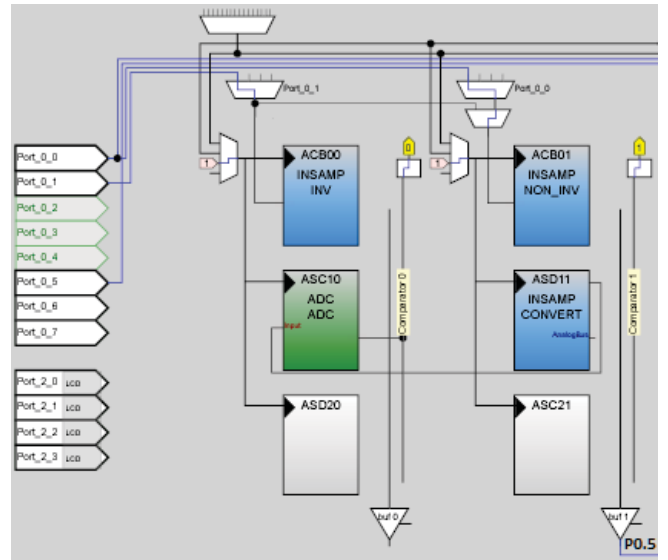
Kao senzorski element pritiska koristi se temperaturno kompenzovan integrirani silicijumski senzor MPXM2102A [4]. MPXM2102A je piezorezistivni senzor pritiska, koji na izlazu daje diferencijalni analogni napon direktno proporcionalan izmerenom pritisku. Osnovne karakteristike korišćenog senzora su date u tabeli 1.

TABELA 1. OSNOVNE KARAKTERISTIKE SENZORA MPXM2102A

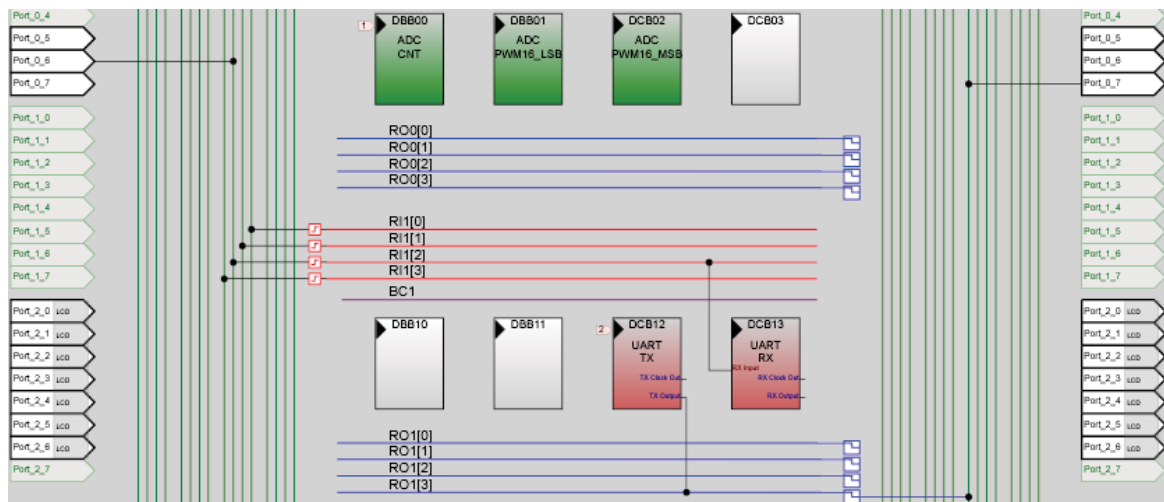
Karakteristika	Min. vrednost	Tipična vrednost	Maks. vrednost	Jedinica
Opseg merenja pritiska	0	-	100	kPa
Napon napajanja	-	10	16	V _{DC}
Opseg pune skale	38.5	40	41.5	mV
Ofset	-2.0	-	2.0	mV
Osetljivost	-	0.4	-	mV/kPa
Radna temperatura	-45	-	125	°C
Vreme zagrevanja	-	20	-	ms

Diferencijalni analogni napon sa izlaza senzora se dovodi na ulazne pinove PSoC 1 čipa, P0.0 i P0.1. Za korekciju ofseta instrumentacionog pojačavača koristi se CDS (*Correlated Double Sampling*) tehnika [5]. Primena CDS tehnike podrazumeva očitavanje vrednosti sa izlaza senzora pritiska, nakon čega se invertujući ulaz instrumentacionog pojačavača spaja na analognu masu preko pina P0.5 (sl. 3), pa se očitava ofset. Ukoliko je vrednost signala veća od ofseta, od signala se oduzima ofset. Signal se nakon pojačanja dovodi na ulaz 12-bitnog AD konvertora. Uz pomoć realizovanog softvera rezultat se izražava u inženjerskim jedinicama pritiska, prikazuje na LCD displeju i preko RS-232 interfejsa šalje računaru.

Za implementaciju kola za kondicioniranje mernog signala sa izlaza senzora pritiska MPXM2102A, interfejsa LCD displeja i serijsku komunikaciju sa personalnim računarem, u okviru integriranog razvojnog okruženja PSoC Designer su korišćene sledeće komponente: INSAMP, ADC, LCD i UART. Termin komponenta se odnosi na instancu odgovarajućeg modula iz kataloga korisničkih modula. Na sl. 4 je prikazan izgled analognog, a na sl. 5 digitalnog PSoC Designer podsistema. Kapacitet PSoC 1 čipa je 16 digitalnih i 12 analognih blokova, a korišćene komponente za realizovanu aplikaciju zahtevaju 5 digitalnih i 4 analogna bloka.



Slika 4. Analogni podsistem PSoC 1 čipa prikazan u integriranom razvojnem okruženju PSoC Designer



Slika 5. Digitalni podsistem PSoC 1 čipa prikazan u integriranom razvojnem okruženju PSoC Designer

Nakon konfigurisanja komponenata i odgovarajućeg rutiranja, potrebno je postaviti vrednosti globalnih resursa. Pored toga, potrebno je izabrati vrednost sistemskog takta i podesiti taktanu učestanost serijske komunikacije, izvršiti konfigurisanje pinova i rutiranje.

U narednom delu su opisane funkcije korišćenih komponenti u okviru PSoC 1 čipa, potreban broj resursa za realizaciju svake funkcije i postavljene vrednosti parametara.

A. INSAMP komponenta

INSAMP komponenta predstavlja instancu modula instrumentacionog pojačavača. Osnovne funkcije ovog modula: vrednosti pojačanja su programabilne, od 2 do 16 za topologiju sa 2 operaciona pojačavača (OP), odnosno do 93 za topologiju sa 3 OP, referentni napon je selektivan za topologiju sa 2 OP. Što se tiče resursa, modul zahteva 2 analogna bloka (2 OP) ili 3 analogna bloka (3 OP). Za korišćenu INSAMP komponentu je izabrano diferencijalno pojačanje vrednosti 48 i topologija sa 3 OP.

B. ADC komponenta

ADC komponenta predstavlja instancu modula inkrementalnog AD konvertora sa promenljivom rezolucijom. Osnovne funkcije ovog modula: rezolucija je od 7 do 13 bita, koristi se drugi komplement, period odabiranja je od 4 do 5018 sps, a ulazni napon u rasponu od V_{ss} do V_{dd} , dok signal takta može biti interni ili eksterni. Po pitanju resursa, modul zahteva 1 analogni i 3 digitalna bloka. Za korišćenu ADC komponentu izabrana je 12-bitna rezolucija, neoznačeni format i VC1 kao izvor takta (2 MHz).

C. LCD komponenta

LCD komponenta predstavlja instancu LCD modula. Modul predstavlja biblioteku funkcija za rad sa LCD displejom sa dve ili četiri linije. Osnovne funkcije ovog modula: protokol je industrijski standardizovan Hitachi HD44780 LCD drajver čip protokol, a potreban broj portova/pinova je 1/7. Biblioteka sadrži funkcije za ispis RAM ili ROM stringova, brojeva i horizontalnih i vertikalnih bar grafova. Kada je reč o resursima, modul ne zahteva blokove. Korišćena LCD komponenta je povezana na port P2 i time je završeno njeno konfigurisanje.

D. UART komponenta

UART komponenta predstavlja instancu 8-bitnog UART modula. Osnovne funkcije ovog modula: prijemnik i predajnik su asinhroni, format podataka je kompatibilan sa RS-232, *burst rate* je do 6 Mbits/s, a bitovi uključuju start, opcioni bit parnosti i stop bit. Prekidi su programabilni i u zavisnosti od izabranog izvora prekida generišu se kada je pun prijemni registar ili kada je predajni bafer prazan. Modul zahteva 2 digitalna bloka. Izabrani izvor takta za korišćenu UART komponentu je VC2. S obzirom na globalne resurse, za ovaj takt se dobija vrednost od 153.85 kHz. Radna čestanost UART modula je 8 puta manje frekvencije od ulaznog takta, odnosno 19.23 kHz u ovom slučaju.

IV. SOFTVER

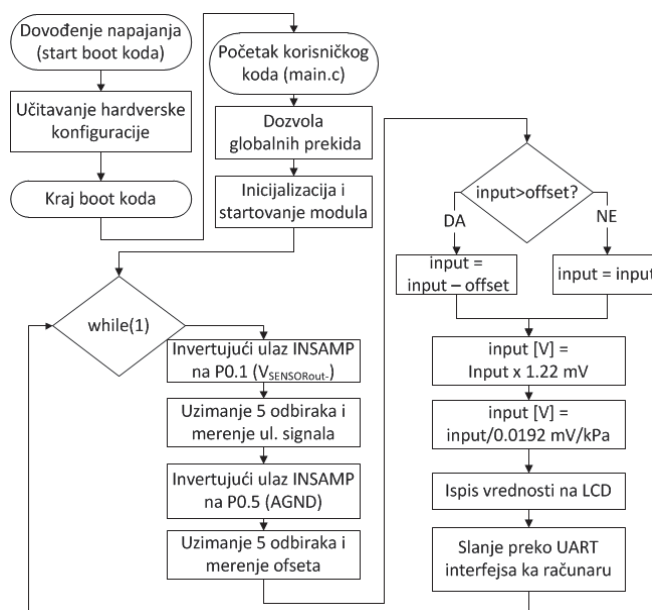
Konfigurisanjem analognih i digitalnih blokova, rutiranjem, podešavanjem globalnih resursa, konfiguracijom pinova i postavljanjem vrednosti parametara izabranih komponenti u PSoC Designer-u, implementiran je interfejs sa senzorom, interfejs LCD displeja za prikaz izmerenog pritiska i omogućena je komunikacija preko UART/RS-232 interfejsa sa računarem. Time je definisana konfiguracija resursa i ona se učitava pri dovođenju napajanja, a komponentama se dalje upravlja preko API funkcija 8-bitnog M8C procesora koje se

pozivaju u glavnom programu (*main.c*). U tabeli 2 je dat pregled korišćenih API funkcija.

TABELA II. KORIŠĆENE API FUNKCIJE

API funkcija	Opis
M8C_EnableGInt	Dozvola globalnih prekida
INSAMP_Start (INSAMP_HIGHPOWER)	Startovanje INSAMP komponente (High Power mod)
ADCINCVR_Start (ADCINCVR_HIGHPOWER)	Startovanje ADCINCVR komponente (High Power mod)
ADCINCVR_GetSamples(0)	Kontinualno odabiranje ADC
LCD_Start()	Startovanje LCD komponente
LCD_Position(0,0)	Pozicioniranje kursora na LCD
LCD_PrCString("Pressure = ") LCD_PrString(Pressure)	Ispis na LCD
ADCINCVR_flsDataAvailable()	Da li su podaci iz ADC spremni?
ADCINCVR_ClearFlag()	Brisanje ADC flega
ADCINCVR_iGetDataClearFlag()	Uzimanje odbirka i brisanje ADC flega
UART_CmdReset()	Inicijalizacija prijemnog/komandnog bafera
UART_Start (UART_PARITY_NONE)	Startovanje UART komponente, protokol je bez bita parnosti
UART_CPutString("Pressure = ") UART_PutString(Pressure)	Slanje teksta preko UART-a

Nakon uključenja napajanja započinje izvršavanje procesorskog programa *main.c*. Na sl. 6 je prikazan dijagram toka glavnog programa.



Slika 6. Dijagram toka glavnog programa

Na početku izvršavanja programa dozvoljavaju se globalni prekidi, a zatim se vrši inicijalizacija i startovanje svih modula. Od tog trenutka ulazi se u beskonačnu petlju. S obzirom da instrumentacioni pojačavač ima ofset, koristi se CDS tehnika za eliminaciju ofseta. Uzima se pet odbiraka sa

izlaza senzora pritiska, zatim se invertujući ulaz instrumentacionog pojačavača spaja na analognu masu, pa se potom uzima pet novih odbiraka. Ukoliko je vrednost signala veća od ofseta, od signala se oduzima ofset. Tako dobijena vrednost se množi sa 1.22 mV (AD_{REF}/AD_{REZ} , $AD_{REF} = 5 \text{ V}$, $AD_{REZ} = 2^{12}$), potom se deli sa 0.0192 mV/kPa ($\Delta V/\Delta P/INSAMP_{GAIN} = 0.4 \text{ mV/kPa}/48$). Dobijeni rezultat se ispisuje na LCD displeju i šalje preko UART/RS-232 interfejsa ka personalnom računaru.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljena arhitektura savremenog, programabilnog sistema na čipu i na primeru implementacije inteligentnog senzora pritiska je prikazana mogućnost primene ovakvih sistema u mernoj instrumentaciji. Primenom programabilnog sistema na čipu PSoC 1 uspešno su realizovana sva analogna i digitalna interfejsna kola i funkcije procesorske obrade mernih signala inteligentnog senzora pritiska korišćenjem samo jednog čipa.

U realizaciji inteligentnog senzora pritiska korišćeno je razvojno okruženje PSoC Designer 5.3. Okruženje omogućava da se na jednostavan način konfiguriraju analogni i digitalni blokovi izborom unapred definisanih perifera iz kataloga korisničkih modula. Nakon toga, PSoC Designer 5.3 dinamički kreira API funkcije čijim se pozivom, u okviru programskog koda, interaguje sa konfigurisanim blokovima. Mogući programski jezici za razvoj koda su C i assembler. U ovom radu je za izradu glavnog programa korišćen C programski jezik. Okruženje karakteriše i dodatna podrška, koja ubzava i olakšava realizaciju željene aplikacije. PSoC Designer 5.3 poseduje: debager, C kompilator, mogućnost emulacije integrisanog kola, katalog za svaku periferiju, prikaz iskorišćene ROM i RAM memorije, digitalnih i analognih blokova, podršku za komunikacione interfejse kao što su: I²C, USB 2.0, UART, SPI i dr.

Nakon kondicioniranja signala sa senzora pritiska MPXM2102A i obrade mernog signala, rezultati merenja se prikazuju na LCD displeju i šalju ka računaru. Funkcionalna ispitivanja realizovanog inteligentnog senzora pritiska pokazuju da senzor ispunjava sve postavljene funkcionalne zahteve. Njegove merne karakteristike određene su u najvećoj meri karakteristikama samog senzorskog elementa. Merni opseg senzora je od 0 do 100 kPa, a linearnost bolja od 1% u čitavom mernom opsegu.

Na osnovu iskustava u radu sa programabilnim sistemima na čipu, može se zaključiti da postoje brojni razlozi za njihovu širu primenu u sistemima merenja. Na prvom mestu, postoji mogućnost realizacije celokupnog sistema merenja na jednom čipu i velika fleksibilnost pri razvoju. Programabilni PSoC 1 čip od drugih mikrokontrolera izdvajaju programabilni analogni blokovi koji pružaju mogućnost implementacije interfejsa sa različitim tipovima senzora. Pri tome se izbor analognih i digitalnih modula i njihova konfiguracija vrši na vrlo jednostavan i intuitivan način u postojećem grafičkom razvojnom okruženju. Dinamički generisane API funkcije i prekidne rutine, kao i programabilno rutiranje su dodatne prednosti u primeni PSoC 1 familije čipova u sistemima merenja. Sigurno najveća prednost ovog programabilnog

sistema na čipu jeste da se, u slučaju da su tokom projektovanja potrošeni svi resursi, može iskoristiti osobina dinamičke rekonfigurabilnosti koju nudi PSoC 1, što dodatno povećava ekonomičnost rešenja. O ovim i drugim tehnikama primene PSoC 1 čipova, korisnicima je na raspolaganju brojna literatura [6].

Ograničenja u korišćenju PSoC 1 familije čipova se ogledaju u maloj količini SRAM memorije, relativno slabim performansama M8C procesora, podrazumevanom ImageCraft C kompilatoru skromnih mogućnosti posebno po pitanju optimizacije koda, preciznosti analognih komponenti koja ne ispunjava uvek zahteve aplikacije, nedostatku napajanja oba polariteta što može biti kritično kod obrade analognog signala, brzini i preciznosti AD konvertora.

Neki od navedenih nedostataka su prevaziđeni kod PSoC 3 i PSoC 5 familije čipova. Tu se pre svega misli na povećanje ne samo potrebne SRAM, nego i *flash* memorije, uvođenje 8-bitnog 8051 procesora (PSoC 3) i 32-bitnog ARM Cortex M3 procesora (PSoC 5) visokih performansi sa mogućnošću rada do 67 MHz i 84 MIPS, povećanje preciznosti i brzine AD konvertora sa maksimalnih 14 na 20 bita, odnosno 131 ksp/s pri konverziji analognih signala u 8-bitnu predstavu na 1 Msps za 12-bitnu konverziju kod PSoC 5 familije čipova. Takođe, može se koristiti HiTech C kompilator, koji efikasnije optimizuje kod.

LITERATURA

- [1] R. Murphy, "Getting Started with PSoC 1," Available at: <http://www.cypress.com/?docID=42250>, Accessed: 1st February 2013
- [2] B. Kropf, "PSoC 1 - Dynamic Reconfiguration with PSoC Designer," Available at: <http://www.cypress.com/?docID=32332>, Accessed: 20th June 2012
- [3] EasyPSoC3 User's Manual, Available at: http://www.mikroe.com/pdf/easypsoc3_manual.pdf, Accessed: 10th June 2012
- [4] 100 kPa On-Chip Temperature Compensated Silicon Pressure Sensors, Available at: http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2102.pdf, Accessed: 12th January 2012
- [5] D. Seguire, "PSoC 1 - Using Correlated Double Sampling to Reduce Offset, Drift, and Low Frequency Noise," Available at: <http://www.cypress.com/?docID=39660>, Accessed: 20th November 2012
- [6] Cypress Semiconductor, Available at: <http://www.cypress.com>

ABSTRACT

In this paper the possibilities of using modern programmable system on chip in implementation of intelligent transducers have been analyzed. Based on the presented analysis, an intelligent pressure sensor has been implemented using only one chip. Interface with pressure sensor element, circuits for analog signal conditioning and analog-to-digital conversion, interface circuits for connecting LCD display and communication with a PC are implemented on the same programmable chip. Paper presents the details related to the implementation and functional sensor testing.

IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT PRESSURE SENSOR USING A PROGRAMMABLE SYSTEM-ON-CHIP
Goran Ferenc, Vujo Drndarević