

Sistem za upravljanje uređajima i nadzor preko linije napajanja

Ognjen Letić, Andrija Karadžić i Dušan Perišić, *Student, Laboratorija vojnoelektronskih sistema, Vojna akademija Univerziteta odbrane u Beogradu*, Ivan Tot, *Docent, Laboratorija vojnoelektronskih sistema, Vojna akademija Univerziteta odbrane u Beogradu*

Apstrakt—Aplikacija za upravljanje uređajima i nadzor preko linije napajanja koristi uspostavljenu komunikaciju preko linije napajanja ili PLC (*power line communication*). PLC omogućava da aplikacija sa centralnog uređaja upravlja i nadzire druge uređaje koristeći samo postojeću infrastrukturu napajanja, smanjujući time cenu sistema. Novije realizacije PLC omogućavaju i visoku brzinu prenosa, što je još jedan razlog zbog kojeg je ovaj sistem našao široku primenu u telekomunikacijama. U ovom radu je za PLC korišćen UART (*universal asynchronous receiver transmitter*) modul i RS232 standard.

Ključne reči—PLC; UART; Visual Basic; MicroC.

I. UVOD

Komunikacija linijom napajanja je komunikacija koja za prenos podataka koristi postojeće linije napajanja između dva uređaja ili više uređaja. U širem smislu može se podeliti na dve vrste: uskopojasni (*narrowband*) i širokopojasni (*broadband*).

Uskopojasni PLC (*power line communication*) radi na nižim frekvencijama (3-500 kHz), nižim brzinama prenosa (do 100 kbps) i ima veći domet (do nekoliko kilometara), koji može da se poveća korišćenjem repetitora. Širokopojasni PLC radi na višim frekvencijama (1.8 do 250 MHz), ima visoku brzinu prenosa (do 100 Mbps) i koristi se u sistemima manjeg dometa. Jedna od primena uskopojasnog PLC jeste upotreba u merenju potrošnje u pametnoj mreži napajanja (*Smart Grid*). Širokopojasni PLC se uglavnom koristi za takozvanu poslednju milju (*last mile*) kod distribucije interneta i kućnog umrežavanja.

Postoji još jedna klasifikacija PLC, a to je: prenos preko linija naizmjenične struje (PLC over AC lines) i prenos preko linija jednosmerne struje (PLC over DC lines). Dok se većina tržišne primene svodi na varijantu preko naizmjenične struje i druga varijanta ima primene. Jedan primer je korišćenje u

Ognjen Letić – Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Veljka Lukića Kurjaka 33, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: ognjen.letic@va.mod.gov.rs).

Andrija Karadžić – Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Veljka Lukića Kurjaka 33, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: andrija.karadzic@va.mod.gov.rs).

Dušan Perišić – Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Veljka Lukića Kurjaka 33, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: dusan.perisic@va.mod.gov.rs).

Ivan Tot – Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Veljka Lukića Kurjaka 33, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: totivan@gmail.com).

sredstvima transporta (elektronika u avionima, automobilima i vozovima). Ovakvo rešenje smanjuje složenost povezivanja, ukupnu masu i konačno cenu komunikacija unutar vozila.

Jedan od protokola koji se često koristi u sintezi sa PLC je X10 protokol [1]. X10 je protokol za komunikaciju između elektronskih uređaja koji se koriste u pametnim kućama. Primarno koristi PLC za signaliziranje i kontrolu, gde su signali impulsi kratkog trajanja u opsegu radio frekvencija (od 3 kHz do 300 GHz) koji predstavljaju digitalne informacije. Postoji i bežična varijanta ovog protokola. To je prvi protokol generalne namene u oblasti pametnih kuća i do sada najviše korišćen protokol te vrste. Iako postoje protokoli sa većom brzinom prenosa, X10 je najpopularniji, prvenstveno zbog rasprostranjenosti i niskih cena komponenti.

U ovom radu je predstavljen alternativni način korišćenja PLC bez upotrebe X10 protokola. Ponudeni funkcionalni model koristi UART (*universal asynchronous receiver transmitter*) modul za komunikaciju sa Infrasy DPLC-413sc modulom koji se koristi za PLC.

Za razvoj aplikacije je korišćen programski jezik Visual Basic koji, zahvaljujući ugrađenoj biblioteci, omogućava inicijalizaciju i upotrebu UART modula, dok je na mikrokontrolerima uređaja kôd kompajliran i izrađen u programskom paketu MicroC PRO for AVR.

II. MODUL ZA PLC

Na fizičkom nivou za PLC se koristi Infrasy DPLC-413sc [2] hibridni modul. Njega karakterišu mogućnost rada na do 50V na liniji napajanja, napaja se sa 5V jednosmernog napona, ima jedan pin za ulazne podatke, jedan za izlazne podatke i jedan za reset, kompatibilan je sa TTL (*transistor-transistor logic*) naponskim nivoima i podržava direktni UART ulaz. Maksimalna brzina prenosa podataka je 35000 bps, a tipično se koristi 19200 bps. Podržava rad sa do 25 uređaja na jednoj liniji. Maksimalan domet za komunikaciju je 300m.

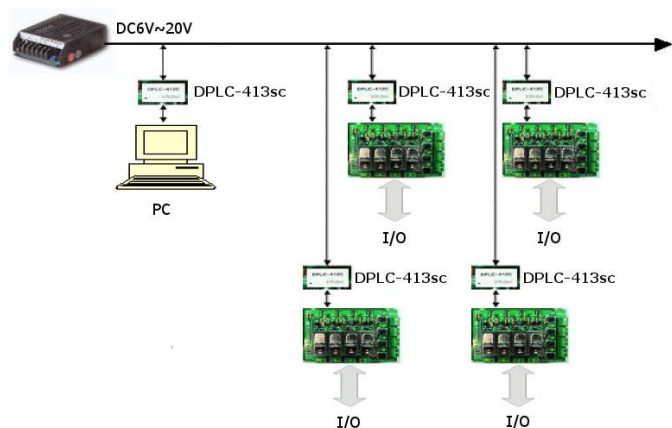
III. HARDVERSKA REALIZACIJA

U ovom radu su korišćeni mikrokontroleri ATmega16 [3] na razvojnoj ploči EasyAVR 5 [4] i desktop računar sa COM (*communication*) serijskim portom. Dati hardverski elementi su povezani na jednosmernu (DC) liniju napajanja.

ATMega16 je CMOS 8-bitni mikrokontroler baziran na AVR unapređenoj RISC (*reduced instruction set computing*) arhitekturi.

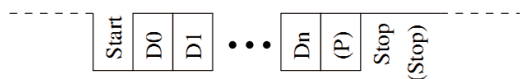
EasyAVR 5 razvojna ploča na sebi sadrži konektore sa RS-232 standardom, koji omogućavaju povezivanje i komunikaciju koristeći UART modul.

U realizovanom funkcionalnom modelu UART izlaz (Tx) COM porta računara je povezan na UART ulaz (Rx) DPLC modula. Sa njega se zatim šalje signal na liniju napajanja (Sl. 1). Na istu liniju napajanja su povezane četiri potčinjene razvojne ploče. Signal sa linije napajanja ide na DPLC module, koji zatim sa UART izlaza šalju signal na UART ulaz mikrokontrolera. Mikrokontroler čita poruku i na nju reaguje u skladu sa implementiranim protokolom.



Sl. 1. Šema povezivanja uređaja

Signal je strukturiran kao UART poruka, predstavljena nizom od 12 bita (Sl. 2). Na početku poruke se nalazi start bit, sledi 8 bita podataka, bit parnosti i dva stop bita. Poruka koja se prenosi u 8 bita podataka predstavlja jedan karakter u nizu karaktera koji sačinjavaju jednu upravljačku reč.



Sl. 2. Izgled UART poruke

IV. SOFTVERSKA REALIZACIJA

Za softversku realizaciju i implementaciju protokola za komunikaciju su korišćeni programski paketi Visual basic i MicroC Pro for AVR.

Parametri UART poruke su inicijalizovani i identični su i u aplikaciji i na mikrokontrolerima. Bit parnosti je setovan na paran (even), brzina prenosa je 9600 bps (bits per second) i za označavanje kraja su upotrebljena dva stop bita.

U programskom paketu Visual basic izrađena je aplikacija za kontrolu i nadzor (Sl. 3.). Prilikom klika na dugme izvršava se jedna od mogućih akcija:

- uključivanje uređaja (Sl. 3. a))
- isključivanje uređaja (Sl. 3. b))

- isključivanje svih uređaja (Sl. 3. c))
- provera stanja uređaja (Sl. 3. d))
- provera stanja svih uređaja (Sl. 3. e))

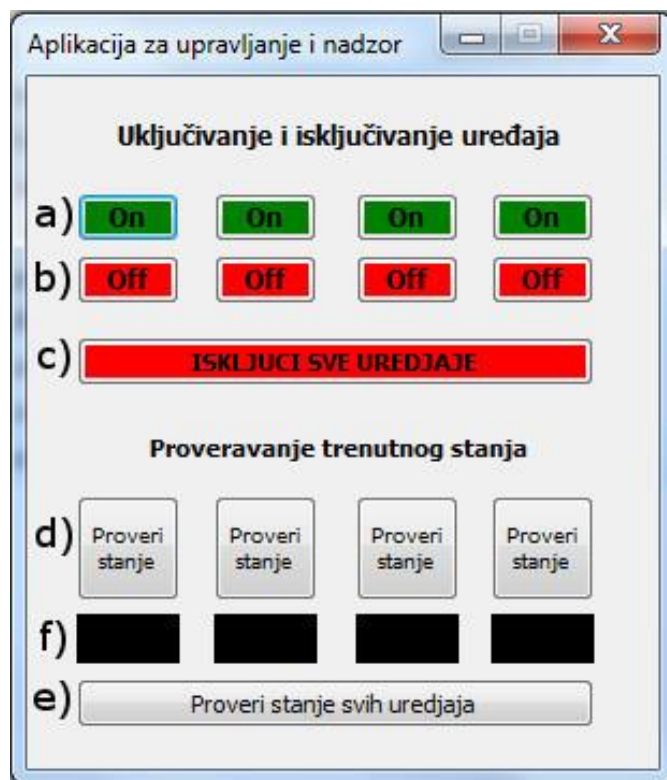
Svako dugme aktivira poseban set komandi, odabirajući upravljačku reč koju će slati na liniju napajanja, u skladu sa protokolom. Upravljačka reč se sastoji od niza 4 karaktera.

Prvi karakter služi za definisanje uređaja, sa linije napajanja, koji će reagovati na poslani signal. Svi uređaji primaju poslani upravljačku reč, ali samo će jedan nastaviti dalju obradu, zavisno od prvog karaktera. Ako je prvi karakter 1, to znači da prvi uređaj sa linije treba da reaguje na signal. Za obraćanje svim uređajima odjednom, prvi karakter je 5.

Drugi karakter određuje akciju koju uređaj treba da uradi. Na primer ukoliko je drugi karakter 2, uređaj treba da se uključi, ako je drugi karakter 3, mikrokontroler na uređaju kao povratni signal generiše poruku koju aplikacija prepoznaje i reaguje na nju menjanjem boje odgovarajućeg polja (Sl. 3. f), crno-uređaj nije priključen ili greška, crveno-uređaj je isključen, zeleno-uređaj je uključen).

Treći karakter služi, pored bita pamosti, kao dodatna provera sadržaja signala. Metod provere je preko sume (*checksum*) [6], to znači da ukoliko bitsko sabiranje prva dva karaktera iz upravljačke poruke ne da kao rezultat vrednost trećeg, uređaj neće izvršiti komandu i javiće grešku. Ovaj metod je koristan u slučaju kvara ili ometanja na liniji napajanja kada sprečava pogrešnu reakciju uređaja.

Četvrti karakter je uvek slovo a. Ovaj karakter označava kraj upravljačke poruke.



Sl. 3. Izgled aplikacije a) uključivanje prvog uređaja b) isključivanje prvog uređaja c) isključivanje svih uređaja d) provera stanja prvog uređaja e) provera stanja svih uređaja

Na mikrokontrolerima je učitani program kompajliran i izrađen u programskom paketu MikroC Pro for AVR. Ugrađene biblioteke omogućavaju rad sa UART modulom i inicijalizaciju njegovih parametara.

Svaki mikrokontroler ima isti program rada, samo su karakteri u odgovoru na dolazni signal promenjeni i odgovaraju mestu mikrokontrolera na liniji napajanja. Program se izvršava u beskonačnoj petlji.

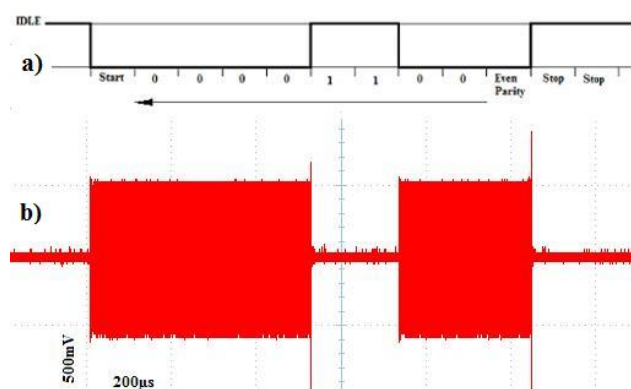
Prilikom dolaska signala na ulaz mikrokontrolera, proverava se sadržaj poruke. U slučaju da je poruka korektna i ukoliko se prvi karakter poruke poklapa sa programom, mikrokontroler izvršava određenu komandu. Mikrokontroler uključuje ili isključuje LED diodu na razvojnoj ploči ili proverava njeno stanje i na liniju šalje poruku od jednog karaktera koju aplikacija prepoznaje i izvršava set komandi.

U slučaju da aplikacija zahteva informaciju o stanju svih uređaja, proziva mikrokontrolere redom, zatim mikrokontroleri šalju odgovore. Aplikacija daje jedan sekund vremena mikrokontroleru da odgovori na poslani zahtev. Ako mikrokontroler ne odgovara, uređaj aplikacija posmatra kao da nije uopšte priključen na liniju napajanja i prelazi na obradu sledećeg.

V. REZULTATI EKSPERIMENTA

Sa ciljem provere da li aplikacija šalje predviđene podatke, izvršeno je merenje. U eksperimentu je za merenje oblika signala korišćen osciloskop proizvođača OWON model PD S8202T, na čijem ekranu su prikazivani rezultati.

Sa aplikacije je poslata vrednost '0' (Sl. 4.), koja predstavlja jedan karakter iz upravljačke reči. Vrednost karaktera 0 u ASCII tabeli je 48, a to odgovara binarnoj vrednosti 00110000. Ovaj osmobitni niz je poslat u paketu podataka i to počevši od LSB (Least Significant Bit).



Sl. 4. Izgled signala a) logički nivo b) meren na liniji

UART modul prilikom slanja podataka koristi *Non return to zero* kodiranje. To znači da je IDLE stanje (stanje neaktivnosti) podešeno na visok naponski nivo, odnosno 1. Početak se odražava padom naponskog nivoa na 0, dok biti

podataka i bit parnosti zadržavaju pozitivnu logiku. Stop biti vraćaju stanje na IDLE. Dva stop bita se koriste sa ciljem da se dodatno odloži start nove poruke. Prilikom samog slanja paketa podataka, UART modul izvršava inverziju poslatih bita, radi uštede energije.

Na Sl. 4a) je predstavljena skica poslatog podataka, koja ujedno predstavlja i očekivanu vrednost na ekranu osciloskopa. Sl. 4b) predstavlja rezultat merenja prikazan na ekranu osciloskopa, na kojoj se vidi izvršena inverzija.

VI. ZAKLJUČAK

Svrha rada je da sintetiše automatizovani sistem u određenim slučajevima primene. Mogućnosti primene sistema sa PLC, koji se trenutno koriste primarno u pametnim kućama, se mogu naći u sektoru bezbednosti, za sisteme nadzora i obaveštavanja. Predloženi funkcionalni model bi mogao da posluži kao laboratorijska vežba na fakultetima tehničkih nauka.

Dalji rad na sistemu bi podrazumevao modifikaciju predloženog funkcionalnog modela postavljanjem celokupnog hardvera na liniju naizmeničnog napona, što bi znatno proširilo mogućnosti upotrebe sistema. Softverska podrška bi samim tim takođe morala da bude neznatno promenjena.

ZAHVALNICA

Autori rada žele da se zahvale mr Antonić Mladenu na korisnim diskusijama i konsultacijama.

LITERATURA

- [1] Novel Algorithms and Techniques in Telecommunications, Automation and Industrial Electronics, grupa autora, Springer, 2008.
- [2] Application Note of DPLC-413SC for DC Network, Infrasy Engineering Co, 2012.
- [3] Atmel™, 8-bit AVR® Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash Atmega16, 2008.
- [4] MikroElektronika™, EasyAvr5 User's Manual, 2008.
- [5] Introduction to Microcontrollers, Gunther Gridling, Bettina Weiss, 2007.
- [6] <http://www.barrgroup.com/Embedded-Systems/How-To/Additive-Checksums>

ABSTRACT

The application for PLC (*power line communication*) device management and supervision uses established communication across power lines. PLC allows the application to manage and supervise other devices, from a central device, using just existing power supply infrastructure, which reduces the cost of such a system. Recent implementations of PLC also allow high-speed transmission which is another reason for broad use of this system in telecommunications. In this paper, UART (*universal asynchronous receiver transmitter*) module and RS232 standard are used in order to establish PLC.

Device management and supervision system via power lines

Ognjen Letić, Andrija Karadžić, Dušan Perišić, Ivan Tot