

PROFIBUS INDUSTRIJSKA PERIFERIJA**PROFIBUS INDUSTRIAL PERIPHERAL DEVICE**Stevan Srećkov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazana realizacija elektronskog uređaja čija je glavna namena prikupljanje i obrada podataka sa senzora u industrijskim postrojenjima i njihovo slanje glavnom PLC-u putem PROFIBUS mreže u realnom vremenu. Ove podatke je istovremeno moguće snimati i na micro SD karticu, što je pogodno za kasniju analizu. Uređaj poseduje osam digitalnih ulaza, četiri digitalna izlaza, osam analognih ulaza (analogni signali mogu biti strujni ili naponski), jedan spoljni priključak za serijsku komunikaciju, kao i interfejs za povezivanje uređaja na PROFIBUS mrežu. Napajanje uređaja, kao i svi digitalni ulazi i izlazi su prilagođeni standardnom industrijskom naponu od 24 V. Opsezi ulaznih analognih signala takođe odgovaraju industrijskom standardu (0 – 10 V za naponske i 4 – 20 mA za strujne signale).

Cljučne reči: PROFIBUS, PLC, senzori, industrija.

Abstract – This paper describes the development of an electronic device whose main purpose is to collect and process sensor data in industrial plants. Processed data are sent to the main PLC over PROFIBUS network in real time. These data can also be simultaneously saved on a micro SD card for future analysis. The device has eight digital inputs, four digital outputs, eight analog inputs (analog signals can be current or voltage type), one extern connector for serial communication and an interface for connecting to PROFIBUS network. Device's power supply and all digital inputs and outputs are suited for standard industrial voltage level of 24 V. Analog input signals ranges are also industrial standard (0 – 10 V for voltage and 4 – 20 mA for current signals).

Keywords: PROFIBUS, PLC, sensors, industry.

1. UVOD

S obzirom da se industrijska proizvodnja stalno uvećava, a proizvodni procesi uslozjavaju velikom brzinom, postalo je nemoguće kontrolisati ceo proces proizvodnje samo jednim upravljačkim kontrolerom, sa jednog mesta. Efikasniji način upravljanja u složenim industrijskim postrojenjima je decentralizovano upravljanje, odnosno uvođenje manjih upravljačkih jedinica koje su zadužene za upravljanje samo lokalnim procesima. Ove, u hijerarhijskom smislu manje (odnosno niže) jedinice su povezane sa glavnom upravljačkom jedinicom sa kojom

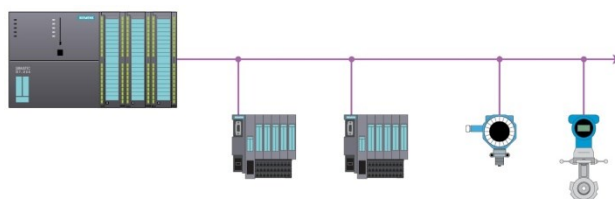
razmenjuju samo osnovne podatke i parametre koji su neophodni za pravilno funkcionisanje celokupnog sistema.

Kako bi se obezbedio kvalitetan i siguran prenos podataka bez grešaka, u često surovim industrijskim uslovima, komunikacija između ovih decentralizovanih jedinica mora biti pouzdana i robusna.

Jedan od standardnih industrijskih (*Fieldbus*) tipova komunikacija koji se u velikoj meri koristi jeste PROFIBUS, koji pored hardverskih performansi, obezbeđuje i internacionalno standardizovan komunikacioni protokol koji obezbeđuje visoku pouzdanost komunikacije koja je neophodna u industrijskim postrojenjima.

Na jednu PROFIBUS magistralu je moguće povezati veći broj uređaja istovremeno, s tim što se najčešće praktikuje da samo jedan od njih bude glavni, odnosno *master*, a ostali *slave*.

Zahvaljujući tome što ima više različitih profila, PROFIBUS može odgovarati različitim specifičnim potrebama korisnika, koji mogu kombinovati različite protokole u skladu sa svojim zahtevima i softverom. Uređaji povezani na ovaj način zadovoljavaju visoke standarde kvaliteta i doprinose visokom kvalitetu mreže. Sledeća slika prikazuje šematski prikaz povezivanja više uređaja na PROFIBUS magistralu.



Slika 1. Šematski prikaz PROFIBUS mreže [1]

U cilju što boljeg i efikasnijeg upravljanja različitim industrijskim procesima, često se javlja potreba za specifičnim periferijskim uređajima koji objedinjuju više određenih funkcija i ispunjavaju sve zahteve korisnika, a ne mogu se kao takvi naći na tržištu kao komercijalni uređaji.

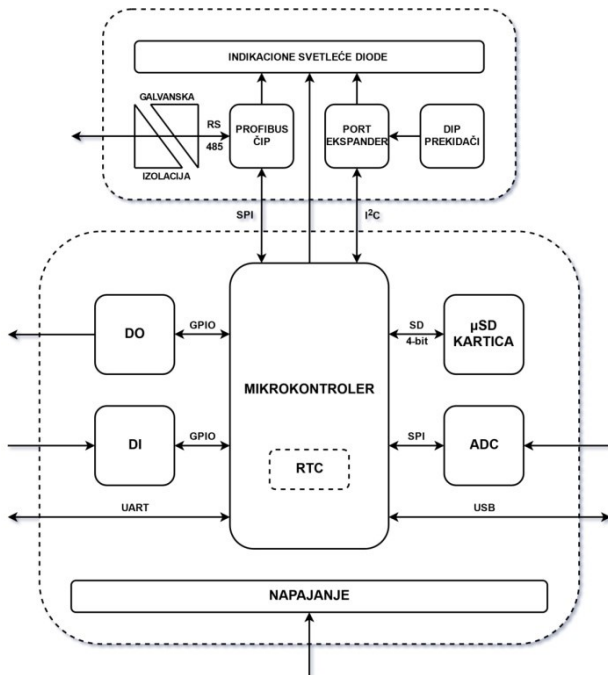
Iz jedne takve potrebe je nastao i ovaj uređaj koji pored mogućnosti kontrole i upravljanja manjim industrijskim procesima, sakupljanja i obrade podataka sa većeg broja različitih senzora, ima i mogućnost jednostavnog povezivanja na već postojeću PROFIBUS magistralu unutar industrijskog postrojenja i razmenu podataka sa glavnom kontrolnom jedinicom, odnosno *master* PLC-om.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Damjanović, red.prof.

2. REALIZACIJA HARDVERSKOG DELA UREĐAJA

Kako bi uređaj ispunjavao sve predviđene zahteve i pravilno funkcionisao na željeni način, posebnu pažnju je potrebno obratiti na projektovanje hardvera, kao njegovog osnovnog i najvažnijeg dela. Neophodno je predvideti sve funkcionalne blokove i grupisati ih na pravi način, kako bi se što lakše međusobno povezali, a smetnje maksimalno smanjile. Na slici 2. data je blok šema uređaja.



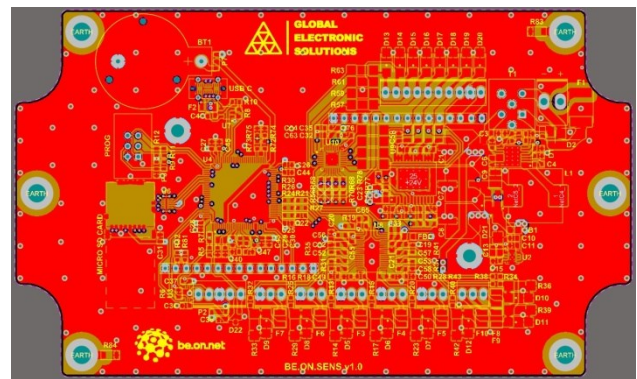
Slika 2. Blok šema uređaja

Iz praktičnih razloga, a i zbog veće modularnosti, elektronske komponente uređaja su razdvojene na dve štampane ploče (PCB-a), koje su međusobno povezane pomoću pin letvica. Na osnovnoj (donjoj) pločici se nalaze glavne komponente sistema: napajanje, mikrokontroler, zatim čipovi za analognu digitalnu konverziju, uključivanje digitalnih izlaza, baferovanje digitalnih ulaznih signala, kao i *micro* SD kartica, baterija za RTC i svi spoljni konektori (osim konektora za PROFIBUS). Druga pločica (gornja), pored svog najvažnijeg dela, čipa koji pruža uređaju mogućnost spajanja i komunikacije preko PROFIBUS magistrale, poseduje još i čip koji služi kao „port expander“, tj. daje mogućnost mikrokontroleru da, pomoću I²C veze sa njim, kontroliše ili očitava još dodatnih šesnaest pinova koji mogu biti izlazni ili ulazni. Na gornjoj pločici se takođe nalazi i šesnaest svetlećih dioda, koje služe korisniku za indikaciju različitih stanja u kojima se uređaj može nalaziti, DIP prekidači, pomoću kojih se podešava fizička adresa uređaja na PROFIBUS magistrali, kao i uključivanje, odnosno isključivanje snimanja podataka na SD karticu. Deo svetlećih dioda, kao i DIP prekidači su povezani sa mikrokontrolerom preko port ekspandera. Konektor za PROFIBUS, kao i čip i transformator koji služe za galvansku izolaciju ovog konektora se takođe nalaze na gornjoj pločici.

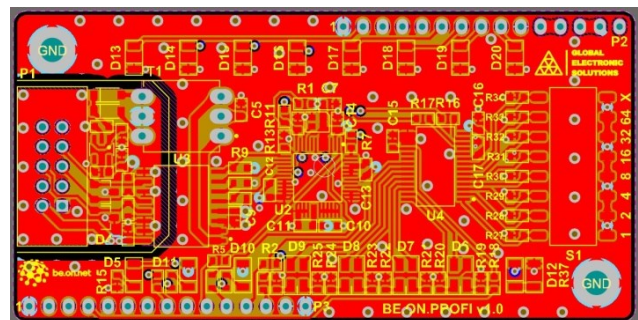
Za projektovanje električne šeme, kao i samih štampanih pločica korišćeno je programsko okruženje „Altium Designer“, verzija 18.1.7.

Prilikom projektovanja, posebno je obraćena pažnja na postavljanje neophodnih kondenzatora za rasprezanje, kao i ESD i prenaponskih zaštita kako bi uređaj bio što robusniji, a njegov rad pouzdaniji. U delu za napajanje se nalazi PTC osigurač kao strujna zaštita, zatim zaštita od obrnutog polariteta dovedenog napona napajanja, prenaponska zaštita u vidu TVS diode, kao i LC filter. Ostavljena je mogućnost spajanja mase uređaja na spolja dovedeno uzemljenje preko džampera u vidu otpornika, ukoliko je to za datu primenu neophodno. Zbog nedostataka prostora nemoguće je prikazati kompletnu električnu šemu uređaja.

Štampane pločice su projektovane prema konkretnim dimenzijama kućišta u koje ih je bilo potrebno postaviti (dimenzije donje pločice su 148x88 mm, a gornje 80x40 mm). Radi što bolje pouzdanosti, izrađene su u četiri sloja, od kojih su gornji i donji slojevi korišćeni za signalne vodove, dok se u srednjim slojevima nalaze masa i napajanja (3,3 V, 5 V i 24 V). Elektronske komponente su SMD tipa i na obe pločice su postavljene samo sa gornje strane. Na slikama 3. i 4. prikazan je *layout* obe pločice.



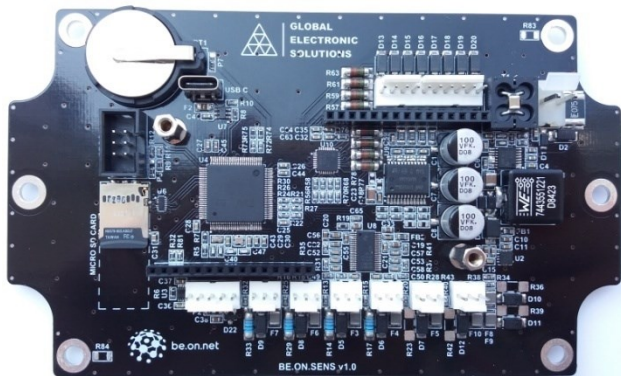
Slika 3. Layout donje pločice



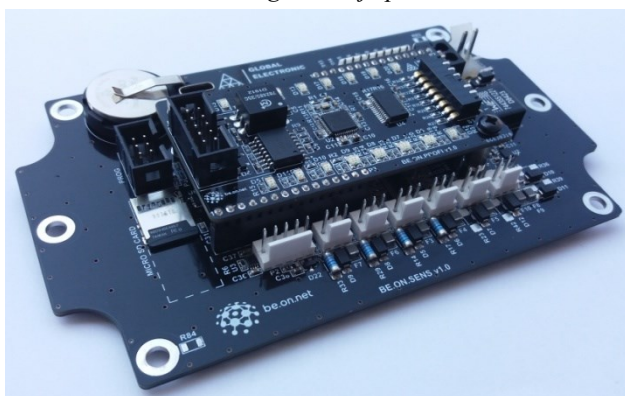
Slika 4. Layout gornje pločice

Nakon izrade pločica, sledi lemljenje svih komponenta i provera svakog funkcionalnog bloka, počevši od napajanja. Uređaj je zatim postavljen u kućište, koje je napravljeno od aluminijuma i kao takvo je vrlo pogodno za obradu, odnosno bušenje otvora za spoljne konektore i svetlovođe koji se nalaze između svetlećih dioda na gornjoj pločici i vrha poklopca. Da bi se izvršila provera uklapanja pločica u kućište, odnosno projekteovala mesta i oblici otvora za konektore i svetlovođe, korišćeni su 3D modeli svih komponenta u programskom okruženju „Autodesk Inventor 2018“. Kućište zadovoljava stepen zaštite IP66 koji je sasvim dovoljan za zaštitu uređaja u industrijskim pogonima.

Senzori se na uređaj priključuju pomoću industrijskih konektora M12 sa pet pinova, dok se za napajanje koristi isto M12 konektor, samo sa tri pina. Za povezivanje na PROFIBUS magistralu, koristi se standardni DB9 konektor. Na slikama 5., 6. i 7. prikazan je uređaj u završnom stadijumu izrade.



Slika 5. Izgled donje pločice



Slika 6. Izgled gornje pločice postavljene na donju



Slika 7. Izgled celog uređaja

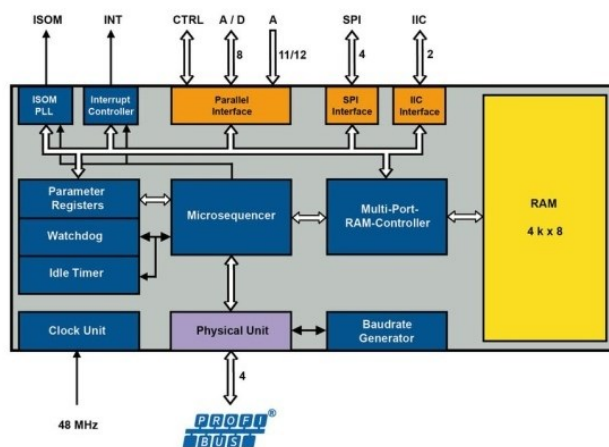
3. REALIZACIJA SOFTVERSKOG DELA

Softver uređaja treba da na optimalan način upravlja radom celog uređaja i omogući korisniku jednostavno korišćenje. S obzirom da je odabran mikrokontroler sa ARM arhitekturom, STM32H743 [2], proizvođača *STMicroelectronics*, najjednostavniji način pisanja programa je u programskom razvojnom okruženju "*STM32CubeIDE*", koje naravno podržava navedeni

mikrokontroler i poseduje sve neophodne biblioteke sa osnovnim funkcijama. U njemu je takođe integrisana i platforma za podešavanje svih važnih parametara koji se odnose na rad mikrokontrolera, kao i za generisanje inicijalnog *C* koda, koji znatno olakšava proces programiranja, s obzirom na kompleksnost ARM mikrokontrolera. Kod je pisan u *C* jeziku, a njegovo spuštanje u mikrokontroler je rađeno programatorom *ST-LINK/V2*.

Početni zadatak pri realizaciji softvera je pravilna inicijalizacija potrebnih integrisanih periferija mikrokontrolera. Najveći izazov je bilo pisanje dela koda koji se odnosi na komunikaciju sa PROFIBUS čipom. Ovaj čip nosi oznaku *VPC3+S*, proizvođača *Profichip*, a služi za direktnu razmenu podataka sa *master* uređajem na PROFIBUS magistrali po PROFIBUS-DP protokolu. Sa druge strane, mikrokontroler sa njim komunicira preko *SPI* interfejsa i na taj način je korisniku omogućeno da na "lak" način razmenjuje podatke preko PROFIBUS magistrale.

Proizvođač ovog čipa je korisniku dao na raspo-laganje osnovni *firmware* koji vodi računa o svim detaljima i parametrima PROFIBUS-DP protokola, a za-datak korisnika je da ga na pravilan način implementira i prilagodi svojim potrebama u skladu sa platformom koju koristi. Slika 8 prikazuje blok šemu ovog čipa.



Slika 8. Blok šema *VPC3+S* čipa [3]

Prilikom instaliranja uređaja u radno okruženje, potrebno je omogućiti korisniku da na jednostavan način podese osnovne parametre njegovog rada. Ovo je omogućeno implementiranjem odgovarajućih funkcija i povezivanjem uređaja na računar putem dvosmerne *Full-Speed* *USB* komunikacije, korišćenjem *USB* tip *C* konektora na strani uređaja. Neke od osnovnih funkcija koje su implementirane omogućavaju korisniku da putem terminalskog programa na računaru, upravlja radom digitalnih izlaza, očitava digitalne i analogne ulaze, upisuje trenutno vreme i datum u *RTC*, podešava period upisivanja podataka na *SD* karticu, itd.

U principu, sam algoritam rada uređaja je jednostavan. Nakon inicijalizacije početnih parametara i promenljivih, glavna petlja se stalno ponavlja dokle god je prisutno napajanje.

Na početku glavne petlje osvežava se *watchdog timer*, zatim se vrši očitavanje ulaznih signala sa senzora i njihova obrada, nakon čega sledi razmena podataka sa PROFIBUS čipom (tj. *master* uređaja na PROFIBUS magistrali), postavljanje digitalnih izlaza i upisivanje podataka na SD karticu.

4. TESTIRANJE UREĐAJA

Da bi se prikazala kompletna funkcionalnost uređaja, potrebno je testirati svaku funkciju pojedinačno, ali i sve zajedno, kako bi se osiguralo da svi delovi pravilno funkcionišu i ne smetaju jedan drugom.

Testiranje digitalnih ulaza i izlaza je vršeno pomoću spolja dovedenih prekidača i svetlećih dioda, dok je testiranje analognih ulaza vršeno uz pomoć senzora temperature Pt100 (strujni signal) i ultrazvučnog senzora razdaljine Sonar-BERO 3RG6176-6GG00 (naponski signal). Na spoljni serijski konektor je doveden senzor EZO-RGB, proizvođača *AtlasScientific*, koji može da meri boju predmeta u kojeg je uperen, razdaljinu od njega i nivo osvetljenja. Na slici 9 je prikazan uređaj u fazi testiranja.



Slika 9. Prikaz uređaja prilikom testiranja

Kako bi se prikazala funkcionalnost i PROFIBUS komunikacije, svi podaci sa ovih senzora su obrađeni, a zatim slati na PLC SIMATIC S7-315-2DP [4], koji je imao ulogu *master* uređaja. Da bi se PLC mogao koristiti za ovo testiranje, prethodno ga je potrebno isprogramirati i podesiti odgovarajuće PROFIBUS parametre, kao što su adresa *slave* uređaja i brzina prenosa podataka. Ovo je urađeno u programskom okruženju "*Simatic Step7*", a pristigli podaci sa uređaja su prikazivani u tabeli za praćenje ulaza i izlaza (VAT tabeli), pomoću koje je moguće slati podatke i ka uređaju i vršiti kontrolu digitalnih izlaza. Sve vreme su podaci sa senzora, kao i trenutno vreme i datum bili snimani na *micro* SD karticu, koja ih je uspešno sačuvala u tabelarnom prikazu.

5. ZAKLJUČAK

Ako se uzme u obzir da je nivo automatizacije u industrijskim postrojenjima u sve većem porastu, sve više mesta se stvara za projektovanje specifičnih industrijskih uređaja, čijom upotrebom bi se proizvodni procesi mogli ubrzati i učiniti efikasnijim, što bi moglo doneti značajnu uštedu vremena i novca proizvođačima.

Rezultati testiranja su zadovoljavajući i u sledećem koraku bi testiranje trebalo nastaviti u pravom industrijskom okruženju. Na osnovu svojih mogućnosti i karakteristika, može se zaključiti da ovaj uređaj ispunjava sve prethodno postavljene zahteve i da je uspešno realizovan, kako hardverski, tako i softverski. Rad na ovom projektu omogućio je autoru bliže upoznavanje sa industrijskim standardima i principima projektovanja modernih industrijskih uređaja.

S obzirom da je gornja pločica zamišljena kao PROFIBUS modul, može se lako zameniti u slučaju potrebe za povezivanjem uređaja na neki drugačiji način. Ovim je obezbeđeno da se osnova uređaja ne mora menjati sa eventualnom promenom zahteva korisnika. Jedno od mogućih budućih poboljšanja bi bila ugradnja displeja sa ekranom osetljivim na dodir umesto indikacionih svetlećih dioda na poklopcu uređaja. Ovo bi korisniku dalo daleko veće mogućnosti u pogledu menjanja parametara rada uređaja u realnom vremenu, a takođe bi mogao da prati i ispis raznih podataka.

6. LITERATURA

- [1] <https://www.prosoft-technology.com/Products/Gateways/AN-X-PB/PROFIBUS-Multi-Slave-or-PROFIBUS-Network-Analyzer-Gateway-non-CE> (pristupljeno u septembru 2019.)
- [2] <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32h743-753.html> (pristupljeno u septembru 2019.)
- [3] <https://www.profichip.com/products/industrial-communication/fieldbus/dp-slave-vpc3-s/> (pristupljeno u septembru 2019.)
- [4] <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/-Catalog/Product/6ES7315-2AH14-0AB0> (pristupljeno u septembru 2019.)

Kratka biografija:



Stevan Srečkov rođen je u Novom Sadu 1991. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjena elektronika odbranio je 2017. god.
kontakt: srechkovs@hotmail.com