



PROJEKTOVANJE MERNO-INFORMACIONOG SISTEMA ZA UDALJENA
MERENJA ZASNOVANOG NA MIKROC I LABVIEW OKRUŽENJU

DESIGN OF MEASUREMENT-AND-INFORMATION SYSTEM FOR REMOTE
MEASUREMENTS BASED ON MICROC AND LABVIEW ENVIRONMENT

Stefan Mirković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je koncept merno-avizijskog sistema za udaljena merenja i akviziciju parametara kvaliteta životne sredine i uslova radne sredine, kao i prateći softver za daljinski nadzor i upravljanje, snimanje podataka i analizu rezultata. Sistem je baziran na mikrokontroleru iz PIC32 familije i senzorskih modula koji služe za merenje parametara okoline. Sistem je zamišljen tako da se lako može proširiti broj senzora koji komuniciraju sa centralnom jedinicom. Za kontrolu i prikupljanje informacija sa udaljene lokacije putem TCP/IP protokola razvijena je LabVIEW PC aplikacija (virtualni instrument).

Ključne reči: *Merenje; Senzori; LabVIEW; mikroC; TCP; Životna sredina*

Abstract – In this paper concept of measurement and acquisition system for remote measurement and acquisition of environmental parameters is presented, as well as accompanying software for remote monitoring and control, recording and analysis of results. The system is based on PIC32 family microcontroller and sensor modules that serves for environmental measurements. The system is designed so that is easy to expand the numbers of sensors that communicate with central unit. LabVIEW application (virtual instrument) was developed to control and collect information from a remote location, based on TCP/IP protocol.

Keywords: *Measurements; Sensors; LabVIEW; mikroC; TCP; Environment*

1. UVOD

Praćenje kvaliteta životne sredine predstavlja sistematsko merenje i ispitivanje parametara kao i ocenjivanje indikatora stanja i zagađenja životne sredine. Na osnovu dostupnih podataka sa mernih mesta o stanju životne sredine dobija se jasan uvid u promene kvaliteta i kvantiteta životne sredine, emisije zagađujućih materija i korišćenje prirodnih resursa.

U cilju razvoja sistema za merenje i akviziciju parametara kvaliteta životne sredine i uslova radne sredine, razvijen je koncept merno-avizijskog sistema, pa i prateći softver

za daljinski nadzor i upravljanje, snimanje podataka i analizu rezultata. Sistem je baziran na mikrokontroleru iz PIC32 familije, senzorskih modula, GSM modula za povezivanje na internet i LabVIEW aplikaciji koja služi kao TCP server, jer je odabran TCP protokol za razmenu podataka. Osnovne karakteristike GSM mreže su globalna rasprostranjenost i dostupnost, ali i značajne mogućnosti kada je u pitanju prenos mernih podataka. GPRS (General Pocket Radio Service) je trenutno dostupan u skoro svim GSM mrežama. GPRS predstavlja prenos podataka zasnovan na Internet protokolu. Zahvaljujući porastu brzine prenosa sve veći značaj ima plaćanje prema količini prenetih podataka u odnosu na vreme provedeno na mreži. Mikroprocesorski bazirani senzori i merni uređaji opremljeni sa GPRS predajnikom na taj način mogu da budu stalno povezani na mrežu a podatke da šalju po potrebi.

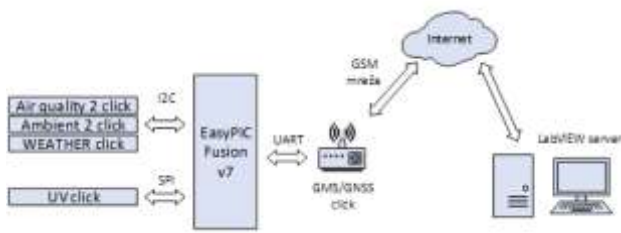
2. OPIS SISTEMA

Sistem čine nekoliko nezavisnih celina: senzorski deo, mikrokontroler, deo za komunikaciju i softver. Senzorski moduli su povezani sa razvojnim sistemom EasyPIC Fusion v7, na kom se nalazi i mikrokontroler. Pored toga, na razvojni sistem povezan je i GSM modem za bežičnu komunikaciju putem mobilnog interneta. Kada se uspostavi TCP konekcija između GSM modema i LabVIEW softvera, gde je GSM modem klijent, mikrokontroler u određenim vremenskim intervalima koje diktira LabVIEW server šalje podatke o izmerenim veličinama ka serveru. LabVIEW te podatke prihvata, procesira, prikazuje na ekranu računara i smešta u memoriju računara. Pauze između dva merenja određuje server, odnosno korisnik koji unosi vrednost pauze u sekundama.

Pri realizaciji ovog merno-avizijskog sistema korišćeni su senzorski moduli koji podržavaju I²C ili SPI komunikaciju. Mikrokontroler komunicira sa svim modulima, prikuplja informacije o merenim veličinama, formatira u određeni oblik, beleži u jedan niz karaktera i u određenim vremenskim trenucima putem TCP/IP protokola pomoću GSM modula šalje na udaljenu lokaciju ka LabVIEW serveru. Svi ovi moduli integrisani su pomoću razvojnog sistema EasyPIC v7 Fusion. Implementirani mikrokontroler je PIC32MZ2048ECH144 model sa 144 pina, integrisan na pločici koju je razvila MikroElektronika. Senzorski deo se sastoji od četiri senzorska modula: Air quality 2 click, Ambient 2 click, WEATHER click, UV click.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Platon Sovilj, vanr. prof.



Slika 1. Blok šema sistema

3. HARDVER

Air quality 2 click sastoji se od IAQ-CORE C (Ams) senzorskog modula i dodatne elektronike za prilagođenje naponskih nivoa komunikacionih pinova. IAQ-CORE C senzorski modul koristi se za estimaciju CO₂ i TVOC (ukupna isparljiva organska jedinjenja) ekvivalenata. Baziran je na MEMS metal-oksidi tehnologiji. Opseg osetljivosti ovog modula je 450 ppm do 2000 ppm CO₂ ekvivalenta i 125 ppb do 600 ppb TVOC ekvivalenta. Komunicira sa mikrokontrolerom putem I2C protokola.

Ambient 2 click sastoji se od OPT3001 (Texas Instruments) senzorskog modula. Ovaj senzor se koristi za merenje intenziteta svetlosti vidljivog spektra (iluminaciju). Njegov spektralni odziv približno odgovara spektralnom odzivu ljudskog oka (približno normalna raspodela), što je i pogodno u slučaju praćenja životne sredine i meteoroloških parametara. Radi na principu pretvaranja foto-struje sa fotoosetljivog elementa u napon pomoću internog pojačavača i prosleđivanjem tog napona na interni AD konvertor. Opseg osetljivosti ovog senzora je 0.01 lx do 83 000 lx. Komunicira sa mikrokontrolerom putem I2C protokola.

WEATHER click sastoji se od BME280 (BOSCH) senzorskog modula. Ovaj modul ima mogućnost merenja ambijentalne temperature, atmosferskog pritiska i relativne vlažnosti vazduha. Unutar memorije ovog modula nalaze se fabričke kalibracione konstante koje služe za kompenzaciju očitanih vrednosti. Nakon očitavanja temperature, vrši se korekcija te vrednosti prema tim konstantama, kako bi se u sledećem koraku mogao odrediti uticaj izmerene temperature na očitani pritisak i vlažnost i takođe izvršiti korekcija. Operativni opseg je -40 °C do +85 °C, 300 hPa do 1100 hPa i 0 % RH do 100 % RH. Komunicira sa mikrokontrolerom putem I₂C protokola.

UV click sastoji se od ML8511 (Lapis Semiconductor) senzorskog modula i MCP3201 12-bitnog (SAR) AD konvertora (Microchip). Koristi se za merenje intenziteta UV zračenja. Glavni deo ML8511 modula je fotoosetljivi element čija se foto-struja pretvara u napon pomoću internog pojačavača, koji se zatim prosleđuje na ulaz MCP3201. Spektralni odziv ML8511 modula je najbolji kod talasnih dužina u okolini $\lambda=365$ nm, i izlazni napon ovog modula je približno linearan u odnosu na promenu intenziteta UV zračenja. Komunikacija MCP3201 AD konvertora sa mikrokontrolerom je ostvarena preko SPI protokola. Svi moduli se napajaju sa +3.3 V.

U ovom projektu korišćen je *GSM/GNSS click* modul sa MC60 (Quectel) GSM/GNSS modemom koji sa mikrokontrolerom komunicira preko UART protokola.

MC60 je multi-funkcionalni modul koji integriše GNSS uslugu i quad-band GSM/GPRS uslugu preko mobilne mreže. Quad-band GSM/GPRS usluga može da radi na frekvencijama GSM 850 MHz, EGSM 900 MHz, DCS 1800 MHz, PCS 1900 MHz. Modul podržava i sisteme pozicioniranja i navigacije GPS, GLONASS, SBAS. Internet protokoli koje podržava ovaj modul su TCP, UDP, PPP, HTTP,FTP, NTP i PING. Nominalan napon napajanja kreće se u opsegu od 3.3 V do 4.6 V. Nominalna radna temperatura je od -35 °C do +75 °C. Ovaj modul ima slot za micro SIM karticu (podržane i 1.8 V i 3.0 V kartice), Bluetooth antenu (MC60 podržava Bluetooth 3.0) kao i dodatne pinove za povezivanje zvučnika i mikrofona.



Slika 2. GSM/GNSS click modul

Za potrebe ovog projekta bitno je objasniti jednu od mogućnosti koju pruža ovaj PIC32 mikrokontroler a to je Peripheral Pin Select (PPS). PPS konfiguracija omogućava hardversko povezivanje određenog pina sa određenim modulom unutar mikrokontrolera. Drugim rečima, omogućeno je da se za određeni interni modul bira sa kojim će pinom biti povezan. Ovo naravno ne važi za sve module i za sve pinove, ali postoje tablice sa ponuđenim dozvoljenim kombinacijama prema kojima je moguće izvršiti takozvano mapiranje. Ovo važi kako za ulazne pinove, tako i za izlazne pinove.

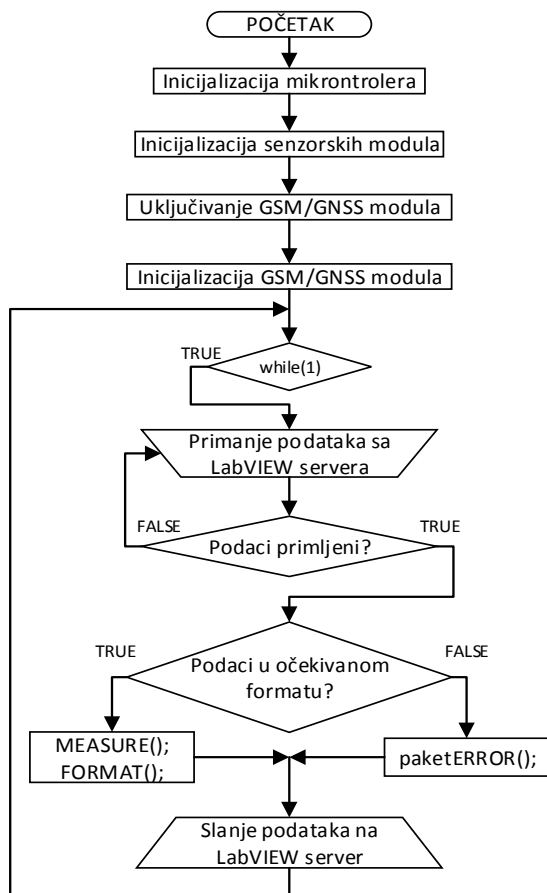
Potreba za PPS konfiguracijom bila je kako kod UART, tako i kod SPI komunikacije. Ovde je RD2 pin konfigurisan kao MISO (SPI), a RD10 pin kao MOSI(SPI). SPI clock (SCK) ima svoj definisan pin i ne može da se "premosti" na neki drugi pin, i u ovom slučaju to je RD1 pin. Kod I²C komunikacije je nemoguće mapirati pinove, odnosno definisano je koji je pin SCL (clock) a koji SDA (I/O). Ovde je izabran I2C modul koji je povezan sa RA14 (SCL) i RA15 (SDA) pinovima.

4. FIRMVER

Firmver koji izvršava mikrokontroler napisan je u programskom okruženju mikroC PRO for PIC32, razvijen od kompanije Mikroelektronika. mikroC PRO for PIC32 je programsko okruženje namenjeno za programiranje PIC32 serije mikrokontrolera u programskom jeziku C. Prednost ovog okruženja je veliki broj napisanih i testiranih biblioteka kao što su SPI, I2C, UART, CAN, ETHERNET, ADC, FFT, PWM itd. koje mnogo olakšavaju izradu firmvera. Ovo okruženje ima mnoge funkcije koje olakšavaju rad i sa TFT ekranima. Takođe podržava i hardversko debugovanje čime se olakšava nadgledanje rada celokupnog firmvera. Pored ovoga, implementirana je podrška i za FreeRTOS, gde može da se primeni i FreeRTOS operativni sistem pri programiranju mikrokontrolera.

Firmver mikrokontrolera počinje inicijalizacijom samog mikrokontrolera. Ovde se vrše sledeće operacije: definisanje svih pinova mikrokontrolera kao digitalne I/O, inicijalizacija dva interna UART1 modula, inicijalizacija

I2C1 modula mikrokontrolera i inicijalizacija SPI1 modula mikrokontrolera. Sledeći korak je inicijalizacija senzorskih modula. Pre merenja, od korišćenih modula potrebno je postaviti inicijalne parametre kod Ambient 2 click i WEATHER click modula.



Slika 3. Algoritam firmvera

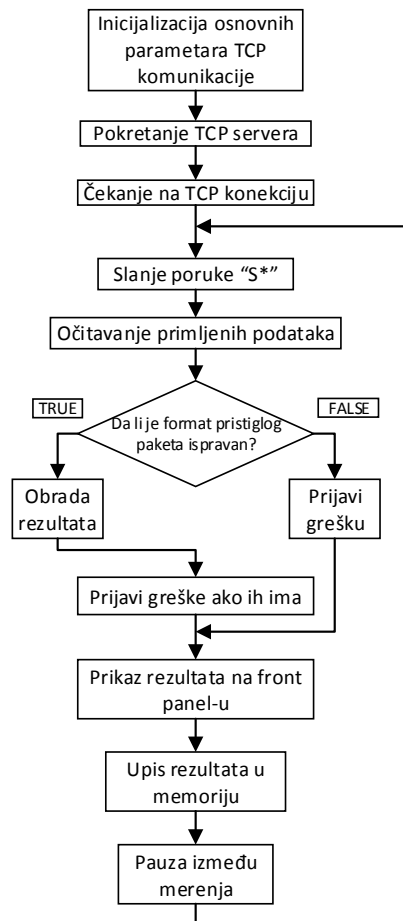
Sledeći korak jeste inicijalizacija senzorskih modula. Ova podešavanje se odnose na odabir modova u kojima će moduli raditi, podešavanje mernih opsega, očitavanje kalibracionih konstanti itd. Nakon toga sledi uključivanje GSM/GNSS modula slanjem naponskog impulsa u trajanju 3 sekunde na jedan od njegovih pinova. Kada se GSM/GNSS click modul uključi, pristupa se postavljanju njegovih osnovnih parametara slanjem određenih tzv. AT komandi. Pored ostalih, tu se unosi i javna IP adresa računara na kojem se nalazi LabVIEW server, kao i broj porta (5000). Ako su sve ove komande uspešno prihvaćene od strane GSM/GNSS click modula, od tog momenta modul je uspostavio TCP konekciju sa udaljenim LabVIEW serverom i spreman je za razmenu podataka. Server je isprogramiran tako da čim se uspostavi konekcija sa njim, da nazad vrati određeni odgovor.

Naredni korak algoritma jeste ulazak u beskonačnu while petlju. Prvi korak unutar petlje je čekanje odgovora od servera. Dokle god server ne odgovori, algoritam se ne izvršava dalje. U trenutku kada server odgovori porukom "S*" (skraćeno od START), nastavlja se dalje sa izvršavanjem. Ako se nakon tumačenja primljenih podataka ispostavi da su podaci koje je poslao server primljeni na ispravan način, kreće se sa merenjem fizičkih veličina pomoću senzorskih modula pozivanjem funkcije MEASURE(). Kada se završi sa merenjem, odnosno

prikupljanjem i obradom rezultata, funkcija MEASURE() se zatvara, i zatim poziva funkcija FORMAT(). Ova funkcija ima zadatak da prikupljene izmerene veličine formatira u niz karaktera. Pre upisivanja svake vrednosti u niz vrši se provera da li je merenje proteklo bez prijavljivanja greške. Ako je kojim slučajem došlo do neke greške na bilo kom senzoru, ili neki od senzora nije prošao ID check test, na mesta u nizu koja su rezervisana za taj senzor se upisuju karakteri 'E' koji signaliziraju grešku (error). Nakon formatiranja, taj formatiran niz karaktera se šalje putem TCP protokola na LabVIEW server, i ovde se završava jedna iteracija. Nakon ovoga, mikrokontroler se ponovo vraća na mesto gde očekuje poruku od servera. Dakle, pauze između dva merenja definišu pauze između dva slanja poruke "S*" od strane servera.

5. LabVIEW APLIKACIJA

Aplikacija je napravljena u LabVIEW programskom okruženju. Glavni zadatak aplikacije jeste da prikupi podatke o merenim veličinama, obradi, prikaže na front panel-u i sačuva na računaru.

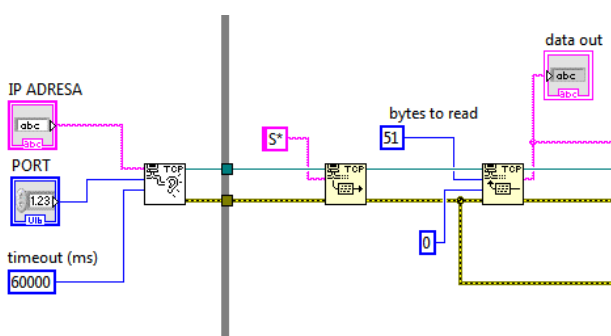


Slika 4. Algoritam LabVIEW programa

Na samom početku izvršavanja PC aplikacije, vrši se inicijalizacija komunikacije gde se podešava "slušanje" TCP komunikacije na portu 5000. Nakon pokretanja aplikacije, prekreće se TCP server na portu 5000. Od tog momenta, server čeka TCP konekciju, i tu program stoji dokle god se ne pojavi zahtev za konekciju od strane GSM/GNSS click modula.

Kada se uspostavi TCP konekcija, server ka GSM modulu šalje poruku "S*" što znači da da je dozvolu modulu da izmeri i da pošalje rezultate nazad. Za to vreme, server čeka paket koji treba da stigne od GSM modula sa podacim o izmerenim veličinama. Kada se podaci prime, proveravaju se da li su stigli prema određenoj konvenciji i ako jesu, dalje se obrađuju. U suprotnom prijavljuje se greška. Vrednosti koje su prošle sve kontrole se pretvaraju u određenu fizičku jedinicu i prikazuju na ekranu. Ako postoje polja koja sadrže karaktere 'E', to znači da je došlo do nekog problema pri merenju te veličine, gde je najčešći uzročnik sam senzror, i te greške se prijavljuju. Nakon prikaza na front panelu, izmereni podaci se čuvaju u memoriju.

Poslednji korak jeste generisanje vremenske pauze koju određuje korisnik. Kada pauza prođe, program ponovo šalje "S*" poruku kojom signalizira mikrokontroleru pa ponovi proces merenja i tako u krug.



Slika 5. Deo LabVIEW koda vezan za TCP

3. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući LabVIEW programskom paketu, korisnici veoma jednostavno mogu da razmenjuju podatke preko Interneta zahvaljujući gotovim funkcijama koje se dobijaju uz ovaj paket. Front panel virtualnih instrumenata vrlo lako je distribuirati preko Web servisa na više različitih načina. Pored ovoga, velika većina korisnika zahteva interaktivnu komunikaciju sa udaljenim aplikacijama preko Web servisa, što je omogućeno u LabVIEW programu, čak i za korisnike koji nemaju visok nivo znanja iz programiranja.



Slika 6. Front panel aplikacije

Ovaj merno-informacioni sistem se pokazao stabilno u radu i testiran je u sobnim uslovima. Dalji rad na ovom sistemu može da ide pre svega u hardverskom usavršavanju, realizaciji PCB pločice i integraciji modula. LabVIEW nudi *remote panel* uslugu, koja omogućava da se front panel koji se nalazi na serverskoj mašini podeli sa dodatnim klijentima. To znači da se uz pomoć LabVIEW programa i remote panel usluge mogu pratiti rezultati merenja, gde god se klijenti nalazili. Realizacijom mobilnih aplikacija koje bi komunicirale sa serverom, mobilni uređaj postaje udaljeni virtualni merni instrument.

4. LITERATURA

- [1] J. Tomić, M. Kušljević, V. Vujičić, M. Živanov, M. Slankamenac, "Realizacija virtualne laboratorije iz električnih merenja u LabVIEW programskom paketu," Tehničko rešenje (M85), Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [2] B. Trump, The Signal, Texas Instruments, Dallas, Texas, 2017.
- [3] C. S. Raghavendra, Krishna M. Sivalingam, Prof. Taieb Znat, Wireless Sensor Networks, Springer, New York, USA, 2006
- [4] <https://www.mikroe.com> (20.09.2018.)
- [5] Sovilj P. M., Milovančev S. S., Vujičić V.: Digital Stochastic Measurement of a Nonstationary Signal With an Example of EEG Signal Measurement, Instrumentation and Measurement IEEE Transactions on, 2011, Vol. 60 - issue 9, pp. 3230-3232, ISSN 0018-9456, DOI: 10.1109/TIM.2011.2128670
- [6] Radonjic, A. ; Sovilj, P. ; Vujičić, V.: Stochastic Measurement of Power Grid Frequency Using a Two-Bit A/D Converter , Instrumentation and Measurement IEEE Transactions on, 2014, Vol. 63 - issue 1, pp. 56-62, DOI: 10.1109/TIM.2013.2277515, ISSN 0018-9456
- [7] M. Urekar, P. Sovilj, „EEG dynamic noise floor measurement with stochastic flash A/D converter“, Biomedical Signal Processing and Control, Vol. 38, pp. 337-345, Elsevier B. V, 2017, ISSN 1746-8094
- [8] P. Sovilj, M. Milovanović, D. Pejić, M. Urekar, Z. Mitrović, Influence of Wilbraham-Gibbs Phenomenon on Digital Stochastic Measurement of EEG Signal over an Interval, pp. 270-278, Measurement Science Review, Vol. 14, No. 5, 2014, ISSN 1335 - 8871
- [9] P. Sovilj, B. Vujičić, M. Sokola, D. Pejić, Ž. Beljić, Z. Mitrović, „Stochastic Measurement of Noise True RMS using 2-bit Flash A/D converters“, Technical Gazette, Vol.24 No.5 October 2017, pp. 1315-1322, ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), DOI 10.17559/TV-20151124100705
- [10] Ž. Beljić, V. Vujičić, D. Pejić, M. Sokola, Z. Mitrović, P. Sovilj, „Grid Fundamental Harmonic Measurement in Presence of Gaussian Frequency Deviation Using 2-bit Flash A/D Converter“, Technical Gazette, Vol.24 No.2 April 2017, pp. 481-488, ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), DOI 10.17559/TV-20151109231714

Kratka biografija:



Stefan Mirković rođen je u Novom Sadu 1993. god. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na Katedri za električna merenja. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Merno-informacioni sistemi odbranio je 2018. god.

kontakt: mirkovicst@uns.ac.rs